

기후변화 대응을 위한 광역도시권 차원의 자연재해 저감방안 연구 -자연재해 취약성에 따른 수도권 도시의 유형화-

심재헌^{1*}, 김자은¹, 이성호¹
¹부산대학교 도시공학과

Classification of Cities in the Metropolitan Area based on Natural Hazard Vulnerability

Jae Heon Shim^{1*}, Ja Eun Kim¹ and Sung-Ho Lee¹

¹Department of Urban Engineering, Pusan National University

요약 본 연구의 목적은 자연재해 취약성에 근거하여 수도권 도시를 유형화하고, 유형별 특성에 따른 차별적인 자연재해 저감방안을 제시하는데 있다. 본 연구의 실증분석은 자연재해 취약성 요인의 추출, 요인특점을 이용한 수도권 도시의 유형분류, 유형화 결과에 기초한 차별적인 자연재해 저감방안 제시라는 세 단계로 구성되었다. 보다 구체적으로 주성분분석의 결과 고유치가 1 이상인 유의미한 요인은 3개로 추출되었고, 이들은 각각 자연재해에 대한 지형적 내재해성, 비도시성, 재해예방능력을 나타내는 요인으로 특징지을 수 있었다. 지역별 요인특점을 이용한 k-medians 비계층적 군집분석의 결과 사례지역은 지형적으로 자연재해에 취약하고 재해예방능력이 미흡한 지역, 시가화지역으로서 재해예방능력이 양호한 지역, 비도시지역으로서 지형적으로 자연재해에 취약한 지역, 자연재해에 대한 지형적 내재해성을 갖고 있으나 재해예방능력이 미흡한 지역이라는 4개의 군집유형으로 분류되었다. 끝으로 수도권 내 유형별 특성을 고려한 차별적인 자연재해 저감방안이 제시되었다.

Abstract This paper classifies cities in the metropolitan area based on natural hazard vulnerability. The procedure of our empirical analysis is divided into three parts as follows: First, it summarizes variables related to natural hazard vulnerability to significant factors, carrying out principal component analysis. Second, it classifies cities in the metropolitan area, conducting cluster analysis using factor scores. Lastly, it proposes differential measures for natural hazard mitigation for classified cities in the metropolitan area, based on natural hazard vulnerability.

Key Words : Metropolitan Area, Natural Hazard Vulnerability, Mitigation, Principal Component Analysis, Cluster Analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 기후변화의 영향으로 집중호우, 폭설, 폭염, 가뭄 등 다양한 자연재해의 발생빈도가 지속적으로 높아지고 있으며, 극한 기후현상의 증가로 말미암아 자연재해에 따

른 피해범위는 단일도시의 경계를 넘어 광역적 규모에 이르는 양상을 나타낸다. 국내의 경우 단기기간의 압축·고도성장을 이루는 과정에서 방재의 개념이 도시 또는 지역개발에 적용되지 않았기에 자연재해에 대한 대처와 관리에 있어 미흡한 점이 적지 않으며, 특히 자연재해가 광역적 규모로 발생하고 있음에도 불구하고 그 저감방안은 개별 지자체 단위로 수립되는 문제점을 내포하고 있다.

본 논문은 2012년 대한건축학회 추계학술발표대회 발표논문을 수정·보완한 것임.

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2012R1A1A2004197).

*Corresponding Author: Jae Heon Shim

Tel: +82-51-510-2447 email: cogito128@gmail.com

접수일 12년 10월 19일

수정일 12년 11월 07일

계재확정일 12년 11월 08일

「자연재해대책법」 제16조에서는 시·군 풍수해저감 종합계획을 기초로 시·도 풍수해저감종합계획을 수립하도록 명시하고 있지만, 2012년 6월 기준 26개에 달하는 시·군 풍수해저감종합계획만 수립되어 있을 뿐 광역차원의 풍수해저감종합계획은 아직까지 수립되지 않은 실정이다. 즉, 풍수해저감계획은 여전히 개별 지자체(시·군·구) 단위 중심으로 수립되고 있으며, 광역적 공간을 대상으로 하는 풍수해저감종합계획의 수립 또는 공간적 위계에 따라 차별화된 재해관리가 이루어지지 않고 있다.

광역적 규모로 발생하는 자연재해에 대응하기 위해서는 지리적으로 인접하고 인구·사회·경제적 측면에서 동질적 생활권을 공유하는 광역도시권 차원의 자연재해 저감방안을 고려할 필요가 있으며, 이를 위한 선결과제로서 자연재해 취약성을 고려한 광역권 도시의 유형화가 요구된다. 다시 말해 자연재해 취약성에 근거한 광역권 도시의 유형화 결과를 바탕으로 공간적으로 인접하며 동일한 유형으로 분류되는 지역 간의 긴밀한 연계를 고려한 광역권 차원의 풍수해 저감계획이 수립되어야 한다. 이러한 맥락에서 본 연구는 자연재해 취약성에 근거하여 국내 광역권 도시를 유형화하고, 유형별 특성에 따른 차별적인 자연재해 저감방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 서울시, 인천시, 경기도 전역으로 구성되는 수도권이다. 분석의 공간적 단위와 관련해서는 특별시 및 광역시의 자치구·군은 도의 시·군과 위계가 동일한 것으로 간주하는 「지방자치법」 제3조(지방자치단체의 법인격과 관할)에 근거하여 서울시와 인천시는 자치구·군으로, 경기도는 시·군으로 설정하였으며, 이에 수도권에 속하는 66개 시·군·구가 분석대상으로 선정되었다. 분석의 시간적 범위로는 최근 5년(2007-2011) 이내에 자연재해로 인한 재산피해가 가장 크게 발생하였던 2010년을 기준으로 설정하였으며, 이에 분석에 사용되는 모든 데이터는 2010년을 시점으로 구축되었다.

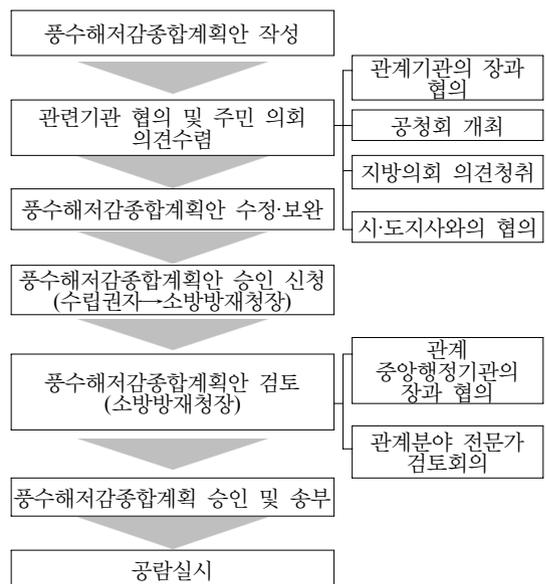
분석방법에 있어서는 STATA 11.1을 통계적 도구로 사용하여 주성분분석(principal component analysis) 및 k-medians 비계층적 군집분석을 수행하였는데, 이는 선행 연구에서 규명된 다양한 자연재해 취약성 변수를 소수의 요인으로 축약한 후 이들의 요인특점(factor score)을 활용하여 광역권 내 도시의 유형을 분류하기 위해서이다. 또한, 분석에 사용되는 데이터 구축과정에서는 1:25,000 축척의 수치지도 및 토지피복지도(land use map)[1] 자료 등을 기반으로 ArcGIS 9.3을 이용하였다.

2. 이론적 논의

2.1 광역권 차원의 자연재해 저감방안 수립의 필요성

국내의 자연재해로 인한 재산피해액은 1990년대 중반부터 지속적으로 증가하고 있으며 피해의 공간적 범위도 광역화되고 있는 실정이다. 2006년 7월 태풍 에위니아에 따른 피해지역은 경남 및 전남 일대의 남부지역을 중심으로 총 16개 시·도에 달하였고, 2010년 9월 수도권을 대상으로 집중호우를 동반했던 태풍 곤파스에 따른 피해지역은 총 13개 시·도에 해당하는 등 자연재해에 의한 피해범위는 지역 간의 경계를 넘어 광역적 규모에 이르는 양상을 보이고 있다.

국내에서는 풍수해의 예방 및 저감을 위해 「자연재해대책법」 제16조(풍수해저감종합계획의 수립)에 근거하여 광역도시계획을 수립하거나 변경하는 경우에 풍수해저감종합계획을 반영하도록 명시하고 있다. 또한 동일한 맥락에서 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제10조(광역도시계획의 수립기준)에서는 광역도시계획을 수립하는 과정에서 「재난 및 안전관리기본법」에 따른 안전관리계획과 「자연재해대책법」에 따른 풍수해저감종합계획을 충분히 고려하도록 규정하고 있다.



【그림 1】 풍수해저감종합계획의 수립절차 (시·군 풍수해저감종합계획)

【Fig. 1】 Procedure of comprehensive natural hazard mitigation planning

이와 같이 현행 법령에서는 광역도시계획과의 상호연계를 바탕으로 광역적 공간을 대상으로 하는 자연재해 접근방안에 대해 언급하고 있다. 그러나 광역차원의 풍수해저감종합계획 수립은 현재까지 수립되지 않은 상태에서 자연재해의 대형화·광역화에 대응하기 위한 계획의 실효성 측면에서 한계점을 가지고 있다고 볼 수 있다.

2.2 선행연구 고찰

본 연구의 실증분석은 자연재해 취약성에 근거하여 광역권 도시를 유형화하고 그에 따른 차별적인 자연재해 저감방안을 제시하는데 주안점을 두고 있으므로, 이에 자연재해 취약성에 관한 기존의 연구동향을 중심으로 살펴보고자 한다.

최충익(2003)은 도시개발행위에 기인한 도시적 토지이용의 증가가 도시의 재해 취약성에 미치는 영향을 규명하였다. 자연재해에 영향을 미치는 요인으로 자연적 요소(연강수량, 하천면적), 인문사회적 요소(인구), 물리적 요소(도시적 토지이용면적)를 고려한 분석의 결과, 도시적 토지이용면적이 1ha 증가할 때 자연재해에 따른 재산피해액은 75.9% 가량 증가하는 것으로 나타났으며, 인구는 천명 증가할 때 재산피해액은 57.9% 증가하는 것으로 나타났대[2]. 박태선 등(2010)은 지역별 홍수피해의 위험성을 계량적으로 비교하기 위한 홍수피해지표(flood damage index)를 제안하였다. 홍수피해지표는 자연적, 사회적, 정책적, 시설적 요인으로 대별될 수 있는 11개의 취약성 변수로 구성되며, 전문가를 조사대상으로 점수할 방법을 적용한 결과 전문가들은 연평균 강우량, 하천밀도, 인구밀도, 하천관리인력 등의 순으로 홍수피해에 미치는 영향력이 클 것으로 판단하였다[3]. 강정은 등(2011)은 그린인프라(공원·완충녹지·공공공지·내륙습지·해안습지) 면적이 홍수로 인한 재산피해에 미치는 영향을 중점적으로 밝히고자 하였다. 분석의 결과 그린인프라 면적이 1% 증가할 때 재산피해액은 6.4% 가량 감소하는 것으로 나타나 그린인프라가 실질적인 방재효과를 갖는 것으로 확인되었다. 또한 재정자립도는 1% 증가할 때 재산피해액은 1.8% 가량 감소하는 것으로 나타났으며, 그 밖에 평균경사 및 평균고도, 저지대 면적, 해안가 인접여부, 댐용량 등이 홍수피해에 영향을 미치는 유의한 변수로 나타났대[4]. 김상원·김근영(2012)은 지자체의 풍수해 안전성을 평가하기 위한 지표로서 사회경제(인구밀도, 고용밀도, 재해약지 비율), 토지이용(녹지·대지·하천면적), 방재시설(제방 면적, 하수도율, 유수지 면적), 자연환경(강수량, 강수일, 풍속) 요소를 도출하였으며, 전문가 조사에 기반한 ANP(analytic network process) 분석을 수행한 결과 자연환경의 강수량, 토지이용의 녹지면적, 방

재시설의 유수지 면적 등이 중요한 세부지표로 나타났다[5]. 끝으로 심재현·김자은(2012)은 공간상에 상이한 형태로 분포하는 토지이용특성이 자연재해에 따른 재산피해액에 미치는 영향을 실증적으로 규명하였다. 분석의 결과 토지이용특성에 해당하는 불투수지역·공업지역·농업지역·나지·하천 면적과 인구밀도는 자연재해 피해액에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 제방시설의 면적은 자연재해 피해액과 부(-)의 상관성을 가지는 것으로 나타났대[6].

3. 데이터 구축 및 요인추출

3.1 변수구성 및 데이터 구축

기존의 관련 연구에서 나타난 바와 같이 자연재해 취약성 요인은 인문사회적 특성(인구밀도, 사회적 취약인구 등), 토지이용특성(불투수지역·녹지·하천 면적 등), 지형적 특성(평균경사, 평균고도, 저지대 면적 등), 기후적 특성(연강우량, 호우일수, 강우강도 등), 제도적 역량(재난관리 정책수준, 재난 담당인력, 민관 파트너십 등)과 같은 복합적인 요소들로 구성된다[2-6]. 이에 분석에 있어 모든 요소들을 반영하는 것이 바람직하나, 연구의 원활한 진행을 위한 현실적 측면에서 본 연구에서는 선행연구의 실증적 분석결과를 바탕으로 유의하고 객관적 수치화 가능성이 취약성 변수를 도출하였다(표 1).

[표 1] 변수의 구성

[Table 1] Explanation for variables used

구분	변수	단위	변수설명
사회·경제적 특성	인구 밀도	천인/km ²	지자체(시·군·구) 인구밀도
	재정 자립도	%	지자체 예산규모에 대한 지방세 및 세외수입 비율
지형적 특성	평균 고도	m	평균 해발고도
	평균 경사	°(degree)	평균 경사도
	저지대	%	해발고도 10m 이하 저지대 면적 비율
토지 이용 특성	불투수율	%	불투수(시가화전조지역) 면적 비율
	녹지	%	녹지(산림·습지·초지) 면적 비율
	농업 지역	%	농업지역 면적 비율
	수역	%	수역(내륙수·해양수) 면적 비율

데이터 구축과 관련하여 사회·경제적 특성에 속하는 인구밀도와 재정자립도 변수는 인구총조사(2010) 및 지자체별 통계연보(2010년 기준) 자료를 활용하였다. 지형적 특성(평균고도·평균경사·저지대 면적) 데이터는 수치지도(1:25,000)를 기반으로 지리정보시스템(GIS)의 지형분석(spatial analysis)을 수행하여 구축하였다. 끝으로 토지이용특성 데이터는 위성영상에 기반한 토지피복지도(land cover map) 자료에서 해당변수의 면적을 추출하여 산정함으로써 지표면의 현 상황을 현실적으로 반영하고, 나아가 상이한 토지이용패턴을 세분화함으로써 분석의 정확도를 제고하고자 하였다(그림 2).

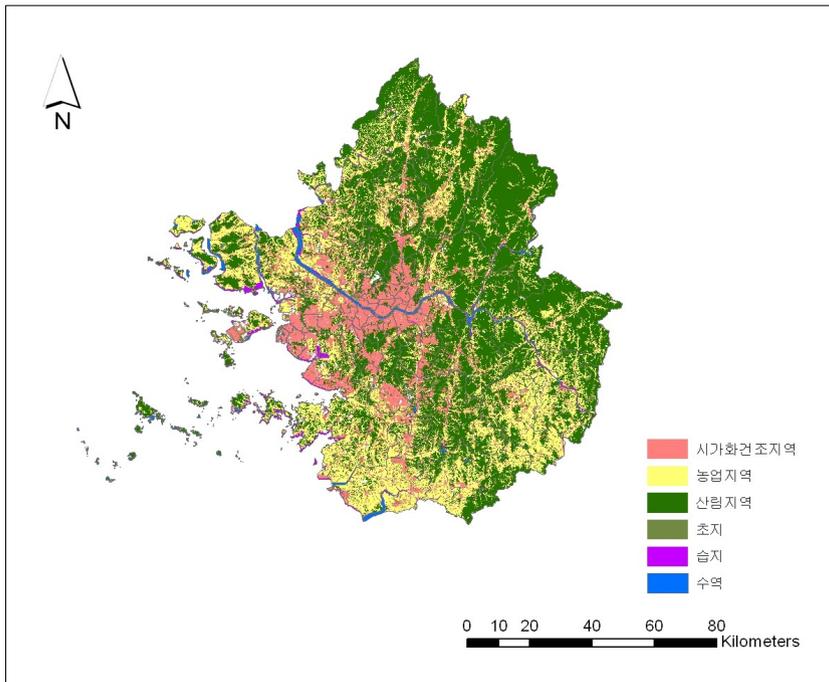
3.2 주성분분석을 이용한 자연재해 취약성 요인추출

자연재해 취약성에 따른 수도권 도시의 유형분류에 앞서 다양한 취약성 변수의 정보손실을 최소화하면서 이들을 공통된 특성에 따라 소수의 요인으로 축약하는 주성분분석(principal component analysis)을 수행하였다. 분석 과정을 보다 구체적으로 살펴보면, 사용되는 자료의 적합성을 판단하기 위해 KMO(kaiser-meyer-olkin) 검정 및 Bartlett의 구형성 검정을 실시하였다. 그 결과 KMO 측도는 0.595로, Bartlett의 구형성 검정의 유의확률은 0.000으로 나타나 요인분석을 위한 변수의 선정이 적합하고, 변

수 간의 상관관계가 유의적인 것으로 판단하였다. 또한 분석과정에서 고유치(eigenvalue)가 1 이상인 요인들을 추출하였으며, 요인구조를 명확히 하기 위해 직각요인회전(orthogonal factor rotation) 방식 중 varimax 회전을 실시하였다.

표 2는 이와 같은 과정을 거친 자연재해 취약성 변수를 이용한 주성분분석의 결과를 나타낸다. 분석결과를 보면 고유치가 1 이상으로 의미있는 요인은 총 3개로 추출되었고, 제1요인의 설명력은 36.94%, 제2요인은 32.12%, 제3요인은 12.87%로서 이들의 누적설명력이 81.94%에 달하여 추출된 요인들이 자연재해 취약성과 관련한 지역 특성을 설명함에 있어 상당한 설명력을 갖는 것으로 나타났다.

각 요인별 특성을 살펴보면, 제1요인은 평균경사, 평균고도, 저지대, 녹지, 수역의 5개 변수로 특징지어지는 자연재해에 대한 ‘지형적 내재해성(disaster tolerance, 耐災害性)’을 나타낸다. 이 중 평균경사와 관련하여 본 연구의 대상지역은 평균경사 변수값의 평균은 8.05, 표준편차는 4.69, 최대값은 22.3으로 나타나 자연재해에 따른 피해를 배가시킬 수 있는 급경사 지역에 해당되지 않는다. 제2요인은 인구밀도, 불투수율, 농업지역 변수의 비중이 높은 요인으로 ‘비도시성’을 나타낸다. 끝으로 제3요인은 지역의 예산규모에 대한 지방세 및 세외수입 비



[그림 2] 대상지역의 토지이용현황
[Fig. 2] Land-use patterns in our study area

올로 산정되는 재정자립도 변수와 밀접한 관련성을 가지므로 ‘재해예방능력’을 나타내는 요인으로 해석할 수 있다.

[표 2] 변수별 요인부하량
[Table 2] Rotated factor loading matrix

변수	제1요인	제2요인	제3요인
평균경사(°)	0.880	0.308	-0.269
평균고도(m)	0.869	0.284	-0.231
저지대(%)	-0.812	0.135	-0.069
녹지(%)	0.807	0.514	-0.190
수역(%)	-0.527	0.044	-0.164
인구밀도(천인/km ²)	-0.209	-0.932	-0.004
불투수율(%)	-0.343	-0.903	0.176
농업지역(%)	-0.214	0.863	0.145
재정자립도(%)	-0.026	0.031	0.956
고유값	3.325	2.891	1.159
설명력(%)	36.940	32.123	12.873
누적설명력(%)	36.940	69.063	81.937

4. 수도권 도시의 유형화 및 정책적 시사점

4.1 자연재해 취약성에 따른 수도권 도시의 유형화

자연재해 취약성에 따른 수도권 도시의 유형분류를 위해 앞서 수행된 주성분분석에 의한 지역별 요인득점

(factor score)을 이용한 k-medians 비계층적 군집분석을 실시하였다. 요인득점은 요인득점 계수행렬(factor score coefficient matrix)을 바탕으로 산정하며, 본 연구에서는 요인득점을 계산하기 위해 보편적으로 사용하는 회귀분석(regression method)을 이용하였다. 비계층적 군집분석(non-hierarchical clustering)의 경우 군집의 수를 사전에 지정해야하나 적합한 군집의 수에 대한 표준적이고 명확한 기준이 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 계층적 군집분석에 속하는 최단연결법(single linkage), 최장연결법(complete linkage), 평균연결법(average linkage), ward법을 우선 수행하여 적절한 군집의 수를 결정된 후 이를 비계층적 군집분석 과정에 적용하였다. 계층적 군집분석을 실시한 결과 최단연결법(single linkage), 최장연결법(complete linkage), 평균연결법(average linkage), ward법에서 모두 4개의 군집유형으로 분류되는 결과가 나타났으며, 이에 비계층적 군집분석에 있어 군집의 수를 4개로 지정하여 분석을 수행하였다.

표 3은 광역권 도시의 유형화를 위해 지역별 요인득점을 이용하여 군집분석을 수행한 결과이다. 군집유형별 공통요인의 통계적 유의성을 검증하기 위해 F 통계량이 제시되었으며, 이는 모든 요인이 유형별로 유의한 차이가 있음을 나타낸다. 유형 1로 분류된 16개 지역은 모든 요인에 대해 부(-)의 값을 가지며 제1요인 및 제3요인이 주요한 영향을 미치는 것으로 나타나 자연재해에 대해 지형적으로 취약하고 재정구조가 빈약하여 재해에 대한 대응 및 복구능력이 미흡한 지역유형으로 볼 수 있다. 유형

[표 3] 유형별 지역분류 및 평균요인득점
[Table 3] Empirical results of cluster analysis

구분	지역		제1요인	제2요인	제3요인	지역수
유형 1	서울시	성동구, 광진구, 중랑구, 마포구, 양천구, 강서구, 강동구	-0.93255	-0.39115	-0.81947	16
	인천시	동구, 남구, 연수구, 남동구, 부평구, 계양구, 서구, 강화군, 옹진군				
유형 2	서울시	종로구, 중구, 용산구, 동대문구, 성북구, 서대문구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 서초구, 강남구, 송파구	0.19756	-0.67188	0.88285	20
	경기도	수원시, 성남시, 안양시, 부천시, 광명시, 군포시, 용인시				
유형 3	인천시	중구	-0.64842	1.22055	0.45203	13
	경기도	평택시, 안산시, 고양시, 구리시, 오산시, 시흥시, 파주시, 이천시, 안성시, 김포시, 화성시, 여주군				
유형 4	서울시	강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 관악구	1.14111	0.22522	-0.61305	17
	경기도	의정부시, 동두천시, 과천시, 남양주시, 의왕시, 하남시, 광주시, 양주시, 포천시, 연천군, 가평군, 양평군				
F-value			38.503 ***	19.680 ***	24.684 ***	-

주: ***는 유의수준 1%에서 유의성 있음

2에 영향을 미치는 요인은 제2요인 및 제3요인으로 해당 지역은 인구밀도와 불투수율이 높은 시가지지역이며 재정자립도가 높은 지역이라 할 수 있다. 유형 3에는 제1요인 및 제2요인이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 경기도에 그 대다수가 위치한 해당지역은 인구밀도와 불투수율이 낮은 반면 농업지역 면적비율이 높은 비도시지역으로서 지형적으로 자연재해에 대해 비교적 취약한 지역임을 알 수 있다. 유형 4에는 제1요인 및 제3요인이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 해당지역은 자연재해에 대한 지형적 내재해성을 가지고 있으나, 재정자립능력이 떨어지는 지역유형으로 볼 수 있다.

이상에서 언급한 각 유형별 특징을 명확히 살펴보기 위해 유형별 자연재해 취약성 변수의 기초통계량이 표 4에 제시되었다. 더불어 유형별 자연재해 취약성 변수의 통계적 유의성을 검증하기 위한 F 통계량이 제시되었는데, 그 결과 모든 취약성 변수가 각 유형별로 유의한 차이가 있음을 알 수 있다.

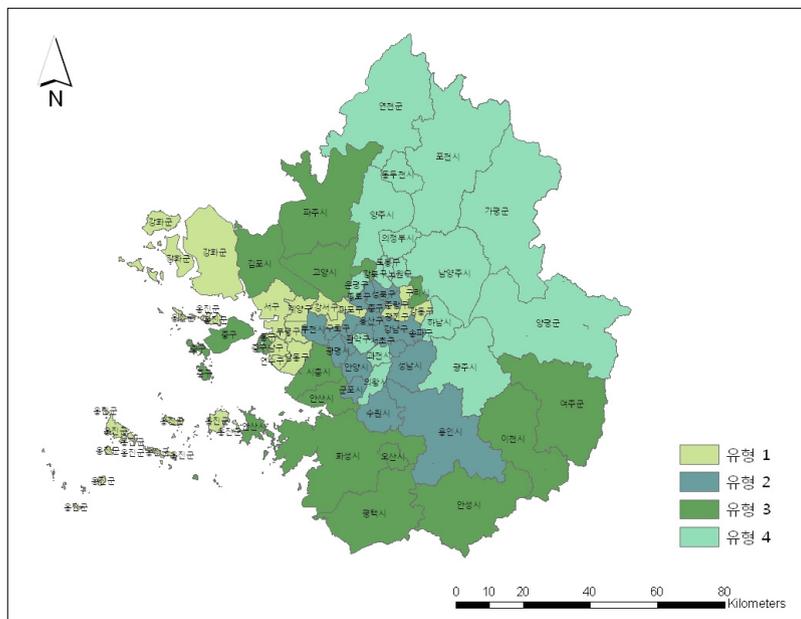
4.2 유형별 특성을 고려한 자연재해 저감방안 제시

본 연구에서는 추출된 자연재해 취약성 요인, 즉 지형적 내재해성, 비도시성, 재해예방능력을 기준으로 수도권 도시들을 4개의 지역유형으로 분류하였다. 따라서 다음과 같은 수도권 내 유형별 특성을 고려한 차별적인 자연

재해 저감방안을 제시할 수 있으며, 이를 토대로 공간적으로 인접하고 동일한 유형으로 분류되는 지역들은 광역권 차원의 풍수해저감계획을 수립하는 과정에서 재해저감시설의 확충·유지·관리, 토지이용계획의 수립 등에 있어 긴밀한 연계방안을 강구할 필요가 있다.

유형 1에 해당하는 지역 대다수는 수역의 면적비율이 높을 뿐만 아니라 저지대 면적비율이 높게 나타나는 등 풍수해로 인한 지형적 위험성이 높은 지역이다. 이에 수역 인근지역을 산림·습지·초지로 조성하여 자연형 제방기능을 구비하고, 이를 지역주민을 위한 친수공간으로 제공하는 방안이 요구된다. 또한 상습침수지역 등을 자연재해위험지구로 지정·고시하고, 각종 개발행위에 대한 사전재해영향성검토 실시를 강화할 필요가 있다. 더불어 유형 1에 속하는 지역은 재정자립도가 미흡하여 지형적 취약성에 대한 대응 및 복구 능력을 갖추기에 어려움이 따르는 것으로 판단되는바 광역권 차원의 재해지원체계가 요구된다.

유형 2는 인구 및 기반시설이 집중된 시가지 지역으로서 자연재해가 발생할 시 대규모 인적·경제적 손실이 우려되는 지역이다. 특히 해당지역은 불투수율이 높아 내수침수로 인한 피해가 높을 것으로 예상되는바 투수층의 확보가 무엇보다도 요구된다. 이에 지하 저류시설 구축을 확대하고, 도시 배수시설의 용량을 증대하는 방안을 검토할 필요가 있다. 또한 사회·경제적 활동이 집중되는 지



[그림 3] 대상지역의 유형화 결과
[Fig. 3] Classification of cities in our study area

[표 4] 유형별 변수의 기초통계량
[Table 4] Descriptive statistics by categories

구분		평균 경사	평균 고도	저지대	그린 인프라	수역	인구 밀도	불투수율	농업 지역	재정 자립도
유형 1	mean	4.62	31.84	25.70	16.89	7.71	13.05	53.44	10.53	33.58
	std.dev.	2.58	11.71	15.35	11.09	8.71	7.70	23.59	11.87	10.61
	min.	1.73	13.73	2.80	1.78	0.23	0.07	2.83	0	17.20
	max.	12.46	53.31	51.78	41.71	29.38	26.14	89.95	37.96	52.00
유형 2	mean	6.87	67.71	5.85	24.86	3.11	13.27	58.03	7.61	58.84
	std.dev.	3.85	40.58	11.68	16.26	5.00	6.17	20.41	8.72	15.38
	min.	0.48	16.35	0	0.07	0	1.43	14.00	0	34.80
	max.	13.32	147.48	46.80	53.71	22.33	23.46	88.72	24.50	82.90
유형 3	mean	6.46	56.74	23.89	33.70	4.94	1.94	20.24	34.44	52.29
	std.dev.	1.98	34.23	22.10	8.95	3.46	1.95	9.58	12.89	8.58
	min.	2.72	22.13	0	14.02	1.23	0.16	5.77	14.92	35.80
	max.	10.23	115.36	57.14	47.94	11.71	5.72	33.67	56.99	67.10
유형 4	mean	13.87	168.52	0.41	58.06	1.71	5.46	22.40	11.11	37.29
	std.dev.	3.33	66.77	1.59	12.84	1.28	6.93	16.98	7.21	10.28
	min.	8.73	87.36	0	31.80	0.11	0.05	2.53	0.29	24.20
	max.	22.3	358.77	6.57	83.37	4.99	17.12	51.38	21.45	57.60
전체	mean	8.05	82.82	12.81	33.22	4.22	8.97	40.30	14.50	45.88
	std.dev.	4.69	67.77	17.48	20.24	5.71	7.76	25.33	14.11	15.85
	min.	0.48	13.73	0	0.07	0	0.05	2.53	0	17.20
	max.	22.3	358.77	57.14	83.37	29.38	26.14	89.95	56.99	82.90
F-value	28.15***	31.31***	13.47***	31.90***	3.87**	12.67***	18.55***	21.25***	17.84***	

주: ***, **는 각각 유의수준 1%, 5%에서 유의성 있음

역인 만큼 인명피해의 발생가능성이 높기 때문에 이를 예방할 수 있는 긴급 대피시설 및 보호시설 확보를 통한 대응체계 강화, 건축물에 대한 안전 설계기준 강화 등이 필요하다.

유형 3에 속하는 지역은 인구밀도와 불투수율이 낮은 반면 농업지역 면적비율이 높은 비도시적 특성을 가진다. 이들 지역은 농경지의 비닐하우스 및 농작물에 대한 경제적 피해가 발생할 수 있으므로 이를 최소화하기 위한 비구조적 접근, 즉 개인의 재산피해를 보장받을 수 있는 풍수해보험 프로그램의 제도적 활성화가 요구된다. 더불어 유형 3과 같은 비도시지역은 비용적 효율성을 감안하여 방재시설 구축 중심의 구조적 접근 외에도 토지매입과 같은 다각적인 방안이 필요한 것으로 판단된다.

유형4는 다른 유형과 비교하여 상대적으로 지형적 내재해성을 갖추고 있으나 재정자립능력이 미흡한 지역이다. 해당지역은 자연재해에 대한 대응 및 복구 측면에서 자립기반이 상대적으로 미흡하기 때문에 재난정보시스템

또는 재난 전문인력에 의한 신속한 재난관리가 이루어질 수 있도록 체계적인 재난네트워크를 구축하고, 도시 내 방재력(resilience)을 배양하기 위한 제도적 차원의 점검이 이루어져야 한다. 또한 도시의 방재력을 초과하는 광역재해에 있어서는 광역시·도 간의 협의를 바탕으로 재정적·기술적 지원을 제공할 수 있는 광역권 차원의 재해 지원 체계를 구축하는 것이 필요하다.

5. 결론

본 연구에서는 자연재해 취약성을 바탕으로 수도권 내 도시의 유형을 분류하고, 각 유형에 따른 차별적인 자연재해 저감방안을 제시하고자 하였다. 본 연구의 실증적 분석과정은 자연재해 취약성 요인의 추출, 요인특점을 이용한 수도권 도시의 유형분류, 유형화 결과에 기초한 차별적인 자연재해 저감방안 제시라는 3단계로 구성되었다.

보다 구체적으로 주성분분석의 결과 고유치가 1이상으로 유의미한 요인은 3개로 추출되었으며, 이들은 각각 지형적 내재해성, 비도시성, 재해예방능력을 나타내는 요인으로 특징지을 수 있었다. 지역별 요인특점을 이용한 k-medians 비계층적 군집분석의 결과 사례지역은 자연재해에 취약하고 재해예방능력이 미흡한 지역, 시가지지역으로서 재해예방능력이 양호한 지역, 비도시지역으로서 지형적으로 자연재해에 취약한 지역, 자연재해에 대한 지형적 내재해성을 가지고 있으나 재해예방능력이 미흡한 지역이라는 4개의 군집유형으로 분류되었다. 이어서 수도권 내 유형별 특성을 고려한 차별적인 자연재해 저감방안이 제시되었다.

끝으로 본 연구의 한계로서 재난관리 정책수준 및 민관 파트너십과 같은 지역의 제도적 역량 등을 포괄하는 광범위한 자연재해 취약성 변수를 실증분석 과정에 반영하는 것이 바람직하나 이를 수행하지 못한 점이 노정되며, 향후 본 연구에서 미처 고려하지 못한 다양한 취약성 변수를 고려한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 본다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 국내에서 아직까지 분석적 접근이 제한적이었던 기후변화 대응을 위한 광역권 차원의 자연재해 저감방안을 모색하였다는 점에서 의의가 있다.

References

- [1] Land Cover Map, Environmental Geographic Information Center, 2010.
- [2] C.I. Choi, "A Study on Natural Hazards Vulnerability in Urban Area Land Use Change -In case of Kyonggi Province-", Journal of Korea Planners Association, Vol.40, pp.35-48, 2003.
- [3] T.S. Park, et al., "Flood Damage Index regarding Regional Flood Damage Characteristics", Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol.30, pp.361-366, 2010.
- [4] J.E. Kang, et al., "Urban Renewal Strategy for Adapting to Climate Change : Use of Green Infrastructure on Flood Mitigation", Report of Korean Environment Institute, 2011.
- [5] S.W. Kim, et al., "Flood-Disaster Safety Evaluation of Korean Local Governments Using Analytic Network Process", Journal of the Korean Regional Development Association, Vol.24, pp.1-14, 2012.
- [6] J.H. Shim, et al., "An Analysis on the Interrelationship between Land-use Characteristics and Damages caused

by Natural Hazards", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society", Vol.13, pp.4319-4325, 2012.

심재헌(Jae Heon Shim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 부산대학교 대학원 도시공학과(공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 6월 : 일리노이대학교 도시 및 지역계획학과 박사후연구원(post-doc)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 도시공학과 강사

<관심분야>

부동산 및 도시개발, 토지이용

김자은(Ja Eun Kim)

[정회원]



- 2008년 7월 ~ 2010년 1월 : 한성개발공사 도시계획부
- 2012년 2월 : 부산대학교 대학원 도시공학과(공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 도시공학과 박사과정

<관심분야>

지역계획, 방재정책

이성호(Sung-Ho Lee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 서울대학교 대학원 지리학과(문학박사/도시계획전공)
- 1979년 3월 ~ 1983년 2월 : 국토개발연구원(현 국토연구원) 연구원
- 1983년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 도시공학과 교수

<관심분야>

공간분석, 지역계획, GIS