젠더 요소를 고려한 서울시의 홍수 취약성 분석

Flood Vulnerability Analysis in Seoul considering Gender Factors

황난희* · 정건희**

Hwang, Nanhee*, and Chung, Gunhui**

Abstract

Recently, flood damage has been increasing owing to the acceleration of abnormal weather conditions. Increased impervious area due to urbanization causes urban flooding because of the lack of stormwater drain capacity. Based on the Disaster Yearbook and Disaster Annual Report, the number of female victims in disasters such as floods is generally higher than that of male victims. In addition, the harm to female victims is more severe than that to male victims. Few studies considering gender factors have been conducted despite numerous previous investigations involving flood vulnerability analysis. In the current study, the flood vulnerability index in 25 districts of the Seoul metropolitan area was calculated using Pressure-State-Response (PSR) structure and entropy method. The flood vulnerability index was calculated in two cases with and without gender factors such as percentage of female population and female employment ratio. Female population ratio, percentage of elderly in the population, and population density were considered as social factors, and annual amount of flood damage, annual recovery cost, daily maximum rainfall, number of days with rainfall >80 mm, and flood frequency were considered as environmental factors. The results showed that the Jongro district was the most vulnerable to flooding in both cases. Out of the 25 district studied, 11 were similar in rank, while 14 differed based on the gender factors considered. The results could provide the priority of the flood mitigation measures. Moreover, the results could lead to prioritization of flood mitigation measures considering social, economic, and environmental conditions with gender factors.

Key words : Entropy, Flood Vulnerability, Gender Factors, Urban Flood

요 지

최근 기상이변의 가속화로 인해 홍수피해는 더욱 증가되고 있으며, 도시화로 인해 불투수 면적이 급격히 늘어남에 따라 기존 관개수로의 통수능력 부족으로 도시침수피해가 증가되고 있다. 재난 연감과 재해연보를 바탕으로 비교한 결과, 홍수를 비롯한 각종 재난 발생 시 일반적으로 남성들에 비해 여성들의 피해자 수가 많으며 피해의 정도는 상대적으로 심각하였다. 또한 국내외적으로 홍수에 대한 피해를 줄이고자 홍수 취약성에 대한 많은 연구들이 수행되었지만 아직 젠더를 고려한 취약성 분석은 부족한 실정이다. 본 연구에서는 대상지역을 우리나라의 인구밀집도가 가장 높은 서울시 25개 구로 선정하였고, 엔트로피 이론을 활용해 25개 구의 홍수 취약성 지수를 계산하였다. 홍수 취약성 지수는 여성인구와 여성 고용률과 같이 여성관련 인자를 고려한 경우와 고려하지 않은 경우로 구분하여 계산되었다. 홍수 취약성 지수 계산 시 고려요인으로서는 여성인구비율, 고령화비율 및 인구밀도 등과 같은 사회적 요인과 연 홍수 피해액, 복구금액 등 경제적 요인 그리고 일일 최대 강수량 및 80 mm 이상의 강수량, 홍수 피해 횟수 등과 같은 환경적 요인을 고려하였다. 그 결과 종로구가 젠더인자를 고려하지 않았을 경우와 젠더인자를 고려하였을 경우 모두 가장 취약한 구로 나타났으며 그 외에 10개의 순위는 같았지만 다른 14개의 구들의 취약성지수는 다르게 나타났다. 이를 통해 취약성지수가 높은 자치구들의 우선순위와 지역특성을 고려한 별도의 홍수대책 가이드라인이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 본 연구의 결과물을 바탕으로 향후 홍수 대책이나, 홍수대비 관련 정책을 수립할 정부 및 지자체에서 젠더 요소를 포함한 사회, 경제, 환경적 요인을 고려한 합리적인 정책 수립 결정에 도움이 될 것으로 판단된다.

핵심용어 : 엔트로피, 홍수취약성, 젠더 특성, 도시 홍수

*정회원, 호서대학교 토목공학과 석사과정(E-mail: nanhee1995@naver.com)

Member, Master's course, Department of Civil Engineering, Hoseo University

**교신저자, 정회원, 호서대학교 토목공학과 교수(Tel: +82-41-540-5794, Fax: +82-41-540-5798, E-mail: gunhuic@gmail.com)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Hoseo University

1. 서론

전 세계적으로 기후변화에 의한 홍수, 태풍 등의 자연재해로 인해 피해가 발생하고 있다. 하지만 최근 도시에서 발생한 재해들은 과거의 기후변화와 이상기후의 영향으로 기존에 경험했던 재해와는 성격이 급변하고 있으며, 우리나라에서는 여름철에 집중적으로 발생하는 갑작스런 호우로 인하여 매년 침수피해 등이 반복되고 있어 그 피해로 인한 피해액 또한 증가되고 있는 실정이다. 그뿐만이 아니라 급격한 도시화의 증가로 불투수면적이 급격히 늘어나 기존에 있던 관개수로의 통수능력 부족으로 재해가 발생됨과 동시에 더 큰 피해가 발생하고 있어 인구나 주요시설이 밀집되어있는 지역에 대한 방재대책 수립이 시급한 상황이다. 이에 현재 발생하고 있는 자연재해 중 도시에 가장 큰 경제적 손실과 인명피해의 원인이 되는 자연재해는 홍수이며, 이에 대한 피해를 해결하기 위해 현재 홍수취약성 분석에 대한 많은 연구가 진행되고 있는 중이다. Kron (2002)는 홍수위험도를 위험성(hazard) × 노출(exposure) × 취약점(vulnerability)로 정리하였으며, Son et al. (2011)은 홍수취약성지표(FVI)를 개발하여 DPSIR 모형을 적용한 후 기후변화에 의한 홍수취약성지수 분석을 하였다. Kang and Lee (2012)는 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 제시한 기후변화 취약성개념을 서울시에 적용하여 홍수취약성을 평가하고 이를 GIS를 이용하여 취약성도를 작성하였다. Lee et al. (2011)은 기후변화에 따른 홍수취약성 평가기법을 제안하여 국내 5대강 유역에 적용 및 평가를 하였고 Song et al. (2013)은 낙동강 유역을 대상으로 P-S-R 구조로 지표를 분류 및 선정하여 엔트로피 이론 가중치 방법을 활용한 홍수 위험지수를 산정하였다. 도시홍수에 대한 홍수취약성 대한 연구로는 Park et al. (2013)이 도시지역의 침수피해 취약지역을 평가할 수 있는 모형을 개발하여 산술적인 도시홍수 취약성 평가 방법과 Promethee를 이용한 도시홍수 취약성 평가 방법을 적용하였으며, Lee et al. (2016)은 도립천 유역을 대상으로 도시와 거주민의 특성을 반영할 수 있는 평가인자를 구성·엔트로피 분석기법을 이용하여 가중치를 선정하였고 TOPSIS 기법으로 홍수 취약성을 평가하였다. Kim et al. (2017)은 P-S-R 구조를 이용하여 경기도지역을 대상으로 지역별 호우 위험도평가를 위하여 압력, 현상, 대책지표를 구축하여 평가지표를 결정한 후 평가지표들을 Z-score 방법으로 표준화하여 동일 가중치를 부여하여 호우피해위험지수를 도출하여 호우위험도를 평가하였다. Choi et al. (2013)은 통합홍수위험관리 측면에서 지역의 홍수위험도에 따른 지구를 구분하기 위하여 다기준 의사결정기법 중 하나인 Promethee를 적용하여 상대적 홍수위험도를 평가하였다.

하지만, 재난에 대한 취약성을 평가할 때 고려하는 요인들 중 젠더와 관련된 요인들도 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 발견하였다. 예를 들어, 재난연감과 재해연보를 비교한 결과,

남성에 비해 여성의 피해가 크다는 분석결과가 나와, 홍수를 비롯한 재난이 발생할 경우, 남성들에 비해 여성들이 일반적으로 더 피해를 입는다고 한다. 이와 관련하여 Hwang (2015)는 국내의 각종 재난 관련 통계를 활용하여 재난취약자의 현황 및 특성을 파악하고, 재난대비 및 관리정책에서 재난취약자에 대한 성인지적 개선방안을 모색하였으며, Chung (2017)은 과거 재난 현황을 분석하여, 재난안전관리 정책에 성인지적 관점의 필요성을 제시하였다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 재난 발생 시 물리적으로 힘이 약한 여성이 피해를 입을 가능성이 크다고 알려져 있기 때문에 여성들에 대한 재난 관리에 주의를 기울여야 한다는 의미에서 매우 중요하다. 그러나 다른 측면에서 최근 들어 선진국들을 중심으로 재난 관리의 전 과정에서 여성이 적극적으로 참여하여 여성들의 재난 취약성을 스스로 줄일 수 있다고 믿는 움직임이 시작되었다. 즉, 여성을 비롯하여 젠더적 관점을 고려하는 것이 다양한 관점에서 중요하며, 이를 우리나라 실정에 적용해야 하지만, 지금까지 젠더적 관점을 고려하여 취약성을 분석한 연구는 부족한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 젠더인자를 고려하지 않았을 경우와 젠더인자를 고려하였을 경우로 나누어 홍수취약성 분석을 실시하였다. 대상지역을 서울시 25개 구로 선정하였으며, 수집된 각 세부평가항목에 대한 가중치를 산정하고자, 주관적 개입이 없는 엔트로피 가중치 추정방법을 이용하였다.

2. P-S-R 구조

P-S-R 구조는 OECD (1991)에서 개발되어 국제기구나 각국의 지표 설정에 자주 활용되고 있는 방법이다. 환경변화를 측정하고 환경문제가 사회정책에 고려될 수 있도록 인간관계로 분석할 수 있으며 사회, 경제 및 여타 쟁점 사항간의 상호연관된 관점에서의 파악이 가능하다. PSR 구조를 바탕으로 한 압력지수(PI), 현상 또는 상태지수(SI), 대책지수(RI) 등 3개 지수의 평가를 위한 세부지표의 선정에 있어 홍수취약성을 대표할 수 있는 지표를 선정하는 것은 중요하지만, 대상유역에 적용 가능한 자료를 수집하기에는 쉽지 않다. 이에그에 본 논문에서는 기존의 연구들을 바탕으로 서울시 25개구별에서 자료의 수집이 가능하고 홍수취약성 산정에 중요하다고 판단되는 18개의 세부지표를 Table 1과 같이 선정하였다. 선정된 홍수취약성 분석에 대한 평가 세부지표들은 해당 관련된 정부기관과 지자체 등에서 제공하는 각종 통계자료를 바탕으로 엔트로피 분석을 한 후에 GIS(지리정보체계시스템)를 통하여 Fig. 1과 같이 서울시 구별 자료로 데이터베이스화하였다. 18개 세부지표들은 가능한 최근의 공적인 자료를 바탕으로 구축하였으며, 공개된 자료들 중에서 가장 최근연도까지 10년간의 자료를 평균화하여 세부지표를 산정하였다. 그 중 여성 고용률에 관해서는 서울시에서 구별 성별로 나누어 조사·공개된 자료가 없어 산업연별 노동조합의 2013년도

Table 1. Indices of Flood Vulnerability Index

Sub-index	Category	Name	Data source	Data period
Pressure Index (PI)	Hydrological characteristics	Maximum daily precipitation	KMA*	2007~2016
		Number of days with of more than 80mm of daily precipitation	KMA*	2007~2016
	Watershed characteristics	Watershed area	Statistics Korea	2016
		Percentage of school facility area	Statistics Korea	2007~2016
	Social Characteristics	Population density	Statistics Korea	2007~2016
		Percentage of aging population	Statistics Korea	2007~2016
		Percentage of female population	Statistics Korea	2007~2016
		Percentage of disabled people	Statistics Korea	2007~2016
State Index (SI)	Flood damage Dangerous area	Number of victims	WAMIS**	2007~2016
		Flood damage amount	WAMIS**	2005~2014
		Number of flood damage	Disaster annual report	2012~2016
Resopnse Index (RI)	Measures of flood mitigation	Ratio of female civil servants	Ministry of the Interior and Safety	2012~2016
		Female employment rate	Statistics Korea	2013
		Number of evacuation facilities	Safekorea	2017
		Number of Emergency Medical Institutions	Statistics Korea	2008~2017
		Flood recovery amount	WAMIS**	2010~2011
		Number of stormwater pumping stations	Seoul Information Communication Plaza	2017
		Number of embankments	WAMIS**	2017

* KMA: Korea Meteorological Administration

** WAMIS: Water Resources Management Information System

Fig. 1. Spatial Distribution of Indices for Flood Vulnerability Index

Fig. 2. Spatial Distribution of Standardized Flood Vulnerability Index

통계자료를 이용하였다. 여성 공무원 수 비율 또한 시·군·구별로 조사한 시점이 2015년도부터 통계가 되어 있어 현재 까지 공개된 2015, 2016년의 자료를 이용하였다. Fig. 2는 인자들을 표준화시킨 값을 GIS로 나타낸 것이다.

3. 대상유역 선정 및 자료수집

현재 서울에서는 급격한 도시화와 산업화로 인해 불투수 면적은 증가하고, 녹지면적은 감소하였고, 배수능력이 부족하여 도시홍수의 피해가 적지 않은 실정이다. 따라서 홍수의 위험성 및 취약성을 파악하고, 이를 활용하여 서울시 25개구의 홍수방어대책을 강구해야한다.

나아가, 홍수 시 재난약자가 될 수 있는 노인 여성이나 임산부 등 여성에 대한 고려를 통해 보다 현실적인 홍수취약성 분석을 수행할 필요가 있다. 본 연구에서는 서울시의 25개구의 구별 홍수취약성 산정에 필요한 세부지표를 조사하여 구축하였다. 세부지표로는 유역에 직접적으로 물리·환경적 압력을 가하는 수단인 압력지수(PI)를 인구밀도(명/km²), 1일 최대강우량(mm), 일 강수량 80 mm 이상인 날 수(일), 유역면적(km²), 학교시설 이용 면적율(%), 고령화인구 비율(%), 여성인구 비율(%) 등 8개의 지수로 선정하였으며, 이중 압력지표의 값이 클수록 해당 지역의 홍수피해 위험이 높은 것으로 판단할

수 있다. 압력지수에 3가지 특성으로 인해 홍수가 발생하였을 경우 해당인자들의 값이 커질수록 피해가 더 높아질 수 있는 인자들로 선정하였다. 상태지수(SI)는 홍수 피해에 노출되어 있는 수준을 판단하고 홍수에 의한 피해 현황을 파악할 수 있는 지수로서 인명피해자 수(명), 연 홍수 피해액, 홍수피해 횟수 등 3개의 지표로 구성하였다. 압력지수와 마찬가지로 상태지수의 값이 클수록 홍수피해 위험에 노출이 크다고 판단할 수 있다. 대책지수(RI)는 홍수 발생 시 이에 대한 피해를 저감하거나 대응할 수 있는 능력을 판단 할 수 있는 지표로 여성공무원 비율(%), 여성고용률(%), 대피시설 수(개), 의료기관 수(개), 홍수복구금액(천원/인), 빗물펌프장 수(개), 제방 수(개) 등 7개의 지표로 선정하였다. 대책지수는 앞서 압력지수와 상태지수와는 다르게 값이 클수록 해당 지역이 홍수 및 각종재해에 대해 방어에 대한 수준이 높은 수준을 나타내고 있다는 것을 보여준다. 이중 젠더관련 지표를 고려한 경우는 압력지수에 여성인구비율, 대책지수에 여성공무원 비율과 여성고용률을 추가하여 분석하였다. 압력지수에 고려된 여성인구비율은 여성이 많을수록 재난에 취약해진다는 의미에서 고려한 것이며, 대책지수에 고려한 여성공무원 비율과 여성고용률은 여성의 사회활동이 증가할수록 여성들의 재난 대응 능력이 증가하여 사회의 재난 취약성을 감소시킨다는 의미에서 추가한 것이므로 각각 다른 의미를 가진다.

4. 엔트로피 가중치 방법

엔트로피 가중치 추정방법은 대안과 속성을 많이 포함하는 현실적인 다기준 의사결정 문제에 대해 의사결정권자가 비교적 이해하기 쉬운 정보이론 방법을 적용하는 것으로, 사용자 주관에 배제되고, 이용된 지표의 속성 정보만을 이용하여 수리적 방법에 의해 가중치를 산정하는 객관적인 방법이다. 이는 확보된 자료들의 분포만을 고려하여 가중치를 선정하는 방법이기 때문에 평가자의 주관적 개입으로 인한 항목 간 평가의 왜곡을 방지할 수 있어 홍수취약성 평가뿐만 아니라 다른 재해취약성 평가의 가중치 부여방법으로 자주 이용되는 방법이기도 하다. 먼저, 인자들의 값의 범위가 상이하여 동등한 비교를 위해 정규화를 시행하였고 이후의 속성 $i \in I, i = 1, 2, \dots, m$ 에 세부지표 $j \in J, j = 1, 2, \dots, n$ 개가 조사되어, 다음과 같은 속성정보 구성한다고 가정했을 때 엔트로피 가중치를 산정하는 절차는 Fig. 3과 같다. 각 세부지표의 구축된 값을 유역별로 행렬을 구성한 후 구성된 지표별로 정규화된 속성정보를 이용하여 각 속성별 엔트로피를 산정하고, 최종적으로 지표간의 가중치를 결정하였다. 이와 같은 방법을 젠더인자를 고려했을 경우와 젠더인자를 고려하지 않았을 경우로 나누어 분석을 실시하였다.

Fig. 3. Entropy Method Process

가중치를 산정 및 고려한 후 세부지표를 사칙 연산하여 하나의 지수로 도출할 수 있다. 본 논문에서는 P-S-R 구성 체계에 따른 3개의 평가지수인 압력지수(PI), 현상지수(SI), 대책지수(RI) 수를 고려하였고, 홍수 위험도를 정량적으로 나타내고자 Eq. (1)과 같이 식을 설정하여 홍수위험도지수(FRI)를 산출하였다. 압력지수와 현상지수는 홍수위험도를 증가시키고 대책지수는 홍수위험도를 저감시키는 인자로 산출기준을 정하였다.

$$FVI (\text{Flood Vulnerability Index}) = PI \times SI \div RI \quad (1)$$

여기서, 압력지수(PI)와 현상지수(SI), 대책지수(RI)에 대한 각각에 대한 가중치로 본 논문에서는 3개의 지수들의 중요성을 동등하게 간주하여 각각 1/3씩 가정하였다. 압력지수(PI)와 현상지수(SI), 대책지수(RI)는 구성하는 각 세부지표들의 표준화 및 가중치를 부여한 후 Eqs. (2) ~ (4)에 의해 산정된다.

$$PI = \sum_{i=1}^l PF_i \quad (2)$$

$$SI = \sum_{i=1}^m SF_i \quad (3)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n RF_i \quad (4)$$

여기서, l, m, n 은 각각 압력지수(PI), 현상지수(SI), 대책지수(RI)의 개수를 나타내었다.

5. 결 과

본 연구에서는 PSR 구성체계를 이용하여 젠더인자를 고려할 경우와 젠더인자를 고려하지 않은 경우로 나누어 서울시의 홍수취약성을 분석하였다. 그리고 가중치에 대한 값을 젠더인자를 고려하지 않았을 경우와 젠더인자를 고려하였을 경우로 나누어 Tables 2와 3과 같이 표로 나타내었다. 또한 Fig. 4는 지수 별 가중치를 각각 합하여 합한 값을 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 또한, Fig. 5는 압력지수와 대책지수의 가중치를 비교하고자 그래프로 나타낸 것이다. 본 홍수취약성 연구에 있어 상태지수의 가중치가 가장 높다는 것을 확인하였다. 즉 과거에 홍수피해이력이 존재하는가에 따라 취약성이 크게 좌우된다는 것을 알 수 있다. 또한 젠더 인자들을 고려하였을 경우, 대책지수의 가중치가 상대적으로 다소 증가하였다. 이는 여성 관련 인자들을 추가로 고려하여 대책 관련 인자들을 보강하였기 때문인 것으로 보인다. Table 3과 Fig. 5를 살펴보면 젠더 인자 중 여성 고용률이 가장 가중치가 높게 산정되어있으며, 그다음으로 여성공무원수 비율이 높게 산정되었다. 그러나 여성인구비율은 매우 낮은 가중치를 보였다. 이는 엔트로피 기법이 자료의 흩어진 정도에 따라 가중치를 계산해주므로 압력지수 중 여성인구비율의 경우 서울시 구별마다 여성 인구수가 비슷하고 어느 한 지역에 밀집되어있지 않기 때문에 가중치가 낮게 나온 것이라 판단된다. 이 결과는 홍수에 취약할 수 있는 여성의 인구가 많을수록 홍수취약성이 증가할 것이라는 가정을 설명하는 것이 쉽지 않음을 나타낸다. 각 구별

Table 2. Calculated Weights Without Gender Factors

	Index name	Weight	Categorized Sum	Total
Pressure Index (PI)	Population density	0.01	0.071	1.000
	Percentage of disabled people	0.003		
	Percentage of aging population	0.003		
	Percentage of school facility area	0.034		
	Watershed area	0.017		
	Maximum daily precipitation	0.001		
	Number of days with of more than 80mm of daily precipitation	0.003		
State Index (SI)	Number of victims	0.169	0.825	
	Flood damage amount	0.504		
	Number of flood damage	0.152		
Response Index (RI)	Number of evacuation facilities	0.015	0.104	
	Number of Emergency Medical Institutions	0.024		
	Number of stormwater pumping stations	0.024		
	Number of embankments	0.03		
	Flood recovery amount	0.011		

Table 3. Calculated Weights with Gender Factors

	Index name	Weight	Categorized Sum	Total
Pressure Index (PI)	Population density	0.009	0.066	
	Percentage of disabled people	0.003		
	Percentage of female population	0.00002		
	Percentage of aging population	0.003		
	Percentage of school facility area	0.032		
	Watershed area	0.016		
	Maximum daily precipitation	0.001		
	Number of days with of more than 80mm of daily precipitation	0.002		
State Index (SI)	Number of victims	0.158	0.768	
	Flood damage amount	0.469		
	Number of flood damage	0.141		
Response Index (RI)	ratio of female civil servants	0.026	0.167	
	Female employment rate	0.044		
	Number of evacuation facilities	0.014		
	Number of Emergency Medical Institutions	0.023		
	Number of stormwater pumping stations	0.022		
	Number of embankments	0.028		
	Flood recovery amount	0.01		

로 취약성을 구분하는 것이 쉽지 않기 때문이다. 반면, 대책지수의 여성 고용률과 여성 공무원 비율의 경우 가중치가 여성인구비율에 비해 높게 계산되었는데, 그 이유는 서울시가 모두 도시화 되어있기는 하지만 구별마다 회사업종의 종류와 수도 다르며, 고용하는 인구의 차이가 달라 여성의 고용률이나 공무원의 수가 다르기 때문에 높은 가중치를

가지는 것으로 판단된다. 이것은 자료의 분포에 따라 다르게 결과가 나온 것이지만, 실제로 여성의 고용률이나 공무원의 수가 많을수록 재난 대응 능력이 증가하며, 이는 현대 도시 사회의 매우 중요한 특성 중 하나이므로 현실과 상응하는 결과라고 할 수 있다.

Fig. 4. Sub-index According to the Consideration of Gender Factors

(a) Pressure Index

(b) Response Index

Fig. 5. Weight Comparison Table for Each Case

Table 4에 엔트로피 가중치방법을 이용한 분석 결과를 살펴보면 젠더인자를 고려하지 않았을 때에는 종로구지역이 홍수가 발생하였을 때 가장 취약한 곳으로 나타났으며 중랑구지역이 가장 취약성이 적은 것으로 나타났다. 젠더인자를 고려하였을 경우 앞선 결과와 마찬가지로 홍수가 발생하였을 때 종로구지역이 가장 취약한 곳으로 나타났지만 값은 젠더인자를 고려하지 않았을 경우보다 홍수 취약성 지수 값이 작게 나타났다. 마찬가지로 중랑구지역도 젠더인자를 고려하지 않았을 경우와 똑같이 가장 덜 취약한 지역으로 나타났지만 홍수취약성 지수 값은 더 작게 나타났다. 즉, 전체적으로 여성의 고용률과 공무원 비율과 같은 사회활동 관련 인자를 고려하였기 때문에 대책지수의 값이 커지며, 취약성이 감소하는 경향을 보였다. 하지만 15개 구들의 순위가 바뀌며 그 취약한 순서는 젠더 요소를 고려하였을 경우 달라졌다. 전반적으로 취약성을 높이는 인자들은 강수량이나 고령인구의 비율, 여성인구 비율 등인 것으로 나타났다.

Figs. 6과 7은 지리정보체계인 GIS를 활용하여 본 연구의

대상지역인 서울시 25개구의 홍수취약성을 나타낸 것이다. Table 4와 Figs. 6-7을 보았을 때 순위가 높고 색깔이 빨간색으로 진해질수록 홍수에 대한 취약성이 높다는 것이며 반대로 홍수취약성 지수가 낮고, 색깔이 노란색으로 갈수록 홍수에 대한 취약성이 작다는 것을 보여준다. 앞에서 언급한 것과 같이 젠더를 고려하지 않았을 경우와 젠더를 고려하였을 경우 취약성지수(Flood Vulnerability Index, FVI)의 차이는 크지 않았지만 젠더를 고려하였을 경우가 대체적으로 취약성지수가 더 작게 나왔다.

Figs. 8과 9는 젠더인자를 고려하지 않았을 경우와 고려하였을 경우로 나누어 압력지수(PI), 상태지수(SI), 대책지수(RI)를 각각 GIS를 활용하여 홍수위험을 비교해 나타낸 것이다. 압력지수(PI)와 대책지수(RI) 모두 젠더인자를 고려하였을 경우가 덜 취약한 것으로 나타났으며 상태지수(SI)값은 변하지 않았다. 압력지수(PI)와 상태지수(SI)의 경우 색깔이 빨강고 진해질수록 취약한 것을 나타내며 대책지수(RI)의 경우는 반대로 빨강고 진해질수록 덜 취약한 것을 나타낸다.

Table 4. Flood Vulnerability Index in Seoul

Calculated weights without gender factors			Calculated weights with gender factors	
District	Flood vulnerability index	Vulnerability rank	Flood vulnerability index	Vulnerability rank
Jongno-gu	0.2404	1	0.1223	1
Seocho-gu	0.0667	2	0.0315	2
Gangnam-gu	0.0335	3	0.019	4
Seodaemun-gu	0.0277	4	0.0198	3
Songpa-gu	0.0252	5	0.0141	5
Yongsan-gu	0.0148	6	0.0065	10
Seongdong-gu	0.0131	7	0.0073	7
Mapo-gu	0.0129	8	0.0098	6
Yangcheon-gu	0.0110	9	0.0066	9
Guro-gu	0.0100	10	0.0071	8
Gangseo-gu	0.0099	11	0.006	11
Gangbuk-gu	0.0099	12	0.0036	18
Gangdong-gu	0.0094	13	0.0046	14
Kwanak-gu	0.0088	14	0.0052	12
Jung-gu	0.0085	15	0.0045	17
Dongjak-gu	0.0083	16	0.0046	15
Eunpyeong-gu	0.0080	17	0.0046	16
Seongbuk-gu	0.0066	18	0.0047	13
Dongdaemun-gu	0.0045	19	0.002	20
Yeongdeungpo-gu	0.0041	20	0.0022	19
Nowon-gu	0.0038	21	0.002	21
Dobong-gu	0.0033	22	0.0015	22
Gwangjin-gu	0.0023	23	0.0013	23
Geumcheon-gu	0.0018	24	0.001	24
Jungnang-gu	0.0018	25	0.0008	25
$\Sigma = 0.5466$			$\Sigma = 0.2926$	

Fig. 6. Flood Vulnerability Index Without Gender Factors

Fig. 7. Flood Vulnerability Index with Gender Factors

Fig. 8. Sub-Index for Flood Vulnerability Index Without Gender Factors

Fig. 9. Sub-Index for Flood Vulnerability Index with Gender Factors

6. 결 론

현재 세계적으로 자연재해에 대한 피해가 커지고 있고, 그 중 홍수에 의해 도시에 가장 많은 피해를 입고 있다.

그뿐만 아니라 지형조건이나 시설조건에 맞춰 지역의 특성이 변형되기 때문에 수방에 대한 대비가 급변하고 있어 그 조건에 맞춰 취약성 분석을 실시할 필요가 있다. 하지만 재해가 발생하였을 경우 남성에 비해 여성이 더 많은 피해

를 입을 가능성이 있다는 연구들이 있었기 때문에 이러한 현상을 고려하기 위해 젠더를 고려하지 않았을 경우와 젠더를 고려하였을 경우로 나누어 홍수취약성 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 지역대상을 서울시(25구)를 대상으로 엔트로피 이론을 활용하여 젠더인자를 고려하였을 때와 젠더인자를 고려하지 않았을 때의 경우를 나누었으며, 우리나라에 영향을 미치는 홍수 위험요인을 종합하여 이에 대해 P-S-R 구조로 분류, 3개의 평가지수인 압력지수(PI)-상태지수(SI)-대책지수(RI)로 18개의 세부지표들을 선정하였다. 선정된 지표들을 이용하여 홍수 위험인자 산정에 있어 가중치를 산정하는 것은 매우 신중하고 중요하므로 작성자의 주관적 개입이 없고 지표의 속성 값만을 이용해 가중치를 산정하는 엔트로피 가중치 추정방법을 활용한 홍수취약성 평가방법을 제시하였다. 분석결과 여성인구비율을 포함하고 있는 압력지수의 가중치는 그리 크지 않았으며, 여성인구비율의 가중치도 상대적으로 작게 계산되었다. 이로 인해 여성인구가 많을수록 홍수에 취약하다는 가정은 크게 결과에 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 이는 각 구별 여성인구비율이 크게 다르지 않기 때문에 특별히 어떤 지역이 상대적으로 여성인구비율로 인해 더 취약해지지 않는다는 결과를 보여준다. 그러나 과거의 홍수 이력과 관련된 상태지수의 가중치가 가장 크게 나타나 홍수 취약성은 과거 홍수 피해가 발생했던 지역을 중심으로 매우 크다는 것을 알 수 있었으며, 이 중 종로구 지역이 가장 높은 취약성을 나타내었으며 그 외에 10개의 구의 순위는 같았지만 다른 14개의 구들의 취약성지수와 순위는 각각 다르게 나타났다. 또한 젠더인자들을 고려하였을 경우에 전체적으로 홍수취약성 지수가 감소하여 취약성이 감소되는 경향을 보였다. 이는 우리나라와 같은 선진국의 경우, 여성들의 사회 활동 비율이 증가하여 여성공무원이나 여성고용률 높은 경향이 있으므로 대책지수에 고려한 젠더 관련 요소들의 가중치가 증가하였기 때문이었다. 즉, 여성들의 사회 활동이 활발할수록 홍수 취약성 즉, 재난에 대한 취약성이 감소함을 의미한다. 이와 같이 젠더관련 인자들을 고려한 홍수취약성 분석은 사회적으로 재난 약자가 될 가능성이 있는 여성에 대한 인자를 추가함으로써 실제 재난 관리 과정에 여성들의 참여가 얼마나 이루어지고 있으며, 여성들에 의한 사회의 재난 관리 능력이 어느 정도 인지를 간접적으로 판단할 수 있는 수단이 된다. 따라서 본 연구의 결과를 활용한다면 홍수위험에 대해 구지역마다의 위험우선순위를 결정하고 정부 및 관련 지자체에서 젠더 요소를 포함한 방재관련 정책수립에 대해 효과적인 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로

로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 여성과학기술인성 지원 사업 성과임(No. 2016H1C3A1903202).

References

- Choi, H.I., Park, S.Y., Song, J.H., and Park, M.J. (2013). Identification of flood risk areas using a multi-criteria decision making method. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 13, No. 2, pp. 237-243.
- Chung, G.H. (2017). Necessity of disaster and safety management policy considering gender sensitivity. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 4, pp. 265-269.
- Hwang, E.J. (2015). Analysis and plan for support of disaster vulnerable people from gender perspective. *Ewha Journal of Gender and Law*, Vol. 7, No. 2, pp. 171-199.
- Kang, J.E., and Lee, M.J. (2012). Assessment of flood vulnerability to climate change using fuzzy model and GIS in Seoul. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 15 No. 3, pp. 119-136.
- Kim, J.S., Chol, C.H., Lee, J.S., and Kim, H.S. (2017). Damage prediction using heavy rain risk assessment: (1) Estimation of heavy rain damage risk index. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 2, pp. 361-370.
- Kron, W. (2002). Flood risk = hazard × exposure × vulnerability. In B. Wu et al. (Eds), *Flood Defence '2002* (pp. 82-97). New York, NY: Science Press.
- Lee, G.M., Choi, J.W., and Jun, K.S. (2016). An approach of social vulnerability assessment to urban flood. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 4, pp. 43-51.
- Lee M.H., Jung, I.W., Bae, D.H. (2011). Korean flood vulnerability assessment on climate change. *Journal of the Korea Water Resources Association*, Vol. 44, No. 8, pp. 653-666.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). (1991). Environmental indicators: A preliminary set. Paris, France: Author.
- Park, M.J., Song, Y.S., Joo, J.G., and Park, M.K. (2013). A study on urban flood vulnerability assessment. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 13, No. 5, pp. 297-305.
- Song, J.H., Kim, S.D., Park, M.J., and Choi, H.I. (2013). Estimation of flood risk index for the Nakdong river watershed. *Journal of the Korea Water Resources Association*, Vol. 46, No.1, pp. 35-45.
- Son, M.W., Sung, J.Y., Chung, E.S., and Jun, K.S. (2011).

Development of flood vulnerability index considering climate change. *Journal of the Korea Water Resources Association*, Vol. 44, No. 3, pp. 231-248.

<i>Received</i>	■	August 31, 2018
<i>Revised</i>	■	September 3, 2018
<i>Accepted</i>	■	September 13, 2018