

## An Exploratory Spatial Data Analysis of the Damage from Natural Disasters

- Focused on Local Governments in Korea, 2006-2014 -

Seung Min Moon<sup>#</sup>, T. J. Lah<sup>+</sup>, Bo Kyung Kang, Jee Hye Hyun

Department of Public Administration, Yonsei University, 50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, Korea

### Abstract

This study aims to provide implications on natural disaster management through exploratory spatial data analysis(ESDA) on the damage of natural disasters occurred in local governments. A total of 226 basic local governments from 2006 to 2014 was set as subjects of analyses. The authors analyzed spatial distribution and hot spot on the six parameters: heavy snow, heavy rain, strong wide, wind waves, typhoons and the total damage. We found hot spots in Gangwon-do for total damage and heavy rain. Hot spots of heavy snow were found in the coastal areas of Gangwon-do, Gyeongsang-do, Jeolla-do and Chungcheong-do. Gyeongsang-do, Jeolla-do and Chungcheong-do were found to have hot spots for typhoons, strong wind and wind waves. The results indicate that different spatial patterns occur depending on types of natural disaster. It can be asserted that basic local governments must prepare themselves according to the corresponding type of natural disaster.

**Key words:** natural disasters, ESDA, hotspot, korean local governments

### 1. 서론

지난 1992년 기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)이 체결된 이래, 기후변화 대응에 관한 문제는 전 세계적인 의제로 다루어져 왔다. 하지만 지구온난화로 인한 기후변화의 영향은 전 세계적으로 다양하게 나타나고 있으며, 진행속도 역시 예측치를 넘어서고 있다(IPCC, 2007). 기후변화로 인한 재난은 새롭고 강력하며, 보다 빈번하고 광범위할 뿐만 아니라 기존재난에 비해 불확실성,

상호 작용성, 복잡성이 더욱 강하게 나타난다(Lee, 2014: 4).

기후변화로 인해 자연재해는 그 피해규모도 점차 증가하고 있는 추세에 있다(Yoo, *et. al.*, 2011). 특히, 2005년 미국에서 발생한 태풍 카트리나(Katrina)의 경우 1,833명의 사상자와 1,080억 달러의 재산피해를 야기해 전 세계 역사상 최대의 자연재해로 기록되었으며, 아시아의 경우 2008년 발생한 태풍 나르기스(Nargis)가 미얀마에 약 13만 여명의 인명피해를 발생시킴으로써 이 역시 많은 피해를 발생시킨 자연재해로 기록되었

<sup>#</sup> The 1st author: Seung Min Moon, Tel. +82-2-2066-0029, e-mail. [isuters@yonsei.ac.kr](mailto:isuters@yonsei.ac.kr)

<sup>+</sup> Corresponding author: T. J. Lah, Tel. +82-2-2123-2957, e-mail. [tjlah@yonsei.ac.kr](mailto:tjlah@yonsei.ac.kr)

다. 기후변화가 미치는 경제적·사회적·문화적 파급 효과로 인해 우리나라에서도 그 대응에 대한 관심이 증가하고 있다(Moon & Lah, 2015). 우리나라는 지난 2010년 기후변화 대응과 신 성장 동력의 창출을 목적으로 하는 「저탄소 녹색성장 기본법(법률 제9931호)」이 제정됨으로써 기후변화 대응에 대한 법적·제도적 기반을 마련하였다(Yoon, 2012).

우리나라의 경우 전 세계의 평균적인 온난화 속도보다 훨씬 빠르게 진행되고 있으며(Kim & Ryu, 2008: 206에서 재인용), 자연재해의 발생과 피해 또한 과거에 비해 증가할 것으로 예측되고 있다. 지난 2002년 발생한 태풍 루사(Rusa)와 2003년 발생한 태풍 매미(Maemi)는 우리나라의 역사상 가장 많은 재산피해를 발생한 태풍이었으며, 이밖에 태풍 볼라벤(Bolaven), 덴빈(Tebin), 산바(Sanba)등도 많은 재산피해를 발생한 주요 자연재해이다.

이러한 자연재해의 발생과 피해는 해당 지역의 지리적 특성 및 기후환경과 밀접한 관련을 가지고 있다. 이로 인해 유사한 지리적 특성 및 기후환경을 가지는 지역의 경우에는 특정한 유형의 자연재해 피해가 집중·반복되어 나타나는 현상이 발생날 수 있다. 이러한 점에서 본 연구는 전국 226곳의 지방자치단체를 분석대상으로 선정하여, 2006년부터 2014년까지 발생한 자연재해 유형 및 총 피해의 탐색적 공간분석을 실시하고자 하였다. 구체적으로 자연재해의 유형별, 총 피해에 대한 공간적 분포를 확인하고 공간적 자기상관성에 대한 분석을 실시하였다. 이를 통해 본 연구는 자연재해의 피해를 방지하기 위한 지방자치단체의 대응 전략과 관리방안을 마련하는데 함의를 제공하고자 하였다.

## II. 이론적 논의 및 선행연구의 검토

### 1. 기후변화와 자연재해의 의의

자연 재해에 대한 개념은 일반적으로 넓은 의미의 재난에 포함되는 하위 개념으로 이해되고 있으며, 자연

재난과 동일한 개념으로 정의되고 있다. 세계적으로 재난에 관한 권위 있는 기구인 재난역학 연구센터(CRED: Center for Research on the Epidemiology of disasters)에서는 재난을 “지역적 능력(Local Capacity)을 넘어서 국가 또는 국제적 수준의 외부 도움이 필요한 상황(Situation) 또는 사건(Event)”으로 정의하고 있다. 또한 이러한 상황 또는 사건은 자연적이거나 인간에 의해 예측불가능하고 갑작스럽게 발생하며, 발생 시 강력한 피해와 파괴, 고통을 초래 한다). 이러한 정의에 따르면 자연 재해는 자연발생적 또는 예측불가능하게 발생하며, 국가 또는 국제적 수준의 도움이 필요한 피해를 수반하는 것으로 이해할 수 있다.

우리나라의 경우 「재난 및 안전관리 기본법(법률 제13440호)」 제3조 제1호에 따르면 재난이란 ‘국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것’으로 정의되고 있으며, 자연 재해는 ‘태풍, 홍수, 호우(豪雨), 강풍, 풍랑, 해일(海溢), 대설, 낙뢰, 가뭄, 지진, 황사(黃砂), 조류(藻類) 대발생, 조수(潮水), 화산활동, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해’로 정의된다. 이밖에 「자연재해대책법(법률 제12942호)」 제2조 제1호에서는 재해를 ‘「재난 및 안전관리 기본법」 제3조 제1호에 따른 재난으로 인하여 발생하는 피해’로 정의하고 있으며, 제2호에서는 ‘자연재해를 제1호에 따른 재해 중 기본법 제3조 제1호 가목에 따른 자연현상으로 인하여 발생하는 재해’로 정의하고 있다. 즉, 법으로 명시되어있는 자연 재난 및 자연 재해에 대한 개념은 동일한 의미로서 정의되고 있다.

전 세계적으로 점차 심화되고 있는 지구 온난화 현상과 이에 따른 기후변화는 사회·경제·인구학적인 특성과 결부되어 심각한 자연 재해를 야기하게 되며(Adger & Brooks, 2003), 그 영향은 대륙, 개별 국가, 나아가 개별 국가내의 지역 단위에서 구체화된다(Choi, 2011). 최근 지구온난화와 기후변화의 영향으로 인해 가뭄, 지진, 태풍, 해일, 호우와 같은 자연재해의 발생이 점차 증가하고 있는 추세이며, 특정 지역에 집중적

1) [http://www.emdat.be/glossary/9\(2015.10.20. 검색\)](http://www.emdat.be/glossary/9(2015.10.20. 검색))

으로 발생하는 경향이 있다. 다음 <Figure 1>은 재난역학연구센터에서 조사한 전 세계 자연재해 발생 건수와 대륙별 발생건수 및 피해규모를 나타낸다<sup>2)</sup>.

앞선 논의에서와 같이 전 세계적으로 자연재해 발생 건수와 피해규모는 점차 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다<sup>3)</sup>. 자연재해의 발생건수는 1996년부터 2000년 사이에 급격하게 증가하고 있으며, 피해규모는 불규칙하지만 시간의 흐름에 따라 우상향하고 있는 것이 특징이다. 이를 다시 대륙별로 세분화하여 특징을 살펴보면, 우리나라가 속한 아시아 대륙은 다른 대륙에 비해 빈번하게 자연재해가 발생하며 피해규모 또한 가장 큰 지역으로 나타났다. 반면 오세아니아 대륙은 자연재해의 발생과 피해규모가 가장 작은 지역이다. 아프리카 대륙은 1993년 이후 자연재해의 건수는 급증하는 것으로 나타난 반면 피해액은 오세아니아와 함께 가장 작은 것이

특징이다. 아메리카 대륙의 경우 자연재해 발생건수는 시간의 흐름에 따라 큰 변화는 없으나, 피해액의 경우 2005년 태풍 카트리나의 발생으로 다른 대륙에 비해 단일 규모로 가장 큰 피해액이 발생한 것이 특징이다.

아시아 대륙에 속한 우리나라의 경우 지리적으로 태풍이나 악천후를 유발하는 저기압 및 전선이 자주 통과하고 있는 곳에 위치하고 있어서 자연적으로 재해발생 가능성이 높다(Kwon, 2005: 330에서 재인용). 또한 점차 증가하는 인구와 높은 인구밀도, 도시화의 진행으로 인해 수해에 취약한 특성이 있다(Choi, 2008). 다음 <Figure 2>는 우리나라의 자연재해 피해의 발생빈도와 그 피해규모를 나타낸다<sup>4)</sup>. 우리나라의 자연재해 발생은 1990-2000년도에는 점차 감소하는 추세를 나타내다가 2000년대 이후 점차 증가하고 있는 것이 특징이다. 자연재해피해의 경우 2002년 태풍 루사와 2003년

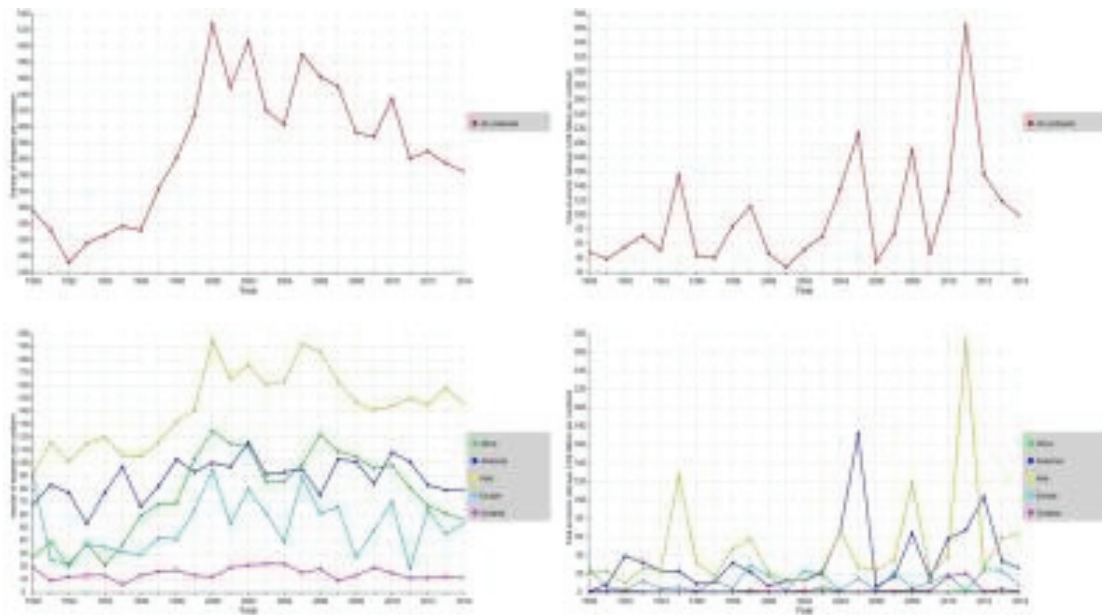


Figure 1. The number of reported natural disasters by continent, 1990-2014 (left)  
The total amount of estimated economic damage, in billion of US dollars, by continent 1990-2014 (right)

2) 본 자료에서 재난은 재난역학센터에서 정의하고 있는 다음 네 가지 기준 중 한 가지 이상을 충족시키는 경우를 의미한다. 그 기준은 첫째, 10명 또는 그이상의 사망자가 보고된 경우, 둘째, 100명 또는 그 이상의 사람들에게 영향을 미친 것으로 보고된 경우 셋째, 국가가 긴급 재난 상황임을 선포한 경우 넷째, 국제적 차원에서 조력이 요청된 경우이다. 피해액은 당해 피해액을 의미하며, 단위는 10억(billion) 달러이다.

3) [http://www.emdat.be/disaster\\_trends/index.html](http://www.emdat.be/disaster_trends/index.html)(2015.10.20. 검색)

4) 본 자료는 건설부, 내무부 중앙재해대책본부, 행정자치부 중앙재해대책본부, 소방방재청 중앙재난안전대책본부, 국민안전처에서 제공하는 재해연보(1990-2014)를 활용하였으며, 자연재해는 폭풍, 강풍, 풍랑, 태풍, 돌풍, 해일, 대설, 설해, 폭풍설, 호우, 폭풍우 등을 의미한다. 피해액의 경우 당해 연도 가격기준이며, 단위는 천원이다.



Figure 2. The number of reported natural disasters in South Korea, 1990-2014 (left)  
The total amount of estimated economic damage in South Korea, 1990-2014 (right)

태풍 매미로 인해 발생한 피해액이 다른 해에 비해 큰 것이 특징이다. 그 밖의 경우 연도 간 피해액 간에는 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

## 2. 자연재해와 지방자치단체의 역할

자연재해의 지역적 특성을 고려해 볼 때 지방자치단체의 역할이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다(Koh, *et al.*, 2010). 이는 지방자치단체가 해당지역에서 발생하는 자연재해로부터 국민을 보호해야 할 책무를 지닐 뿐 아니라, 자연재해의 예방 및 복구를 담당하는 실질적인 주체이기 때문이다(Kwon, 2012). 자연재해는 자연현상이며, 인위적으로 이를 통제하기 어려운 불가항력적인 요소를 지니고 있다. 이러한 불확실성으로 인해 대부분의 지방자치단체는 자연재해를 사전에 예방하는 것보다 발생 이후 복구 과정에 대한 더 많은 관심을 기울여 왔다(Lee, 2002). 그러나 자연재해를 사전에 예방하는 것은 이를 복구하는 것보다 효율적인 대안이 될 수 있다는 점에서(Choi, 2011: 272), 사전에 예방하기 위한 방안들이 마련되어야 할 필요성이 제기된다.

「자연재해대책법(법률 제12942호)」에서는 지방자치단체가 자연재해의 예방 및 대비를 위해 다음과 같은 수단들을 활용할 수 있음을 명시하고 있다. 첫째, 사전재해영향성 검토협의를(제4조)이다. 사전재해영향성 검토협의를 “시·도지사, 시장·군수·구청장이 자연재해에 영향을 미치는 행정계획을 수립·확정(지역·지구·단지 등의 지정도 포함)하거나 개발사업의 허가 등

(인가·승인·면허·결정·지정도 포함)을 하려는 경우, 중앙재난안전대책 본부의 본부장 또는 기본법 제16조에 따른 지역재난안전대책본부의 본부장과 재해영향의 검토에 관한 사전협의”를 실시하는 것을 의미한다. 우리나라의 자연재해 발생은 기후 변화 뿐만 아니라 도시화 및 산업화의 원인도 고려할 수 있는데, 사전재해영향성 검토협의를는 각종 개발 사업으로 인해 발생할 수 있는 재해요인들을 사전에 점검함으로써 재해 발생을 최소화 할 수 있다(Roh, 2006: 52).

둘째, 풍수해저감종합계획이다(제16조). 풍수해저감종합계획은 “풍수해의 예방 및 저감을 위하여 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사 및 시장·군수가 지역안전도에 대한 진단 등을 거쳐 5년마다 수립하는 종합계획”을 말한다. 본 계획은 해당 지방자치단체의 기초조사(지역 및 풍수해 현황과 특성)를 바탕으로, 풍수해의 우선순위·수계별·단위지구별 등의 위험도를 분석하고 이에 따른 저감대책을 수립하는 과정을 거치게 된다(Park, 2006).

풍수해저감종합계획 수립 시에는 해당 지역의 물리적 환경을 고려하는 것이 중요하다. 이는 풍수해 발생 시 해당 지역에 위험요인으로 작용할 수 있는 환경들이 존재하기 때문이다. 따라서 지역 단위에서 발생할 수 있는 피해를 최소화하기 위해서는 풍수해의 예측과 동시에 풍수해의 취약성에 노출된 환경을 관리해야 할 필요성이 제기된다. 자연재해가 지역단위에서 구체화 된다는 점을 고려할 때, 지방자치단체의 효과적인 자연재

해 대응을 위해서는 지방자치단체가 당면한 자연재해 피해의 특성들을 먼저 이해하고 이를 구축하는 것이 중요하다.

셋째, 각종 재해지도의 제작·활용(제21조) 및 재해정보체계의 구축(제34조)이다. 각종 재해지도와 재해현황을 기록한 정보들은 향후 발생할 자연재해를 예측하고 대비하는 데 있어 중요한 기초자료로 활용될 수 있다. 특히, 풍수해저감 계획의 수립과정에서 해당 지자체에서 발생하는 풍수해의 특성을 파악하는 것은 저감계획 수립의 첫 단계이자 향후 저감계획의 방향을 결정하는 데 기여할 수 있다.

재해지도의 제작 및 활용과 관련하여 지방자치단체장은 “하천 범람 등 자연재해를 경감하고 신속한 주민 대피 등의 조치를 하기 위하여 대통령령으로 정하는 재해 지도를 제작·활용해야 하며(제21조 제1항)<sup>5)</sup>, “침수 피해가 발생하였을 때에는 침수, 범람, 그 밖의 피해 흔적(이하 “침수흔적”)을 조사하여 침수흔적도를 작성·보존하고 현장에 침수흔적도를 표시·관리”해야 한다(제2항). 따라서 재해지도를 작성·활용하는 것은 향후 발생할 수 있는 자연재해 피해를 최소화하는 데 기여할 것으로 판단된다.

재해정보의 수집 및 체계 구축의 경우, 지방자치단체장은 “총리령으로 정하는 일정 규모 이상의 자연재해가 발생하였을 때에는 재해 발생 현황, 예방 및 대처 사항, 응급조치 등 재해 상황에 대한 상세한 기록을 작성하여 보존”해야 하며(제 21조의 2)<sup>6)</sup>. 자연재해의 예방·대비·대응·복구 등에 필요한 재해정보를 체계적으로 관리해야 할 뿐만 아니라, 이와 관련된 이용 체계를 구축 운영하여야 한다(제34조).

이밖에 지방자치단체는 자연재해가 발생될 것으로 예측되거나 발생했을 때를 대비하여 신속한 지원체계를

를 가동하는 지역긴급지원체계를 구축(제36조)해야 한다. 재해가 발생하였을 경우에는 ‘지구단위 종합복구계획’을 수립하여(제 46조 제1항), 중앙대책 본부장에게 제출하고 제출된 계획안은 중앙재난안전 대책본부회의의 심의를 거쳐 최종적으로 확정될 경우 지방자치단체의 장에게 통보하게 된다(제2항). 이를 통보받은 지방자치단체장은 재해복구에 필요한 경비를 계상(計上)하고 복구사업을 실시하게 된다(제3항)<sup>7)</sup>. 만약, 복구사업의 성격이 대규모이거나 전문성·기술력이 요구되는 경우에는 국민안전처장관 또는 관계 중앙행정기관의 장이 직접 시행할 수도 있다(제49조의 2). 또한 신속한 복구사업이 요구되는 경우 지방자치단체 장은 공사의 설계서, 시공에 필요한 도면·서류 등을 입찰서와 함께 받는 ‘일괄입찰방식’으로 발주·계약을 시행하거나(제 50조), 복구비를 선지급(제51조) 하는 등의 방식을 취할 수 있다.

### 3. 자연재해와 공간분석에 관한 선행연구의 검토

최근 컴퓨터 기능의 향상과 함께 GIS 분석기법이 발달함에 따라 자연재해의 발생 과 피해를 분석·예측하기 위한 다수의 연구들이 진행되어 왔다. 선행연구의 검토 결과, 분석된 자연재해의 유형으로는 가뭄(Yoo, *et. al.*, 2010), 대설(Kim, *et. al.*, 2011; Kim *et. al.*, 2013a), 산사태(Jo & Jo, 2009), 태풍(Lee & Chang, 2009; Lee & Kim, 2014), 호우(Bae, 2007; Kim, *et. al.*, 2012; Kim, *et. al.*, 2013b), 홍수(Lee, 2012; Kim, *et. al.*, 2012)등이 존재하며, 이밖에 다수의 자연재해(호우, 호우·강풍, 태풍, 폭풍, 대설)를 동시에 분석한 연구(Lee & Lee, 2008)도 소수 존재하였다. 그러나 대부분 대부분의 선행연구들은 특정 유형의 자연재해를 중심으로 하는 공간분석 연구가 주를 이루

5) 대통령령(자연재해대책법 시행령 제26686호)으로 정하는 재해지도의 종류는 침수흔적도(태풍·호우·해일 등으로 인한 침수), 침수예상도(강우 및 태풍, 호우, 해일 등에 의한 침수범위를 예측), 재해정보지도가 존재한다. 재해정보지도는 침수흔적도와 침수예상도 등을 바탕으로 재해 발생 시 대피 요령, 대피소 및 대피 경로 등의 정보를 표시한 지도로서 ①피난활용형 재해정보지도 ②방재정보형 재해정보지도 ③방재교육형 재해정보지도가 이에 해당된다(자연재해대책법 시행령 제18조).

6) 「재난구호 및 재난복구 비용 부담기준 등에 관한 규정」 제5조에 따라 국고의 부담 및 지원 대상이 되는 자연재해를 말한다.

7) 재난복구와 관련된 지방자치단체의 비용부담은 「재난구호 및 재난복구 비용 부담기준 등에 관한 규정」 제8조를 참조.

고 있었다.

분석의 대상이 되는 공간의 경우 특정지역과 하천 및 강을 중심으로 분석한 연구들이 다수 존재하는 것으로 나타났다. 분석지역으로는 강원도(Lee & Lee, 2008), 강원도 인제군(Bae, 2007), 경상북도 울진군(Jo & Jo, 2009)등 이 존재하였으며, 하천 및 강의 경우 낙동강 유역(Kim, *et. al.*, 2012), 전주천 지방하천 일부구간(Lee, 2012), 문산천 유역(Kim, *et. al.*, 2005)이 분석 대상으로 선정되었다. 이밖에 동해안 지역 일대를 분석 지역으로 설정한 연구(Lee & Kim, 2014)도 존재했다.

이상과 같이 자연재해와 공간분석을 실시한 선행연구를 검토한 결과, 우리나라 전역을 대상으로 발생한 자연재해의 분포와 이에 대한 공간적 특성에 대한 연구는 매우 부족하며 대부분의 연구가 지역 혹은 자연재해의 한 유형에 따른 연구에 국한된다는 것을 확인할 수 있었다. “모든 것은 다른 모든 것과 연관성이 있지만, 특히 가까운 것들은 멀리 떨어져 있는 것들보다 더 큰 연관성을 갖는다”는 토블러의 지리학 제1법칙(Tobler’s first law of geography)에서처럼 자연재해의 피해는 특정한 지역에 집중적으로 발생하거나 이들 간에 공간적인 상관성 또는 패턴이 존재할 수 있다(Tobler, 1970: 236). 특히, 우리나라에서 발생하는 자연재해가 점차 국지적인 지역에 집중적으로 발생하고 있다는 점을 고려할 때, 자연재해의 공간적인 분포 또는 패턴을 분석하는 것은 자연재해 예방에 대한 시사점을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 점에서 본 연구는 2006년부터 2014년까지 우리나라의 226곳의 기초자치단체를 대상으로 대설, 호우, 강풍, 풍랑, 태풍 등 다섯 가지 대표적 자연재해 발생에 대한 탐색적 공간분석을 실시하였다. 이를 통해 어느 지역에서 어떤 자연재해 피해가 심각하게 나타나고 있는지, 지역 간 자연재해 피해의 차이는 어느 정도 인지, 자연재해 피해의 공간적인 군집은 어떻게 나타나고 있는지 등을 확인함으로써 자연재난 관리에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

### III. 연구설계

#### 1. 분석 방법

본 연구의 목적은 전국 226곳의 기초지방자치단체에서 발생한 자연재해 유형별, 총피해의 공간적 분포와 특성을 탐색적으로 분석하는데 있다. 따라서 본 연구는 2006년부터 2014년을 분석시기로 설정하여, 자연재해 피해의 공간적 분포 분석 및 핫스팟 분석(Hot Spot Analysis)을 수행하였다. 또한 상기 분석을 수행하기 위해 Geoda 1.6.0, Qgis 2.10.1, Arcgis 9.3 프로그램을 활용하였다.

먼저, 자연재해의 피해규모에 대한 지역 간 공간적 분포패턴을 확인하기 위해 Jenks(1967)의 네츄럴 브레이크(Natural Breaks) 등간격을 활용한 자연재해 피해 지도를 작성하였다. 네츄럴 브레이크 등간격은 간격 내 분산을 최소화 하고 간격 간 분산을 최대화하여 군집 패턴을 분류하는 방식이다(Jenks, 1967; Jenks & Caspell, 1971). 이러한 방식은 분석하고자 하는 대상의 자료 값이 고르게 분포되어 있지 않을 경우에 간격들 간에 식별을 용이하게 할 수 있다는 장점이 존재한다. 본 연구의 경우에서도 자연재해 피해규모에 대한 지역 간 편차가 크게 존재하고, 특정 지역에 군집되어 나타나고 있어 본 분류방법을 이용하는 것이 타당하다고 판단되었다. 한편, 공간적 자기상관성과 핫스팟을 분석하기 위해 모란지수(Moran’s I)와 Getis-Ord’s  $G_i^*$ 를 활용하였다(Moran, 1948; Getis & Ord, 1992; Ord & Getis, 1995). 모란지수(Moran’s I)는 전역적(Global) 공간에 대한 자기상관성을 확인하는 대표적인 방법으로 널리 활용되고 있으며(Kwon & Kim, 2012), 특정 사건(단일 변수)에 대한 지역적 분포패턴이 무작위(Random) 또는 군집(Clusters)되어 있는지를 분석하는 데 유용하다. 모란지수는 다음 식1을 통해 산출할 수 있다.

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right) \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right)} \quad \dots(\text{식1})$$

$n$ : 전체 지역수,  $x_i, x_j$ : 지역  $i, j$ 의 피해액,  
 $\bar{x}$ : 평균 피해액,  
 $w_{ij}$ : 공간가중행렬(Spatial Weight Matrix)

그러나 모란지수는 유사한 값들에 대한 공간적 상관도를 측정하기 때문에, 전역적인 공간의 자기상관성이 발견되거나 또는 발견되지 않더라도 국지적(Local)으로는 유의미한 자기상관성이 나타날 수 있다. 따라서, 이러한 국지적 자기상관성을 분석하기 위해 Getis-Ord's  $G_i^*$ 를 활용하였다. 핫스팟을 분석하는 기준과 기법들은 다양하게 존재하는데, Getis-Ord's  $G_i^*$ 는 특정 공간과 이를 둘러싼 주변 공간이 갖는 특정 값이 전체에서 차지하는 비중을 Z 통계치 값으로 산출하여 그 유의성을 검증해 핫스팟과 콜드스팟을 구분할 수 있다. 따라서, Getis-Ord's  $G_i^*$ 는 통계적으로 산출된 값에 기반하여 직관적인 지역 군집을 확인할 수 있는 장점이 존재한다(Kim, 2010; Kim, 2014).

Getis-Ord's  $G_i^*$  값을 산출하는 방식은 다음 식(2)과 같다. 상기 식을 통해 산출된  $G_i^*$  값이 통계적으로 유의미한 양의 값을 가지는 경우에는 해당 지역과 인접지역이 모두 높은 속성 값을 갖는 공간적 군집 즉, 핫스팟을 의미한다. 반대로 유의미한 음의 값을 가질 경우에는 해당 지역과 인접지역이 낮은 값의 공간적 군집을 이루는 콜드스팟에 해당이 된다.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1} w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1} w_{ij}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1} w_{ij}^2 - (\sum_{j=1} w_{ij})^2}{n-1}}} \quad \dots(식2)$$

$n$ : 전체 지역수,  $x_j$ : j 지역의 피해액,  
 $\bar{x}$ : 평균 피해액,  $s$ : 표준편차  
 $w_{ij}$ : 공간가중행렬(Spatial Weight Matrix)

한편 공간적 자기상관성을 분석하기 위해서는 특정 지역과 인접지역간의 지역적 관계를 정의하는 공간가중행렬(Spatial Weight Matrix)을 정의하는 것이 필요한데, 본 연구에서는 지방자치단체의 행정구역이 인접한 경우로 정의하였다. 인접성을 기준으로 공간가중행렬을 정의하는 데에는 다음 <Figure 3>과 같이 Queen과 Rook방식을 활용할 수 있다. 만약 특정지역  $i$ 가 인접지역  $j$ 간에 인접한 경우 공간가중행렬의  $i$ 행  $j$ 열에 1의 값을 부여하며, 인접하지 않았을 경우 0의 값을 부여하게 된다. 본 연구에서는 Queen 방식을 활용하였다.

1	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0

Queen                      Rook

Figure 3. The definition of spatial weight matrix

## 2. 자료 수집 및 측정

본 연구를 수행하기 위해 소방방재청·중앙재난안전대책본부에서 제공하는 재해연보(2006-2013)와 국민안전처에서 제공하는 재해연보(2014)를 활용하였다. 본 연구의 분석대상인 자연재해 피해의 경우 대설, 호우, 강풍, 풍랑, 태풍에 의한 피해를 대상으로 선정하였다. 자연재해에 따른 피해를 측정하기 위해 매해 기초자치단체에서 발생한 총 피해액과 해당 유형별 피해액을 합산 후 분석기간으로 나는 평균값을 산출하였으며, 단위는 천원이다. 한편 재해연보에서 해당 기초지방자치단체의 총 피해액과 유형별 피해액의 결측값이 존재함을 확인하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 해당지역의 값 대신 인접지역의 평균값을 활용하였다<sup>8)</sup>.

8) 결측값을 제거하게 될 경우 해당 지역의 공간적 자기상관성이 과소·과대 추정될 수 있어 인접지역의 평균값을 이용하는 것이 타당하다고 판단되었다. 평균값을 이용한 기초지방자치단체는 대구광역시 동구·중구, 인천광역시 중구·부평구, 울산광역시 울주군, 충청북도 청주시·충주시, 괴산군·음성군, 충청남도 서천군·홍성군·태안군, 경상북도 경주시, 경상남도 거제시·양산시·창원시 등이다.

#### IV. 자연재해의 탐색적 공간분석

##### 1. 자연재해의 공간적 분포 및 특성

다음 <Figure 4>는 2006년부터 2014년까지 발생한 자연재해의 공간적 분포와 특성 나타낸다. 먼저 자연재해로 인한 총 피해의 경우 강원도가 가장 심각한 피해를 입고 있는 지역으로 나타났다. 특히, 강원도 평창군·인제군은 분석기간 동안 가장 많은 자연재해 피해를 입는 지역으로 확인되었다. 한편, 서울특별시·대구광역시·대전광역시·울산광역시·인천광역시·충청북도를 제외한 지역에서 자연재해에 의한 피해가 고르게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 대설에 의한 피해의 경우 주로 해안지역에서 강한 피해가 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 대설로 인해 가장 심각한 피해를 입는

지역은 강원도 강릉시였으며, 이밖에 강원도 삼척시, 경상북도 울진군·포항시, 전라남도 영암군에서도 대설로 인한 피해가 많이 발생하였다.

호우에 의한 피해의 경우 경기·강원도 일대와 경상남도 일대에서 피해가 발생하고 있는 것이 특징이다. 구체적으로, 강원도 평창군은 호우로 인한 피해가 가장 심각한 지역으로 나타났으며, 강원도 양양군·인제군·춘천시·홍천군, 경기도 광주시·여주시·연천군·포천시, 경상남도 밀양시·진주시·하동군 등도 호우로 인한 피해가 심각한 지역들이다. 강풍에 의한 피해의 경우 서남부 지역 일대에 집중적으로 피해가 발생하고 있는 것을 확인할 수 있다.

강풍으로 인한 피해가 가장 심각한 지역은 경상남도 하동군이며, 이밖에 경상남도 산청군, 경상북도 상주

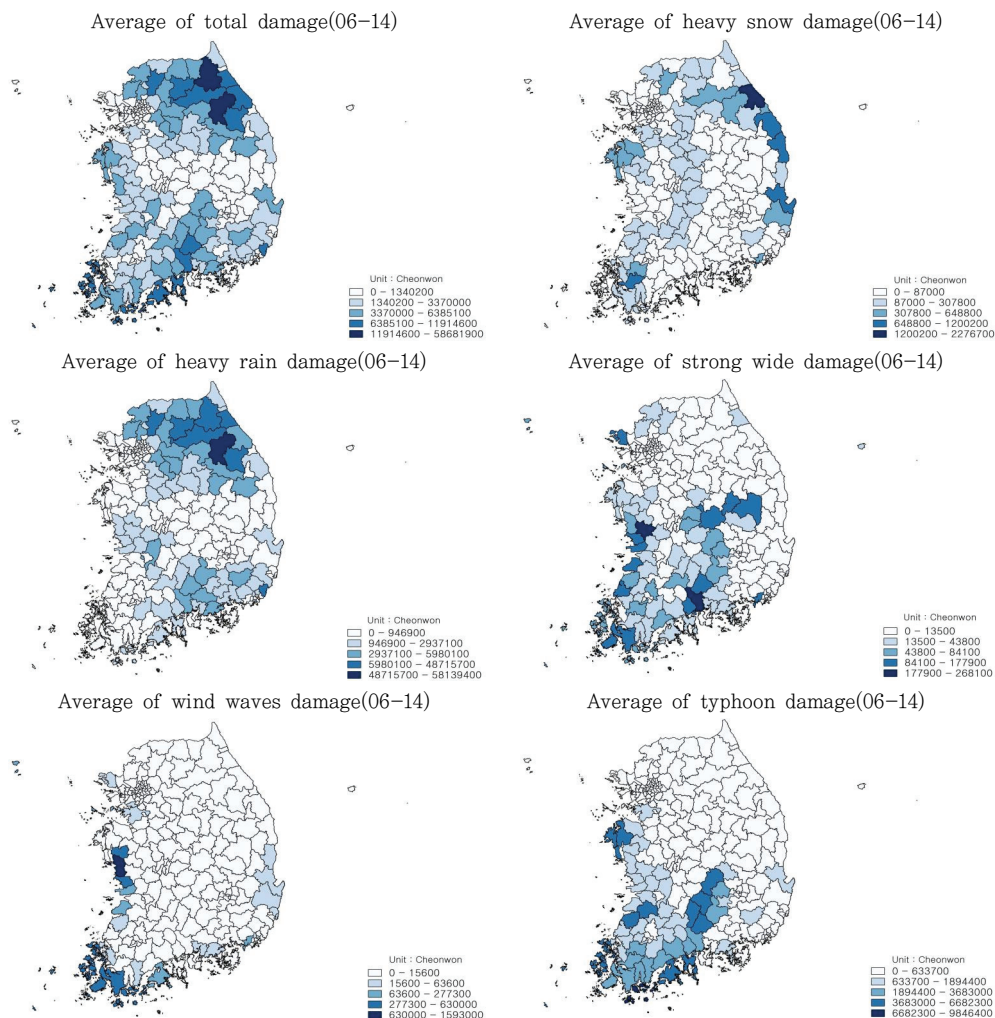


Figure 4. Spatial distribution of natural disasters damage and characteristics

시·예천군·안동시, 인천광역시 강화군, 전라남도 광양시·영광군·진도군·해남군, 전라북도 군산시·부안군, 충청남도 부여군등도 주요 피해지역으로 나타났다. 풍랑에 의한 피해의 경우 충청남도 보령시가 가장 큰 피해를 입고 있는 지역으로 나타났으며, 전라남도 신안군·완도군·진도군·해남군 등에서도 풍랑에 의한 피해가 크게 나타났다. 태풍의 경우에는 전라남도 완도군이 가장 큰 피해를 입고 있는 지역이며, 이밖에 경상남도 거창군·산청군·함양군, 경상북도 김천시, 전라남도 고흥군·신안군·여수시, 전라북도 고창군·정읍시, 충청남도 서산시 등에서 피해가 심각한 것으로 나타났다.

## 2. 공간적 자기상관성 분석

본 연구에서는 공간적 자기상관성을 분석하기 위해 전역적 모란지수와 Getis-Ord's  $G_i^*$  값을 활용하였다. 전역적 모란지수의 경우 -1부터 1의 값을 취할 수 있는데, 0에 가까울수록 공간적 자기상관성이 없으며, 1에 가까울수록 자연재해 피해에 대한 공간적 자기상관성 존재함을 의미한다. 반면, -1에 가까울수록 음의 공간적 자기상관성을 가진다. 다음 <Figure 5>은 전국 지방자치단체에 발생한 자연재해 피해의 공간적 자기상관성 분석결과를 나타낸다. 자연재해 피해에 대한 전역적 모란지수의 값을 산출한 결과, 모든 유형에서 유의수준 0.01에서 통계적으로 유의미한 공간적 자기상관성을 확인할 수 있었다.

태풍피해의 전역적 모란지수는 0.4293으로 높은 공간적 자기상관성을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 이 밖에 대설(0.2824), 강풍(0.2412), 호우(0.2084), 풍랑(0.1766)순으로 공간적 자기상관성이 존재하였다. 한편, 자연재해의 총 피해에 대한 모란지수는 0.2151로 나타났다. Getis-Ord  $G_i^*$  값의 경우 유의수준(P-value)과 표준점수(Z-score)를 활용해 핫스팟과 콜드스팟을 분류하게 된다. 분석결과 기상재해피해에 대한 핫스팟은 총피해 15곳, 대설피해 21곳, 호우피해 14곳, 강풍피해 29곳, 풍랑피해 8곳, 태풍피해 36곳이 발견되었다. 한편, 콜드스팟은 발견되지 않았다. 자연재해에 대한

핫스팟의 특징은 다음과 같다.

첫째, 대설피해의 경우 강원도 7곳, 전라남도 6곳, 경상북도 5곳, 충청남도 3곳에서 핫스팟이 발견되었다. 이러한 핫스팟 지역은 주로 동해안지역과 서해안 및 남해안 일부지역을 중심으로 분포를 이루고 있는 것이 특징이다.

둘째, 호우피해의 경우에는 강원도 13곳에서 핫스팟이 발견되었다. 이는 강원도가 호우에 의한 집중적인 피해지역임을 의미한다. 2000년대에 들어서 강원도 산지지역에서 강수량과 강수강도는 증가하고 있는 추세에 있으며, 이로 인해 강원도 산지지역은 호우에 의한 재해피해가 빈번하게 발생하고 있는 지역이다(Lee & Lee, 2008).

셋째, 강풍에 의한 피해의 경우 전라남도 8곳, 경상남도 7곳, 전라북도 6곳, 충청남도 4곳, 경상북도 3곳, 인천 1곳에서 핫스팟이 발견되었다. 강풍에 의한 핫스팟의 경우 태풍에 의한 핫스팟 패턴과 유사한 형태로 나타나고 있는 것이 특징이다. 강풍과 태풍 핫스팟이 공통적으로 발견된 지방자치단체로는 경상남도 거창군·산청군·함양군·합천군, 전라남도 광양시·구례군·영광군·장성군·진도군·해남군, 전라북도 고창군·김제시·남원시·부안군이였다.

한편, 태풍에 의한 피해의 경우 총 36곳의 핫스팟이 도출되었는데, 이는 다른 유형의 자연재해에 비해 많은 핫스팟 지역이 도출된 것이 특징이다. 그중에서도 특히 전라남도는 총 17곳의 핫스팟 지역이 존재하는 것으로 나타나, 태풍 피해의 공간적 군집이 높은 지역이다. 이 밖에 전라북도 8곳, 경상남도 5곳, 충청남도 4곳, 경상북도 2곳에서 핫스팟이 발견되었다. 이를 종합하면 태풍에 의한 피해의 핫스팟은 주로 호남지방에 집중되어 있는 것이 특징이라고 할 수 있다.

넷째, 풍랑피해의 경우에는 다른 유형의 자연재해에 비해 적은 핫스팟이 발견된 것이 특징이다. 이는 풍랑에 의한 피해의 경우 지역적 군집이 매우 한정적인 지역에서 나타나고 있음을 의미한다. 풍랑에 의한 핫스팟은 충청남도 5곳, 전라남도 3곳에서 핫스팟이 발견되었는

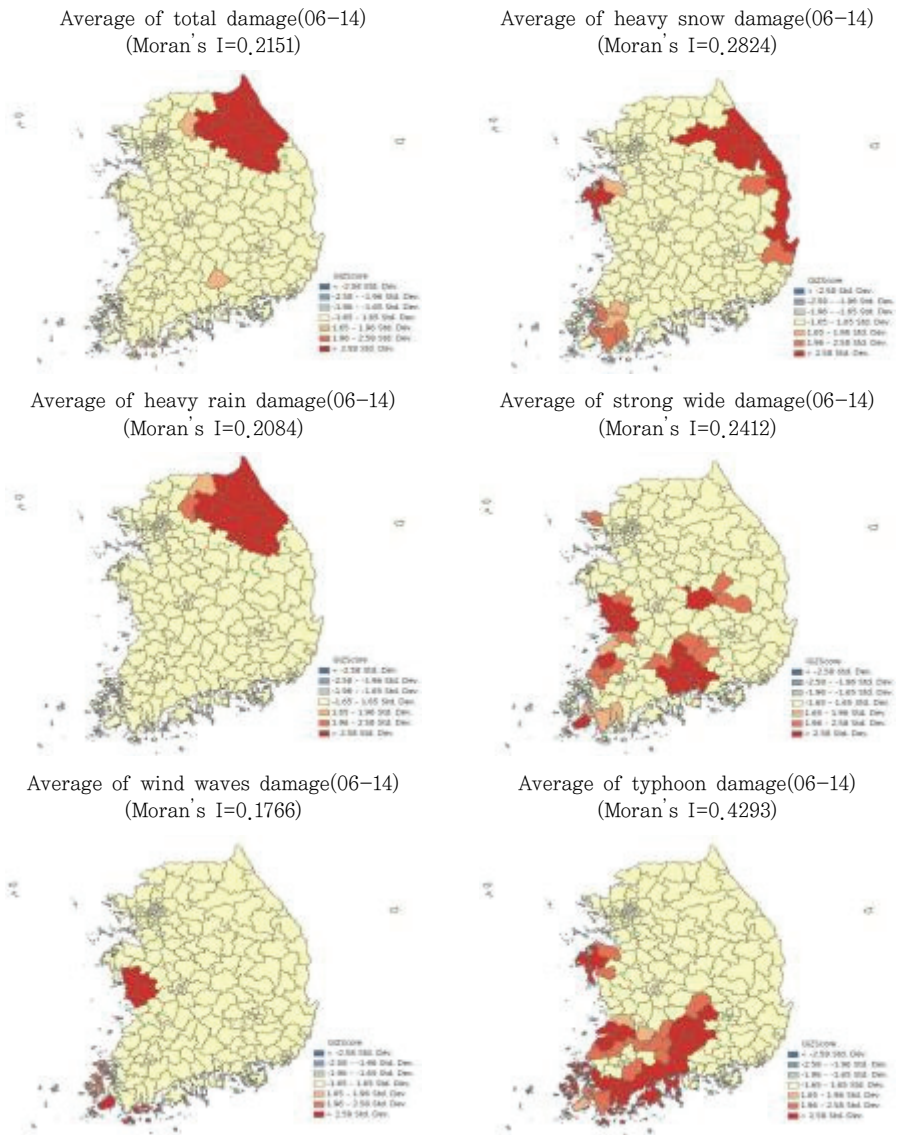


Figure 5. The results of spatial auto-correlation and hot spot analysis

데, 풍랑이라는 재해의 성격상 피해지역은 해안가에 위치하고 있는 자치단체로 국한되고 있기 때문이다.

한편, 풍랑피해의 핫스팟 또한 강풍·태풍의 핫스팟과 유사한 형태로 나타나고 있어, 이들 간의 비교분석을 실시하였다. 먼저, 풍랑·강풍의 유형에서 핫스팟이 모두 발견된 지방자치단체는 전라남도 진도군, 충청남도 보령시·부여군·서천군·청양군이었으며, 풍랑·태풍의 유형에서 모두 핫스팟이 발견된 지방자치단체는 전라남도 신안군·완도군·진도군, 충청남도 홍성군으로 나타났다.

다섯째, 모든 유형의 자연재해를 포괄하는 총 자연재

해 피해의 경우 총 15곳의 핫스팟이 발견되었는데 이중 강원도에서 12곳의 핫스팟이 위치하고 있어 자연재해에 의한 피해가 강원도에 집중되고 있는 것으로 나타났다. 한편, 총 자연재해피해의 핫스팟과 호우에 의한 피해의 핫스팟이 유사한 형태로 나타나고 있는데, 이러한 결과는 총피해에 있어 호우가 차지하는 비중이 크기 때문으로 판단된다. 본 연구에서 총피해의 경우 다섯 가지 유형의 자연재해 피해 값을 합하여 이용하고 있는데, 이런 경우 특정 유형의 재해 값이 차지하는 비중이 커질수록 유사한 형태의 핫스팟 분포를 나타낼 수 있기 때문이다.

## V. 결론

기후변화의 영향으로 발생하는 자연재해의 대응에 있어 지방자치단체의 역할은 무엇보다 중요하다(Haddow, 2008). 이러한 점에서 본 연구는 2006년부터 2014년까지 전국 226곳의 지방자치단체에서 발생한 자연재해를 중심으로 한 탐색적 공간 분석을 통해 지방자치단체의 자연재해 대응에 대한 기초자료로서 함의를 제공하고자 하였다. 이를 위해 지방자치단체에서 발생한 자연재해의 공간적 분포와 자기상관성을 분석하였으며, 그 결과 자연재해의 유형에 따라 상이한 공간적 패턴과 핫스팟이 도출됨을 확인하였다. 이를 통한 정책적 함의는 다음과 같다.

첫째, 각 자연재해 유형에 따라 피해지역이 매우 상이한 패턴으로 나타나고 있다. 따라서 일률적인 대응계획보다는 각 지역별 자연재해 발생 여건에 따른 맞춤형 대응계획이 수립되어야 하고, 관련 예산도 그에 따라 상이하게 편성되어야 한다. 특히 강원도에서 가장 큰 피해가 발생하고 있으므로 이에 대한 대비가 가장 철저해야 하며, 동시에 국가차원에서 피해유형에 따른 선별적 지원의 필요성도 존재하는 것으로 보인다.

둘째, 강원도 지역의 경우 대설, 호우에 의한 피해의 공간적 군집이 집중적으로 나타났다. 따라서 강원도 지역의 경우 호우와 대설에 대한 대비가 특히 중요하다. 또한, 호우에 의한 피해의 핫스팟이 총 피해의 핫스팟과 유사한 공간적 군집을 이루고 있는데, 이는 호우에 의한 피해가 매우 심각하다는 것을 의미한다. 따라서 강원도의 경우 대설, 호우에 의한 자연재해피해를 중점적으로 대비하되, 그 중 호우에 의한 피해예방에 우선적으로 주력하는 것이 효과성 측면에서 바람직할 것으로 판단된다.

셋째, 해안가에 위치한 지방자치단체의 경우 대설, 강풍, 풍랑, 태풍에 의한 피해의 대비가 필요하다. 그러나 강풍·풍랑·태풍에 의한 자연재해의 경우 유사한 형태의 공간적 군집을 이루고 있어 특정 지방자치단체

의 경우 바람에 의한 자연재해 피해가 중첩적으로 나타날 수 있다. 특히, 강풍·태풍, 강풍·풍랑, 풍랑·태풍에 의한 피해의 핫스팟이 유사하게 나타나는 지방자치단체들이 다수 존재하고 있어, 바람에 대한 대비에 집중함으로써 관련 피해를 줄일 수 있을 것으로 보인다.

본 논문은 우리나라의 지방자치단체별로 발생한 자연재해피해를 유형에 따라 어떠한 공간적 분포 나타나고 있는지를 종합적으로 연구하였다는 의의를 지닌다. 하지만 현실적으로 자연재해의 피해 규모는 해당 지자체의 지역적 특성, 자연재해관리 역량, 자연재해의 규모 등에 의해 결정된다는 점을 고려할 필요가 있다. 그러나 본 연구에서는 이를 반영하지 못하고 있기 때문에 향후 연구에 있어서는 해당 특성들이 자연재해피해규모에 미치는 영향을 파악함과 동시에, 이를 반영한 자연재해의 공간적 특성들을 규명할 필요가 존재한다. 한편, 본 연구에서는 자연재해의 피해를 측정하는데 있어 피해금액을 활용하는 대신, 인명피해 등 다양한 피해요소를 반영하지 못했다. 이밖에 분석대상의 결측값이 존재하는 경우에는 인접지역의 평균값을 이용하였다는 데이터 상 한계도 존재한다.

그럼에도 불구하고, 각 지자체별로 가장 우선적으로 대비해야 할 재난유형이 무엇인지를 규명함으로써 예산 활용의 효율화를 위한 우선순위 결정의 기초자료를 제공하였다는 점에서 정책적 함의를 지닌다. 후속연구에서는 자연재해 피해를 측정하는 지표의 정교화와 함께, 지방자치단체의 자연재해 피해 규모를 결정짓는 요인이 무엇인지를 심층적으로 분석하는 연구가 진행되어야 될 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2014학년도 연세대학교 연세대-서울대 협력연구 프로그램의 지원에 의하여 이루어진 것임.

## References

- Adger, W Neil. and Nick. Brooks. 2003. Does Global Environmental Change cause Vulnerability to Disaster?. Mark Pelling. (eds). *Natural Disaster and Development in a Globalizing World*. Routledge London. 19-43.
- Bae, Sun Hak. 2007. Cause Analysis of 2006 Concentrated Heavy Rain Which Occured in InJe-Gun. *Journal of The Korean Association of Regional Geographers*. 13(4): 396-408.
- Choi, Choong Ik. 2008. *Urbanization and Natural Disasters*. Seoul: BooYeon Press.
- \_\_\_\_\_. 2011. Implications of the Decision-Making Process for Adapting to Climate Change in Local Government. *Korean Public Administration Review*. 45(1): 257-274.
- Getis, Arthur. and J Keith. Ord. 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*. 24(3): 189-206.
- Haddow, Kim. 2008. The Case for Adaptation(Risk Reduction). Haddow, George. Jane A. Bullock. and Kim. Haddow. (eds). *Global Warming, Natural Hazards, and Emergency Management*. CRC Press. 1-19.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation & Vulnerability, Contribution of Working Group II to Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. UK: Cambridge University Press.
- Jenks, George F. 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*. 7(1): 186-190.
- Jenks, George F. and Fred C. Caspall. 1971. Error on Choroplethic Maps: Definition, Measurement, Reduction. *Annals of the Association of American Geographers*. 61(2): 217-244.
- Jo, Myung Hee and Yun Won Jo. 2009. Developing Forecast Technique of Landslide Hazard Area by Integrating Meteorological Observation Data and Topographical Data: A Case Study of Uljin Area-. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 12(2): 1-10.
- Kim, Gi Hong., et. al. 2013a. Analysis on Disaster Map of Heavy Snow Using GIS. *Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Spring Symposium, 2013*. 323-324.
- Kim, Gi Hong., et. al. 2013b. The Characterization of the Heavy Rains that occur in our Country using GIS. *The Korean Society For Geospatial Information System Spring Symposium, 2013*. 109-110.
- Kim, Hwan Suk., et. al. 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.
- Kim, Hyeon Uk., et. al. 2011. The Visualization Method for Natural Disasters Data Using GIS: The Case of Heavy Snow. *Proceedings of the Autumn Meeting of KMS, 2011*. 246-247.
- Kim, Hyeon Uk., et. al. 2012. Analysis on Regional Characteristics of 2011 Heavy Rain Using GIS. *Proceedings of the Autumn Meeting of KMS, 2012*. 442-443.
- Kim, Kam Young. 2010. Exploratory Spatial Data Analysis(ESDA) for Age-Specific Migration Characteristics: A Case Study on Daegu Metropolitan City. *Journal of The Korean Association of Regional Geographers*. 16(5): 590-609.
- Kim, Myung Jin. 2014. Spatial Agglomeration Pattern Analysis Using Getis-Ord's  $G_i^*$  and FLQ: In Case of Knowledge-based Industries in Gyeonggi Province. *Journal of the Korean Cartographic Association*. 14(1): 107-123.
- Kim, Souk Gyu., et. al. 2005. Cartography of Disaster Using GIS. *Journal of the Korean Cadastre Information Association*. 7(2): 13-24.
- Kim, Tae Ryong and Chan Su Ryu. 2008. Global Warming and The Characteristics of Regional Temperature Change in South Korea. *Proceedings of the AUTUMN Meeting of KMS, 2008*. 206-207.
- Koh, Jae Kyoung., et. al. 2010. A Study on Adapting to Climate Change in Local Governments -Focusing on Natural Disasters-. *Journal of the Korean Regional Development Association*. 22(1): 67-86.
- Kwon, Gun Ju. 2012. Analysis on the Disaster Management System Status of Local Governments and Improvement -Approach Focusing on Cities, Provinces and Boroughs-. *Crisisonomy*. 8(5): 15-32.
- Kwon, Won Tae. 2005. Current Status and Perspectives of Climate Change Sciences. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. 41(2-1): 325-336.

- Kwon, Young Hyun and Eui June Kim. 2012. Analysis of Determinants of Economic Growth of Local Tourism Industry in Korea. *Korea Journal of Tourism and Hospitality Research*. 26(1): 25-40.
- Lee, Jae Eun. 2002. A Comparative Study of Natural Disaster Management Policy and Man-made Disaster Management Policy: Measuring Priorities Using the Analytic Hierarchy Process. *Korean Public Administration Review*. 36(2): 165-185.
- Lee, Kwen Sang. 2012. The Evaluation of Flood Risk Area of Jeonju River using GIS and Cadastral Map. *Journal of the Korean Cadastre Information Association*. 14(2): 1-14.
- Lee, Seung Ho and Kyoung Mi Lee. 2008. The Distribution of Natural Disaster in Mountainous Region of Gangwon-do. *Journal of the Korean Geographical Society*. 43(6): 843-857.
- Lee, Sung. Su and Eun Mi Chang. 2009. Application of GIS to Typhoon Risk Assessment. *The Journal of GIS Association of Korea*. 17(2): 243-249.
- Lee, Sung Su and Ga Young Kim. 2014. Spatial Analysis of Typhoon Genesis Distribution based on IPCC AR5 RCP 8.5 Scenario. *Journal of Korea Spatial Information Society*. 22(4): 49-58.
- Lee, Won. Hee. 2014. Current Status and Improvement for Disasters and Safety Management System. *The 1st Forum on Natural Disasters and Safety*.
- Moon, Seung Min and Tae Joon Lah. 2015. Adoption of the Low Carbon Green Growth Policy in Korean Local Governments: Diffusion and Network Perspectives. *The Korea Association for Policy Studies*. 24(2): 235-262.
- Moran, Patrick A P. 1948. The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 10(2): 243-251.
- Ord, J Keith. and Author. Getis. 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical analysis*. 27(4): 286-306.
- Park, Sang Guk. 2006. A Study on Establishing Comprehensive Plan for Storm and Flood Damage Reduction. *Urban Problem*. 41(453): 45-56.
- Roh, Seob. 2006. Analysis on Preliminary Disaster Inspection and Consultation System. *Proceedings of Crisisonomy Conference*. 52-69.
- Tobler, Waldo R. 1970. A Computer Movie Simulating Urban Growth in The Detroit Region. *Economic Geography*. 234-240.
- Yoo, Ji Young., et. al. 2010. Spatial Analysis of Drought Characteristics in Korea Using Cluster Analysis. *Journal of Korea Water Resources Association*. 43(1): 15-24.
- Yoo, Young Min., et. al. 2011. A Study on Natural Disaster Damage and Response in Vulnerable Country. *The Journal of Applied Geography*. 29: 77-93.
- Yoon, Kyoung Jun. 2012. Revisiting 'Low Carbon, Green Growth' Policy: A Critical Review and Prospects. *The Korea Association for Policy Studies*. 21(2): 33-59.
- <http://www.emdat.be/glossary/9>
- [http://www.emdat.be/disaster\\_trends/index.html](http://www.emdat.be/disaster_trends/index.html)
- Korean References Translated from the English*
- 고재경, 최충익, 김희선. 2010. 지방자치단체 기후변화 적응정책의 특성 연구: 자연재해를 중심으로. *한국지역개발학회지*. 22(1): 67-86.
- 권건주. 2012. 한국 지방정부 재난관리체제 실태분석 및 개선 방안. 시·군·구를 중심으로. *한국위기관리논집*. 8(5): 15-32.
- 권영현, 김의준. 2012. 우리나라 지역관광산업 성장의 결정요인 분석. *관광연구저널*. 26(1): 25-40.
- 권원태. 2005. 기후변화의 과학적 현황과 전망. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. 41(2-1): 325-336.
- 김감영. 2010. 연령별 인구이동 특성에 대한 탐색적 공간 데이터 분석(ESDA): 대구시를 사례로. *한국지역지리학회지*. 16(5): 590-609.
- 김기홍, 김호성, 김동민, 고석민. 2013a. 대설 사례로 본 GIS를 이용한 재해지도 분석. 2013 한국측량학회 춘계학술발표회. 323-324.
- 김기홍, 김동민, 모세환. 2013b. GIS를 이용한 우리나라에서 발생하는 집중호우의 특성분석. 2013 한국지형공간정보학회 춘계학술대회. 109-110.
- 김명진. 2014. Getis-Ord's  $G_i^*$  와 FLQ를 이용한 공간 집적 분석: 경기도 지식기반산업을 대상으로. *한국지도학회지*. 14(1): 107-123.

- 김석규, 송인호, 조용호. 2005. GIS를 이용한 재해지도 작성. 한국지적정보학회지. 7(2): 13-24.
- 김태룡, 류찬수. 2008. 지구 온난화와 우리나라 지역별 기온변화 특성. 2008년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집. 206-207.
- 김현욱, 김동훈, 한상욱. 2011. 대설 사례로 본 GIS를 이용한 재해 기상자료 가시화 방법. 2011년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집. 246-247.
- 김현욱, 김기훈, 한상욱. 2012. GIS를 활용한 2011년 호우피해의 지리적 특성 분석. 2012년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집. 442-443.
- 김환석, 박기정, 김상단, 최민하, 박무종, 윤재영. 2012. 기후변화와 대규모 하천정비 사업을 고려한 낙동강 유역 자연재해 홍수 취약성 평가. 한국방재학회논문집. 12(2): 107-113.
- 노섭. 2006. 사전재해영향성검토협의제도 분석. 위기관리 이론과 실천 학술대회. 52-69.
- 문승민, 나태준. 2015. 한국 지방정부의 저탄소 녹색성장 정책 도입요인에 관한 연구: 확산과 네트워크의 관점을 중심으로. 한국정책학회보. 24(2): 235-262.
- 박상국. 2006. 새로운 도시 방재대책: 풍수해 저감종합계획 수립방안. 도시문제. 41(453): 45-56.
- 배선학. 2007. 2006년 인제군 집중호우의 원인 분석. 한국지역지리학회지. 13(4): 396-408.
- 유영민, 윤초롱, 이하나, 이재원. 2011. 기후변화에 따른 자연재해 취약 국가의 피해 및 대응에 관한 연구. 응용지리. 29: 77-93.
- 유지영, 최민하, 김태웅. 2010. 군집분석을 이용한 우리나라 가뭄 특성의 공간적 분석. 한국수자원학회논문집. 43(1): 15-24.
- 윤경준. 2012. '저탄소 녹색성장정책' 다시 보기: 비판적 평가 및 전망. 한국정책학회보. 21(2): 33-59.
- 이근상. 2012. GIS와 지적도를 이용한 전주천 홍수위험지역 평가. 한국지적정보학회지. 14(2): 1-14.
- 이승수, 장은미. 2009. 지리정보시스템을 이용한 태풍 위험 평가. 한국 GIS 학회지. 17(2): 243-249.
- 이승수, 김가영. 2014. IPCC AR5 RCP 8.5 시나리오 기반 태풍발생 공간분석. 한국공간정보학회지. 22(4): 49-58.
- 이승호, 이정미. 2008. 강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성. 대한지리학회지. 43(6): 843-857.
- 이원희. 2014. 재난과 안전관리체계 현황 및 개선방안. 제1차 환경재난과 안전 포럼.
- 이재은. 2002. 지방자치단체의 자연재해관리정책과 인위재난 관리정책 비교연구: AHP기법을 이용한 상대적 중요도 및 우선순위 측정을 중심으로. 한국행정학보. 36(2): 165-185.
- 조명희, 조윤원. 2009. 기상과 지형자료를 통합한 산사태 위험지 예측 기법 개발: 울진지역을 대상으로. 한국지리정보학회지. 12(2): 1-10.
- 최충익. 2008. 도시화와 자연재해. 서울: 부연사.
- 최충익. 2011. 지방자치단체 기후변화 적응정책의 의사결정과정과 함의. 한국행정학보. 45(1): 257-274.

Received: Jan. 18, 2016 / Revised: Feb. 25, 2016 / Accepted: Mar. 10, 2016

## 자연재해 피해의 탐색적 공간분석(ESDA)에 관한 연구

– 전국 지방자치단체를 중심으로, 2006–2014 –

**국문초록** 본 연구는 전국지방자치단체에서 발생한 자연재해 피해의 탐색적 공간 분석(Exploratory Spatial Data Analysis: ESDA)을 실시하는 것을 통해, 기초지방자치단체의 자연재해관리에 대한 시사점을 제공하고자 하였다. 이를 위해 본 연구는 2006년부터 2014년 동안 총 226곳의 기초지방자치단체를 분석 대상으로 설정하여, 총 피해, 대설, 호우, 강풍, 풍랑, 태풍에 따른 피해의 공간적 분포와 핫스팟 분석을 실시하였다. 분석결과, 총 피해·호우의 경우 강원도 지역을 중심으로 핫스팟이 발견되었으며, 대설은 강원·경상·전라·충청도의 해안가 지역을 중심으로, 태풍·강풍·풍랑은 경상·전라·충청도 지역을 중심으로 핫스팟이 발견되었다. 이러한 결과는 자연재해의 유형에 따라 상이한 공간적 패턴이 나타날 수 있음을 의미하며, 이에 따라 해당 기초지방자치단체는 자신이 처한 자연재해의 유형을 고려하여, 자연재해에 따른 피해를 사전에 대비하여야 함을 주장한다.

주제어 : 자연재해, 탐색적 공간분석, Hot Spot, 지방자치단체

**Profiles**

**Seung Min Moon** : He is a Doctoral Student in the Department of Public Administration at Yonsei University, Korea, Seoul. His current research focuses on the Environmental Policy, Public Conflict Management, Public Management(isuters@yonsei.ac.kr).

**T. J. Lah** : He is a Professor in the Public Administration Department at Yonsei University, Seoul, Korea. He received his PhD in Public Affairs at Indiana University in 2001. His current research focuses on the International Environment Regimes, Public Management, and Public Conflict Management(tjlah@yonsei.ac.kr).

**Bo Kyung Kang** : She is a Master Student in the Department of Public Administration at Yonsei University, Korea, Seoul. Her Research interest lie in Public Management, Theories of Public Policy Process(bkang@yonsei.ac.kr).

**Jee Hye Hyun** : She is a Master Student in the Department of Public Administration at Yonsei University, Korea, Seoul. Her Search interest lie in Public Management, Environmental Policy(bebe300@hanmail.net).

<부록 1> 자연재해 피해의  $G_i^*$  값

유형	자치단체명	Z Score	자치단체명	Z Score	자치단체명	Z Score	자치단체명	Z Score
총 피해 (15)	강원 강릉시	6.318***	강원 고성군	4.856***	강원 속초시	5.096***	강원 양구군	5.375***
	강원 양양군	5.378***	강원 영월군	3.940***	강원 인제군	4.845***	강원 정선군	4.800***
	강원 춘천시	4.989***	강원 평창군	5.933***	강원 홍천군	8.307***	강원 횡성군	5.050***
	경기 가평군	1.708*	경남 산청군	1.660*	전남 완도군	1.759*		
대설피해 (21)	강원 강릉시	6.730***	강원 동해시	8.007***	강원 삼척시	3.530***	강원 양양군	5.446***
	강원 정선군	6.601***	강원 평창군	5.684***	강원 홍천군	4.895***	경북 경주시	2.242**
	경북 봉화군	2.113**	경북 영덕군	3.634***	경북 울진군	3.208***	경북 포항시	2.693**
	전남 강진군	2.047**	전남 나주시	1.821*	전남 목포시	2.008**	전남 무안군	2.091**
	전남 영암군	1.840*	전남 해남군	2.390**	충남 당진시	1.909*	충남 서산시	2.932***
	충남 태안군	3.086***						
호우피해 (14)	강원 강릉시	6.519***	강원 고성군	5.234***	강원 속초시	5.467***	강원 양구군	5.782***
	강원 양양군	5.573***	강원 영월군	4.488***	강원 인제군	5.261***	강원 정선군	4.974***
	강원 춘천시	5.418***	강원 평창군	6.193***	강원 홍천군	8.725***	강원 화천군	1.707*
	강원 횡성군	5.464***	경기 가평군	1.996**				
강풍피해 (29)	경남 거창군	2.300**	경남 사천시	2.996***	경남 산청군	3.906***	경남 진주시	2.964***
	경남 하동군	4.456***	경남 함양군	4.337***	경남 합천군	2.135**	경북 상주시	2.663***
	경북 예천군	2.336**	경북 의성군	2.443**	인천 강화군	2.058**	전남 강진군	1.807*
	전남 광양시	3.798***	전남 구례군	3.845***	전남 영광군	2.512**	전남 장성군	1.989**
	전남 진도군	2.982***	전남 함평군	2.227**	전남 해남군	1.909*	전북 고창군	3.327***
	전북 군산시	3.326***	전북 김제시	2.184**	전북 남원시	2.088**	전북 부안군	1.741*
	전북 익산시	3.843***	충남 보령시	3.876***	충남 부여군	2.959***	충남 서천군	5.307***
	충남 청양군	2.511**						
풍랑피해 (8)	전남 신안군	2.078**	전남 완도군	4.718***	전남 진도군	3.121***	충남 보령시	8.080***
	충남 부여군	5.518***	충남 서천군	6.963***	충남 청양군	5.958***	충남 홍성군	6.610***
태풍피해 (36)	경남 거창군	5.197***	경남 산청군	4.142***	경남 하동군	3.325***	경남 함양군	4.386***
	경남 합천군	3.725***	경북 김천시	2.318**	경북 성주군	3.352***	전남 강진군	3.185***
	전남 고흥군	3.997***	전남 광양시	3.356***	전남 구례군	2.369**	전남 무안군	2.898***
	전남 보성군	4.240***	전남 순천시	3.309***	전남 신안군	3.207***	전남 여수시	3.096***
	전남 영광군	1.987**	전남 영암군	2.999***	전남 완도군	6.633***	전남 장성군	2.267**
	전남 장흥군	2.953***	전남 진도군	1.803*	전남 화순군	2.264**	전남 해남군	2.430**
	전북 고창군	3.502***	전북 김제시	1.914*	전북 남원시	2.297**	전북 부안군	3.490***
	전북 순창군	2.018**	전북 임실군	1.692*	전북 장수군	2.082**	전북 정읍시	2.948***
	충남 당진시	1.970**	충남 서산시	3.669***	충남 태안군	4.381***	충남 홍성군	1.984**

\*P<0.1, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01