

석사학위논문

한반도 주변해역의 바람과 파고의  
특성연구



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 대학원

해양학과

고희종

2003년 12월

석사학위논문

한반도 주변해역의 바람과 파고의  
특성연구



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 대학원

해양학과

고 희 중

2003년 12월

# 한반도 주변해역의 바람과 파고의 특성연구

지도교수 방 익 찬  
고 회 중

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함.



2003년 12월

제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

고 회 중의 이학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 이 준 백 ㉠

위 원 방 익 찬 ㉠

위 원 윤 석 훈 ㉠

제주대학교 대학원

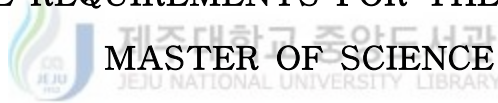
2003년 12월

# A Study on the Characteristics of Wind and Wave around Korea Peninsula

Hee-Jong Ko

(Supervised by professor Ig-Chan Pang)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE



DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY

GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

DECEMBER, 2003

# 목 차

그림 목차 (List of Figures) . . . . .	i
표 목차 (List of Tables) . . . . .	iv
Summary . . . . .	v
I. 서론 . . . . .	1
II. 바람(풍속, 풍향)과 파도(파고, 파향)의 계절변화 . . . . .	5
1. 덕적도 . . . . .	5
2. 칠발도 . . . . .	7
3. 거문도, 거제도 . . . . .	16
4. 동해 . . . . .	17
5. 지점별 유의파고의 높이비교 . . . . .	30
III. 바람과 파도의 관계분석 . . . . .	34
1. 지형적 영향 (풍향과 파향의 관계) . . . . .	34
2. 풍속과 파고의 관계 . . . . .	44
IV. 결    론 . . . . .	53
- 참고 문헌 . . . . .	55
- 요    약 . . . . .	56
- 감사의 글 . . . . .	58

## 그림목차 (List of Figures)

Fig. 1. Buoys locations for meteorological and oceanographic observation in operation by KMA. . . . .	3
Fig. 2. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Winter. . . . .	6
Fig. 3. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Spring. . . . .	8
Fig. 4. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Summer. . . . .	9
Fig. 5. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Autumn. . . . .	10
Fig. 6. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Winter. . . . .	11
Fig. 7. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Spring. . . . .	13
Fig. 8. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Summer. . . . .	14
Fig. 9. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Autumn. . . . .	15
Fig.10. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Winter. . . . .	18
Fig.11. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Spring. . . . .	19
Fig.12. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Summer. . . . .	20
Fig.13. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Autumn. . . . .	21
Fig.14. Comparison of wind direction and wave direction in Geoje-do	

during Winter. . . . .	22
Fig.15. Comparison of wind direction and wave direction in Geoje-do during Spring. . . . .	23
Fig.16. Comparison of wind direction and wave direction in Geoje-do during Summer. . . . .	24
Fig.17. Comparison of wind direction and wave direction in Geoje-do during Autumn. . . . .	25
Fig.18. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Winter. . . . .	26
Fig.19. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Spring. . . . .	27
Fig.20. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Summer. . . . .	28
Fig.21. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Autumn. . . . .	29
Fig.22. Monthly (A) the average heights and (B) the maximum heights of significant waves observed in the five buoys. . . . .	32
Fig.23. Monthly significant wave heights (over 1 m) appearance frequency in the buoy positions. . . . .	33
Fig.24. (A) Relation between wind direction and wave direction, (B) Relation between wind speed and significant wave height observed in Dukjok during 1~5 January 2001. . . . .	35
Fig.25. Time series of wind speeds and significant wave height observed in Dukjok during 1~5 January 2001. . . . .	36
Fig.26. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Dukjok during December 2002. . . . .	37
Fig.27. Stick vector diagrams of winds and waves observed in	

Dukjok during December 2001. . . . .	38
Fig.28. (A) Relation between wind direction and wave direction, (B) Time series of wind speeds and significant wave heights observed in Dukjok during 4~6 December 2001. . . . .	40
Fig.29. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Geoje during August 2001. . . . .	42
Fig.30. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Chilbal during February 2001. . . . .	45
Fig.31. Time series of wind speeds and significant wave heights in January (A) 15~16 2001, (B) 7~9 2002. . . . .	46
Fig.32. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Chilbal during July 2001. . . . .	47
Fig.33. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Donghae during December 2001. . . . .	50
Fig.34. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Donghae during August 2002. . . . .	51
Fig.35. (A) Relation between wind direction and wave direction, (B) Relation between wind speed and significant wave heights observed in Donghae during 12~15 December 2001. . . . .	52



표 목차 (List of Tables)

Table 1. The information about buoys in operation by KMA. . . . . 4

Table 2. Monthly wave direction ratio in Geoje-do. . . . . 41

Table 3. Monthly wave direction ratio in Geomun-do. . . . . 43



Table 4. Relation between wind speed and significant wave height observed in the five buoys. . . . . 48

## Summary

### **A Study on the Characteristics of Wind and Wave around Korea Peninsula**

This study analyzes the relation between wind and wave with data observed in five ocean data bouys around Korea Peninsula (Dukjok-do, Chilbal-do, Geomun-do, Geoje-do, Donghae) during the period of January 2001 to December 2002, in which the data are reliable with relatively small number of missing data due to severe meteorological condition or instrumental problem.

The relation between wind velocity and wave height is high in Chilbal-do and Donghae, while low in Geomun-do and Geoje-do. That is, strong wind drives high wave in Chilbal-do and Donghae, but not in Geomun-do and Geoje-do. In Dukjok-do, the relation is different according to wind direction. It is high in certain wind directions and low in other wind directions.

The results can be understood as follows: the relation looks clear for strong wind, because weak wind drives low wave, which may not be distinguished well from waves by other factors. On the other hand, the direction of prevailing strong wind in this area is northwesterly in winter. To this direction, Chilbal-do and Donghae are open to sea while Geomun-do and Geoje-do are closed by land. Dukjok is half open and half closed in this direction. Therefore, the relation is high for westerly wind and low for northerly or northwesterly wind in Dukjok.

However, some phenomena may not be understood like this. Wave directions in Geomun-do and Geoje-do are nearly fixed for any wind direction. In Geoje-do, high wave always comes from the southwest or the northeast, in which directions Geoje-do is open to sea. It shows that wave can grow by wind in the direction open to sea. In Geomun-do, the

southeast is such a direction. Geomun-do is open to East China Sea in the direction. In Donghae, the relation of wind velocity and wave height is high, but the relation of wind direction and wave direction is very low. It is probably because wave can freely come in any direction due to deep water depth. For example, suppose a low pressure is passing. Wind velocity is proportional to the pressure, but wind directions may be different around the low pressure. In this case, the waves driven by winds of similar wind velocity and different direction have high relation with wind velocity and low relation with wind direction. To prove the interpretation, we need analyze the relation between wind duration and wave height. However, the analysis is unexpectedly difficult, so we postpone the work for future.



## I. 서론

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 파랑은 해양활동에 많은 영향을 미친다. 특히 바람에 의해 발생하는 파랑을 정확하게 예보하는 것은 어업활동이나 항해 그리고 해양의 건축에 중요하다. 파랑에 대한 예보는 현재 기상청에서 파랑모델을 사용하여 수행되고 있으며, 보다 정확하게 예측하기 위하여 기술을 개발하고 연구하고 있다. 그러나 바람에 의해 발생하는 파랑을 보다 정확히 예측하기 위해서는 무엇보다 해상풍에 의해 파랑이 발생하는 그 해역의 특성을 파악해야 하며 이를 위해서는 해상풍과 파랑의 관측자료가 풍부해야 한다. 그러나 이러한 해양관측 자료를 얻기란 쉽지 않다. 일반적으로 해양에서 일어나는 현상을 규명하는 것은 관측이 쉽지 않기 때문에 많은 어려움이 따른다. 특히, 파고의 성장과정이나 그 주기를 예측하기 위해서는 해안에서 떨어진 곳에서 매우 짧은 시간간격을 오랫동안 관측을 해야 하기 때문에 더욱 그렇다. 그 동안 우리나라 주변해역의 파고에 대한 연구가 체계적으로 이루어지지 않았던 가장 큰 이유 가운데 하나도 역시 관측자료의 결핍이다.

그러나 다행히 근래 기상청에서 황해 2대, 남해 2대, 동해 1대의 부이를 바다에 설치하여 한반도 주변해역에서 정확한 해양기상자료를 얻고 있기 때문에 해상풍에 의한 파랑의 연구가 시작될 수 있었다 (오 등, 2002 ; 서와 장, 2003 ; 장 등, 2003). 오 등 (2002)은 경기만 주변 해역인 덕적도에 설치한 부이자료를 통하여 풍속을 동서와 남북 방향의 성분으로 나누어 파고와의 상관도를 분석하였으며 이 연구에서는 유의파고의 높이에 영향을 미치는 풍향과 풍속을 중심으로 분석하였다. 그리고 서와 장(2003), 장 등(2003)은 부이자료를 통하여 모델 적용의 타당성과 예측기술의 발전을 연구하였다. 기상청에서 부이를 설치하여 자료를 얻는 이유는 예측기술을 개발하여 보다 정확한 예보를 위한 것이 목적이기 때문에 이러한 연구는 당연하다. 그러나 기술개발에 적용하기에 앞서 해상풍과 파랑의 관계를 기초적으로 분석하여 우리나라 주변의 해역이 파랑의 발달에 어떤 특성을 가지고 있는지를 파악하는 것이 보다 중요할 것이다. 대학은 이러한 기초적인 연구를 수행하여 기술개발에 도움을 주는 것이

필요할 것이다.

이에 이 연구에서는 바람과 파고와의 관계를 각 해역별로 분석하여 각 해역의 파랑발생의 특성을 이해하고자 한다. 풍속에 따른 파랑의 관계와 더불어 특히 분석이 까다로운 풍향에 따른 파고의 파향과 높이와의 관계를 분석하여 각 지역에서의 바람이 파고의 발달에 어떠한 영향을 미치는가 이해하는 것이 이 연구의 목적이다.

사용한 자료는 기상청에서 설치한 황해 2대, 남해 2대, 동해 1대의 5대의 부이로부터 1 시간 간격으로 관측한 자료 중 2001년부터 2002년까지의 자료들이다. 이 기간의 자료는 비교적 기상악화와 기기오차 등의 원인으로 인한 결측이 적고, 자료의 질이 우수하다고 판단되는 기간이다. 해양기상관측 부이의 위치와 정보는 Fig.1과 Table1 에 정리하였다. 분석은 기상청 해양기상 부이가 설치된 덕적도, 칠발도, 거문도, 거제도, 동해에서 관측된 풍향, 풍속, 파향, 유의파고 자료를 사용하여 봄철 (3~5월), 여름철 (6~8월), 가을철 (9~11월), 겨울철 (12~2월)로 기간을 나누어 각 계절별로 탁월풍과 주 파향을 중심으로 유의파고와의 관계를 분석하였다. 또한 풍향, 풍속에 따른 유의파고의 발달이 두드러진 기간을 선택하여 풍향, 풍속, 파향과 유의파고의 관계 분석을 실시하였다.

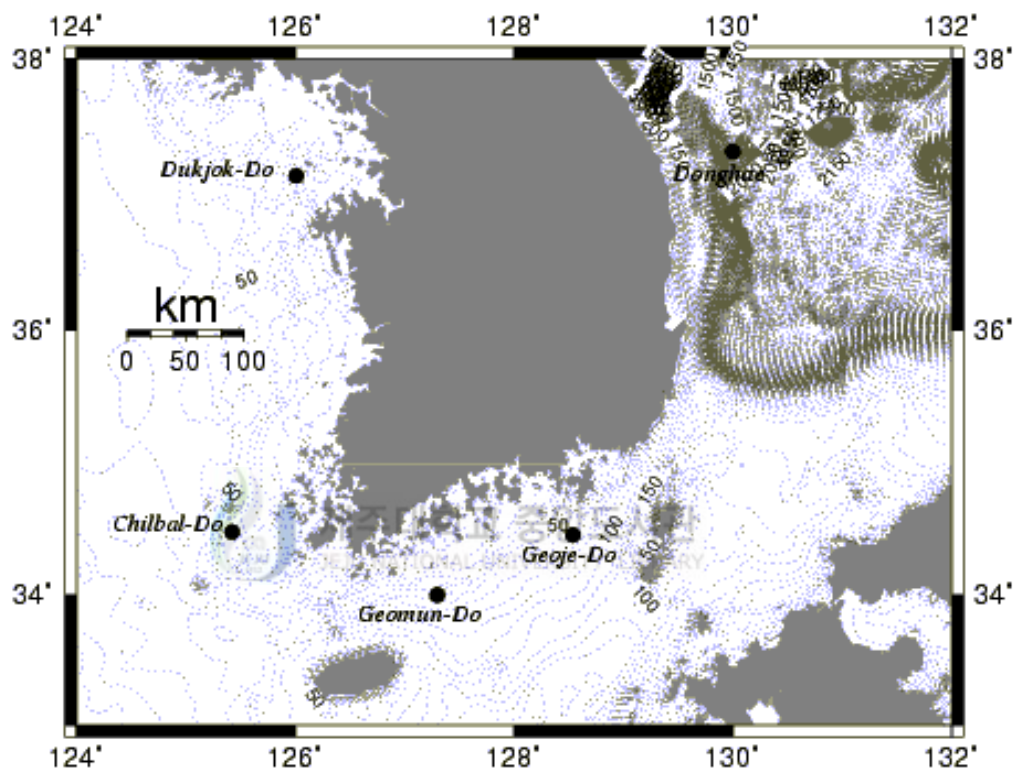


Fig. 1. Buoys locations for meteorological and oceanographic observation in operation by KMA.

**Table 1. The information about buoys in operation by KMA.**

Buoy	Dukjok-Do	Chilbal-Do	Geomun-Do	Geoje-Do	Donghae
Location	37°14 ' N, 126°01 ' E	34°48 ' N, 125°47 ' E	34°00 ' N, 127°03 ' E	34°46 ' N, 128°54 ' E	37°32 ' N, 130°00 ' E
Water Depth	30 m	33 m	80 m	84 m	1,518 m
Observation Parameters	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Wind Direction</li> <li>* Wind Speed</li> <li>* Air Temperature</li> <li>* Humidity</li> <li>* Pressure</li> <li>* Wave Hight (Maximum, Significant)</li> <li>* Wave Direction</li> <li>* Wave Period</li> <li>* Sea Surface Temperature</li> </ul>				

## II. 바람(풍속, 풍향)과 파도(파고, 파향)의 계절변화

Fig.2부터 Fig.20까지는 각 지점의 풍향, 풍속 및 파향의 계절변화와 유의파고의 발달과정을 관찰하기 위하여 각 월별로 주 풍향( $0\sim 360^\circ$ )과 풍속( $0\sim 20\text{m/s}$ ), 그리고 파향( $0\sim 360^\circ$ )과 유의파고의 높이( $0\sim 4\text{m}$ )로 나누어 표현하여 계절별로 기술하였다.

### 1. 덕적도

겨울철(12월~2월)은 각 관측지점에서 풍속과 유의파고가 비교적 높게 나타나는 시기이다. Fig.2는 2001년과 2002년의 겨울철 덕적도의 풍향과 풍속, 파향과 유의파고를 나타내었다.

덕적도는 2001년 1월과 2월에 서풍계열의 바람이 우세하여 파향도 서쪽에서 다가오는 방향이 많다. 서풍계열의 바람이 우세할 때, 덕적도에서는 지형적으로 외해로 열려있는 서쪽에서 파향이 진행해오고, 유의파고의 높이도 높아짐을 볼 수 있다. 그러나 2001년 12월과 2002년 1월, 2월에는 북서풍의 바람이 우세함에도 불구하고 파향은 남쪽에서 다가오는 방향이 많다. 2001년 12월과 2002년 1년과 2월과 같이 북서풍이 우세한데도 파향은 남쪽과 동쪽에서 다가오는 것은 바람이나 파랑이 지형의 영향을 받아 지역적으로 변하기 때문일지 모른다. 즉, 덕적도는 지형적 특성상 열려있는 황해에서 서풍이 불면 서쪽에서 다가오는 파도가 생기지만, 북서풍이 불 경우, 황해도에 영향을 받아 경기만으로 불어오는 과정에서 풍향이 변화되고, 따라서 취송거리가 감소되어 파향에 영향을 미치지 못하는 것으로 생각할 수 있다. 또한 2002년 12월에는 남서풍이 우세하고, 파향은 남동쪽에서 다가오는 방향이 우세하다.

봄철(3월~5월)은 겨울철에 비교적 강했던 풍속과 유의파고의 높이가 감소



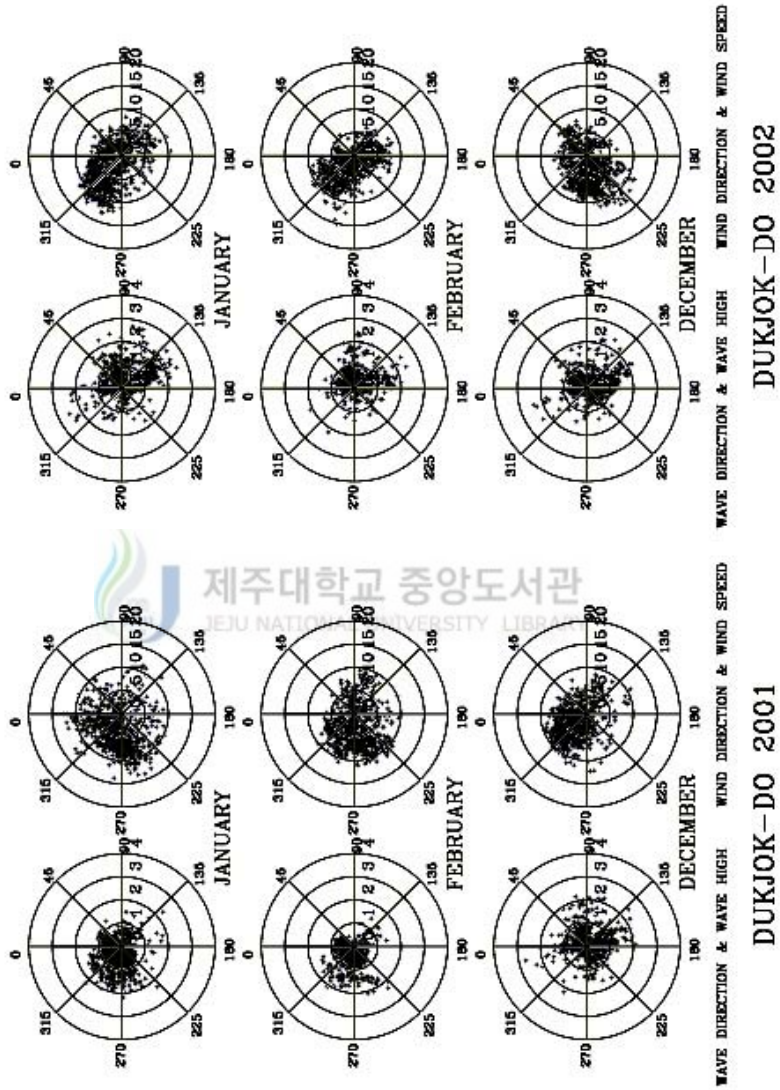


Fig. 2. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Winter.

하여 나타난다(Fig.3). 풍속의 감소는 그리 크지 않지만, 유의파고의 감소는 두드러지게 나타난다. 파향의 발달을 살펴보면 2001년 서쪽에서 다가오는 흐름이 우세하지만, 2002년에는 동쪽에서 다가오는 흐름이 우세하게 나타나 반대되는 경향을 보인다. 이는 봄철 덕적도에는 바람의 영향보다는 다른 곳에서 발생하는 파고가 많이 유입될지 모른다는 것을 암시한다.

여름철(6월~8월)은 풍향의 특징이 없으나, 풍속이 연중 가장 낮으며, 유의파고의 높이도 1m내외로 낮게 나타난다. 파향은 동쪽에서 다가오는 흐름이 약간 우세하다(Fig.4).

가을철(9월~11월)이 되면서 풍속이 증가하며, 유의파고도 발달한다. 그러나 풍향은 많은 차이를 보인다(Fig.5). 2001년에는 북서풍이 점차 발달하고, 2002년은 남서풍이 발달한다. 파향은 남동에서 다가오는 방향에서 모두 우세하지만 유의파고의 높이는 북서풍이 점차 발달하는 2001년보다는 남서풍이 우세한 2002년에 높이 발달한다. 이는 북서풍의 바람이 경기만의 지형에 의해 파향의 발달에 제한을 받는데 비해 풍속의 차이가 그리 크게 나지 않는 남서풍이 부는 2002년 가을철에는 지형의 영향을 덜 받아 파고가 커질 수 있기 때문이다.

## 2. 칠발도

관측지점 중 유의파고가 가장 높게 발달하는 칠발도는 그 경향이 겨울철과 여름철로 뚜렷이 구분된다. 겨울철은 풍향에 관계없이 겨울철 내내 북서쪽에서 다가오는 파향이 우세하다. 유의파고의 높이는 같은 황해에 위치해있는 덕적도가 2m이상 발달하는데 제한을 받는데 비해 칠발도는 최대 4m까지 발달한다(Fig.6). 풍향은 서풍이 우세한 2002년 12월을 제외하고 북풍 혹은 북동풍이 우세하다. 그러나 파향은 모든 경우 북서쪽에서 다가오는 방향에서 뚜렷이 우세하게 나타나며, 유의파고의 높이는 풍향에 관계없이 높게 나타난다. 이는 칠발도가 지형적으로 한반도로 막혀있는 동쪽이외의 모든 방향이 열려있어 겨울철에 우세한 북풍계열의 바람에 의해 발달한 파도가 칠발도에 이르며 지형

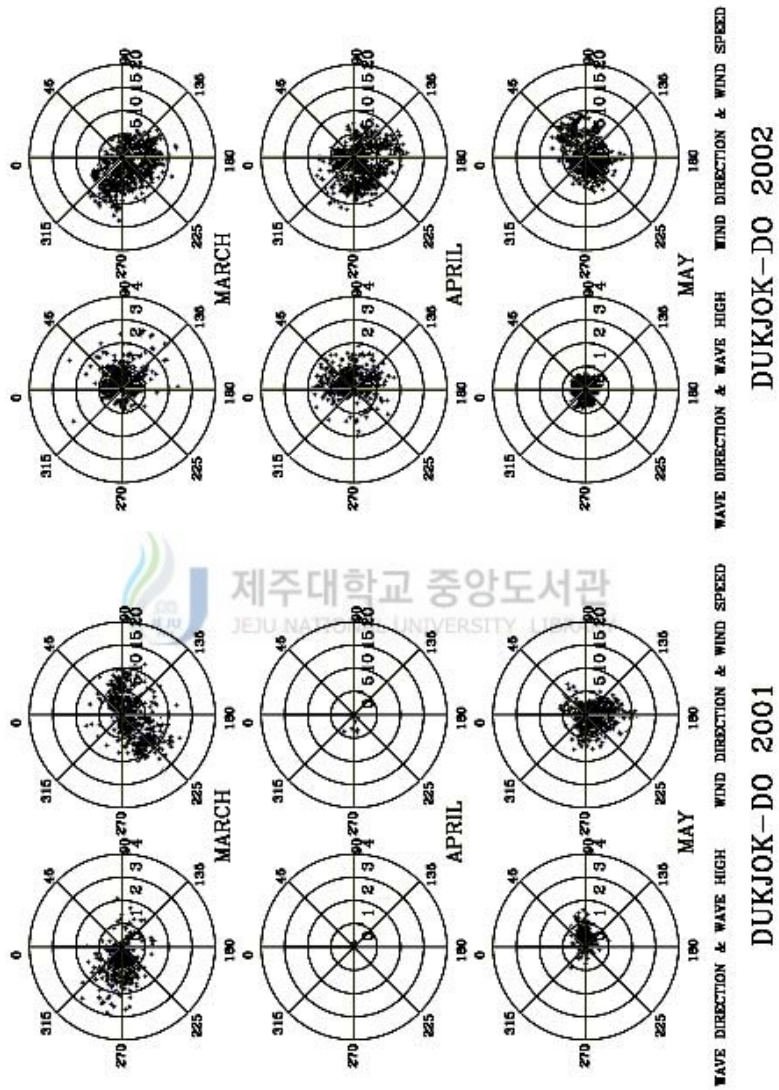


Fig. 3. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Spring.



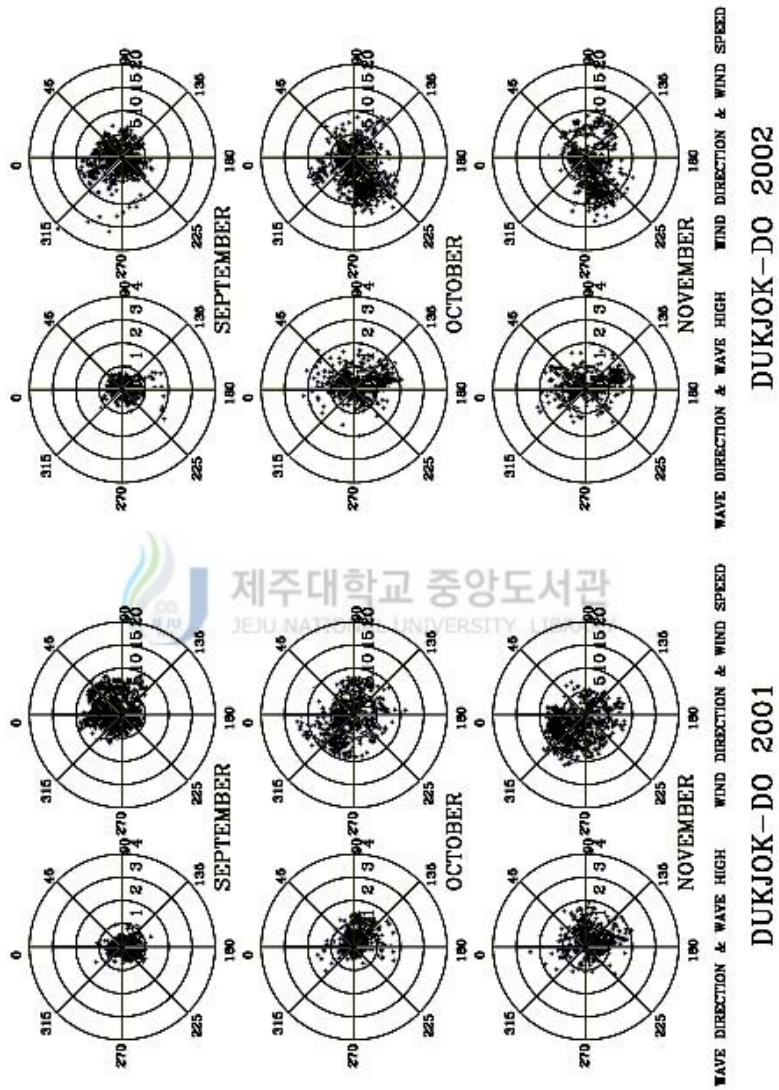


Fig. 5. Comparison of wind direction and wave direction in Dukjok-do during Autumn.

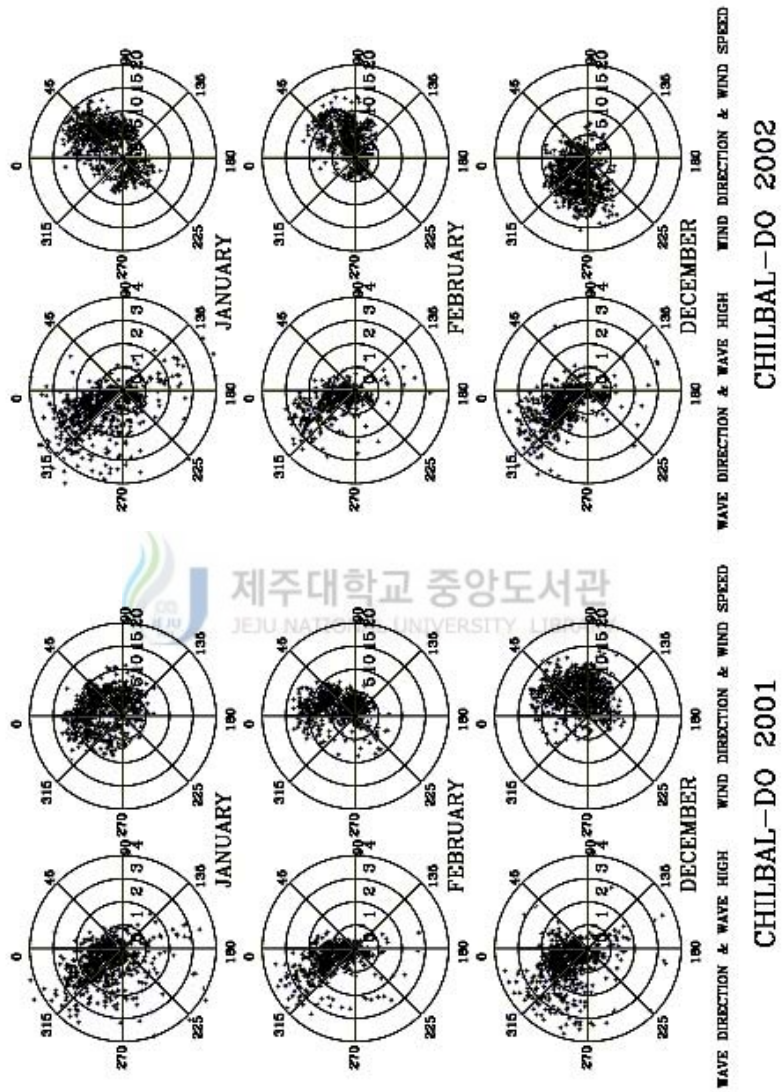


Fig. 6. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Winter.

에 의해 굴절되어 진행해오기 때문으로 보인다.

봄철 칠발도의 풍속과 유의파고의 감소경향은 다른 지점보다 뚜렷이 나타난다(Fig.7). 3월 북풍이 우세하다가 점점 그 풍속이 감소하여 5월이 되면 풍속이 5m/s 정도로 감소된다. 그러나 풍속의 감소에 비해 파고는 현저히 낮아져 유의파고의 높이가 3월에 3m 이상을 나타내다가 5월이 되면 1m 미만으로 급격히 낮아진다. 이는 칠발도가 바람에 의해 파도가 충분히 커질 수 있는 지형이기 때문에 바람의 영향을 직접 받기 때문일 것이다.

2001년 여름철에는 남서풍이, 2002년에는 남동풍이 우세하게 나타난다(Fig.8). 파향은 모두 남쪽에서 다가오는 방향에서 우세하며, 유의파고 역시 남쪽에서 다가오는 방향에서 높게 나타나 파고의 발달이 바람의 영향을 받는다는 것을 보여주고 있다.

가을철은 덕적도와 마찬가지로 바람의 방향은 다르게 발달하지만, 파향은 모두 같은 방향인 북서방향에서 다가오는 파향이 발달한다(Fig.9). 2001년 풍향은 북동풍이 발달하고, 2002년 풍향은 서풍이 발달한다. 그러나 파향은 북서에서 다가오는 방향이 주가 되며, 유의파고를 높게 발달시킨다. 칠발도에서의 풍향은 그 주변의 파향에 직접적으로 미치는 영향보다는, 황해 전반에 형성되는 파에 영향을 많이 끼치는 것으로 생각된다. 그러므로 여름철에 바람의 방향을 따라 남쪽에서 다가오는 방향에서 우세하였던 파향이 10월과 11월을 거치면서 점점 북풍계열의 바람이 세져 황해 전반에 진행하는 파가 칠발도로 유입되는 것으로 보인다. 같은 황해상의 덕적도의 풍속이 10m/s 이상 잘 발달되지 않는 것에 비해 칠발도는 10m/s 이상 발달하며, 파고의 높이도 덕적도가 2m 이상 발달되지 않지만, 칠발도는 최대 4m까지 발달한다. 또한 풍속은 비교적 세지만, 파고의 발달이 미미한 덕적도에 비해 칠발도는 풍속에 의해 파고의 높이가 좌우된다고 할 수 있다.

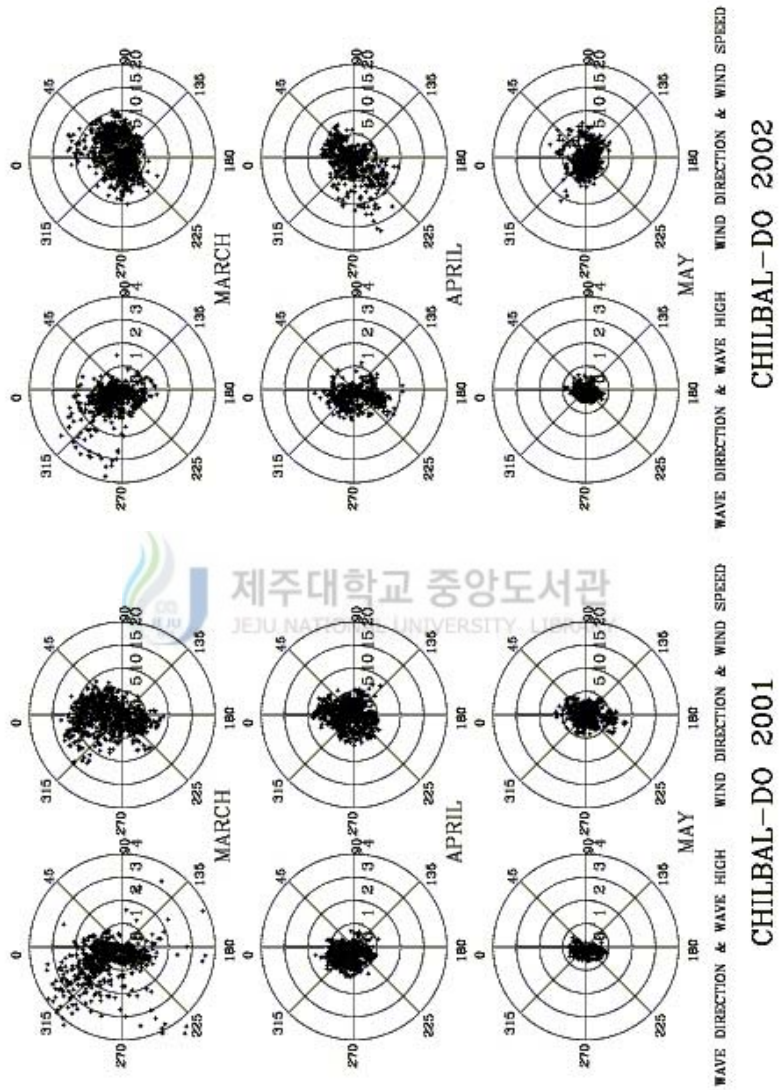


Fig. 7. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Spring.



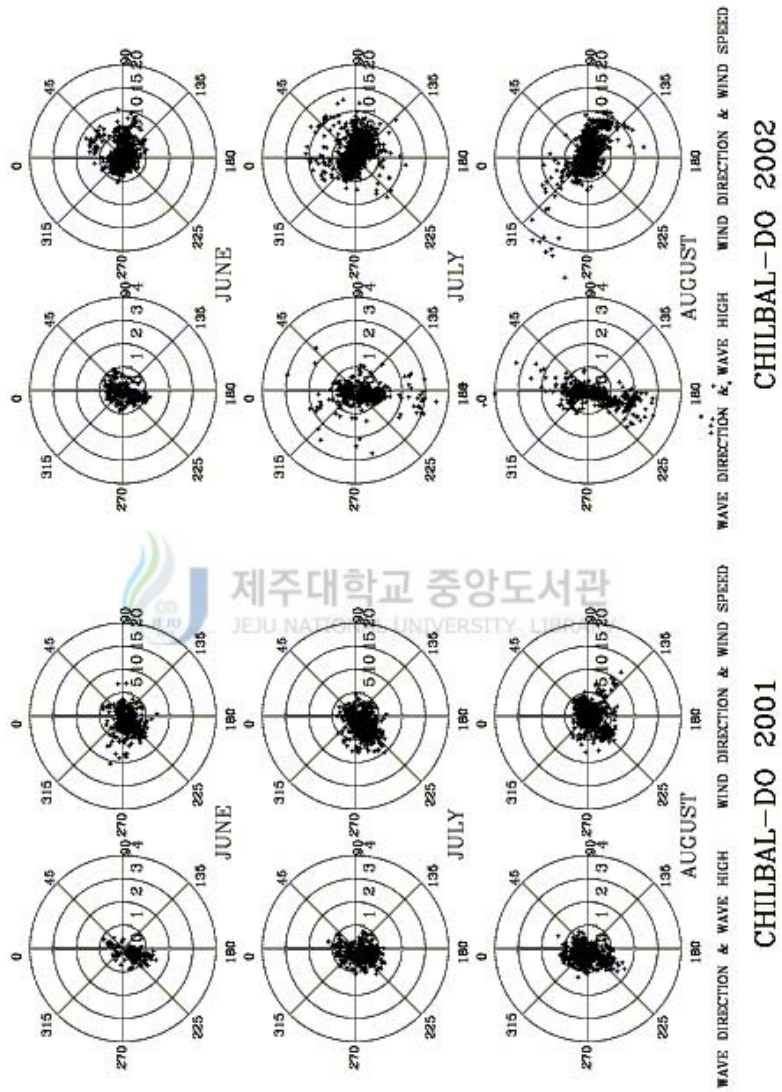


Fig. 8. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Summer.

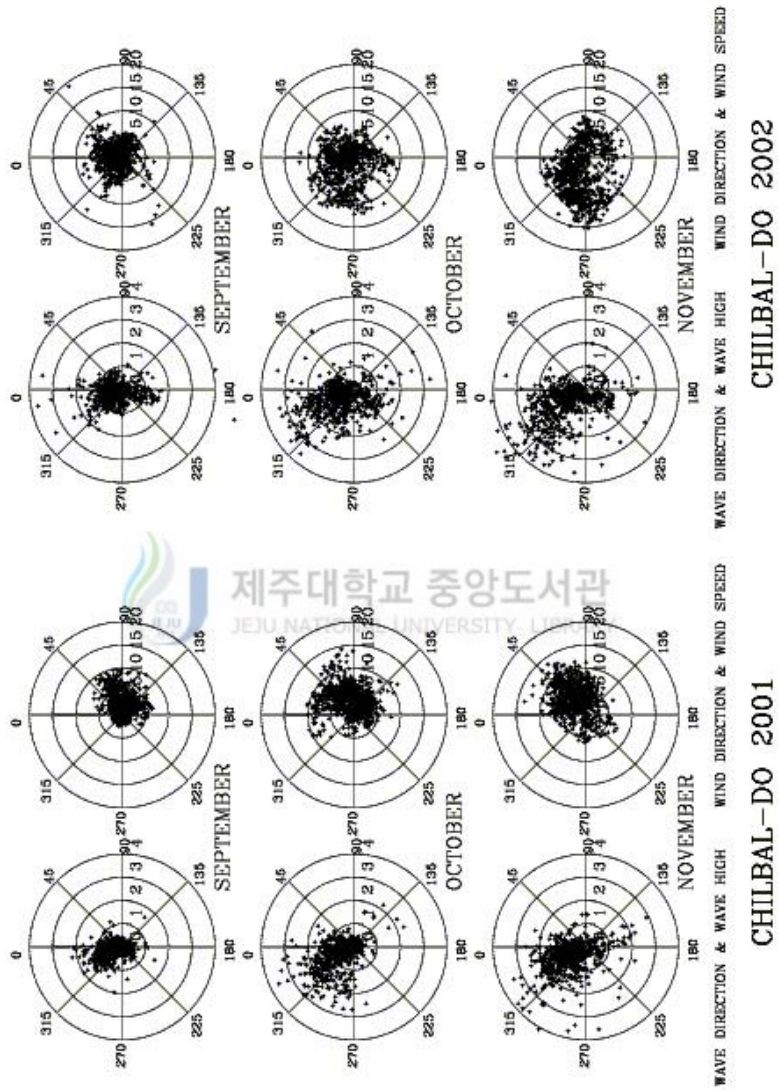


Fig. 9. Comparison of wind direction and wave direction in Chilbal-do during Autumn.

### 3. 거문도, 거제도

같은 남해에 위치한 거문도와 거제도는 그 경향이 비슷하다. 겨울철 거문도와 거제도는 계절풍인 북서풍이 뚜렷하게 발달하였다. 거문도의 경우 파향은 남서쪽에서 다가오는 방향이 주를 이룬다(Fig.10). 이것은 거문도가 남해에 위치하여 파도가 주로 남쪽에서 오거나 동서방향으로 진행되는 파가 해저지형으로 굴절하기 때문일 것이다. 거제도의 경우도 거문도와 비슷한 양상을 보인다. 풍향은 북풍계열이 우세하며, 파향은 겨울철 내내 남서방향에서 다가오는 방향이 주를 이룬다(Fig.14). 또한 유의파고의 높이도 덕적도와 칠발도에 비하여 높게 발달하지 못하고 1m 내외가 주를 이룬다. 이는 두 지역 모두 북쪽이 한반도로 막힌 지형 때문에 북풍계열의 바람에 의해서는 파가 충분히 발달하지 못하기 때문일 것이다.

봄철 거문도는 그 풍향의 특징은 없으나, 봄철 풍속이 감소하는 덕적도나 칠발도에서 비해 거문도는 그 감소정도가 적다. 파향은 남에서 다가오는 방향이 우세하다(Fig.11). 거제도는 3월에 서풍계열의 바람이 우세하였으나, 점점 5월로 가면서 동풍계열의 바람이 우세하였으며, 파향도 바람의 방향과 비슷한 동서방향이 우세하다. 풍향의 특징이 없었던 덕적도나 거문도에 비해 거제도는 3월에서 5월로 갈수록 동풍이 우세하게 나타났으며, 풍속의 감소는 다른 계절에 비해 크게 감소하지는 않았다(Fig.15).

여름철의 풍속도 봄철과 마찬가지로 감소되는 경향이 보이지 않는다. 거문도의 경우 동풍이 우세하여, 파향도 바람이 세계 부는 동쪽에서 다가오는 방향이 우세하다. 특히 2002년 7월과 8월에 뚜렷이 나타나 유의파고의 높이도 바람이 불어오는 동쪽에서 발달하여 높게 나타난다(Fig.12). 거제도의 경우 그 풍향이 특이하다. 2002년 여름에는 남서풍과 북동풍이 우세하다. 이때 파향은 바람의 방향과 같이 남서쪽과 북동쪽을 향하는 방향이 된다. 그러나 2001년 여름철에는 남북방향으로 풍속이 커지지만, 파향은 동서방향이 우세하다(Fig. 16). 바람의 방향과는 상관없이 파향이 동서방향으로만 형성되는 것은 지형적으로 북쪽으로 파향이 발달하지 못하고, 남쪽으로는 대마도로 막혀있어 남서

와 북동쪽으로 흐르는 것으로 생각된다.

거문도는 2001년 9월의 경우 북동풍이 뚜렷하며 풍속도 최대 15m/s 이상으로 다른 계절보다 강하게 발달하여 유의파고도 비교적 높다. 파향의 뚜렷한 특징은 없으나 유의파고의 발달은 남쪽에서 다가오는 방향에서 2m까지 발달한다. 그러나 2001년 11월의 경우 북서풍이 매우 발달하지만, 지형의 영향에 의해 파고의 발달에 제한을 받아 연중 최저인 1m이하를 나타내고 있다(Fig. 13). 거제도의 경우 2001년은 9월에는 북풍에서 10월에는 북동풍으로, 다시 11월에는 북서풍으로 풍향이 변하고, 2002년 9월에는 북동풍에서 10월과 11월에는 북서풍으로 풍향의 변화가 심하다 (Fig.17). 또한 다른 지점과 비교해볼 때 11월의 풍속과 유의파고가 비교적 높은 것에 비해 상대적으로 거문도와 거제도의 11월은 풍속이 강함에도 불구하고 유의파고의 높이가 1m 이상 발달하지 못하고 낮게 나타난다. 이는 북풍계열의 바람이 육지에 의해 거문도와 거제도의 파고발달에 영향을 미치지 못하는 것을 나타낸다.



#### 4. 동해

해안에서 70km 떨어진 외해에 위치한 동해는 그 유의파고의 높이가 관측지점 중 칠발도 다음으로 높게 나타난다. 겨울철 동해는 그 풍향이 북풍 또는 북서풍이 강하며, 유의파고의 높이도 3m까지 높게 나타난다. 그러나 파향은 바람방향과는 반대로 남동방향에서 다가오는 방향이 많고, 그 높이도 남동방향에서 높게 발달한다(Fig.18).

봄철 동해는 덕적도와 칠발도와 비슷하게 풍속이 약해진다. 이에 따라 유의파고의 높이도 낮아진다(Fig.19). 칠발도와 마찬가지로 동해도 풍속의 감소는 그리 크지 않으나, 파고는 급격히 낮아진다. 이는 동해가 외해에 위치해 있어서 바람의 영향을 많이 받는다고 할 수 있다. 그러나 풍향에 따라 유의파고가 발달하는 것이 아니라 그 방향이 상이하다. 이는 동해 관측해역에 부는 바람이 직접 파의 발달에 영향을 미치는 것이 아니라 외해에서 발달하여 유입되는

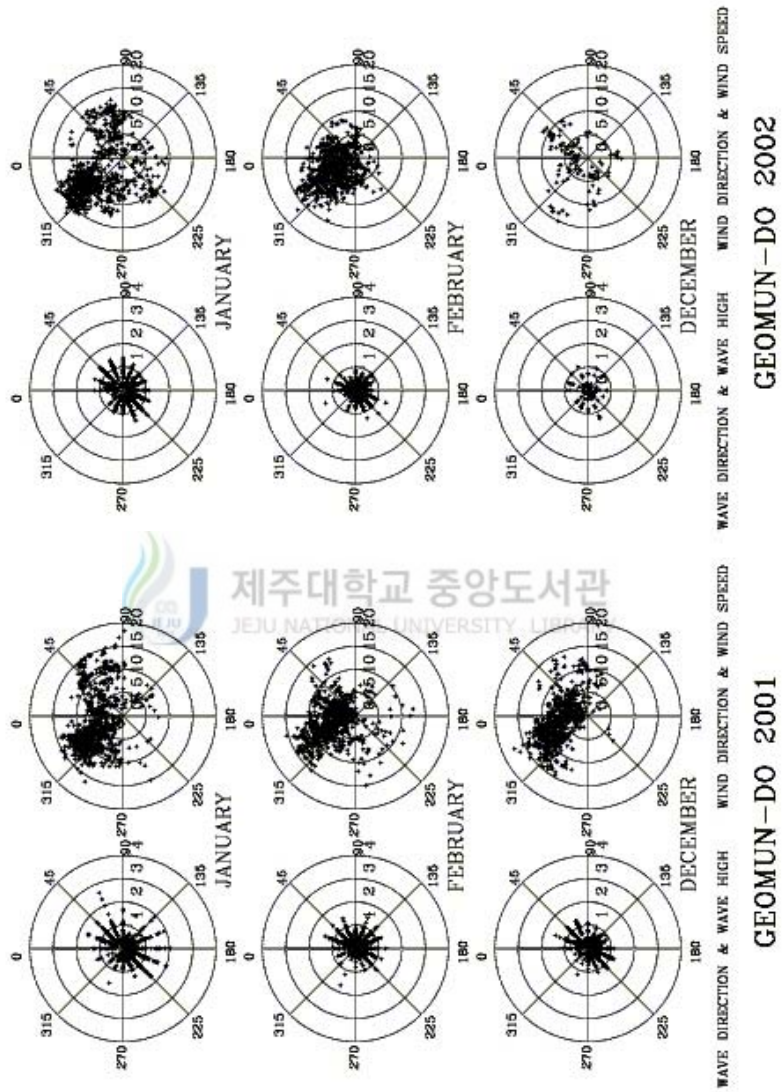


Fig.10. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Winter.



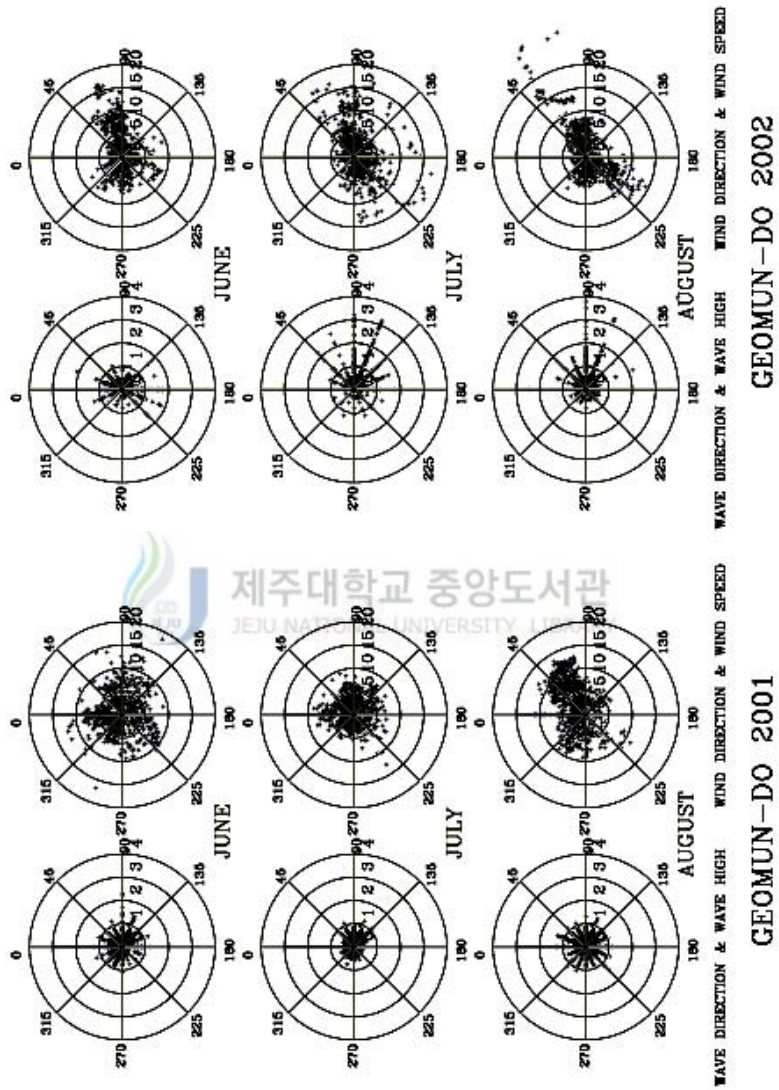


Fig.12. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Summer.

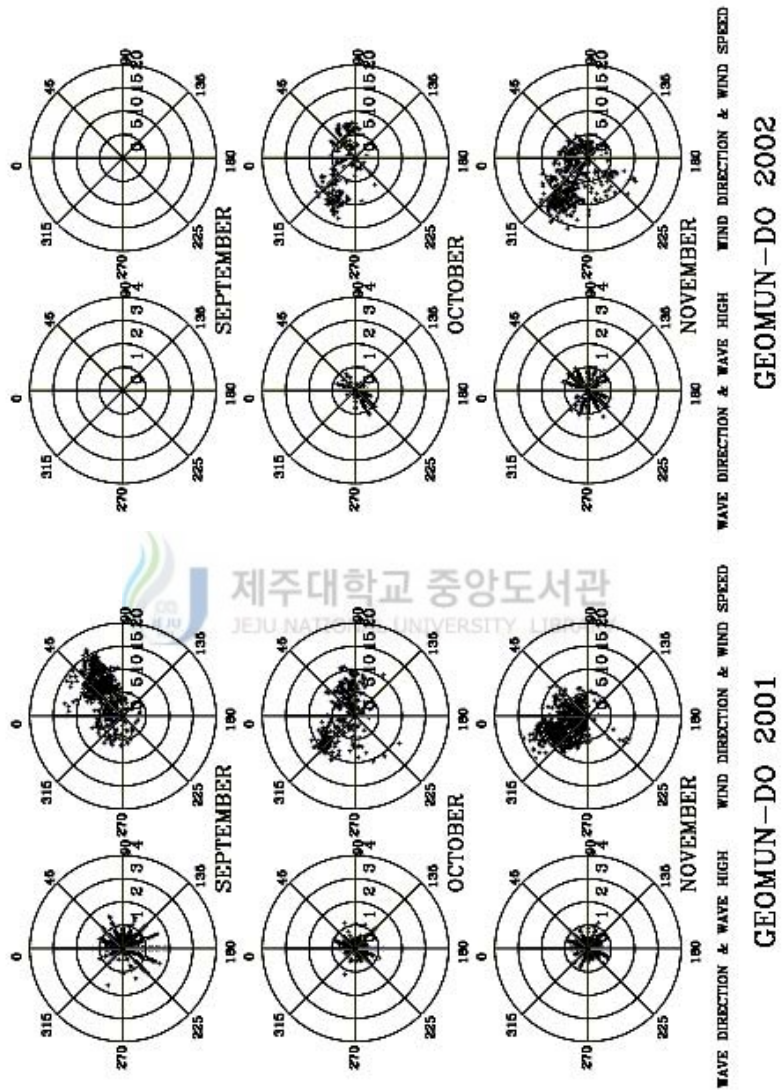


Fig.13. Comparison of wind direction and wave direction in Geomun-do during Autumn.



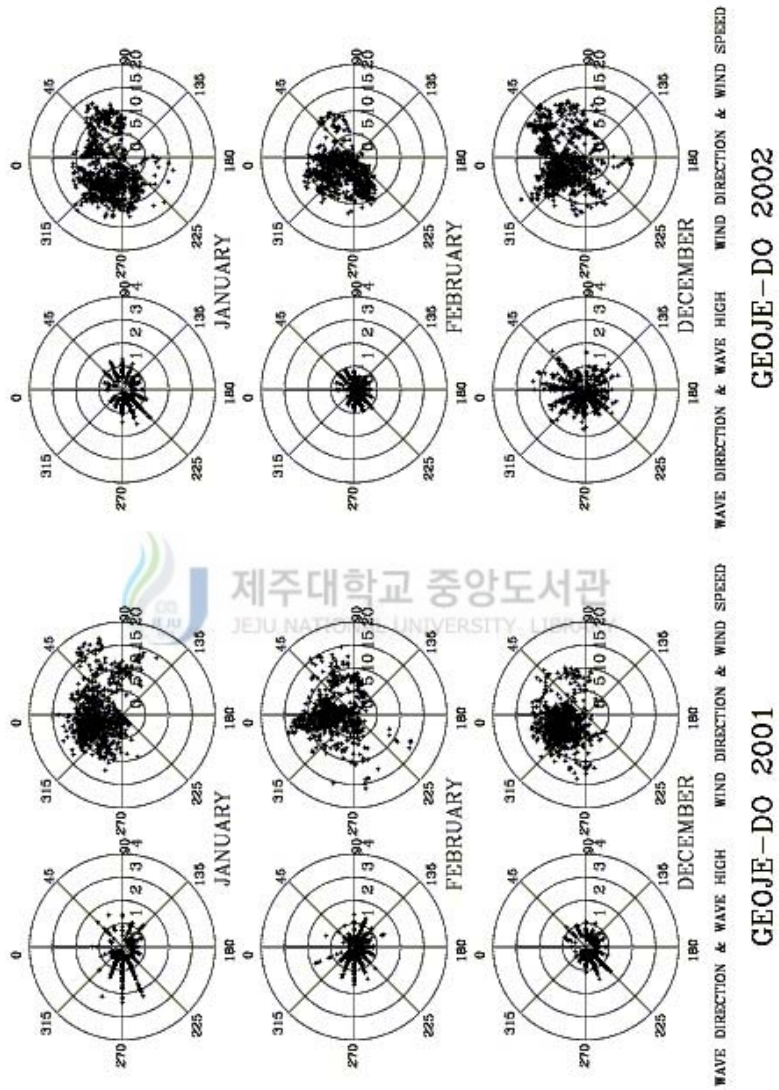


Fig.14. Comparison of wind direction and wave direction in Geoje-do during Winter.







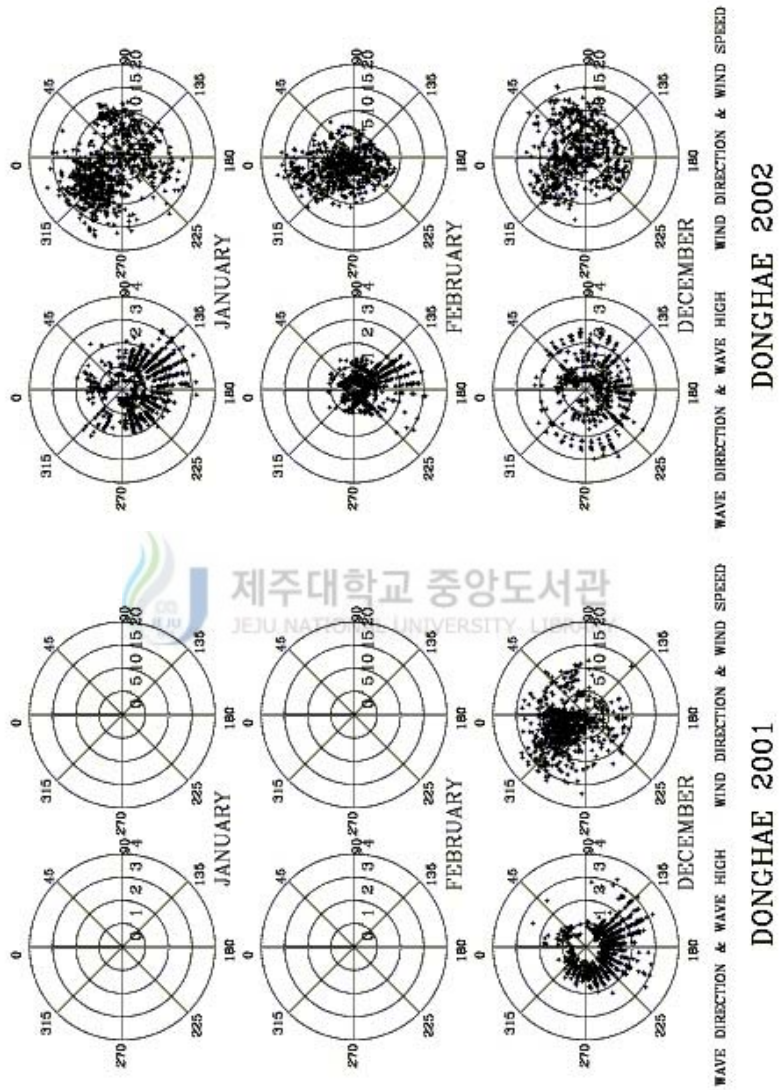


Fig.18. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Winter.

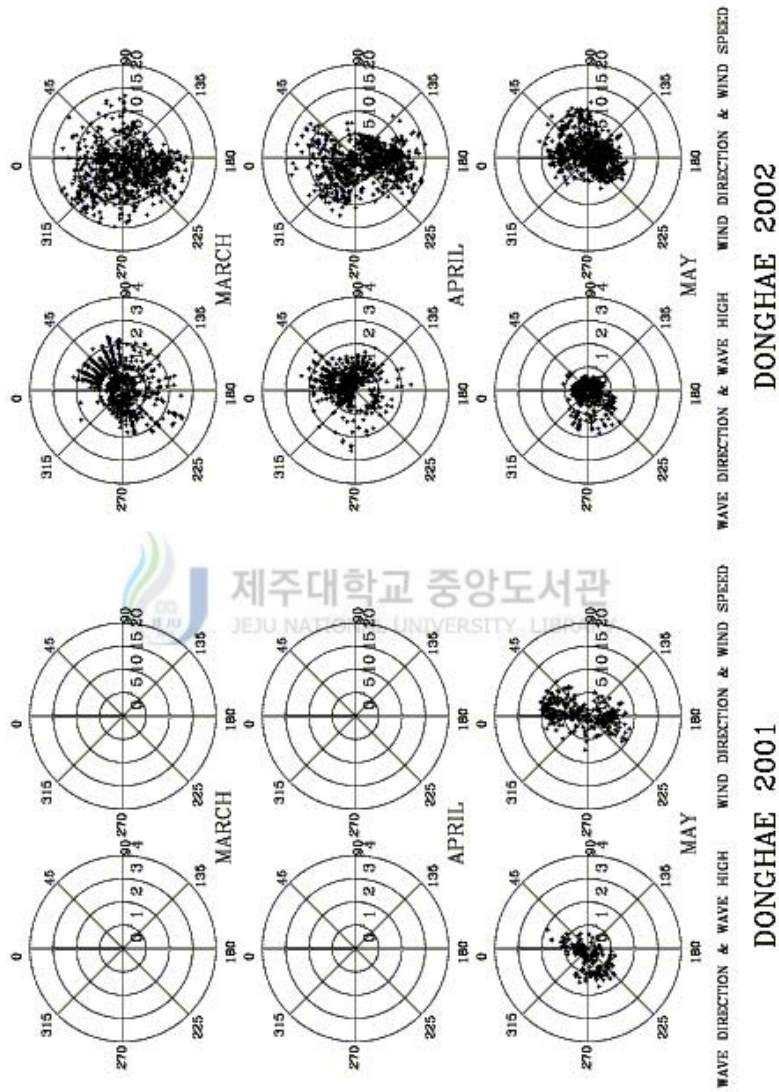


Fig.19. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Spring.

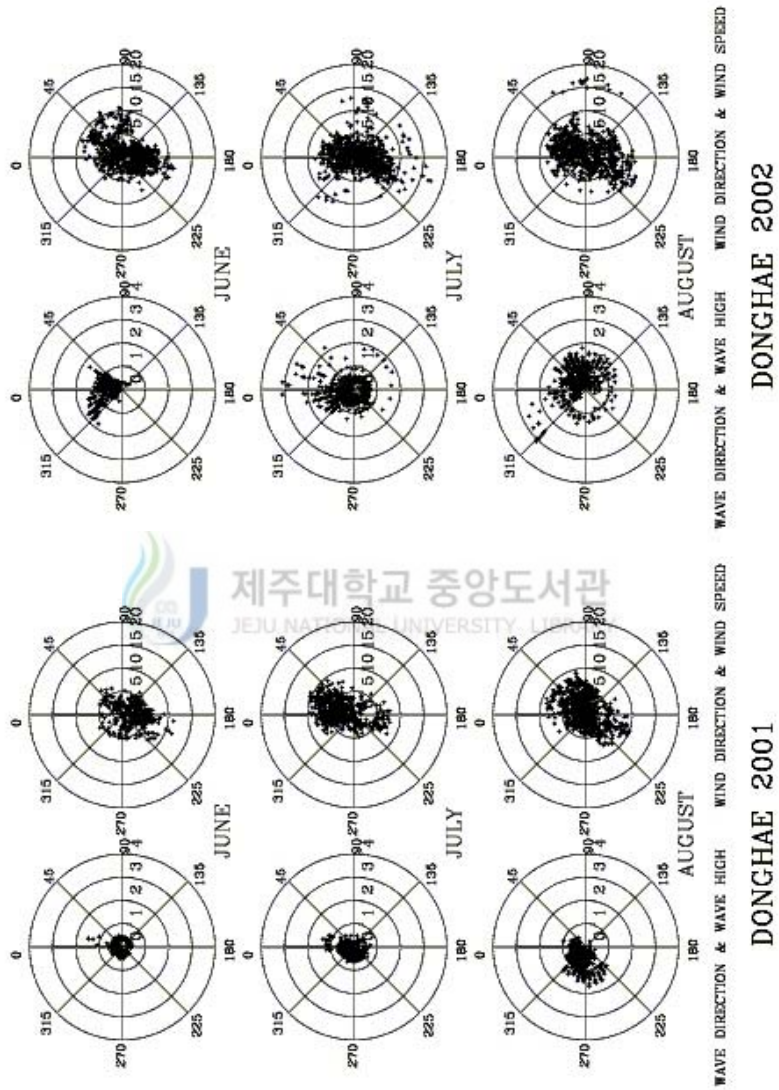


Fig.20. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Summer.

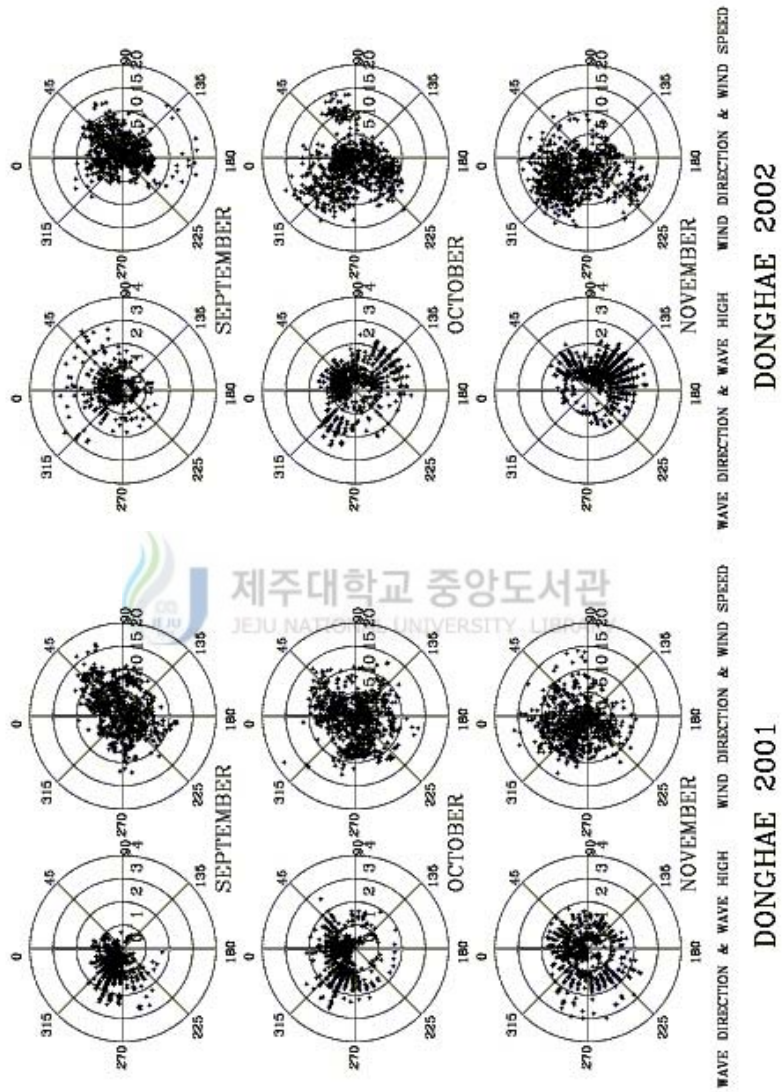


Fig.21. Comparison of wind direction and wave direction in Donghae during Autumn.



파고의 영향을 더 받는다고 볼 수 있다.

동해의 여름철의 경향은 풍속과 유의파고가 연중 가장 낮게 나타난다. 특히 2001년 6월과 7월은 유의파고의 높이가 1m에도 못 미친다. 파향의 발달을 살펴보면, 2002년 7월 남풍이 우세할 때 파향은 북쪽에서 다가오는 방향이 발달한다. 2001년 8월과 2002년 8월 남서풍과 북동풍이 불때 파향은 각각 서쪽과 북동쪽에서 다가오는 흐름이 우세하다(Fig.20). 이는 동해가 파향이 발달하기에 충분히 넓은 바다가기 때문에 지역에서 부는 바람 외에 외해에서 다른 방향의 바람에 의해 생성된 파가 전달되기 때문일 것이다. 그러므로 여름철 동해의 유의파고는 일정한 패턴을 가지고 바람에 의해 파고를 발달시키는 것이라 보기 어렵다.

가을철은 유의파고와 풍속이 점점 세지는 시기이다. 그러나 풍향과 파향의 특징이 뚜렷하지 않고, 유의파고가 발달하는 방향도 각각 상이하다(Fig.21). 즉, 풍향의 변화와 파향의 변화가 심하여 어떤 특징을 나타내기는 어려우나, 풍속이 강해지면서 유의파고의 높이를 발달시키는 것을 알 수 있다.



## 5. 지점별 유의파고의 높이 비교

Fig.22(A)는 각 지점의 월별 유의파고의 평균 높이를 비교하여 나타낸 것이다.

평균 유의파고가 연중 비슷한 거문도와 거제도, 덕적도, 칠발도, 동해는 겨울철에 유의파고의 높이가 가장 높게 나타났다. 그러나 경기만의 지형적 영향을 받는 것으로 보이는 덕적도에서 유의파고의 평균은 그리 높게 나타나지 않았지만, 전체적인 경향은 겨울철에 높았던 유의파고가 봄철과 여름철에 점점 감소하며 다시 가을철부터 발달하는 경향을 보이고 있다. 특히 2001년 8월부터 덕적도와 칠발도, 동해의 발달상황은 매우 비슷하다. 이는 덕적도와 칠발도와 동해가 여름철보다 겨울철의 파고가 높다는 것을 확연하게 보여준다. 즉, 우리나라에서 북서계절풍으로 대표되는 겨울철에 파고가 높다는

것은 덕적도와 칠발도, 동해의 유의파고가 북서계절풍에 많은 영향을 받는다는 것을 말해주고 있다. 이에 반하여 같은 남해에 위치한 거문도와 거제도 2001년 9월과 2002년 7월이 높게 나타나지만 돌풍과 태풍의 영향을 제외한다면, 연중 비슷하게 나타나고 있다. 이는 거문도와 거제도가 북풍계열의 바람에 의해서는 그다지 발달하지 못하는 것을 나타내고 있다.

Fig.22(B)는 각 지점의 최대 파고를 나타낸 것이다. 태풍 루사의 영향으로 2002년 8월 칠발도와 거문도에서 6m를 넘는 최대 파고가 나타났으며, 전체적으로 유의파고의 평균높이와 비슷한 양상을 보인다.

Fig.23은 월별 각 지점의 전체 유의파고 중 1m 이상의 유의파고 발생빈도를 나타낸 것이다. 가을철부터 파고의 상승이 뚜렷한 덕적도와 칠발도와 동해의 발달형태가 뚜렷이 나타났으며, 특히 2002년 1월 동해와 칠발도에서 1m 이상의 유의파고가 60%이상 나타나 매우 높은 파고가 출현함을 보여주고 있으며, 겨울철에 파고가 높아지는 양상을 확인할 수 있다.



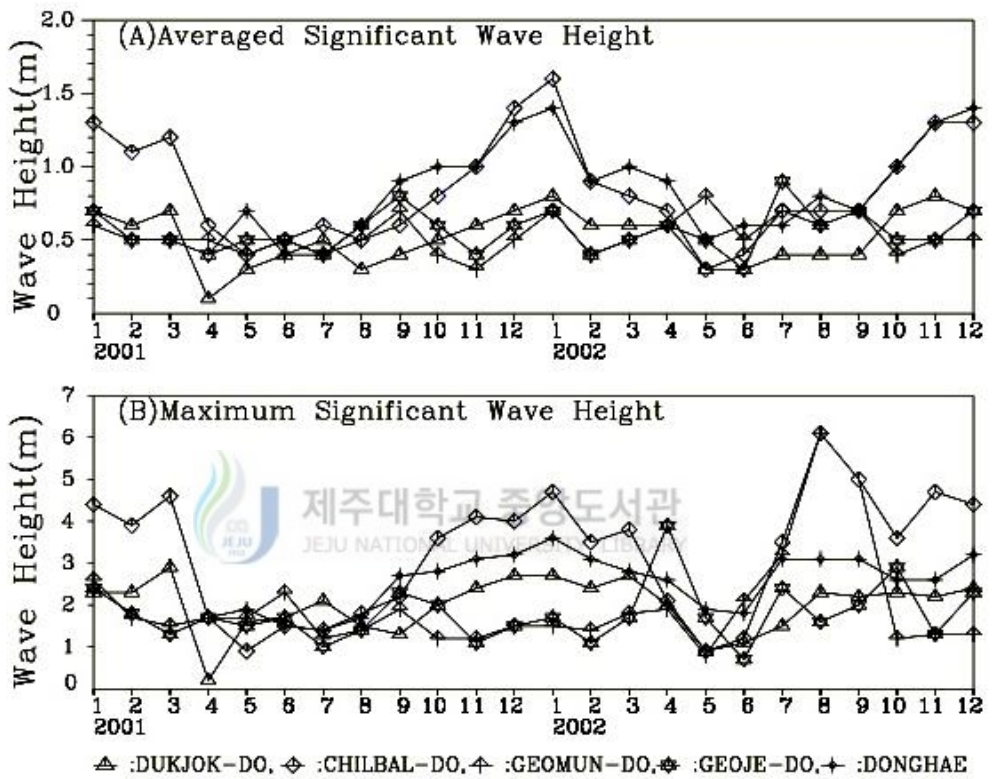


Fig.22. Monthly (A) the average heights and (B) the maximum heights of significant waves observed in the five buoys.

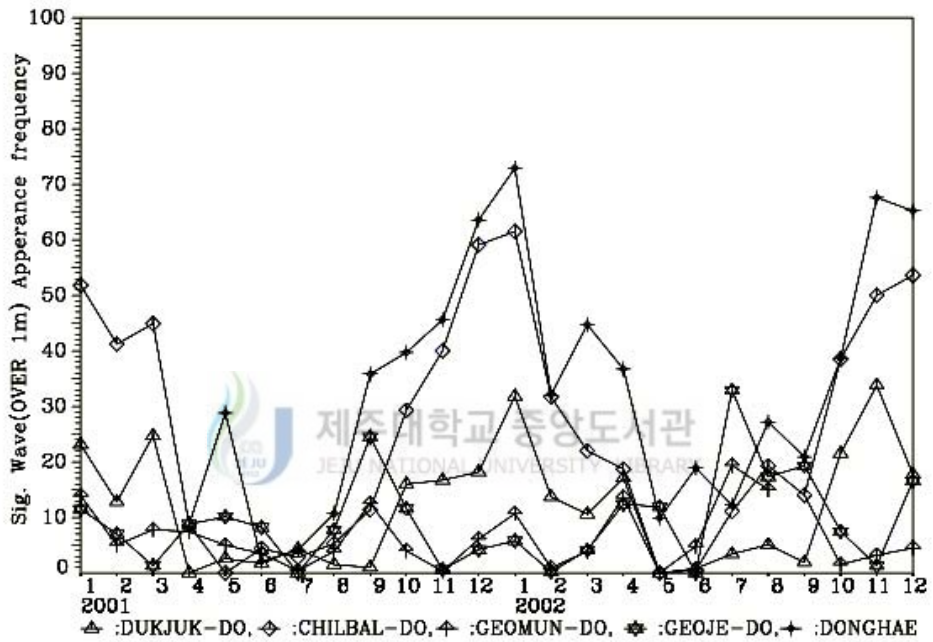


Fig.23. Monthly significant wave heights (over 1m) appearance frequency in the buoy positions.

### Ⅲ. 바람과 파도의 관계분석

각 지점별 유의파고의 변화를 지형적인 영향과 함께 계절별로 풍향·풍속에 어떻게 변화하는지 기술하였다.

#### 1. 지형적 영향 (풍향과 파향의 관계)

덕적도는 유의파고의 발달이 풍향·풍속에 의하여 영향을 받기는 하지만 그 지형의 영향에 의해 제한을 받는다. 지형이 바다로 열려있는 방향인 서풍계열의 바람이 불어올 때 서쪽에서 다가오는 파향에서 높은 유의파고가 발견된다. Fig.24(A)는 서풍계열의 바람이 우세한 2001년 1월 1일부터 5일까지의 풍향과 파향의 관계를 나타낸다. 풍향이 서풍계열의 바람이 우세할 때 파향은 서향이 우세하게 나타난다. 이는 서풍계열의 바람이 파고의 발달에 직접적인 영향을 미친다는 것을 보여준다. 그리고 2001년 1월 1일 13:00부터 불기 시작한 약 7m/s이상의 강한 바람에 의해 파고는 12시간만에 2m정도로 높아짐을 알 수 있다(Fig.24(B)). 즉, 서풍계열의 바람이 불 때 파고의 발달은 그 풍속의 세기에 따라 결정된다고 볼 수 있다(Fig.25). 2002년 12월 남서풍이 우세할 때 유의파고는 남쪽에서 다가오는 방향에서 발달하고 있다(Fig.26). 그러나 서풍이 외의 방향일 때는 다른 결과를 보여준다. 겨울철 주풍인 북서풍이 우세한 2001년 12월 북서풍이 우세할 때, 파향은 남쪽에서 다가오는 흐름이 우세하다(Fig.27). 북서풍일 경우 서해 중북부 이북 해역에서 강한 북서계절풍에 의해 발생한 해파가 경기만쪽으로 진행하다가 웅진반도와 강화도에서 남서쪽으로 길게 펼쳐있는 사퇴에 의해서 파의 진행이 바뀌거나, 서해중북부 해역에서는 높은파가 발생하지 않는 것으로 추정할 수 있다(기상연구소, 1998). 북서풍이 우세할 때 파는 파향이 남쪽에서 다가오는 방향에서 우세함을 볼 수 있으며

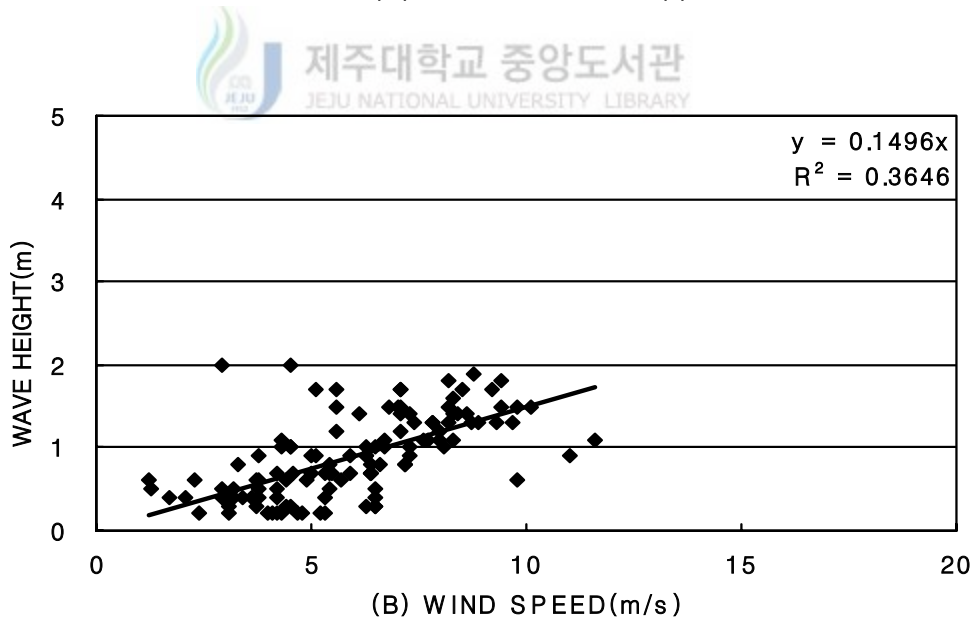
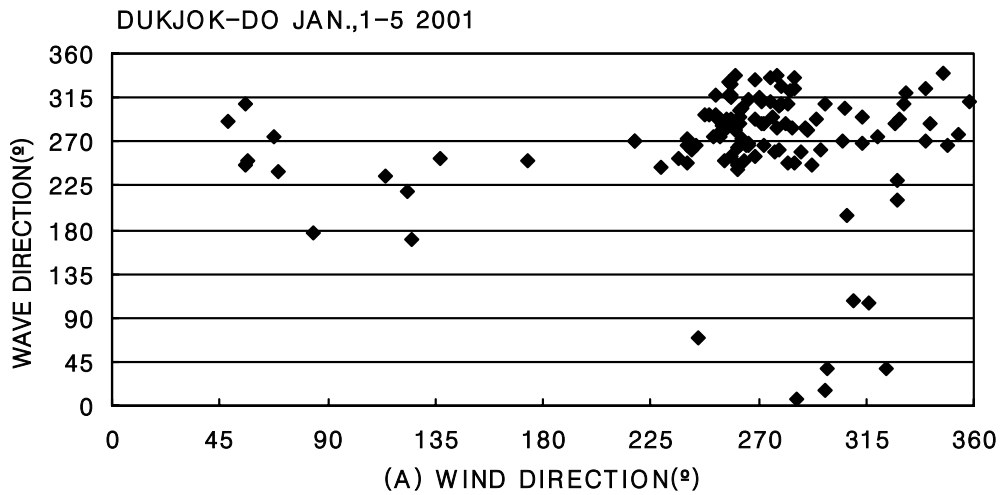


Fig.24. (A) Relation between wind direction and wave direction, (B) Relation between wind speed and significant wave height observed in Dukjok during 1~5 January 2001.

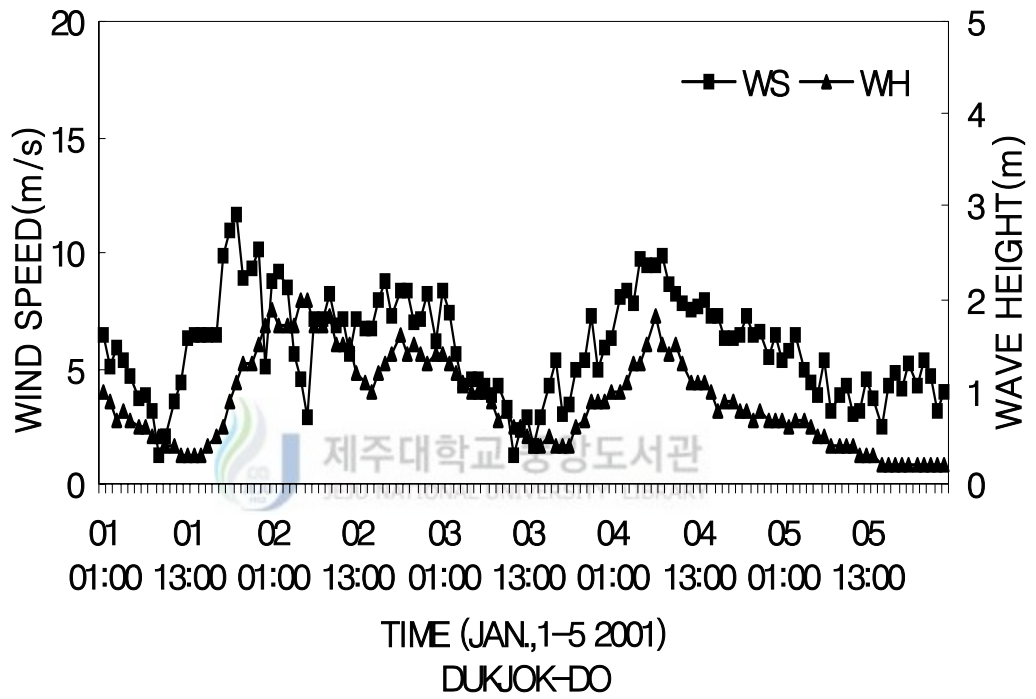


Fig.25. Time series of wind speeds and significant wave height observed in Dukjok during 1~5 January 2001.

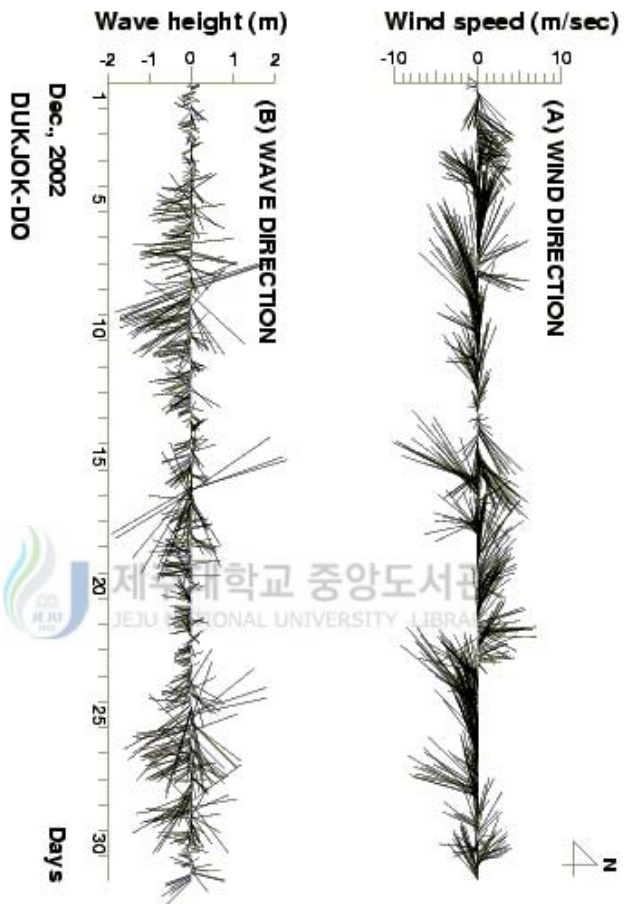


Fig.26. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Dujok-do during December 2002.



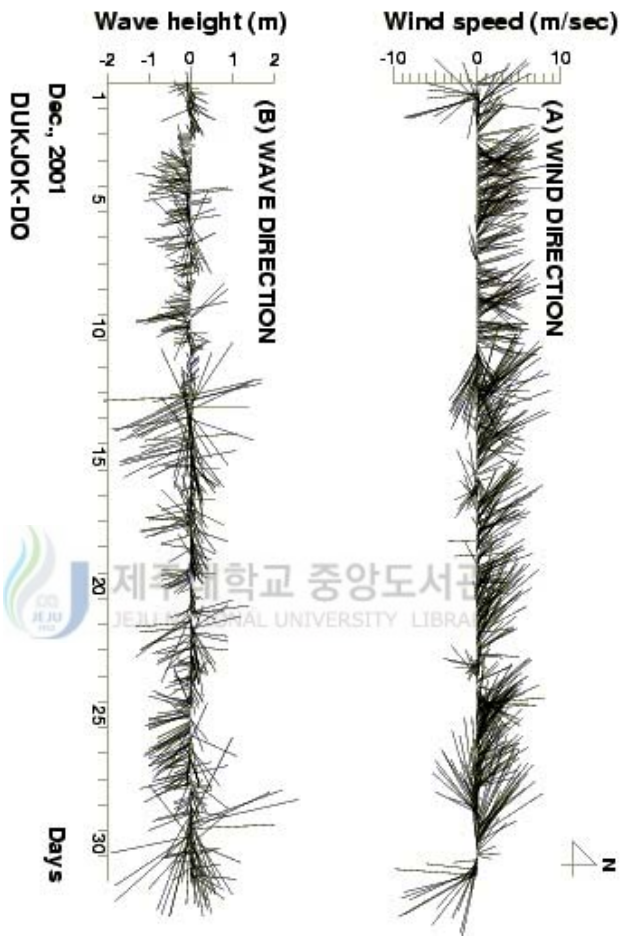


Fig.27. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Dukjok during December 2001.

(Fig. 28(A)), 2001년 1월 1~5일의 바람 (Fig.24(B))보다 약간 강한 바람에 의해 파고가 낮은 파도가 발달하고 있다(Fig.28(B)).

그러므로 덕적도의 경우 풍향에 따라 다른 파고의 발생 경향을 볼 수 있다. 하나는 풍속이 센 북서풍이 파고를 발달시켜 덕적도로 다가올 때 지형적인 영향으로 파향이 변화되어 남 혹은 남서향으로 변화되고, 다른 것은 비교적 파고의 발달에 제약을 덜 받는 서풍의 바람은 풍향과 같은 파향과 높은 파고의 파를 발달시킨다. 2001년 1월 1~5일의 경우와 비교할 때 흥미로운 것은 2001년 12월 4일 0시부터 5일 0시까지 약 5m/s이상의 강한 바람이 지속적으로 불 때에도 파고의 발달은 빠르게 발달하지 않는다는 것이다. 즉, 덕적도에서 풍속과 파고의 관계는 서풍이 바람의 불때 파고가 높아지지만, 북풍이나 북서풍이 불 때는 그보다 낮아진다고 볼 수 있다.

거문도와 거제도는 연중 풍속의 변화가 상대적으로 작다. 특히 거제도의 파향은 연중 남서에서 다가오는 방향에서 가장 우세하며, 다음으로 서쪽과 동쪽, 북동쪽에서 다가오는 방향순이다(Table.2). 특히 2001년 8월의 경우(Fig.29) 여름철임에도 불구하고, 북풍이 10m/s 정도로 강하게 불지만, 유의파고의 높이는 1m이하로 나타나, 바람이 거제도의 유의파고의 발달에 미치는 영향이 미미하다는 것을 보여주고 있다. 지역적으로 남서방향과 북동방향이 열려있고, 북쪽으로는 한반도로 막혀있으며, 남동쪽으로는 대마도로 막혀있어, 남 혹은 북풍의 영향이 직접적으로 파의 발달에 영향을 미치지 못하고, 파의 발달이 용이한 남서쪽이나 북동쪽에서 다가오는 파향이 우세한 것으로 보인다.

남해에 위치한 거문도의 파향은 남동쪽과 동쪽에서 다가오는 방향에서 우세하다(Table.3). 넓은 바다로 열려있는 방향이 남동쪽이기 때문에 남쪽에서 발달한 파가 거문도에 영향을 미쳐, 남동방향과 동쪽에서 다가오는 파향이 우세한 것으로 보인다. 그러므로, 거문도와 거제도의 유의파고의 발달은 풍향·풍속의 영향보다는 지형적 위치에서 외해의 파가 영향을 받는 것으로 생각된다.

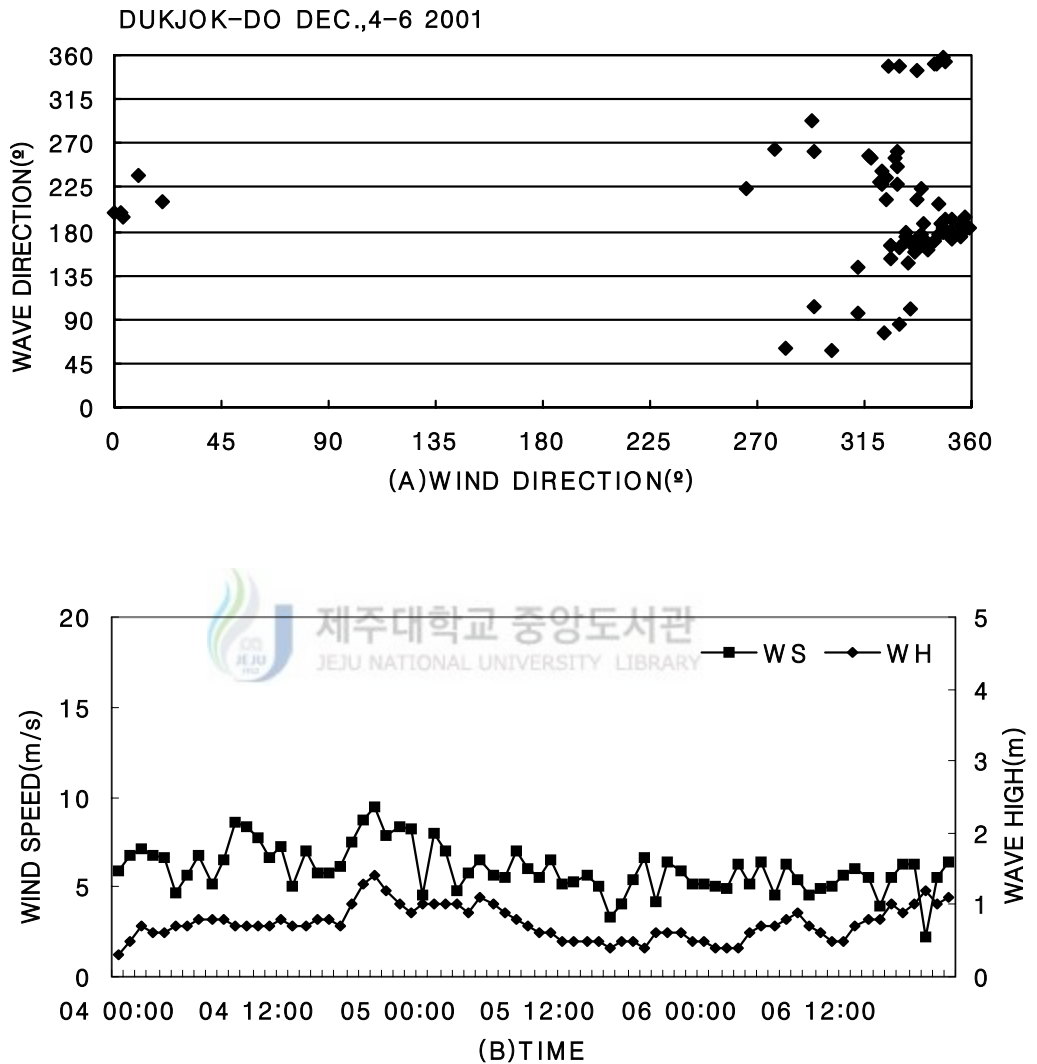


Fig.28. (A) Relation between wind direction and wave direction, (B) Time series of wind speeds and significant wave heights observed in Dukjok during 4~6 December 2001.

Table 2. Monthly wave direction ratio in Geoje-do.

YEAR MONTH	WAVE DIRECTION (%)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2001	JAN.	0.6	1.9	3.5	4.7	5.3	10.9	<b>66.1</b>	7.0
	FEB.	1.1	4.2	9.1	14.2	11.1	11.7	<b>42.3</b>	6.5
	MAR.	0.9	2.9	11.9	7.5	5.0	9.0	<b>52.2</b>	10.7
	APR.	0.8	9.2	27.5	12.6	1.7	6.2	<b>35.9</b>	6.2
	MAY	1.0	7.3	20.4	19.9	0.5	9.4	<b>37.7</b>	3.7
	JUN.	3.0	26.2	<b>36.7</b>	2.2	1.7	14.5	13.5	2.3
	JUL.	1.4	<b>14.6</b>	19.1	7.9	0.6	9.1	11.4	5.9
	AUG.	2.1	29.4	<b>30.4</b>	2.7	2.4	22.0	8.5	2.4
	SEP.	2.7	30.3	17.0	1.2	1.5	<b>39.2</b>	6.8	1.2
	OCT.	5.0	23.2	11.9	4.5	3.0	<b>37.5</b>	13.2	1.7
	NOV.	1.1	3.0	13.5	17.4	7.5	<b>38.9</b>	17.1	1.6
	DEC.	1.0	3.3	7.3	8.6	7.9	<b>52.0</b>	19.0	0.9
2002	JAN.	1.8	5.7	8.7	2.9	4.1	<b>52.8</b>	22.6	1.4
	FEB.	2.0	7.8	16.7	6.4	6.5	<b>36.8</b>	23.5	0.3
	MAR.	1.9	13.8	<b>24.7</b>	3.7	2.7	24.2	27.7	1.3
	APR.	4.4	11.9	<b>27.1</b>	6.3	2.1	23.2	18.9	6.2
	MAY	5.1	23.0	15.6	1.9	2.6	<b>36.6</b>	11.7	3.5
	JUN.	3.3	4.9	0.0	1.6	6.6	<b>70.5</b>	13.1	0.0
	JUL.	4.7	20.2	15.0	5.3	0.9	<b>27.0</b>	17.3	9.7
	AUG.	7.2	23.3	<b>27.6</b>	6.2	1.3	21.8	11.1	1.6
	SEP.	19.8	10.0	1.9	4.6	11.4	<b>39.1</b>	3.7	9.6
	OCT.	11.2	9.8	4.1	5.3	<b>28.6</b>	16.7	9.7	14.7
	NOV.	10.0	7.5	2.9	5.4	14.9	<b>31.2</b>	12.1	15.9
	DEC.	15.8	8.9	2.7	5.0	8.3	<b>24.5</b>	11.1	23.7

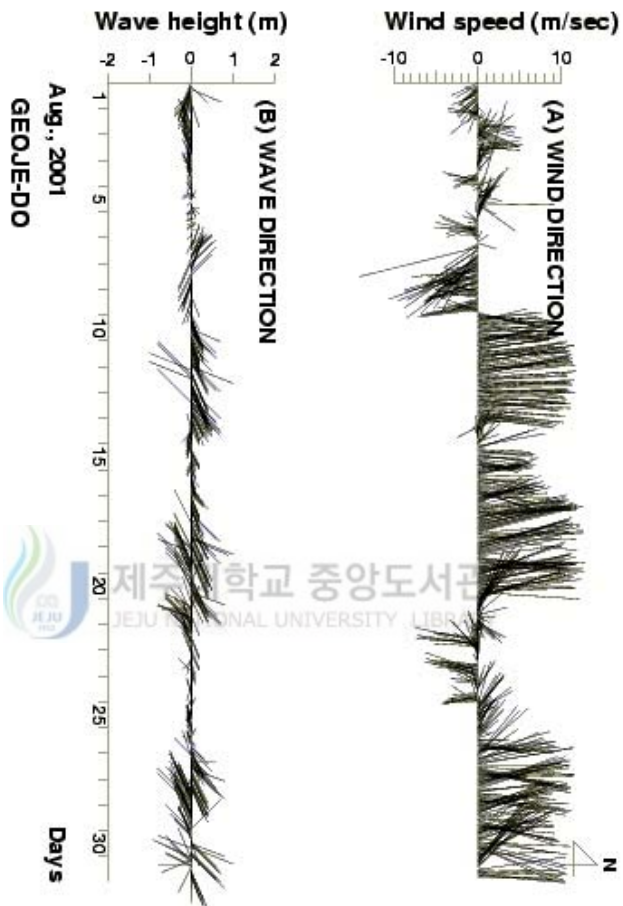


Fig.29. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Geoje during August 2001.

Table 3. Monthly wave direction ratio in Geomun-do.

YEAR MONTH	WAVE DIRECTION (%)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2001	JAN.	9.1	11.5	11.8	15.3	<b>21.8</b>	19.9	8.8	1.7
	FEB.	9.6	16.5	19.1	<b>27.9</b>	11.7	9.2	3.9	2.2
	MAR.	6.1	14.2	14.1	14.1	12.5	<b>22.6</b>	13.2	3.0
	APR.	7.1	8.7	17.6	<b>24.6</b>	14.5	16.9	6.8	3.7
	MAY	1.8	6.4	21.3	<b>29.2</b>	14.8	14.8	8.5	3.1
	JUN.	12.3	14.5	<b>29.8</b>	14.0	4.9	5.9	10.2	8.5
	JUL.	4.4	15.3	<b>47.3</b>	15.4	1.5	1.7	9.3	5.1
	AUG.	12.5	17.7	<b>28.0</b>	18.2	9.7	4.6	4.1	5.1
	SEP.	17.0	19.2	<b>20.6</b>	15.2	18.6	5.4	1.0	3.0
	OCT.	13.7	10.4	11.7	14.7	<b>23.8</b>	18.9	4.2	2.6
	NOV.	7.7	8.3	19.2	<b>24.8</b>	20.4	11.1	6.8	1.9
	DEC.	11.8	15.1	12.5	17.6	<b>21.0</b>	15.7	4.8	1.5
2002	JAN.	11.2	12.9	9.2	6.9	20.4	<b>26.8</b>	10.8	1.7
	FEB.	8.5	6.6	16.1	<b>25.4</b>	13.2	19.7	8.3	2.2
	MAR.	4.8	11.5	21.6	<b>25.4</b>	7.1	12.5	12.9	4.2
	APR.	10.5	7.5	20.0	<b>25.3</b>	13.8	12.3	6.7	3.9
	MAY	-	-	-	-	-	-	-	-
	JUN.	16.0	11.4	<b>26.9</b>	21.5	13.0	4.8	2.0	4.3
	JUL.	2.3	10.0	<b>42.0</b>	35.2	6.4	2.0	1.3	0.9
	AUG.	4.6	15.5	<b>41.4</b>	27.6	5.2	2.7	1.4	1.7
	SEP.	-	-	-	-	-	-	-	-
	OCT.	8.7	10.1	5.5	6.4	22.9	<b>37.6</b>	7.8	0.9
	NOV.	6.8	13.3	11.3	13.3	13.5	<b>26.8</b>	13.3	1.8
	DEC.	15.0	10.6	8.0	7.1	17.7	16.8	<b>19.5</b>	5.3

## 2. 풍속과 파고의 관계

칠발도와 동해는 다른 지점과는 다르게 유의파고가 높게 발달된다. 칠발도의 경우 겨울철에 대체적으로 북풍-북동풍이 우세하며, 파향은 북서쪽에서 다가오는 방향에서 높은 유의파고를 발견할 수 있다. 풍속 또한 같은 황해상의 덕적도에서는 10m/s 이상 강해지지 않는 것에 비해 칠발도는 10m/s 이상 강하게 불며, 파고의 높이도 덕적도가 2m 이상 발달되지 않지만, 칠발도는 최대 4m까지 발달한다(Fig.30). 풍속과 파고의 관계는 풍속이 강할 때 뚜렷하게 나타난다. 풍향에 따라 관계가 달라지는 덕적도와는 달리 북서풍이 강하게 부는 겨울철에 북서방향으로 열려있는 칠발도는 풍속에 따라 파고의 높이가 좌우된다. Fig.31(A)는 풍속이 세지면서 파고가 점점 높아지는 것을 확인할 수 있으며, Fig.31(B)에서는 4m 이상 발달하였던 파고가 풍속이 감소함에 따라서 점점 낮아지는 것을 볼 수 있다. 칠발도에서 바람이 파고 발달의 주된 요인이라는 것은 풍속이 약한 여름철에서도 나타난다. 남서풍이 우세한 여름철에는 북(동)풍에 의하여 북서방향에서 파향이 발달하는 겨울철과 마찬가지로 남서풍에 의하여 유의파고도 남서쪽에서 우세하게 나타난다(Fig.32). 이렇게 칠발도에서 파고의 발달이 바람의 영향이라는 것은 풍속과 파고와의 관계 (Table 4)에서 확인할 수 있다.

Table 4는 각 관측지점에서 파고가 높은 시기를 각각 선택하여 풍속과 파고와의 관계를 나타낸 것이다. 선택된 시기에 칠발도는 북풍이 불때 풍속과 파고와의 관계가 가장 높게 나타났으며, 파향 또한 풍향과 같은 방향으로 파고의 발달에 바람이 가장 큰 요인으로 작용하는 것을 볼 수 있다. 거문도는 풍속과의 관계는 낮게 나타나며, 같은 남해의 거제도도 풍속과의 상관관계를 나타내는 상관계수가 음수로 동쪽에서 거의 일정한 높이의 파고가 유입되는 것을 볼 수 있다. 동해는 풍속과의 관계가 높게 나타나지만, 풍향과 파향이 다르게 북서풍이 불때 남동쪽에서, 남풍이 불때 북동쪽에서 파고가 나타난다.

동해는 관측지점 중 가장 외해에 위치해 있고 그 수심도 깊어 바람이 파고를 충분히 발달시킨다. 그러나 유의파고의 파향은 풍향과는 많은 차이를 나타

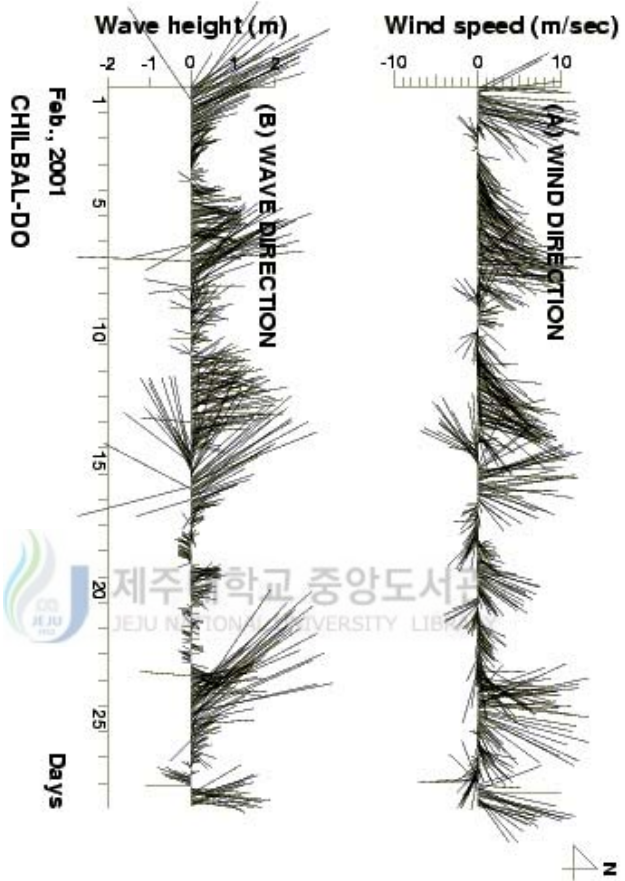


Fig.30. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Chilbal during February 2001.



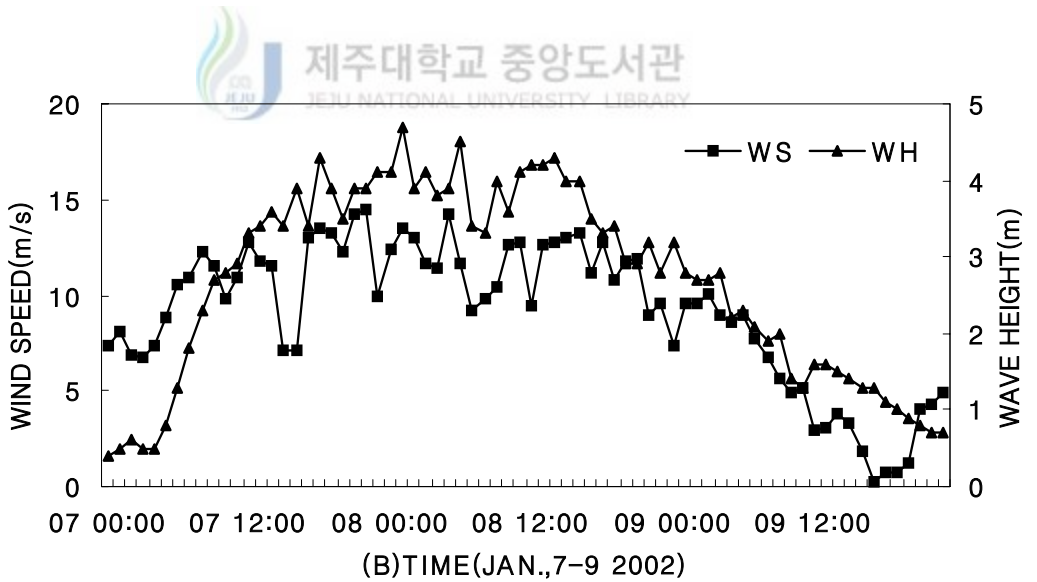
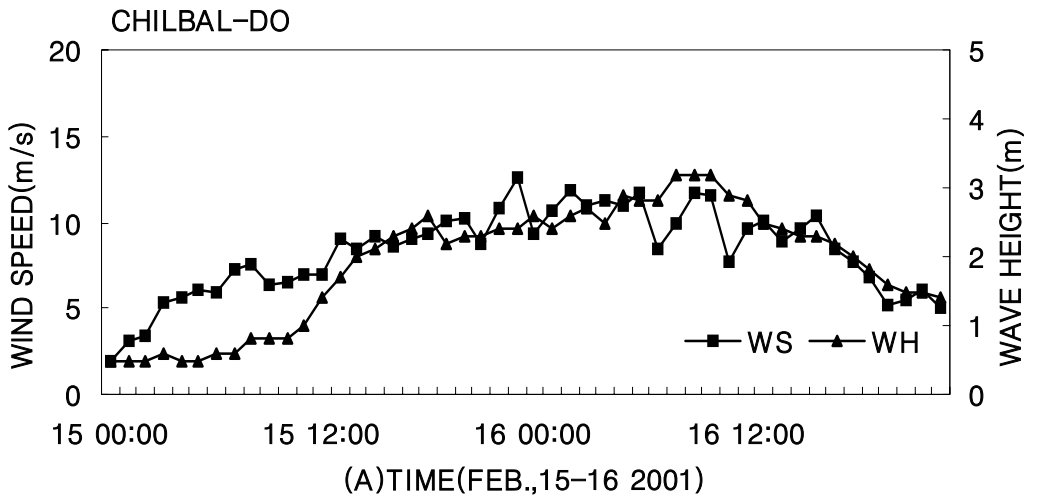


Fig.31. Time series of wind speeds and significant wave heights in January (A) 15~16 2001, (B) 7~9 2002.

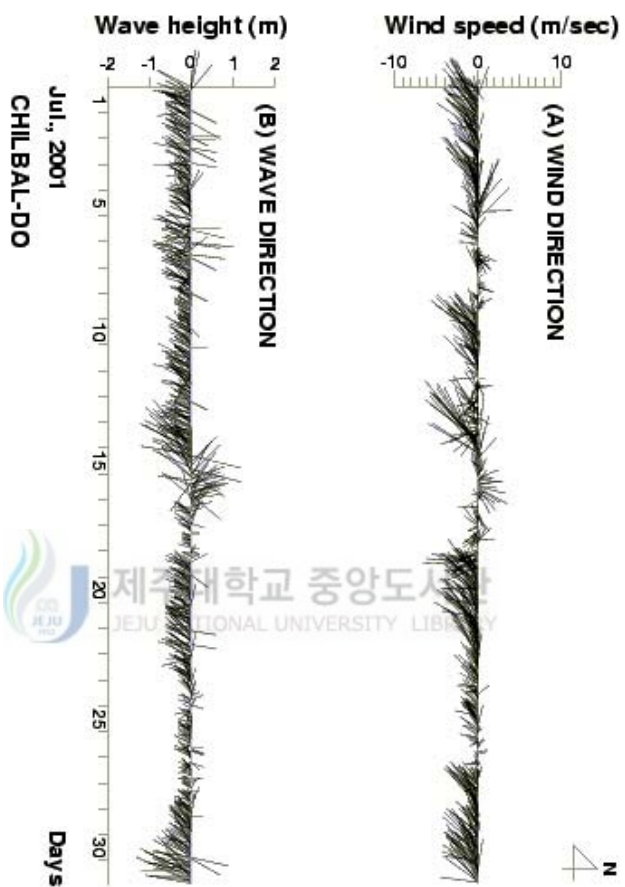


Fig.32. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Chilbal during July 2001.

Table 4. Relation between wind speed and significant wave height observed in the five buoys.

position		Dukjok-Do	Chilbal-Do	Geomun-Do	Geoje-Do	Donghae
observed period (hour)		Jan.,1~5 2001 (120)	Jan.,7~9 2002 (72)	Sep.,11~16 2001 (134)	Aug.,6~8 2002 (95)	Dec.,12~15 2001 (98)
direction	wind	W	N	NE	N	NE,N
	wave	NW	N	NE,SW	E	SE,NE
equation		$y=0.1496x$	$y=0.2888x$	$y=0.0889x$	$y=0.1304x$	$y=0.1769x$
$y$ : wave height (m), $x$ : wind speed(m/s)						
$R^2$		0.3646	0.5812	0.6413	-	0.7628

낸다. 북서계절풍이 탁월한 겨울철에는 남동방향에서 다가오는 방향에서 발달한 유의파고가 발견되고(Fig.33), 여름철은 뚜렷한 풍향을 나타내지는 않으나, 북쪽에서 다가오는 파향의 유의파고가 우세하다(Fig.34).

겨울철 유의파고의 파향과 풍향을 비교해볼 때, 남풍이 불 때는 북향의 파향이, 북서풍일 때는 남동향의 파향을 나타내고 있다(Fig.35(A)). 그러나 풍속과 유의파고의 높이와의 관계를 살펴보면, 풍속이 강할 때 파고도 높게 나타난다(Fig.35(B)). 이와 같이 풍속과 파고의 관계에서는 파고가 바람의 영향으로 발달되는 것을 보여주는 반면 풍향과 파향의 관계는 적게 나타나는데, 이렇게 파향이 풍향과는 다른 방향으로 나타나는 경향을 관측지점 부근 해역의 난수성 소용돌이 같은 평균 해류장의 효과에 기인한다는 추정도 있으나(장등, 2003), 그보다는 이 해역의 수심이 깊기 때문에 바람에 의해 발생하는 파랑이 심해파가 되어 해저지형의 영향을 받지 않고 모든 방향에서 자유롭게 유입될 수 있다는 특성 때문일 것이다. 즉, 모든 방향에서 자유롭게 파랑이 유입될 수 있는데 바람이 강한 곳에서 발생한 파가 관측지점의 풍향과 다르기 때문에 나타나는 현상으로 해석할 수 있다.



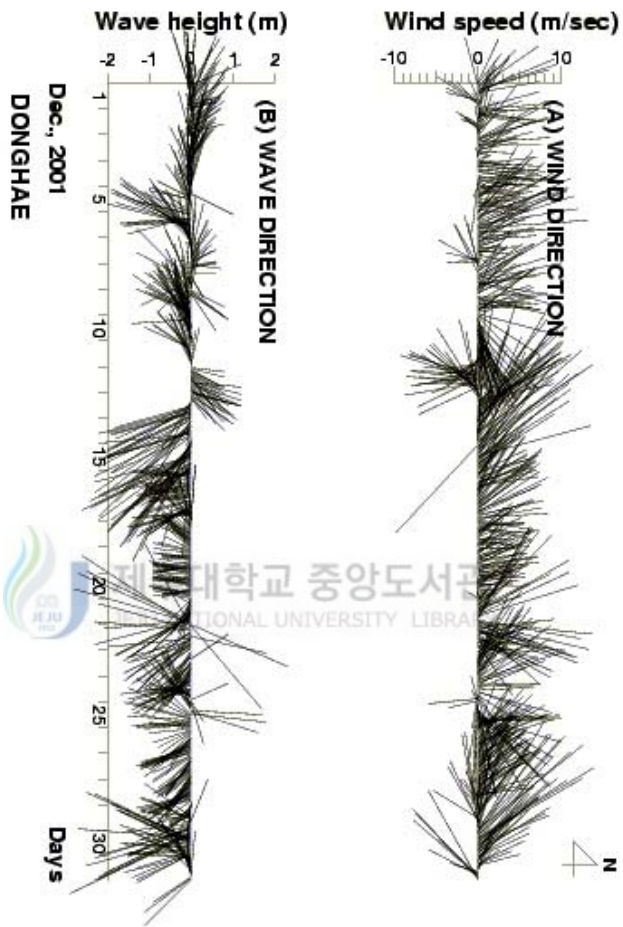


Fig.33. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Donghae during December 2001.

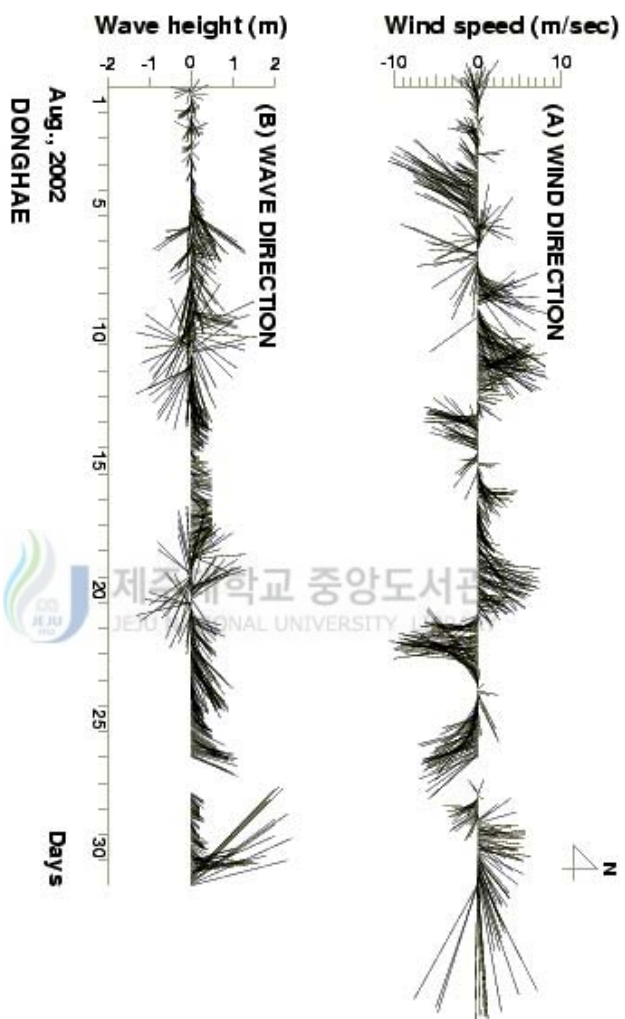


Fig.34. Stick vector diagrams of winds and waves observed in Donghae during August 2002.

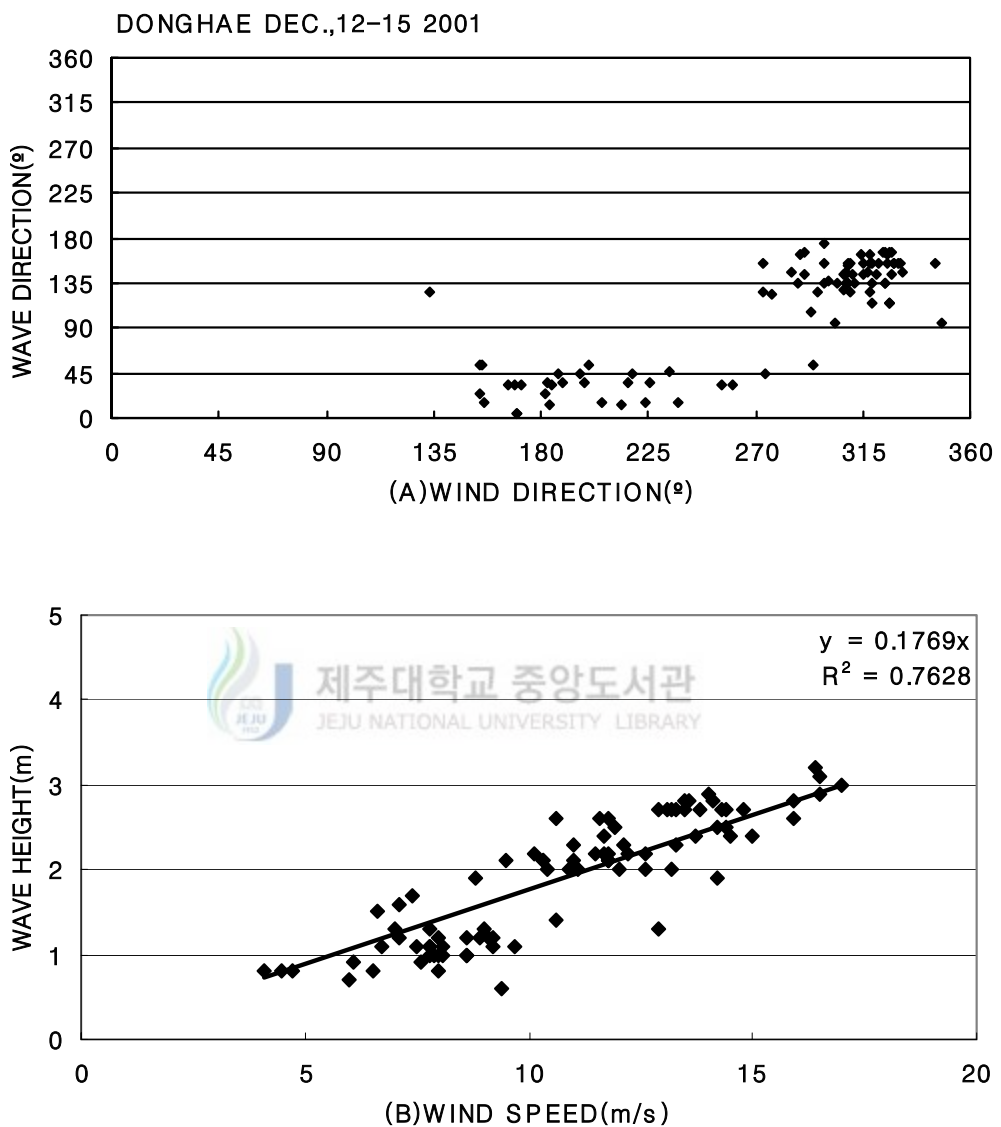


Fig.35. (A) Relation between wind direction and wave direction, (B) Relation between wind speed and significant wave heights observed in Donghae during 12~15 December 2001.

## V. 결론

유의파고의 계절별 발달 경향을 살펴보면, 덕적도와 칠발도, 동해는 그 경향이 비슷하여 봄과 여름철 약했던 풍속과 유의파고의 높이가 가을철에 점점 발달하여 북서계절풍이 강성한 겨울철에 가장 발달하였다. 그리고 1m 이상의 유의파고의 출현 빈도 또한 겨울철에 가장 높게 나타나 덕적도와 칠발도, 동해의 유의파고가 겨울철 북서계절풍의 영향을 많이 받는다는 것을 말해준다. 그러나 남해에 위치한 거문도와 거제도는 연중 비슷한 유의파고의 높이를 나타내고 있으며, 풍속이 비교적 강한 겨울철에도 파고가 별로 높아지지 않았다. 또한 거문도와 거제도에서는 어떤 풍향의 바람이 불어도 일정한 방향의 파향이 유입된다. 거문도의 파향의 방향은 남동방향이 우세한데, 북쪽으로 한반도로 막혀있어 동중국해에서 북상한 파고가 주로 높은 파고로 거문도에 이르는 것으로 보인다. 또한 거제도에는 파향은 남서와 북동방향인데 이 방향은 바다로 열려있는 방향이다. 즉 바다로 열려있는 방향으로 파고가 발달할 수 있다는 것을 보여준다. 그리고 겨울철 파고가 높아지는 경향을 나타내는 칠발도와 동해와 덕적도 중 덕적도는 같은 황해에 위치한 칠발도보다 유의파고의 발달이 제한적이다. 물론 풍속의 차이에 의하여 그 발달의 차이가 생기기도 하지만 비슷한 풍속의 바람이 불때도 덕적도는 칠발도보다 그 유의파고의 발달에 제한을 받는다. 즉 풍향에 따라 파고의 발달이 달라진다.

그 원인으로 다음과 같이 생각해볼 수 있다. 우선 덕적도에 북서풍이 불 때, 황해도의 영향을 받아 풍향이 변하고, 풍속이 감소되어 경기만으로 부는 경우이다. 이 경우 덕적도에 도달하는 바람의 풍속은 감소되고 또한 풍향이 변화함에 따라 취송거리가 감소되고 파향이 변화하여 풍향과는 다른 방향에서 다가오는 파가 출현하게 되므로 유의파고의 발달에 제한을 받을 수 있다. 두 번째는 지형적으로 비교적 파의 발달에 제약을 덜 받는 서쪽 혹은 남서쪽에서 강한 풍속의 바람이 불때 파고의 발달 가능성이다. 이 경우는 바람에 의한 파의 발달에는 제약을 덜 받는다. 즉, 덕적도에서 풍속과 파고와의 관계는 서풍의 바람이 불때는 파고가 높는데 비해 북풍이나 북서풍의 바람이 불때는 낮아



진다. 덕적도보다는 남쪽에 위치한 칠발도는 풍속이 강한 북서풍이 부는 겨울철 북서쪽이 바다로 열려있는 위치에 있어 파고의 발달에 바람의 영향이 지배적이다. 바람의 영향을 직접 받아 파고의 발달에 큰 영향을 미쳐 풍향과 같은 방향의 파향을 만들며 풍속에 의하여 파고의 높이도 결정된다. 그에 비하여 동해는 풍속과 파고의 관계는 높는데 비해 풍향과 파향의 관계는 아주 낮다. 이것은 동해 관측지점의 수심이 깊어 파도는 수심의 영향을 받지 않고 모든 방향에서 자유롭게 유입될 수 있기 때문일 것이다. 즉, 기압골과 같은 한 기상현상이 지나갈 때 풍속은 그 기상현상에 비례하지만 풍향이 다른 바람이 있으며 그에 의해 형성된 파가 자유롭게 유입된 현상이라고 생각된다.

이상으로 한반도 주변 해역의 유의파고의 발달을 바람의 영향으로 설명해보았다. 그러나 바람장의 요인만으로 파고의 발달을 분석하기에는 어려움이 있었다. 우선 바람의 지속시간과 파고와의 관계를 분석하기가 쉽지 않으며, 특히 파고가 낮을 때 다른 요인에 의해 유입되는 파고와 구별하기 힘들기 때문이다. 좀 더 명확한 분석은 바람과 함께 해저지형과 해류, 조류 등의 해양물리적 인자들을 포함시켜야하는데, 이런 분석을 위해서는 조밀하고 장기적인 관측이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

기상연구소, 1998, 서해앞바다 해양기상특성 연구 -경기만 해역을 중심으로-, p.33

오희진, 김태희, 이재원, 박종수, 2003, 경기만 주변 해역의 해양기상 변화 분석, 한국기상학회 춘계학술발표회 논문집.

서장원, 장유순, 2003, 중규모 기상모델 (MM5/KMA)과 3세대 파랑모델 (WAVEWATCH-III)로 계산된 한반도 주변해역의 2002년 월평균 해상풍과 파랑분포특성, *J. Oceanog. Soc. Korea*, 8(3) : 262~273.

장유순, 서장원, 김태희, 윤용훈, 2003, 파랑모델과 부이자료를 이용한 파랑인자 특성분석, *J. Oceanog. Soc. Korea*, 8(3) : 274-284.



# 한반도 주변 해역의 바람과 파고의 특성 연구

## 요 약

한반도 주변해역의 5개 지점(덕적도, 칠발도, 거문도, 거제도, 동해)의 해상에 설치된 관측부이에서 관측된 바람과 파도 자료 중 기상악화나 기기오차 등의 원인으로 비교적 결측이 적고 자료의 질이 우수하다고 판단되는 2001년 1월부터 2002년 12월 사이의 자료를 사용하여 각 해역에 나타나는 바람과 파도의 특성을 분석해 보았다.

5개 지점 중 남서해에 위치한 칠발도와 동해에서는 풍속과 파고의 관계가 높게 나타나는데 비해 남해에 위치한 거문도와 거제도에서는 그 관계가 낮았다. 즉, 강한 바람이 불 때 칠발도와 동해에서는 파고가 높아지나 거문도와 거제도에서는 별로 높아지지 않는다. 서해 중부에 위치한 덕적도에서는 풍향에 따라 관계가 달리 나타났다. 즉, 어떤 풍향에서는 관계가 높는데 비해 어떤 풍향에서는 관계가 낮다.

그 원인은 다음과 같이 생각할 수 있다. 풍속과 파고의 관계는 풍속이 강할 때 뚜렷하게 나타난다. 풍속이 약할 때는 파고가 낮아 다른 요인에 의해 유입된 파고와 구분이 어렵기 때문일 것이다. 그런데 풍속이 강한 시기는 북서풍이 부는 겨울철이며 칠발도와 동해는 이 방향에 대해 바다가 열려 있는데 비해 거문도와 거제도는 그 방향에 육지가 있으며 덕적도는 육지로 막힌 방향과 열려 있는 방향이 모두 있다. 그러므로 덕적도에서 풍속과 파고의 관계는 서풍의 바람이 불 때는 높는데 비해 북풍이나 북서풍의 바람이 불 때는 낮아진다.

그러나 이러한 관계로 설명되지 않는 현상도 있다. 거문도와 거제도에서는 어떤 풍향의 바람이 불어도 파고는 거의 일정하게 유지된다. 거제도에서는 높은 파고의 방향은 거의 남서와 북동 방향인데 이 방향은 바다가 열려있는 방향이다. 즉 바다가 열려 있는 방향으로 파고가 발달할 수 있다는 것을 보여준다. 거문도에서는 남동방향이 우세하다. 거문도의 해저지형은 남동방향으로 열

려있기 때문이다. 그에 비해 동해에서는 풍속과 파고의 관계는 높는데 비해 풍향과 파향의 관계는 아주 낮다. 이것은 동해 관측점의 수심이 깊어 파도는 수심의 영향을 받지 않고 모든 방향에서 자유롭게 유입될 수 있기 때문일 것이다. 즉, 기압골과 같은 한 기상현상이 지나갈 때 풍속은 그 기상현상에 비례하지만 풍향이 다른 바람이 있으며 그에 의해 형성된 파가 자유롭게 유입된 현상이라고 생각된다. 이러한 분석이 타당성을 가지려면 바람의 지속 시간과 파고의 관계를 분석해야 하는데 이 분석이 의외로 쉽지 않았으며 앞으로 더 많은 분석이 필요하다.



## 감사의 글

항상 부족하고 모자란 저에게 생활적인 면이나 학문적인 면에서 많은 일깨움을 주신 방익찬 교수님께 이 지면을 빌어 깊은 감사를 드립니다. 또한 바쁘신 와중에도 미흡한 논문을 세심하고 자상하게 다듬어주신 이준백 교수님과 윤석훈 교수님께 진심으로 감사를 드리며, 항상 관심있게 지켜봐주시며, 따뜻한 조언을 아끼지 않으셨던 고유봉 교수님과 윤정수 교수님, 최영찬 교수님께도 감사의 마음을 드립니다. 그리고 이 연구를 원활히 수행할 수 있도록 옆에서 도와주신 기상청 김태희 선배님께도 감사를 드리며, 논문이 완성될 때까지 여러 가지로 도움을 주신 기상청 김경보 선배님과 기상청 관계자 여러분께 감사의 마음을 드립니다. 또한 대학원 생활을 하면서 힘들 때마다 힘을 주신 좌중헌 선배님과 고윤영 선배님, 강경표 선배님, 그리고 승중, 승철, 태룡, 재홍, 수강, 지미와 물리해양학연구실 식구들에게도 고마운 마음을 드립니다.

생활에 어려움이 있을 때마다 항상 힘이 되어주신 윤수형님과 성수형님, 형수님과 승훈형과 응필형, 용희형에게도 고마움을 전합니다. 그리고 항상 나의 곁에서 내 편이 되어주는 내 벗 행수와 민호, 동현, 치부, 정현과 항상 신세만 지는 경홍, 수령과 대학생활동안 많은 도움을 준 민범이형, 정섭, 승민, 진필 등 92 동기들과 현중, 종필, 상용, 현수, 승록, 승준, 영범과 이 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

항상 곁에서 맘 졸이시는 아버님과 어디선가 지켜봐 주실 어머니님, 그리고 형 때문에 맘 고생이 심한 내 하나뿐인 동생 희찬이에게 미안한 마음과 함께 사랑한다는 말을 전합니다.

끝으로 항상 웃는 얼굴로 내 곁에서 힘이 되어주는 은주에게 사랑한다는 말과 함께 부족하지만 작은 결실을 바칩니다.