creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

BY: **저작자표시**. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000234368

2007년 8월 석사학위논문 동해남부해상의 기상특성 金慶植

2007년 8월
석사학위논문

동해남부해상의 기상특성

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

金 慶 植

동해남부해상의 기상특성

The Characteristics of Weather Events over the Southeastern Sea

*2007*년 *8*월 *24*일

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

金 慶 植

동해남부해상의 기상특성

지도교수 류 찬 수

이 논문을 이학석사학위신청 논문으로 제출함.

*2007*년 *4*월 일

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

金 慶 植

김경식의 석사학위 논문을 인준함

위원장　　조선대학교 겸임교수　정 효 상　인

위　원　　조선대학교 교　수　류 찬 수　인

위　원　　조선대학교 겸임교수　오 완 탁　인

*2007*년　*5*월　　일

조 선 대 학 교　대 학 원

목 차

ABSTRACT ····· vi

Ⅰ. 서론 ····· *1*

A. 연구의 배경과 목적 ····· *1*

B. 자료 및 분석 방법 ····· *2*

Ⅱ. 우리나라의 해난사고 현황 ····· *3*

A. 선박 현황 ····· *3*

1. 선박등록 현황 ····· *3*

2. 어선등록 현황 ····· *4*

B. 해난사고 현황 ····· *5*

1. 해난사고 발생 현황 ····· *5*

2. 인명 피해 현황 ····· *7*

3. 해양사고 종류별 현황 및 사고 원인 ····· *7*

4. 어선사고 발생현황 및 원인 ····· *8*

5. 사고 다발 해역 ····· *10*

6. 기상악화로 인한 사고 현황 ····· *11*

Ⅲ. 동해남부해상의 환경특성 ····· *12*

A. 동해남부해안지방의 환경특성 ····· *12*

1. 지리적 특성 ····· *12*

2. 해저지형 ····· *13*

B. 동해해상의 해류분석 ····· *15*

1. 해류의 분포 ····· 15
2. 조위 변화 ····· 16
3. 수온 분포 ····· 18
Ⅳ. 동해남부해안의 기상특성 ····· 20
A. 동해남부 연안지방의 바람특성 ····· 20
1. 풍향별 발생빈도 ····· 20
B. 동해남부 연안지방의 기온특성 ····· 23
1. 기온 분포 ····· 23
2. 풍계에 따른 기온변화 조사 ····· 23
3. 최저기온 전일 대비 기온변화 분석 ····· 26
4. 사례 분석 ····· 28
5. 동해남부 연안지방의 기온특성 요약 ····· 39
C. 안개 특성 ····· 40
1. 연안지방의 안개 분석 ····· 40
2. 해안지역의 해무 분석 ····· 44
Ⅴ. 동해남부해상의 파고 및 너울 특성 ····· 49
A. 풍계별 국지해상 특성분석 ····· 49
1. 북동기류형 ····· 50
2. 남동기류형 ····· 56
3. 북서기류형 ····· 59
4. 남서기류형 ····· 65
B. 태풍 통과시의 특성 분석 ····· 71
1. 태풍『메기』사례(2004.8.16～20) ····· 71

2. 태풍『차바』사례*(2004.8.29~8.31)* ····· *73*
C. 동해남부해상의 너울특성 ····· *75*
1. 저기압에 의한 너울발생 ····· *75*
2. 태풍 통과 시 너울발생 ····· *79*
Ⅵ. 요약 및 결론 ····· *82*
참고문헌 ····· *85*

List of Tables

Table 2.1 The status of ship registration ····· 3
Table 2.2 The status of ship registration by ports ····· 4
Table 2.3 The status of ship in classified by the city ····· 5
Table 2.4 The ship registration vs the number of marine accidents ····· 5
Table 2.5 The number of marine accidents by sea area ····· 6
Table 2.6 Deaths and injuries by Types of Accidents(2001～2005) ····· 7
Table 2.7 Marine Accidents by Type of Accident ····· 7
Table 2.8 Same as in Table 2.7 except for Cause ····· 8
Table 2.9 Same as in Table 2.7 except for Accident(Fishing vessel) ····· 8
Table 2.10 Same as in Table 2.7 except for Cause(Fishing vessel, 2001～2005) 9
Table 2.11 The visibility in crash ····· 9
Table 2.12 The status of the marine accidents in the south sea of the Gyeongbuk province ····· 11
Table 3.1 Monthly mean water temperatures at the surface layer(2003) ····· 19
Table 3.2 Same as in Table 3.1 except for 2004 ····· 19
Table 4.1 Monthly mean temperatures of the south coast of the East Sea(1971～2000) ····· 23
Table 4.2 Days when it was higher 5℃ than the preceding day ····· 27
Table 4.3 Monthly number of foggy day(1997～2006) ····· 40
Table 4.4 Same as in Table 4.3 except for 2002～2006 ····· 45
Table 4.5 The percentage of foggy day by wind direction(2002～2006) ····· 45
Table 4.6 The comparison of a water temperature in the foggy day(2002～2006) ····· 46
Table 4.7 Same as in Table 4.6 except for at each case ····· 47

List of Figures

Fig. 2.1 Collision and contact black spot in a sea area ····· 10
Fig. 2.2 The collision accident black spots in a sea area (Guryongpo, Ganggu) 10
Fig. 3.1 Topographical map of Southeastern Sea ····· 12
Fig. 3.2 Submarine topography ····· 13
Fig. 3.3 Submarine topography of Gyeongbuk province ····· 14
Fig. 3.4 A current chart of Korea ····· 15
Fig. 3.5 The heights of the tide of the coast in Gyeongbuk province when (a)Aug. 10~12, 2005 (b) Jan. 30~Feb. 2, 2005, (c) the typhoon NABI is passing through(Sep. 5~7, 2005) ····· 17
Fig. 3.6 The water temperatures(1996 to 1995) in (a) February and (b) August · 18
Fig. 4.1 The distribution of the maximum wind direction's frequency in (a) Spring, (b) Summer, (c) Fall and (d) Winter ····· 21
Fig. 4.2 The annual distribution of the wind direction's frequency (2001~2006) 22
Fig. 4.3 Frequency of the maximum temperature is more than (a) 25℃, (b) 30℃ and (c) 35℃ when the in draft of southwestern wind is exist ····· 24
Fig 4.4 Frequency of the maximum temperature is more than (a) 25℃ and (b) 30℃ when the in draft of northeastern wind is exist ····· 26
Fig. 4.5 The distribution of wind direction ····· 27
Fig. 4.6 The distribution of Max Temperature at May 14, 2005 ····· 28
Fig. 4.7 Wind-rose at May 14, 2005 ····· 29
Fig. 4.8 The status of (a) Surface weather chart at 06UTC, (b) AWS wind vector at 05UTC, (c) 850 hPa weather chart at 00UTC, and (d) 500 hPa weather chart at 00UTC May 14, 2005 ····· 30
Fig. 4.9 The distribution of Max Temperature at June 26, 2006 ····· 31
Fig. 4.10 Same as in Fig. 4.7 except for at June 26, 2006 ····· 31
Fig. 4.11 Same as in Fig. 4.8 except for June 26, 2006 ····· 32

Fig. 4.12 Same as in Fig. 4.9 except for at May 24, 2006 ····· 33
Fig. 4.13 Same as in Fig. 4.10 except jfor at May 24, 2006 ····· 34
Fig. 4.14 The status of (a) Surface weather chart at 03UTC, (b) AWS wind vector at 05UTC, (c) 850 hPa weather chart at 00UTC, and (d) 500 hPa weather chart at 00UTC May 24, 2006 ····· 35
Fig. 4.15 Same as in Fig. 4.12 except for from 28 to 29 Apr. 2005 ····· 36
Fig. 4.16 Same as in Fig. 4.13 except for from 28 to 29 Apr. 2005 ····· 36
Fig. 4.17 The status of (up)Surface weather chart at 03UTC, and (down)AWS wind vector at 05UTC from 28 to 29 Apr. 2005 ····· 37
Fig. 4.18 The status of (a) 850 hPa weather chart, (b) 500 hPa weather chart from 00UTC 28 to 29 Apr. 2005 ····· 38
Fig. 4.19 The monthly frequency of the foggy days(1997～2006) ····· 40
Fig. 4.20 The frequency of occurrence and disappearance of the fog by wind speed classification in Uljin(1997～2006) ····· 41
Fig. 4.21 Same as in Fig. 4.20 except for wind direction ····· 41
Fig. 4.22 The frequency of occurrence and disappearance of the foggy days by wind speed classification in Pohang(1997～2006) ····· 42
Fig. 4.23 Same as in Fig. 4.22 except for wind direction ····· 42
Fig. 4.24 The frequency of occurrence and disappearance of the foggy days by wind speed classification in Ulsan(1997～2006) ····· 43
Fig. 4.25 Same as in Fig. 4.24 except for wind direction ····· 43
Fig. 4.26 The frequency of pressure in (a) A type, (b) B type and (c) C type 48
Fig. 5.1 The map of observation points ····· 49
Fig. 5.2 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 00UTC Nov. 25, 2003. (d) AWS wind vector at 06UTC Nov. 25, 2003 ····· 50
Fig. 5.3 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 25 to 28 Nov. 2003 ····· 51
Fig. 5.4 Same as in Fig. 5.3 except for offing ····· 52

Fig. 5.5 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart, (c) 850 hPa moisture flux, and (d) AWS wind vector at 00UTC Sep. 5, 2006 ····· 53
Fig. 5.6 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 5 to 6 Sep. 2006 ····· 54
Fig. 5.7 Same as in Fig. 5.6 except for offing ····· 55
Fig. 5.8 Same as in Fig. 5.5 except for Apr. 10, 2006 ····· 56
Fig. 5.9 Same as in Fig. 5.7 except for 10 to 11 Apr. 2006 ····· 57
Fig 5.10 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of offing from 10 to 11 Apr. 2006 ····· 58
Fig. 5.11 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 12UTC Oct.21, 2005. (d) AWS wind vector at 03UTC Oct. 22, 2005 ····· 59
Fig. 5.12 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 21 to 24 Oct. 2005 ····· 60
Fig. 5.13 Same as in Fig. 5.12 except for offing ····· 61
Fig. 5.14 Same as in Fig. 5.11 except for (c) Nov. 8, 2005. and (d) at 21UTC Nov. 7, 2005 ····· 62
Fig. 5.15 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 8 to 9 Nov. 2005 ····· 63
Fig. 5.16 Same as in Fig. 5.15 except for offing ····· 64
Fig. 5.17 The status of (a) Surface weather chart at 00UTC May 18, 2005. (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 12UTC May 17, 2005. (d) AWS wind vector at 18UTC May 17, 2005 ····· 65
Fig. 5.18 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 17 to 19 May 2005 ·· 66
Fig. 5.19 Same as in Fig. 5.18 except for offing ····· 67
Fig. 5.20 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 00UTC Apr. 30, 2006. (d) AWS wind vector at 02UTC Apr. 30, 2006 ····· 68

Fig. 5.21 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from Apr. 30 to May 1, 2006 ····· 69
Fig. 5.22 Same as in Fig. 5.21 except for offing ····· 70
Fig 5.23 The status of (a)Surface weather chart, (b)850 hPa moisture flux and (c) Track for Typhoon MEGI at 00UTC Aug. 19, 2004 ····· 71
Fig. 5.24 Same as in Fig. 5.23 except for Typhoon MEGI is passing through from 16 to 20 Aug. 2004 ····· 72
Fig. 5.25 The status of (a)Surface weather chart, (b)850 hPa moisture flux and (c) Track for typhoon CHABA at 00UTC Aug. 30, 2004 ····· 73
Fig. 5.26 Same as in Fig. 5.25 except for Typhoon CHABA is passing through from 29 to 30 Aug. 2004 ····· 74
Fig. 5.27 Surface weather chart at 12UTC (a) 21 Oct. 2005. (b) Mar. 29 to Apr. 2, 2006 ····· 75
Fig. 5.28 Wave height from(a)21 to 25 Oct. 2005 and (b)Mar. 27 to Apr. 2, 2006 · 76
Fig. 5.29 The mimetic diagram of (a) Track of Low, (b) Vertical diagram, (c) Vertical wind, (d) 500 hPa vorticity and (e) Vertical Omega at 12UTC Oct.22, 2005 ····· 77
Fig. 5.30 The mimetic diagram of (a) First high wave, (b) Second improvement and (c) Second swell inflow when the low pressure is passing through ····· 78
Fig. 5.31 Surface weather chart from (a)06UTC 5 and (b)00UTC 8 Sep. 2005. ·· 79
Fig. 5.32 Wave height from 5 to 9 Sep. 2005. ····· 79
Fig. 5.33 The mimetic diagram of (a) First high wave, (b) Second improvement and (c) Second swell inflow when the typhoon is passing through ·· 80

ABSTRACT

The Characteristics of Weather Events over the Southeastern Sea

Kim, Kyung-Sik
Advisor : Prof. Ryu, Chan-su Ph.D.
Department of Atmosphere Science,
Graduate School of Chosun University

As the Southeastern Sea is a sea area where the cold current meets the worm current, coincidently, the severe weathers and long waves which are be threatened the safety of ships frequently occur in this sea.

The purpose of this study is to find how the Southeastern Sea impacts on weather events for investigating this area's environmental conditions. In this purposes the data of Ministry of Maritime Affairs, Fisheries and National Oceanographic Research Institute and Korea Meteorological Administration are analyzed and focused on atmospheric phenomena in the sea.

The prevailing wind of this sea is a southwesterly wind and/or a northeasterly wind in Spring and a northeasterly wind in Summer, but a northeasterly wind and/or a southwesterly wind in Fall and a southwesterly wind in Winter. A southwesterly wind blows most frequently through years.

An upswing of temperature is randomly occurred by Föhn which a southwesterly wind was flown over the Southeastern Sea. And also when a northeasterly wind and/or northerly wind is flown from the Southeastern Sea, the change of the temperature by the prevailing wind is a great rising because an upswing of temperature is hindered.

A 90 percent of sea fog is happened during April to August, but a sea fog almost has not appeared from September to March in the this Sea. It shows characteristic that many sea fog days are appeared by the gap of temperature between warm air of the southerly wind and cold air of the northerly wind and sea fog did rarely appear in a sea wind by the easterly wind.

A sea fog has appeared when a normal year water temperature is lower 0.5~2.4℃ than average water temperature. The bigger gap is appeared extensive sea fog.

Although the wave height of the coast of the southeastern peninsula is lower temporary when a northeasterly wind has flown into Southeastern Sea long time, constantly high wave heights are appeared by the in draft to the coast from the offing. And the strong wind of the offing corresponds with a point of start and end time of high wave heights.

In case of the typhoon which trespass through the Korean peninsula, long wave appears at the front of typhoon movement by flowing northeasterly wind, and when developed typhoon goes through the Straits of Korea to Donghe(East sea), the second wave is occurred by rising sea level and continued during about 2~3 days.

Keyword : Föhn, a sea wind, a sea fog, swell in long waves

Ⅰ. 서 론

A. 연구의 배경과 목적

3면이 바다인 우리나라의 해상 활동은 산업과 경제적인 측면과 대기와의 끊임없는 상호작용으로 인한 기상변화에 끼치는 영향 등을 고려할 때 그 중요성에 대하여는 이론의 여지가 없다.

또한, 최근 해상활동 증가에 따라 보다 구체적이고 세부적인 해상기상 자료가 요구되고 있으며, 특히, 동해남부해상은 타 해역과 달리 돌발적인 악기상과 잔파성 너울이 자주 발생하여 각종 선박들의 안전운항을 위협하고 있는 실정이다.

이러한 실정에도 해상관측자료의 부족 등으로 동해남부해상에 대한 체계적인 연구가 이루어지지 못한 것은 안타까운 일이 아닐 수 없다. 아직도 자료의 부족함은 많으나 나름대로의 기상특성을 파악하여 해상예보 및 특보 업무수행에 필요한 자료로 활용하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

본 연구에서는 기상예보에 가장 기본적인 주변 환경을 파악하기 위하여 우리나라의 선박 등록 현황, 해난사고 현황 등을 알아보고, 지리적 특성, 해저지형의 분포, 해류의 분포 및 수직 분포, 조위 변화, 수온 분포 등에 대한 동해남부해상의 환경 특성을 고찰하여 이들이 기상에 미치는 영향을 파악하였다.

또한, 연안지방의 기상특성을 파악하기 위하여 풍향의 계절적 분포와 연평균분포를 분석하여 풍향별 발생빈도에 따른 연안지방의 바람 특성을 규명하고, 기온 분포 및 기압계별 사례 분석으로 남서기류와 북동기류 유입시의 고온현상 등에 대한 특성과, 월별 안개 발생 분포와 풍향풍속별 안개 발생과 종료 빈도, 해수온도와 기압계별 안개발생 사례 등의 분석을 통하여 연안지방의 안개와 해무의 특성을 분석하였으며, 해상교통에 가장 큰 영향을 미치는 파고 및 너울의 특성을 풍향풍속 분포에 따른 해상의 파고와 태풍 통과 시의 파고 발생사례, 저기압과 태풍으로 인한 너울 발생 사례 등을 분석하였다.

B. 자료 및 분석 방법

본 연구에 활용된 선박등록 현황과 해난사고 현황 및 자연환경 등은 해양수산부 및 국립해양조사원 자료를 활용하였고, 기상 특성에 대한 자료나 사례분석은 대부분 기상청 자료를 사용하였다.

선박등록 현황 및 해난사고 현황은 2001년부터 2005년까지의 해양수산통계연보와 중앙해양안전심판원의 통계를 사용하였으며, 동해남부해상의 해저지형과 해류분포는 2003년부터 2006년까지의 국립해양조사원과 한국해양연구원의 자료를 이용하여 현황을 조사하였다.

동해남부해상의 바람특성은 2001년부터 2005년까지의 울진, 영덕, 포항, 울산의 최대풍향 풍속자료를 비교 분석하여 계절별, 연 평균분포를 분석하였다.

연안지방의 기온특성은 기상청 통계연보, 2001년에서 2006년까지의 울진, 포항, 울산의 바람자료 및 기온자료와 기상청 종합기상정보시스템[1)]의 자료 등을 각 기압계별 사례와 비교 분석하여 기온특성을 도출하였다.

안개특성은 울진, 포항, 울산의 1997년부터 2007년까지의 안개와 바람자료를, 해무는 2002년부터 2006년까지의 등대관측소인 죽변, 후포, 호미곶, 울기, 간절곶의 안개일수 및 바람자료와 울진, 포항, 울산의 해수온도를 이용하여 발생빈도별로 비교 분석하였으며, 종합기상정보시스템의 지상일기도를 이용하여 기압계별 특성을 분석하였다.

파고 및 너울특성은 2003년부터 2006년까지의 기상청 종합기상정보시스템의 일기도 등의 기상자료와 죽변, 후포, 호미곶, 울기, 간절곶 등대와 왕돌초, 쌍정초 등표 및 동해 buoy의 파고와 바람자료를 이용하여 상관성을 비교 분석하고, 고파 및 너울이 발생한 때의 사례를 분석하여 특성을 해석하였다.

또한, 포항기상대 현업에서 사용했던 자료와 동해해상에 대한 과거 연구 자료를 참고 하였으며, 위의 자료를 활용함에 있어 자료의 많은 부분들은 재구성하여 활용하였다.

---

1) 기상청, 종합기상정보(COMIS) Combined Meteorological Information System

Ⅱ. 우리나라의 해난사고 현황

A. 선박 현황

1. 선박등록 현황

우리나라의 선박등록 현황(해양수산부, 2006)은 Table 2.1에 나타난 바와 같이 매년 감소 추세에 있으나, 산업발달 및 교역량의 증가로 여객선과 화물선은 증가하는 반면 어선은 감소하고 있다. 특히, 무동력선의 감소가 두드러진데 이는 어선도 점차 동력선으로 변화하고 있음을 뜻한다.

2005년 기준으로 등록된 선박은 총 97,854척이며 어선이 90,735척으로 가장 많고, 부선 등 기타 선박이 4,225척, 예선이 1,214척, 화물선이 797척, 유조선이 678척, 여객선이 205척 순이다.

Table 2.1 The status of ship registration Unit: Number of vessel

Year \ Use	Passenger ship	Cargo ship	Oil tanker	Tug boat	Others	Fishing Vessel		Total
						Power vessel	Non-Power vessel	
2001	175	706	697	1,111	3,897	89,347	5,588	101,521
2002	190	725	729	1,146	4,002	89,327	5,061	101,180
2003	188	724	711	1,178	4,080	88,523	4,734	100,138
2004	200	758	680	1,211	4,149	87,203	4,405	98,606
2005	205	797	678	1,214	4,225	87,554	3,181	97,854

어선을 제외한 항구별 선박 등록 현황(해양수산부, 2005)은 Table 2.2에 나타난 바와 같이 총 7,119척 중 부산이 2,448척으로 가장 많고, 인천 1,353척, 마산 601척, 여수 571척, 제주 544척 등이며, 동해안은 포항이 192척, 울산 273척, 동해 107척으로 타 시도에 비해 그 수가 적다. 이는 지형적인 영향으로 항구 발달이 미약하고 또한 산업규모가 타 지역에 비해 영세하기 때문이다.

여객선은 섬이 많은 목포항이 가장 많으며 화물선은 섬지방인 제주가 가장 많고 다음으로 부산, 목포가 많다. 유조선은 부산과 여수항이 많다.

Table 2.2 The status of ship registration by ports Unit: Number

Classification	Passenger ship	Cargo ship	Oil tanker	Tug boat	Barge	Others	Total
Busan	15	132	377	503	928	533	2,448
Incheon	25	29	41	297	556	405	1,353
Pyeongtaek	2	0	3	16	7	46	74
Donghae	1	2	1	10	11	82	107
Daesan	11	9	0	28	19	141	208
Gunsan	10	9	9	42	54	90	214
Mokpo	83	112	16	60	83	140	494
Yeosu	18	52	104	83	75	239	571
Pohang	8	20	7	41	40	76	192
Masan	20	47	20	58	85	371	601
Ulsan	0	9	29	64	42	129	273
Jeju	12	376	71	12	17	56	544
Total	205	797	678	1,214	1,917	2,308	7,119

2. 어선등록 현황

시도별 어선 현황(해양수산부, 2005)은 Table 2.3에 나타난 바와 같이 총 90,735척 중 전남이 35,990척으로 가장 많고, 경남 19,914척, 충남 6,615척, 부산 5,187척 이며, 동해안인 경북은 4,602척, 울산은 1,327척이다. 척당 평균톤수는 동력선이 7.97톤, 무동력선이 0.9톤으로 부산을 제외하고는 선박들의 규모가 작다.

어선들은 규모가 작을 뿐만 아니라 해상에서 조업을 해야 하는 관계로 기상상태에 따라 운항여부가 결정 되어진다. 특히 어느 정도 파도가 일어날 때 어획량이 많아지기 때문에 무리해서 조업을 강행하는 일이 발생하여 해난사고를 당하는 경우가 종종 있다.

안전한 해상운항을 위해서는 해상기상에 대한 조기예측이 무엇보다도 중요한데 아직은 해상에 조밀한 관측 망을 확보할 수 없는 상황에서 육지와 같이 상세한 해상 국지예보를 할 수 없는 실정이다.

Table 2.3 The status of ship in classified by the city

Classification	Power vessel		Non-Power vessel		Total	
	number	number/ mean ton	number	number/ mean ton	number	number/ mean ton
Busan	5,110	69.38	77	0.86	5,187	68.36
Daegu	11	0.36	0	0	11	0.36
Incheon	2,266	16.28	75	2.55	2,341	15.84
Ulsan	919	4.43	408	1.50	1,327	3.53
Gyeonggi-do	1,959	2.31	411	0.42	2,370	1.98
Gangwon-do	3,793	6.11	123	0.76	3,916	5.95
Chungcheongbuk-do	393	0.45	94	0.25	487	0.41
Chungcheongnam-do	6,544	3.49	71	0.71	6,615	3.46
Jeollabuk-do	4,583	3.77	103	0.98	4,686	3.71
Jeollanam-do	35,369	2.81	621	1.16	35,990	2.78
Gyeongsangbuk-do	4,303	8.09	299	0.94	4,602	7.62
Gyeongsangnam-do	19,020	4.13	894	0.59	19,914	3.97
Jeju	3,284	6.67	5	2.04	3,289	6.66
Total	87,554	7.97	3,181	0.90	90,735	7.72

B. 해난사고 현황

1. 해난사고 발생 현황

최근 5년간 등록된 선박은 연평균 약 10만 척이 된다. 이는 우리에서 해상활동의 중요성을 말하는 지표이다.

등록한 선박의 수와 해양사고 발생현황(중앙해양안전심판원, 2006)은 Table 2.4에 나타난바와 같이 해양사고 발생건수는 매년 500~800여건에 이르고, 해양사고 발생률은 0.77 ~ 1.09%에 이르고 있다.

Table 2.4 The ship registration vs the number of marine accidents

Classification \ Year	2001	2002	2003	2004	2005
Number of Registry(A)	101,521	101,180	100,138	98,606	97,854
Number of Vessels by accident(B)	779	775	767	1,070	884
Number of marine accident	610	557	531	804	658
Marine accident rate(A/B)	0.77%	0.77%	0.77%	1.09%	0.90%

해역별 해상사고 발생건수(중앙해양안전심판원, 2006)는 Table 2.5에 나타난 바와 같이 남해가 전체의 30.1%를 차지하고, 서해가 25.3%, 동해가 13.6%, 국외해역[2)]이 14.8%를 차지하고 있으며 나머지는 항구 및 진입수로에서 발생하고 있다.

Table 2.5 The number of marine accidents by sea area Unit: Number

A sea area \ Year		01	'02	'03	'04	'05	Total	Percent. (%)
Ports & approaches	Incheon port and approaches	14	11	12	20	8	65	2.1
	Janghang, Gunsan port	7	11	10	16	10	54	1.7
	Mokpo port and approaches	2	6	2	1	1	12	0.4
	Yeosu port, Gwangyang port and approaches	5	6	1	3	1	16	0.5
	Samcheonpo port, Tongyeong port and Coast	20	5	6	23	7	61	1.9
	Masan port, Jinhae port, Jinhae Man(Gadeoksudo approaches)	3	5	12	7	5	32	1.0
	Busan port	16	13	24	24	12	89	2.8
	Busan-Geoje waters(Upo, Jangsungpo port)	7	13	2	6	6	34	1.1
	Ulsan port(Mipo Man), Pohang port	24	36	21	13	14	108	3.4
	Donghae port, Sokcho port, Samcheok port	7	21	4	2	1	35	1.1
	Jeju port, Seogwipo port	-	2	-	-	1	3	0.1
Terri-torial sea	East Sea	82	49	123	86	90	430	13.6
	Yellow Sea	148	113	131	219	190	801	25.3
	South Sea	203	178	142	265	163	951	30.1
Sub-Total		538	469	490	685	509	2,691	85.2
Abroad		72	88	41	119	149	469	14.8
Total		610	557	531	804	658	3,160	100

2) 국외해역은 동해, 서해, 남해의 공해상과 일본수역, 동남아 원양임.

2. 인명 피해 현황

최근 5년간의 해상사고로 인한 인명피해(중앙해양안전심판원, 2006)는 Table 2.6에 나타난 바와 같이 총 1,473명이며, 사망이나 행방불명이 869명으로 전체의 59%를 차지하고 있어 해양사고는 인명과 직결되고 있음을 알 수 있다.

사고 종류에 따른 인명피해는 충돌에 의한 것이 전체의 36.5%를 차지하고 침몰 17.4%, 전복 11.6% 등이다.

Table 2.6 Deaths and injuries by Type of Accidents (2001~2005) Unit: Number of person

Type of accident / Death & injury	Collision	Contact	Grounding	Capsizing	Fire&Explosion	Sinking	Distress missing	Machinery damage	Distress	Death& injury	Others	Total
Death	67	1	4	48	32	45	2	-	-	85	-	284
Missing	153	-	3	108	24	200	13	-	-	84	-	585
Injury	316	33	89	15	56	11	-	2	2	78	2	604
Total	536	34	96	171	112	256	15	2	2	247	2	1,473
Percentage(%)	36.5	2.3	6.5	11.6	7.6	17.4	1.0	0.1	0.1	16.8	0.1	100

3. 해양사고 종류별 현황 및 사고 원인

해양사고 종류별 발생현황(중앙해양안전심판원 해양사고통계연보, 2006)은 Table 2.7에 나타난바와 같이 충돌에 의한 사고가 28.1%로 가장 많고 기관손상 19.5%, 좌초 9.6%, 침몰 9.2%, 화재・폭발사고 9.0%의 순으로 나타나 있다.

Table 2.7 Marine Accidents by Type of Accident Unit: Number

Type of accident / Year	Collision	Contact	Grounding	Fire & Explosion	Sinking	Machinery damage	Distress	Facility damage	Death & injury	Obstruction to safety operation	Others	Total
2001	141	15	60	62	72	135	25	1	17	44	38	610
2001	184	13	58	42	55	110	18	3	20	13	41	557
2003	182	9	65	53	50	57	21	-	43	12	39	531
2004	210	12	75	57	69	147	45	1	80	42	66	804
2005	172	10	46	71	45	166	16	2	34	41	55	658
Total	889	59	304	285	291	615	125	7	194	152	239	3,160
Percentage(%)	28.1	1.9	9.6	9.0	9.2	19.5	4.0	0.2	6.1	4.8	7.6	100

해양사고 종류별 원인(중앙해양안전심판원, 2006)은 Table 2.8에 나타난 바와 같이 운항과실이 69.7%로 가장 많고, 취급 불량 및 결함이 21.3%, 기타가 9.0%이었다(복수의 원인이 있을 경우에는 모든 원인을 중복 계산하였음).

운항과실의 주요인은 항행법규 위반, 경계소홀, 조선부적절 등이며, 취급불량 및 결함은 기관설비 취급불량과 화기 취급불량, 선체·기관설비 불량 등이다. 기타는 기상 등 불가항력(2.4%)과 선박운항관리 부적절 등이 주요원인이 되고 있다.

Table 2.8 Same as in Fig. 2.7 except for Cause Unit: Number

Accidents by Cause \ Type of accident	Collision	Contact	Grounding	Fire & Explosion	Sinking	Machinery damage	Distress	Death & injury	Others	Total	Percent. (%)
Operation error	609	27	115	8	71	1	1	58	54	944	69.7
Poor Maintenance /Work	9	2	4	115	58	82	3	8	7	288	21.3
Others	38	3	7	5	33	1	-	7	28	122	9.0
Total	595	20	111	128	154	84	4	73	89	1,354	100

4. 어선사고 발생현황 및 원인

어선이 전체 선박 중에서 차지하는 비율이 높은 만큼 사고율도 높다. 어선에 대한 사고종류별 발생현황(중앙해양안전심판원, 2006)은 Table 2.9에 나타난 바와 같이 조난에 의한 사고가 24.9%를 차지하고, 다음으로 충돌이 21.0%, 침몰, 좌초 순으로 나타나고 있다. 이는 선박의 소형화에 기인한 것이라 볼 수 있다.

Table 2.9 Same as in Table 2.7 except for Accident(Fishing vessel) Unit: Number

Year \ Type of accident	Collision	Contact	Grounding	Fire & Explosion	Sinking	Machinery damage	Distress	Facility damage	Death & injury	Obstruction to safety operation	Others	Total
2001	75	3	41	18	51	54	126	19	13	39	12	451
2001	96	3	33	23	38	44	101	15	16	11	10	390
2003	95	-	39	20	47	38	51	16	30	9	12	357
2004	113	5	49	28	47	48	136	32	63	28	27	576
2005	101	3	35	17	62	32	155	15	26	37	32	515
Total	480	14	197	106	245	216	569	97	148	124	93	2,289
Percentage(%)	21.0	0.6	8.6	4.6	10.7	9.4	24.9	4.2	6.5	5.4	4.1	100

어선에 대한 사고 종류별 해양사고 원인(중앙해양안전심판원, 2006)은 Table 2.10에 나타난 바와 같이 운항과실이 71.2%로 가장 많고 취급 불량 및 결함이 21.6%, 기타가 7.2%이다.

어선의 운항과실의 주요인은 일반 선박과는 다르게 경계 소홀이 가장 많고, 그 다음이 항행법규 위반, 조선부적절, 황천대비·대응불량 등 이며, 취급불량 및 결함은 기관설비 취급불량과 화기 취급불량, 선체·기관설비 불량 등이다. 기타는 기상 등 불가항력(2.3%)과 여객화물의 적재불량, 선박운항관리 부적절 등이 주요인이 되고 있다.

Table 2.10 Same as in Table 2.7 except for Cause(Fishing vessel, 2001~2005) Unit: Number

Accidents by Cause \ Type of accident	Collision	Contact	Grounding	Fire & Explosion	Sinking	Machinery damage	Distress	Death & injury	Others	Total	Percentage (%)
Operation error	498	5	58	4	45	2	-	38	44	694	71.2
Poor Maintenance /Work	1	1	3	100	32	67	1	4	2	211	21.6
Others	17	-	4	5	23	-	-	3	18	70	7.2
Total	516	6	63	111	100	69	1	45	64	975	100

Table 2.11은 선박 충돌 시 시정상태로서 맑은 날씨가 56.3%로 가장 많고 안개 26.3%, 기타 14.8%, 태풍으로 인한 기상악화가 2.6%이다.

Table 2.11 The visibility in crash Unit: days

Year \ Visibility	Foggy	Clearness	Severe weather (Typhoon)	Others (Unknown)	Total
2001	30	68	4	20	122
2002	32	72	3	18	125
2003	26	58	3	25	112
2004	23	45	2	17	87
2005	33	65	2	1	101
Total	144	308	14	81	547
Percentage(%)	26.3	56.3	2.6	14.8	100

5. 사고 다발 해역

Fig 2.1은 충돌・좌초사고가 자주 발생하는 장소(신길호, 2005)로서 영흥도・신진도・덕적도 부근, 안면도・군산 부근, 목포・완도 부근, 통영・거제도 부근, 부산・울산 부근, 구룡포・강구 부근, 울릉도 부근, 제주도 부근지역에 집중되는 현상을 보이는데, 이는 지역적인 특성이 사고에 영향을 미치고 있음을 나타낸다.

Fig 2.2는 동해안 연안인 구룡포와 강구해역의 충돌사고 다발 상세지역도이다.

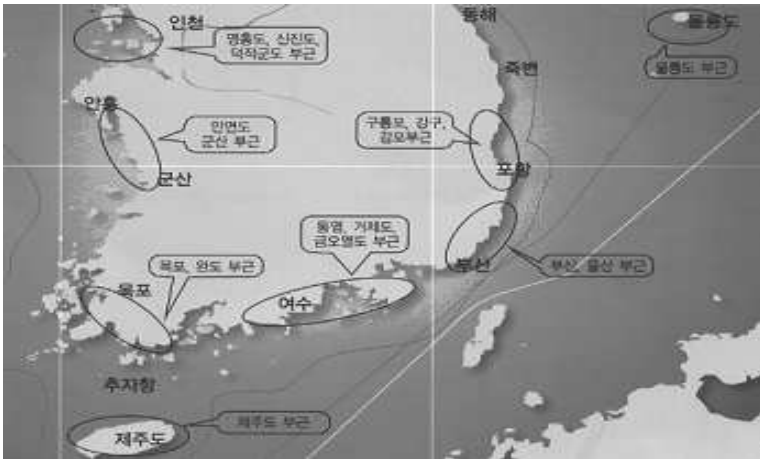


Fig. 2.1 Collision and contact black spot in a sea area

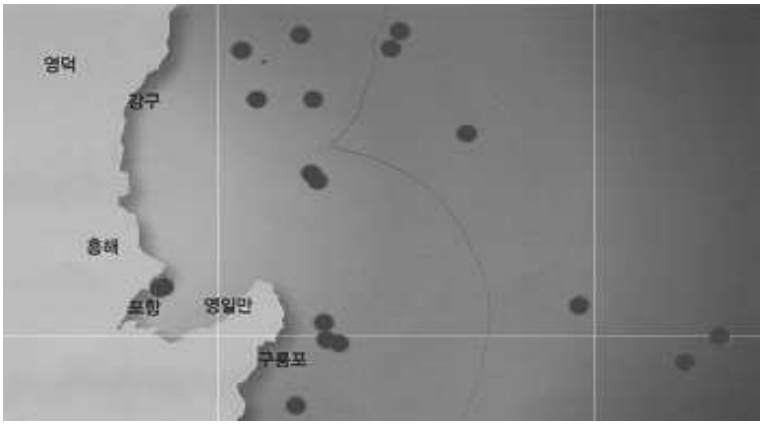


Fig. 2.2 The collision accident black spots in a sea area (Guryongpo, Ganggu)

6. 기상악화로 인한 사고 현황

동해남부해상인 경북남부앞바다 지역의 최근 5년간의 기상악화로 인한 사고 현황(포항지방해양수산청 통계자료, 2006)은 Table 2.12에 나타난바와 같이 총 11건이 발생했으며, 대부분이 강한 바람과 높은 물결에 의한 사고였지만 안개로 인한 사고는 한 건도 없었다는 것이 특이하다.

Table 2.12 The status of the marine accidents in the south sea of the Gyeongsangbuk province

Time&day	*site*	*Ton*	*persons*	*vessels*	*damage*	*weather conditions*
15:30 Mar.10, 2001	Yeonamgap 1.3miles from NE	21	2	Tug boat	Sinking	NW 14~16㎧ 2~4m
06:10 Oct.28, 2001	Janggigap 6.4km from east	58	10	Trawls	Sinking Missing 4	NE 12~16㎧ 2~4m
11:30 Apr.3, 2002	Yeongilman anchoring basin	4,250	14	Cargo ship	-	NW 8~14㎧ 1.5~2.5m
11:30 Apr.3, 2002	Yeongilman anchoring basin	25,935	21	Cargo ship	-	NW 8~14㎧ 1.5~2.5m
21:30 Aug.31, 2002	In Gampo-port	6.4	-	Gill net	Sinking	Typhoon warning
07:40 Oct.19, 2002	Jangigap 3.2km from NE	59	9	Trawls	Sinking	Storm warning
09:10 Oct.19, 2002	Edge of Nam-gampo breakwater	69	9	Jigging	Grounding	Storm warning
06:00 Mar.9, 2003	In Duho-port	1.04	-	Compound type Ships	-	Storm warning
23:50 Sep.12, 2003	In front of Suhyup in Dongbin_dong	4.88	-	Surrounding net	Sinking	Typhoon warning
00:35 Jan.2, 2004	Walpo 16km from east	505	4	Barge	Lifesaving	Storm warning
22:45 Oct.21, 2005	Yangpo 6.4km from east	19	14	Surrounding net	Sinking	Wind and waves warning

Ⅲ. 동해남부해상의 환경특성

A.동해남부해안지방의 환경특성

1.지리적 특성

동해안은 Fig 3.1에서와 같이 융기해안으로서 함경산맥과 태백산맥을 따라 나란히 내려오기 때문에 해안선이 단조롭고 반도나 만 또는 도서의 발달이 미약하다.

흥남에서 성진, 강릉에서 포항사이에는 암석해안이 발달하였고, 흥남에서 강릉사이에는 사빈 해안이 많고 곳곳에 사취, 사주, 석호, 육계도가 자리 잡고 있다. 동해안의 주요 반도로는 호도반도, 갈마반도, 영일반도 등이 있으며, 주요 만 으로는 옹기만, 경성만, 동한만, 영흥만, 영일만, 울산만을 들 수 있다. 또한 조석간만의 차가 적고(최고 고조 면은 50㎝ 이하) 수심이 깊은 것이 특징이다.

Fig. 3.1 Topographical map of Southeastern Sea

동해남부해상은 기상청 예보업무규정 해상광역예보구역 구분(기상청, 2005)에 따르면 부산광역시와 울산광역시의 해안 경계점(N 35°19′40″N, 129°18′30″E)과 34°N, 130°E의 지점을 연결하는 선에서 경상북도와 강원도의 해안경계점의 위도선 간의 동해역으로, 국지해상예보구역은 해안선으로부터 12해리(약 22㎞) 이내의 해역을 말하며 울산광역시 관할 해역인 울산 앞바다, 경주시와 포항시의 관할 해역인 경북남부 앞바다, 영덕군과 울진군의 관할 해역인 경북북부 앞바다로 구분되어 있다.

2. 해저지형

Fig 3.2는 동해상의 해저지형으로 동해안은 해안에서부터 급격히 깊어져서 평균 수심 1,700m에 이르고 최심부는 4,049m나 되며 암석해안으로 이 지역에는 전형적인 해식애[3)]가 발달해 있다.

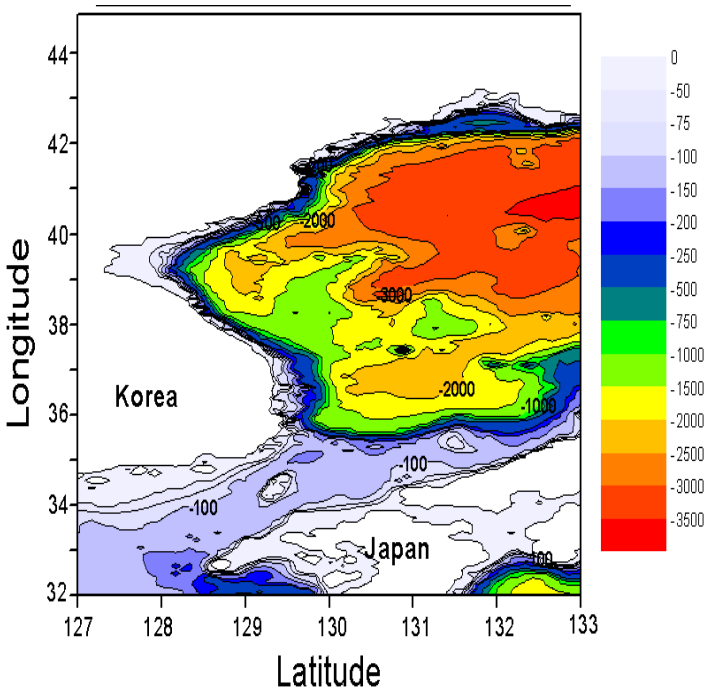


Fig. 3.2 Submarine topography

3) 해식애(sea cliff)는 경암으로 이루어진 암석 해안의 돌출부가 파식에 의해 후퇴할 때 해안에 생긴 고도가 높고 깎아지른 듯 한 절벽을 말한다.

Fig 3.3은 경북북부앞바다의 해저지형으로 울진군과 영덕군 앞바다는 수심이 비교적 낮아 약 0~240m의 분포를 보이며, 영덕 남부지방인 강구에서부터 울진~후포~죽변까지 동쪽으로 20~30㎞ 부근 해저에 200m 이내의 대륙붕이 위치하고 있으나, 삼척시 남부지역인 임원과 포항시 청하 앞바다는 해저지형이 완만한 경사면을 이룬다.

울진 남부지방인 후포 동쪽 24.5㎞ 부근 앞바다와 먼 바다 경계부근에 왕돌초[4]가 위치해 있는데 이 부근해역은 동해안 최대 황금어장이다.

왕돌초 부근 해역은 최저수심이 5.3m으로 매우 얕고, 동서 21㎞, 남북 54㎞의 방대한 해저 암초지대로 악기상이 있을 때는 고파가 발생하여 해난사고가 자주 발생하는 곳이다[5]. 그 동안은 관측 자료가 없어 정확한 해상기상 특성조사에 어려움이 있었으나, 지난 2003년 한국해양연구원에서 왕돌초에 등표[6]를 설치하여 실시간으로 기상관측 및 해수온도, 염분농도, 조류속도, 파고관측 등을 수행하고 있다.

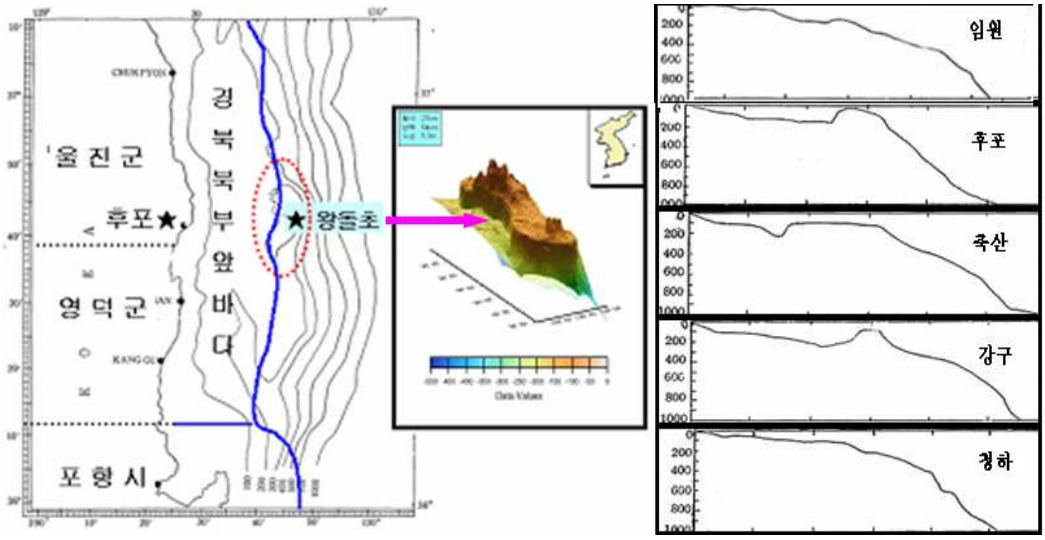


Fig. 3.3 Submarine topography of Gyeongbuk province

4) 경상북도 울진군 후포면 후포항에서 약 24.5 km 떨어진 수중 암초로 2002-102호로 공식해양지명이 됨.

5) 지역 어민들에 의하면 왕돌초 부근해역과 연안바다의 해상특성이 다르게 나타날 때가 많아 예전에 목선들의 해난사고가 빈번하였다고 한다.

6) 왕돌초 등표는 경상북도 울진군 후포면 후포항에서 약 24.5 km 떨어진 수중 암초(N 36° 42′ 36″, E 129° 44′ 24″)위에 건설된 등표다. 2003년 11월 실시간 해양관측 시스템설치(국립해양조사원)

B. 동해 해상의 해류 분석

1. 해류의 분포

Fig 3.4는 한국해류도로서 우리나라 주변의 해역은 중위도에 위치하여 남쪽에서 올라온 난류와 북쪽에서 내려온 한류가 만나는 곳이다. 대만을 지나 대륙사면을 따라 북동으로 흐르는 쿠로시오 해류의 일부는 동중국해를 거쳐 대한해협을 통과하면서 쓰시마 난류가 되어 한 가지는 일본 열도를 따라 흐르고, 동한 난류라고 부르는 다른 한 가지는 우리나라 동해안을 따라 북상하여 주문진 근처에서 동쪽으로 방향을 바꾼다. 이들은 일본서해에서 다시 만나 북태평양으로 흘러나간다. 리만 한류는 오호츠크해에서 발원하여 연해주를 따라 남하하며 북한 한류로 이어진다(나정열 등, 1991).

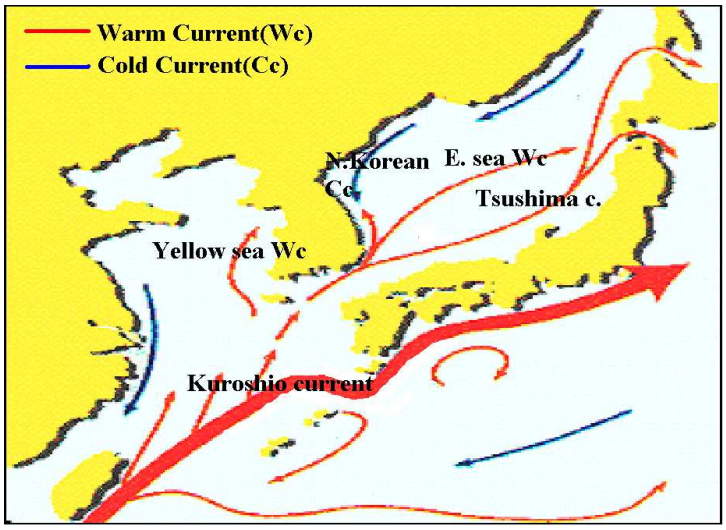


Fig. 3.4 A current chart of Korea

동한 난류는 여름에는 청진부근까지 세력이 미치고, 겨울에는 북한 한류가 남하하여 울릉도와 영일만을 연결하는 해역까지 세력이 미친다.

해류의 유속 분포는, 동한 난류는 표층에서 0.5~1.0kts이나 곳에 따라서 상당한 차이가 있다. 대한해협에서는 2kts 이상일 때가 있고, 겨울철보다 여름철이 강하다. 수심이 깊어질수록 유속은 약해져서 200~300m 층에서는 매우 약해진다(나정열 등, 1991).

2. 조위 변화

조위는 조석에 의하여 변화하는 수면의 높이를 말하며 조고라고도 하는데, 천문조와 기상조가 복합적인 원인에 의하여 나타며, 천문조는 해수면이 낮은 서해(8m)에서 높고 남해 그리고 동해(0.2m)순으로 낮아지고 있다.

동해의 조석은 주로 대한해협으로부터 들어오는 조석파에 의해 지배되는데 동해는 그 면적이 비교적 큰 편이고 수심이 깊으며 남북으로 작은 해협에 의해 조수의 양이 비교적 적게 유입되기 때문에 조석차가 작다고 분석되고 있다.

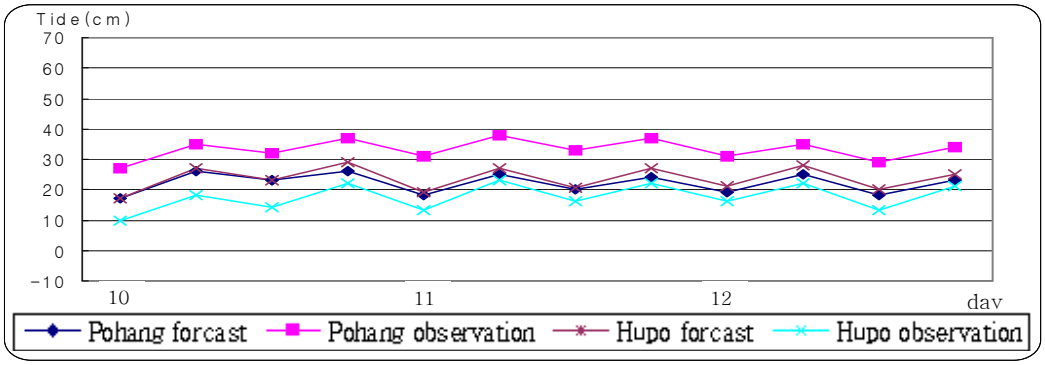
대조차는 포항 이북에서는 0.2m 내외이나 남으로 가면서 증가하여 울산에서는 0.6m, 부산에서는 1.2m가 된다.

Fig. 3.5는 악기상이 나타났을 때 포항과 후포검조소에서 관측한 조고 예측자료와 실측값을 비교 분석한 것이다.

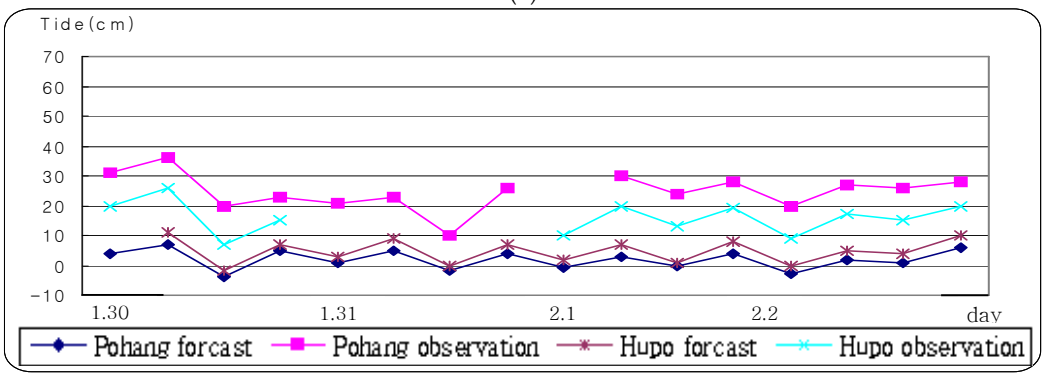
후포검조소에서는 발달한 cP가 확장할 때나 북동풍 유입 및 태풍『나비』가 통과할 때에는 예측과 실측값의 차이가 거의 발생되지 않았으나, 포항검조소에서는 20㎝ 이상 차이가 발생하였다. 특히, 태풍『나비』가 통과할 때에는 조위가 69㎝로 예상 조고 값보다 50㎝ 정도 높게 나타났으나, 고조주의보 기준인 100㎝에는 미치지는 못했다.

한편, 국립해양조사원 자료에 의하면, 검조소가 항구 내에 위치하고 있어, 항구에 설치된 방파제의 위치가 조고의 예측자료와 실측값에 영향을 준다고 한다(국립해양조사원, 2004).

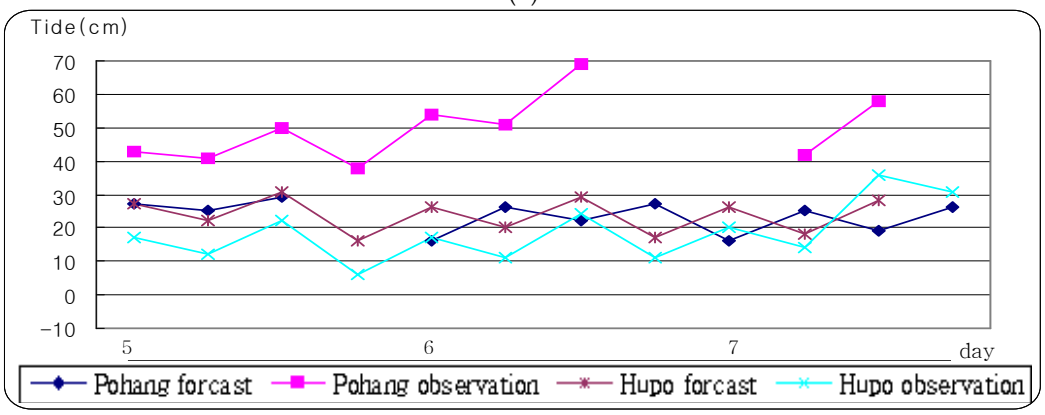
또한, 경북 동해안의 대표적인 항구인 죽변, 후포, 축산, 강구, 구룡포, 감포, 양포 등 모든 항구가 지형적인 영향과 북동풍에 의한 고파를 막기 위하여 항구의 입구가 남쪽으로 좁게 형성되어 있어서 발달한 cP가 확장하는 경우와 강한 북동풍이 유입될 때, 기상으로 인한 조고의 실측값이 외항보다 다소 낮게 나타나고 있다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3.5 The heights of the tide of the coast in Gyeongbuk province when (a)Aug. 10~12, 2005 (b) Jan. 30~Feb. 2, 2005, (c) the typhoon NABI is passing through(Sep. 5~7, 2005)

3. 수온 분포

전 세계 바다물의 평균수온은 약 3.5℃이며 그 중에 75%가 0~6℃, 그리고 50%의 해수는 약 1.3~3.8℃의 범위에 있다. 우리나라 연안에서 관측된 연 평균수온은 동해안 8.6~15.9℃, 남해안 15.7~18.8℃, 서해안 10.9~14.9℃이다(국립해양조사원, 2004).

국립수산과학원이 1966년부터 1995까지 연 ·격월 관측 자료를 이용하여 평균 표층 수온 분포를 조사한 결과에 의하면 경북북부 앞바다는 12월과 2월에 10~11℃ 정도의 수온이 수평 형태로 동서로 같은 수온 대를 나타내고, 4월은 12~13℃로서 남해상으로부터 북상하는 난류의 영향으로 수온의 수평적 구배를 남북방향으로 발달시키고 있다. 6월은 앞바다 17~18℃, 먼 바다 18~19℃의 분포가 되며, 8월은 앞바다 23~24℃, 먼 바다는 24~25℃의 분포를 보이고 수온의 수평적 구배는 동서방향으로 수온경사도를 나타내며 포항, 영덕앞바다에서는 약하게 냉수대가 나타나는 특성을 보인다. 10월은 20~21℃ 분포로 동서경사도가 약화되고 있다.

Fig. 3.6에서와 같이 겨울은 앞바다와 먼 바다의 수온 차이가 거의 없으며, 여름에는 앞바다는 저온, 먼 바다는 고온의 수온 분포를 나타내고 있다.

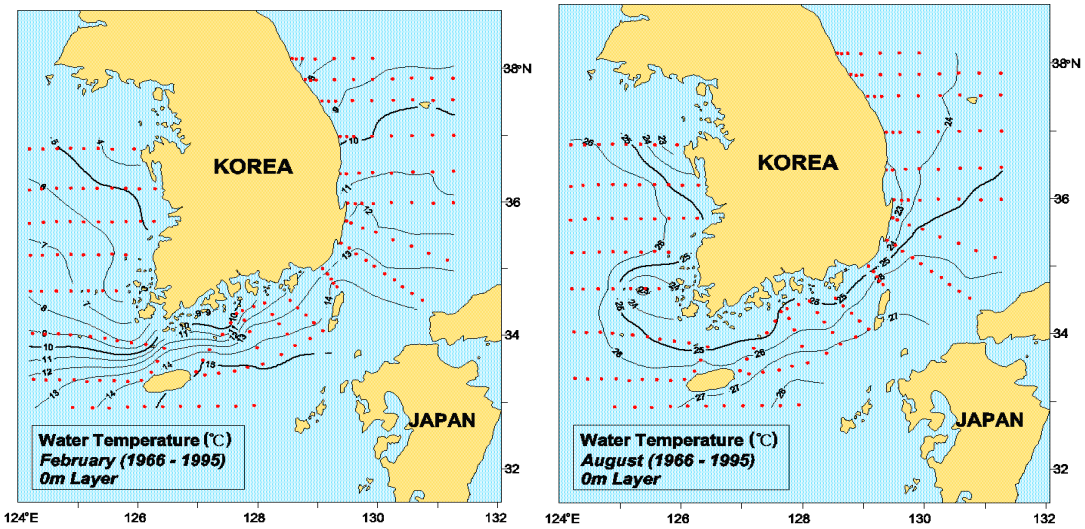


Fig. 3.6 The water temperatures(1996 to 1995) in (a) February and (b) August

이처럼 경북북부 앞바다의 수온 분포는 연안을 따라 남북방향으로 발달하는 수온전선에 의하여 특징지어지며, 수온 전선의 연안 쪽에 분포하는 냉수대는 북한 한류가 남하한 것이다. 북한 한류는 동계보다 하계에 더욱 우세하게 남하하며, 그 하한은 축산~장기갑[7] 해역으로 알려져 있다(김철호 등, 1983).

Table 3.1과 Table 3.2는 2003년과 2004년의 동해연안과 울릉도의 월별 평균 표층수온을 나타낸 것이다.

월평균 표층수온이 가장 낮은 달은 2월이며, 가장 높게 나타난 달은 8월로 조사되었으나, 포항은 월평균 표층수온이 가장 낮은 달이 1월로 나타났다.

수온의 계절적 특성을 보면 연안지역의 수온 폭은 동해중부 먼 바다에 위치한 울릉도 보다 변동 폭이 크게 나타나고 있다. 이는 동해상에 흐르고 있는 한류와 난류의 영향과 대기 온도에 의한 영향을 연안지역이 더 크게 받는 것으로 분석된다.

연안지역의 수온 분포는 고위도 지역이 저위도 지역보다 낮은 것으로 나타나고 있으나, 포항지역은 10월에서 3월까지 고위도 지역인 후포보다 낮은 수온을 나타내고 있는데 이는 만의 지리적인 특성으로 파악되고 있다.

Table 3.1 Monthly mean water temperatures at the surface layer(2003) Unit:℃

Point \ Month	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Ulleung-do	10.5	9.0	9.2	10.8	14.2	19.0	20.6	23.7	23.0	20.6	17.9	15.5
Hupo	10.2	9.1	10.7	12.9	14.6	18.6	19.0	23.2	21.1	18.7	15.6	13.1
Pohang	7.7	8.5	9.8	13.3	16.3	19.8	20.8	23.7	22.7	18.3	14.5	10.7

Table 3.2 Same as in Table 3.1 except for 2004 Unit:℃

Point \ Month	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Ulleung-do	12.5	10.7	9.8	11.3	13.8	18.5	21.8	23.8	20.7	18.8	17.3	15.4
Hupo	11.3	10.0	10.2	12.4	13.1	19.0	20.6	24.7	22.0	19.2	15.8	12.9
Pohang	7.9	8.1	9.8	12.8	14.0	19.1	21.3	25.7	22.8	19.3	15.6	10.9

7) 생김새가 말갈기와 같다하여 장기곶(長鬐串)으로 불리다 1981년 일제강점기 때 일본식 표현인 갑(岬)으로 고쳐 장기갑으로 불렸다. 1995년 장기곶으로 변경하여 부르다가 2001년 12월 호미곶으로 변경하였다.

Ⅳ. 동해남부해안의 기상특성

A. 동해남부 연안지방의 바람특성

1. 풍향별 발생빈도

a. 계절별 분포

Fig. 4.1은 2001년부터 2005년까지 최근 5년간의 계절별 최대풍향 자료를 분석한 풍향 발생 빈도이다.

봄철에 울진지방에서는 북서풍과 남서풍이 탁월하나 북동풍은 상대적으로 적게 나타나고, 영덕과 포항지방은 남서와 북동풍이 탁월하며 남동과 북서풍은 적게 나타나고 있다. 울산지방은 전 방향이 비슷한 분포를 보여 탁월풍이 없는 것으로 나타났다.

여름철에 울진지방에서는 북서풍과 남동풍이 다소 우세하기는 하나 모든 방향에서 비교적 비슷한 분포를 보이고 있으며, 영덕과 포항지방은 북동풍이 탁월하고 남서와 남동풍은 비슷하나 북서풍은 미약하다. 울산지방은 북동과 남동풍 다음으로 남서와 북서풍 순이다.

가을철에 울진지방에서는 봄철과 같이 북서풍과 남서풍이 탁월하다. 영덕지방은 북동과 남서풍이 탁월하며 북서와 남동풍은 미약하다. 포항지방은 봄철과 같이 남서와 북동풍이 탁월하나 봄철에 비하여 남서풍이 우세하다. 울산지방은 북동과 북서풍이 탁월하고 남서와 남동풍은 미약하다.

겨울철에 울진지방에서는 남서풍(51%)과 북서풍(36%)이 우세하나, 영덕과 포항지방은 남서풍(영덕70%, 포항74%)이 타 계절에 비하여 탁월하다. 반면에 울산지방은 북서풍이 아주 탁월(67%)한 분포를 보이고 있다.

풍향별 발생빈도의 계절별 분포는 울진지방은 북서풍과 남서풍(여름철 20%)이 전 계절에 걸쳐 30% 정도의 분포를 보이고, 남동풍은 저기압이 남해상으로 통과하는 봄철과 여름철에 20~30%의 분포를 보이고 있으나 가을과 겨울철은 그 빈도가 약하다. 북동풍은 여름과 가을철을 제외하고는 그 빈도가 약하다.

영덕지방은 남서풍이 여름철(24%)을 제외하고 전 계절을 통하여 30%이상의 분포를 보이고 있으며 특히, 겨울철은 70%를 보이고 있다. 북동풍은 겨울(16%)을 제외하고 40% 정도의 분포를 보이고, 남동풍은 봄과 여름철을 제외하고는 매우 미약하다. 또한 북서풍은 전 계절에 걸쳐 낮게 나타나고 있다.

포항지방은 남서풍이 여름철(27%)을 제외한 전 계절에 걸쳐 탁월하며 특히, 겨울철은 74%를 보이고 있다. 북동풍은 봄에서 가을까지 탁월하게 나타나며 여름철이 45%로 다른 계절에 비하여 탁월하다. 남동풍은 저기압이 남해상으로 통과하는 봄철과 여름철에 비교적 탁월하며, 북서풍은 10% 내외로 작게 나타났다.

울산지방은 북서풍이 여름철(10%)을 제외한 전 계절에 걸쳐 탁월하며 특히, 겨울철은 67%를 보이고 있다. 북동풍은 봄에서 가을까지 탁월하게 나타나며 가을철이 40%로 다른 계절에 비하여 탁월하다. 남동풍은 저기압이 남해상으로 통과하는 봄철과 여름철에 비교적 탁월하며, 남서풍은 여름철(25%)을 제외하고는 적게 나타났다.

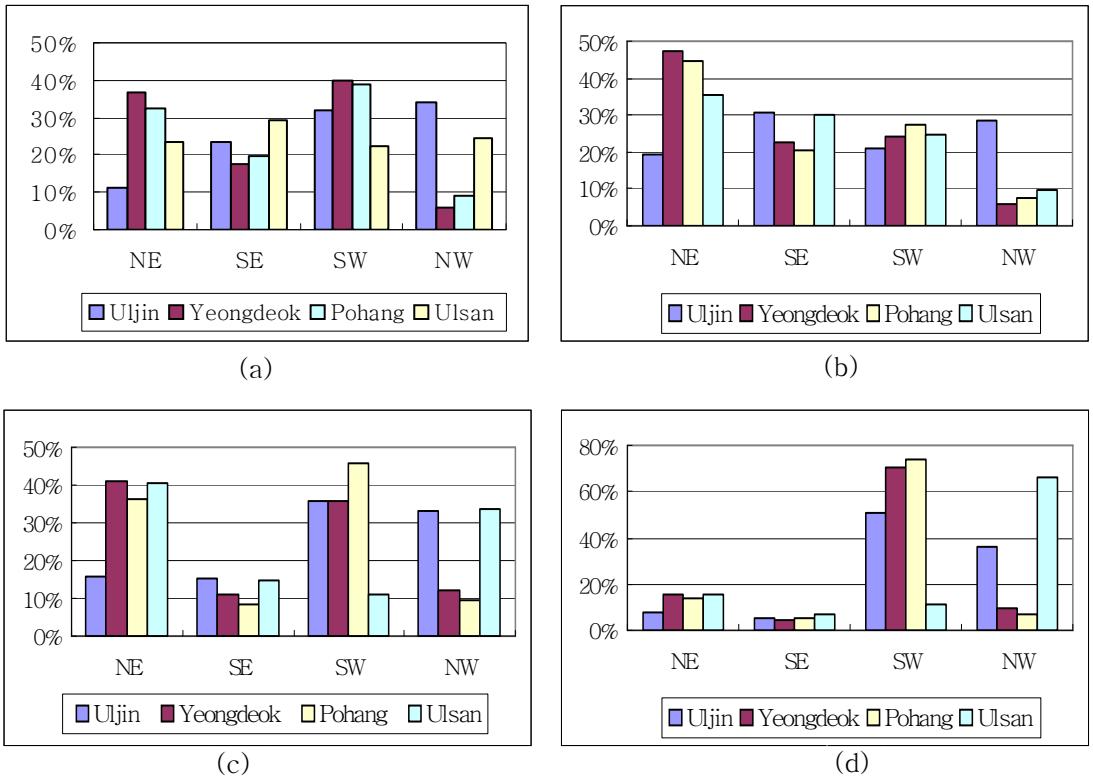


Fig. 4.1 The distribution of the maximum wind direction's frequency in (a) Spring, (b) Summer, (c) Fall and (d) Winter

b. 연평균 분포

Fig. 4.2는 연평균 풍향별 발생빈도로서, 울진지방에서는 남서풍이 연중 36%로 가장 많이 발생되고 있으며, 다음으로 북서풍 33%, 남동풍 18%, 북동풍 13%가 발생되었다. 영덕지방은 남서풍이 연중 43% 발생되고 있으며, 다음으로 북동풍 35%, 남동풍 14%, 북서풍 8%가 발생되었다. 포항지방은 남서풍이 연중 48%로 가장 많이 발생되고 있으며, 다음으로 북동풍 31%, 남동풍 13%, 북서풍 8%가 발생되었다. 울산지방은 북서풍이 연중 35%로 가장 많이 발생되고 있으며 다음으로 북동풍 28%, 남동풍 20%, 남서풍 17%가 발생되었다.

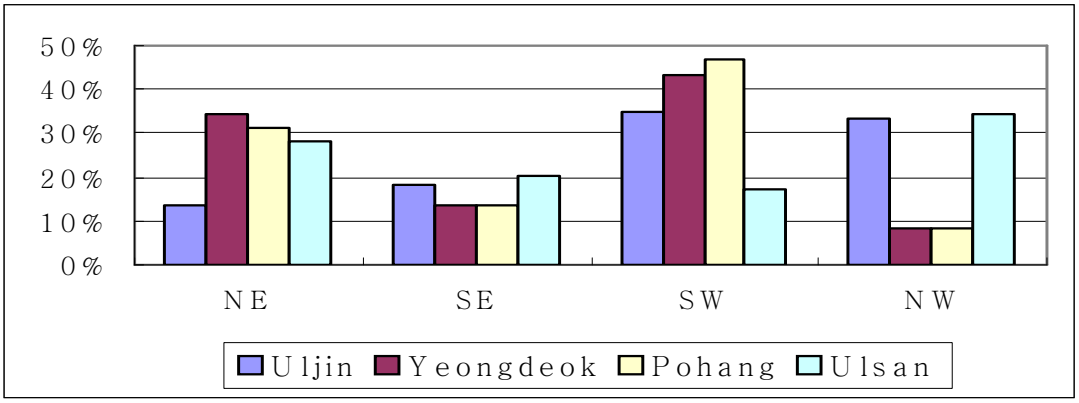


Fig. 4.2 The annual distribution of the wind direction's frequency (2001~2006)

계절에 따른 지역별 풍계의 특징을 종합하면 봄철에는 울진은 북서풍과 남서풍이, 영덕과 포항은 남서와 북동풍이 탁월하고, 울산은 탁월풍이 없다. 여름철에는 울진은 북서풍과 남동풍이 다소 우세하나 모든 풍계가 비슷한 분포를 보이고 있고, 영덕과 포항은 북동풍이 탁월하고, 울산은 북동풍과 남동풍이 탁월하다. 가을철에는 울진에서 북서풍과 남서풍이, 영덕과 포항에서는 북동풍과 남서풍이, 울산에서는 북서풍과 북동풍이 탁월하다. 겨울철은 울진에서는 북서풍과 남서풍이, 영덕과 포항은 남서풍이, 울산은 북서풍이 탁월하다.

B. 동해남부 연안지방의 기온특성

1. 기온 분포

Table 4.1은 동해남부해안지방 주요도시의 연평균기온으로 울진은 12.5℃, 포항과 울산은 13.8℃로서 울진지방이 다소 낮다. 최고기온은 울진 17.0℃ 포항 18.6℃ 울산 18.9℃이며, 최저기온은 울진 8.3℃, 포항 9.8℃, 울산 9.3℃로서 고위도인 울진지방이 최고기온은 1.6~1.9℃ 낮고 최저기온은 1.0~1.9℃정도 낮은 분포를 보이고 있다.

월별 평균기온은 울진이 전월에 걸쳐 포항과 울산에 비해 낮은 분포를 보이고, 울산은 여름철인 6~8월에 포항보다 다소 높고 나머지 월은 포항보다 낮거나 같은 분포를 보인다. 월별 최고기온은 전반적으로 울산이 전월에 걸쳐 포항보다 다소 높게 나타나고, 최저기온은 전월에 걸쳐 포항이 울산보다 다소 높게 나타나고 있다.

Table 4.1 Monthly mean temperatures of the south coast of the East Sea(1971~2000)

Element \ Monthly / Point		Jan.	Fab.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
Mean temp. (℃)	Uljin	1.0	1.9	6.0	11.9	16.1	19.0	22.9	23.8	19.8	14.9	9.0	3.6	12.5
	Pohang	1.6	3.1	7.4	13.4	17.9	21.0	24.8	25.4	21.3	16.1	9.9	4.0	13.8
	Ulsan	1.6	3.2	7.4	13.1	17.6	21.1	25.0	25.7	21.2	15.9	9.6	4.0	13.8
Max. temp. (℃)	Uljin	6.1	6.8	10.5	16.5	20.7	22.7	26.3	27.3	23.9	19.9	14.0	9.0	17.0
	Pohang	6.5	8.1	12.3	18.5	23.1	25.3	28.8	29.3	25.4	21.2	15.0	9.2	18.6
	Ulsan	7.0	8.5	12.7	18.7	23.2	25.7	28.9	29.8	25.8	21.6	15.5	9.9	18.9
Min, temp. (℃)	Uljin	−3.3	−2.3	1.4	6.9	11.3	15.5	19.9	20.7	15.8	10.0	4.2	−0.9	8.3
	Pohang	−2.4	−1.1	3.0	8.6	13.1	17.5	21.7	22.4	17.7	11.8	5.6	−0.1	9.8
	Ulsan	−2.7	−1.3	2.6	7.7	12.3	17.1	21.7	22.3	17.4	11.0	4.8	−0.7	9.3

2. 풍계에 따른 기온변화 조사

동해남부해안지방은 해풍의 영향으로 풍계에 따른 기온 변화가 뚜렷한 지역이다. 특히, 남서기류와 북동기류가 유입될 때는 예상보다 기온차가 크게 나타나고 있다. 2001년부터 2006년까지 최근 6년간의 자료에 따르면 남서기류의 영향을 받는 날이 7~8월에 포항과 울산은 한달에 10~18일이나 되며, 북동기류의 영향을 받는 날이 한달에 6~12일이나 된다.

a. 남서기류 유입 시 고온현상

Fig. 4.3은 남서기류가 유입될 때 낮 최고기온의 분포로, 낮 최고기온이 25℃이상 되는 날은 주로 4월에서 11월까지 나타나며, 포항이 가장 많고 다음이 울산, 울진 순이다. 월별 분포는 울산이 포항보다 6월과 7월에 조금 많이 나타나는 것을 제외하고는 포항이 많다.

낮 최고기온이 30℃ 이상인 날은 주로 4월에서 9월까지로 포항이 울산이나 울진에 비해서 전반적으로 많이 나타나고 있으며, 월별 분포는 모든 달이 포항이 울산보다 많다.

낮 최고기온이 35℃ 이상인 날은 6월부터 8월까지로 포항이 울산이나 울진보다 현저하게 많이 나타나고 있다.

월별 분포는 포항은 7월에 가장 많이 나타나고 울산은 8월에 더 많이 나타나며 울진은 7~8월에 나타난다.

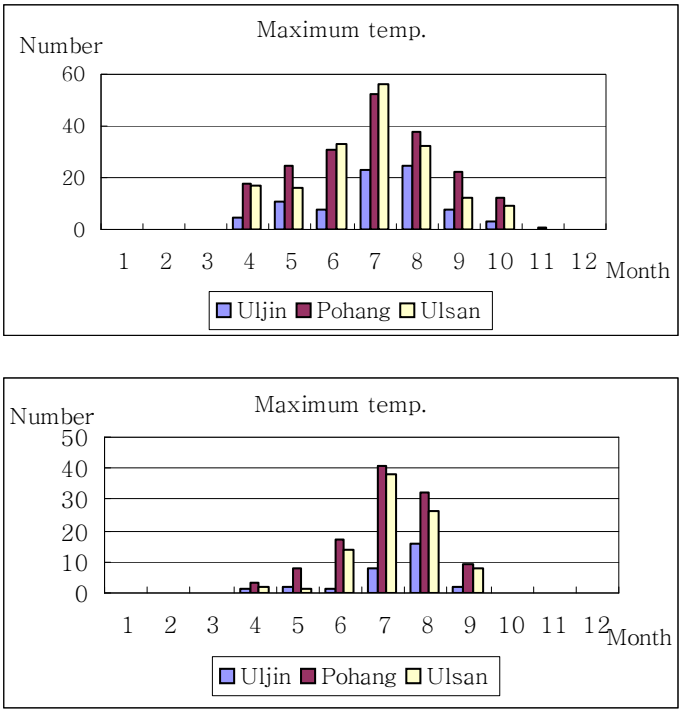


Fig. 4.3 Frequency of the maximum temperature is more than (a) 25℃, (b) 30℃ and (c) 35℃ when the in draft of southwestern wind is exist

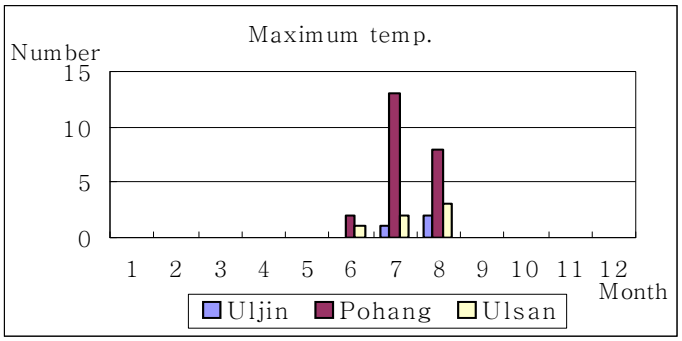


fig.4.3 continued

이상에서 남서기류가 유입될 때에는 포항지방은 울산이나 울진에 비하여 최고기온이 높게 나타나는 날이 많으며 특히, 35℃ 이상인 날이 월등히 많은데, 이는 남쪽에 1,240m의 가지산 등이 위치하여 남서풍이 불어올 때 푄현상이 나타나기 때문이다.

반면에 울진지방은 포항이나 울산지방에 비하여 나타난 날수가 월등히 적고 35℃이상인 날은 거의 나타나지 않고 있는데, 이는 울진지방의 여름철 주풍이 남동과 북서풍에 기인한 것으로 보인다.

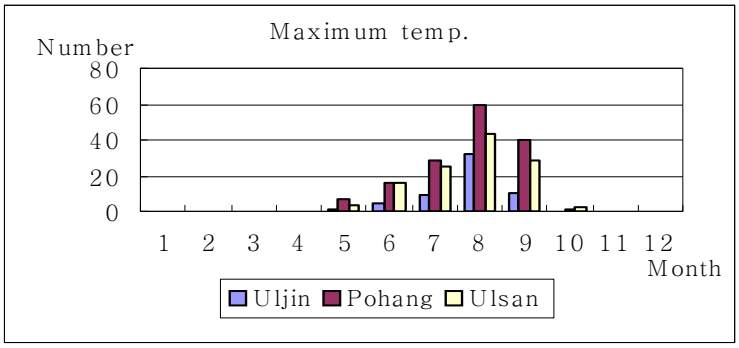
b. 북동기류 유입 시 고온현상

Fig. 4.4는 북동기류가 유입될 때에 낮 최고기온 분포로 낮 최고기온이 25℃ 이상 되는 날은 주로 5월에서 10월까지이며, 전체 나타난 횟수는 포항이 가장 많고 다음으로 울산, 울진 순이다. 월별 분포는 7~9월에 많이 나타나며 그중 8월이 가장 많고 10월은 거의 나타나지 않고 있다.

낮 최고기온이 30℃ 이상 되는 날은 주로 6월에서 9월까지로 전체 나타난 횟수는 포항과 울산은 같고 울진이 다소 적다. 월별 분포는 포항과 울산은 7~8월에 많이 나타나고 있으나 울진은 9월에 많이 나타나고 있다.

낮 최고기온이 35℃ 이상 되는 날은 전 기간을 통하여 울산이 7월에 단 1회만 나타났다.

이와 같이 북동기류 유입으로 인해 최고기온이 25℃이상인 날은 남서기류가 유입될 때 보다 한달 정도 늦게 나타나고, 또한 35℃이상의 높은 기온이 거의 나타나지 않는 것은 고기압권내에 들어 오전에 지면 가열에 의해 기온이 상승하다가 오후(13~17시)에 해풍인 북동풍이 불어 해수 온도의 영향을 받기 때문이다.



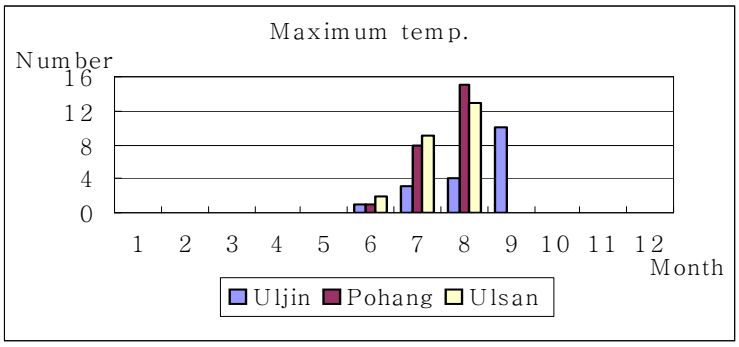


Fig 4.4 Frequency of the maximum temperature is more than (a) 25℃ and (b) 30℃ when the in draft of northeastern wind is exist

3. 최저기온 전일 대비 기온변화 분석

Table 4.2는 전날 최저기온보다 5℃이상 높게 나타난 날의 분포로서 울진이 87회로 가장 많고, 울산이 69회 포항이 53회 나타나 포항이 주변 지역에 비해 기온변화가 가장 적은 것을 알 수 있다. 월별 분포는 전반적으로 봄과 겨울에 많이 나타나고 있다.

Table 4.2 Days when it was higher 5℃ than the preceding day

Point \ Month		Jan.	Fab.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	*Total*
Num-ber	Uljin	11	9	17	14	7	1	0	0	2	5	12	9	87
	Pohang	11	6	10	8	5	0	1	0	0	3	2	7	53
	Ulsan	11	11	9	14	4	1	0	0	1	2	7	9	69

Fig. 4.5는 전날 최저기온보다 5℃ 이상 높게 나타난 날의 풍향분포로서 남서계열의 바람이 불 때가 가장 많았으며 북동과 남동계열이 불 때는 상대적으로 적게 나타나고 있다.

지역별로는 울진은 남서와 북서기류가 불 때 많이 나타났고, 포항은 남서와 북동이, 울산은 북서와 남서기류가 불 때 최저기온 차이가 많이 나타나고 있다.

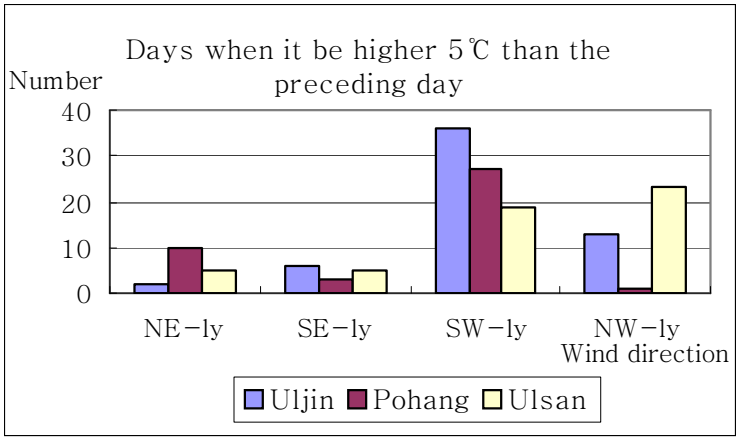


Fig. 4.5 The distribution of wind direction

4. 사례 분석

a. 남서기류가 유입할 때 푄현상에 의한 낮 최고기온

(1) 북쪽 저기압의 활성화 영향

Fig. 4.6은 2005년 5월 14일 낮 최고기온 분포도를 나타낸 것으로, 동해안지방 중 남동풍의 영향을 받은 울진은 17.2℃, 울산은 23.1℃를 나타낸 반면 남서풍의 영향을 받은 포항은 26.4℃로서 내륙지방인 상주와 안동보다도 높은 기온을 보이고 있다.

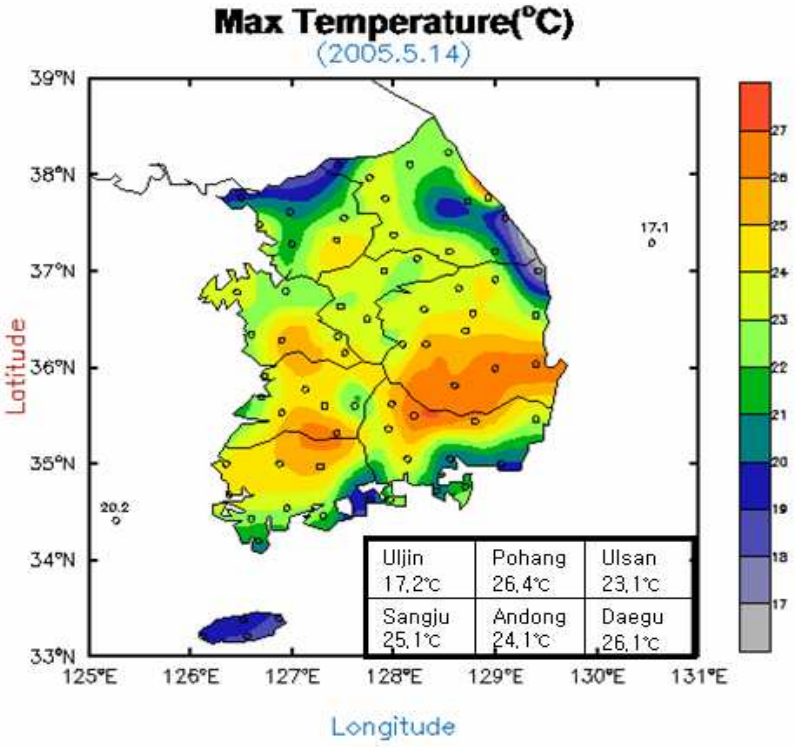


Fig. 4.6 The distribution of Max Temperature at May 14, 2005

Fig. 4.7의 바람 분포를 보면 울진지방은 남동풍이 다소 강하게 지속적으로 불었으며 울산지방도 남동풍계열의 바람이 불었다. 내륙지방인 대구는 뚜렷한 바람은 없었으나 포항지방은 남서~서풍의 바람이 지속적이고 강하게 불었다.

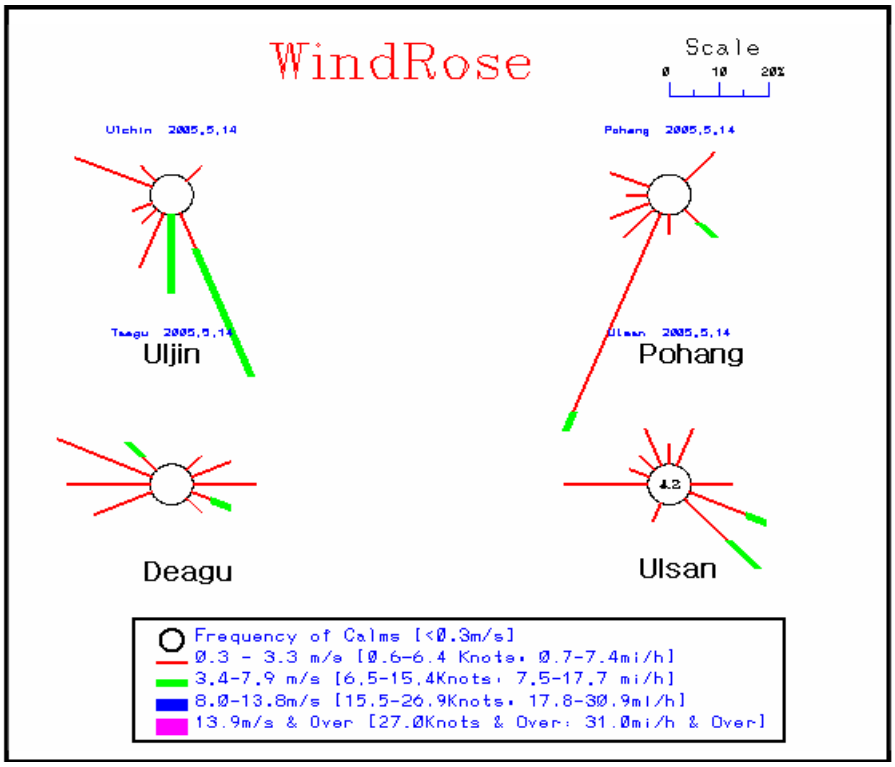


Fig. 4.7 Wind-rose at May 14, 2005

Fig. 4.8을 보면, 서해상에 이동성 고기압이 위치해 있고 연해주 지방에 중심을 둔 저기압은 발달하면서 남하하고 있다. 상층에서도 연해주에서 만주로 이어진 기압골이 남쪽으로 처지면서 저기압으로 발달하는 모습을 보이고 있다.

이러한 기압배치의 영향으로 울진과 울산지방에는 남동계열의 바람이, 포항지방은 남서풍이 불어 기온차이가 많이 났다.

당초 예보를 분석 할 때에는 서해해상에 중심을 둔 고기압이 동진해 동해상에 위치하면서 고기압 가장자리에 들다가 점차 이동성 고기압의 영향을 받아 북동풍 유입 가능성을 고려하여 낮 최고기온을 20℃를 예상했으나 실황은 26.4℃를 나타냈다. 이는 통상 남서풍의 유입은 남쪽 기압골에 의한 것으로만 생각하기 쉬운데 북쪽 저기압으로 인한 남서풍 유입도 고려해야 함을 뜻한다.

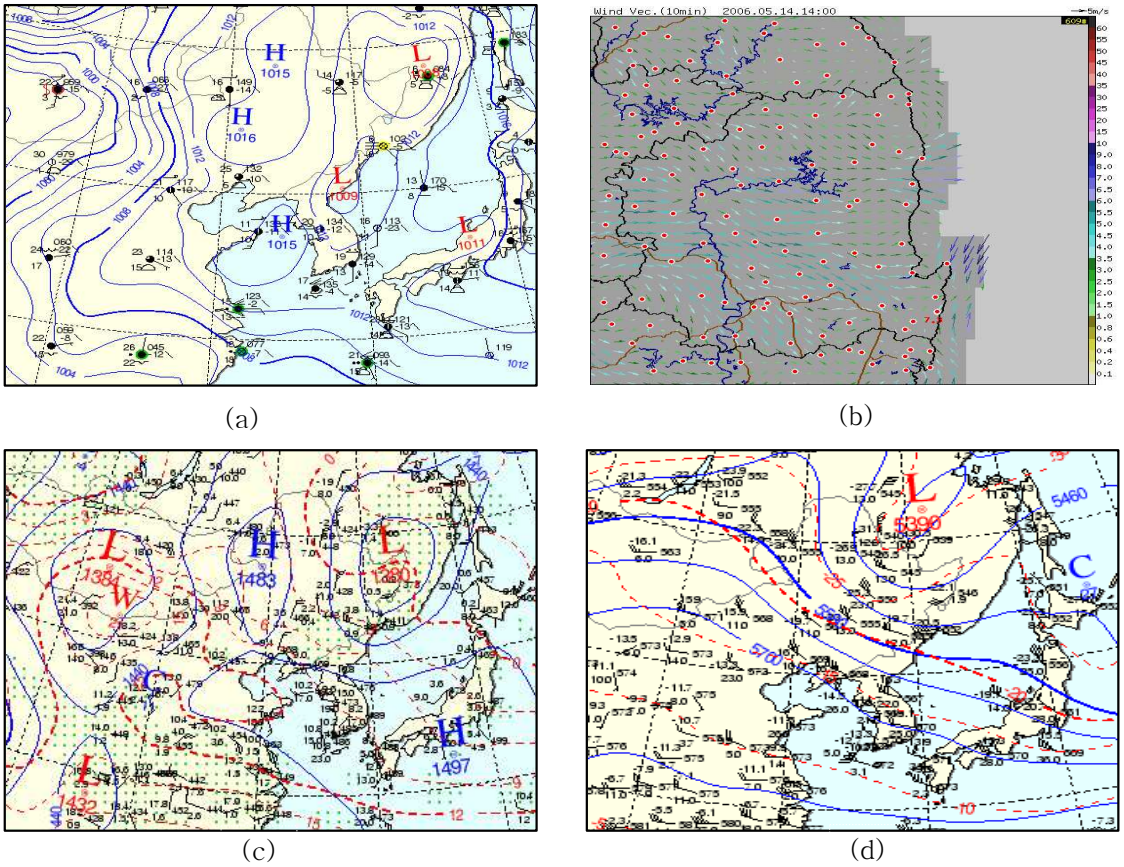


Fig. 4.8 The status of (a) Surface weather chart at 06UTC, (b) AWS wind vector at 05UTC, (c) 850 hPa weather chart at 00UTC, and (d) 500 hPa weather chart at 00UTC May 14, 2005

(2) 남쪽 기압골의 영향

Fig. 4.9는 2006년 6월 26일 낮 최고기온 분포로, 남서풍의 영향을 받은 포항과 울산, 대구의 기온이 28.9~29.9℃로 내륙지방인 안동과 상주의 25.7~25.1℃ 보다 높게 나타났으며, 울진은 남동풍의 영향을 받아 22.2℃의 분포로 포항보다 7.7℃나 낮게 나타났다.

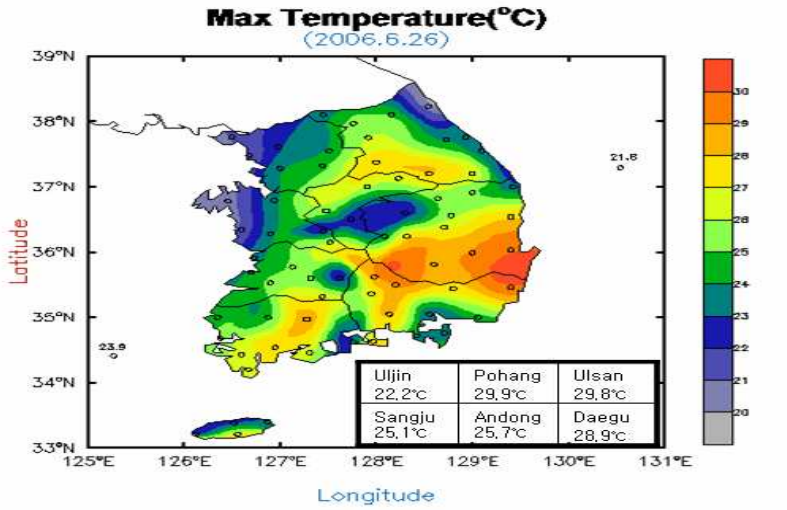


Fig. 4.9 The distribution of Max Temperature at June 26, 2006

Fig. 4.10의 바람분포를 보면 포항과 울산은 남서풍이 지속적이고 강하게 불었으며. 대구지방은 서풍이 다소 우세하였고, 울진은 남풍과 남동풍이 지속적이고 강하게 불어 해풍의 영향을 받아 낮 최고기온이 낮게 나타났다. 이날 죽변 해역의 수온은 17℃ 이었다.

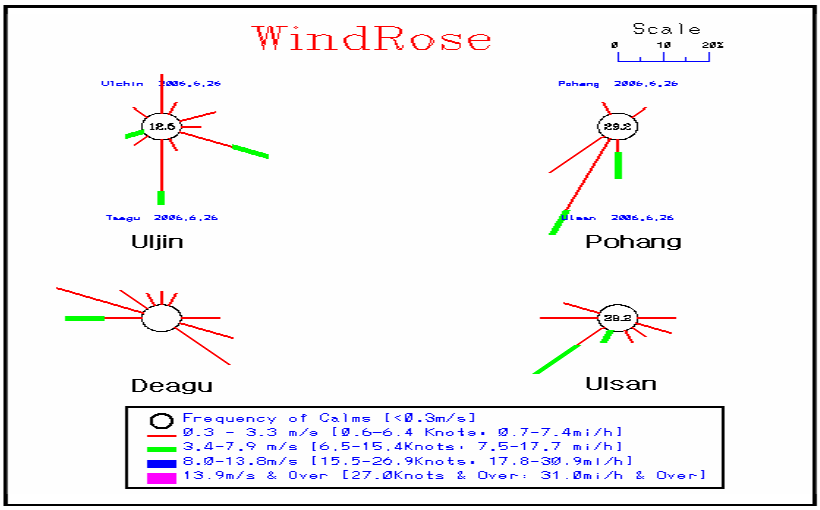


Fig. 4.10 Same as in Fig. 4.7 except for at June 26, 2006

Fig. 4.11을 보면, 서해상에 위치한 기압골이 발달하여 26일 15시(06UTC)에는 저기압 중심이 중부북부지방에 자리 잡고 있으며, 상층에서도 만주 북쪽에 위치한 기압골이 발달하여 포항과 울산지역으로 20kts이상의 강한 남서기류가 지속적으로 유입되었다. 이는 경북 동해안의 기온 연구에서와 같이, 남서류 유입 시 동해안지방의 푄현상은 850hPa 풍속이 20kts이상 강하게 불어야 나타난다고 한 것과 일치한다(조군석, 2004). 따라서 남서기류가 유입할 때에는 850hPa 풍속이 어느 정도 강하게 불 것인지를 미리 파악하는 것이 중요하다.

이날 남부지방은 장마전선의 영향으로 비가 예상되고, 26일 전선이 다소 북상하여 포항지역은 흐리고 한때 비가 온 후 오후에 개일 것으로 예상하여 낮 최고기온을 22℃를 예상했으나, 오전부터 지속적으로 남서풍이 유입되고 흐린 날씨를 보여 최고기온이 높게 나타났다.

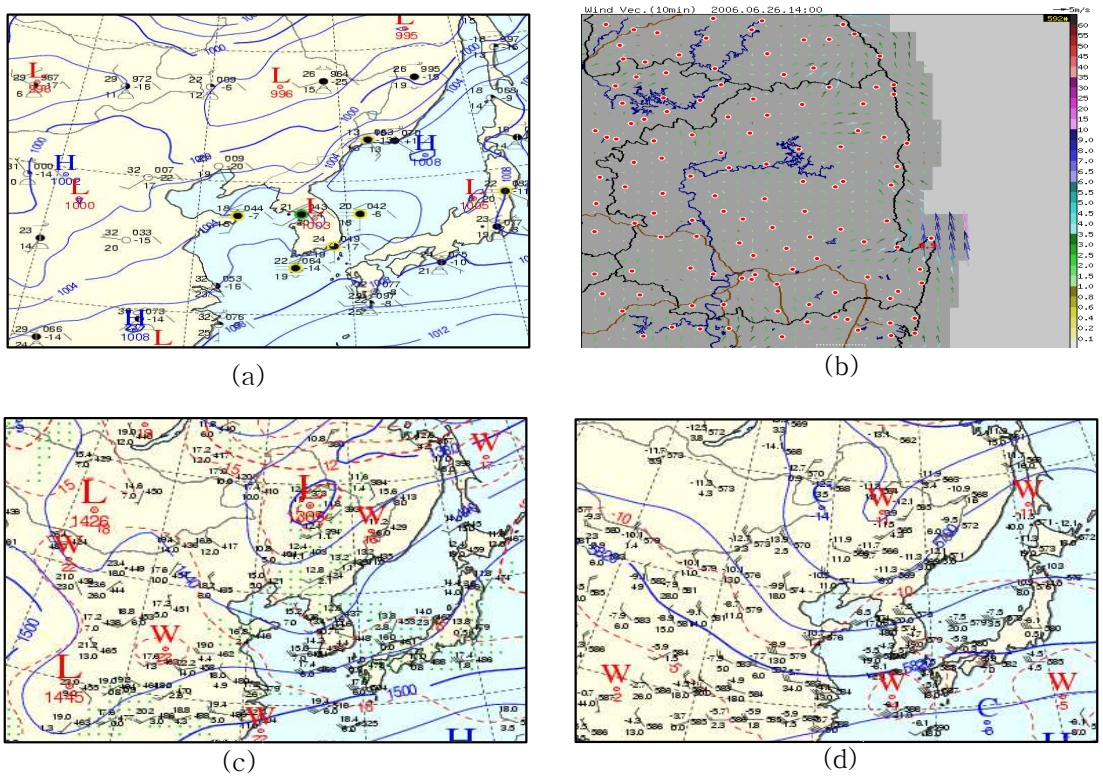


Fig. 4.11 Same as in Fig. 4.8 except for June 26, 2006

b. 북동기류가 유입할 때에 최고기온

북동기류가 불어오면 내륙에는 맑은 날씨를 보이지만 동해안지방은 구름이 많거나 흐린 상태에서 강수현상이 나타날 때가 많아 내륙지방과는 하늘상태나 기온에서 큰 차이가 난다.

이러한 현상은 동해해상에 온도골(themal trough)이 있을 때 자주 나타나는 것으로 분석된다. 겨울철에 이런 현상이 나타나면 해안지방은 비가, 동해안 산간에는 많은 양의 강설이 나타난다. 북동기류에 의한 구름대의 생성은 온도뿐만 아니라 강수예보에도 매우 중요하다.

(1) 동해해상에 고기압 영향

Fig. 4.12는 2006년 5월 24일 낮 최고기온 분포로서, 북풍의 영향을 받은 울진은 17.6℃, 북동풍의 영향을 받은 포항은 16.8℃, 울산은 21.2℃, 내륙지방인 대구, 안동, 상주는 25~27℃의 분포를 보여 동해안지방이 내륙에 비해 매우 낮은 기온 분포를 보이고 있다.

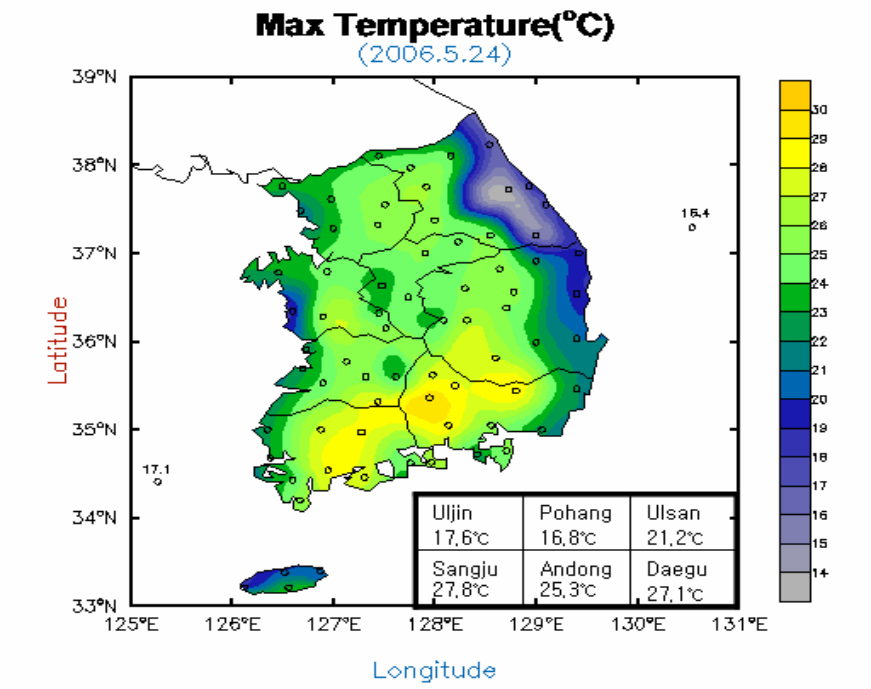


Fig. 4.12 Same as in Fig. 4.9 except for at May 24, 2006

Fig. 4.13의 바람분포를 보면 울진이 북풍과 북서풍이 지속적으로 강하게 불었으며, 포항과 울산은 북동풍이 주 풍계를 이루고 내륙지방인 대구는 남동풍이 우세하였다.

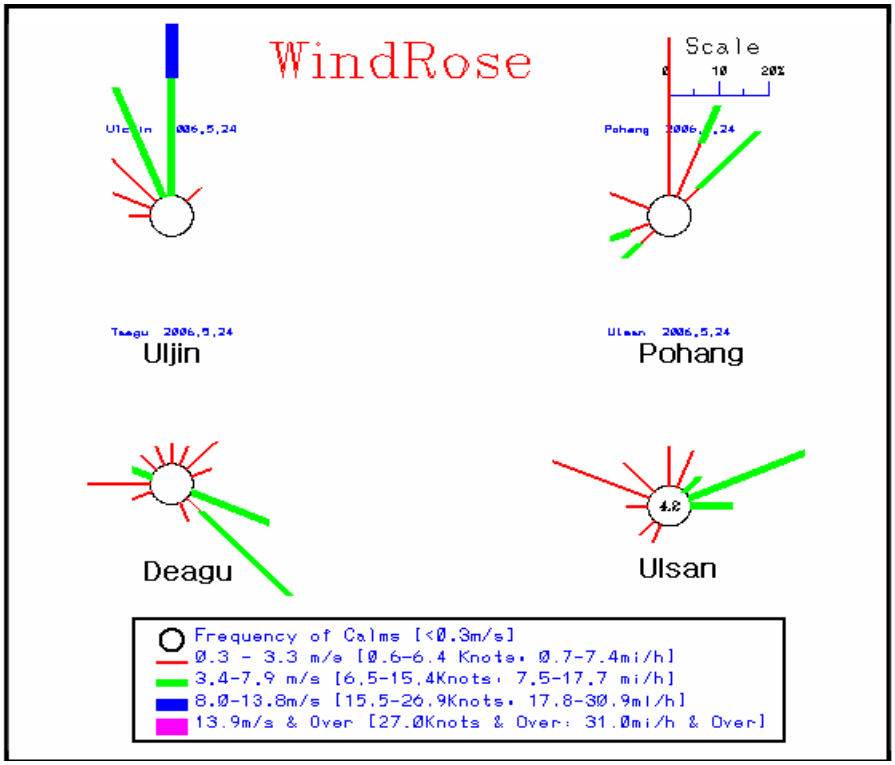


Fig. 4.13 Same as in Fig. 4.10 except jfor at May 24, 2006

이 사례는 동해해상에 고기압이 위치해 있을 때 동해안 지역에 북동기류가 유입되는 대표적인 사례로, Fig. 4.14에서와 같이 지상에서는 제주도 남쪽을 지나는 이동성 고기압이 빠르게 동해해상으로 이동하고, 상층에서는 연해주에 중심을 둔 절리저기압이 돌아 나가면서 지상에 고기압성 와도를 활성화시켜 03UTC에는 동해북부해상에 고기압이 형성되어 북동기류가 유입되었다. 이 고기압은 남쪽으로 처지면서 확장하다가 12UTC에는 울진지역이 그 중심권에 들어 일중 북동기류의 유입이 많았다.

920hPa일기도에 U자 모양의 온도골이 동해해상에 위치하고, 이 온도골이 해소되자 북동기류도 점차 약해져 25일 00UTC에는 북동기류가 완전히 해소되었다.

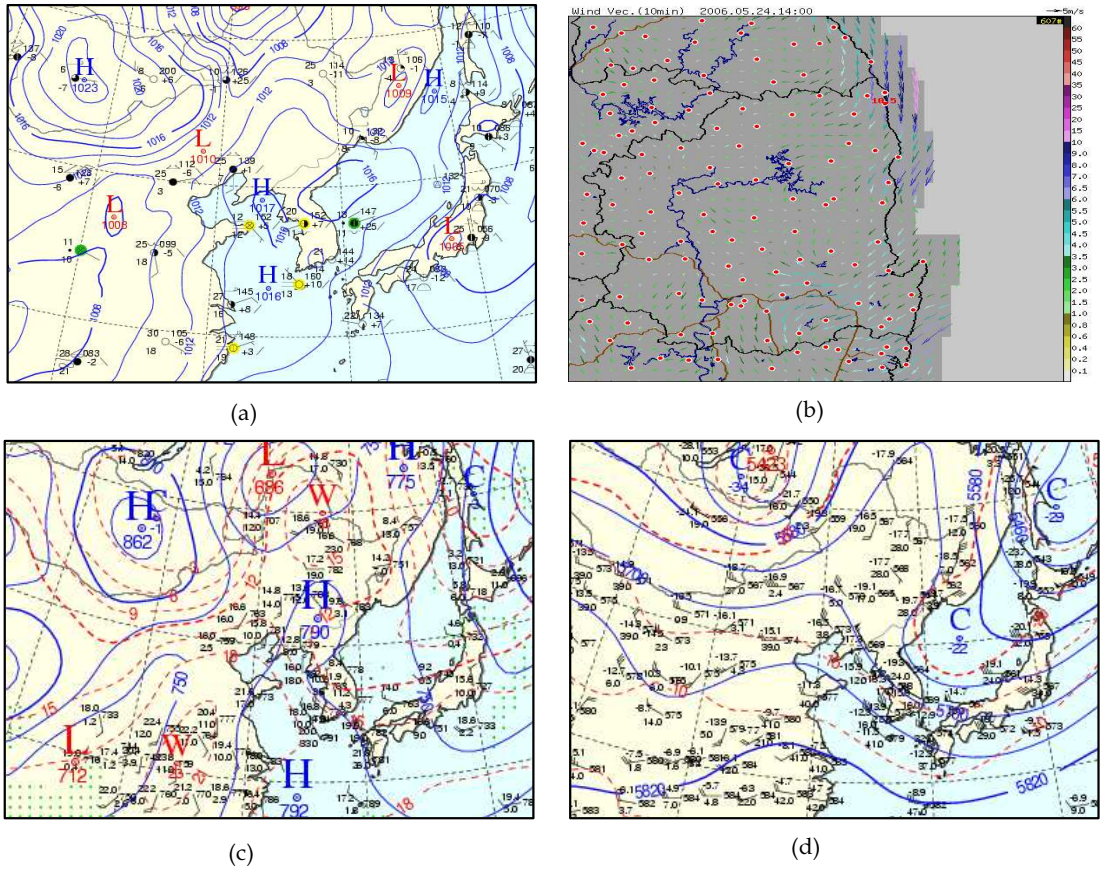


Fig. 4.14 The status of (a) Surface weather chart at 03UTC, (b) AWS wind vector at 05UTC, (c) 850 hPa weather chart at 00UTC, and (d) 500 hPa weather chart at 00UTC May 24, 2006

(2) 해풍이 오전에 유입된 사례

Fig. 4.15는 낮 최고기온 분포로 2005년 4월 28일 울진과 포항 등 경북 동해안지방의 낮 최고기온이 30도를 넘는 높은 기온분포를 나타내고 있으나 29일에는 해풍의 영향으로 낮은 기온분포를 보여 21℃ 내외를 나타내었다.

일반적으로 해풍은 일사로 인해 육지의 기온이 상승하는 오후에 유입이 되나 여러 가지 요인에 의해서 오전에 유입 되거나 밤에 유입될 때가 있는데 해풍 유입 시점에 따라 해안지방의 낮 최고기온은 많은 영향을 받는다. 이 날은 전날 최고기온(32.8℃)이 높게 올라가고 당일 최저기온(18.6℃)이 높게 나타남으로써 육지가 해수(호미곶 14℃)보다 기온이 높아 열 균형에 의한 해풍이 오전부터 오후까지 지속적으로 불었다.

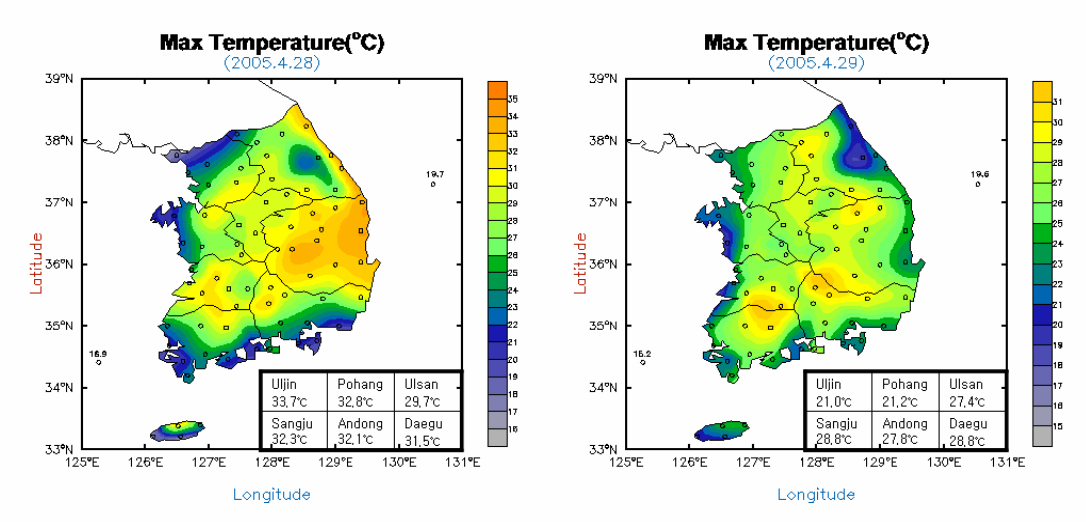


Fig. 4.15 Same as in Fig. 4.12 except for from 28 to 29 Apr. 2005

Fig 4.16의 바람 분포를 살펴보면 28일에는 남서풍이 탁월하게 영향을 주었고, 29일에는 북동풍이 강하게 유입되는 것을 볼 수 있다. 이는 주 풍계에 따라 기온변화가 하루사이에 크게 나타난다는 것을 잘 보여주고 있다.

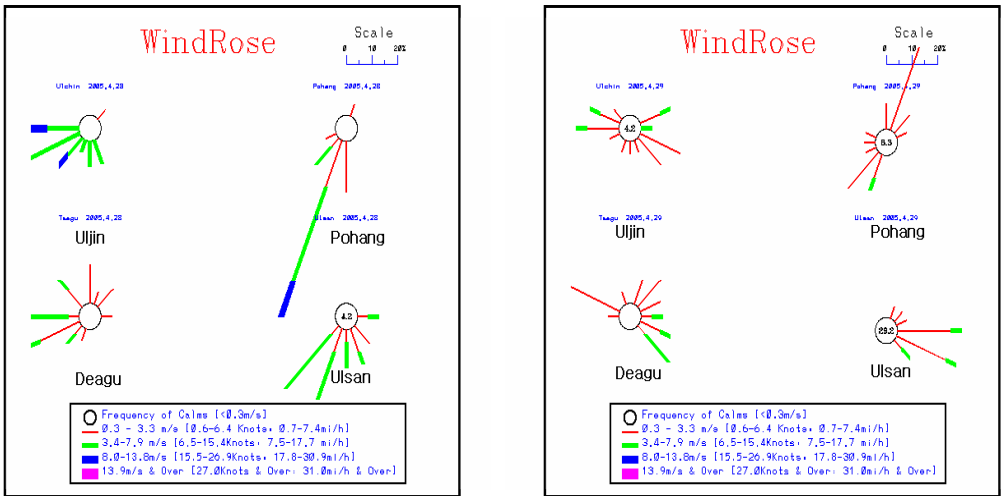


Fig. 4.16 Same as in Fig. 4.13 except for from 28 to 29 Apr. 2005

Fig. 4.17의 지상일기도와 바람벡터를 보면 28일에는 만주지역에 저기압이, 일본 남해상으로 고기압이 위치해 있는 남고북저형의 기압배치에서 남쪽 고기압 후면으로부터 지속적인 남서기류가 유입되어 낮 최고기온이 전국적으로 소폭 상승하였다. 남서기류가 유입할 때 포항지역은 국지적인 푄현상으로 낮 최고기온이 32.8℃로 다른 내륙관서보다 더 높게 나타나는 경향이 있으며 이 날은 대구의 31.5℃ 보다도 높은 기온을 나타냈다. 그러나 29일 동해해상에 고기압이 위치하여 북동기류가 오전부터 유입되고 06UTC에는 그 세력이 더 뚜렷해짐으로 오후까지 북동기류 유입이 지속되어 낮 최고기온이 오르지 않았다.

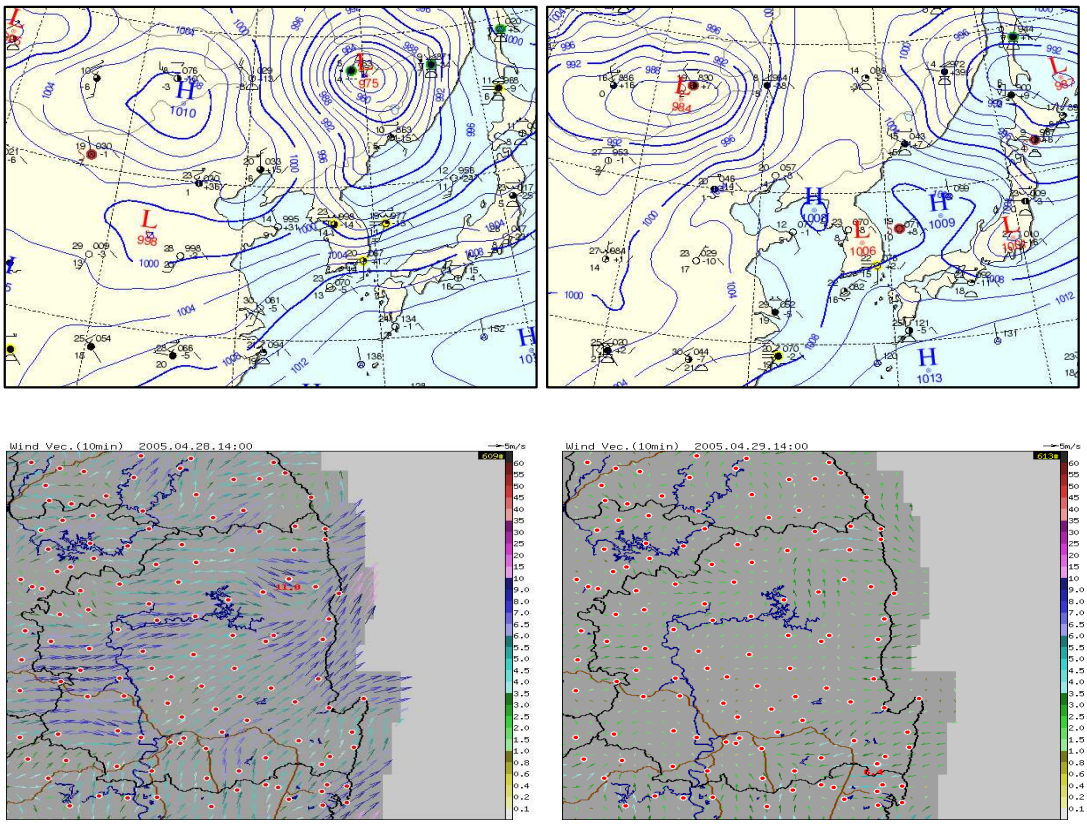
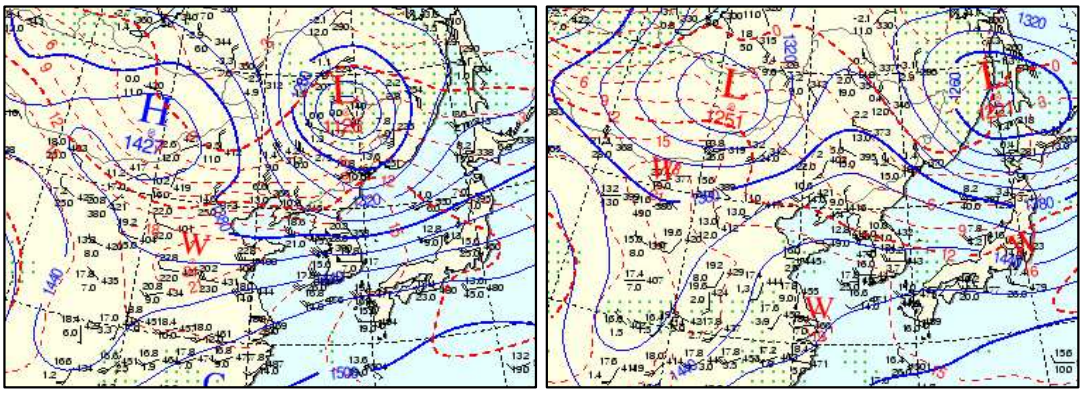


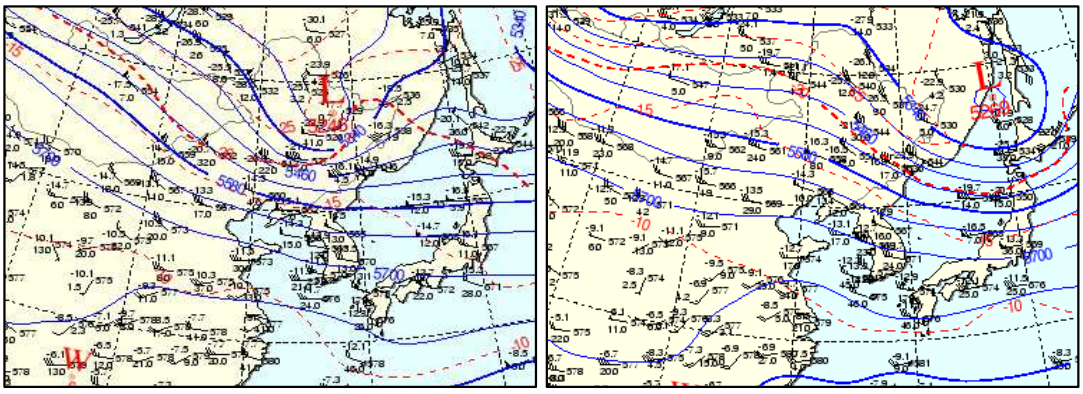
Fig. 4.17 The status of (up)Surface weather chart at 03UTC, and (down)AWS wind vector at 05UTC from 28 to 29 Apr. 2005.

Fig. 4.18의 850hPa 일기도에서는 남서기류의 영향이 강했던 28일에는 20kts가 초과하는 남서기류가 유입되었고, 29일에는 포항지역에 서풍이 유입되는 것을 볼 수 있다.

500hPa 일기도에서는 연해주에 위치한 단파 골이 29일 00UTC에는 남동쪽으로 더 깊이 발달하는 것을 볼 수 있으며. 이 상층기압골이 지상고기압을 발달시켜 29일 북동풍이 오전부터 유입되었다.



(a)



(b)

Fig. 4.18 The status of (a) 850 hPa weather chart, (b) 500 hPa weather chart from 00UTC 28 to 29 Apr. 2005

5. 동해남부 연안지방의 기온특성 요약

서쪽으로는 태백산맥, 동쪽으로는 바다와 접해 있는 동해남부 해안지방은 해양의 영향을 많이 받아 일기변화가 심하다. 특히 포항지방은 남서기류에 의한 푄현상으로 기온상승이 심하게 일어나고, 북동기류에 의해 저온현상이 지속되기도 하며, 심지어 전일에 비해 낮 기온이 10℃ 이상 낮게 나타나기도 하여 기온예보를 할 때에는 풍계에 따른 변화를 감안해야하는 것이 필수적이다.

앞서 분석한 사례를 중심으로 동해남부 해안지방의 기온특성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 서해상에 고기압 중심이 위치하고 연해주에서 발달한 저기압이 동해상에서 발달할 때에는 울진과 울산은 남동풍의 영향을 받아 낮 최고기온이 낮게 나타나는 반면, 포항지방은 남서기류의 영향을 받아 푄현상에 의한 기온상승이 크게 나타난다. 또한 서해상에 위치한 기압골이 발달하면 포항과 울산은 남서풍이 지속적으로 강하게 불어 기온이 많이 상승하나 울진은 남동계열에 바람이 불어 낮 최고기온이 낮게 나타난다. 이때에는 850hPa 일기도의 온도능의 위치와 20kts 이상의 강한 남서기류가 한반도로 유입되고 있는지에 관심을 기울여야 한다.

둘째, 동해상에 고기압의 영향으로 북동기류가 유입할 때 동해안지방은 내륙에 비해 낮 최고기온이 낮게 나타난다. 이때에는 920hPa 일기도에 U자모양의 온도골이 동해상에 위치하는가를 주목해야 한다. 이 온도선이 남쪽으로 치우치면 울산까지 북동기류의 영향을 받고, 온도골이 해소되면 북동기류도 점차 약해진다.

동해안지방에 북동기류가 유입되는 경우는 여러 요인이 있겠으나 동해상에 한역이 위치하고 만주지방으로 난역이 있어 온도선이 사행을 할 때에 북동기류가 들어오는 경우가 많았다. 또한 주풍계의 바람이 약한 낮에는 해풍이 들어오는 경우도 있었으며 전일 최고기온이 높게 형성된 다음날은 오전부터 해풍 유입이 나타나는 경향이 있었다.

동해남부 해안지방의 기온예보에 있어 고려해야 할 사항은 남서기류가 유입될 때 푄현상에 의한 기온 상승폭, 주 풍계 (풍향・풍속)의 예측, 난기와 한기유입의 시점(이동속도), 운량에 따른 복사냉각과 낮 구름대의 영향으로 인한 기온 변화 폭 등이다.

C. 안개 특성

1. 연안지방의 안개 분석

a. 월별 안개 발생 분포

Table 4.3은 울진, 포항, 울산의 1997년부터 2006까지 최근 10년간의 월별 안개 발생 일을 나타낸 것이다.

이 기간 동안의 안개 발생일수는 울진 139일, 울산 44일, 포항 37일로, 울진이 울산이나 포항에 비하여 3배 이상 많이 발생하고 있다. 계절별로는 봄과 여름에 집중되어 있는데 울진과 포항은 6월과 7월에 울산은 4월에서 7월에 가장 많이 발생하였다.

Table 4.3 Monthly number of foggy day(1997～2006)

Month	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Uljin	0	0	0	6	22	52	36	19	4	0	0	0	139
Pohang	0	0	0	1	6	10	10	8	0	0	1	1	37
Ulsan	0	1	2	7	9	8	9	0	2	4	2	0	44

Fig. 4.19는 월별 안개발생빈도를 나타낸 것으로, 울진은 안개가 4월에 시작하여 9월까지 발생하고, 월별 분포는 6월이 37%로 가장 높은 발생빈도를 나타냈으며, 7월 26%, 5월 16%, 8월 14%를 보여 5～8월이 전체의 93%를 차지하고 있다. 한편 10월부터 3월까지는 안개가 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

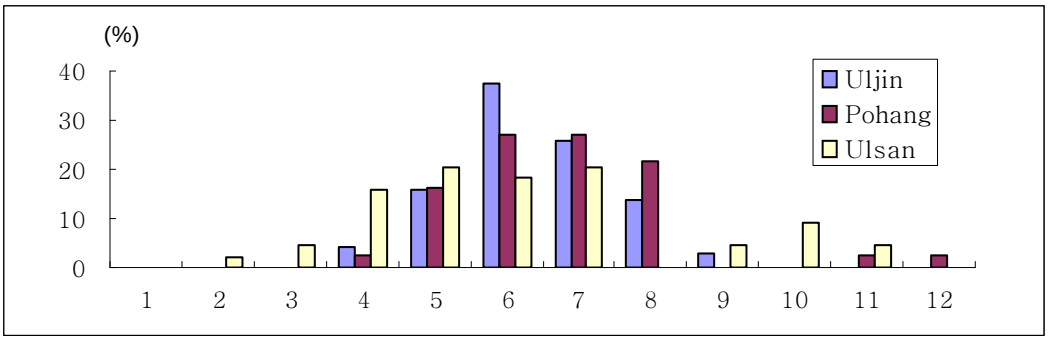


Fig. 4.19 The monthly frequency of the foggy days(1997～2006)

b. 풍향·풍속별 안개발생과 종료 빈도

Fig. 4.20은 울진지방의 풍속계급별 안개의 발생과 종료 빈도를 나타낸 것이다. 풍속(U)이 1≤U<2(㎧)일 때 안개가 가장 많이 발생하고 종료하였으며, 다음으로 2≤U<3(㎧)의 경우가 많았다. 대부분의 안개 발생은 풍속이 0.5≤U<3(㎧)일 때(73%) 나타나고 있으며, 안개의 종료는 1≤U <5(㎧) 일 때(81%) 나타난다.

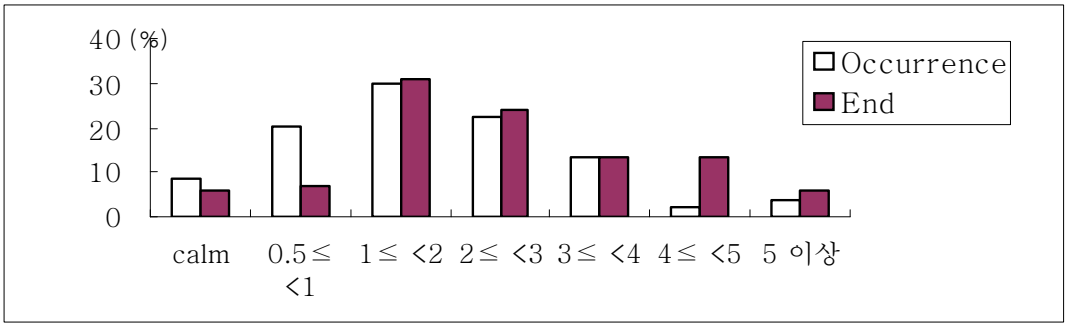


Fig. 4.20 The frequency of occurrence and disappearance of the fog by wind speed classification in Uljin(1997～2006)

Fig. 4.21은 울진의 풍향별 안개 발생과 종료 빈도를 나타낸 것으로 풍향별 안개 발생은 남남동풍과 남풍일 때가 가장 많았고, 서풍계열에서는 현저하게 감소하였다. 안개가 종료할 때의 풍향도 발생할 때와 비슷한 경향을 보였고 북풍과 북북서풍에서 많았다. 전반적으로 동풍계열에서는 안개발생이 종료보다 빈도가 높고, 서풍계열에서는 안개발생이 종료보다 낮은 빈도를 보이고 있다.

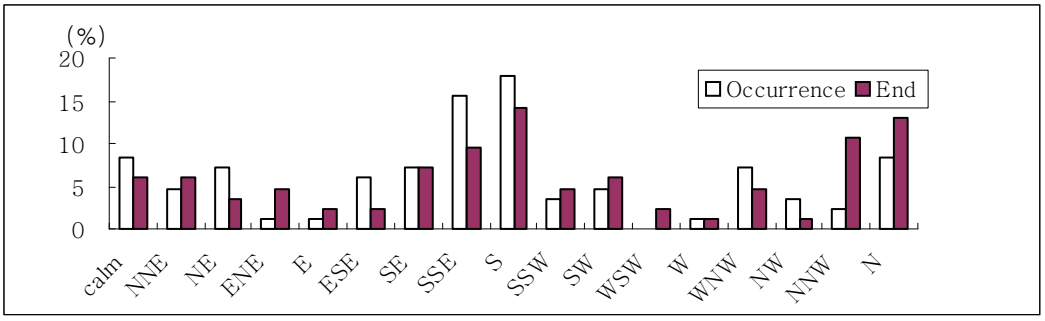


Fig. 4.21 Same as in Fig. 4.20 except for wind direction

Fig. 4.22는 포항지방의 풍속계급별 안개 발생과 종료 빈도를 나타낸 것이다. 풍속이 2≤U <3(㎧)일 때 안개가 가장 많이 발생하였고, 다음으로 정온(calm)과 0.5≤U <1(㎧)일 때 이다. 안개의 종료는 1≤U <2(㎧)와 2≤U <3(㎧)일 때가 가장 많고 다음으로 0.5≤U <1(㎧)의 경우가 많았다. 대부분의 안개 발생은 풍속이 3㎧ 미만일 때 나타나고 안개 종료는 4㎧ 이하에서 나타났다.

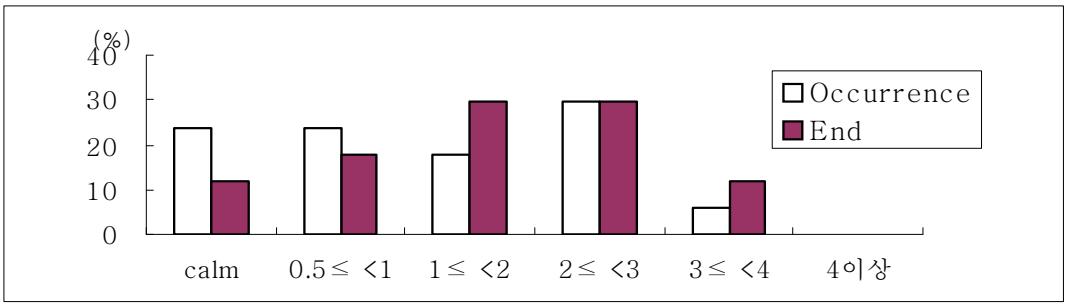


Fig. 4.22 The frequency of occurrence and disappearance of the foggy days by wind speed classification in Pohang(1997～2006)

Fig. 4.23은 포항의 풍향별 안개 발생과 종료 빈도를 나타낸 것인데 풍향별 안개 발생은 정온(calm)과 북동풍에서 각각 24%로 가장 많았고, 북북동풍과 동북동풍에서 각각 18%, 그 다음으로 남서풍이 12%로서 이 풍계에 96%가 집중되어 있다. 안개 종료도 비슷하여 북북동풍에서 29%로 가장 많고 동북동풍은 18%이고, 정온과 북동풍, 그리고 남서풍에서 각각 12%로 이 풍계에서 83%를 차지하고 있어 안개가 존재하는 풍향과 존재하지 않은 풍향이 명확히 구분된다.

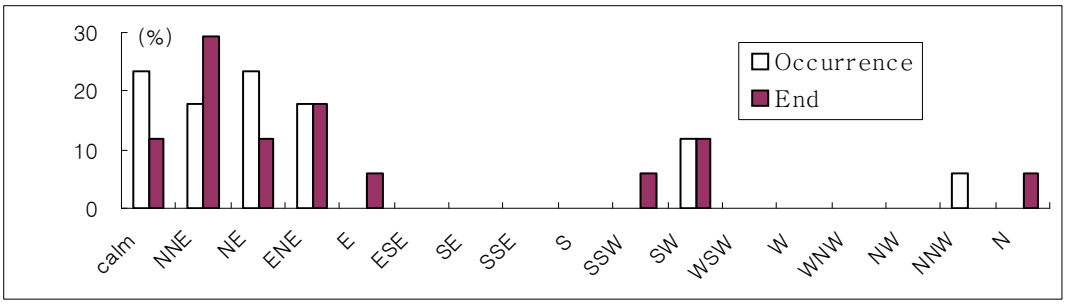


Fig. 4.23 Same as in Fig. 4.22 except for wind direction

Fig. 4.24는 울산의 풍속계급별 안개 발생과 종료 빈도를 나타낸 것이다. 안개 발생은 풍속이 정온일 때가 가장 많았고 다음으로 0.5≤U<1(㎧)과 1≤U<2(㎧)가 많았다. 안개 종료는 0.5≤U<1(㎧)일 때가 가장 많았고 다음으로 1≤U<2(㎧), 정온이 많았으며 3㎧ 이하에서는 안개가 모두 소산되었다.

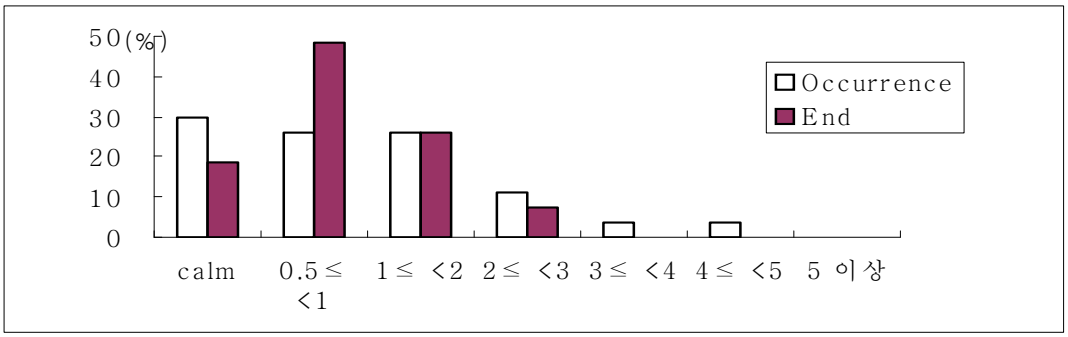


Fig. 4.24 The frequency of occurrence and disappearance of the foggy days by wind speed classification in Ulsan(1997～2006)

Fig. 4.25는 울산의 풍향별 안개 발생과 종료 빈도를 나타낸 것인데 안개의 발생은 정온이 26%로 가장 많았고, 동풍이 15%, 서북서풍, 북서풍이 각각 11% 순이다.

안개 종료에서도 정온이 19%로 가장 많았고, 서풍과 서북서풍이 각각 15%, 북서풍이 11% 순이다. 전반적으로 서풍계열의 바람에서 안개가 형성되었고, 정온일 때 안개가 많이 존재한 것으로 보아 복사무가 많은 것으로 분석된다.

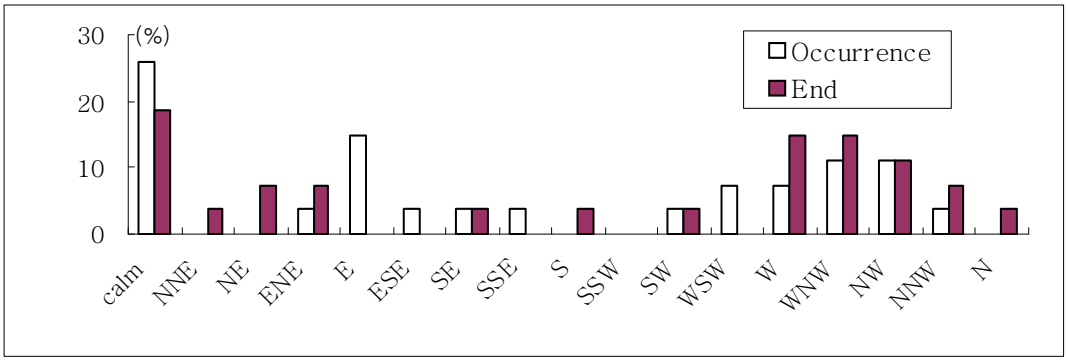


Fig. 4.25 Same as in Fig. 4.24 except for wind direction

동해남부해안지방의 풍향풍속별 안개 발생과 종료의 특징은, 울진지방은 안개가 발생할 때 바람이 다소 불며 풍향은 남풍에서 발생하여 서풍이 유입할 때 종료하였다. 이는 울진의 지리적인 특성으로 서풍계열의 바람이 유입될 때 태백산맥에 영향을 받아 단열승온에 의한 습도의 저하로 분석된다. 풍속은 남풍이 1~2㎧일 때 발생 가능성이 크고 해안에 접해 있어 이류무가 많이 발생한다.

포항지방은 풍향이 북동에서 발생하여 남동이나 서풍계열의 바람에서 종료하였다. 서풍계열에서 안개가 없는 것은 포항의 지리적인 특성으로 내륙에서 불어오는 바람이 습도가 낮은 건조한 바람이기 때문이며, 남동풍의 경우는 남동쪽에 구룡반도가 위치하여 해상의 영향을 덜 받기 때문이다. 풍속은 정온과 2~3㎧일 때 안개가 많았다.

울산지방은 안개 발생과 종료 때 풍속이 약한 것으로 보아 복사무가 대부분이고, 풍향은 다양한 편이나 정온 또는 북서계열에서 발생한다.

2. 해안지역의 해무 분석

동해남부해상에서 최근에 해무로 인한 해상사고는 2005년 6월 12일 오전 5시 19분경 울산광역시 동구 화암추 등대 앞 남동쪽 4.5㎞ 해상에서 철강 운반선 일진3호(978ton)와 중국 화물선 체하이호 (ZHE HIE, 15,786 ton)가 충돌하여 일진3호가 침몰한 사고가 있었다(포항해양경찰서, 2005. 세계일보, 2005).

2006년 6월 7일에는 경북 울진군 후포면 동방 5.6㎞ 해상에서 자망어선 신광호(2.67 ton)가 짙은 안개 속에서 모래 채취선 태천호(668 ton)와 충돌해 침몰했다(한국일보, 2006). 2006년 6월 13일 울주군 간절곶 방파제 앞 해상에서 카약을 타고 낚시를 하던 낚시 객이 갑작스런 짙은 안개로 방향을 잃고 표류하다 구조된 사례(울산종합신문, 2006)가 말해 주듯이 해상활동에 막대한 피해를 줄 수 있는 해무에 대한 예측은 매우 중요하다.

a. 월별 안개 발생 분포

해무의 특성을 파악하기 위하여 동해남부해상에 설치된 등대관측소(죽변, 후포, 호미곶, 울기, 간절곶)의 최근 5년간의 자료를 조사 분석하였다.

Table 4.4는 안개 발생일수로서 간절곶이 101일로 가장 많고 후포가 94일 발생하였다.

Table 4.4 Same as in Table 4.3 except for 2002~2006

Month	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Jukbyun	0	0	1	6	10	19	19	7	1	0	0	0	63
Hupo	0	0	0	6	16	28	33	8	0	3	0	0	94
Homigot	1	1	0	5	13	25	14	5	0	0	0	0	64
Ulgy	0	0	0	5	10	18	31	9	1	3	0	0	77
Ganjulgot	0	0	4	12	19	23	33	7	3	0	0	0	101

b. 풍향별 안개 발생 빈도

Table 4.5는 풍향별 안개 발생빈도로서 죽변은 남풍기류와 북풍기류에서 안개가 많고 서풍기류에서는 없으며 동풍기류에서는 드물게 있고, 후포는 남풍기류와 북동풍에서 많고 서풍기류와 동풍기류에서 드물게 있다. 이는 “강원 동해안 지방에서는 동해상에 이동성 고기압 후면에 저기압이 접근하는 기압계에서 동풍기류가 유입될 때 주로 발생하며, 서풍기류가 유입되면 단열 승온에 의한 습도의 저하로 소멸 된다.”는 것과 일치한다(기상청, 1997: 기상연구소, 2000, 2002).

Table 4.5 The percentage of foggy day by wind direction(2002~2006) Unit:: %

		calm	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
Jukb-yun	Occurr-ence	2	11	2	0	2	4	7	9	14	9	4	0	0	0	2	18	18
	End	0	11	0	0	2	4	13	9	18	9	4	0	0	0	5	16	11
Hupo	Occurr-ence	6	1	16	1	2	0	6	6	7	10	18	5	2	1	6	8	4
	End	6	2	14	0	2	1	6	6	6	16	17	4	0	2	6	6	5
Hom-igot	Occurr-ence	10	2	6	4	2	2	24	8	8	0	0	4	2	0	4	2	24
	End	2	10	8	0	0	2	27	10	4	0	0	6	8	0	4	2	18
Ulgy	Occurr-ence	0	3	8	3	5	0	2	6	3	8	19	16	16	0	3	3	5
	End	0	5	10	3	2	2	0	3	8	5	22	11	19	3	0	0	8
Ganj-ulgot	Occurr-ence	0	4	5	4	7	2	1	0	11	13	27	6	8	0	1	1	10
	End	0	5	4	7	5	1	2	0	13	14	27	7	4	0	0	2	8

동해남부해상의 해무에 대한 풍향별 안개 발생을 보면, 따뜻한 남풍기류가 유입되었을 때와 북쪽의 상대적으로 찬 기온이 유입될 때에는 해수온도와 기온차이에 의해서 안개가 많이 발생하였고, 동풍계열의 해풍에서는 안개가 적은 것이 특징적이다.

비교적 고위도인 죽변과 후포에서 서풍기류로 인한 안개가 적은 것은 태백산맥에 의한 건조공기의 유입된 때문으로 분석되고, 울기와 간절곶에서 그 반대인 것은 남서쪽에 해안이 형성되어 있기 때문이다. 즉, 안개의 발생과 소멸은 그 지방의 지리적인 위치에 따른 풍향에 지배된다고 하겠다.

c. 해수온도 분석

Table 4.6은 해무와 수온과의 관계를 분석하기 위하여 최근 5년간(2002~2006년) 5월에서 8월 사이에 울진, 포항, 울산연안지역에서 두 지역 이상이 안개가 발생한 날의 월평균해수온도와 안개가 발생한 날의 해수온도를 비교한 것이다.

포항과 울산의 경우는 월평균해수온도와 안개발생시의 수온의 차이는 1℃ 이내의 값을 나타내지만, 울진의 경우는 5월에 안개발생시의 수온이 월평균수온 보다 1.7℃가 높고, 6월에는 0.6℃, 7월에는 1.0℃, 8월에는 2.5℃가 낮게 나타나고 있다. 이는 안개발생시의 수온이 5월은 월평균수온 보다 높을 때 안개 발생확률이 높고, 6월 이후에는 월평균수온 보다 낮을 때 안개발생 확률이 높다는 것으로 분석된다.

Table 4.6 The comparison of a water temperature in the foggy day(2002~2006) Unit:0.1℃

Point / Water temp. / Month	Uljin			Pohang			Ulsan		
	Mean	Fog	Diff.	Mean	Fog	Diff.	Mean	Fog	Diff.
5	133	150	+1.7	148	150	+0.2	157	166	+0.9
6	176	170	-0.6	179	172	-0.7	184	180	-0.4
7	203	193	-1.0	209	209	0.0	202	204	+0.2
8	232	207	-2.5	236	228	-0.8	231	237	+0.6

Table 4.7은 안개가 울진과 포항에 발생했을 때를 A형, 포항과 울산에 발생하였을 때를 B형, 울진에서 포항과 울산까지 광범위하게 발생하였을 때를 C형으로 분류하여 각 지역의 예년평균수온과 안개발생시의 평균수온을 비교한 것이다.

A형은 -1.4~-1.5℃, B형은 -0.5~-2.2℃, C형은 -1.9~-2.4℃ 정도로 모든 경우가 평년평균수온보다 낮았으며, 그중에서도 C형(울진, 포항, 울산)의 경우가 수온이 가장 낮고 각 지역간의 수온도 큰 차이가 없어 동해남부해상의 해무는 수온이 평년평균수온보다 낮을 때 발생하는 것으로 분석된다. 이는 "한반도 주변의 해무는 습도가 80% 이상의 공기가 이류 해 왔을 때 해기차가 4℃ 정도의 차가운 해면상으로 이동할 때 대부분 발생하고, 동해상은 2.5℃의 해기 차에서 대부분 발생 한다"는 보고와 일치하는 것이다 (김문옥, 1998).

Table 4.7 Same as in Table 2.7 except for at each case Unit: ℃

Case \ Point	Uljin	Pohang	Ulsan	Note
Annual mean water temp.	18.6	19.3	19.4	'( )' is diff. between annual mean water temp.
Mean water temp. of type A	17.1(-1.5)	17.9(-1.4)	-	
Mean water temp. of type B	-	17.1(-2.2)	18.9(-0.5)	
Mean water temp. of type C	16.7(-1.9)	16.9(-2.4)	17.4(-2.0)	

d. 기압계 분석

각 기압계별 안개 발생 메커니즘은 저기압이나 기압골에서는 주로 전선안개로 온난전선 전방의 찬 공기가 안정하고 바람이 약할 경우 형성되는 전전선성안개(prefrontal fog)와, 한랭전선상과 그 후면에 놓이게 되는 강수지역에서 증발로 인해 형성되는 후전선성안개(postfrontal fog)가 있다.

Fig. 4.26은 안개 발생에 따른 기압계의 특성을 분석하기 위하여 2002년부터 2006년 까지 안개발생이 잦은 5월에서 8월의 안개가 발생한 날에 대한 기압계를 이동성고기압, 오호츠크고기압, 북태평양고기압, 기압골이나 저기압으로 분류하여 안개발생 시 기압계를 구분하였다.

*A*형은 울진과 포항지역에 안개가 발생하였을 때로서 기압골이나 저기압이 10일, 오호츠크고기압이 6일, 이동성고기압이 3일, 북태평양고기압이 1일 나타났다.

*B*형은 포항과 울산지역에 안개가 발생하였을 때로서 기압골이나 저기압이 15일, 이동성고기압이 3일 북태평양고기압이 2일, 오호츠크고기압이 1일로서 저기압이나 기압골에서 발생한 안개가 월등히 많았다.

*C*형은 울진, 포항, 울산지역에 안개가 발생하였을 때로서 기압골이나 저기압이 9일이며, 오호츠크고기압은 7일, 이동성고기압은 6일 순이며 북태평양고기압에서는 안개가 발생하지 않았다.

이들을 정리하면 동해남부해상과 연안 지역에서의 기압계별 해무발생 특징은 저기압이나 기압골에서 전 해역에 걸쳐 안개가 가장 많이 발생하고 있으며, 또한 오호츠크고기압에서는 남쪽지방인 울산부근해역까지도 안개가 발생하는 날이 많았음을 볼 때 이는 차고 습한 오호츠크고기압이 울산부근해역까지 확장하여 해수온도와 기단의 온도 차이로 발생하는 것임을 알 수 있다(이성은, 2006).

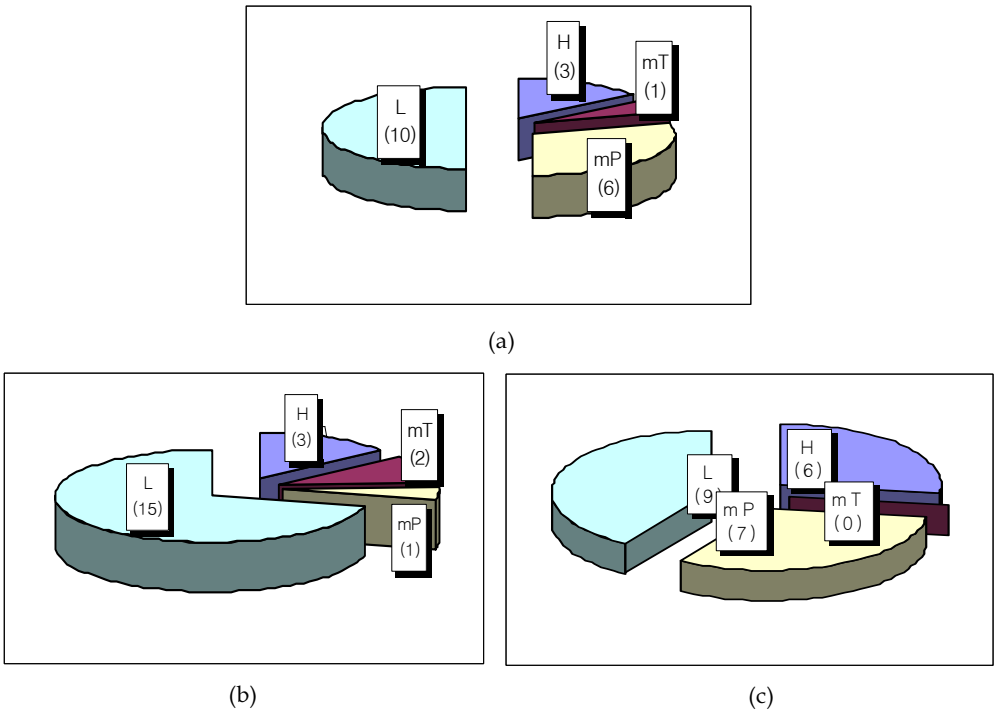


Fig. 4.26 The frequency of pressure in (a) A type, (b) B type and (c) C type

V. 동해남부해상의 파고 및 너울[8] 특성

A. 풍계별 국지해상 특성분석

최근 동해남부해상의 파고 및 너울로 인한 해난사고로는 2005년 10월 21일 밤 포항시 양포 동방 6.4㎞ 해상에서 명진호가 침몰하여 9명이 실종, 익일 새벽 SK-8호 사고, 23일에 너울성 파고로 물놀이 익사자 발생사고, 2005년 12월 6일 새벽에 고파로 인해 울진과 영덕지역에 침몰 및 전복 등 총 18척의 피해와 포항 강사리와 칠포리에서 침몰 등 3척의 피해가 있었다(소방방재청, 2005. 포항해양경찰서, 2005). 이처럼 해상의 높은 파고 와 너울은 해난사고에 직접적인 영향을 준다.

동해남부해상의 풍계에 따른 파고의 특성을 파악하기 위하여 북동기류형, 남동기류형, 북서기류형, 남서기류형의 형태로 구분하여 각각의 풍계에 대한 악기상 사례들을 분석하였다. 분석을 위해 이용한 관측 자료는 죽변, 후포, 호미곶, 울기, 간절곶의 5개 지점의 등대 자료와, 왕돌초, 쌍정초의 2개 지점의 등표자료 및 동해부이 자료를 이용하였다. 총 8개 지점의 자료 중 연안의 등대자료는 앞바다로, 등표와 동해부이 자료는 먼 바다로 구분하여 각각의 악기상 사례에 대하여 앞바다와 먼 바다에 나타나는 풍속과 파고의 특성을 분석하였다.

각 관측지점의 위치는 Fig 5.1과 같다.

Fig. 5.1 The map of observation points

8) 일반적으로 너울은 그 장소의 바람으로 직접 일어난 것이 아닌 물결을 의미하나, 여기서 너울이라 함은 바람으로 인한 1차 고파가 발생한 이후에 그 여파로 인하여 2차 고파가 발생하여 해안에 유입되는 높은 물결을 의미한다.

1. 북동기류형

a. 2003년 11월 25~28일 사례

이 사례는 북동기류가 오랜 시간 유입되면서 동해남부 전 해상 특히, 앞바다에 장시간 동안 고파현상을 초래했다.

Fig. 5.2의 지상일기도에서 만주지방에 위치한 고기압은 거의 정체하여 한반도를 중심으로 남동쪽에서 북서쪽으로 강한 기압경도력이 형성되어 있고, 느리게 남하하면서 동해해상은 지속적인 북동기류의 영향을 강하게 받았다. 500hPa일기도에서 한반도는 한기를 동반한 기압골의 영향을 받고 있고, 850hPa 유선도에서는 동해안지방으로 유선이 상당히 조밀하게 나타나고 있다. 바람벡터는 10㎧이상의 강한 북동기류가 동해해상으로 유입되면서 강풍 및 고파를 유발하는 악기상을 초래하였다.

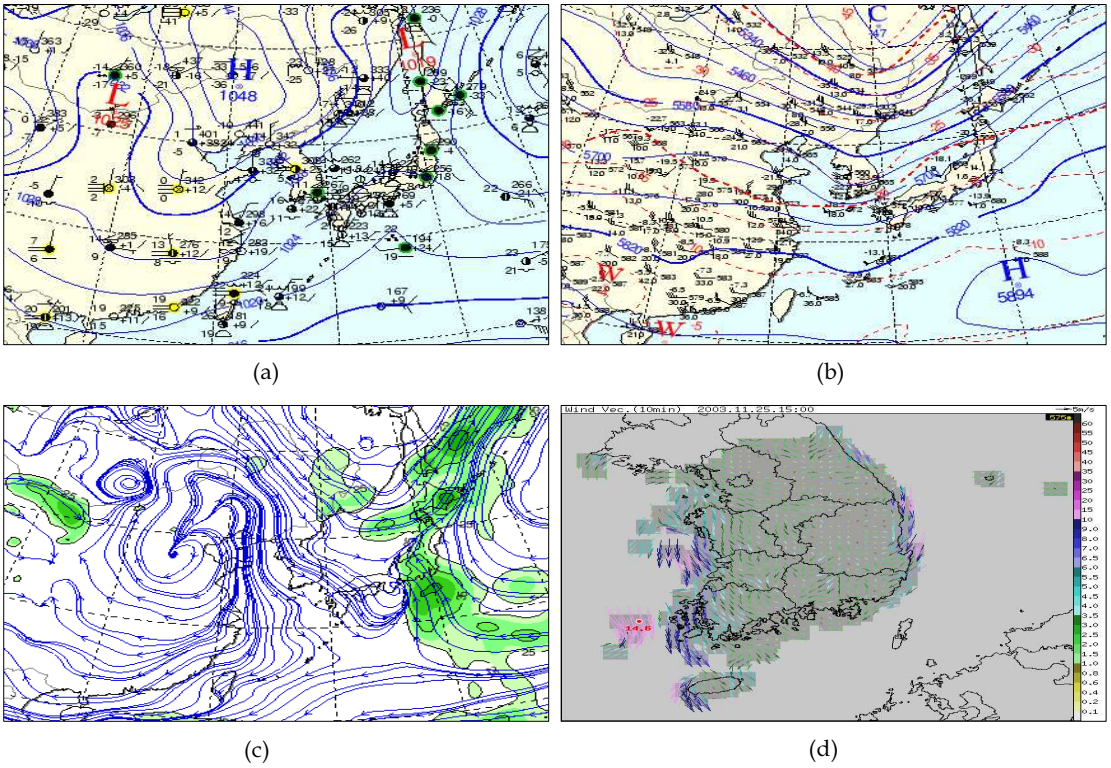
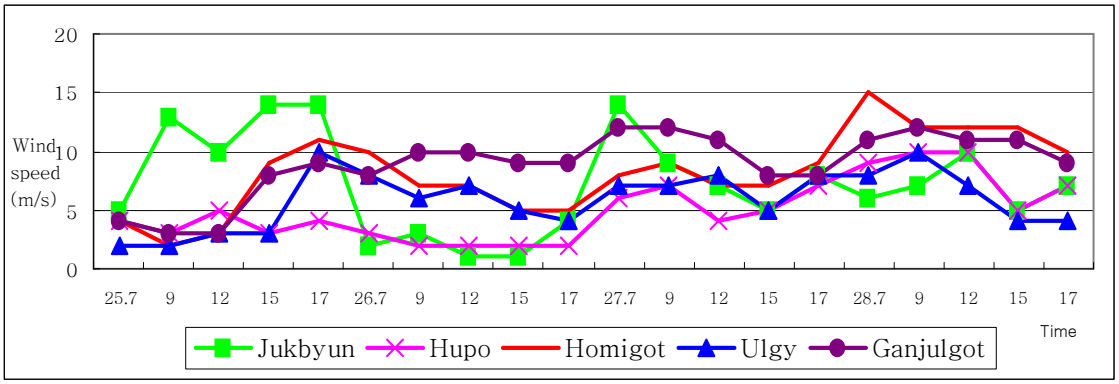


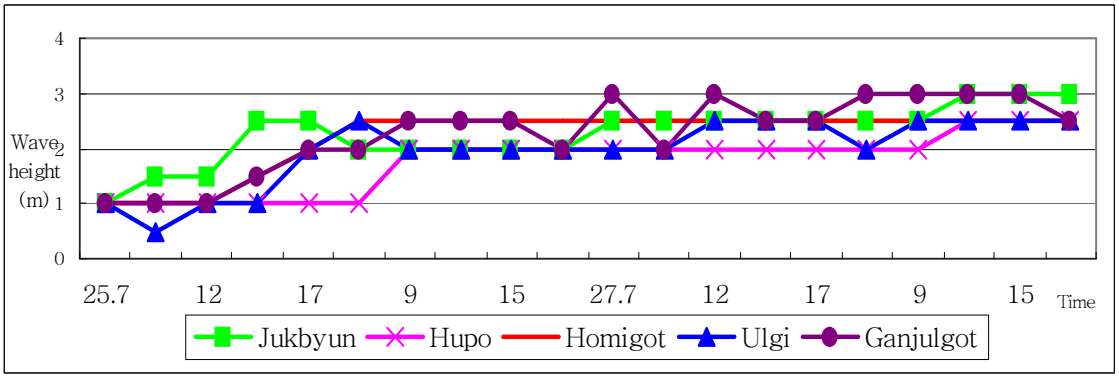
Fig. 5.2 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 00UTC Nov. 25, 2003. (d) AWS wind vector at 06UTC Nov. 25, 2003

Fig. 5.3의 연안 등대에서 관측된 시간별 풍속은 대체적으로 26일 오전부터 5~10㎧의 바람이 지속적으로 불고 있으나 강약이 주기적으로 반복되고 있다. 특히, 죽변과 후포의 경우에는 강약의 편차가 다소 심하게 나타나고, 죽변의 경우에는 북동기류 유입 초기에 풍속이 상당히 강하게 나타나고 있다.

연안파고 관측 자료에서는 모든 관측지점에서 동일하게 26일 이후 2m 이상의 고파가 지속되고 있음을 알 수 있다. 풍속에서 강약을 보이는 것과는 달리 파고는 높게 지속되고 있는데, 이는 북동기류가 오랜 시간 유입됨으로써 먼 바다에서 발생한 너울성 파고가 연안바다로 유입되면서 앞바다에 고파가 발생되고 있는 것이다.



(a)

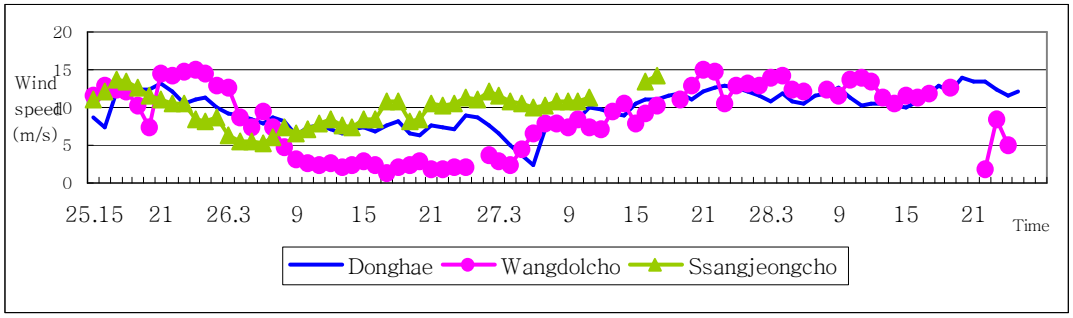


(b)

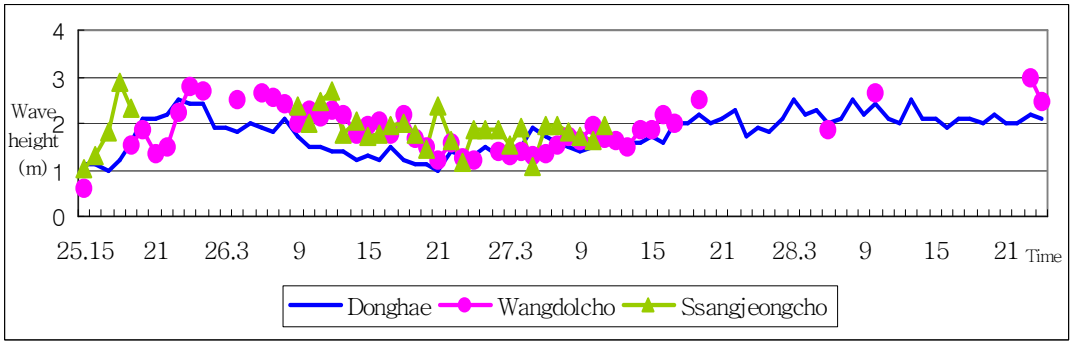
Fig. 5.3 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 25 to 28 Nov. 2003

Fig.5.4는 먼 바다 등표에서 관측된 자료로서, 11월 25일 15시부터 10㎧ 이상의 바람이 불기 시작하여 26일 새벽부터 27일 오전까지는 10㎧ 이하의 바람이 불다가 다시 10㎧이상의 바람이 불었으나, 쌍정초에서는 26일 새벽에서 오후까지만 10㎧ 이하의 바람이 불다가 다시 10㎧ 이상의 바람이 유입되고 있어 앞바다와 마찬가지로 풍속의 강약이 나타나고 있다.

파고 관측 자료에서는 쌍정초에서 25일 오후부터 3m 이상의 고파가 발생하였으며, 동해부이와 왕돌초에서는 25일 밤 늦게부터 2.5m 이상의 고파가 발생하였고, 26일 오전부터 파고는 2m 이하로 낮아졌다가 27일 낮부터 다시 2m 이상의 파고가 나타났다. 앞바다의 경우 강풍이 없어도 고파가 지속된데 비해 먼 바다에서는 강풍이 발생하면 고파가 발생하고 바람이 약해지면 파고도 낮아지는 상관성이 강하게 나타나고 있다.



(a)



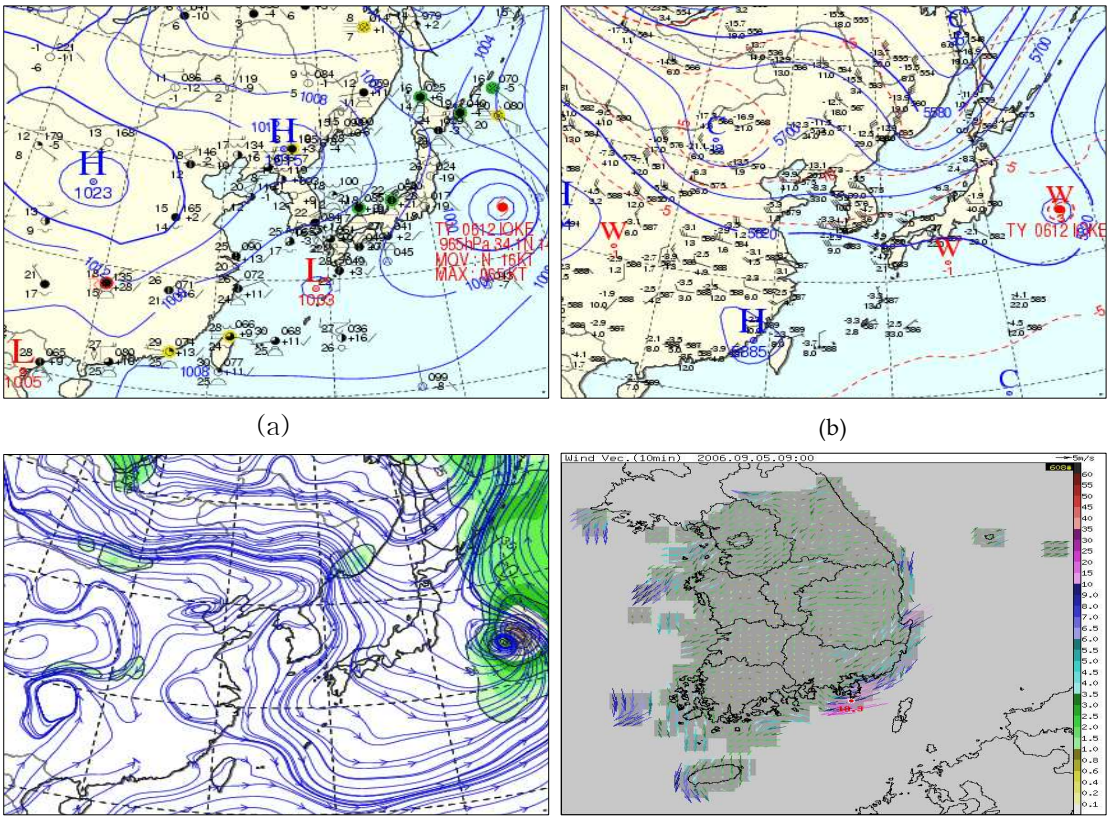
(b)

Fig. 5.4 Same as in Fig. 5.3 except for offing

b. 2006년 9월 5~6일 사례

이 사례는 앞의 사례와는 달리 북동기류가 유입되는 기간이 다소 짧은 사례이다.

Fig. 5.5의 지상일기도에서 북고남저형의 기압배치를 형성하고 있고, 일본 동쪽 해상으로는 제12호 태풍 “IOKE”가 북진하면서 기압경도력이 비교적 강하여 동해상은 지속적인 북동기류의 영향을 강하게 받았다. 500hPa일기도에서는 연해주부근에서 동해북부해상으로 한기를 동반한 온도골이 형성되어 있으며, 850hPa 유선도에서는 동해남부해상에 유선이 상당히 조밀하게 분포하고 있고 AWS 바람벡터에서는 10㎧이상의 강한 북동기류가 동해상으로 강하게 유입되면서 강풍 및 고파를 유발하는 악기상을 초래하였다.



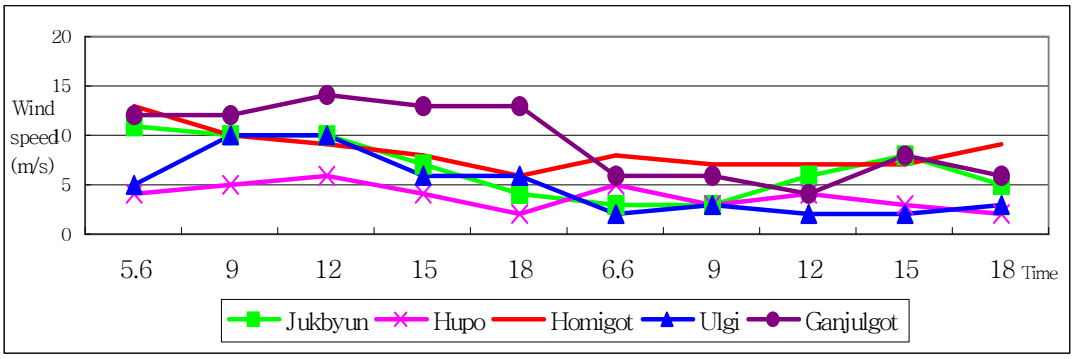
(a) (b)

(c) (d)

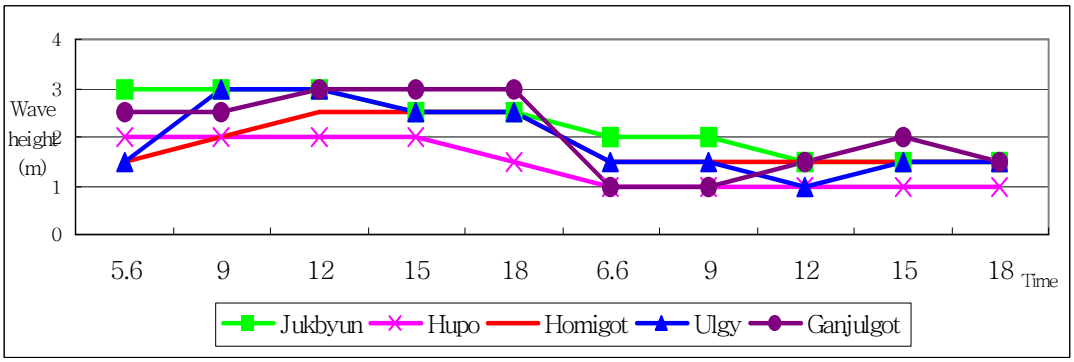
Fig. 5.5 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart, (c) 850 hPa moisture flux, and (d) AWS wind vector at 00UTC Sep. 5, 2006

Fig. 5.6은 연안 등대의 풍속과 파고 자료로 5일에는 풍속이 5~15㎧로 비교적 강하게 불고 있으나 6일에는 바람이 약해지고 있다. 기압계가 빠르게 변화하면서 북동기류가 오래 지속되지 않았기 때문이다. 특히, 간절곶의 풍속이 10㎧ 이상으로 가강 강하게 불고 있어, 동해남부해상 중에서도 남쪽으로 보다 강한 바람이 유입되었다.

파고 관측 자료에서는 풍속 변화와 같이 5일은 2~3m의 고파가 발생되었으나 6일에는 파고가 낮아지고 있다. 앞선 사례에서는 북동기류가 오랜 시간 유입되면서 너울성 고파가 앞바다에 계속 유입되는데 비하여 북동기류의 유입이 짧을 경우에는 그러한 현상이 나타나지 않고 있어 풍속과 파고의 시계열 그래프가 잘 일치하는 상관관계를 나타내고 있다.



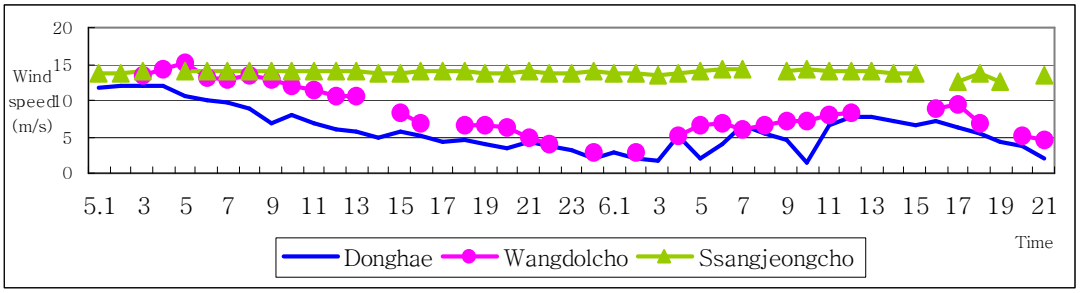
(a)



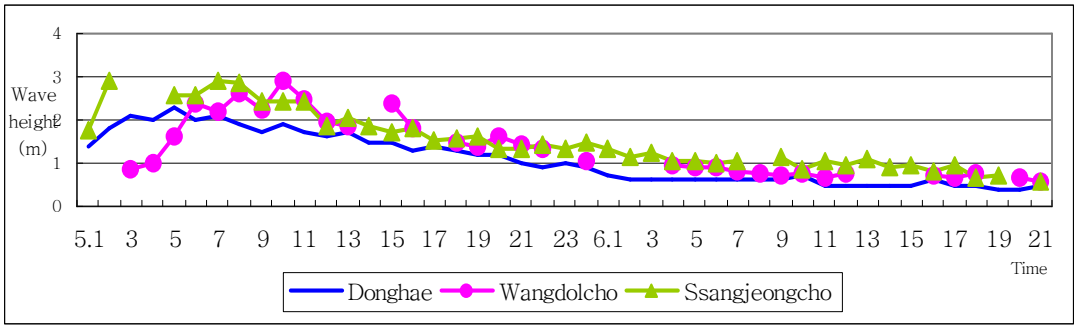
(b)

Fig. 5.6 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 5 to 6 Sep. 2006

Fig. 5.7은 먼 바다 등표에서 관측된 풍속과 파고 자료로 쌍정초에서는 계속적으로 15㎧ 가량의 강한 바람이 불었으나, 동해부이와 왕돌초에서는 10㎧ 이상의 바람이 불다가 5일 낮부터 10㎧ 이하로 약해졌으며, 파고자료에서는 관측지점 모두가 5일 오전에 2.5m이상이었으나 오후 늦게부터 2m 이하로 낮아져 앞바다와 마찬가지로 풍속과 파고의 시계열 그래프가 잘 일치하고 있다. 특이할만한 것은 쌍정초에는 지속적으로 10㎧의 강풍이 불었음에도 파고가 높아지지 않았는데 이는 쌍정초 부근 해역이 수심이 깊고 태풍이 빠르게 이동하여 수면상승이 일어나지 않은 결과이다.



(a)



(b)

Fig. 5.7 Same as in Fig. 5.6 except for offing

이상을 종합하면 북동기류가 장시간 유입될 때에는 앞바다에서 일시적으로 풍속이 약해지더라도 고파가 지속적으로 발생하고 있는데, 이는 먼 바다에서 발생한 너울이 연안바다로 유입되면서 앞바다에 고파를 발생시키기 때문이다.

2. 남동기류형

a. 2006년 4월 10~12일 사례

이 사례는 난기이류가 탁월하여 강수와 함께 연안바다에 고파를 동반한 사례이다.

Fig. 5.8의 지상일기도에서 서해남부해상에 위치한 저기압은 동진 중이며, 이 저기압은 일본 동쪽에 위치한 고기압의 blocking 때문에 남해해상과 동해해상으로 진출하면서 그 속도가 느려져 남동기류가 유입되어 강수가 발생되었다. 500hPa일기도에서는 발해 만에서 화중내륙으로 단파 골이 깊게 형성되어 있으며, 우리나라는 강한 난기이류에 들어있다. 또한, 850hPa 유선도에서는 강한 남동풍이 동해남부해안지역으로 유입되고 있으며 유선이 매우 조밀하다. 바람벡터는 호미곶과 죽변 부근으로 10㎧ 이상의 남동풍이 유입되었다.

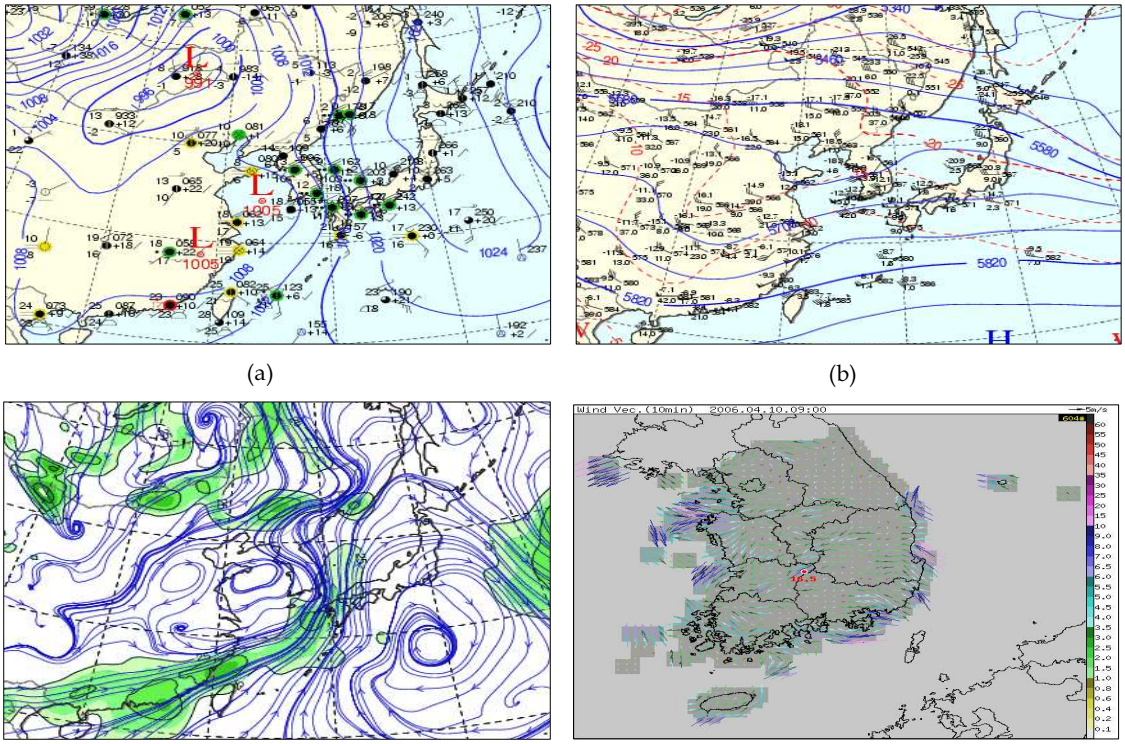
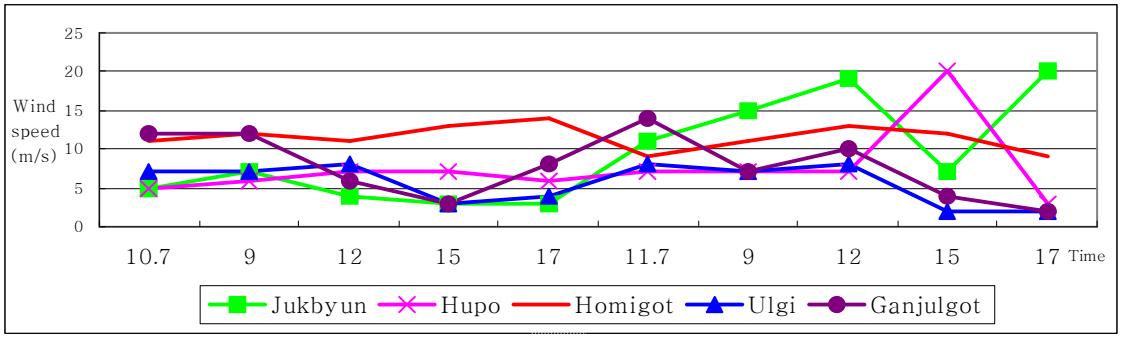


Fig. 5.8 Same as in Fig. 5.5 except for Apr. 10, 2006

Fig. 5.9는 연안 등대의 풍속과 파고 관측 자료로 10일 오전에는 풍속이 다소 강하게 불다가 오후에는 바람이 약해지고 있으며, 11일 다시 바람이 강해져 대부분 지점에서 10㎧ 이상의 강풍이 나타나고, 반면에 호미곶에서는 지속적으로 10㎧ 이상의 강한 바람이 불었다.

파고관측 자료에서 후포 앞바다에는 4m 이상, 간절곶은 3m 내외의 파고가 각각 발생되어 후포지역에 파고가 높게 발생 되었다. 풍속은 강약을 보이면서 변화가 나타나고 있으나 파고는 큰 변화가 없이 대부분의 지점에서 2m 이상의 고파가 지속되고 있음을 볼 때 풍속과 파고의 상관관계가 적음을 알 수 있다. 특히, 후포의 경우 10일 풍속이 비교적 약한데 반하여 4m 이상의 고파가 일중 지속되는 것은 저기압 통과로 인해 남동기류가 유입될 때에는 연안에 고파가 발생한다는 것을 보여준다.

(a)



(b)

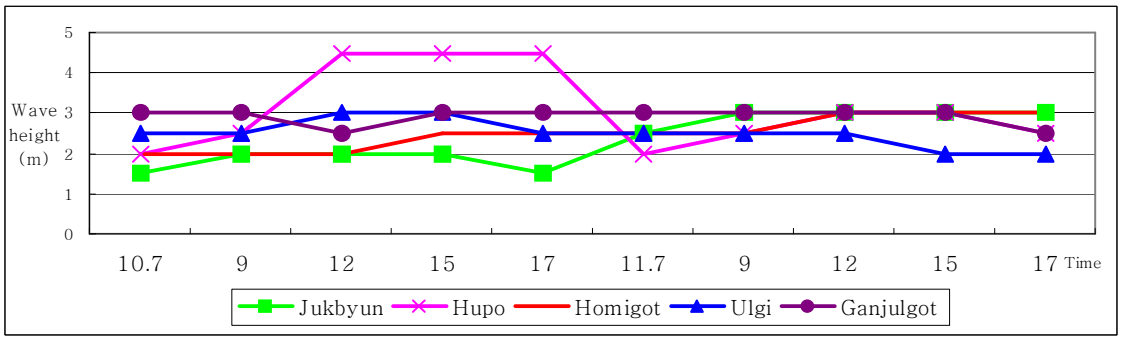
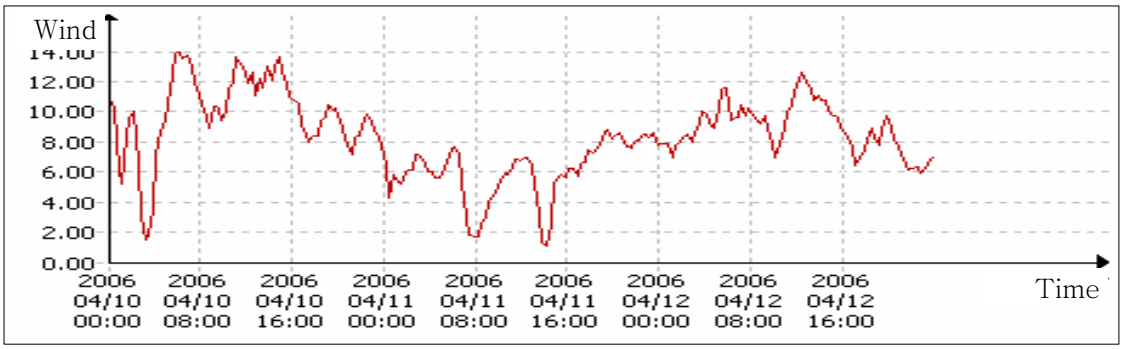


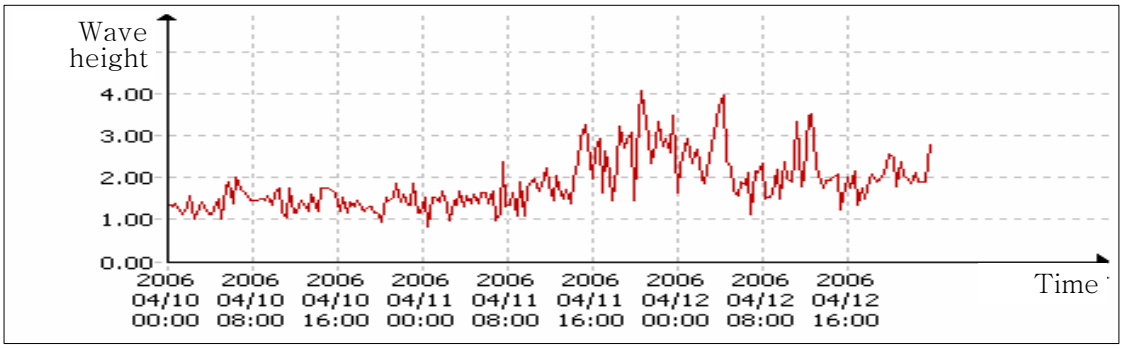
Fig. 5.9 Same as in Fig. 5.7 except for 10 to 11 Apr. 2006

Fig. 5.10은 먼 바다의 풍속과 파고 관측 자료로 동해부이와 왕돌초 자료가 결측되어 쌍정초 등표 자료만을 살펴보았다. 4월 10에 10㎧ 이상의 강한 바람이 불다가 11일에는 바람이 일시적으로 약해져 12일에 다시 바람이 강해지고 있다. 파고 자료에서는 바람이 강했던 10일과 11일 전반에는 2m 이하로 비교적 잔잔하다가 11일 후반부터 고파가 발생되었는데, 이는 동해 먼 바다는 수심이 깊어 바람이 지속적으로 불어야 고파가 발생함을 말해준다.

저기압 통과로 인하여 남동기류가 유입될 때 앞바다는 강풍이 지역에 따라 강약에 차이는 있으나 파고는 전 지역이 큰 변화가 없이 2m 이상의 고파가 지속되고, 반면에 먼 바다는 강풍이 어느 정도 지속되어야 고파가 발생하는데 이는 동해안의 수심이 깊기 때문이다.



(a)



(b)

Fig 5.10 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of offing from 10 to 11 Apr. 2006

3. 북서기류형

a. 2005년 10월 21~24일 사례

Fig. 5.11의 지상일기도에서, 저기압 통과 후 발해만 북쪽의 대륙고기압이 확장하면서 북서풍이 강하게 유입되고 있다. 500hPa 일기도에서는 연해주에 중심을 둔 강한 한기를 동반한 기압골이 한반도에 영향을 주고 있다. 850hPa 유선도에서는 강한 북서풍이 서해남부와 서해중부해상으로, 충청도와 전라도지방으로도 약한 북서풍이 유입되고 있으며 서해해상에는 하층강풍역이 나타나고 있다. 바람벡터는 영남 동해안지역에 10㎧ 이상의 강한 북북서풍계열의 바람이 불고 있다.

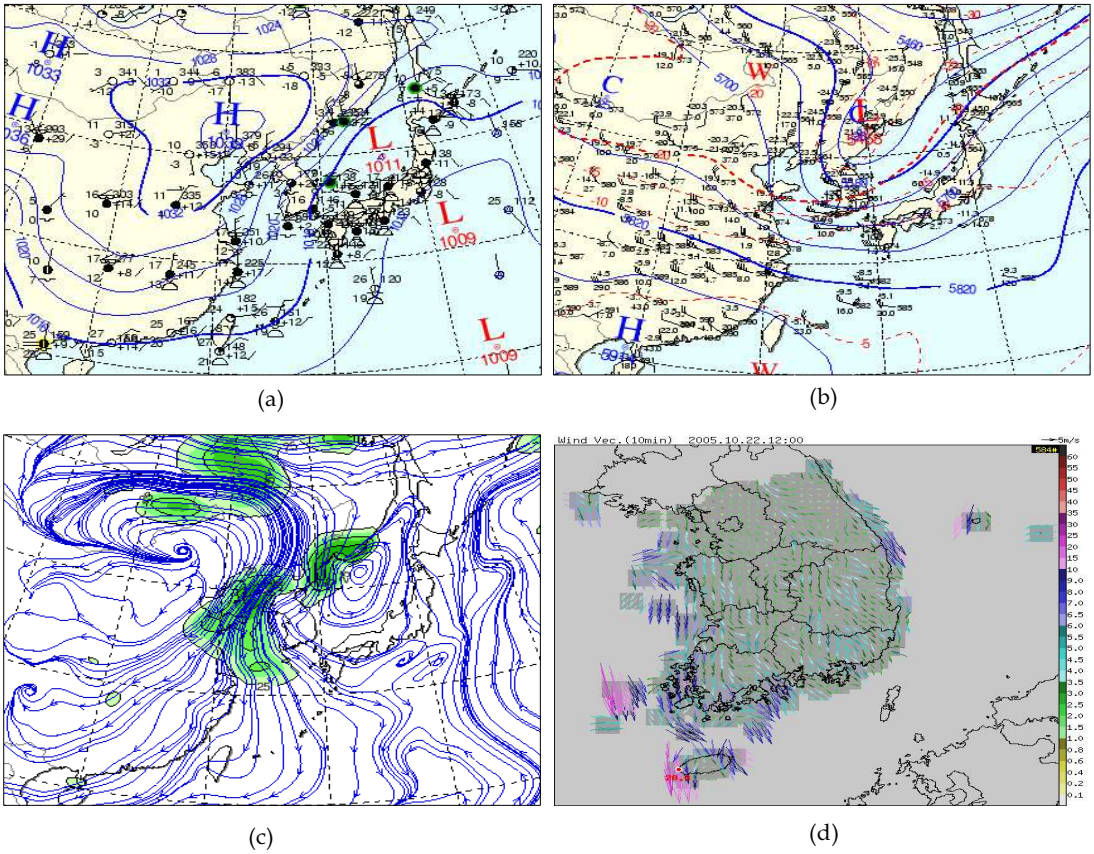
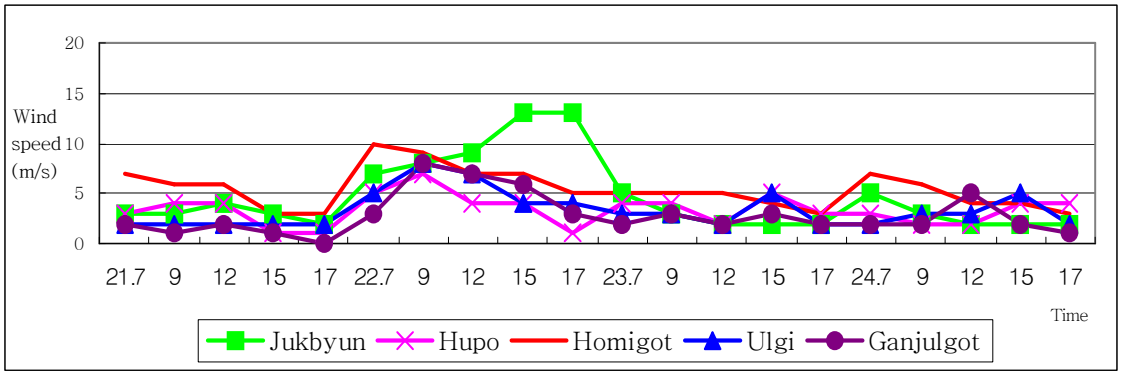


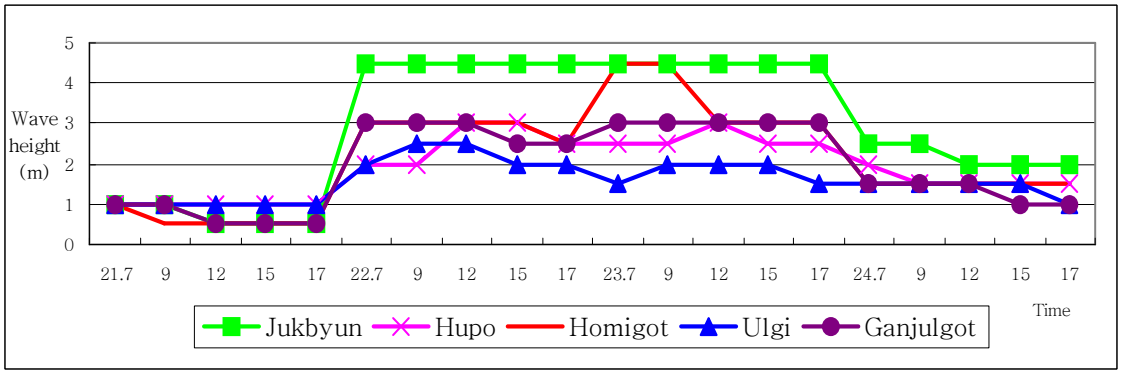
Fig. 5.11 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 12UTC Oct.21, 2005. (d) AWS wind vector at 03UTC Oct. 22, 2005

Fig. 5.12는 연안 등대의 풍속과 파고 관측 자료로서 호미곶은 22일 07시, 죽변은 22일 15시부터 10㎧ 이상의 강한 바람이 발생되었으나 22일 밤과 23일 새벽사이에는 5㎧ 내외로 바람이 약해졌다.

파고관측 자료에서는 죽변 앞바다에서는 22일 7시부터 4m의 고파가 발생하였고, 다른 지역에서도 2~3m의 고파가 발생하다가 23일 밤과 24일 새벽 사이에 1m 이하로 낮아졌다. 풍속이 약해지고 있는데 반하여 고파는 좀 더 지속되고 있음을 볼 수 있는데 이는 북서기류가 장시간 유입될 때에는 고파가 지속됨을 뜻한다.



(a)



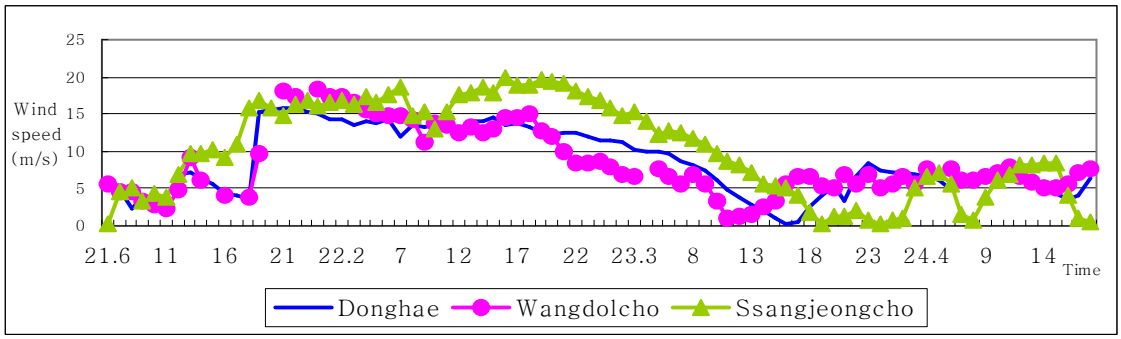
(b)

Fig. 5.12 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 21 to 24 Oct. 2005

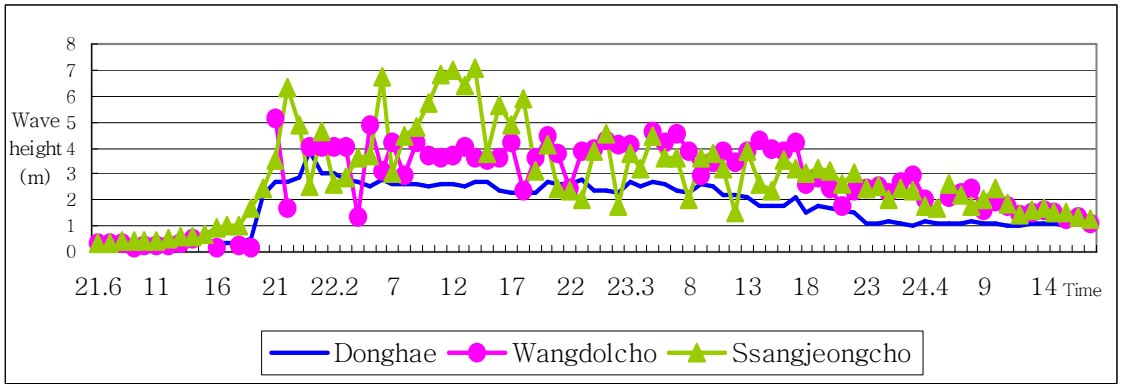
Fig. 5.13은 먼 바다 풍속과 파고관측 자료로서 21일 밤부터 15㎧의 강풍이 시작되어 앞바다 보다 다소 빠르게 강풍이 유입되었고 23일부터 점차 약해졌으며, 세 지점 모두 강풍의 세기와 시작·종료 시간이 비슷하였다.

파고관측 자료를 보면 풍속 그래프와 비슷한 경향을 보여 21일 밤부터 파고가 높아지기 시작하여 23일에 점차 낮아지고 있다. 쌍정초의 경우 최대 7m에 이르는 고파가 발생하기도 하였다.

앞바다와는 달리 먼 바다의 경우에 풍속과 파고의 시계열 그래프가 잘 일치하고 있어 강한 상관성을 보여준다.



(a)



(b)

Fig. 5.13 Same as in Fig. 5.12 except for offing

b. 2005년 11월 8~9일 사례

Fig. 5.14의 지상일기도에서 사할린 동쪽 해상에 발달한 저기압이 위치하고, 몽고 동쪽에는 대륙고기압이 확장하고 있어 동해상으로 기압경도력이 강한 가운데 북서기류가 강하게 유입되었다. 500hPa 일기도에서 북쪽에 한기를 동반한 강한 절리저기압이 위치하고 있으며 연해주 동쪽해상에는 강한 기압능이 형성되어 이 저기압은 느린 속도로 빠져나갔다. 850hPa 유선도에는 동해상 하층에 강풍대가 자리하고 있으며 동해남부해안으로 유선이 조밀하게 나타나고 있다. 바람벡터에는 동해해상으로 10㎧ 내외의 강한 북서기류가 유입되는 것을 볼 수 있다.

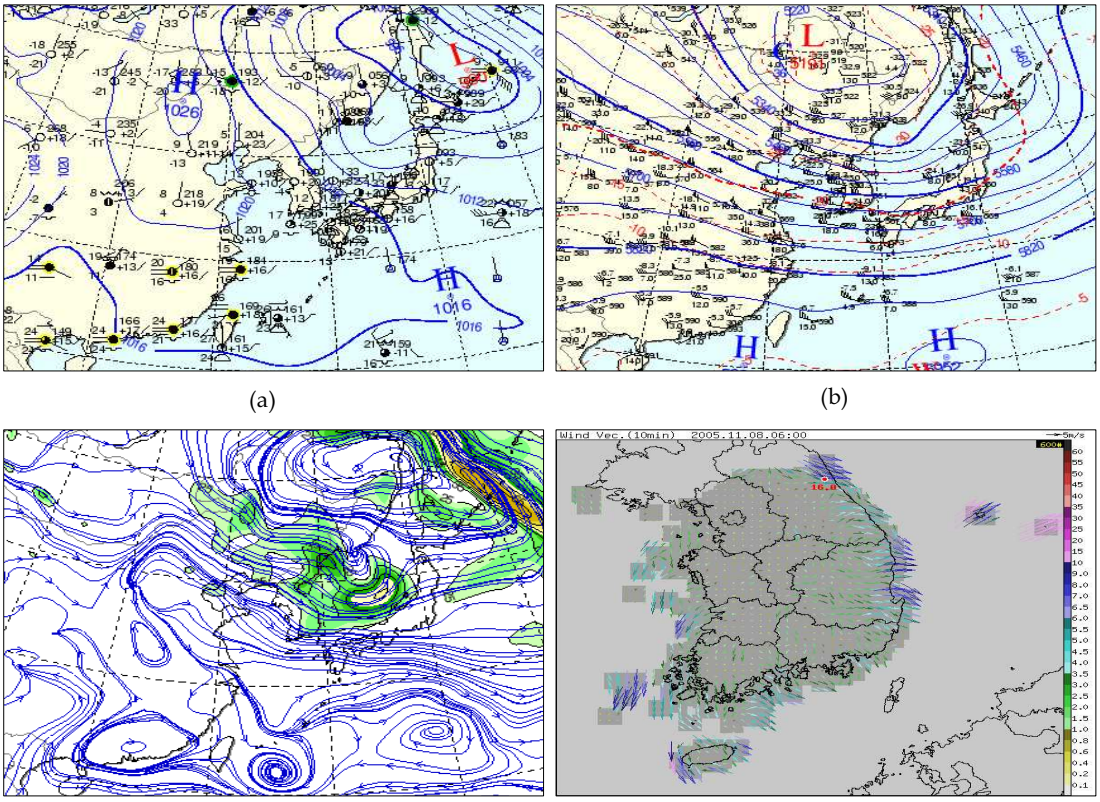
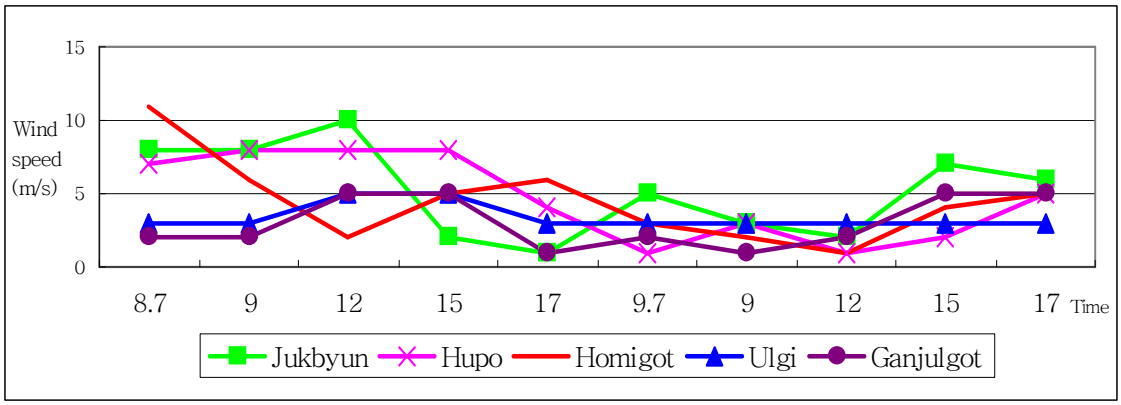


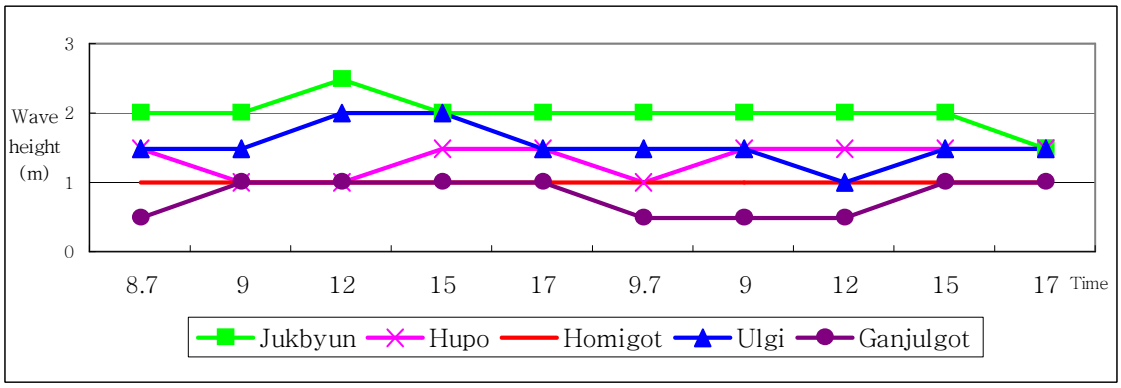
Fig. 5.14 Same as in Fig. 5.11 except for (c) Nov. 8, 2005. and (d) at 21UTC Nov. 7, 2005

Fig. 5.15는 연안바다의 풍속과 파고자료로서 후포, 죽변에서 비교적 바람이 강하게 나타나고 있다. 호미곶도 8일 아침에 강한 바람이 불었으나 빠르게 약해졌다. 울기와 간절곶은 강풍이 발생하지 않고 5㎧ 이하의 바람이 지속적으로 불었다.

파고관측 자료에서는, 죽변에서 2m 이상의 파고가 계속 나타나고 있지만 나머지 지점에서는 2m이하의 파고가 일면서 고파가 발생하지 않았다. 이 사례는 북서풍 유입이 짧을 때에는 풍속과 파고의 상관관계가 잘 일치함을 보여준다.



(a)

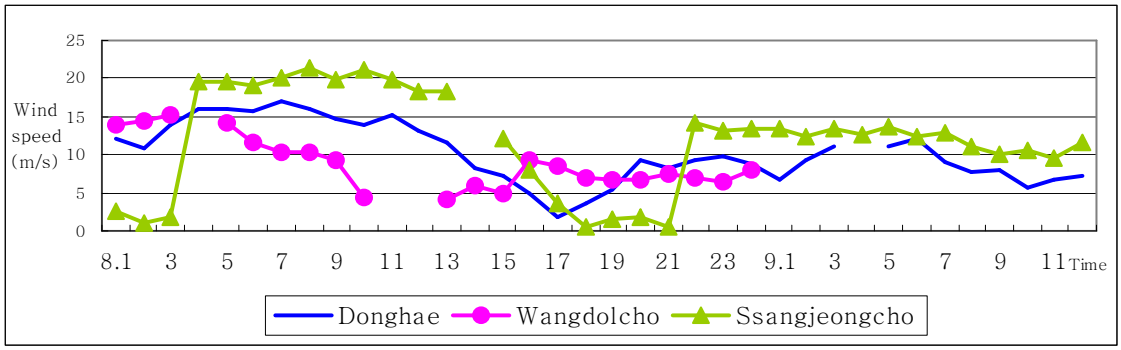


(b)

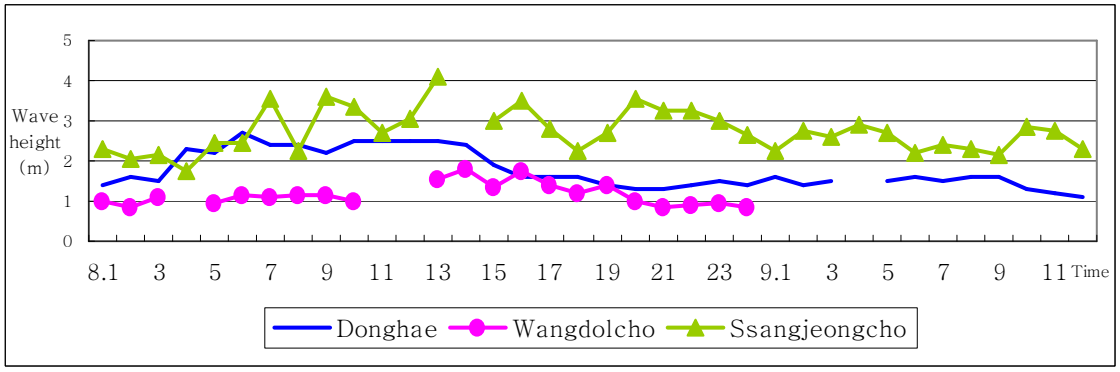
Fig. 5.15 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 8 to 9 Nov. 2005

Fig. 5.16은 먼 바다의 풍속과 파고 자료로 쌍정초에서는 8일 새벽부터 20㎧ 내외의 강한 바람이 불었고, 밤이되어 바람이 급격히 약해(5㎧ 이하)졌다가 다시 밤 늦게부터 10㎧ 이상으로 강해졌다. 동해부이와 왕돌초는 8일 오전에는 10㎧ 이상의 바람이 불다가 오후부터 10㎧ 이하의 바람이 유입되었다.

파고관측 자료에서는, 쌍정초에서 8일 오전에 3.5m 이상의 고파가 나타나다가 9일 오전에 2.5m 이하로 파고가 낮아졌고, 동해부이는 8일 새벽에 2.5m 이상의 고파가 나타나다가 오후부터 2m 이하로 낮아지고, 왕돌초는 기간동안 2m 이하의 파고가 나타났다. 먼 바다도 풍속과 파고의 상관관계가 대체로 잘 일치하고 있으나 쌍정초의 경우 8일 저녁 풍속이 일시적으로 약해져도 고파는 유지되고 있다.



(a)



(b)

Fig. 5.16 Same as in Fig. 5.15 except for offing

4. 남서기류형

a. 2005년 5월 17~19일 사례

남서기류형은 지속시간이 짧기 때문에 악기상 횟수가 적다.

Fig. 5.17의 지상일기도에서 산둥반도 부근에서 발달한 저기압이 북동진하여 한반도 부근에는 강한 남서기류가 유입되었다. 500hPa 일기도에서는 발해 만에서 화중, 화남 등 중국 동해안으로 기압골이 형성되어 있고 한반도는 광범위한 난기이류 지역에 들어있다. 850hpa 유선도에서는 남부지방은 강풍 역에 들어 있으며 내륙과 해안으로 유선이 상당히 조밀한 분포하고 있고, 동해상으로 10㎧ 이상의 강한 남서기류가 유입되는 것을 볼 수 있다.

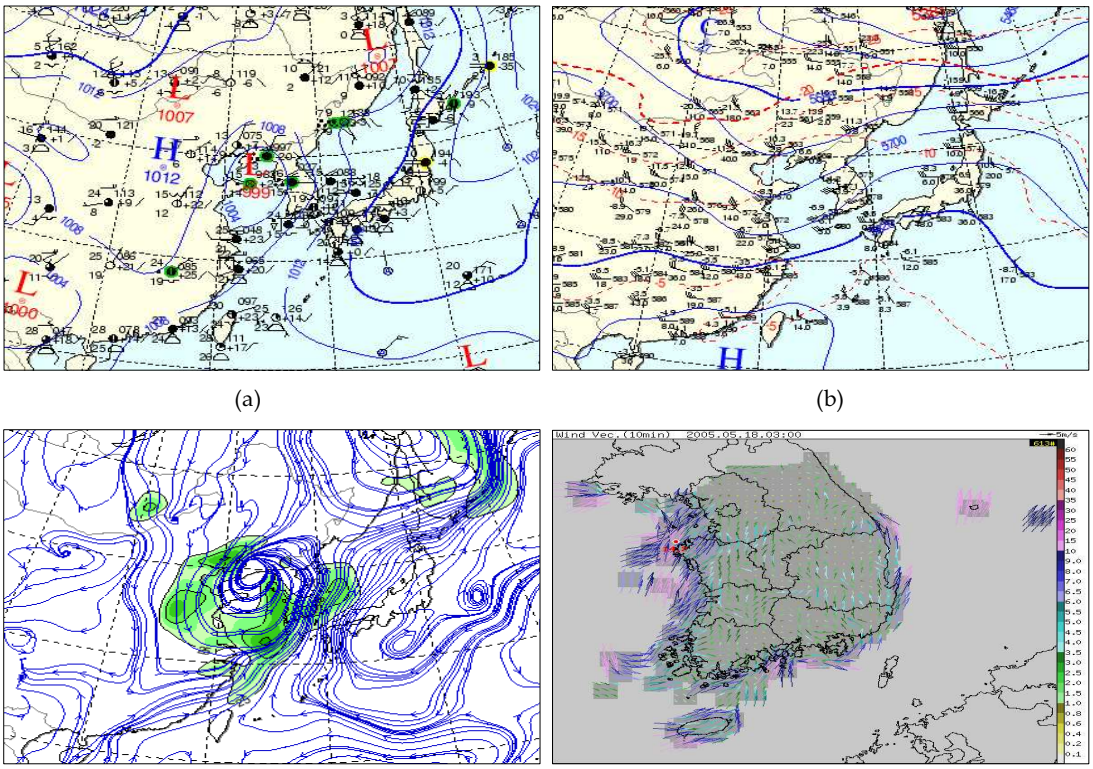
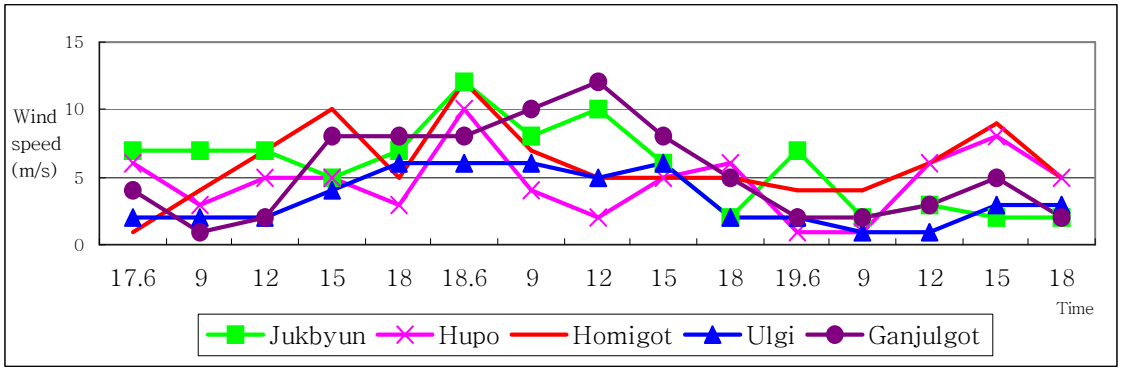


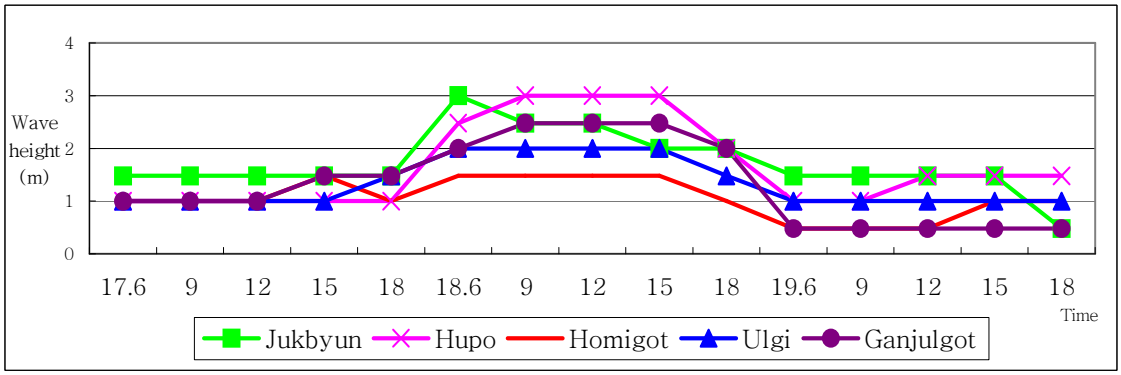
Fig. 5.17 The status of (a) Surface weather chart at 00UTC May 18, 2005. (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 12UTC May 17, 2005. (d) AWS wind vector at 18UTC May 17, 2005

Fig. 5.18은 연안바다의 풍속과 파고 분포로 17일 후반부터 서서히 바람이 강해지고 있으며 18일에는 죽변, 호미곶, 간절곶의 풍속이 10㎧를 넘어서는 등 전반적으로 강풍 현상이 나타나다가 18일 후반부터 바람이 약해지면서 강풍시점이 짧게 나타나고 있다. 이는 북쪽을 지나는 기압골이 빠르게 이동하면서 남서기류가 유입된 시간이 짧았기 때문이다.

파고분포는 18일 오전동안 대부분 지점에서 2m가 넘는 고파가 발생되고 있어 풍속분포와 잘 일치하고 있다. 다만, 호미곶의 파고는 풍속에 비해서 다소 약하게 나타나고 있다.



(a)

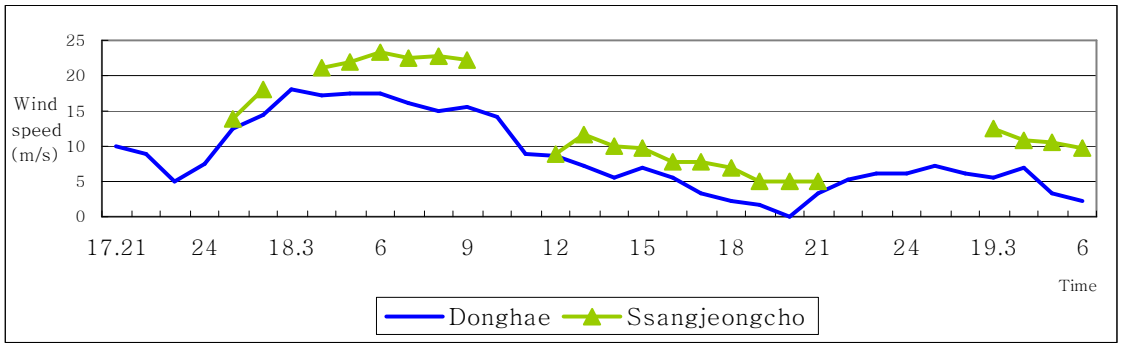


(b)

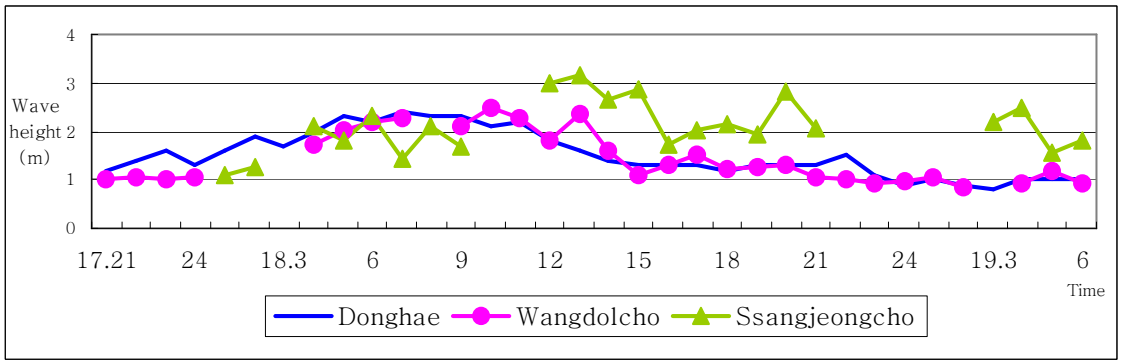
Fig. 5.18 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from 17 to 19 May 2005

Fig. 5.19는 먼 바다 풍속과 파고 분포로 18일 오전동안 15~20 ㎧ 내외의 강풍이 불었고 오후부터는 점차 약해졌다. 앞바다와 마찬가지로 강풍발생 시점이 비슷하며 지속시간 또한 짧게 나타나고 있다.

파고분포는 18일 일중에 2~3m의 파고가 나타나고 있는데, 이는 앞바다의 파고 관측 값과 비슷하다. 풍속이 앞바다 보다 강했으면서도 파고가 비슷하게 나타난 것으로 보아 남서기류는 지속시간이 짧기 때문에 전해상의 파고가 풍속과 잘 일치하고 있음을 볼 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 5.19 Same as in Fig. 5.18 except for offing

b. 2006년 4월 30~5월 1일 사례

Fig. 5.20의 지상일기도에서는 만주에서 한반도를 거쳐 화북지방으로 기압골이 폭넓게 분포한 가운데 일본 남쪽 해상으로 고기압이 위치하고 있고 한반도 부근에 기압경도력이 강하여 강한 남서기류가 유입되었다. 500hPa 일기도에서는 만주지방에 한기를 동반한 절리저기압이, 중국에는 기압능이 위치해 있다. 850hPa 유선도에서는 한반도 전역이 강풍 역에 들어있으며 남한지방으로 유선이 조밀하게 나타나고 동해상에서 수렴되고 있다. 바람벡터는 동해상으로 10㎧ 이상의 강한 남서기류가 유입되는 것을 볼 수 있다.

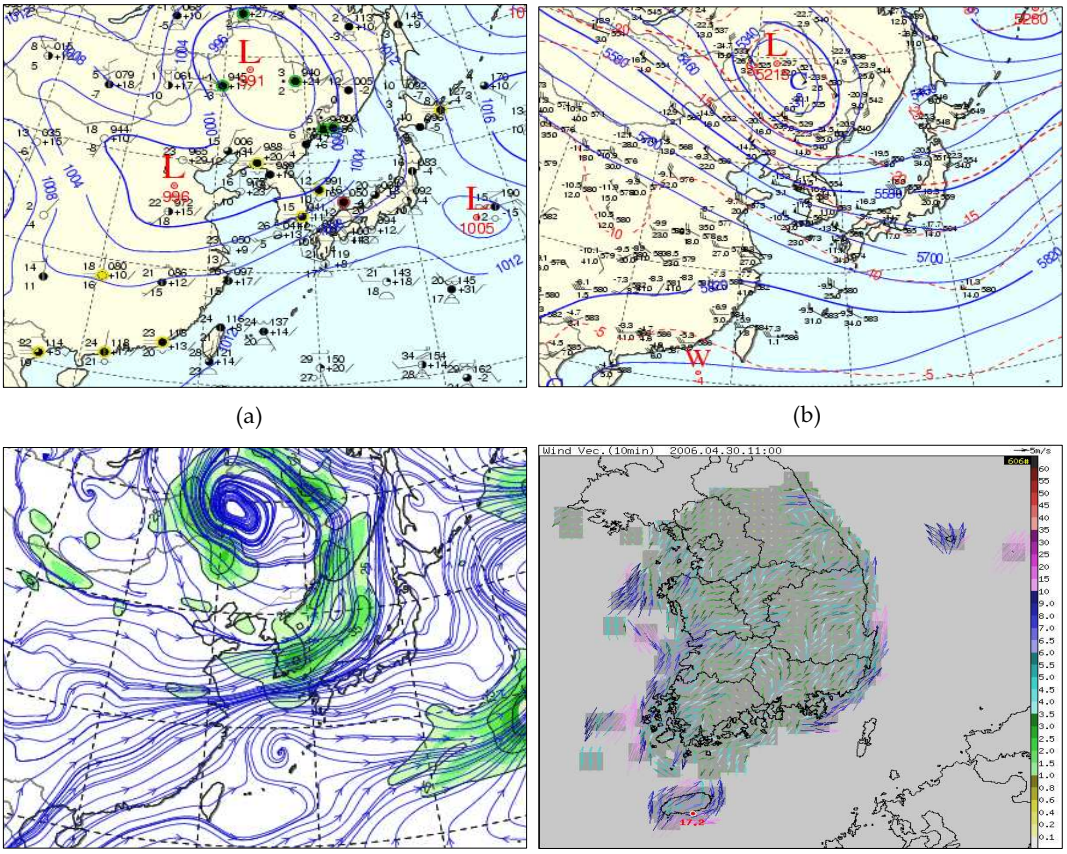
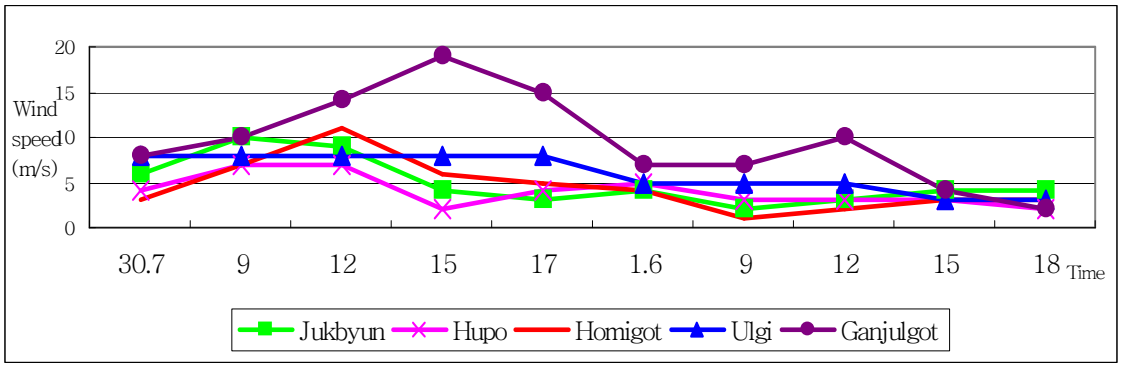


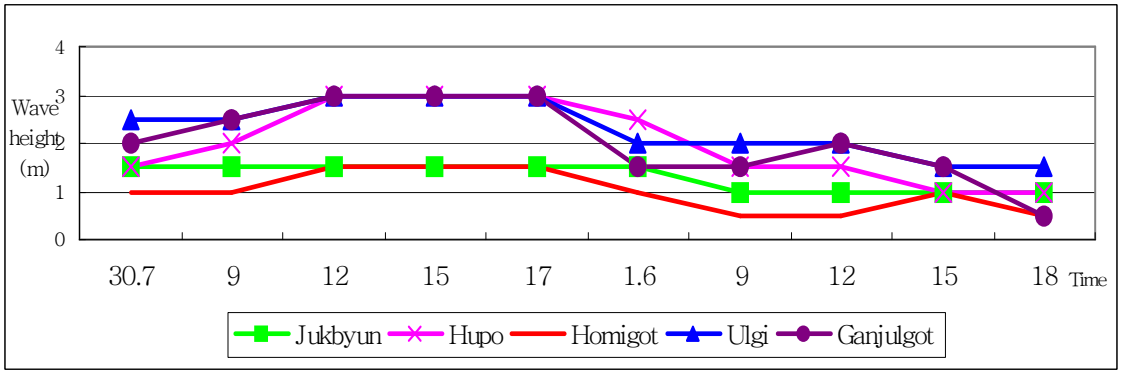
Fig. 5.20 The status of (a) Surface weather chart, (b) 500 hPa weather chart and (c) 850 hPa moisture flux at 00UTC Apr. 30, 2006. (d) AWS wind vector at 02UTC Apr. 30, 2006

Fig. 5.21은 연안바다의 풍속과 파고 분포로 간절곶이 가장 높게 나타나고 있으며 30일 낮 동안 15㎧가 넘는 강풍이 불기도 했으나 나머지 지점은 비슷한 분포를 보이고 있다. 이는 북쪽을 지나는 기압골이 빠르게 이동하면서 강풍지속 시간이 짧게 나타난 것이다.

파고분포는 후포, 간절곶, 울기에서 3m에 이르는 고파가 발생하였고, 죽변과 호미곶에서는 2m의 이하의 파고가 기록되어 고파 현상이 나타나지는 않아 남서기류의 영향을 직접 받는 지역이 파고가 높게 나타나고 있다.



(a)



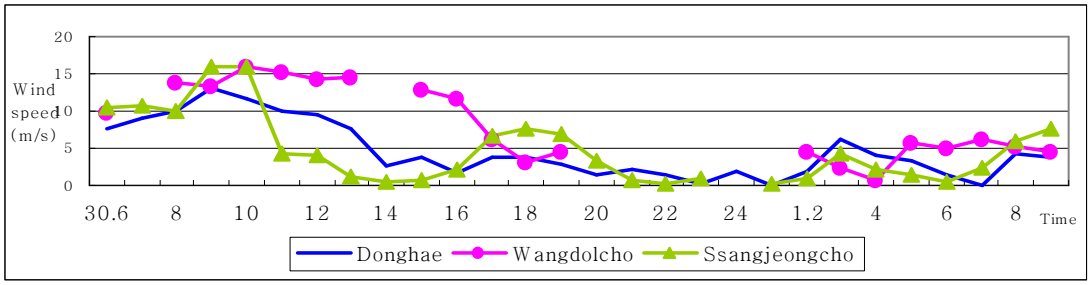
(b)

Fig. 5.21 The status of (a) Wind speed and (b) Wave height of coast from Apr. 30 to May 1, 2006

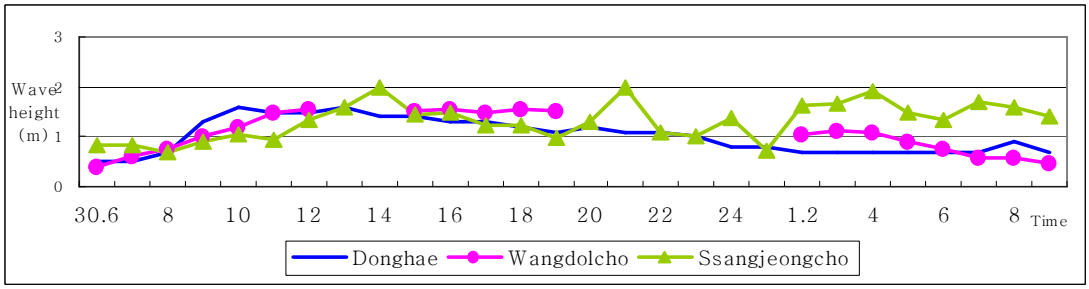
Fig. 5.22는 먼 바다 풍속과 파고 분포로 쌍정초에서는 30일 아침부터 오전까지 10~15 ㎧ 내외의 강한 바람이 유입되다가 오후부터 5㎧ 이하로 바람이 약해졌다. 동해부이와 왕돌초에서는 30일 아침부터 오전까지 10㎧ 이상의 강한 바람이 유입되다가 동해부이는 오후부터 왕돌초는 오후 늦게부터 5㎧ 이하로 바람이 약해졌다.

파고분포는 쌍정초에서는 30일 낮부터 2m 내외의 파고가 발생되었으며, 동해부이와 왕돌초는 30일 오전부터 밤까지 1.5m 내외의 파고가 발생되다가 밤 늦게부터 1m 이하로 점차 낮게 나타났다.

먼 바다의 경우는 남서기류 지속시간이 짧기 때문에 3m 이상의 고파는 발생하지 않았다. 강한 남서기류가 장시간 유입 될 때 앞바다에서는 강풍시간보다 늦게 고파가 발생하여 강풍이 약해지면 고파도 낮아지며, 먼 바다에서는 더 강한 강풍이 불었음에도 파고는 앞바다와 비슷하게 나타난다. 남서기류 유입이 짧을 때 강풍은 앞바다와 먼 바다가 비슷하나 앞바다는 3m 이상의 고파가 발생하고 먼 바다에서는 고파가 발생하지 않았다.



(a)



(b)

Fig. 5.22 Same as in Fig. 5.21 except for offing

B. 태풍 통과시의 특성 분석

1. 태풍『메기』사례*(2004. 8. 16~20)*

제15호 태풍『메기』는 Fig 5.23에서 보는 바와 같이 2004년 8월 19일 09시에 부산 부근을 통과하여 울산부근을 지나 같은 날 15시에 울릉도 부근을 통과하여 동해북부해상으로 빠져나갔다. 이 태풍의 영향으로 동해안지방과 울릉도·독도지방에서 많은 비가 오고 동해 전 해상에서는 매우 높은 파고와 강한 바람이 불었다. 850hPa 유선도를 보면, 태풍 전면에 형성된 강풍대가 동해남부 및 동해안지방으로 접근하고 있어 경북북부앞바다와 경상도 동해안에는 초속 20~30 m의 남동 및 북동계열의 강풍이 불었다.

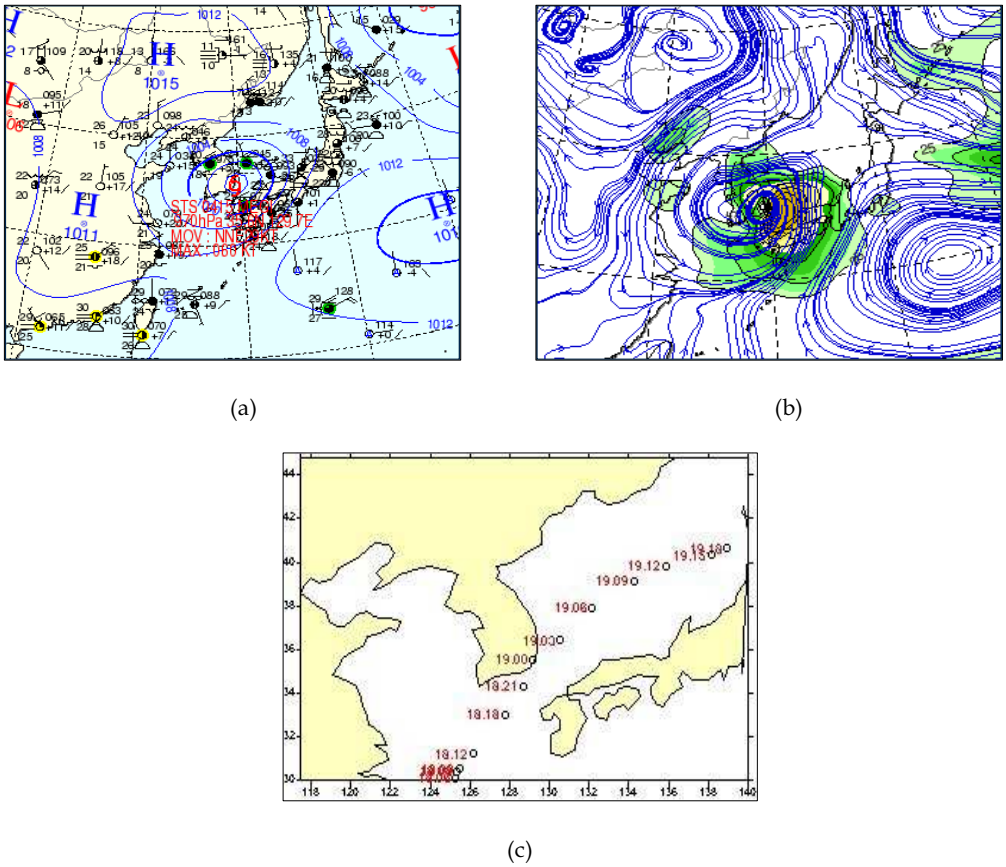
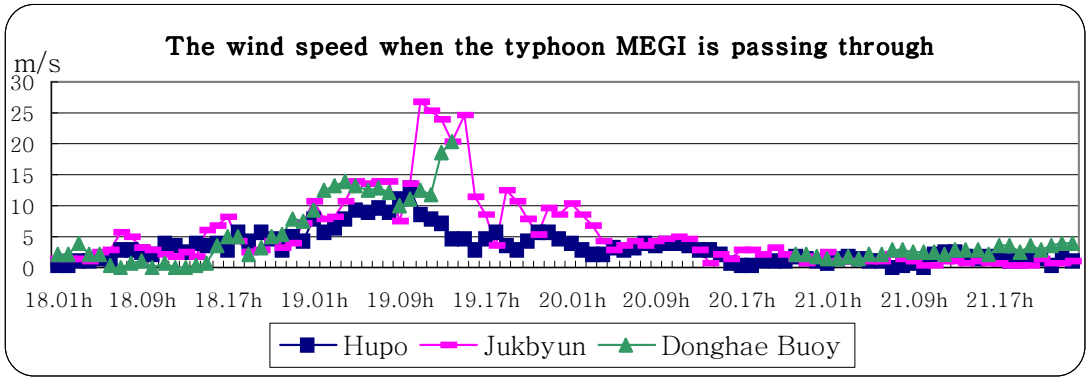
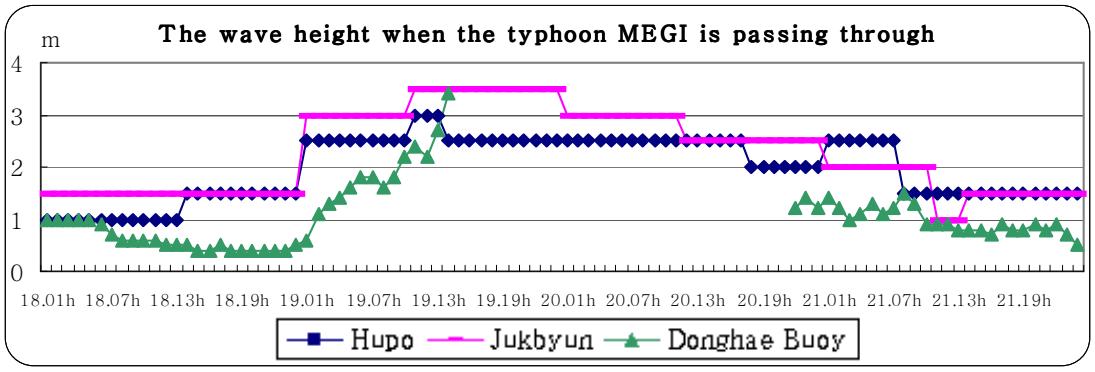


Fig 5.23 The status of (a)Surface weather chart, (b)850 hPa moisture flux and (c) Track for Typhoon MEGI at 00UTC Aug. 19, 2004

Fig. 5.24는 태풍 『메기』가 통과할 때의 풍속과 파고 분포로, 죽변 지방은 지형적인 영향으로 19일 11시9분에 최대순간풍속이 37.9㎧(북동풍)로서 매우 강한 바람이 불었으며, 그 후에도 10㎧ 이상의 강한 바람이 지속되다가 20일 새벽에 들면서 5㎧로 빠르게 약화되었으나, 후포지방은 13㎧를 정점으로 계속 감소되었다. 그러나 파고는 태풍이 통과하고 난 후 풍속이 5㎧ 이하로 매우 약해진 상태에서도 죽변과 후포 등 경북북부앞바다 중 연안에는 2m 이상의 높은 물결이 30시간 이상 더 지속되었는데 이는 너울에 의한 파고이다.



(a)

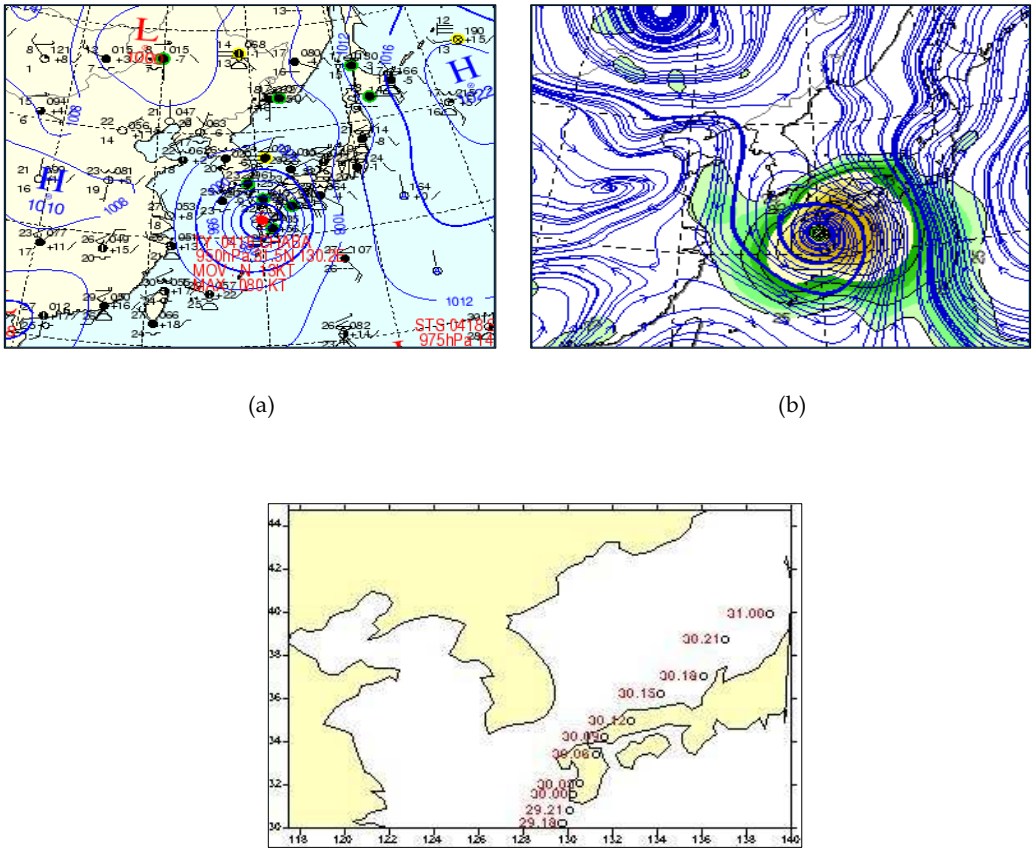


(b)

Fig. 5.24 Same as in Fig. 5.23 except for Typhoon MEGI is passing through from 16 to 20 Aug. 2004

2. 태풍 『차바』 사례(2004. 8. 29~8. 31)

제16호 태풍『차바』는 2004년 8월 30일 09시경에 일본 규슈의 가고시마 부근 해안을 상륙하여 점차 북동진하면서 이동속도가 빨라져 규슈를 가로질러 30일 밤에 동해 먼 해상으로 북상하였다(Fig 5.25). 이 태풍의 영향으로 동해안지방과 울릉도·독도지방에서 많은 비가 오고 동해 전 해상에서는 매우 높은 파고와 강한 바람이 불었다. 850hPa 유선도를 보면, 경북북부 앞바다와 경북북부 동해안에는 태풍 전면에 남동풍계열의 강풍대가 형성되어 20~30㎧의 강한 바람이 불었다.

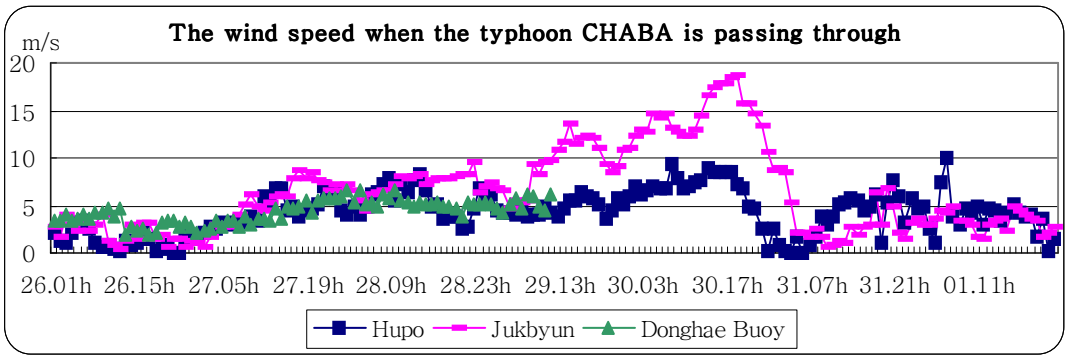


(a) (b)

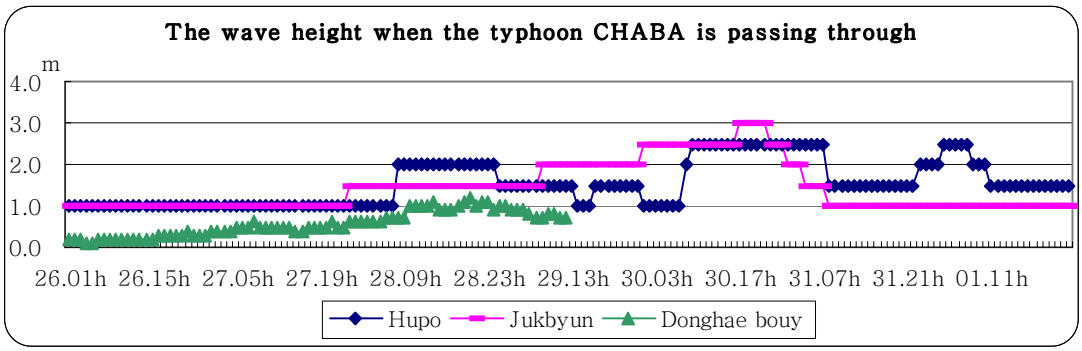
(c)

Fig. 5.25 The status of (a)Surface weather chart, (b)850 hPa moisture flux and (c) Track for typhoon CHABA at 00UTC Aug. 30, 2004

Fig. 5.26의 태풍『차바』가 일본 규슈에 상륙무렵 죽변의 풍속이 증가하기 시작하여 15㎧ 내외의 강풍이 발생하였고, 17시 14분에는 최대순간풍속이 23.9㎧가 나타났다. 태풍이 일본 삿포로 남서쪽 부근으로 빠져 나간 31일 07시에 동해남부앞바다의 풍랑주의보를 해제한 후 경북북부앞바다의 연안에는 일시적으로 파고가 낮았으나 31일 밤부터 9월 1일 오전까지 후포 연안에 2~3m의 매우 높은 2차 너울성 파고가 약 30시간 동안 더 지속되었다.



(a)



(b)

Fig. 5.26 Same as in Fig. 5.25 except for Typhoon CHABA is passing through from 29 to 30 Aug. 2004

위 사례를 종합하면 태풍이 통과한 후에도 2차 너울성 파고가 장시간 발생함을 볼 때 태풍으로 인한 풍랑주의보의 해제는 태풍통과 후 충분한 시간(30시간 이상)을 고려해야 해난 사고를 방지할 수 있다는 것을 보여준다.

C. 동해남부해상의 너울특성

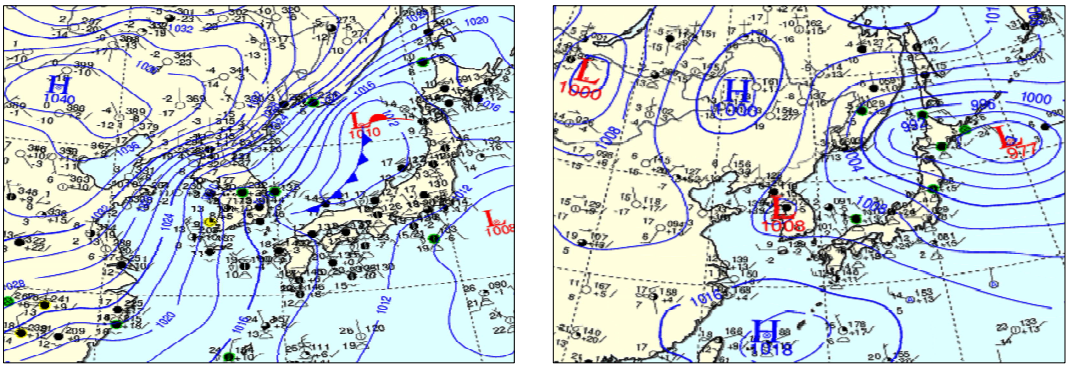
동해상은 서해나 남해와는 달리 남북으로 매우 좁은 해구가 형성되어 있고, 수심이 약 4,000m로 매우 깊으며, 왕돌초를 중심으로 남북으로 길게 해저능이 형성되어 있다. 또한 조류가 약하고 해구도 매우 좁아 내부운동에너지의 자정능력이 매우 미약한 곳이다.

너울은 주로 발달한 저기압이나 태풍이 통과한 후에 일어나기 때문에 풍랑주의보를 해제한 뒤에 나타는 경우가 많아 해상에서 조업하는 선박들이 피해를 보는 경우가 종종 발생한다. 너울을 일으키는 원인은 지진해일 등 여러 가지 원인이 있겠지만 여기에서는 발달한 저기압이나 태풍의 영향으로 발생하는 너울에 대해서 분석하였다.

1. 저기압에 의한 너울발생

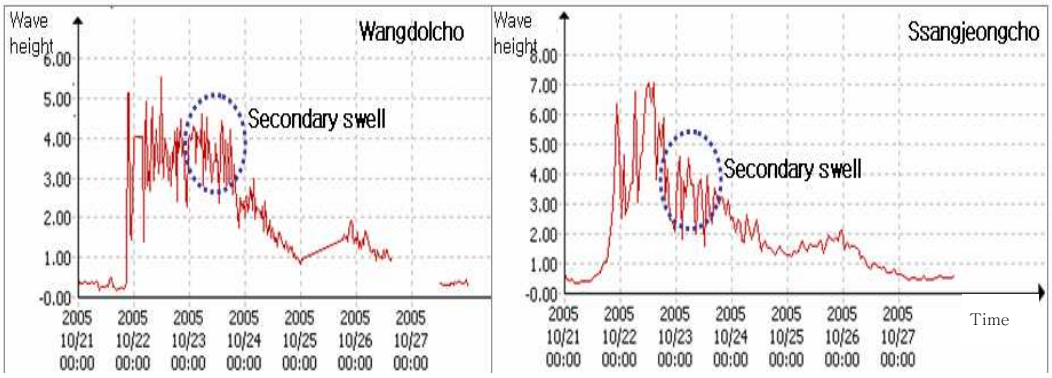
a. 너울발생 사례

Fig. 5.27과 Fig. 5.28에 나타난바와 같이 2005년 10월 21일에서 10월 25일, 2006년 3월 28일부터 4월 2일까지 발달한 저기압이 동해해상을 통과할 때 왕돌초의 유의파고는 3~5m가 기록 되었다. 이는 지상저기압이 동해상에서 발달하면서 매우 느리게 북동진 또는 남동진하고, 상층 한기가 강하게 하강하면서 돌발고파가 발생하였기 때문이다. 또한 저기압이 일본열도 통과 후에 일본열도 부근의 고파가 동해연안으로 밀려들어와 2차 너울이 유입된 것이다.

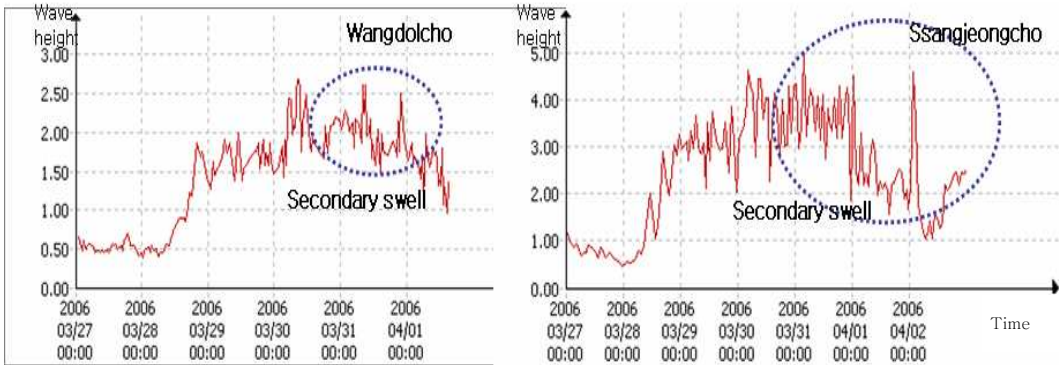


(a) (b)

Fig. 5.27 Surface weather chart at 12UTC (a) 21 Oct. 2005. (b) Mar. 29 to Apr. 2, 2006



(a)



(b)

Fig. 5.28 Wave height from(a)21 to 25 Oct. 2005 and (b)Mar. 27 to Apr. 2, 2006

b. 저기압의 연직 구조

동해해상에 고파를 발생시키는 원인을 살펴보면 Fig. 5.29에서와 같이 상층 절리저기압이 만주에서 동해상으로 남하하는 경우, 상층에서는 상층 기압골 상하층이 연직을 이루고 권계면 고도 이하에서는 한기 돔의 형태를 갖춘 절리 저기압 내에서 강한 한기에 의해 고기압성 와도가 형성되면서 지표면에서 300hPa 고도까지 강한 하강기류역이 발생하기 때문이며, 하층에서는 지상저기압이 동해해상에서 발달하면서 매우 느리게 "Z"형으로 이동하면서 상층 한기에 의해 2차 부저기압이 발생하기 때문이다.

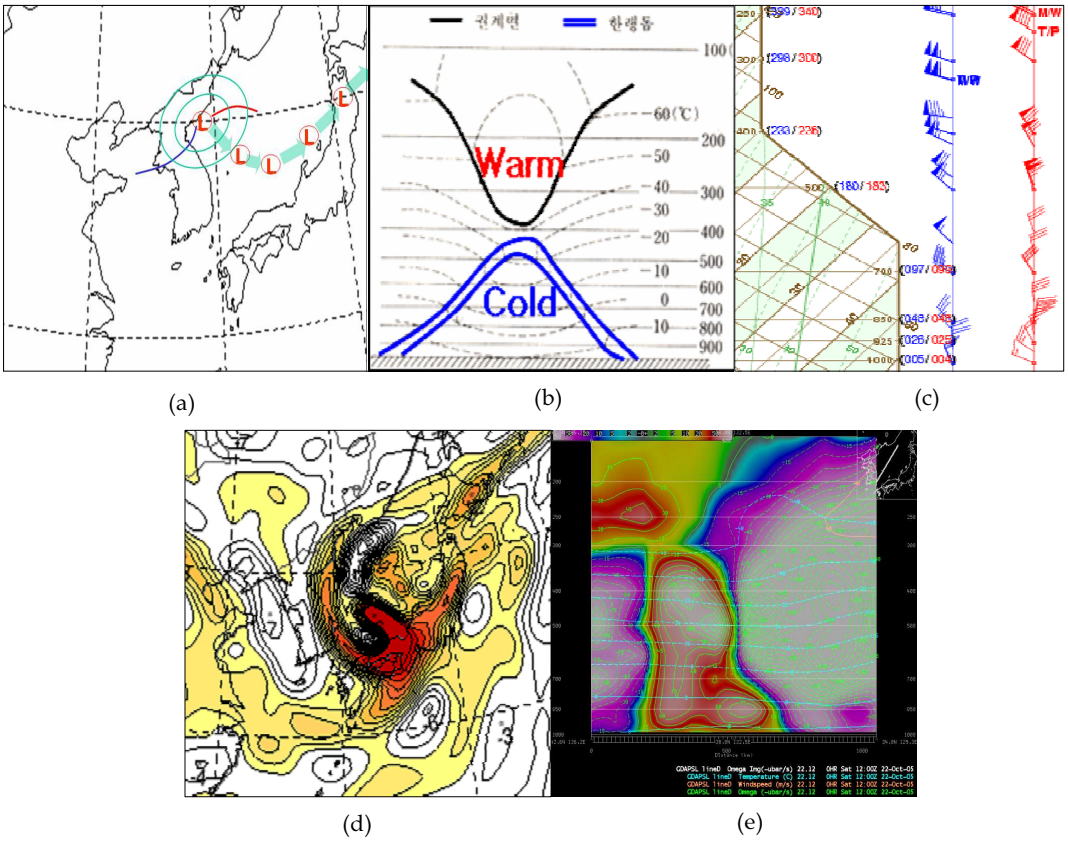


Fig. 5.29 The mimetic diagram of (a) Track of Low, (b) Vertical diagram, (c) Vertical wind, (d) 500 hPa vorticity and (e) Vertical Omega at 12UTC Oct.22, 2005

c. 저기압 통과 시 너울발생 모식도

저기압에 의해 높은 파고가 발생하는 패턴을 보면 겨울철 발달한 저기압이 전선을 동반한 채 동해해상으로 이동할 때 한랭전선 후면으로부터 상층의 강한 한기가 하강하여 높은 파고가 발생하는 것을 1차 너울이라 할 수 있다.

발달한 저기압이 동해 먼 바다로 이동한 후 후면에 놓인 동해앞바다에 북서풍이 유입되면서 일시적으로 파고가 낮아지고 저기압이 일본열도를 통과 후 일본열도 부근의 고파가 동해 연안으로 되돌아오는 시기에 2차 너울이 발생하는데, 이것은 상층한기의 하강에 의한 너울 현상(해수면 충격 효과)으로 판단되며, 저기압이 통과할 때의 너울 발생모식도를 Fig. 5.30에 나타내었다.

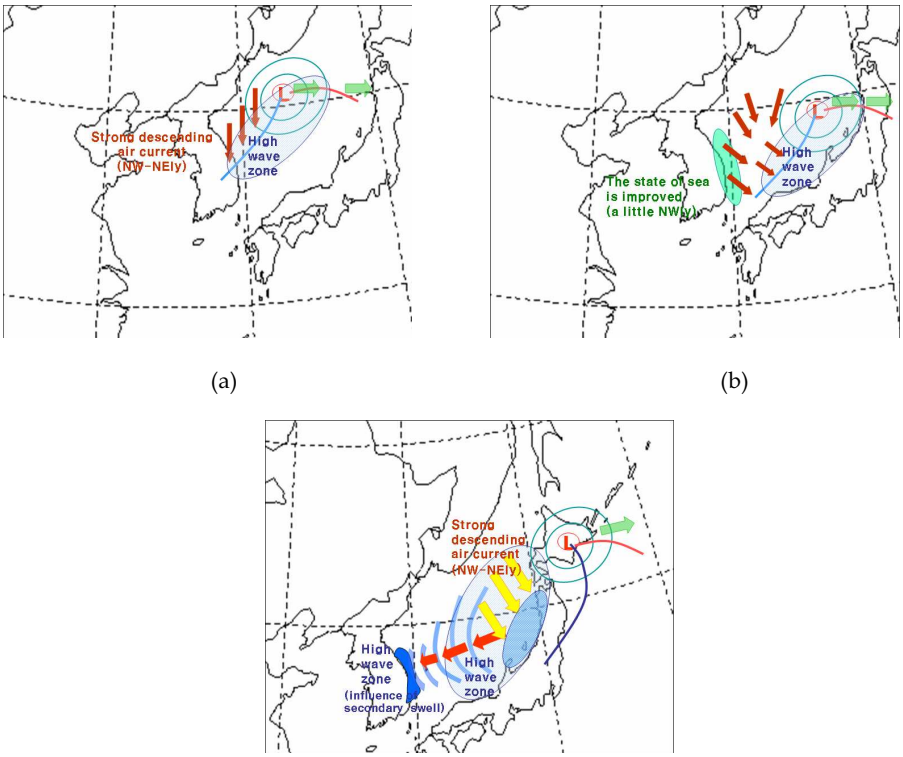


Fig. 5.30 The mimetic diagram of (a) First high wave, (b) Second improvement and (c) Second swell inflow when the low pressure is passing through

이와 같이 저기압이 통과할 때 동해해상에서 나타나는 너울을 예측하기 위하여 고려할 사항은 다음과 같다.

첫째, 겨울철 발달한 저기압의 영향으로 너울이 발생하려면 500hPa 고도의 저기압은 절리저기압(역 오메가형)이 되어 만주에서 동해북부해상을 거쳐 일본열도로 “U”자 형태로 느리게 이동하고, 500hPa의 저기압성 와도는 원형의 형태를 유지하면서 저기압성 와도 속에 강한 고기압성 와도가 북쪽에서 남쪽으로 침투하는 형태가 된다. 또한 지상저기압이 동해상에서 전선대를 동반한 채“Z”자 형태로 매우 느리게 이동하거나 부저기압을 몇 개 동반한다.

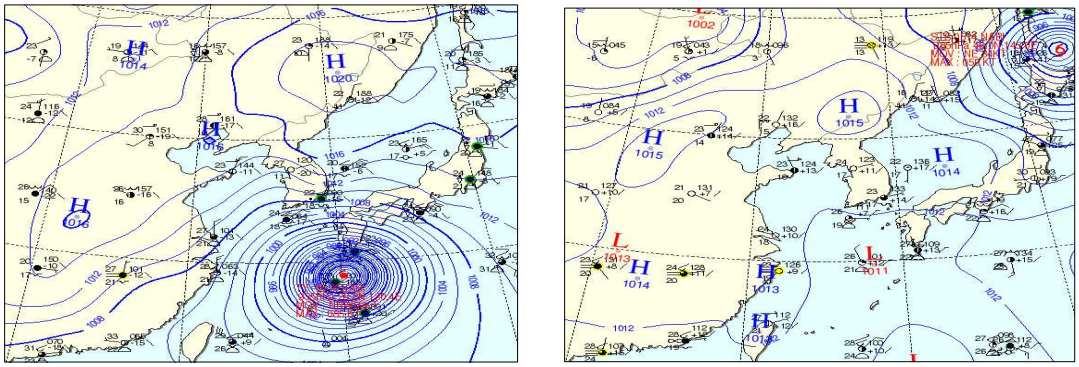
둘째, 저기압에 의한 2차 너울 현상은 상층 한기의 영향을 많이 받는 10월에서 4월에 국한되며, 잔파성 너울(고파+2차 너울)의 지속시간은 3일~4일이 된다.

2. 태풍 통과 시 너울발생

a. 너울발생 사례

Fig. 5.31과 Fig. 5.32는 2005년 제 14호 태풍 『나비』(2005. 9. 4~9. 8)가 동해 해상을 통과할 때 너울이 발생한 대표적인 사례로서 태풍 통과 후 거제도 부이자료는 유의파고가 1m 내외를 기록하였으나 주기적인 파고는 없었다.

쌍정초 자료는 태풍이 통과한 후에도 유의파고가 2~4m의 파고가 주기적으로 유입되어 2차 너울이 발생하였다.



(a) (b)

Fig. 5.31 Surface weather chart from (a)06UTC 5 and (b)00UTC 8 Sep. 2005

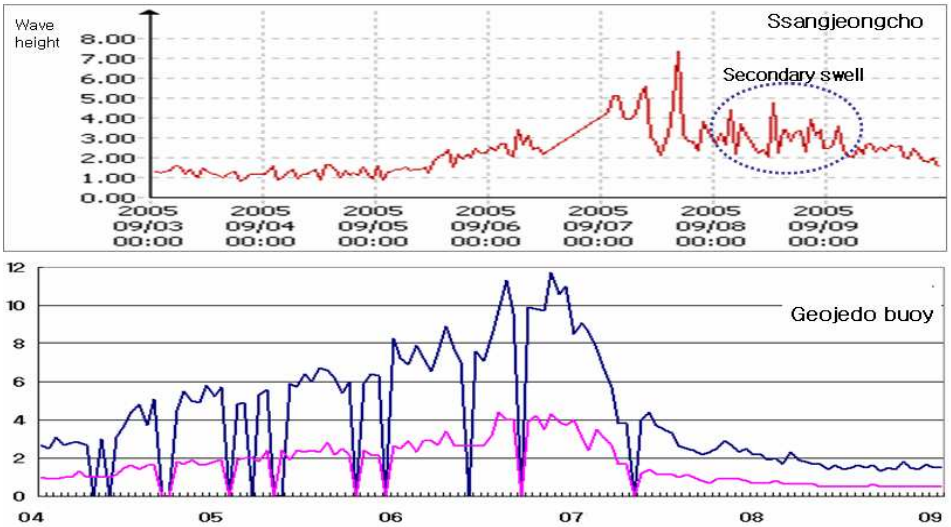


Fig. 5.32 Wave height from 5 to 9 Sep. 2005

b. 태풍 통과 시 너울 발생 모식도

태풍이 남해해상으로 북상할 때 동해남부해상에는 강한 북동기류의 영향으로 높은 파도가 발생하는데 이 시기가 1차 고파 발생기이다. 태풍이 한반도를 통과하거나, 대한 해협을 거쳐 동해 중 · 북부 먼 바다로 이동할 경우 동해남부앞바다는 후면 서풍기류에 의하여 파고가 낮아지는 일시 호전기가 있으며, 이후에 태풍이 일본열도로 상륙하여 이동할 때 태풍에 의해 밀려간 고파가 되돌아와 2차 너울을 발생시킨다.

이는 태풍통과에 의한 너울 현상(해수면 상승효과)으로 판단되며, 태풍이 통과할 때의 너울 발생모식도를 Fig 5.33과 같이 나타낼 수 있다.

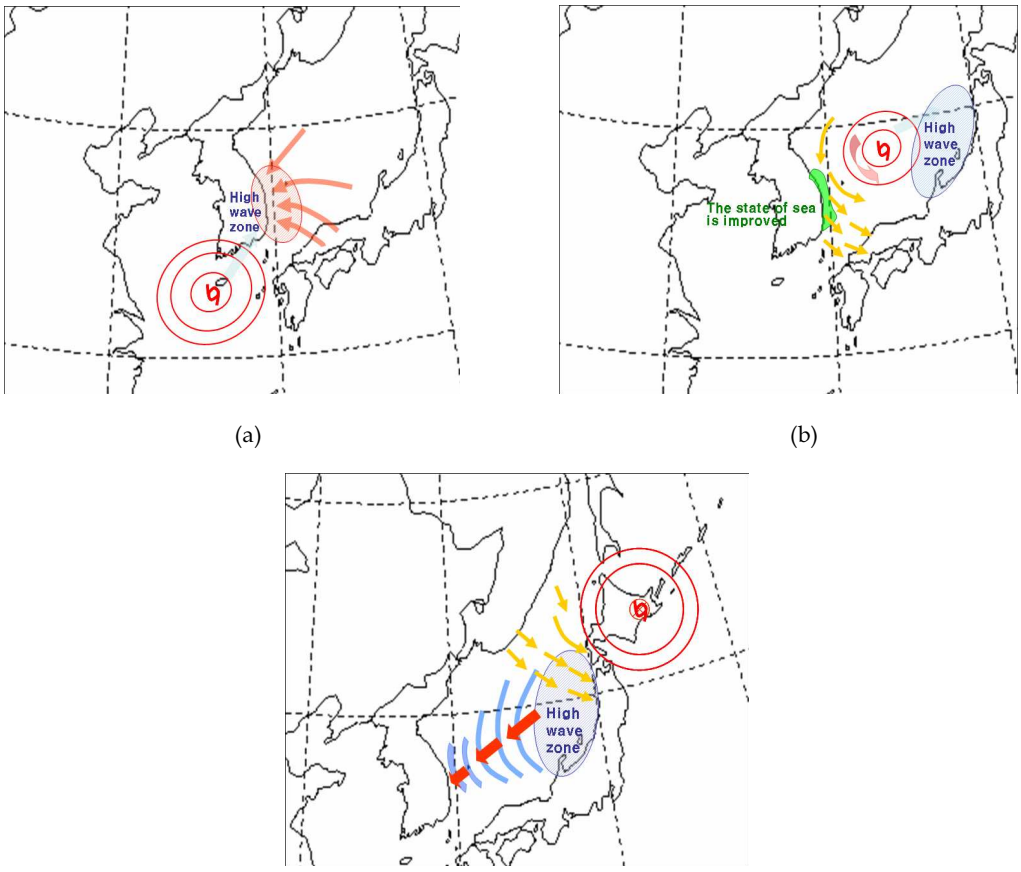


Fig. 5.33 The mimetic diagram of (a) First high wave, (b) Second improvement and (c) Second swell inflow when the typhoon is passing through

이와 같이 태풍이 한반도를 지나 동해해상을 통과할 경우 태풍 전면에서는 북동기류에 의한 1차 장파성 너울이 발생하고, 발달한 태풍이 대한 해협을 통과하여 동해상을 통과할 경우 2차 너울이 발생하여 약 2~3일간 지속된다.

겨울철 발달한 지상저기압이 한랭전선을 동반하여 통과하거나 태풍이 동해해상을 통과할 때에는 이와 같은 특성을 고려하여 해상특보를 운영하여야 한다.

Ⅵ. 요약 및 결론

동해안은 융기해안으로 면적이 크고 수심이 깊어 조석차가 적다. 겨울에는 앞바다와 먼 바다의 수온차이가 거의 없으나, 여름에는 앞바다는 저온, 먼 바다는 고온의 분포를 보인다. 연안지역의 수온 변동 폭은 앞바다가 먼 바다보다 크고, 저위도보다 고위도 지역이 낮은 수온분포를 보이는데, 이는 동해 해상을 흐르는 한류의 영향과 만의 지리적인 특성 때문으로 일기변화를 가져오는 원인이 된다.

동해안은 지형적인 원인 등으로 선박 척수가 다른 항에 비해 적으나 선박 척수대 해양사고 비율은 매년 증가하고 있다. 해난사고는 대부분이 충돌, 기관 손상, 조난, 취급불량 등에 의해 일어나고 있으며 이들은 해상의 기상변화와 밀접한 관계가 있다. 이와 관련한 동해남부해상의 환경특성에 따른 기상특성을 분석한 결과를 다음과 같다.

1. 동해남부해안지방의 풍향별 발생빈도는 연중 남서와 북서, 북동풍이 가장 많이 나타나고 있다. 계절별로는 봄철은 울진이 북서풍과 남서풍이, 영덕과 포항은 남서와 북동풍이 탁월하고, 울산은 탁월풍이 없다. 여름철은 울진이 북서와 남동이 다소 우세하고, 영덕과 포항은 북동풍이 탁월하며, 울산은 북동과 남동풍이 탁월하다. 가을철에는 울진에서 북서와 남서풍이, 영덕과 포항에서는 북동과 남서풍이, 울산에서는 북서와 북동풍이 탁월하다. 겨울철에는 울진에서 북서와 남서풍이, 영덕과 포항은 남서풍이, 울산은 북서풍이 탁월하다. 이러한 바람특성은 이 지역 날씨를 지배하여 지역별로 차이를 나타나게 한다.

2. 기온특성은, 북쪽 저기압의 활성화나 남쪽기압골의 영향으로 남서기류가 유입하는 지방은 푄현상으로 낮 기온이 크게 상승하고 남동풍의 영향을 받는 지방은 낮 기온이 낮게 나타난다. 한편, 동해해상에 고기압의 영향, 전날 최고 기온이 높이 올라가 다음날 오전부터 해풍이 유입될 때, 동해상 남쪽 저기압의 영향, 동해해상에서 온도선이 사행할 때, 주풍계의 바람이 약한 낮 등의 원인으로 북동기류가 유입할 때에는 동해안지방은 내륙에 비해 낮 최고기온이 낮게 나타난다. 이때에는 850hPa 일기도의 온도 능의 위치와 20kts 이상의 강한 남서기류의 유입, 920hPa 일기도에 U자모양의 온도골이 동해해상에 위치하는 가를 분석하는 것이 중요하다.

3. 안개 발생일수는 울진이 울산이나 포항지방에 비하여 3배 이상이나 많이 발생하고 있다. 계절별로는 봄과 여름에 집중되어 있으며, 가을과 겨울에는거의 발생하지 않는다.

바람과 안개와의 관계는 울진지방은 남풍에서 발생하여 서풍이 유입할 때 종료하고, 포항지방은 북동에서 발생하여 남동이나 서풍계열의 바람에서 종료한다, 울산지방은 대부분 복사무로서 풍향은 다양한 편이나 정온이나 북서계열에서 발생한다.

동해해상의 해무는 4월에서 8월에 주로 발생하며, 해수온도와 기온차이에 의해서 많이 발생하였고, 동풍계의 해풍에서는 안개가 적은 것이 특징적이다. 해무발생은 평균수온이 예년평균수온보다 0.5~2.4℃ 낮을 때 안개가 발생하며 차이가 많을수록 광범위한 해무가 발생한다.

4. 파고 및 너울특성은, 북동기류가 장시간 유입될 때에는 앞바다에서는 풍속이 약해져도 먼 바다에서 발생한 너울이 연안바다로 유입되어 지속적으로 고파가 발생하고, 먼 바다는 강풍과 고파의 발생과 종료시기가 잘 일치한다.

저기압 통과로 인하여 남동기류가 유입될 때에는 앞바다는 강풍이 지역에 따라 강약에 차이는 있으나 전 지역에서 고파가 지속되고, 먼 바다는 강풍이 어느 정도 지속되어야 고파가 발생한다.

강한 북서기류가 장시간 유입되면 앞바다에서는 강풍지속시간 보다 장시간 동안 고파가 발생하고, 먼 바다에서는 강풍과 고파의 발생과 종료시기가 일치한다. 반면에 북서기류 유입이 짧을 때에는 앞바다에서는 고파가 발생하지 않으나, 먼 바다에서는 강풍과 고파의 발생과 종료시기가 일치하여 나타난다.

강한 남서기류가 장시간 유입될 때에는 앞바다에서는 강풍시간보다 늦게 고파가 발생하여 강풍이 약해지면 고파도 낮아지고, 먼 바다에서는 더 강한 강풍이 불어도 파고는 앞바다와 비슷하게 나타난다.

겨울철 발달한 저기압이 전선을 동반하여 동해해상으로 이동할 때에는 한랭전선 후면으로부터 상층 한기가 하강하여 고파가 발생하고 저기압 통과 후 일본열도 부근의 고파가 동해 연안으로 되돌아오는 시기에 2차 너울이 발생하는데, 이 잔파성 너울(고파+2차 너울)은 3일~4일간 지속된다. 이러한 너울은 상층 한기의 영향을 많이

받는 10월에서 4월에 국한되어 나타난다.

태풍으로 인한 너울발생은 태풍이 한반도를 지나 동해해상을 통과할 경우 태풍 전면에서는 북동기류에 의한 1차 장파성 너울이 발생하고, 발달한 태풍이 대한 해협을 통과하여 동해상을 통과할 경우 상승한 해수면에 의해 2차 너울이 발생하여 약 2~3일간 지속된다.

이상에서 특정 풍계의 강한 바람이 유입 할 때나, 겨울철 발달한 지상저기압이 한랭전선을 동반하여 통과할 때, 또한 태풍이 동해해상을 통과할 때에는 이러한 특성을 고려하여 해상 파고를 예측하고 보도함으로서 해상사고를 저감할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

국립해양조사원, 2004 : 해양자료실 조석 및 조류자료. http://www.nori.go.kr/

기상연구소, 2000 : 영동해안지방의 안개(해무)발생 특성조사. MR002E05, 8～17.

---------, 2000 : 제주도앞(부근)바다 해양기상 특성조사. MR002E07, 42～43.

---------, 2002 : 영종도 주변 해역의 해무예측연구(Ⅲ). MR010M03, 38.

기상청, 1997 : 한반도 연안 해무 특성집. 59～104.

---------, 2005 : 기상법령집. 582～583.

김문옥, 1998 : 한반도 주변 해역의 해무 분포 특성. 석사학위논문, 47.

김철호, 김구, 1983 : 한국동해안에 출현하는 냉수괴의 특성과 기원. 한국해양학회지, 18(1), 73～83.

나정열, 이성욱, 조규대, 1991 : 한반도 근해의 해류 및 해수특성. 한수지, 24(4), 215～228.

소방방재청, 2005 : 월간 재난종합상황분석 및 전망. 10월～11월, 3.

신길호, 2005 : 충돌좌초사고 다발해역 안내. 선박안전 기술노트, 71, 91～93.

이성은, 2006 : 울산연안 해무특성 연구. 울산기상대, 5～7.

이정훈, 2006 : 한국일보. 2006년 6월 12일 기사.

전상후, 2005 : 세계일보. 2005년 6월 12일 기사.

정필문, 2006 : 울산종합신문. 2006년 6월 14일 기사.

조군석, 2004 : 경북동해안의 해륙풍이 낮 기온변화에 미치는 영향. 포항기상대, 7～9.

중앙해양안전심판원, 2006 : 해양사고통계연보.http://www.kmst.go.kr/statistics/statisticsLatest.asp.

포항지방해양수산청, 2006 : 통계자료.

포항해양경찰서, 2005 : 상황보고서. No. 291～354.

해양수산부, 2005, 2006 : 해양수산통계연보. http://www.momaf.go.kr/.

감사의 글

오월의 신록이 무르익던 2년 전 초여름 교수님의 추천을 받아 대학원에 입학한지가 엊그제 같은데 어느덧 학업을 마치고 영광스러운 졸업하게 되니 만감이 교차하고 이 기쁜 마음을 어떻게 표현해야 할지 망설여집니다.

만년에 학업을 시작 한다는 것이 결코 쉬운 일은 아니었지만 평생을 배워야 한다는 신념으로 서울에서 광주로, 포항에서 광주를 오가며 수업을 들을 때가 내 인생에서 가장 보람 있었던 때가 아닌가 생각합니다.

그동안 수업을 받으면서 현장에서 습득한 경험이 체계적인 지식으로 환류 될 때에는 늦었으나 시작하길 잘했다는 마음이 가득했으며 그만큼 큰 보람도 느꼈습니다, 돌이켜 보면, 직장을 다니며 학업을 수강하다보니 남들보다 두 세배의 노력을 해야 했고, 직장일 때문에 수강에 어려움이 있을 때마다 교수님들과 학우님들의 격려와 따듯한 배려가 있었기에 오늘의 이 영광을 누리게 되었습니다.

무엇보다도 오늘의 이 기쁨을 누릴 수 있었던 것은 공부할 수 있는 길을 열어주시고, 부족한 학문에 기틀을 채워주시며, 논문이 완성 될 수 있도록 지도해주신 류찬수 교수님의 보살핌이 있었기에 가능한 일이었습니다, 교수님 진심으로 감사드립니다. 또한 힘들 때마다 따듯한 마음으로 보살펴주시고 학문을 전수해 주시고 논문심사에 정성을 아끼지 않으신 정효상 교수님, 오완탁 교수님, 이종호 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

아울러 그동안 학업을 충실히 할 수 있도록 격려해주신 대기과학과 선후배 동료님들 그리고 논문이 완성 될 수 있도록 자료조사며 논문 정리에 많은 도움을 주신 포항기상대 직원 여러분들께도 진심으로 감사를 드립니다.

이 논문을 마칠 수 있도록 저를 아끼고 도움을 주셨던 모든 분들께 항상 건강하시고 가정에 행복이 충만하시기를 기원 드리며 감사의 글을 올립니다.

감사합니다.

2007년 5월

김 경 식 배상

저작물 이용 허락서

학 과	대기과학과	학 번	20057728	과 정	석사
성 명	한글: 김경식 한문 : 金 慶 植 영문 : Kim Kyung Sik				
주 소	서울시 노원구 상계2동 1305 동양아파트 104-1302				
연락처	E-MAIL : ks155@kma.go.kr				
논문제목	한글 : 동해남부해상의 기상특성 영어 : The Characteristics of Weather events over the Southeastern Sea				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 반대( )

2007년 8월 일

저작자: 김 경 식 (인)

조선대학교 총장 귀하