

도시방재성능에 따른 방재성능목표 강우량 산정 연구

정민수*, 옥영석, 이영근, 이영섭, 박미리, 이철희
방재관리연구센터

Estimation of Disaster Prevention Target Rainfall according to Urban Disaster Prevention Performance

Min-Su Jeong*, Young-Suk Oak, Young-Kune Lee, Young-Sub Lee, Mi-Ri Park,
Chul-Hee Lee

Disaster Management Research Center

요약 소방방재청(현 국민안전처)은 지역별 방재성능목표 설정 기준을 마련하여 방재성능목표 강우량을 제시하고 있으며, 자치단체별 10년 주기로 방재성능목표를 설정하고 있다. 반면에 10년 단위 목표 강우량 재산정은 기후변화에 따른 현재 상태의 강우량 변동을 반영하는데 있어 다소 어려움이 있는 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 최신 강우량 자료를 이용한 충남 지역 및 대전지역의 확률강우량도를 작성하고 목표 강우량 산정 기준인 도시 특성을 반영한 사회·경제적 기준에 따른 가중치 적용과 상향된 확률강우량 적용 기준에 따른 목표 강우량 산정 및 기존 목표 강우량과 비교·검토를 수행하였다. 확률강우량 산정을 위한 입력자료는 충청남도과 대전 지역 기상청 산하 강우관측소에 위치한 6개 지점을 선택하여 적용하였다. 산정결과 상향된 확률강우량 적용시 일부 유사지역이 나타나는 반면에 상향 또는 하향되는 경우가 적지 않게 발생하였으며, 그 차이도 10mm 미만에서 다소 큰 차이를 갖는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기후변화에 따른 강우 변동성 및 불확실성을 고려하는 경우 기존 목표 강우량이 현재 상태를 적절히 반영하지 못하는 것으로 판단되었다. 최근 기후변화에 따른 강우 변동성 및 불확실성 등을 고려한 방재성능 목표 강우량의 필요성이 대두되고 있으며, 이와 함께 장래 목표 강우량의 산정기준의 적합성 검토와 함께 설계자를 위한 명확한 기준제시를 통해 현재상태를 반영한 목표 강우량 산정이 필요할 것으로 판단되었다.

Abstract The National Emergency Management Agency (NEMA) presented the disaster prevention performance target rainfall (DPPTTR) for disaster prevention. The estimation criteria for DPPTTR is a 10 year cycle. On the other hand, the target rainfall recalculated every 10 years is difficult to reflect the current change in rainfall on climate change. In this study, the probability of precipitation using the recent rainfall data was prepared and the weights according to socio-economic criteria reflecting the urban characteristics and adjusted probability rainfall criteria were applied to the results. The difference between the existing target rainfall and recalculated result was compared. The input data for the estimated probability rainfall was selected from 6 points located in the rainfall observing station of Chungcheongnam-do, Daejeon region. As a result of the estimation, in the case of upward probability precipitation weight, some similar areas were observed. On the other hand, there were a few cases of upward or downward changes within 10 mm. Considering the rainfall variability and uncertainty due to climate change, the existing target rainfall does not present the condition properly. Therefore, hydrological designers need to calculate the target rainfall, reflecting the present condition.

Keywords : Disaster Prevention Performance Target, Disaster Prevention Performance Target Rainfall(DPPTTR), Urban Characteristic weight(UCW), probability precipitation weight, climate change

본 논문은 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임[MPSS-자연-2013-62]

*Corresponding Author : Min-su Jeong(Disaster Management Research Center)

Tel: +82-70-7880-4640 email: jminsoo03@kodipa.or.kr

Received March 9, 2017

Revised (1st March 23, 2017, 2nd March 24, 2017)

Accepted April 7, 2017

Published April 30, 2017

1. 서론

일본의 경우 도시방재성능 목표를 도시별 기상 및 사회·경제적 여건에 적합하게 설정하여 재해위험도 및 취약성 분석·평가를 통한 도시방재종합계획을 추진하고 있다[1]. 국내의 경우에도 사회·경제적 특성을 반영한 도시별 방재정책 수립을 통해 장래 발생 가능한 자연 재해 방재대책 마련의 필요성이 대두되고 있으며, 「자연재해대책법」 16조4(지역별 방재성능목표 설정·운용)을 통해 방재성능 목표 기준을 제시하고 있다.

이러한 기준에 따라 소방방재청(현 국민안전처)은 지역별 방재성능목표 마련의 일환으로 강우지속시간별 방재성능목표 강우량 (Disaster Prevention Performance Target Rainfall, DPPTR) 산정을 수행한 바 있다[1]. 방재성능목표 강우량 산정을 위해 소방방재청은 지역별 특성에 따른 사회·경제적 요소를 반영한 가중치를 마련하였고, 이를 적용한 지역별 방재성능목표 강우량을 산정하고 이를 제시한 바 있다[1, 2]. 또한 「자연재해대책법」 16조4에서 제시하는 기준에 따라 방재성능목표 강우량을 10년 단위로 재산정이 이루어지도록 하고 있다[2].

방재성능목표 강우량은 홍수 등에 따른 자연재해 대책 마련을 위해 수문학적 절차에 따른 도시별 방재성능목표 산정에 적용될 수 있음에 따라, Ahn(2014)은 도시성능목표 강우량의 적용성을 위해 SWMM 모형을 이용한 공간적인 유역면적 $5km^2$ 이내에서의 적용성에 관한 연구를 수행 한 바 있으며, Kim(2016)은 방재성능목표를 적용한 침수양상 모의를 통한 침수원인 분석을 수행한 바 있다[3, 4]. 또한, Kim(2015)은 기존의 방재성능목표 강우량이 시·군 단위로 작성되어 있어 이를 기상청 지상관측지점과 방재기상관측지점의 자료를 활용하여 서울지역의 구 단위에 대한 방재성능목표 강우량을 산정한 바 있다[5].

지역별 방재성능목표 강우량의 산정은 지자체별로 방재성능 목표 설정을 위한 강우의 입력자료 활용에 있어 편의성을 제공할 수 있는 반면에 10년 단위로 재산정이 이루어지고 있어, 기후변화에 따른 홍수 등의 피해양상에 대한 현실적인 반영에는 한계를 가져 올 수 있다. 최근 기후의 급격한 기후변화 양상은 향후 연평균 강수량 증가에 따른 극치 자연재해의 위험성과 극한 강수 사상의 발현빈도의 증가양상으로 나타날 수 있다[6, 7].

따라서 홍수와 같은 극한 자연재해에 따른 대비를 위한 측면에서 현재 상태를 반영한 강우량 산정 연구가 활발히 진행되고 있으며, kang(2014)은 기후변화에 따른 강우강도 및 강우량 증가를 반영한 홍수피해 위험분석에 대한 연구를 수행한 바 있고, 한반도 강수의 양극화 분석을 통해 여름철 강수의 증가에 대한 연구를 수행한 바 있다[8, 9].

본 연구에서는 기존 방재성능목표 강우량 산정 기준 검토 및 이를 반영한 현재상태 목표 강우량을 산정하였다. 또한 10년간 동일한 적용기준을 갖는 방재성능목표 강우량과 현 상태를 반영한 목표 강우량의 비교·검토를 수행하였다. 대상은 대전·충남의 기상관측소가 위치한 6개 지역을 선정하였고, 이 지역 확률강우량을 산정하였다. 목표 강우량은 산정된 강우량에 가중치를 적용하여 산정되며, 확률강우량 가중치와 도시특성 가중치로 구분하여 적용하고 있다. 치로 구분된다. 또한 도시특성 가중치를 적용하는 경우 적용범위(10~15%) 내에서 지역에 따라 달리 적용되고 있다. 반면에 확률강우량 및 도시 특성 가중치 적용 대상에 대한 구분기준 검토가 필요하며, 도시 특성 가중치 적용 시점이 현재상태와는 상이한 점 등을 고려하여 전 대상 지역에 두 가지 가중치 및 도시 특성 가중치범위를 적용하여 목표 강우량의 산정 및 기존과 비교·검토를 수행하였다. 증가된 강우량의 산정은 단기, 중기, 장기에 따른 지속시간별 1hr, 2hr, 3hr에 대한 결과를 비교·검토하였다.

2. 입력자료 구축 및 연구방법

2.1 입력자료

본 연구는 기존의 방재성능목표 강우량 산정에 대한 검토 및 현재상태를 반영한 목표 강우량의 재산정을 통해 비교 분석하고자 하였다.

대상지역의 공간적인 범위는 충청남도와 대전지역의 기상관측소 설치 지점으로 Fig. 1에서 제시한 바와 같이 충남지역에 5개소 및 대전지역 1개소 등 총 6개소로 구분되어 있다.

대상지역의 확률강우량에 대한 입력자료 구축은 국토부 확률강우량도활용시스템에서 제공되는 대상유역의 6개 시군별 자료를 수집·적용하였다.

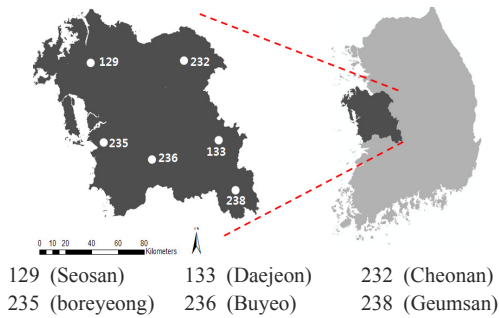


Fig. 1. Rainfall observation stations operated by the Korea Meteorological Administration(KMA) in Chungcheongnam-do

2.2 연구방법

방재성능목표 강우량은 기후변화 대응을 위한 패러다임 설정에 따른 지역별 도시방재성능 목표 및 기준 설정을 통해 현황위주의 지역별 수문분석을 수행하고, 홍수 및 침수 방재성능목표 설정을 위한 강우기준 설정을 목적으로 제안되었다[1].

도시방재성능기준은 정책목표에 따라 단기, 중기 장기로 구분되며, 구조적 방재성능 목표는 하천, 하수도, 방재성능, 펌프장 및 저류시설 성능, 유역대책성능으로 구분하고 있다. 또한 목표 강우량 설정은 도시 강우 및 지역 특성, 계획 효율성 및 실현가능성 등 계획수립 시에 조건을 반영하여 설정하는 것으로 기준을 제시하고 있으며, 이러한 조건에 따라 가중치를 두어 산정하도록 하고 있다[1]. 다음 Table 1은 사회·경제적 요인을 고려한 도시 특성 가중치(Urban Characteristics Weight, UCW)에 적용되는 가중 항목들을 나타내었다[1].

Table 1. Range of Urban Characteristics Weight items

Characteristics of	Contents	Weighted range
Rainfall	Downpour occurrences (more than 50mm per hour)	1~3
	Maximum rainfall frequency per hour	1~3
Watershed	Presence of pumping station and detention station	0~1
	Num. of flooded buildings	1~2
	Impervious area ratio	1~3
Efficiency	Penetration rate of sewer system	1~3
Feasibility	Financial index	1~3

도시 특성 가중치는 7개 도시(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산) 및 10개 시·군(수원, 춘천, 강릉, 충주, 전주, 남원, 목포, 여수)에 대한 가중범위 10~15% 내의 상이한 가중치를 갖는다.

Table 2. Probability precipitation weight(PPW) to estimate city and country target rainfall except for representative cities

term	Contents
Short	Rainfall corresponding to 20 year return period
Mid	Rainfall corresponding to 30 year return period
Long	Rainfall corresponding to 100 year return period

기타 시군은 Table 2의 지속시간별 확률강우량 가중치(Probability Precipitation Weight, PPW)를 적용하며, 산정된 강우량은 5mm 단위로 적용되고 있다[2].

본 연구에서는 도시 특성 가중치를 적용하였으며, 적용범위는 기존의 적용이 2011년으로 현재 시점과의 차이를 가짐에 따라 가중범위를 고려하여 최소 0.1(10%)과 최대 0.15(15%)를 적용하였다. 대상 6개 지역 중에서 대전은 주요도시에 해당함에 따라 0.1의 가중치가 적용된 바 있으며, 충남지역은 기타시군에 속함에 따라 확률강우량에 가중치를 적용하여 목표 강우량을 산정 한 바 있다[1].

2.2.1 강우분석

충남의 재현기간별, 강우지속시간별 강우량과 강우빈도는 국토해양부(2012)에서 제안하는 확률강우량을 적용하였다[10]. 강우자료는 임의시간 10분, 60분, 고정시간 1~24hr, 30hr, 36hr, 48hr, 72hr 지속시간에 대한 연 최대치 강우량을 적용하였다.

입력 강우자료에 결측치가 있는 경우에 대한 보완은 실무에서 일정수준의 신뢰성과 적용성을 갖는 Reciprocal Distance Squared(RDS) 강수결측보완 기법을 적용하였다[9]. RDS 기법은 대상관측소와 보완관측소간 거리가 멀어질수록 강수의 상관성이 낮아진다는 개념으로 식은 다음과 같다.

$$P_x = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{D_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^2}} \right) \quad (2.1)$$

여기서, P_x 는 결측이 발생한 관측소 결측 보완 강수량이

며, P_i 는 보완 관측소 강수량이고, D_i 는 결측이 발생한 관측소와 보완관측소간 거리이며, n 은 결측치 보완을 위한 주변관측소 개수이다.

확률분포형은 Gumbel분포를 채택하고 매개변수 추정에는 확률가중모멘트법을 적용하였다. 강우강도식은 결정계수를 높이는 3변수 General형을 채택하였고, 식은 다음과 같다.

$$I(t) = \frac{a}{t^n + b} \quad (2.2)$$

지점확률강우량은 제시된 강우강도식에 따른 지점확률 강우량을 적용하였다[10].

3. 산정결과

3.1 지점별 지속시간별 확률강우량 산정

방재성능목표 강우량 산정을 위한 대상지역은 충청남도 및 대전지역의 기상청 산하 강우관측소 설치 위치를 대상으로 분석하였으며 Gumbel 분포형을 이용한 지점별 확률강우량을 산정하였다. 충남지역은 금산, 보령, 부여, 천안, 서산 등 5개 관측지점이 있으며 대전에 1개 지점이 있다. 각 지점별 빈도별 확률강우량 산정에 따른 Depth Duration Frequency(DDF) 곡선은 Fig. 2와 같으며 빈도별 방재성능목표 강우량 산정결과는 Table 3과 같다. DDF 곡선은 빈도별로 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 100, 200, 300, 500min으로 작성되었다. Table 3

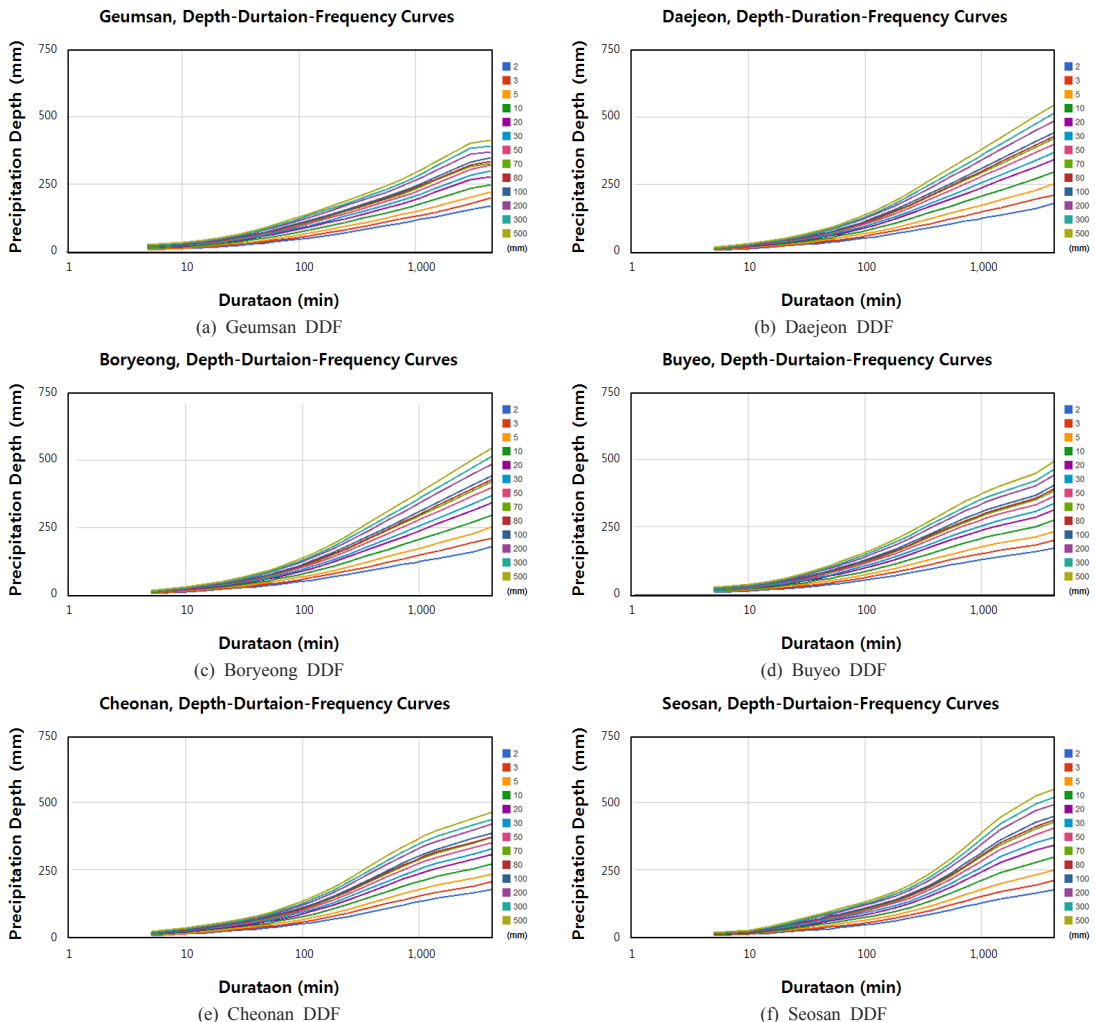


Fig. 2. Results of DDF curve for each study site in Chungcheongnam-do and Dajeon

Table 3. Probability precipitation result according to return period in Chungcheongnam-do and Dajeon

area return period	Geumsan			Daejeon			Boryeong		
	term			term			term		
	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr
15 yr	63.2	88.9	105.5	67.4	97.4	118.7	76.1	108.2	129.7
20 yr	66.4	93.4	110.9	70.6	102.4	125.0	80.2	114.2	137.0
30 yr	70.9	99.9	118.5	75.0	109.4	134.0	85.8	122.6	147.4
60 yr	78.6	110.9	131.4	82.6	121.4	149.3	95.5	137.1	165.0
100 yr	84.2	119.0	141.0	88.1	130.3	160.6	102.6	147.7	178.1

area return period	Buyeo			Cheonan			Seosan		
	term			term			term		
	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr
15 yr	73.9	103.9	124.8	64.2	92.8	114.2	66.1	89.6	106.9
20 yr	78.0	109.7	131.7	67.4	97.6	120.2	69.6	94.3	112.4
30 yr	83.7	117.8	141.4	71.8	104.3	128.7	74.7	101.0	120.2
60 yr	93.5	131.7	158.1	79.3	115.8	143.2	83.3	112.4	133.6
100 yr	100.8	142.0	170.3	84.9	124.2	153.8	89.6	120.8	143.4

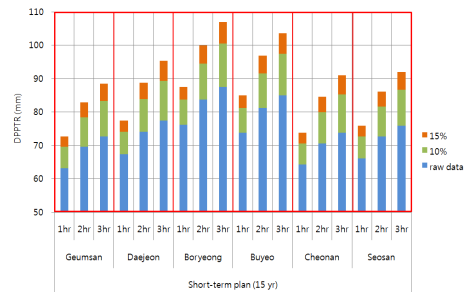
은 방재성능목표 강우량 산정을 고려하여 빈도별 15, 20, 30, 60, 100년에 대한 결과를 제시하였으며, 지속시간별 1hr, 2hr, 3hr에 대한 단기, 중기, 장기계획의 확률 강우량을 산정하였다. 산정결과 금산지역 확률강우량이 가장 적게 나타났으며, 서산도 높지 않은 것으로 나타났다.

반면에 보령지역이 가장 큰 확률강우량을 보였으며 부여 지역도 상대적으로 높은 확률강우량으로 나타났다.

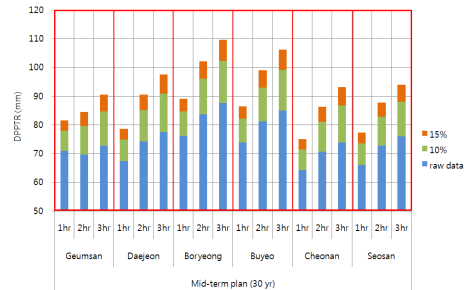
3.2 가중치 적용결과

소방방재청(2011)은 기후변화에 따른 도시방재를 목적으로 도시별 방재성능목표 강우량 산정방법을 제시하고 있다. 방재성능목표 강우량 산정을 위해 기존 확률강우량 산정 및 사회·경제적 요인에 따른 도시 특성 가중치를 적용하고 있으며, 가중치 적용은 0.1~0.15 (10~15%) 범위 내에서 계상하도록 제안하고 있다. 반면에 가중치의 적용은 7개 주요도시와 기타 시·군 중에서 수원 등 10개 지역으로 총 17개 도시에만 적용하도록 하고 있으며, 이외의 지역의 경우에는 확률강우량도에 따른 상황된 재현기간에 대해서만 적용하도록 제시하고 있다.

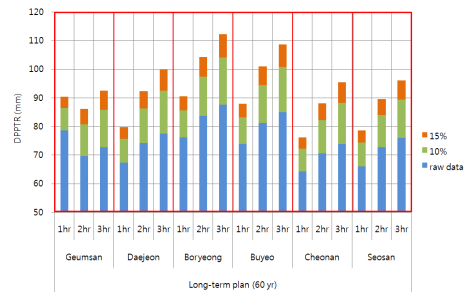
한편으로 이러한 주요도시 외의 지역에서도 사회·경제적인 요인을 반영한 방재성능목표를 도출하는 것이 필요한 것으로 판단되며, 이를 위해 충청남도 지역 5개 시·군별 관측소에 대한 가중치 적용을 수행하였다. 이 경우 지역별 가중치를 적용하는 것은 한계가 있으므로 가중치 범위에 대한 최대 및 최소값을 산정하고 이를 재현기간별 결과에 대한 비교 검토를 수행하였다. Fig. 3은



(a) Comparing of Results weighted by Duration (Short term)



(b) Comparing of Results weighted by Duration (Mid term)



(c) Comparing of Results weighted by Duration (Long term)

Fig. 3. Comparing of Regional results(UCW)

지역별, 지속시간별 가중치 산정결과를 도시하였으며, Table 4에서는 확률강우량 가중 및 도시특성 반영 가중 결과와 기존 목표 강우량의 차이를 나타내었다.

산정결과 대전지역 가중치 0.1을 적용하는 경우 중기 1hr, 장기 1hr를 제외하고는 강우량이 감소되는 것으로 나타났고, 단기 2hr, 3hr에서 약 8~9mm 정도 감소되는

Table 4. Regional DPPTTR comparison between calculation result(UCW) and existing target rainfall

area		Short-term (15 yr)			Mid-term (30 yr)			Long-term (60 yr)			
		1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	
DPPTTR (NEMA, 2011 yr)	Guemsan	65	95	110	70	105	120	85	120	135	
	Daejeon	75	115	140	80	125	150	85	140	165	
	Boryeong	75	115	145	85	130	155	100	150	180	
	Buyeo	80	110	130	90	125	145	105	150	165	
	Cheonan	70	100	120	80	110	135	90	130	150	
	Seosan	65	90	110	75	105	120	85	120	135	
area		variations			variations			variations			
area	weighted	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	
Guemsan	-	value (%)	-1.8 (-2.7)	-6.1 (-6.5)	-4.5 (-4.1)	0.9 (1.3)	-5.1 (-4.9)	-1.5 (-1.3)	-6.4 (-7.6)	-9.1 (-7.6)	-3.6 (-2.6)
	0.1	value (%)	4.6 (7.0)	2.8 (2.9)	6.1 (5.5)	8.0 (11.4)	4.9 (4.6)	10.3 (8.6)	1.4 (1.7)	2.0 (1.6)	9.6 (7.1)
	0.15	value (%)	7.7 (11.9)	7.2 (7.6)	11.4 (10.3)	11.5 (16.5)	9.9 (9.4)	16.3 (13.6)	5.4 (6.3)	7.5 (6.3)	16.2 (12.0)
Daejeon	-	value (%)	-7.6 (-10.1)	-17.6 (-15.3)	-21.3 (-15.2)	-5.0 (-6.3)	-15.6 (-12.5)	-16.0 (-10.7)	-2.4 (-2.9)	-18.6 (-13.3)	-15.7 (-9.5)
	0.1	value (%)	-0.8 (-1.1)	-7.9 (-6.9)	-9.4 (-6.7)	2.5 (3.1)	-4.7 (-3.7)	-2.6 (-1.7)	5.8 (6.8)	-6.4 (-4.6)	-0.8 (-0.5)
	0.15	value (%)	2.5 (3.4)	-3.0 (-2.6)	-3.5 (-2.5)	6.2 (7.8)	0.8 (0.6)	4.1 (2.7)	9.9 (11.7)	-0.4 (-0.3)	6.7 (4.1)
Boryeong	-	value (%)	1.1 (1.5)	-6.8 (-5.9)	-15.3 (-10.6)	0.8 (0.9)	-7.4 (-5.7)	-7.6 (-4.9)	-4.5 (-4.5)	-12.9 (-8.6)	-15.0 (-8.3)
	0.1	value (%)	8.8 (11.7)	4.0 (3.5)	-2.4 (-1.6)	9.4 (11.0)	4.9 (3.8)	7.1 (4.6)	5.0 (5.0)	0.8 (0.5)	1.6 (0.9)
	0.15	value (%)	12.6 (16.7)	9.4 (8.2)	4.1 (2.8)	13.7 (16.1)	11.0 (8.5)	14.5 (9.3)	9.8 (9.8)	7.6 (5.1)	9.8 (5.4)
Buyeo	-	value (%)	-6.1 (-7.6)	-6.1 (-5.5)	-5.2 (-4.0)	-6.3 (-7.0)	-7.2 (-5.7)	-3.6 (-2.5)	-11.5 (-10.9)	-18.3 (-12.2)	-6.9 (-4.2)
	0.1	value (%)	1.3 (1.6)	4.3 (3.9)	7.3 (5.6)	2.1 (2.3)	4.6 (3.7)	10.6 (7.3)	-2.1 (-2.0)	-5.1 (-3.4)	8.9 (5.4)
	0.15	value (%)	5.0 (6.2)	9.5 (8.7)	13.5 (10.4)	6.3 (7.0)	10.5 (8.4)	17.6 (12.2)	2.6 (2.4)	1.5 (1.0)	16.8 (10.2)
Cheonan	-	value (%)	-5.8 (-8.2)	-7.2 (-7.2)	-5.8 (-4.8)	-8.2 (-10.3)	-5.7 (-5.2)	-6.3 (-4.7)	-10.7 (-11.9)	-14.2 (-11.0)	-6.8 (-4.6)
	0.1	value (%)	0.7 (1.0)	2.1 (2.1)	5.6 (4.7)	-1.0 (-1.3)	4.7 (4.3)	6.6 (4.9)	-2.7 (-3.0)	-2.7 (-2.1)	7.5 (5.0)
	0.15	value (%)	3.9 (5.5)	6.7 (6.7)	11.3 (9.4)	2.6 (3.2)	9.9 (9.0)	13.0 (9.6)	1.2 (1.4)	3.1 (2.4)	14.6 (9.8)
Seosan	-	value (%)	1.1 (1.7)	-0.4 (-0.4)	-3.1 (-2.9)	-0.3 (-0.4)	-4.0 (-3.8)	0.2 (0.2)	-1.7 (-2.0)	-7.6 (-6.3)	-1.4 (-1.1)
	0.1	value (%)	7.7 (11.8)	8.6 (9.5)	7.5 (6.9)	7.2 (9.5)	6.1 (5.8)	12.2 (10.2)	6.6 (7.8)	3.6 (3.0)	11.9 (8.8)
	0.15	value (%)	11.0 (16.9)	13.0 (14.5)	12.9 (11.7)	10.9 (14.5)	11.1 (10.6)	18.2 (15.2)	10.8 (12.7)	9.3 (7.7)	18.6 (13.8)
mean	-	value (%)	-3.2 (-4.3)	-7.4 (-6.8)	-9.2 (-6.9)	-3.0 (-3.6)	-7.5 (-6.3)	-5.8 (-4.0)	-6.2 (-6.6)	-13.5 (-9.8)	-8.2 (-5.0)
	0.1	value (%)	3.7 (5.3)	2.3 (2.5)	2.5 (2.4)	4.7 (6.0)	3.4 (3.1)	7.4 (5.6)	2.3 (2.7)	-1.3 (-0.8)	6.4 (4.4)
	0.15	value (%)	7.1 (0.1)	7.1 (7.2)	8.3 (7.0)	8.5 (10.8)	8.9 (7.8)	13.9 (10.4)	6.6 (7.4)	4.8 (3.7)	13.8 (9.2)

것으로 나타났다.

대전과 충남을 포함한 기간별, 지속시간별 가중적용 결과 가중치 미적용시 전체적으로 3~13mm까지 감소를 보였고, 가중치 0.1을 적용하는 경우 장기 2hr을 제외하고는 모두 증가되는 것으로 나타났으며, 증가 범위는 평균 2.3~7.4mm까지인 것으로 나타났다. 가중치 0.15를 적용한 경우에는 전체적으로 4.8~13.9mm까지 증가되는 것으로 나타났다.

3.3 기타 시군에 대한 확률강우량 적용결과

앞서 제시한 바와 같이 도시 특성 가중치의 주요도시에 대한 적용은 15 yr, 30 yr, 60 yr에 대한 가중치 0.1, 0.15를 각각 적용하는 반면에 기타 시·군에 대한 방재성능목표 강우량 설정은 재현기간별로 15 yr은 20 yr, 30 yr은 30 yr, 60 yr은 100 yr로 동등 또는 상향된 재현기간 적용을 통한 단기, 중기, 장기에 대한 목표 강우량을 설정하도록 제안하고 있다[2]. 따라서 현재 시점에서의 확률강우량을 산정하여 기존의 산정결과와 비교검토를 수행하였으며, 결과는 Table 5로 제시하였다.

산정결과 대전을 제외한 지속시간별, 지역별 구분에 따른 45개의 결과 중에서 27개에서 감소를 나타내었다. 증가된 구간을 살펴보면 보령을 제외한 단기 3 hr에서 평균 2.8mm, 장기 3 hr에서 평균 5.9mm로 증가되는 것으로 나타났다.

금산과 보령의 경우 금산은 중기 2hr에서 -5.1mm로 감소된 반면에 장기 3hr에서 6.0mm로 높은 증가율을 나타냈고, 서산은 중기 1hr, 2hr을 제외하고는 전체적인 증가를 보였으며, 중기 2hr에서 -4.0mm로 가장 적은 반면에 장기 3hr에서 8.4mm 가장 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이외에는 천안에서 중기 1hr -11.4mm로 강우량 감소가 가장 큰 것으로 나타났다.

3.4 결과정리

방재성능목표 강우량 산정은 확률강우량 또는 도시 특성 가중치를 적용하여 산정하도록 제시하고 있음에 따라 이를 반영하여 충청남도 지역과 대전지역의 방재성능 목표 강우량을 재산정하였다.

지역별 산정결과를 기존에 산정된 방재성능목표 강우량과 확률강우량에 따른 산정결과 그리고 가중치를 적용하는 경우에 따른 강우량의 차이 검토를 위해 Fig. 4와 같이 지역별로 나타냈으며, 그래프의 축(0)은 방재성능 목표 강우량을 나타낸다.

충남지역에 대한 가중치별 적용 결과, 대부분 기존의 방재성능목표 강우량이 가중치 미적용 결과보다 높게 산정되었으나 금산(중기 1hr), 보령(단기 1hr, 중기 hr), 서산(단기 1hr, 중기 3hr)은 높지 않은 것으로 나타났다.

또한 가중치 0.1을 적용 시에는 보령(단기 3hr), 부여(장기 1hr, 2hr), 천안(중기 1hr, 장기 1hr, 2hr) 등을 제

Table 5. Regional DPPT comparison between calculation results(PPW) and existing target rainfall

DPPTR (NEMA, 2011 yr)	area	Short-term (15 yr)			Mid-term (30 yr)			Long-term (60 yr)		
		1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr
	Guemsan	65	95	110	70	105	120	85	120	135
	Daejeon	75	115	140	80	125	150	85	140	165
	Boryeong	75	115	145	85	130	155	100	150	180
	Buyeo	80	110	130	90	125	145	105	150	165
	Cheonan	70	100	120	80	110	135	90	130	150
	Seosan	65	90	110	75	105	120	85	120	135
area		variations			variations			variations		
area	weighted	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr	1hr	2hr	3hr
Guemsan	value	1.4	-1.6	0.9	0.9	-5.1	-1.5	-0.8	-1.0	6.0
	(%)	(2.1)	(-1.7)	(0.8)	(1.3)	(-5.1)	(-1.3)	(-0.9)	(-0.9)	(4.3)
Boryeong	value	5.2	-0.8	-8.0	0.8	-7.4	-7.6	2.6	-2.3	-1.9
	(%)	(6.4)	(-0.7)	(-5.8)	(0.9)	(-6.0)	(-5.2)	(2.5)	(-1.6)	(-1.1)
Buyeo	value	-2.0	-0.3	1.7	-6.3	-7.2	-3.6	-4.2	-8.0	5.3
	(%)	(-2.6)	(-0.3)	(1.3)	(-7.5)	(-6.1)	(-2.5)	(-4.2)	(-5.7)	(3.1)
Cheonan	value	-2.6	-2.4	0.2	-8.2	-5.7	-6.3	-5.1	-5.8	3.8
	(%)	(-3.9)	(-2.5)	(0.2)	(-11.4)	(-5.5)	(-4.9)	(-6.0)	(-4.7)	(2.5)
Seosan	value	4.6	4.3	2.4	-0.3	-4.0	0.2	4.6	0.8	8.4
	(%)	(6.7)	(4.6)	(2.1)	(-0.4)	(-4.0)	(0.2)	(5.2)	(0.7)	(5.9)
mean	value	1.3	-0.2	-0.6	-2.6	-5.9	-3.8	-0.6	-3.3	4.3
	(%)	(1.7)	(-0.1)	(-0.3)	(-3.4)	(-5.3)	(-2.8)	(-0.7)	(-2.4)	(2.9)

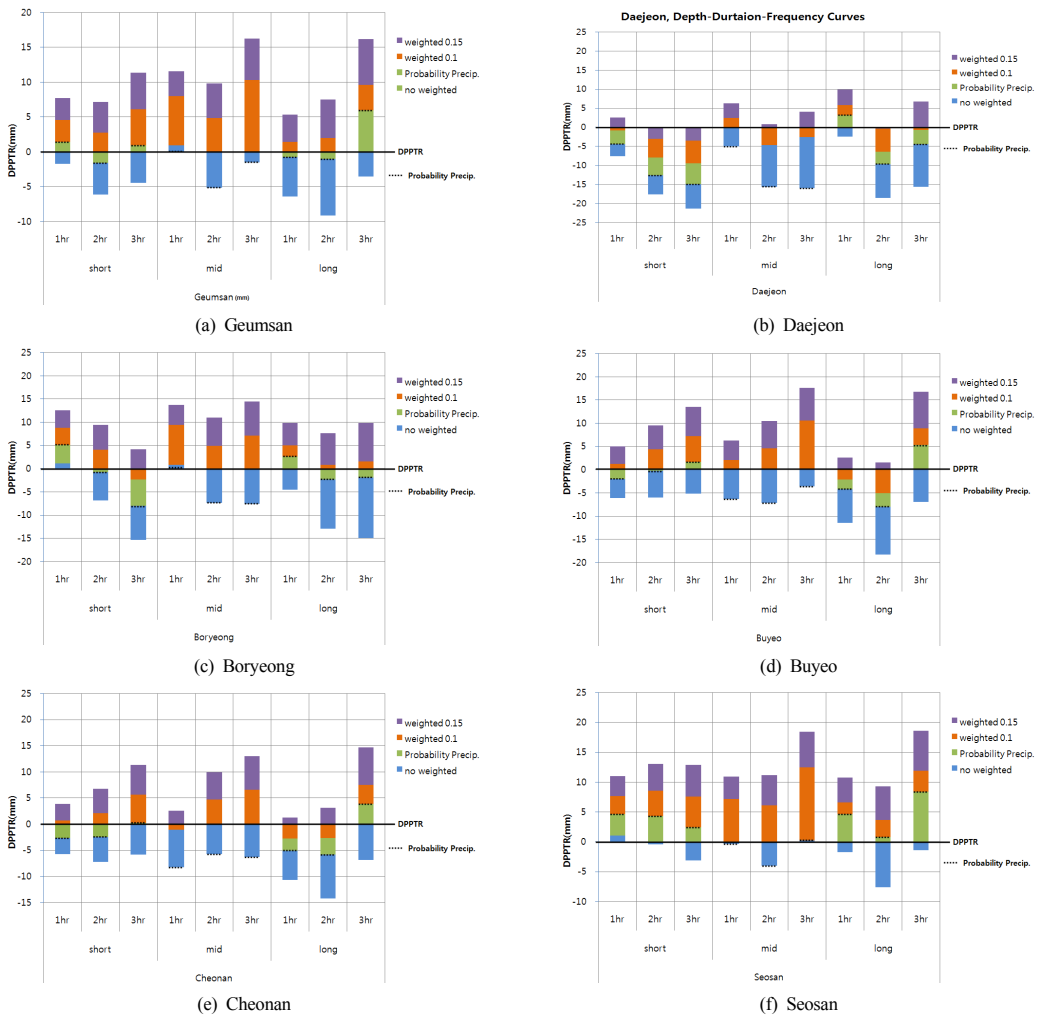


Fig. 4. Comparing of existing target rainfall, PPW and UCW results

외하고는 기존의 방재성능목표 강우량보다 높게 산정된 반면에 가중치 0.15를 상회하는 경우는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

충남의 확률강우량 가중치 적용 결과와 기존 목표 강우량을 비교한 결과, 금산은 단기 1hr, 3hr, 중기 1hr, 장기 3hr, 보령은 단기 1hr, 중기 1hr, 장기 1hr, 부여는 단기 3hr, 장기 3hr, 천안은 단기 3hr, 장기 3hr에서 기존 목표 강우량보다 높게 산정된 반면에 서산은 중기 1hr, 2hr을 제외하고는 기존의 목표 강우량보다 높은 산정 결과를 보였다.

대전은 경우에는 기존 방재성능목표 강우량이 장기 1hr에서만 가중치 미적용과 확률 강우량 사이에서 발생이 되었으며, 이외에는 가중치 0.1보다 높은 것으로 나

타났다. 특히, 단기 2hr, 3hr와 장기 2hr에서는 0.15 적용보다 높은 결과를 보였다.

충남 및 대전지역의 산정결과와 기존 목표 강우량을 비교·분석한 결과 다양한 범위에서 발생됨에 따라 현재 상태와 상당한 차이를 나타내는 것으로 판단되었다.

3. 결론

기후변화에 따른 강우량의 증가 및 이에 따른 홍수 피해 위험이 증가되고 있다. 따라서 이러한 홍수 피해를 최소화하기 위한 사회·경제적 요소를 반영한 강우량 목표

를 상향하여 지역별 방재성능목표 강우량 기준 마련 및 재해예방사업에 반영하는 측면이 고려되어야 할 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 최신 강우량 자료를 적용한 현재 상태를 반영한 목표 강우량을 산정하여 기존 방재성능목표 강우량과의 강우량 증감에 따른 결과 분석을 수행하였다. 현재 상태를 반영한 목표 강우량 산정을 위해 소방방재청(현 국민안전처)에서 제시한 기준을 반영한 도시 특성 가중치 및 확률강우량 가중치를 적용하였다. 이 경우 충남은 확률강우량 가중치 적용 대상이고 대전은 도시 특성 가중치 적용 대상으로 구분되어 있으나, 가중치 적용 기준의 모호성 및 지역별 특성에 따른 가중범위 (0.1~0.15) 내에서 상이한 가중치를 갖는 도시 특성 가중치의 현재상태의 반영이 어려움에 따라 대상지역 전체에 두 가지 가중치를 모두 적용하였으며, 도시 특성 가중치는 가중범위에 대한 0.1과 0.15를 적용하여 산정하였다.

산정결과 확률강우량 가중치 발생범위는 가중치 미적용 및 0.1 가중치 적용 범위 내에서 나타났다. 도시 특성 가중치를 반영한 현재 상태의 목표 강우량과 기존 방재성능목표 강우량 결과를 비교·검토한 결과 충남지역은 목표 강우량이 가중치 미적용과 0.1 적용 사이 범위에서 발생한 반면에 미적용 가중치 결과보다 작거나 0.1과 0.15 범위 내에서도 발생하는 것으로 나타났다. 반면에 대전은 기존 목표 강우량이 장기 1hr을 제외하고는 가중치 0.1보다 높게 나타났으며, 가중치 0.15를 상회하는 경우도 발생하는 것으로 나타났다.

확률강우량 가중치를 적용한 경우에는 충남의 경우 기존 확률강우량과 유사한 분포를 보인 반면에 기존보다 상향 또는 하향이 되는 경우가 적지 않게 발생하였으며, 그 차이도 10mm 미만에서 다소 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

본 연구결과에 따른 기존과 현재 상태를 반영한 목표 강우량의 차이가 적지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과의 상이함은 기후변화에 따른 강우 변동성 및 불확실성을 고려한 확률강우량 차이 및 5mm 단위로 목표 강우량을 산정하는 등의 산정 기준에 따른 것으로 판단되었다. 따라서 방재성능목표 강우량을 10년 주기로 재산정하는 것에 대한 검토가 필요하며, 또한 주요도시와 기타 도시에 따른 상이한 가중치 적용에 있어 도시를 구분하는 기준의 타당성에 대한 재검토 필요성이 있다.

재해예방사업을 위한 지역별 방재성능목표 설정 및

이를 위한 목표 강우량 산정기준 마련의 필요성이 있다. 방재성능목표 강우량을 산정하여 지역별로 공표하는 것은 편의성 측면에서 고려될 수 있으나 재산정 시점 및 기후변화 등의 따른 강우 변동성 등을 고려할 때, 현재 상태의 반영에 어려움이 있다.

장래 방재성능목표 강우량 산정은 사용자가 산정 시점의 수문특성을 반영한 목표 강우량 산정이 필요하며, 이를 위한 산정기준에 대한 보다 면밀한 검토가 필요한 것으로 판단되었다.

References

- [1] National Emergency Management Agency, "A Study on the Target Establishment of Urban Disaster Prevention Performance Considering Climate Change", Nov. 2011.
- [2] National Emergency Management Agency, "Guideline of Establishment and Operation for Regional Disaster Prevention Performance Targets", NEMA, Feb. 2011.
- [3] T. J. Ahn, "A Study on the Applicability of the Duration of Target Rainfall for Achievement of Regional Disaster Prevention Performance", J. Korean Soc. Hazard Miting, vol. 14, No. 6, pp. 213-219, Dec. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2014.14.6.213>
- [4] J. S. Kim, "Analysis of Inundation Causes in Urban Area based on Application of Prevention Performance Objectives", Journal of Wetlands Research. Vol. 18, No. 1, pp. 16-23, Feb. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.17663/JWR.2016.18.1.016>
- [5] M. S. Kim, Son, H. M. Moon, Y. I., "A Study on Estimation of Target Production in Seoul using AWS minutely Rainfall Data", Korea Water Resour. Assoc. Vol. 49, No. 1, pp. 11-18, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.3741/JKWRA.2016.49.1.11>
- [6] IPCC, Climate change 2007: Synthesis Report, 2007.
- [7] J. H. Kim, Park, J. H. Song, J. H. Jun, S. M. Kang, M. S. "Design Flood Estimation in the Hwangguji River Watershed under Climate and Land Use Changes Scenario" Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, vol. 58, no. 1, pp. 39-51, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.5389/KSAE.2016.58.6.039>
- [8] B. S. Kang, Yang, S. K. Jung, W. Y. Kim, Y. S. "Calculation of the flood runoff of the river with imaging equipments", Journal of the Environmental Sciences, vol. 23, No. 4, pp. 585-594. 2014.
- [9] Y. H. Kim, Kim, M. K., Jeon, E. J. Lee, J. D. Min, K. W. Jang, S. J., "Polzrization Phenomenon of Precipitation in the Korean Peninsula" Journal of Climate Research, Vol. 5, No. 1, pp. 1-15, 2010.
- [10] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Guideline for Estimation of Design Flood", Jan 2012.

정 민 수(Min-Su Jeong)

[정회원]



- 2005년 2월 : 서울시립대학교 수공학 (석사)
- 2015년 2월 : 서울시립대학교 수공학 (박사)
- 2016년 5월 ~ 현재 : (사)방재관리연구원 책임연구원

<관심분야>
수공학, 방재, 기후변화

이 영 섭(Young-Sub Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 한양대학교 공학대학원 토목과 (공학석사)
- 2009년 1월 ~ 2013년 8월 : ㈜도담이앤씨
- 2013년 9월 ~ 2016년 8월 : 한국건설기술연구원 전임연구원
- 2016년 8월 ~ 현재 : (사)방재관리연구원 선임연구원

<관심분야>
방재, 지반

옥 영 석(Young-Suk Oak)

[정회원]



- 2009년 2월 : 고려대학교 공학대학원 토목과 (공학석사)
- 2009년 2월 ~ 2011년 12월 : ㈜청석엔지니어링
- 2012년 8월 ~ 2016년 5월 : 한국건설기술연구원 전임연구원
- 2016년 5월 ~ 현재 : (사)방재관리연구원 선임연구원

<관심분야>
방재, 지반, 터널, 급경사지

박 미 리(Miri Park)

[정회원]



- 2015년 2월 : 서경대학교 도시환경시스템공학과 수공학전공 (석사)
- 2015년 3월 ~ 2016년 3월 : 미래자원연구원 전임연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 : (사)방재관리연구원 주임연구원

<관심분야>
방재, 수공학, 수자원 정책

이 영 근(Young-Kune Lee)

[정회원]



- 2005년 2월 : 일본 츠크바대학 국제정치경제학 (박사)
- 2005년 4월 ~ 2008년 3월 : 일본 츠크바대학 특별연구원
- 2008년 9월 ~ 2015년 12월 : 미래자원연구원 선임연구위원
- 2016년 1월 ~ 현재 : (사)방재관리연구원 선임연구위원

<관심분야>
법, 국제정치, 방재

이 철 희(Chul-Hee Lee)

[정회원]



- 2014년 8월 : 인천대학교 건설환경공학과 (공학석사)
- 2014년 10월 ~ 2017년 1월 : 한국건설기술연구원 전임연구원
- 2017년 2월 ~ 현재 : (사)방재관리연구원 전임연구원

<관심분야>
방재, 지반