INHA UNIVERSITY

MPL (Marine Prediction Lab.)

황해 경기만 연안에서의 동계 고파랑 시기 파랑 감쇠 특성 분석: 2020년 2월

김기환, 김명석, 우승범*
인하대학교 해양과학과

Introduction and Objectives

- 파랑 감쇠를 통해 파랑 에너지는 주변으로 전달되며, 주변 해수의 흐름 및 수위 변화 등을 야기하므로 파랑 감쇠의 크기와 원인을 파악하는 것은 중요하다.
- 황해 경기만 관측된 유의파고의 주파수 분석을 통해 연안에서의 파랑 에너지는 조석 주기대에서 변화하는 것을 확인하였다.
- ADCIRC-SWAN 모형을 사용하여 경기만 연안에서 발생하는 파랑 감쇠를 SWAN 모형에서 정의되는 3 가지 파랑 에너지 소산 요인을 통해 분석하였다.

Study area and Model setup

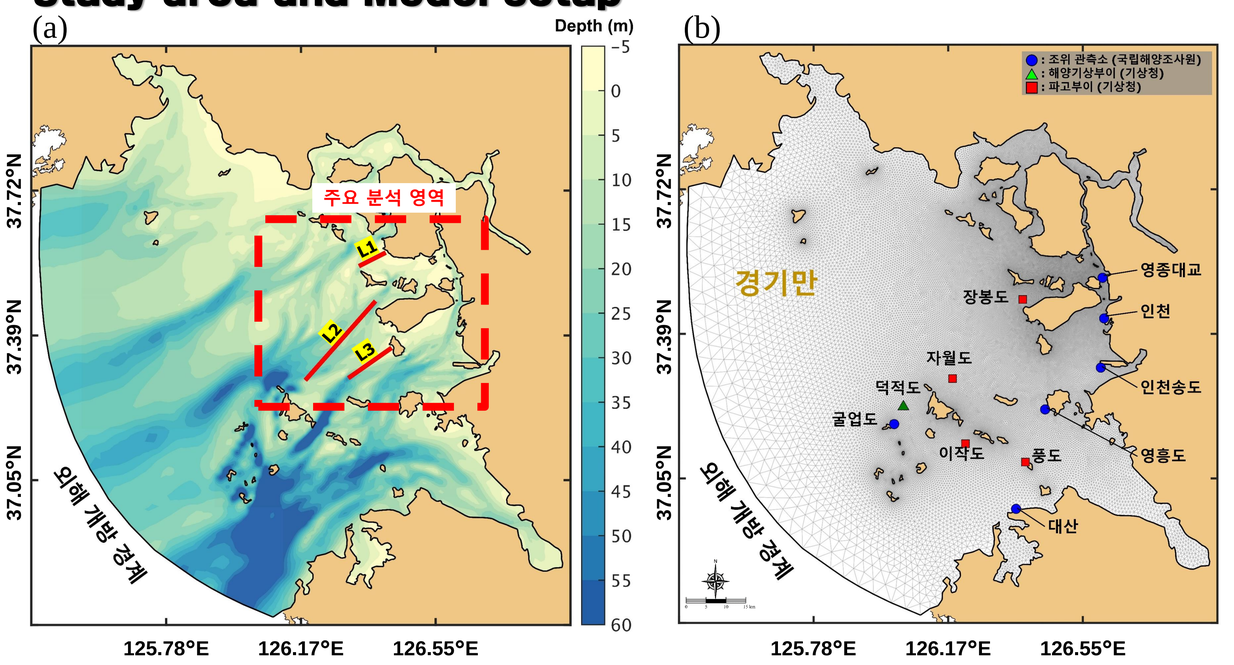


Fig 1. (a) Bathymetry of the modeling domain, and (b) grids configuration of modeling domain, showing six tide gauges from KHOA (blue circle), one ocean data buoy from KMA (green triangle), and four coastal wave buoys from KMA (red square).

Table 1. Model simulation method

ADCIRC-SWAN	
Model versions	ADCIRC (ver. 53) and SWAN (ver. 41.10)
Dimension	2DDI (2-dimensional depth integrated)
Grid	Node: 51,331 and Element: 98,432
Grid resolution	Max: 6 km and Min: 100 m (triangle unstructured grid)
Depth data	KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency)
Tide input	TPXO8-atlas (M_2, S_2, K_1, O_1, N_2)
Atmospheric pressure & wind	KMA (Korea Meteorological Administration) LDAPS (1 hour)
Time step	ADCIRC: 0.5 sec and SWAN: 60 sec
Coupling	Two-way (every 60 sec)
SWAN option	Triad & quadruplet wave-wave interaction Wave-current interaction Diffraction & refraction & breaking (constant)

FFT analysis

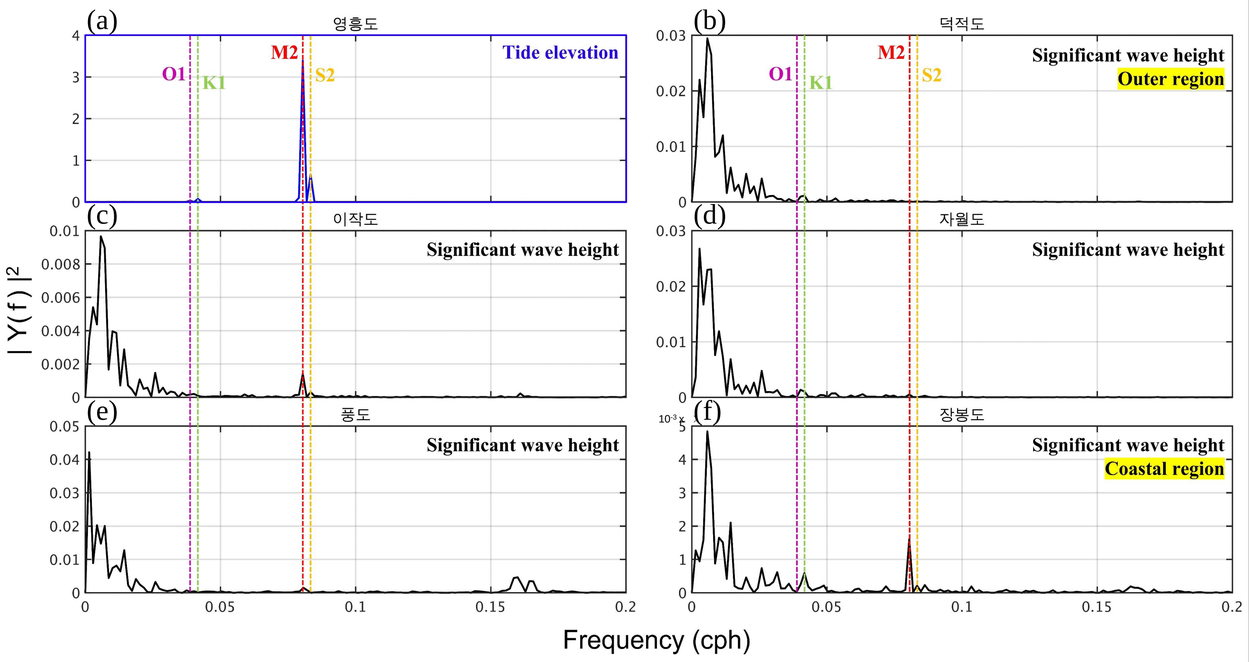


Fig 2. The FFT analysis of data observed in February 2020; (a) analysis result of observation at Yeongheung-do tide gauge (tide elevation), and (b-f) Deokjeok-do, Ijak-do, Jawol-do, Pung-do, and Jangbong-do buoy (significant wave height).

- 황해 경기만 외곽지역 (덕적도 해양기상부이) 에서는 조석 주기대에서 파랑 에너지 변화의 크기가 적은 반면, 연안지역 (특히, 장봉도 파고부이) 에서는 조석 주기대에서 파랑 에너지 변화가 발생한다.

Model validation and Method

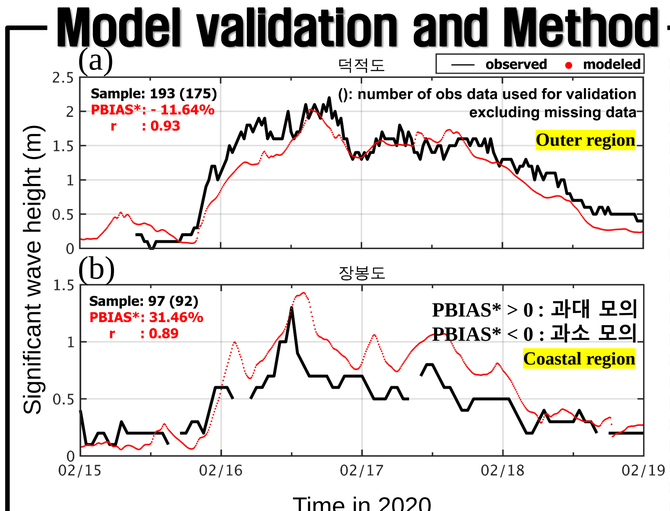


Fig 3. The comparison of modeled significant wave height with observations at (a) Deokjeok-do buoy, and (b) Jangbong-do buoy. The observed and modeled results are shown as line and dots, respectively.

- SWAN은 'wave action balance equation' 을 기반으로 하며, 그 식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \tilde{N}}{\partial t}+\frac{\partial c_\lambda \tilde{N}}{\partial \lambda}+\frac{\partial c_\varphi \tilde{N}}{\partial \varphi}+\frac{\partial c_\sigma \tilde{N}}{\partial \sigma}+\frac{\partial \tilde{c}_\theta \tilde{N}}{\partial \theta}=\frac{S_{tot}}{\sigma}$$

(Wave action balance equation in spherical coordinate)

- θ는 방향, σ는 상대 각주파수, $\tilde{N}$은 파랑 작용 밀도이다.

$\frac{\partial \tilde{N}}{\partial t}$: 파랑 에너지 밀도의 시간 변화량, $\frac{\partial c_\sigma \tilde{N}}{\partial \sigma}$: 상대주파수의 천이

$\frac{\partial c_\lambda \tilde{N}}{\partial \lambda}$, $\frac{\partial c_\varphi \tilde{N}}{\partial \varphi}$: 지리적 공간의 파랑 전파, $\frac{\partial \tilde{c}_\theta \tilde{N}}{\partial \theta}$: 파랑의 굴절

- 우변의 S_{tot}은 파랑 에너지의 원천항으로 그 식은 아래와 같다

$$S_{tot}=S_{in}+S_{nl3}+S_{nl4}+S_{ds,w}+S_{ds,b}+S_{ds,br}$$

S_{in} : 바람에 의한 에너지 유입

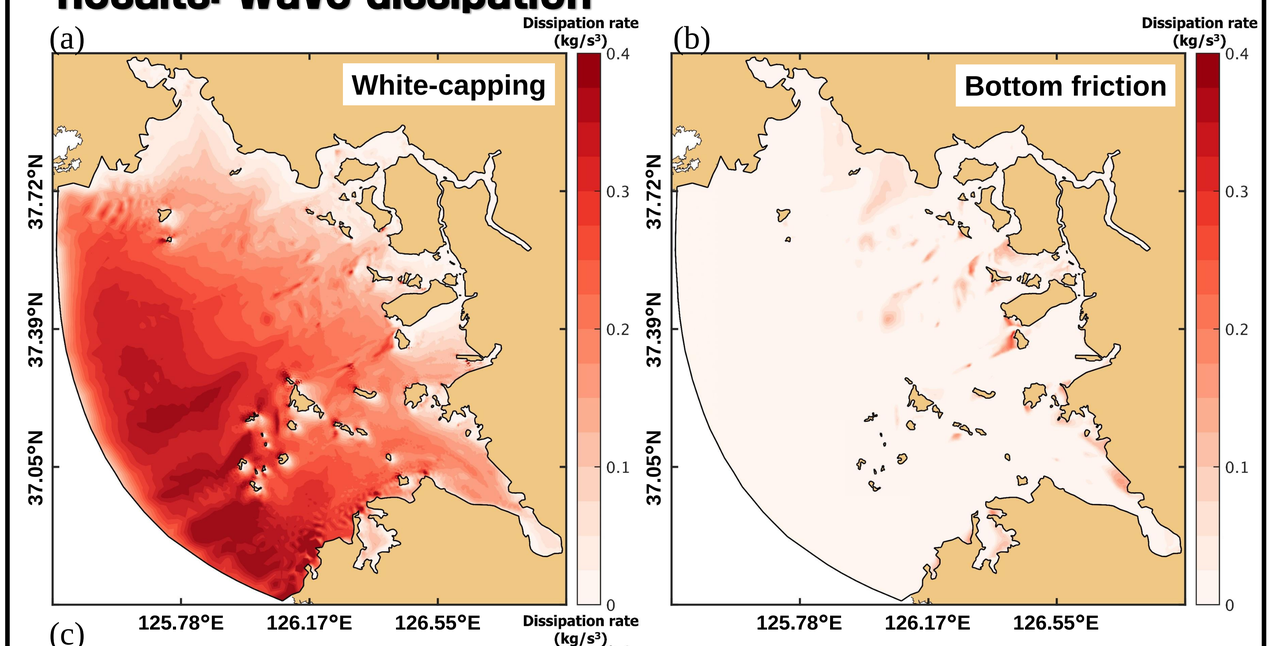
S_{nl3} , S_{nl4} : 3파 및 4파 상호작용에 의한 에너지의 비선형 전이

$S_{ds,w}$: 백파에 의한 파랑 에너지 감쇠

$S_{ds,b}$: 저면 마찰에 의한 파랑 에너지 감쇠

$S_{ds,br}$: 쇄파에 의한 파랑 에너지 감쇠

Results: Wave dissipation



- 2020년 2월 동안 덕적도 해양기상부이에서 관측된 평균 유의파고의 2배가 넘는 곳을 고파랑 시기로 선정함 (>1 m).

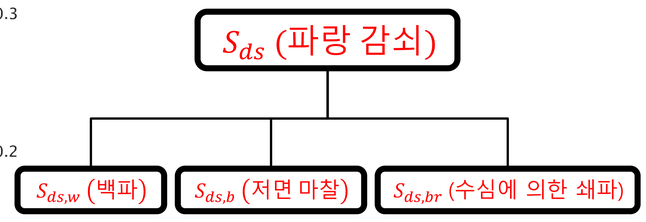


Fig 4. The spatial distribution of time-averaged wave energy dissipation rate during high waves. Wave energy dissipation rates due to (a) white-capping, (b) bottom friction, and (c) depth-induced breaking.

- 황해 경기만 외양에서는 백파에 의한 파랑 감쇠가 지배적인 반면, 연안에서는 저면 마찰과 수심에 의한 쇄파가 파랑 감쇠의 주요 요인이다.

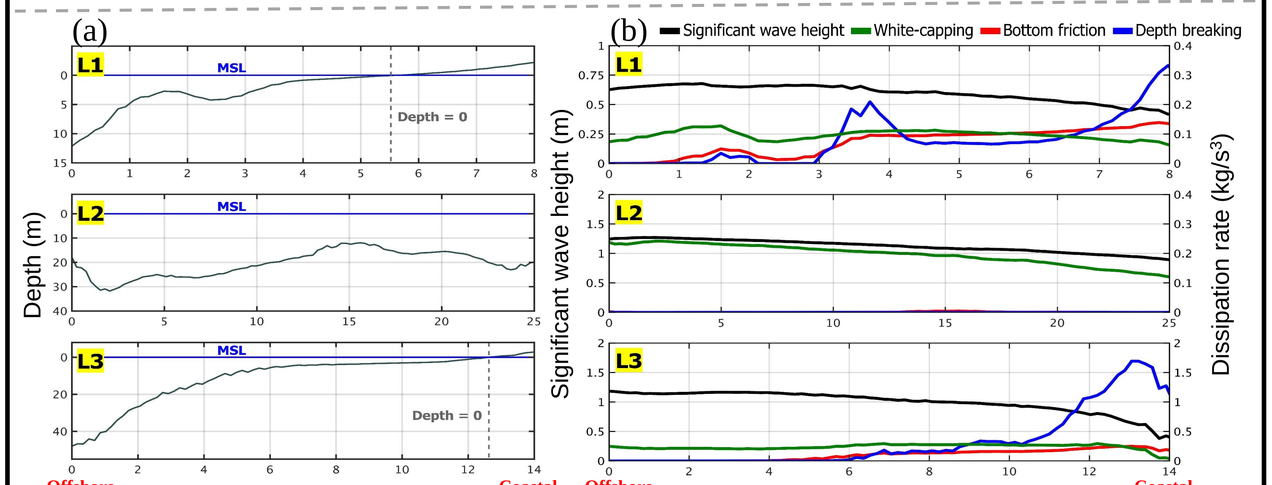


Fig 5. (a) Depth distribution along section L1–3 and (b) the model results of time-averaged significant wave height (black line), wave energy dissipation rate due to white-capping (green line), bottom friction (red line), and depth-induced breaking (blue line) during high waves.

- 상대적으로 수심이 깊은 외양에서는 (L2) 백파에 의한 파랑 감쇠가 지배적이다.
- 수심이 얕은 연안에서는 저면 마찰과 수심에 의한 쇄파가 파랑 감쇠에 주된 요인이며, 특히 조간대 인근에서는 수심에 의한 쇄파의 영향이 지배적이다.

Conclusions and Limitations

- 대조차 환경의 황해 경기만 연안에서는 조석 현상에 의한 파랑 에너지 변화가 발생하며, 저면 마찰 및 수심에 의한 쇄파가 파랑 감쇠에 주된 요인으로 확인되었다.
- 특히, 조간대 인근 해역에서는 수심에 의한 쇄파가 파랑 감쇠에 지배적인 영향을 끼치는 것으로 확인되었다.
- 경기만은 복잡한 해안선과 섬에 의해 지역별로 조석이 상이하게 나타나므로, 조석 주기대에서 변하는 파랑 에너지는 국지적으로 다른 결과가 발생할 수 있다.
- 본 연구에서는 모델 전 격자에 동일한 저면 마찰 계수를 사용하였으며, 바람에 의한 파랑 형성만을 고려하였다. 추후, 저면 마찰 계수에 대한 민감도 수치모의 및 기상청 국지 연안파랑모델 (CWW3) 결과를 외해 개방 경계에 입력함으로써, 파랑 예측 정확도를 향상할 수 있을 것으로 기대한다.

※ 이 연구는 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었습니다. (경기씨그랜트)