J Korean Soc Disaster Secur 13(2): 1-9, 2020
https://doi.org/10.21729/ksds.2020.13.2.1

Print ISSN: 2466-1147 Online ISSN: 2508-285X
www.dssms.org

KSDS

Original Article

베트남 급성장 도시지역의 기후변화 홍수재해 위험성 분석

김소윤[1] · 이병재[2]* · 이종소[3]

[1]국토연구원 국토환경 · 자원연구본부 연구원, [2]국토연구원 글로벌개발협력센터 책임연구원, [3]국토연구원 국토환경 · 자원연구본부 책임연구원

Flooding Risk under Climate Change of Fast Growing Cities in Vietnam

So Yoon Kim[1], Byoung Jae Lee[2]*, and Jongso Lee[3]

[1]Assistant Research Fellow, National Territorial Environment & Resources Research Division, KRIHS

[2]Associate Research Fellow, Global Development Partnership Center, KRIHS

[3]Associate Research Fellow, National Territorial Environment & Resources Research Division, KRIHS

요 약

베트남의 도시들은 지리적 특성으로 인해 기후변화에 따른 홍수 위험성이 높은 상황인데, 빠르게 도시지역이 확장됨에 따라 홍수위험성은 더욱 가중되고 있다. 본 연구에서는 도시확장강도지수를 활용하여 지난 10년간(2007년-2017년) 베트남 국가차원에서의 도시확장 추세를 확인한 후, 기후변화 영향이 크고 확장속도가 빠른 지역으로서 후에시를 선정하여 홍수발생가능성을 확인하였다. 그 결과 홍강델타, 메콩델타, 해안지역의 주요 도시 주변으로 확장되었으며, 후에시의 경우 확장속도가 빠른 지역일수록 예상침수면적이 높은 것으로 나타났다. 이는 향후에 홍수재해 위험성이 더욱 커질 수 있음을 의미한다. 재해취약성분석 제도 등 국내의 도시방재정책은 베트남 급성장지역에서 기후변화를 고려한 도시계획 수립 시 도움이 될 것이다.

핵심용어: 재해취약성, 급성장지역, 도시확장강도, 베트남, 도시방재정책

ABSTRACT

Vietnamese cities have a high risk of flooding under climate change due to their geographical characteristics. In this situation, the urban area is expanding with rapid growth of urban population. However, the risk of flooding is increasing due to the increase in impermeable areas and insufficient infrastructure. This study analyzed the urban expansion trend at the national level in Vietnam for the past 10 years (2007-2017) by using the Urban Expansion Intensity Index. Also, this study selected Hue City as a region with a large impact of climate change and a rapid expansion and found the possibility of flooding in the urban expansion area. The result showed that cities have been expanded around major cities in the Red River Delta, Mekong Delta, and coastal areas. In the case of Hue City, the area with fast expansion rate has a higher expected flood area. It implies that the risk of flood disasters may increase if the urabn expansion is carried out without disaster prevention measures. It is expected that Korean urban disaster prevention policies such as urban climate change disaster vulnerability analysis system will be helpful in establishing urban plans considering climate change in the fast growing regions such as Vietnam.

Keywords: Disaster vulnerability, Fast growing city, Urban expansion intensity index, Vietnam, Disaster prevention urban planning

***Corresponding author:** Byoung Jae Lee, leebj@krihs.re.kr

Received: 4 June 2020, **Revised:** 16 June 2020, **Accepted:** 19 June 2020

Ⓒ Korean Society of Disaster & Security. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

전 세계적으로 기후변화가 지속적으로 진행되는 가운데 동남아시아에 위치한 베트남은 기후변화의 영향을 많이 받는 국가 중 하나이다. 태풍, 홍수, 산사태, 해수침입, 가뭄, 지진 등 다양한 자연재해의 위험에 노출되어 있고, 태풍과 홍수 피해가 가장 많이 발생하며 태풍은 매년 약 7차례 발생하는 것으로 알려져 있다. 2012년부터 2014년까지 자연재해로 인해 240명이 사망하고 대규모 경제적 피해가 발생하였다. World bank(2012)는 베트남을 기후변화에 영향을 가장 많이 받는 다섯 개 국가 중 하나로 평가하였고, Germanwatch(2020)는 극한기후 현상에 대한 인명 및 경제적 손실에 대한 지표를 바탕으로 CRI(Climate Risk Index)를 계산한 결과 지난 20년간(1999-2018) 기후변화에 영향을 가장 많이 받는 여섯 번째 국가로 평가하였다.

베트남이 기후변화에 영향을 많이 받는 이유는 지리적인 특징이 크게 작용한다. 3,200 km에 달하는 긴 해안선에 28개의 성(省)이 위치하고 주요 중심도시의 50%를 포함하고 있어 태풍, 해수면 상승 등 재해발생 시 영향을 크게 받을 수밖에 없다. 또한 북부지역과 중앙고원지역에 높은 산맥이 발달해 있어 해안변과 홍강델타, 메콩델타와 같은 저지대 지역을 중심으로 도시들이 발달하면서 홍수에 대한 취약성이 높은 상황이다.

이런 상황에서 베트남의 빠른 속도의 도시화 과정은 기후변화 재해피해의 위험을 심각하게 가중시키고 있다. 베트남은 1986년 도이머이(Doi Moi)정책 이후 급속도로 경제성장을 이루었고 이에 따라 도시인구가 증가하며 2018년 기준 36%의 인구가 도시에 거주하고 있다. 2020년까지 45%, 2030까지 50%로 도시인구는 지속적으로 증가할 것으로 예측된다(ADB, 2013). 빠른 속도로 도시인구가 증가함에 따라 도시가 확장되면서 재해위험 지역이 개발되고 도시기반시설의 부족 등의 문제가 발생하고 있다. 적절한 도시기반시설이 마련되지 않은 상황에서 신규개발지의 증가는 홍수발생에 대한 취약성을 증가시키는 요인이 될 수 있다(Kang, 2017).

이러한 문제점을 방지하기 위해 개발 계획 단계에서 개발 예정지에 대한 충분한 현황파악과 취약성을 검토할 필요가 있다. 국내의 경우 2012년 1월 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」의 개정을 통해 도시·군기본계획 및 도시·군 관리계획을 수립하거나 변경하는 경우 재해취약성에 관한 분석을 포함하도록 하였고, 국토연구원에서 도시 침수지역 및 영향권 분석을 기반으로 한 도시침수 예방대책 지원 시스템을 구축하여 부산과 제주도에 시범적으로 적용하였다(Lee et al., 2018). 하지만 베트남의 경우 도시계획 단계에서 이러한 업무를 수행하기 위한 제도 및 시스템이 마련되어 있지 않고 담당 공무원의 역량이 부족한 상황이다(VUPDA, 2018).

위와 같은 배경에서 본 연구는 베트남의 도시확장 패턴을 살펴보고 도시확장지역에 대한 홍수 발생가능성을 확인해본다. 도시확장지역의 홍수발생가능성 확인은 방재적 관점에서 베트남의 도시계획적 재해예방 지원기술을 적용하기 위한 우선지역 선정 시 활용될 수 있다. 나아가 베트남의 급성장지역에 적용할 수 있는 국내의 도시방재정책을 제시해보고자 한다.

2. 관련 선행연구

2.1 베트남 재해발생 및 대응

베트남의 재해에 대해 국내 연구에서는 베트남의 재해발생 특성을 바탕으로 국제협력 관점에서 참고할 수 있는 내용을 주로 다루고 있다. Lee et al.(2011)는 재해 현황자료를 바탕으로 발생횟수, 손실액, 인명피해에 대한 지역적인 양상을 파악하고 행정구역별 잠재위험지수를 계산하여 상습풍수해 피해지역을 도면화함으로써 베트남 재난관리에 참고할 수 있도록 하였다. Lee(2014)은 급속한 산업화와 함께 기후변화에 취약한 베트남을 대상지역으로 선정하여 개발도상국에서의 기후변화 대응 현황을 파악하고 도시공간구조의 활용방안을 제시하였다.

국외 연구는 주로 베트남의 세부지역을 중심으로 현황파악 및 재해로 인한 영향을 분석하고 있다. 재해에 대한 초창기 연

구인 Dutta et al.(2005)은 재해현황 및 건축물 공간자료 등의 자료가 없는 한계가 있어 재해피해 경험에 대한 설문조사를 통해 하노이 주요 피해지역의 건축물 피해와 사회적 피해를 감소시킬 수 있는 요소를 도출하였다. 이후 Nhu et al.(2011)는 새롭게 구축된 침수흔적도 및 인구사회학적 공간자료를 활용하여 재해피해의 공간적 패턴과 양상 분석을 처음으로 시도하였다. 이 연구에서는 주요 피해발생 지역인 메콩델타지역과 꽝빈(Quang Binh)을 대상으로 재해 발생과 사망자, 건축물 피해 분포를 분석하고 과거 20년에 대한 피해증가 양상을 확인하였다. Razafindrabe et al.(2014)는 다낭시를 대상으로 커뮤니티 차원에서의 홍수 취약성과 회복 가능성을 분석하였다. 주민들의 학업수준과 지역의 사회적환경, 물리적 환경, 경제적 수준 등에 따라 홍수발생에 영향을 받는 정도가 다름을 확인하였고 회복할 수 있는 능력에 대해 고찰하였다.

2.2 도시확장에 따른 재해피해 변화

도시의 확장은 건물, 도로 등 불투수성 구조물의 면적을 증가시켜 강우 시 침수에 대한 취약성이 높아지게 된다. Son et al.(2013)에서는 도로, 시가화면적, 위험시설 등을 그레이인프라로 규정하여 도시의 홍수위험도를 악화시키는 요인으로 보았고, Choi(2004), Shin and Park(2014), Ha and Jung(2017)의 연구에서도 불투수면적의 증가가 도시홍수 피해에 영향을 미치는 요인임을 확인하였다.

도시확장에 따른 재해위험성 증가는 선진국보다 개발도상국에서 더욱 중요한 문제로 여겨진다. 선진국에 비해 개발도상국의 도시화 증가율이 높으나 기후변화에 대한 대응능력은 낮기 때문이다(Lee, 2014; Bangalore et al., 2017). 기후변화에 따른 극한홍수사상 발생 시 인적피해와 물적피해가 증가하는 추세임을 고려할 때(Chang et al., 2019), 특히 소득이 낮은 개발도상국의 시민들이 피해 발생에 따라 소득과 자산의 많은 부분을 잃을 가능성이 높아지고 있다(Bangalore et al., 2017). 이러한 문제들에 대응하여 기후변화의 영향을 많이 받는 베트남에서도 최근 도시확장을 고려한 재해피해의 연구들이 진행되고 있다. 이 중 Velasquez et al.(2015)는 메콩지역을 대상으로 한 연구에서 도시의 빠른변화가 재해와 기후 취약성으로 연결됨을 확인하였고, Duy et al.(2017)은 올드타운, 중심지역, 신도시 개발지역, 근교 등 개발단계별로 호치민의 공간범위를 나누어 일반적인 홍수피해도면과 극한 홍수시나리오에서의 홍수피해도면을 비교하였고, 신도시 개발지역의 경우 기후변화에 따라 홍수에 매우 취약함을 확인하였다.

3. 분석 방법 및 범위

베트남의 도시확장지역을 분석하기 위해 도시확장강도지수(UEII, Urban Expansion Intensity Index)를 활용하였다. 도시확장지수는 단위시간동안 시가화지역의 증가비율로써 양적인 확장정도뿐만 아니라 도시화의 속도를 비교할 수 있는 지표로 활용된다(Ryu et al., 2017; Kang, 2016; Lu et al., 2014). 도시확장지수는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$UEII = \frac{UA_i T^2 - UA_i T^1}{A_i \times \triangle t} \quad (1)$$

식 (1)에서 $UA_i T^2$은 i지역의 T^2년도일 때 시가화면적이고 $UA_i T^1$은 i지역의 T^1년도일 때 시가화면적을 의미한다. A^i는 i지역의 전체 면적이며, $\triangle t$는 T^1년도부터 T^2년도까지의 기간이다. 도시확장강도지수가 높을수록 같은 시간동안 시가화면적이 많이 증가함을 의미한다.

베트남의 도시확장 패턴 분석은 베트남 전국을 대상으로 하며, 행정구역 체계 중 두 번째 위계(City, District, Town)에 해당하는 682개 행정구역을 분석 단위로 설정하였다. 해당 위계는 우리나라의 시·군·구에 해당하는 위계이다. 682개 행정구역

에 대해 UEII를 도출함으로써 최근 10년간 어느 지역에서 도시가 빠른 속도로 확장하였는지 확인할 수 있다.

시가화지역의 면적은 베트남의 토지피복도에서 도시지역으로 분류된 면적을 추출하였는데, 본 연구에서 활용한 토지피복도는 일본 우주항공연구개발기구(JAXA)에서 10 m 해상도로 구축한 2007년과 2017년 자료를 활용하였다. 베트남은 2007년 「자연재해 예방, 대응 및 완화에 대한 국가전략」을 발표하며 사회경제개발 마스터 플랜 및 모든 지역, 부문, 국가 계획에서 재해의 예방, 대응 및 완화의 내용이 통합되어야함을 명시한 바 있다. 또한 2013년 도시개발의 관점에서 기후변화 관련 과제를 제시한 「기후변화 대응 베트남 도시개발계획 2013-2020」을 발표하고 이듬해 2014년에는 「건설부문 기후변화 대응 실행계획 2014-2020」을 발표하였다(VUPDA, 2018). 이러한 과정을 고려할 때, 도시계획 시 기후변화에 대한 대응이 필요하다는 인식이 정부정책에 투영되기 시작한 2007년부터 10년간의 도시확장 패턴을 살펴보는 것은 의미있는 점이라 판단된다.

4. 분석 결과

4.1 베트남 도시확장의 공간적 특성

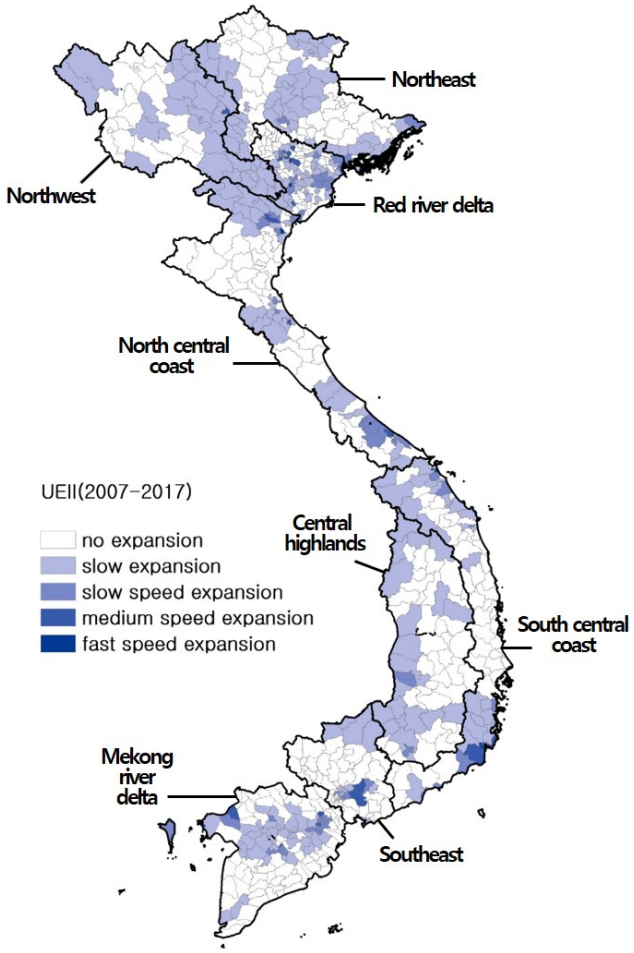


Fig. 1. Spatial pattern of Vietnamese cities by UEII

베트남의 682개 행정구역을 대상으로 10년간(2007년-2017년) UEII를 계산한 결과 Fig. 1과 같은 공간분포를 보이며 도시의 46%가 확장된 것으로 확인되었다. 그 중 매우 빠른 속도의 확장지역은 없었고, 빠른 속도의 확장지역은 6개 도시, 보통 속도의 확장지역은 23개 도시, 느린 속도의 확장지역은 52개 도시, 매우 느린 속도의 확장지역은 233개 도시로 분석되었다

(Table 1).[1)]

기존 도시화 현황에 따라 확장의 가능정도가 다르기 때문에 확장속도별 도시를 기존의 도시면적비율로 나누어 살펴볼 필요가 있다. 도시면적비율 80% 이상 지역은 도시확장이 없거나 느린속도로 확장되고 있으며, 중앙직할시에 해당하는 하노이(6개), 호치민(12개), 하이퐁(1개), 다낭(1개)의 도시들이 포함된다. 이 중 확장이 이루어진 도시는 모두 하노이에 위치한 도시로 확인되어, 호치민과 비교할 때 하노이는 느리지만 지속적인 개발이 진행 중임을 알 수 있다.

Table 1. Classification of Vietnamese cities by UEII and urban area ratio

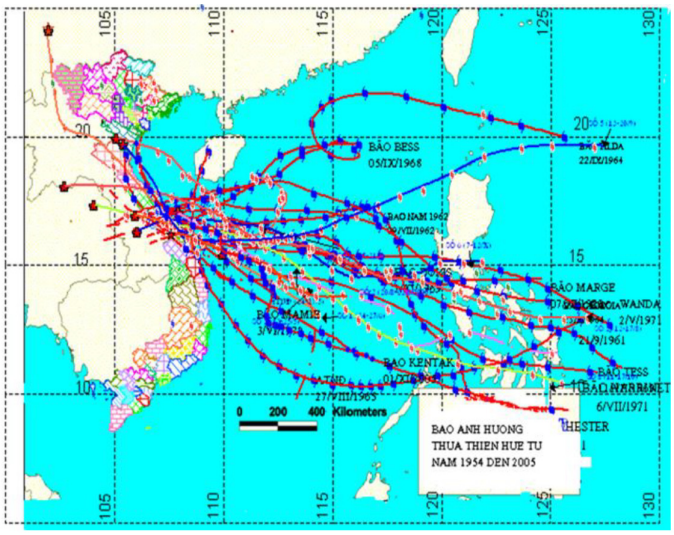
Urban area ratio in 2007	UEII					Total
	No expansion	Slow expansion	Slow speed expansion	Medium speed expansion	Fast speed expansion	
Less than 20%	275	207	39	9	2	532
20% - 40%	66	15	6	11	4	102
40% - 60%	9	2	3	3		17
60% - 80%	3	5	2			10
More than 80%	14	4	2			20
Total	367	233	52	23	6	681

빠른 속도의 확장이 이루어지는 도시로는 하노이가 위치한 홍강델타 지역에서 2개, 북부 및 남부 중앙 해안지역에서 3개, 호치민이 위치한 메콩델타 지역에서 1개가 해당된다. 보통 속도의 확장이 이루어지는 도시로는 홍강델타 지역에서 9개, 북부 및 남부 중앙 해안지역에서 7개, 메콩델타지역에서 4개가 해당된다. 보통속도 이상의 확장이 이루어지는 29개 도시 중 26개 도시가 홍강델타, 메콩델타, 해안지역에 위치하는 결과는 지형적인 특성으로 인해 해안가와 저지대인 델타 지역을 중심으로 도시가 발달한다는 다수의 문헌내용을 실제 데이터로 보여준다. 또한 국가차원에서 기후변화에 대응한 도시개발계획들이 수립되었으나, 실제 개발과정에서는 적극적으로 고려되고 있지 못하다는 것을 알 수 있다.

4.2 도시확장지역의 홍수발생 가능성

국가 차원의 도시확장 추세를 확인한 뒤, 실질적인 도시차원의 기후변화 재해위험 변화 가능성을 살펴보기 위해 앞서 분석된 결과 중 도시의 확장속도가 빠른속도에 해당하는 후에시(Hue City)를 선정하여 도시확장지역의 홍수발생 가능성을 확인하였다. 후에시는 중부해안가(central coast)에 위치한 도시로 베트남의 고대 수도로서 중요한 문화와 역사적 요소가 풍부한 지역이다. 하지만 산맥과 해안 사이에 위치한 지리적 특징으로 인해 9월부터 12월까지 집중호우 기간에는 매년 상습적인 홍수범람이 발생하고 있으며, 기후변화의 높은 위험에 노출되어 있는 지역 중 하나이다. 또한 Fig. 2와 같이 동쪽 해안으로부터 20 km거리에 위치하고 있어 크고 작은 태풍의 영향을 많이 받고 있다. 태풍은 5월부터 11월까지 주로 발생하는데, 특히 9월과 10월 사이에 발생빈도가 매우 높다. 한편 후에시는 베트남의 주요 도시인 하노이와 호치민 중앙에 위치하여 베트남의 경제성장과 균형발전의 요충지로서 빠른 도시화와 도시확장이 이루어지고 있다(ISET, 2014). 베트남에서도 기후변화의 영향을 많이 받는 143개 지자체 중 하나로 후에시를 전망하고 있으며, 후에시는 중앙직할시 다음으로 인구규모가 큰 등급 I 지역에 해당된다.

1) UEII값이 0초과 0.28 이하인 경우 매우 느린확장(slow expasion), 0.28초과 0.59 이상인 경우 느린확장(slow speed expasion), 0.59초과 1.05 이하인 경우 보통속도의 확장(medium speed expasion), 1.05초과 1.92 이하인 경우 빠른속도의 확장(fast speed expasion), 1.92 이상인 경우 매우 빠른속도의 확장(high speed expasion)으로 정의되며, 음의 확장강도지수는 시가화건조지역 면적의 증가가 거의 없거나 녹화 등으로 피복이 바뀐 것을 의미한다(Ryu et al., 2017).



(Source : Action Plan to respond to climate change. Hue People's Committe, 2014)

Fig. 2. Path of storms that affected Hue city from 1954 to 2005

베트남 전국에 대한 도시확장 분석단위보다 한 단계 더 작은 행정단위(Community)의 도시확장강도를 도출하여 후에시 내에서의 도시확장 패턴을 분석하고, 2050년 침수예상도를 활용하여 도시확장지역의 홍수발생 특성을 확인하였다.

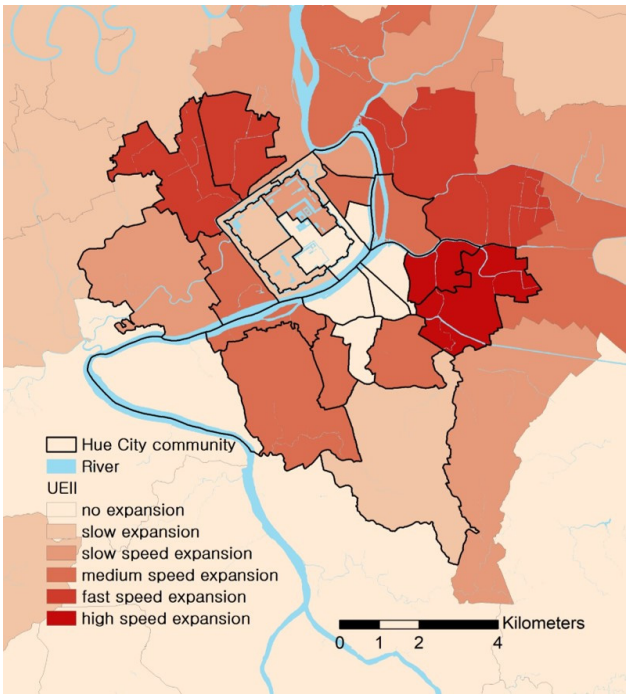


Fig. 3. UEII of Hue city (2007~2017)

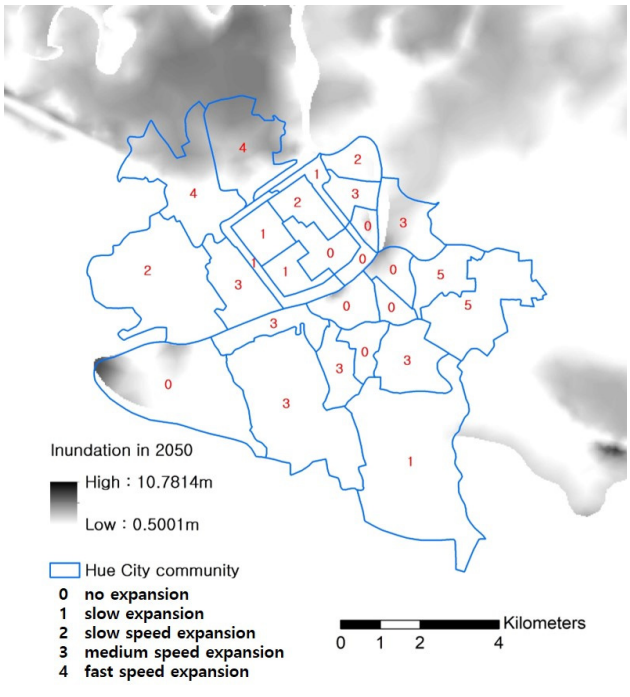


Fig. 4. Flood map of Hue city in 2050

2007년부터 2017년까지 후에시의 UEII를 계산한 결과 기존 도심지인 시타델 외곽으로 확장이 이루어지고 있음을 알 수 있다(Fig. 3). 특히 시타델 남동쪽의 쑨푸(Xuan Phu), 안동(An Dong) 지역은 '매우 빠른 속도의 확장' 지역으로 2020년을 목표로 하는 안번정(An Van Duong) 신도시에 포함되는 지역이다. 또한 시타델 북측의 흥소(Huong So), 안호아(An Hoa) 지역은 '빠른속도의 확장'이 이루어지고 있는 지역으로 흥소 산업단지와 연계하여 양호한 주거지역을 공급하기 위한 개발사업

이 진행되고 있다(Nguyen et al., 2014).

도시확장강도에 따라 미래 기후변화 시나리오에서 홍수발생가능성을 확인하기 위해 2050년 침수예상도를 활용하여 도시확장강도에 따른 침수특성을 살펴보았다. JICA(Japan International Cooperation Agency)에서 발표한 침수예상도에 따르면 Fig. 4와 같이 향강 남쪽과 시타델 북쪽을 중심으로 침수가 발생할 것으로 예측된다. 이를 도시확장강도별로 나누어 살펴보면 Table 2와 같다.

Table 2. Average inundated area ratio of cities by UEII

UEII	Inundated area ratio (%)
No expansion (Undeveloped area or existing city)	18.56
Slow expansion	0.81
Slow speed expansion	15.66
Medium speed expansion	22.11
Fast speed expansion	60.60

매우느린 속도의 확장 지역의 침수면적비율이 평균 0.81%인 반면 빠른속도의 확장 지역의 침수면적비율은 평균 60.60%로 확인되며, 확장속도가 빠른 지역일수록 침수면적 비율이 높을 것으로 예상된다. 이러한 결과는 침수가능성이 높은 지역으로 후에시가 개발되고 있으며, 방재대책이 마련되지 않은 상태로 지금과 같은 도시확장이 이루어질 경우 미래 기후변화 시나리오에서 도시의 재해취약성이 높아지고 대형피해 우려가 큼을 의미한다. Tran et al.(2016)에서도 빠른속도의 확장이 이루어지는 안번정(An Van Duong) 신도시에 대해 공간계획과 사회·경제적 개발방향이 저지대 및 홍수 지역으로 개발되는 경향이 있으며, 도시 홍수관리와 도시계획 간의 연계가 부족함을 지적한 바 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 기후변화의 영향과 도시확장으로 인해 홍수재해의 위험성이 증가하고 있는 베트남을 대상으로 도시확장특성을 살펴보았다. 도시확장강도지수(UEII, Urban Expansion Intensity Index)를 계산한 결과 과거 10년간(2007년-2017년) 베트남의 46%의 도시들이 확장하였고 홍강델타와 메콩델타, 중앙 해안지역의 도시들이 빠른속도로 확장하고 있는 것으로 나타났다. 또한 빠른 속도로 증가하고 있는 도시들 중 중앙 해안지역에 위치하여 태풍 및 홍수범람의 위험성이 높은 후에시를 대상으로 홍수발생 가능성을 검토하였다. 2050년 침수예상도를 활용하여 도시확장속도별로 침수예상면적의 비율을 비교한 결과 빠른속도의 확장지역일수록 예상침수면적의 비율이 높은 것으로 나타나 침수 위험이 가중되는 방향으로 도시가 개발되고 있음이 확인되었다.

2007년 이후 베트남에서는 기후변화에 대응하기 위한 도시계획을 여러 차례 발표하였으나 본 결과를 통해 검토해본 베트남의 도시개발은 여전히 제도적, 시스템적으로 재해위험성이 고려되고 있지 않음을 알 수 있다. 또한 안번정(An Van Duong) 신도시 등 실제 계획지역들이 계획과정에서 방재대책과의 연계 부족으로 인해 재해에 취약한 저지대 방향으로 개발되고 있는 중이다. 이러한 결과를 바탕으로 본 결론에서는 베트남의 도시계획에 적용 가능한 국내의 도시방재정책을 제시하고자 한다.

국내에서는 대표적으로‘도시 기후변화 재해취약성분석’ 제도를 통해 도시의 재해위험에 대한 근본적 원인을 파악하고 있다. 2011년 우면산 산사태, 강남 침수피해를 계기로 재해안전도시 조성을 위해 기후변화 재해취약성 분석의 필요성과 재해취약지역을 고려한 도시계획체계 구축의 필요성에 따라 도시·군기본계획 및 도시· 군관리계획 수립 시 기초조사의 하나로

재해취약성분석을 실시하고 그 결과를 반영하도록 하였다. 국토교통부의 기후변화에 따른 재해 취약성 분석결과는 Ⅰ~Ⅳ 등급으로 등급화되는데, Ⅰ등급에 가까울수록 재해에 취약한 지역으로 해석된다. 재해취약성 분석에 따라 결과가 도출되면 이를 반영한 재해예방 계획 수립이 이루어지며, 토지이용계획, 기반시설계획, 방재계획 등 각 부문별로 계획차원에서 대응방향이 제시되어야 한다. 이때 각 부문별 계획은 재해취약지역 및 주변지역에 대한 현장여건, 지역특성 등이 고려된다. 주목할 사항은 도시 종합 재해 취약성(Total Disaster Vulnerability)은 현재 취약성을 중심으로 미래 취약성 분석에 따른 새로운 취약지역을 고려하여 예방전략을 수립토록 지원한다는 데에 있다. 이러한 특징은 베트남과 같이 급성장지역에 대해 매우 유의미한 시사점을 줄 수 있다.

최근 베트남의 기후변화 영향에 따른 재해는 불확실성을 동반하며 대형화되는 추세이다. 이러한 추세에 대응하기 위해서는 사전예방적 종합대책이 요구되며 종합대책을 실현하기 위한 도시계획적 대응방법이 필요하다. 특히 도시차원에서 각 부문들이 연계되는 종합적 대책이 필요하며, 종합적 대책 수립 시 각 지역의 도시계획적 특성을 고려한 방재관련 계획기준이 필요하다. 향후 베트남에서 재해발생지점-재해직접영향권-재해간접영향권으로 나누어 공간영역별로 계획요소를 세분화 및 조합하는 과정은 재해영향 및 특성을 고려하여 도시계획적 대책을 효율적으로 적용할 수 있도록 한다. 재해발생지점에 대해서는 방재시설을 중심으로 구조적 대책(제방증고 및 강화, 하수도 용량 증대 및 저류기능 마련, 펌프장 용량 증대 및 확충, 사방댐 등 사방시설 설치 등)을 마련하고, 재해직접영향권인 재해취약지역은 토지이용대책(이전, 이격, 제한), 중요기반시설 설치제한 등(침수심에 따라 세분)을 계획하여야 한다. 또한 재해간접영향권인 재해취약 주변지역은 토지이용대책(보전, 회피), 공원, 공공시설 등을 활용한 우수저류, 노면수제어 등을 통해 재해취약지역에 대한 영향을 저감해 나가야 할 것이다.

Acknowledgments

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 20CTAP-C145109-03).

References

ADB. (2013). Viet Nam: Environment and Climate Change Assessment. Manila, Philippines: Asian Development Bank.

Bangalore, M., Smith, A., and Veldkamp, T. (2017). Exposure to Floods, Climate Change, and Poverty in Vietnam. The World Bank.

Chang, H. J., Lee, H. J., and Lee, H. S. (2019). Regionalization of Conceptual Rainfall-Runoff Model to Simulate Runoff Induced by Typhoons. Korea Society of Disaster and Security. 12(4): 63-72.

Choi, C. I. (2004). A Empirical Study on the Urban Flood Vulnerability by Urbanization Using Panel Data : In Case of Kyonggi Province. The Korea Spatial Planning Review. 42: 17-37.

Dutta, D., Khatun, F., and Herath, S. (2005). Analysis of flood vulnerability of urban buildings and population in Hanoi, Vietnam. Seisan Kenkyu. 57(4): 338-342.

Duy, P. N., Chapman, L., Tight, M., Linh, P. N., and Thuong, L. V. (2018). Increasing Vulnerability to Floods in New Development Areas: Evidence from Ho Chi Minh City. International Journal of Climate Change Strategies and Management.

Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L., and Winges, M. (2019). Global Climate Risk Index 2020. Germanwatch.

Ha, G. J. and Jung, J. C. (2017). The Impact of Urbanization and Precipitation on Flood damages. Journal of Korea Planning Association. 52(4): 237-252.

Kang, S. J. (2016). Analysis of Developed Area Expansion and Fragmentation Changes - Focused on the Gangwon Region. Urban Design. 17(6): 5-16.

Kang, S. J. and Kwon, T. J. (2017). Spatial Relations of the Urban Expansion Intensity and Flooded Buildings. Journal of the Korean Society of Civil Engineers. 37(4): 759-764.

Lee, B. J. and Kim, S. Y. (2019). Roles of Urban Planning to Prevent Climate Change Disaster in Vietnam. Crisisonomy. 15(10): 61-73.

Lee, H. Y. (2014). Climate Change Vulnerability in Developing Countries and Challenges to Address Climate Change. Journal of Environmental Studies. 53: 95-101.

Lee, J. W., Yoon, C. R., and Yu, Y. M. (2011). A Study on Geographical Analysis of Natural Disaster and Disaster Risk Management in Vietnam on Viewpoint of International Cooperation. The Geographical Journal of Korea. 45(2): 265-278.

Lee, S. E., Lee, B. J., Lee, J. S., and Kim, S. Y. (2018). Development of the Urban Flooding Risk Prevention System Ⅲ. Korea Research Institute for Human Settlement.

Nhu, O. L., Thuy, N. T. T., Wilderspin, I., and Coulier, M. (2011). A Preliminary Analysis of Flood and Storm Disaster Data in Vietnam. United Nations Development Programme.

Razafindrabe, B. H., Kada, R., Arima, M., and Inoue, S. (2014). Analyzing Flood Risk and Related Impacts to Urban Communities in Central Vietnam. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 19(2): 177-198.

Ryu, Ji Eun, Hwang, Jin Hoo, Lee, Jun Hee, Chung, Hye In, Lee, Kyung Il, Choi, Yu Young, Joo, Yong Eon, Sung, Min Jun, Jang, Rae Ik, Sung, Hyun Chan, Jeon, Seong Woo, and Kang, Jin Young (2017). Analysis of Changes in Forest According to Urban Expansion Pattern and Morphological Features. Korean Journal of Remote Sensing. 33(5): 835-854.

Shin, S. Y. and Park, C. Y. (2014). Analyzing Relationships between Land Use Characteristics and Flood Damage Areas : The Case of Seoul. The Korea Spatial Planning Review. 81: 3-20.

Tran, P., Friend, R., MacClune, K., and Henceroth, J. (2016). Building Urban Climate Resilience: Experiences from Vulnerability Assessment in Hue City, Viet Nam. In Sustainable Development and Disaster Risk Reduction. Sustainable Development and Disaster Risk Reduction. 57-69.

VUPDA (2018). Basic Data Construction for Development and Utilization of Vietnam Urban Flooding Prevention Aid System. Hanoi, Vietnam: Vietnam Urban Planning and Development Association.

World Bank (2012). Vietnam Urban Briefs : Disaster Risks in the Urban Environment. World Bank: Washington DC, USA.

Korean References Translated from the English

강상준 (2016). 도시의 시가화지역 확장과 파편화 변화분석-강원지역을 중심으로. 한국도시설계학회지. 17(6): 5-16.

강상준, 권태정 (2017). 도시확장강도와 건물침수의 공간적 관계성. 대한토목학회논문집. 37(4): 759-764.

류지은, 황진후, 이준희, 정혜인, 이경일, 최유영, 주용언, 성민준, 장래익, 성현찬, 전성우, 강진영 (2017). 도시의 공간 확장 및 형태적 특징에 따른 산림녹지의 변화 분석. 대한원격탐사학회지. 33(5): 835-854.

신상영, 박창열 (2014). 토지이용 특성과 침수피해면적 간의 관계 분석: 서울시를 사례로. 국토연구. 81: 3-20.

이병재, 김소윤 (2019). 베트남 기후변화 재해에 대한 도시 계획적 예방대책 실태 분석 연구. Crisisonomy. 15(10): 61-73.

이상은, 이병재, 이종소, 김슬예 (2018). 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현Ⅲ. 세종: 국토연구원.

이자원, 윤초롱, 유영민 (2011). 재해대응 국제협력의 관점에서 본 베트남 자연재해의 지리적 특성과 재난관리에 관한 연구. 국토지리학회지. 45(2): 265-278.

이희연 (2014). 개발도상국의 기후변화 취약성 실태와 기후변화 대응 과제. 환경논총. 53: 95-101.

장형준, 이호진, 이효상 (2019). 태풍 발생 시 유출량 산정을 위한 개념적 강우-유출 모형의 지역화 연구. 한국방재안전학회논문집. 12(4): 63-72.

최충익 (2004). 도시화에 따른 수해 취약성에 관한 실증분석. 국토연구. 42: 17-37.

하경준, 정주철 (2017). 도시화와 강우량이 도시홍수 피해에 미치는 영향에 관한 연구. 국토계획. 52(4): 237-252.