



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

한반도에서 발생한 끝서리일의
공간분포와 장기변동



2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

환 경 대 기 과 학 과

김 진 아

이 학 석 사 학 위 논 문

한반도에서 발생한 끝서리일의
공간분포와 장기변동

지도교수 변희룡

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함.

2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

환 경 대 기 과 학 과

김 진 아

김진아의 이학석사 학위논문을 인준함.

2013 년 2 월 22 일

The logo of Pukyong National University is a circular emblem. The outer ring contains the text "PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY" in English at the top and "부경대학교" in Korean at the bottom. The center features a stylized graphic of a compass rose or a four-pointed star with curved edges, colored in shades of blue and grey.

주 심 이학박사 이 동 인 (인)

위 원 이학박사 최 기 선 (인)

위 원 이학박사 변 희 룡 (인)

CONTENTS

Contents	i
List of Figures	ii
List of Tables	v
Abstract	vi
1. 서론	1
2. 자료 및 분석	3
2.1 현대관측자료	3
2.2 고대문헌자료	8
3. 끝서리일의 변동 특징	9
3.1 평균 끝서리일의 공간분포	9
3.2 끝서리일의 시간적 변화경향	11
3.3 고대문헌자료와 비교	15
4. 끝서리일의 변동 원인	17
4.1 지리적 영향에 의한 끝서리일 변동	17
4.2 남풍 유입량에 의한 변동	21
4.3 가장 늦은 끝서리일 사례분석	27
5. 요약 및 결론	35
Reference	37

List of Figures

Fig. 1. Distribution of 68 weather observation stations over South Korea. Shaded contours denote topography (m).	4
Fig. 2. The number of observations for LFD each year.	4
Fig. 3. The distribution of annual average dates of LFD in South Korea. The unit for values is Julian days.	10
Fig. 4. Trend distribution of LFD in South Korea. The points indicate station location.	11
Fig. 5. Annual average date of the LFD of (a) 1 station (Mokpo), (b) 5 stations (Kangreung, Seoul, Daegu, Busan, and Mokpo), and (c) 41 stations. The trend of each time series is represented by gray dashed lines. Black dashed lines denotes regime shift of the period.	14
Fig. 6. The frequency distribution of LFD (a) from 1392 to 1904 (the Joseon dynasty); and (b) from 1905 to 2011. The values denote the number of LFD each month.	16

Fig. 7. Scattering plot of height of station against LFD. Dashed line denotes the trend. 19

Fig. 8. Scattering plot between LFD and (a) latitude; (b) longitude (Gray spots are Ulleung, Daegwallyeong) in South Korea for statistical characteristics. 20

Fig. 9. Average temperature deviation between the latest 5 years and the earliest 5 years on (a) March, (b) April, (c) May and (d) June. Negative values are shaded. 22

Fig. 10. Average geopotential height in 500 hPa of the earliest 5 years (Left) and the latest years (Right) on (a) March, (b) April, (c) May and (d) June. 24

Fig. 11. Average wind field (ms^{-1}) of the earliest 5 years (Left), the latest 5 years (Middle) and Deviation (Right) on (a) March, (b) April, (c) May and (d) June. 26

Fig. 12. Date of LFD in Daegwallyeong from 1971 to 2011. Dashed line denotes the trend at station. 27

Fig. 13. Spatial distribution of deviations between LFD in 2010 and average LFD each station. The unit for values is 10 days. 28

Fig. 14. Distribution of low temperature (a) between daily minimum temperature and average daily minimum temperature on June 2. and (b) between monthly minimum temperature and average monthly minimum temperature in June, 2010. The units are $^{\circ}\text{C}$ 30

Fig. 15. Distribution of anomalies (a) between daily humidity and average daily humidity on June 2, 2010. and (b) between monthly humidity and average monthly humidity in June, 2010. 31

Fig. 16. Spatial distribution of geopotential height in 500 hPa on (a) May 31., (b) June 1., (c) June 2 and (d) June 3. Contour intervals are 60gpm. 32

Fig. 17. Spatial distribution of wind (ms^{-1}) in 1000 hPa on (a) May 31., (b) June 1., (c) June 2 and (d) June 3. 34

List of Tables

Table 1. Information about 68 weather observation stations in South Korea.	5
--	---

Table 2. Latest 5 years and earliest 5 years about LFD from 1971 to 2011.	7
---	---



Spatial Distributions and Long-term Variability of the Latest Frost Days in Korea.

Jin-ah Kim

Department of Environmental Atmospheric Sciences, Graduate School,

Pukyong National University

Abstract

This study investigated the spatial distribution and long-term variations of the latest frost days (LFD) and analyzed synoptically for the cause of occurrences in Korea. The average LFD in Korea during the period of modern observation (1905~2011) were experienced at the earliest in Masan (March 13) and the latest in Daegwallyeong (May 7). The interannual variations of LFD tend to be earlier (-0.21 days year $^{-1}$) from 1971 to 2011, the largest change in value was shown in Wonju (-0.69 days year $^{-1}$). LFD has recorded 138 times in the ancient literature (The Annals of the Joseon Dynasty:1392~1904), and they are most concentrated in May (40%).

As a result of comparison with synoptic characteristics of LFD between in the latest 5 years and in the earliest 5 years, LFD in the latest 5years show lower temperature than in the earliest 5 years. It is because the southerly inflow from North Pacific and near the

equator was weaker in late years than in early years. LFD in Daegwallyeong (June 2, 2010) is the latest by low temperatures and high humidity during modern observation period. It is because cold air in the upper level inflow in to the Korean peninsula by the blocking high occurred in China and inflow paths of southward wind were moved to the West Sea from the East Sea of Korea, as the anticyclone occurred in the Sea of Okhotsk moved in southerly direction.

Key words: frost, the latest frost days



1. 서론

서리에 의한 피해는 가을에 발생하는 서리 (첫서리)보다 늦은 봄이나 초여름 경에 발생하는 서리 (늦서리)의 영향을 더 많이 받는다. 가을은 상해를 입을 작물이 많지 않은데, 봄이나 여름에는 작물이 한창 성장하는 중일 때 이기 때문이다. 따라서 늦서리가 늦게 발생할수록 그 피해가 더 커진다는 것이다.

사과와 배의 경우, 늦서리가 평년보다 늦게 발생하면 발아 또는 개화 시기에 서리를 맞게 되어 수정 장애가 발생할 가능성이 높고 이로 인해 낙과 또는 기형과일이 많아지고 품질이 저하된다 (Chimielewski et al., 2004; Hwang et al., 2001). 실제로, 2005년과 2006년에는 다른 재해보다 봄에 발생한 동해와 상해로 인한 보험금 지급이 더 많았던 경우도 있다 (Choi et al., 2010). 따라서 이러한 피해를 대비하기 위해 한반도 내 서리일의 장기변동에 대한 연구가 필요하다.

서리에 대한 이전 연구는 다음과 같이 네 가지로 분류된다. 첫째, 상해와 관련된 연구로써, 동해 및 냉해와 함께 농작물에 미친 피해에 관한 연구 (Han et al., 2007; Han et al., 2009; Hwang et al., 2001; Jeon et al., 2011; Kwon et al., 2001; Lee et al., 1990a; Lee et al., 1990b; Yarushnykov and Blanke, 2005)이다. 둘째, 상해 발생에 대해 사전에 대비할 수 있는 방법에 관한 연구이다. 이 연구들은 다시 서리 경보 시스템에 관한

연구(Lindkvist and Lindqvist, 1997), 서리 발생의 예측을 위한 모델에 대한 연구 (Blennow and Persson, 1998; Hänninen, 1991; Hänninen, 1996; Hänninen, 2006)로 나눌 수 있다. 셋째, 기후 변화에 따라 파생적으로 나타나는 현상과 늦서리의 관계에 대한 연구이다. 세부적으로 봄철 기온 상승에 따라 늦서리의 출현 빈도가 감소한다는 연구 (Bonsal et al., 2001; Heino et al., 1999; Heo and Kwon, 2007), 봄철 식물의 개화시기가 앞당겨 지고 있어 빈번한 서리 피해가 예상된다는 연구 (권영아, 2006; Cannell and Smith, 1983; Chmielewski et al., 2004; Inouye, 2008; Gu et al., 2008)등이 있다. 넷째, 고대 문헌 자료 내 서리 기록을 이용한 연구이다. Yoon and Hwang (2009)은 삼국사기의 서리기록에 대해, Yoon and Hwang (2010)은 고려사의 서리기록에 대해 연구하였다.

그러나 이러한 선행 연구들이 있음에도 불구하고 서리에 대한 연구는 추가로 연구할 여지가 많이 남아 있다. 이전 연구에서는 주로 서리에 초점을 맞추기보다 기후 변화 또는 다른 기상재해를 바탕으로 부가적인 연구를 한 경우가 많았다. 그리고 현대관측자료를 이용한 연구가 많았으나 고대문헌자료까지 모두 포함한 연구는 거의 없다. 또, 서리가 늦게 내려 큰 피해가 발생한 경우에 대한 종합 기상학적 원인을 분석한 연구 역시 드물다.

따라서 본 연구에서는 3~8월 중 관측되는 마지막 서리일에 대한 공간분포 및 장기변동을 분석하고 그 특징에 대해 살펴보려고 한다.

2. 자료 및 분석

2.1 현대관측자료

1905~2011년 동안 한국 기상청에서 제공한 68개 관측 지점 (Fig. 1)의 기상 자료 중 서리와 최저기온, 습도를 이용하였다. 3~8월 사이에 발생한 마지막 서리일을 끝서리일 (the Latest Frost Days:LFD)이라고 정하였으며, 각 지점의 LFD는 서리기록 시작일 (Table 2)로부터 LFD가 매년 연속적으로 발생하지 않았다 (Fig. 2). 이때 LFD가 없는 해는 결측된 경우, 3~8월 사이에 서리가 발생하지 않은 경우, 서리에 관한 기록이 종료된 경우이다. 이러한 경우, 그 해는 제외하고 평균을 계산하였다. 그리고 서리기록의 마지막 기록연도가 2000년인 지점이 많은데 그 이유는 기상청에서 Automatic Weather System (AWS)의 설치로 인해 기상대급 이상에서만 서리에 대한 관측하고 있기 때문에 관측 지점수가 감소한 것이다 (Kwon, 2006).

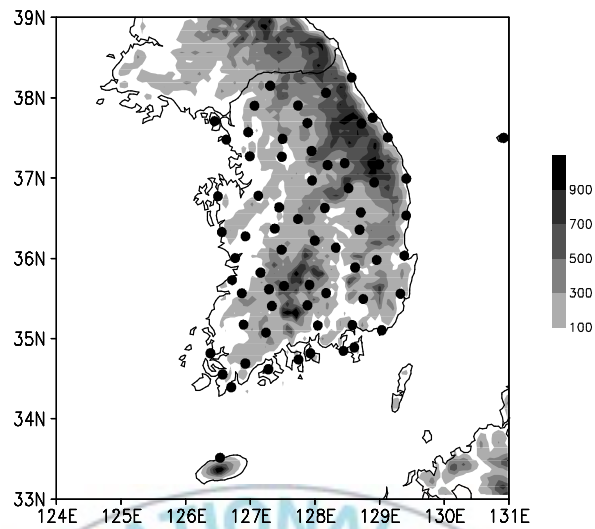


Fig. 1. Distribution of 68 weather observation stations over South Korea. Shaded contours denote topography (m).

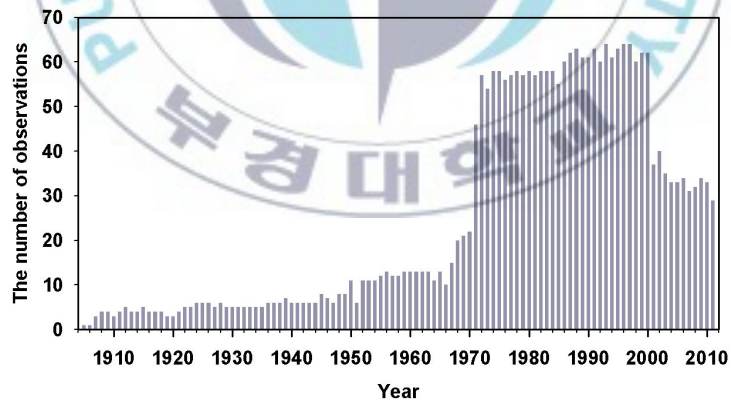


Fig. 2. The number of observations for LFD each year.

Table 1. Information about 68 weather observation stations in South Korea.

Stn ID	Station Name	Start Date	Stn ID	Station Name	Start Date
47090	Sokcho	28.Mar.1968	47201	Ganghwa	06.Apr.1971
47095	Cheorwon	10.Apr.1988	47202	Yangpyeong	03.Apr.1971
47098	Dongducheon	24.Mar.1998	47203	Icheon	13.Apr.1972
47100	Daegwallyeong	05.May.1971	47211	Inje	14.Mar.1972
47101	Chuncheon	06.Apr.1966	47212	Hongcheon	10.Apr.1972
47105	Gangneung	02.Apr.1912	47216	Taebaek	31.Mar.1986
47106	Donghae	12.Apr.1993	47221	Jecheon	11.Mar.1971
47108	Seoul	18.Apr.1908	47226	Boeun	17.May.1972
47112	Incheon	28.Mar.1952	47232	Cheonan	10.Apr.1971
47114	Wonju	02.Apr.1972	47235	Boryeong	02.Apr.1972
47115	Ulleungdo	04.Mar.1939	47236	Buyeo	10.Apr.1971
47119	Suwon	30.Mar.1964	47238	Geumsan	22.Apr.1972
47121	Yeongwol	20.Apr.1995	47243	Buan	20.Apr.1971
47127	Chungju	10.Apr.1971	47244	Imsil	20.Apr.1971
47129	Seosan	28.Apr.1968	47245	Jeongeup	14.Apr.1970
47130	Ulsan	17.Mar.1971	47247	Namwon	14.Apr.1970
47131	Cheongju	06.Apr.1967	47248	Jangsu	25.Apr.1988
47133	Daejeon	17.Apr.1969	47256	Suncheon	02.Apr.1972
47135	Chupungnyeong	27.Mar.1950	47260	Jangheung	20.Apr.1971
47136	Andong	31.Mar.1983	47261	Haenam	20.Apr.1971
47138	Pohang	17.Mar.1952	47262	Goheung	25.Mar.1971
47140	Gunsan	13.Apr.1968	47271	Bongwhoa	24.Apr.1988
47143	Daegu	07.Apr.1907	47272	Yeongju	12.Apr.1971
47146	Jeonju	08.Apr.1950	47273	Mungyeong	07.Apr.1971
47152	Ulsan	27.Mar.1945	47277	Yeongdeok	03.Apr.1972
47155	Changwon	08.Mar.1986	47278	Uiseong	11.Apr.1971
47156	Gwangju	26.Apr.1941	47279	Gumi	03.Apr.1971
47159	Busan	03.Apr.1907	47281	Yeongcheon	11.Mar.1971
47162	Tongyeong	19.Mar.1968	47284	Geochang	10.Apr.1971

47165	Mokpo	23.Apr.1905	47285	Hapcheon	10.Apr.1971
47168	Yoesu	31.Mar.1953	47288	Miryang	25.Mar.1971
47170	Wando	10.Apr.1972	47289	Sancheong	03.Apr.1971
47184	Jeju	19.Mar.1924	47294	Geoje	02.Apr.1972
47192	Jinju	11.Apr.1969	47295	Namhae	10.Apr.1971



그리고 지점수가 급격히 증가하는 해인 1971년 이후 LFD가 늦게 나타난 5 년과 이르게 나타난 5 년 (Table 2)을 나누어 대기순환에 대해 분석 하였으며, 이때 사용한 자료는 The National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and National Center for Atmospheric Research (NCAR) 재분석 자료로써, 월 자료는 바람, 온도, 지위고도 변수를, 일 자료는 지위고도와 바람변수를 이용하였다.

Table 2. Latest 5 years and earliest 5 years about LFD from 1971 to 2011.

Late year	LFD	Early year	LFD
2010	June 2	1993	April 26
1978	June 1	2001	April 26
1972	June 1	2002	April 26
1985	May 30	1990	April 27
1987	May 28	2007	April 27

2.2 고대문헌자료

본 연구에서 사용한 고대문헌자료는 삼국시대, 고려시대, 조선시대를 대표하는 사서인 삼국사기, 고려사, 조선왕조실록으로써, 서리, 상(霜)이라고 기록되어 있는 것을 조사하였다. 이러한 고대 문헌 자료는 신빙성이 낮지만 서리에 의한 피해 정도가 컸던 날짜는 대부분 기록되었을 가능성이 높으므로 본 연구에 이용하였다.

삼국사기, 고려사는 월별 자료이며 조선왕조실록은 일별 자료이다. 그리고 모든 고대문헌자료는 음력으로 표기되어 있는데, 천문 우주지식 정보로부터 제공되는 음양력 변환 방식을 통해서는 조선시대의 기간에 대해서만 변환 가능하여 조선왕조실록의 기록에 대해서만 양력으로 변환하여 분석하였다. 그리고 조선왕조실록의 내용이 수정된 경우가 있어 동일 날짜에 동일 내용이면 그 내용을 제외하였고 내용이 다르면 포함하였다.

이때 조선왕조실록은 1910년까지 기록되어 있으나 마지막 서리 기록은 1899년 10월 27일이고 LFD의 기록은 1764년 5월 7일이다. 1899년부터 1910년까지 관련기록이 없는데 이는 실제로 서리가 발생하지 않은 것이 아니라 기록이 되지 않은 것으로 추측된다. 따라서 조선시대의 마지막 분석연도를 현대 관측이 시작되기 이전인 1904년으로 규정하였다. 따라서 시대별 분석 기간을 B.C. 57~998 년 (삼국시대), 998~1392 년 (고려시대), 1392~1904 년 (조선시대)로 기간을 나누었다.

3. 끝서리일의 변동 특징

3.1 평균 끝서리일의 공간분포

LFD의 지역별 차이를 알아보기 위해 68개 지점에 대한 각 지점의 기록 기간에 대한 평균 줄리언 데이를 분석하였다 (Fig. 3). LFD가 가장 이른 지점은 마산으로 3월 13일이고 가장 늦은 지점은 대관령으로 5월 7일이다.

LFD는 해안보다 내륙이 늦게 발생한다. 이때, 이르게 나타나는 지역은 대부분 남해안과 동해안의 해안지역이며 늦게 나타나는 지역은 대부분 소백산맥과 태백산맥 부근 지역에 분포하고 있다. 특히 강원 내륙 지역이 가장 늦고 전남 남해안이 가장 이른다.

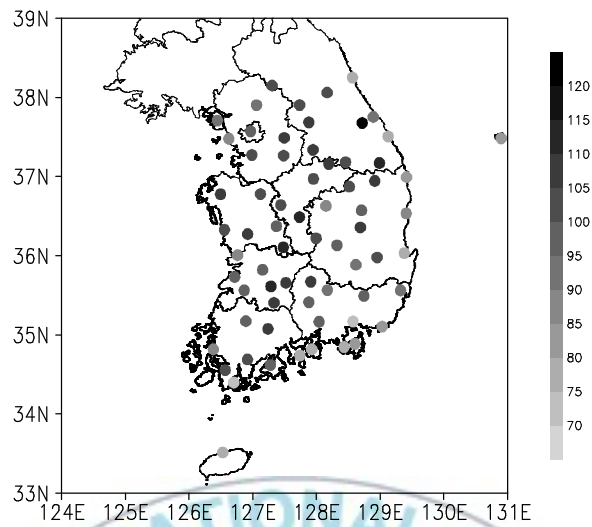


Fig. 3. The distribution of annual average dates of LFD in South Korea. The unit for values is Julian days.

3.2 끝서리일의 시간적 변화경향

지역별 LFD의 시간적 변화를 살펴보기 위해, 각 지점의 관측 기간 동안의 경향을 분석하였다 (Fig. 4). 이때 가장 큰 변화경향을 나타낸 지역이 태백산맥 부근에서 나타났는데, 음의 경향이 가장 큰 지점은 봉화 (-0.81 days year⁻¹)이고 양의 경향이 가장 큰 지점은 영월 (1.09 days year⁻¹)이다. 그리고 변화 값이 가장 작은 지역은 제천 (0.00 days year⁻¹)이다. 이때 68개 지점 중 변화경향이 감소하는 지점은 37개, 증가하는 지점은 31개이다. 즉, 전국의 54%가 음의 변화경향을 나타내, LFD가 이르게 나타나는 지역이 과반수 이상이다.

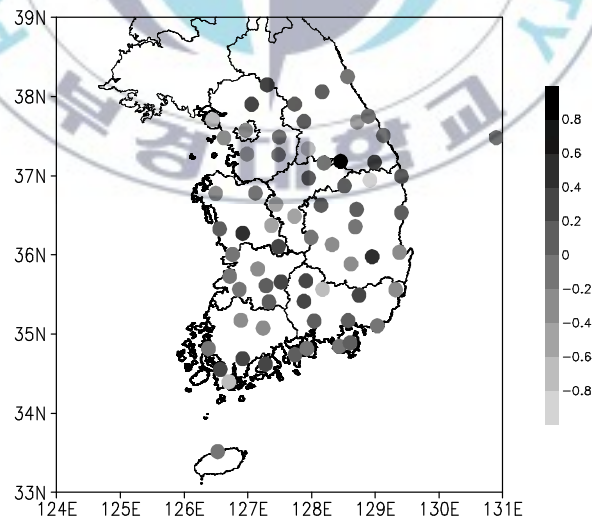


Fig. 4. Trend distribution of LFD in South Korea. The points indicate station location.

다음으로 한반도 전체의 연도별 변화경향을 알기 위해 기간별 가용 지점의 평균시계열을 분석하였다. 이때, 1905~2011년 (1개 지점:목포), 1912~2011년 (5개 지점:강릉, 서울, 대구, 부산, 목포), 1971~2011년 (41개 지점)으로 나누어 분석하였다. 1개 지점은 LFD의 기록이 가장 이른 지점인 목포를 선점하였고 5개 지점은 LFD 자료의 시작연도가 빠른 상위 5개 지점을 선점하였다. 그리고 41개 지점은 LFD의 지점수가 급증한 1971년부터 2011년 사이 관측 기록이 있는 지점을 선점하였는데, 전체 지점 중 1971년 이후에 관측을 시작한 지점과 2000년에 관측이 종료되는 지점을 제외한 것이다. 먼저 Fig. 5에 있는 각 군의 LFD 변화경향을 살펴보면, 1개 지점은 $-0.19 \text{ days year}^{-1}$, 5개 지점에서 $-0.18 \text{ days year}^{-1}$, 41개지점에서 $-0.21 \text{ days year}^{-1}$ 로 나타났다. 즉, 모든 군에서 LFD의 발생이 이르게 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 전 기간에 대한 변화경향은 그 기간의 처음부터 마지막까지 하나의 패턴을 나타내므로 LFD가 급변했던 시점을 알 수 없다. 따라서 각 군을 레짐시프트 (Rodionov, 2006)를 이용하여 LFD의 변동 시점에 대해 분석을 하였다 (Fig. 5). 1개 지점 (Fig. 5a)은 1964년, 1995년, 2009년에, 5개 지점 (Fig. 5b)은 1950년, 1973년, 1996년, 2010년에, 41지점 (Fig. 5c)은 1997년과 2009년에 시프트가 나타났다. 전체적으로 살펴볼 때, 공통적으로 1996년 전후, 2009년과 2010년 사이에 시프트가 나타났으며 시프트 되는 기간이 점점 짧아지고 있는 것을 알 수 있다. 레짐시프트가 일어난 이유는

정확하지 않으나 이동시점에서 기상학적 원인이 있었던 것으로 추측할 수 있다. 또한 2010년 이후에 나타난 변동은 이전에 감소하고 있는 변동 기간의 평균값과 달리 급증하였으므로 실제로 LFD가 변동한 것인지 아니면 2010년이 특이한 사례인지 2011년 이후의 LFD에 대한 추가 연구를 통해 알 수 있을 것이다.



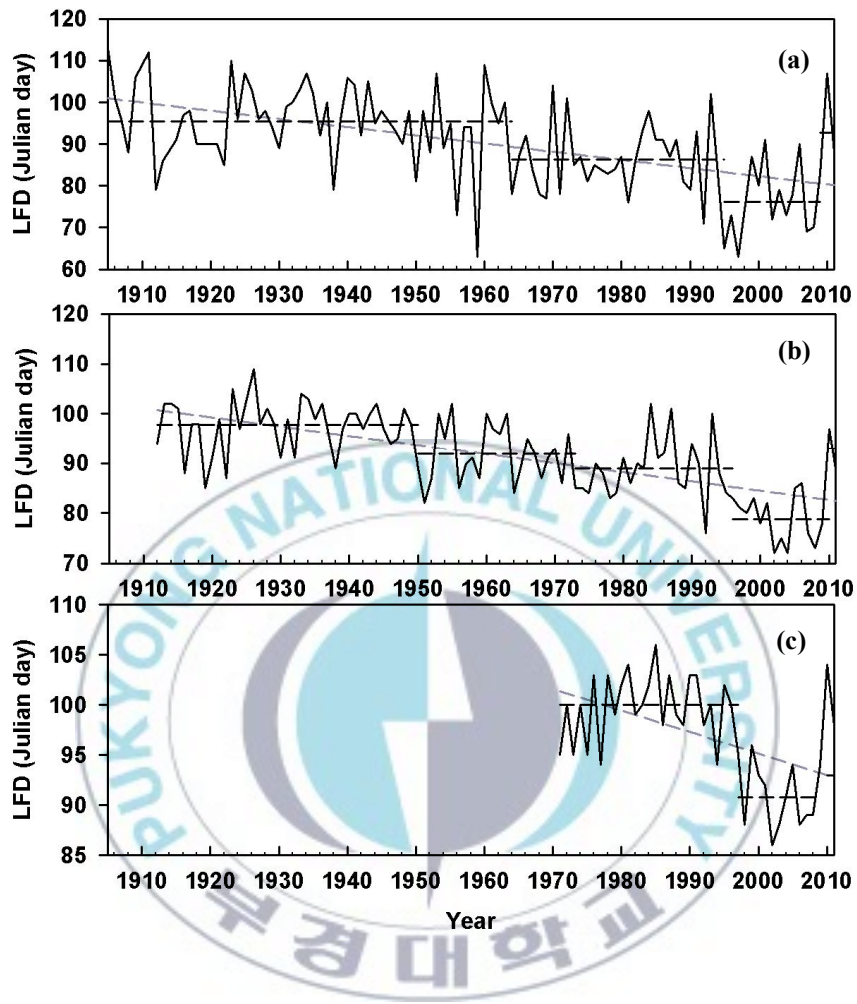


Fig. 5. Annual average date of the LFD of (a) 1 station (Mokpo), (b) 5 stations (Kangreung, Seoul, Daegu, Busan, and Mokpo), and (c) 41 stations. The trend of each time series is represented by gray dashed lines. Black dashed lines denotes regime shift of the period.

3.3 고대문헌자료와 비교

삼국사기 (삼국시대)에 총 39번의 서리관련기록이 있으며 3월은 4번, 4월은 12번, 5월은 1번, 6월은 1번, 7월은 16번, 8월은 4번, 9월은 1번 기록되었다.

다음으로 고려사 (고려시대)는 총 34번이며 그 중 3월이 2번, 4월이 30번, 7월이 2번이다. 고려사에서 기록이 가장 많은 달은 4월이다. 현대에 가장 많은 달과 일치하는데, 그 이유는 고려시대가 포함된 중세 기후에 전체적으로 현재와 크게 다르지 않았기 때문이라 추측된다 (Yoon and Hwang, 2010).

고대문헌자료 중 서리관련기록을 분석할 때, 삼국사기와 고려사는 연별 자료수가 너무 적어 LFD 분석은 어렵다. 반면, 조선왕조실록은 기록 자체가 ‘강원도 강릉에 4월 22일부터 5월 27일까지 연일 서리가 내리다’와 같이 서리가 관측된 지역과 날짜를 자세히 기록해 두었고 498번의 많은 자료가 존재하기 때문이다.

조선왕조실록에 기록된 서리기록 중 LFD는 총 138회이다. 월별로 살펴보면 4월이 11회, 5월이 55회, 6월이 46회, 7월이 21회, 8월이 5회이다 (Fig. 6a). 이때, 조선왕조실록에서는 5월, 현대관측자료는 4월 (1755회)에 기록이 가장 많았다 (Fig. 6b). 두 시점을 비교해보면 조선시대보다 1905년 이후의 LFD의 기록이 가장 많은 달이 한달 정도 빠르는데 그 이유를 두 가지로 생각해 볼 수 있다. 첫째, 20세기의 기후가 19세기에

비해 따뜻하기 때문이며 (Bradley and Jonest, 1993; Shin et al., 2005) 둘째, 현대 관측 자료는 남한만, 고대 문헌 자료는 북한까지 포함되어 있기 때문이다.

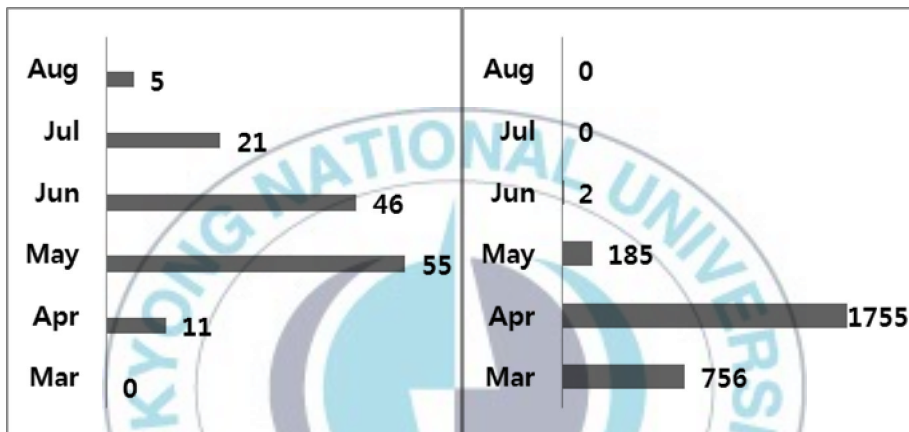


Fig. 6. The frequency distribution of LFD (a) from 1392 to 1904 (the Joseon dynasty); and (b) from 1905 to 2011. The values denote the number of LFD each month.

4. 끝서리일의 변동 원인

4.1 지리적 영향에 의한 끝서리일 변동

기온, 바다와의 거리 (Zioni et al., 2002), 고도 (Boer et al., 1993), 위도와 경도 (Madelin and Beltrando, 2005) 등이 LFD의 공간분포에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 그래서 각 요소와 LFD 사이의 상관성을 살펴보았다. 이때 각 요소 별 영향을 독립시켜 판단하기 어렵다고 생각된다. 그러나 LFD와 각 요소 별로 상관도를 살펴볼 때, 그 특징이 잘 나타나는 것으로 판단되어 다음과 같이 분석하였다.

먼저 고도 별 분포를 Fig. 7을 통해 살펴보면, 100 m이하는 3월 13일 (마산)에서 4월 19일 (양평)까지, 100~200 m는 3월 31일 (문경)에서 4월 22일 (보은)까지, 200~300 m는 3월 22일 (울릉도)에서 4월 22일 (임실)까지, 그 이상부터 각 고도 별로 한두 지점씩 있다. 그 중 2지점 (태백, 대관령)을 제외하면 고도와 LFD의 상관은 $R = 0.460$ 로써 고도와 LFD가 상관이 있다. 즉, 고도가 높아질수록 LFD가 늦어진다고 할 수 있다. 특이한 지점인 태백 (712.8 m)과 대관령 (772.6 m)은 고도가 높아 LFD가 늦게 나타난 것을 알 수 있다. 그리고 섬 지역은 LFD가 이르게 나타났는데, 이는 바다의 가온 효과에 의한 것으로 추측된다. 가온 효과가 한반도에 미치는 영향에 대해 살펴보면, 특히 모든 섬 지역의

LFD가 평균 (4월 7일)보다 이르게 나타나는 특징이 있었다. 이를 뒷받침하는 Kim et al. (2010)의 이전 연구에 따르면 서해안의 경우 1.0 °C, 남해안과 동해안은 각각 3.0 °C 및 3.5 °C 내외로 겨울철에 가온 효과가 있다고 한다. 그리고 Zinoni et al. (2002)에 따르면, 바다와 가까울수록 따뜻한 기후를 나타낸다고 한다. 따라서 해안만 살펴본다면 가온 효과에 의해 동해안이 가장 이르고 서해안이 가장 늦게 LFD가 나타날 것으로 예상된다. 하지만 동해안의 LFD가 남해안 보다 늦게 나타났다. 그 이유로, 한국은 산이 많고 삼면이 바다이며 지형이 복잡하기 때문에 기상요소의 시공간적 변동성이 매우 크기 때문이라 추측된다 (Hong et al., 2007). 결국 가온 효과의 영향이 있지만 동해안 지역의 태백산맥에 의해 관측 고도가 높기 때문에 변동성이 다른 지역에 비해 더 크다고 생각된다. 따라서 지역별 LFD의 분포는 고도의 영향이 크게 작용하지만 가온 효과가 가미되어 Fig. 7과 같이 나타난 것으로 추측된다.

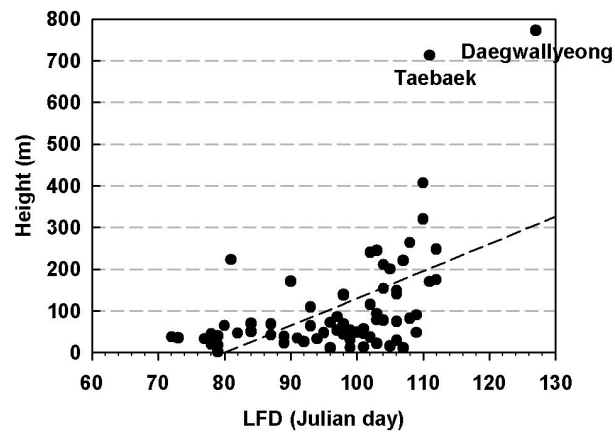


Fig. 7. Scattering plot of height of station against LFD. Dashed line denotes the trend.

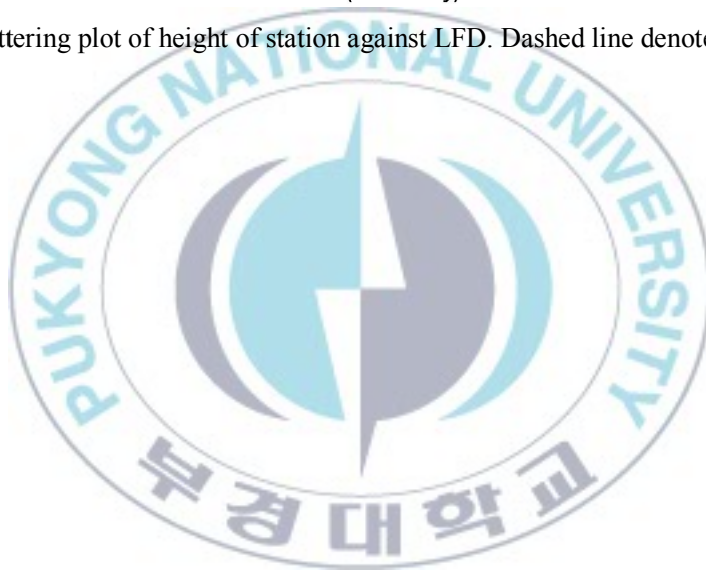


Fig. 8a에서 위도와 LFD에 대한 상관을 살펴보면, 가장 저위도와 고위도에서 가장 이른 LFD와 가장 늦은 LFD가 나타나지 않았다. 가장 고위도인 속초의 LFD는 가장 늦게 나타날 것으로 추측하였으나 평균 (4월 7일)보다 이른 날인 3월 20일에 나타났다. 그래서 위도와 LFD의 상관도를 살펴보면, 위도는 LFD에 약한 상관 ($R = 0.316$)이 있는 것을 알 수 있다.

다음으로 Fig. 8b에서 경도와의 상관을 살펴보면 가장 작은 경도인 목포에서는 LFD가 가장 이르게 나타나지 않았고 가장 큰 경도 (울릉도) 역시 가장 늦게 나타나지 않았다. 그래서 LFD와 경도의 상관도를 살펴본 결과, $R = -0.196$ 로써, LFD에 대해 경도가 미치는 영향은 거의 없다.

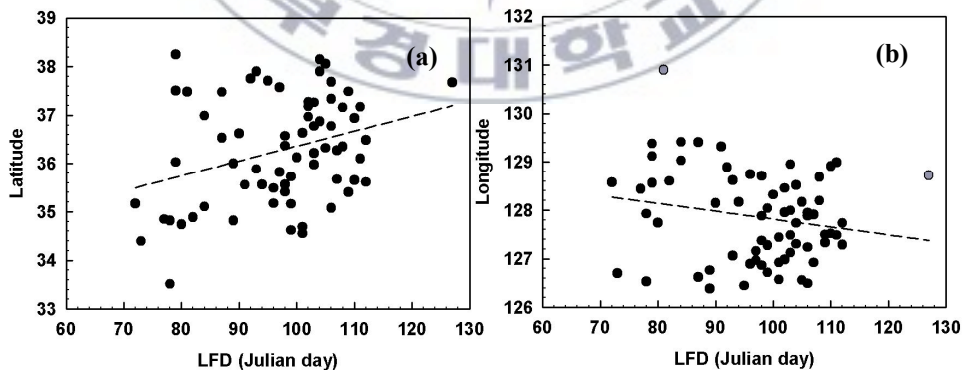


Fig. 8. Scattering plot between LFD and (a) latitude; (b) longitude (Gray spots are Ulleung, Daegwallyeong) in South Korea for statistical characteristics.

4.2 남풍 유입량에 의한 변동

LFD가 늦게 나타나는 원인을 대기순환을 이용하여 살펴보기 위해 LFD가 늦게 나타난 5년과 이르게 나타난 5년을 분류하여 대기 순환을 분석하였다. LFD는 기온과 관련이 많았다고 생각되어 늦은 5년과 이른 5년의 1000 hPa의 기온편차 (Fig. 9)에 대해서 먼저 분석하였다. 3월에는 대부분의 지역에서 음의 편차가 나타났고 한반도는 $-1\sim-2.5$ °C의 편차가 나타났다. 4월에는 그 편차가 급격하게 감소하였으나 한반도는 여전히 음의 편차 영역에 포함되었다. 그러나 5월은 한반도 영역 일부분에서, 6월에는 한반도의 대부분이 양의 편차 영역에 포함되었다. 따라서 3월부터 5월까지 한반도는 이른 해보다 늦은 해일 때 한반도의 기온이 낮게 나타났으나 그 편차가 점점 줄어 5월에는 일부 지역에서 늦은 해가 더 높은 기온을 나타냈고 6월은 대부분의 지역에서 늦은 해에 기온이 높게 나타났다.

이러한 기온편차의 원인에 대해 살펴보기 위해, 500 hPa의 지위고도를 이용하여 상층의 공기흐름을 분석하였다 (Fig. 10). 월별 지위고도 평균장을 살펴보면, 한반도로 유입되는 한기는 늦은 해에서도, 이른 해에서도 감지되지 않았으며 두 해 모두 지위고도의 분포가 비슷하게 나타났다. 따라서 늦은 해와 이른 해에 지위고도의 분포를 보면, 상층의 차가운 공기가 한반도로 유입되지 않은 것으로 보인다.

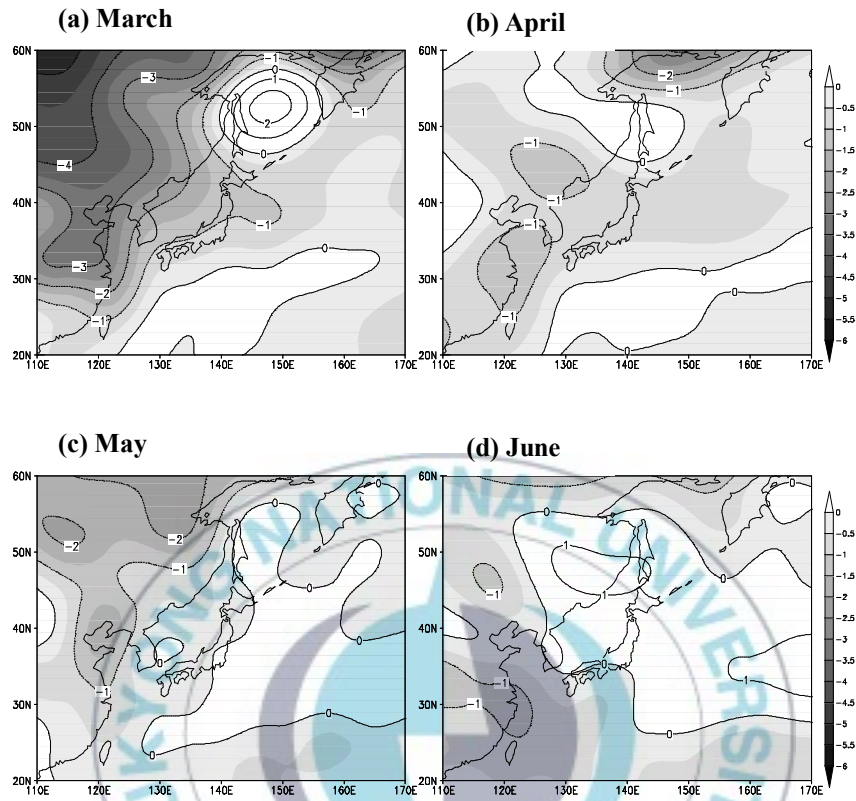


Fig. 9. Average temperature deviation between the latest 5 years and the earliest 5 years on (a) March, (b) April, (c) May and (d) June. Negative values are shaded.

이러한 기온편차의 원인에 대해 살펴보기 위해, 500 hPa 의 지위고도를 이용하여 상층의 공기흐름을 분석하였다 (Fig. 10). 월별 지위고도 평균장을 살펴보면, 한반도로 유입되는 한기는 늦은 해에서도, 이른 해에서도 감지되지 않았으며 두 해 모두 지위고도의 분포가 비슷하게 나타났다. 따라서 늦은 해와 이른 해에 지위고도의 분포를 보면, 상층의 차가운 공기가 한반도로 유입되지 않은 것으로 보인다.



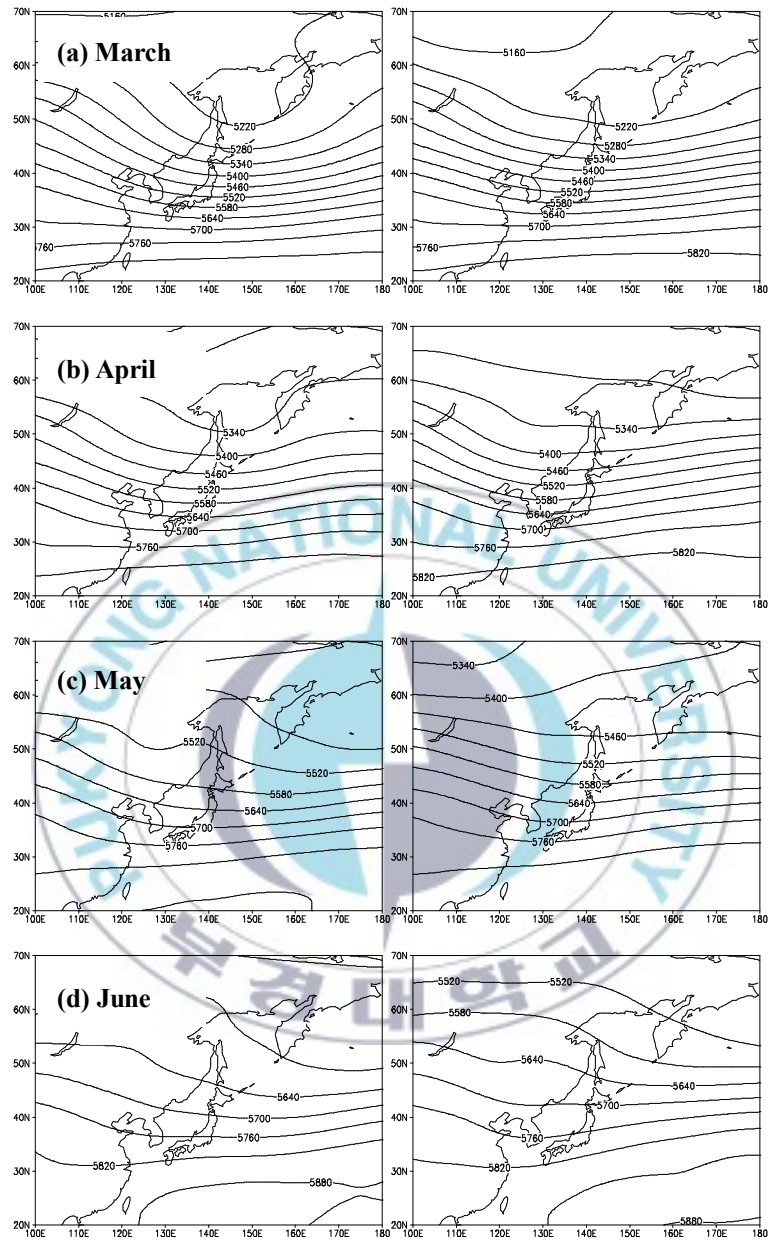


Fig. 10. Average geopotential height in 500 hPa of the earliest 5 years (Left) and the latest years (Right) on (a) March, (b) April, (c) May and (d) June.

다음으로 늦은 해와 이른 해, 그리고 그 편차를 1000 hPa 월평균 바람장을 통해 LFD 발생과 관련이 있는지 분석하였다 (Fig. 11). 3월은 캄차카 반도 주변에서 저기압성 흐름이 이른 해에 나타나나 늦은 해에는 나타나지 않는다. 그리고 한반도 주변 북풍은 늦은 해가 더 강하게 나타났다. 4월은 이른 해에 러시아와 오호츠크 해 주변에서, 늦은 해는 러시아에서 저기압성 흐름이 나타났다. 그리고 중국에 고기압성 흐름이 두 해 모두 공통적으로 형성되었으나 이른 해가 늦은 해에 비해 중국에 발생한 저기압이 더 강하여 더 강한 서풍이 한반도로 유입되었다. 5월에는 북동아시아의 저기압성 흐름은 여전히 남아 있다. 또 두 해 모두 남풍이 유입되기 시작하였으나 그 유입량이 이른 해가 더 많았던 것을 5월의 편차벡터를 통해 알 수 있고 6월 역시 동일하였다. 따라서 LFD가 늦은 이유는 상층의 찬 공기가 유입된 것이 아니라 한반도에 유입되는 남풍이 약하여 따뜻한 공기의 유입이 적었기 때문으로 추측된다.

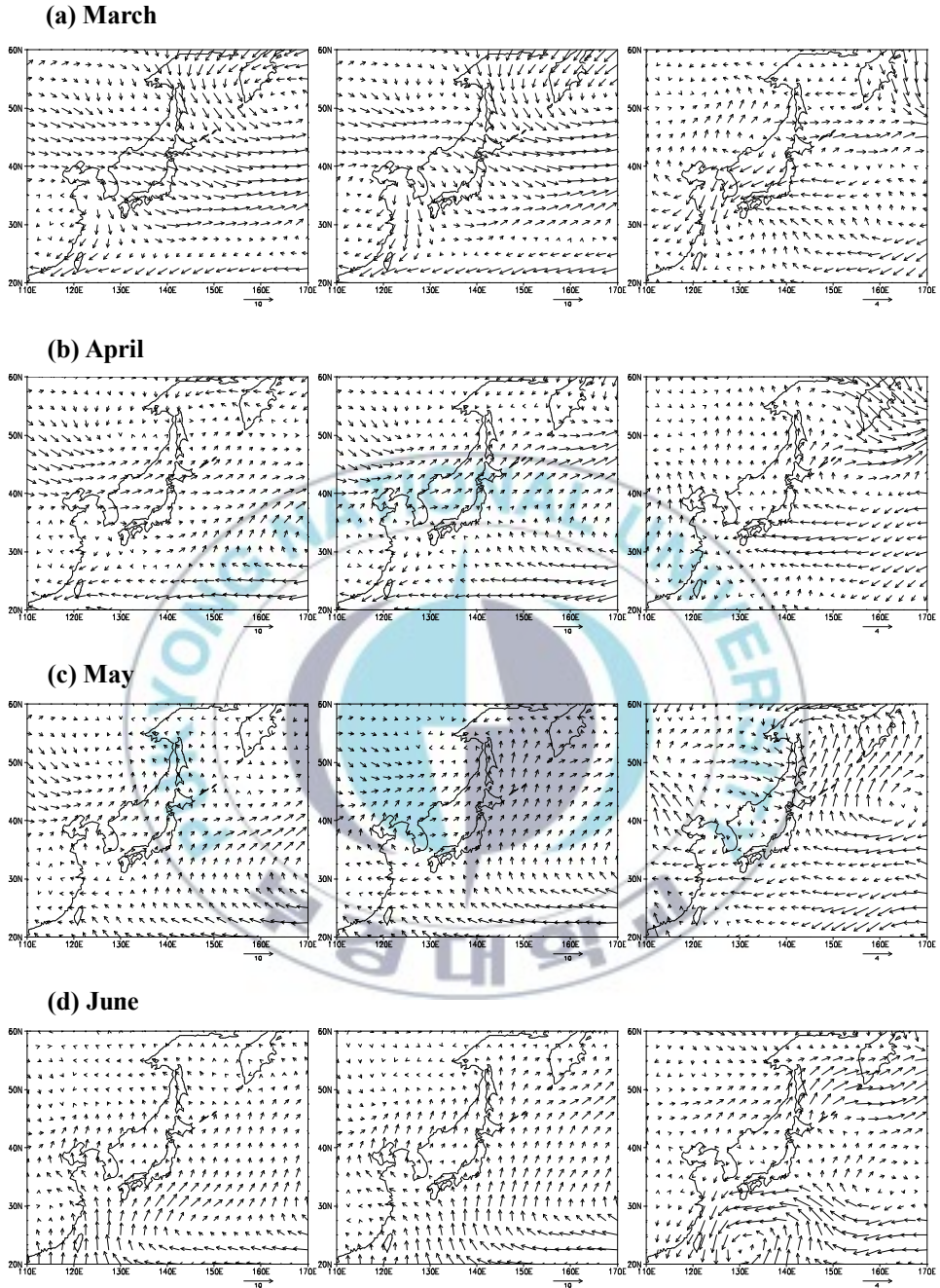


Fig. 11. Average wind field (ms^{-1}) of the earliest 5 years (Left), the latest 5 years (Middle) and Deviation (Right) on (a) March, (b) April, (c) May and (d) June.

4.3 가장 늦은 끝서리일 사례분석

앞에서는 늦은 5년과 이른 5년의 월 평균자료를 이용하여 LFD의 원인을 분석하였다. 이번에는 일 자료를 이용하여 가장 늦은 LFD가 나타난 전후의 종관적 원인에 대해 살펴보았다. 이때 가장 늦은 지점은 대관령 (1971~2011)으로 먼저 이 지점의 연도별 변화에 대해 살펴보았다.

대관령의 LFD가 가장 이른 날은 1993년 4월 14일이며 가장 늦은 날은 2010년 6월 2일이다 (Fig. 12). 그리고 연도별 편차에 대해 살펴보면, 가장 큰 차이는 46일인데 2010년과 2011년 사이에 나타났는데, 이 시점은 앞에서 분석한 Fig. 5의 연도별 평균값을 이용한 레짐시프트 분석 시 나타난 시프트 시점과 일치한다. 그리고 대관령의 변화경향은 $-0.71 \text{ days year}^{-1}$ 이며 변동이 있지만 LFD가 점점 이르게 나타나는 경향이다.

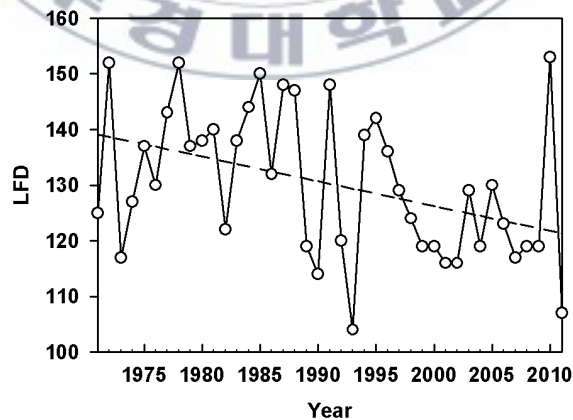


Fig. 4. Date of LFD in Daegwallyeong from 1971 to 2011. Dashed line denotes the trend at station.

먼저 가장 늦은 끝서리일이 나타난 2010년에 다른 지역에서도 LFD가 늦었는지 Fig. 13의 2010년 LFD 공간분포를 통해 살펴보았다. 경기 서해안 지역과 경북 동해안 지역, 남해안이 다른 지역에 비해 이른 것을 알 수 있다. 이때 가장 늦은 지점은 대관령으로 6월 2일이고 가장 이른 지점은 인천으로 3월 3일이다. 2010년에는 대부분의 지역 (94%)에서 지역별 평균에 비해 LFD가 늦게 나타났던 것을 알 수 있다. 이렇게 LFD가 늦게 발생한 원인을 기상요소 중 기온과 습도를 이용해 살펴보았다.

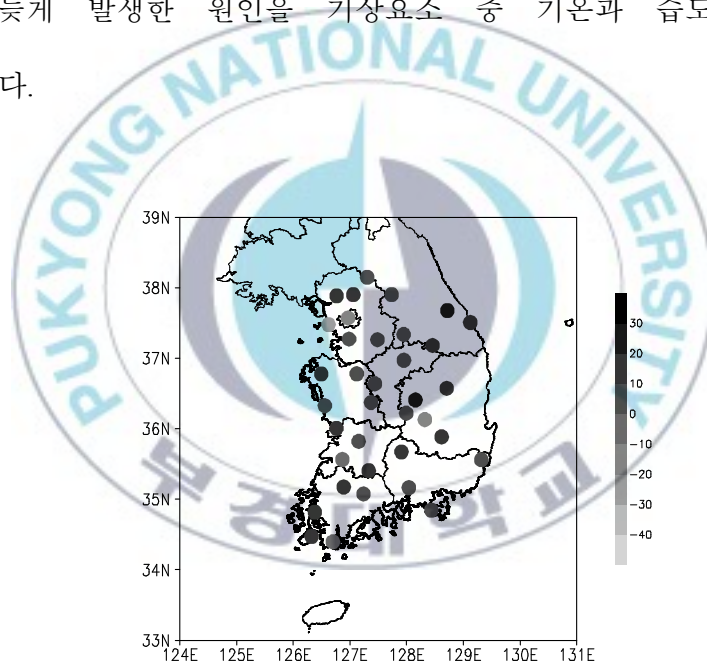


Fig. 5. Spatial distribution of deviations between LFD in 2010 and average LFD each station. The unit for values is 10 days.

먼저 기온에 대해 살펴보면, 2010년 6월 1일에 대관령에서 기상관측 이래 처음으로 6월 내 남한에서 일 최저기온이 -1.7°C 를 기록하였다. 이때 LFD는 일 최저기온이 나타난 다음 날인 6월 2일 역시 기온 (0.3°C)이 낮게 나타났다. 2010년 6월이 이상저온이 나타났는지 아니면 6월 2일에만 이상저온이 나타났는지를 살펴보기 위해 최저기온 자료를 이용하여 비교해 보았다 (Fig. 14). 그리고 Fig. 14a를 보면 모든 지점 값이 음으로 나타나 2010년 6월 2일은 평년보다 기온이 낮았으며 특히 가장 늦은 LFD가 나타난 대관령의 기온 아노말리가 -8.8°C 로 가장 낮게 나타났다. 그러나 월 최저기온 아노말리 (Fig. 14b)를 보면 일 최저기온 아노말리에 비해 그 편차가 크지 않으며 많은 지역 (86.8 %)에서 양의 편차가 나타나 평년에 비해 기온이 높았던 것을 알 수 있다. 따라서 가장 늦은 LFD는 6월 2일 나타난 이상저온의 영향을 받은 것으로 분석된다.

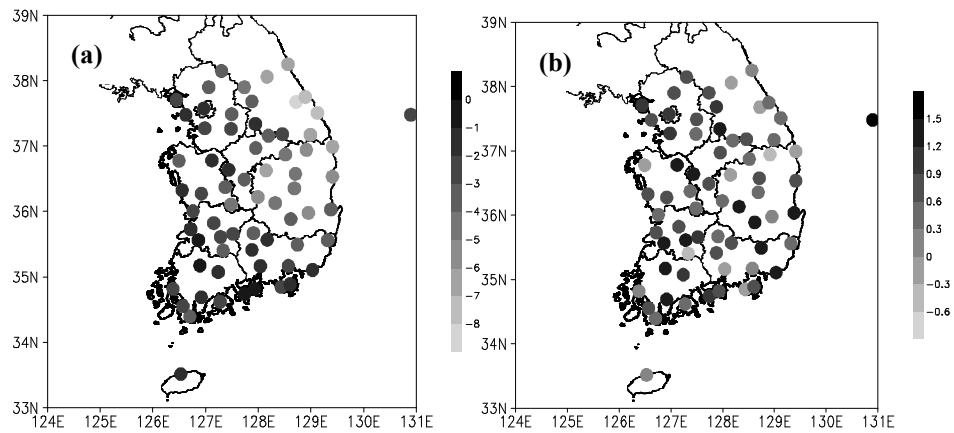
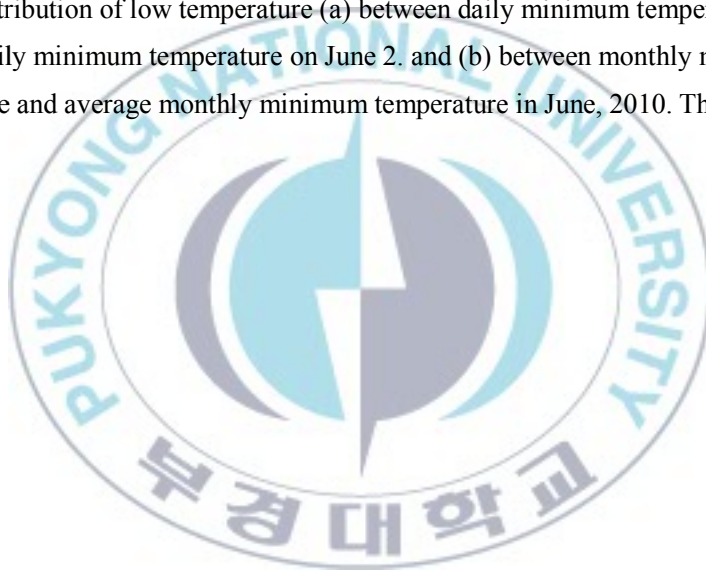


Fig. 6. Distribution of low temperature (a) between daily minimum temperature and average daily minimum temperature on June 2, and (b) between monthly minimum temperature and average monthly minimum temperature in June, 2010. The units are $^{\circ}\text{C}$.



그리고 Fig. 15a를 통해 습도를 살펴보면, 6월 2일은 전국 대부분 지역 (88.7 %)이 평년에 비해 습도가 높게 나타났고 특히 동해안이 높게 나타났다. 이때 최대 지역은 포항으로 20.6 %까지 차이가 나타났다. 그러나 Fig. 15b를 보면 6월은 평년에 비해 낮은 습도가 나타났다. 따라서 2010년 6월은 평년에 비해 습도가 낮게 나타났으나 6월 2일은 평년에 비해 습도가 높게 나타나 서리가 발생하기 유리한 조건인 것으로 분석된다.

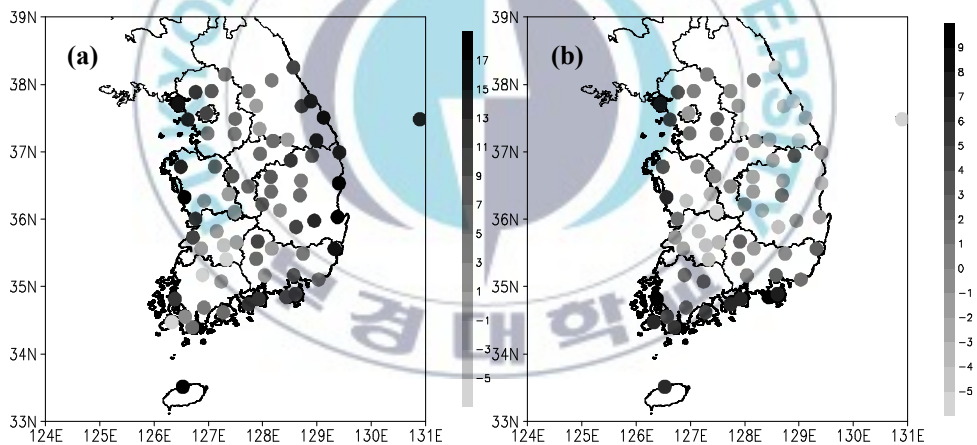


Fig. 7. Distribution of anomalies (a) between daily humidity and average daily humidity on June 2, 2010. and (b) between monthly humidity and average monthly humidity in June, 2010.

이러한 이상저온과 높은 습도의 원인으로 LFD가 나타난 전후를 살펴보았다. 먼저 Fig. 16을 통해 이상저온의 원인에 대해 살펴보면, 중국 상공에 저지고기압이 생성되어 고위도의 찬 공기가 한반도로 유입된 것을 알 수 있다. 이로 인해 6월 1일부터 2일에 걸쳐 이상저온이 발생한 것으로 분석된다.

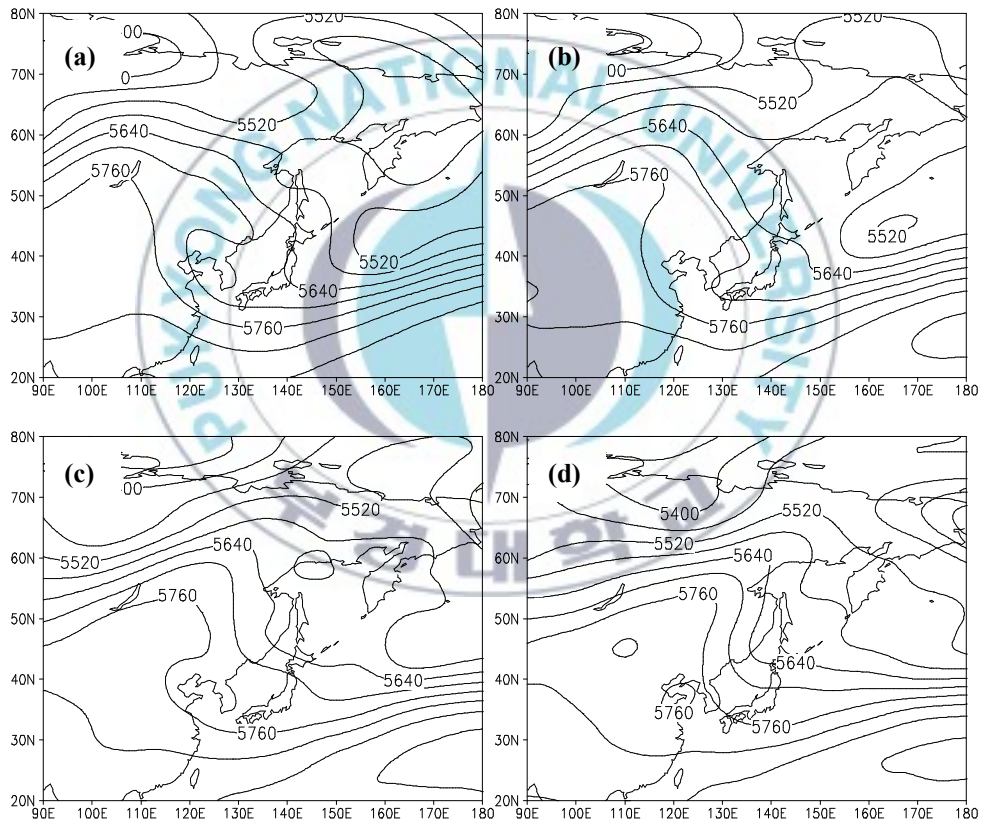


Fig. 8. Spatial distribution of geopotential height in 500 hPa on (a) May 31., (b) June 1., (c) June 2 and (d) June 3. Contour intervals are 60gpm.

또, 높은 습도의 원인에 대해 Fig. 17를 이용하여 살펴보면, 5월 31일에 화북 지역에 발달한 저기압성 흐름에 의해 열대지역으로부터 유입된 남풍이 서해로 유입되고 있으나 6월 1일에는 저기압성 흐름이 만주지역으로 이동하고 오호츠크해 고기압이 남하하면서 남풍의 유입경로가 동해로 이동한 것을 알 수 있으며 이로 인해 수분이 동해로 유입된 것이라 추측된다. 다음날인 6월 2일에는 확장하던 고기압성 흐름이 북태평양으로 이동하면서 한반도로 유입되는 남풍의 이동경로가 다시 서쪽으로 이동하였다. 따라서, 남풍의 유입경로의 이동에 의해 6월 2일에 높은 습도가 동해안 쪽에서 나타난 것으로 분석된다.



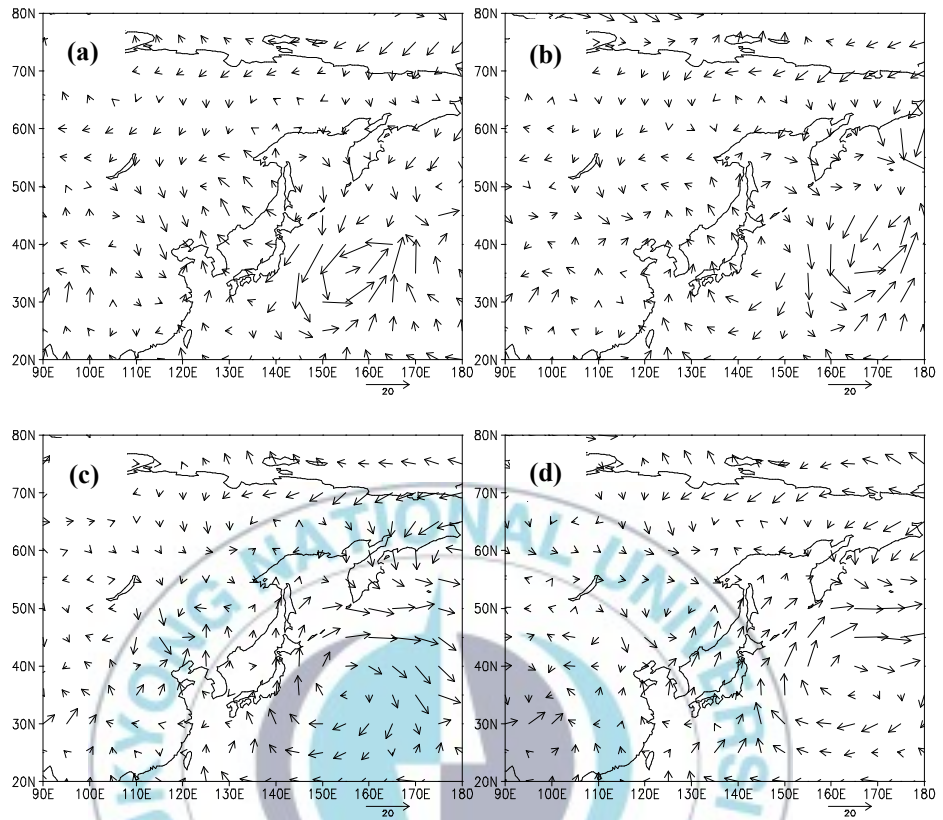


Fig. 9. Spatial distribution of wind (ms^{-1}) in 1000 hPa on (a) May 31., (b) June 1., (c) June 2 and (d) June 3.

5. 요약 및 결론

LFD의 공간분포에 대해 분석한 결과, 연평균 LFD는 내륙보다 해안에서 먼저 나타났으며 해안에서는 남해안이 가장 이르고 내륙에서는 강원 동해안 지역이 가장 늦다. 그리고 LFD가 가장 이르게 관측되는 지점은 마산이고 가장 늦은 지점은 대관령이다. 이러한 공간분포는 바다와의 거리 및 고도, 위도의 영향을 받았다. 이때 LFD와 고도는 상관성이 있는 것으로 나타났으며 위도는 상관성이 약한 것으로, 경도는 상관성이 거의 없는 것으로 나타났다.

그리고 LFD의 장기변동에 대해 분석한 결과, 모든 지점에서 매년 관측되지 않기 때문에, 서리에 관한 기록이 가장 긴 지점 (목포)과 5개지점, 41지점으로 나누어 살펴보았다. 이때, 공통적으로 1995년 전후와 2009년과 2010년 사이 시프트가 일어나 발생일이 변동한 것을 알 수 있다.

최근에 관측한 서리 이외에도 문헌 기록 자료의 LFD와 현대 관측 자료의 LFD를 비교해 보면, 고대문헌자료 (조선왕조실록)는 5월에, 현대관측자료는 4월이 기록이 가장 많다. 이때 조선시대보다 관측이 시작된 이후의 시대가 이른 이유는 현대가 조선시대보다 따뜻했고 현대 관측 자료는 남한만, 고대 문헌 자료는 북한까지 포함되었기 때문이라 추측된다.

다음으로 LFD가 늦은 해의 대기순환을 이른 해와 비교해보면, 늦은

해는 이른 해보다 기온이 더 낮게 나타났는데, 이는 상층 한기 유입은 없었고 한반도에 직접적으로 들어오는 남풍이 약하여 한반도로 유입되는 따뜻한 공기가 적었기 때문이다. 그러나 이러한 대기 순환은 평균에 의한 것이며 각 해의 특징은 또 다르게 나타나므로 가장 늦은 LFD가 관측된 2012년 6월 2일의 특징을 살펴보았다. 한반도의 월 기온편차는 높게 나타난 반면 일 기온편차는 낮게 나타나 6월 전체가 이상저온이 나타난 것이 아니라 6월 2일에만 이상저온이 나타난 것이다. 이는 6월 초에 발생한 LFD는 저지고기압에 의해 차가운 한기의 상층 유입에 의한 것으로 사려된다. 또한 평년에 비해 습도도 높게 나타났는데 이는 오호츠크해에서 발달한 고기압이 6월 1일에 확장하면서 서해로 유입되던 남풍이 동해로 유입되면서 습윤한 환경을 만들었다. 따라서 앞의 원인에 의한 이상저온과 높은 습도로 인해 가장 늦은 LFD가 2010년 6월 2일에 나타난 것으로 분석된다.

추후 LFD에 대한 연구로는 본 연구에서 추측한 LFD가 늦게 나타나는 원인을 이용한 LFD예보시스템을 개발하여 늦은 LFD를 예상함으로써, 상해를 대비할 수 있을 것이다. 또한 시프트가 2009년과 2010년 사이에 나타나므로 2010년 이후 LFD의 추세에 관한 연구를 통해 추후 LFD의 변동을 예측할 수 있을 것이다. 그리고 2000년 이후 서리 관측이 자동화되어 관측 지점이 감소하였으므로 서리 관측에 대한 다른 방법이 강구되어야 할 것이다.

Reference

- Blennow, K., and P. Persson, 1998: Modelling local-scale frost variations using mobile temperature measurements with a GIS. *Agricultural and Forest Meteorology*, **89**, 59-71.
- Boer, R., L. C. Campbell, and D. J. Fletcher, 1993: Characteristics of frost in a major wheat – growing region of Australia. *Australian journal of Agricultural research*, **44**, 1731-1743.
- Bonsal, B. R., X. Zhang, L. A. Vincent, and Hogg, W. D. 2001: Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada. *Journal of Climate*, **14**, 1959-1976.
- Bradley, R. S., and P. D. Jones, 1993: 'Little ice age' summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *The HOLOCENE*, **3**, 367-376.
- Cannell, M. G. R., and R. I. Smith, 1983: Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. *Journal of Applied Ecology*, **20**, 951-963.
- Chmielewski, F., A. Müller, and E. Bruns, 2004: Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, **121**, 69-78.

- Choi K. H., G. S. Chae and B. S. Yoon, 2010: Performance of crop insurance and policy issues. *Korea Rural Economic Institute*. 55-56
- Gu, G., P. J. Hanson, W. Mac Post, D. P. Kaiser, B. Yang, R. Nemani, S. G. Pallardy, and T. Meyers, 2008: The 2007 eastern us spring freeze: increased cold damage in a warming world. *BioScience*, **58**, 253-262.
- Han J. H., B. L. Lee, K. S. Cho, J. J. Choi, J. H. Choi and H. I. Jang, 2007: Forecasting of Daily Minimum Temperature during Pear Blooming Season in Naju Area using a Topoclimate-based Spatial Interpolation Model. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology*, **9**, 209-215
- Han J. H., J. J. Choi, U R. chung, K. S. cho and J. P. Chun, 2009: Frostfall Forecasting in the Naju Pear Production Area Based on Discriminant Analysis of Climatic Data. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology*, **11**, 135-142
- Hänninen, H., 1991: Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant, Cell & Environment*, **14**, 449-454.
- Hänninen, H., 1996: Effects of climatic warming on northern trees: testing the frost damage hypothesis with meteorological data from provenance transfer experiments. *J. Res.*, **11**, 17-25.

- Hänninen, H., 2006: Climate warming and the risk of frost damage to boreal forest trees: identification of critical ecophysiological traits. *Tree Physiology*, **26**, 889-898.
- Heino, R., R. Brazdil, E. Forland, H. Tuomenvirta, H. Alexandersson, M. Beniston, C. Prister, M. Rebetez, G. Rosenhagen, S. Rosner, and J. Wibig, 1999: Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe. *Climatic Change*, **42**, 151-181.
- Heo I. H. and W. T. Kwon, 2007: Temperature change of recent 10 years (1996-2005) in Korea. *Climate Research*, **2**, 79-93
- Hong K. O., M. S. Suh, D. K. Rha, D. H. Chang, C. S. Kim and M. K. Kim, 2007: Estimation of high resolution gridded temperature using GIS and PRISM. *Atmosphere*, **17**, 255-268
- Hwang K. H., J. T. Lee, J. I. Yun, S. O Hur and K. M. Shim, 2001: Characteristics of nocturnal cooling at a pear orchard in frost-pron area. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology*, **3**, 206-214
- Inouye, D. W., 2008: Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers. *Ecology*, **89**, 353-362.

- Jeon K. S., H. C. Kim, H. J. Bae, K. S. Bae and T. C. Kim, 2011: Frost Damage of Mulberry Tree according to Topographic Characteristics in Buan Province. *J. Bio-Environment Control*, **20**, 45-49
- Kim S. O., J. I Yun, U R. Chung and K. H. Hwang, 2010: A geospatial evaluation of potential sea effects on observed air temperature. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology*, **12**, 217-224.
- Kwon S. W., H. G. Chon, D. C. Choi and J. C. Kim, 2001: Incidence and visual symptoms of chilling injury in greenhouse watermelons. *J. Bio-Environment Control*, **10**, 36-41.
- Kwon Y.A., 2006: The spatial distribution and recent trend of frost occurrence days in South Korea. *J. Korean Geographical Soc.*, **41**, 361-372
- Lee J. H., D. I. Kim and H, J, Jeong, 1990a: Effect of foliar spray upon mulberry damaged by late frost. *Korean J. Seric. Sci.*, **32**, 89-93
- Lee J. H., D. I. Kim, H, J, Jeong and W. C. Lee, 1990b: Recovery of several mulberry varieites form late frost damage. *Korean J. Seric. Sci.*, **32**, 113-117
- Lindkvist, L., and S. Lindqvist, 1997: Spatial and temporal variability of nocturnal summer frost in elevated complex terrain. *Agricultural and Forest Meteorology*, **87**, 139-153

- Madelin, M., and G. Beltrando, 2005: Spatial interpolation – based mapping of the spring frost hazard in the champagne vineyards. *Meteorological applications*, **12**, 51-56.
- Rodionov S.N.,2005: Detecting regime shifts in the mean and variance: Methods and specific examples. In: V Velikova and N Chipev (eds) Large-scale disturbances (regime shifts) and recovery in aquatic ecosystems: challenges for management toward sustainability. *UNESCO-ROSTE/BAS Workshop on Regime Shifts*, Varna, Bulgaria, 14–16 June 2005, 68–72
- Roger, S., N. Neville, and H. Graeme, 1996: Frost in northeast Australia: trends and influences of phases of the southern oscillation. *Journal of Climate*, **9**, 1896-1909.
- Shin I. C., H. I. Yi, W. T. Kwon and H. S. Chung, 2005: Current Climate Change in the View of Paleoclimatology. *J. Korean Geographical Soc.*, **41**, 229-237
- Yarushnykov, V. V., and M. M. Blanke, 2005: Alleviation of frost damage to pear flowers by application of gibberellin. *Plant Growth Regulation*, **45**, 21-27
- Yoon S. O. and S. I. Hwang, 2009: The Natural Hazards and Drought Periodicity in Korea during the Ancient Times Based on Samguksaki. *J. Korean Geographical Soc.*, **44**, 497-509.

Yoon S. O. and S. I. Hwang, 2010: The natural hazards and drought periodicity during the medieval times in Korea based on the history of Goryeo(Goryeosa). *J. the Korean Geomorphological Association*, **17**, 85-98

Zinoni, F., G. Antolini, T. Campisi, V. Marletto, and F. Rossi, 2002: Characterisation of emilia-romagna region in relation with late frost risk. *Physics and Chemistry of the Earth*, **27**, 1091-1101.



감사의 글

늦은 대학원 입학에 대한 두려움으로 시작한 것이 엇그제 같은데 벌써 2년이
란 세월이 흘러 벌써 석사과정의 마무리를 하게 되었습니다. 처음에는 두려움을
극복하고 시작할 수 있다는 자신감을 심어주시고 석사 과정 중에는 때론 채찍
질을 때론 칭찬을 아끼지 않으신 변희룡 교수님께 이 기회를 빌어 감사하다는
말을 전하고 싶습니다.

그리고 완성도 높은 논문이 될 수 있게 진심 어린 조언을 아끼지 않으셨던
이동인 교수님과 최기선 선배에게 감사 드립니다. 그리고 매 학기마다 전공에
대한 지식을 심어주신 오재호교수님, 정형빈 교수님, 권병혁 교수님, 옥곤 교수
님, 김재진 교수님께도 감사의 인사를 전합니다.

방재기상연구실에 가족 같은 선배님과 후배들이 있어서 정말 큰 힘이 되었습
니다. 병환선배, 장호선배, 혜영선배, 모랑선배, 명주선배, 상은선배, 동일선배,
경아선배, 민선언니, 기철선배, 태희선배, 유원언니, 영임선배, 갑영선배, 순주선
배, 성호선배 모두 감사 드립니다. 항상 걱정해주시고 조언도 아끼지 않으신 기
훈 선배, 상민 선배, 도우 선배, 호성 선배에게도 감사의 마음을 전합니다. 연구
실에 들어왔을 때부터 사소한 하나까지 알려주던 수빈이, 지선이, 보라. 같이
석사 과정을 마무리하는 소라, 귀여운 수정이, 유진이, 지인이. 앞으로 대학원에
입학할 창균이, 가빈이, 희내까지 항상 힘이 되어주어 고마워.

항상 친절함 상담을 해준 성득이, 같이 대학원 생활을 하면서 티격태격한 호
용이, 외국에 나가 대학원 생활을 하는 수자 그리고 지원이, 힘들 때마다 용기

를 준 송이 그리고 항상 옆에서 힘이 되어준 지선이, 낙원이 민지, 인아, 용광이, 철훈이, 성빈이, 규령이, 대옥이, 정완이에게 고마움을 전합니다.

벌써 13년차 친구들인 이뿐이 사라, 살뜰한 유리, 귀여운 숙영이, 든든한 정미. 꿈을 꾸기 시작 할 때부터 지금까지 연락하고 지내지만 자주 만나지 못해 항상 아쉬운 내친구들에게 고마운 마음을 전합니다. 또 지금은 각자의 길을 가고 있는 민경이, 미정이, 미란이. 대학에게 만들기 힘들다는 마음이 통하는 친구를 만나 행운이었습니다.

그리고 학교로 다시 돌아가겠다고 한 저에게 최선을 다하라고 해주신 아버지, 어머니 앞으로도 항상 건강하세요. 그리고 항상 티격태격하면서 내가 가장 좋다고 말하는 내 동생 화민이. 앞으로도 지금처럼 지내자.

다시 한번 저에게 애정과 도움을 주신 모든 분들께 이 자리를 빌어 감사의 마음을 전하며 모두 건강하시고 행복하길 바랍니다.

2013년 2월

김 진 아 올림