

석사학위논문

冬季 西歸浦地域의 局地風에 관한 研究



제주대학교 산업대학원

해양생산학과

해양학 전공

강 영 범

2 0 0 6

석사학위논문

冬季 西歸浦地域의 局地風에 관한 研究

지도교수 윤석훈



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 산업대학원

해양생산학과

해양학 전공

강 영 범

2006

冬季 西歸浦地域의 局地風에 관한 研究

지도교수 윤 석 훈

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함.

2006년 6월



제주대학교 중앙도서관
제주대학교 산업대학원

해양생산학과 해양학전공

강 영 범

강영범의 이학석사학위 논문을 인준함.

2006년 6월

심사위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

A study on local wind of Seogwipo area
during wintertime

Young-Beom Kang

(Supervised by Professor Seok-Hoon Yoon)

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

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY

GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2 0 0 6

목 차

그림 목차 (List of Figures)	i
표 목차 (List of Tables)	iv
Summary	v
I. 서 론	1
II. 국지풍 이론	5
1. 지형에 의한 국지풍	5
2. 열적 원인에 의한 국지풍	6
III. 자료 및 분석방법	9
IV. 결 과	11
1. 통계 분석	11
2. 사례 분석	18
1) 종관풍 사례분석	18
2) 국지풍 사례분석	24
2) 해륙풍 사례분석	30
IV. 고 찰	36
IV. 결 론	40
- 참고 문헌	42
- 요 약	43
- 감사의 글	45

그림목차 (List of Figures)

Fig. 1. Topographical map and location of observation stations in Jeju island.	4
Fig. 2. Mimetic diagram of land and see breeze.	8
Fig. 3. Monthly mean wind speed.	13
Fig. 4. Wind rose of maximum wind in Jeju island for the period of reference.	13
Fig. 5. Maximum wind speed of ASOS in Jeju island for the period of reference.	14
Fig. 6. The time of maximum wind speed of ASOS in Jeju island for the period of reference.	14
Fig. 7. Start and end time of local wind in Seogwipo.	17
Fig. 8. Duration of local wind in Seogwipo.	17
Fig. 9. Surface weather chart of East Asia 09:00 8. FEB. 2006.	19
Fig. 10. 500hPa upper air weather chart of East Asia 09:00 8. FEB. 2006. ..	19
Fig. 11. Satellite image with MTSAT-1R 09:00 8. FEB. 2006.	20
Fig. 12. Radar image in Jindo Radar Station 09:00 8. FEB. 2006.	20
Fig. 13. Skew T-Log P DIAGRAM in Gosan 09:00 8. FEB. 2006.	22
Fig. 14. Surface wind vector in Jeju island 12:00 8. FEB. 2006.	22
Fig. 15. Time series analysis in Jeju, Seogwipo, Gosan and Seongsanpo between 07:00 and 19:00 8. FEB. 2006.	23
Fig. 16. Surface weather chart of East Asia 09:00 12. JAN 2005.	26
Fig. 17. 500hPa upper air weather chart of East Asia 09:00 12. JAN 2005. ..	26
Fig. 18. Satellite image with GOES-9 09:00 12. JAN 2005.	27
Fig. 19. Radar image in Jindo Radar Station 09:00 12. JAN 2005.	27

Fig. 20. Skew T-Log P DIAGRAM in Gosan 09:00 12. JAN 2005.	28
Fig. 21. Surface wind vector in Jeju island 12:00 12. JAN 2005.	28
Fig. 22. Time series analysis in Jeju, Seogwipo, Gosan and Seongsanpo between 07:00 and 19:00 09:00 12. JAN 2005.	29
Fig. 23. Surface weather chart of East Asia 09:00 28. DEC. 2003.	32
Fig. 24. 500hPa upper air weather chart of East Asia 09:00 28. DEC. 2003. ·	32
Fig. 25. Satellite image with GOES-9 12:00 28. DEC. 2003.	33
Fig. 26. Surface wind vector in Jeju island 01:00 28. DEC. 2003.	34
Fig. 27. Surface wind vector in Jeju island 13:00 28. DEC. 2003.	34
Fig. 28. Time series analysis in Jeju, Seogwipo, Gosan and Seongsanpo between 07:00 and 19:00 28. DEC. 2003.	35
Fig. 29. Mimetic diagram of Synoptic wind in Seogwipo area.	38
Fig. 30. Mimetic diagram of local wind in Seogwipo area.	38
Fig. 31. Mimetic diagram of land breeze in Jeju island.	39
Fig. 32. Mimetic diagram of see breeze in Jeju island.	39

표 목차 (List of Tables)

Table 1. List of observation stations in Jeju island.	10
Table 2. Distribution of synoptic wind in Seogwipo.	15
Table 3. Distribution of local wind in Seogwipo.	15
Table 4. Distribution of land and sea breeze in Seogwipo.	15



A study on local wind of Seogwipo area during wintertime

Young-Beom Kang

Department of Oceanography
Graduate School of Industry
Cheju National University

Supervised by Professor Suk-Hun Yoon



Summary

In this study, local winds occurrence was studied using the wind vector of Jeju from Dec 1924 to Feb 2006 to analyze the local winds especially at Seogwipo in winter season. The data for analysis are the automatic meteorological observation equipment (ASOS and AWS) in Jeju, sounding for upper air at Gosan, satellite and radar data.

Generally In Jeju Island, when the NW-ly blows under the effect of Siberia air mass in winter, cyclonic circulation occurs at Seogwipo and it frequently makes Karman Vortex in Jejudo south open sea.

The direction of maximum wind speed at Seogwipo in winter season is SE-SW and it appears 154 days which is 57% of winter. it shows the weak southerly appears at Seogwipo cause of orographic effect. However, the NW~NE wind appears about 62~75% in other areas of Jeju.

At Seogwipo, the possibility of synoptic wind occurrence by pressure system is 43%, synoptic wind appears when NW-ly climb up and down Mt. Halla under the circumstance that there is strong pressure gradient and cold-air advection and the subsidence inversion layer exists upper than 1950m which is sea-level elevation of Mt. Halla.

The local winds by topography appears 38% when the pressure gradient is somewhat weak and the inversion layer is located under 1950m. The vorticity appears by Mt. Halla as well as the local winds.

The land and sea breeze appears about 19% and it appears its circulation during daytime and nighttime throughout Jeju but Seogwipo is more apparent when the pressure gradient is weak and there is not meteorological phenomena of meso scale and above.

Therefore, when cP expands its power, there is strong wind at Seongsanpo(eastern Jeju) and Gosan (western Jeju) as against other areas. It showed different forms of wind at Jeju(windward side) and Seogwipo(leeward side). Especially in Seogwipo, wind direction is changed and wind speed is weaken as well. Local winds of Seogwipo can be predicted by pressure gradient and the height of the subsidence inversion layer in Jeju.

Synoptic wind by pressure system maintains its character when NW-ly climb up and down Mt. Halla under the circumstance that there is strong pressure gradient and cold-air advection and the subsidence inversion layer exists upper than 1950m which is sea-level elevation of Mt. Halla.

However, the local winds appears cause of the vorticity by topography effect of Mt. Halla when the pressure gradient is somewhat strong and the inversion layer is located under 1950m. At this time, clouds

disappeared and the local winds occurred by topography effect and thermal elements like local surface heating.

Namely, the local winds of Seogwipo could be changed its scale and character by inversion layer in winter season. There is not Karman Vortex when strong wind blows on the contrary. It shows a feature of the land and sea breeze at day and night time when he pressure gradient is very weak and there is not meteorological phenomena of meso scale and above. It is more apparent especially in Seogwipo.

Consequently, the local winds of Seogwipo appears when the inversion layer is lower than Mt. Halla and Karman Vortex occurs as well as the local winds by topography effect. However, synoptic wind appears when there is strong wind and the inversion layer was higher than Mt. Halla.

 제주대학교 중앙도서관
Keywords : Local wind, land and sea breeze, vorticity, Karman vortex

I. 서론

대기(大氣)의 여러 현상 중에서 연직으로 3km, 수평으로 100km 이하의 국지적 특성에 의하여 나타나는 국지순환(local circulation)은 크게 해륙풍(land and see breeze), 산곡풍(mountain and valley wind) 등 1일을 주기로 나타나는 순환계나 야간에 산지의 경사면을 따라 불어내리는 바람에 동반된 순환계, 종관규모(synoptic scale)의 바람이 지형의 영향을 받아서 변형된 풍계 등이 있다. 한편 국지풍은 한정된 지역에 고유의 풍향·풍속·빈도를 가지고 부는 바람을 말하며, 계절도 한정되어 있는 경우가 많다고 정의하고 있고(김광식, 1992), 강수를 동반하거나 급격한 기온과 습도의 변화를 초래하는 특징이 있는 바람인 경우가 많아 식물이나 인간활동에 미치는 영향도 크다. 따라서 그 지방의 고유한 명칭을 가진 것이 많은데 우리나라에 유명한 것으로 양간지풍(襄杆之風)이 있다. 이는 봄철이나 가을철에 양양(襄陽)·간성(杆城)지역에서 서풍이 강하게 부는 것을 말한다.

국지풍의 성인적(成因的) 요인을 보면 특정한 기압배치에 크게 지배되어 중규모(mesoscale, 中規模)의 범위를 가진 지방풍(地方風), 기압배치와 함께 국지적인 지형의 영향으로 생기는 국지풍, 일반적으로 종관풍이 약할 때 열적 요인을 강하게 받아서 부는 국지풍 등으로 나누어진다(김광식, 1992). 이러한 대기의 흐름 중 해륙풍은 해안지역에 도시와 공단이 많이 건설되고, 대규모 휴양단지가 개발되면서 대기오염의 유발, 동·식물에 미치는 생태학적 변화 등 인간의 생활에 직·간접으로 미치는 영향이 지대하기 때문에 높은 관심의 대상이 되어 왔다. 국지순환은 국지기후를 결정하는데 중요한 현상의 하나이므로 어느 지역의 국지 기후 특성을 파악하기 위해서는 그 지역에서 발생하는 국지순환의 구조, 즉 국지풍이 발생하는 자세한 구조적인 특징을 이해하는 것이 무엇보다도 중요하다.

제주도는 예로부터 삼다(三多)의 고장이라 하였다. 그 중 풍다(風多)는 중요

한 기후 특성 중의 하나로 연중 바람 부는 날의 빈도가 많을 뿐만 아니라 그만큼 강풍의 빈도도 많다는 것이다(기상청, 2004). 남해상의 고도(孤島)라는 지리적 위치 때문에 동계(冬季) 제주도지방은 강한 북서 계절풍의 영향을 받는다. 해발 1950m의 한라산은 섬의 중앙에 자리 잡고 있어서 산악에 의한 지형적인 영향으로 국지순환이 발생하고 있다. 그리고 제주도는 북위 33°6′ ~ 34°0′, 동경 126°8′ ~ 126°58′에 위치한 타원형의 화산섬으로서 지형특성을 살펴보면 섬 중앙에 위치한 대칭형 원추모양의 한라산을 중심으로 남북경사도는 급하고 동서경사도는 완만하다. 또한 제주도의 동서 및 남북간 거리가 각각 76km, 34km이다. 한라산을 중심으로 주변에는 “오름”이라 부르는 기생화산들이 360여개가 산재해 있으며 동부지역에는 해발 300~700m의 비교적 높은 오름이 많이 분포해 있다(Fig. 1).

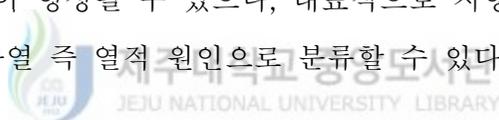
제주도의 기상과 기후에 관한 연구도 활발히 이루어 졌다. 이희훈(1983)은 동계절(冬季節) 제주도 남쪽해상에 나타나는 칼만 소용돌이(Karman vortex street)의 출현에 중요시 되는 것은 고기압 전면의 침강역전층(subsidence inversion layer)이 한라산에 걸쳐 형성되며 이때 북서풍의 평균 속도는 9m/s 내외로 보았다. 이순환과 박광순(2004)은 칼만 소용돌이의 예측에 관한 실험에서 초기풍속이 5m/s 일 경우 제주도 남쪽해상에 칼만 소용돌이의 형성이 덜 진행되고 미약하였으며, 10m/s 인 경우 완전한 와동이 형성되면서 순차적으로 소용돌이가 형성되었으나, 20m/s 일 경우 풍하측(leeward side)에서 극소지역에서 난류가 형성됨을 보였다. 그리고 수치실험의 결과값과 유사하게 제주도 동부지역이 서부지역보다 평균풍속이 더 강하다는 결론을 지었다. 현종훈과 이동규(1990)는 3차원 중규모 모델을 이용한 제주도에서의 해륙풍 순환의 특징을 규명한 연구에서 산악이 없는 경우에 비해 산악이 존재할 때 해풍과 곡풍을 결합하여 해륙풍 순환이 강화되어 순환세포가 강해짐을 보였으며 제주, 서귀포, 성산포의 지상풍을 조사한 결과 해륙풍의 존재를 확인하였다. 임승옥과 이동규(1994)의 종관규모 배경에 대한 제주도에서 대기흐름의 수치실험을 연

구한 결과를 보면 종관 바람장은 풍하측에서 해륙풍 순환을 강화시키고, 산악이 있는 경우 해풍의 풍속도 강하고 해풍과 곡풍이 결합하여 해륙풍 순환을 강화시켰으며, 특히 야간에는 육풍의 순환이 더 뚜렷하고 잘 나타남을 밝혔다.

이러한 지형적 특성으로 인하여 제주도는 종관규모의 일기현상 뿐만 아니라 해양 및 산지 기후의 특성이 뚜렷하기 때문에 해륙풍, 산곡풍 등 국지규모의 기상현상이 뚜렷한 곳이다. 한라산의 북쪽인 제주지방기상청과 남쪽인 서귀포기상대의 평년기후자료(기상청, 2001)를 보면 제주도의 연평균 풍속은 지역에 따라 3.1~6.9㎧이며, 북서사면인 고산에서 최대풍속이 13.9㎧를 넘는 날이 80일을 초과 할 만큼 바람이 강하다. 또한 기온, 강수량 등에 있어서도 현저한 차이가 있다. 해양으로 둘러싸인 제주도는 실제로 종관장의 영향을 크게 받고 있으며 종관 바람장의 방향, 크기에 따라 해륙풍순환의 강도와 위치가 다르고 한라산의 영향에 의한 서귀포 지역에서의 국지풍에 대하여 깊은 연구가 필요하다. 따라서 이 연구는 동계 서귀포지역에서 종관기압계에 의한 정상적인 바람이 나타나는 사례와 한라산에 의한 지형적인 영향으로 나타나는 국지풍 사례 및 열적요인에 의하여 나타나는 해륙풍사례를 분석함으로써 겨울철 서귀포지역의 지형에 의한 국지풍을 규명하는데 그 목적이 있다.

II. 국지풍 이론

일반적으로 대기의 순환을 몇 가지 규모로 분류하여 논의하고 있다. 다양한 분류방법이 있으나 Orlanski(1975)의 규모분류에 의하면 수평거리를 기준으로 2000 km 이상은 대규모(macroscale); 2~2,000 km의 범위는 중규모(mesoscale); 2 km 이하는 미규모로 분류하고 있다(한국기상학회, 1999). 그리고 편서풍과 같은 대규모 바람은 대규모 원인에 의하여 발생한 기압경도 때문에 발달하며, 중규모 바람은 국지적 원인에 의하여 생긴 바람이다. 본 연구에서는 서귀포지역에서 발생하는 중규모의 바람을 일반적인 적용에 따라 국지풍이라 하였다. 국지풍을 발생하게 하는 국지적 기압경도의 변화는 서로 다른 원인에 의해 독특한 국지바람이 형성될 수 있으나, 대표적으로 지형효과와 지표의 성질 차이로 인한 차등가열 즉 열적 원인으로 분류할 수 있다.



1. 지형에 의한 국지풍

지형에 의한 국지풍의 대표적인 경우는 산악지형이 원인이 되는데, 예를 들면 로키산맥이나 히말라야산맥 등은 편서풍과의 한 원인이 되고, 더 작은 규모의 산에서는 풍하파나 국지바람을 발생시킨다. 즉 산악을 넘는 기류에 의하여 만들어지는 대기요란 현상은 행성규모로부터 아주 작은 규모의 요란까지 다양하게 나타난다. 이러한 요란의 규모와 형태의 대표적인 인자로는 장애물의 크기와 모양, 풍속 및 풍속의 연직분포 그리고 대기의 안정도 등이 있다 (Atkinson, 1981).

지형에 의한 편서풍과 형성에서 가장 중요한 메카니즘은 산을 넘어가는 공

기의 단열팽창과 수축에 의한 소용돌이의 생성이다. 흐르는 대기가 산맥을 만나면 단열팽창(adiabatic expansion)하면서 공기가 신장된다. 산악 전면에서는 양의 소용돌이가 생성되면서 저기압성 순환이 발생한다. 산 정상부에서는 고기압성 순환이 발생하고, 정상을 넘은 대기는 풍하측에서 저기압성 순환이 형성되어 결국 대규모 파동을 형성하게 된다. 즉 큰 산의 풍하측에 저기압 발생 구역이 나타난다. 이러한 산악에 의한 지형효과는 산을 넘는 바람의 방향뿐만 아니라 바람의 세기, 산악의 크기 및 경사에 따라 큰 영향을 받는다.

2. 열적 원인에 의한 국지풍

해륙풍은 낮과 밤에 바람의 방향이 거의 반대가 되는데, 낮에는 해상에서 육지를 향하여 해풍이 불고, 밤에는 육지에서 해상을 향하여 육풍이 분다. 해안 근처가 대지(臺地)로 되어 있는 곳에 잘 발달하며, 계절적으로는 여름에 잘 발달한다. 해륙풍의 원인은 수면과 지면의 열용량의 차이 및 열전달방법이 다르기 때문이다. 같은 위도의 수면보다 지면의 공기가 더 빨리 가열되어 밀도차가 심하여 기압경도가 형성되므로 국지적 순환을 일으키게 된다(김광식 1992).

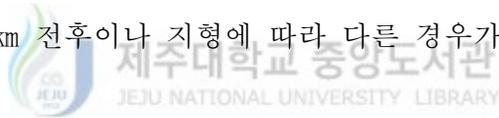
해풍은 맑은 날에 일사(日射)가 강하여 해면보다 육지 쪽이 고온이 된다. 이것은 해상보다 육지의 열용량이 작고 해상에는 어느 정도의 깊이까지 열의 전도 및 대류작용이 일어나기 때문에 해면이 육지에 비하여 저온이 된다. 육상의 기온이 올라가면 공기는 팽창하여 상층의 등압면은 육상에서 해상을 향하여 기울어진다. 이러한 결과로 상층에는 육상에서 해상 쪽으로 공기의 흐름이 생기고 그 공기는 해상 쪽으로 운반되어 해면상의 기압이 올라가고 육상에는 기압이 내려간다. 따라서 하층에는 기압차에 의한 기압경도가 생겨 해상

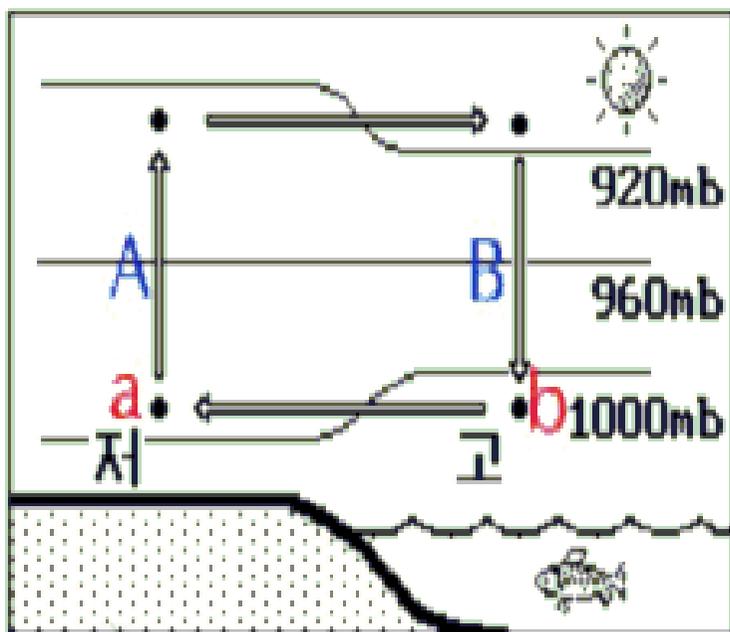
에서 육상을 향하여 해풍이 분다.

육풍은 맑은 날 야간에 복사냉각(radiative cooling)으로 육지가 해상보다 빨리 냉각되어 육상공기가 해상공기보다 수축되므로, 야간의 기압경도가 낮과 반대방향이 되어 육상에서 해상으로 향하여 육풍이 분다(Fig. 2).

해륙간의 온도차는 밤보다 낮이 더 크므로 해풍은 육풍보다 강한 것이 보통이다. 또한 장애물이 없는 해상에서는 공기의 유동이 쉽고, 해상과 육상의 기온차가 대체로 낮에 크기 때문에 해풍은 강해지고 육풍은 지형이나 지면마찰의 영향을 받아 그렇게 강하지 못하다. 낮 동안 상층에는 육지에서 해상을 향하는 공기의 흐름이 있고, 하층에는 해풍이 불어 일종의 순환계를 형성한다.

해풍은 5~6m/s 정도이고 육풍은 2~3m/s 정도이다. 해풍은 비교적 강하여 해안선에서 내륙 20~50km의 거리까지 불고, 육풍의 범위는 7~10km이다. 연직 방향으로는 약 1km 전후이나 지형에 따라 다른 경우가 있다(김광식, 1992).






 제주대학교 중앙도서관
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

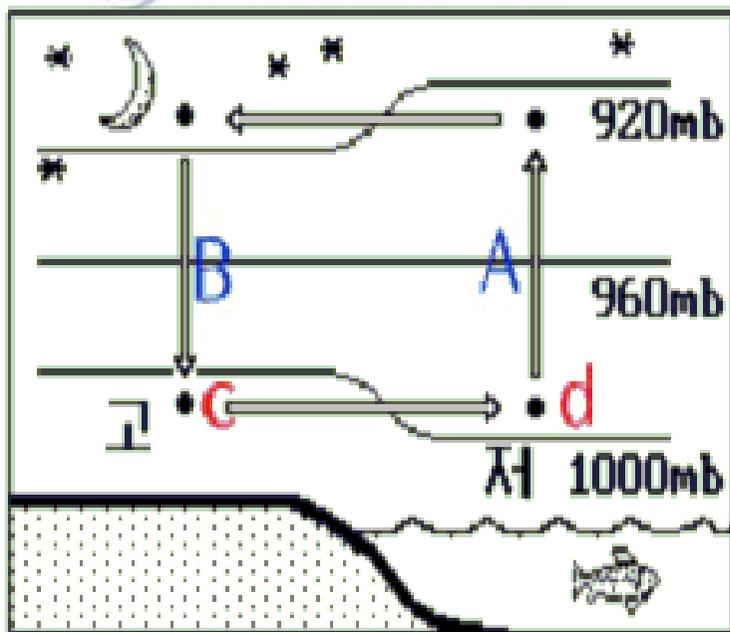


Fig. 2. Mimetic diagram of land and see breeze.

Ⅲ. 자료 및 분석방법

겨울철 서귀포지역에서 발생하는 국지풍을 분석하기 위하여 사용된 자료는 제주지방기상청 소속 유인관측소 4소(제주지방기상청, 고산기상대, 서귀포기상대, 성산포기상관측소)의 자동기상관측장비(Automatic Synoptic Observation System)와 무인 자동기상관측소(Automatic Weather System) 15소(Table 1)에서 24시간 연속적으로 관측하고 있는 풍향풍속계의 관측값을 이용하였다. 조사기간은 최근의 2003년~2006년까지이며, 국지풍발생이 현저한 겨울철을 선택하여 12월에서 다음해 2월까지로 선정하였다.

이번 국지풍 조사는 동 기간 중 관측된 바람자료를 이용하여 최대풍의 풍향 및 나타난 시각을 분석하였으며, 서귀포기상대에서의 최대풍속이 종관기압계에 의한 북서~북동풍과는 달리 남동~남서풍으로 관측된 사례를 연도별, 월별로 분류하였으며 서귀포지역에서의 국지풍에 대하여 발생시각, 지속시간을 통계 처리하였다. 그리고 일기도, 위성영상, 레이더영상, AWS관측 시계열 자료 및 고층기상관측자료 등을 이용하여 각 사례별로 분석하였다.

Table 1. List of observation stations in Jeju island.

Region	Station	Latitude	Longitude	Elevation(m)	Remark
North	Jeju	33° 30' 39.391"	126° 31' 54.132"	22.0	ASOS
"	Yusuam	33° 24' 35.574"	126° 23' 34.671"	429.0	AWS
"	Seonheul	33° 27' 30.575"	126° 42' 42.850"	360.0	"
South	Seogwipo	33° 14' 34.214"	126° 34' 02.501"	50.5	ASOS
"	Seogwang	33° 17' 06.073"	126° 18' 07.903"	146.0	AWS
"	Namwon	33° 16' 47.881"	126° 43' 15.104"	73.0	"
West	Gosan	33° 17' 26.006"	126° 09' 53.357"	71.7	ASOS
"	Marado	33° 07' 01.265"	126° 16' 10.248"	49.0	AWS
"	Hallim	33° 24' 37.816"	126° 16' 02.247"	48.0	"
"	Moseulpo	33° 13' 00.047"	126° 14' 59.902"	20.0	"
East	Seongsanpo	33° 23' 00.785"	126° 52' 56.812"	17.5	ASOS
"	Udo	33° 30' 23.467"	126° 57' 12.167"	128.0	AWS
"	Gujwa	33° 31' 21.351"	126° 51' 06.739"	40.0	"
"	Gasi	33° 21' 13.625"	126° 46' 18.213"	100.0	"
Mt. Halla	Eorimok	33° 23' 31.412"	126° 29' 38.771"	970.0	"
"	Seongpanak	33° 23' 04.318"	126° 37' 09.802"	750.0	"

IV. 결 과

1. 통계분석

제주도에서 가장 중요한 바람은 겨울철 시베리아로부터 불어오는 북서계절풍이다. 제주도의 연평균 풍속은 3.1~6.9㎧이며, 조사기간인 겨울철 평균풍속은 고산이 9.3㎧, 제주는 4.7㎧, 서귀포는 3.0㎧ 이다. 특히 시베리아기단이 가장 강화되는 1월의 평균 풍속은 고산이 9.7㎧, 제주가 4.9㎧에 이르고 있으나, 서귀포는 3.0㎧, 성산포는 3.6㎧로서 북·서 사면의 바람이 강하게 나타나고 있다(Fig. 3).

여름철인 경우 서귀포지역에서 성산포지역보다 조금 높게 관측된 경우가 있으나 나머지 전 기간에 걸쳐 타 지역보다 약하게 관측되었다. 서귀포의 풍속은 오히려 겨울에 낮게 나타나고 있다.

조사기간 중에 제주도지방의 ASOS 관측자료의 최대풍속을 분석하였다. 최대풍의 풍향은 제주가 북서~북북동풍이 203일, 고산은 북북서~북풍이 170일, 성산포에서는 북서~북북서풍이 188일 나타났지만 서귀포지역은 남동~남서~서풍이 주로 나타나고 있다. 타 지역에서는 북서~북도풍이 불고 있으나 서귀포지역은 남동~남~서풍이 주로 불어 172일 나타났다. 분석결과 겨울철 최대풍속의 풍향별 빈도를 보면 고산은 북풍의 빈도가 높고, 제주와 성산포는 북서풍의 빈도가 높다. 그러나 서귀포는 서풍~남동풍의 빈도가 높게 나타나고 있다(Fig. 4).

최대풍속을 분석하면 남부에 위치한 서귀포와 성산포는 5~9㎧, 제주는 13㎧ 이하인 날이 대부분이다. 그러나 고산은 9㎧ 이상인 날이 대부분을 차지하고 있고 25㎧이상인 날도 있다(Fig. 5). 이는 고산기상대가 해수면에서 70m이

상 높은 곳에 위치하고 있고, 북서쪽에 절벽이 있는 등 지리적 위치와 관측환경에 기인한 것이라고 볼 수 있다.

최대풍속이 관측된 시각을 보면 제주와 고산은 낮 시간인 13~15시에 관측되는 경우도 있지만, 대부분 23시에서 다음날 아침 5시까지의 시간대에 관측되고 있다. 서귀포와 성산포는 오전 11시에서부터 15시 사이에 각각 144일, 145일로서 이 시각에 최대풍이 발생할 확률은 53%이다(Fig. 6).

서귀포지역에서 기압계에 의한 종관풍 발생 현황을 보면 전체 조사일수 중 117일 발생하였다. 12월에 18일, 1월에 16일, 2월에는 가장 많은 20일로 나타났다. 2004년 12월에서 2005년 2월까지의 기간 중에는 30일로 발생일수가 적었다. 그러나 2005년 12월에서 2006년 2월에 이르는 기간 중에는 54일 발생하였다(Table. 2). 종관풍의 사례는 2006년 2월 8일의 실황을 분석하였다.

종관풍과는 달리 지형에 의한 국지풍이 발생한 일수는 총 102일로서 38%의 발생율을 보이고 있다. 12월에 36일, 1월에 45일, 2월에는 21일, 2004년 12월에서 2005년 2월까지의 동계절에 42일 발생하였다(Table. 3). 지형에 의한 국지풍의 사례는 2005년 1월 12일의 실황을 분석하였다.

기압경도가 약하여 주간과 야간에 나타나는 해륙풍을 나타냈다. 해륙풍은 주로 맑은 여름철에 발생하나, 조사기간 중인 제주도지역에도 겨울철에 52일 발생하여 발생율은 19%이다. 12월에 20일, 1월과 2월에는 각각 16일 발생하였으며, 2003년12월에서 2004년 2월까지의 동계절에 25일 발생하였다(Table. 3). 해륙풍 사례는 2003년 12월 28일의 사례를 적용하여 분석하였다.

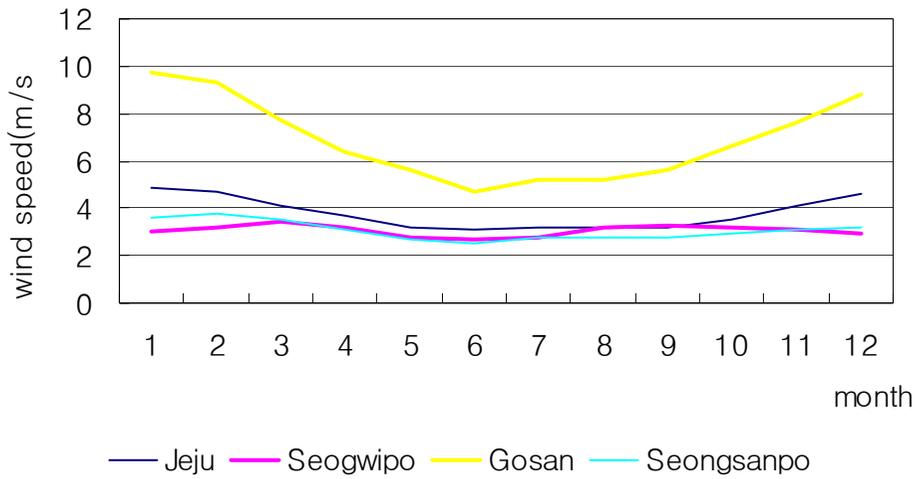


Fig. 3. Monthly mean wind speed.

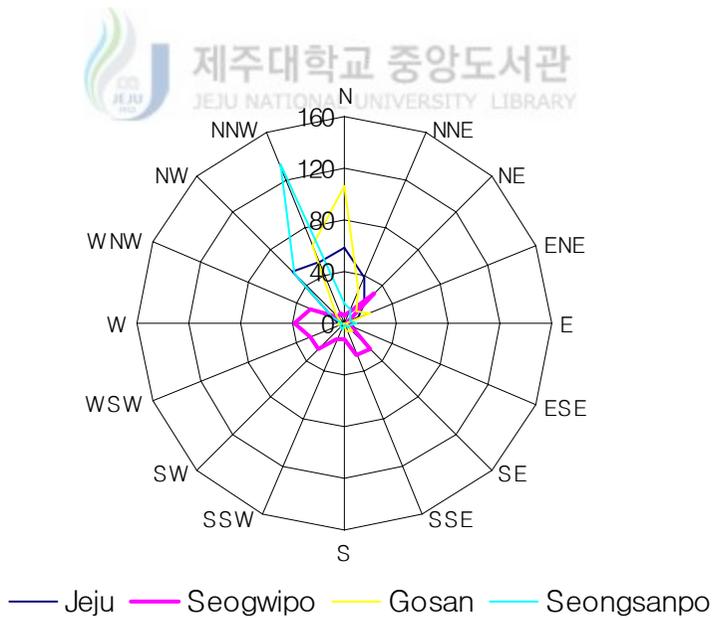


Fig. 4. Wind rose of maximum wind in Jeju island for the period of reference.

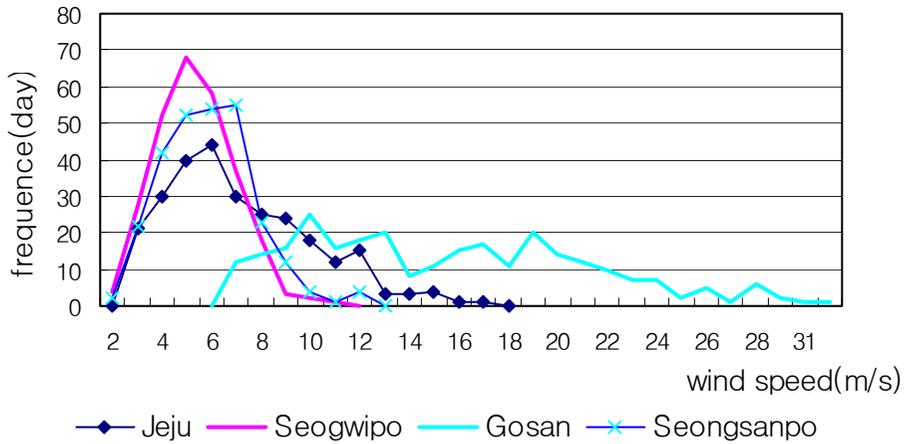


Fig. 5. Maximum wind speed of ASOS in Jeju island for the period of reference.

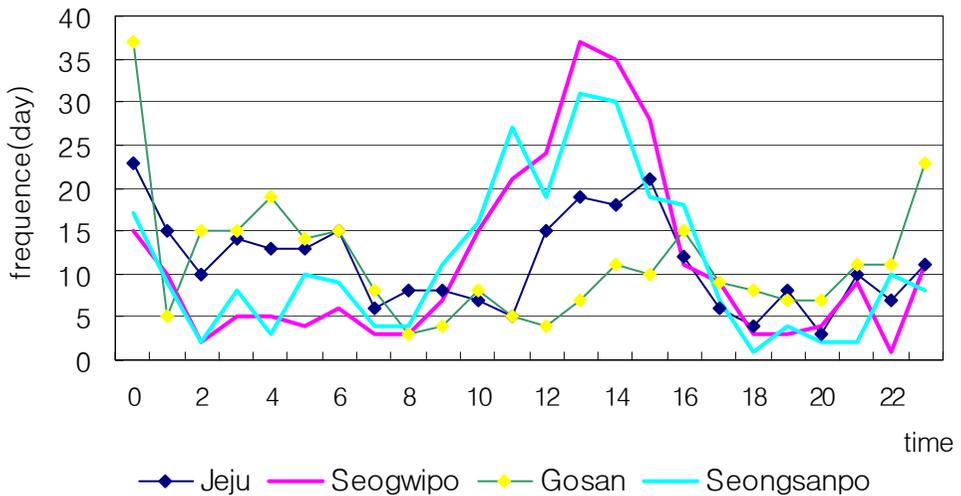


Fig. 6. The time of maximum wind speed of ASOS in Jeju island for the period of reference.

Table 2. Distribution of synoptic wind in Jeju island.

년 \ 월	12	1	2	계
2003~2004	9	8	16	33
2004~2005	10	8	12	30
2005~2006	18	16	20	54
계	37	32	48	117

Table 3. Distribution of local wind in Seogwipo.

년 \ 월	12	1	2	계
2003~2004	13	14	6	33
2004~2005	13	19	10	42
2005~2006	10	12	5	27
계	36	45	21	102

Table 4. Distribution of land and sea breeze in Seogwipo.

년 \ 월	12	1	2	계
2003~2004	9	9	7	25
2004~2005	8	4	6	18
2005~2006	3	3	3	9
계	20	16	16	52

서귀포지역에서 지형에 의한 국지풍과 열적요인에 의한 해륙풍의 발생 시작시각과 끝 시각을 나타낸 그림이다. 새벽시간인 3시에서 6시 사이에 간헐적으로 나타났지만 10시에 시작된 경우 56일로 나타났으며, 9~12시에 127일로서 집중적으로 시작되고 있다. 국지풍이 끝나는 시각은 17시에 40일 등 16~19시 사이에 135일 발생하였다(Fig. 7). 일출 후 구름의 양에 따라 지면이 가열되면서 해상보다 육지의 기온이 높아져 풍향이 해풍으로 바뀌었다가, 오후 5시 경에는 태양이 서쪽으로 기울어지면서 육지의 기온이 낮아져 기압계풍으로 되돌려짐을 알 수 있다.

국지풍이 지속된 시간을 나타낸 그림으로 짧은 경우 1~3시간, 긴 경우는 11시간 이상 지속 되는 사례도 있지만 6~8시간 동안 지속되는 경우가 90일로서 전체 국지풍 발생일수 154일의 58%로 나타나고 있다(Fig. 7). 이는 서귀포지역에서의 국지풍은 오전 10시에 시작되어 7시간 후인 17시에 종료됨을 알 수 있다. 서귀포지역의 가장 늦은 일출시각이 7시 38분인 점을 감안한다면 일출 후 2~3시간 후에 지표면이 일사로 가열되어 대기하층이 불안정하면서 상승기류가 발생하고, 17시 26분경 일몰이 시작되면서 가열된 지표가 냉각되어 국지풍이 소멸되고 있다.

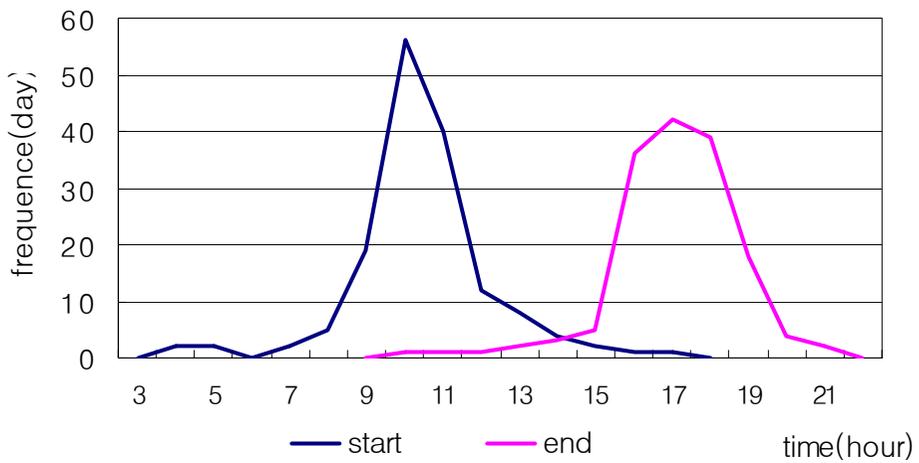


Fig. 7. Start and end time of local wind in Seogwipo.

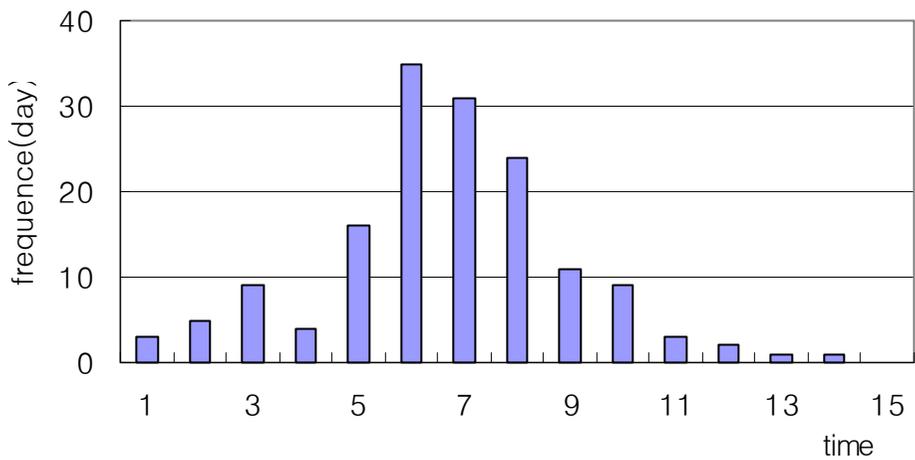


Fig. 8. Duration of local wind in Seogwipo.

2. 사례분석

1) 종관풍 사례분석

종관기압계에 의한 종관풍 발생은 전체 조사일수 중 117일 발생하였다. 종관풍의 사례는 2006년 2월 8일의 실황을 분석하였다. 2월 7일 동해안에 있던 저기압이 일본 동쪽으로 빠져나갔으며, 그 후면의 중국 북부지방에는 1052hPa의 대륙고기압이 발달하면서 남동진하여 한반도에 영향을 주고 있다. 발해만에서 제주도 남쪽 먼해상까지 기압경도가 강하고 거의 평행을 이루고 있다(Fig. 9). 이 때 제주도지방은 대륙고기압의 영향을 받아 추운 날씨에 북서풍이 강하면서 층류가 일정하게 붙고 있다.

대기 중층 500hPa 고층일기도에서는 골(trough)이 동해상으로 빠져 나가고 점차 능(ridge)의 영향을 받기 시작하고 있다. 바이칼호(Lake Bikal) 부근의 영하30℃의 찬 대기가 한반도로 유입되고 있으며 제주도지방의 중층 대기온도는 영하 23℃를 나타내고 있다(Fig. 10).

2006년 2월 8일 낮 12시 현재 한반도 부근의 위성영상에서 서해상에는 찬 대륙고기압이 확장하는 모습을 보여주고 있다. 비교적 따뜻한 해수면 온도와 대기의 온도차에 의하여 발생한 구름이 발달하고 있다. 이 구름들은 북서풍을 타고 남서쪽으로 빠르게 이동하고 있다(Fig. 11).

진도레이더기상대에서 관측한 레이더 영상을 보면 대륙고기압의 영향으로 서해상에는 눈구름이 발생하고 있으며, 그 영향으로 서귀포지역을 포함한 제주도지방과 서해상과 남해상에도 지역에 따라 눈이 내리고 있다(Fig. 12).

발달 중에 있는 고기압은 그 중심부에서 기층이 침강한다. 침강한 기층은 안정해져서 역전층이 발생한다. 이러한 역전을 침강역전이라 한다. 따라서 침강역전은 고기압과 아주 밀접한 관계를 갖는다. 침강역전층에는 상층으로 가면서 급격하게 습도가 감소한다. 때로는 그 이상의 상부 높은 곳까지 건조한

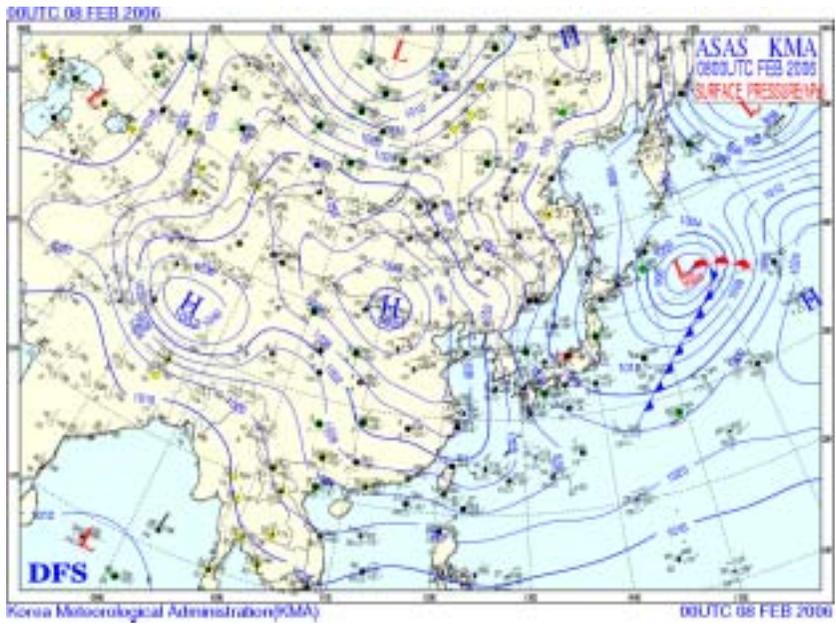


Fig. 9. Surface weather chart of East Asia 09:00 8. FEB. 2006.

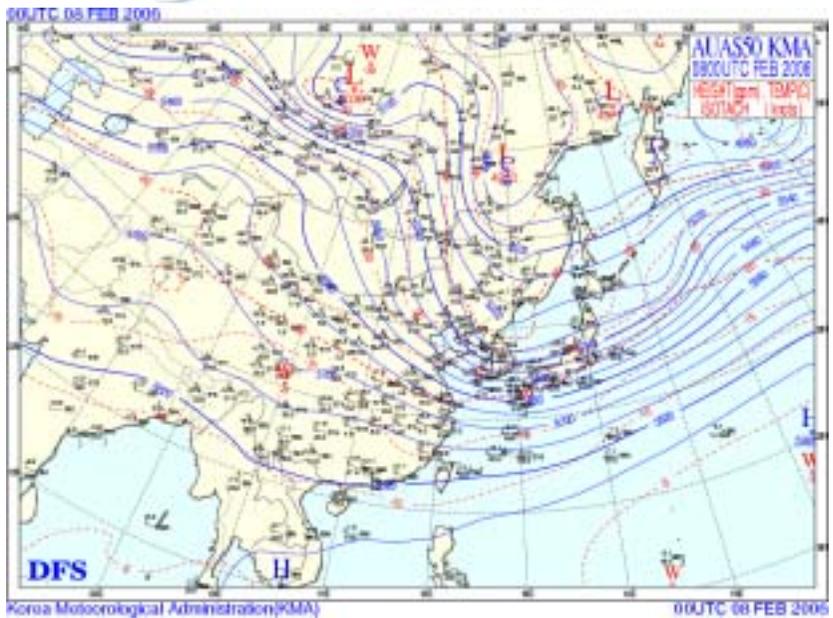


Fig. 10. 500hPa upper air weather chart of East Asia 09:00 8. FEB. 2006.

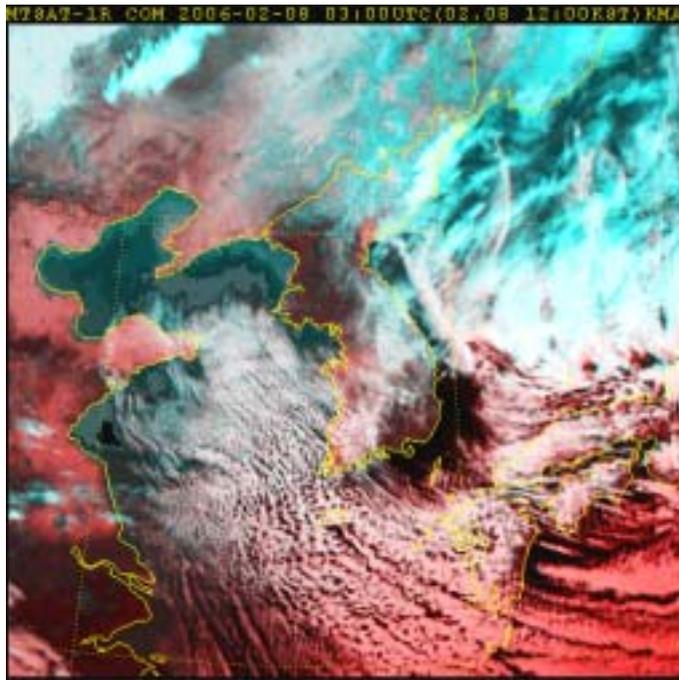


Fig. 11. Satellite image with MTSAT-1R 12:00
8. FEB. 2006.

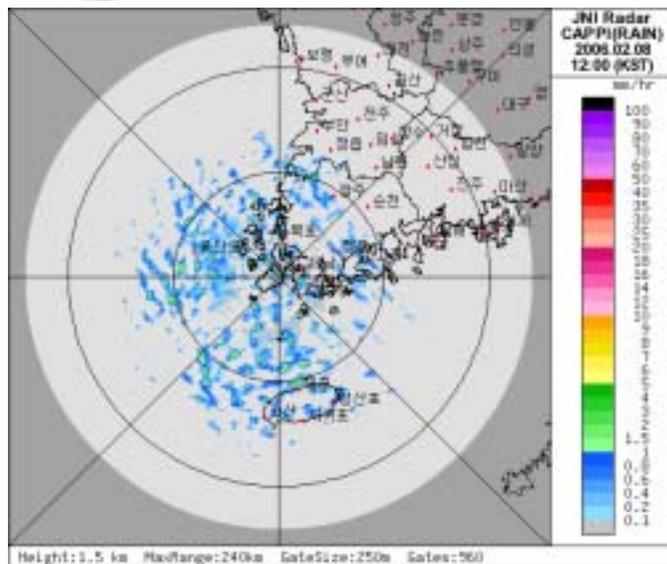


Fig. 12. Radar image in Jindo Radar Station
12:00 8. FEB. 2006.

경우도 있다. 그리고 난류역전(turbulent inversion)은 지면부근에서 강한 바람 때문에 심한 난류가 생기면 난류로 인한 혼합층(mixing layer)이 발생하는데 난류역전층에서의 상대습도는 혼합층 하부에서는 낮고, 상부에서는 높아지게 된다. 이미 습윤하였던 대기는 혼합층 상부에서 포화되어 구름이 발생하게 된다(홍성길, 1983).

고산기상대에서 관측한 고층기상관측자료를 분석한 대기선도 이다. 침강역전층이 2,000m~3,700m에 형성되어 두터우며, 한라산보다 높은 고도에 위치하여 있다(Fig. 13).

2006년 2월 8일 12시 현재 제주도지방의 풍향풍속등 실황을 보면 풍상측인 제주도 북부지역의 제주시는 북북서풍이 8.0m/s, 풍하측인 남부지역의 서귀포는 북북서풍이 6.8m/s, 성산포관측소는 북서풍이 4.6m/s로 불고 있다. 동부지역인 우도는 14.4m/s, 서부지역인 고산은 북풍이 22.3m/s, 마라도는 북북서풍이 14.6m/s로 불고 있다. 주로 동쪽과 서쪽 해안지역에서 강하게 불고 있다(Fig. 14).

ASOS관측지점인 제주, 서귀포, 고산, 성산포에서 관측한 자료를 시계열(time series)로 나타낸 그림(Fig. 15)을 보면 오전 7시에서 오후 7시까지의 12시간 동안의 시계열 자료를 보면 제주지역은 북서~북북서풍이 6m/s 내외의 바람이 지속되고 있다. 서귀포지역은 타 지역에 비해 풍향 변동폭이 크게 나타나고 있으나 북서~북북동풍이 4m/s 내외의 바람이 불고 있다. 고산지역은 풍향이 북풍으로 거의 일정하며, 24m/s 내외의 아주 강한 바람이 낮 동안 지속되고 있다. 성산포지역은 풍향 변동폭이 서귀포지역 보다는 낮지만 풍속의 변동폭이 크게 나타나고 있다.

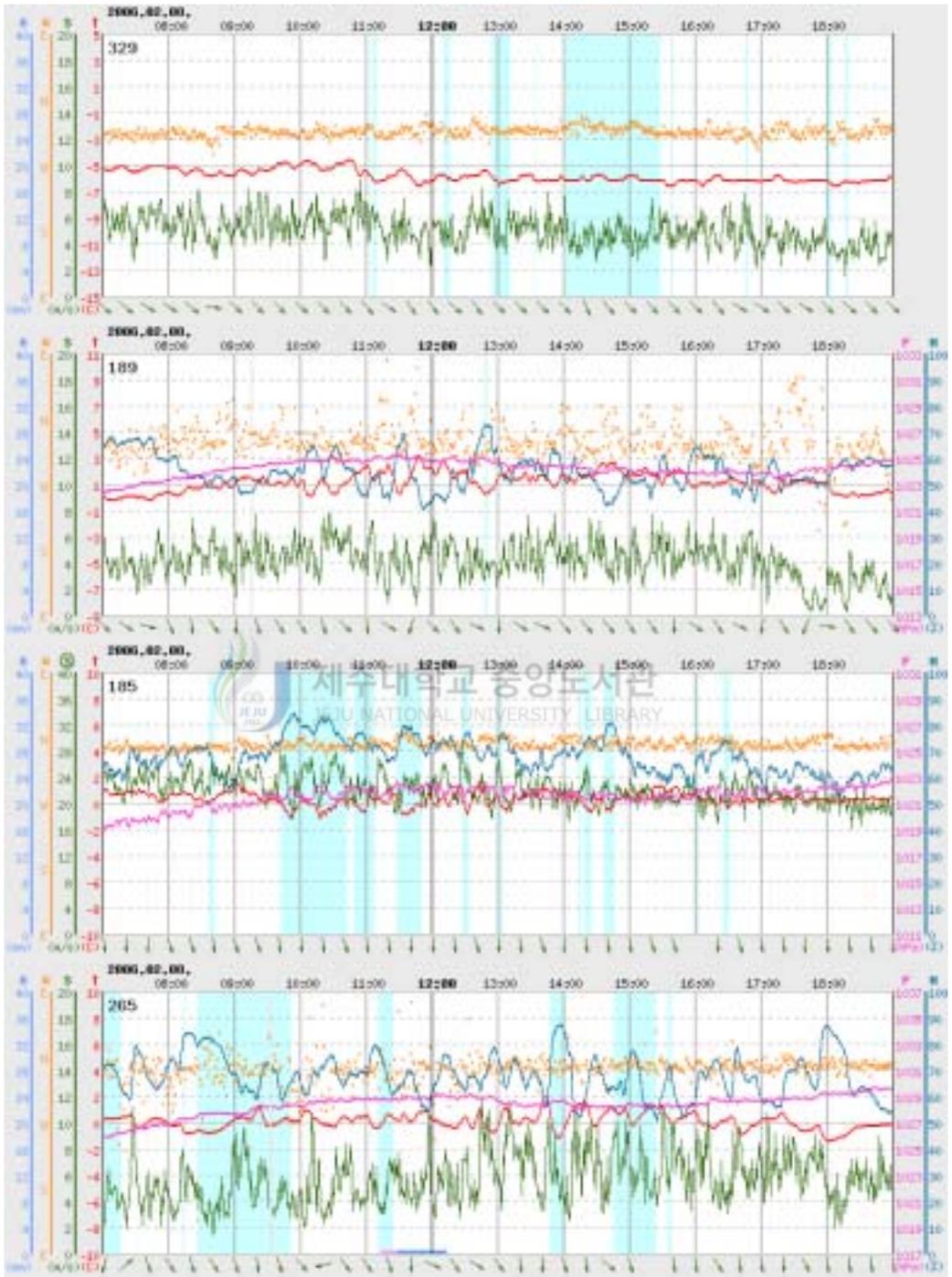


Fig. 15. Time series analysis in Jeju, Seogwipo, Gosan and Seongsanpo between 07:00 and 19:00 8. FEB. 2006.

2) 국지풍 사례분석

기압계에 의한 종관풍과는 달리 서귀포지역에서 지형에 의한 국지풍이 발생한 일수는 총 102일로서 발생율은 38%이다. 서귀포지역에서 지형에 의한 국지풍의 사례는 2005년 1월 12일의 사례를 분석하였다.

2005년 1월 12일 00UTC 지상기도를 보면 1002hPa의 저기압은 일본동쪽 해상으로 빠져나갔으며, 바이칼호 남단에 1046hPa의 고기압의 중심이 있으며, 남동쪽으로 고기압 세력을 확장하고 있다. 한반도 부근에서는 기압경도가 다소 약해진 경향이다(Fig. 16).

500hPa 고층일기도를 보면 한반도 동쪽으로 기압경도가 조밀하나 서쪽으로는 기압경도가 약하고 제주도 부근의 대기 중층온도는 영하 23℃선이 동서로 분포하고 있다(Fig. 17).

한반도 위성영상에서는 제주도 북서쪽 해상에서 구름이 형성되면서 남하하고 있다. 제주도남부지역과 해상에 한라산의 지형에 의한 칼만 소용돌이 현상에 의한 구름(Karman vortex street)이 나타나고 있다(Fig. 18).

레이더영상에서는 서해상의 구름은 한기이류가 약하여 눈으로 발달하지는 못하고 있음을 알 수 있다. 제주지역은 흐린 날씨를 보이고 있으나, 서귀포지역은 구름 조금 끼는 날씨를 보이고 있다(Fig. 19).

2005년 1월 12일 아침 9시 고산기상대의 고층기상관측자료를 분석한 대기선도에서 침강역전층은 1,800 m~2,800 m로서 두께가 얇게 형성되어 있으며, 역전층 최하층 고도가 한라산의 정상보다 100m 정도 낮게 위치하고 있다(Fig. 20).

2005년 1월 12일 12시 현재 제주도지방의 풍향풍속 실황을 보면 풍상측인 제주지역은 북북서풍이 6.5㎧, 풍하측인 서귀포지역은 남서풍이 3.5㎧, 성산포는 북북서풍이 4.2㎧, 우도는 북서풍이 7.7㎧로 불고 있으며, 서부지역인 고산은 북풍이 13.9㎧, 마라도는 북북서풍이 8.3㎧로 불고 있다(Fig. 21). 주로 동쪽과 서쪽 해안지역에서 다소 강하게 불고 있으나 고산지역을 제외하고는 10

㎍ 이하의 바람이 불고 있다. 남부인 지귀도지역에는 남서풍이 7.4㎍로 유입이 되면서 제주도 남부지역에는 지형효과에 의한 대류가 발생하고 있음을 알 수 있다.

ASOS관측지점인 제주, 서귀포, 고산, 성산포에서 관측한 자료를 시계열로 나타낸 그림(Fig. 22)에서 오전 7시부터 오후 7시까지의 12시간 동안의 시계열 자료를 보면 제주지역은 북서풍이 6㎍ 내외의 바람이 지속되고 있다. 서귀포지역은 타 지역에 비해 풍향 변동폭이 더욱 크게 나타나고 있으며, 아침 9시부터 풍향이 변하기 시작하고 있다. 낮 동안에는 주로 남동~남서풍이 4㎍ 이하의 바람이 불고 있다. 고산지역은 풍향이 북풍으로 거의 일정하며, 14㎍ 내외의 강한 바람이 낮 동안 지속되고 있다. 성산포지역은 풍향 변동폭이 서귀포지역 보다는 낮지만 풍속의 변동폭이 높게 나타나고 있다.



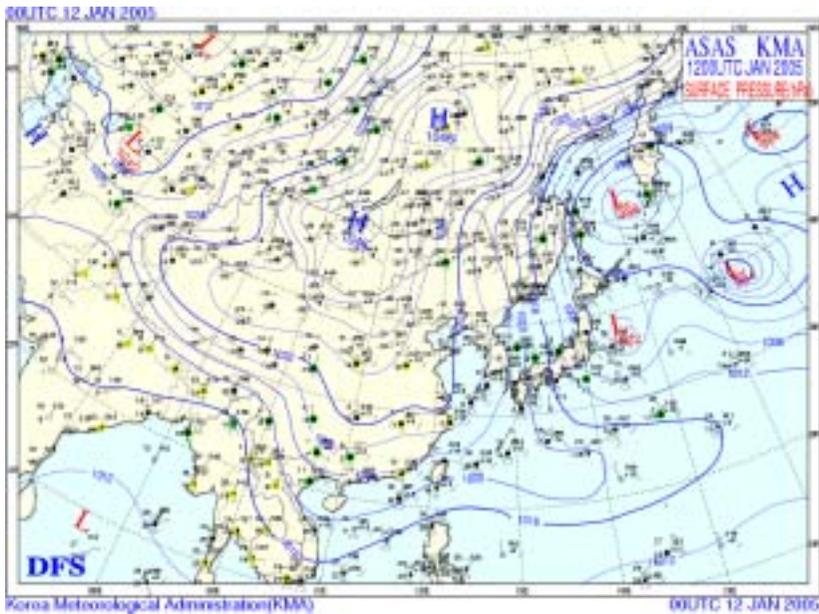


Fig. 16. Surface weather chart of East Asia 09:00 12. JAN. 2005.

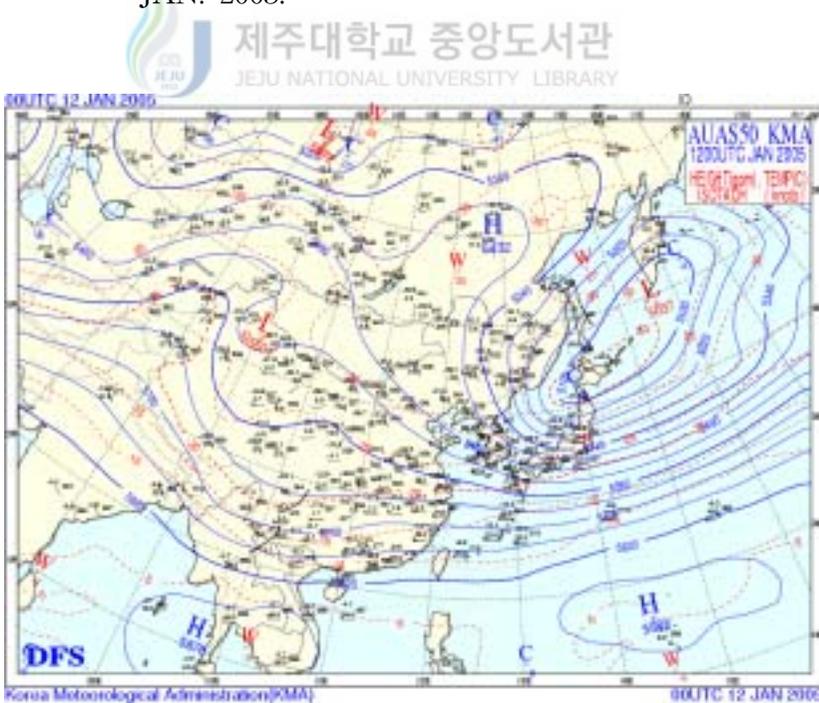


Fig. 17. 500hPa upper air weather chart of East Asia 09:00 12. JAN. 2005.

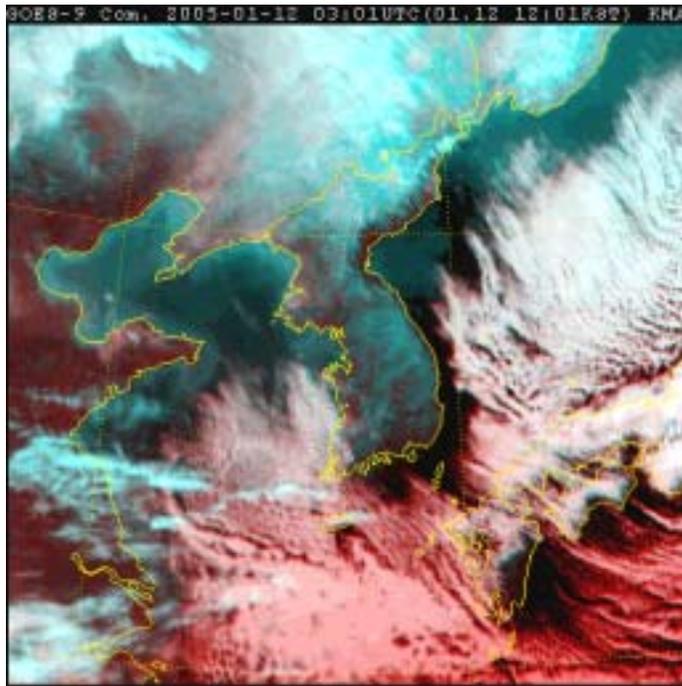


Fig. 18. Satellite image with GOES-9 12:00 12. JAN. 2005.

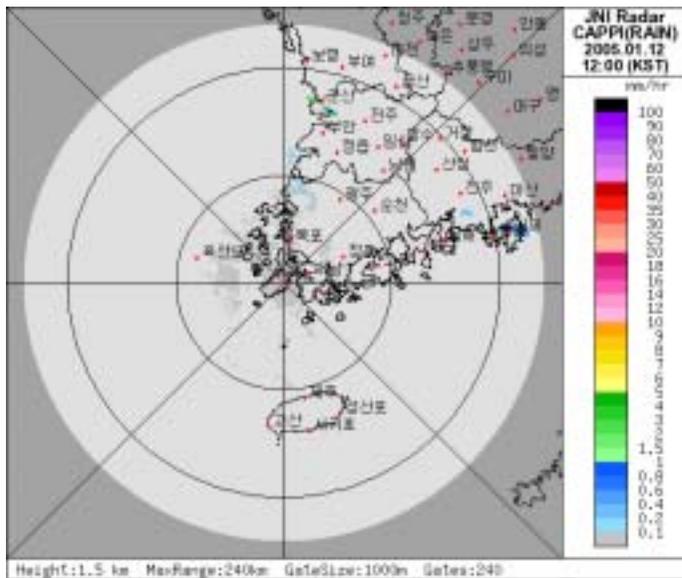


Fig. 19. Radar image in Jindo Radar Station 12:00 12. JAN. 2005.

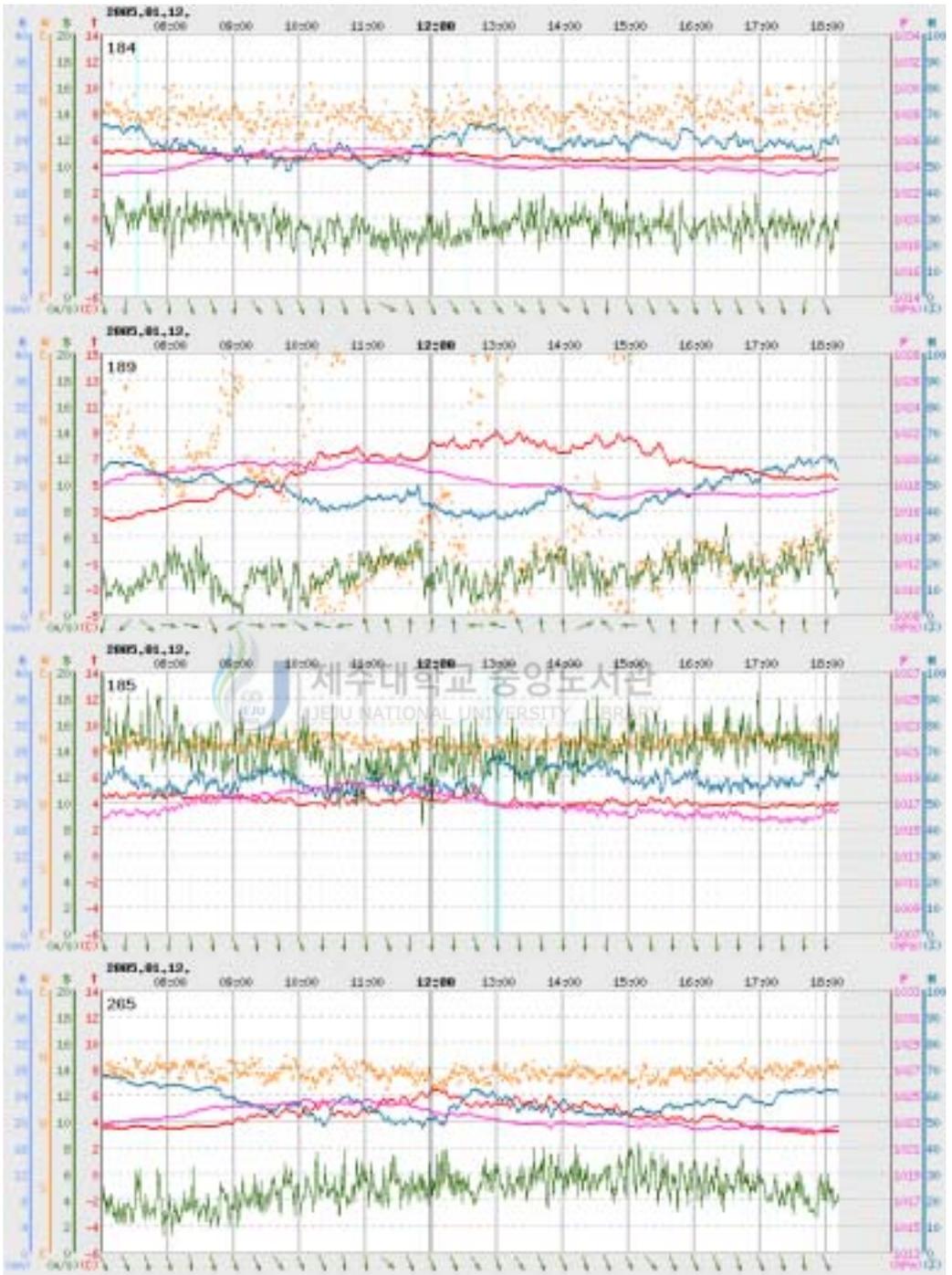


Fig. 22. Time series analysis in Jeju, Seogwipo, Gosan and Seongsanpo between 07:00 and 19:00 12. JAN. 2005.

3) 해륙풍 사례분석

해안에서 육지와 해양간의 열적 성질 차이로 인해 국지적 기압분포의 일변화가 일어나고, 그 결과로 낮에는 해풍 그리고 밤에는 육풍이 발달한다. 낮에 태양 복사에 의하여 가열된 육지는 그 위의 공기를 가열시켜 팽창시킨다. 한편 해수면 온도는 하루 중 거의 변화가 없기 때문에 바다 위의 공기는 열적 변화가 거의 없다. 육상에서 일어나는 공기의 팽창 때문에 상층에서 먼저 기압경도가 나타나게 되고 상층의 공기는 육지에서 바다 쪽으로 불어 나간다. 따라서 육지에 저기압, 바다 위에 고기압이 나타나게 된다. 그 결과 바다로부터 육지로 불어가는 바람, 즉 해풍이 발달하게 된다. 밤에는 육지의 표면이 복사냉각에 의해 해수면온도 보다 차가워져 낮과는 반대 상황이 된다. 따라서 하층에서는 육지로부터 바다로 향하는 육풍이 나타난다.

해륙풍의 사례는 2003년 12월 28일의 사례를 분석하였다. 동아시아 지상일기도를 보면 1033hPa의 이동성고기압이 제주도남서쪽 해상을 중심으로 위치하고 있고, 한반도와 일본 남부지방, 중국의 화남(華南)지방으로 광범위한 지역이 이동성고기압의 영향을 받고 있다. 또한 시베리아부근에서 발해만 지역으로 기압골이 형성되어 점차 기압골의 영향을 받고 있다(Fig. 23).

500hPa 고층일기도에서는 서해상으로 약한 능이 자리 잡고 있으나, 그 후면 화북(華北)지방으로 단파골(short wave trough)이 발달하면서 한반도로 이동하고 있다(Fig. 24). 28일 낮 12시 위성영상을 보면 제주지방과 부근해상에는 맑은 날씨를 보이고 있으나, 제주도 남쪽 해상에는 지형적인 영향으로 하층운이 발달하고 있으며(Fig. 25), 제주도 북쪽의 서해상에는 기압골의 영향으로 상층운이 발달하면서 점차 남하하고 있어 제주도 지방은 차차 흐려지는 날씨가 예상되고 있다.

2003년 12월 28일 밤 1시 현재 제주지방의 풍향풍속 실황을 분석하면 제주지방은 맑은 날씨에 복사냉각이 이루어지면서 전 관측지점에서 육풍이 발생하고 있다. 제주지역은 남풍이 1.8㎧, 서귀포지역은 북북서풍이 2.0㎧, 성

산포관측소는 북북서풍이 0.4m/s로 불고 있다. 서부지역인 고산은 동풍이 4.5m/s로 불고 있다. 전 지역에서 5m/s 이하의 바람이 약하게 불고 있다(Fig. 26).

반면 이날 낮 13시 관측자료에서는 제주가 북북서풍이 2.3m/s, 서귀포는 남남서풍이 2.5m/s, 성산포는 남서풍이 0.6m/s, 고산지역은 북서풍이 4.0m/s로서 해안지역의 관측자료에서 해풍이 유입되고 있다(Fig. 27)

ASOS 관측지점인 제주, 서귀포, 고산, 성산포에서 관측한 자료를 시계열(time series)로 나타내었다(Fig. 28). 그림에 나타낸 오전 7시에서 오후 7시까지의 12시간 동안의 시계열 자료를 보면 제주지역은 육풍이 10시 40분까지 불었으나 11시부터는 해풍으로 변환되어 불고 있으며, 서귀포지역은 9시부터 풍향이 바뀌기 시작하면서 10시부터는 남풍인 해풍이 불고 있다. 고산지역은 10시까지 육풍인 동풍이 불었으나 북풍으로 전환되면서 해풍이 유입되고 있다. 성산포지역의 해풍으로의 전환은 타지역보다 늦어지면서 14시에 나타나고 있다.

이처럼 제주도지방의 해륙풍은 기압경도가 약하고 날씨가 맑은 날에는 밤과 낮의 해양과 육지의 열적변화에 따라 해륙풍이 발생하고 있다.

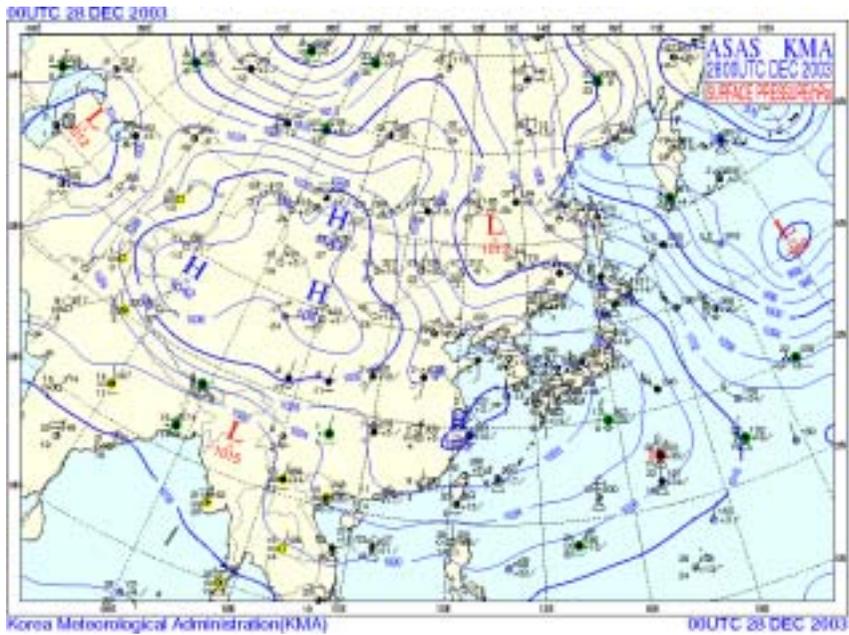


Fig. 23. Surface weather chart of East Asia 09:00 28. DEC. 2003.

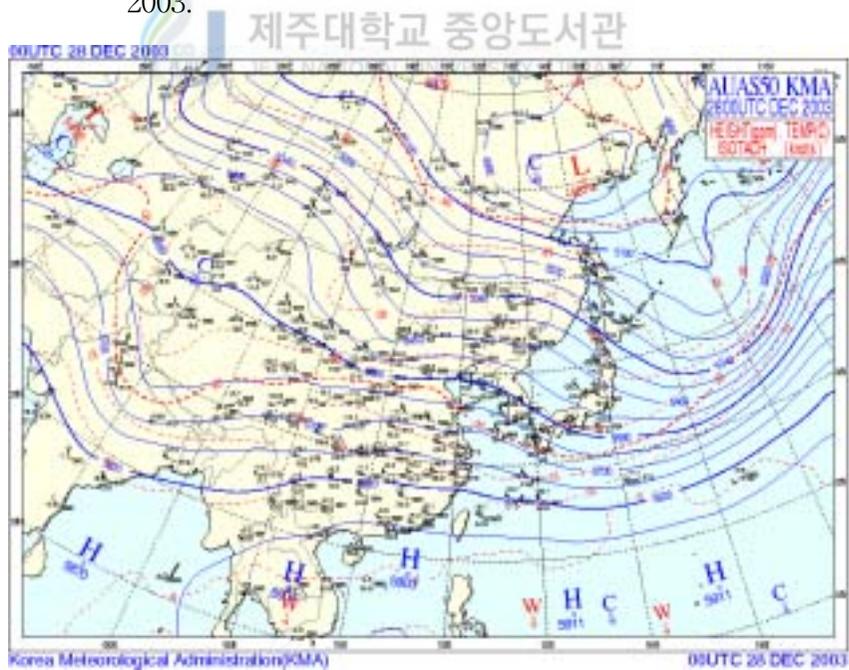


Fig. 24. 500hPa upper air weather chart of East Asia 09:00 28. DEC. 2003.

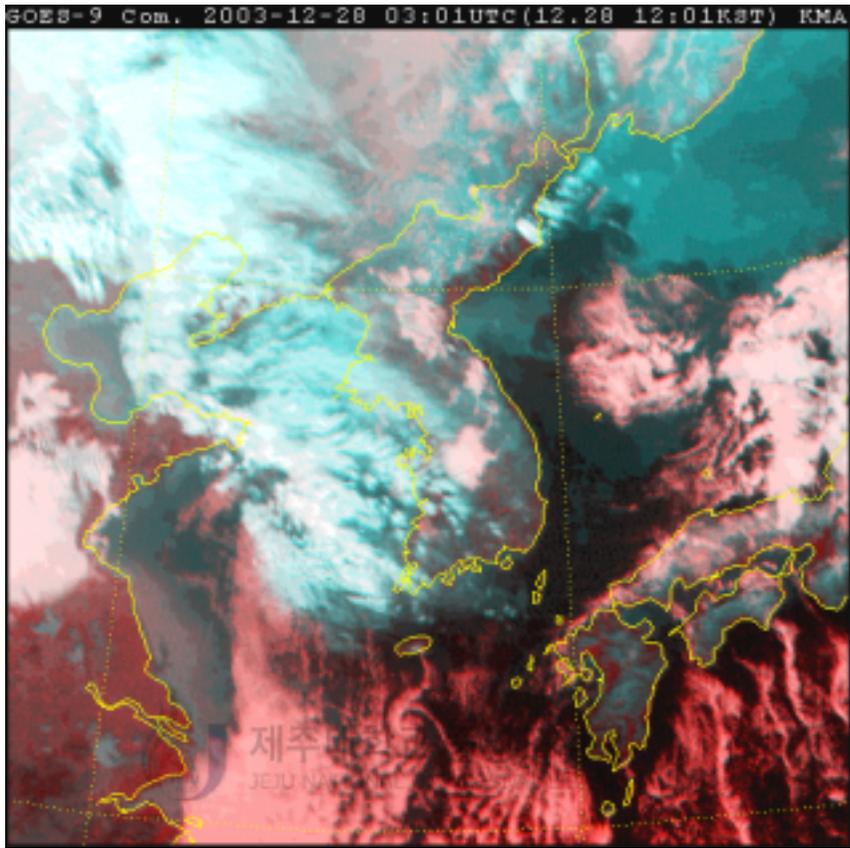


Fig. 25. Satellite image with GOES-9 09:00 28. DEC. 2003.

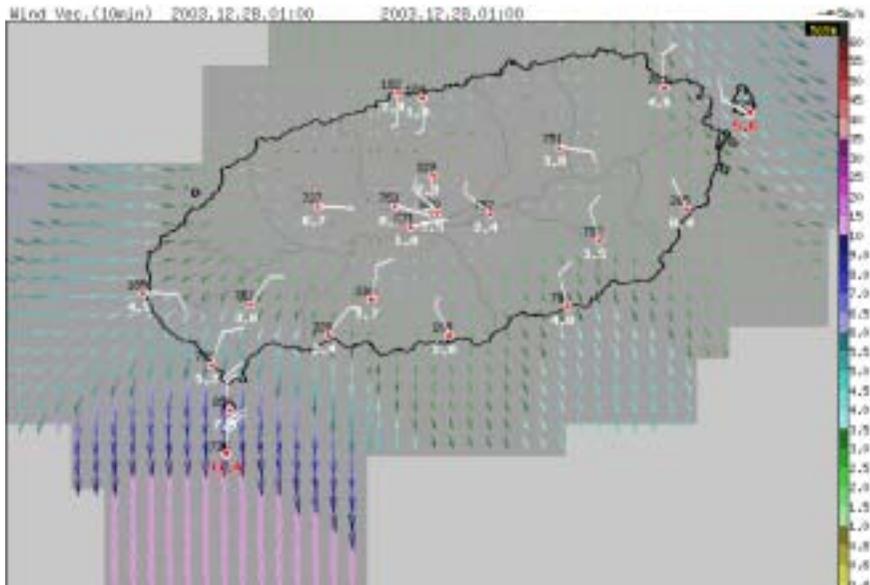


Fig. 26. Surface wind vector in Jeju island 01:00 28. DEC. 2003.



Fig. 27. Surface wind vector in Jeju island 13:00 28. DEC. 2003.

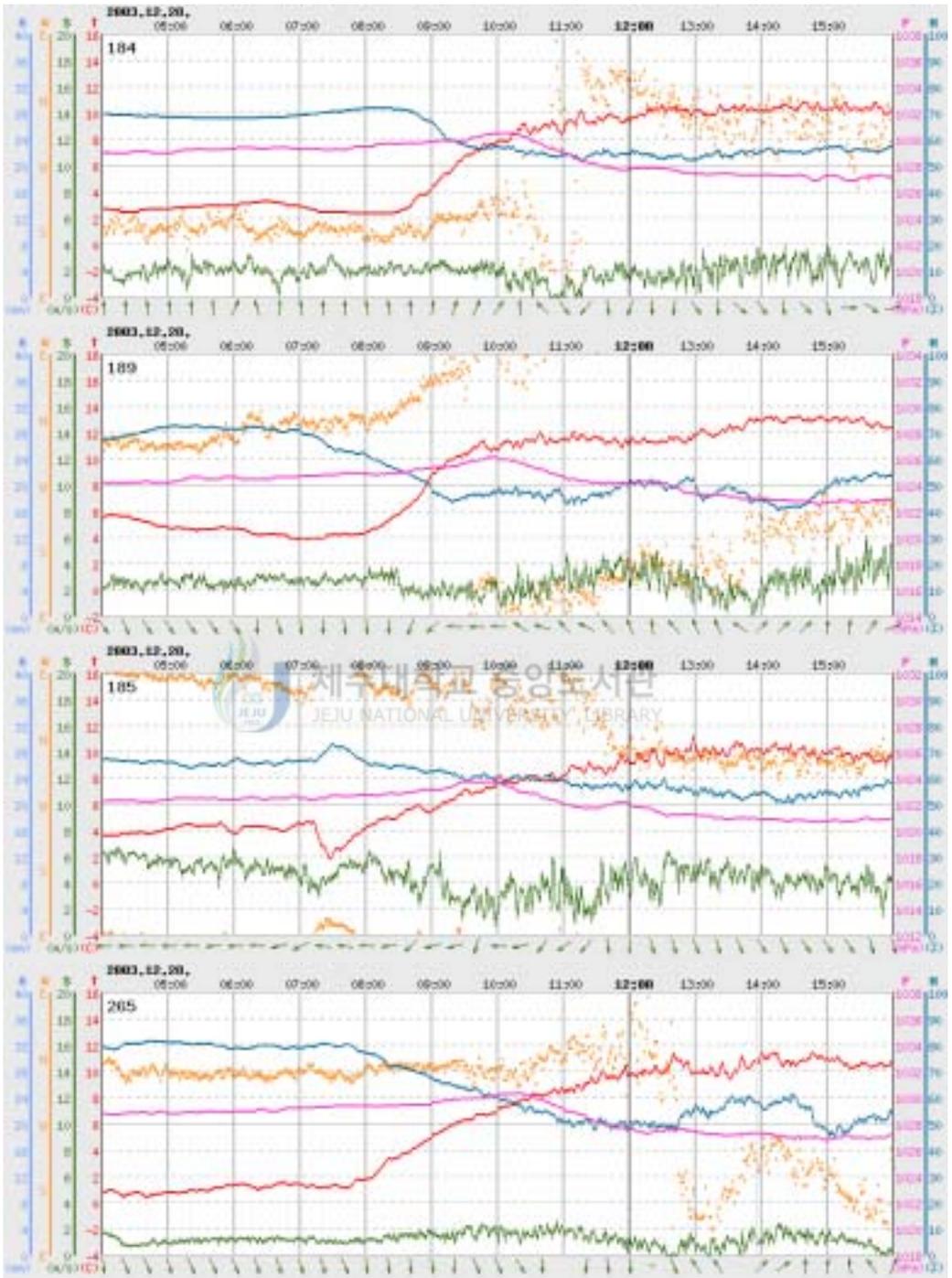


Fig. 28. Time series analysis in Jeju, Seogwipo, Gosan and Seongsanpo between 07:00 and 19:00 28. DEC. 2003.

V. 고 찰

이순환과 박광순(2004)은 제주도 동부와 서부지역에서의 강한 풍속의 원인은 베르누이법칙에 의하여 이동거리가 길어짐에 따라 풍속이 증가하기 때문이며, 서부지역의 풍속은 동부지역의 2/3수준이라고 결론지었다. 실제 구좌와 한림의 관측값을 비교하면 선행 연구결과와 거의 일치하고 있다. 그러나 고산의 관측값을 보면 타지역에 비해 월등히 높아 큰 차이를 보여주고 있다. 그 원인은 고산기상대가 제주도 서쪽 끝인 수월봉에 위치하고 있고, 바로 북서쪽 방향으로 지형이 급한 절벽이 있다. 따라서 고산의 관측값은 관측소 주변환경에 기인한 것으로 볼 수 있다.

그리고 소용돌이의 예측에 관한 실험에서 초기풍속이 10m/s인 경우 완전한 와동이 형성되면서 순차적으로 소용돌이가 형성됨을 보였는데 본 연구에서도 비슷한 결과를 보였다.

서귀포지역에서의 국지풍 발생 메카니즘을 모식도로 살펴보았다. 기압계에 의한 종관풍이 나타나는 경우는 북서쪽에서 강한 바람이 유입되고 있으며, 상층과 하층의 경계를 이루는 역전층이 한라산보다 높은 위치에 형성되면서 북서풍이 한라산을 넘어 서귀포지역까지 북서풍이 유지됨으로써 서귀포지역에는 종관풍이 나타나고 있다(Fig. 29). 종관풍인 북서~북서풍과는 달리 서귀포지역에서의 국지풍인 남동~남서풍이 부는 경우는 북서쪽에서 강한 바람이 유입되고 있으나, 역전층이 한라산보다 낮은 위치에 형성되면서 북서풍이 한라산을 가로질러 넘지 못하고 동쪽과 서쪽으로 나뉘어 지면서 서귀포지역에는 소용돌이가 발생하고 있다(Fig. 30). 그 영향으로 제주도의 남쪽 먼해상에는 칼만 볼텍스현상이 나타나기도 한다.

그리고 제주도 주변의 기압경도가 약하고 맑은 날이 나타날 때 육지와 해양간의 열적 성질 차이로 인하여 해륙풍이 발생하는 메카니즘을 보면 낮 동안

안에 강한 일사에 의하여 육상이 가열되면서 상승기류가 형성되면서 주변의 해상으로부터 대기가 유입되면서 해풍이 발생하는 모식도를 Fig. 31에 나타냈으며, 야간에 복사냉각에 의하여 육상이 해상보다 온도가 낮아 육지로부터 해상으로 육풍이 불면서 침강기류가 형성되고 있는 모식도를 Fig. 32에 나타냈다.



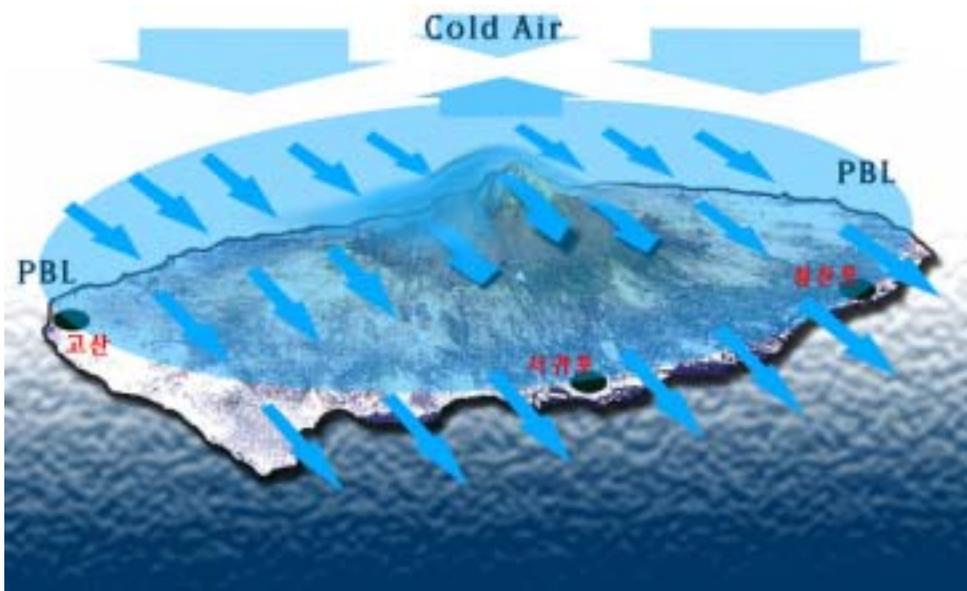


Fig. 29. Mimetic diagram of Synoptic wind in Seogwipo area

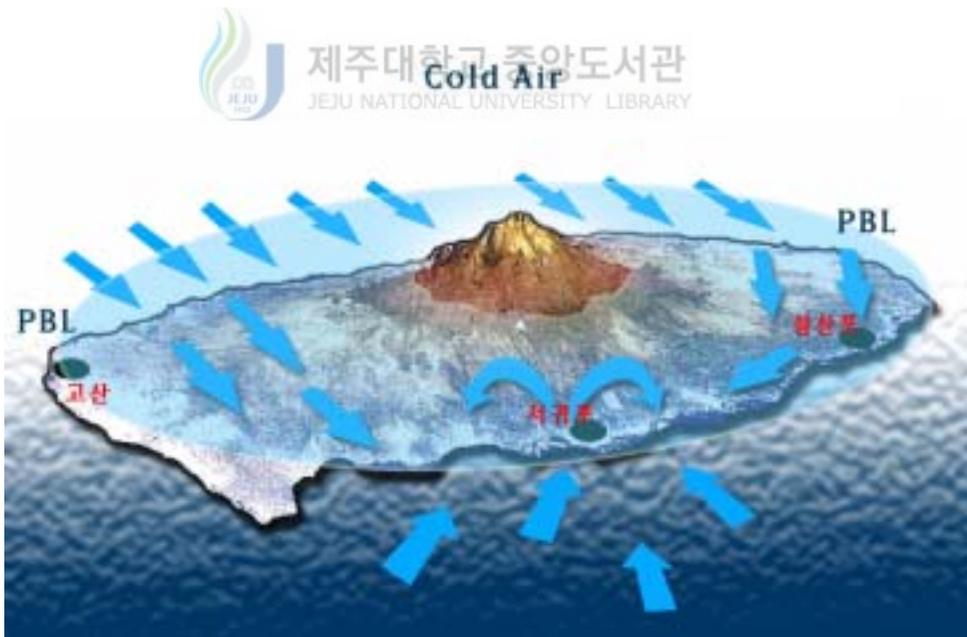


Fig. 30. Mimetic diagram of local wind in Seogwipo area



Fig. 31. Mimetic diagram of land breeze in Jeju island



Fig. 32. Mimetic diagram of see breeze in Jeju island

VI. 결 론

제주도지방에는 겨울철 시베리아 기단의 영향으로 북서풍이 불 때, 비교적 일정한 층류가 유입된다. 이때 풍하측인 서귀포지역은 저기압성 순환이 발생하면서 제주도 남쪽 먼해상에는 칼만 볼텍스가 빈번히 발생하고 있다. 또한 광범위한 해면상에 위치하여 주위에 장애물이 없으므로 한라산의 영향을 받고 있다.

대륙고기압 확장 시 동부와 서부지역인 성산포, 고산은 타 지역에 비해 강풍대가 형성되고 있는 반면 풍상측인 제주와 풍하측인 서귀포지방에는 다른 형태를 보인다. 특히 서귀포지방에는 풍향이 다르고, 풍속 또한 약하게 나타나고 있다. 이는 한라산의 지형효과가 반영된 것이다. 그러므로 서귀포지역의 국지풍은 제주지방의 기압경도, 침강역전층의 고도에 따라 국지풍 발생 여부를 예측할 수 있다.

기압계에 의한 종관풍 발생 조건은 강한 기압경도 및 한기이류와 역전층이 한라산의 해발고도인 1950m보다 높은 고도에 존재함으로써 북서풍이 한라산을 타고 넘어오는 경우 종관풍이 유지된다. 그러나 지형에 의한 국지바람은 기압경도가 다소 약하고, 역전층이 1950m보다 낮은 고도에 위치함으로써 한라산의 지형에 의한 소용돌이가 발생한다. 이때 서귀포지방은 구름이 소산되고 국지적인 지면가열에 의한 열적요인과 함께 국지바람이 발생하고 있다. 즉 서귀포지역의 국지풍은 겨울철 역전층의 고도에 의하여 소용돌이의 크기 및 성질이 달라질 수 있다. 오히려 강한 풍속이 유입될 경우 칼만 볼텍스는 발생하지 않았다.

기압경도가 매우 약하고 중규모 이상의 기상현상이 없을 때 주간 및 야간에는 해륙풍의 순환을 잘 나타내 주고 있고 특히 서귀포지역은 더욱 뚜렷이 나타났다.

따라서 서귀포지역의 국지풍은 역전층이 한라산 보다 낮은 위치에 형성될 때 발생하였으며, 지형에 의한 국지풍과 함께 제주도 남쪽 먼해상에는 칼만 볼텍스가 나타났다. 그러나 강한 바람과 함께 역전층이 한라산 보다 높은 위치에 형성될 때 북서풍이 한라산을 넘어 서귀포지역 까지 영향을 주면서 종관풍이 나타났다.



참고 문헌

- 김광식, 1992. 기상학사전. 향문사. 59, 584.
- 기상청, 2004. 한국의 기후. 기상연구소, 268~270.
- 이희훈, 1983. 제주도 풍하측에 형성된 Karman Vortex Street에 관한 고찰, 한국기상학회지, 19(2), 7
- 현종훈, 이동규, 1990. 3차원 중규모 모델을 이용한 제주도에서의 해륙풍 모의. 한국기상학회지, 26(2), 135
- 임승옥, 이동규, 1994. 종관규모 배경에 대한 제주섬에서 대기흐름의 수치실험. 한국기상학회지, 30(3), 396.
- 기상청, 2001. 한국기후표. 기상청, 462.
- 이순환, 박광순, 2004. 독립된 산악지형에 의하여 형성된 중규모 소용돌이의 발달에 관한 연구, 한국기상학회지, 40(2), 197~9
- 한국기상학회, 1999. 대기과학개론. 한국기상학회, 172~175.
- 홍성길, 1983. 기상분석과 일기예보, 217~227.

요 약

겨울철에 서귀포지역에서 빈번히 나타나고 있는 국지풍을 규명하기 위하여 2003년 12월부터 2006년 2월까지의 제주도 지방의 바람자료를 이용하여 국지풍의 발생사례를 알아보았다.

분석에 이용된 자료는 제주도내에서 관측하고 있는 자동기상관측장비(ASOS 및 AWS)에서 관측된 바람자료와 고산기상대의 고층 기상관측 자료 및 위성, 레이더 등 원격기상관측자료 이다.

제주도지방에는 겨울철 시베리아 기단의 영향으로 북서풍이 불 때, 풍하측인 서귀포지역은 저기압성 순환이 발생하면서 제주도 남쪽 먼해상에는 칼만 볼텍스가 빈번히 발생하고 있다.

조사기간 동안 서귀포지역에서의 최대풍향풍속은 남동~남서풍이 나타난 날이 154일로서 약 57%가 남풍이 불고 풍속 또한 약하여 지형효과를 반영한 결과이다. 그러나 타 지역에서는 북서~북동풍이 62~75%가 북서~북동풍이다.

서귀포지역에서 기압계에 의한 종관풍 발생가능성은 43%이며, 강한 기압경도 및 한기이류와 침강역전층이 한라산의 해발고도인 1950m보다 높은 고도에 존재함으로써 북서풍이 한라산을 타고 넘어오는 경우 종관풍이 나타났다.

지형에 의한 국지풍은 38%로 나타났으며, 기압경도가 다소 약하고 역전층이 1950m보다 낮은 고도에 위치함으로써 한라산의 지형에 의한 소용돌이와 함께 국지바람이 발생하였다.

해륙풍은 19%로써 기압경도가 약하고 중규모 이상의 기상현상이 없을 때 제주도전지역에 주간 및 야간에 해륙풍 순환이 잘 나타났으며, 특히 서귀포지역은 타지역에 비하여 더욱 뚜렷하였다.

따라서 대륙고기압 확장 시 동부와 서부지역인 성산포, 고산은 타 지역에 비해 강풍대가 형성되고 있는 반면 풍상측인 제주와 풍하측인 서귀포지방에는

다른 형태를 보인다. 특히 서귀포지방에는 풍향이 다르고, 풍속 또한 약하게 나타나고 있다. 서귀포지역의 국지풍은 제주도지방의 기압경도, 침강역전층의 고도에 따라 국지풍 발생 가능 여부를 예측할 수 있다.

기압계에 의한 종관풍은 강한 기압경도 및 한기이류와 역전층이 한라산의 해발고도인 1950m보다 높은 고도에 존재함으로써 북서풍이 한라산을 타고 넘어오는 경우 종관풍이 유지된다.

그러나 국지풍은 기압경도가 다소 강하고, 역전층이 1950m보다 낮은 고도에 위치함으로써 한라산의 지형에 의한 소용돌이가 발생한다. 이때 서귀포지방은 구름이 소산되고 국지적인 지면가열에 의한 열적요인과 함께 국지바람이 발생하고 있다.

즉 겨울철 서귀포지역의 국지풍은 역전층의 고도에 의하여 소용돌이의 크기 및 성질이 달라질 수 있다. 오히려 강한 풍속이 유입될 경우 칼만 볼텍스는 발생하지 않았다. 기압경도가 매우 약하고 중규모 이상의 기상현상이 없을 때 주간 및 야간에는 해륙풍의 순환을 잘 나타내 주고 있다. 특히 서귀포지역은 더욱 뚜렷이 나타났다.

따라서 서귀포지역의 국지풍은 역전층이 한라산 보다 낮은 위치에 형성될 때 발생하며, 지형에 의한 국지풍과 함께 칼만 볼텍스가 나타났다. 그러나 강한 바람과 함께 역전층이 한라산 보다 높은 위치에 형성될 때 종관풍이 나타났다.

주요어 : 국지풍, 해륙풍, 소용돌이, Karman Vortex

감사의 글

늦었다고 생각할 때 시작해도 늦지 않는다는 마음으로 다시 시작한 학문의 길이 벌써 2년, 이제 작은 결실을 맺어 세상에 태어났습니다.

부족한 저에게 어려운 상황을 이겨 낼 수 있도록 많은 가르침과 충고를 주신 윤석훈 지도교수님, 문일주 교수님, 방익찬 교수님의 따뜻한 배려에 깊은 감사를 드립니다. 교수님의 열정이 앞으로 저의 삶에 큰 도움이 될 것입니다. 아울러 논문 심사를 위해 많은 조언과 격려를 아끼지 않으신 최영찬 심사위원장님과 고유봉 교수님, 윤정수 교수님, 이준백 교수님께 진심으로 감사드립니다.

2년 6개월 동안 끝까지 동고동락 하면서 어려움을 같이 했던 한경훈님, 홍근도님께 고마움을 전하며 특별한 우정으로 영원히 함께 할 것입니다.

자료 분석에 많은 도움을 준 장승민, 김동진, 최의수, 고희종 등 동료 직원들의 고마운 마음을 소중히 간직하며, 학업을 마칠 수 있도록 배려하여 주신 기상청 직원 여러분께 감사드립니다.

오늘이 있기까지 사랑을 아끼지 않으신 부모님, 장인·장모님께 다시 한번 깊은 감사를 드립니다. 직장생활과 학교생활을 동시에 한다는 것이 결코 쉬운 일이 아님에도 이 길을 가야겠다고 다짐할 때 사랑과 용기를 내게 준 사랑하는 아내 고기영에게 아주 특별한 고마움과 미안한 마음을 전하며 예쁜 딸 민주, 씩씩한 아들 석찬에게도 이 열매에 사랑을 담아 전합니다.