

침수 취약성 지표와 사회적 취약계층 비율 간의 상관관계 분석을 통한 환경정의 실증 연구

Empirical Study on Environmental Justice through Correlation Analysis of the Flood Vulnerability Indicator and the Ratio of the Poor Population

박한나* · 송재민**
Park, Han-nah · Song, Jaemin

Abstract

The frequency and scale of natural disaster has been significantly increased due to climate change, causing a serious threat to the safety and resiliency of cities. Especially, it is generally known that the poor population tends to be more vulnerable to the negative impacts of flooding; however, there is a serious lack of literature that explores the relationship between flooding prone areas and settlement patterns of the poor population. Thus, this study aims to develop a Flood Vulnerability Indicator (FVI) related to flooding and verify if environmental justice exists in Seoul metropolitan area by conducting a correlation analysis. The FVI consists of Exposure Index(EI), Physical Vulnerability Index (PVI) and Social Resilience Index (SRI), each of which was calculated by standardizing corresponding key variables. The result indicates that the FVI value is positively correlated with the ratio of the poor population, confirming the existence of environmental injustice in the study area. Therefore, a special attention should be given to the settlements of the poor population and additional financial, technical and institutional supports need to be provided to improve the physical environment of their residential areas and enhance their social adaptive capacities.

키 워 드 ▪ 환경정의, 침수 취약성 지표, 사회적 취약계층
Keywords ▪ Environmental Justice, Flood Vulnerability Indicator, Vulnerable population

I. 서론

전 세계적으로 기후변화로 인한 자연재해의 발생 빈도와 강도가 증가함에 따라 재산피해 및 인명피해 또한 급격하게 증가하고 있다(주진걸 외, 2013). 자연재해 중에서도 풍수해로 인한 피해가 심각한데 우리나라의 경우, 2001년부터 2007년까지 7년간의

풍수해로 인한 피해액은 과거 1991년부터 2000년까지 10년간의 피해액보다 3배 이상 증가했다(소방방재청, 2009). 특히 도시지역은 인구와 건축물의 밀집도가 높아 대규모 홍수가 발생하는 경우 그 피해가 더 클 것으로 우려된다(여창권 외, 2008). 이에 따라 홍수에 대응하고 피해를 감소하기 위한 연구가 도시계획, 정책, 환경, 토목공학, 지리학, 기상,

* 서울시립대학교 도시공학과 석사 (주저자: hanna4478@uos.ac.kr)

** 서울시립대학교 도시공학과 조교수 (교신저자: jmsong@uos.ac.kr)

소방방재 등 다양한 방면에서 이루어지고 있다.

홍수 피해를 예측하고 이에 대응하기 위한 연구들은 홍수로 인한 침수의 위험도를 산정하기 위하여 취약성 개념을 이용해 왔다(주진걸 외, 2013; 여창권 외, 2008; 배천직, 2012). 취약성이란 자연적, 사회적, 문화적, 정치적, 경제적 그리고 환경적 요소들로 인한 상태들과 과정들의 집합으로 자연재해의 영향에 대해 지역사회의 피해를 더욱 민감하게 하는 것을 일컫는다(Okazaki et al., 2003). 특히, 취약계층과 관련해서 일반적으로 사회적 취약계층일수록 자연재해에 더 민감하며 취약하다고 알려져 있다. 이는 사회적 취약계층의 거주지가 자연재해가 상습적으로 발생하는 지역에 위치하거나, 거주 지역에 재난 발생 시 대피할 수 있는 보호시설의 부족 또는 대응 능력의 부족 등으로 이해되고 있다.

하지만 자연재해 피해와 사회적 취약계층과의 관계에 관한 체계적이며 실증적인 연구는 매우 부족한 상황이다. 인간의 정주환경에 불평등이 존재하고, 이를 자본주의 시장논리에만 맡기는 것은 부당하며, 사회적 취약계층에 대한 사회의 관심 및 정부의 지원이 필요하다는 것이 환경정의(Environmental Justice)의 관점이다. 만약 사회적 취약계층의 거주환경이 상대적으로 자연재해에 더 취약하여 더 큰 피해를 입는다면 이는 환경정의의 관점에서 논의될 필요가 있으나 한국에서는 아직까지 환경정의에 관한 논의가 구체화되지 않았고 정부의 관심도 깊지 않다(반영운, 2007). 더욱이 기후변화로 인하여 자연재해의 발생 빈도 및 피해 규모가 증가할 것으로 예측되는 실정에서 이에 대한 체계적인 분석이 시급하다.

따라서 본 연구에서는 침수취약성 지표를 개발하고, 이를 바탕으로 침수 피해위험 지역과 사회적 취약계층의 주거지역 간의 상관관계 분석을 수행함으로써 자연재해와 관련한 환경정의가 존재하는지 실증적으로 검증하고자 한다. 이와 같은 연구의 결과는 향후 지역차원의 홍수 대응력 증진과 환경정

의를 실현하는 도시계획 및 정책 입안에 기여를 할 것으로 기대되는 바이다.

II. 선행연구 및 이론적 고찰

1. 환경정의(Environmental Justice)

1) 환경정의의 개념

모든 인간은 환경적으로 안전하며 건강한 환경에서 생활할 권리를 가지고 있으나, 사회적 취약계층의 경우 오염, 재해, 기후변화 등의 부정적 환경 피해에 상대적으로 더욱 노출되어 있다(Stanley, 2009). 환경정의(Environmental Justice)에 관한 논의는 1980년대 초 미국에서 불평등한 환경위험에 대한 인식을 바탕으로 결성된 사회적 운동에서 시작되었다. 1982년 미국 북캐롤라이나주에서 독성폐기물 처리를 위하여 흑인과 저소득 계층이 주로 거주하는 지역이 매립지로 선정되면서 본격적으로 인종 및 형평성과 환경적 피해 노출 간의 관계에 대한 사회적, 학문적 관심이 증가하게 되었다(Cutter, 1995). 미국 환경청(EPA: Environmental Protection Agency)은 환경정의란 개인, 단체 및 지역사회가 인종, 민족, 경제적 지위와 상관없이 오염이나 환경적 위험과 같은 부정적 환경 피해로부터 동등하게 보호받는 것을 의미한다고 정의한다(반영운, 2007; 이은기, 2012). 환경정의는 동등하지 않은 환경적 대우를 뜻하는 환경적 인종차별주의(Environmental Racism)와 불평등한 환경에 대한 보호를 말하는 환경적 형평성(Environmental Equity)을 포괄하는 개념으로 볼 수 있다(이은기, 2012). 최근에는 그 개념이 확대되어 잠정적으로 영향을 받을 지역주민 뿐만 아니라 노인, 아동, 환자, 미래 세대와 같이 취약 집단을 포함하기도 하고, 환경의 범주에 건조환경, 자연환경, 정치적, 경제적, 사회적 환경까지 포함한다(Maantay, 2009).

2) 환경정의 실증연구

미국에서 선행된 환경정의에 관한 실증 연구는 주로 인종문제와 연계되어 흑인과 소수민족 및 저소득층이 공공정책이나 개발 사업에서 불공평하게 대우받는지의 여부에 중점을 두고 있다(반영운, 2007). 미국에서는 유색인종이나 소수민족 및 저소득층 사람들이 주로 모여 사는 지역사회의 경우 환경 부담이나 환경적 위험에 상대적으로 노출되어 있는 경우가 많기 때문이다(Bowen, 1995). 특히, 유독성 폐기물 처리, 대기 및 수질 오염, 환경에 유해한 토지개발, 환경법규의 집행 등에 있어 불이익을 받았으며, 정치적, 경제적 권력으로부터 소외됨으로써 환경적 의사결정절차에서도 참여할 수 없게 됨에 따라 사회적 취약계층이 환경적 위험지역에 거주하고 있는 경우가 많다(이은기, 2012). 미국의 경우 독성 산업 폐기물과 사회취약계층 주거지와의 관계에 관한 연구가 주를 이루고 있는데 이들은 공간적 통계분석 및 회귀분석을 통하여 환경부정의가 존재함을 밝히고 있다(Bowen et al, 1995; Stanley, 2009; Chun et al, 2012).

한편 최근에는 기후변화로 인한 자연재해의 피해 증가로 인해 점차 환경정의의 연구 대상도 독성 산업 폐기물에서 홍수, 태풍 등과 관련한 자연재해 피해로 연구가 확대되고 있는 추세이다. 특히 2005년 9월 미국 뉴올리언스에 발생한 허리케인 Katrina로 인하여 자연재해와 취약계층과의 관계에 대한 관심이 급격하게 증가하였다(Maantay, 2009). Katrina의 경우, 수물 지역 거주민들의 75%가 흑인이었으며 또한 흑인 여성과 어린이들이 가장 큰 피해를 입어 사회적 취약계층의 인적 피해가 두드러졌다. 이와 같은 결과는 일반적으로 개발도상국에서 자연재해에 대한 환경부정의가 두드러지게 나타난다고 알려져 있는 데에 반해, 선진국의 경우에도 사회적 취약계층이 자연재해에 상대적으로 취약하

다는 것을 보여준다(박병도, 2013).

우리나라의 경우는 기후변화 및 자연재해로 인한 피해가 급증하고 있음에도 불구하고 환경정의에 대한 논의는 미비한 실정이다. 개념에 대한 논의는 소수의 연구에서 진행되어 왔지만 실증적 분석 사례는 찾아보기 힘들다. 또한 미국의 경우 다민족 국가이기 때문에 인종을 중심으로 한 연구가 많았지만 우리나라의 실정에서는 사회적 취약계층인 소득수준 및 생물학적 약자의 차원(반영운, 2007)에서 접근하여 환경정의를 규명하는 것이 필요하다.

2. 자연재해 취약성

1) 취약성 개념

취약성이란 개념은 자연재해 이외에도 식량안보, 가난 분석, 공중보건 등 다양한 영역에서 조금씩 다른 의미로 사용되고 있으며 이에 대한 개념 정의가 명확하지 않다(유가영 외, 2008). 자연재해 연구 분야에서 정의하는 취약성은 '잠재 피해 현상으로부터 생긴 손실의 정도'이다. 외부에서 가해지는 위험(hazard)요소와 이에 따른 부정적인 영향 측면에서 취약성을 보는 것이다(유가영 외, 2008). 즉, 피해를 일으키는 외부자극에 대해 시스템이 얼마나 영향을 받는지와 외부자극에 대해 시스템이 얼마나 민감하게 반응하는지에 주안점을 둔다.

반면, 사회학적 측면인 정치경제학과 인문지리학에서 보는 취약성의 개념은 주로 '사회적 취약성(social vulnerability)'으로 동일한 외부 스트레스가 온다고 하여도 이에 대처하는 능력이 각 가계나 커뮤니티에 따라 상이하다는 것이다. 이는 주로 가난과 기근 연구 분야에서 주로 바라보는 관점이다(유가영 외, 2008).

UN 등 국제기구에서는 위의 두 가지 관점을 종합하여 기후변화 취약성의 개념을 외부 스트레스에

대한 결과물로서의 취약성과 사회시스템의 내적 상태로서 취약성으로 보고 있다(유가영 외, 2008). IPCC(2001)에서 정의하는 기후변화 취약성 개념은 기후노출, 민감도, 적응능력으로 구분하고 있고, 이러한 개념적 틀은 홍수 취약성을 정의하는데 널리 이용되고 있다(김지수 외, 2013; 김환석 외, 2012).

2) 침수 취약성 평가지표

우리나라의 경우 자연재해의 대부분은 풍수해인데, 그 원인과 시기가 지역마다 다르다(박종길, 2008). 최근에는 도시지역의 침수피해가 급증하고 있으며, 이러한 수해는 기존의 하천 범람에 의한 피해와는 다른 피해양상을 보인다(주진걸 외, 2013). 이를 바탕으로 홍수에 대한 취약성 및 안전성 평가를 위한 연구가 수행되고 있으며, 다수의 연구가 물리적 특성 요소 및 사회적 특성 요소를 고려하여 침수위험도를 평가하였다. 홍수와 관련된 취약성의 대표적 지표로는 인구밀도, 고령화 비율, 실업률, 임야면적 비율, 하천면적 비율, 이혼율, 기초생활수급자비율 등이 있다(배천직, 2012).

실제 상습침수지역을 대상으로 특성을 파악한 경우, 박종길 외(2008)의 연구에서는 자연재해로 인한 피해액과 공공시설 간의 상관관계가 높게 나타났다. 여창건 외(2008)은 수해 건축물의 종류별 지역별 분포 현황을 분석한 결과 단독주택과 지하주택이 전체 수해 주택의 대부분을 차지하였으며, 중랑천과 안양천 유역에 많이 분포하고 있음을 보이고 있다. 또한 침수위험지역은 주로 하천변에 분포하고, 하천 연변의 저지대가 가장 많은 수해 피해를 입는 것으로 나타났다.

3. 자연재해와 사회적 취약계층

1) 사회적 취약계층의 개념

사회취약계층에 대한 명확한 범위를 제공하는 연

구는 많지 않다. 유현정(2008)은 취약성에 대한 개념 모형을 토대로, 법·제도적, 사회적, 학문적 접근에 대한 선행연구를 검토하여 취약계층을 아래 [표 1]와 같이 정리하고 있다. 이에 따르면 취약계층은 크게 신체적 취약계층과 경제적 취약계층, 정보적 취약계층으로 구분된다. 하지만 우리나라의 경우 특수한 경우를 제외하고는 신체적 취약계층이 곧 경제적 취약계층이면서, 정보적 취약계층이기도한 특성을 보인다. 그래서 취약계층에 대한 정의 및 접근방식이 다양할지라도 결국 한 집단으로 집결되는 모습을 보인다(유가영, 2008).

표 1. 사회취약계층의 분류
Table1. Classification of Vulnerable People

구분 Classification	세분류 Subclassification	대상 List
신체적 취약 Physical Vulnerability	보건취약계층 Physically vulnerable group	고령자 Elderly 장애인 Disabled people 임산부·영아 Pregnant women and infants 우울증 환자 Hypochondriacs
	정신취약계층 Mentally vulnerable group	
경제적 취약 Economical Vulnerability	저소득층 Low-income group	비정규직 종사자 Temporary employees 실업자 Unemployed 장애인 Disabled people
	보험취약계층 Uninsured group	저소득층 Low-income people
	취업취약계층 Disadvantaged in employment group	
정보적 취약 Informational Vulnerability	문화취약계층 Culturally vulnerable group 정보취약계층 Information vulnerable group	소외지역 주민 (대부분 농어촌 주민) Residents in remote areas (mostly farmers and fishers) 저학력자 People with low level education

2) 자연재해 피해와 사회적 취약계층에 대한 논의

초기 환경정의 연구 중 자연재해 관련 연구는 그 수가 많지 않으나, 점차 자연재해 연구의 필요성이 증대됨에 따라 다양한 방법의 재해 취약성 평가방법 및 실증연구가 이루어졌다(Cutter, 2006; Maantay et al, 2009). 자연재해와 관련한 연구는 주로 홍수에 초점을 맞추고 있다. Maantay et al.(2009)은 홍수범람원에 거주하는 인구의 인종별 분포를 측정하고, 전체 인구 중 홍수 위험 지역에 사는 비율을 인종별로 살펴보았다. 분석결과는 도시에 따라 다르게 나타나, 홍수피해에 대한 인구특성 분포가 지역에 따라 사회적 취약계층에게 불평등하게 나타날 수도 있고 또는 평등하게 나타날 수도 있음을 알 수 있다.

한편 국내의 관련 선행 연구로 추장민 외(2010)는 수도권 지역의 상습수해지역과 서울의 재해위험지구에서 지역사회별 저소득계층 비율 및 사회경제지위의 공간분포를 비교해 본 결과 수해위험지역과 낮은 소득분위의 공간분포가 상당부분 중첩됨을 보이고 있다.

4. 소결

환경정의는 미국에서 시작되었던 만큼 이와 관련한 선행연구도 국내보다는 국외에서 활발하게 진행되어왔다. 이와 함께 국외에서는 환경정의에 대한 실증연구가 주요하게 이루어졌다면, 국내에서는 아직까지 개념적 논의만 다루어졌을 뿐이다.

특히 기존의 연구에서는 사회적 취약계층의 자연재해에 대한 취약성이 체계적 검증 없이 당연시되었으며 이에 대한 국내의 실증 연구는 극히 드물다. 서울시와 수도권을 대상으로 사회적 취약계층과 자연재해 상습피해 지역 간의 비교가 된 선행연구

가 있지만(추장민 외, 2010), 이는 취약계층 주거지와 자연재해 상습피해 지역의 공간적 중첩 비교에 그쳐 분석에 한계가 있다. 더욱이 기후변화의 부정적 영향 및 자연재해 피해가 더욱 심화될 것으로 예측됨에 따라, 사회적 취약계층의 자연재해피해에 관한 실증적 규명이 시급하다.

III. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 수도권 지역의 침수피해와 관련하여 환경정의 존재 유무를 검증하기 위하여 침수 취약성 지표를 산정하고, 사회적 취약계층의 주거지역과 관계를 분석하였다. 연구의 공간적 범위는 서울시 자치행정구 단위 및 경기도 시·군 단위와 인천시를 대상으로 하였다. 이 중에서 기상청에서 제공되는 지역별상세관측자료(AWS: Automatic Weather Station)를 구할 수 없는 지역 7개를 제외하고 총 50개의 행정구역을 대상으로 하였으며(그림1 참조), 시간적 범위는 2010년을 기준으로 하였다²⁾.

연구 수행 방법은 [그림 2]와 같다. 첫째, 국내외 선행연구를 검토하여, 침수 취약성을 나타내는 지표 및 사회적 취약계층을 반영하는 변수를 선정하였다. 둘째, 침수 취약성 지표의 신뢰성을 검증하기 위하여 분석 지역별 산정된 침수 취약성 지표값과 과거 침수 피해 자료를 비교하였다. 셋째, 검증된 침수 취약성 지표와 사회적 취약계층의 주거지역을 반영하는 지표 간의 상관관계 분석과 통계적 유의성 검증을 했다. 여기서 사회적 취약계층의 주거지역을 반영하는 지표로 기초생활수급자수의 비율을 선정하였는데, 이는 경제적 취약계층이 생물학적 취약계층이자, 정보 취약계층으로 집결된다는 유현정 외(2008)의 연구를 참고하여 가장 대표적인 경제적 취약계층을 대상으로 한 것이다. 기초생활수급자 비율은 2010년 기준으로 자치구 및 시·군별로 산정

하였다. 이를 통해 수도권 지역에서 침수 피해와 관련하여 환경정의가 존재 여부를 검증했다.

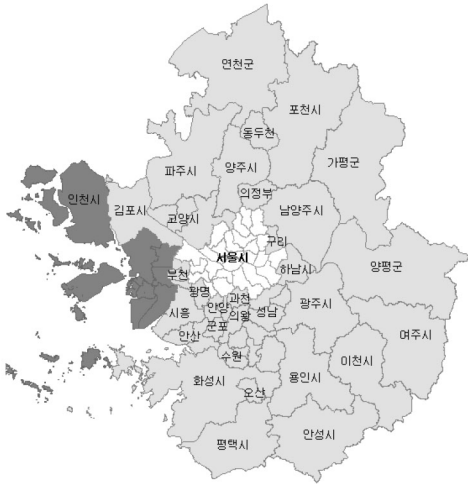


그림 1. 연구의 공간적 범위
Figure 1. Spatial Scope of the Study

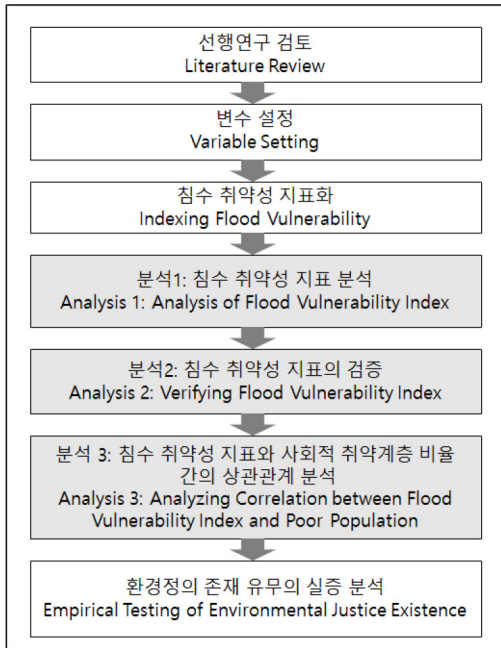


그림 2. 연구의 흐름도
Figure 2. Flow of Study

1. 대리변수

본 연구에서는 수도권 지역의 침수 취약성을 산정하기 위해 IPCC(2001)가 정의하여 널리 사용되고 있는 기후변화 취약성 개념을 토대로 대리변수를 선택하였다. 이에 따라 침수취약성 지표는 재해노출, 물리적 취약성, 사회적 대응력 요인으로 분류된다. 재해노출이란 침수피해를 일으키는 외부자극에 대해 시스템이 얼마나 영향을 받는가를 나타내며, 물리적 취약성이란 홍수와 같은 외부자극에 대해 시스템이 민감하게 영향 받도록 하는 물리적 요인이다. 사회적 대응력이란 잠재적 손실을 경감시키고, 재난상황에 대응하기 위한 사회의 역량이다. 분석에 사용된 변수의 시간범위 및 단위, 자료 출처는 [표2]와 같다.

2. 대리변수의 표준화

본 연구에서는 침수 취약성 지표 개발을 위하여 취약성에 영향을 미치는 인자들을 재해노출, 물리적 취약성, 사회적 대응력으로 구분하고 각각에 해당하는 변수들을 선정하였다. 이에 있어 분야별로 선정된 각 분석변수들은 서로 단위와 범위가 상이하므로 직접적인 비교가 용이하지 않다. 따라서 이들을 단위가 없는 무차원값으로 변환하는 표준화 작업이 필요하다.

본 연구에서는 UNDP(2006)에서 사용한 Dimension Index 방법을 이용하여 표준화를 하였다. 이는 식(1)과 같이, 각 분석변수 범위에서 최소값과 해당 시·군·구 자료값의 차이를 최대값과 최소값의 차로 나눔으로써 자료의 전체 범위 내에서 값에 따라 최소값이 0, 최대값이 1이 되도록 서열화하는 방식이다.

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{jmin}}{x_{jmax} - x_{jmin}} \quad (1)$$

- x_{ij} : i번째 시군구의 j번째 분석변수 값
- x_{jmax} : 전체 시군구에 대한 j번째 분석변수의 최대값
- x_{jmin} : 전체 시군구에 대한 j번째 분석변수의 최소값

3. 가중치 산정

취약성 지표 계산에 선정된 분석변수들이 평가지표에 영향을 미치는 정도가 일반적으로 동일하지 않으므로, 인자들 간의 중요도를 고려할

수 있는 가중치 부여가 필요하다. 일반적으로 가중치를 부여하기 위해 전문가 설문을 하거나 지표 계산에 사용되는 자료 값의 정보를 이용하여 결정한다(장대원, 2010). 본 연구에서는 후자의 방법에 해당하는 엔트로피 방법을 적용하여 가중치를 추정하였다.

엔트로피 방법은 각 정보 속성의 크기분포를 이용하여 응집도를 결정하는 방법(Rajendra et al., 1999)으로 변수별 가중치를 산정하는 방법과 같다. 먼저 식(2)와 같이 각 분석변수의 구축된 값을 각 열이 분석변수를 대표하도록 행렬로 구성한다. 각 열에 해당하는 분석변수의 항목별로 자료를 정규화하기 위해 식(3)을 이용하고, 정규화 된 분석변수의 각 항목별 엔트로피를 산정하기 위하여

표 2. 침수 취약성의 분석변수 요약
Table 2. Summary of Variables for Flood Vulnerability

분류 Classification	변수 Variable	시간 Year	단위 Unit	자료출처 Source
재해 노출 Exposure Index (EI)	1일 최대 강우량 The highest rainfall in a day	2005 ~2011 (7년 평균) (Average over 7 years)	mm	기상청 Weather Center
	1일 강우량 80mm인 일 수 Number of days with more than 80mm rainfall		일 day	
물리적 취약성 Physical Vulnerability Index (PVI)	하수관거당 행정구역 면적 Area per a drain pipe length	2010	km ² /m	국가통계 포털 KOSIS
	주택 밀도 Housing density		호/m ² household /m ²	
	녹지용도 비율 Ratio of green area		%	
사회적 대응력 Social Resilience Index (SRI)	재정 자주도 Financial independence ratio	2010	%	국가통계 포털 KOSIS
	주민 1인당 공무원 수 Officers per thousand people		인/천인 person/thousand people	
	인구당 의료 및 보건 인력 Labors in medical and health services per thousand people		인/천인 person/thousand people	
	지자체 교육비 지출 비율 Ratio of local government spending for education		%	

식(4)를 이용한다. 엔트로피 값은 자료의 응집도를 반영하기 때문에 다양성의 정도를 반영하기 위해 식(5)와 같이 1에서 엔트로피 값을 뺀다. 이렇게 구한 값을 식(6)과 같이 항목별 구한 값의 전체 합으로 나누어 주어 각 항목별 가중치를 산정한다. 엔트로피 방법에 의한 가중치 산정 절차는 다음과 같다.

첫째, 행정구역별 분석변수 자료를 이용하여 식(2)과 같이 행렬을 구성한다.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서, m : 행정구역 개수
n : 분석변수 개수

둘째, 분석변수의 항목별 자료를 식(3)와 같이 정규화한다.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (3)$$

(i=1,2,...,m; j=1,2,...,n)

셋째, 분석변수의 각 항목별 엔트로피를 식(4)와 같이 산정한다.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \log p_{ij} \quad (4)$$

(k = $\frac{1}{\log m}$; j=1,2,...,n)

넷째, 다양성 정도를 반영하기 위해 식(5)과 같이 구하고, 분석변수의 항목별 가중치는 식(6)을 통해 산정한다.

$$d_j = 1 - E_j \quad (5)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

4. 지수화

침수 취약성 평가를 위하여 가중치가 반영된 각 각의 분석변수들을 통합하여 재해노출 지수(Exposure Index: EI), 물리적 취약성 지수(Physical Vulnerability Index: PVI), 사회적 대응력 지수(Social Resilience Index: SRI)를 구했다. 이 때 분석변수의 특성이 침수 취약성을 증가시키는 변수의 경우 (+)부호를 부여하고, 침수 취약성을 감소시키는 변수는 (-)부호를 부여했다. 분석변수의 지수화 방법은 식(7),(8),(9)에서와 같이 각 지수에 해당 분석변수의 항목별 가중치와 식(1)에서 구한 표준화 값을 곱하여 합산하고 이를 각 지수에 해당하는 항목별 가중치의 합으로 나누어준다.

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^l (w_j \times y_{ij})}{\sum_{i=1}^l (w_j)} \quad (7)$$

w_j : 재해 노출 변수의 항목별 가중치

l : 재해 노출 변수의 항목 수

$$PVI = \frac{\sum_{i=1}^m (w_j \times y_{ij})}{\sum_{i=1}^m (w_j)} \quad (8)$$

w_j : 물리적 취약성 변수의 항목별 가중치

m : 물리적 취약성 변수의 항목 수

$$SRI = \frac{\sum_{i=1}^n (w_j \times y_{ij})}{\sum_{i=1}^n (w_j)} \quad (9)$$

w_j : 사회적 대응력 변수의 항목별 가중치

n : 사회적 대응력 변수의 항목 수

엔트로피 방법에 의해 계산된 분석변수의 항목별 가중치의 값은 [표3] 과 같다.

표 3. 변수별 가중치
Table 3. Weights of Variables

구분 Classification	변수 Variables	가중치 Weight
재해 노출 지수 (EI)	1일 최대 강우량 The highest rainfall in a day	0.01513
	1일 강우량 80mm인 일 수 Number of days with more than 80mm rainfall	0.00832
물리적 취약성 지수 (PVI)	하수관거당 행정구역 면적 Area per a drain pipe length	0.36525
	주택 밀도 Housing density	0.08708
	녹지용도 비율 Ratio of green area	0.1586
사회적 대응력 지수 (SRI)	재정 자주도 Financial independence ratio	0.0027
	주민 1인당 공무원 수 Officers per thousand people	0.07492
	인구당 의료 및 보건 인력 Labors in medical and health services per thousand people	0.12931
	지자체 교육비 지출 비율 Ratio of local government spending for education	0.15868

5. 침수 취약성 지표

침수 취약성을 평가하기 위하여 부문별로 계산된 지수들을 통합할 필요가 있다. Moss et al.(2001)은 취약성을 평가하기 위한 취약성 - 탄력성 지표 (Vulnerability - Resilience Indicator: VRI)를 식 (10)과 같이 제시하고 있다. 이 식에 의하면 민감도 지수와 기후노출 지수에는 적응능력 지수보다 낮은 가중치가 주어지는데, 이는 기후노출과 시스템의 민감도가 합쳐져 잠재영향을 가져오게 되며, 잠재영향이 적응능력과 합쳐져 취약성-탄력성 지수가 계산되기 때문이다. 이러한 계산방법은 [그림3]의 IPCC(2001)에서 정의하는 기후변화 취약성의 개념적 틀을 반영한 것이다.

$$VRI_i = \frac{Avg(EI, SI) + ACI}{2} \quad (10)$$

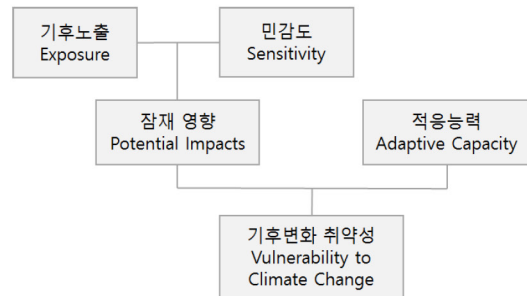


그림 3. IPCC의 기후변화 취약성 개념도
Figure 3. IPCC Concept of Climate Change Vulnerability

VRI의 값은 부정적인 의미를 가지는 취약성과 긍정적인 의미를 가지는 탄력성이 동시에 포함되는 것으로, 값이 클수록 탄력성이 크다는 뜻이고, 값이 작을수록 취약성이 커진다는 뜻이다(유가영 외, 2008). 하지만 본 연구에서 변수들을 통합하여 나타내는 지표는 침수 취약성 지수(FVI)로 값이 클수록 취약성이 증가하도록 설정하였다. 따라서 취약성을 감소시키는 녹지비율과 사회적 대응력 지수(SRI) 변수들의 경우 (-)부호를 부여하여 계산하였다. 그리고 본 연구에서는 이미 변수별 가중치를

반영하였기 때문에 식(10)처럼 지표표를 통합할 때 추가적으로 사회적 대응력에 가중치를 부여하지 않고 식(11)과 같이 균등한 산술평균을 하여 통합 침수 취약성 지표(Flood Vulnerability Indicator: FVI)를 산정하였다.

$$FVI = \frac{EI + PVI + SRI}{3} \quad (11)$$

IV. 분석 결과 및 고찰

1. 기초통계분석

서울시 구 단위 및 경기도 시군 단위, 인천시의 지방자치단체 50개를 대상으로 자연재해 취약성을 분석하기 위하여 선정된 10개의 대리변수에 대한 기초 통계 분석을 실시하였다(표

4 참조). 재해노출 지수의 대리변수인 1일 최대 강우량은 극한 강우 현상의 강도를 반영하며 평균 202.288mm, 표준편차는 33.60로 나타났다. 또 다른 대리변수인 1일 강우량 80mm 이상인 일수는 집중호우 일수를 나타내는 변수로 평균 4.347일로 나타나며 표준편차는 0.967일로 지역 간 큰 차이가 없다.

물리적 취약성 지수의 대리변수 중 하나인 하수관거당 면적은 배수능력을 나타내는 지표로서 하수관거 길이 당 행정구역의 면적으로 계산되며, 이는 동일 하수관거 길이에서 할당된 면적이 많을수록 배수를 담당해야할 용량이 증가하여 홍수의 물리적 취약성이 증가하는 것으로 볼 수 있다. 분석 지역의 경우 하수관거 길이 당 행정구역 면적의 평균값은 0.262km²/m이다. 주택밀도는 토지용도 중 도시지역 내의 주거용도 면적 당 주택수를 반영한 변수로 주택 밀도

표 4. 대리 변수 기초통계량
Table 4. Descriptive Statistics of Variables

변수 Variable(obs=50)	평균 Mean	표준편차 Std. Dev.	최소값 Min	최대값 Max
1일 최대 강우량 The highest rainfall in a day	202.288	33.594	121	2614
1일 강우량 80mm인 일 수 Number of days with more than 80mm rainfall	4.347	0.967	2	6.67
하수관거당 행정구역 면적 Area per a drain pipe length	0.262	0.340	0.035	1.521
주택 밀도 Housing density	0.006	0.003	0.000	0.012
녹지용도 비율 Ratio of green area	44.280	30.160	0	93.431
재정 자주도 Financial independence ratio	71.498	6.955	58.4	91.8
주민 1인당 공무원 수 Officers per thousand people	3.723	0.213	1.720	12.725
인구당 의료 및 보건 인력 Labors in medical and health services per thousand people	9.225	0.736	3.299	39.725
지자체 교육비 지출 비율 Ratio of local government spending for education	2.448	2.313	0.168	16.045

가 높을수록 홍수 발생 시 피해를 입는 가옥수가 증가하기 때문에 물리적 취약성의 증가요소로 반영한다. 수도권의 경우 평균 0.006호/m², 표준편차 0.003을 보이고 있다. 녹지지역의 비율은 도시지역 내 녹지지역의 비율을 나타낸 변수로, 녹지는 빗물의 투수력을 증진시키는 토지이용특성이므로 물리적 취약성을 감소시키는 변수이다. 녹지지역의 비율은 수도권의 경우 평균 44.180%이며 표준편차는 30.15973으로 지역 간 편차가 크다는 것을 알 수 있다.

사회적 대응력을 나타내는 대리변수로 선택된 재정자주도는 일반회계의 세입 중 자체수입과 자주재원의 비율을 나타내는 것으로 지방자치단체의 재량으로 사용할 수 있는 예산을 나타낸다. 따라서 재정자주도는 자연재해 발생에 대한 지방정부 자체 해결 능력 정도를 판단할 수 있는 지표이며, 연구 대상 지역인 수도권 지자체의 경우 평균 71.498%의 재정자주도를 보이며, 표준편차 6.955로 나타났다. 인구 천 명당 공무원 수는 국민에 대한 행정 서비스제공능력 정도를 나타내는 변수로 인구 천 명당 공무원 수가 클수록 자연재해 대응능력이 증가하는데 수도권의 경우 평균값 3.723인/천인으로 나타났다. 또한 인구 천 명당 의료 및 보건 인력은 재난 발생 시 의료대응능력을 나타내는 변수로 평균값이 9.225인/천인인데 이는 값이 클수록 사회적 대응능력이 증가한다. 지방자치단체의 교육비 지출 비율은 일반적 시민의 적응 능력을 나타내는 지표로(유가영, 2008) 교육비 투자율이 높을수록 사회적 대응력은 증가한다고 할 수 있다. 교육비 지출은 일반회계세출 결산에서 총 지출금액 중 교육비 지출에 해당하는 비율을 나타내는 것으로 평균 2.448%를 보이고 있다.

2. 침수 취약성 지표(FVI) 분석

자연재해 취약성을 구성하는 세 가지 지수(EI, PVI, SRI)와 침수 취약성 지표(FVI)의 관계 산포도를 비교해보면(그림 4 참조), 물리적 취약성 지수(PVI)와 침수 취약성 지수(FVI)가 강한 양의 상관관계를 보임으로써 물리적 취약성 지수(PVI)가 침수 취약성 지표(FVI)에 크게 영향을 미침을 알 수 있다. 반면, 재해 노출 지수(EI)와 침수 취약성 지표(FVI)는 상대적으로 약한 상관관계를 보이고 있어 재해 노출지수(EI)가 침수 취약성 지표(FVI)에 미치는 영향력이 상대적으로 크지 않음을 알 수 있다. 사회적 대응력 지수(SRI)의 경우 지수가 클수록 자연재해 취약성이 감소하는 요소이기 때문에 자연재해 취약성 지표와 음의 상관관계를 보이고 있다.

따라서 침수 취약성은 재해 노출 정도보다 물리적 취약성 및 사회적 대응력의 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다. 이는 침수 피해는 지역사회의 재해 관리 능력(물리적 취약성 보완 및 사회적 대응력 제고)에 따라 개선될 수 있음을 시사하고 있다.

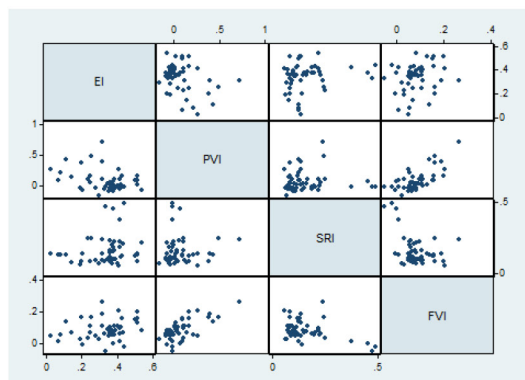


그림 4. FVI와 세 지수(EI, PVI, SRI)의 관계 산포도

Figure 4. Scatter Graph of FVI and Three Indexes(EI, PVI, SRI)

3. 침수 취약성 지표(FVI) 신뢰성 검증

본 연구에서는 앞서 산정된 침수 취약성 지표(FVI)의 신뢰성을 검증하기 위하여 연구 대상지역의 침수 취약성 지표 값을 실제 침수 피해규모와 비교하였다. 검증을 위해 사용된 과거 피해규모는 침수피해를 반영하는 자료들 중 일반적으로 사용되는 풍수해 피해액과 이재민 수를 이용하여 계산하였으며(장옥재 외, 2009; 김태형 외, 2011), 침수 피해지표 자료는 2005년부터 2011년까지의 7년 평균값을 이용하였다.

본 연구에서 침수 취약성 지표(FVI)를 산출하기 위해 사용된 변수들을 인구 또는 전체 주택수 또는 행정구역 면적으로 나누어 측정 단위를 균일화 하였다. 따라서 침수 피해 지표 또한 규모에 따른 차이를 배제하기 위해 단위를 조정해 줄 필요가 있다. 배천식(2012)은 재해 리스크 산출을 위해 시·군·구의 10년(1999년~2008년) 동안 발생한 피해액을 시·군·구의 주민등록 인구로 나누어 1인당 재해규모 변수로 사용하였다. 이를 참고하여 1인당 재해 규모를 산출하기 위해 피해액과 이재민 수를 행정구역별 주민등록 인구수로 나누어주어 각각 침수 피해 지표로 사용하였다.

침수 피해 지표와 침수 취약성 지표(FVI)와의 상관관계는 [표5]와 같다. 인구당 피해액 및 인구당 이재민 수는 본 연구에서 산출된 침수 취약성 지표(FVI)와 각각 0.6649, 0.4535의 상관관계 값을 가져 침수 취약성 지표(FVI)와 양의 상관관계를 보이고 있다. 이는 본 연구에서 설정한 침수 취약성 지표(FVI)가 침수 취약성에 대한 설명력을 갖고 있음을 반영한다.

표 5. 침수 피해 지표
Table 5. Indicator of Flooding Damage

침수 피해 지표 Flooding damage indicator	시간 범위 Time range	단위 Unit	출처 Source	상관관계 값 Correlation value
인구 당 피해액 Damage per person	2005 ~2011 (7년 평균) 7years mean	천원/인 thousand won/person	국가통계포털 KOSIS	0.6649 (p-value=0.0000)
인구 천명당 이재민 수 Victims per thousand people		인/천인 person / thousand people		0.4535 (p-value=0.0009)

4. 침수 취약성 지표(FVI)와 사회적 취약계층 거주 비율(RVP) 간의 상관관계 분석

본 연구에서는 사회적 취약계층의 주거지역이 자연재해 피해에 더 취약한지 분석하기 위해, 풍수해 피해에 영향력이 검증된 세 지수(EI, PVI, SRI)를 통합하여 침수 취약성 지표(FVI)를 산정하고, FVI 값과 사회적 취약계층 비율(RVP)의 상관관계를 자치행정구역별(서울시 구, 경기도 시군, 인천시)로 살펴보았다. 그 결과 행정구역별 침수 취약성 지표(FVI)와 사회적 취약계층 비율(RVP) 간의 상관관계 값은 0.41441(p-value=0.0028)로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 가지는 것으로 분석되었다.

[그림5]와 [그림6]은 각각 침수 취약성 지표(FVI)와 사회적 취약계층 비율(RVP) 값을 5등급으로 구분하여 지도에 나타낸 것이다. 침수 취약성 지표(FVI)의 경우, 짙은 색일수록 상대적인 취약성이 높게 나타나는 지역이고, 옅은 색일수록 상대적인 취약성이 낮은 지역이다. 사회적 취약계층 비율(RVP)는 짙은 색일수록 사회적 취약계층 비율이 높은 지역이고, 옅은 색일수록 사회적 취약계층 비율이 낮은 지역이다. 두 지표는 공통적으로 북부

경기도 지역에서 상대적인 취약성이 높게 나타난다.

지역별로 구체적으로 살펴보면, [그림7]에서 보는 것과 같이 지역별로 차이가 있으나 침수 취약성 지표(FVI)와 사회적 취약계층 비율(RVP)가 관련이 있음을 알 수 있다. 가평군은 침수 취약성(FVI)과 사회적 취약계층 비율(RVP) 모두 가장 높게 나타났으며, 가평군을 비롯한 연천군, 동두천시, 포천시, 여주군, 금천

구는 침수 취약성 지표(FVI)와 사회적 취약계층 비율(RVP)이 공통적으로 상위 10위 이내에 포함되는 지역으로 침수 취약성도 높고, 사회적 취약계층 비율도 높은 지역임을 알 수 있다. 반면, 오산시, 시흥시, 용인시는 침수 취약성 지표(FVI)와 사회적 취약계층 비율(RVP)가 공통적으로 하위 10위 이내에 해당하는 지역으로 상대적으로 침수 취약성도 낮고, 사회적 취약계

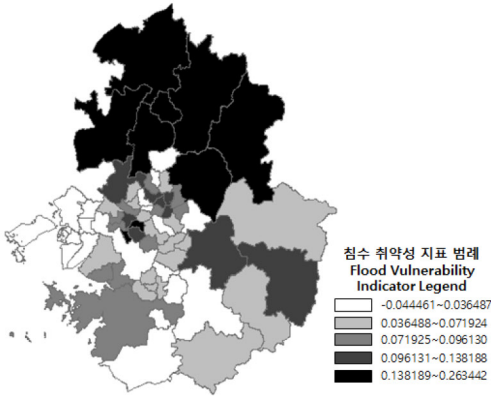


그림 5. 침수 취약성 지표 분포
Figure 5. Distribution of Flood Vulnerability Indicator

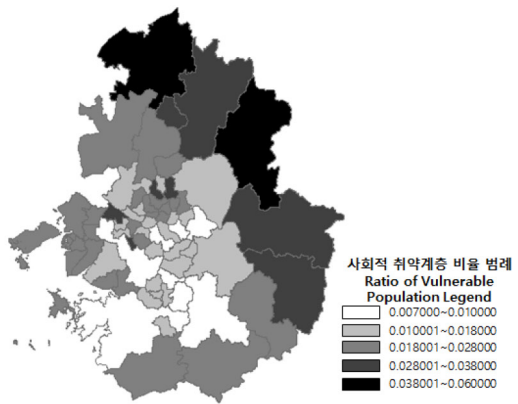


그림 6. 사회적 취약계층 비율
Figure 6. Distribution of Vulnerable Population

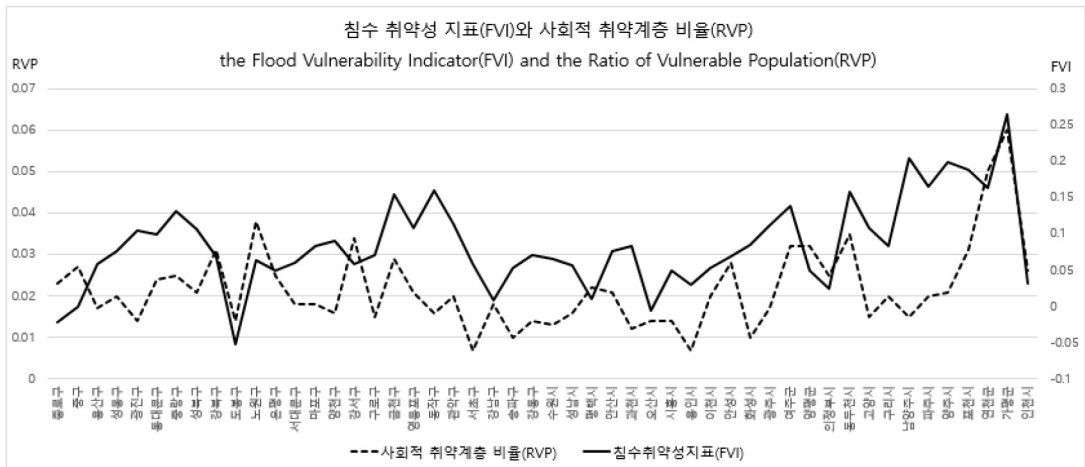


그림 7. 지역별 FVI와 RVP 비교
Figure 7. Comparison of FVI and RVP

층 비율도 낮은 지역으로 나타났다. 수도권 지역을 대상으로 침수 취약성 지표와 사회적 취약계층 비율을 상대비교 했을 때, 두 지표의 지역별 분포가 상당부분에서 일치함을 알 수 있었다.

이와 같이 침수 취약성 지표(FVI)로 반영되는 침수 피해 위험지역과 사회적 취약계층의 인구비율은 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 가지고 있다. 이는 수도권지역(서울시, 경기도 시군, 인천시)에 침수 영향과 관련하여 환경부정의(Environmental Injustice)가 존재함을 시사하고 있다.

V. 결론

본 연구에서는 통합 침수 취약성 지표(FVI)를 도출하고 행정구역별 사회적 취약계층의 비율(RVP)과의 상관관계 분석을 바탕으로 서울 및 경기도, 인천 지역의 침수 피해에 관한 환경정의가 존재하는지 여부를 실증적으로 검증하였다. 통합 침수 취약성 지표(FVI)는 재해 노출 지수(EI), 물리적 취약성 지수(PVI), 사회적 대응력 지수(SRD)로 구성되며, 이는 각각의 지수를 구성하는 변수들을 표준화 및 가중치 반영을 통하여 산출되었다.

기존의 연구들은 기후변화 취약성 및 자연재해 취약성 평가지표를 산정하고 이의 타당성 검증에 관한 내용이 주를 이루었다면, 본 연구에서는 우리나라 인구의 약 49%가 거주하고 있는 서울시와 경기도, 인천 지역을 대상으로 침수 취약성 지표(FVI)를 이용하여 자연재해 관련 환경정의가 존재하는지 실증적으로 분석하였다는 점에서 기존 연구와 본 연구의 두드러진 차별성이 있다. 또한 우리나라를 대상으로 환경정의 실증분석을 새롭게 시도했다는 점에서 의의가 있다.

침수 취약성 지표(FVI)와 행정구역별 사회적 취

약계층을 대변하는 변수인 기초생활수급자 인구비율(RVP)과 상관관계 분석 결과, 상관관계 계수가 0.41441로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다. 즉, 이는 수도권 지역의 경우 기초생활수급자들이 침수 취약지역에 거주할 확률이 상대적으로 높음을 의미한다. 이러한 현상은 향후 자연재해로 인해 사회적 취약계층이 더 큰 피해를 입게 될 확률이 높아짐을 입증하는 결과이다. 더욱이 앞으로 기후변화로 인한 집중 호우 및 돌발 강우와 같은 이상 강우 현상의 빈도수 및 규모가 증가할 것으로 예측되기 때문에 사회적 취약계층의 자연재해에 대한 대응력을 강화하고 피해를 최소화하기 위한 사회적 관심 및 정부의 적절한 대책이 시급하다.

본 연구의 결과에 따르면 자연재해 취약성은 재해 노출 영향보다 물리적 취약성 및 사회적 대응력에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 자연재해에 대한 지역사회의 대응 능력에 따라 피해 정도가 달라짐을 의미하고, 지역별 자연재해 취약성이 상대적으로 다르다는 것은 거주환경의 자연재해에 대한 보호정도가 지역사회마다 차이를 나타낸다. 즉, 사회적 취약계층의 거주 비율과 자연재해 취약성의 상관관계가 높게 나타남으로써, 자연재해로부터 불평등하게 보호받는 주거지역에 사회적 취약계층의 거주 비율이 높다는 것은 환경정의(Environmental Justice)가 존재하지 않음을 시사한다.

본 연구의 한계점으로는 재해 노출 지표(EI)의 대리 변수로 사용된 1일 최대 강우량과 1일 강우량 80mm이상인 일수가 기상청에서 제공하는 AWS 일 단위 자료를 보정 없이 사용하여, AWS 자료 특성상의 이상치 및 결측치가 반영되었을 수 있다. 이와 함께 사회적 취약계층의 거주환경에 대하여 좀 더 미시적 단위에서 분석할 수 있다면 취약계층의 거주환경 개선을 위해 토지이용계획을 통한 자연재해 대응이나 복지 정책 지원에 필요한 효과적인 연

구 수행이 가능할 것으로 기대된다. 따라서 향후 연구에서는 자료의 공간범위를 읍·면·동 단위나 필지단위로 보다 세밀화 할 필요가 있다.

본 연구는 기존의 연구와 달리 사회적 취약계층의 주거지역과 침수 피해위험 지역 간의 상관관계 분석을 함으로써 국내를 대상으로 자연재해 관련 환경정의 검증을 시도했다는 데에 큰 의의가 있다. 또한 본 연구는 지역사회의 방재 대응력이 침수 취약성에 미치는 영향이 크다는 결과를 통해 방재 대응 능력의 중요성을 시사하고 있다. 본 연구의 결과는 향후 환경정의의 이론적 토대로 하여, 증가할 것으로 예측되는 풍수해에 대해 더욱 효과적으로 대응하고, 사회적 취약계층에 대한 환경정의 실현에 기여할 것으로 기대되는 바이다.

- 주1. 환경정의(Environmental Justice)와 유사한 개념으로 환경적 인종차별주의(Environmental Racism), 환경형평성(Environmental Equity) 등이 있다. 환경적 인종차별주의(Environmental Racism)는 소수자라는 이유로 단체나 지역사회에 부과되는 불균등한 환경적 부담을 가리키는 것으로 주로 독성폐기물이 주로 유색인종이 사는 지역에 버려짐으로써 이들이 사는 지역이 백인이 사는 지역보다 환경피해에 더 많이 노출되고 있다는 실증적 분석에 근거하여 생긴 개념이다. 환경적 형평성(Environmental Equity)은 인종, 민족, 경제적 지위에 관계없이 개인, 단체, 지역 사회를 환경적 위험으로부터의 동등한 보호를 하는 것으로 환경의 악영향에 초점을 맞춘 것이나, 통상적으로 환경적 이득 분배에 대처하는 것으로 확대될 수 있다 (반영운, 2007; 이은기, 2012).
- 주2. 강우량 데이터는 기상청 AWS 일 단위 자료를 바탕으로 서울 및 경기, 인천 지역에 대하여 2005년부터 2011년까지 7년 평균값을 적용하였다.

인용문헌

References

1. 김지수, 성효현, 최광용, 2013. “도시 홍수 취약성의 공간적 분포”, 『한국지역지리학회지』, 19(4): 615-626.
Kim, J.S., Sung, H.H., Choi, G.Y., 2013. “Spatial Patterns of Urban Flood Vulnerability in Seoul”, *Journal of the Korean Association of Regional*

Geographers, 19(4): 615-626.

2. 김태형, 한건연, 조완희, 2011. “홍수위험지도 활용을 위한 낙동강 유역에서의 홍수취약도 분석”, 『한국지리정보학회지』, 14(3): 203-222.
Kim, T. H., Han, K. Y. and Cho, W. H., 2011. “Vulnerability Analysis in Nakdong River Basin for the Utilization of Flooding Risk Mapping”, *The Korean Association of Geographic Information Studies*, 14(3): 203-222.

3. 김환석, 박기정, 김상단, 최민하, 박무중, 윤재영, 2012. “기후변화와 대규모 하천정비 사업을 고려한 낙동강 유역 자연재해 홍수 취약성 평가”, 『한국방재학회지』, 12(2): 107-113.
Kim, H. S., Park, G. J., Kim, S. D., Choi, M. H., Park, M. J. and Yoon, J. Y., 2012. “Assessment of Flood Vulnerability Considering Climate Change and Large-Scale River Restoration Project”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 12(2): 107-113.

4. 박무중, 박민규, 송영석, 2011. “지역별 재난관리를 위한 위험인자의 공간분포 해석: 1. 재해위험성 및 노출성 인자”, 『한국방재학회지』, 11(4): 189-199.
Park, M. J., Park M. K. and Song, Y. S., 2011. “Analysis of Spatially Distributed Risk for Regional Disaster Management : 1. Hazard and Exposure.”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 11(4): 189-199.

5. 박민규, 송영석, 김상단, 박무중, 2012. “수해취약성인자를 이용한 고위험 도시침수지역의 평가기법에 대한 연구”, 『한국방재학회지』, 12(2): 245-253.
Park, M. K., Song, Y. S., Kim, S. D. and Park, M. J., 2012. “A Study on the Assessment Method for High-Risk Urban Inundation Area Using Flood Vulnerability Index”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 12(2): 245-253.

6. 박병도, 2013. “기후변화 취약성과 기후정의”, 『환경법연구』, 35(2): 61-94.
Park, B. D., 2013. “Vulnerability to Climate Change and Climate Justice”, *Environmental Law Review*, 35(2): 61-94.

7. 박승용, 최현일, 박무중, 2013. “낙동강 유역의 홍수위

- 험도 평가”, 「한국방재학회 학술발표대회지」, 2013(11): 215-220, 한양대 ERICA 캠퍼스: 한국방재학회.
- Park, S. Y., Choi, H. I. and Park, M. J., 2013. “Flood Risk Assessment for the Nakdong River Watershed”, *The Korean Society of Hazard Mitigation Journal for Academic Conference*, 2013(11): 215-220, Hanyang University Erica Campus: Korean Society of Hazard Mitigation.
8. 박종길, 정우식, 최효진, 2008. “자연재해저감을 위한 한반도 피해 취약성 분석: 공공시설피해를 중심으로”, 「한국환경과학회지」, 17(4): 413-422.
 - Park, J. K., Jung, W. S. and Choi, H. J., 2008. “An Analysis of the Korean Peninsula Damages Vulnerabilities for a Natural Disaster Mitigation : Focus on Public Facilities Damages”, *Journal of the Korean Environmental Sciences Society*, 17(4): 413-422.
 9. 박창열, 신상영, 손은정, 2013. “다변량 분석을 이용한 서울의 상습침수지역 유형화”, 「한국방재학회지」, 13(2): 245-255.
 - Park, C. Y., Shin, S. Y. and Son, E. J., 2013. “Classifying Flood Prone Areas in Seoul Using Multivariate Analysis”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 13(2): 245-255.
 10. 반영운, 2007. “환경정의 지표 개발”, 「도시행정학보」, 20(3): 3-23.
 - Ban, Y. U., 2007. “Development of Environmental Justice Indicators”, *Journal of the Korean Urban Management Association*, 20(3): 3-23.
 11. 배천직, 2012. “한국에서의 재해 리스크 영향요인 분석-시, 군, 구 모형을 중심으로”, 「한국위기관리논집」, 8(6): 1-29.
 - Bae, C. J., 2012. “Analysis of Disaster Risk Effect-Focused on City, Gun, Gu model”, *Korean Review of Crisis and Emergency Management*, 8(6): 1-29.
 12. 배천직, 2013. “자연재해 리스크 평가, 한국정책학회 춘계학술발표논문집, 명지대학교: 한국정책학회.
 - Bae, C. J., 2013. “Analysis of Disaster Risk”, *Korean Association for Policy Studies Journal for Academic Conference in Spring*, Myongji University: The Korean Association for Policy Studies.
 13. 서울연구원, 2002. 서울시 상습침수지역 관리시스템 구축방안, 서울
 - Seoul Development Institute, 2002. *Construction of Management System for Areas Prone to floods in Seoul*, Seoul
 14. 소방방재청, 2005. 「상습수해지역 해소대책 방안 연구. 2005」, 서울.
 - National Emergency Management Agency, 2005. *A Study on the Integrated Countermeasures for Repetitive Flooded Areas. 2005*, Seoul.
 15. 여창건, 서근순, 송재우, 2011. “GIS를 이용한 도시홍수에 대한 지역안전도 평가”, 「한국지리정보학회지」, 14(3): 68-77.
 - Yeo, C. G., Seo, G. S. and Song, J. W., 2011. “Regional Safety Assessment Due to Urban Flood Using GIS”, *The Korean Association of Geographic Information Studies*, 14(3): 68-77.
 16. 여창건, 이승오, 송재우, 김윤종, 2008. “도시지역 대피계획 수립을 위한 수해건축물 침수피해 특성 분석”, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 대전 컨벤션센터: 대한토목학회.
 - Yeo, C. G., Lee, S. O., Song, J. W. and Kim, Y. J., 2008. “Characteristics Analysis of Damaged Buildings’ due to Flood for Urban Evacuation Plan”, *Korean Society of Civil Engineers Journal for Academic Conference*, Daejeon Convention Center: Korean Society of Civil Engineers.
 17. 유가영, 김인에, 2008. 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안, 서울: 한국환경정책평가연구원.
 - Yoo, G. Y. and Kim, I. A., 2008. *Development and application of a climate change vulnerability index*, Seoul: Korea Environmental Institute.
 18. 유현정, 2008. “국민 안전권 확보를 위한 고찰: 취약계층을 위한 받아들일 수 있는 위험의 수용기준을 중심으로”, 「한국위기관리논집」, 4(2): 17-31.
 - Yoo, H. J., 2008. “A Study for Securing People Safety : Focused on Danger Standard for Vulnerable Social Group”, *Journal of Safety and*

- Crisis Management*, 4(2): 17-31.
19. 윤순진, 2003. “(기후변화의 쟁점들)기후변화와 환경 정의”, 『환경과 생명』, 38(2003): 36-69.
Yoon, S. J., 2003. “(Climate Change Issue)Climate Change and Environmental Justice”, *Environment and Life*, 38(2003): 36-69.
 20. 이은기, 2012. “기후변화와 환경정의-지속가능한 지구의 미래를 위한 선순환구조의 모색”, 『환경법연구』, 34(3): 325-373.
Lee, E. G., 2012. “Climate and Environmental Justice-Searching Circulation for Sustainable Earth”, *Environmental Law Review*, 34(3): 325-373.
 21. 장대원, 2010. “홍수방어대안 선정을 위한 위험관리 지수의 개발 및 적용”, 인하대학교 박사학위 논문.
Jang, D. W., 2010. “Development and Application of Risk Management Index for Flood Prevention Alternatives”, Ph. D. Dissertation, InHa University.
 22. 장옥재, 김영오, 2009. “지역회귀분석을 이용한 홍수 피해위험도 산정”, 『한국방재학회지』, 9(4): 71-80.
Jang, O. J. and Kim, Y. O., 2009. “Flood Risk Estimation Using Regional Regression”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 9(4): 71-80.
 23. 주진걸, 양재모, 김종훈, 2013. “GIS를 이용한 도시유역에서의 침수위험도 평가”, 『한국방재학회지』, 13(1):129-136.
Joo, J. G., Yang, J. M. and Kim, J. H., 2013. “Assessment of Inundation Risk Degree for Urban Areas”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 13(1):129-136.
 24. 최충익, 김원, 2006. “전국 홍수위험도 평가의 국토·도시계획적 함의”, 『국토계획』, 41(4): 143-155
Choi, C. I. and Kim, W., 2006. “Implications of the Flood Risk Assessment in Urban and Regional Planning”, *Journal of Korean Planners Association*, 41(4): 143-155.
 25. 추장민, 공성용, 백승아, 2010. 저소득계층의 기후변화 적응역량 강화를 위한 정책방안 연구 (1), 서울: 한국환경정책평가연구원.
Choo, J. M., Gong, S. Y. and Baek, S. A., 2010. *Policies to enhance the capacity of climate change adaptation on the low-income people (1)*, Seoul: Korea Environmental Institute.
 26. Bowen, W. M., Salling, M. J., Haynes, K. E. and Cyran, E. J., 1995. “Toward Environmental Justice: Spatial Equity in Ohio and Cleveland”, *Annals of the Association of American Geographers*, 85(4): 641-663
 27. Chun, Y., Kim, Y. and Campbell, H., 2010. “Using Bayesian Methods to Control for Spatial Autocorrelation in Environmental Justice Research: an Illustration Using Toxics Release Inventory Data for a Sunbelt County”, *Journal of Urban Affairs*, 34(4): 429-440
 28. Collins, T. W., Grineski, S. E. and Aguilar, M. de L. R., 2009. “Vulnerability to Environmental Hazards in the Ciudad Juarez(Mexico)-El Paso (USA) metropolis: A model for spatial risk assessment in transnational context”, *Applied Geography*, 29(2009): 448-461.
 29. Cutter, S., Boruff, B. and Shirley, L., 2003. “Social Vulnerability to Environmental Hazards”, *Social Science Quarterly*, 84(2): 342-261.
 30. Elliott, J. R. and Pais, J., 2006. “Race, class and Hurricane Katrina: Social Differences in Human Responses to Disaster”, *Social Science Research*, 35(2006): 295-321.
 31. IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
 32. Maantay, J. and Maroko, A., 2009. “Mapping urban risk: Flood hazards, race, & Environmental Justice in New York”, *Applied Geography*, 29(2009): 111-124.
 33. Okazaki, K. and Shaw, R., 2003. “Empowerment for Sustainable Disaster Mitigation : Experiences of Developing Countries”, *Regional development dialogue*, 24: 3-14.
 34. Rajendra, G. K., Roger, R. S. and Kingsley, E. H.,

1999. "Towards an information Entropy model of job approval rating: The Clinton Presidency", *Entropy*, Vol. 1(3): 33-49.
35. Stanley, A., 2009. "Just space or spatial justice? Difference, discourse, and environmental justice", *Local Environment*, 14(10): 999-1014.
36. UNDP, 2006. *Human Development Index*.
- | | |
|----------------|------------|
| Date Received | 2014-05-15 |
| Date Reviewed | 2014-08-01 |
| Date Revised | 2014-08-16 |
| Final Received | 2014-10-17 |