기후변화 홍수에 대한 국토 취약성 변화 분석 연구

Changes in Climate Change Flood Vulnerability for National Territories

이병재* · 김학열** · 김소윤***

Lee, Byoungjae*, Kim, Hagyeol**, and Kim, Soyooun***

Abstract

Since the characteristics of disaster risk are constantly shifting in the uncertainty due to climate change, it is impossible to completely prevent disaster risk by taking measures based on a one-time analysis. It is important to monitor trends in disaster vulnerability characteristics, identify spatial pattern characteristics, and continually improve countermeasures. According to the 2012 report of the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 88 flood vulnerability areas (grades IV and V) were found in 232 Korean municipalities. As a result of the flood vulnerability analysis for the future (2100), it was determined that there are 93 flood vulnerable areas nationwide. In this study, we analyze the vulnerability of the climate change flood in 2017 based on the same standards for the flood vulnerability analysis in 2012. The results of the analysis showed that the trends of previous forecasts were consistent to some extent, but the change in vulnerable characteristics was more severe in Gyeonggi-do, Chungcheongnam-do, and Gyeongsangbuk-do. If the factors that increase vulnerability can be determined, countermeasures can be taken according to their characteristics.

Key words : Climate Change, Flood, Disaster Vulnerability Analysis, Disaster Preventive Urban Planning

요 지

기후변화로 인해 불확실성이 커지고 있는 상황에서는 재해위험의 특성이 계속 바뀌기 때문에 일회적인 정밀 분석결과에 의한 대책만으로는 재해위험을 완벽히 예방할 수 없다. 재해취약 특성변화 추이를 모니터링하고 공간패턴 특성을 파악하며 대응책을 지속적으로 개선해 나가는 것이 중요하다. 국토교통부 2012년 보고서에 따르면 2012년 기준으로 홍수 취약성 분석 결과, 전국 232개 지자체 중 88개가 취약지역(IV, V 등급)으로 나타났다. 미래(2100년) 홍수 취약성 분석 결과, 전국의 홍수 취약지역이 93개로 증가되는 것으로 제시되었다. 본 연구에서는 2012년 홍수 취약성분석 이후 5년이 경과한 상태에서 동일한 기준으로 기후변화 홍수에 대한 국토취약성을 분석하여 그 변화특성을 살펴보고 그 대응 방안을 모색하고자 한다. 분석 결과, 이전 예측이 어느 정도 그 추세가 일치하는 것으로 나타났으나, 경기도, 충청남도, 경상북도 지역은 취약특성 변화가 극심한 것으로 나타났다. 지역에 따라 홍수 취약성을 증가시키는 요인이 다를 경우 이에 따라 특성에 맞는 대책수립이 필요하다.

핵심용어 : 기후변화, 홍수, 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획

1. 서 론

기후변화로 인한 홍수는 인명피해 뿐 아니라, 도시기반시설, 건축물의 침수, 붕괴 및 손상 등과 같은 2차 피해를 유발하

며, 이로 인해 막대한 경제적 손실이 발생한다. 국토차원에서 도시기반시설에 미치는 영향은 시설의 특성 보다는 해당 시설이 위치한 입지 특성에 의해 영향 정도가 커진다. 또한, 홍수에 의한 피해가 발생하는 도시기반시설은 생활, 산업

*정회원, 국토연구원 도시방재·수자원연구센터장(E-mail: leebj@krihs.re.kr)

Member, Director of Urban Disaster Prevention & water Resource Research Center, KRIHS

**서경대학교 도시공학과 교수(E-mail: hagkim@skuniv.ac.kr)

Professor, Department of Urban Planning and Engineering, Seokyeong University.

***교신저자, 정회원, 국토연구원 도시방재·수자원연구센터 연구원(Tel: +82-44-960-0194, Fax: +82-44-211-4766, E-mail: soyooun@krihs.re.kr)

Corresponding Author, Member, Assistant research fellow, Urban Disaster Prevention & water Resource Research Center, KRIHS

등에 영향을 미치는 2차 피해로 확산될 수 있다. 홍수피해지역의 건축물 침수피해는 건축물 외벽의 부식, 노화를 유발하며, 장기적으로는 건축물의 재산가치가 하락하게 된다.

국토해양부(현 국토교통부) 2012년 보고서(MLTMA, 2012)에 따르면 2012년 기준으로 홍수 취약성 분석 결과, 전국 232개 지자체 중 88개가 취약지역(IV, V등급)으로 나타났다(Fig. 1). 미래(2100년) 홍수 취약성 분석 결과, 현재의 홍수 취약지역은 미래에도 유지되면서 강원도의 취약지역이 확대되며, 전국의 홍수 취약지역이 93개로 증가되는 것으로 제시되었다. 취약지역(IV, V등급) 지자체수의 권역별 비율은 수도권과 영남권이 각각 44개(47.3%), 29개(31.2%)로 현재의 수준이 유지되며, 강원권은 14개(15.1%)로 가장 많이 증가하는 것으로 제시되었다.

기후변화 홍수 취약성 분석에 관련된 선행연구들을 살펴보면, Yoo and Kim (2008)은 우리나라 상황에 맞는 취약성 평가지표를 선정하고, 이를 활용하여 광역지자체의 취약성을 비교·분석하였다. 기후노출 부문은 세 가지 세부요소, 민감도 부문은 인간정주/기반시설, 생태계, 농업, 보건/복지의 네 가지 세부요소, 적응능력 부문은 다섯 가지 세부요소로 구성하였다. 이를 기반으로 세부요소별 33개 대리변수들을 선정하고, 분야별 전문가 의견을 수렴하고 가용성을 점검하였다.

Go (2009)은 경기도 31개 시·군을 대상으로 취약성 평가 지표의 구성요소를 도출하여 상대적 취약성을 평가하였는데, 평가지표는 기후변화 취약성 개념 틀을 중심으로 구성하였으며, 전문가 회의를 거쳐 의견을 수렴하였다.

국립환경과학원은 기후변화 영향평가 및 취약성 분석을 수행할 수 있는 도구를 개발하였는데, 분석이 가능한 분야는 영국 UKCIP (UK Climate Impacts Program) 분류체계에 따른 16개 부문이다. 기후변화 취약성의 평가는 3단계로 이루어지며, 기후변화 악영향(기후노출과 민감도)에서 적응능력을 차감하여 산정한다(MLTMA, 2012).

Lissner et al. (2011)은 독일의 노르트라인-베스트팔렌(NRW) 주의 396개 지자체에 대해 취약성 평가를 하였는데, 적응능력은 배제하고 민감도와 노출을 주요인자로 하여 중관모형을 개발하였다. 그는 퍼지논리에 기반한 의사결정 트리를 구성하여 파라미터 간 상호관계를 분석하였다.

선행연구들을 살펴본 결과, 대책 수단의 공간적 영향범위를 고려한 취약성 평가체계 마련이 미흡한 것으로 나타났다. 광역적 전략이 필요한 경우와 국지적 저감대책 수립이 필요한 경우를 고려한 평가구조는 제시되지 못하고 있었다. 또한, 대부분의 연구가 과거 통계자료에 기반한 일정시점의 취약성 분석이며, 기후변화 관련 사항의 시간적 영향범위 혹은 취약특성의 변화 등을 고려한 취약성 분석이 이루어지지 못하고 있었다.

기후변화 재해는 불확실성이 매우 높기 때문에 그 변화 추이를 모니터링하고 공간패턴 특성을 파악하며 대응책을 지속적으로 개선해 나가는 것이 중요하다. 그런 차원에서 본 연구에서는 2012년 홍수 취약성분석 이후 5년이 경과한 상태에서 동일한 기준으로 기후변화 홍수에 대한 국토취약성을 분석하여 그 변화특성을 살펴보고 그 대응 방안을 모색하고자 한다.

Source: MLTMA (2012) Climate Change Adaptation City II

Fig. 1. Flood Vulnerability in 2012 and 2100

Source: MLTMA (2011) Climate Change Adaptation City I

Fig. 2. Structure of Climate Change Disaster Vulnerability Analysis for National Territory

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 전국을 대상으로 하고 내용적 범위는 기후변화에 따른 홍수를 대상으로 한다. 기후변화가 도시의 구성요소에 미치는 영향 등을 검토하여 취약특성을 살펴보고 광역적 전략 수립 방안을 모색해 본다. 본 연구에서 취약성 변화를 국토차원에서 살피는 이유는 광역적인 예방 전략을 수립함에 있어 기존의 일정 시점 기준의 분석으로는 한계가 있기 때문이다. 실질적인 재해저감 대책을 수립하기 위해서는, 현재 법제도적으로 시행되고 있는 지자체의 집계 구 단위 도시 기후변화 재해취약성분석 결과를 활용하여 좀 더 상세한 분석을 하고 현장조사 및 정밀 시뮬레이션 등을 추가 수행하여야 한다. 이 때 선행되어 분석된 국토차원의 취약성 변화 결과와 연계되는 것이 중요하다.

2012년 홍수 취약성분석 시 적용된 기준에 따르면(Fig. 2), 기후변화에 따른 홍수 취약성분석은 기후 측면과 도시의 물리적/구조적 취약특성측면에서 분석하였다. 기후변화 재해 취약성은 기후노출과 도시 민감도로 구성되며, 도시민감도는 잠재취약지역과 분석대상의 취약특성을 중첩한다. 홍수의 경우, 기후노출지표, 도시의 물리적 재해특성, 도시의 구조적 취약특성을 종합하여 각 지자체를 상대적으로 평가한다. 기후노출에 대한 영향은 현재와 미래로 구분하여, 기상 관측 치에 의한 과거-현재까지의 기후노출과 기후변화 시나리오에 의한 미래 기후노출을 분석한다. 도시민감도는 기후변화 재해 별 영향을 받는 도시 내 분석대상을 선정하고, 해당 재해에 대한 잠재취약지역을 도출하여 중첩한다(MLTMA, 2012).

기후노출 관련해서 피해에 지배적인 영향을 주는 기후요소를 도출하여 사용되었다. 기후노출은 현재와 미래의 두 가지 경우에 대해 지표를 구축하였는데, 현재 기후노출은 기상청의 관측 자료가 활용되었다(Table 1). 홍수의 현재 기후노출은 기상청의 과거 30년 동안의 유인관측소 기후자료를 전국

지자체 단위의 기후자료(티센망)로 변환하여 구축하였다. 미래 기후노출은 국립환경과학원에서 제공하는 2100년 기후변화 시나리오 자료가 활용되었다.

Table 1. Climate Exposure Final Analysis Indicator

Disaster	Final Analysis Indicator
Flood	Annual average day of precipitation over 80mm/day

Source: MLTMA (2011) Climate Change Adaptation City I

도시민감도 최종지표는 Table 2와 같이 2012년에 선정되었으며, 단순히 총량을 의미하는 변수보다 지역마다 면적, 인구 등으로 인한 차이를 표준화한 밀도·비율 변수를 사용하여, 지역 간 비교가 수행되었다.

3. 분석 및 결과 고찰

3.1 데이터 구축 및 분석

분석을 위한 선정지표별 단위, 자료출처는 Table 3에 제시된 바와 같다. 2012년 분석결과와의 비교를 위해 동일 지표로 데이터를 구축하였으며, 구축 가능한 최신 데이터를 활용하여 구축을 완료하였다.

기후노출 자료 중 현재 기후노출은 과거 30년 동안의 유인관측소 자료를 활용하고 미래 기후노출 자료는 2100년 기후변화 시나리오 자료를 활용하였다. 도시민감도 자료 중 큰 변동이 없는 지자체 평균 고도이하 면적비율, 급경사지면적 비율, 산사태위험지역 면적 비율 자료는 2012년과 2017년 분석 시 동일하게 2010년 기준 데이터가 활용되었으며, 그 외 지표 자료는 분석 시점 기준 구축 가능한 최신 데이터(2017년 분석의 경우, 2016년 데이터)로 구축하여 분석을 수행하였다.

Table 2. Urban Sensitivity Final Analysis Indicator

Classification			Urban Sensitivity Indicator
Potential Vulnerability Area			<ul style="list-style-type: none"> • Ratio of river length • Ratio of area under average altitude • Ratio of steep area • Ratio of landslide hazard area • Ratio of impervious area (buildings, factory, school, roads)
Assessment Object	Citizen		Number of senior citizens over 65 and children under 5
	Urban Infrastructure	Roads	• Ratio of roads area
		Railroads	• Ratio of railroads area
		Supply facilities for tap water	• Ratio of supply facilities area for tap water
		Utility tunnels	• Ratio of utility tunnels area
		Oil storage and delivery equipment	• Ratio of oil storage and delivery equipment
		Sewerage systems	• Ratio of sewerage systems area
		Water pollution prevention facilities	• Ratio of water pollution prevention facilities area
	Building		<ul style="list-style-type: none"> • Ratio of detached house • Ratio of semi-underground house

Source: MLTMA (2011) Climate Change Adaptation City I

Table 3. Units and Sources for Analysis Indicators

Classification	Indicators	Unit	Source	Remarks
Climate exposure	Annual average day of precipitation over 80mm/day	day	KMA*	Thiessen Weights of 67 ASOS
Potential Vulnerability Area	Ratio of river length	m/m	KOSTAT**	
	Ratio of area under average altitude	m ² /m ²	KLIS***	GIS Analysis
	Ratio of steep area ($\geq 34^\circ$)	m ² /m ²	KLIS	GIS Analysis
	Ratio of landslide hazard area (grade1,2)	m ² /m ²	KFS****	Landslide Hazard Map
	Ratio of impervious area	m ² /m ²	KOSTAT	
Citizen	Number of senior citizens over 65 and children under 5	person	KOSTAT	
Urban Infrastructure	Ratio of roads, railroads, tap water supply facilities, utility tunnels, Oil storage and delivery equipment, sewerage systems, water pollution prevention facilities area	m ² /m ²	KOSTAT	
Building	Ratio of detached house	house/house	KOSTAT	
	Ratio of semi-underground house	house/house	KOSTAT	

* Korea Meteorological Administration

** Statistics Korea

*** Korea Land Information System

**** Korea Forest Service

2012년에 취약성분석을 위하여 제시된 방법론은 기후노출(Climate Exposure)과 도시민감도(Urban Sensitivity) 각 그룹에 속한 지표 데이터를 구축한 뒤에 그 값을 표준화하고 이를 산술평균하여 각 그룹별 값을 도출한다. 그런 뒤에 기후노출 산술평균값과 도시민감도 산술평균값을 더해서 다시 산술평균한다. 최종 취약성분석 등급을 산출하기 위해서 최종 산술평균값을 GIS 자연적 구분법(Jenks의 최적화방법)으로 등급화하였다.

3.2 분석결과

2012년 국토해양부 보고서에서 제시된 분석 결과에서 취약성이 증가할 것으로 예측되었던 지역은 경기, 강원, 충청지역이었다. 이에 대한 2017년 분석 결과 이전 예측이 어느 정도 그 추세가 일치하는 것으로 나타났다 (Fig. 3).

Fig 3의 도면에 대하여 좀 더 요인을 분석하기 위해 기후노출, 도시민감도, 종합취약성 항목별로 표준화값 증감을

Fig. 3. Change of Spatial Pattern of Flood Vulnerability for National Territory

Table 4에 추가적으로 정리하였다. 우선 기후노출과 관련해서는 대구, 대전, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 경상북도 지역이 일강우량 80 mm 이상의 폭우가 내리는 빈도가 절반 이상의 지역에서 증가하는 것으로 분석되고 있다. 그리고, 도시 특성에 관련된 도시민감도 차원에서는 인천을 제외한 전 지역에서 그 재해 발생 시 직접적 피해 대상에 관련된 사항의 취약성이 증가하는 것으로 파악되었다. 이는 도시계획 및 도시개발 시 기후변화 재해 취약성을 충분히 고려하여 예방적 계획을 수립하지 않아왔음을 시사한다.

홍수에 대한 종합취약성분석 결과 그 표준화 값의 증감을 비교한 결과, 서울특별시, 대구광역시, 대전광역시, 울산광역시, 경기도, 충청남도, 전라북도, 경상북도 지역이 증가한 지역개수가 감소한 지역개수보다 많이 나타났다. 특히, 경기

도, 충청남도, 경상북도 지역은 취약특성 변화가 극심한 것으로 나타났다.

경기도 지역의 경우 모든 지자체에서 기후노출 표준화 값이 감소하였으나 23개 지자체의 도시민감도 표준화 값이 증가하였다. 이는 기후로 인한 영향보다는 도시의 물리적·구조적 재해특성으로 인한 영향을 더 많이 받은 것을 의미한다. 특히 도시특성 중 불투수면적비율의 증가, 취약연령 인구수, 기반시설 면적의 증가, 단독주택비율이 경기도의 홍수에 대한 취약성을 증가시키는 요인이 되었다. 충청남도 지역의 경우 11개 지자체의 기후노출 표준화 값이 증가하고 16개 지자체의 도시민감도 표준화 값이 증가하여 기후노출과 도시특성이 모두 충청남도의 취약특성 변화를 야기한 것으로 보인다. 도시특성 중에서는 기반시설 면적의 증가

Table 4. Regional Comparison of Flood Vulnerability Analysis Value (Standarized) between 2012 and 2017

Administrative Divisions	No. of Region	Climate Exposure (No. of Region)			Urban Sensitivity (No. of Region)			Comprehensive vulnerability (No. of Region)		
		Increase	-	Decrease	Increase	-	Decrease	Increase	-	Decrease
Seoul	25	0	0	25	23	0	2	13	0	12
Busan	16	0	0	16	14	0	2	1	0	15
Daegu	8	8	0	0	8	0	0	8	0	0
Incheon	10	0	0	10	4	0	6	3	0	7
Gwangju	5	0	0	5	5	0	0	1	0	4
Daejeon	5	5	0	0	5	0	0	5	0	0
Ulsan	5	0	0	5	5	0	0	5	0	0
Gyeonggi	31	6	0	25	28	0	3	22	0	9
Gangwon	18	5	0	13	15	0	3	5	0	13
Chungchungbuk-do	12	9	0	3	11	0	1	9	0	3
Chungcungnam-do	16	11	0	5	16	0	0	13	0	3
Jeollabuk-do	14	7	0	7	14	0	0	11	0	3
Jeollanam-do	22	0	0	22	21	0	1	2	0	20
Gyeongsangbuk-do	23	15	1	7	22	0	1	20	0	3
Gyeongsangnam-do	20	0	1	19	19	0	1	4	0	16
Jeju	2	1	0	1	2	0	0	2	0	0

와 반지하 주택 비율이 충청남도의 홍수에 대한 취약성을 증가시키는 요인이 되었다. 경상북도 지역의 경우도 15개 지자체의 기후노출 표준화 값이 증가하고 22개 지자체의 도시민감도 표준화 값이 증가하여 기후노출과 도시특성이 모두 경상북도의 취약특성 변화를 야기한 것으로 보인다. 도시특성 중에서는 산사태위험지역의 증가, 기반시설 면적의 증가, 반지하 주택 비율이 경상북도의 홍수에 대한 취약성을 증가시키는 요인이 되었다. 이러한 결과는 홍수에 대한 취약성이 동일하게 증가하더라도 지역에 따라 취약성을 증가시키는 요인이 다르며, 이에 따라 특성에 맞는 대책수립이 필요함을 의미한다.

4. 결 론

본 연구에서는 2012년과 2017년 기후변화 홍수 취약성을 동일한 방법으로 수행하여 비교·분석하고 그 변화 경향을 살펴보았다. 이를 통해 2012년에 제시된 분석 결과에서 취약성이 증가할 것으로 예측되었던 지역이 2017년 분석 결과에서도 어느 정도 그 추세가 일치하는 것으로 나타났으나 지역적으로 그 주요요인은 다른 것으로 파악되었다. 좀 더 상세한 원인 분석을 위해서는 기초자료의 경향 변동 등을 살펴볼 필요가 있으나, 이는 자료구축 기관의 자료구축, 업데이트, 모니터링 기준 등에 대한 정보 획득 등을 수반하여 향후 심층 분석이 수행되어야 할 것이다.

기후변화 홍수재해 취약특성 증가가 큰 지역 중에서 도시

민감도의 변화가 큰 지역에 대하여는 불투수 지역, 반지하 주택, 취약인구 등에 대한 피해를 예방하기 위한 관련 계획요소를 도입하여야 한다. 본 연구의 분석결과에 따르면, 인천을 제외한 전국 대부분의 지역에서 기후변화 홍수로 인한 도시민감도를 고려해야 함을 알 수 있었다. 높은 불투수 면적으로 인한 피해를 막기 위해 도로, 주차장 등의 표면을 포장하는 경우 투수성 재료 등을 사용한다. 홍수취약 인구에 대해서는 대피소, 대피로를 확보하거나 대피도우미를 지정하여 인명피해를 최소화 한다. 도로, 철도, 공동구, 하수도 등 취약한 기반시설은 취약지역을 고려하여 시설 설치를 제한한다. 반지하 주택 등 침수피해 취약 건축물의 경우 취약지역 내 설치를 제한하거나 이전을 유도하여 피해를 최소화하여야 한다.

기후변화 홍수재해 위험이 큰 지역 중에서 기후노출 관련 취약성 증가가 커서 구조물적 대책의 대응한계가 넘어설 것으로 예상되는 지역에 대해서는 홍수재해 취약성 지표와 연계하여 토지이용, 기반시설, 건축물 측면에서 다양한 대책이 요구된다. 본 연구의 취약성 변화 분석결과에 따르면, 대구, 대전, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 경상북도 지역이 이에 해당한다. 토지이용 측면에서는 연안변, 급경사지, 하천변 등 취약지역 주변에 완충지대를 조성하여 피해를 최소화한다. 기반시설 관련해서는 하천변 저지대에 수피제방을 조성하거나, 투수성 재료 활용 및 저류기능을 부여하여 주변 지역의 피해 저감을 유도한다. 취약 건축물의 경우 차수판 설치, 횡단 배수시설, 지하층 또는 예상 침수위 이하 부분에

주거용도 제한 등을 통해 피해를 최소화한다.

중장기적으로는 취약성이 가장 심각한 지역은 오픈스페이스로 배치하고, 안전한 지역에는 주거용지, 완충지역에는 상업용지 등을 배치하여 재해 저감대책을 마련한다. 하천변 저지대 등 취약성이 높은 지역은 토지이용대책 등을 통해 도시차원에서 근원적으로 재해위험을 해소한다. 다만, 적절한 장기대책을 수립하기 위해서는 본 연구와 같은 비교가 향후 5년마다 혹은 매년 지속적으로 수행되어 그 경향성과 재해발생 양상과의 관계분석이 수행되고 그 결과가 축적될 필요가 있다. 장기적 대책들은 그 집행이 매우 어렵고 시간이 많이 소요되기 때문에 본 연구와 같은 비교연구가 지속적·주기적으로 수행되고 그 결과를 2100년과 같은 미래 시나리오와 비교하며 모니터링 하는 것이 반드시 필요하다.

기후변화로 인해 재해 불확실성이 급격히 커지고 있는 상황에서 일회적인 정밀 분석결과에 의한 대책만으로는 상황변화에 대응하기 불가능하다. 본 연구와 같이 지속적인 변화추이 모니터링에 근거한 대책 수립과 그 영향분석 또한 반영하는 지능화된 대응체계가 필요하다. 실질적인 대책 수립과 경험지식의 DB화를 위해서는 지속적·주기적 취약성분석이 중요하며, 본 연구가 그 토대 수립에 기여할 수 있기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 정부(행정안전부)의 재원으로 재난안전기술 개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다[MOIS-재난-2014-02].

References

- Go, J.G. (2009). *A study on Vulnerability Assessment to Climate Change in Gyeonggi-do*. Policy Research 2009-37, Gyeonggi Research Institute.
- Hong, J.J., Lim, H.J., Ham, Y.H., and Lee, B.J. (2015). Grid unit based analysis of climate change driven disaster vulnerability in urban area. *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol. 23, No. 6, pp. 67-75.
- KAIA (Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement). (2015). *Urban design technique development adapting to climate change driven heavy rainfall disaster*.
- KAIA. (2017). *Development planning of advanced urban responding system against climate change*.
- KRIHS (Korea Research Institute for Human Settlements). (2014). *Supporting platform for the analysis of climate change driven disaster vulnerability in urban area*.
- KRIHS. (2016). *Complementary utilization of disaster-related districts and regions for disaster preventive urban planning*.
- Lee, B.J., Cha, E.H., Kim, H.Y., and Kang, S.J. (2018). Linking and applying various natural disaster-related legal districts to disaster preventive urban planning. *GRI Review*, Vol. 20, No. 1, pp. 21-38.
- Lee, B.J., Kim, W.H., Kim, J.H., and Sim, O.B. (2015). The current state of the disaster-preventing zone and the guidelines for the institutional improvement. *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 50, No. 4, pp. 227-242.
- Lissner, T., Holsten, A., Walther, C., and Kropp, J.P. (2011). *A sectoral and standardised vulnerability assessment: The example of heatwave impact on human health*. Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport). (2013). *Climate change adaptation city III*.
- MOLIT. (2015). *Disaster vulnerability analysis, disaster preventive urban planning consulting*.
- MLTMA (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). (2011). *Climate change adaptation city I*.
- MLTMA. (2012). *Climate change adaptation city II*.
- Sim, O.B., Lee, B.J., Lee, C.H., and Kim, J.H. (2013). A Study on the methods to analyze climate change driven urban disaster vulnerability for disaster preventive urban planning. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 13, No. 6, pp. 239-247.
- Yoo, G.Y., and Kim, I.A. (2008). *Development and application of a climate change vulnerability index*. Korea Environment Institute.

Received September 14, 2018

Revised September 18, 2018

Accepted September 27, 2018