



## 해수면 상승으로 인한 해안선 후퇴 거리



**임종훈**  
부경대학교  
지속가능공학부  
토목공학전공  
학부생



**류경우**  
부경대학교  
지속가능공학부  
토목공학전공  
석사과정



**이진욱**  
부경대학교  
지속가능공학부  
토목공학전공  
석사과정

이산화탄소와 같은 온실가스는 지구로부터 반사된 긴 파장의 복사 에너지를 흡수하여 지구 대기의 온도를 상승시키는 작용을 한다. 온실가스의 과다배출에 의한 지구온난화는 점점 악화되어 이로 인해 기온, 강우, 수온 변화 등의 이상 기후 및 해수면 상승을 유발하고 있으며, 지구 환경 전반에 광범위하고 지대한 영향을 끼치고 있다. 우리나라의 경우 ‘2020년 온실가스 배출전망 대비 30%감축’이라는 자발적인 목표를 제시하고, 저탄소녹색성장기본법을 제정하여 목표 이행을 위해 법적 기반을 마련하는 등 여러 노력들을 하고 있다.

해안공학적 측면에서 지구온난화가 연안지역에 미치는 영향으로는 1)해수면 상승으로 인한 저지대의 침수, 2)이상 기후 발생에 의한 태풍의 거대화, 3) 조석, 해일, 토사이동의 특성 변화 등이 있으며 이러한 현상에 대한 많은 연구와 적절한 대처 방안 마련이 필요하다. 특히, 지구 온난화로 인한 해수면 상승은 파랑 특성을 변화시킬 수 있으며, 토사이동 경향에 영향을 끼친다고 알려져 있다. 따라서, 연안지역의 피해 방지를 위해 해수면 상승으로 인한 해안선 후퇴 과정을 이해하는 것은 필수적이다. 본 연구에서는, 지속적인 지구온난화로 인한 해수면 상승이 해안선에 미치는 영향을 확인하기 위해, 수리모형실험을 이용하여 여러 해수면 상승의 시나리오에 따른 해안선 후퇴 거리를 관측하였다.

본 연구에서 사용된 수리모형실험은 부경대학교 나래관 환경수리실험실에 위치한 이차원 간이 조파수조에서 수행되었다. 조파수조의 규격은 폭 0.3 m, 높이 0.36 m, 길이 2.355 m이며 수로의 한쪽 면에 모터의 회전운동을 힌지로 고정된 flap식 조파판의 왕복운동으로 전환해주는 장치로 구성되었다. 조파판의 뒷부분에는 소파제를 설치하여 파랑의 반사를 제어하였다. 본 연구에서 사용한 조파 장치로 재현 가능한 파랑의 주기( $T$ )는 0.39~1.58 s이다.

본 실험에서는 앞서 기술된 조파수조에서, 모래와 컬러 테이프를 활용하여 간단하게 수행되었다 (Fig. 1). 실험의 목표는 수면 높이를 점차 상승시키며 이에 따른 해안선 후퇴 거리와 토사이동량의 변화를 측정하는 것이다. 실험에서 사용한 모래는  $d_{50}$  값이 0.3 mm인 모래를 선택하였으며, 편평한 평지를 구성하고 이후 경사 1/4.2 사면을 설치하였다 (Fig. 2).



Figure 1. Picture of wave flume before the experiment.

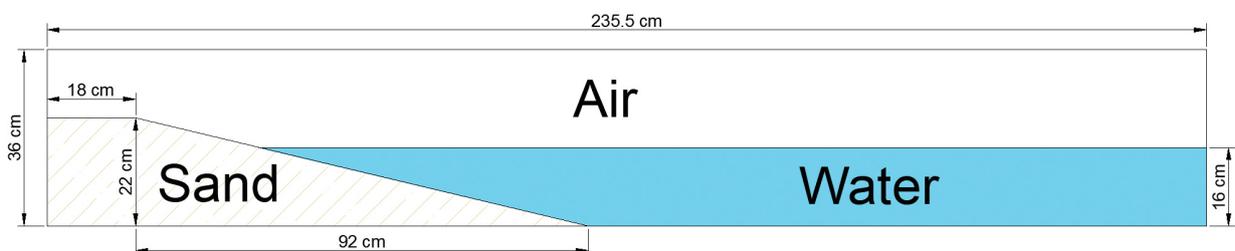


Figure 2. Sketch of wave flume experiment for  $h = 16$  cm.

본 연구에서는 제한된 수조 규격을 고려하여 기본 수심( $h$ )을 16 cm로 설정하였다. 조파수조에 설치된 모터의 전압을 조정하여 파랑의 주기를 조정할 수 있으며, 1.58 s, 0.95 s, 0.72 s, 0.52 s, 0.42 s, 0.39 s의 총 6가지 다른 파랑주기가 사용되었다. 구분을 위해, 주기에 따라 각각 Case I~VI로 명명되었다 (Table 1). 파랑의 높이는 휴대폰 카메라 기능을 이용하여 촬영된 동영상의 프레임을 나누어 분석하여 측정되었으며 기본 수심에서의 파고는 Table 1에 예로 주어져 있다.

Table 1. Wave periods and wave heights for 16 cm water depth.

	Case I	Case II	Case III	Case IV	Case V	Case VI
Wave Period (s)	1.58	0.95	0.72	0.52	0.42	0.39
Wave Height (cm)	0.3	1.0	1.8	2.7	3.5	3.7

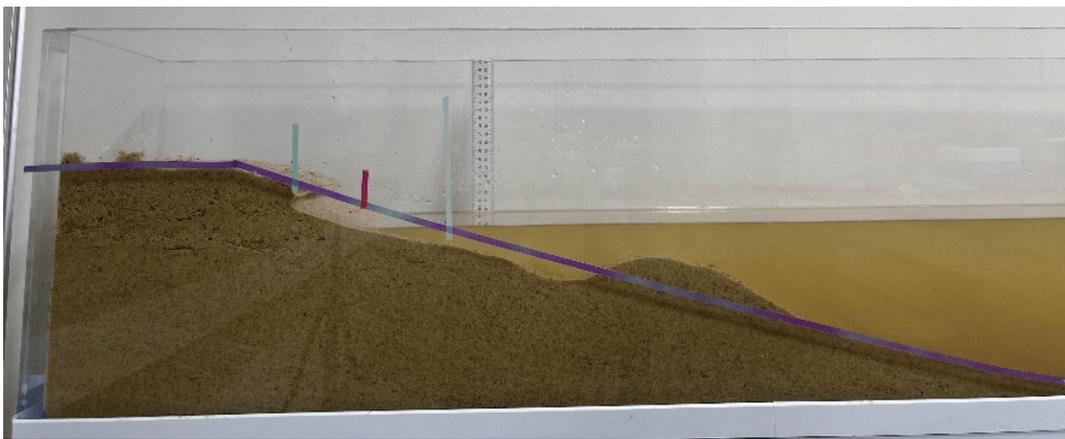


Figure 3. Picture of wave flume for Case VI with  $h = 19$  cm after the experiment.

본 실험에서는 정수면과 직선 사면이 만나는 점을 측정하고 (Fig. 1), 5분 동안 조파기를 가동한 후 정지한다. 다음으로 토사가 모두 침전되기까지 충분한 시간을 둔 후 정수면과 침식이 일어난 사면의 접점을 측정한다 (Fig. 3). Case I부터 Case VI까지 위의 과정을 반복하며 위에서 구한 두 점 사이의 거리를 해안선 후퇴거리( $\Delta x$ )로 산정한다. 이후 수심을 1 cm씩 19 cm까지 증가시키며 해안선 후퇴거리를 재산정하였다. 수리모형실험 결과는 아래 Table 2에 정리되어 있다.

일반적으로, 수면의 상승은 해안선의 후퇴거리를 증가시키는 것으로 보인다 (Fig. 4). 예를 들어, 수심이 가장 깊은  $h = 19$  cm 실험의 해안선 후퇴거리가 가장 긴 것으로 나타난다. 본 실험에서는 간이 조파기의 성능적 한계로 인해 주기가 길어질수록 파고가 감소한다. 따라서, 주기가 가장 짧은 Case VI에서 해안침식이 가장 활발히

Table 2. A summary of coastline retreat distance for each case.

Wave Depth (cm)	Coastline Retreat Distance (cm)					
	Case I	Case II	Case III	Case IV	Case V	Case VI
16	10	14.3	15.8	16.5	16.5	16.5
17	7.3	16.2	15.4	16.8	16.2	15.4
18	8.6	15.6	15.6	15.6	16	16
19	10.3	16.6	17	18.5	19.1	19.1

발생하였다. 특이할 만한 상황으로는 주기가 0.95 s 이하인 경우 파랑의 주기가 변화 하더라도 해안선 후퇴거리의 변동은 완만하게 발생한다. 이러한 현상의 이유는 파형 경사( $H/L$ )가 Case III~VI에서 높아지면서 해안선 인근에서 쇄파를 발생시키며 사 주를 형성하기 때문으로 판단된다 (Fig. 3). 이로 인해 파랑의 에너지가 선제적으로 감소하여 해안선의 후퇴 거리가 급격히 증가하지 않고 일정 지점에서 안정화되는 것 을 관찰할 수 있었다.

본 연구에서는 수심을 증가시킴에 따른 해안선의 후퇴거리를 측정하는 실험을 수 행하였다. 실험 결과, 해수면 상승은 해안선의 후퇴거리를 일부 증가시키는 경향을 보였다. 해안선 후퇴에는 파형경사 역시 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 본 실험 은 부경대학교 지속가능공학부 토목공학전공의 지속가능공학실습 학부 수업을 통해

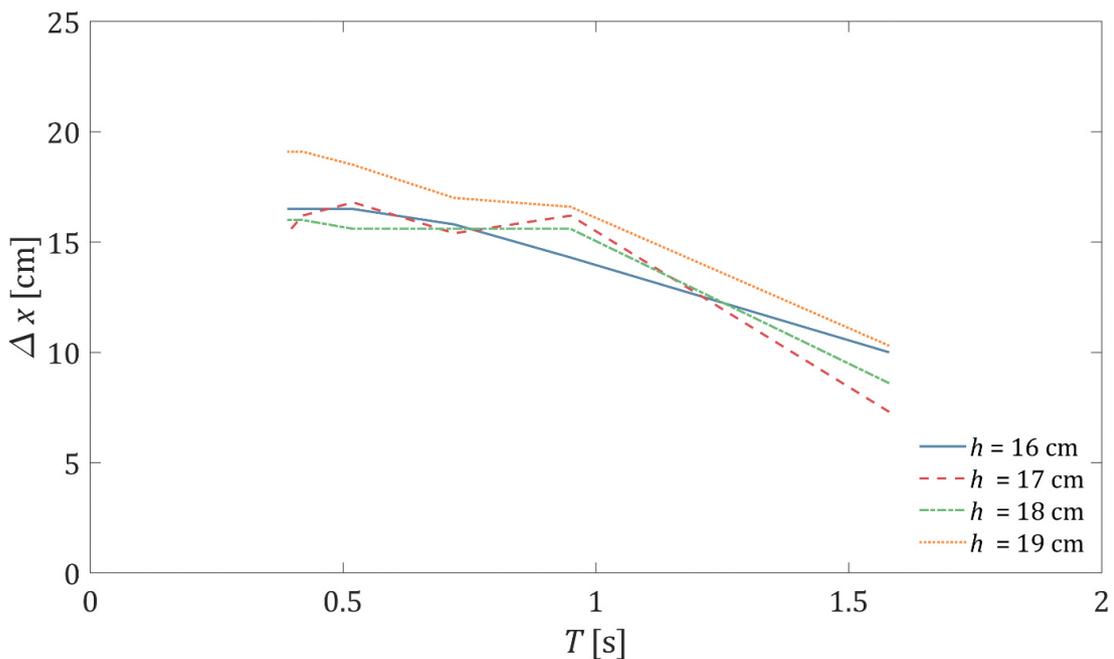


Figure 4. Coastline retreat distance as a function of wave period. Blue solid, red dashed, green dash-dotted, dotted curves represent  $h = 16$  cm,  $h = 17$  cm,  $h = 18$  cm,  $h = 19$

수행되었으며 해수면 상승으로 인한 해안선 후퇴 및 해안 침식 경향을 면밀히 검토하기 위해서는 추가적인 연구와 효과적인 대책 수립이 필요하다.

## Acknowledgement

본 기사는 한국해양과학기술원 기관목적사업 “해양에너지 및 항만·해양구조물 고도화 기술개발(PEA0131)” 과제와 2021년도 정부(교육부) 재원 한국연구재단 기초연구사업(NRF-2021R1F1A 1062223)의 지원을 받아 수행되었습니다.