



Received: 2022/06/14
Revised: 2022/07/07
Accepted: 2022/08/25
Published: 2022/09/30

***Corresponding Author:**

Yong Beom Pyeon

Interdisciplinary Program in Crisis, Disaster and Risk Management, Sungkyunkwan University,
16419, 2066 Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon,
Gyeonggi-do, Republic of Korea
E-mail: koreasoccer02@naver.com

Abstract

이 연구는 IPCC 5차 보고서를 근거로 하여 한반도 특성에 맞게 분석한 「한국 기후변화 평가보고서 2020」의 RCP8.5, 극한시나리오 상 평균해수면 상승값을 Global Mapper 시뮬레이션 프로그램에 적용하여 기후변화로 인한 해수면 상승이 해군 주요 부대시설 7개소(인천, 평택, 목포, 제주, 진해, 부산, 동해 등 해안도시 소재)에 미칠 결과를 도출하였다. 그 결과, RCP8.5 시나리오 적용 시에는 해군 주요 부대시설 7개소 중 2개(목포, 제주) 부대시설은 운영이 불가하며, 2개(진해, 동해) 부대시설은 일부 잠기는 것으로 결과가 도출되었으며, 극한시나리오 적용 시에는 3개(인천, 목포, 제주) 부대시설은 운영이 불가하며, 2개(진해, 동해) 부대시설은 일부 잠기는 결과가 도출되었다.

This study derived the impacts of sea level rises due to climate change on 7 major naval unit facilities (located at coastal cities including Incheon, Pyeongtaek, Mokpo, Jeju, Jinhae, Busan, and Donghae) by applying the average sea level rise value in the extreme scenario and RCP8.5, presented in the Korea Climate Change Evaluation Report 2020, which analyzed according to the characteristics of the Korean Peninsula based on the IPCC 5th report. As a result, it was found that 2 (Mokpo, Jeju) out of 7 major naval units lost their operational feasibility and 2 (Jinhae, Donghae) were partially locked when applying the RCP 8.5 scenario. In the extreme scenario, even Incheon unit additionally also became nonoperational.

Keywords

기후변화(Climate Change),
RCP 시나리오(RCP Scenario),
해수면 상승(Rising Sea Levels),
해군 부대시설 영향평가(Impact Assessment of Naval Facilities)

Acknowledgement

이 논문은 2022년도 한국해군과학기술학회
하계학술대회 발표 논문임.

기후변화로 인한 해수면 상승이 해안도시의 해군 부대시설에 미치는 영향에 관한 연구

A Study on the Impact of Rising Sea Levels Due to Climate Change on Naval Facilities in Coastal Cities

정우승¹, 이재준², 편용범^{1*}

¹해군소령/성균관대학교 일반대학원 방재안전공학협동과정 석사과정

²성균관대학교 일반대학원 방재안전공학협동과정 박사후연구원

Woo Song Jeong¹, Jae Jun Lee², Yong Beom Pyeon^{1*}

¹LCDR, ROK Navy/Interdisciplinary Program in Crisis, Disaster and Risk Management, Sungkyunkwan University

²Post Doctor, Interdisciplinary Program in Crisis, Disaster and Risk Management, Sungkyunkwan University

1. 서론

기후변화에 관한 정부간협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에 따르면 지구온난화로 인해 해양의 온도 및 해수면이 지속적으로 상승하고 있으며, 인간의 영향에 의해 유례없이 빠른 속도로 기후가 온난화되었다고 말한다. 구체적으로는 산업혁명 이후 인간활동 및 급속한 도시화로 배출되는 온실가스의 양이 증가하면서 지구의 평균 온도를 상승하는데 기여하여 해양온난화를 야기하였다[1]. 해수면 상승은 해양온난화로 인해 뜨거운 대기열을 흡수한 해수의 열팽창으로 해수의 부피가 증가하고, 대륙 위에 존재하는 빙하 또는 남극 대륙의 얼음 등의 용해가 주된 원인이 되고 있다[2].

IPCC 6차보고서(IPCC, 2021)에 의하면 지구온난화는 육지 빙하 손실과 해양온난화에 의한 열팽창으로 지구 평균 해수면을 상승시켰다[3]. 열팽창이 1971~2018년 동안 진행된 해수면 상승의 50%를 차지하고, 빙하 손실이 22%, 빙상 손실이 20%, 육지 저수량 변화가 8%를 차지한다. 1901년과 2018년 사이에 지구의 평균 해수면이 0.2[0.15 - 0.25] m 상승했다. 평균 해수면 상승률은 1901~1971년에 연간 1.3[0.6 - 2.1] mm였고, 1971~2006년에는 연간 1.9[0.8 - 2.9] mm로 높아졌으며, 2006~2008년에는 연간 3.7[3.2 - 4.2] mm로 더욱 가파르게 증가했다.

적어도 1971년 이후 해수면 상승의 주된 요인은 인간이 끼친 영향일 가능성이 매우 높다고 평가했다. 1995~2014년 대비 2100년 지구 평균해수면은 매우 낮은 온실가스 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서는 0.28 m - 0.55 m, 낮은 배출 시나리오(SSP1-2.6)에서는 0.32 m - 0.62 m, 중간 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 0.44 m - 0.76 m, 매우 높은 배출 시나리오(SSP5-8.5)에서는 0.63 m - 1.01 m 상승할 가능성이 높다고 평가했다. 빙상 과정의 높은 불확실성 때문에 지구 평균해수면이 가능성 높은 범위를 넘어서서 매우 높은 온실가스 배출 시나리오(SSP5-8.5)의 전망에 따르면 2100년까지 2 m 상승할 가능성이 있다.

우리나라는 상대적으로 산지가 많고 평지가 적은 관계로 농경지 및 산업기반 시설 건설 등 해안 저지대에 대한 개발이 활발하였다[4]. 또한, 해양수산부에 의하면 우리나라의 해안선은 총 11,542 km로 육지면적 대비 해안선 길이 비율 면적 비교 시 높은 비율이며, 인구의 약 27%가 연안에 거주하고 있다. 이러한 지리적·환경적인 배경에서 해수 온도가 가장 높은 하계절 시기에는 태풍이 많이 발생하여, 연안지역에 심각한 재산·인명 피해가 초래할 가능성이 매우 크다[5]. 국립해양조사원에 의하면 우리나라 연안해역에서 해수면이 과거에 비해 조위 관측소 수치 결과, 빠르게 상승하는 것으로 나타나고 있다. 해수면의 상승은 침수, 연안 침식 등 광범위한 사회경제적 피해를 유발하고, 해안 시설물에 상당한 영향을 끼칠 수 있다[6].

우리나라는 11개 광역시·도 및 78개 시·군·구가 연안을 관할하며, 해군 주요 부대시설도 인천, 평택, 목포, 제주, 진해, 부산, 동해 연안에 위치하고 있다. 해군의 주요 부대 시설이 연안에 위치하여 해수면 상승에 상당히 취약하므로 대비가 필요하다. 마이클 클레어의 저서 『기후붕괴, 지옥문이 열린다』(2021)는 2008년 미국 국가정보회의에서 30곳이 넘는 미군시설이 이미 해수면 상승으로 더 큰 위협을 겪고 있다고 판단하여 위기의식을 가졌고, 2011년 미국 해군에 대한 기후변화의 국가안보적 함의로 1 m 이상의 해수면 상승으로 56곳의 해군시설이 심각한 피해를 보게 된다는 사실을 인지하여, ‘해안의 군사시설은 기후변화의 최전선에 있었다’라고 표현한다[6]. 이는 기후변화로 인한 해수면 상승의 영향이 국가안보를 책임지는 군사시설에 영향을 끼쳐 결국에는 기후변화가 국가안보 최대의 적으로 간주될 수밖에 없는 현실을 말해주고 있다.

전 세계 각국에서 기후변화 현상이 더 자주 일어나고, 그에 따른 피해도 증가하고 있다. 그 중에서도 해양온난화로 인한 해수면 상승은 태풍 및 폭풍 등의 악기상 상황에

서 해안지역과 해안도시의 손실은 더욱 커지게 된다[8]. 해안재해 위험요소를 줄이기 위해서는 해수면 상승추세를 정확히 예측하여, 해안방재대책 수립이 제일 우선시 되어야 한다[9]. 따라서, 이 논문에서는 기후변화에 따른 우리나라 해수면 상승을 고려하여 국가 해양안보를 책임지고 있는 연안에 위치한 해군 부대시설에 미칠 영향에 대해 연구하였다.

2. 선행연구

우리나라 해수면 상승에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 우리나라 전 해역, 서해안 및 제주도 중심으로 특히 많은 연구가 이뤄지고 있다. 우리나라 전 해역에 대한 해수면 상승에 대한 연구에서 허태경 등[1]은 우리나라 주변 해역을 6개 구역으로 분리하여, 전 지구 평균 대비 우리나라 미래 해수면 상승의 특징을 분석하였다. Total Sea Level Rise(TSLR) 자료를 사용하여 Coupled Model Intercomparison Project Phase 5(CMIP5) 모델을 이용한 RCP 시나리오를 통해 해수면 상승 예측을 산출한 결과, 21세기 말 우리나라의 평균해수면은 RCP8.5, 6.0, 4.5, 2.6에 대해 각각 65.0 cm, 47.7 cm, 48.1 cm, 37.8 cm 상승하는 것으로 전망하였다.

박윤경 등[10]은 기후변화에 따른 해수면 상승고를 고려한 방재성능목표를 설정하기 위해서 2005년을 기준으로 단기(~2040년), 중기(~2070년), 장기(~2100년)별로 해수면 상승률을 산정하였다. 22개 조위 관측소 관측자료를 바탕으로 RCP4.5의 해수면 상승률과 RCP8.5의 해수면 상승률을 평균한 앙상블 평균법을 적용한 결과, 단기(~2040년), 중기(~2070년), 장기(~2100년)의 평균 해수면 상승률을 각각 약 0.61 cm/year, 0.89 cm/year, 1.09 cm/year로 산정하였다.

정태성[9]은 우리나라 연안해역 검조소에서 20년 이상 관측된 조위자료를 바탕으로 선형회귀분석을 수행한 결과, 전체기간에 대해서 분석한 결과값은 해수면 상승률 2.2 mm/year - 3.3 mm/year였으나, 2000년 이후 자료만을 분석한 결과는 2.4 mm/year - 6.7 mm/year로 산정하였다.

차우영 등[11]은 미래 해수면 상승과 극치해수위의 확률적인 전망 결과를 생산하기 위해 연평균해수면과 연최대해수면 극치값의 확률분포를 추정하는 접근방법을 제안하였다. 16개 지점의 과거조위자료를 이용하여 평균해수면의 상승추세를 확인하였고, 지점들의 평균적인 과거

평균해수면 상승률은 3.14 mm/year이며, 미래 평균적인 선형 상승량은 약 0.71[0.5 to 0.91] m로 산정하였다.

김태윤 등[12]은 해수면 상승률을 계산하는 방법의 하나로써 Rahmstorf(2007)가 주장하는 반경험식법(지구 평균 온도가 1°C씩 오를 때마다 해수면이 10 m에서 30 m 정도 높아진다)을 사용했다[13]. IPCC의 온실가스 배출 시나리오로 계산된 대기온도 값을 이용하여 해수면이 2100년까지 RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5에 대해 각각 1.37 °C, 2.77 °C, 3.23 °C, 4.91 °C 상승을 예측하며, 그에 따른 해수면 상승은 0.87 m, 1.02 m, 1.21 m, 1.36 m일 것이라고 분석했다.

국내 논문의 분석에 의하면, 우리나라 해수면 상승률 산출에 관한 연구결과는 기준년도, 온실가스 배출 시나리오 및 데이터 분석방법에 따라 다르게 나타났다. 그러나, 대부분의 연구에서 국립해양조사원 조위 관측자료를 활용하였고, IPCC의 온실가스 배출 시나리오를 통해 해역별 해수면 상승률을 산출하였다. 우리나라 기후변화의 과학적 근거와 이와 관련된 영향을 이해하고 국가 기후변화 적응대책 수립을 지원하고자 기상청에서 발간한 「한국 기후변화 평가보고서 2020」(기상청, 2020)에서 한국의 평균해수면은 2100년까지 RCP2.6에서 37.8 cm, RCP4.5에서 48.1 cm, RCP6.0에서는 47.7 cm, 그리고 RCP8.5에서는 65.0 cm 상승하는 것으로 전망하였다. 또한, 남극 빙상용융을 고려한 모델에서는 시나리오에 따라 130 cm 이상 상승할 수 있음이 보고되었다[14].

따라서, 이 논문에서는 신뢰성 있는 국립해양조사원 조위 관측소의 관측자료를 활용하였고, 「한국 기후변화 평가보고서 2020」에서 과학적 근거를 바탕으로 시나리오를 분석한 우리나라 평균해수면 상승고를 적용하였다.

3. 연구대상 및 범위

연구대상은 해군 주요 부대시설이 위치해 있는 인천, 평택, 목포, 제주, 진해, 부산, 동해시로 총 7개 지역이다. 인천광역시에는 인천해역방어사령부, 평택시에는 2함대사령부, 목포광역시에는 3함대사령부, 제주도에는 7기동전단, 진해구에는 진해기지사령부, 부산광역시에는 작전사령부, 동해시에는 1함대사령부가 주둔하고 있으며, Google Earth상 해군 주요 부대시설 7개소 현황은 Fig. 1과 같다. 각 부대시설이 있는 지역별 조위 관측소 데이터를 활용하였으며, 진해구에는 조위 관측소가 없어 인근 지역인 마산합포구 조위 관측소 데이터로 활용하였다.

4. 연구방법

지구과학 용어사전에 의하면 평균해수면은 해수면의 높이를 어느 일정기간의 높이로 평균한 값을 말한다. 연구대상의 평균해수면 산출은 국립해양조사원 조위 관측소 2021년 1년간의 관측자료로 활용하였고, 7개소 관측자료를 월별로 1년의 평균해수면을 산출하였다(Table 1). 산출한 결과, 수온이 가장 높은 8월의 평균해수면이 가장 높았고, 지역별 평균해수면의 차이가 큰 것으로 나타났다.

해군 부대시설 7개소 평균해수면을 활용하여, 해수면 상승 시나리오는 「한국 기후변화 평가보고서 2020」 결과를 바탕으로 적용하였다. 「한국 기후변화 평가보고서 2020」은 환경부와 기상청에서 기후변화에 관련한 과학적 근거, 영향 및 적응 등의 연구결과를 정리하여 공동으로 발간하였다. 이 보고서에서는 2014~2020년 발표된 총 1,900여 편의 국내·외 논문과 각종 보고서의 연구결과를

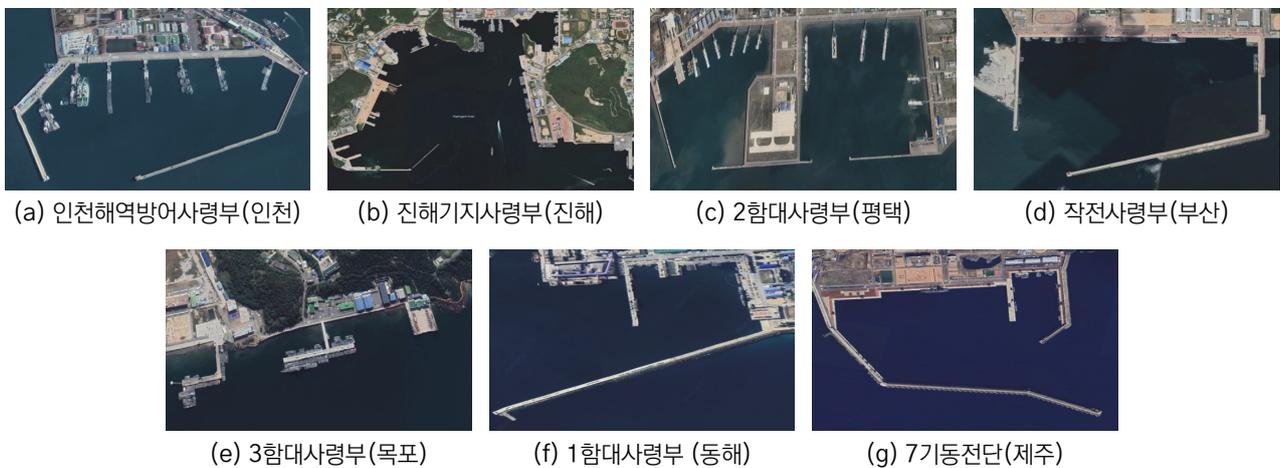


Fig. 1. 해군 주요 부대시설 7개 지역 현황

Table 1. 해군 주요 부대시설 7개소 평균해수면 산출 결과값 (단위: cm)

지역	1월	2월	...	7월	8월	9월	...	11월	12월	평균
인천	451.3	454.0		487.5	489.8	487.3		461.4	448.5	468.8
평택	476.3	477.3		507.9	510.8	508.9		485.3	473.8	491.6
목포	234.9	236.2		270.9	274.1	271.3		243.8	234.1	251.5
제주	152.2	153.4	...	188.5	190.8	186.3	...	162.6	153.6	168.3
진해	89.2	89.7		116.3	123.7	116.5		94.5	87.8	101.7
부산	70.0	69.8		88.1	96.9	90.1		70.3	65.2	77.5
동해	11.8	11.9		29.9	38.4	28.0		16.3	11.5	19.5

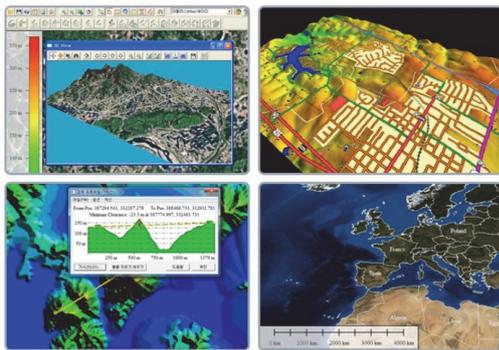


Fig. 2. Global Mapper 해수면 상승 시뮬레이션

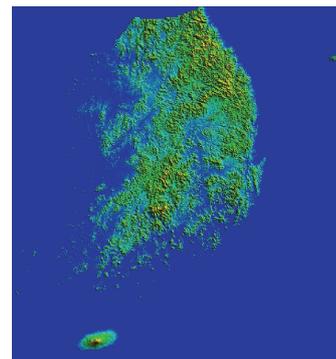


Fig. 3. 국토정보지리원 한반도 5m DEM Data

분석·평가하였다. 한반도 해역의 평균해수면은 최근 40년 동안 약 10 cm 상승하였고, 1989~2017년 최근 29년간 매년 2.9 mm 상승률을 보여 전 지구 평균에 비해 다소 빠른 상승추세라고 분석했다. 지역별로는 제주 부근 4.44 mm, 동해안 3.70 mm, 남해안 2.41 mm, 서해안 2.07 mm로 확인되었다. ICC 제5차 보고서의 RCP 시나리오를 적용하여, 21세기 말 평균해수면은 RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5에 대해 각각 37.8 cm, 48.1 cm, 47.7 cm, 65.0 cm 상승할 것이며, 남극 빙상 용융을 고려하는 모델로 전망한 2100년 지구 평균해수면은 130 cm 상승할 것이라고 분석했다. 따라서, 이 연구에서는 위험한 상황을 가장하여 RCP 시나리오를 근거로 한 RCP8.5(65.0 cm), 극심한 시나리오(130 cm)상 평균해수면 상승값을 적용하였다.

시나리오를 적용하기 위해 해수면 상승 시뮬레이션인 Global Mapper 프로그램을 사용하였다(Fig. 2). Global Mapper는 수치고도 자료 및 벡터 데이터의 뷰어, 편집, 출력 등 다양한 기능을 제공하는 GIS software로 해수면 상승과 해안 범람에 대한 적응 전략들의 손익 분석을 위한 모델링으로 많이 사용된다. 해수면 상승 시나리오에 사용되는 수치표고모델은 국토정보지리원의 한반도 5 m DEM Data를 활용하였다(Fig. 3). 또한, 각 해군 부대시설 위성사진은 Google Earth 사진을 활용하였다.

5. 연구결과

해군 주요 부대시설 7개소에 대해 「한국 기후변화 평가보고서 2020」에 제시된 21세기 말 평균해수면 결과값을 Global Mapper 시뮬레이션 프로그램에 적용하였다. 그 결과는 다음과 같다.

인천에 위치한 인천해역방어사령부의 경우 2021년 평균해수면 468.8 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65 cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두는 잠기나, 육상시설은 이상 없는 것으로 결과가 도출되었다. 극심한 시나리오(해수면 130 cm 상승) 적용 시에는 육상시설도 잠겨 부대 운영이 불가능할 것으로 판단된다(Fig. 4).



Fig. 4. 인천지방방어사령부(인천) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

평택에 위치한 2함대사령부의 경우 2021년 평균해수면 491.6 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65 cm 상승)

적용 시에는 항만시설 및 부두 일부는 잠기나, 육상시설은 이상 없는 것으로 결과가 도출되었다. 극심한 시나리오(해수면 130 cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두 전부가 잠기는 것으로 도출되었다(Fig. 5).



(a) 2함대사령부 (b) RCP8.5 시나리오 적용 (c) 극심한 시나리오 적용

Fig. 5. 2함대사령부(평택) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

목포에 위치한 3함대사령부의 경우 2021년 평균해수면 251.5 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65 cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두가 잠기고, 육상시설의 절반이 잠겨 부대 운영이 불가능할 것으로 판단된다. 극심한 시나리오(해수면 130 cm 상승) 적용 시에도 동일하게 부대 운영이 불가능하나, 그 정도가 심해질 것으로 판단된다(Fig. 6).



(a) 3함대사령부 (b) RCP8.5 시나리오 적용 (c) 극심한 시나리오 적용

Fig. 6. 3함대사령부(목포) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

제주에 위치한 7기동전단의 경우 2021년 평균해수면 168.3 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65 cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두가 잠기고, 육상시설의 절반이 잠겨 부대 운영이 불가능할 것으로 판단된다. 극심한 시나리오(해수면 130 cm 상승) 적용 시에는 동일하게 부대 운영이 불가능하나, 그 정도가 심해질 것으로 판단된다(Fig. 7).



(a) 7기동전단 (b) RCP8.5 시나리오 적용 (c) 극심한 시나리오 적용

Fig. 7. 7기동전단(제주) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

진해에 위치한 진해기지사령부는 2021년 평균해수면 101.7 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두는 잠기나, 육상시설은 일부 잠길 것으로 판단된다. 극심한 시나리오(해수면 130cm 상승) 적용 시에도 RCP8.5 시나리오 결과와 거의 유사하게 결과가 도출되었다(Fig. 8).



(a) 진해기지사령부 (b) RCP8.5 시나리오 적용 (c) 극심한 시나리오 적용

Fig. 8. 진해기지사령부(진해) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

부산에 위치한 작전사령부의 경우 2021년 평균해수면 77.5 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65 cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두는 잠기나, 육상시설은 이상 없는 것으로 결과가 도출되었다. 극심한 시나리오(해수면 130 cm 상승) 적용 시에도 RCP8.5 시나리오 결과와 거의 유사하게 결과가 도출되었다(Fig. 9).



(a) 작전사령부 (b) RCP8.5 시나리오 적용 (c) 극심한 시나리오 적용

Fig. 9. 작전사령부(부산) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

동해에 위치한 1함대사령부의 경우 2021년 평균해수면 19.5 cm이며, RCP8.5 시나리오(해수면 65 cm 상승) 적용 시에는 항만시설 및 부두는 일부 잠기나, 육상시설은 이상 없는 것으로 결과가 도출되었다. 극심한 시나리오(해수면 130 cm 상승) 적용 시에도 RCP8.5 시나리오 결과와 거의 유사하게 결과가 도출되었다(Fig. 10).



(a) 1함대사령부 (b) RCP8.5 시나리오 적용 (c) 극심한 시나리오 적용

Fig. 10. 1함대사령부(동해) 해수면 상승 시뮬레이션 결과

6. 결론

RCP8.5 시나리오 적용 시에는 해군 주요 부대시설 7개소 중 2개(목포, 제주) 부대시설 운영 불가, 2개(진해, 동해) 부대시설은 일부 잠기며, 모든 항만시설 및 부두는 잠김현상이 발생하는 것으로 결과가 도출되었다. 극심한 시나리오 적용 시에는 해군 주요 부대시설 7개소 중 3개(인천, 목포, 제주) 부대시설 운영 불가, 2개(진해, 동해) 부대시설은 일부 잠기며, 모든 항만시설 및 부두는 잠김현상이 발생하는 것으로 결과가 도출되었다. 따라서, 시뮬레이션 결과에 따라 운영이 불가한 부대시설은 해수면 상승 추세에 맞춰 해안방재대책 수립이 필요하며, 부대 이전의 적절성을 추가 검토할 필요가 있다.

이 연구의 한계점은 다음과 같다. 2021년 1년의 평균해수면만을 기준으로 하였고, 부두 항만시설은 부유식 형태인 것은 고려되지 않았다. 또한, 부대시설의 구체적인 부분은 보안상 확인할 수 없어서 개략적인 결과만 도출 가능하였다.

향후 연구에서는 해군 부대시설을 구체적인 시설 유형별의 대책방안 및 정책적 제안을 위한 결과 제시가 필요할 것이다. 또한, 과년도(20년 이상) 조위 관측자료 상승 추세 분석을 통해 시나리오 적용 결괏값과 비교 분석이 필요하다. 실질적으로 가장 위험한 상황은 하계절 수온이 상승하는 해수면 높은 시기가 만조시점과 일치할 때, 태풍 및 폭풍으로 인한 해일고가 발생하는 것이다. 따라서, 태풍이 많이 발생하는 하계절 시기에 만조와 관련하여 폭풍해일고에 대한 피해 연구가 요구된다.

후기

심각한 기후변화로 해수면 상승은 지속적으로 증가하고 있을뿐만 아니라 그 상승률은 더 증가하고 있다. 이러한 상황에서 해군 부대시설의 영향에 대해 개략적으로 확인하였고, 이 연구가 기후변화에 대한 심각성을 깨닫고 조금이나마 대비하는 계기가 되었으면 한다.

참고문헌

[1] Heo, T. K., Kim, Y., Boo, K. O., Byun, Y. H., & Cho, C.,

Future sea level projections over the seas around Korea from cmip5 simulations. *Atmosphere*, 28(1), 2018, pp. 25-35.

[2] Bu, Y. S., Analysis on effect of construction facilities depending on a scenario of sea level rise around Jeju coastal area, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Engineering in Jeju National University, 2011, pp. 10-11.

[3] IPCC, Working Group 1 contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021, pp. 41.

[4] Lee, H. M., A study on the assessment of the impact of rising sea levels caused climate change on flood-prone area and adaptation strategy, Sungshin Women's University, 2017, pp. 3.

[5] Han, S. H., A study on improving policy for achieving climate justice (1). *Climate Policy*, Korea Environment Institute, 2019, pp. 61-64.

[6] Lee, B., Jung, M.-K., & Kwon, H.-H., Climate Change Impacts of Sea Level Rise on the Saemangeum Sea Dike. *Korea Society of Coastal Disaster Prevention*, 9(1), 2022, pp.13-21.

[7] Klare, M. T., All Hell Breaking Loose, Kyunghee University Press and Cultural Center, 2021, pp. 201-234.

[8] Lee, H. S., Evaluation of Vulnerability due to accelerated sea level rise for Korean Coast, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Engineering in SungKyunKwan University, 2003, pp. 5-7.

[9] Jung, T. S., Analysis of rising trend of mean sea level in Korea. 2018, Joint Conference of Korea Marine Science and Technology Council, 2018, pp. 186.

[10] Park, Y., Jung, B., & Kim, R., Flood risk assessment for coastal cities considering sea level rise due to climate change. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 20(6), 2020, pp. 323-332.

[11] Cha, W., Choi, J., Lee, O., & Kim, S., Probabilistic analysis of sea level rise in Korean major coastal regions under RCP 8.5 climate change scenario. *Korean Society of Hazard Mitigation*, 16(6), 2016, pp. 389-396.

[12] Kim, T.-Y., & Cho, K.-W., Forecasting of sea-level rise using a semi-empirical method. *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, 19(1), 2013, pp. 1-8.

[13] Rahmstorf, S., A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise, *Science*, 315, 2007a, pp. 368-370.

[14] Korea Meteorological Administration, Korean Climate Change Assessment Report, 2020, pp. 33.