

## 도시 기후변화 재해취약성분석 방법의 개선방안 검토 : 해수면상승 재해를 중심으로\*

김지숙<sup>1</sup> · 김호용<sup>2\*</sup> · 이성호<sup>3</sup>

### A Review on Improvements of Climate Change Vulnerability Analysis Methods : Focusing on Sea Level Rise Disasters\*

Ji-Sook KIM<sup>1</sup> · Ho-Yong KIM<sup>2\*</sup> · Sung-Ho LEE<sup>3</sup>

#### 요 약

본 연구는 재해로부터 안전한 도시조성을 위하여 현재 시행중인 기후변화 재해취약성분석 제도의 조기정착을 위한 방안마련의 일환으로, 현행 재해취약성분석 제도의 특징과 개선방안 검토를 목적으로 한다. 이를 위해 부산 해운대구를 대상으로 재해유형 중 해수면 상승 재해에 대하여 실증분석을 수행하였다. 분석은 집계구와 동을 분석단위로 설정하여 각각 재해취약성을 분석하였으며, 분석과정과 분석결과의 비교·검토를 통하여 개선방안을 검토하였다. 분석결과 공간단위에 따라 결과가 다르게 도출되는 공간단위수정가능성의 문제가 발생하였다. 개선방안 검토는 분석진행 과정별로 도출하였으며, 분석의 기반이 되는 공간단위의 설정단계에서는 분석단위 조정, 점수산정 방식 조정, 재해유형별 명확한 분석방안마련 등이 필요한 것으로 나타났다. 분석실행 단계에서는 변수에 따른 가중치 설정, 변수의 다양화, 주관적 분석선정방안 배제 등이 필요한 것으로 나타났다. 정확한 도시종합 재해취약성분석 결과는 미래 기후변화에 효율적으로 대응 가능한 도시방재력 향상의 밑거름이 될 것으로 기대된다.

주요어 : 재해취약성분석, 해수면상승, 기후변화, 공간단위수정가능성문제, 도시방재력

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to identify characteristics and improvements of the climate change vulnerability analysis methods to build a safe city from disasters. For

2013년 11월 23일 접수 Received on November 23, 2013 / 2014년 1월 14일 수정 Revised on January 14, 2014 / 2014년 2월 19일 심사완료 Accepted on February 19, 2014

\* 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2013R1A1A2011898).

1 부산대학교 공간정보협동과정 Interdisciplinary Program for Spatial Information, Pusan National University

2 동아대학교 도시계획학과 Department of Urban Planning, Dong-A University

3 부산대학교 도시공학과 Department of Urban Engineering, Pusan National University

\* Corresponding Author E-mail : hykim@dau.ac.kr

this, an empirical analysis on sea level rise disasters was performed focusing on Heaundae-gu in Busan. For the analysis, Census output areas and Dongs were set as analysis unit and their disaster vulnerability was analyzed. Improvements were reviewed through the comparison and review of analysis process and results. According to analysis results, Modifiable Areal Unit Problem(MAUP) which gives different results according to aggregate unit occurs. Improvements were induced by analysis process, and it was found that in spatial unit setting stage that becomes the base of analysis, analysis unit adjustment, score computation method adjustment, and clearer analysis method for each disaster type would be needed. In analysis execution stage, it was thought that weighting according to variables, diversification of variables, and exclusion of subjective analysis selection method would be needed. It is expected that accurate the total disaster vulnerability analysis will be the base for the improvement of efficiency in urban resilience responding to future weather changes.

**KEYWORDS** : *Vulnerability Analysis, Sealevel Rise, Climate Change, MAUP, Urban Resilience*

## 서론

최근 기후변화의 영향으로 재해가 점차 다양화되고 그 피해규모가 커지는 추세이며 특히 도시지역은 인구와 기반시설의 집중으로 인하여 재해시 대규모 피해가 발생하고 있다. 따라서 과거의 피해지역 복구 및 정비 위주의 방식에서 벗어나 도시계획적 접근을 통한 재해예방형 도시계획체계의 구축이 요구되고 있다. 이에 국토교통부는 안전한 도시조성을 위하여 도시계획 수립단계부터 재해취약지역을 고려하고 취약특성을 계획에 반영하기 위하여 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획 등 도시계획수립지침을 개정하여 도시방재정책을 마련하였다.

기후변화 취약성 분석제도는 도시방재정책을 수행하기 위하여 도입된 제도로, 2012년 7월부터 도시계획을 수립하는 과정에서 취약성 분석 결과를 토지이용과 부문별 계획에 반영하도록 시행하고 있다. 하지만 기후변화 취약성 분석을 지방자치단체에서 바로 적용하기에는 적용 범위 및 방법에 한계가 있다. 이에 국토교통부에서는 내실 있는 제도 정착과 지자체 담당자의

이해를 돕기 위하여 매뉴얼을 작성 보급하고 있다.

도시 재해 취약성 분석 매뉴얼은 2012년 6월 배포된 이후 두 차례 과정을 거쳐 수립되어 있다. 하지만 최근의 매뉴얼(ver. 3)에도 재해 유형에 따른 분석 방법은 추가보완 중에 있으며, 매뉴얼의 내용도 폭우재해를 중심으로 작성되어 있어 재해유형을 선정하여 재해취약성 분석을 운영해야 하는 지자체에 혼란이 가중되고 있다. 기후변화 재해취약성분석 방법을 체계화하고 알기 쉬운 방법론을 제시하여 도시계획, 도시개발사업에 활용하는 것이 매뉴얼의 목적이라 할 때, 매뉴얼이 배포된 지 일 년이 지난 시점에서 제도의 조기정착을 위하여 분석방법 정립을 위한 추가적인 고려가 필요하다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 기후변화 재해취약성 분석 제도의 조기 정착 방안을 마련하기 위하여, 현행 재해취약성분석 제도의 개선방안을 검토하고자 한다. 이를 위하여 재해유형 중 해수면 상승 재해에 대하여 실증분석을 수행하면서 분석의 기반이 되는 공간단위의 설정에 따른 문제점을 중점적으로 검토하고, 이와 함께

실증분석 과정에서 도출된 문제점을 바탕으로 재해취약성분석 제도의 개선방안을 제시하고자 한다.

## 이론적 고찰

### 1. 기후변화 재해취약성분석의 개요

기후변화 재해취약성분석은 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)의 취약성 분석 개념에 따라 기후노출(exposure)과 도시민감도(sensitivity)를 포함하는 골격을 유지하면서 지역특성과 도시구성요소를 고려하여 구축되었다. 기후노출은 기후변화 재해를 유발하는 기온, 강수량 등과 같은 기후적 요소에 의한 영향을 의미하며, 도시민감도는 기후변화 재해에 따른 도시의 물리적 취약특성과 도시구성요소의 부정적 영향을 의미한다.

매뉴얼에 의한 기후변화 재해취약성분석은 현재 취약성(present vulnerability), 미래 취약성(future vulnerability), 도시종합 재해취약성(total disaster vulnerability)으로 구분된다. 현재 취약성(present vulnerability)은 과거에서 현재까지의 기상관측치에 의한 현재 기후노출(present exposure)과 현재의 잠재취약지역(potential vulnerability)과 도시취약구성요소(assessment object)를 중첩한 현재 도시민감도(present sensitivity)로 구성된다. 미래 취약성(future vulnerability)은 기후변화 시나리오에 의한 미래 기후노출(future exposure)과 미래의 도시개발 전망 등을 반영한 미래 도시민감도(future sensitivity)로 구성된다. 도시종합 재해취약성은 현재 취약성과 미래 취약성을 바탕으로 현장조사와 전문가 등의 의견수렴 결과를 바탕으로 최종적으로 확정하는 재해 취약성이다. 이러한 기후변화 취약성분석 개념을 구조로 나타내면 그림 1과 같다.

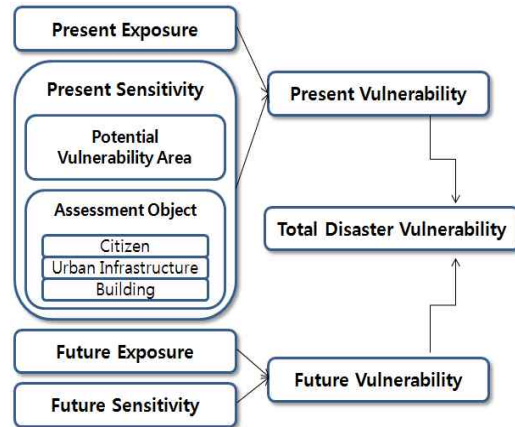


FIGURE 1. Analytical structure of the climate change vulnerability analysis

기후변화 관련 재해는 기온상승과 열파빈도 증가 등과 밀접한 관련이 있는 재해로 주로 수문기상재해(hydrometeorological disaster)가 해당되며, 자연재해 대책법의 풍수해와 유사하지만, 매뉴얼상의 재해는 폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면상에 의한 재해로 한정하고 있다. 지방자치단체에서는 6개의 재해 중에서 도시특성에 따라 재해통계와 간접지표를 이용하여 2~3개의 재해를 선정하여 재해취약성분석을 실시하도록 권고하고 있다.

### 2. 공간단위수정가능성의 문제

기후변화 재해취약성분석을 위한 분석단위는 과거 도시의 광역·기본·관리계획에 따라 단위를 다르게 설정하였으나 최근에는 모든 계획에서 인구센서스 집계구 단위를 공간분석단위로 설정하도록 변경되었다. 이것은 일찍이 통계 및 지리학자들로부터 제기된 공간분석에서 분석단위의 설정에 따라 분석결과가 달라지는 공간단위수정가능성의 문제(MAUP, Modifiable Areal Unit Problem)와 연계된다(Openshaw and Taylor, 1981). MAUP는 분석에 사용할 공간단위를 어떻게 정의하여 데이터를 수집, 구축하고 이용하는냐에 따라 분석결과가 달라질 수 있는 가능성(Cho, 2010)으로, 연구에 이용

되는 공간단위의 선택은 기본적으로 작위적이며, 연구의 결과는 이용된 공간단위에 의존적임을 의미한다(Kim, 2011).

MAUP는 스케일의 효과(scale effect)와 구획의 효과(zoning effect)로 나누어 볼 수 있다. 스케일 효과는 연구지역을 몇 개의 기본공간단위로 만드느냐에 따라 연구결과가 달라질 수 있음을 의미하고, 구획의 효과는 기본공간단위의 개수를 동일하게 한 상태에서 기본공간단위의 형상을 다르게 했을 때 연구결과가 상이해 질 수 있는 것을 의미한다. 도시 공간의 특성이 공간마다 다름에도 불구하고 동이나 구와 같이 전체를 단일한 방법으로 분석하면 오차를 증가시키는 문제가 발생한다. 그럼에도 지리학 분야와 공간분석에 있어 MAUP는 해결해야 할 연구과제로 남아있는 실정이다. MAUP의 영향을 확인하기 위해 연구자들은 다양한 모델들에 대해 실험하였는데, 공간적 상호작용 모델, 포이송 회귀분석모델, 격리지수 등이 있지만 보편적으로는 상관분석과 회귀분석에 초점을 맞추었다. 본 연구에서는 재해 취약성 분석 구조 중에서 연구에 적용하기 어려운 일부를 제외한 도출등급을 바탕으로 상관분석을 수행함으로써 MAUP의 영향을 확인하였다.

## 연구방법 설정

### 1. 재해 유형 및 대상지 설정

기후변화 재해취약성분석 매뉴얼에는 6개의 재해 중에서 도시특성을 고려하여 지자체의 분석대상 재해 유형을 선정하도록 하고 있으며, 폭우재해를 대상으로 분석방법을 제시하고 있다. 재해유형 선정과정에서 폭우재해는 우리나라 기상특성을 고려할 때 매년 전국적으로 발생하므로 모든 지자체에서 분석대상 재해로 선정하고, 해수면상승은 해안을 포함하는 지자체에서 반드시 분석대상 재해로 선정하는 것을 권고하고 있다.

본 연구에서는 연구의 목적인 현행 재해취약성분석 제도의 개선방안을 도출하기 위하여 매

뉴얼에서 명확히 정립되지는 않았지만 해안도시에서는 반드시 수행해야 하는 해수면상승 재해유형에 대하여 실증분석을 수행하였다. 분석의 대상지역은 부산시의 자치구 중에서 해안에 접하는 구인 해운대구를 선정하였으며, 해운대구의 위치 및 행정경계현황은 그림 2와 같다.

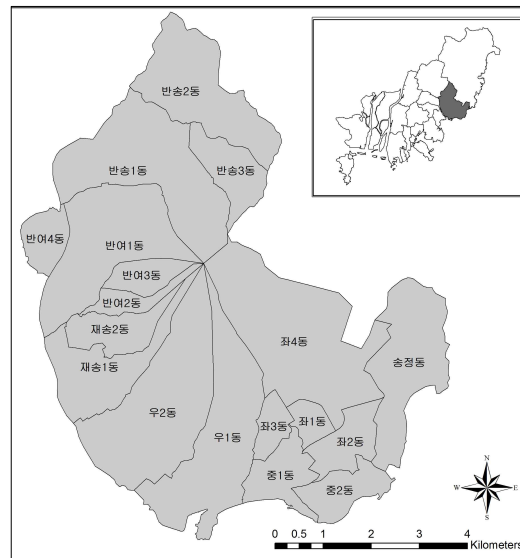


FIGURE 2. Administrative area map

### 2. 분석 지표설정

본 연구는 재해로부터 안전한 도시조성을 위한 기후변화 재해취약성분석 제도의 조기 정착이 목적이므로 도시 기후변화 재해 취약성 분석 매뉴얼을 최대한 준용하면서 분석을 수행하였다. 매뉴얼에서 해수면상승 재해는 다른 재해와 마찬가지로 현재와 미래의 기후노출과 민감도로부터 각각 취약성을 분석하고 분석결과로부터 도시종합 재해취약성을 도출하도록 하고 있다. 재해취약성분석 구조를 바탕으로 구축된 해수면상승 재해의 지표는 그림 3과 같다.

현재 기후노출 자료는 국립해양조사원에서 제공하는 조위관측지점의 조위 상승률과 해수면 상승률을 사용하였으며, 현재 도시민감도 자료는 건축물 대장과 KLIS데이터 및 해당지자체 요청자료를 적용하였다. 미래 기후노출 자료

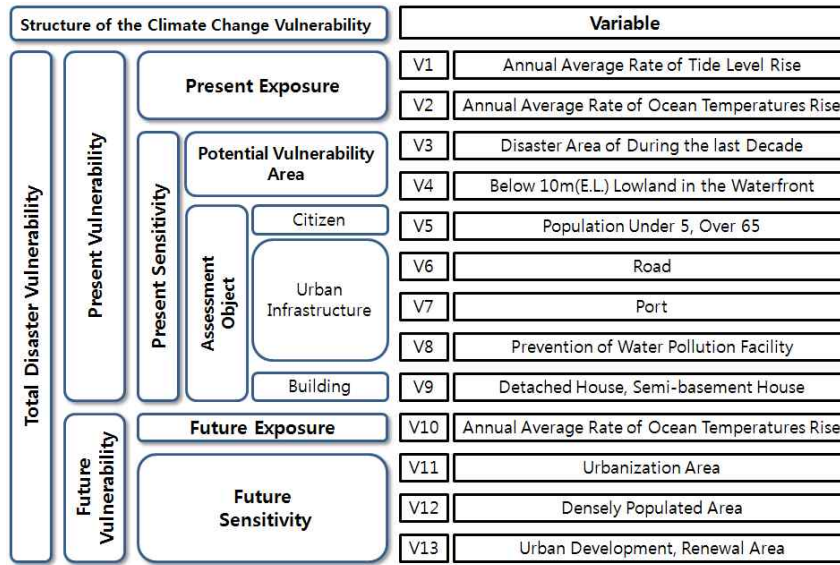


FIGURE 3. Variable list

는 기상청 기후변화정보센터에서 제공하는 남한상세 RCP 8.5 기후변화 시나리오 자료를 활용하여야 하나 해수면상승에 관련되는 1km×1km 단위의 다운스케일링 자료를 구득하는 데 한계가 있어 본 연구에서는 미래 기후노출은 생략하였다. 미래 도시민감도는 환경부의 토지피복현황도와 정비구역 정보, 인구통계 정보를 활용하였다.

### 3. 분석방법 설정

기후변화 재해취약성분석을 위한 공간분석 단위는 서로 다른 두 개의 분석단위를 설정하여 분석결과를 비교·검토하였다. 설정된 분석지표를 취득할 수 있는 최소한의 공간분석단위는 집계구 단위이므로 집계구 단위와 차상위 분산단위인 동 단위를 공간분석 단위로 설정하였다. 대상지역에 집계구는 총 2,414개이며, 집계구의

크기는 231m<sup>2</sup>~5,409,862m<sup>2</sup>로 다양하게 분포하고 있으며 평균면적(21,594m<sup>2</sup>)보다 표준편차(150,539m<sup>2</sup>)가 크게 나타났다. 동은 총 18개로 크기는 603,370m<sup>2</sup>~7214,762m<sup>2</sup>의 면적이며, 공간분석 단위별 기초통계량은 표 1과 같다.

기후변화 재해취약성분석은 분석지표 설정부에서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 재해취약성 분석 구조 중에서 연구에 적용하기 어려운 미래 기후노출을 제외한 현재 기후노출, 현재 도시민감도, 미래 도시민감도에 대하여 분석을 수행한 후 세 가지 기후변화 취약성 개념에 대하여 각각 등급을 도출하였다.

세 가지 기후변화 취약성 개념에서 도출된 등급을 바탕으로 공간분석단위에 따른 결과에 대하여 상관분석을 수행하여 분석단위 설정에 따른 수정가능성의 문제(MAUP)를 확인하였다. 또한, 분석과정에서의 특이사항 및 매뉴얼의 특

TABLE 1. Descriptive statistics of aggregate unit

	N	Area(m <sup>2</sup> )			
		Min.	Max.	Ave.	S.D.
Census	2,414	231	5,409,862	21,594	150,539
Dong	18	603,370	7,214,769	2,896,059	215,6321

성을 바탕으로 분석방법의 개선사항을 도출하여 기후변화 재해취약성분석 방법의 개선방안을 정립하였다.

## 기후변화 재해취약성분석

### 1. 데이터 구축 및 지표 현황

기후변화 재해취약성분석을 위한 데이터 구축 및 점수의 산정은 매뉴얼에서 제공하는 폭우재해의 방법을 최대한 준용하였다. 첫째, 현재 기후노출의 변수인 연평균 조위상승률(v1)과 연평균 해수온상승률(v2)은 부산인근의 관측지점 데이터를 활용하였으며, 미관측지점의 값은 공간보간법인 크리깅(kriging)<sup>1)</sup>을 이용하여 구축하였다. 대상지역의 경우 울산, 부산, 가덕도 세 개의 관측지점이 있으며, 상승률은 2000년부터 2012년까지의 시계열자료를 활용하여 평균 상승률을 적용하였다. 현재 기후노출은 관측지점으로부터 공간보간한 값으로부터 ArcGIS의 자연적구분법(Jenks의 최적화방법)에 의해 네 단

계로 나뉜 구간을 등급화 하였다.

둘째, 현재 도시민감도는 잠재취약지역과 도시취약구성요소로 구성된다. 잠재취약지역은 최근 10년간 재해피해지역(v3) 데이터와 해안면 10m 이하 저지대지역(v4)을 수치지도로부터 추출하여 공간분석단위별로 구축하였다. 도시취약구성요소인 시민은 65세 이상, 5세 미만의 인구수(v5)를 2010년 센서스 조사구의 데이터를 활용하여 구축하였으며, 단독주택 및 반지하주택(v9)은 건축물대장과 1:1,000 수치지도를 활용하여 구축하였다. 도시기반시설물 중 도로(v6), 항만(v7), 수질오염방지시설(v8)은 2013년 KLIS 데이터를 활용하였으며, 대상지역에 수질오염방지시설은 존재하지 않았다. 현재 도시민감도는 구축한 인구와 면적을 집계구면적으로 나눈 비율을 점수로 계산하였다.

마지막으로 미래 도시민감도는 시가화·밀집증가지역, 인구밀집·증가지역, 도시개발사업·예정지구로 구성된다. 시가화·밀집증가지역(v11)은 최근 대규모 개발행위가 일어난 도시

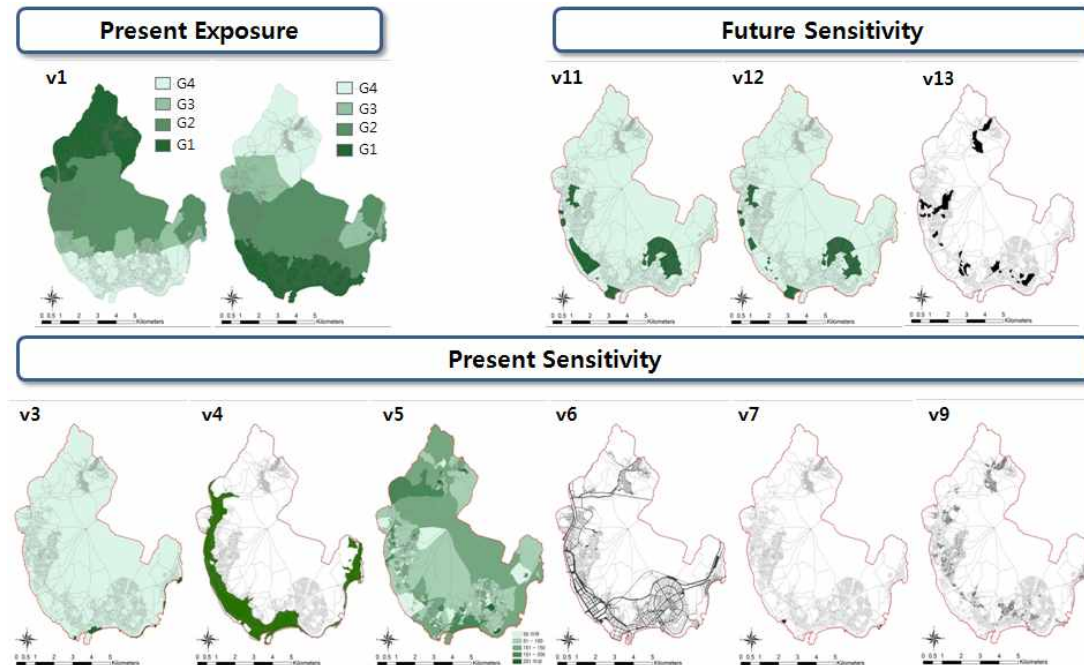


FIGURE 4. Spatial distribution of variables

지역을 선정하였으며, 인구밀집·증가지역(v12)은 최근 대규모 주택지 개발행위가 일어난 주거지역을, 도시개발사업·진행예정지역(v13)은 정비사업이 추진되거나 예정된 지역을 선정하였다. 미래 도시민감도도 현재 도시민감도와 유사하게 공간분석단위의 면적을 집계구 면적으로 나눈 비율을 점수로 계산하였다. 데이터는 집계구 단위로 구축되었으며 그림 4는 집계구 단위로 구축된 변수의 분포현황이다. 그림에서 현재 기후노출은 4단계로 등급화한 결과이며, 나머지 지표는 매뉴얼에 입각하여 구축한 지표의 분포현황이다.

## 2. 공간단위에 따른 분석결과

집계구 단위로 미래 기후노출을 제외한 현재 기후노출, 현재 도시민감도, 미래 도시민감도를 분석한 결과는 그림 5와 같다. 먼저 현재 기후노출은 연평균 조위상승률과 해수온상승률의 등급으로부터 평균등급을 계산하였으며, 분석결과 집계구(4등급) 단위로 동(1·4등급) 단위로 모두에서 존재하지 않는 등급이 있었다. 이러한 결과는 부산시 주변 지역에 존재하는 세 개의 관측지점 데이터를 이용하여 넓은 지역을 등급화 함으로써 대상지역 내에서는 등급이 한정적으로 나타나기 때문인 것으로 보인다. 또한, 상대적으로 북쪽에 존재하는 울산의 상승률이 높게 나타나면서, 해수면 상승에 대한 현재 위험이 남쪽에 위치한 해안지역보다 북쪽에 위치한 내륙지역이 높게 나타났다.

현재 도시민감도 분석결과, 집계구 단위의 분석에서는 대상지의 남쪽과 서쪽에 위치한 우동과 채송동에서 1등급 지역이 많이 분포하였고, 동 단위의 분석에서는 서쪽과 북쪽에 위치한 반여2·3동, 반송2·3동 및 우측에 위치한 좌4동에서 1등급지가 많이 분포하였다. 미래 도시민감도 분석결과, 집계구 단위의 분석에서는 우동과 채송동, 좌1·2·4동에서 1등급지가 많이 분포하였으며, 동 단위의 분석에서는 송정동, 반송1·2동 반여4동에서 1등급지가 많이 분포하였다.

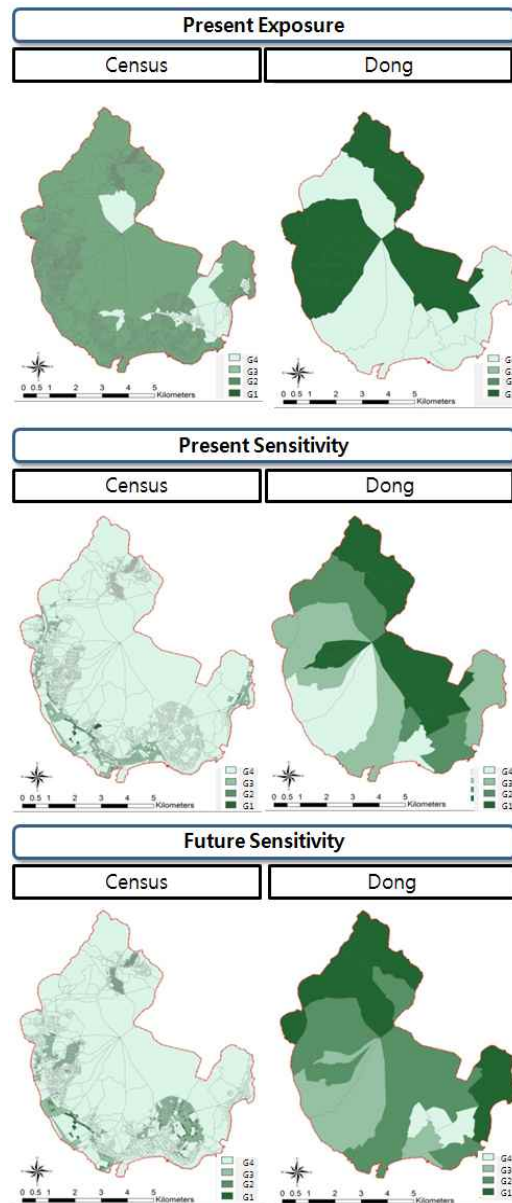


FIGURE 5. Results of vulnerability analysis

재해취약성분석 결과, 지도(그림 5 참조)에서 센서스 단위로 동 단위의 분석결과가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 지도를 통해 시각적으로 확인 가능한 차이점에 대하여 통계적으로도 유의미한지 분석하기 위하여 상관분

석을 실시하였다. 즉, 상관분석을 통하여 동 단위의 등급과 각 동 단위에 해당하는 집계구 단위의 등급이 얼마나 일치하는지를 분석하였다.

상관분석에서 상관계수(correlation coefficient)는 공분산을 표준화한 계수로 얼마나 서로 같이 움직이는가를 알 수 있다. 상관계수는 두 변수간의 상호 종속관계를 측정해주는 계수로써 -1에서 1까지의 값을 가지며, 값이 0이면 상관이 없는 것으로 본다. 상관계수는 pearson, kendall, spearman중에서 사용가능하지만, 본 연구에서는 비교하고자 하는 두 변수가 순서형이므로 kendall 상관계수를 사용하였다. 세 가지 기후변화 취약성 개념의 분석결과는 표 2와 같다.

TABLE 2. Results of correlation analysis

		Census	Dong
Present exposure	Census	1.000	0.706**
	Dong	0.706**	1.000
Present sensitivity	Census	1.000	-0.790**
	Dong	-0.790**	1.000
Future sensitivity	Census	1.000	-0.427*
	Dong	-0.427*	1.000
N		18	18

Note: 1. Kendall' tau\_b  
2. \*\* : P<0.05 \* : P<0.1

상관계수가 1이면 공간분석단위의 설정과 상관없이 분석등급이 같이 나타나는 것을 의미하나 상관분석 결과, 세 가지 기후변화 취약성 개념 모두 1보다 낮게 나타났다. 미래 도시민감도는 0.427로 매우 낮게 나타났으며, 현재와 미래 도시민감도는 상관계수가 음(-)의 값이 나타났다. 이러한 결과는 집계구 단위와 동 단위의 결과가 일치하지 않음을 의미하며, 분석단위의 결정에 따라 결과 값이 달라지는 MAUP가 존재하는 것을 확인할 수 있다.

### 3. 분석방법의 개선방안

본 연구에서는 해수면 상승재해에 대하여 부산광역시 해운대구를 대상으로 재해취약성을

실증적으로 분석하였으며, 자료의 취득이 어려운 미래 기후노출을 제외한 세 가지 기후변화 취약성 개념에 대하여 취약성등급을 산출하였다. 하지만 동 단위와 집계구 단위의 실증분석 과정에서 몇 가지 문제점이 도출되었으며, 재해취약성분석의 조기정착을 위해서는 제도의 개선이 필요한 것으로 사료된다. 기후변화 재해취약성분석 과정과 분석결과의 비교·검토를 통하여 도출한 재해취약성분석 방법의 개선방안을 분석진행과정별로 분류하면 다음과 같다.

#### 1) 분석설정 단계

첫째, 분석단위의 조정이 필요하다. 본 연구에서 살펴본 바와 같이 공간분석단위에 따라 분석결과가 다르게 도출되는 MAUP의 문제가 존재하였다. 따라서 일관적인 기준에서 점수를 산정하기 위해서는 분석의 기준이 되는 분석단위의 일관성이 필요하다고 하겠다.

둘째, 취약성분석의 점수산정방식의 조정이 필요하다. 취약지역의 점수산정은 분석단위의 면적에 대한 대상지역의 취약요소면적의 비로 계산된다. 하지만 취약요소의 비중(면적)이 높더라도 해당분석단위의 면적이 넓으면 점수는 작게 산정되는 문제점이 있다. 앞선 두 가지의 재해취약성분석의 문제는 MAUP에서 구획의 효과(zoning effect)뿐만 아니라 스케일 효과(scale effect)도 동시에 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 단위설정 자체의 근본적 문제를 해결하기 위해서는 일정한 구획단위로 분석함으로써 면적에 따른 문제와 스케일에 따른 문제점을 해결해야 한다.

마지막으로 재해유형에 따른 재해취약성 분석방식을 명확히 할 필요가 있다. 현재의 메뉴얼은 폭우를 사례로 분석하고 이에 맞춰 나머지 재해를 적용하도록 하고 있으며, 도시계획적 대책 역시 폭우를 중심으로 설명하고 있다. 하지만 재해유형에 따라 적용하는 과정에서 폭우의 사례를 적용하기 어려운 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어 본 연구에서 적용한 해수면 상승의 경우 현재 기후노출에 사용되는 측정지점의 수가 매우 적어서 공간보간을 하는 과정에



서 내륙지역이 해안지역보다 해수면상승의 위험이 높게 나타나는 오류가 나타났다. 또한 상승률도 지역에 따른 차이가 미미한 수준이지만 일괄적으로 Jenks의 최적화방법으로 구분하여 등급을 산정함으로써 등급 결과에는 큰 영향을 미치고 있었다. 미래 기후노출의 경우 기상청의 기후변화 시나리오를 적용하도록 하고 있으나 해수면상승에 관련된 해수온상승 자료는 자료 구득에 한계가 있어 분석에 적용할 수 없었다. 따라서 재해유형에 따른 분석방법에 대하여 세밀한 검토를 통하여 재해유형별 매뉴얼 정립이 필요하다고 판단된다.

## 2) 분석실행 단계

첫째, 변수에 따라 가중치의 설정이 필요하다. 현재 취약성을 도출할 경우 현재 기후노출과 현재 도시민감도 등급의 중간값으로 최종등급이 산정되는데 이 과정에서 두 요소의 변수 비중이 상관없이 결정된다. 즉, 현재 기후노출은 두 개의 변수, 현재 도시민감도는 일곱 개의 변수가 분석에 사용되었지만 변수의 수와 상관없이 기후노출과 도시민감도가 최종결과에 미치는 영향은 동일한 것이다. 이러한 등급산정방식은 변수가 적은 기후노출의 변수가 상대적으로 변수가 많은 도시민감도의 변수보다 결과에 미치는 영향이 클 수밖에 없다. 따라서 변수 간의 영향력을 고려하여 주요 변수에 가중치를 부여하는 설정이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 변수의 다양화가 필요하다. 합리적인 분석결과를 도출하기 위해서는 다양한 방면에서의 고려가 필요하다. 하지만 도시민감도와 비교하였을 때 모든 재해유형에서 기후노출의 변수가 상당히 적으며, 재해유형에서도 폭우와 가뭄에서 변수의 차이가 심하게 발생하고 있다. 분석에 사용되는 변수의 수가 적은 재해의 경우 분석과정에서 하나의 변수에 의해 결과의 변동이 매우 커지므로 폭우 이외의 변수는 추가로 설정하는 변수 다양화 대책이 필요할 것으로 판단된다.

마지막으로, 주관적 선정기준을 명확하게 정의할 필요가 있다. 미래도시민감도의 경우 시가

화와 인구의 밀집 증가지역을 도출하는 과정에서 증가에 대한 시간적·공간적 기준이 명확하지 않다. 즉, 어느 정도로 증가한 지역을 선정할 것인가에 관한 증가율과 증가를 계산하기 위한 기준년도로써 시간적 기준을 명확히 정의할 필요가 있다. 기준이 명확하지 않으면 분석자의 주관적 판단이 개입되어 다른 결과가 도출될 가능성이 크며, 주관적 분석결과는 재해취약성분석 결과를 적용하는 과정에서 객관성이 결여되어 의사결정과정에서 신뢰성이 감소될 수밖에 없다. 따라서 주관적 선정기준을 명확히 정의하고, 일부 데이터는 국가차원의 데이터를 구축하여 배포하는 방안이 필요하다고 판단된다.

## 결 론

본 연구는 도시방재정책의 일환으로 도시계획수립과정에서 반영하도록 도입된 재해취약성분석 제도의 조기정착을 위한 방안을 마련하기 위하여 분석방법을 검토하였다. 분석방법의 검토는 재해유형 중에서 해수면상승재해에 대하여 재해취약성 분석을 수행하였으며, 분석과정에서 공간분석단위를 어떻게 설정하는가에 따라 분석결과가 다르게 도출됨을 확인하였다. 동단위와 집계구 단위의 분석결과는 상관성이 낮은 것으로 나타났고, 특히 도시민감도의 경우 음(-)의 상관관계가 도출되는 등 차이점이 드러났다. 이러한 결과와 분석과정에서 나타난 재해취약성분석 방법의 문제점을 종합하여 제시한 개선방안을 요약하면 다음과 같다.

분석을 위한 설정단계에서는 첫째, 공간적 분석단위 경계에 따라 결과에 차이가 발생하므로 객관적인 등급산정을 위해서는 분석단위의 조정이 필요하다. 둘째, 취약지역의 점수산정방식에서 분석단위의 면적에 따라 분석결과가 달라지므로 점수산정방식의 조정이 필요하다. 셋째, 현재 기후변화재해취약성분석 매뉴얼은 폭우를 중심으로 설명하고 있어서 다른 재해유형에 적용하는 과정에서 다수의 문제점이 존재하므로 재해유형을 고려한 명확한 분석방식의 정립이 필요하다.

재해취약성을 분석하는 단계에서는 첫째, 최중등급 산정과정에서 변수간의 영향력을 고려한 가중치의 적용이 필요하다. 둘째, 합리적인 분석결과를 도출하기 위해서는 다양한 방면에서의 고려가 필요하며, 이를 통한 변수의 다양화가 요구된다. 셋째, 분석방식에서 명확히 정의되지 않은 지표의 계산과정에 대해서는 주관적 산정기준이 적용되지 않도록 산정방법을 명확히 정의할 필요가 있다.

본 연구는 해수면 상승 재해에 대하여 부산시 해운대구를 대상으로 분석하였으므로 부산시 전체에 분석을 적용하는 과정에서 발생하는 개선방향과는 다른 결과가 초래될 수도 있다. 따라서 지자체 전체의 기후변화 재해취약성분석 제도 정착을 위해서는 대상지역에서 선정할 제도 유형에 대하여 전반적으로 재해취약성분석을 실시하고 이 과정에서 도출된 문제점을 종합적으로 고려하면 더욱 객관적인 도시종합재해취약성분석 결과가 도출될 것이다. 정확한 도시종합 재해취약성분석 결과는 본 제도의 목적인 '재해에 안전한 도시' 조성을 위한 공간의사결정과정에서 기초자료로 활용될 것이며, 미래 기후변화에 효율적으로 대응 가능한 도시방재력 향상의 밑거름이 될 것으로 기대된다.

#### KAGIS

### 주

1. 조위 상승률과 해수온 상승률의 경우 소지역에서 지역차이가 뚜렷하지 않으며, 베리오그램을 이용한 통계적 추정과정을 통하여 예측 오차를 줄이기에 용이한 정규크리깅(Ordinary Kriging) 방법을 이용하였다.

### REFERENCES

- Cho, I.H. 2010. A study on spatial effects in MAUP: with a focus on scale and zoning effects. Master Thesis, National Univ. of Education, Seoul, 144pp (조일환. 2010. MAUP에서의 Spatial effects 연구-scale effect와 zoning effect를 중심으로. 한국교원대학교 석사학위논문. 144쪽).
- Kang, J.E and M.J. Lee. 2012. Assessment of flood vulnerability to climate change using fuzzy model and GIS in Seoul. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 15(3):119-136 (강정은, 이명진. 2012. 퍼지모형과 GIS를 활용한 기후변화 홍수취약성 평가 : 서울시 사례를 중심으로. 한국지리정보학회지 15(3):119-136).
- Kim, H.Y. 2010. A study on the improvement of the accuracy of photovoltaic facility location using the geostatistical analysis. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 13(2):146-156 (김호용. 2010. 공간통계기법을 이용한 태양광 발전시설 입지 정확성 향상 방안. 한국지리정보학회지 13(2):146-156).
- Kim, H.Y. 2010. A geostatistical approach for improved prediction of traffic volume in urban area. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 13(4):139-147 (김호용. 2010. 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상. 한국지리정보학회지 13(4):139-247).
- Kim, K.Y. 2011. Effects of the modifiable areal unit problem(MAUP) on a spatial interaction model. Journal of the Korean Geographical Society 46(2):197-211 (김감영. 2011. 공간 상호작용 모델에 대한 공간단위 수정가능성 문제(MAUP)의 영향. 대한지리학회지 46(2):197-211).
- IPCC(working group II). 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. The 4th Assessment

Cho, I.H. 2010. A study on spatial effects in MAUP: with a focus on scale and zoning effects. Master Thesis, National Univ. of Education, Seoul, 144pp (조일

- Report.
- Lee, S.I. 1999. The delineation of function regions and modifiable areal unit problem. *Journal of the Korean Association of Geographic and Environmental Education* 7(2): 757-783 (이상일. 1999. 기능지역의 설정과 '공간단위 수정가능성의 문제(MAUP)'. *한국지리환경교육학회지* 7(2): 757-783).
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2013. The improvement of the manual for vulnerability analysis of urban climate change disaster. pp.1-20 (국토해양부. 2013. 도시 기후변화 재해취약성분석 매뉴얼 보완. 1-20쪽).
- National Urban Disaster Management Research Center. 2013. The manual for vulnerability analysis of urban climate change disaster(Ver.3.0). pp.1-24 (국가 도시방재연구센터. 2013. 도시 기후변화 재해취약성분석 매뉴얼(Ver.3.0). 1-24쪽).
- Openshaw, S. and Taylor, P.J. 1981. The modifiable areal unit problem. In: N. Wrigley and R.J. Bennett(ed). *Quantitative Geography : A British View*. Routledge & Kegan Paul, London, pp.60-69.
- Busan Metropolitan City. Korea Land Information System. <http://klis.busan.go.kr>.
- Busan Metropolitan City. The Information Center of Renewal Projects. <http://renewal.busan.go.kr>. 