침수 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 상관성 분석: 제주특별자치도 사례를 중심으로

Exploring the Relationship Between Floods and Socially Vulnerable Groups: The Case of Jeju

서정석* · 한우석**

Seo, Jungseok*, and Han, Woosuk**

Abstract

Climate change and rapid urbanization make our society more vulnerable to natural disasters. In particular, socially vulnerable groups are known to be more vulnerable to natural disasters. Therefore, in terms of environmental justice, it is important to implement urban planning for disaster prevention among socially vulnerable groups. Hence, this study examines the spatial relationship between socially vulnerable groups and flood vulnerable areas. The study area is Jeju where floods occur frequently due to climate and geographical characteristics, and the data was collected from 2006 to 2017 at the census-output-area level. Using this method, we conduct hot spot analysis to identify where high or low values are statistically clustered. Then, we perform a correlation analysis to explore the relationships between social and flood vulnerability. We find that socially vulnerable groups have a positive correlation with flood vulnerable areas. It is meaningful that this study conducts an empirical analysis, which implies the high probability of lack of environmental justice in terms of natural disasters. Moreover, this study is expected to contribute toward the formulation of site-specific disaster management plans by a greater understanding of the relationship between flood vulnerable areas and social vulnerable factors.

Key words : Environmental Justice, Vulnerability Analysis, Socially Vulnerable Groups, Flood

요 지

현대사회는 기후변화와 급속한 도시화로 인해 자연재해 취약성이 커지고 있다. 특히, 사회적 취약계층은 재난 대응 능력이 떨어지는 등 자연재해에 더 취약한 것으로 알려져 있다. 따라서 사회적 취약계층을 위한 적절한 방재대책은 자연재해 취약성 저감에 크게 기여할 수 있고 환경정의(Environmental Justice) 측면에서도 의미가 있다. 이에 본 연구는 침수 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 상관성을 분석하여 사회적 취약계층이 자연재해에 더 노출되어 있는지 살펴보고자 한다. 본 연구의 공간적 범위는 제주특별자치도이고 분석방법은 집계구 단위로 핫스팟 분석과 상관 분석을 실시하였다. 분석 결과, 고령 및 저소득층이 과거 침수 피해면적 비율과 (+) 상관관계를 보였다. 또한 급경사 지역 등 상대적으로 자연재해에 취약한 지역과 사회적 취약계층이 (+) 상관관계를 보여 재해 발생 시 사회적 취약계층에 미치는 부정적인 영향이 더 가중될 수 있음을 시사했다. 본 연구는 사회적 취약계층이 자연재해로부터 더 노출되어 있어 환경정의가 다소 부족할 수 있음을 실증분석을 통해 확인하였다. 또한, 본 연구는 자연재해 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 상관성을 이해함으로써 상대적으로 취약요소가 집중된 지역에 지역특성을 반영한 재해 예방형 도시계획을 수립하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 환경정의, 재해취약성, 사회적 취약계층, 침수

*정회원, 국토연구원 국토환경·자원연구본부 연구원(E-mail: jsseo@krihs.re.kr)

Member, Assistant Research Fellow, National Territorial Environment & Resources Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements

**교신저자, 정회원, 국토연구원 국가방재연구센터 센터장(Tel: +82-44-960-0282, Fax: +82-44-211-4766, E-mail: wshan@krihs.re.kr)

Corresponding Author, Member, Director, National Disaster Prevention Research Center, Korea Research Institute for Human Settlements

1. 서론

최근 기후변화로 인해 대규모 자연재해 빈도가 증가하고 있다. 특히, 우리나라의 대표적인 자연재해는 매년 여름철에 집중적으로 발생하는 풍수해이고, 이로 인해 사회·경제적 피해가 빈번하게 발생하고 있다(Kwon and Kim, 2013). 정부는 이러한 피해를 저감시키기 위해 댐·제방 등 구조적 방재대책을 추진하여 최근에는 하천범람으로 인한 대규모 홍수피해 빈도는 줄어들었다(Yeo et al., 2008; Seo et al., 2017). 그러나 우리나라는 급속한 경제성장과 도시화 과정에서 지역별 재해 취약 요소를 제대로 반영하지 못한 채로 개발이 이루어져, 그 결과 인구 밀도가 높은 도심지역이 내수침수 등 자연재해에 대한 취약요소들이 늘어나게 되었다(Heo, 2014).

게다가, 성장 위주의 개발시대에는 도시계획 및 개발 단계에서 환경정의(Environmental Justice) 측면을 고려하는 것이 제한적이었기 때문에 사회적 취약계층이 자연재해 취약지역에 밀집해 있는 경우가 많아졌다(Morse, 2008; Heo, 2014; García-López, 2018). 특히, 사회적 취약계층은 재난 대응 능력이 비교적 떨어지고, 노후화되어 열악한 주거환경에서 거주하는 경우가 많기 때문에 자연재해 피해에 더 민감할 수밖에 없다. 따라서 재해에 안전한 도시를 조성하기 위해서는 사회적 취약성을 포함한 재해 취약 요소를 충분히 파악하고 이를 도시계획 단계에서 사전에 반영하는 것이 중요하다.

이에 정부는 2011년 우면산 산사태를 계기로 「도시 기후변화 재해취약성분석」 제도를 도입하여 도시계획을 수립하는 과정에서 재해 취약지역을 고려하여 토지이용·기반시설 등 부문별 계획에 반영토록 하였다. 또한, 2012년에는 「환경정책기본법」을 개정하여 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 살 수 있도록 도시계획 단계에서 환경정의 측면을 강조하였다.

하지만 아직까지 재해 취약지역과 사회적 취약계층의 관계를 파악하기 위한 실증 연구는 충분하지 못한 실정이다. 또한, 도시의 다양한 특성을 반영한 지역 맞춤형 방재대책을 수립하기에도 관련 연구가 더 진행될 필요가 있다. 특히, 도시와 비도시지역은 인구·건축물 밀도 및 특성, 하수관거 등 기반시설 현황에서 확연히 다른 특성을 가지고 있기 때문에(Yeo et al., 2008), 도시지역과 비도시지역의 이질성을 고려하여 재해 취약지역과 사회적 취약계층의 상관관계를 분석하는 연구가 필요하다.

이에 본 연구의 목적은 다음과 같다. 자연재해 중 가장 대표적인 폭우를 대상으로 침수 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 분포 및 상관성을 분석한다. 특히, 도시·비도시지역에 따라 공간적 상관성의 차이 정도를 밝힌다. 구체적으로 본 연구는 다음 두 가지 연구 질문을 가진다. (1) 사회적 취약계층이 침수위험에 더 노출되어 있는가? (2) 사회적 취약계층과 침수위험 간의 관계가 도시·비도시지역에서 어떻게 다른가? 위 연구 질문들에 답하기 위하여 본 연구는

제주특별자치도를 사례로 핫스팟 분석(Hot Spot Analysis)과 상관분석(Correlation Analysis)을 통해 침수 취약지역과 사회적 취약계층 간의 관계를 실증적으로 분석한다.

본 연구는 사회적 취약계층이 실제로 자연재해에 더 노출되어 있는지를 분석하여, 자연재해 측면에서 환경정의 유무를 파악하는데 의의가 있다. 또한, 본 연구는 지역별 폭우재난 및 인구학적 특성과 관계를 파악하여 재해예방형 도시계획 수립 시 기초자료로서 기여할 것으로 기대된다.

2. 선행연구 고찰

2.1 환경정의 개념

환경정의라는 용어는 1980년대 초반 미국에서 유해폐기물 등 유해한 환경에 노출된 지역에 대부분 가난하고 정치적으로 소외된 유색인종들이 거주하고 있는 문제가 이슈화되면서 등장하였다(Bullard, 1983; Park, 2006; Ban, 2007; Cho, 2013; Park, 2013; Heo, 2014).

미국에서 처음 소개된 환경정의의 기본이념은 “현재의 환경보호나 규제정책의 맥락에서 인종, 민족, 경제적 지위에도 불구하고 개인, 단체, 지역사회를 환경적 위험으로부터 동등하게 보호하는 것”이다(Ban, 2007; Park, 2016). 즉, 환경으로부터 얻는 혜택 또는 위험이 불평등하지 않고 공정하고 공정하게 모든 사람에게 분배되어야 ‘환경적으로 정의로운 상태’라고 할 수 있다(Cho, 2013).

최근에는 환경정의 영역이 다양한 분야로 확장되어 연구가 활발히 진행되고 있다(Stanley, 2009), 특히, 2005년 미국에 큰 피해를 준 허리케인 카트리나(Katrina)는 저소득층·흑인 등 사회적 취약계층에게 피해가 집중되었다(Morse, 2008). 이를 계기로 ‘기후정의’라고도 불리는 자연재해 관련 환경정의 연구가 활발히 진행되었다(Maantay and Maroko, 2009; Park, 2013; Park and Song, 2014).

한편, 우리나라는 1990년대 후반에 미국의 사례가 소개되면서 환경정의가 주목받기 시작하였다(Park, 2006). 다민족 국가인 미국에서는 인종적인 측면에서 환경정의가 강조되었지만, 우리나라의 경우 상대적으로 단일 민족국가이기 때문에 인종보다는 경제적·신체적 특성이 더 중요한 사회적 취약계층 기준이다. 따라서 2000년대 이후 국내 특성을 적절히 반영할 수 있도록 개념적 측면에서 환경정의 연구가 활발히 진행되었다(Kwon, 2002; Park, 2006; Ban, 2007; Cho, 2013; Park, 2013).

그 결과, 정부는 2012년과 2019년 각각 「환경정책기본법」을 개정하여 제1장 제2조(기본이념)에 “환경을 이용하는 모든 행위를 할 때에는 환경보전을 우선적으로 고려하며, 기후변화 등 지구환경상의 위험을 예방하기 위하여 공동으로 노력함으로써 현 세대의 국민이 그 혜택을 널리 누릴 수 있게 함과 동시에 미래의 세대에게 그 혜택이 계승될 수 있도록 하여야 한다”라고 환경정의 측면을 강조하고 있다.

2.2 자연재해와 사회적 취약계층

2005년에 발생한 허리케인 카트리나(Katrina)는 자연재해 위험에 현대 사회가 환경적으로 정의롭지 못할 수 있음을 보여주는 대표적인 사례이다(Allen, 2007; Morse, 2008; Heo, 2014). 예를 들어, 허리케인에 영향을 받은 지역은 흑인, 세입자, 저소득층, 실직자 등 사회적 취약계층 비율이 높았을 뿐만 아니라 사회적 취약계층이 거주하는 지역 내 실제 피해가 더 컸다(Morse, 2008). 허리케인 피해가 사회적 취약계층에게 집중되었던 것은 결코 우연은 아니었다. 경제·정치적으로 소외된 흑인 저소득층들을 위한 공공임대주택을 침수에 취약한 저지대 지역에 건설하는 등 자연재해에 취약한 지역이 주거비 부담이 적었기 때문에 자연스럽게 사회적 취약계층들이 자연재해 취약지역에 거주하게 되었다(Morse, 2008). 또한, 독거노인을 포함한 사회적 취약계층의 경우 경제적·사회적·신체적 능력의 한계가 있기 때문에 각종 재해 등 부정적 외부환경으로 인한 피해에 상대적으로 더 민감할 수밖에 없었다(Morse, 2008; Park, 2016).

따라서 이러한 사회적 취약계층들이 밀집해 있는 지역에 피해가 빈번히 발생하는 것을 예방하기 위해 공공 부문 정책 수립 시 사회적 형평성을 고려하는 것이 중요하다(Heo, 2014). 다시 말해, 자연재해로 인한 피해가 특정 취약계층에게 불균등하게 집중되어 발생한다면 사회 구조적인 문제로 인식되어야 한다. 이에, 최근 연구들은 이러한 지역이 어디에 분포해 있는지 파악하는 실증분석을 진행하여 도시계획적 방재대책 수립에 반영하고자 노력하고 있다(Maantay and Maroko, 2009; Park, 2013; Park and Song, 2014; Park, 2016).

예를 들면, Maantay and Maroko (2009)은 뉴욕시 100년 빈도 범람원내 인종 비율을 분석하여 침수취약지역과 사회적 취약계층의 관계를 실증적으로 분석하여 환경정의의 실증 분석하였다.

국내에선 자연재해를 대상으로 한 환경정의 실증 연구가 최근 들어서 진행되고 있다(Park and Song, 2014; Park, 2016). Park (2016)는 침수피해를 대상으로 취약성 지표를 활용하여 도시지역과 비도시지역을 나누어서 환경정의를 시군구 단위에서 실증 분석하였고, 도시지역 내 저소득층이 재해 취약지역에 상대적으로 더 많이 거주하고 있음을 밝혔다.

그러나 아직 국내 연구는 초기 단계라고 할 수 있다. 특히, 지역별 재해 취약특성을 이해하고 지역 맞춤형 방재대책을 수립하기 위해서는 더 작은 공간 단위에서 실증 분석을 수행하여 할 필요가 있다.

3. 연구설계

3.1 사례지역

본 연구는 제주특별자치도를 사례지역으로 침수 취약지역과 사회적 취약계층 간 공간적 상관성을 분석하였다. 재해 연보에 따르면, 지난 10년 간(2007~2016년) 제주특별자치도에서 태풍·호우로 인한 인명피해는 16명, 재산피해는 약 1,673억 원으로 큰 피해가 발생하는 등 제주특별자치도는 우리나라에서 풍수해 피해가 빈번하게 발생하고 있는 지역이다(Jeju Special Self-Governing Province, 2018).

제주특별자치도를 행정구역 기준으로 도시지역(행정동)과 비도시지역(읍·면)을 나눈 지리적 현황은 Fig. 1과 같다. 도시지역은 주로 제주도청·시청 일대와 서귀포시청 일대를 포함한 제주도 북·남측 지역에 위치해 있고, 비도시지역은 제주특별자치도의 동·서측에 주로 위치해 있는 등 공간적으로 분리가 되어 있는 편이다. 게다가 재해피해 유형, 인구·사회학적 특성 등 지역 특성 또한 확연히 다르기 때문에 본 연구에서는 도시·비도시지역을 행정적 측면에서 구분하여 지역특성을 분석하였다.

Fig. 1. Administrative Districts in Jeju

또한, 제주특별자치도는 물리적으로 풍수해에 취약한 저지대와 단독주택 비율과 사회적 취약계층 비율이 전국 평균보다 높기 때문에(Jeju Special Self-Governing Province, 2018), 자연재해 피해에 더 민감하다는 특징을 가진다. 따라서 본 연구에서는 과거 피해지역과 법정 침수위험지구 뿐 아니라 하천변 저지대, 급경사 지역, 침수 취약주택 등 물리적 취약 특성을 고려하여 사회적 취약계층과 침수 취약지역 간 상관성을 살펴보고자 하였다.

3.2 분석자료

본 연구는 사회적 취약계층과 침수 취약지역 공간적 패턴 및 상관성을 살펴보고자 한다. 이에, 구축한 자료들은 크게 (1) 사회적 취약계층, (2) 침수 취약지역, (3) 침수 취약주택으로 구분하였고, 통계지리정보서비스에서 제공하는 집계구별·연령별 인구자료와 제주특별자치도에서 도시 기후변화 재해취약성 분석을 위해 구축한 기초자료들을 활용하여 분석자료를 구축하였다(Table 1).

먼저 사회적 취약계층 관련 변수들은 「도시 기후변화 재해취약성 분석 지침」에 따라 총 4개를 구축하였다. 즉, 65세 이상(‘OLD’) 및 5세 미만 인구(‘YOUNG’), 독거노인(‘OLD_ALONE’), 기초 생활 보장 수급자(‘LOW_INCOME’) 수 비율을 가장 최근 년도 기준으로 구축하였다. 침수 취약지역 관련 구축된 변수들은 총 5개인데, 최근 11년간(2006-2017) 침수흔적도 면적 비율(‘FLOOD’), 자연재해위험개선지구(‘DIS_ZONE1’) 및 풍수해저감종합계획(2014) 상 위험지구(‘DIS_ZONE2’) 면적 비율 그리고 지형적으로 침수에 취약한

하천변 저지대(‘LOW_RIVER’)와 급경사 지역(‘SLOPE’) 면적 비율을 변수로 구축하였다. 마지막으로, 침수 취약주택은 「도시 기후변화 재해취약성 분석 지침」상에서 제시하는 자연재해 유형별로 취약한 주택 정의를 참고하여 집계구별 침수 취약주택 수 비율 기준으로 총 2개의 변수를 구축하였다. 예를 들어, 주거환경이 열악하고 자연재해에 취약한 (반)지하주택(‘SEMI_BASE’)과 노후 단독주택(‘OLD_HOUSE’)을 지침에서 정의하는 기준에 따라 분류한 뒤 집계구 내 총 주택 수 중 취약주택 수 비율을 산출하여 변수화하였다.

구축된 변수들의 기초통계량은 Table 2와 같다. 제주특별자치도 내 사회적 취약계층 비율은 집계구별로 평균 약 2.7%~13.6%이다. 특히, 제주특별자치도는 65세 이상 인구의 비율(‘OLD’)이 5세 미만 인구(‘YOUNG’)보다 약 2.7배 높게 나타나는 등 상대적으로 고령화된 지역임을 확인할 수 있다. 한편, 기초 생활 보장 수급자수 비율(‘LOW_INCOME’)은 평균 약 9.8%이고 일부 집계구에는 최대 30.1%까지 기초 생활 보장 수급자가 살고 있는 것으로 집계되어 있어 일부 지역에 집중된 경향을 보였다.

침수 취약지역 면적 비율은 평균적으로 5% 미만을 차지하고 있는 것으로 나타났지만 일부 지역에 피해면적이 집중된 경향을 보였다. 예를 들어, 실제 침수피해 면적(‘FLOOD’)은 집계구별로 평균 약 3.0%지만, 일부 도시지역에서는 최대 77.2%를 차지하는 등 지역별로 큰 편차를 보였다. 또한 침수에 취약한 하천 저지대(‘LOW_RIVER’)는 도시지역에 많고, 급경사 지역 면적(‘SLOPE’)은 비도시지역에서 더 넓

Table 1. Description of Variables

Dimension	Variables	Definition	unit
Socially Vulnerable Group	LOW_INCOME	The ratio of low income People (2018) in Census-Output Area	%
	OLD	The ratio of people who are older than 64 years old (2016) in Census-Output Area(2016)	
	OLD_ALONE	The ratio of people who are older than 64 years old and live alone (2018) in Census-Output Area	
	YOUNG	The ratio of people who are younger than 5 years old (2016) in Census-Output Area	
Flood Vulnerable Area	FLOOD	The ratio of area damaged from flood (2006-2017) in Census-Output Area	
	DIS_ZONE1	The ratio of Natural Disaster Risk Reduction Districts (2018) in Census-Output Area	
	DIS_ZONE2	The ratio of risk area in Korean Comprehensive Plans for the Reduction of Damage from Storm and Flood (2014) in Census-Output Area	
	LOW_RIVER	The ratio of areas which are lowlands nearby rivers in Census-Output Area	
	SLOPE	The ratio of areas of which slope is steeper than 34 degrees in Census-Output Area	
Flood Vulnerable Housing	SEMI_BASE	The ratio of houses which are semi-basement in Census-Output Area	
	OLD_HOUSE	The ratio of single-family houses of which age is older than 20 years in Census-Output Area	

Table 2. Summary Statistics

Dimension	Variables	Mean	Ste.Dev	Min	Max
Socially Vulnerable Group	LOW_INCOME	0.0982	0.0458	0.0430	0.3015
	OLD	0.1360	0.0833	0.0000	0.4514
	OLD2	0.0268	0.0221	0.0058	0.1009
	YOUNG	0.0507	0.0266	0.0000	0.2369
Flood Vulnerable Area	FLOOD	0.0302	0.1021	0.0000	0.7718
	DIS_ZONE1	0.0025	0.0224	0.0000	0.3903
	DIS_ZONE2	0.0465	0.1654	0.0000	1.0000
	LOW_RIVER	0.0098	0.0436	0.0000	0.6992
	SLOPE	0.0018	0.0137	0.0000	0.2681
Flood Vulnerable Housing	SEMI_BASE	0.0430	0.0670	0.0000	0.4750
	OLD_HOUSE	0.3893	0.2830	0.0000	1.0000

※ n = 1,230 (The total number of Census-Output Areas is 1,312, but 82 Census-Output Areas of which population is 0 are excluded)

은 것으로 나타나는 등 도시와 비도시에서 취약특성이 다르게 나타남을 확인할 수 있었다.

3.3 분석방법

본 연구의 분석방법은 다음과 같이 2단계로 나뉜다. 먼저, 핫스팟(Hot Spot) 분석을 하여 데이터가 통계적으로 공간 군집(Cluster)을 이루고 있는지 살펴보았다. 핫스팟 분석은 공간 군집분석 기법의 하나로써 공간 현상의 입지나 패턴을 분석하는 대표적인 방법이다(Kang, 2008; Byeon, 2007).

핫스팟 분석 결과는 여러 가지 기법과 기준에 따라 결과 해석이 달라질 수 있지만, 집계구와 같은 인구센서스 데이터를 사용할 때는 국지모란(local Moran's I)지수가 주로 활용되고 있다(Kang, 2008). 국지모란지수(I_i)는 특정 개별지역 특성 값(Z_i)과 그 지역의 인근 지역 특성 값(Z_j)을 함께 고려하여 주변 지역에 비해 통계적으로 유의미한 차이가 나는 핫스팟을 찾는 방법으로 수식은 Eq. (1)과 같다. 이때, 국지모란지수(I_i)가 양의 값(+)을 가지면 i지역 특성 값이 주변지역 특성 값과 군집을 이루고 있음을 의미한다.

$$I_i = \frac{(Z_i - \bar{Z})}{S_z^2} \cdot \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} \cdot (Z_j - \bar{Z}) \quad (1)$$

S_z^2 : 분산

$\bar{Z}$: 평균

n: 지역 수

w_{ij} : i지역과 j지역간 공간 가중치

다음으로 핫스팟 분석을 통해 도출된 변수별 z-value를 활용하여 침수 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 상관

분석을 수행하였다. 본 분석에서는 두 변수 간에 선형적 상관관계 정도를 나타내는 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 활용하여 변수들의 상관관계를 정량화하였다. 피어슨 상관계수(r)는 두 변수의 공분산을 각각의 표준편차로 나누어 표준화한 값으로 Eq. (2)와 같다. 이때, r의 값이 양의 값(+)을 가지면 두 변수는 양의 관계를 가지고 이는 한 변수의 값이 증가할 때 다른 변수도 증가하는 방향으로 변화가 있음을 의미한다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} \quad (2)$$

$\bar{x}, \bar{y}$: 평균

n: 열 길이

s: 표준편차

4. 분석 결과

4.1 핫스팟 분석 결과

본 연구에서는 거주인구가 없는 지역과 지리적으로 멀리 떨어져 있는 추자도를 제외한 제주특별자치도를 집계구 단위로 분석을 수행하였다.

먼저, 핫스팟 분석을 통해 데이터별 공간 패턴을 분석하였으며, 그 결과는 Figs. 2, 3, and 4와 같다. 노란 지역은 군집이 형성되지 않은 지역을 의미하고 빨강(파랑) 계통의 지역은 핫(콜드)스팟 지역을 의미한다. 그리고 색이 진할수록 통계적으로 유의미하게 군집이 형성된 지역을 뜻한다.

예를 들어, Fig 2를 보면 5세 미만 어린이를 제외한 사회적 취약계층 비율이 높게 군집이 형성된 지역은 제주특별자치도 동·서 측에 집중되어 있으며, 특히 비도시지역 내 절반 이상의 집계구에서 핫스팟이 형성되어 있는 것으로 나타났다. 반면, 제주특별자치도 남·북 측에 위치한 도시지역에서는 5세 미만 어린이 비율이 핫스팟을 형성하고 있으며, 그 외 사회적 취약계층의 핫스팟 비율은 10% 미만을 차지하였다. 즉, 제주도 내 도시지역에서 사회적 취약성이 높은 경우 5세 미만 어린이 인구 비율의 영향이 컸지만, 비도시지역에서 사회적 취약성이 높은 경우는 저소득층과 노인인구 비율의 영향이 큰 것으로 나타나 지역별 취약요소가 달라질 수 있음을 시사하고 있다.

Fig 3은 침수 취약지역 관련 변수들의 핫스팟 분석 결과이다. 최근 11년간 누적 침수피해 면적 비율이 핫스팟을 형성하고 있는 집계구는 도시지역에 16.6%, 비도시지역에 4.3%로 도시지역 내 비율이 약 3.9배 더 높았고, 지형적으로는 제주도청·시청 일대 도시지역에 핫스팟 형성이 많이 이루어져 있는 것으로 나타났다. 한편, 침수 위험과 관련이 깊은 자연재해위험개선지구와 풍수해저감종합계획 상 위험지구 면적비율은 제주시청 일대 도시지역과 일부 비도시지역에 핫스팟이 형성되어 있고 도시·비도시지역 간 핫스팟 형성 비율 차이는 거의 나지 않는 것으로 나타났다. 또한, 하천변 저지대는 제주시청 일대를 포함하여 한림천·금성천·산진천 등

제주도 북측 하천변 일대에 핫스팟을 형성하고 있는 것으로 나타났고 도시·비도시지역 간 핫스팟 형성 비율 차이는 약 3% 미만으로 거의 없었다. 마지막으로, 급경사 면적 비율의 경우 한라산 일대 및 일부 해안지역에 핫스팟을 형성하고 있는 것으로 나타났다.

Fig 4는 침수 취약주택 관련 변수들의 핫스팟 분석 결과이다. 대체로 해안가 지역에서 핫스팟이 형성되어 있는 것이 공통적인 공간 패턴이지만 각 변수마다 다른 공간적 분포 특징을 가지고 있는 것으로 나타났다. (반)지하 주택 비율의 경우 도시지역에서는 주로 핫스팟(24.0%)이 형성되어 있지만 비도시지역에서는 콜드스팟(11.8%)이 형성되어 있는 것으로 나타났다. 노후 단독주택의 경우 도시와 비도시지역 모두 핫스팟이 형성된 집계구가 약 23~24%를 차지한다는 공통점을 가졌지만, 도시지역에는 콜드스팟 비율 33.8%로 핫스팟보다 더 높게 형성되어 있는 것으로 나타났다.

4.2 상관분석 결과

본 연구에서 수행한 상관분석 결과는 Figs. 5 and 6과 같다. Fig. 5의 경우 사회적 취약계층과 침수 취약지역 간의 공간적 상관성을 도시지역과 비도시지역을 구분하여 각각 분석한 결과이다. 사회적 취약계층 중 기초 생활 보장 수급자와 65세 이상 인구 비율은 도시·비도시 구분 없이 침수 피해면적 비율과 (+) 상관관계를 보였으며, 특히 65세 이상

Fig. 2. The Maps of Hot Spot Analysis: Socially Vulnerable Groups

Fig. 3. The Maps of Hot Spot Analysis: Flood Vulnerable Areas

Fig. 4. The Maps of Hot Spot Analysis: Flood Vulnerable Housings

(a) Urban Area

(b) Rural Area

Fig. 5. The Results of Correlation Analysis: Socially Vulnerable Groups & Flood Vulnerable Areas

인구와 침수 피해면적이 가장 높은 상관성을 보였다. 반면, 독거노인의 경우 도시와 비도시지역에서 상반되는 결과를 보였는데, 도시지역 내 독거노인은 침수 피해면적과 오히려 (-) 상관관계를 가졌다. 즉, 비도시지역에 거주하는 독거노인이 과거 침수피해에 더 노출되었던 것으로 나타났다. 한편, 5세 미만 인구 비율이 높은 지역일수록 오히려 침수 피해면적은 적은 것으로 나타나서 다른 사회적 취약계층과는 전반적으로 반대되는 경향을 보였다. 재해위험개선지구 같은 경우 사회적 취약계층과 상관성이 낮거나 (-) 상관관계를 가지는 것으로 나타나, 실제 피해지역에 비해 법정위험지구는 사회

적 취약계층과의 공간적 상관성이 낮은 것으로 판단되었다. 그러나 풍수해저감종합계획 상 위험지구의 경우 비도시지역에 거주하는 사회적 취약계층과 높은 상관관계를 보였으며, 특히 독거노인 비율과 가장 높은 상관성을 보였다. 이는 독거노인이 북측에 위치한 제주시에 비해 서귀포시에 더 비율이 높고, 비도시 내 위험지구 또한 서귀포시에 집중되어 있기 때문으로 판단된다. 하천변 저지대와 사회적 취약계층은 대부분 (-) 상관관계를 보였지만, 5세 미만 인구는 (+) 상관관계를 가졌는데, 이는 하천변 저지대에 주로 도시가 개발된 것과 연관되는 결과로 보인다. 마지막으로 급경사

Fig. 6. The Results of Correlation Analysis: Socially Vulnerable Groups & Flood Vulnerable Housings

지역은 5세 미만 어린이 인구를 제외하고는 사회적 취약계층과 (+) 상관관계를 가졌으며, 특히 독거노인과 높은 (+) 상관관계를 보였다. 급경사 지역은 전반적으로 주거환경의 질이 떨어지고 어메니티(amenity) 요소가 적기 때문에 주거비가 저렴하여 사회적 취약계층이 집중되었기 때문에 이러한 결과가 도출 되었을 가능성이 있다. 따라서 지리적으로 자연재해에 취약한 지역에 사회적 취약계층이 많이 거주할 경우, 자연재해 발생 시 그 피해가 가중될 수 있기 때문에 급경사 지역은 도시계획적 대책 마련이 필요한 것으로 여겨지는 곳이기도 하다.

Fig. 6은 사회적 취약계층과 침수 취약주택 간의 공간적 상관성을 도시지역과 비도시지역을 구분하여 각각 분석한 결과이다. (반)지하 주택 같은 경우 사회적 취약계층과 공간적 상관성이 도시지역과 비도시지역에서 각각 다르게 나타났다. 도시지역에서는 65세 이상 노인인구 비율이 높은 지역에 (반)지하 주택 비율이 높지만, 비도시지역에서는 5세 미만 어린이 인구 비율이 높은 지역에 오히려 (반)지하 주택 비율이 높은 것으로 결과가 도출되었다. 한편, 노후 단독주택은 도시·비도시지역 구분 없이 비슷한 상관관계를 보였는데, 5세 미만 어린이 인구를 제외한 사회적 취약계층과 노후

단독주택은 (+) 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 즉, 사회적 취약계층은 열악한 주거환경에 거주할 가능성이 높고 이는 자연재해 발생 시 피해에 더 민감하게 반응할 수밖에 없음을 시사하고 있다.

5. 결 론

본 연구는 제주특별자치도를 사례지역으로 하여 침수 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 분포를 살펴보고, 침수 취약지역과 사회적 취약계층 간 공간적 상관성을 실증적으로 분석하였다. 그 결과, 도시지역은 사회적 취약계층 중 어린이 인구 비율이 높은 특성을 가지고 있고, 비도시지역은 노인 인구 및 저소득층 비율이 높은 특성을 가지고 있음을 밝혔다. 또한, 도시지역 내 침수 피해면적 비율과 (반)지하주택 비율이 높게 나타나서 도시지역이 과거 내수침수에 더 많은 영향을 받았던 것을 알 수 있었다. 반면, 비도시지역은 법정위험지구와 사회적 취약계층의 공간적 상관성이 높다는 점과 급경사 지역 비율이 높은 특성 등을 통해 침수피해에 더 민감할 수 있음을 확인하였다.

이러한 분석결과를 통해 도시지역과 비도시지역에서 사회적 취약계층 특성이 다를 뿐 아니라 침수 취약지역과의 공간적 상관관계 정도가 지역별로 차이가 날 수 있음을 보여주었다. 또한, 침수 취약지역과 사회적 취약계층의 공간적 패턴을 살펴봄으로써, 사회적 취약계층이 자연재해에 더 노출되어 있는 것을 확인하여 환경정의가 다소 부족할 수 있음을 실증적으로 보여주었다.

이러한 연구결과는 자연재해 취약성을 효과적으로 저감하기 위해서는 지역별 취약특성을 고려한 지역 맞춤형 방재대책을 수립 할 필요성을 시사하고 있다. 즉, 과거 침수 피해지역 및 잠재적 취약지역을 포함하여, 해당 지역의 사회·인구학적 특성까지 함께 고려하여, 방재대책 수립 시 환경정의를 위한 정책적 배려가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술 지역특성화사업 「제주권 국토교통기술 지역거점센터」 연구과제(19RDRP-B076272-06)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

References

Allen, B.L. (2007). Environmental justice and expert knowledge in the wake of a disaster. *Social Studies of Science*, Vol. 37, No. 1. pp. 103-110.

Ban, Y.U. (2007). Development of environmental justice indicators. *Journal of the Korean Urban Management*

Association, Vol. 20, No. 3, pp. 3-23.

Bullard, R.D. (1983). Solid waste sites and the black Houston community. *Sociological Inquiry*, Vol. 53, No. 2-3, pp. 273-288.

Byeon, P.S. (2007). Spatial econometrics: Tobler's first law of geography and spatial regression model. *Planning and Policy*, KRIHS, Vol. 304, pp. 111-119.

Cho, M.R. (2013). Environment justice in the developmental state: In search for a Korean theory of environmental justice. *Environmental Law Review*, Vol. 35, No. 3. pp. 69-111.

García-López, G.A. (2018). The multiple layers of environmental injustice in contexts of (un)natural disaster: The case of Puerto Rico Post-Hurricane Maria. *Environmental Justice*, Vol. 11, No. 3, pp. 101-108.

Heo, K.M. (2014). Several issues with urban planning and development related legislation as seen from the perspective of environmental justice. *Environmental Law Review*, Vol. 36, No. 2, pp. 89-112.

Jeju Special Self-Governing Province. (2018). *Jeju special self-governing province climate change vulnerability*.

Kang, H.J. (2008). Hot spot analysis: The basic of spatial analysis, understanding and application of the nearest cluster analysis and local moran index. *Planning and Policy*, KRIHS, Vol. 324, pp. 116-121.

Kwon, H.S. (2002). Environmental justice movement in Korea. *Korean Society and Public Administration*, Vol. 13, No. 2, pp. 151-166.

Kwon, Y.J., and Kim, H.S. (2013). The study of spatial distribution and characteristics of flooding residential areas. *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 48, No. 5, pp. 23-27.

Maantay, J., and Maroko, A. (2009). Mapping urban risk: Flood hazards, race, & environmental justice in New York. *Applied Geography*, Vol. 29, No. 1, pp. 111-124.

Morse, R. (2008). *Environmental justice through the eye of Hurricane Katrina*. Joint Center for Political and Economic Studies, Health Policy Institute, Washington, DC.

Park, B.D. (2013). Vulnerability to climate change and climate justice. *Environmental Law Review*, Vol. 35, No. 2, pp. 61-94.

Park, H.N. (2016). *Empirical study on environmental justice by comparing flood vulnerability between urban and rural area*. Master's, thesis, University of Seoul.

Park, H.N., and Song, J.M. (2014). Empirical study on

- environmental justice through correlation analysis of the flood vulnerability indicator and the ratio of the poor population. *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 49, No. 7, pp. 169-186.
- Park, J.M. (2006). The concepts of environmental justice: Its limitations and alternative conceptualizations. *ECO*, The Korean Association For Environmental Sociology, Vol. 10, No. 2, pp. 75-114.
- Seo, J.S., Park, J.H., and Kim J.S. (2017). The effects of inundation hazard on property value: The case of Yangcheon-gu, Seoul. *Appraisal Studies*, Vol. 16, No. 1, pp. 1-19.
- Stanley, A. (2009). Just space or spatial justice? Difference, discourse, and environmental justice. *Local Environment*, Vol. 14, No. 10, pp. 999-1014.
- Yeo, C.G., Lee, S.O., Song, J.W., and Kim, Y.J. (2008). Characteristic analysis of damaged buildings' due to flood for urban evacuation plan. *Proceedings of 2008 Korean Society of Civil Engineers Convention*, pp. 3665-3668.

Received	May 24, 2019
Revised	May 28, 2019
Accepted	July 4, 2019