creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-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.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

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]I804:24011-200000263583

2013년 2월
석사학위 논문

광주·전남지방에서 강설발생의 기후학적 특성 연구

조선대학교 대학원

대 기 과 학 과

김 진 아

2013년 2 석사학위논문
광주·전남지방에서 강설발생의 기후학적 특성 연구
김 진 아

광주·전남지방에서 강설발생의 기후학적 특성 연구

A Study on Climatological Characteristics of Snowfall Occurrence over the Gwangju and Jeonnam Region

2013년 2월 25일

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

김 진 아

광주·전남지방에서 강설발생의 기후학적 특성 연구

지도교수 류 찬 수

이 논문을 이학석사학위신청 논문으로 제출함.

2012년 10월

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

김 진 아

김진아의 석사학위 논문을 인준함

위원장	국 립 기상연구소	이학박사	김 백 조 (인)
위 원	조선대학교	이학박사	이 충 태 (인)
위 원	조선대학교	교 수	류 찬 수 (인)

2012년 11월

조 선 대 학 교 대 학 원

목 차

List of Tables ····· iii
List of Figures ····· v
ABSTRACT ····· vii

제1장 서론 ····· 1

제2장 자료 및 분석 방법 ····· 3
제1절 자료 ····· 3
제2절 분석 방법 ····· 6

제3장 분석결과 ····· 9
제1절 강설발생 변화 특성 ····· 9
1. 강설일수 ····· 9
2. 강설량 ····· 14
3. 종관 기압배치 특성 ····· 18
제2절 강설발생 주기 특성 ····· 24
1. 강설일수 ····· 24
2. 강설량 ····· 25
3. 지점별 강설일수 ····· 26

제3절 강설발생 대기순환 변화 특성 ····· 29
1. 고도장 ····· 29
2. 바람장 ····· 32
3. 온도장 ····· 35

제4장 결론 및 제언 ····· 38

참고문헌 ····· 41

List of Tables

Table 1. Specification of KMA stations over Gwangju and Jeonnam region used in this study. ····· 3
Table 2. Monthly total snowfall days for each 10 year over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010). ····· 12
Table 3. Monthly mean sea water temperature(unit:℃) at sea level height observatory. ····· 16
Table 4. Monthly mean snowfall amounts for each 10 year ㄴ over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010). ····· 16
Table 5. Characteristics of synoptic pressure type associated with sowfall over Gwangju and Jeonnam region. ····· 18
Table 6. Monthly mean snowfall amounts by synoptic pressure type over Gwangju and Jeonnam region. ····· 23

List of Figures

Fig. 1. Distribution of stations over Gwangju and Jeonnam region. ····· 4
Fig. 2. Cumulative frequency of snowfall days over Gwangju and Jeonnam region. ····· 6
Fig. 3. Schematic diagram for selecting the case of snowfall occurrence. ····· 7
Fig. 4. Interannual variation of snowfall frequency over Gwangju and Jeonnam region region (1981-2010). ····· 9
Fig. 5. Distribution of snowfall amounts in Korea on December 2005. ····· 10
Fig. 6. Monthly frequency of snowfall days over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010). ····· 11
Fig. 7. Frequency of snowfall days by station over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010). ····· 13
Fig. 8. Interannual variation of snowfall amounts over Gwangju and Jeonnam region (1981-2010). ····· 14
Fig. 9. Monthly snowfall amounts over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010). ···· 15
Fig. 10. Total snowfall amounts by station over Gwangju and Jeonnam region (1981-2010). ····· 17
Fig. 11. Surface weather chart by type associated with snowfall over Gwangju and Jeonnam region : (a)09KST Feb. 1, 2005, (b)09KST Dec. 31, 2009, (c)09KST Mar. 9, 2010. ····· 21
Fig. 12. Monthly frequency of synoptic pressure type associated with snowfall over Gwangju and Jeonnam region. ····· 22
Fig. 13. Periodicity of snowfall days over Gwangju and Jeonnam region using wavelet analysis. ····· 24
Fig. 14. Periodicity of snowfall amounts over Gwangju and Jeonnam region using wavelet analysis. ····· 25
Fig. 15. Periodicity of snowfall days by station using wavelet analysis: (a)Gwangju, (b)Mokpo, and (c)Yeosu. ····· 28
Fig. 16. Composite maps of 850hPa geopotential height by A type(left panel) & B

type(right panel): (a)Dec., (b)Jan., and (c)Feb. ····· 31
Fig. 17. Composite maps of 850hPa vector wind by A type(left panel) & B type(right panel): (a)Dec., (b)Jan., and (c)Feb. ····· 34
Fig. 18. Composite maps of 850hPa temperature by A type(left panel) & B type(right panel): (a)Dec., (b)Jan., and (c)Feb. ····· 37

ABSTRACT

A Study on Climatological Characteristics of Snowfall Occurrence over the Gwangju and Jeonnam Region

Kim Jin-A
Advisor : Prof. Ryu, Chan-Su, Ph.D.
Department of Atmospheric Science,
Graduate School of Chosun University

Snowfall has diverse effects on the human life. To ensure the water resources in winter and to address the heavy snowfall damages, it is important to identify the characteristics of the winter snowfall in Korea.

In this study, the patterns and trends of snowfall were studied using the snowfall-related statistical characteristics based on the fresh snow cover data of the Gwangju and Jeonnam region for 30 years (1981-2010), which is one of the representative heavy snowfall areas.

In addition, the synoptic environment was analyzed by classifying the surface pressure types of the snowfall days, and the recent snowfall frequency trend was examined via the wavelet analysis for the snowfall days and amounts for 30 years. The atmospheric circulation characteristic was identified for the years with high and low snowfall frequencies.

The number of snowfall days of the Gwangju and Jeonnam region was 66 days/year, with the highest number in January. The snowfall amount was increasing, and was highest in December. This was because December has Siberian High and troughs of pressure, and is influenced by the relatively warm sea surface temperature. The surface pressure types of the snowfall days were largely classified into three types: Siberian highs, migrating highs and cyclones.

There were 31 Siberian highs with the highest snowfall amount of 15.7 cm. The light snowfall areas such as Yeosu, Goheung and the areas along the south coast had relatively high snowfall amounts when they were influenced by cyclones.

According to the frequency analysis for 30 years, the snowfall day frequency was six years, and the snowfall amount frequency was six years. In addition, the snowfall frequency was high when Gwangju and Jeonnam region was influenced by strong Siberian high, northwesterly wind and chill. Meanwhile, the snowfall frequency was low when a wind drift distance was not established for the Siberian high to the Gwangju and Jeonnam region or when there was an effect of the northeast air current. Accordingly, even in the same air pressure distribution, the snowfall frequency of the Gwangju and Jeonnam region varied according to additional conditions, including the air current and its direction, wind speed and sea surface temperature.

The snowfall distribution and occurrence patterns are increasingly varied and become stronger in the Gwangju and Jeonnam region, and further quantitative studies by detailed areas are needed on the diverse climatic elements and snowfall occurrence mechanism.

제1장 서론

강설은 인간생활에 다양하게 영향을 미친다(Changnon, 1979; Schmidlin, 1993). 최근 도로의 발달과 여가 시간의 증가로 겨울 레포츠와 교통 시스템 관리에서 강설의 중요성은 더욱 커지고 있다. 장시간 쌓여 있는 눈은 식생이나 가옥, 농업 시설 등에 매우 큰 피해를 입히기도 하며, 폭설은 도로를 차단시키기도 한다. 한편 강설은 겨울철 강수를 제공하여 가뭄의 피해를 완화시키기도 한다. 이처럼 수자원 확보와 대설 피해에 관한 문제를 해결하기 위해서는 우리나라의 겨울철 강설 분포의 특성을 파악하는 것이 중요하다(이경미・이승호, 2006). 특히 광주・전남 지방은 우리나라의 대표적인 농업 지역으로써 대설에 의한 농업 시설의 피해 및 겨울 가뭄이 자주 발생한다. 또한 서해안 고속도로의 개통과 함께 지역 개발이 활발히 이루어지고 있어 광주・전남 지방의 강설에 관한 연구의 필요성이 증대되고 있다.

국내의 강설 메커니즘에 관한 연구에는 주로 지상의 적설량과 해수면 온도, 상・하층의 바람 및 기온과 기압 등 종관, 비종관 자료를 이용한 통계적 분석 연구(최진식, 1985; 송병현, 1993; 정관영 외, 1999; 정영근, 1999; 곽병철・윤일희, 2000; 이경미・이승호, 2006)와 대설사례를 중심으로 한 수치 모의 연구(문길태・김홍진, 1982; 서은경・전종갑, 1991; 이훈・이태영, 1994; 이재규, 1999; 이재규, 2001; 유동봉・김경익, 2005)등이 있다.

최근 지구 온난화의 경향에도 불구하고 특정 해의 겨울철에는 불규칙하게 대설이 발생하여 큰 피해가 발생하고 있다. 그러나 지금까지 대부분의 대설에 대한 연구는 재해 기상학적인 관점에서 개별 사례 위주로 분석되었거나(정성훈 등, 2006) 통계적인 관점(전종갑 등, 1994)에서 주로 수행되어왔다. 이승호와 류상범(2003)은 서울, 강릉, 군산, 대구를 대상으로 30년(1970~2000)간의 자료를 분석하여 1970년 이후 기온상승으로 신적설량과 강설일수는 감소하는 추세를 보이며, 기온상승이 계속되어 시베리아 고기압의 강도 약화로 군산의 신적설량은 줄고 강릉은 증가할 가능성이 높다고 하였다. 심기오(2005)는 2004년 3월 폭설을 대상으로 최심신적설을 이용하여 강원, 충북, 대전, 충남 그리고 경북의 확률 강설량을 분석하여, 국지적으로 200년 빈도를 넘어선 경우를 밝힌 바 있다.

광주・전남 지방은 영동 지방 및 울릉도와 함께 우리나라의 대표적인 대설 지역 중 하나이다(이병설, 1979). 겨울철에 소백산맥에 의한 지형적인 영향과 인접한 서

해의 영향으로 강설량이 많고, 대설 현상도 자주 발생하여 이와 관련된 연구가 일찍부터 이루어져 왔다(최진식, 1990; 전종갑 등, 1994; 정영근, 1999, 2005; 이승호・천재호, 2003). 호남 지방의 강설은 주로 한랭 건조한 시베리아 기단의 장출과 서해상에서의 변질에 관련된 것으로 보고 있다. 그러나 강설의 지배적인 요인은 상층 기압골이나 저기압의 통과와 연관되어 있고 지형적 효과도 작용하고 있어서 호남 지방의 강설 기구는 단순하지 않다(정영근, 1999).

강설은 주로 중규모 현상으로 국지성을 강하게 나타낸다. 각 지역의 강설은 지형적 요인과 상호 작용하여 단기적으로 변화하는 성분이 있고, 전 지구적 기후변화의 영향으로 매우 완만하게 변화하는 하나의 배경 변화가 있을 것으로 본다(정영근, 2006). 시간규모가 큰 변동일수록 큰 규모의 대기순환에 의해 지배되는데 이는 강설 구역에 따라 각기 다른 종관 특성을 나타낸다. 종관 규모의 관점에서 기존의 선행 연구들은 주로 각 권역별 강설과 관련된 대기순환 패턴을 분석하였다(송병현, 1993; 전종갑 등, 1994; 허진석, 1994). 그러나 호남 지방의 강설에 관한 연구(이병설, 1979; 이승호・천재호, 2003)는 주로 대설 지역 구분 시 여러 대설 지역 중의 하나로써 연구되거나 호남지방에 대한 강설의 분포 특성과 지역별 강설 분포 차이의 원인 파악(이경미・이승호, 2006)에 초점을 두고 있다. 또한 우리나라 대설 시 전형적인 종관 상태의 기후 패턴(최광용・김준수, 2010)에 대한 연구는 이루어졌으나 호남지방의 강설발생과 관련된 종관환경에 대한 정량적인 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 30년간(1981～2010)의 신적설 자료를 바탕으로 호남지방에서도 광주・전남 지방에 영향을 미치는 강설과 관련된 통계적 특성을 통해 강설의 패턴과 경향성을 조사하고자 한다. 또한 공간적 강설 발생일의 지상 기압배치 유형을 분류하고, 강설일과 강설량에 대한 30년간 파엽(wavelet) 분석을 통해 최근 강설발생의 주기성을 확인하고자 한다. 또한 강설빈도가 많았던 해와 적었던 해에 대해 대기순환장의 특성을 알아보고자 한다.

제2장 자료 및 분석 방법

제1절 자료

본 연구에서는 강설발생의 기후학적 특성을 분석하기 위해 광주·전남 지방에 위치한 8개 종관기상관측지점의 최근 30년간(1981~2010)의 신적설 자료를 이용하였다. 여기서, 신적설이란 어떤 정해진 시간(6시간 또는 24시간)에 내려 쌓인 눈의 높이를 말한다.

관측 지점은 광주·전남 지방의 ASOS 관측 지점으로 관측소 고도와 위치는 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of KMA stations over Gwangju and Jeonnam region used in this study.

station	elevation (m)	location	
		latitude (N)	longitude (E)
Gwangju	72.4	35° 10‘	126° 53‘
Mokpo	37.9	34° 49‘	126° 23‘
Yeosu	64.6	34° 44‘	127° 44‘
Wando	35.0	34° 24‘	126° 42‘
Suncheon	74.4	35° 04‘	127° 14‘
Jangheung	45.0	34° 41‘	126° 55‘
Haenam	13.0	34° 33‘	126° 34‘
Goheung	53.1	34° 37‘	127° 16‘

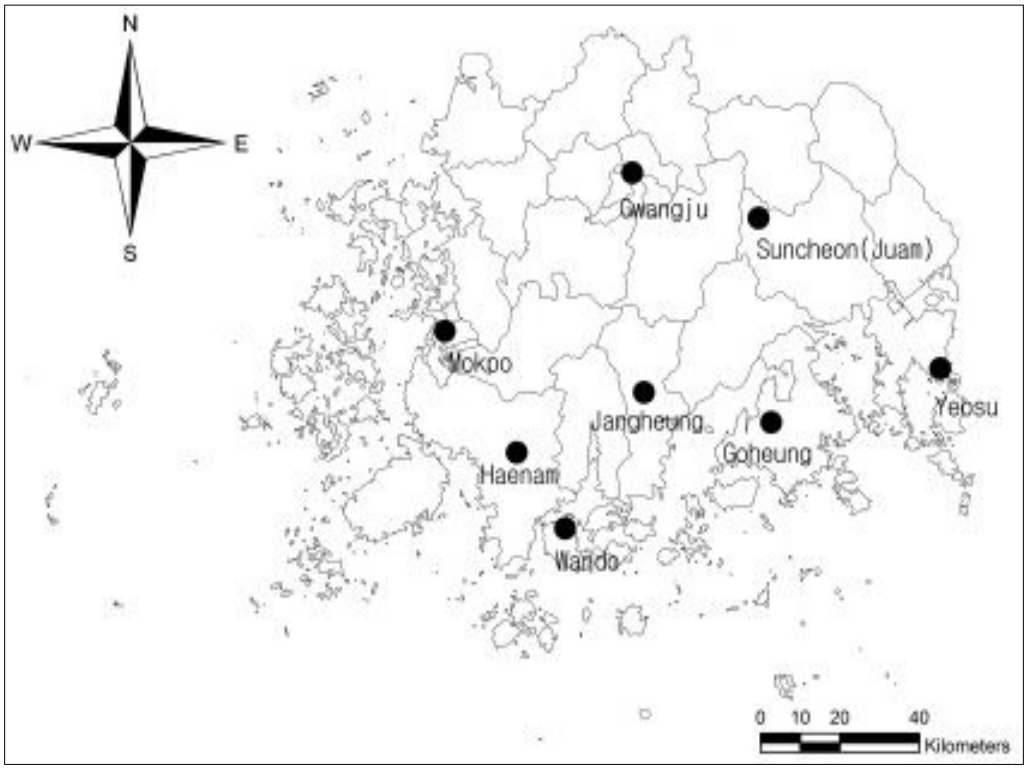


Fig. 1. Distribution of stations over Gwangju and Jeonnam region.

Fig. 1은 광주・전남 지방의 8개 관측소 지점들의 위치이다.

관측 지점 중 2008년부터 2010년까지 장흥, 해남, 고흥의 신적설 자료는 포함되지 않았으며, 이는 직제 개정에 따라 관측소가 축소되어 강설 관측이 이루어지지 않았기 때문이다.

강설 시 지상 기압배치 분류・분석을 위해 1981년부터 2009년까지 일본기상청 인쇄일기도를 사용하였고, 그 외 결손된 일기도와 2010년의 일기도는 기상청 09KST의 지상일기도를 사용하였다.

또한, 30년간 겨울철 강설일과 강설량의 주기를 파악하기 위해 파엽(wavelet) 분석의 Global Wavelet Power(GWP)와 Power Spectrum을 사용하였다. 파엽(wavelet) 분석은 기상 자료와 같은 비정규적인 시계열의 주변화성분을 탐색하는데 유용한 방법이다(이재준 등, 2010). 파엽 분석에는 시계열에 대한 연속함수들의 무한 가중합으로 연산을 수행하며, 각 함수들은 공간상에 지역화 된, 즉 한정된 영역에 대한 영이 아닌 값을 가진다(송동섭, 2012).

강설빈도가 높았던 해와 낮았던 해에 대해 대기순환 특성을 알아보기 위해 NCEP/NCAR 재분석 자료(Kalnay et al., 1996)를 사용하였다. NCEP/NCAR 재분석 자료는 지표 기상관측 자료와 위성자료를 모델을 사용한 것으로, 전 지구를 포괄하기 위해 평면적으로 2.5° × 2.5° 간격의 144 × 73개의 격자로 구성되어 있고, 대기 연직방향으로는 총 17개의 층으로 구분되어 있다. 재분석 자료 사용 중 기압장 자료의 경우에는 자료의 연속성에 문제가 지적되지 않아 종관기후 연구에 널리 사용하고 있다(최광용・김준수, 2010).

제2절 분석 방법

Fig. 2는 광주·전남 지방의 모든 관측 지점의 신적설일 빈도의 누적분포도이다. 이를 보면 강설이 1cm 이상일 때 모든 관측지점의 98% 이상에서 강설이 발생된 것으로 판단할 수 있다. 따라서 광주·전남 지방의 강설발생 특성을 조사하기 위해 1cm 이상의 강설이 관측된 날을 선택하여 강설의 패턴과 경향성을 조사하였다.

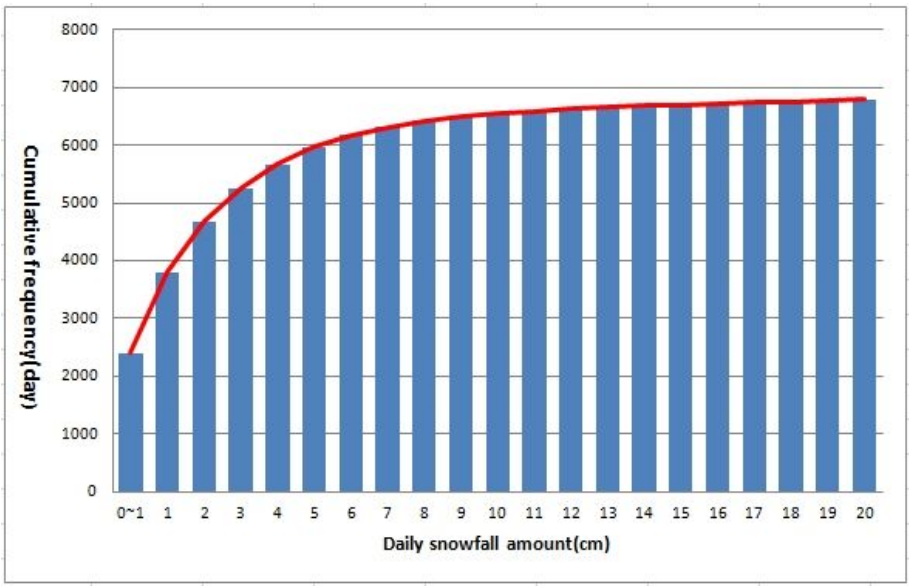


Fig. 2. Cumulative frequency of snowfall days over Gwangju and Jeonnam region.

또한 광주·전남 지방에 전체적으로 강설이 발생한 경우를 고려하기 위해 강설 기준에 해당하는 신적설이 8개 관측 지점 중 6개 지점 이상(75% 이상)에서 관측되었을 때에 대하여 연별, 월별, 지점별로 분석하였다. 앞서 언급된 것처럼 2008년 이후에는 관측 지점이 5개로 줄어들어 4개 지점 이상(80% 이상)에서 강설 기준이 관측되었을 때를 분석하였다.

전체적으로 강설발생 기준 선정 과정을 정리하면 Fig. 3과 같다.

또한 강설발생 관련 종관환경을 파악하기 위해 일본 기상청 인쇄일기도를 이용하여 지상 기압배치 유형을 분류·분석하였다. 강설일의 지상 기압배치 유형은 09KST 지상일기도를 사용하여 강설일의 전·후일 기압배치를 함께 확인한 후 분

류하였다. 지상 기압배치 유형별 월별 발생 빈도수와 평균 강설량을 조사하였다. 그리고 파엽분석을 통하여 광주·전남 지방의 30년 동안 겨울철(12월, 1월, 2월) 강설일과 강설량에 대해 주기를 분석하고, 광주·전남 지방에서 내륙에 위치한 광주, 서해안에 위치한 목포, 남해안에 위치한 여수의 강설발생 주기를 분석하였다. Power spectrum과 Global Wavelet Power(GWP)를 사용하여 잦은 강설발생 주기와 강한 강설 발생 주기를 확인하였다.

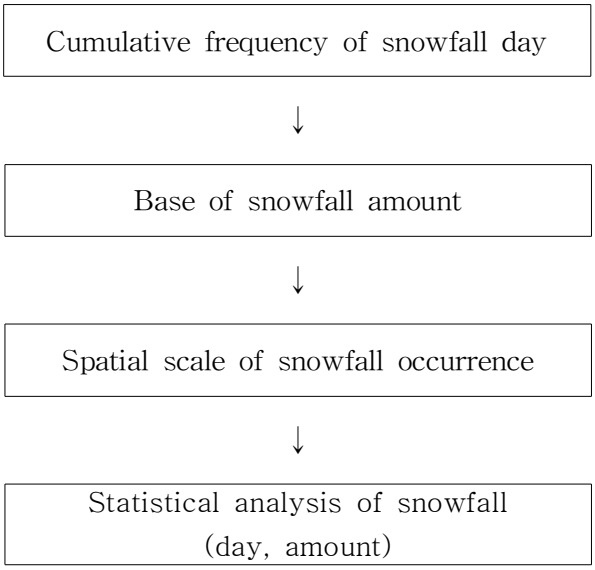


Fig. 3. Schematic diagram for selecting the case of snowfall occurrence.

광주·전남 지방의 강설발생 관련 대기순환 특성을 알아보기 위해 강설빈도의 경년변화를 먼저 조사하여 강설빈도가 높았던 해와 낮았던 해를 선정하고, NCEP/NCAR 재분석 자료를 이용하여 대기순환 관련 변수들에 대해 합성도(composite map)를 작성하여 분석하였다.

여기서 사용된 대기순환 변수는 850hPa의 지위고도, 바람, 기온이다. 이 때 분석영역은 중국 화북·화남지방과 일본 동해상까지 포함한 공간 영역(110°~150°E, 20°~60°N)이고, 대류권 하층의 기압계 분포를 한눈에 파악할 수 있을 뿐만 아니라 일교차 영향을 가장 적게 받는 85hPa의 고도장을 사용하였다.

강설빈도가 높았던 해는 1981년, 1990년, 2005년. 2009년, 2010년이며, 특히 2005년은 총 7회로 강설빈도가 가장 높았다. 또한 강설빈도가 4회 발생한 해 중에서

2010년을 선택한 이유는 강설량이 가장 많았기 때문이다.

한편 강설빈도가 낮았던 해는 1983년, 1989년, 1992년, 1995년, 2008년이며, 광주·전남 지방의 일부 지역에서 강설이 관측되었으나 강설 기준에는 해당하지 않아 강설빈도가 0으로 나타난 경우이다.

강설빈도가 높았던 5사례를 통틀어 A형, 강설빈도가 0이었던 5사례를 통틀어 B형이라 구분하였다. 강설이 집중되는 겨울철의 A형과 B형의 대기순환 특성을 비교분석하기 위하여 12월, 1월, 2월의 A형과 B형의 합성장을 비교・분석하였다.

제3장 분석결과

제1절 강설발생 변화 특성

1. 강설일수

Fig. 4는 지난 30년 동안 광주·전남 지방의 연도별 강설 빈도수를 나타낸 것이다. 이 기간 동안 광주·전남 지방의 강설일은 총 66회이었다. 2005년에 7회로 가장 많았고, 1981년, 1996년, 2009년에 5회, 1982년, 1990년, 2001년, 2010년에 4회였으며, 1983년, 1989년, 1992년, 1995년, 2008년에는 강설이 발생하지 않았다.

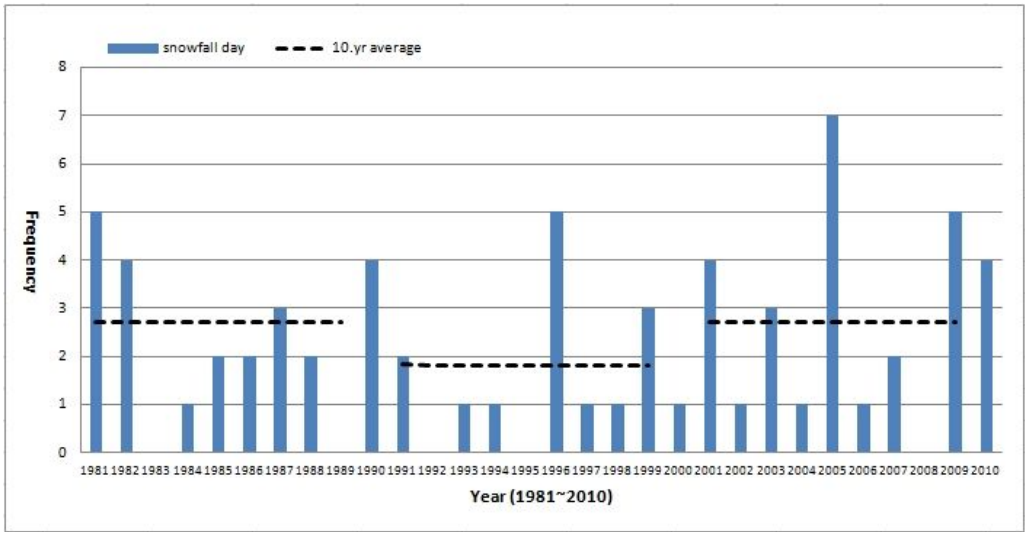


Fig. 4. Interannual variation of snowfall frequency over Gwangju and Jeonnam region (1981-2010).

이처럼 광주·전남 지방의 강설 빈도가 높지 않은 것은 울릉도를 제외한 대부분의 지역이 시베리아 고기압 확장시의 강설 빈도가 높지 않다는 기존 연구들(이병설, 1979; 박병익·윤석은, 1997)의 원인 외에도 노령산맥의 북서 사면에서부터 서해안까지 강설 빈도가 높으나 노령산맥의 남동 사면에서부터 남해안에 이르는 지

역에서 그 빈도가 낮기 때문이다. 이는 광주·전남 지방은 영동지방이나 울릉도보다 강설발생 지역이 넓고, 강설발생 메커니즘이 다소 복잡함을 시사한다.

2005년에 광주·전남 지방에서 강설 빈도수가 가장 많이 나타났으며 강설량 또한 많았다. 이 때 같은 서해안을 접하고 있는 전북 지방에서도 월평균 33.8cm의 강설량이 관측되었고, 이에 관한 연구는 다수가 있다(주형돈, 2006; 허기영 등, 2006; 류찬수와 이순환, 2007). 광주·전남 지방에서는 2005년 12월에만 5차례의 강설이 나타났고, 그 중 4차례는 대설로 발생하였다. 이는 관측 이래 최고의 적설량을 기록하면서 대설로 인한 피해도 대규모로 나타나 특별재난지역 선포(2005. 12. 29)가 있었다.

Fig. 5는 2005년 12월의 강설량 분포도로, 이 때 총강설량은 광주에서 352mm, 목포 300mm, 순천352mm, 정읍 456mm, 부안에서 390mm 등이 관측되어 호남지방을 중심으로 기록적인 폭설이 내렸다.

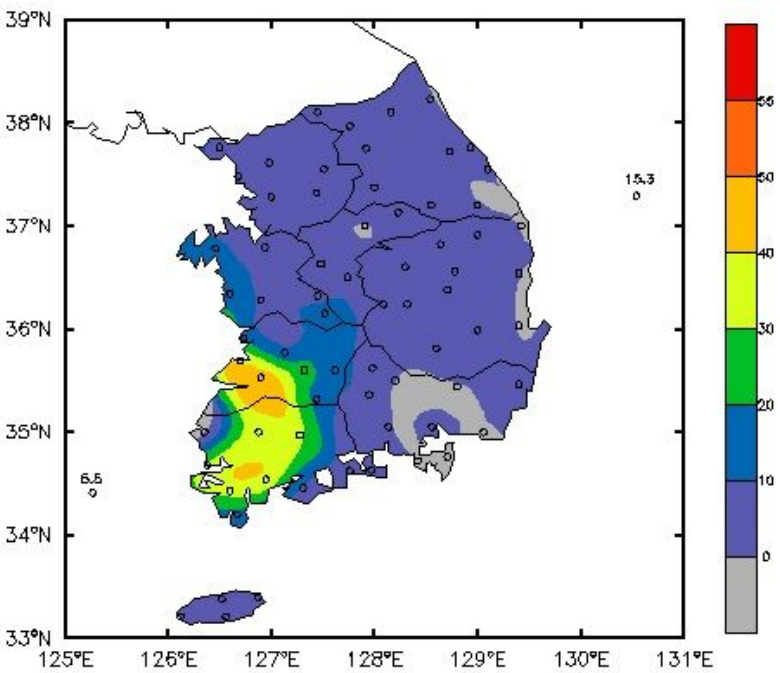


Fig. 5. Distribution of snowfall amounts in Korea on Dec. 2005.

이와는 대조적으로, 1983년, 1989년, 1992년, 1995년, 2008년에는 강설이 대부분 광주와 목포를 중심으로 제한된 지역에서만 나타났다. 이는 상대적으로 전남 서해안에 가까이 위치하고 있는 지역으로 시베리아 고기압 확장 시 온난한 서해상의 해수면을 통과하면서 강설의 빈도가 증가한 반면, 전남 남해안으로 갈수록 기온이 높고 소백산맥의 줄기의 풍하측에 위치하여 강설의 빈도가 낮았기 때문이다(이경미, 2004).

또한 지난 30년간 강설일수는 0.0135일/년으로 증가하는 추세를 보이고, 10년평균에서는 최근 10년(2000~2010)이 1990년대에 비해 증가하였다.

서울과 인천 및 울릉도를 제외한 영동지방에서 최근 10년 동안 강설일이 감소(지역기후변화보고서, 2011)한 것과 비교하면, 광주·전남 지방은 시베리아 고기압 확장 시 직접적인 영향을 받고, 서해의 영향과 소백산맥의 지형적 위치 때문에 이들 지역보다 강설의 빈도가 높았다.

Fig. 6는 광주·전남 지방의 월별 강설 빈도수를 나타낸 것이다.

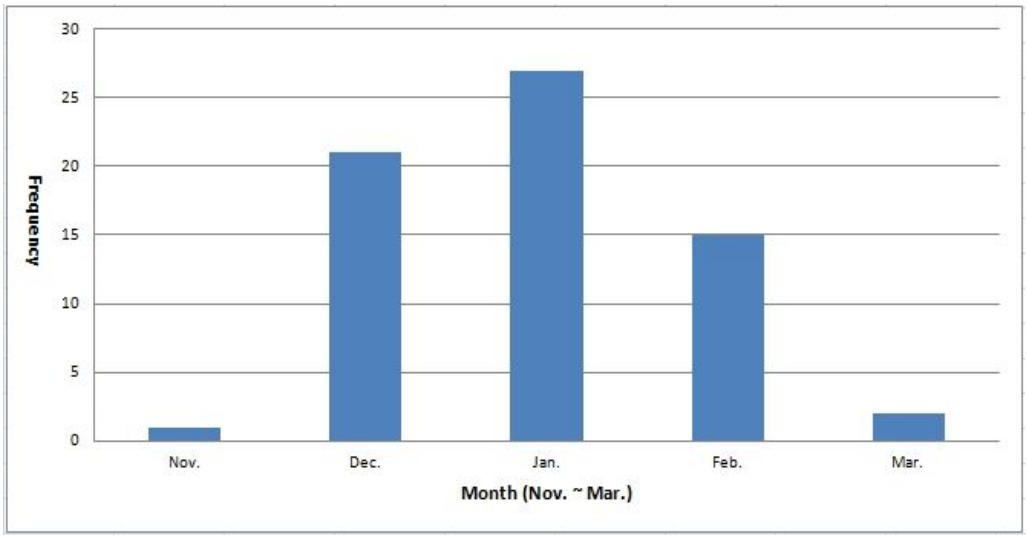


Fig. 6. Monthly frequency of snowfall days over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010).

강설빈도는 1월에 총 27회로 가장 높았고, 12월과 2월에 각각 21회와 15회로 나타났다. 대관령, 강릉을 중심으로 하는 영동지방은 강설일의 빈도수가 1·2·12월 순인데(장경화, 2003) 비해 광주·전남 지방에서는 상대적으로 기온이 낮아 서해의

수온과 차이가 비교적 크고, 시베리아 고기압의 세력이 강한 12월과 1월에 강설이 자주 발생하였음을 알 수 있다.

Table 2는 최근 30년간 10년대별 월별 총 강설일수를 나타낸 것이다. 총강설일은 1980년대는 24회, 1990년대는 15회, 2000년대는 28회로 각각 나타났다. 1990년대에는 강설일이 감소하였고, 특히 1월의 강설일이 1일로 크게 줄었다. 또한 12월의 강설은 증가하였고, 2월의 강설은 감소하였다. 2000년대에는 12월과 1월의 강설일은 증가하였으나 2월의 강설일은 1/3로 감소하였으며, 3월에도 2일의 강설이 나타났다.

Table 2. Monthly total snowfall days for each 10 years over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010).

snowfall / period	total snowfall days					
	Nov.	Dec.	Jan,	Feb.	Mar.	total
1981-1990	-	2	14	7	-	23
1991-2000	1	7	1	6	-	15
2001-2010	-	12	12	2	2	28

광주・전남 지방에서는 2001년과 2010년 3월에 강설일이 나타났고, 특히 2001년 3월 8일에는 광주에서 일신적설이 8.8cm로 많은 강설량이 관측되었다. 한편, 2004년 3월 4~5일에서도 중부지방에서는 서울에 18.5cm, 대전에 49cm로 기록적인 대설이 있어서(조익현 등, 2004), 최근들어 강설의 패턴이 바뀌고 있고, 봄철 대설이 발생되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 7은 광주・전남 지방의 지점별 강설일 빈도수이다.

먼저 총 강설일은 전남 서해안에 위치한 관측지점에서는 많고, 전남 남해안에 위치한 관측지점에서는 적게 나타나는 경향을 보였다.

관측 지점의 월별 강설일수에서 2월의 강설일이 40% 이상으로 관측지점 중에서 가장 많은 여수를 제외하면, 모든 관측 지점에서 1월의 강설일이 35% 이상으로 가장 많았다. 광주・전남 지방 중에서 광주, 목포, 완도, 순천, 장흥, 해남에서 1월의 강설일이 가장 많이 나타났으나, 이 중 여수를 포함한 장흥, 해남, 고흥과 같이 전남 남해안에 위치한 관측 지점에서는 2월 강설일 역시 25% 이상으로 많았다. 이와 관련하여 박병익과 윤석은(1997)은 12월과 1월에는 시베리아 고기압의 영향에 의한

북서풍과 서풍의 기압배치형의 비율이 높으나 2월에는 남해안에 위치하는 저기압에 의한 강설이 많음을 밝혔다. 이에 따라 전남 서해안에 위치한 관측 지점은 시베리아 고기압 세력이 강한 12월과 1월에 강설이 집중되고, 여수와 고흥 등의 전남 남해안에 위치한 관측 지점에서는 시베리아 고기압의 영향보다는 남해안으로 접근하거나 영향을 주는 저기압에 의한 강설발생이 많아 2월의 강설 비율이 높은 것으로 판단된다.

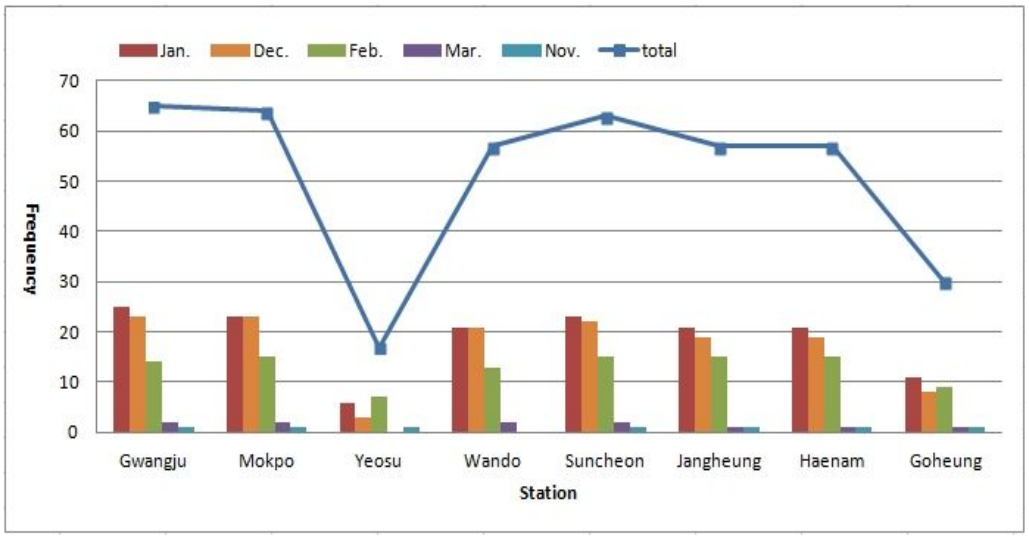


Fig. 7. Frequency of snowfall days by stations over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010).

또한 호남지방의 4개 지점 이상에서 동시에 강설이 발생하는 비율은 30% 정도로 비교적 낮게 나타나고 있어(고형일, 2003), 지난 30년 동안 지역별로 발생하는 강설일에 비하면 광주·전남 지방의 전체에서 나타나는 강설 발생일은 상대적으로 적었다.

그러나 광주·전남 지방의 각 지역에서 강설이 발생했을 경우에서도 다른 지역에 비해 상대적으로 여수와 고흥 지점에서 강설 빈도가 낮은 만큼 이 지역들은 광주·전라남도 지방에서도 과설(寡雪) 지역으로 구분할 수 있다.

2. 강설량

Fig. 8은 광주・전남 지방의 연도별 강설량을 나타낸 것이다.

강설량은 1980년대에는 1월에 많았고, 최근 10년간(2001~2010)에는 12월이 가장 많았다. 또한 1993년과 1994년에는 2월의 강설만이 관측되었고, 2000년대에서 2001~2004년은 1월의 강설이 대부분이었으며, 2005~2010년까지는 12월 강설량이 대부분 차지하였다.

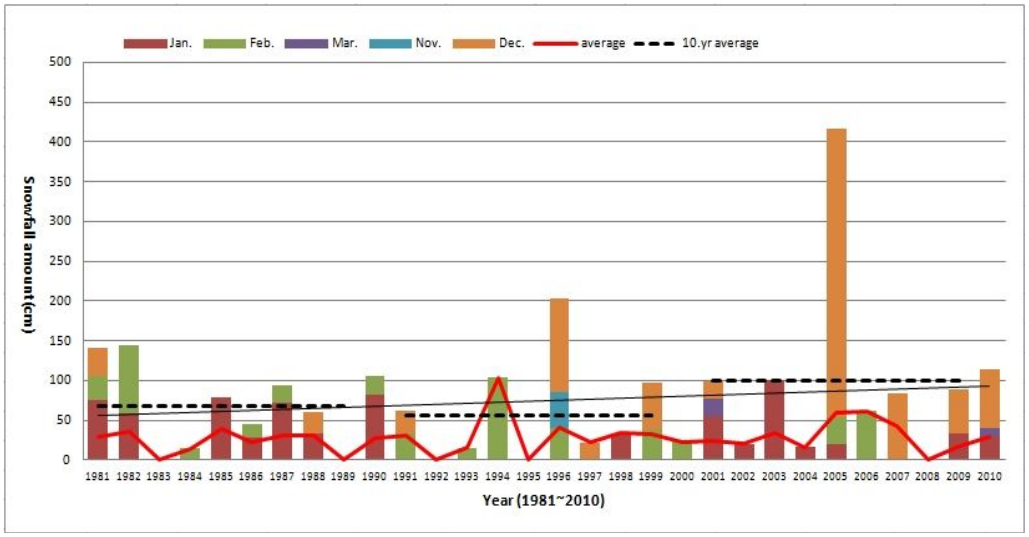


Fig. 8. Interannual variation of snowfall amounts over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010).

또한 광주・전남 지방에서 강설량의 10년평균은 1990년대에 비해 최근 10년(2001~2010)이 44.3cm가 증가하였고, 강설량은 1.30cm/년으로 증가하는 추세를 나타내고 있다. 최근 지구 온난화의 영향으로 강수 형태가 점점 강설에서 강우로 변해가고 있고, 영남지역을 제외한 우리나라 대부분 지역에서 강설량 역시 감소 추세를 보이고 있다. 또한 우리나라의 최다설지(연평균 234cm)인 울릉도에서도 강설량이 감소하는 추세를 보이고 있다(최광용・권원태, 2008). 이러한 영향에도 불구하고 강설량이 증가하고 있어 이 지역의 강설에 대한 연구가 중요함을 짐작할 수 있다.

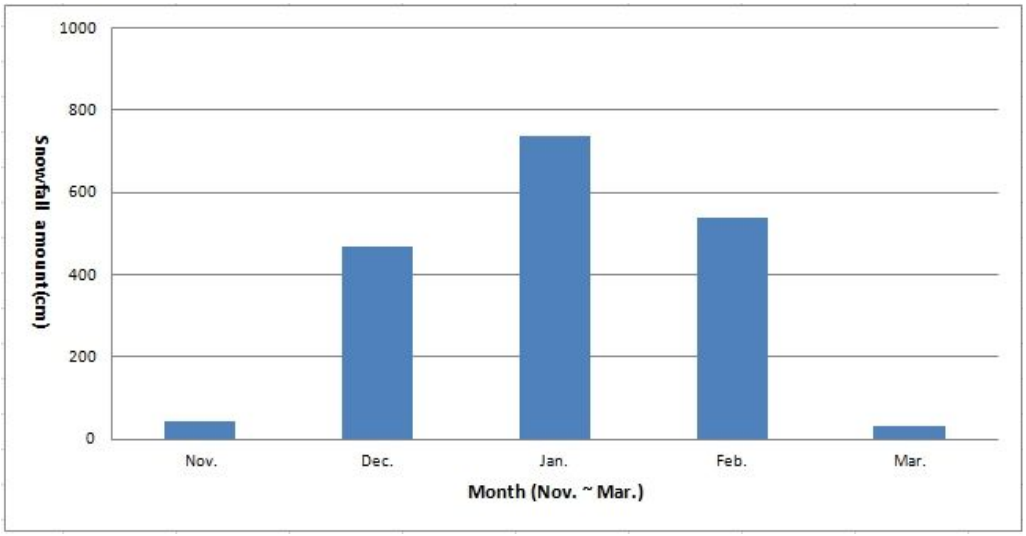


Fig. 9. Monthly snowfall amounts over Gwangju and Jeonnam region(1981-2010).

Fig. 9는 광주・전남 지방의 월별 강설량을 나타낸 것이다.

지난 30년간 12월의 강설량이 평균 29.5cm로 가장 많았고, 그 다음은 1월, 2월 순이었다. 강설일의 발생 빈도가 1월이 가장 높았던 것과 비교하면 강설량은 12월이 가장 많아 12월의 강설강도가 강함을 알 수 있다. 이는 1월에 강한 시베리아 고기압의 확장 시 강도가 다소 약한 강설이 발생하였고, 12월에 약한 시베리아 고기압과 함께 기압골의 영향으로 강도가 강한 강설이 발생하였기 때문이다.

Table 3은 국립해양조사원에서 제공하는 조위관측소의 평균 해수온도(이하 수온)이다. 이는 각 관측소에서 관측된 때부터 2011년까지의 평균수온으로 모든 관측 지점에서 1월보다 12월의 수온이 높음을 확인할 수 있다. 따라서 12월의 강설강도가 강한 것은 서해상의 해기차의 영향이 있음을 뒷받침 할 수 있다.

Table 3. Monthly mean sea water temperature(unit:℃) at sea level height observatory.

station / month	Mokpo	Wando	Heuksan do	Yeosu	Jindo	Goheung
Nov	15.1	14.7	13.1	15.5	14.3	13.6
Dec	9.4	10.4	10.5	12.1	11.0	8.7
Jan	5.6	7.2	7.6	8.5	7.9	5.3
Feb	5.0	7.0	6.8	6.5	7.3	6.2
Mar	7.2	8.5	7.4	7.1	8.6	8.8

(Source : Korea Hydrographic and Oceanographic Administration)

그러나 12월의 강설량 중에서 기록적인 대설이 있었던 2005년 12월의 강설량을 제외하면, 평균강설량은 1월에 가장 많았고, 그 다음은 12월, 2월 순으로 나타났다. 이는 강설일의 월별 발생 빈도와도 잘 일치한다. 따라서 평균적으로 보면, 광주·전남 지방의 강설량은 강설일과 유사한 패턴을 갖고 있다고 할 수 있다.

Table 4. Monthly mean snowfall amounts for each 10 years over Gwangju and Jeonnam region(1981～2010).

snowfall / period	mean snowfall amounts (cm)				
	Nov.	Dec.	Jan,	Feb.	Mar.
1981-1990	-	6.1	43.0	19.2	-
1991-2000	4.6	22.5	3.7	25.3	-
2001-2010	-	59.9	27.3	9.5	3.2

Table 4는 1981～2010년을 10년대별로 구분한 월별 평균 강설량을 나타낸 것이다. 최근 10년간 12월의 강설량이 크게 증가하였고 11월의 강설량은 없었지만 3월 강설량이 4.6cm로 기록되었음을 알 수 있다. 광주·전남 지방은 시베리아 고기압의 세력이 강한 12월과 1월에 대부분 강설이 집중되었으며 2월은 광주·전남지방이 남해안에 접하고 있어 이들 지역을 통과하는 저기압에 의해 강설량이 많았다고 할 수 있다. 또한 이러한 강설발생에 관해 조익현과 유희동(2004)은 2004년 3월 4일에

발생한 강설은 중국 상해 부근에서 한기 차단에 의해 변질된 고기압이 우리나라 남해상을 지나면서 잘 발생하고, 서해상의 강한 한기를 따라 발생하였다고 밝혔다. 이와 같이 특이한 봄철 대설 사례도 빈번해 지고 있다.

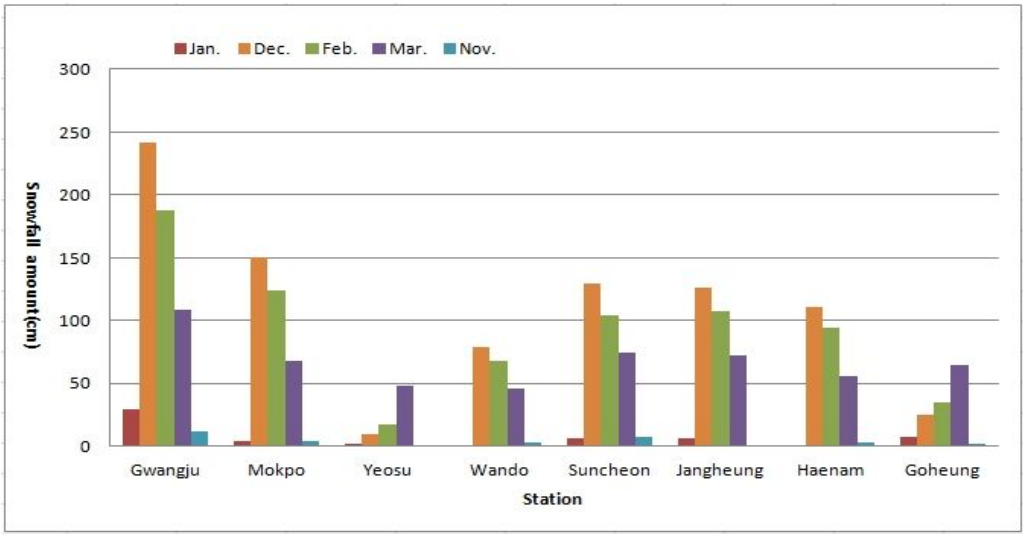


Fig. 10. Total snowfall amounts by stations over Gwangju and Jeonnam region (1981-2010).

Fig. 10은 광주・전남 지방의 30년간 지점별 강설량을 나타낸 것이다.

전남 서해안 지역에 위치한 광주, 목포의 강설량은 많았고, 전남 남해안 지역에 위치한 여수와 고흥의 강설량은 작았다. 또한 대부분의 관측 지점이 12월의 강설량이 많았지만 상대적으로 여수와 고흥은 2월의 강설량이 많았다. 이는 시베리아 고기압의 발달로 북서 계절풍의 영향을 직접적으로 받는 광주, 목포 등에서는 12월과 1월에 강설량이 집중되고, 남해상에서 접근하는 저기압의 영향을 직접적으로 받는 여수, 고흥 등에서는 2월의 강설량이 집중되었음을 알 수 있다.

광주・전남 지방의 각 관측지점에 대한 강설량 역시 강설일수의 분포와 비슷하였다. 즉, 강설이 발생했을 때 강설일수와 강설량도 여수와 고흥에서는 낮게 나타나 이 관측지점들이 광주・전남 지방에서 상대적으로 강설 발생이 적은 지역임을 알 수 있다. 그러나 그 밖의 관측지점 중에서 광주는 다른 지역들에 비해 강설량이 상대적으로 높은 양을 나타냈다. 따라서 광주・전남 지방에서도 광주는 다설 지역이라 할 수 있다.

3. 종관 기압배치 특성

지상 기압배치는 강설 발생일에 해당되는 일기도를 분석하여 시베리아 고기압형, 이동성 고기압형 및 저기압형으로 분류하였다.

Table 5는 유형별 지상 기압배치 특성을 나타낸 것이다.

광주·전남 지방에서 폭설을 지배하는 가장 일반적인 기압배치 형태로 시베리아 기단이 장출한 경우이다. 시베리아 고기압형은 서고동저형 기압배치인 경우로서 중국 북부지방이나 몽골에 강한 고기압의 중심이 위치하여 우리나라 쪽으로 장출하고, 한반도의 동쪽 해상에서 저기압이 발달한 경우이다. 이때는 대체로 한랭 건조한 시베리아 기단이 상대적으로 따뜻한 서해상을 거쳐 오면서 하층으로부터 현열과 잠열을 받아 현저히 변질되며, 이렇게 변질된 기단은 흔히 우리나라 서해안지방에 강설을 야기시킨다(민경덕, 1974). 이 때의 강설은 광주·전남 지방에 국한되며, 내륙 산간지역의 일부 풍상측에 약하게 나타난다. 서고동저 및 북고남저 또는 그 중간적인 형태의 기압배치 유형을 보이고, 시베리아기단의 한랭 건조한 북풍계열의 영향을 받게 된다.

Table 5. Characteristics of synoptic pressure type associated with sowfall over Gwangju and Jeonnam region.

Type	Synoptic pressure pattern
Siberian High	In case of the extension of Siberian high to the Korean peninsula.
Migrating High	In case of the influence of migrating high apart from Siberian high.
Cyclone	In case of influence of surface cyclone and/or frontal system.

Fig. 11(a)는 시베리아 고기압형의 대표적인 날인 2005년 2월 1일 09KST의 지상 일기도이다. 이를 보면 중국 북부 내륙지역의 대륙성 고기압이 위치하고 일본 북해도 북쪽으로 저기압이 발달하면서 한반도는 서고동저형의 기압패턴 중심에 위치하고 있다. 이로 인해 서해상의 기압경도가 커져 강한 북서풍이 불고 있어 광주·전남 지방에 영향을 미치고 있다.

Fig. 11(b)는 이동성 고기압형의 대표적인 날인 2009년 12월 31일 09KST의 지상 일기도이다. 모체 시베리안 기단에서 분리되어 중국 중부지방에 위치한 이동성 고기압이 점차 동진한 기압계를 따라 서해상으로 접근하면서 한반도 쪽으로 약한 기압골이 발달하였고, 따뜻한 서해상을 지나면서 변질되어 광주・전남지방에 강설을 초래하였다.

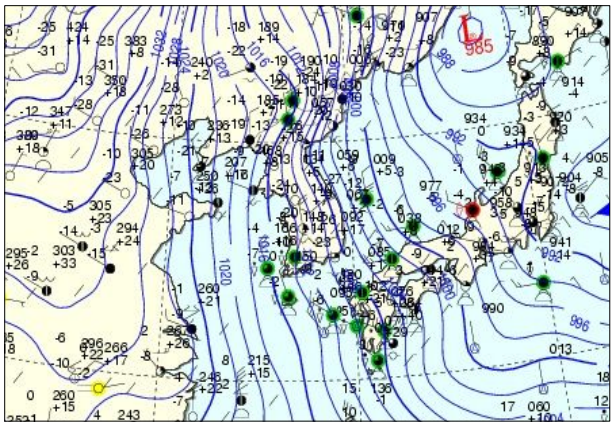
이동성 고기압형은 시베리아 고기압에서 분리된 고기압이 서쪽으로부터 동진하여 우리나라 부근에 위치해 있는 경우이다. 시베리아 기단이 중국 남부지방 깊숙이 남하하여 기단이 그 지방의 기후의 영향으로 변질되어 모체 시베리안 기단과 분리된 고기압 형태로서, 이런 경우는 시베리아 고기압형과 유사하게 변질에 의해 강설을 초래한다. 또한 대륙 고기압으로 분리된 이동성 고기압이 서해해상으로 진출할 때 서해안에 대설현상이 나타나는 것으로 이해하나 이동성 고기압이 중국 중부지방에 장시간 지체된 후에 변질되어 접근할 때는 대설현상은 나타나지 않는다. 이동성 고기압 중심부근의 찬 공기가 따뜻한 해수면으로 진출할 때 1차 응결을 하고, 서해안 지방의 찬 공기와 만나 2차 응결현상에 의해 대설현상이 나타나는 것으로 판단된다. 또한 1월 하순 이후에 비슷한 기압계에서 대설현상을 보이지 않는 것은 해수면 온도와 이동성고기압 중심부근의 온도차가 작기 때문이다.

Fig. 11(c)는 저기압형의 대표적인 날인 2010년 3월 9일 09KST의 지상 일기도이다.

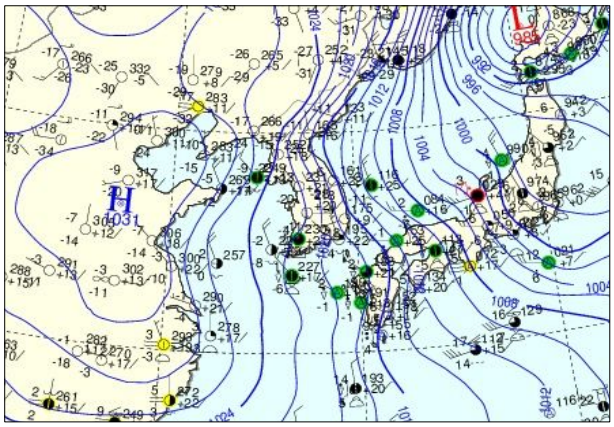
중국 남동부 해상에서 발생한 전선을 동반한 온대 저기압이 한반도 남쪽으로 이동하면서 광주・전남 지방에 강설을 초래하였다.

저기압형은 우리나라의 날씨가 저기압의 영향을 받고 있을 때와 동쪽에서 강한 저기압의 발달로 인해 생긴 기압골의 영향을 받는 경우이다. 저기압에 동반된 전선에 의한 강설은 저기압형의 경우와 구분하기 곤란하여 저기압형에 포함하였다. 이런 기압배치는 시베리아 기단의 일부가 연해주를 거쳐 동해로 진입하는 세력과 중국의 동부지역을 따라 남동진하는 세력 사이에 한반도나 동해상에 기압골 형태의 저기압성 흐름이 생성되거나 기존의 저기압이 강화함으로써 이와 관련된 기류의 수렴으로 인하여 강설을 초래하는 형태이다. 시베리아 기단이 황해 남부로 장출하면서 다소 약화되어 한반도 북부에서 화중 방향으로 기압골이 형성된다. 기압골은 한반도를 통과하여 동해에서 급속히 발달하며 그 후면에서 시베리아 기단이 강하게 서해남부 방향으로 장출한다. 저기압의 가장자리에 자리 잡은 우리나라는 북서풍이 불어 이 때의 강설은 호남지방과 영동지역을 중심으로 많은 양이 내리고 소백산맥의 서측을 따라서도 상당한 양을 나타낸다(정영근, 1999).

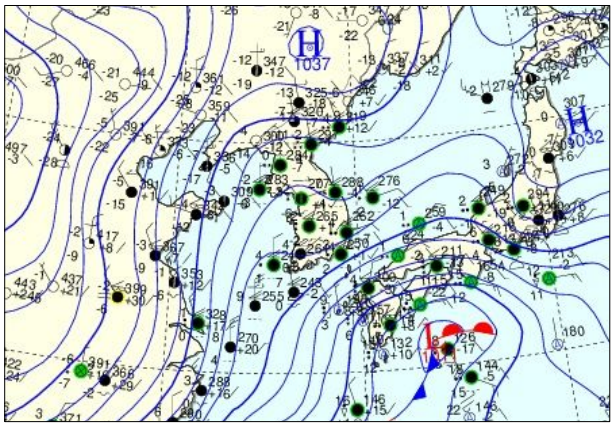
저기압형 강설을 종합하면 기압골이 북서-서쪽에서 접근할 때는 강설량은 남쪽에서의 기압골 접근시보다 적으며 강수지속시간도 상대적으로 짧고, 기압골이 남-남서쪽에서 접근할 때가 강설량이 가장 많다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 11. Surface weather chart by type associated with snowfall over Gwangju and Jeonnam region : (a)09KST Feb. 1, 2005, (b)09KST Dec. 31, 2009, and (c)09KST Mar. 9, 2010.

광주·전남 지방의 강설 발생 시 시베리아 고기압형이 31회, 이동성 고기압형이 6회, 저기압형이 29회였다. 이는 호남지방에서 발생한 강설의 72.5%가 시베리아 고기압이 확장할 때 발생하는 것이라는 천재호(2001)의 결과와 비교하면 광주·전남 지방은 시베리아 고기압의 영향 뿐 만 아니라 저기압의 영향도 크게 받음을 알 수 있다. 시베리아 고기압 확장 시 기류의 영향을 직접적으로 받는 광주, 목포 등에서는 강설이 자주 발생하지만 전남 남해안 지역으로 갈수록 강설 빈도가 줄어드는 경향이 있다. 한편, 저기압이 발달하여 남해상으로 접근하면서 광주·전남 지방 전체에 영향을 주는 경우가 많았고, 이에 따라 강설발생 관련 종관 기압배치에서 저기압형의 비율도 높게 나타났다.

Fig. 12를 살펴보면 세 가지 유형 모두 1월에 가장 많은 발생 빈도를 보이고 있다. 이는 강설 발생 빈도와 일치하며 그 중에서도 시베리아 고기압형에서 뚜렷하였다. 그러나 2월에 영향을 주는 종관 기압배치 유형을 살펴보면, 시베리아 고기압형과 이동성 고기압형이 10% 미만인데 비해, 저기압형에서는 15%로 2월에 상대적으로 많은 영향을 주고 있었다. 이는 2월에 우리나라에 빈번히 접근 및 통과하는 저기압에 의한 강설발생이 광주·전남 지방 전체에서 많은 영향을 주고 있음을 짐작할 수 있다.

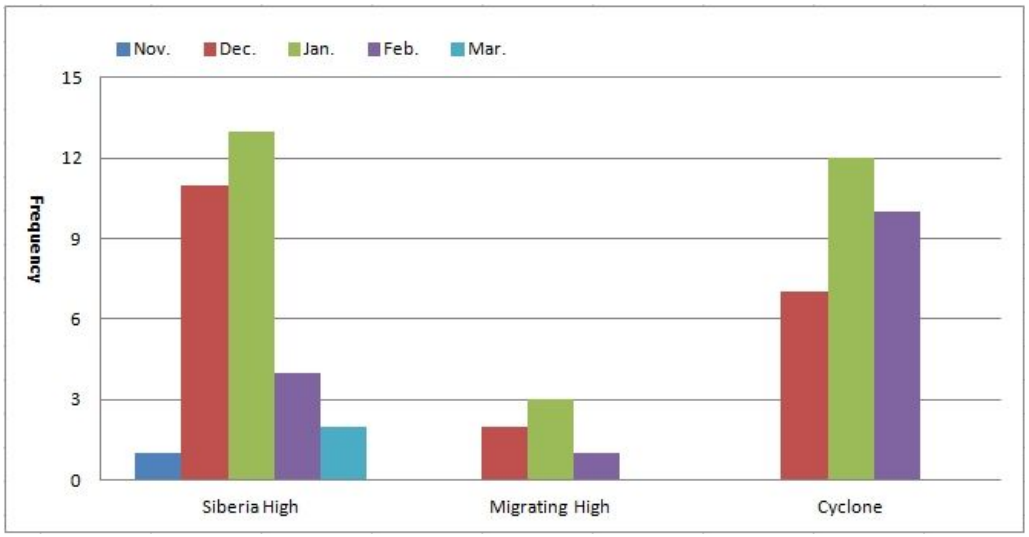


Fig. 12. Monthly frequency of synoptic pressure types associated with snowfall over Gwangju and Jeonnam region.

또한 광주·전남 지방의 유형별 평균 강설량은 시베리아 고기압형이 15.7cm, 이동성 고기압형이 13.7cm, 저기압형이 31.1cm였다. 호남지방 강설분포의 경우 65.5% 이상이 시베리아 고기압 확장 시 나타난 것(천재호, 2001)과 비교하면 이는 매우 흥미로운 결과이다. 즉, 광주·전남 지방의 공간적인 지역에서는 저기압형이 영향을 줄 때 가장 많은 강설량이 나타났다. 이는 광주·전남 지방에서도 과설지역이라 할 수 있는 여수와 고흥 뿐 만 아니라 전남 남해안 지역에 위치한 지점들에서 상대적으로 많은 강설량이 발생한 결과라 할 수 있다.

Table 6은 광주·전남지방의 강설발생 관련 종관 기압배치 유형별로 월별 총 강설량을 나타낸 것이다.

시베리아 고기압형과 저기압형에서는 12월에 가장 많은 강설량을 보였고, 이동성 고기압형에서 1월에 가장 많았다. 3가지 유형 모두 1월에 강설발생 빈도가 가장 높았던 것과 비교하면 12월의 강설량이 많은 것은 해수면 온도와 영향이 있을 것으로 판단된다.

Table 6. Monthly mean snowfall amounts by synoptic pressure type over Gwangju and Jeonnam region.

snowfall / type	mean snowfall amounts (cm)				
	Nov.	Dec.	Jan,	Feb.	Mar.
Siberian High	3.8	31.3	28.9	11.9	2.7
Migrating High	-	16.2	20.2	4.7	-
Cyclone	-	37.2	27.4	28.7	-

제2절 강설발생 주기 특성

1. 강설일수

Fig. 13은 파엽(wavelet)을 이용한 겨울철(12~2월)의 강설일수 주기를 분석한 것이다.

왼쪽은 Global Wavelet Power(GWP)를 보여주고 있고, 오른쪽는 Power Spectrum이다. GWP의 X축은 시간, Y축은 주기이며, 30년동안 겨울철 강설발생 빈도는 약 6년의 주기가 뚜렷하게 나타났다.

10년 단위별 겨울철 강설 빈도수를 보면, 1980년대에는 약 6년 주기가, 1990년대에는 약 3년의 주기가 강하게 나타났다. 또한 2000년대에는 약 3년과 6년의 주기가 뚜렷하였다. 그리고 분산값은 6년의 주기에서 가장 큰값을 보이고, 1~2년 사이에서도 큰값이 나타났다. 따라서 분산값이 짧은 주기로 갈수록 큰값을 보여 최근 겨울철에 강한 강설이 자주 발생하고 있음을 알 수 있다.

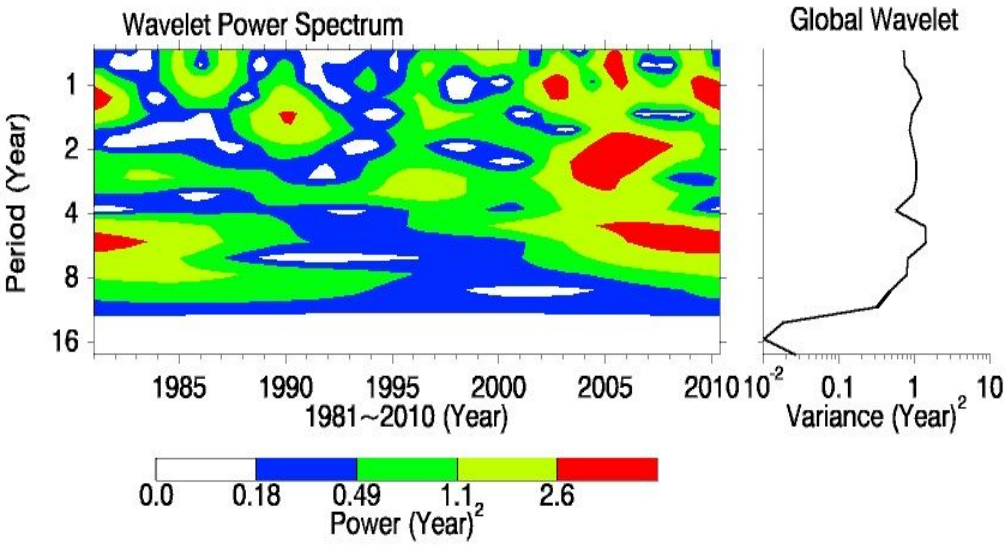


Fig. 13. Periodicity of snowfall days over Gwangju and Jeonnam region using wavelet analysis.

2. 강설량

Fig. 14는 파엽을 이용한 겨울철 강설량의 주기를 분석한 것이다.

강설량은 약 6년의 주기가 뚜렷하게 나타났고, 강설일의 주기와 일치하였다.

10년 단위별 겨울철 강설량의 주기는 1980년대에는 약 6년, 1990년대에는 약 1년과 2년의 주기가 뚜렷하였다. 또한 2000년대에는 약 6년의 주기로 강한 강설이 나타났다.

분산값은 6년의 주기에서 가장 큰값을 보이고, 3년과 2년의 주기에서 큰값들이 나타났다. 분산값들은 6년의 주기부터 짧은 주기로 갈수록 계속해서 큰값들이 나타나 최근 강설일과 더불어 폭설의 주기가 빨라졌음을 알 수 있다.

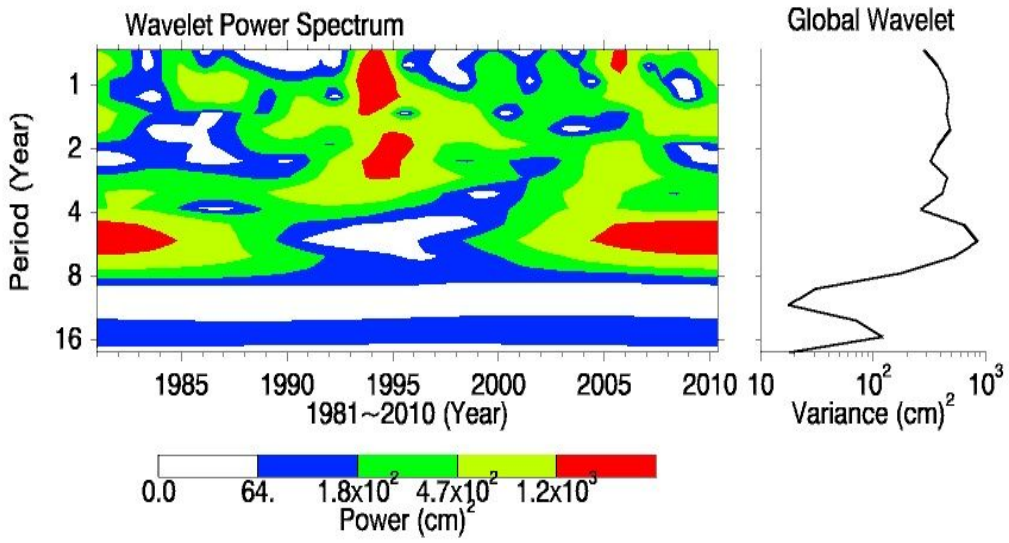


Fig. 14. Periodicity of snowfall amounts over Gwangju and Jeonnam region using wavelet analysis.

3. 지점별 강설일수

Fig. 15는 파엽을 이용한 겨울철(12~2월) (a)광주, (b)목포, (c)여수 지역의 강설일수 주기를 분석한 것이다.

광주지점의 겨울철 강설량은 약 1~2년과 3년의 주기가 뚜렷하게 나타났고, 이는 광주·전남 지방의 30년 주기에 비해 강도가 강하였다.

10년 단위별 겨울철 강설량의 주기에서는 1980년대와 1990년대에는 약 1~2년 주기가 뚜렷하였고, 2000년대에는 약 3년의 주기로 강한 강설이 나타났다.

또한 분산값이 1~2년과 3년의 주기에서 각각 가장 큰값이 나타나 광주 지역의 강설주기가 짧으며 폭설이 자주 발생함을 알 수 있다.

목포지점의 겨울철 강설량은 약 1~2년과 3년의 주기가 뚜렷하게 나타났고, 목포 역시 광주와 마찬가지로 광주·전남 지방의 30년 주기에 비해 강한 강도를 나타냈다.

10년 단위별 겨울철 강설량의 주기에서는 1980년대에는 약 1~3년, 1990년대에는 약 1~2년 주기로 강하게 나타났다. 2000년대에는 약 3년의 주기 뿐 만 아니라 1년과 2년의 주기도 강하게 나타나 강설이 매우 빈번하게 나타났다.

또한 분산값은 1~2년과 3년의 주기에서 각각 가장 큰값이 나타나 목포 지역의 강설주기는 짧으며 폭설이 자주 발생함을 알 수 있다.

여수지점의 겨울철 강설량은 약 8년의 주기가 뚜렷하게 나타났고, 이는 광주·전남 지방의 30년 주기에 비해 약한 강도를 나타냈다.

10년 단위별 겨울철 강설량의 주기에서는 1980년대, 1990년대 그리고 2000년대 모두 약 8년의 주기가 강하게 이 지역의 강설발생 빈도는 낮다.

분산값 또한 약 8년의 주기에서 가장 큰값이 나타나 광주·전남 지방에서도 여수는 과설 지역임을 알 수 있다.

광주·전남 지방에서도 광주는 서해안과의 거리가 가까울 뿐만 아니라 노령산맥을 배후에 두고 있어(이경미, 2004) 강설의 주기가 짧게 나타나고, 목포는 서해안에 위치하고 있어 겨울철 한파 내습 시에 찬 공기가 온난한 서해의 수면 위를 통과할 때 생성되는 소위 '바다 효과'에 의해 강설 빈도가 높다(이승호·천재호, 2003). 여수는 남해안 지역이 소백산맥 줄기의 풍하측에 위치하고(이경미, 2004), 남해안과 나란히 달리고 있는 해안 산지의 풍하측에 위치하며(천재호, 2001), 남쪽으로 갈수

록 기온이 높고 해안의 영향으로 내륙보다 따뜻하여 강설주기는 짧게 나타났다.

또한 여수의 강설 주기가 한번인데 반해 광주와 목포에서 강설 주기가 한번 이상을 보인 이유는, 여수는 강설 발생시 저기압의 영향이 대부분이다. 하지만 광주와 목포에서는 시베리안 고기압, 이동성 고기압, 저기압의 영향 등 기상 조건에 따라 모두 강한 강설이 발생 가능하기 때문으로 판단된다.

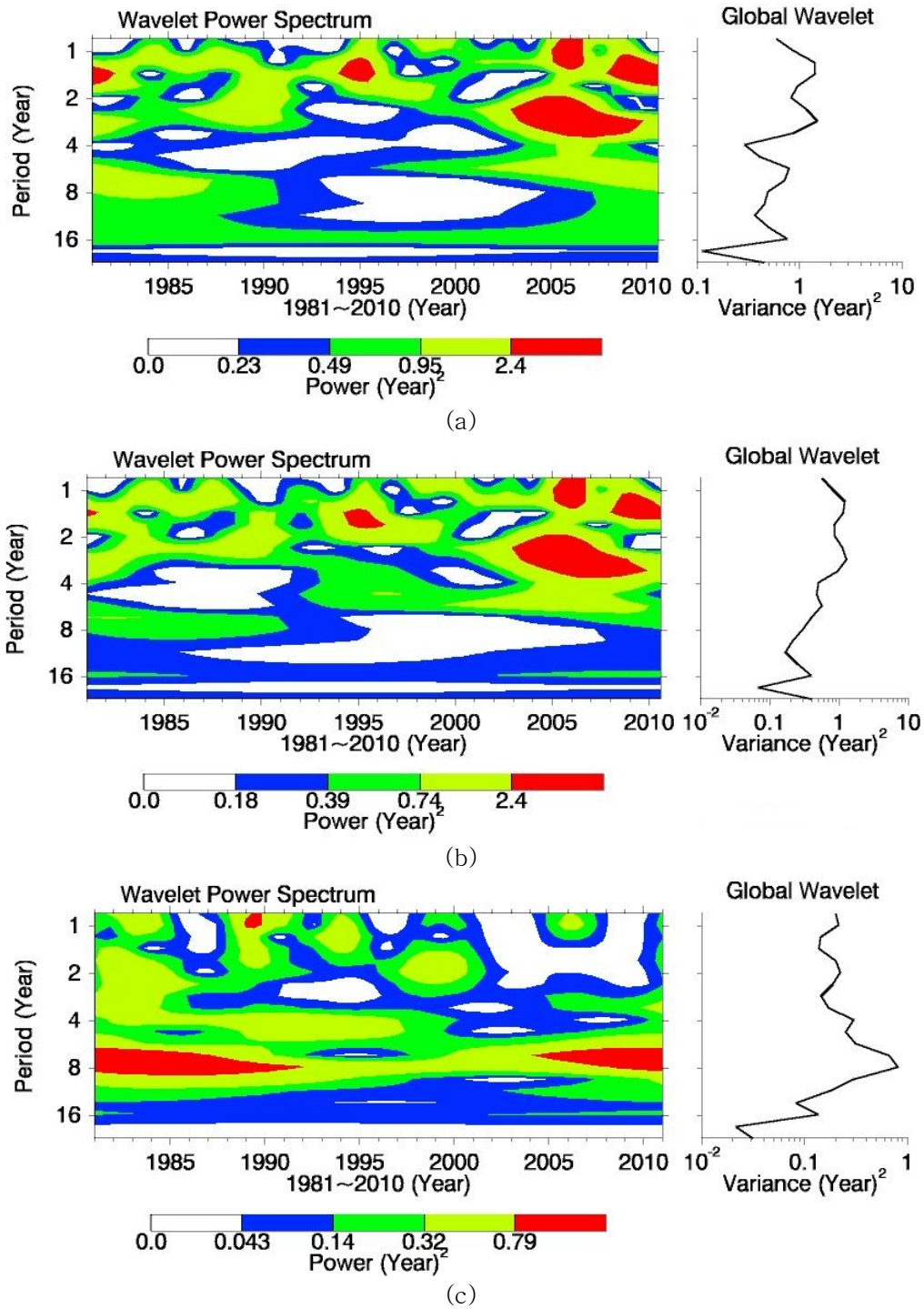


Fig. 15. Periodicity of snowfall days by station using wavelet analysis: (a)Gwangju, (b)Mokpo, and (c)Yeosu.

제3절 강설발생 대기순환 변화 특성

1. 고도장

Fig. 16은 1981년부터 2010년까지의 기후값에 대한 A형과 B형의 겨울철(12~2월) 850hPa 고도장의 합성도를 나타낸 것이다.

Fig. 16(a)는 A형과 B형의 12월 고도장의 합성도이다.

12월 A형의 고도장에서는 일본 동해상에 -20hPa 이하의 강한 음의 아노말리 중심이 발달해 있다. 화북지방을 중심으로 발달한 시베리아 고기압 중심지역은 중국 남동부 지역으로 길게 뻗은 형태로 나타났다. 그 결과, 우리나라 소백산맥 북서부에는 강한 북서풍이 불어 들어왔다.

12월 B형에서는 중국 북부지방 쪽에 시베리아 고기압의 중심이 나타나지만, 그 중심 세력이 매우 약화되어 +5hPa 이상의 아노말리 중심이 나타난다. 또한 일본 열도 북부 지역에는 -9hPa 이하의 음의 아노말리 중심이 나타나 서고동저형의 아노말리 형태를 나타내고 있다. 그 결과 우리나라 서해와 남서해안 쪽으로 아노말리도 0의 값을 보인다.

A형의 광주·전남 지방의 강설은 대부분이 일본해상의 강한 저기압의 확장과 시베리아 고기압의 확장에 따라 발생하였고 B형은 비슷한 기압배치에 상대적으로 시베리아 고기압의 세력이 약해진 결과 강설 빈도가 나타나지 않았음을 알 수 있다.

따라서 광주·전남 지방의 강설 발생 시 대부분이 시베리아 고기압형이 지배적인 영향을 주지만, 이들 지역에 강설 발생이 없는 경우에도 역시 시베리아 고기압형이 뚜렷하게 나타났다. 이는 시베리아 고기압의 세력에 따라 강설의 빈도가 달라짐을 알 수 있다.

Fig. 16(b)는 A형과 B형의 1월 고도장의 합성도로 1월 A형은 중국 화북지방으로 +10hPa 이상의 강한 양의 아노말리 중심이 나타난다. 또한 일본 열도의 동쪽에서는 -5hPa의 강한 음의 아노말리 중심지역이 보였다. 우리나라는 양의 아노말리 중심의 가장자리에 놓이게 되어 시베리아의 건조한 북풍계열의 한기가 유입되고 있다.

1월 B형에서는 시베리아 고기압의 아노말리가 만주지역까지 확장하여 나타나며,

한반도 북쪽에서 일본 북부지역까지 +10hPa 이상의 양의 아노말리 중심이 나타나 한반도는 고기압의 영향권에 들어있다.

A형은 강설발생 빈도 뿐 만 아니라 시베리아 고기압 확장 시의 연평균 강설량은 서해안 지역에서 많으므로(천재호, 2003) 강설량 역시 많았을 것이다. B형에서는 우리나라 중북부 쪽으로 북동풍과 동풍이 유입되어 광주·전남 지방의 강설 빈도는 낮았음을 알 수 있다.

Fig. 16(c)는 A형과 B형의 2월 고도장의 합성도이다.

2월 A형은 시베리아 고기압의 중심 위치가 남쪽으로 위치하여 -15hPa 이하의 아노말리 중심이 나타나며, 일본 북동쪽 해상에 +20hPa 이상의 양의 아노말리 중심 지역이 나타났다. 따라서 서고동저 기압배치를 보이고 있다.

2월 B형에서는 북서고 남동저의 기압배치를 보이고 있으나 중국 북부지방 쪽으로 +5hPa 이상의 양의 아노말리 중심이 있고 일본 북동쪽에서는 -3hPa 이하의 양의 아노말리 중심이 나타나면서 시베리아 고기압의 세력은 약해 한반도는 거의 중립적인 상태를 보이고 있다.

호남지방의 월별 강설량에 따른 대기순환장은 12월과 1월은 대륙 고기압의 발달보다 동해를 중심으로 하는 저기압의 발달에 상대적으로 상관성이 크며, 2월은 동부 시베리아까지 발달하는 대륙 고기압의 발달과 연관성이 크다(정영근, 2005). 본 연구에서도 A형과 B형 역시 유사하게 나타났다. 시베리아 고기압과 일본해상의 저기압 세력의 강도 차이와 그에 따라 유입된 기류 방향의 차이 등으로 인해 강설 빈도가 달라졌다.

그러나 광주·전남 지방의 강설량에서는 저기압의 영향을 받을 때 가장 많이 나타났다. 따라서 이 지역에서 잦은 빈도에 영향을 주는 것은 시베리아 고기압이지만, 많은 강설량을 나타낼 때에는 전 지역이 남해상에 발달된 저기압의 영향을 받을 때임을 확인할 수 있다.

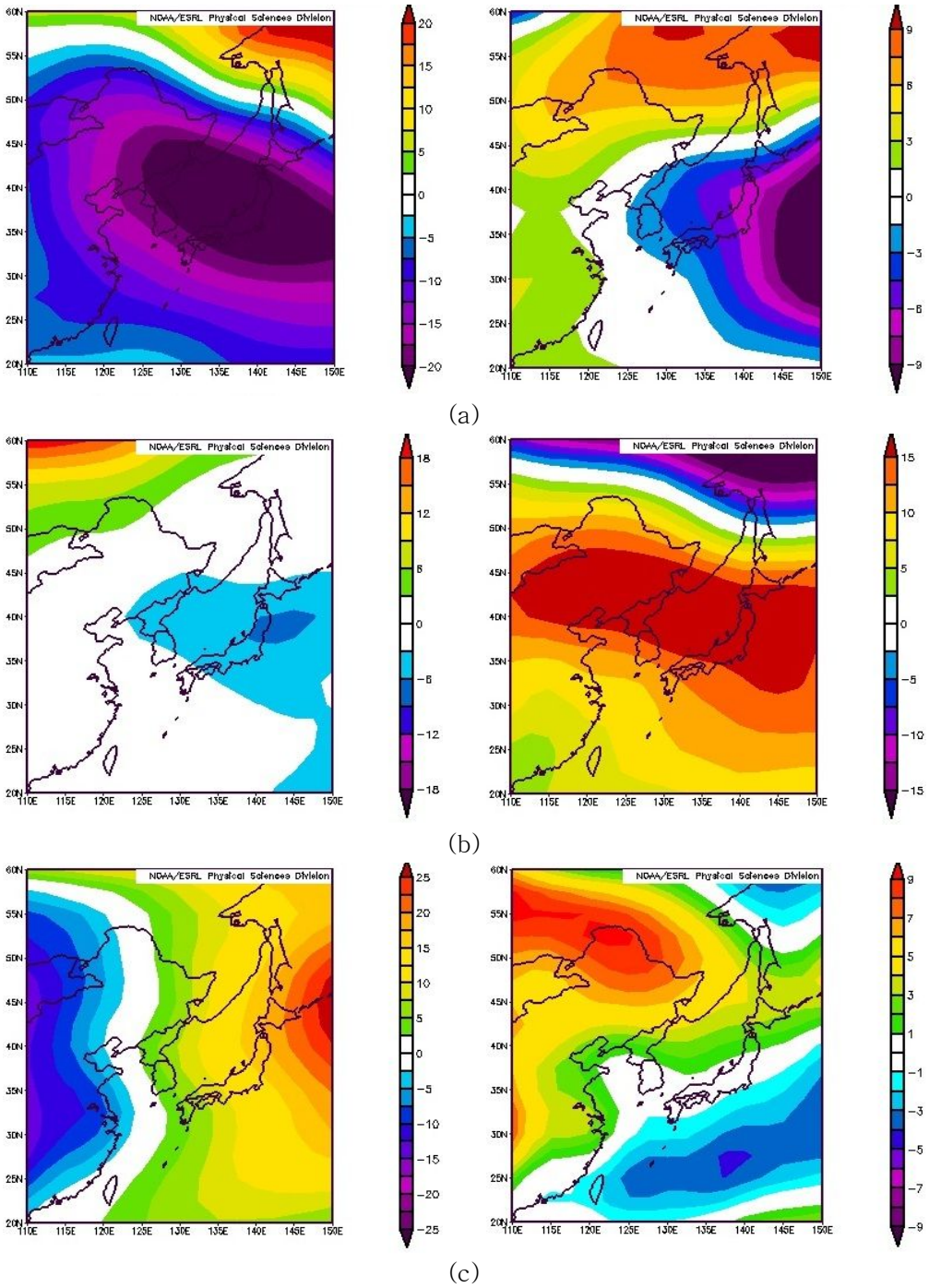


Fig. 16. Composite maps of 850hPa geopotential height by A type(left panel) & B type(right panel): (a)Dec., (b)Jan., and (c)Feb.

2. 바람장

Fig. 17은 1981년부터 2010년까지의 기후값에 대한 A형과 B형의 겨울철(12월, 1, 2월)의 850hPa 바람장의 합성도이다.

바람의 방향은 서쪽의 고기압과 동쪽의 저기압의 형태 및 위치에서 기류가 한반도로 유입되는 주요한 변수로 작용하고 하고 있다.

Fig. 17(a)는 A형과 B형의 12월 바람장의 합성도이다.

12월 A형에서는 아노말리 합성도에서 우리나라는 서고동저 기압배치에 영향을 받고 있으며 이로 인해 북서부에는 강한 북서풍이 불어 들어오고 있다. 광주・전남 지방에 강한 양의 아노말리를 나타내고 있으며, 북서쪽의 고기압이 상대적으로 긴 취송거리를 확보하여 광주・전남 지방에 강설을 보인다.

한편 12월 B형에서는 북서고 남동저 아노말리 합성도 기압배치 유형으로 서해안 쪽으로 북서풍이 불고 있으나 그 강도는 약하다. 이때는 한반도 북쪽으로 동풍 계열의 바람이 유입되고 중국 화중・화남 지방에서 불어 들어온 북서풍은 한반도 남쪽해상으로 유입되고 있다. 따라서 광주・전남 지방에는 영향을 미치지 않는다.

북서풍이 유입되면서 비교적 충분한 취송거리를 확보한 한기가 호남지방에 영향을 줄 때 대설이 유발되는데(김명철, 2011), A형에서는 강한 북서풍의 유입으로 강설빈도가 높았음을 알 수 있다. 따라서 광주・전남 지방의 강설의 경우 대부분 북서계절풍의 영향을 받을 때 발생하며 풍속이 강한 바람이 유입될수록 광주・전남 지방의 전체에서 강설이 발생하고 그 양도 결정된다 할 수 있다.

Fig. 17(b)는 A형과 B형의 1월 바람장의 합성도이다.

1월 A형에서는 한반도 남쪽으로 약한 양의 아노말리가 발달하여 나타나 있다. 따라서 이 세력을 중심으로 반시계 방향으로 부는 풍향을 따라 광주・전남 지방에 북서풍이 유입되고 이는 소백산맥 북서 사면을 향하여 한기를 이류시키고 있다.

또한 1월 B형에서는 약한 아노말리가 화중지방에서 우리나라까지 나타나 있으며, 동해상에서는 북동풍이 유입되고 남해상에서는 남동풍이 유입되고 있다. 따라서 광주・전남지방의 강설에는 크게 영향을 주지 않고 있다.

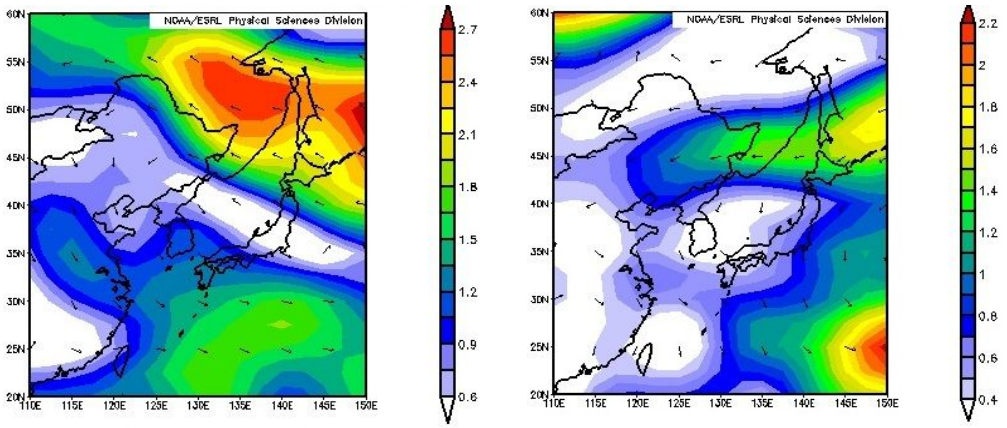
상층의 풍속이 강하다는 것은 기압 경도력이 크다는 것이며, 이는 시베리아 고기압의 세력이 강하다는 것을 뜻한다(이경미, 2004). 이로 인해 강한 고기압이 자리잡아 서해상으로 장출하고 있는 A형에서 더 강한 상층 바람이 유입되었다.

Fig. 17(c)는 A형과 B형의 2월 바람장의 합성도이다.

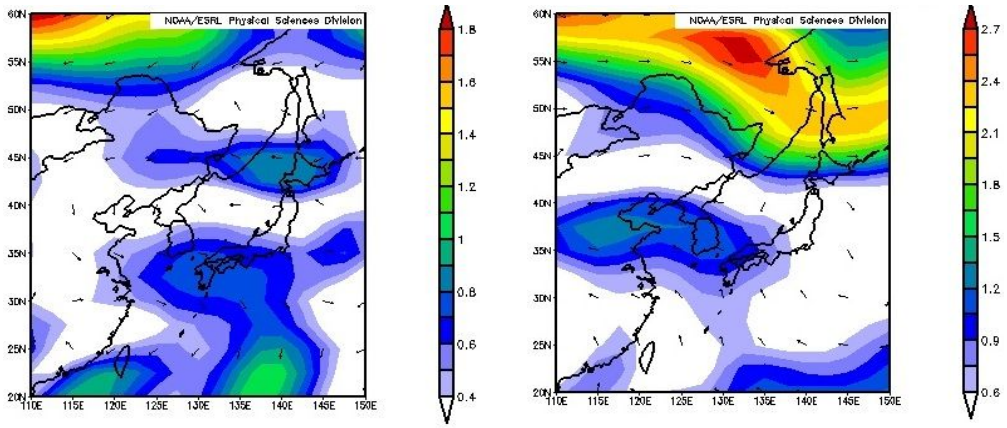
2월 A형은 남서쪽의 강한 양의 아노말리를 나타낸 저기압의 영향으로 인해 반시계 방향의 기류 흐름으로 남서풍이 우리나라 서해안으로 불어 들어가고 있어 광주·전남 지방의 강설에 크게 영향을 주고 있다.

2월 B형에서는 우리나라 북쪽에서 동해상으로 동풍과 북동풍이 계속해서 유입되고 있다. 따라서 광주·전남 지방에는 강설의 빈도가 낮았다.

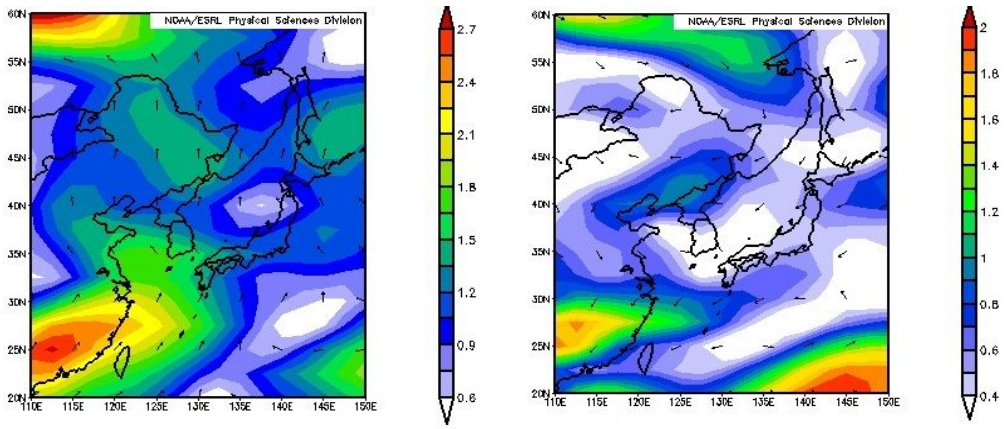
호남지방의 풍속과 강설 발생은 한랭한 북서계절풍에 직접적으로 노출되는 서해안 지역에서는 상층 풍속이 강할수록 강설량이 많고 빈번하지만, 여수와 고흥 등의 남해안 지역에서는 상층 풍속의 영향을 거의 받지 않는다(이경미, 2004). 따라서 광주·전남 지방은 기압경도력에 따른 북서풍의 취송거리 확보 차이로 인해 강설의 발생 여부가 결정되며, 또한 남해상의 저기압의 발달과 함께 불어 들어오는 남서풍의 영향으로 강설이 발생한다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 17. Composite maps of 850hPa vector wind by A type(left panel) & B type (right panel): (a)Dec., (b)Jan., and (c)Feb.

3. 온도장

Fig. 18은 1981년부터 2010년까지의 기후값에 대한 A형과 B형의 겨울철(12, 1, 2월)의 850hPa 기온장의 합성도이다.

따뜻한 해상을 지나면서 수증기가 공급되고, 이로 인하여 눈 구름대가 발달함에 따라 기온분포도 중요하다.

Fig. 18(a)는 A형과 B형의 12월 기온장 합성도이다

12월 A형에서는 북서쪽으로 -2℃ 이하의 음의 한기 중심을 포함한 온도골이 한반도 전체에 영향을 주고 있으며 온도골의 곡률이 매우 크다. 따라서 북서기류를 따라 부는 북서풍이 차가운 대륙의 한기를 머금고 장시간 영향을 주어 우리나라 광주・전남 지방에 강설 발생을 일으키고 강설량 역시 많을 것으로 판단된다.

한편 12월 B형은 일본 남해 쪽으로 차가운 한기의 중심이 나타나 있으나 북쪽은 양의 기온분포를 보이고 있고 한반도는 아노말리값 0을 나타내고 있다. 남해안 지역으로도 -0.5℃의 한기 중심이 영향을 주고 있으나 그 세력은 약해 광주・전남 지방에 강설은 나타나지 않았으며, 북동쪽으로 이동하는 기류를 따라 중북부와 동해안 지역으로 강설이 나타났다.

따라서 광주・전남 지방의 강설발생은 차가운 한기가 중국 화북을 지나 한반도를 통과하여 영향을 줄 때 강설이 나타난다.

Fig. 18(b)는 A, B형의 1월 기온장 합성도이다.

1월 A형에서는 12월 A형에서와 유사한 기온 분포를 보이고 있다. 북서쪽에서 차가운 기류가 내려오고 있으나 12월 A형에 비해 온도골의 곡률이 작아 강도가 강하게 나타났다. 그러나 서해안 쪽에서 기온 분포가 높아짐에 따라 강설량은 12월의 강설량에 비해 적을 것으로 판단된다.

1월 B형은 중국 화중지방에 -1.5℃의 한기 중심이 나타나있고 이는 이동성 고기압의 장출과 함께 광주・전남 지방에 영향을 줄 것으로 사료된다. 그러나 우리나라는 북서쪽의 +2.5℃ 양의 아노말리 중심의 기온 분포가 계속 영향을 주고 있어 광주・전남 지방의 강설은 나타나지 않았다.

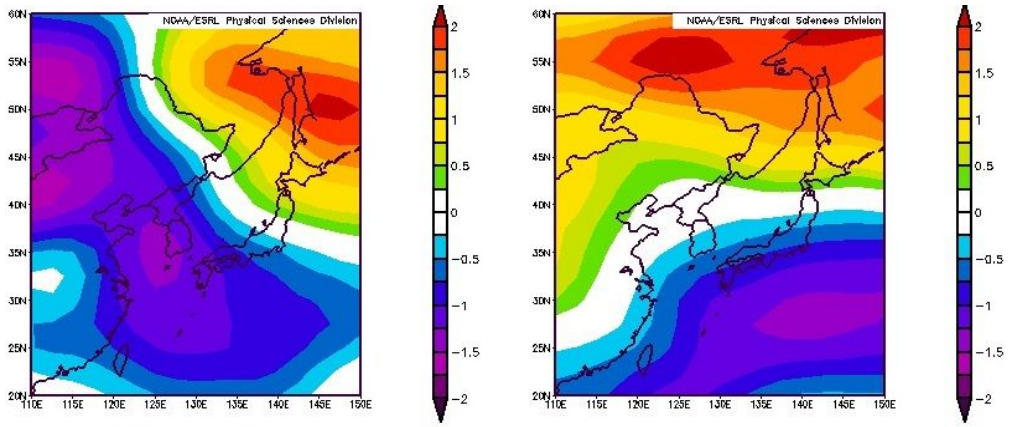
Fig. 18(c)는 A, B형의 2월 기온장 합성도이다.

2월 A형에서는 북서쪽에 음의 아노말리가 나타나고 일본 남해상으로 양의 아노말리 중심이 나타났다. 남해안 지역은 양의 아노말리 세력의 영향을 받아 상대적으

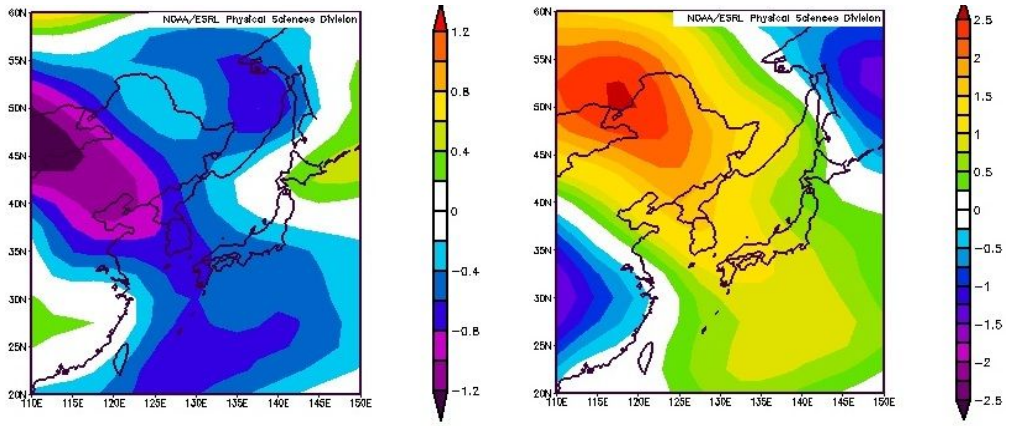
로 따뜻한 온도 분포를 보이고 있다. 따라서 광주·전남 지방은 남쪽의 저기압의 영향과 따뜻한 남서풍이 불어 들어오면서 많은 습기를 머금어 강설이 발생한다.

2월 B형은 북서쪽에서 형성된 온도골이 동해 쪽으로 발달해 있고, 서해상으로 차가운 한기중심의 영향을 받고 있으나 광주·전남 지방에는 강설이 나타나지 않았다. 이는 풍속과 기류의 흐름이 영향을 미치고 있는 것이며, 차가운 한기의 영향으로 많은 수증기가 공급되지 못하였기 때문이다.

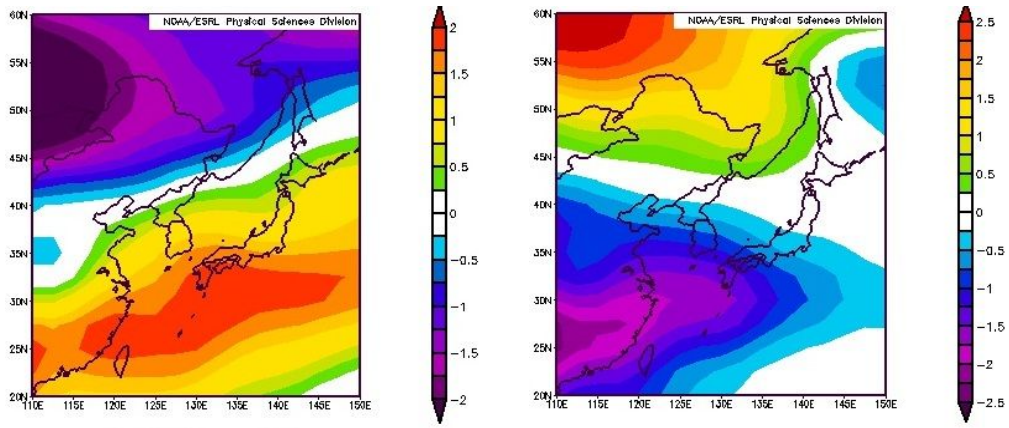
좁은 영역의 한기가 호남지역에 집중될 때 대설을 발생하며(김명철, 2011), 광주·전남 지방의 강설도 한기의 영향을 받고 있을 때 발생하였다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 18. Composite maps of 850hPa temperature by A type(left panel) & B type (right panel): (a)Dec., (b)Jan., and (c)Feb.

제4장 결론 및 제언

본 연구는 광주·전남 지방의 강설발생의 기후학적 특성을 분석한 것이다. 연구에는 8개 종관기상관측지점의 30년간(1981~2010) 신적설 자료를 사용하였으며, 이를 바탕으로 강설과 관련된 통계적 특성을 통해 강설의 패턴과 경향성을 조사하고, 공간적 강설 발생일의 지상 기압배치 유형을 분류하여 종관환경을 분석하였다. 강설일과 강설량에 대한 30년간 파엽(wavelet) 분석을 통해 최근 강설발생의 주기성을 조사하고 강설빈도가 많았던 해와 적었던 해에 대해 대기 순환장 특성을 규명하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 강설발생 변화 특성 중 광주·전남 지방의 강설일수는 연간 총 66회였으며, 1월의 강설빈도가 가장 많았다. 전남 서해안에 위치한 관측 지점들은 시베리아 고기압의 세력으로 강설이 자주 일어났고, 전남 남해안에 위치한 관측 지점들은 저기압에 의한 강설의 비율이 높았다. 따라서 광주·전남 지방의 각 지역에서 발생하는 강설일에 비하면 광주·전남 지방 전체에 나타나는 강설일은 적었다.

강설량은 최근 10년간(2001~2010년)간 44.3cm 증가하였고, 1980년대에는 1월의 강설 비율이 높았으나 1990년대 중반 이후 12월의 강설 비율이 높게 나타났다. 또한 최근 온난화의 영향으로 우리나라 대부분 지역에서 강설량이 감소추세를 보이는 반면 광주·전남 지방에서는 강설량이 증가하는 추세가 나타났다. 월별 강설량은 12월이 가장 많았고 이는 시베리아 고기압과 함께 기압골이 발달하고 상대적으로 따뜻한 해수면 온도의 영향을 받기 때문이다.

각 지점별 강설은 전남 서해안에 위치한 관측 지점들에서 많았고, 남해안에 위치한 관측 지점들에서는 적었다. 따라서 광주·전남 지방에서 광주, 목포 지점은 다설(多雪)지역, 여수·고흥 지점은 과설(寡雪)지역으로 간주할 수 있다.

2) 강설일의 지상 기압배치 유형은 시베리아 고기압형, 이동성 고기압형 및 저기압형으로 크게 3유형으로 분류하였다. 광주·전남 지방의 강설 발생 시 시베리아 고기압의 영향을 받는 경우가 총 31회이고, 강설량이 15.7cm로 가장 많았다. 저기압형의 영향을 받을 때는 광주·전남 지방에서도 과설지역이라 할 수 있는 여수와

고흥 뿐 만 아니라 전남 남해안에 위치한 관측 지점들에서 상대적으로 많은 강설량이 발생하였다.

따라서 광주·전남 지방 각 지역의 강설에 가장 많은 영향을 주는 것은 시베리아 고기압이나 광주·전남 지방의 공간적인 지역에서는 상대적으로 저기압형일 때 강설일과 강설량이 많았다. 3가지 유형 모두 1월에 가장 강설발생 빈도가 높았고, 강설량은 12월에 가장 많아 앞서 제시한 결과와 일치하였다.

3) 30년간 파엽(wavelet) 분석을 한 결과, 강설일과 강설량은 모두 6년의 주기가 강하게 나타났다. 또한 지점별 강설일수에서 대륙에 위치한 광주와 서해안에 위치한 목포에서는 약 1~2년과 3년, 남해안에 위치한 여수에서는 약 8년의 주기가 강하게 나타났다. 분산값 역시 짧은 주기일수록 최고를 나타내고 있어 최근 강설 빈도와 강설량이 잦아지고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 강설 시 대설로 이어지는 주기가 짧아진 것이며, 강설 빈도와 폭설이 잦아지고 있음을 알 수 있다. 또한 광주·전남 지방에서도 광주와 목포는 시베리안 고기압, 이동성 고기압, 저기압형의 영향 등 모두 강한 강설이 발생 가능하여 주기가 한번 이상이 나타났고, 여수는 강설 발생 시 저기압의 영향이 대부분임으로 강설 주기가 한번으로 나타났다.

4) 강설발생 빈도가 높았던 해와 낮았던 해(A형)에 대해 12월, 1월, 2월의 850hPa의 고도장, 바람장, 온도장의 대기순환장을 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

강설빈도가 높았던 해의 고도장 합성도에서는 12월과 1월은 화북지방으로 양의 아노말리가 나타났고, 일본 동쪽으로 음의 아노말리가 나타났다. 2월은 화남 쪽으로 양의 아노말리 중심이 위치하고, 일본 북동쪽 해상에 양의 아노말리 중심이 나타난 형태를 보였다. 바람장 합성도에서는 12월에 강한 북서풍이 유입되었고, 1월과 2월에서는 남해상의 저기압의 세력을 따라 반시계 방향으로 부는 남서풍의 영향을 받았다. 마지막으로 온도장 합성도에서는 12월과 1월에 북서쪽에서 음의 한기를 포함한 온도골이 나타났으며, 2월에는 상대적으로 따뜻한 남서풍이 불어 들어오면서 많은 습기를 머금어 광주·전남 지방에 영향을 주어 강설이 나타났다.

강설빈도가 낮았던 해(B형)의 고도장 합성도에서는 12월과 2월에 북서쪽에 양의 아노말리가 나타났고, 일본 북부지역에 음의 아노말리가 나타났으나 그 세력은 매우 약하였다. 또한 1월에는 한반도 북쪽에서 일본 북부지역까지 양의 아노말리가 나타나 한반도가 고기압의 영향권에 있었다. 바람장 합성도에서는 12월과 1월에는

북서풍이 불어 들어오나 그 강도는 약했고, 2월에는 동풍과 북동풍이 유입되었다. 온도 합성도에서는 12월에는 남쪽의 한기의 영향을 받았고, 1월에는 북서쪽의 양의 아노말리 영향을 받았다. 또한 2월에는 서해상의 차가운 한기의 영향을 받았으나 모두 많은 수증기가 공급되지 못하여 광주·전남 지방의 강설이 나타나지 않았다.

따라서 같은 기압배치에서도 기류의 유입과 방향, 풍속, 해기차 등의 조건에 의해 광주·전남지방의 강설 빈도가 달라졌다.

본 연구에서는 광주·전남 지방의 공간적인 지역에 대해 강설발생 시 기후학적 특성을 확인하였다. 강설발생 분포와 강설발생 패턴이 국지적으로 다양해지고, 강설 강도가 강해지고 있어 정확한 예보와 그에 대한 방재 대책이 필요하다. 따라서 향후 더 다양한 기후요소에 관한 연구와 강설 발생에 대한 더 자세한 지역별 규모의 정량화 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

고형일, 2003, 호남지방의 강설의 기후학적 특성, 한국교원대학교 석사학위논문, 24-25.

곽병철, 윤일희, 2000, 1997년 1월 5-7일에 발생한 동해안 대설에 관한 지역별 종관 특성, 한국지구과학회, 21(3), 258-275.

김명철, 2011, 시베리아 고기압 확장시의 우리나라 국지 대설에 관한 종관 특성 연구, 서울대학교 석사학위논문, 1-63.

류찬수, 이순환, 2007, 2005년 12월에 발생한 호남지방 대설의 발달 특성에 관한 연구, 한국환경과학학회지, 16(2), 96-98.

문길태, 김홍진, 1982, 1981년 1월 14일-16일 사이의 저기압에 동반된 대설의 특성 연구, 한국기상학회지, 18(1), 22-32.

민경덕, 1974, 동계 황해상의 열 및 수증기 수지해석과 이들이 시베리아 기단의 변질에 미치는 영향, 한국기상학회지, 10(1), 1-10.

박병익, 윤석은, 1997, 한국의 동계 강수 분포에 관한 종관기후학적 연구, 대한지리학회, 32(1), 31-46.

서은경, 전종갑, 1991, 1990년 1월 29일-2월·일 한반도에서 발생한 대설에 관한 연구, 한국기상학회지, 27(2), 165-179.

송동섭, 2012, 2011년 강원 폭설과 GPS 가강수량의 상관성 분석, 한국측량학회지, 30(1), 97-104.

송병헌, 1993, 우리나라 동해안 지역과 서해안 지역의 강설 특성 비교 연구, 서울대학교 석사학위 논문, 1-32.

심기오, 2005, 2004년 3월 폭설의 확률강설량 분석, 대한토목학회지, 10, 218-221.

유동봉, 김경익, 2005, 도플러 레이더 관측에 의한 강설운의 운동학적 특성과 구름줄 발달 분석, 한국기상학회지, 41(6), 877-896..

이경미, 2004, 호남 지방의 국지적 강설 분포와 그 차이의 원인 분석, 건국대학교 석사학위논문, 1-50.

이경미, 이승호, 2006, 호남지방의 국지적 강설 분포와 그 차이의 원인에 관한 연구, 대한지리학회지, 41(4), 457-469.

이병설, 1979, 남한의 강설분포에 관한 연구, 서울대학교 지리교육과, 9, 224-235.

이승호, 류상범, 2003, 전구 기온 상승이 한국의 적설량 변화에 미치는 영향, 대한지리학회지, 38(4), 463-477.

이승호, 천재호, 2003, 시베리아 고기압 확장시 호남지방의 강설분포-노령 산맥 서사면 지역을 중심으로, 대한지리학회지, 38(2), 173-183.

이재규, 1999, 대관령과 강릉 지역의 강설량 차이를 일으키는 종관구조, 한국기상학회지, 35(2), 319-334.

이재규, 2001, 영동해안 대설사례의 수치모의 연구, 한국기상학회지, 30(2), 1-12.

이재준, 장주영, 곽창재, 2010, 각종 수문인자의 갱년별 특성변화 분석(Ⅱ)-변동성, 주기성을 중심으로, 한국수자원학회논문집, 43(5), 483-493.

이훈, 이태영, 1994, 영동지역의 폭설 요인, 한국기상학회지, 30(2), 197-218.

장경화, 2003, 한반도 강설의 기후학적 특성, 전남대학교 석사학위논문, 5-43.

전종갑, 이동규, 이현아, 1994, 우리나라에서 발생한 대설에 관한 연구, 한국기상학회지, 30(1), 97-117.

정관영, 정영선, 황병준, 1999, 주성분 분석을 이용한 한반도 강설 지역 구분, 한국기상학회지, 35(3), 466-473.

정성훈, 2006, 한반도 강설의 발생기구에 의한 유형 분류, 연세대학교 석사학위논문, 10-48.

정영근, 1999, 호남지방 대설 발생의 종관환경, 한국지구과학회지, 20(4), 398-410.

정영근, 2005, 호남지방 강설의 경년변동과 대기순환 특성에 따른 계절예측, 한국기상학회 봄 학술대회 논문집, 152-153.

정영근, 2006, 호남지방 강설의 장기변동과 북반구 대기순환 특성, 한국기상학회 봄 학술대회 논문집, 24-25.

조익현, 유희동, 이우진, 신경섭, 2004, 2004년 3월 4일 대설 사례에 관한 분석과 예보를 위한 제안, 한국기상학회지, 14(3), 3-18.

주형돈, 2006, 2005년 12월 호남지방 대설 사례분석, 한국방재학회지, 6(1). 22-28.

지역기후변화보고서, 2011, 강원영동, 기상청, 114-116.

지역기후변화보고서, 2011, 광주・전남, 기상청, 170-174.

지역기후변화보고서, 2011, 서울, 기상청, 41-43.

지역기후변화보고서, 2011, 인천・경기, 기상청, 139-140.

천재호, 2001, 시베리아 고기압 확장시 호남 지방의 강설 분포 특성, 건국대학교 석사학원논문, p.14.

최광용, 권원태, 2008, 현재와 미래 우리나라 겨울철 강수형태 변화, 대한지리학회지, 43(1), 1-19.

최광용, 김준수, 2010, 우리나라 대설 시 지상 종관 기후 패턴, 대한지리학회지, 45(3), 319-341.

최진식, 1990, 남한의 강설지역구분과 강설의 지역적 특성, 대한지리학회지, 41, 35-48.

허기영, 하경자, 오현미, 윤순조, 2006, 2005년 12월 4일의 Polar low에 동반된 서해안 대설 사례 분석, 한국기상학회 봄 학술대회 논문집, 4, 344-345.

허진석, 1994, 겨울철 한반도 서해안 지역 강설의 분석과 수치 시뮬레이션 연구, 서울대학교 석사학위논문, 1-78.

Changnon, S. A., 1979, How a sever winter impacts on individuals, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 50, 110-114.

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., Reynolds, B., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Jenne, R., and Joseph, D., 1996, The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471.

Schmidlin, T. W., 1993, Impacts of sever winter weather during December 1989 in the Lake Erie snowbelt, *J. Climate*, 6, 759-767.

감사의 글

논문을 마무리하고 ‘감사의 글’을 쓰려고 보니 눈앞에 떠오르는 얼굴들이 참 많습니다. 그러고 보면 참으로 많은 분들의 도움이 있었기에 지금의 제가 있을 수 있었습니다. 여기 이 감사의 글을 통해서라도 제가 느끼는 감사의 마음을 조금이나마 전할 수 있으면 좋겠습니다.

먼저 모든 면에서 부족함이 많은 저를 항상 지켜봐주시고 변함없는 믿음과 사랑으로 가르침을 주시며 항상 격려와 충고로 이끌어주신 류찬수 교수님께 진심으로 머리 숙여 감사드리며 항상 건강하시기를 기원합니다.

바쁘신 중에도 논문을 구상할 때부터 최종 마무리를 할 때까지 아낌없는 지도와 도움을 주신 김백조 과장님, 부족함이 많은 제 논문에 애정을 갖고 가르침을 주시며 귀중한 조언들을 아끼지 않으셨던 과장님께 드리는 감사의 마음은 이루다 말할 수 없습니다.

또한 논문이 완성되기까지 애정과 관심을 주시고 조언들을 아끼지 않으신 이충태 교수님께도 깊은 감사를 올립니다. 교수님의 관심어린 조언 덕분에 논문을 마무리할 수 있었습니다.

논문이 완성되기까지 많은 조언과 격려를 해주신 정효상 교수님, 오완탁 교수님, 한국기상기후아카데미 홍윤 원장님께도 감사의 말씀을 드립니다. 또한 필요한 자료를 제공해주고 격려해주신 국립기상연구소 강미선, 허솔잎, 안보영 선배와 많은 도움을 아끼지 않았던, 이제는 가족과 다름없는 대기과학실험실 황성은, 임상철, 김창모, 박진우, 이혜민 님 고맙습니다.

마지막으로 옆에 있는 것만으로도 큰 힘이 되어주는 나의 사랑하는 부모님 그리고 동생들, 큰딸을 위해 아낌없는 지원을 해주시고 믿어 격려해주신 부모님께 깊은 감사의 마음을 드리고 언제나 건강하시기를 기원합니다.

그 밖에도 지면을 빌어 감사를 드려야 할 분이 수없이 많습니다. 비록 일일이 감사를 표하지 못하더라도 베풀어주신 따뜻한 성원과 격려에 깊은 감사를 느끼고 있음을 전하고 싶습니다.

이 작은 결실을 토대로 앞으로 더욱 발전된 모습을 보여드릴 것을 약속드립니다.