

기후변화에 따른 연안도시 공간 취약성 분석 연구 : 경상남도 연안도시를 중심으로

하경준*[†] · 유소영**

*경남연구원 연구기획조정실 연구위원, **경상남도의회 건설소방위원회 정책지원관

A study on spatial vulnerability of coastal cities by climate change : The case of coastal cities in Gyeongsangnam-do

Ha, Gyoungjun*[†] and Yu, Soyoung**

*Research Fellow, Department of Research Planning & Coordination, Gyeongnam Institute, Changwon, Korea

**Policy Support Officer, Construction & Fire-fighting Committee Office, Gyeongsangnam-do Provincial Council, Changwon, Korea

ABSTRACT

The risk of coastal areas due to climate change has been predicted for a long time, and vulnerability is expected to increase. To recognize the risks of the climate crisis and manage coastal cities sustainably, information on risks for coastal cities due to climate change must be properly presented. The purpose of this study was to derive a flood risk area for the coastal area of Gyeongsangnam-do, identify the buildings distributed throughout the area, present the risks, and derive policy implications. The first step of this study was to examine the spatial range of the high risk of flooding in the coastal areas of Gyeongsangnam-do. The second step in the analysis process was to analyze spatial vulnerability by analyzing buildings subject to flood risk corresponding to the analyzed spatial range. Finally, based on this, we derived policy implications. As a result of the analysis, the expected flooded area in the coastal area of Gyeongsangnam-do corresponds to a total of 86.23 km², and 57,478 buildings were included in coastal inundation prediction. As a result of detailed spatial analysis, it was found that national industrial complexes, large-scale ports (such as Masan Port), and apartment complexes are expected to incur significant damage, and the risk of flooding in new towns built in coastal areas is high. To improve the safety of the coastal areas, it is necessary to recognize risks posted to such area by using a coastal flood forecast map in the short term and actively using it for the evacuation of residents in the case of a typhoon forecast. Also, it is necessary to continuously analyze spatial vulnerabilities and present concrete alternatives. In particular, it is crucial to prepare practical and concrete alternatives by analyzing regional characteristics, such as the number, shape, and use of buildings in risky areas.

Key words: Climate Adaptation, Coastal Inundation, Building Vulnerability, Sustainable Urban Management

1. 서론

본격적인 기후변화 위기가 세계 곳곳에서 감지된다. 2023년 동아프리카에 덮친 가뭄, 2022년 대홍수로 국토의 3분의 1 가량이 물에 잠긴 파키스탄, 2022년 유럽을 위기로 몰고 간 폭염과 산불 등은 기후위기를 잘 보여주는 대

표적인 사례로 기록된다. 기후위기는 빠르고 강하게 전 세계를 위협하고 있다.

국내에서도 기후위기가 실감되고 있다. 최근 기존 태풍과는 다른 모습을 보이는 초강력 태풍이 연이어 한반도를 강타하고 있다. 2016년 태풍 차바, 2022년 태풍 힌남노 등으로 부산, 창원, 거제, 울산, 포항 등의 연안지역에 큰 피

[†]Corresponding author: hkj13579@hanmail.net (51430, Gyeongnam Institute, 248, Yongji-ro, Changwon, Korea. Tel. +82-55-239-0127)

ORCID 하경준 0000-0002-3610-7526

유소영 0009-0008-0336-5423

해가 발생하였다. 기후위기는 앞으로가 더 문제가 될 가능성이 높다.

기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change; 이하 IPCC)에서 발간한 6차 평가보고서에 따르면, 모든 시나리오에서 가까운 미래(2021~2040년)에 1.5°C가 증가할 것으로 예측했다. 전 지구 지표온도 상승을 제한 한다 하더라도 해수면 상승 등의 변화들은 불가피할 것이라 전망한다(IPCC, 2023).

기후변화에 따른 연안지역의 위험성은 오래 전부터 예측되어 왔으며, 향후 취약성이 증가할 것으로 전망된다. 미 국립해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration; 이하 NOAA) 조사에 따르면, 향후 30년간 약 30cm의 해수면이 상승할 것이며, 이는 과거 100년간의 해수면 상승과 맞먹을 것으로 예상한다(Sweet et al., 2022). 해수면 상승은 인간의 주거와 밀접히 연계되어 있는데, 전 세계적으로 인구 천만명이 넘는 메가시티 20개 중 15곳이 연안도시에 해당한다(von Glasow et al., 2013).

해수면 상승과 더불어 태풍 또한 연안 저지대의 취약성을 증가시키는 대표적인 기후변화 현상이다. 전 세계적으로 태풍이 대형화되고 그에 따른 폭풍 해일로 인해 연안 지역의 침수 피해가 증가하고 있다. 대기 중 이산화탄소 농도가 2배 증가하면 ‘강’ 등급에 해당하는 태풍이 50% 증가할 것으로 예측한다(Chu et al., 2020). 따라서 인간의 활동으로 인해 발생하는 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 태풍의 규모를 키우고 연안지역의 취약성을 가중시키는 악순환 고리가 형성되었다.

해수면 상승과 태풍은 연안에 위치한 세계 각 국에서 중요하게 다루어지고 있는 기후위기 이슈다. 이탈리아 베네치아는 1992년 기뢰 위기에 대응하기 위한 모세 프로젝트를 시작하였으며, 인도네시아 수도 자카르타는 기뢰위기 대응 정책으로 수도를 옮길 구상을 시행 중이다. 기뢰위기에 대한 근본적인 대응을 위해서는 위험성이 높은 지역의 사람과 건축물을 안전한 지역으로 옮겨야 한다는 주장이 전문가로부터 제시되고 있다(Marino, 2018).

국외 연안도시의 기후위기 대응 노력과 달리 국내 연안도시의 기후위기 준비는 여전히 미흡하다. 해수면 상승과 태풍 규모가 증가함에도 불구하고 여전히 연안도시의 개발은 멈춰지지 않고 있다. 오히려 우수한 조망권이 사업성을 높여준다는 이유로 지속적인 개발 압력을 느끼고 있다(Park et al., 2020). IPCC 등 국내외의 전문가를 중심으로 기후위기의 영향을 분석하고, 미래 위험도를 제시하고 있지만 실제 우리가 살고 있는 공간에서 기후위기에 적응하

기 위한 적절한 대책이 제대로 작동하고 있지 못하다는 비판이 지속되고 있다(Park et al., 2020). 단편적인 예로, 1971년 이후 현재까지 2.538 km²의 면적이 공유수면 매립으로 육지화 되었으며, 이는 국토면적의 약 2.5%를 차지한다(Yoon et al., 2018). 이렇게 육지화된 지역은 항만시설, 어항시설, 공공시설, 주택시설로 이용됨에 따라 기후위기에 따른 취약성이 확대되고 있는 실정이다.

위의 내용을 종합하면, 현재 국내 연안도시 관리가 기후변화에 따른 위험성과 연계되어 있지 못하다고 볼 수 있다. 이는 연안도시를 관리하는 이해관계자에게 기후변화에 따른 연안도시의 위험 정보가 제대로 제시되고 있지 못한 결과로도 해석할 수 있다. 따라서 국내 연안지역 중 취약성이 높은 지역을 분석하여 대규모 개발을 지양할 수 있는 법적·제도적 장치 마련이 시급하다. 아울러 현재 위험지역에 위치한 연안도시의 공간적 현황을 살펴보고 위험성을 파악할 필요가 있다. 본 연구는 국내 연안지역을 대상으로 침수 위험지역을 도출하고 해당 지역에 분포한 건축물을 파악하여 정책적 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다.

2. 이론적 고찰

2.1. 기후변화에 따른 연안지역 위험성 고찰

기후변화로 인해 발생하는 대표적인 현상으로 해수면 상승과 태풍을 들 수 있다. 2가지 유형 모두 연안지역에 치명적인 현상이다. 해수면 상승은 지구의 평균 해수면이 상승하는 현상을 일컫는다. 해수면이 상승하는 원인은 크게 해수 온도 상승에 따라 바닷물이 팽창하여 해수면이 상승하는 것과 해빙에 의해 바닷물의 양이 증가하여 해수면이 상승하는 것으로 구분된다. 태풍은 열대 해상에서 발생한 열대저기압이 발달하여 17.2 m/s 이상의 강한 폭풍우를 동반한 기상 현상을 말한다(Chu et al., 2020). 해수면 상승과 태풍 모두 지구 평균 기온이 상승할 시 속도와 규모는 증가한다.

미 환경부(U.S. EPA) 자료에 따르면 과학적 기록이 시작된 1880년 이후 지구 평균 해수면은 8인치(20 cm) 이상 상승한 것으로 분석되었다(Fig. 1). 특히 1880년부터 1993년까지 연평균 약 0.06인치 증가한 반면, 1993년 이후 연평균 약 0.12인치의 상승률을 보여 과거 대비 2배 이상 속도가 빨라지고 있다(Fig. 1). 전문가들은 이러한 추세가 계속된다면 2000년 대비 2100년, 최소 0.3미터에서 최대 2

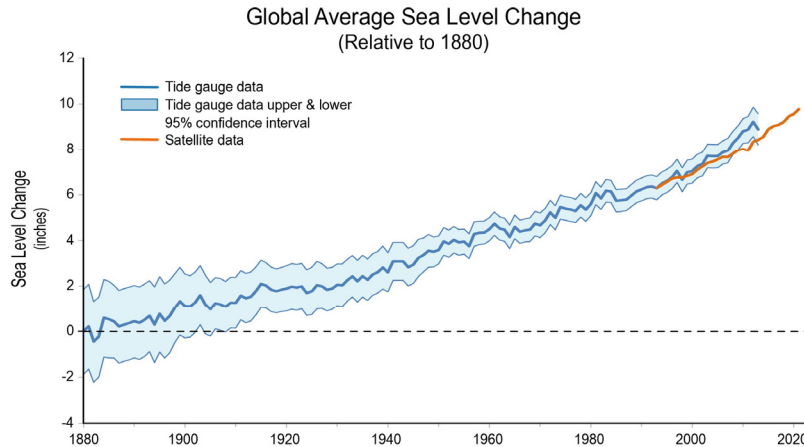


Fig. 1. Global average sea level change (1880 ~ 2021)

Source : EPA (2023)

미터까지 해수면이 상승할 수 있다고 경고한다(Sweet et al., 2017). 평균 해수면이 10 m를 넘지 않는 전 세계 저지대 해안 지역은 해수면 상승으로 주거공간 축소를 포함하여 홍수, 어업량 감소 등 사회경제 전반에 악영향을 미칠 것으로 예측한다(Magnan et al., 2022).

해수면 상승과 태풍에 따른 폭풍해일 위험은 국내 연안 지역에서도 발생하는 현상이며, 향후 위험성이 클 것으로 예측된다. IPCC 자료를 바탕으로 기상청에서 예측한 바에 따르면, 국내 해수면 상승 속도가 전 세계 평균 보다 빠른 것으로 분석된다(WMO, 2021). 최근 20년간 전 세계 평균 해수면 상승 폭에 비해, 국내 연안지역이 해수면 상승 폭이 약 1.5배 크다(WMO, 2021). 지역별로 살펴보면, 국내 평균 해수면 상승은 연간 3.03 mm이며, 동해안이 평균 3.74 mm/yr로 해수면 상승률이 가장 높다. 서해안은 연평균 3.07 mm 증가하였으며, 남해안은 2.62 mm, 제주 부근은 2.63 mm 증가한 것으로 분석된다(KHOA, 2021). 국내 연안지역 모두 전 세계 연평균 해수면 상승률 보다 높다.

2.2. 연안도시 개발에 따른 위험성 증가

태풍은 국내에서 발생하는 자연재해 중 피해규모가 가장 큰 유형에 속한다. 최근 10년간('12 ~ '21년) 국내에서 발생한 자연재해 중 태풍으로 인한 피해가 약 47%에 해당한다(MOIS, 2022). 또한 태풍은 가장 강도가 강할 때 연안지역에 상륙하므로 연안지역의 피해 비율이 높으며 많은 인명과 재산피해를 동반한다(Table 1). 국내에서 발

생한 대표적인 태풍인 루사는 246명이 사망 및 실종하고 약 50조원 이상의 재산 피해를 야기했다. 그 외에도 1987년 쉘마, 2003년 태풍 매미, 1991년 글래디스 등의 태풍으로 각각 100명 이상 인명피해가 발생했다. 또한 가장 최근인 2022년 태풍 힌남노로 포항 아파트 지하주차장에서 9명이 사망하는 사고가 있었다.

세계 주요 도시가 과거부터 우수한 정주환경, 관광, 기업활동 등의 이유로 연안을 중심으로 개발되어 왔다. 따라서 기후변화는 연안도시에 있어 가장 잠재적인 위험 요인 중 하나라고 볼 수 있다. 태풍, 해수면 상승 등은 인간의 주거환경에 절대적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. 이탈리아 베네치아, 인도네시아 자카르타 등 평균 해수면 자체가 낮은 도시는 더 이상 인간이 살 수 없는 도시가 될 가능성이 높다.

Table 1. Damage caused by typhoons in South Korea

Typhoons name	Damage	
	Casualties	Costs (million)
Thelma (1987)	178	391,298
Gladys (1991)	103	235,722
Olga (1999)	67	1,049,049
Rusa (2002)	246	5,147,917
Maemi (2003)	131	4,222,486
Ewiniar (2006)	62	1,834,428
Mitag (2019)	14	167,705

Source : MOIS (2022)

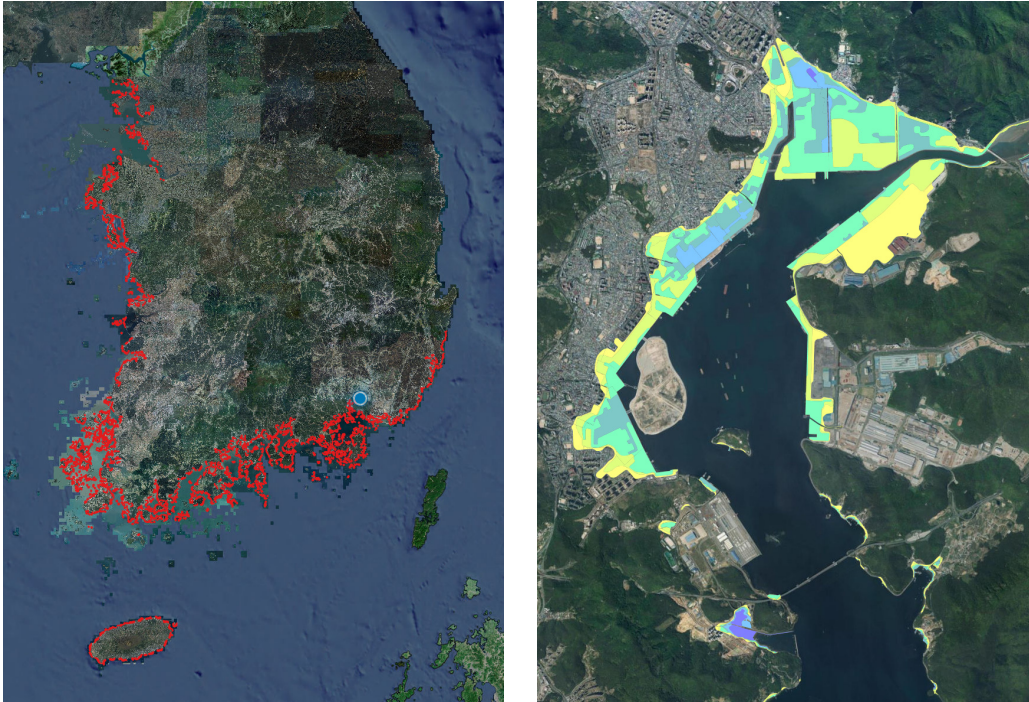


Fig. 2. Korea coastal inundation prediction map

Source : KHOA (2021); MOIS (2023)

국내의 연구기관에서는 해수면 상승 및 태풍 내습에 따라 연안지역에 침수되는 공간적 범위를 지도화하여 제공하고 있다. 국립해양조사원이 제작한 해안침수예상도를 살펴보면 국내 연안지역 대부분이 침수 위험이 높은 것으로 나타났다(Fig. 2). 특히 침수되는 지역 상당 수가 주택, 항만, 상업시설, 도로, 산업단지 등 인구 밀집지역으로 개발되어 있어 침수에 따른 인명 및 재산피해가 큰 지역에 해당한다(Fig. 2).

선행연구를 종합적으로 살펴보면, 현재 국내의 연안지역의 침수위험이 높으며, 기후변화에 따라 해수면 상승 속도가 빨라지고 태풍 규모가 커질 것이라는 예측이 공통된 분석 결과다. 그럼에도 불구하고 연안지역의 개발은 지속적으로 이루어지고 침수피해가 반복되는 상황이 발생하고 있다. 지속가능한 연안도시 관리를 위해서는 기후변화에 대비한 연안지역 공간관리 구상이 필요하다. 연안지역 공간 구상의 패러다임 전환을 위해서는 현재의 연안지역의 공간 취약성을 분석하고 침수 위험 구역에 현재 주거공간이 어떻게 구성되어 있는지를 미시적으로 분석하여 제시할 필요가 있다.

3. 연구의 방법

3.1. 분석 대상지

본 연구의 공간적 범위는 경상남도 연안지역으로 한다. 경상남도는 태풍의 길목에 위치하여 태풍의 주요 상륙지점에 해당한다. 또한 창원국가산업단지, 마산항, 공동주택 등이 경남 남해안에 위치하여 과거 태풍으로 인한 인명 및 재산피해가 다수 발생하였다. 국내에서 발생한 대표적인 태풍인 매미로 전국에서 총 131명이 사망 또는 실종하였는데, 이 중 절반가량이 경남 연안도시 발생하였고, 마산항에서만 폭풍해일로 18명의 안타까운 목숨을 잃었다(MOIS, 2022).

본 연구는 광역행정구역 단위로서 경상남도를 대상으로 한다. 경상남도의 기초지방자치단체는 총 18개이며, 이중 연안지역에 위치한 지방자치단체는 창원시, 거제시, 통영시, 사천시, 고성군, 남해군, 하동군으로 7개 시군에 해당한다. 7개 지자체의 총 인구는 161만명으로 경상남도 전체 인구(326만명)의 50%가 연안도시에 거주한다(Statistics Korea, 2023).

경상남도 연안지역의 과거 침수피해 현황을 살펴보면,

최근 10년간 71개소가 침수피해를 당했으며, 침수면적은 7.9km²에 해당한다(LX, 2022). 연안지역의 침수피해는 태풍에 의한 저지대침수 등으로 특히 2012년 발생한 태풍 산바에 의한 피해 범위가 넓게 나타난다.

3.2. 분석 방법론

본 연구는 1단계로 경상남도 연안지역의 침수위험이 높은 공간적 범위를 살펴보는 것이다. 분석한 공간적 범위에 해당하는 침수위험 대상 건축물을 분석하여 공간적 취약성을 해석하는 것이 2단계 분석 과정이며, 최종적으로 이를 기반으로 정책적 시사점을 도출하고자 한다(Fig. 3).

구체적인 1단계 분석 방법은 다음과 같다. 경상남도 연안지역의 침수위험 면적은 국립해양조사원에서 제작한 해안침수예상도를 제공받아 경상남도 7개 시군별 해당 면적을 산출한다. 국립해양조사원에서 제공하는 해안침수예상도는 전국 연안지역 179개소의 분석 결과를 담고 있으며, 이 중 경상남도에 해당하는 34개의 도엽을 추출하였다. 해당 도엽 중 경상남도 시군의 행정경계 GIS 지도와 중첩하여 시군별 해안침수예상도를 만들고, GIS 면적계산(field calculator) 기능을 통해 침수 면적을 산정하였다. 본 연구에서 사용한 빈도 시나리오는 일반적으로 사용하는 100년 빈도를 기준으로 한다(KHOA, 2021).

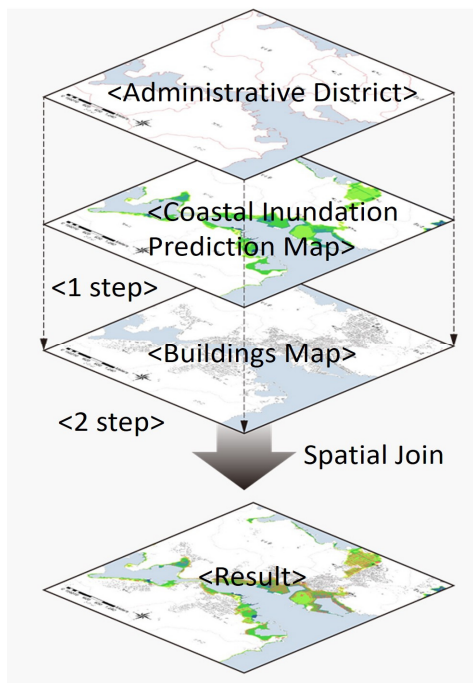


Fig. 3. Analysis process

2단계 분석 과정은 1단계에서 도출한 경상남도 시군별 해안침수예상도 위에 건축물통합정보 자료를 중첩분석(Spatial Join)하여 해당되는 건축물을 추출하는 것이다. 건축물통합정보는 국가공간정보포털에서 제공하는 GIS건축물통합정보 중 경상남도에 해당하는 데이터를 사용하였으며, 시간적 기준은 2022년이다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2022).

분석 결과의 해석은 해안침수예상도에 따른 경상남도 7개 연안지역에 침수되는 면적범위를 산정하고 해안침수예상 구역과 구역 내 포함되는 건축물 수를 제시한다. 분석한 결과는 면적과 건축물 수의 경우 표로 제시하고 각 지역별 상세 건축물 중첩 지도를 제시하여 연구 결과의 이해도를 높이고자 한다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 연안지역 관리를 위한 정책적 시사점을 도출하고 연구의 한계와 향후에 필요한 연구를 함께 제시하고자 한다.

4. 분석 결과 및 고찰

4.1. 위험지역 및 건축물 분석 결과

경상남도 18개 지자체 중 연안지역에 위치한 7개 지자체를 대상으로 침수예상지역을 분석한 결과, 100년 빈도 기준 총 86.23 km²가 침수될 것으로 예상된다(Table 2). 침수예상지역은 침수 깊이에 따라 6등급으로 구분되며, 가장 침수 깊이가 깊은 6등급(3m 이상)의 침수 면적은 10.94 km²로 전체 침수면적의 12.7%에 해당한다. 5등급(2.0 ~ 3.0 m)은 11.84 km²로 전체 침수면적의 13.7%에 해당한다. 4등급(1.5 ~ 2.0 m)은 11.62 km², 13.5%, 3등급(1.0m ~ 1.5m)은 15.72 km², 18.2%, 2등급(0.5 ~ 1.0m)은 17.09 km², 19.8%, 1등급(0.5 m 미만)은 19.02 km², 22.1%로 각각 분석되었다. 각 등급별 10 ~ 20%로 등급이 차지는 비율은 비슷하다. 그러나 사람 허리 높이에 해당하는 1.0 m 이상(3등급)에 해당하는 면적이 전체 침수면적의 58%를 차지하므로 전반적으로 침수 위험도가 높은 것으로 해석할 수 있다.

지역별로 살펴보면 인구 100만명 이상 거주하는 대도시인 창원시의 침수면적이 17.01 km²로 침수 면적이 가장 넓은 것으로 분석되었다. 인구밀집도가 높은 지역에 침수면적이 가장 넓은 것은 향후 침수에 대한 취약성이 클 것으로 분석할 수 있다. 다만 창원시는 6등급이 7개 지자체 중 가장 낮은 비율을 보인다. 사천시는 6.38 km²에 해당하는 면적이 침수될 것으로 예측되어 7개 지자체 중 가장

Table 2. Area and buildings in coastal inundation prediction

Local	Area (km ²)							Buildings (unit)
	Total	1 level	2 level	3 level	4 level	5 level	6 level	
Gyeonsangnam-do	86.23	19.02	17.09	15.72	11.62	11.84	10.94	57,478
Changwon-si	17.01	4.43	4.34	3.69	2.38	1.85	0.32	16,859
Sacheon-si	6.38	0.88	0.67	0.75	0.52	0.78	2.78	1,274
Tongyeong-si	12.59	2.28	2.97	3.27	1.99	1.12	0.96	11,529
Geoje-si	14.85	6.07	3.71	2.08	1.32	1.34	0.33	11,367
Goseong-gun	14.69	2.28	2.44	2.64	2.62	3.09	1.63	7,183
Namgae-gun	9.05	1.84	1.80	1.79	1.21	1.37	1.04	5,519
Hadong-gun	11.65	1.25	1.18	1.49	1.57	2.30	3.88	3,747

침수면적이 좁으나 6등급 이상이 44%를 차지하는 만큼 심각한 피해 지역이 집중될 가능성이 높다. 통영시는 12.59 km²가 침수될 것으로 예측되며, 거제시는 14.85 km², 고성군은 14.69 km², 남해군은 9.05 km², 하동군은 11.65 km²로 침수 면적이 산출되었다. 하동군의 경우 얇은 침수 면적 보다(1~3등급) 깊은 침수 면적(4~6등급) 비율이 높게 나타나므로 피해 위험이 클 것으로 예상되며, 특히 6등급 비율이 전 구간 중 가장 높게 나타나는 만큼 관련 대책이 시급하다고 볼 수 있다.

경상남도 연안지역의 침수 예상지역에 위치하고 있는 건축물 수를 분석한 결과, 전체 57,478채가 위험지역에 위치하는 것으로 도출되었다. 지역별로 살펴보면 창원시가 16,859채로 전체 침수 건축물의 약 30%를 차지한다. 창원시는 주거 인구 100만명 이상의 대도시 형태의 공간적 분포를 띄므로 연안지역에 분포하는 건축물이 밀집되어 있다고 볼 수 있다. 사천시는 총 1,274채의 건축물이 침수되거나 0.02%에 해당되어 비교적 침수되는 건축물의 비율이 낮다고 볼 수 있다. 통영시와 거제시는 각각 약 11,000채 이상의 건축물이 침수되어 창원시에 이어 침수 건축물의 비율이 상위권에 속한다. 고성군은 7,183채가 침수될 것으로 예상되며, 남해군은 5,519채, 하동군은 3,747채의 건축물 침수가 예측된다. 고성군, 남해군, 하동군은 인구 4~5만명 정도의 소도시에 해당되어 침수 건축물이 인구 대비 높다고 볼 수 있어 안전 대책이 요구된다.

지금까지 경상남도 연안지역에 예상되는 침수면적과 해당 지역에 위치하고 있는 건축물의 규모를 제시하였다. 해당지역의 위험성을 시각적으로 확인하고 대책을 제시하기 위해서는 지도를 이용한 공간적 분포를 확인하고 이해할 필요가 있다.

4.2. 지역별 상세 공간 분석 결과 및 고찰

창원시에 대표적 침수예상 지역은 마산항이 위치한 마산회원구 일대로 산업단지, 상업 및 주거시설이 밀집되어 있어 피해가 클 것으로 예상된다(Fig. 4). 사천시는 상대적으로 침수예상구역과 건축물의 중첩도가 낮게 나타났으며 대부분 지역이 농경지에 해당한다. 그러나 통영시의 경우 신도시가 조성된 광도면 일원의 침수위험 건축물이 다수 분포한다(Fig. 5). 거제시의 경우, 거제면 일대의 어촌마을 일부와 조선소가 위치한 산업단지의 침수가 예상된다. 고성군의 침수 건축물은 고성군청 등을 비롯하여 학교 등의 공공기관이 포함되어 있어 피해가 클 것으로 판단된다(Fig. 6). 남해군의 침수예상지역은 소규모 어항 및 지역 관광지의 상업시설 등이 위치되어 있는 특징을 보인다. 하동군은 어촌마을의 침수가 예상되며, 남쪽으로 매립이 이루어지고 있어 향후 위험 건축물이 확대될 것으로 예상된다(Fig. 7). Fig. 4에서 Fig. 7까지는 본 연구의 분석 결과 중 대표적인 취약지역을 지도로 표시한 것이다. 분석 결과를 보다 상세히 해석하면 다음과 같다.

먼저 창원시의 경우, 100만 이상의 대도시 지역으로 연안지역을 중심으로 국가산업단지, 대규모 항만(마산항 등), 공동주택이 위치한다. 해당지역의 침수위험이 높은 것으로 분석되면서, 기후변화에 따라 향후 인명 및 재산 피해의 규모가 클 것으로 예상된다. 또한 마산만 일대에 최근 대규모 매립에 따른 개발이 진행되고 있으므로 공간 취약성이 증가할 것으로 전망된다. 따라서 현재 공간의 취약성을 낮추기 위한 차수벽 설치, 토지이용 규제, 건축물 형태 변경(필로티 구조 도입), 위험지도 제작 및 배포 등의 정책적 노력이 시급하다.

Changwon-si

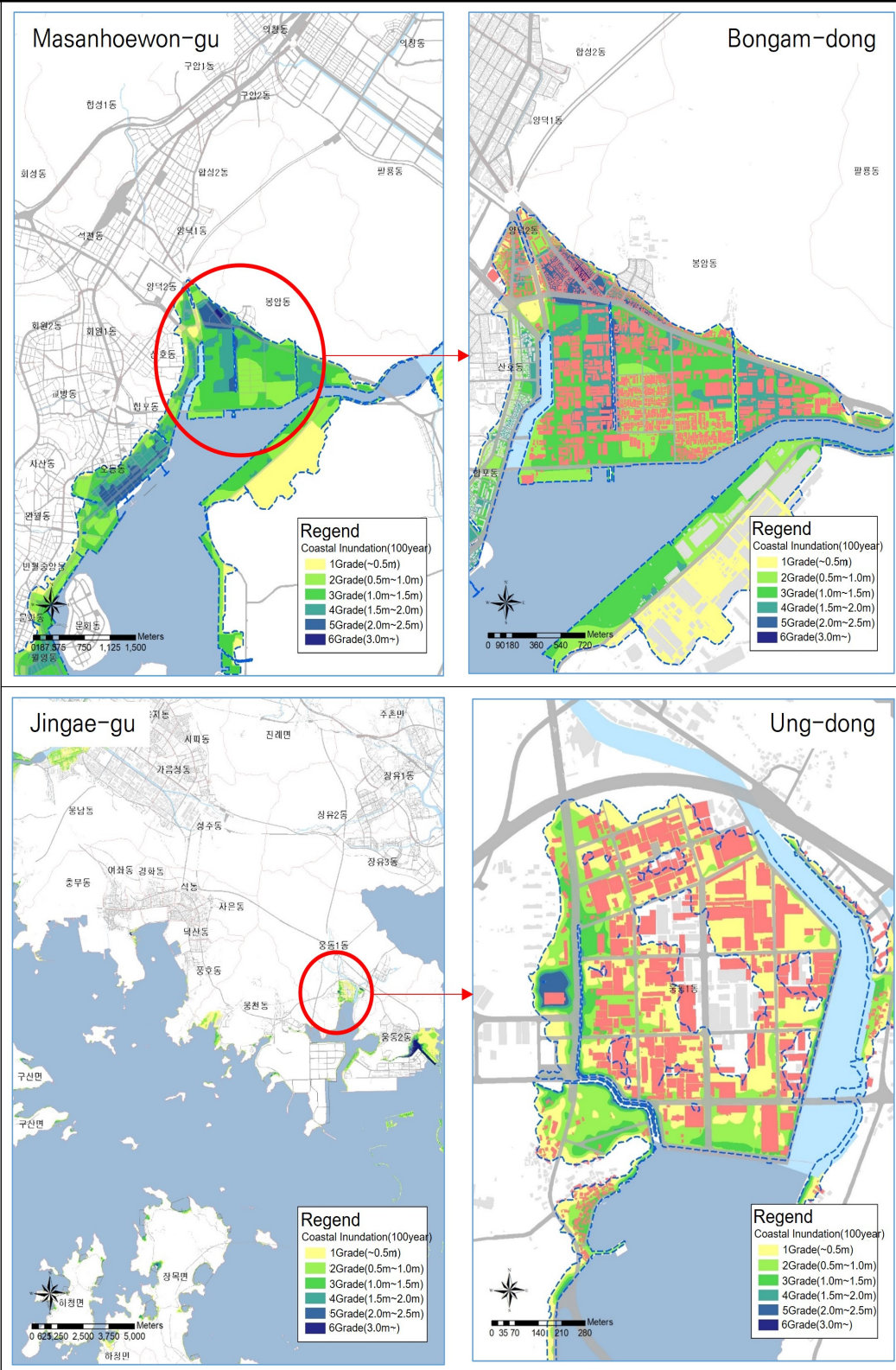


Fig. 4. Area and buildings in coastal inundation prediction (Changwon-si)

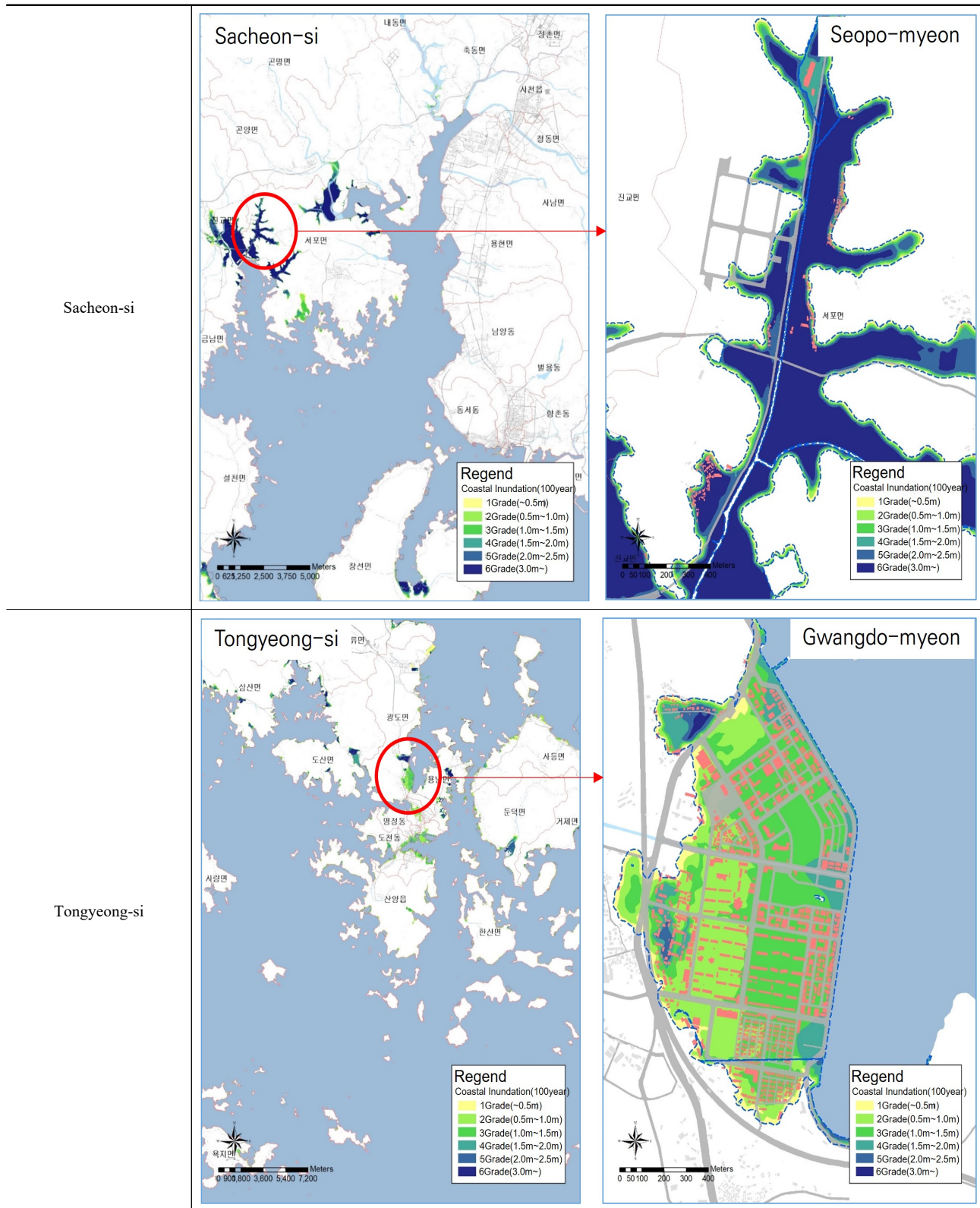


Fig. 5. Area and buildings in coastal inundation prediction (Sacheon-si & Tongyeong-si)

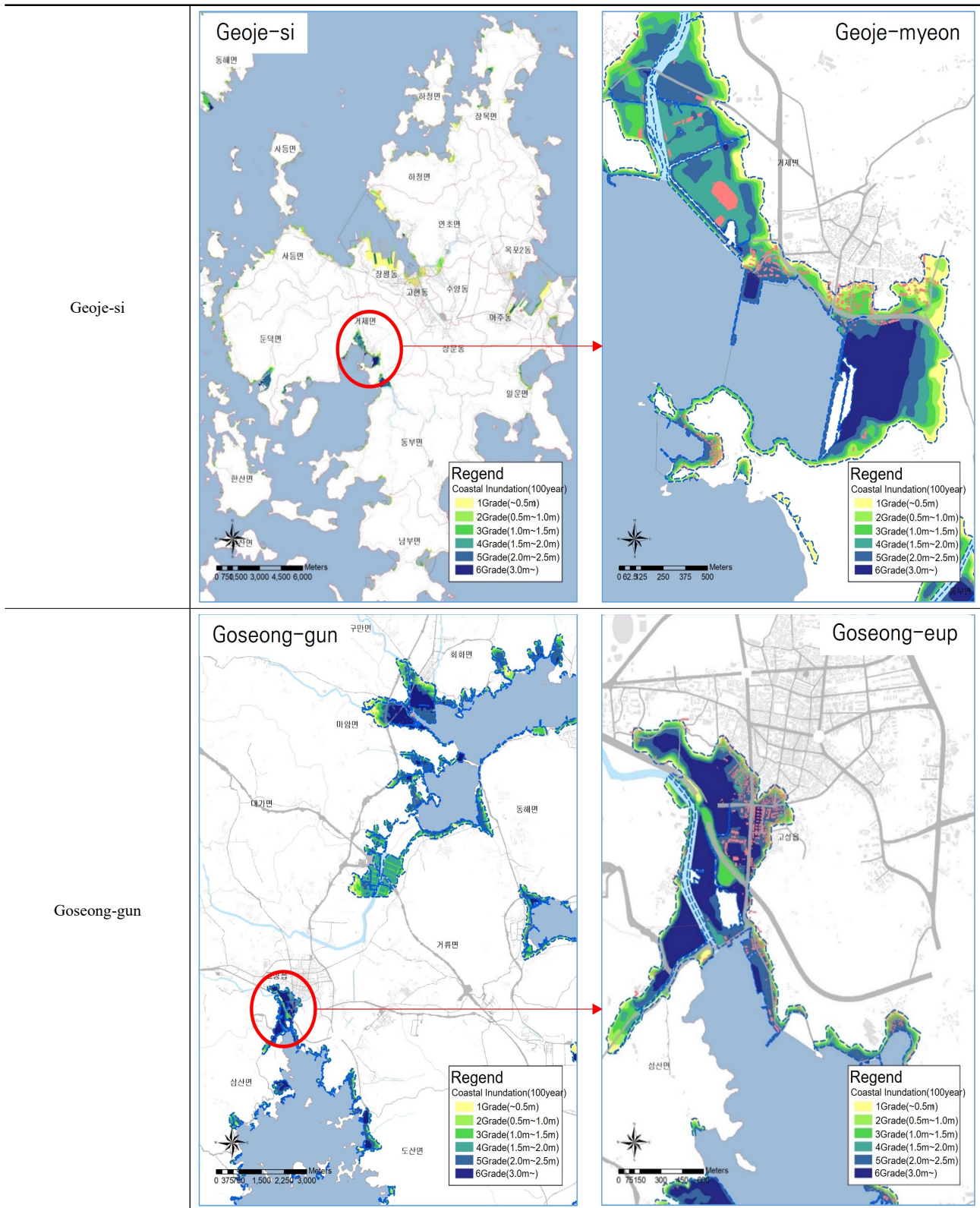


Fig. 6. Area and buildings in coastal inundation prediction (Geoje-si & Goseong-gun)

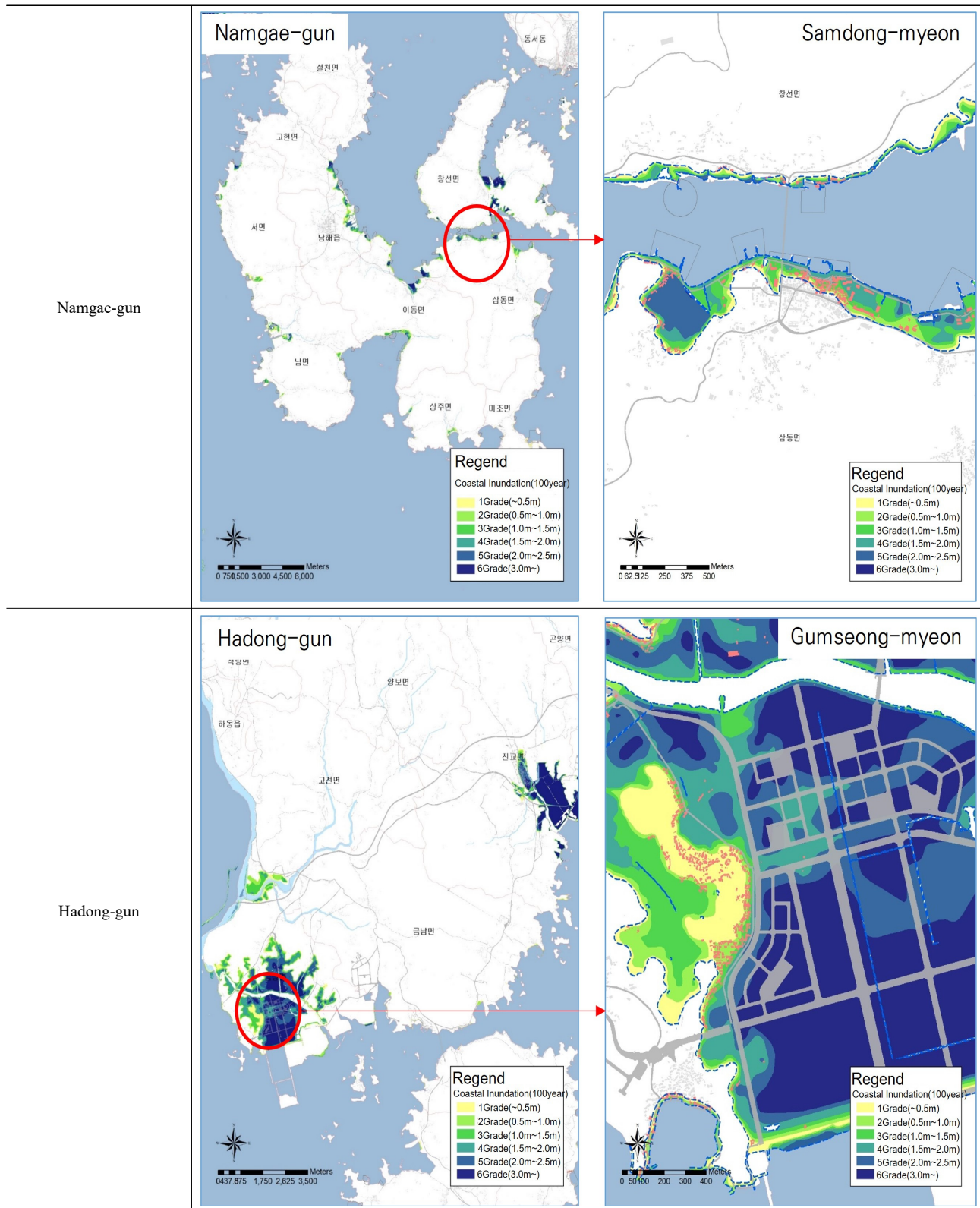


Fig. 7. Area and buildings in coastal inundation prediction (Namgae-gun & Hadong-gun)

사천시, 통영시, 거제시의 경우, 10~20만 규모의 중소도시이나 침수예상 지역에 대규모 국가산업단지 등이 위치하고 있어 국가 차원에서 손실이 클 것으로 예상된다. 또한 연안지역을 중심으로 인구 2만명 규모의 신도시가 조성되어 있어 인명피해 우려가 높다. 향후 국가산업단지 조성 및 신도시 조성을 위해서는 우선적으로 연안지역의 침수 위험성을 고려해야 할 필요성이 높은 대표적 사례라고 볼 수 있다.

고성군, 남해군, 하동군은 4~5만명의 소도시에 해당되며 대도시 및 중소도시에 비해 증첩되는 건축물의 수가 적게 나타난다. 그럼에도 불구하고 반복적인 태풍 피해가 발생하고 침수위험도가 높은 마을에 주민들이 거주하고 있으므로 대책 마련이 필요한 지역이다. 해당 지역은 방파제 조성 등의 구조적 대책 보다 소규모 마을을 안전한 지역으로 이전시키는 정책을 도입하는 것이 장기적인 위험성을 낮추는 전략이 될 수 있을 것이다.

5. 결론 및 정책적 함의

본 연구는 기후위기 시대에 반복되는 해안 침수를 대비하고 지속가능한 연안도시 관리를 위해 공간적 취약성을 분석하는 것이 목적이다. 분석 결과, 연구 대상지인 경상남도 연안지역에 예상되는 침수면적이 총 86.23 km²에 해당되며 57,478채의 건축물이 침수 예상지역에 포함된다. 향후 해수면 상승 및 태풍의 규모가 커질 시 예상되는 침수피해는 더 확대될 것으로 전망된다. 따라서 지속가능한 연안도시 관리를 위해 공간취약성 분석과 함께 정책결정자 및 지역주민이 직관적으로 이해할 수 있도록 지도를 제작하여 배포해야 한다.

국립해양조사원 등 국내 연구기관에서는 연안지역의 침수 대비를 위해 ‘해안침수예상도’를 제작하여 배포하였다. 그러나 대부분의 지자체에서는 자체 활용을 위한 인력 및 기술 등의 제반여건이 부족하여 활용성이 낮은 실정이다.

연안지역의 안전도를 향상시키기 위해서는 단기적으로 해안침수예상지도도를 활용하여 해당 지역의 위험성을 인지하고 태풍 예보 시 지역주민의 대피 등에 적극적으로 활용해야 한다. 아울러 공간취약성을 지속적으로 분석하여 구체적인 대안을 제시해야 한다. 특히 위험지역의 건축물 수, 형태, 용도 등 지역적 특성을 분석하여 실질적이고 구체적인 대안을 마련해야 한다.

최근 재난대비를 위해 IoT 등의 첨단기술 도입이 활발

하다. 따라서 연안도시의 침수위험을 예측하고 대비할 수 있는 첨단기술 도입이 필요하여 장기적으로 도시계획 기법과 연계하여 도시의 근본적인 대안을 마련해야 한다. 또한 위험지역에 대해서는 도시개발을 억제하고 공원 등의 그린인프라를 적극적으로 도입함과 동시에 지역의 물순환을 촉진할 수 있는 저영향개발기법(LID) 도입을 권장해야 한다.

본 연구는 침수 위험이 높은 연안지역의 공간적 범위와 해당 건축물을 분석한 것으로 해당 지역의 건축물 특징, 인구분포 등의 변수를 종합적으로 고려하지 못한 한계가 있다. 향후 연구에서는 종합적인 변수를 함께 고려하여 공간적 취약성을 도출하고 지역에 맞는 종합적 대책을 제시하는 것을 제안한다.

사사

본 논문은 경상남도로부터 연구비 지원을 받았습니다.

References

- Chu JE, Lee SS, Timmermann A, Wengel C, Stuecker MF, Yamaguchi R. 2020. Reduced tropical cyclone densities and ocean effects due to anthropogenic greenhouse warming. *Science Advances*. 6(51): eabd5109. doi: 10.1126/sciadv.abd5109
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2023. Climate change indicators in the United State; [accessed 2023 Jun 20]. <https://www.epa.gov/climate-indicators>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2023. AR6: The sixth assessment report.
- KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). 2021. Korea coastal inundation prediction map.
- LX (Korea Land and Geospatial Informatix Corporation). 2022. Inundation information data.
- Magnan AK, Oppenheimer M, Garschagen M, Buchanan MK, Duvat VKE, Forbes DL, ... Pörtner HO. 2022. Sea level rise risks and societal adaptation benefits in low-lying coastal areas. *Scientific Reports*. 12: 10677. doi: 10.1038/s41598-022-14303-w

- Marino E. 2018. Adaptation privilege and voluntary buyouts: Perspectives on ethnocentrism in sea level rise relocation and retreat policies in the US. *Global Environmental Change*. 49. 10-13. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2018.01.002
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2022. National spatial data infrastructure portal; [accessed 2022 Dec 20]. <https://www.nsd.go.kr/>
- MOIS (Ministry of the Interior and Safety). 2023. Safemap; [accessed 2023 Jun 10]. <https://www.safemap.go.kr/>
- MOIS (Ministry of the Interior and Safety). 2022. 2021 disaster year book. Sejong: Author. 11-1741000-000002-11.
- Park H, Paterson R, Zigmund S, Shin H, Jang Y, Jung J. 2020. The effect of coastal city development on flood damage in South Korea. *Sustainability*. 12(5): 1854. doi: 10.3390/su12051854
- Statistics Korea. 2023. Resident population.
- Sweet WV, Kopp RE, Weaver CP, Obeysekera J, Horton RM, Thieler ER, Zervas C. 2017. Global and regional sea level rise scenarios for the United States. Silver Spring: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). NOAA technical report NOS CO-OPS 083. doi: 10.7289/v5/tr-nos-coops-083
- Sweet WV, Hamlington BD, Kopp RE, Weaver CP, Barnard PL, Bekaert D, ... Zuzak C. 2022. Global and regional sea level rise scenarios for the United States. Silver Spring: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). NOAA technical report NOS 01.
- von Glasow R, Jickells TD, Baklanov A, Carmichael GR, Church TM, Gallardo L, ... Zhu T. 2013. Megacities and large urban agglomerations in the coastal zone: Interactions between atmosphere, land, and marine ecosystems. *Ambio*. 42(1): 13-28. doi: 10.1007/s13280-012-0343-9
- WMO (World Meteorological Organization). 2021. State of the climate in the South-West Pacific in 2021.
- Yoon SS, Jang JI, Shin CO, Kim NY, Park MJ, Lee JH. 2018. A study on improvement of the policy for public waters reclamation. Busan: KMI (Korea Maritime Institute).