

충남 태안반도의 해안침식 실태와 양상

오 정 식

동국대학교 대학원 지리학과

The Real Condition and Aspect of Coastal Erosion on the Taeon Peninsula, Chungcheongnam-do

OH, Jeong-sik

Department of Geography, Graduate School, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

ABSTRACT

This study has two main purposes. First, Taeon peninsula coastal area was searched to find out the changing realities and patterns of coastal landforms due to the climate change and sea level rise. As a result, of coastal areas, coastal erosion patterns show distinctively, and the type is distinguished by ① Erosion of sandy beach (coast) and sand dune, ② Backward seacliff and slope collapse, ③ Shore protection collapse. It is shown that time series observation and experiment should be added, but it seems that there is no disagreement about the progress of coastal erosion and possibility of acceleration according to previous research summary view and this study. Second, These changes in coastal terrain is concerned that it can cause huge amount of socio-economic losses and, therefore, accurate prediction and preparation for future changes are needed. With these concerns, numerous studies have attempted to find and explore the vulnerability of coastal areas, and this subject becomes big issue among changes in the coastal environment. However, studies about this subject is yet further support level, and domestic application, the needs of new model development are necessary to be examined. Therefore, in this study, four kinds of overseas case studies has been analyzed to evaluate and predict coastal environmental vulnerability, and looked at the possibility of domestic application and necessity of new model development.

Key words : coastal erosion, coastal landform change, sea-level rise, climate change, taean peninsula

서 론

1. 연구배경 및 중요성

최근 발표된 유엔 기후변화에 관한 정부간위원회(International Panel on Climate Change: 이하 IPCC)의 제4차 평가보고서는 국제사회에 커다란 충격을 주었다. 보고서에서는 금세기 말까지 산업화와 도

시화로 대변되는 인간 활동에 의한 지구온난화로 지구 평균기온이 최대 6.4°C 상승하고, 해수면은 최대 59cm까지 상승할 것으로 예측하였다(IPCC, 2007). 또한 IPCC는 1961~2003년까지 전 지구적으로 해수면 상승률이 $1.8(1.3\sim 2.4)\text{mm/yr}$ 로 기록되었으며, 특히 지난 1993~2003년 사이 연평균 상승률 $3.1(2.4\sim 3.8)\text{mm/yr}$ 로 급속히 가속화된 것으로 보고하고 있어 개별국가와 국제사회의 준비와 대책이 시급한 시점이다.

연안지역은 과거로부터 현재까지 인간생활의 중심이 되는 지역으로 전 세계 인구의 약 23%가 해안선으로부터 100km 이내, 해수면으로부터 100m 이하에서 거주하고 있으며, 해안 지역의 인구밀도가 전 세계 인구밀도 평균의 약 세 배에 이른다는 통계도 있다(Small and Nicholls, 2003). 따라서 기후변화로 인한 해안지역의 급속한 지형 변화는 인간생활 공간에 대한 위협이자, 엄청난 사회·경제적 손실을 초래할 수 있는 가능성을 내포하고 있다.

한국의 서해안 지역은 세계적으로도 대표적인 대조차지역(경기만 일대와 태안반도 지역은 최대조차가 8m 내외에 이른다)인데다, 최근 기후변화에 의한 해수면 상승으로 만조시 폭풍 해일과 해안지형 침식에 의한 사회·경제적 피해가 빈번히 발생하고 있다. 이에 따라 최근 기후변화와 해안지역 위험에 대한 관심이 증가되면서, 정부와 학계의 연구와 대책이 다각도로 진행되고 있다. 하지만 지금까지의 관심은 주로 해수면 상승에 영향을 미치는 여러 인자와의 상관성에 그 초점이 맞춰져 있는 실정이다(Kang *et al.*, 2005; 하 등, 2006). 따라서 해안지역에 위치한 인간의 생활공간과 자연환경과의 밀접한 관계를 고려하여 해수면 상승에 의하여 발생될 지형변화 예측에 대한 연구가 시급한 실정이다.

해수면 상승과 연안지역 침식에 대한 기존의 연구는 동해안을 중심으로 한 사빈 유실과 해안 구조물의 유실에 대하여 많이 보고되고 있다. 동해안의 해안지형은 급경사의 해식애와 그 전면의 좁은 파식대(wave-cut terrace)로 구성되는 암석해안과 사빈해안으로 대표할 수 있다. 또한 태백산지가 해안의 인근까지 가까이 분포하고 있어 서해안에 비해 내륙방향으로 해발고도가 급격하게 상승하는 양상을 보인다. 이러한 지형 특성으로 말미암아 해안선에 접한 일부 사빈지역과 좁은 하구역을 중심으로 발달한 해안평야 지역을 제외할 경우, 해수면 상승에 따른 침수, 침식 피해가 국지적인 범위로 나타나는 경향이 있다. 그러나 서해안 대부분의 지역은 해발고도가 낮은 평야가 내륙 깊숙하게 이어져 있고, 해안과 인접한 자연 상태의 구릉지역 일부를 제외한 대부분의 지역에서 인간 활동이 이루어지고 있어 향후 해수면 상승에 따른 취약성이 높고, 사회·경제적 피해가 우려되는 지역이다. 최 등(2006)은 IPCC의 3차 보고서에서 제시된 시나리오를 이용하여 한반도 침수 가능 면적을 예측한 결과, 서해안이 동해안이나 남해안에 비해 20배 가량 넓은 침수 면적을 보이는 것으로 전망하기도 하였다.

특히, 태안반도의 해안지역은 좁은 포켓비치(pocket beach)와 해발고도가 낮은 헤드랜드(head land)로 매우 복잡한 해안선을 구성하고 있어, 해수면 상승에 따른 지형 변화에 상당히 취약할 것으로 예상된다. 따라서 급변 연구는 이러한 태안반도 해안지역의 지형 특성과 함께 다양한 인문·자연환경요소를 고려하여 앞으로 직면하게 될 기후변화에 따른 해수면 상승에 효과적으로 대응하기 위한 기초 자료를 확보한다는 데 의미가 있다. 기후변화의 영향으로 미래에 예측되거나 현재 발생되고 있는 다양한 문제들 가운데, 본 연구에서 주요 쟁점으로 다룬 것은 크게 세 가지 측면이다.

첫째, 해역과 육역의 복잡 다양한 시스템이 균형을 이루고 있는 해안지역에서 발생하는 해수면 상승 문제이다. 해수면 상승 문제가 본 연구의 쟁점으로 다루어지는 이유는 해안지역이 가지는 사회·

경제적 중요성 때문이다. 세계 도처와 마찬가지로 우리나라의 경우도 부산, 인천 등 대도시 인구밀집 지역과 다수의 사회기반 시설들이 해안지역을 따라 분포하고 있다. 따라서 기후변화로 인한 해수면 상승과 급격한 해안 지형의 변화는 생활공간에 대한 위협이자, 엄청난 사회·경제적 손실을 초래할 수 있는 문제를 내포하고 있다.

둘째, 향후 해수면 상승으로 기인되는 해안지형 변화를 예측하고, 지역 간 상대적 취약성을 비교하기 위한 첫 단계로서 사례연구의 의미이다. 따라서 태안반도 해안 지역을 사례로 한 해안지형 변화의 실태를 살펴보고, 이를 바탕으로 지형 변화의 일반적 양상을 유추해 보았다.

마지막으로 앞으로 지속될 것으로 보이는 해안환경의 변화에 적절히 대처하고 적응하기 위한 세계적인 연구 결과들을 통해 국내 적용 가능성을 분석하고, 우리 환경에 적합한 새로운 연구 방법론 개발을 제안하고자 하였다.

2. 연구지역

한국은 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 해안선의 길이가 길고, 해안지형을 형성하는 차별적 기구(process and mechanism)로 인하여 다양한 형태의 연안환경이 나타난다. 이는 우리나라 동·서·남해안의 해안지형이 차별화된 양상을 보이게 한 원인이기도 하다.

해안선이 비교적 단조롭고 육역의 해발고도가 상대적으로 높은 동해안과는 달리 서·남해안의 경우 해안선이 매우 복잡하며, 육역의 해발고도가 상대적으로 낮은 특징을 보인다. 해안선의 길이와 해안선과 접한 육역의 기복은 연안지역이 해양환경의 영향에 얼마만큼 많이 노출되느냐에 결정적 영향을 미치며, 해안선의 연장이 길다는 것은 곧, 해양의 영향이 크게 작용하며, 그로 인해 발생하는 다양한 변화로부터 자유롭지 못하다는 뜻이기도 하다.

기후변화와 결부되어 나타나고 있는 해양환경의 변화, 특히 해수면 상승으로 인한 해안지역의 변화와 문제점들은 이미 가시적인 현상들로 발현되고 있다. 따라서 한반도 전역의 해안지역에 대한 취약성 평가와 민감도 및 적응능력 예측과 모델화가 절실하게 요구되고 있으나, 기존까지 구축된 연안환경에 대한 원자료(data source)의 부족, 다양한 국내 예측모델 개발의 부재 등은 앞으로 마주할 해안지역의 급변에 관한 다방면의 연구에 많은 장애가 되고 있다.

금번 연구에서는 우리나라 해안지역 전체에 대한 분석적 접근과 지표 개발 등에 필요한 시간과 자원의 제약으로 인하여 단기적인 단독 연구가 사실상 불가능하기 때문에 그 실험적 모델로서 연구지역을 해수면 상승에 따른 영향이 상대적으로 크게 나타날 것으로 예상되는 서해안 지역(태안반도 일대)을 대상으로 하였다. 특히, 서해안 지역들 중 꽃(head land)과 내만(pocket beach)이 잘 발달하고, 해안선에 접한 육역의 해발고도가 낮으며, 외해로 넓게 개방되어 해양환경의 변화에 따른 영향이 크게 나타날 것으로 예상되는 태안반도 지역을 연구지역으로 선정하였다. 이에 따라 구체적으로 설정된 연구지역의 수리적 위치는 이원방조제(충남 태안군 이원면; N36°53'50", E126°16'36")로부터 안면대교 북단(충남 태안군 남면; N36°36'04", E126°19'21")까지를 연결하는 서해와 접한 해안선으로 하였다(Fig. 1).

연구지역은 해안선이 복잡하고, 총 연장 거리가 길다. 이러한 해안환경의 특징은 해안지형구 구분과 지역 구분의 어려움을 초래한다. 따라서 현장조사와 연구자료 분석의 편의를 제공하기 위하여



Fig. 1. Study area.

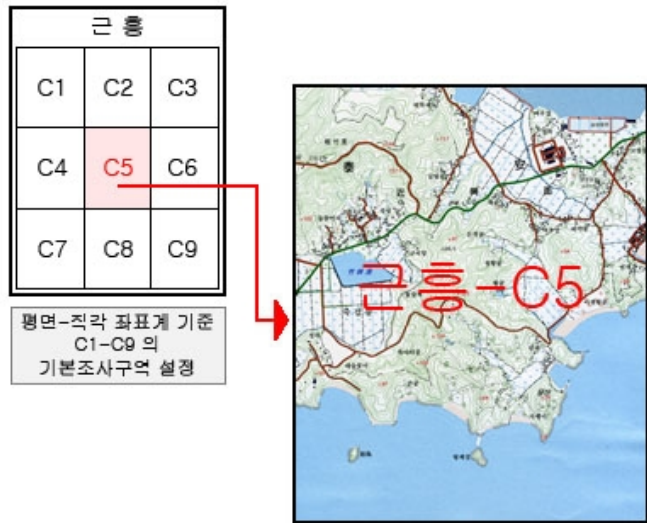


Fig. 2. Set the basic survey zone.

1:25,000 축척의 지형도를 바탕으로 연구지역을 권역에 따라 세분하여 현장조사를 진행하였다. 권역별 조사단위는 1:25,000 축척의 지형도 상에 나타난 평면직각 좌표계를 기준으로 고파-C7, 가의도-C3, C6, 근홍-C1, C2, C3, C4, C5, C6, 달산-C1, C2, C4, C5, C7, C8, 방갈-C8, C9, 소원 C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, 안면-C1, C2로 총 7개 도엽의 28개 구역으로 설정하였다(Fig. 2).

연구지역에 속한 해안은 크게 자연해안(natural coast)부터 인공구조물이 설치된 인공해안(artificial coast)지역으로 구성되며, 자연해안은 주로 사빈, 해안사구, 간석지, 해식애, 파식대가 분포하며, 인공해안은 항구와 방조제, 호안제 등의 분포를 보인다. 기존에 밝혀진 바와 같이 해수면 상승의 양상이 동일하여도 그 영향은 해안지역이 지니는 환경의 독특성에 따라 극명한 차이를 나타낸다. 따라서 금번 연구에서도 태안해안 지역을 구성하고 있는 다양한 해안환경을 종합적으로 분석·구분하고, 다양한 환경요소를 고려한 연구를 하고자 집중하였다.

기후변화 문제는 이제 우리 주변에서 실감할 수 있는 실체가 되었다. 하지만 가시적이고 급격한 변화 추세를 보이는 기온·습도·강수량과 같은 변화와 달리, 비가시적이면서 점진적인 변화 추세를 보이는 해수면 상승은 그 잠재적인 영향력에 비하여 관심과 대책이 부족한 실정이다. 해수면 상승 문제는 지역별, 부문별로 그 영향이 판이하게 다르기 때문에, 신뢰성 있는 평가 척도와 적절한 적응체계가 마련되어야 하는 필요성이 크다. IPCC는 네 차례의 보고서를 통해, 기후변화로 인한 영향이 현재 이미 나타나고 있다고 보고, 현 세대와 미래세대가 직면하게 될 문제와 취약성을 평가하여 기후변화로 인한 악영향을 최소화하기 위한 적응(adaptation) 조치의 중요성을 권고하기 시작했다.

3. 연구방법 및 체계

연구는 선행 연구 자료를 중심으로 한 문헌조사와 현장조사에서의 적용 단계로 나누어 실시하였다. 문헌조사의 경우 크게 4단계로 구분되어 진행되었으며, 그 첫 단계로 기후변화의 세계적 추세와

현황 파악을 위한 문헌조사와 분석을 실행하였다. 본 과정은 IPCC의 「기후변화 4차 보고서(Climate Change 2007 Forth Assessment Reports)」 중, 실무그룹 I(The physical science basis)과 실무그룹 II(Impacts, Adaptation and Vulnerability)와 세계기상기구(World meteorological organization; 이하 WMO)의 「전 지구 기후 보고서 2009(WMO statement on the status of the global climate in 2009)」의 분석·예측 내용을 중심으로 진행되었다.

두 번째 단계로 우리나라의 기후변화 양상과 예측 관련 조사와 분석을 진행하였다. 이를 위해 한반도의 기후변화 시뮬레이션을 수행한 각종 연구 결과와 보고서를 취합하였으며, 취합된 자료를 바탕으로 문헌정리를 통하여 기후변화 양상과 예측모델의 특성을 분석하였다. 본 과정에서는 환경부와 환경정책평가연구원 발간 보고서들의 도움을 많이 받았다.

세 번째 단계에서는 해안지형이 지니는 독특한 프로세스와 시스템이 기후변화에 따른 해수면 상승과 어떠한 관계에 놓여 있는지에 대한 이론적 검토를 실시하였다. 이론적 검토는 주로 해안지형과 관련한 해외 출판물을 중심으로 살펴보았으며, 중·소규모의 해안지형이 국지적으로 잘 발달한 국내 해안지형에의 이론 적용 가능성을 염두한 검토를 진행하였다. 해안 시스템의 이론적 검토 과정에서는 Simon K. Haslett(2000)의 「Coastal Systems」와 유근배 역(2007)의 「해안 보호(Coastal Defences)」, 그리고 안희도 외 역(2006)의 「해안침식: 실태와 해결책」의 도움을 많이 받았다.

네 번째 단계는 해수면 상승에 따른 연안지역의 취약성과 관련한 다양한 해외 선행 연구들의 분석을 통하여 벤치마킹 모델을 선정하고 국내 적용 가능성을 분석하였다. 기후변화와 관련한 취약성 평가 모델은 해외를 중심으로 많은 성과가 있으나, 주로 글로벌 스케일의 평가 방법론으로 국가 간 비교와 분석이 주를 이루고 있다. 따라서 국가 내, 혹은 지역 간의 중·소규모 지형단위의 지수 개발을 위한 적용 가능성이 있는 연구를 중심으로 취사·선택하여 모델의 방법론에 대한 직접적인 분석을 실시하였다. 벤치마킹 대상으로 SOPAC(Secretariat of the Pacific Community)의 2004년 보고서 「The Environmental Vulnerability Index(EVI) 2004」, PNNL(Pacific Northwest National Laboratory)의 2001년 보고서 「Vulnerability to Climate Change: a Quantitative Approach」, 세계경제포럼(World Economic Forum)의 2005년 보고서 「Environmental Sustainability Index」, 2010년 보고서 「2010 Environmental Performance Index」를 선정하고, 세부 내용을 검토하였다. 이를 통하여 선정된 4개의 보고서 상의 평가 방법론을 기반으로 국내에 적용 가능한 새로운 기법의 해안지형 변화 민감도 지표와 지수 개발 가능성을 살펴보았다.

각 단계별로 언급한 연구 자료와 보고서 외에도, 수시로 연구에 활용된 자료들로 환경부, 기상청, 국립해양조사원(KHOA), 한국해양수산개발원(KMI), 한국해양과학기술원(KIOST), 기후변화정보센터(CCIC) 등 국내 정부 부처와 유관기관 및 연구소에서 제공하는 한반도 기후변화 시뮬레이션과 각종 관측 자료, 그리고 연차 보고서 등이 있다.

현장조사는 총 3차례에 걸쳐 진행하였다. 1차 현장조사(2011년 8월 1~3일)는 연구지역에 대한 전반적인 지형분포와 주변 환경 점검을 목적으로 진행되었으며, 2차 현장조사(2011년 10월 1~3일)는 연구지역 해안선 도보답사를 통하여 해안지역의 침식실태를 파악하고, 접근이 어려운 지역에 대한 근접·정밀 조사를 실시하였다. 3차 현장조사(2012년 2월 1~3일)는 2차 현장조사 결과, 누락지역에 대한 보강조사와 더불어 해수면 상승에 따른 해안침식 실태와 양상(인터뷰와 사진촬영)을 살펴보고,

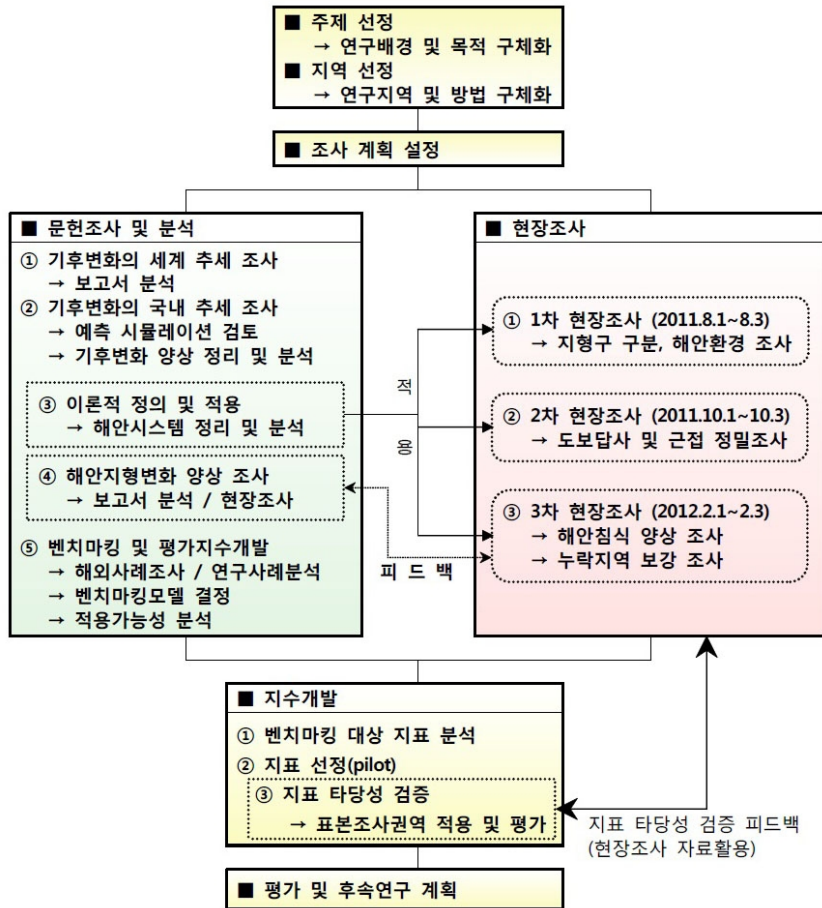


Fig. 3. Study processes and contents.

사전에 설정된 표본 조사권역 사전 연구(pilot study)를 통하여 지표 선정을 위한 각종 정보와 변수, 고려사항들을 점검하였다.

금번 연구의 목표인 해안지형 변화 민감도 지수 개발과 관련한 연구방법 및 체계는 본문 중에서 상세하게 다루도록 하며, 연구의 전체적인 흐름과 체계는 Fig. 3과 같다.

4. 연구동향 및 특징

해수면 상승과 연안 환경의 변화와 관련한 2000년대 이전의 국내 연구는 주로 한반도 주변 해역의 자연적 요인(기압·풍속·엘니뇨 등)에 의한 해수면 상승의 형태와 양상에 대하여 이루어졌다. 최근에는 기후변화에 대한 관심이 더욱 커지면서 한반도 해안의 해수면 상승에 대한 조사와 연구가 증가하는 추세에 있다. 그러나 연구지역에 속하는 충남지역 해안에 대한 연구는 소수의 연구자들을 중심으로 이루어지고 있는 실정이다.

이와 관련한 선행연구로 강 등(2005)은 “서남해안의 해수면 상승”에 대한 연구에서 서남해안의 해

수면 변화 양상을 파악하여 보고한 바 있으며, 장과 김(2009a, 2009b)은 “충남 연안 지역에서 기후변화에 의한 해수면 상승에 따른 취약성 평가”와 “기후변화 시나리오에 따른 충남지역의 해수면 상승 취약성 평가”에서 원격탐사 및 GIS기법을 이용하여, 해수면 상승에 따른 충남 연안지역의 해안선 변화와 침수 취약지의 토지피복별 침수면적 변화를 분석하였다. 또한 장과 박(2009)의 “충남 연안 생태 네트워크 구축을 위한 해안지형 평가”에서는 충남 연안지역의 해안지형을 분류하고 평가하여, 절대 보존지역 · 보존지역 · 준보존지역 · 이용가능지역으로 구분을 시도한 연구 등이 소개되고 있다. 연구 지역 외, 해수면 상승과 관련한 연구로는 박 등(2005)의 “Web GIS를 이용한 연안위험취약지역 정보 시스템 구축”, 박(2009)의 “해수면 상승 및 해일로 인한 자연재해와 대응방안” 등이 있다.

2000년 중반 이후로 발표되는 연구 논문과 각종 보고서의 특징은 학계와 연구자별 연구 외에 정부와 기관에서의 연구 보고가 급증한다는 것이다. 이러한 경향은 선진국들과 국제기구 등을 중심으로 그 움직임이 강화되고 있는 기후변화 협약과 각종 의정서의 발표 · 비준에 대한 이행 및 권고가 증가되었기 때문이다. 이산화탄소 배출 감축 의무화 및 탄소세 제정과 같이 국가 경제적 파장이 클 것으로 예상되는 각종 국제사회의 정책들이 발효는 기후변화에 관한 관심과 연구는 선택이 아닌 필수 불가결한 요소로 변화시켰다.

특히, 최근에는 정부가 추진 중인 지속가능한 발전, 녹색성장, 바이오 · 신재생 에너지와 같은 정책들과 관련하여 ‘기후변화협약 대책 위원회’를 설립, 기후변화협약 대응 종합대책(1, 2, 3차) 등을 마련하는 등의 노력을 기울이고 있으며, 정부 부처나 연구소, 그리고 학계의 연구자들을 중심으로 지구온난화와 기후변화에 따른 우리 국토의 영향면에 대한 관심과 연구가 활기를 띠는 추세에 있다.

이러한 시기적 상황과 맞물려 지난 몇 년간 의미 있는 연구 성과도 속속 발표되고 있다. 한국환경정책평가연구원(KEI)에서 3차에 걸쳐 발표한 ‘기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 I(2005), II(2006), III(2007)’과 ‘기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안(2008)’, 그리고 환경부에서 발표한 ‘국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립 연구(2008)’ 등에서는 기후변화에 따른 국제사회의 대응과 대비책에 대한 현황을 살펴보고, 우리의 실태를 점검하여 기후변화에 적극적으로 대응하기 위한 현실적 사안들을 제고해 볼 수 있는 기회를 제공하였다.

가장 최근에 국제적으로 기후변화 및 해수면 상승과 관련하여 이루어지는 논의의 핵심은 ‘취약성(vulnerability)’과 ‘민감도(sensitivity)’, 그리고 ‘적응능력(adaptive capacity)’으로 요약해 볼 수 있다. 이러한 논의는 Timmermann(1981), IPCC(1996), Kelly and Adger(2000), 국제연합개발계획(United Nations Development Program; 이하 UNDP)(2005), 그리고 Füssel and Klein(2006) 등 다수의 단체와 연구자들에 의해 중요하게 언급된 바 있다. 그들은 기후변화에서의 취약성은 시공간적으로 매우 역동적이며, 기후의 평균적 변화 및 변이를 나타내는 기후변화는 과거 통계자료에 기인한 확률로 계산되는 것이 아니라, 미래의 알려지지 않은 어떤 상황에서 위해(hazard)로 변화될 수 있다는 공통적인 의견을 보인다. 따라서 취약성에 대한 명확한 정의와 예측이 앞으로 가속화될 기후변화와 그에 따른 급격한 환경변화에 대응하기 위한 첫 번째 과제가 될 것이다.

우리나라에서도 기후변화에 따른 해수면 상승과 연안환경의 취약성에 대한 연구가 진행되고 있으나, 2000년 중반 이후에 일부 연구기관들과 연구자들로부터 시작되어 아직은 미진한 수준에 머물고 있다. 취약성과 관련하여 발표된 대부분의 연구들은 취약성 평가 방법론을 중심으로 이루어지고 있

으며, UNDP와 IPCC 등에서 발표한 보고 자료를 근거로 국내 적용 가능성에 대한 논의가 대부분이다. 따라서 취약성에 대한 논의의 핵심이 될 수 있는 민감도와 적응능력에 관련한 조사와 연구가 취약성에 대한 논의만큼 미치지 못하는 것이 현실이다.

기후변화와 해안환경변화

1. 기후변화에 따른 해수면 상승 실태

국립해양조사원은 우리나라 연안을 따라 37개 검조소를 운영하고 있으며, 이들 자료는 직접 해수면 상승을 평가할 수 있는 일차적인 자료이다. 이들 자료를 이용한 기존 연구로 Cho(2003)는 우리나라 주변 23개 조위계 자료를 이용하여 해수면 변화율을 산출한 결과, 연간 2.31mm(표준편차 2.22mm)로 추정되었다. 그러나 한반도 주변의 23개 정점에 대한 조위계 자료의 평균 관측기간은 24년 정도로 짧아 지구온난화와 관련한 신호 추출이 어려우며 공간적인 표준편차도 크게 나타나고 있음을 보고하였다. 더불어 조위 자료를 사용한 한국 주변 해역의 장기적인 해수면 변화의 특징은 해역별로 일관성이 크게 보이지 않고 있는 것과 인근 관측점이라도 그 차이가 크게 나타나는 경우가 있는 점이다. 따라서 우리나라 조위계 자료가 갖는 관측기간의 한계와 더불어 육지의 수직운동에 대한 정보, 해류, 바람 및 기압 등 해수면에 영향을 미치는 영향에 대한 종합적인 검토가 필요한 시점이다(한국환경정책·평가연구원, 2009).

Table 1은 국립해양조사원이 발표한 조위계 정점별 관측기간별 해수면 변화 경향이다. 2006년까지의 평균 변화율은 2.553mm/yr, 1999년까지는 2.084mm/yr로 증가 경향을 나타내고 있다. 지역별 차이를 나타내는 표준편차는 2006년 기준치의 경우 1.818, 1999년의 경우 1.964로서, 미약하나마 변동치가 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 Fig. 4와 Fig. 5에서 나타나는 바와 같이 정점별 해수면 변화 경향은 상대적으로 크게 나타나고 있어 조위계 자료를 통하여 지구온난화에 의한 해수면 상승을 유추하기에는 어려움이 있다. 계절별로는 동계의 해수면 상승률이 하계보다 크게 나타나는 것으로 보고되고 있으며, 이는 우리나라의 기후변화의 계절적 특성과 일치하는 것으로 본다(한국환경정책·평가연구원, 2009).

환경부(2008)의 연구에 따르면 우리나라 해수면 변화 추이가 해역별로 해수면 상승률은 조금 다른 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 이는 동·서·남해별로 다른 해양물리적 특성 때문으로, 서해안의 경우 평균 해수면 변화는 0.1mm/year의 추이를 보이고, 연안 개발 및 매립과 같은 대규모 해안공사의 영향으로 최극조위가 높아지고 있는 추세이다. 동해안은 0.1mm/year의 변화 추이로 서해안과 비슷하게 나타나지만, 매년 큰 편차를 보이고 있어 장기간의 관측 자료에 따른 정밀 분석이 요구되는 지역이다. 또한 주목할만한 점은 남해안에 속한 제주도 서귀포의 상승률이 0.6mm/year로 최대 수준을 보이고 있다는 것이다.

현재의 우리나라 조위 정점은 물리적 지질학적 영향을 받는 연안역에 설치되어 있어 해수면 상승 신호를 추출하는 데 어려움이 많다. 현 조위 관측망은 지구온난화에 의한 해수면 상승을 측정하기 위하여 설치되어 있는 것이 아니므로 지구온난화 신호를 추출하는 데는 오차가 많을 것으로 사료된다. 지구온난화에 따른 해수면 상승 신호는 연간 수 mm에 지나지 않는다. 따라서 지구온난화의 신호를

Table 1. Trends of sea-level rise and PSMSL data set

순번	PSMSL ID	지점명	기간 1			기간 2			기간 1과 2의 경향 차이
			자료기간	기록년	경향 (mm/yr)	자료기간	기록년	경향 (mm/yr)	
1	620011	인천	1960~1999	40	-0.360	1960~2006	47	0.687	0.105
2	620014	안흥	1987~1999	13	3.370	1987~2006	20	1.581	-0.179
3	620022	군산	1981~1999	19	-0.892	1981~2006	26	0.314	0.121
4	620027	목포	1983~1999	17	1.568	1983~2006	24	5.225	0.366
5	620028	대흑산도	1980~1999	20	3.346	1980~2006	27	1.291	-0.206
6	620039	추자도	1984~1999	16	2.446	1984~2006	23	3.340	0.089
7	620032	서귀포	1985~1999	15	6.970	1985~2006	22	6.023	-0.095
8	620033	제주	1973~1999	27	4.460	1973~2006	34	5.042	0.058
9	620035	거문도	1982~1999	18	4.715	1982~2006	25	5.867	0.115
10	620034	완도	1983~1999	17	2.060	1983~2006	24	2.266	0.021
11	620036	여수	1966~1999	34	1.725	1966~2006	41	1.526	-0.020
12	620038	통영	1977~1999	23	2.587	1977~2006	30	2.196	-0.039
13	620043	가거도	1977~1999	23	2.001	1977~2006	30	2.392	0.039
14	620046	부산	1962~1999	38	2.146	1962~2006	45	2.270	0.012
15	620051	울산	1966~1999	34	-0.119	1966~2006	41	0.261	0.038
16	620056	포항	1972~1999	28	1.361	1972~2006	35	3.390	0.203
17	620059	울릉도	1979~1999	21	0.140	1979~2006	28	1.987	0.185
18	620061	목호	1966~1999	34	-0.147	1966~2006	41	0.629	0.078
19	620071	속초	1974~1999	26	2.222	1974~2006	33	2.227	0.001
평균(mm)					2.084				2.553
표준편차(mm)					1.964				1.818
									0.047
									0.132

(source : KEI, 2009)

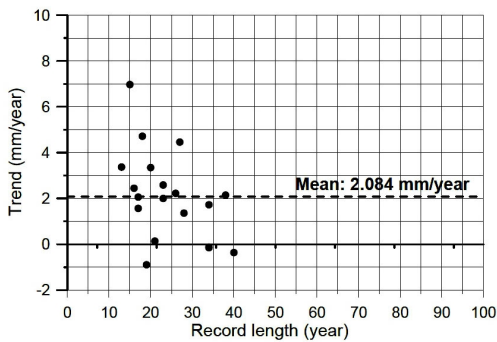


Fig. 4. Relations between trend of sea-level rise and records length, term 1 (source: KEI, 2009; modified by author).

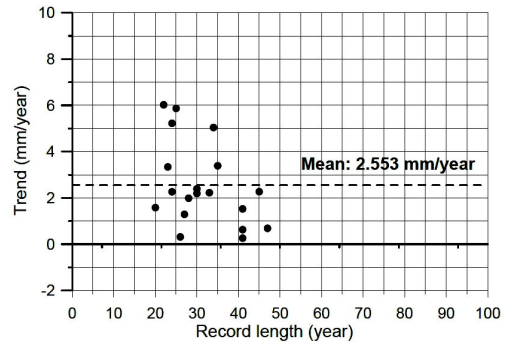


Fig. 5. Relations between trend of sea-level rise and records length, term 2 (source: KEI, 2009; modified by author).

추출하기에 적합한 섬 주변이나 관측 부이 등을 통한 해수면 관측 등이 요구된다. 기존의 조위 관측은 위의 신호를 검출할 수 있도록 재검토되어야 하며, 특히 관측 기준점의 연직 지반 이동에 대하여 매우 정밀한 점검이 이루어져야 할 것이다.

2. 해안침식과 해안환경변화

기후변화는 해안지역에 미치는 여러 물리적 외력의 변화를 유발하고 있으며 이들 변화는 해안지역의 취약성을 한층 더 증대시킬 것으로 예상되고 있다. 전 세계 해안선의 약 20%를 차지하고 있는 사빈 해안은 파동과 조석에 의해 형성·유지되나, 사빈 해안에 대한 해수면 상승의 가장 큰 영향은 침식에 의한 손실이다. 해수면 상승에 의한 해안선의 후퇴를 예측하는 가장 단순하고 유용한 모델인 'Brunn's Rule'을 이용하면 해수면이 30cm, 65cm, 100cm 각각 상승하는 경우, 일본 사빈 해안의 56.6%, 81.7%, 90.3%가 각각 침식에 의해 손실되는 것으로 예측된 연구도 보고되고 있다(한국환경정책·평가연구원, 2009, 재인용). 해안 침식은 해수면 상승 및 기후변화에 따른 폭풍 및 태풍의 강도 증가에 의하여 더욱 가속화 될 것으로 예상되며, 해안지역의 각종 개발 관행도 침식의 주요한 요인으로 나타나고 있다. 해수면 상승에 의한 해안침식은 해안 저지대의 범람 증대, 폭풍 해일 및 홍수의 위험 증대는 물론 배후 습지 및 지하수로의 염분 침투를 가중시킬 수도 있다.

우리나라의 경우, 해안지역의 사빈 배후 지역은 관광 등을 포함하여 다양한 사회·경제적 활동이 집중되는 것이 일반적이다. 따라서 기후변화에 의한 영향들은 주변의 사회·경제 시스템에 다양한 경로를 통하여 부가적인 영향을 줄 것으로 예상된다. 해안침식으로 육역의 손실, 호안제 붕괴, 해일의 위협 증가, 거주자 등 생명의 직접적인 위협, 재산 및 연안 시설물의 손실 등의 영향을 받을 수 있다. 이러한 영향은 해수면 상승에 대한 각종 보호 비용의 증대를 초래하여 직·간접적으로 해안지역의 정치·경제·사회·문화에 커다란 스트레스를 유발한다.

이에 따라 최근에는 해안침식을 유형별로 분류하여 모니터링하고, 해안의 이력을 조사하는 시스템 구축에 많은 노력을 기울이고 있으며, 이는 기상, 조석, 수문, 하천, 지형 및 개발 현황, 사진 촬영 및 사빈 단면 측량, 표층퇴적물 분석, 항공사진 분석 등 다양한 항목을 포함하고 있다(한국환경정책·평가연구원, 2009). 이러한 조사의 대표적 예로 국토해양부에서는 우리나라에서 발생하고 있는 해안침식 유형을 지형적 특성에 따라 구분하고 있다. 해안지형은 그 구성 물질에 따라 사질해안, 점토질해안, 암석해안, 인공해안으로 분류된다. 일반적으로 침식 대상지역을 사빈 유무를 기준으로 분류하고 있다. 백사장 지역은 배후지의 사구가 존재하는 여부에 따라 백사장 침식과 사구포락 지역으로 구분된다. 백사장이 없는 지역은 호안의 유무에 따라 토사포락 지역과 호안붕괴 지역으로 구분하고 있다. 따라서 국토해양부에서는 우리나라 해안지역의 지형적 특성에 따라 해안침식의 양상을 백사장침식, 사구포락, 토사포락, 호안붕괴의 4가지 유형으로 분류한 바 있다.

Table 2는 국토해양부가 2009년 주요 120개 조사지역에 대하여 연 2회 조사를 수행하여 해안침식 평가결과를 분석한 것이다. 전체 조사지역 120개소 중 A등급은 9개소, B등급은 60개소, C등급은 35개소, 그리고 D등급은 16개소로 나타났으며, 이 중 C등급 이하는 51개소로 전체의 42.5%를 차지하였으며, 예방적 연안정비사업의 수요 대상지역에 반영할 필요가 있는 D등급은 16개소로 약 13.3%에 달하는 것으로 파악되고 있다. 조사 대상지역 등급 변동을 살펴보면, 등급 상승이 20개소, 등급 하강이

Table 2. Assessment result of coastal erosion on a year-on-year basis survey

Grade	A	B	C	D	Total	Erosion seriousness rate (D/total) (%)
2004년	-	25	29	8	62	12.9
2005년	2	33	21	6	62	9.7
2006년	2	30	16	14	62	22.6
2007년	9	57	34	20	120	16.7
2008년	9	60	35	16	120	13.3

* A: Fine, B: Common, C: Concern, D: Serious.

(source : Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs)

11개소로 전년 대비 상승지역이 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 원인은 해역별, 지역별로 다소 차이는 있으나, 최근 큰 태풍의 내습이 거의 없었으며, 이상파랑, 너울성 파랑과 같은 고파랑이 거의 내습하지 않았거나 일시적으로만 영향을 미쳤기 때문인 것으로 분석된다. 따라서 이와 같은 해안침식 경향은 외력의 변화에 따라 경년 변화가 크게 나타날 것으로 예상된다. 또한 조사 결과, 우리나라 해안은 해안지형의 특성에 따라 다양한 형태로 침식이 발생되고 있는 것을 알 수 있다. 해역별로는 동해안의 경우 백사장 침식이 가장 많으며, 남해안의 경우 토사포락 및 호안 붕괴가 가장 많고, 서해안은 사구포락 및 토사포락이 주를 이루고 있는 것으로 나타났다.

한국환경정책·평가연구원(2009)의 보고에 따르면 해수면 상승 시나리오에 대하여 우리나라 사빈 해안에 대한 해안선 후퇴거리 산정결과 111개 연구지역 해안 전체에 대한 해수면 상승별 해안침식률은 38cm 해수면 상승에 43.7%, 59cm인 경우 60.3%, 75cm인 경우 69.2%, 1m인 경우 80.1%로 각각 증가하는 것으로 나타났다. 또한 해역별로는 경사가 급한 동해안이 남해안이나 서해안보다 침식률이 낮은 것으로 나타났으며, 이는 해안의 경사와 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 동해안의 경우, 평균 침식률은 38cm 해수면 상승에 29.6%, 59cm인 경우 45.1%, 75cm인 경우 56.0%, 1m인 경우 69.9%로서 남해안(51.9%, 67.6%, 77.2%, 87.3%) 및 서해안(53.8%, 71.0%, 78.5%, 86.4%)에 비해 낮게 나타나며, 서해안이 남해안보다 해안침식률이 크게 나타남을 알 수 있다.

태안반도의 해안침식 실태와 양상

1. 사빈유실과 사구포락

연구지역에 해당하는 태안반도 해안지역의 지형변화 양상은 크게 사빈유실과 사구포락, 사면붕락과 해식에 후퇴, 호안구조물 붕괴로 요약할 수 있다. 이러한 해안지역 침식 양상은 곳과 만의 교차에 의한 해안선의 굴곡이 심하며, 해역에 속하는 연안지역의 수심이 얕으며, 육역에 속하는 해안선 배후의 해발고도가 낮은 연구지역의 지형 특성에서 기인하는 것으로 보인다.

연구지역 전역에 걸쳐 전안(fore-shore)과 후안(back-shore) 모두에서 사빈유실이 확인되었으며, 사빈

배후지역에 해안사구(sand dune)가 위치한 경우, 전사구(fore-dune) 전면의 포락현상 또한 뚜렷하게 관찰되었다. 사빈유실과 사구포락 현상으로 인해 상당수 지역에서 사빈의 폭 감소와 적사량 감소가 동시에 확인되었으며, 태안지역을 대상으로 실시되는 연안 침식 모니터링 자료와 10년 이상 현지 거주민을 대상으로 한 인터뷰 결과, 이는 계절적 요인에 의한 일시적 증감 현상이나 물리적 환경변수에 따른 국지적 현상이 아닌 지속적인 변화 양상의 한 부분인 것으로 분석되었다. Fig. 6~Fig. 9는 연구 지역에서 나타나는 사빈유실과 사구포락의 대표적인 양상을 보여준다.

2. 사면붕락과 해식애 후퇴

연구지역의 해안선 중 외해로 돌출된 헤드랜드(headland)의 전면과 측면 모두에서 사면붕락과 해식애의 후퇴현상이 뚜렷하게 관찰된다. 또한 내만에 둘러싸인 지역에서도 곳에 따라 심각한 사면붕락 현상이 진행되고 있다. 기반암이 노출된 해식애의 경우 상대적으로 파랑에 의한 침식 저항도가 강하여 후퇴가 둔화되는 경우가 있으나, 경화되지 않는 풍화토로 구성된 사면과 해식애의 경우 극한기상 현상에 따르는 폭풍 해일과 만조시 파랑에 의한 침식에 매우 민감하게 반응하는 특징이 있다. 해식애 또는 해안과 맞닿은 구릉지는 해안으로의 조망경관이 뛰어나 리조트 등의 여가시설이 입지하는 경우가 많은데, 이는 향후에 발생하게 될 지속적인 사면 붕락과 해식애 침식으로 대표되는 해안선의 후퇴로 사회·경제적 손실이 우려되며, 동시에 위험 요인이 큰 지역으로 평가된다. 또한 장기간에 걸쳐 지속적인 침식 양상을 보이는 사빈과 달리 급경사의 사면과 해식애 지역은 유의파고의 증가에 따른 급격한 붕괴를 일으킬 위험이 크기 때문에 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. Fig. 10~Fig. 15는 연구지역의 사면붕락과 해식애 후퇴 양상을 보여준다.

3. 호안구조물 붕괴

연구지역의 호안구조물은 주로 경성기법에 의해 설계·시공된 것들이 많다. 이러한 호안구조물 설치 빈도가 높게 나타나는 연구지역의 중부해안은 사빈의 양이 풍부하고 연속적으로 이어진 해안이 발달한 곳으로 관광지로 이름난 곳이 많다. 따라서 해안선 배후에 위치한 각종 시설물들과 해안도로 등의 인공구조물을 파랑의 영향으로부터 보호하기 위해 각종 호안제가 설치되어 있다.

그러나 이들 호안제의 대부분은 해안침식과 연안환경 변화에 대한 관심이 오늘과 같지 않은 시기에 건설된 것들로 급경사(직립) 호안이 주를 이루고 있으며, 연안퇴적물 수지를 고려하지 않고 시공된 것들로 보인다. 따라서 과도한 호안제의 건설은 사빈과 그 배후 사구의 물질순환을 차단하여 비교적 침식작용이 우세한 여름철에 유실된 사빈이 겨울철 배후 사구로부터 물질공급을 차단 받아 해안 시스템의 균형이 깨어진 상태이다. 연안지역의 침·퇴적 시스템의 균형이 깨어진 결과, 연구지역의 많은 곳에서 호안제가 붕괴·유실되어 그 기능을 상실한 상태로 추정되며, 곳에 따라 연성기법을 활용한 환경사 호안제가 복원사업의 일환으로 건설되고 있으나, 아직까지 그 실효성에 대해서는 이견이 있다. Fig. 16~19는 연구지역의 호안제 붕괴 현상을 잘 보여주고 있다.



Fig. 6. Sandy coast erosion (southern part of Gurae-po, 8. 2011).



Fig. 7. Hard erosion of sandy coast (northern part of Euhang beach, 8. 2011).



Fig. 8. Asymmetrical erosion of sandy coast (northern part of Sinneoru beach, 8. 2011).



Fig. 9. Foredune erosion (southern part of Gurae-po beach, 8. 2011).



Fig. 10. Moved a few meters backward on the Sea-cliff (northern part of Deureuni-port, 10. 2011).



Fig. 11. Sea-cliff collapse (eastern part of Gom-seom island, 10. 2011).



Fig. 12. Sea-cliff collapse (southern part of Gom-seom island), 10. 2011).



Fig. 13. Sea-cliff collapse (northern part of Padori beach, 8. 2011).



Fig. 14. Hill collapse on the near coast line(southern part of Eoeundol, 8. 2011).



Fig. 15. Slope collapse of headland (northern part of Hagam-po, 8. 2011).



Fig. 16. Washed away Hardness shore protection (Mageom-po, 10. 2011).



Fig. 17. Collapse of a gentle-slope hardness shore protection (northern part of Cheongpodae beach, 10. 2011).



Fig. 18. Collapse of a gentle-slope hardness shore protection (Cheonri-po beach, 8. 2011).



Fig. 19. Collapse of protective wall (Cheonri-po beach, 8. 2011).

결론 및 제언

1. 연안환경 취약성 연구 필요성

한반도의 기후변화로 인하여 앞으로 발생할 다양한 영향 중에서도 해수면 상승에 대한 관심과 우려는 변함없이 유지되고 있으며, 앞으로도 지속적인 이슈가 될 것으로 예상된다. 기후변화로 인한 수많은 변화 양상 중에서도 해수면 상승이 유독 많은 연구자들의 관심 대상이 되는 것은 오늘날 인간 사회에서 해안지역이 갖는 사회·경제적 중요성이 상당하기 때문이다. 세계 어느 지역을 막론하고, 해안지역은 도시와 산업의 집약적 입지 패턴을 보이고 있으며, 세계 인구의 상당수는 해안을 중심으로 삶을 영위하고 있다. 해수면 상승은 수위 상승에 대한 정량적 추정치와 예측되는 침수면적만으로 그 영향을 속단할 수 없다. 그 이유는 해안환경이 지니고 있는 민감한 해안시스템(Coastal systems)과 환경적 다양성 때문이다.

해안시스템이 지니는 민감성(sensitivity)과 복잡성(complexity)은 곧, 시스템을 구성하는 단 하나의 요소가 평형을 잃더라도 나머지 시스템에 심각한 영향을 미치게 된다는 것을 말한다. 그 예로 해수면의 상승은 단순히 연안 저지대의 침수만을 야기하는 것이 아니라, 유효 파고의 증가와 파랑 에너지의 증가, 그리고 연안지역의 침·퇴적 환경까지 변화시켜 결국은 산술적인 침수 추정치보다 훨씬 많은 지역에서 연안침식과 범람의 영향을 받게 된다.

우리나라의 해수면 상승 양상과 연안환경의 변화에 관한 연구는 2000년 이후 본격적으로 이어지고 있으며, 모니터링 체계도 속속 구축되어지고 있다. 그 결과, 우리나라 동·서·남해안에서도 유의할 만한 측정치의 해수면 상승이 관측되었다. 특히, 남해안을 중심으로 해수면 상승 경향이 더욱 뚜렷하게 나타났으며, 서귀포의 경우 전 세계 평균치보다 높은 0.6mm/yr의 최대 수준을 보여 그 우려가 커지고 있는 실정이다. 우리나라의 해안지역은 연안을 중심으로 한 국토개발의 과밀화로 인해, 대부분의 지역이 인공시설물로 피복되거나 그 영향을 받고 있는 상태이다. 도시와 산업단지, 항구 등 해안지역을 중심으로 건설된 인공구조물들은 평형상태의 해안시스템을 교란시켜 이미 많은 지역에서 침·퇴적 변화로 인한 피해가 보고되고 있다.

2. 연안환경 취약성 연구의 해외사례 적용 가능성

해외 사례를 중심으로 기후변화 및 환경 관련 지표평가와 지수연구를 살펴보면 ‘기후변화 취약성’과 관련한 연구가 주를 이루고 있다. 여기서 ‘취약성’은 UNEP와 IPCC 등 국제기구의 기후변화 관련 주요 쟁점이며, 취약성과 상응(또는 하위개념)하는 개념으로 사용되는 ‘민감도’와 ‘적응 능력’ 또한 지표평가와 지수연구의 핵심요소를 이룬다.

본 연구 과정에서 분석·평가한 기후변화 및 환경관련 취약성 연구들은 크게 네 가지로, ‘Moss *et al.*(2001)의 취약성-탄력성 지표 원형모델’, ‘Kaly *et al.*(2004)의 환경취약성지수’, ‘WEF(2005)의 환경지속성지수’, ‘WEF(2010)의 환경성과지수’이다.

연안환경의 취약성 평가에서 가장 주요한 요소 중 하나는 지수의 목적을 잘 반영할 수 있는 대표 지표의 선정이다. 지표를 통해 필요한 정보를 종합하고 단순화시키며, 관심의 대상이 되는 현상을 가시화 할 수 있어야 한다. 따라서 대표지표/대리변수들은 측정이나 관측이 가능하거나, 단순하고 명쾌하게 만들 수 있어야 한다. 앞서 제시한 네 가지 모델들은 이러한 면에서 지표의 대표성이 명확하고 지수 산출을 위한 원자료(source data)의 접근과 신뢰도가 높다고 볼 수 있다. 그러나 문제점은 네 가지 모델 모두 국가 간 비교를 위하여 개발된 것으로 우리나라와 같이 비교적 국토의 면적이 좁은 지역에서는 자연환경과 관련한 환경지표와 평가방식을 그대로 활용할 수 없다는 것이다.

특히, EVI(환경취약성지수)와 같은 모델은 본 연구가 지니는 쟁점과 매우 밀접한 관련이 있는 유사 선행 연구로서 의미가 크나, 전 세계를 대상으로 한 해안지역의 취약성 연구로 국내 적용시 스케일 재조정의 문제가 가장 크게 나타났다. 따라서 해외 연구사례의 국내 적용에 있어서 가장 중요한 점은 국내의 제반 환경에 적절한 지표의 변형과 지표 평가를 위한 기초자료의 확보가 된다. 특히, 우리나라는 해안지역 모니터링과 같은 기초자료의 측정과 연구가 그리 오래 되지 않아 장기간의 시계열적인 추적과 분석에 어려움이 많다. 기존의 지표들을 새롭게 변형시키거나 만들어낼 경우 지수 산출을 위한 평가와 통계에 많은 시간과 노력이 소요되는 이유이기도 하다.

3. 국내 모델 개발 가능성

연안환경 취약성 평가지표의 개발과 선정에서 우선적으로 고려한 사항은 우리나라의 기후변화 현황과 기존의 시뮬레이션 예측치가 향후 해안지역에 어떠한 변화를 가져오며, 그 변화의 양상은 어떻게 진행될 것인가에 대한 가설의 이론적 틀을 잡는 것이다. 따라서 해외에서 보고된 기후변화 취약성 관련 평가에서 활용된 각종 지표와 하위 지표들에 대한 이론적 자료를 세트로 구분하여 분석하고, 제시된 지표들 중에서 해안지역의 지형 변화를 적절하게 평가할 수 있는, 지리적으로 유의미한 지표와 변수를 추출해야 한다.

국내에서 활용될 수 있는(기존에 보고된 각종 통계치) 기초자료 유무와 확보 가능성, 그리고 연구 지역의 해안지형 변화 취약성 평가 타당성을 바탕으로 활용 가능한 지표를 추출할 경우 다음과 같은 12개의 지표가 활용 가능할 것으로 보인다. 선정된 12개의 지표는 ‘지질(geology), 경사(inland slope), 사빈(beach area), 사구(coastal sand dune area), 조간대(tidal zone slope), 기복(relief), 침식률(beach erosion), 보안림(protection forest area), 피복(anthropogenic area), 구성물질(beach composition), 하천(river effect), 구조물(protection structure)’이다.

지표들은 해안지역을 구성하는 환경의 복잡성을 고려하여 통합적 지표선정 방법을 취해야 하며, 자연상태와 인공상태 모두를 포괄적으로 평가할 수 있는 지표가 되어야 한다. 지수개발에 필요한 시간과 자원의 제약으로 인하여 설정된 지표에 대한 원자료 확보와 적용은 진행과정에 있어 보고서에서 언급되지 않았다. 향후 연구에서는 선정된 해안지형 변화 민감도 평가 지표를 대상으로 조사권역별 평가를 실시하고, 지수 값을 산정하여 유의미한 평가 결과를 도출하고자 한다. 또한 전체 권역 평가에 앞서, 지표의 타당도 측정을 위하여 사전 연구를 실시하여 지속적인 피드백이 이루어져야 할 것으로 보인다.

본 연구는 기후변화에 따른 해수면 상승으로 우려되는 우리나라 연안지역의 환경변화 특히, 해안지형의 변화를 태안반도의 사례를 통해 살펴보고, 앞으로도 지속적인 변화를 보일 것으로 예상되는 연안지역의 지형변화에 대하여 구체적, 정량적 접근과 연구를 위한 대안을 검토해 보고자 하는데 목적이 있었다. 태안반도의 사례에서와 같이 연안지역의 지형 변화는 이미 현실이 되었으며, 우리는 이러한 변화에 있어 적극적인 적응과 대처를 요구받고 있다. 무엇보다 중요한 것은 앞으로 발현될 또 다른 연안환경의 변화 양상을 미리 예측하고, 사전에 대응할 수 있는 다양한 검토와 연구가 지속적으로 이루어져야 한다는 점이다. 이를 위해서는 특히, 해외 유수의 사례에서와 같이 보다 폭넓은 연구와 사회적 관심이 뒤따라야 할 것이다.

인용문헌

- 강주환, 문승록, 오남선. 2005. 서남해안의 해수면 상승. 대한토목학회논문집 25(2): 151-157.
- 박정재. 2009. 해수면 상승 및 해일로 인한 자연재해와 대응 방안. 국토지리학회지 43(3): 435-454.
- 박현철, 김형섭, 조명희. 2005. Web GIS를 이용한 연안위험취약지역 정보시스템 구축. 한국지리정보학회지 8(4): 155-164.
- 장동호, 김장수. 2009a. 충남 연안 지역에서 기후변화에 의한 해수면 상승에 따른 취약성 평가. 한국지형학회지 16(2): 1-13.
- 장동호, 김장수. 2009b. 기후변화 시나리오에 따른 충남지역의 해수면 상승 취약성 평가. 한국지역지리학회 학술대회 2009(1): 33-38.
- 장동호, 박지훈. 2009. 충남 연안 생태네트워크 구축을 위한 해안지형 평가. 한국사진지리학회지 19(1): 73-95.
- 최진영, 김계월, 정일웅. 2006. 지구 온난화로 인하 해수면 상승과 한반도 침수 가능 면적의 전망. 한국기상학회 가을 학술대회 논문집 pp. 190-199.
- 하경자, 정기용, 장새롬, 김기영. 2006. 복합위성자료(Topex/Poseidon, Jason-1, ERS, Envisat)를 이용한 한반도 주변해역에서의 해수면 고도 변화와 해수면 온도의 상관성 연구. Korean Journal of Remote Sensing 22(6): 519-531.
- 한국환경정책·평가연구원. 2005. 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅰ.
- 한국환경정책·평가연구원. 2006. 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅱ.
- 한국환경정책·평가연구원. 2007. 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅲ.

- 한국환경정책·평가연구원. 2009. 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 I: 해안침식 영향평가.
- 환경부. 2008. 국가 기후변화 적응 마스터 플랜 수립 연구. 한국환경정책·평가연구원.
- Cho, K. 2003. Sea-level trend at the Korean coast. *Journal of Korea Environment Science Society* 11(11): 219-228.
- Füssel, H. -M. and R. J. T. Klein. 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climate Change* 75: 301-329.
- IPCC. 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. J. T. Houghton *et al.* (eds.), Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Fourth Assessment Report*. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Kaly, U. L., C. R. Pratt and J. Mitchell. 2004. The Environmental Vulnerability Index(EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384.
- Kang, S. K., J. Y. Chermiawsky, M. G. G. Foreman, H. S. Min, C. H. Kim and H. W. Kang. 2005. Patterns of recent sea level rise in the East/Japan Sea from satellite altimetry and in the situ data. *Journal of Geographical Research Oceans* 110. doi:10.1029.
- Kelly, P. M. and W. N. Adger. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitation. *Climate Change* 47: 325-352.
- Moss, R. H., A. L. Brenkert and E. L. Malone. 2001. *Vulnerability to climate change : A quantitative approach*. Pacific Northwest National Laboratory operated by Batelle for the United States Department of Energy.
- Small, C. and R. J. Nicholls. 2003. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research* 19: 584-599.
- Timmermann, P. 1981. *Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society*, No.1 in *Environmental Monograph*. Institute for Environmental Studies, University of Toronto.
- UNDP. 2005. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change : Developing Strategies, Policies, and measures*. Cambridge University Press. USA.
- WEF. 2005. *2005 Environmental Sustainability Index : Benchmarking National Environmental Stewardship*. World Economic Forum, Yale Center Environmental Law and Policy.
- WEF. 2010. *The 2010 Environmental Performance Index : An Initiative of the Global Leaders for Tomorrow Environment Task Force*.

요 약

본 연구는 다음과 같은 두 가지 쟁점을 중심으로 진행되었다. 첫째, 기후변화와 해수면 상승으로 인한 연안환경의 변화 특히, 해안지형의 변화 실태와 양상을 태안반도 해안지역을 사례로 살펴보았다. 그 결과, 태안반도 해안지역의 경우 뚜렷한 해안침식 양상을 보이고 있었으며, 그 유형은 크게 ① 사빈유실과 사구

포락, ② 사면붕락과 해식에 후퇴, ③ 호안구조물 붕괴로 구별되어 나타났다. 향후 더욱 면밀한 시계열적 관찰과 연구가 추가되어야 할 것으로 보이나, 금번 연구 결과와 선행 연구를 종합해 볼 때 해안침식의 진행과 가속화 가능성에 대한 점에는 이견이 없는 것으로 보인다. 둘째, 이러한 해안지형 변화는 향후 사회·경제적으로 큰 손실을 일으킬 것으로 우려되고 있으며, 따라서 미래의 변화에 대한 보다 정확한 예측과 대비가 필요하다. 이러한 우려와 맞물려 연안환경의 변화에 대한 최근의 전 세계적 연구 이슈 중 하나가 바로 연안지역의 취약성(Vulnerability)에 관한 연구이다. 그러나 국내에서의 연안환경 취약성 연구는 아직 미진한 수준이므로 이에 대한 국내 적용과 새로운 모델 개발의 필요성이 매우 크다. 따라서 본 연구에서는 연안환경 취약성 평가와 예측을 위한 네 가지 해외 연구 사례를 분석하고, 국내 적용 가능성 및 새로운 모델 개발에 대한 필요성을 살펴보았다. 기후변화와 해수면 상승이라는 국제적 관심과 다양한 사회적 우려에 상승하는 다방면의 국내 연구가 여느 때보다 절실한 시기에 놓여 있다.

검색어 : 해안침식, 해안지형변화, 해수면상승, 기후변화, 태안반도