

# 태풍 ‘힌남노’ 내습 시 동해 북부 해역의 파랑 특성

## Wave Characteristics of North Eastern Coasts of Korea during Typhoon ‘Hinnamnor’

김종훈<sup>1,\*</sup>, 권경환<sup>1</sup>, 오찬영<sup>1</sup>, 박지민<sup>1</sup>

Jong-Hoon Kim<sup>1,\*</sup>, Kyong-Hwan Kwon<sup>1</sup>, Chan-yeong Oh<sup>1</sup>, Jeemin Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(주)오서닉, 해양환경연구소  
<sup>1</sup>Oceanic Pty, Ltd., Ocean Environment  
Institute, Seoul 07207, Republic of Korea

\* Correspondence to Jong-Hoon Kim  
E-mail: jhkim@oceaniccnt.com

Received April 27, 2023  
Revised April 28, 2023  
Accepted April 28, 2023

**Abstract :** This study analyses wave characteristics of the northeastern coast of Korea, specifically in the areas of GangNeung, Yang-yang, Sokcho, and GoSung during typhoon Hinnamnor, which ranked as the 4th in the biggest damage caused. Measured wave data was collected from five different locations and analysed, revealing the maximum wave height in the decreasing order of DongHae > GangNeung > W-2 > GoSung > W-1 hence displaying a trend of decreasing wave height as the wave approaches the coast. During the impact of typhoon, the measured wave data suggests that the wave directions were between ENE~E direction. This indicates that the waves developed in the South had minimal effect whereas wind waves of North-east direction were dominant. The analysis of measured wave data confirms that during the impact of Typhoon Hinnamnor in the Northern Region of the East Sea, the maximum wave height ranged between 2.2 to 3.8 meters, with an ENE to E wave direction. Although the incoming wave height during the typhoon was smaller than that of winter storms, it still impacted the shoreline for over 24 hours with wave heights exceeding 1.5 meters. Moreover, it was equivalent to the top 5 to 11% of wave heights during winter storms.

**Keywords :** Hinnamnor, Wave measurement, Wave spectra, WINK, KMA WDS data service

### 서론

최근 한반도에 영향을 미치는 태풍의 빈도는 증가하고 있으며, 그 강도도 강해지는 추세로 태풍에 의한 피해 또한 증가하고 있다(Park *et al.*, 2006).

우리나라는 매년 여름철에 집중호우와 태풍, 겨울철에는 폭설의 영향으로 기상재해가 빈번하게 발생한다. 최근 통계를 보면 기상재해의 피해 원인은 호우(37%), 호우·태풍(22%), 태풍(15%)의 순으로 나타났으며(Ministry of Government Administration and Home Affairs, 2003), 기상재해 규모는 호우, 태풍의 순이다(Lee, 2001). 태풍에 의한 가장 큰 피해액은 2002년 태풍 ‘루사’로 5조 1,480억 원의 피해가 발생하였으며, 2003년 태풍 ‘매미’의 피해액도 4조 2,220억 원에 이르렀다. 또한, 2006년 7월 태풍 ‘에위니아’로 1조 8,335억 원 피해가 발생하

였으며, 2022년 태풍 ‘힌남노’의 내습으로 인하여 역대 4번째인 1조 7,300억 원의 피해가 발생하였다.

본 연구에서는 역대 4번째 피해를 준 태풍 ‘힌남노’ 내습 시 파랑 관측자료 및 해양수산부(WINK 시스템) 자료를 바탕으로 우리나라 동해안 북부(강릉, 양양, 속초, 고성) 해역의 파랑 내습 특성을 파악하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 태풍 ‘힌남노’

태풍 ‘힌남노’는 기후관측 사상 아열대성 해양이 아닌 북위 25도선 이북의 바다에서 발생한 첫 번째 슈퍼태풍으로 일본 남

쪽 해상에서 태풍으로 발달하여 대만과 중국 방향으로 서진하고 있었으나, 오키나와 일대에서 급격히 방향을 바꿔서 한반도로 북상하여 영향을 준 태풍이다. 고위도에서 최전성기를 맞이하고 재발달까지 했으며, 이동속도 역시 빠른 편이었기에 상당히 강력한 위력을 유지한 채로 북상하여 한반도에 내습하였고, 9월 6일 새벽에 경남 거제 일대에 상륙하여 스치듯 내륙을 통과한 뒤 아침에 동해상으로 빠져나가 저녁에 소멸하였다 (Figs. 1, 2)

경상북도 포항시와 경주시를 중심으로 부·울·경 지역, 제주 특별자치도 등에 상당한 피해를 줬으며, 특히, 포항시가 심각한

피해를 보았다. 포항제철소가 창립 이래 최초로 전면 가동이 중단되는 사태가 발생하였다.

2. 파랑 자료

1) 파랑 자료 특성

연구 대상 지역의 파고 변화 특성을 파악하고자 Table 1과 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 2개 지점에 수압식 파고계를 설치하여 관측하였으며, 강릉, 고성, 동해의 경우는 해양수산부에서 운영하는 WINK 시스템에서 제공하는 자료를 사용하였다.

강릉과 고성의 경우 해양수산부에서 관측을 시행하고 WINK 시스템에서 강릉은 2022년 4월부터, 고성은 2016년 4월부터 자료를 제공하고 있으며, 동해의 경우 기상청에서 관측을 시행

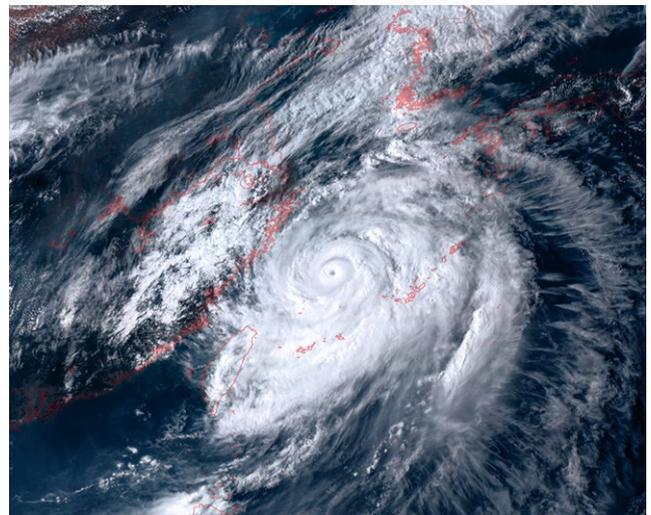
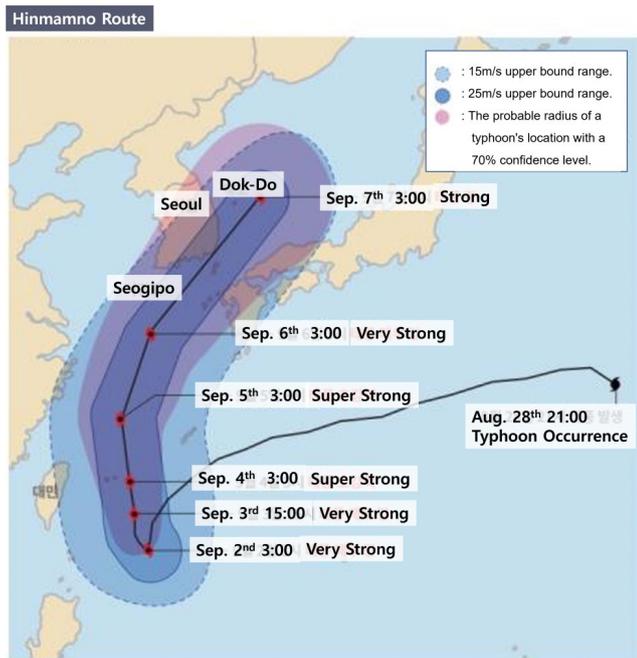


Fig. 1. Best track of typhoon ‘Hinnamnor’ (Source: KMA, Korean Meteorological Administration).

Fig. 2. Satellite image of typhoon ‘Hinnamnor’ (Source: KMA, Korean Meteorological Administration).

Table 1. Description of wave data measurement locations

Locations / Governance	Latitude / Longitude	Observation period	Measurement apparatus
W-1 Measurement by Private party	38°09'49"N 128°36'56"E	2022.08.17.~ 2022.09.17.	Signature500
	W-2 37°58'31"N 128°46'10"E		
GangNeung Ministry of Oceans and Fisheries	37°46'42"N 128°58'00"E	2022.04.12.~ 2022.10.27.	
GoSung	38°21'40"N 128°31'41"E	2016.04.29.~ 2022.10.26.	AWAC 600
DongHae Korean Meteorology Administration	37°32'39"N 130°00'00"E	2011.05.08.~ 2022.12.31.	6 m Buoy (HIPPY Sensor)

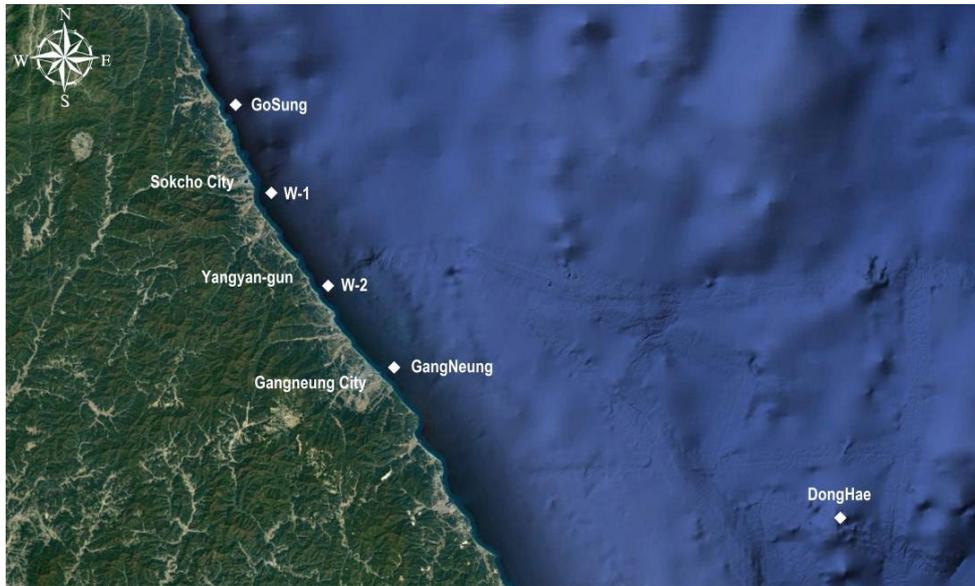


Fig. 3. Locations of wave data measurement.

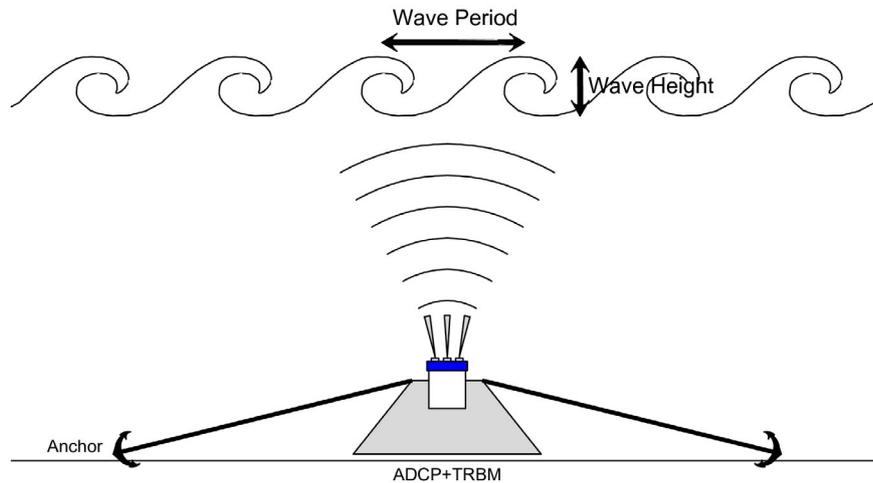


Fig. 4. Schematics of acoustic doppler current profiler installation.

Table 2. Basic properties of used ADCP device

Name	Measurement range	Precision	Photo
Signature 500 kHz (Nortek, Norway)	Wave height: 0~15 m Wave period: 0~50 sec	Wave height: $\pm 2$ cm Wave direction: $\pm 2^\circ$	

하고 기상자료 개방 포털에서 파향을 포함한 자료를 2011년 5월부터 제공하고 있다.

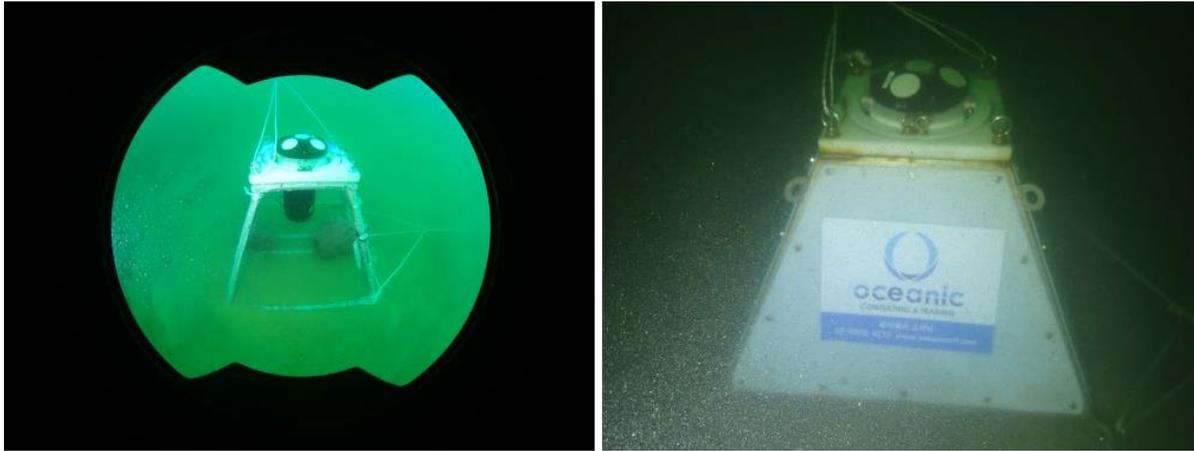
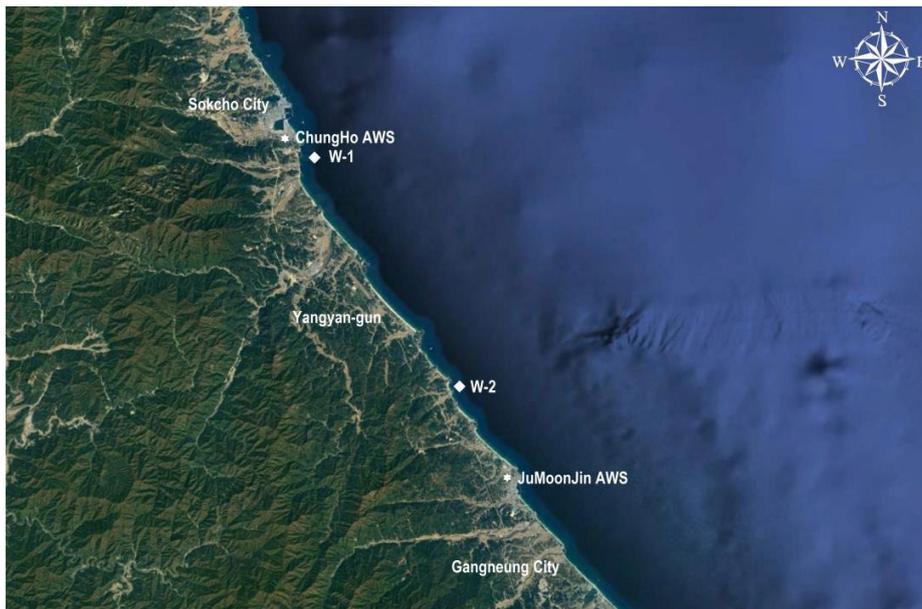
2) 현지 파랑관측 방법

연구 대상 Fig. 4와 같이 해저면에 ADCP 파고계 (Acoustic

Doppler Current Profiler, Signature 500, Norway)를 설치하고 0.5초 간격으로 20분 동안 관측된 기록을 하나의 Ensemble로 자기 기록하였고 이 Ensemble을 60분 주기로 조사 기간 동안 관측하였으며, 관측에 사용된 장비의 개요는 Table 2와 같다.

**Table 3.** Description of wind data measurement

Location	Latitude / Longitude	Start of observation	Elevation
JuMoonJin	37°53'55"N / 128°49'17"E	1990.05.11.	9.0 m
ChungHo	38°11'27"N / 128°35'37"E	2006.12.15.	4.0 m

**Fig. 5.** Photo of installed ADCP device (left: W-1, right: W-2).**Fig. 6.** Locations of wind data measurement.

### 3. 바람 자료

연구 대상 지역의 바람 특성을 파악하고자 Table 3과 Fig. 6에 나타난 것과 같이 기상청에서 운영·제공하는 주문진과 청호 2개 지점의 AWS 관측자료를 사용하였다.

## 결 과

### 1. 파랑관측 결과

태풍 ‘힌남노’ 내습 시 W-1과 W-2 정점에서 우리나라에 영

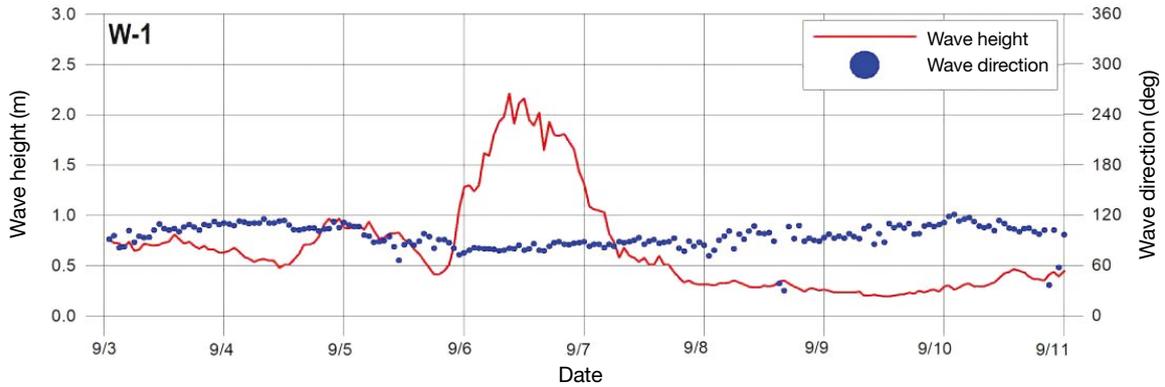


Fig. 7. Time series of measured wave height and direction at W-1.

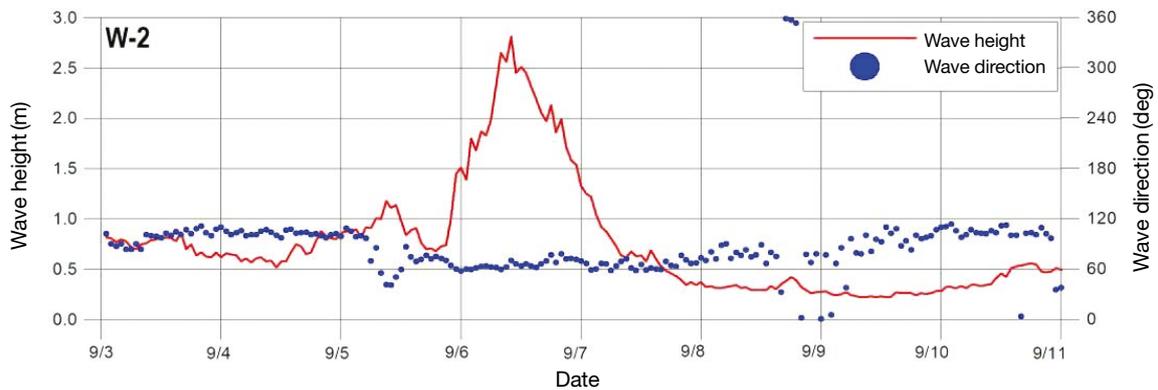


Fig. 8. Time series of measured wave height and direction at W-2.

Table 4. Maximum wave height occurrence during measurement

Location	Max. wave height (m)	Period (s)	Wave direction (Deg)	Occurrence time
W-1	2.2	7.8	80.2° (E)	6 <sup>th</sup> of Sept. 08:00
W-2	2.8	7.9	69.9° (ENE)	6 <sup>th</sup> of Sept. 09:00

향을 미친 2022년 9월 3일부터 9월 10일까지 관측된 파고 및 파향 시계열을 Fig. 7과 Fig. 8에 각각 제시하였으며, 힌남노 내습 시 최대파고를 Table 4에 정리하여 제시하였다.

W-1 정점과 W-2 정점에서 최대파고 발생 시 관측 스펙트럼을 Fig. 9와 Fig. 10에 각각 제시하였으며, W-1과 W-2 정점 0.13 Hz 인근에서 최댓값이 분포하는 것으로 나타났다.

## 2. 문헌 관측자료 결과

파랑 관측자료와 마찬가지로 태풍 '힌남노' 내습 시 동해, 강릉, 고성에서 우리나라에 영향을 미친 2022년 9월 3일부터 9월 10일까지 관측된 파고 및 파향 시계열을 Figs. 11~13에 각각 제시하였으며, 힌남노 내습 시 최대파고를 Table 5에 정리하여

제시하였다.

외해에서 북측 방향으로 진행할수록 최대파고는 줄어드는 경향을 나타내고 있다.

## 3. 바람 관측자료 결과

태풍 '힌남노' 내습 때 동해, 주문진, 청호해에서 우리나라에 영향을 미친 2022년 9월 3일부터 9월 10일까지 관측된 풍향 및 풍속 시계열을 Figs. 14~16에 각각 제시하였다.

태풍 '힌남노' 내습 때 바다 한가운데 위치한 동해의 경우 20 m/s 이상의 풍속이 나타나고 있으며, 바닷가 인근에 위치한 주문진, 청호의 경우 최대풍속이 6~7 m/s로 동해 대비 약 30%의 크기를 나타내고 있다.

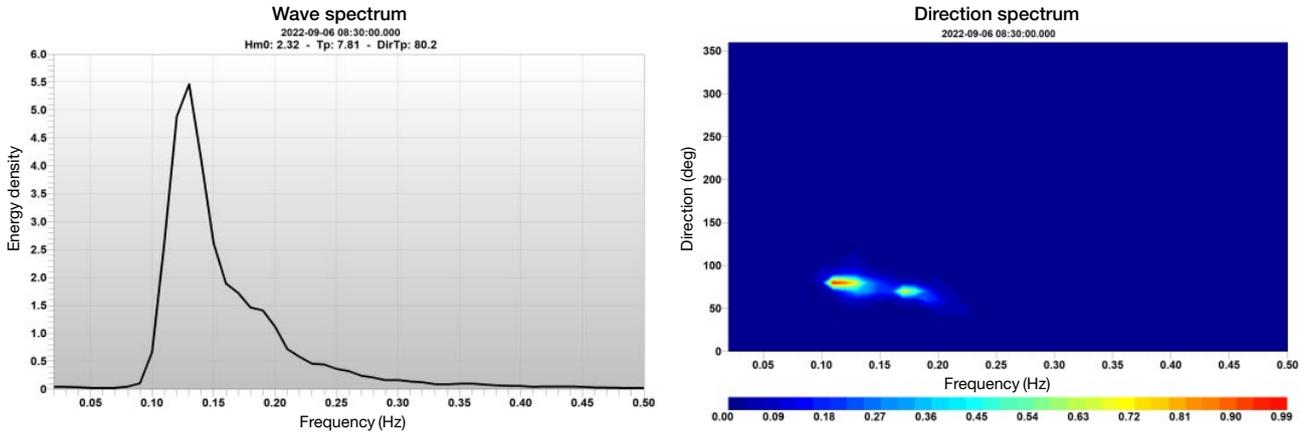


Fig. 9. Wave spectrum at W-1 when maximum wave height occurred.

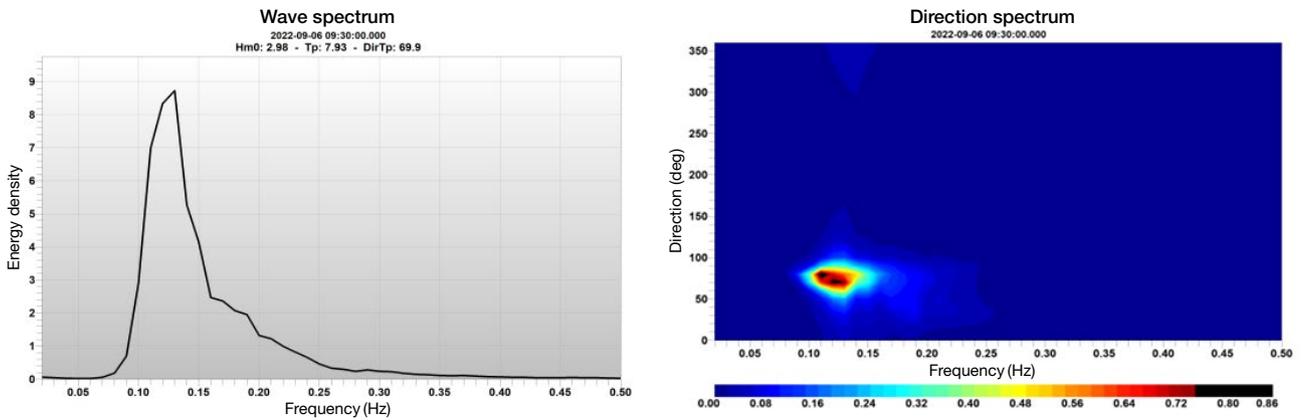


Fig. 10. Wave spectrum at W-2 when maximum wave height occurred.

Table 5. Maximum wave height occurrence in other literature

Location	Max. wave height (m)	Period (s)	Wave direction (Deg)	Time of occurrence
DongHae	5.2	9.1	59.0° (ENE)	6 <sup>th</sup> of Sept. 12:00
GangNeung	3.8	8.5	57.8° (ENE)	6 <sup>th</sup> of Sept. 09:00
GoSung	2.5	7.7	76.4° (ENE)	6 <sup>th</sup> of Sept. 10:00

Table 7에 제시된 기상청이 정한 0~12계급의 풍속계급에 따르면 6~7 m/s 풍속은 건들바람으로 육상에서는 먼지가 일고 종잇조각이 조각이 날리며 작은 가지가 흔들리는 상태이다.

### 결론

태풍 ‘힌남노’ 내습 때 5개 위치에서 관측된 파랑 자료 분석 결과 Fig. 17에 제시한 바와 같이 최대파고 기준 동해>강릉 > W-2 정점 > 고성 > W-1 정점 순으로 나타났으며, 외해에서

연안 쪽으로 진행할수록 파고의 값은 작아지고 남쪽에서 북쪽으로 진행할수록 작아지는 경향을 나타냈다.

이러한 현상은 외해에서 발달한 파랑이 연안으로 진행하면서 파랑의 굴절, 회절, 마찰 등에 의하여 파랑 에너지의 감소로 인한 것이며, 태풍 내습 시 태풍의 중심과의 이격거리가 멀어짐에 따라 파랑 에너지는 감소한 것이 원인이라 할 수 있겠다.

또한 태풍 ‘힌남노’ 내습 때 5개 위치에서 최대파고가 내습한 파향은 ENE~E 파향으로 남측에서 발달한 파가 영향을 미친 것이 아니라 Table 6에 제시된 바와 같이 N 계열의 바람에 의하여 발생한 풍파가 지배적인 것으로 파악된다.

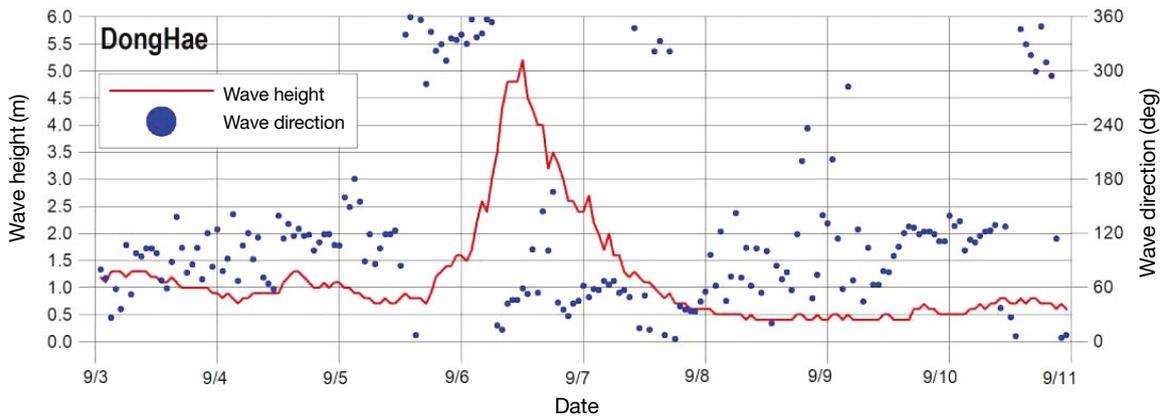


Fig. 11. Time series of measured wave height and direction at DongHae.

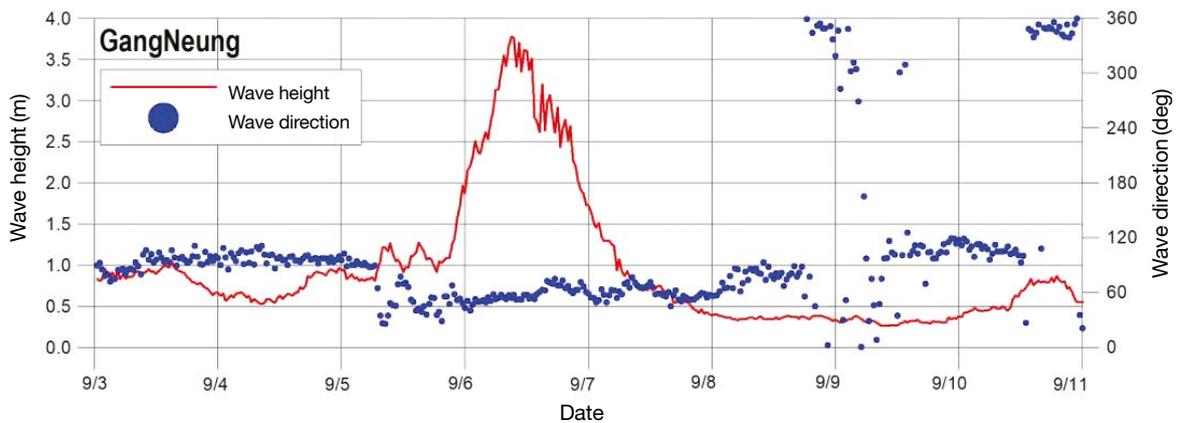


Fig. 12. Time series of measured wave height and direction at GangNeung.

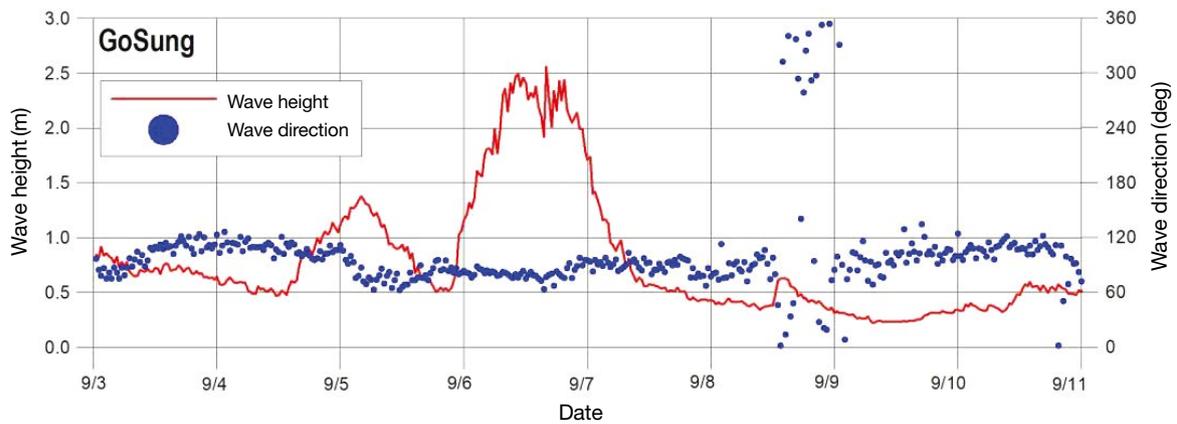


Fig. 13. Time series of measured wave height and direction at GoSung.

최대파고를 제외하면 Fig. 18에서 보는 바와 같이 고성, W-1 정점, W-2 정점의 파고 분포는 거의 유사한 수준을 나타내는 것을 확인할 수 있으며, 힌남노 내습 시 약 1.5 m 이상의 파고가 24시간 영향을 미친 것으로 나타났다.

힌남노 내습 시 강릉의 경우 약 2.0 m 이상의 파고가 24시간 영향을 미친 것으로 나타났으며, 동해의 경우 약 2.5 m 이상의 파고가 24시간 발생한 것으로 나타났다.

Table 8에 제시된 고성의 2016년 4월부터 2022년 10월까지

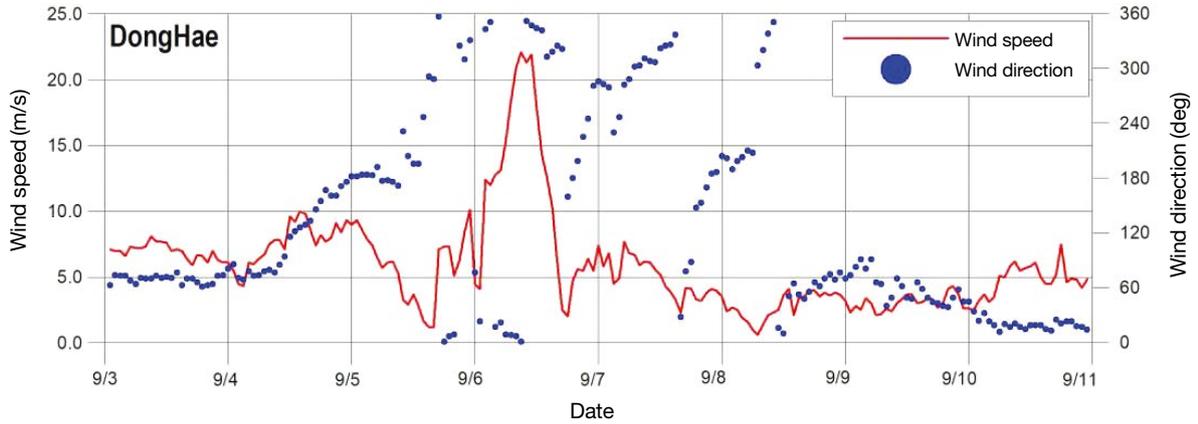


Fig. 14. Time series of measured wind speed and direction at DongHae.

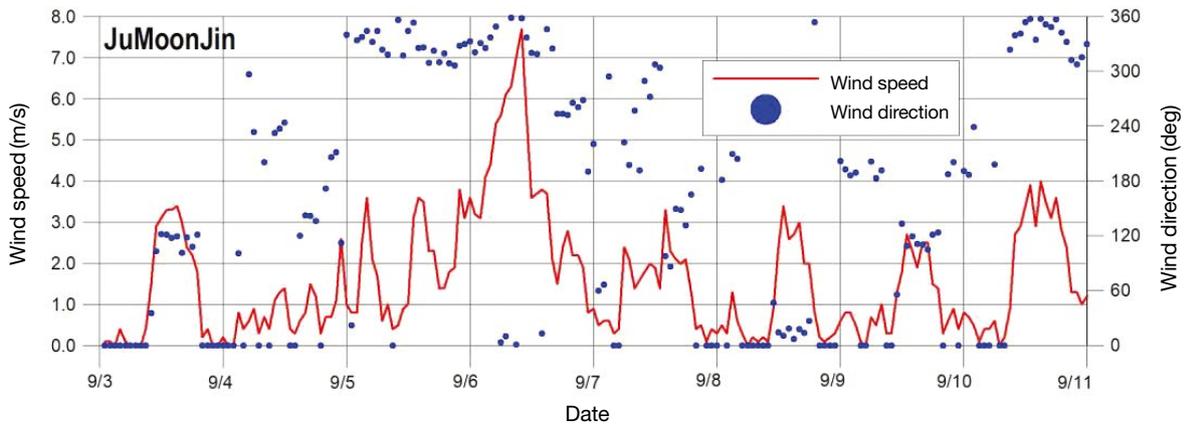


Fig. 15. Time series of measured wind speed and direction at JuMoonJin.

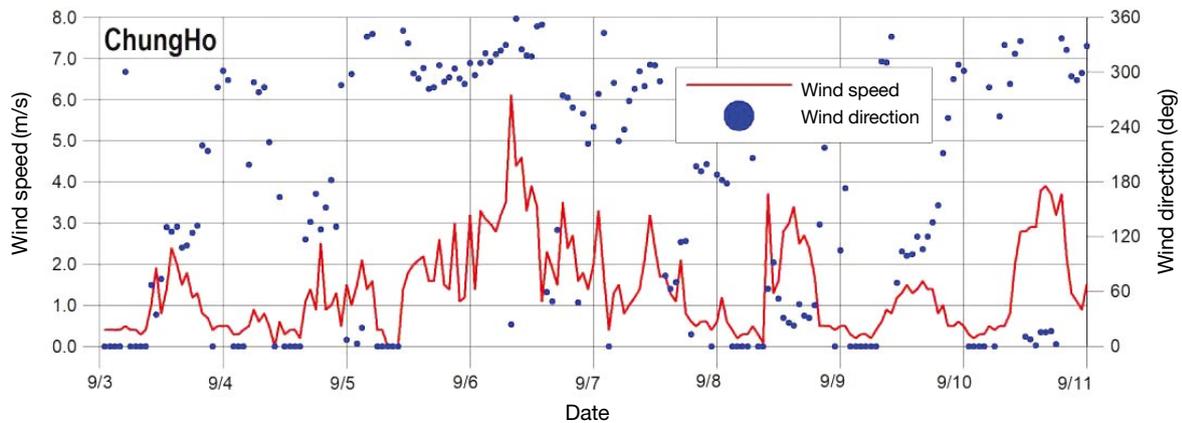


Fig. 16. Time series of measured wind speed and direction at ChungHo.

통계 분석된 파고-주기 계급별 출현율을 기준으로 연안에 위치한 3개 정점에서 1.5 m 파고는 상위 약 11%에 해당하는 크기를 나타내고 있으며, 강릉에서 2.0 m 파고는 상위 약 5%에 해

당하는 크기를 나타내고 있다.

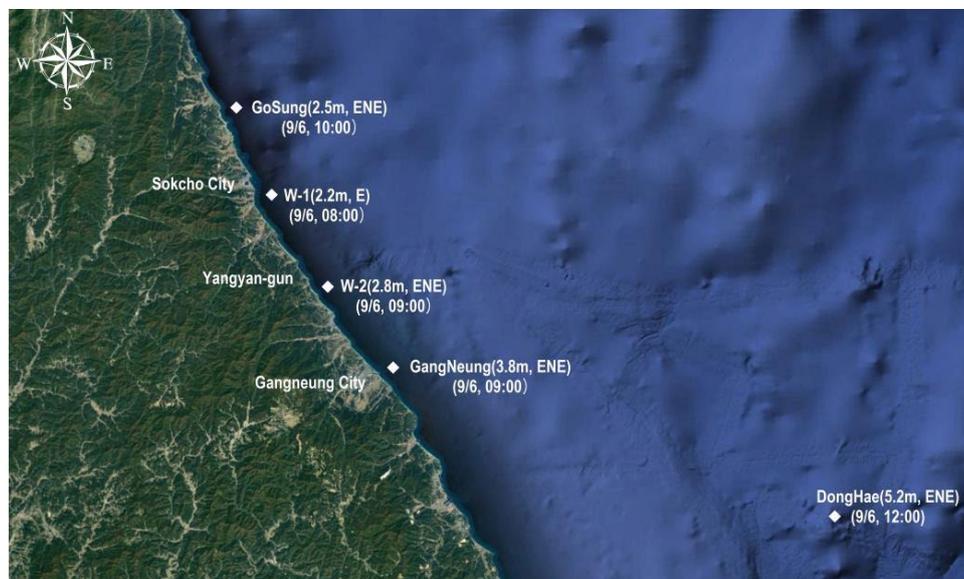
결론적으로 태풍 ‘힌남노’ 내습 시 파랑관측 데이터를 분석한 결과 동해 북부 연안에서 최대파고는 2.2~3.8 m로 ENE~E 파

**Table 6.** Maximum wind speed measured at various locations

Location	Max. wind speed (m/s)	Wind direction (Deg)	Time of occurrence
DongHae	22.1	1.0°(N)	6 <sup>th</sup> of Sept. 12:00
JuMoonJin	7.7	358.2°(N)	6 <sup>th</sup> of Sept. 09:00
ChungHo	6.1	23.6°(NNE)	6 <sup>th</sup> of Sept. 07:00

**Table 7.** Description of Beaufort scale (wind classification) and according land conditions (Source: KMA)

Beaufort number	Description	Wind speed (m/s)	Land conditions
0	Calm	0~0.2	Smoke rises vertically
1	Light air	0.3~1.5	Direction shown by smoke drift but not by wind vanes
2	Light breeze	1.6~3.3	Wind felt on face; leaves rustle; wind vane moved by wind
3	Gentle breeze	3.4~5.4	Leaves and small twigs in constant motion; light flags extended
4	Moderate breeze	5.5~7.9	Raises dust and loose paper; small branches moved
5	Fresh breeze	8.0~10.7	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland waters
6	Strong breeze	10.8~13.8	Large branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas used with difficulty
7	High wind	13.9~17.1	Whole trees in motion; inconvenience felt when walking against the wind
8	Gale	17.2~20.7	Twigs break off trees; generally impedes progress
9	Sever gale	20.8~24.4	Slight structural damage (chimney pots and slates removed)
10	Storm, whole gale	24.5~28.4	Seldom experienced inland; trees uprooted; considerable structural damage
11	Violent storm	28.5~32.6	Very rarely experienced; accompanied by widespread damage
12	Hurricane-force	32.7~	Devastation

**Fig. 17.** Maximum wave height and direction during typhoon 'Hinnamnor'.

향으로 내습한 것을 확인하였으며, 1.5 m 이상의 고파가 24시간 이상 내습한 것을 확인할 수 있었고, 동계 폭풍에 의해 발생하는 최대파보다는 작지만 금번 힌남노의 경우 위치적으로 상

이하지만, 상위 약 5~11%에 해당하는 파가 영향을 미친 것으로 확인할 수 있었다.

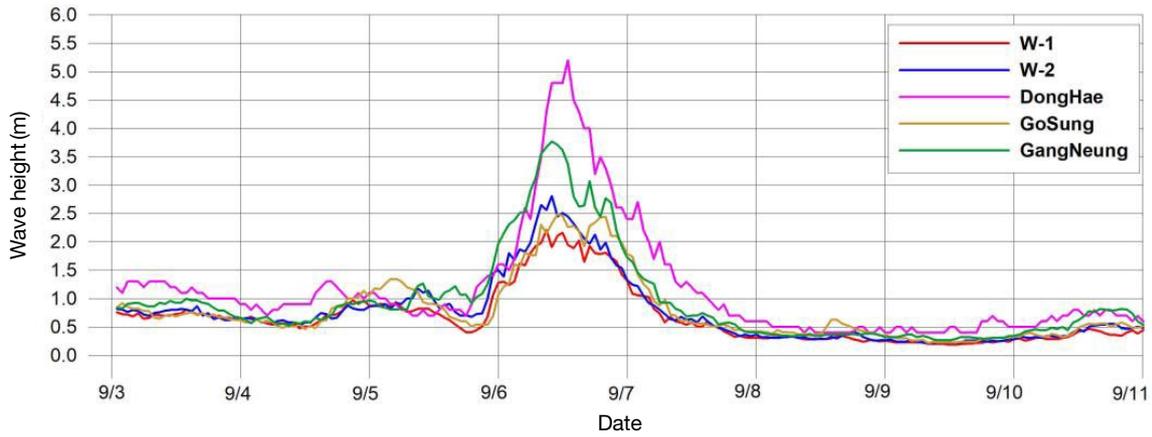


Fig. 18. Time series of measured wave height for all measurement locations.

Table 8. Occurrence rate at GoSung for according wave height-period (% , 2016. April~2022. October)

Hs(m) \ T(s)	T(s)								
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~6	Sum
0.0~0.5	0.33	7.05	19.15	8.42	1.81	0.32	0.02	-	37.10
0.5~1.0	-	1.39	14.08	17.18	3.69	0.54	0.04	-	36.91
1.0~1.5	-	0.01	2.03	8.44	3.78	0.61	0.10	-	14.97
1.5~2.0	-	-	0.17	2.49	2.46	0.47	0.03	-	5.62
2.0~2.5	-	-	0.01	0.67	1.36	0.71	0.04	-	2.78
2.5~3.0	-	-	-	0.15	0.70	0.43	0.01	-	1.29
3.0~3.5	-	-	-	0.03	0.36	0.29	0.01	-	0.69
3.5~4.0	-	-	-	-	0.14	0.19	0.03	-	0.35
4.0~4.5	-	-	-	-	0.04	0.09	0.03	-	0.16
4.5~5.0	-	-	-	-	0.01	0.05	0.01	-	0.07
5.0~5.5	-	-	-	-	-	0.04	-	-	0.04
5.5~6.0	-	-	-	-	-	0.01	-	-	0.01
Sum	0.33	8.45	35.44	37.37	14.34	3.75	0.31	-	100.0

참고 문헌

Ahn, S.H., B.J. Kim, S.L. Lee and H.K. Kim, 2008. The Characteristics of Disaster by Track of Typhoon Affecting the Korean Peninsula. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, 8(3), 29-36.

Kim, H.T., H.S. Yoon and S.C. Jang, 2023. Characteristics of Spatio-temporal Generation of Ocean Waves and Winds along the Busan Coast during Typhoon Hinnamnor. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 26(1), 1-10.

Korean Meteorological Administration Weather Data Service - Open MET Data Portal (data.kma.go.kr/cmmn/main.do).

Lee, C.-R., 2001. A Study on Meteorological Disasters in Korea, master's thesis, Kyunghee University.

Ministry of Government Administration and Home Affairs, 2003. Analysis of trends in occurrence of natural disasters in Korea and research on countermeasures (I) - Focusing on long-term response to storm and flood damage, National Institute of Disaster Prevention, pp. 124.

Ministry of Oceans and Fisheries - Wave Information Network of Korea (<http://wink.go.kr/map/map.do>).

Park, J.K., B.S. Kim, W.S. Jung, E.B. Kim and D.G. Lee, 2006. Change in Statistical Characteristics of Typhoon Affecting the Korean Peninsula. *Atmosphere*, 16(1), 1-17.