



제주도 방재성능목표 설정 기준 개선에 관한 연구

A Study on Improvement of Target Setting Criteria for Disaster Prevention Performance in Jeju Island

고주석* · 류건화** · 장종경***

Ko, Joo Suk*, Ryu, Geon Hwa**, and Jang, Jong Kyung***

Abstract

The government has set the disaster prevention performance target rainfall by the local government (National Emergency Management Agency, 2012) as a flood control policy that can prepare against natural disaster. However, the method of setting the disaster prevention performance target rainfall by municipalities does not reflect the rainfall characteristics of mountainous regions and islands. In this study, rainfall data reflecting the altitude and regional characteristics were analyzed using the meteorological observation system (ASOS, AWS) for Jeju Island. As a result, it was found that the rainfall increases about 1 ~ 4 times as the altitude increases from the lowland to the highland, and the existing disaster prevention performance target standard of Jeju Island does not reflect altitude characteristics. In addition, The target rainfall for disaster prevention performance is presented as dividing the two localities of Jeju city and Seogwipo city into Jeju East, West South and North areas. It is considered that various factors can be reflected in the compatibility assessment stage of rainfall estimation standard.

Key words : Disaster Prevention Performance Target, Jeju Island, Elevation, Site

요 지

정부에서는 자연재난에 대비할 수 있는 치수 정책으로 지자체별 방재성능목표 강우량을 설정(소방방재청, 2012)하여 적용하고 있다. 하지만 지자체별 방재성능목표 강우량을 설정하는 방법에서 산악지역 및 섬에 의한 강우 특성은 반영하지 못하고 있는 한계점 있다. 본 연구에서는 제주도를 대상으로 기상청 산하 중관 및 방재 기상관측시스템의 강우 자료를 이용하여 고도와 지역적 특성을 반영한 강우 분석을 수행하였다. 산정된 결과 고도에 따라서 강우량이 저지대 지점보다 고지대로 갈수록 약 1~4배가량 증가하는 것으로 나타났으며, 제주도 지점의 기존 방재성능목표 기준이 고도 특성을 반영하지 못하는 것으로 판단되었다. 또한, 기존에는 2개 지점인 제주시와 서귀포시로 나누어진 지자체 구분을 제주 동부, 서부, 남부, 북부로 권역을 세분화하여 방재성능목표 강우량을 제시하였으며, 추후 방재성능목표 강우량 산정기준의 적합성 검토 단계에서 여러 요소를 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 방재성능목표, 제주도, 고도, 지역

1. 서 론

최근 우리나라에서는 기상이변 현상으로 인해 집중호우 발생이 잦아지고 있으며 이에 따른 큰 강우강도로 인해 홍수

피해가 빈번하게 발생하고 있다. 이와 같은 재해 피해를 최소화하고자 정부는 지자체별 방재성능목표 강우량(Disaster Prevention Performance Target Rainfall)을 설정하여 홍수와 호우 등에 의한 재해를 예방하기 위한 정책을 고시하여

*정회원, 미래기술에이원(주) 공공사업팀 대리(E-mail: kojoosuk@gmail.com)

Member, Assistant Manager, Public Project Team, Future Technology A1 Co., Ltd.

**정회원, 미래기술에이원(주) 공공사업팀 주임

Member, Assistant Manager, Public Project Team, Future Technology A1 Co., Ltd.

***교신저자, 정회원, 미래기술에이원(주) 공공사업팀 부장(Tel: +82-51-517-6971, Fax: +82-51-747-7652, E-mail: jkcopyleft@naver.com)

Corresponding Author, Member, General Manager, Public Project Team, Future Technology A1 Co., Ltd.

적용하고 있다.

방재성능목표 강우량을 산정하는 방법은 다음과 같다. 전국 기상청 산하 기상관측소 69개 지점의 확률강우량을 산정하여 재현빈도 30년, 지속시간 1시간, 2시간, 3시간에 해당하는 강우를 전국 티센망을 구축하여 168개 지자체별 가중치를 적용하고 산정된 각 강우량에 대하여 5 mm 절상하여 제시하고 있다(National Emergency Management Agency, 2012). 하지만 우리나라 제주도와 같은 경우에는 모든 면(All Sides)이 해수면으로 둘러싸여 있으며 중심부에는 한라산이 위치하고 있는 지역적 특성으로 인해 기상변화가 심하게 나타나며 강수의 패턴이 지역별로 상이하게 나타난다. 또한 연강수량은 고도 100 m당 동부 지점은 약 235 mm, 북부 지점은 약 153 mm, 서부 지점은 약 144 mm, 남부 지점은 약 69 mm씩 증가하며 동부 지점은 남부보다 약 4배 이상 증가율이 높다고 하였다(Jeju Special Self-Governing Province, 2013). 이렇듯 제주도 강우특성은 고도에 영향을 많이 받기 때문에 고도별·지역별 특성을 반영할 수 있는 방재성능목표 설정 기준 마련이 시급한 실정이다. 이와 관련하여 Park and Oh (2016)은 제주지역은 내륙지역과 비교하여 기후환경이 상이하고 최근 급격한 사회경제적 변화로 인해 방재성능 기준의 타당성을 검토해야 한다고 하였다. Ko et al. (2014)은 제주도에 위치한 종관관측시스템(Automated Synoptic Observing System, ASOS)과 자동기상관측시스템(Automated Weather Station, AWS) 관측 자료를 이용하여 남·북부지역의 고도-확률강우량 관계를 도출하였으며 고도-강우량 회귀식 개발 및 검증 등의 연구가 필요하다고 하였다. Yun et al. (2009)은 다중회귀분석을 이용하여 제주도내 산악효과를 야기하는 지형인자와 강수관계를 검토하였으며 부족한 관측소의 보완과 자료 확충을 통한 추가적인 연구가 필요하다고 하였다. 또한, 제주도는 중심부에 한라산이 위치하고 있는 산악지역 효과와 더불어 동·서·남·북의 기상특성이 확연하게 차이가 난다. Park (2016)은 일반적으로 서귀포와 성산지역이 강수량이 많고, 고산과 제주지역은 상대적으로 강수량이 적은 편으로 남동지역과 북서지역의 강수량차이는 한라산에 의한 뒀 현상(Föhn Phenomenon) 때문이라고 밝혔다. Song et al. (2013)은 가뭄평가를 위해 제주, 서귀포, 고산기상대에 Thiessen Method(Thiessen et al., 1911)을 적용하여 월평균 강수량을 산정하였다. 제주, 서귀포, 고산기상대의 연평균강수량은 각 1497.5 mm, 1923.0 mm, 1142.8 mm로 남부지역 강수가 가장 많은 결과를 도출하였으며 지역별 강수량이 상이함을 증명하였다.

따라서 본 연구는 제주도 내 고도별·지역별 강우 패턴을 분석하기 위하여 종관 및 자동 기상관측시스템 강우 자료를 이용하여 연강수량, 특정 강우 사상, 확률강우량을 분석하여 고도와 강우량의 상관관계를 파악하였으며 선형회귀식을 이용하여 고도별 증가량을 분석하였다. 또한 지역별 방재성능목표 현행 기준은 지자체 구분을 시·군·구 단위로 구분

되기 때문에 제주도와 같이 2개의 지점에 대한 방재성능목표 강우량을 제시하는 것에는 한계가 있다. 앞서 언급하였듯이 제주도는 고도 및 지역에 따라 강우량 차이가 급격하게 차이 나기 때문에 본 연구에서는 제주지역을 제주 동부권, 서부권, 남부권, 북부권으로 구분하여 목표 강우량을 제시하고자 한다.

2. 연구대상지역 및 자료 구축

2.1 연구대상지역

연구대상지역은 제주도로 총 면적 1,848.85 km²이며 동서로 동경 126°08'38" ~ 126°58'22", 남북으로 북위 33°06'36" ~ 34°00'46"에 위치하며 중앙 표고는 EL. 1,950 m 로 한라산 정상은 정점으로 완만한 구릉 모형을 이룬다. Fig. 1에 지형고도에 따라 EL. 200 m 이하를 해안 저지대, EL. 200 ~ 600 m 간을 중산간 지대, EL. 600 m 이상을 산악지대로 구분한다(Jeju Special Self-Governing Province, 2013).

2.2 관측소 선정 및 자료 구축

제주도 내 기상관측소는 4개(제주, 고산, 성산, 서귀포)의 종관기상관측시스템(ASOS), 35개의 방재용 자동기상관측시스템(AWS)을 운영 중에 있다. 전체 관측소의 강우자료를 모두 이용해야 하지만 관측 시기가 짧거나 부속도서에 해당하는 관측소는 제외하여 총 23개 지점의 기상관측소를 선정하였다. 표고별 관측소 분포는 해안저지대, 중산간지대, 산악지대로 구분하였으며 해안저지대는 4개의 종관관측시스템을 포함하여 총 14개 지점의 관측소, 중산간지대는 5개 지점, 산악지대는 4개 지점으로 구분되었다(Table 1).

제주도는 지역 특성과 관측 기간에 따라 강우량이 상이하게 나타난다(Lee, 1999). 따라서 본 연구에서 고도별 강우 변화를 분석하기 위해서 자료수를 가급적 유사하게 조정하는 방안을 고려하여 10년의 자료로 제한하였다. 방재성능목표 강우량 개선을 위한 방법으로는 기존 방법과 동일한 관측소 강우 자료를 관측년부터 2016년까지 이용하였다.

3. 연구 결과 및 검토

3.1 고도별 강우 변화 분석

고도별 강우 변화 분석을 수행하기 위해 지점별 확률강우량을 산정하였고 추가적으로 특정 태풍 사상, 연평균 강우량을 구축하여 분석하였다. 확률강우량은 10년(2007 ~ 2016) 강우 자료를 이용하여 재현빈도 30년, 지속시간 1시간, 2시간, 3시간으로 방재성능목표 설정 기준과 동일한 목표기간을 설정하였다. 특정 태풍 사상은 2012년도에 상륙한 태풍 산바(Sanba)와 2016년 태풍 차바(Chaba)의 총강우량 이용, 연평균 강우량은 2007년부터 2016년까지의 강우 자료를 이용하였다.

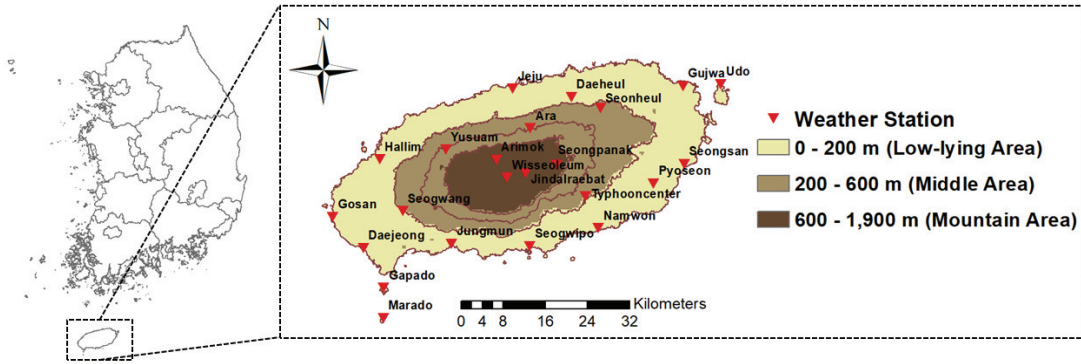


Fig. 1. Domain of Study Area

Table 1. Information of Weather Station

Station Number	Station Name	Type	Elevation (EL. m)	Longitude (°E)	Latitude (°N)	Location
184	Jeju	ASOS	20.45	33.5141	126.5297	Low-lying Area
185	Gosan	ASOS	71.47	33.2938	126.1628	Low-lying Area
188	Seongsan	ASOS	17.75	33.3868	126.8802	Low-lying Area
189	Seogwipo	ASOS	49.03	33.2461	126.5653	Low-lying Area
328	Jungmun	AWS	63.04	33.2495	126.4061	Low-lying Area
329	Ara	AWS	374.65	33.4471	126.5652	Middle Area
330	Daeheul	AWS	221.00	33.5008	126.6495	Middle Area
725	Udo	AWS	6.36	33.5229	126.9542	Low-lying Area
726	Marado	AWS	12.20	33.1220	126.2680	Low-lying Area
727	Yusuam	AWS	423.74	33.4099	126.3929	Middle Area
751	Seonheul	AWS	252.00	33.4822	126.7089	Middle Area
752	Seogwang	AWS	187.00	33.3046	126.3060	Low-lying Area
753	Arimok	AWS	965.20	33.3931	126.4960	Mountain Area
779	Hallim	AWS	40.70	33.3926	126.2582	Low-lying Area
780	Namwon	AWS	26.45	33.2771	126.7043	Low-lying Area
781	Gujwa	AWS	18.00	33.5199	126.8777	Low-lying Area
782	Seongpanak	AWS	760.28	33.3852	126.6195	Mountain Area
792	Pyoseon	AWS	77.20	33.3536	126.8168	Low-lying Area
793	Daejeong	AWS	2.70	33.2410	126.2262	Low-lying Area
855	Gapado	AWS	3.50	33.1733	126.2683	Low-lying Area
870	Jindalraebat	AWS	1488.27	33.3698	126.5557	Mountain Area
871	Wisseoleum	AWS	1668.26	33.3624	126.5180	Mountain Area
885	Typhooncenter	AWS	244.40	33.3315	126.6784	Middle Area

Table 2는 23개 지점에 해당하는 강우량을 표고 기준으로 오름차순 정렬하였고 Fig. 2에 표고별 강우량 그래프를 도시하였다. 강우의 표고별 증가량을 살펴보았을 때, 평균적으로 지속시간 1시간은 중산간지대가 해안저지대보다 21%, 2시간 42%, 3시간은 52% 가량 높으며 산악지대가 중산간지대보다 지속시간 1시간은 40%, 2시간 44%, 3시간 55% 높게 도출되었다. 태풍 사상에서는 차바 당시 중산간지대가 해안

저지대보다 109%, 산악지대가 중산간지대 보다 80% 높으며 산바 사상에서는 중산간지대가 해안저지대보다 136%, 산악지대가 중산간지대보다 81% 높게 도출되었다. 10년 연평균 강우량은 중산간지대가 해안저지대보다 37%, 산악지대가 중산간지대보다 69% 높게 도출되었다. 본 연구에서 고도별 강우의 평균적인 증가량을 보더라도 해안저지대에서 산악지대로 올라갈수록 강우량이 많아짐을 알 수 있다.

Table 2. Rainfall Analysis According to Elevation

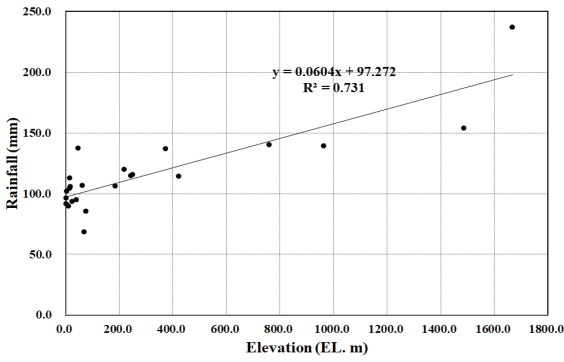
Station Name	Elevation (EL. m)	Rainfall (mm)						Averaged Annual Rainfall	Location
		Probable Rainfall (mm) (Return Period 30 yr)			Typhoon				
		1 hr	2 hr	3 hr	Chaba	Sanba			
Daejeong	2.70	96.1	138.6	178.2	95.5	130.0	1526.4	Low-lying Area	
Gapado	3.50	91.2	107.6	118.3	107.5	168.0	1148.8	Low-lying Area	
Udo	6.36	101.7	122.0	147.6	144.0	198.5	1743.7	Low-lying Area	
Marado	12.20	89.2	123.2	134.4	92.0	119.5	1477.8	Low-lying Area	
Seongsan	17.75	104.1	122.7	132.2	148.4	189.8	2092.1	Low-lying Area	
Gujwa	18.00	112.4	135.7	157.6	183.5	207.5	1772.2	Low-lying Area	
Jeju	20.45	105.5	149.1	181.5	175.1	405.2	1563.2	Low-lying Area	
Namwon	26.45	93.0	121.5	142.7	184.5	181.0	2192.2	Low-lying Area	
Hallim	40.70	94.7	121.6	145.9	129.0	156.5	1392.1	Low-lying Area	
Seogwipo	49.03	137.2	181.0	209.8	289.1	96.0	2132.1	Low-lying Area	
Jungmun	63.04	106.4	170.5	180.3	170.0	114.5	1770.8	Low-lying Area	
Gosan	71.47	68.3	82.9	93.0	26.6	92.6	1195.1	Low-lying Area	
Pyoseon	77.20	85.0	118.8	144.5	140.5	295.5	2219.6	Low-lying Area	
Seogwang	187.00	105.7	142.2	172.1	212.5	149.5	1668.1	Low-lying Area	
Daeheul	221.00	119.4	190.1	237.3	245.5	135.0	2266.9	Middle Area	
Typhooncenter	244.40	114.5	172.2	223.1	295.5	345.0	2531.5	Middle Area	
Seonheul	252.00	115.5	177.3	203.6	307.5	597.0	2484.7	Middle Area	
Ara	374.65	136.7	206.3	260.7	371.0	645.0	2369.4	Middle Area	
Yusuam	423.74	113.8	185.4	236.1	345.5	390.0	2041.2	Middle Area	
Seongpanak	760.28	139.9	217.5	295.8	421.0	649.0	4574.8	Mountain Area	
Arimok	965.20	139.1	222.1	294.9	537.5	709.0	3424.4	Mountain Area	
Jindalraebat	1488.27	153.8	266.6	355.1	626.5	863.5	3929.4	Mountain Area	
Wisseoleum	1668.26	236.8	365.0	495.1	663.0	830.0	3835.5	Mountain Area	

본 연구에서는 고도상승에 따른 강우 증가율을 산정하기 위해서 Fig. 2와 같이 관측소 지점별 강우량을 표고에 따른 강우량으로 그래프를 작성하고 선형회귀식에 따른 결정계수(Coefficient of Determination, R^2)를 산정하였다. 결정계수는 자료의 적합한 정도를 나타내는 척도이며 상관관계가 높을수록 1에 가까워진다. 각각의 결정계수는 Fig. 2(a) 0.7, Fig. 2(b) 0.8, Fig. 2(c) 0.9, Fig. 2(d) 0.9, Fig. 2(e) 0.8, Fig. 2(f) 0.7이며 상관관계가 높은 것으로 도출되어 고도별 강우 증가율을 산정하기에 적합한 것으로 판단된다.

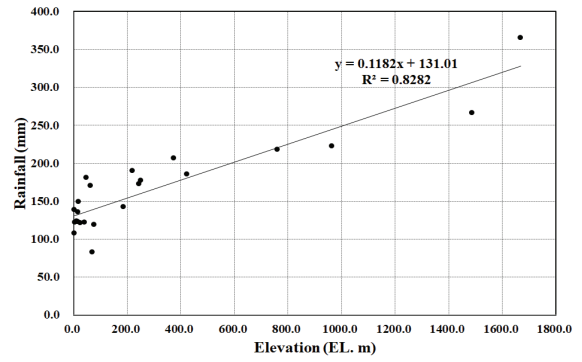
Fig. 2에서 도출된 회귀식을 바탕으로 각각의 고도별 강우량을 산정하여 Fig. 3에 도시하였다. 고도가 100 m 증가함에 따라 강우 증가율은 지속시간 1시간 6.2% 증가, 지속시간 2시간 9.0% 증가, 지속시간 3시간 11.6% 증가, 태풍 사상 차바 23.0% 증가, 산바 23.9% 증가, 10년 연평균강우 14.7% 증가하는 것으로 산정되었다. 즉 고도 0 m 기준으로 강우 증가율은 지속시간 1시간 경우 EL. 200 m에서 약 12% 증가, EL. 600 m에서 약 37% 증가, EL. 1900 m에서 약 118% 증가, 지속시간 2시간 경우 EL. 200 m에서 약 18% 증가, EL. 600

m에서 약 54% 증가, EL. 1900 m에서 약 171% 증가, 지속시간 3시간 경우 EL. 200 m에서 약 23% 증가, EL. 600 m에서 약 70% 증가, EL. 1900 m에서 약 221% 증가, 태풍 차바는 EL. 200 m에서 약 46% 증가, EL. 600 m에서 약 138% 증가, EL. 1900 m에서 약 436% 증가, 태풍 산바는 EL. 200 m에서 약 48% 증가, EL. 600 m에서 약 143% 증가, EL. 1900 m에서 약 454% 증가, 10년 연평균강우는 EL. 200 m에서 약 29% 증가, EL. 600 m에서 약 88% 증가, EL. 1900 m에서 약 280% 증가하는 것으로 도출되었다.

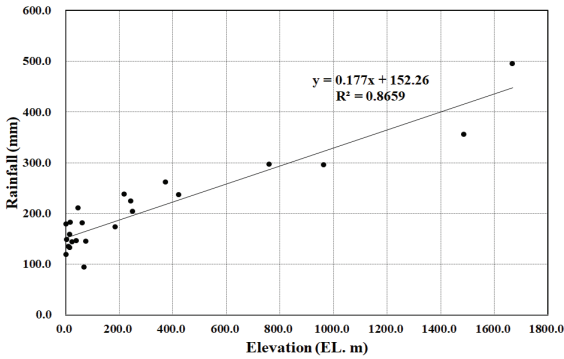
해안저지대 기준으로 산악지대로 고도가 높아질수록 강우 증가율이 과도하게 산정되었으나 실측 자료를 바탕으로 결과를 도출 하였기에 고도에 따라 강우가 증가함을 명확하게 밝힐 수 있었다. 하지만 제주도 내 모든 기상관측소의 자료를 사용하지 못하고 23개 지점의 관측 자료만을 사용한 점과 관측주기가 10년으로 짧은 한계점을 내포하기에 향후 많은 관측자료를 확보한다면 보다 더 정확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다(Ministry of Land Transport and Maritime Affairs, 2012). 또한 도출된 고도별 증가율이



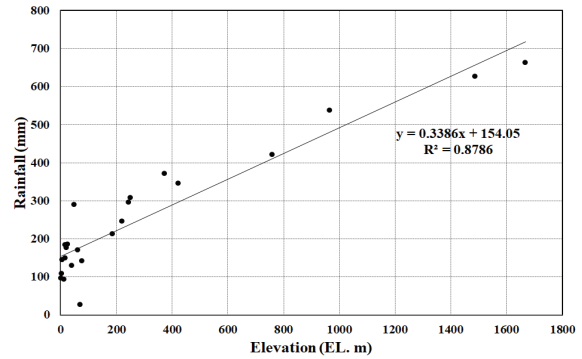
(a) 1 hr



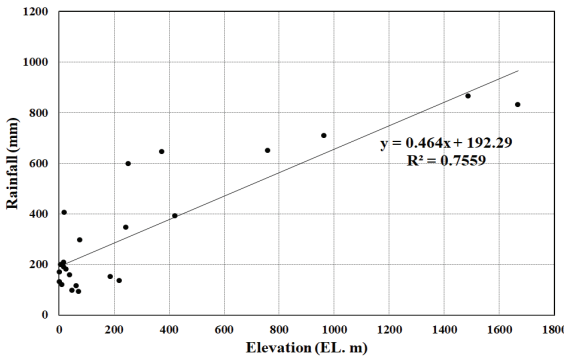
(b) 2 hr



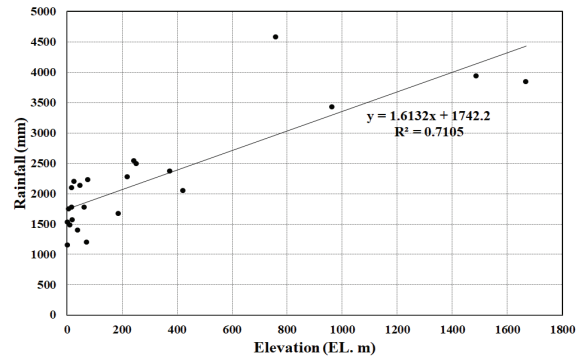
(c) 3 hr



(d) Chaba



(e) Sanba



(f) Averaged Annual Rainfall (10 yr)

Fig. 2. Rainfall Regression Analysis According to Elevation

향후 방재성능목표 기준 설정에 접목시킬 수 있을 것으로 사료된다.

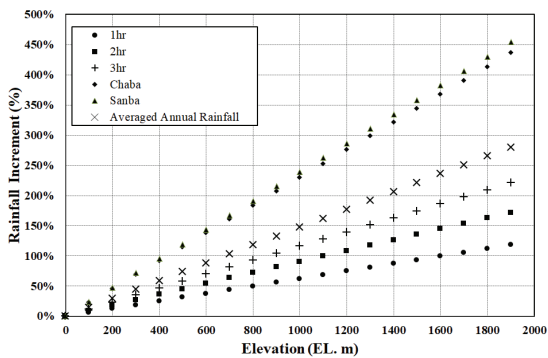
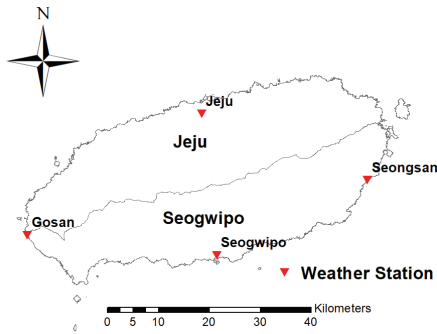


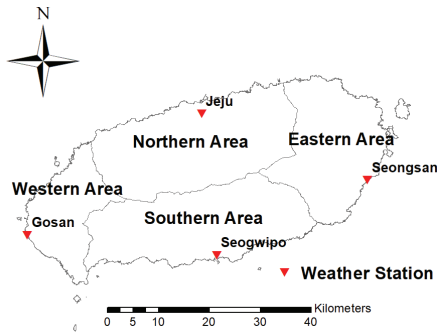
Fig. 3. Rainfall Increment According to Elevation

3.2 현행 기준 방재성능목표 강우량 개선

기존의 제주도 방재성능목표 강우량은 Fig. 4와 같이 4개의 중관관측시스템 강우자료를 이용하여 2개의 지자체인 제주시와 서귀포시로 제시하고 있다. 하지만 Fig. 5에 연강수량에서 확인 할 수 있듯이 한라산을 중심으로 지역별로 실제 강수형태가 다를 수 있다. 또한 2012년과 2013년의 연강수량 차이를 통하여 매년 강수량 차이도 크다는 것을 파악 할 수 있다. 지역별로 강수량을 비교하면 10년 연강수량의 평균은 동쪽에 위치한 성산이 서쪽에 위치한 고산 보다 약 1.8배 높은 것으로 나타났으며 연도별 강수량이 관측소별로 차이가 확연하게 나타났다. 이렇듯 지역별로 모두 다른 경향의 강수패턴을 보이고 있으므로 2개 지자체로 방재성능목표 강우량을 설정하는 것은 한계가 있는 것으로 판단된다.



(a) Before



(b) Modified

Fig. 4. The Detailed Segment of the Jeju Island

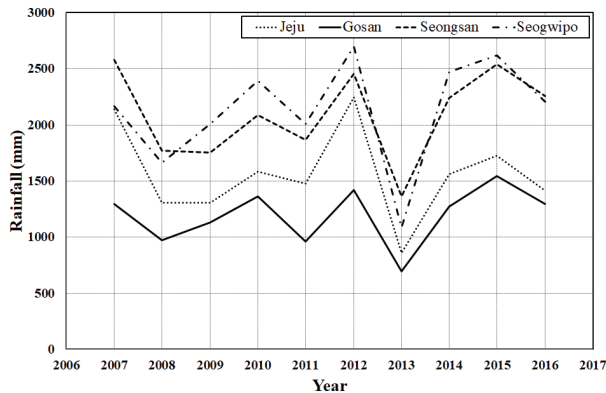


Fig. 5. Annual Rainfall Variation

본 연구에서는 제주도의 방재성능목표 강우량을 개선하기 위해 기존 시·군 단위로 구분된 제주시와 서귀포시를 읍·면·동 단위로 Fig. 4(b)와 같이 동부권, 서부권, 남부권, 북부권 범위로 권역을 세분화하여 지역적 강수 경향을 고려한 방재성능목표 강우량을 제시하였다. 우선 제주시와 서귀포시로 구분되어 있는 티센면적 비율을 동서남북 권역으로 재산정하였다. Table 3은 기존의 티센면적 비율이고 Table 4는 재산정된 결과이다. 서귀포시에는 서귀포 지점, 제주시에는 제주 지점 관측소만이 비율이 높게 산정되어 있으나 재산정된 결과는 각 권역별로 대표적인 관측소에 해당하는 비율이 높게 도출되어 강우 특성을 모두 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Existing Thiessen's Weighting

Municipality	Thiessen's Weighting Method	
	Station	Weighting (%)
Seogwipo	Seogwipo	50
	Seongsan	32
	Gosan	18
Jeju	Jeju	62
	Gosan	20
	Seongsan	18

Table 4. Modified Thiessen's Weighting

Municipality	Thiessen's Weighting Method	
	Station	Weighting (%)
Eastern Area	Jeju	6
	Seongsan	94
Western Area	Gosan	100
Southern Area	Jeju	1
	Seongsan	7
	Gosan	14
	Seogwipo	78
Northern Area	Jeju	92
	Seongsan	1
	Gosan	4
	Seowipo	3

지점별 확률강우량을 산정하기 위해서 4개의 기상관측소 자료를 관측시작년도부터 2016년도까지 구축하였다. FARD 2006 (Frequency Analysis of Rainfall Data Program) 모형을 이용하여 빈도분석을 수행하였다. 매개변수 추정방법은 확률가중모멘트법(Probability Weighted Moment Method)을 채택하였으며 매개변수 적합성 검토는 Gumbel (GUM) 분포형이 적합한 것으로 분석되었다. 결과를 바탕으로 Table 5에 재현빈도 30년, 지속시간 1시간, 2시간, 3시간에 대한 확률강우량을 도출하였다. 성산 관측소 지점이 고산 관측소보다 약 1.8배 높은 것으로 나타났으며 이는 확률강우량에서도 지역별 강수 특성이 다를 수 있다. 산정된 확률강우량과 티센면적 비율을 이용하여 지자체별 및 권역별 확률강우량과 방재성능목표 강우량을 산정하였다. 방재성능목표 강우량은 기존의 설정 방법과 동일하게 산정된 확률강우량에 5 mm 절상하였다(National Emergency Management Agency, 2012). Table 6에 이전의 방법과 본 연구에서 산정된 확률강우량 및 방재성능목표 강우량을 도출하였다. 기존의 방재성능목표 강우량은 제주시와 서귀포시가 전 지속시간에 대하여 약 5 mm 미만의 적은 차이를 보이면서 지역적 강우 특성을 반영하지 못하지만 권역을 세분화하여 산정한 방재성능목

표 강우량은 동부권, 남부권, 북부권, 서부권 순으로 높게 나타났다. 또한 권역별로 강우 경향성이 다르게 나타남과 연평균 강우 결과와 비교하였을 때 각 권역에 해당하는 지역 특성을 잘 반영한 결과로 판단된다. 추후 개선된 방안을 적용한 방재성능목표 강우량이 제시되길 기대해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

Table 5. Probable Rainfall by Observation Station

Station Name	Probable Rainfall (mm)		
	1 hr	2 hr	3 hr
Jeju	82.5	119.1	148.9
Gosan	64.8	87.7	103.0
Seongsan	119.3	144.4	169.7
Seogwipo	83.6	112.3	138.7

4. 결 론

매년 증가되고 있는 자연재해에 대한 대책으로 지역별 방재성능목표 설정 및 운영 마련의 필요성은 분명하다. 방재성능목표 강우량을 산정하여 지역별로 공표하는 것은 충분히 타당하나 강우가 고도 및 지역 특성에 영향을 많이 받는 지자체에 대해서는 충분한 강우 경향성 분석이 필요함을 알 수 있었다. 기존에는 수문학적 유역의 특성을 고려하지 못하고 단순한 통계학적 강우자료를 이용하여 산정하였다. 하지만 본 연구에서는 고도 및 지역 특성을 고려할 수 있는 방재성능목표 강우량 산정 기법을 제시하였다.

본 연구에서는 제주도 지점을 대상으로 방재성능목표 강우량 산정에 대한 한계점을 파악하고 보완하기 위한 강우 분석을 실시하였다. 제주도는 모든 면이 바다로 둘러싸여 있는 도서지역이며 중심부에 한라산이 위치하고 있어 고도 및 지역에 따라 강우 경향이 상이하게 나타나는 결과를 도출하였다. 하지만 기존의 방재성능목표 강우량은 이러한 고도 및 지역적 강우 특성을 반영하지 못하는 한계점이 있어 이를 보완하고자 고도에 따른 강우분석과 지역적 특성을 고려한 방재성능목표 설정 개선 방안을 연구하였다. 고도

와 강우의 관계를 분석하기 위해 제주도 전 지역의 종관(4개소) 및 자동기상관측시스템(19개소)의 강우 자료를 이용하여 확률강우량(재현빈도 30년, 지속시간 1시간 ~ 3시간), 특정 태풍 사상(차바, 산바) 총강우량, 연평균강우량을 구축하여 강우분석을 하였다. 전체적으로 고도가 증가함에 강우량이 선형적으로 증가하는 경향을 보여 고도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며 Park (2016)의 편 현상에 대해서 규명할 수 있는 계기가 되었다.

제주도 지역의 기존 방재성능목표 강우량은 종관기상관측시스템 4개 지점의 강우량을 이용하여 제주시(북부권)와 서귀포시(남부권) 2개 지점에 대해서만 설정하고 있다. 본 연구와 Lee (1999)에서는 동부, 서부, 남부, 북부 권역별로 강우량이 상이하게 나타남을 알 수 있었으며, 이는 기존 방재성능목표 설정 기준의 한계점을 판단하였다. 이에 설정기준을 보완할 수 있는 방안을 적용하고자 지자체 구분을 더 세분화하였다. 시 단위로 구분되어 있는 기준을 읍면동 기준으로 동부, 서부, 남부, 북부 권역으로 나누었으며, 권역별 티센망을 재구축하여 방재성능목표 강우량을 제시하였다. 재산정 결과 권역별 강우 경향이 상이하게 나타나며 연평균 강우와 비교하였을 때 각 지역 특성에 적합한 결과를 도출하였다. 결과적으로 Park (2016)과 Song et al. (2013)에서와 같이 서부권(고산)에서의 강우량이 가장 적고 동부권(성산) 지역에서 가장 큰 강우량을 나타내는 것으로 도출되었다. 이는 각 지역의 특성을 충분히 반영한 결과로 판단된다.

제주도 지역의 방재성능목표 강우량을 설정하기에 고도와 지역 특성을 충분히 반영할 수 있는 방안을 검토하여 적용 대안을 설정하였다. 하지만 고도와 지역적 특성을 복합적으로 반영할 수 있는 방안은 제시하지 못한 한계점이 있다. 이는 지자체별 방재성능목표 기준에 고도에 따른 증감량을 고려한다면 기준값이 과도하게 높아지는 결과를 초래하기 때문이다. 실무적으로 복합적인 원인을 고려하기 위해서는 고도가 올라감에 따른 강우 증감량을 실무자가 적절하게 판단하여 고려해야 할 것으로 사료된다. 추가적으로 복합적인 방재성능기준을 제시할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이며, 강우 자료 주기가 짧은 것에 대한 미흡한 점이 있어 보다 장기간의 관측 자료를 보완하여 이용한다면 더

Table 6. Probable Rainfall by Branch and Disaster Prevention Performance Target Rainfall

Municipality		Probable Rainfall (mm)			Disaster Prevention Performance (mm)		
		1 hr	2 hr	3 hr	1 hr	2 hr	3 hr
Existing	Seogwipo	91.6	118.1	142.2	95	120	145
	Jeju	85.6	117.4	143.5	90	120	145
Modified	Eastern Area	117.1	142.9	168.5	120	145	170
	Western Area	64.8	87.7	103.0	65	90	105
	Southern Area	83.5	111.2	136.0	85	115	140
	Northern Area	82.2	117.9	147.0	85	120	150

정확한 결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이와 같은 연구결과를 제주도 지점에 대한 방재성능목표 설정 기준 개선에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 본 연구와 같이 각 지자체에서 방재성능목표 설정 기준을 고도 및 지역 등의 특성을 고려하여 실무에 적용하면 신뢰성 높은 기준을 마련할 수 있을 것이며 실무적으로 수자원 설계에도 충분한 근거가 될 것으로 판단된다. 하지만 모든 지자체에 대해 세부적으로 분석함은 어려움이 있을 것으로 판단되므로 추후 고도와 지역 특성 등에 대해 영향을 많이 받는 지자체를 구분하여 세부적인 방재성능목표 기준을 마련해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 정부(행정안전부)의 재원으로 재난안전기술개발 사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MOIS-재난-2015-03].

References

- Jeju Special Self Governing Province (2013) *Water Resources Management Master Plan*.
- Ko, J.W., Yang, S.K., Jung, W.Y., and Yang, S.C. (2014) Estimation of Probable Precipitation Considering Altitude in the Jeju Islands. *Journal of Environmental Science International*, Vol. 23, No. 4, pp. 595-603.
- Lee, S.H. (1999) The Distribution of Precipitation in Cheju Island. *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 34, No. 2, pp. 123-136.
- Ministry of Land Transport and Maritime Affairs (2012) *Guidelines for Design Flood Quantile*.
- National Emergency Management Agency (2012) *Criteria for Establishing Disaster Prevention Performance Targets by Region*.
- Park, C.Y. (2016) *Countermeasures and Occurrence Characteristics of Drought in Jeju*. Jeju Development Institute.
- Park, C.Y., and Oh, S.I. (2016) *Measures to Improve Disaster Prevention Performance in the Jeju Area for Reducing Wind and Flood Damage*. Policy Issue Brief, Vol. 252, Jeju Development Institute.
- Song, S.H., Yoo, S.H., and Bae, S.J. (2013) Regional Drought Assessment Considering Climate Change and Relationship with Agricultural Water in Jeju Island. *Journal of Environmental Science International*, Vol. 22, No. 5, pp. 625-638.
- Thiessen Alfred H., and Cecil Alter J. (1911) Precipitation Averages for Large Areas. *Monthly Weather Review*, Vol. 39, pp. 1082-1084.
- Yun, H.S., Um, M.J., Cho, W.C., and Heo, J.H. (2009) Orographic Precipitation Analysis with Regional Frequency Analysis and Multiple Linear Regression. *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 42, No. 6, pp. 465-480.

Received	December 22, 2017
Revised	December 26, 2017
Accepted	January 11, 2018