

기후변화 시나리오 기반 연안재해 위험평가 방안 연구

서광호* · 오현주** · 정광영* · 이화영* · 김수민*** · 김명원**** · 강태순*****†

*국립해양조사원 연구사, **국립해양조사원 연구관, ***㈜지오시스템리서치 해양공간융합부 선임,
****㈜지오시스템리서치 해양공간융합부 상무이사, *****㈜지오시스템리서치 전무이사

Coastal disaster risk assessment based on climate change scenarios

Seo, Gwang Ho* · Oh, Hyun-Ju** · Jung, Kwang Young* · Lee, Hwa Young*
· Kim, Soo Min*** · Kim, Myung Won**** and Kang, Tae Soon*****†

*Researcher, Ocean Research Division, Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, Busan, Korea
**Senior Researcher, Ocean Research Division, Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, Busan, Korea
***Senior Engineer, Department of Marine Spatial Convergence, GeoSystem Research Corporation, Gyeonggi, Korea
****Managing Director, Department of Marine Spatial Convergence, GeoSystem Research Corporation, Gyeonggi, Korea
*****Executive Director, GeoSystem Research Corporation, Gyeonggi, Korea

ABSTRACT

Korea's coastal areas are experiencing amplified natural disasters due to the acceleration of climate change, resulting in loss of life and property damage. There is a growing demand for scientific disaster information to prepare for increased coastal inundation and erosion due to sea level rise and typhoon intensity under climate change. However, current coastal disaster assessments rely primarily on past climate data. In this study, we established a coastal disaster risk assessment system that considers future climate change conditions. The Korea Meteorological Administration's climate change scenario SSP (Shared Socioeconomic Pathways) 5-8.5 was selected based on data resolution, applicability, and ease of data collection. The study area was designated as the coast of Busan, South Korea, and a grid system with a 100-m interval was established in the coastal inland area, as stipulated by the Coast Management Act. Basic data for exposure and vulnerability indexes were obtained from authorized organizations such as the National Institute of Fisheries Science and the National Geographic Information Institute. Output data from the East Asia (25 km) climate change scenario was utilized as input for the numerical model to calculate the wave and tsunami components of the hazard index. For wind and rainfall, we used output data from the Korea Meteorological Administration's Korea (1 km) climate change scenario. For sea level rise, we used data from the National Institute of Fisheries Science's future projection of climate change response. The assessment applied formulas based on the IPCC AR5 assessment framework to calculate the results for each scenario. The results of this study are expected to provide information on coastal hazards considering future climate change and to help establish coastal hazard reduction measures.

Key words: Coastal Disaster Risk Assessment, Climate Change, SSP Scenarios

1. 서론

최근 전 세계적인 기후변화의 영향으로 재해의 빈도와 규모가 커지고 있으며, 특히 우리나라는 몬순기후에서 아

열대 기후로 변화해 가고 있고, 짧은 시간동안 급격한 도시화, 산업화 등 사회적 구조변화로 인해 재해피해가 심각해지고 있다(Lee et al., 2018). 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change,

†Corresponding author : kangts@geosr.com (15807, GeoSystem Research Corporation, Hanlim Human Tower 172 LS-ro, Gunpo-si, Gyeonggi-do, Korea. Tel. +82-31-5180-5703)

ORCID 서광호 0000-0001-9417-9942
오현주 0000-0002-4568-3777
정광영 0000-0001-8666-5287
이화영 0000-0002-3624-9719

김수민 0000-0002-5676-3504
김명원 0000-0001-5274-1685
강태순 0000-0002-5795-1152

IPCC)에서 발간한 제6차 평가보고서에 따르면, 모든 시나리오에서 가까운 미래(2021~2040년)에 기온이 1.5°C가 증가할 것으로 예측되었다. 전 지구 지표 온도 상승을 제한한다 하더라도 해수면 상승 등의 변화들은 불가피할 것이라 전망되고 있다(IPCC, 2023).

기후변화에 따른 연안지역의 위험성은 오래 전부터 예측되어 왔으며, 향후 위험 정도가 증가할 것으로 전망된다. 하지만 이러한 위협에도 국내 연안도시의 개발은 계속되고 있으며, 해수면상승과 태풍 규모의 증가 등 기후변화에 대한 대처 및 준비는 여전히 미흡하다. 특히, 해안 매립지의 경우 이러한 재해위험의 취약성이 높다고 보고된바 있다(Kang et al., 2010).

한편, 국립해양조사원은 2010년부터 우리나라 전 연안을 대상으로 IPCC AR4를 준용하여 연안재해 취약성평가를 수행해 왔다. 더불어 2020년 연안관리법이 개정됨에 따라, 연안재해 발생 원인을 규명하고 효과적으로 대응하기 위하여 연안재해 위험평가를 매년 실시하도록 명문화되었다. 이에 국립해양조사원은 2021년부터 연안재해 취약성 평가체계에서 IPCC AR5와 AR6를 기반으로 한 연안재해 위험평가체계로 전환하고자 개발을 진행하고 있

으며(KHOA, 2021, 2022a), 2024년부터 전 연안에 걸쳐 연안재해 위험평가를 본격적으로 수행할 계획이다.

본 연구에서는 IPCC의 프레임워크를 이용한 국립해양조사원의 연안재해 위험평가 체계 개념틀 및 지수·지표 등을 제시하고 있으며, 본격적인 위험평가 수행 전에 일부 지역에 대해 시범 적용한 결과를 간단히 제시하였다. 또한, 기상청 및 국립기상과학원에서 제공되는 동아시아와 남한상세 영역의 SSP5-8.5 기후변화 시나리오 산출물과 고해상도 격자를 활용하여 연안재해대응력을 제고시킬 수 있는 기후변화 시나리오 기반 연안재해 위험평가방안을 연구하였다.

2. 연구 이론

2.1. IPCC 기후변화 프레임워크

IPCC는 2014년 발간된 제5차 보고서(AR5)와 2023년 발간된 제6차 보고서(AR6)를 통해 기존의 영향·취약성 평가 기반의 적응을 리스크 관리 중심으로 전환하여 제시하고 있다. 기후변화로 인한 리스크에 해당하는 요인에는 여러 가지가 있으며, 본 연구에서는 이를 정의하기 위해

Table 1. Indicators and weighting values of coastal disaster risk assessment

Index	Indicator	Weighting value	Index	Weighting value
Risk	Hazard	0.51	Wind	0.16
			Precipitation	0.11
			Surge	0.26
			Wave	0.32
			Sea Level Rise	0.15
			Population	0.24
	Exposure	0.21	Building	0.17
			Farmland	0.09
			Vinyl Greenhouse	0.08
			Industrial Complex·Power Plant·Airport	0.12
			Roads	0.10
			Fish Farm	0.09
	Vulnerability	0.28	Fishing Harbor and Harbor	0.11
			Vulnerable People	0.22
			Vulnerable Facility	0.18
			Flooded Area	0.16
			Basement·Semi-Basement	0.14
			Eroded Area	0.10
Cultural Assets		Steep Slope Area	0.11	
			0.09	

IPCC가 제시한 기후리스크(Risk) 개념을 활용하였다. 기후 리스크는 기후변화가 유발하는 각종 부정적인 결과에 대한 잠재성을 나타내며 그 정도가 클수록 기후적응 능력은 낮다고 해석할 수 있다(IPCC, 2022). 기후리스크는 위해성(Hazards), 노출성(Exposure), 취약성(Vulnerability)의 세 가지 개념으로 구성되어 있다. 먼저 위해성은 재산, 기반시설, 생태계, 환경자원 등에 대한 피해 및 손실을 유발하는 인간 또는 자연에 의해 발생할 수 있는 물리적 사건으로 정의된다. 노출성은 기후변화로 인한 악영향을 받을 수 있는 장소와 환경에 있는 사람, 재산, 사회 기반시설 또는 경제적·사회적·문화적 자산들을 의미하며, 취약성은 피해에 대한 민감 정도이나 대처 및 적응능력이 부족한 정도를 의미한다(IPCC, 2022).

2.2. 연안재해 위험평가

2.2.1. 프레임워크

국립해양조사원은 2021년부터 IPCC의 프레임워크 변화 추세에 따라 기존 연안재해 취약성 평가체계를 위험평가체계로 전환 중이다. 2021년에는 위험평가 개념들과 국내연안에 적합한 지표를 개발하였고, 2022년에는 지표에 대한 가중치, 발생가능성 등을 고려한 위험평가 산출식을 개발하였으며, 2023년에는 위험평가 개념들·지표 개선 및 위해성의 지표별 위험평가방안을 연구하고 있다.

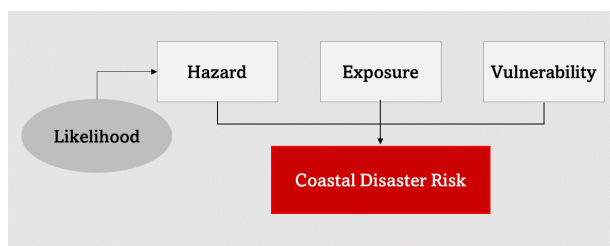


Fig. 1. Coastal disaster risk assessment framework

연안재해 위험평가 체계(Fig. 1)는 IPCC AR6의 기후변화 리스크 개념을 준용하여 평가 개념들이 구축되었으며, 위해성에 발생가능성을 고려하기 위해 과거자료 기반 극치분석을 통해 재현빈도별 자료를 구축하여 절대평가 기준값으로 활용하고 있다. 그리고 지수·지표, 가중치 및 표출방법 등에 대해서도 계속 개발 중에 있다. 본 연구에서는 Table 1에 정리된 현재 개발된 지수·지표를 기준으로 고해상도 DB를 구축하고 평가를 수행하였다.

연안재해 위험평가의 상위 개념인 연안재해위험(Risk) 지수는 재산 및 생명에 손해를 끼치고 부정적 영향을 초래할 수 있는 연안의 자연현상(위해성, Hazard), 연안재해의 피해를 받을 수 있는 인간 및 자원의 존재(노출성, Exposure), 연안재해에 의해 악영향을 받을 수 있는 민감 정도(취약성, Vulnerability)의 세 가지 요소로 구성된 합수로서 계산할 수 있다.

$$R = (H \times W_H) + (E \times W_E) + (V \times W_V) \quad (1)$$

여기서 R은 Risk, H는 Hazard, E는 Exposure, V는 Vulnerability, 그리고 W는 각 요소의 Weight이다.

2.2.2. 지표 선정

위해성, 노출성, 취약성의 세 지수는 각각을 대표하는 지표로 구성되며, 과학적인 지표 선정을 위해 국내외 문헌조사를 통한 위험요소 파악, 분야별 전문가 자문을 통한 타당성 및 적용성 검토 등이 수행되었다(KHOA, 2022a). 위해성은 연안에 부정적 영향을 초래하는 이루어져야 하므로 강풍, 강우, 해일, 파랑, 해수면상승 등으로 구성된다. 노출성은 인구, 건물, 도로, 양식장 등으로 구성되며, 취약성은 고령인구, 위험시설물, 침수면적, 침식지역 등으로 구성된다.

각각의 지표는 연안재해위험의 구성요소(위해성, 노출성, 취약성)처럼 가중치를 가진다. 이를 위해 각 지수·지표에 대한 전문가 가중치 설문을 진행하고 Analytic Hierarchy Process (AHP)분석을 통해 가중치를 도출하였다(Table 1). AHP는 의사결정 과정에서 널리 쓰이는 기법으로 다양한 상황에 대해 단계별로 분석을 수행함으로써 종합적인 의사결정에 이르는 기법이다(Saaty, 1980). 설문은 각 지수·지표들 간 중요도를 분석하기 위한 것으로 가중치의 합이 1이 되도록 설정하였으며, 모든 가중치는 전문가 대상의 AHP를 통해 계산되었다. 설문결과, 가중치가 높게 산정된 지표들은 연안시설에 직접적인 피해를 미치는 파랑과 재해 대응에 취약한 고령인구로 분석되었다.

2.2.3. 극치분석을 통한 발생가능성 적용

위해(Hazard)의 잠재적인 발생 가능성에 초점을 맞추어 연안재해 위험평가를 수행하기 위해 극치분석(Extreme Value analysis)을 수행하였다. 국내외적으로 극치사상(Extreme Climate Event)의 발생빈도 및 양적 증가에 대한

연구는 기후변화와 맞물려 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다(Lee et al., 2010). 해당 연구에서는 위해성의 각 지표별 장기자료 기반 극치분석을 수행하였으며, 자료의 독립성을 위해 매년의 최댓값 또는 이상 현상 시마다 극대값을 기본 데이터로 하여 분석하였다(Goda, 2000). 이로부터 얻은 각 재현빈도 평균값을 이용하여 위험 등급별 구간의 기준을 설정하였다. 등급 구간은 홍수 특보 발령기준(수자원법 시행규칙)의 경보, 주의보 기준을 참조하여 등급별 기준을 설정하였다(Table 2).

Table 2. Establishment of hazard grade section according to the special alert issuance criteria

Grade	Section	Definition
1	$x < 50\%$	Less than advisory
2	$50\% \leq x < 70\%$	Advisory
3	$70\% \leq x < 100\%$	Alert
4	$100\% \leq x < 150\%$	Reference return period
5	$150\% \leq x$	Exceed 1.5 times

3. 자료 및 방법

3.1. 연구 자료

위해성(Hazard)은 노출성(Exposure) 및 취약성(Vulnerability)과 달리 기후변화 시나리오가 직접적으로 활용되는 지수로서 연안재해 위험평가체계의 기후변화 시나리오 적용성을 검토하기 위해 기후변화 시나리오를 선정하고 산출자료를 수집하였다. 기후변화 시나리오는 자료의 신뢰성, 명확성, 획득의 용이성 등을 종합하여 본 연구에 활용도가 높다고 판단되는 기상청 및 국립기상과학원의 기후변화 시나리오 SSP5-8.5로 선정하였다.

기상청 및 국립기상과학원에서는 전지구 기후변화 시나리오(2019년), 동아시아 지역 기후변화 시나리오(2020년), 남한상세 기후변화 시나리오(2021년)을 순차적으로 산출하였다. 동아시아 지역 및 남한상세 기후변화 시나리오의 경우 SSP 4종류 시나리오(SSP1-2.6, 2-4.5, 3-7.0, 5-8.5)에 대하여 앙상블 평균값을 일, 월, 년 단위 제공하고 있으며, 기후변화 예측모델의 성능을 자체평가하고 한반도 기후변화 전망 보고서(KMA, 2020)에 수록하여 자료의 신뢰성과 명확성을 확보하고 있다.

기후변화 시나리오 기반 연안재해 위험평가의 결과를 분석하고 평가결과의 효용·활용성을 제고하기 위해 2021년부터 2100년까지의 각 지표(강풍, 강우, 해일, 파랑, 해수면상승)별 산출자료를 수집하였다(Table 3).

강풍과 강우 지표의 경우 기상청 기후정보포털을 통해 SSP5-8.5 시나리오의 2021년부터 2100년 사이 남한상세 1 km 격자별 일평균풍속 및 일강수량 자료를 수집하였으며, 해수면상승의 경우 국립해양조사원 「기후변화 대응 관할해역 장기 해수면 변동 분석 및 미래 전망(KHOA, 2022b)」 해수면 상승량 자료를 수집하였다.

해일과 파랑의 경우 국립기상과학원을 통해 SSP5-8.5 시나리오의 2021년부터 2100년 사이 동아시아 25 km 격자별 해면기압 및 바람 자료를 수집하였으며, 이를 활용하여 자체적으로 ADCIRC모형(Luetlich et al., 1992) 및 UnSWAN모형(Zijlema, 2010)에 의한 수치실험을 수행하였다.

다만, 기존 연안재해 위험평가체계 위해성의 지표들의 기초자료 특성과 기상청 및 국립기상과학원 기후변화 시나리오 산출자료 간 특성이 상이하여 기존 연안재해 위험평가체계 수준의 평가를 수행하지 못한 한계가 있다. 예를 들어 강우 지표의 경우 연안재해 위험평가체계에서는 시간 강우량을 활용하지만, 기후변화 시나리오 산출자료는 일 강우량만이 제공된다. 또한 파랑 지표의 기초자료가 되는 UnSWAN 모형의 입력자료로 시간단위 시계열

Table 3. Databases for risk assessment

Indicator	Index	Data	Reference	Year
Hazard	Wind	Daily average wind speed	KMA	2021 ~ 2100
	Precipitation	Daily precipitation	KMA	2021 ~ 2100
	Surge	ADCIRC numerical model experiment	self-produced	2021 ~ 2100
	Wave	UnSWAN numerical model experiment	self-produced	2021 ~ 2100
Sea Level Rise		Sea level rise	KHOA	2021 ~ 2100

바람자료가 필요하나 기후변화 시나리오 산출자료는 일 평균 풍속 및 풍향만이 제공되는 등의 한계점이 있다. 따라서 수집된 기후변화 시나리오 산출자료는 연안재해 자료의 최댓값을 적용하여 최악의 시나리오를 평가하는 연안재해 위험평가체계의 방향과 부합되지 않고, 미래 위험 평가결과가 과소평가될 수 있는 한계점이 있다.

3.2. 연구 방법

3.2.1. 연구 범위

본 연구의 시범 적용은 부산지역을 대상으로 수행하였다. 부산광역시에는 총 15개구 1개군을 가진 광역시이며 연구 대상지에 해당하는 행정구역은 사하구, 서구, 중구, 영도구, 동구, 남구, 수영구, 해운대구, 기장군 등 총 8개구 1개군으로 구성되어 있다. 9개 행정구역의 총 인구는 163만명으로 경상남도 전체 인구(336만명)의 49%가 해당 행정구역에 거주한다(Statistics Korea, 2023).

부산광역시는 태풍의 주요 상륙지점이다. 1987년부터 2021년 사이 우리나라에 영향을 준 주요 태풍은 총 32개이며, 그 중 부산광역시에 영향을 준 태풍은 총 26개로 집계되어 우리나라를 관통하는 태풍 80% 이상이 부산광역시에 영향을 끼친 것으로 파악된다. 부산광역시는 2017년 한 해를 제외하고 지난 10년간 태풍으로 인한 피해가 지속적으로 발생하였으며, 2014년 여름철 폭우, 2016년 태풍 차바, 2020년 태풍 마이삭·하이선 등의 재해로 인해 특별재난 지역으로 선포된 이력이 있을 만큼 피해규모가 상당함을 알 수 있다. 부산광역시에서 2021년 한 해 동안 발령된 기상특보를 살펴보면 총 577건의 기상특보가 발령되었으며 이 중 풍랑 기상특보가 237건으로 가장 많다. 또한 해일 및 태풍 기상특보가 전국 대비 비율이 상당히 높게 나타나며 전국적으로 발령되는 해일 주의보 중 47%, 태풍 주의보 중 47%, 태풍 경보 중 38%가 부산광역시에서 발생하였다(MOIS, 2021).

3.2.2. 고해상도 평가격자 구축

연구 대상지역의 공간범위는 연안관리법에서 정하고 있는 연안육역(육지쪽 경계선으로부터 500~1,000 m 이내의 육지지역) 내로 한정하고, 100 m 크기(100 m × 100 m) 고해상도 평가격자를 구축하여 공간단위 평가를 수행하였다. 이를 위해 모든 기초자료를 100 m 단위로 DB화하였으며, 지표별 공간분석 하였다. 공간평가는 연안재해에 직접적으로 노출되어있는 연안육역을 대상으로 실제

공간정보와 고해상도 격자의 병합을 통해 현실적이고 실용성 있는 연안재해 대응정보를 제공 가능할 것으로 판단된다.

3.2.3. 평가 방법

본 연구에서는 기후변화 시나리오 산출물과 고해상도 격자를 활용하여 기후변화 시나리오 기반 연안재해 위험 평가를 수행하고 적용성을 검토하였다.

강풍, 강우, 해일, 파랑, 해수면상승 등 위해성 평가를 위해 기상청 및 국립기상과학원을 통하여 수집된 기후변화 시나리오 산출자료(Table 3)를 활용하여 현상태(2021~2023), 미래(2024~2100)로 구분하고 연안재해 위험 평가를 수행하였다. 강풍과 강우 지표의 경우 2021년부터 2100년 사이 남한상세 1 km 격자별 일평균풍속 및 일강수량에 대한 격자별 최댓값을 산출하여 활용하였다. 해일과 파랑의 경우 수치모형실험을 통해 구축한 2021년부터 2100년 사이 태풍해일고 및 유의파고 자료에 대한 격자별 최댓값을 산출하였고, 해수면상승의 경우 타 위해성의 지표와 달리 연속적·점진적으로 발생하는 자연현상으로 기간 최댓값을 산출하지 않고, 격자별 2023년, 2100년 해수면 상승량 값을 활용하여 평가를 수행하였다.

다만, 위해성의 지표 중 해일, 파랑, 해수면상승지표는 그 특성상 해안선에 접한 격자에 공간분석 결과를 반영하였으며, 해안선 안쪽 내륙 격자에는 이들 지표의 영향을 반영하지 않았다.

4. 연구 결과

4.1. 풍속 자료 적용성 검토

기상청 기후변화 앙상블 시나리오의 풍속 자료를 이용해 부산광역시 연안지역을 현상태(2021~2023년)와 미래(2024~2100년)로 시기를 구분하여 발생가능성을 고려한 평가결과를 비교·검토하였다.

연구 대상지역에서 현상태 강풍 지표의 평가결과는 전 영역에서 3등급(보통)으로 나타났고, 미래 강풍 지표의 평가결과는 3등급(보통) 37.6%, 4등급(다소 높음) 62.4%로 나타났다. 현상태에서 미래로 갈수록 위험 등급이 연구 대상지의 62.4% 범위에서 1단계 상승하는 것으로 나타나, 탄소배출량에 따른 강풍의 변화 추이가 적절하게 반영된 것으로 보인다. 하지만 기상청 기후변화 앙상블 시나리오의 풍속 자료는 일평균값을 제공하고 있어 최대풍속을 사

용하는 연안재해 위험평가의 적용성은 낮을 것으로 판단 된다.

4.2. 강우 자료 적용성 검토

기상청 기후변화 양상블 시나리오의 강우 자료를 이용한 현상태 강우 지표의 평가결과는 연구대상지 전 영역에서 1등급(낮음)으로 나타났고, 미래 강우 지표의 평가결과는 2등급(다소 낮음) 29.5%, 3등급(보통) 70.5%로 나타났다. 현상태에서 미래로 갈수록 위험 등급이 연구대상지 전 영역에서 1~2단계 상승하는 것으로 나타나, 풍속과 마찬가지로 탄소배출량에 따른 강우의 변화 추이가 적절하게 반영된 것으로 보인다. 하지만 기상청 기후변화 양상블 시나리오의 강우 자료는 일 강수량을 제공하고 있어 시간 강우량을 사용하는 연안재해 위험평가의 적용성은 낮을 것으로 판단된다.

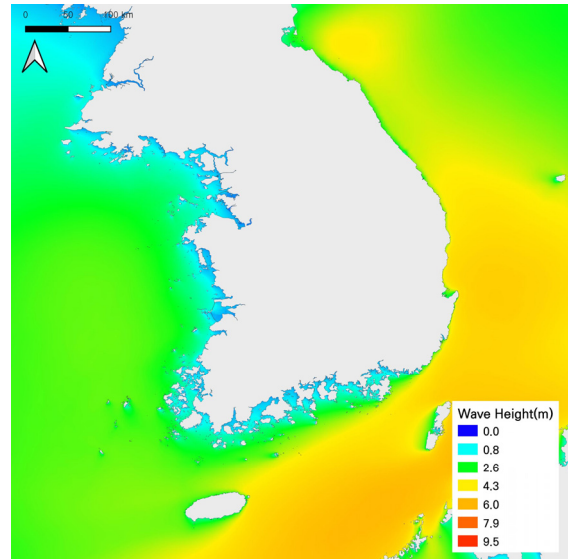
4.3. 풍향·풍속 자료 적용성 검토

국립기상과학원 기후변화 시나리오의 시계열 풍향·풍속 자료를 수치모형실험의 입력자료로 활용하여 해일과 파랑 지표를 산출하였다. 현상태 해일 지표의 평가결과는 연구대상지 전 영역에서 1등급(낮음)으로 나타났고, 미래 강우 지표의 평가결과 역시 전 영역에서 1등급(낮음)으로 나타났다. 현상태 파랑 지표의 평가결과는 1등급(낮음) 95.4%, 2등급(다소 낮음) 2.6%, 3등급(보통) 1.8%, 4등급(다소 높음) 0.2%, 5등급(높음) 0.0%로 나타났고, 미래 파랑지표의 평가결과는 1등급(낮음) 97.6%, 2등급(다소 낮음) 1.6%, 3등급(보통) 0.8%, 4등급(다소 높음)과 5등급(높음)은 0.0%로 나타났다. 해일과 파랑 지표의 경우 현상태와 미래의 평가결과가 다소 유사하게 나타나 탄소배출량에 따른 변화 추이가 합리적으로 반영되지 않은 것으로 판단된다. 이는 국립기상과학원 기후변화 시나리오의 시계열 풍향·풍속 자료가 일단위로 제공되고 있어 해일 및 파랑의 수치모형실험결과의 재현율이 낮은 것으로 분석된다. 따라서 해일 및 파랑 수치모형실험에 적합한 입력자료가 제공되어야 연안재해 위험평가에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

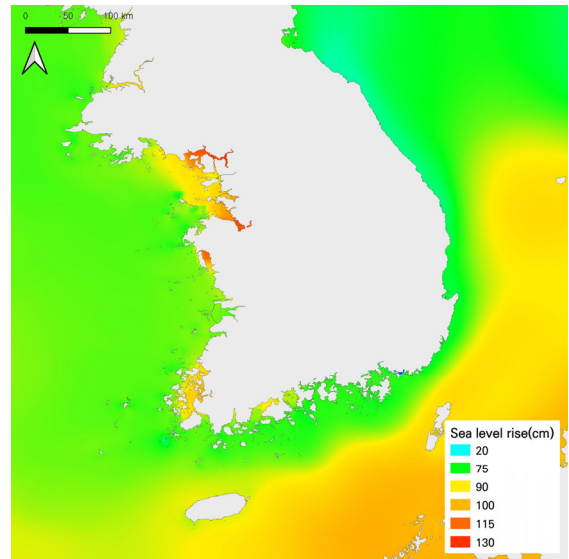
4.4. 해수면 변동 자료의 적용성 검토

국립해양조사원 기후변화 시나리오의 해수면변동 자료를 이용한 현상태 해수면상승 지표의 평가결과는 전 영역에서 1등급(낮음)으로 나타났고, 현상태에서 미래로 갈수

록 위험 등급이 연구대상지의 20.5% 범위에서 4단계 상승하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 해수면변동 자료에 대한 공간분석 시 해수면상승의 피해를 직접적으로 받는 해안선 격자에만 자료가 입력된 결과로 판단된다. 따라서 탄소배출량에 따른 해수면의 상승 추이가 적절하게 반영되어 연안재해 위험평가의 적용성은 높을 것으로 판단된다.



(a) Wave (SSP 5-8.5, Maximum between 2021 and 2100year)



(b) Sea level rise (SSP 5-8.5, 2100year)

Fig. 2. Example of coastal disaster risk assessment input climate change scenario data

5. 요약 및 결론

기후변화에 따라 증가되는 연안재해의 위협에 대응하기 위한 일환으로 기후변화 시나리오를 적용한 연안재해 위험평가방안에 대해 연구하였다. 본 연구를 위해 기후변화에 관한 정부 간 협의체의 기후변화 프레임워크와 국립해양조사원의 연안재해 위험평가체계를 조사하였으며, 국내 기후 관련 대표 기관인 기상청과 국립기상과학원의 기후변화 시나리오를 수집·검토하였다.

연안재해 위험평가체계에서 기후변화를 적용할 수 있는 평가방안을 연구하고자 외력과 관련성이 높은 위험성 지표들에 대해 기후변화 시나리오 산출자료의 적용성을 검토하였다. 풍속, 강우 자료는 기상청 기후변화 앙상블 시나리오 산출자료를 검토하였고, 파랑 및 해일 수치모형실험에 적용할 시계열 풍향·풍속 자료는 국립기상과학원 기후변화 시나리오 산출자료를 검토하였으며, 해수면변동 자료는 국립해양조사원의 기후변화 시나리오 산출자료를 검토하였다.

기상청 기후변화 앙상블 시나리오의 풍속과 강우 자료는 극단값을 평가하는 연안재해 위험평가체계에 적합하지 않았고, 국립기상과학원 기후변화 시나리오의 시계열 풍향·풍속 자료는 시계열 간격이 24시간으로 수치모형실험의 재현성을 제고시키기에 한계가 있었다. 국립해양조사원 기후변화 시나리오의 해수면변동 자료는 탄소배출량에 따른 상승 추이가 잘 반영되어 연안재해 위험평가의 입력자료로써 적용성이 높은 것으로 검토되었다.

이를 통해 연안재해 위험평가에 기후변화를 적용하기에는 국내 기후변화 시나리오 산출자료의 한계점이 다수 확인되었다. 그러나 연안재해 위험평가 특성에 맞도록 육상 위주의 자료, 최댓값 부재, 일단위 시계열 자료 등이 개선된다면 후속 연구에서 신뢰성 있는 기후변화 시나리오 기반 연안재해 위험평가가 수행될 수 있을 것으로 기대한다.

사사

본 연구는 해양수산부 국립해양조사원 「기후변화 시나리오 기반 연안재해 위험평가 기획연구」 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Goda Y. 2000. Random seas and design of maritime structures, 2nd edn. Singapore: World Scientific. doi: 10.1142/3587
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2022. AR6 climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Geneva, Switzerland: Author.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2023. AR6: The sixth assessment report. Geneva, Switzerland: Author.
- Kang TS, Moon SR, Nam SY, Shim JS. 2010. The vulnerability of the reclaimed seashore land attendant upon storm surge/coastal inundation. J Ocean Eng Technol 24(1): 68-75 (in Korean with English abstract).
- KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). 2021. 2021 coastal disaster vulnerability(risk) assessment and maintenance. Busan, Korea: Author.
- KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). 2022a. 2022 coastal disaster vulnerability(risk) assessment and maintenance. Busan, Korea: Author.
- KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). 2022b. Analysis of long-term sea level fluctuations and future outlook in jurisdictional waters to respond to climate change. Busan, Korea: Author.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2020. Korean climate change assessment report 2020. Seoul, Korea: Author. 11-1360000-001657-01.
- Lee JJ, Kwon HH, Kim TW. 2010. Concept of trend analysis of hydrologic extreme variables and nonstationary frequency analysis. J Korean Soc Civil Engineers 30(4B): 389-397 (in Korean with English abstract).
- Lee SH, Kim BR, Im JH, Oh KR, Sim OB. 2018. A study on the application of coastal disaster prevention considering climate change. J Clim Change Res 9(4): 369-376 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/kscrcr.2018.9.4.369
- Luettich RA, Westerink JJ, Scheffner NW. 1992.

- ADCIRC: An advanced three-dimensional circulation model for shelves, coasts and estuaries. Vicksburg, US: US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station. Report 1: Theory and methodology of ADCIRC-2DDI and ADCIRC-3DL.
- MOIS (Ministry of the Interior and Safety). 2021. Disaster annual report. Sejong, Korea: Author.
- Saaty TL. 1980. The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill.
- Statistics Korea. 2023. Korean statistical information service; [assessed 2023 Nov 28]. <https://kosis.kr/index/index.do>
- Zijlema M. 2010. Computation of wind-wave spectra in coastal waters with SWAN on unstructured grids. *Coast Eng* 57(3): 267-277. doi: 10.1016/j.coastaleng.2009.10.011