대한지리학회지 제41권 제4호 2006(457~469)

호남 지방의 국지적 강설 분포와 그 차이의 원인에 관한 연구

이경미* · 이승호**

The Spatial Distribution of Snowfall and its Development Mechanism over the Honam Area

Kyoungmi Lee*, Seungho Lee**

요약 : 본 연구에서는 호남 지방의 15개 기상 관측소의 일강설량을 분석하여 강설의 분포 특성과 지역별 강설 분포 차이의 원인을 파악하고자 하였다. 호남 지방의 강설 분포와 강설 발생 패턴은 지역별로 다양하다. 강설의 발생 패턴에 따라 호남 지방의 강설 지역을 내륙 북부 다설 지역(전주, 임실, 남원), 내륙 남부 다설 지역(광주, 순천), 산간 다설 지역(장수), 남해안 과설 지역(고흥, 여수), 서해안 다설 지역(군산, 부안, 정읍), 남서해안 다설 지역(목포, 해남), 남서해안 소설 지역(장흥, 완도)으로 구분할 수 있다. 서해안 다설 지역과 남서해안 다설 지역은 시베리아 고기압 확장 시 해양의 영향으로 강설이 발생한다. 반면 내륙 북부 다설 지역과 내륙 남부 다설 지역은 시베리아 고기압의 세력이 강하여 그 영향력이 내륙까지 미쳤을 때 강설이 발생한다. 이때 내륙 북부 다설 지역의 남원, 임실 등은 노령산맥 줄기의 북사면에 위치하여 지형에 의한 공기의 강제 상승으로 인하여 강설이 많다. 산간 다설 지역은 해발 고도가 가장 높은 산지 지역으로 지형성 강설이 발생하며, 남해안 과설 지역은 주로 남해안에 저기압이 통과할 경우 강설이 발생하나 그 빈도가 매우 낮다. 남서해안 소설 지역은 남서해안 다설 지역에 비해 서해로부터 떨어져 있어 시베리아 고기압에 의한 강설이 상대적으로 적다.

주요어 : 강설 분포, 강설 발생 패턴, 시베리아 고기압, 해양, 지형

Abstract : This study aims to understand the characteristics of spatial distribution of snowfall and to analyze its development mechanism in *Honam* province in Korea. The areas of snowfall in *Honam* area can be divided into the seven sub-area by snowfall pattern. In the west coastal area of heavy snowfall and the southwest coastal area of heavy snowfall, snowfall develops over reason of ocean by Siberian High while in the northern inland area of heavy snowfall and the southern inland area of heavy snowfall, it develops when a strong Siberian High affects to inland. Then, much snowfall is by a forced ascending due to topography in *Namwon*, *Imsil* and *Gwangju* of the northwestward of the *Noryung* and *Sobaek* mountain ranges while it is weak in *Jeonju* and *Suncheon* of the low plains and the southeastward. In the mountainous area of heavy snowfall and the south coastal area of light snowfall, cyclone is also one of causes of snowfall. In the southwest coastal area, snowfall is meager than the southwest coastal area of heavy snowfall because this area is far from the west coast. It is confirmed that the snowfall difference of the coast, inland and mountainous area appears by temperature difference of sea surface and 850hPa temperature, wind speed of Siberian High.

Key Words : spatial distribution of snowfall, development mechanism of snowfall, Siberian High, ocean, topography.

* 건국대학교 지리학과 박사과정(Ph. D. candidate, Department of Geography, Konkuk University), leekm@konkuk.ac.kr

** 건국대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Konkuk University), leesh@konkuk.ac.kr

1. 서론

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있고 지형이 복잡하여 좁은 지역에서도 강설 형태가 다양하다. 우리나라의 강설 발생은 기온, 해수면 온도, 풍향, 풍속, 기압배치, 대기 상태 등 여러 요소의 분포 및 특성과 관련이 있다(이훈 · 이태영, 1994; 이재규, 1999; 이승호 · 천재호, 2003).

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 손상을 입히기도 하며, 폭설은 도로를 차단시키기도 한다. 반면 눈은 겨울철 강수를 제공하여 건조한 겨울철 가뭄의 피해를 완화시키기도 한다.

호남 지방은 영동 지방 및 울릉도와 함께 우리나라의 대표적인 다설 지역 중 하나이다(이병설, 1979). 이 지역은 겨울철에 소백산맥에 의한 지형적인 영향과 인접한 서해의 영향으로 강설량이 많고, 대설 현상도 자주 발생한다(이승호 · 천재호, 2003). 호남 지방은 우리나라의 대표적인 농업 지역으로써 대설에 의한 농업 시설 파손의 피해가 자주 발생한다.[1] 또한 서해안 고속도로의 개통과 함께 지역 개발이 활발히 이루어지고 있어 호남 지방의 강설에 관한 연구의 필요성이 증대하고 있다. 기상청에서는 호남 지방을 13개의 국지 예보 구역으로 나누어 예보를 시행하고 있으며, 이와 관련된 정확한 예보를 위해서는 서로 다른 강설 메커니즘을 밝히는 것이 중요하다.

강설 현상에 관한 연구는 다양하게 이루어져 왔다. 강설 발생 원인에 관한 국외 연구의 경우 Braham과 Dungey(1984)는 호수 효과에 의한 Michigan호의 서안과 동안의 강설량 차이가 기온의 차와 매우 밀접한 관계가 있으며 서로 강한 음의 관계가 있음을 밝혔다. Anderson과 Nilson(1990)은 스웨덴 동쪽 해안 지역의 대설 현상이 따뜻한 해수면 위를 통과해 오는 차가운 동풍이 지속될 때 나타난다는 것을 밝혔으며, Hartley와 Keables(1998)는 대규모 대기 순환, 저기압의 이동 경로, 해수면 온도 등이 뉴잉글랜드의 겨울철 강설량에 미치는 영향을 조사한 결과 해수면 온도가 강설량과 음의 상관관계가 있음을 밝혔다.

국내의 강설 메커니즘에 관한 연구에는 주로 지상의 적설량과 해수면 온도, 상 · 하층의 바람 및 기온과 기압 등 종관, 비종관 자료를 이용하여 통계적 분석을 시도한 연구(최진식, 1985; 송병현 1993; 정관영 외, 1999; 정영근, 1999; 곽병철 · 윤일희, 2000)와 대설 사례를 중심으로 한 수치 모의 연구(문길태 · 김홍진, 1982; 서은경 · 전종갑, 1991; 이훈 · 이태영, 1994; 이재규, 1999; 이재규, 2001) 등이 있다. 이와 같은 우리나라 강설 발생 메커니즘에 대한 연구는 대부분 영동 지방을 사례로 대설 발생의 원인을 연구하거나 대관령과 강릉의 강설 발생 차이를 연구하고 있다. 또한 호남 지방의 강설에 관한 연구(이병설, 1979; 이승호 · 천재호, 2003)는 주로 강설 지역 구분 시 여러 대설 지역 중의 하나로써 연구되거나 강설의 분포에 초점을 두고 있기 때문에 호남 지방 강설 발생 기구에 대한 정량적인 연구는 부진하였다. 본 연구에서는 호남 지방 강설의 분포 패턴에 대하여 파악하고, 호남 지방 내의 강설 발생 차이를 가져오는 원인을 밝히고자 한다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서 사용한 자료는 각 기상 관측소의 일별 신적설량이다. 또한 각 기상 관측소의 일별 지상 풍속 자료도 이용하였다. 광주의 일별 상층 풍속 및 기온 자료와 국립수산과학원에서 관측한 연안 정지 관측소의 일별 해수면 온도 자료 등도 이용하였다. 그림 1은 분석에 포함된 기상 관측소와 해수면 온도의 관측 지점 위치를 나타낸다.

자료의 분석 기간은 1973년 10월 1일부터 2005년 4월 30일까지이다. 1973년부터 기상 관측소의 수가 급격히 늘어났으므로 분석 기간을 최근 32년간으로 하였다. 장수는 1988년부터 관측을 시작하여 1988년 10월 1일부터 2005년 4월 30일까지의 자료를 이용하였다. 어느 해의 강설량 및 강설일수의 값은 전년도 10월부터 해당 연도의 4월까지의 값을 의미한다. 즉, 2005년의 강설량은 2004년 10월부터 2005년 4월까지의 강설

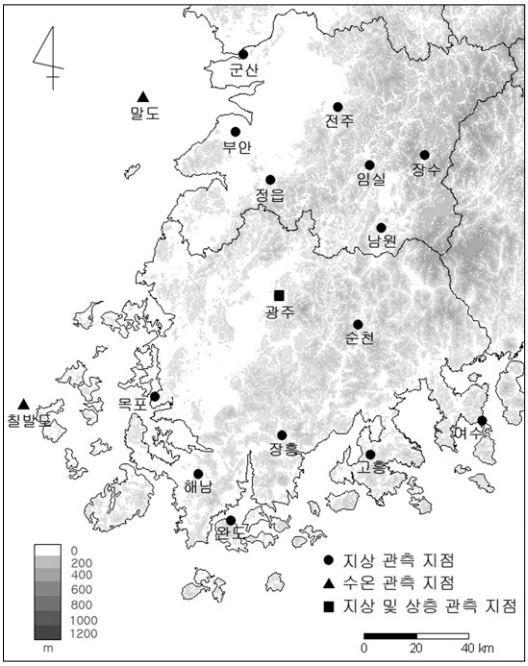

그림 1. 연구 지역 및 관측소의 위치

량을 말한다.

상층 자료는 광주의 09시와 21시의 850hPa 풍속 및 기온 자료를 이용하였다. 일반적으로 850hPa 고도면의 상층은 자유 대기이므로 850hPa 고도면의 바람 자료를 일반풍의 대표값으로 이용하였다. 광주의 상층 자료는 1985년 10월부터 2005년 4월까지의 자료를 사용하였다.

해수면 온도 자료는 국립수산과학원의 연안 정지 관측 지점에서 오전 10시에 관측한 값이다. 호남 지방의 서해안에 인접한 해수면 온도값을 분석에 이용하기 위해 말도와 칠발도의 2개의 지점을 선정하였다. 말도는 1973년 10월부터 2004년 4월까지의 일별 해수면 온도값을, 칠발도는 1993년 이후 관측이 중지되었으므로 1973년 10월부터 1993년 4월까지의 자료를 이용하였다.

호남 지방의 공간적 강설 분포를 파악하기 위하여 강설일수 및 강설량의 분포를 분석하고 강설 발생 패턴에 따른 지역 구분을 시행하였다. 강설일수 및 강설량은 월별로 그 경향을 파악하였다. 강설 발생 패턴에 의한 호남 지방의 지역 구분을 위하여 강설량을 변수로 군집 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 각 관측 지점들이 군집화 되는 단계마다 군집 내 제곱 거리의 전반적인 합에서 가장 작은 증가를 가지는 군집들을 결합하는 방법인 Ward법을 이용하였다. Ward법은 우리나라의 지형 특징을 잘 반영하는 방법 중 하나로 알려져 있다(문영수, 1990).

강설이 내륙으로 치우치는 정도는 지표와 850hPa 고도에서의 풍속과 밀접한 관련이 있으며, 수온과 850hPa 고도에서의 기온 차이가 클수록 호수(바다) 근처로 강설이 나타난다(Strommen and Harman, 1978). 또한 박용대 외(1979)는 해수면 온도와 850hPa 고도 기온과의 차이가 크고 풍속이 강할수록 해발고도가 높은 대관령의 강설량이 증가함을 보였다. 따라서 호남 지방의 지역별 강설의 발생에 대한 해양의 영향을 파악하기 위해서 해수면 온도와 상층 기온의 차와 관측 지점별 강설량의 관계를 분석하였다. 그리고 강설에 대한 지형적 영향을 파악하기 위해서는 상층과 지상의 풍속과 각 관측 지점별 강설량의 관계를 분석하였다.

호남 지방의 강설 차이에 대한 해양-대기 온도 차의 영향을 파악하기 위하여 관측 지점별 강설량과 해수면 온도에 대한 상층 기온의 차이 값을 변수로 상관 분석하였다. 해수면 온도는 위도나 해류 등의 지리적 인자에 따라서 그 분포 특성이 다르므로 서로 다른 위도 상에 위치하는 말도와 칠발도 두 지점을 선정하여 각각에 대한 강설량과의 상관 분석을 시행하였다. 또한 계급별 해양-대기 온도 차에 대한 강설 강도를 구하였다.

상층의 풍속에 따른 호남 지방의 강설 발생 차이를 분석하기 위하여 각 관측 지점의 강설 발생일의 강설량과 상층 평균 풍속을 상관 분석하였다. 상층 평균 풍속은 광주의 850hPa 고도면의 09시와 21시의 풍속을 평균한 값을 사용하였다. 호남 지방의 강설 발생 차이에 대한 지상 바람의 영향을 파악하기 위해서 지상 풍속에 따른 강설량 분포 특성을 파악하였다. 관측 지점별 지상의 평균 풍속 이상일 때의 강설량과 평균 풍속 이하일 때의 강설량의 평균을 구하여 그 차이를 분석하였다.

3. 호남 지방의 강설 분포와 지역 구분

1) 강설일수의 분포

호남 지방의 강설일수 분포를 보면 고도가 높은 산지 지역과 노령산맥의 북서 사면에서부터 서해안까지는 강설의 빈도가 높고, 노령산맥의 남동 사면에서부터 남해안에 이르는 지역에서는 그 빈도가 낮다(그림 2). 강설일수는 연구 지역 중 임실(24.2일), 장수(21.2일) 등의 산지 지역이 연평균 21일 이상으로 가장 많고, 그 다음으로 광주(19.9일), 정읍(19.6일), 군산(18.8일), 목포(18.0일), 부안(17.8일) 등의 서해안 지역이 연평균 약 18일 이상이다.

임실과 장수는 고도가 높은 내륙 산지 지역에 위치하고 있어 강수일수가 많다. 서해안과의 거리가 가까울 뿐만 아니라 노령산맥을 배후에 두고 있는 광주와 정읍은 산지 지역인 임실과 장수 다음으로 강설이 빈번하다. 군산, 목포, 부안도 비교적 강설일수가 많은 지역이다. 이 지역은 서해안에 위치하고 있어 겨울철 한파 내습 시에 찬 공기가 온난한 서해의 수면 위를 통과할 때 생성되는 소위 '바다 효과'에 의한 강설 빈도가 높다(이승호 · 천재호, 2003).

연구 지역의 강설일수는 남해안으로 갈수록 급격히 감소하여 여수는 연평균 강설일이 3.4일로 가장 적고, 고흥과 완도는 각각 5.2일, 7.3일이다. 이는 남해안 지역이 소백산맥 줄기의 풍하측에 위치하고 있어서 지형에 의한 강설 발생이 적기 때문이다. 또한 남쪽으로 갈수록 기온이 높은 것도 남해안 지역의 강설일수가 적은 이유이다.

그림 2는 월별 강설일수의 분포를 나타내는 것으로 전 지점에서 1월의 강설일수가 가장 많다. 4월과 10월에는 임실(0.2일, 0.1일)과 장수(0.2일, 0.1일)를 제외한 대부분의 지점에서 강설일이 거의 나타나지 않았다. 임실과 장수는 높은 산지에 위치하기 때문에 지형의 영향으로 늦은 4월과 이른 10월에도 강설이 발생하며, 3월과 11월의 강설일수도 다른 지역에 비해서 많다.

호남 지방의 15개 관측 지점 중 고흥, 목포, 순천, 여수, 완도, 해남 등 노령산맥의 풍하측에 위치한 지역은 각 지역의 총 강설일수에 대한 2월 강설일수의 비율이 25% 이상으로 12월 강설일수의 비율보다 높다. 특히 여수는 2월 강설일수의 비율이 38.9%로 1월 강설일수의 비율(40.7%)과 거의 유사하다.

2) 강설량의 분포

호남 지방의 연평균 강설량은 노령산맥의 고도가 높은 지역, 노령산맥을 경계로 그 북서 사면 및 서해안에서는 강설량이 많고, 그 남동 사면과 남해안에서는 적다(그림 3). 정읍(81.3cm)과 임실(79.1cm)의 강설량이 가장 많으며, 장수와 부안의 경우 강설량이 각각 68.3cm, 67.7cm로 정읍과 임실 다음으로 많다. 그 밖에 군산(53.1cm), 광주(52.7cm), 남원(50.8cm) 등도 강설량이 많은 곳이다.

남해안에 가까워질수록 강설량이 급격히 감소한다. 완도(10.8cm)와 고흥(6.7cm)은 여수(4.0cm) 다음으로 강설량이 적다. 이는 이 지역이 남해안에 위치하여 기온이 상대적으로 높고 노령산맥과 남해안 산지의 풍하측에 위치하고 있기 때문이다. 이들 지역은 강설일의

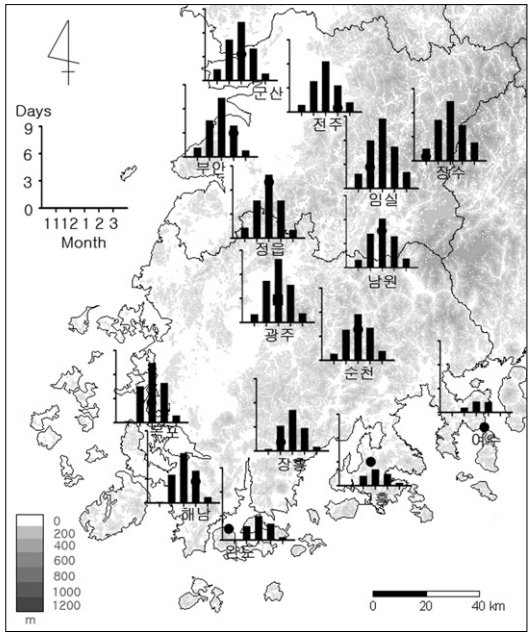

그림 2. 월별 강설일수 분포

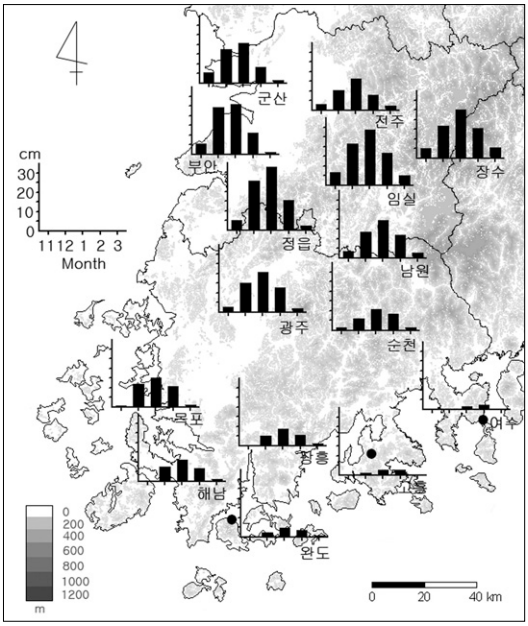

그림 3. 월별 강설량 분포

빈도와 강설량이 적어 호남 지방의 대표적인 과설 지역이라고 할 수 있다.

그림 3은 강설량의 월별 분포 특성을 파악하기 위하여 호남 지방의 각 관측 지점별로 11월에서 3월까지의 강설량을 나타낸 것이다. 4월과 10월에는 임실과 장수를 제외한 모든 지점에서 강설량이 거의 나타나지 않으므로 그래프에서 제외하였다. 고흥과 여수를 제외한 대부분의 지점에서 1월 강설량이 가장 많다. 임실과 장수는 3월의 강설량 비율이 다른 지역에 비하여 높은 편이다.

정읍, 군산, 부안 등 서해안에 인접한 지역은 1월 강설량이 2월 강설량의 두 배를 훨씬 넘는다. 또한 12월의 강설량 비율이 전체의 30% 이상으로 다른 지역에 비해서 매우 높다. 이는 강설시 시베리아 고기압의 영향을 받는 빈도가 12월과 1월의 경우에는 약 21%, 24%인 반면에 2월은 약 16%로써 12월과 1월에 비하여 낮은 것(이승호, 1995)과 관련 있다고 생각한다. 따라서 정읍, 군산, 부안 등은 시베리아 고기압의 세력이 강한 12월과 1월에 강설이 집중한다고 할 수 있다.

노령산맥의 남동사면에 위치한 고흥, 순천, 여수, 완도 등은 강설일수와 같이 2월 강설량의 비율이 약 30% 이상으로 12월 강설량의 비율보다 높다. 특히 여수와 고흥은 2월 강설량의 비율이 각각 52.8%, 39.5%로 1월 강설량의 비율보다도 훨씬 높다. 박병익과 윤석은(1997)의 연구에 의하면 12월과 1월에는 시베리아 고기압의 영향에 의한 북서풍과 서풍의 기압배치형의 강설 비율이 높으나 2월에는 남해안에 위치하는 저기압에 의한 강설이 많다. 따라서 여수와 고흥 등의 지역은 시베리아 고기압의 영향보다 남해안의 저기압에 의한 강설이 많기 때문에 2월 강설량의 비율이 높은 것이라 생각된다.

목포와 해남은 2월의 강설일수 비율이 12월보다 높았으나 강설량은 12월의 비율이 높다. 즉 목포와 해남의 강설 빈도는 위도상의 영향으로 남해안 지역의 다른 관측 지점과 유사한 분포 패턴을 가지나 강설 강도에 있어서는 서해안 지역의 강설 발생 원인에 더 큰 영향을 받는다고 할 수 있다.

3) 지역 구분

호남 지방의 강설 패턴을 분석하기 위하여 강설일의 강설량을 변수로 군집 분석을 하였으며, 이를 통하여 각 관측 지점별 강설 패턴의 상관성을 바탕으로 지역이 구분되었다. 이때 구분된 지역은 강설 발생 패턴이 서로 유사한 지역이다. 즉, 어느 한 지역에서 강설 현상이 나타난 날 같은 그룹에 속한 지역에서도 강설 현상이 나타날 확률이 높다는 것을 의미한다.

그림 4는 군집 분석 결과를 나타내는 덴드로그램(dendrogram)이다. 지역을 구분하기 위하여 정보 손실량의 증가 차이가 큰 단계 10과 11 사이에서 1차 지역을 구분하였다. 강설의 패턴에 따라 호남 지방은 내륙 지역(A), 산간 지역(B), 남해안 지역(C), 서해안 지역(D), 남서해안 지역(E) 등 5개의 강설 지역으로 구분된다. 그러나 이 단계에서는 같은 내륙 지역이라 해도 전주와 순천 등이 위도 상, 거리 상 원거리임에도 불구하고 모두 한 지역에 포함되기 때문에 정보 손실량이 커지는 단계인 8과 9 사이에서 2차 지역을 구분하였다. 이에 따라 호남 지방을 7개의 강설 지역으로 구분하고 최진식(1990)의 기준[2]을 참고하여 내륙 북부 다

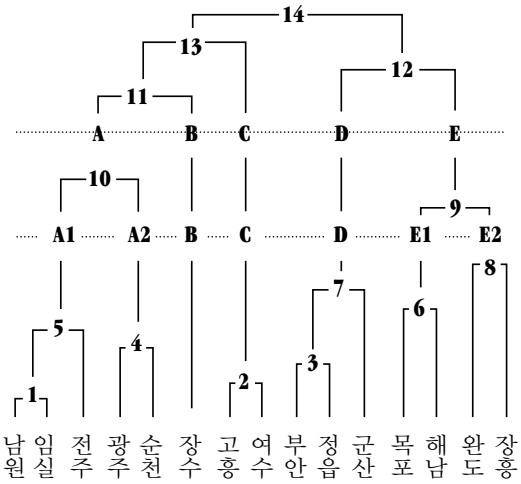

그림 4. 군집 분석 결과

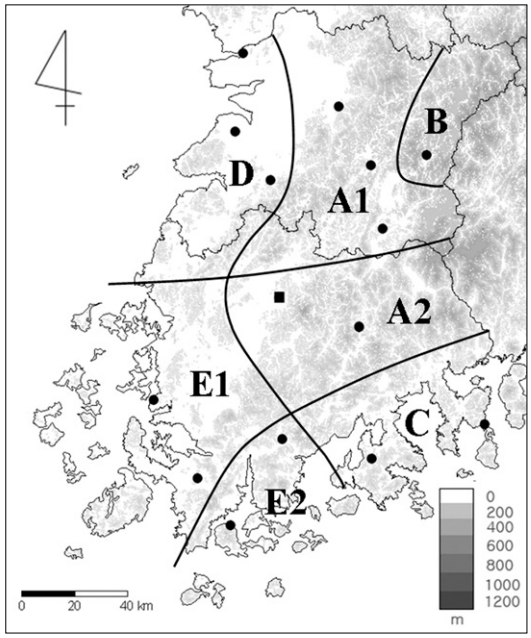

그림 5. 호남 지방의 강설 지역 구분

설 지역(A1), 내륙 남부 다설 지역(A2), 산간 다설 지역(B), 남해안 과설 지역(C), 서해안 다설 지역(D), 남서해안 다설 지역(E1), 남서해안 소설 지역(E2) 등으로 명명하였다(그림 5).

내륙 북부 다설 지역은 전주, 임실, 남원을 포함하는 지역이다. 연강설량은 30cm 이상이며, 연 강설일수는 15일 이상이다. 이 지역에서는 고도가 높은 임실(246.9m), 남원(89.7m), 전주(53.5m)의 순으로 강설량이 많다. 내륙 남부 다설 지역에는 광주, 순천이 포함된다. 광주와 순천의 강설일수는 각각 19.9일과 15.7일로써 그 차이에 비하여 강설량의 차이는 광주(52.7cm)가 순천(27.5cm)의 2배 정도로 크다. 광주와 순천의 해발고도는 각각 70.5m와 74.4m로 유사하지만, 광주는 소백산맥 줄기의 북사면에 순천은 남사면에 각각 위치한다. 즉, 광주와 순천은 동일한 강설 패턴을 가지나 그 위치에 따라 강설량이 차이가 나는 것으로 보인다.

산간 다설 지역은 장수를 포함한다. 장수는 해발고도가 407m로 호남 지방의 관측 지점 중 가장 높은 곳이다. 연강설량이 68.3cm로 주변의 임실과 함께 강설량이 많은 지역이다. 장수와 임실의 경우 모두 고도가 높은 산지 지역으로 강설량과 강설일수가 많으나 군집 분석 결과 임실은 강설량과 강설일이 상대적으로 적은 전주, 남원 등과 같은 그룹에 포함되었다. 즉, 임실과 장수 모두 고도가 높은 산지 지역이라고 해도 강설의 발생 패턴이 서로 다르다는 것을 알 수 있다.

남해안 과설 지역은 고흥, 여수 등이 포함되는 지역으로 호남 지방에서 강설량이 가장 적은 지역이다. 이 지역은 다른 지역과는 달리 전체 강설 중 2월의 강설량과 강설일수의 비율이 높다.

서해안 다설 지역에는 군산, 부안, 정읍 등이 포함된다. 군산, 부안, 정읍의 강설량은 각각 53.1cm, 67.7cm, 81.3cm로 강설량의 차이가 비교적 크다. 즉, 이 지역은 같은 기구에 의하여 강설 현상이 발생하지만 고도의 차이, 서해와의 인접 정도 등에 따라서 그 양의 차이가 발생하는 것으로 보인다.

남서해안 다설 지역은 목포와 해남 등이 포함된다. 목포와 해남의 강설량은 각각 38.9cm, 26.1cm로써 비슷한 위도대의 여수, 완도, 고흥, 장흥 등의 해안 지역에 비하여 많다. 남서해안 소설 지역은 장흥, 완도 등이 포함되는 지역이다. 장흥과 완도의 강설량은 각각 20.4cm, 10.8cm로써 1차 지역 구분 시 같은 그룹에 포함되었던 목포, 해남 등의 남서해안 다설 지역에 비해

강설량이 적다. 이는 이 지역의 강설 패턴이 남서해안 다설 지역의 강설 패턴과 유사하나 상대적으로 위도가 낮은 곳에 위치하므로 강설량이 차이가 나는 것임을 알 수 있다.

4. 강설 분포 차이의 원인

1) 해양과 상층 기온의 차

호남 지방의 해안과 내륙 산간에서의 강설 기구는 다르다(이승호 · 천재호, 2003). 해안에서는 바다 효과에 의해 강설이 발생하고 내륙 산간에서는 지형 효과에 의한 강설이 나타난다. 즉, 해안 지역의 구름은 한랭한 대륙성 고기압이 상대적으로 온난한 해양을 지날 때 상층의 공기와 해양의 온도 차이에 의해 유발되는 열적 대류 작용에 의하여 형성되는 것이다. 그림 6은 각 관측 지점의 강설과 해양–상층 기온 차의 관계를 나타낸 것이다.

군산과 부안 근처에 위치하는 말도의 수온과 상층 기온의 차는 대체로 소백산맥 줄기를 경계로 하여 북서쪽의 서해안 지역 강설량과 양의 상관관계가 있으며, 남해안 지역의 강설량과는 음의 상관관계가 있다(그림 6의 a). 군산, 부안, 정읍 등의 강설량과 해양–상층 기온 차 사이에는 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 가지는 반면 고흥, 여수 등에서는 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있다.

목포와 비슷한 위도대에 위치하는 서해상의 칠발도의 수온과 상층 기온의 차이도 말도의 경우와 유사한 패턴을 보인다(그림 6의 b). 역시 소백산맥의 줄기를 경계로 하여 북서쪽 지점에서는 양의 상관관계를 보이며, 남동쪽 지점에서는 음의 상관관계를 보인다. 그림 6의 a에서 군산은 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 가지는 반면 목포는 상대적으로 낮은 값이며 통계적으로 유의하지 않다. 그러나 그림 6의 b에서 군산은 부

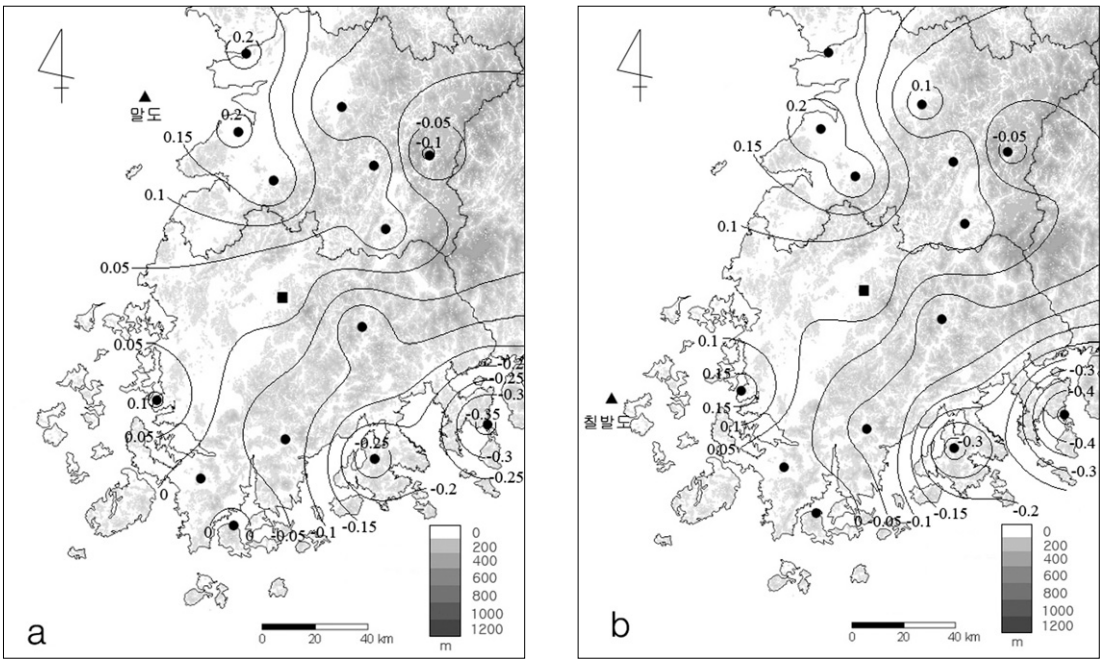

그림 6. 각 관측 지점의 강설량과 해양 – 상층 대기 온도 차의 상관관계
(a : 말도 지점의 수온 – 상층 기온 차와 강설량의 상관관계,
b : 칠발도 지점의 수온 – 상층 기온 차와 강설량의 상관관계)

안, 정읍에 비해 상관계수가 작으나 목포는 통계적으로 유의한 상관관계를 가진다. 이는 말도의 수온이 칠발도에 비해서 북쪽 지역의 강설량과 더 높은 상관관계를 가진다는 것을 보여준다. 즉, 군산, 부안, 정읍 등 호남 지방의 북서쪽에 위치한 지역의 강설량은 말도의 해수면 온도와 관련성이 더 크고, 목포 등 남서쪽의 강설량은 칠발도의 해수면 온도와 더 큰 관련성을 가진다는 것을 알 수 있다. 그림 6을 보면 다른 관측 지점에 비해서 군산, 부안, 정읍 등의 강설량과 해양–상층 기온차의 상관계수가 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이는데 이는 이 세 지점의 강설이 바다효과에 의한 강설과 밀접한 관계가 있음을 보여주는 것이라고 생각된다.

바다 위에서의 기단의 변질은 대설 발생에 커다란 영향을 미친다. 영동 지역 폭설 원인에 관한 연구 중 박용대 외(1979)는 속초 연안의 해수 온도와 적설량의 관계를 분석한 결과 동해 해수면 온도와 850hPa 고도 기온의 차가 클수록 대관령의 강설량이 증가함을 확인하였다. 표 1은 두 수온 관측 지점의 해수면 온도의 월별 평균값이다. 연평균 해수면 온도는 말도가 9.5℃로 칠발도의 10.0℃보다 낮으며, 월별 해수면 온도의 평균값도 같은 특성을 보인다. 말도는 칠발도에 비해 높은 위도 상에 위치하고 있어 해수면 온도가 칠발도에 비해서 낮다. 이는 말도에서의 수온과 상층 기온의 온도 차이가 칠발도에 비해서 작다는 것을 의미한다. 즉, 칠발도에서의 상관계수가 말도에서의 상관계수보다 높은 것은 칠발도에서의 수온과 상층 기온의 온도 차이가 말도에서보다 크기 때문이다.

소백산맥 줄기를 기준으로 북서쪽에 위치하는 전주, 임실, 남원, 광주 등의 내륙 지역의 강설량은 해수면 온도와 상층 기온의 차와의 상관관계가 높지는 않지만 양의 상관관계를 보인다. 이 지역의 상관계수가 군산, 부안, 정읍 등의 지역과 같이 유의한 값은 아니지만 해수면 온도와 상층 기온의 차로 인한 강설에 어느 정도 관련이 있음을 알 수 있다.

반면 소백산맥을 기준으로 남서쪽에 위치하는 고흥, 여수, 순천, 장흥 등의 남해안 지역의 강설량은 해수면 온도와 상층 기온의 차와 음의 상관관계를 보인다. 특히 고흥과 여수에서의 두 변수간의 상관계수는

표 1. 해수면 온도의 월별 평균값(℃)

월	말도	칠발도
1	5.4	6.8
2	4.3	5.4
3	5.4	6.2
4	8.4	8.9
10	18.7	18.0
11	14.3	14.5
12	9.1	9.8
전년	9.5	10.0

$r=-0.3$ 이상의 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보인다. 이승호와 천재호(2003)의 연구에 의하면 호남 지방의 강설은 대부분 시베리아 고기압의 확장에 의한 것이며, 그 외에는 저기압형 강설이다. 서해안의 해수면 온도와 상층 기온의 차가 작다는 것은 한랭한 시베리아 고기압의 영향이 약하다는 것을 의미하며, 이는 저기압에 의한 강설 발생의 가능성을 의미한다. 서고동저형의 전형적인 겨울철 기압배치형에서 약한 겨울철 기압배치형으로 변화되는 시기인 2월에 저기압에 의한 강수 현상이 많은데(박병익 · 윤석은, 1997), 고흥, 여수 등의 남해안 지역은 이 시기에 강설 비율이 높다. 따라서 고흥, 여수 등의 남해안 지역은 해수면 온도와 상층 기온의 차이가 클 때, 즉 시베리아 고기압의 영향이 강할 때 강설 발생이 약하며, 이 지역의 강설은 주로 저기압에 의한 강설이라고 판단된다.

해수면 온도와 상층 기온의 차이에 따른 관측 지점별 강설량의 분포 특성을 살펴보기 위하여 계급별 온도 차이에 대한 강설 강도를 구하였다(표 2). 말도와 칠발도 수온 관측 지점의 온도 차에 따른 강설량 분포는 거의 유사하며, 대체로 온도 차이가 클수록 강설 강도가 크다.

군산, 부안, 정읍의 경우 온도 차이가 클수록 강설 강도의 증가가 뚜렷이 나타난다. 특히 20℃ 이상의 온도 차이가 있을 때 강설 강도가 급격히 높아진다. 즉, 군산, 부안, 정읍 등 노령산맥 북사면의 서해안 지역은 해수면 온도와 상층 기온의 차이가 클수록 강설 강도

표 2. 해수면 온도와 상층 기온 차이에 대한 강설 강도(cm/day)

	말도			칠발도		
	≦15℃	15~20℃	>20℃	≦15℃	15~20℃	>20℃
군산	2.3	3.0	4.5	2.3	2.8	3.9
부안	3.4	3.9	5.9	3.0	2.8	5.9
정읍	3.5	4.4	5.4	2.6	3.2	6.2
전주	2.8	2.6	4.2	2.9	2.7	3.0
남원	3.3	3.1	3.8	3.3	3.0	3.7
임실	3.3	3.5	4.3	3.0	3.4	4.0
광주	3.0	2.7	3.0	2.9	2.0	3.7
목포	2.0	2.0	2.9	2.1	1.8	2.9
해남	2.0	1.9	2.2	2.9	1.7	2.2

의 증가폭이 크다고 할 수 있다. 서해안에 위치하는 목포와 해남 역시 온도차가 클수록 강설 강도가 증가하는 경향을 보이나 뚜렷하지는 않다. 이는 목포와 해남이 군산, 부안, 정읍 등의 관측 지점보다 남쪽에 위치하여 따뜻하므로 상대적으로 비가 내릴 경우가 많기 때문인 것으로 판단된다. 반면에 전주, 남원, 광주 등의 내륙 지역은 온도차의 증가에 따른 강설 강도의 증가 경향이 일정하지 않으며, 그 증가폭도 군산, 부안, 정읍 등에 비하여 작다.

2) 바람

그림 7은 상층 풍속이 강설이 내륙으로 치우치는 정도에 어떠한 영향을 미치는지 파악하기 위하여 850hPa 고도면의 상층 풍속과 강설량의 상관관계를 나타낸 것이다. 상층의 풍속이 강하다는 것은 기압 경도력이 크다는 것이며, 이는 시베리아 고기압의 세력이 강하다는 것을 의미한다. 그러므로 양의 상관관계가 높다는 것은 시베리아 고기압의 세력이 강할수록 강설량이 증가하는 것이고, 음의 상관관계가 높다는 것은 시베리아 고기압의 세력이 약할수록 강설량이 증가한다는 것을 의미한다.

상층 풍속과 강설량 간의 상관계수는 남원에서 r=0.314로 가장 높고, 정읍, 임실, 광주 등의 지점에서도 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있다. 반면 남해안에 위치하는 여수와 고흥 지점에서는 두 변수 간에 음의 상관관계가 있다.

군산과 부안 등 해안에 위치한 관측 지점에서보다

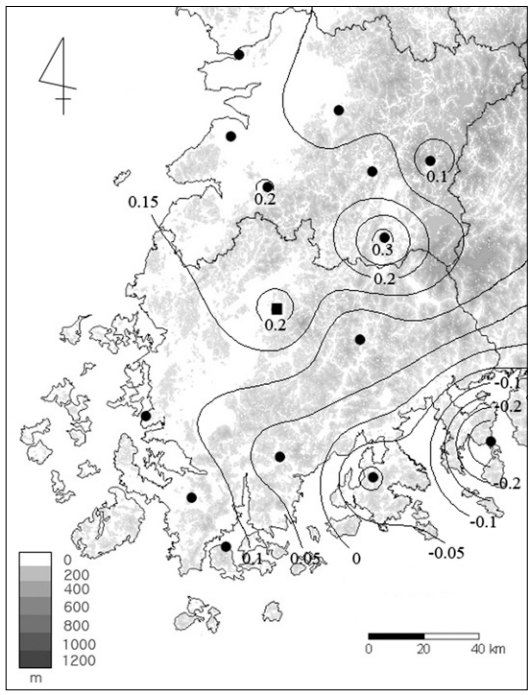

그림 7. 강설량과 상층 풍속의 상관관계

표 3. 지상 평균 풍속 이상일 때와 이하일 때의 강설량 차이

(단위 : cm)

관측 지점	평균 이상	평균 이하	차이	관측 지점	평균 이상	평균 이하	차이	관측 지점	평균 이상	평균 이하	차이
군산	2.7	3.2	-0.5	완도	1.5	1.7	-0.2	장수	3.6	2.7	0.9
전주	2.4	2.9	-0.5	부안	3.7	3.7	0	순천	2.0	2.2	-0.2
광주	2.9	3.0	-0.1	임실	3.9	3.4	0.5	장흥	1.7	1.4	0.3
목포	2.0	2.8	-0.8	정읍	4.1	4.7	-0.6	해남	2.2	1.8	0.4
여수	1.6	1.7	-0.1	남원	3.5	3.2	0.3	고흥	1.1	1.9	-0.8

남원, 광주, 정읍 등의 내륙에 위치한 관측 지점의 상관계수가 더 높다. 즉, 내륙에 강설이 발생하기 위해서는 해양과 상층 대기의 온도차에 의해서 강설이 많은 노령산맥 북서쪽의 해안에서보다 내륙에서 더 강한 상층 바람이 요구된다고 생각된다. 서해에서 발생하는 대류는 수평규모와 대류의 깊이가 작아 여름철 호우 발생 시의 구름대와는 달리 독자적인 발달 구조를 갖지 못하며 상승 운동에 직접적인 영향을 끼치는 종관규모의 강제력이 없다. 그러므로 이 구름은 육지에 상륙해서는 대류를 발생시키거나 유지할 수 있는 기구가 없어져서 소멸된다. 그러나 산지로 이동하면 지형을 만나 강제 상승하게 된다(허진석, 1994). 따라서 내륙에 많은 강설이 발생하기 위해서는 시베리아 고기압의 세력이 강해서 그 영향을 미칠 수 있는 범위가 넓어져야 한다.

여수와 고흥의 경우 다른 관측 지점과는 달리 강설량과 상층 풍속 사이에 음의 상관관계가 있다. 여수와 고흥은 시베리아 고기압의 세력이 약해지는 2월에 강설일수와 강설량의 비율이 높은 지역이다(그림 2, 3 참조). 상층 풍속이 강하여 시베리아 고기압의 세력이 강할 때 노령산맥의 남사면에 위치한 남해안 지역에는 그 영향이 거의 미치지 못하는 반면에 시베리아 고기압의 세력이 약할 때 남해안 지역에 저기압이 통과할 경우 강설이 발생하는 것이다.

호남 지방의 강설에 대한 지형의 영향을 파악하기 위하여 각 관측 지점별 지상의 평균 풍속 이상일 때의 강설량과 평균 풍속 이하일 때의 강설량 차이를 구하였다(표 3). 양의 값이 클수록 풍속이 강할 때 강설량이 많다는 것을 의미한다.

노령산맥 북사면의 경우 군산, 부안, 정읍, 전주 등의 해안에 인접한 지역과 내륙에서는 풍속이 강할 때와 약할 때의 차이가 거의 없거나 풍속이 약할 때 강설량이 많은 경향을 보인다. 반면에 임실, 장수 등의 고도가 높은 산지 지역에서는 풍속이 강할 경우에 강설량이 많은 경향이다. 임실, 장수, 남원 등의 산지 지역에서는 하층 풍속이 강할 때 지형의 상승효과에 의한 강설이 많다는 것을 알 수 있다. 장흥과 해남에서도 양의 값을 보이는 것은 목포, 여수, 완도, 고흥에 비해 내륙쪽으로 위치하기 때문인 것으로 생각된다.

이재규(2001)는 영동 해안 지역보다 영동 산악 지역에서 더 많은 강설이 있기 위해서는 산악 지형에 의한 강제 상승효과가 크게 나타나야 한다고 하였다. 즉, 대기 중하층에 걸쳐 동풍 계열의 강한 바람(위치에너지를 극복할 수 있는 큰 운동에너지)과 대기 성층의 불안정화(산 정상을 넘어가기 위한 상대적으로 작은 위치에너지)를 유발할 수 있는 기압계가 형성되어야 한다. 반대로 영동 해안 지역에 더 많은 강설이 있을 때는 풍속이 약하여 강수 물질들이 태백산맥을 넘어가지 못하였기 때문이라고 하였다. 이와 같이 대기하층에 축적된 밀도가 큰 차가운 공기는 안정하므로 쉽게 들어 올려지지 못하기 때문에 노령산맥 북사면의 고도가 낮은 해안과 내륙 지역에서는 풍속이 약할수록 강수 물질들이 산을 넘어가지 못하므로 강설이 많다고 할 수 있다. 반면에 고도가 높은 산지 지역에서는 풍속이 증가할수록 지형에 의한 강제 상승효과가 크게 나타나기 때문에 강설이 많다고 생각된다.

표 4. 지역별 강설 발생의 주원인

강설지역	강설 발생원인	강설 지역	강설 발생원인
내륙 북부 다설 지역	바다효과 및 지형의 영향에 의한 강설	서해안 다설 지역	바다효과에 의한 강설
내륙 남부 다설 지역		남해안 다설 지역	
산간 다설 지역	지형의 영향에 의한 강설	남서해안 소설 지역	
남해안 과설 지역	저기압에 의한 강설		

5. 고찰

강설 발생 패턴에 따라 구분된 각각의 강설 지역에 대하여 바다효과 및 지형의 영향을 구분하였다(표 4). 서해안 다설 지역, 남서해안 다설 지역, 남서해안 소설 지역의 강설은 바다효과의 영향을 받으며 강설량과 강설일수의 차이에 따라 구분된다. 서해안 다설 지역은 해양–상층 기온의 차이와 강설량 간에 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이며, 온도 차이가 클수록 강설 강도의 증가가 뚜렷하다. 반면 지상 풍속이 약할 때 강설량이 더 많은 경향을 보이므로 지형의 영향을 거의 받지 않는 것으로 판단된다.

남서해안 다설 지역과 남서해안 소설 지역의 경우 해양–상층 기온의 차이와 강설량 간에 양의 상관관계를 보이며, 온도 차이가 클수록 강설 강도가 증가하는 경향이다. 그러나 이 지역은 서해안 다설 지역에 비해 남쪽에 위치하여 상대적으로 따뜻하므로 강설량이나 강설일수에 있어서 차이를 보이며 그 경향이 뚜렷하지 않다.

내륙 북부 다설 지역과 내륙 남부 다설 지역의 강설은 해양의 영향으로 인한 바다효과 및 지형의 영향을 모두 받는다고 할 수 있다. 이 두 지역은 해양–상층 기온의 차이와 강설량 간에 양의 상관관계를 보이며, 상층 풍속과 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보인다. 즉, 시베리아 고기압의 세력이 강하여 내륙까지 영향을 미칠 때 지형의 영향으로 강설이 발생하는 것이라 생각된다. 특히 임실과 남원 등의 고도가 높은 지역의 경우에는 지상 풍속의 증가에 따른 강설량 증가 경향이 뚜렷하여 지형의 영향이 매우 크게 나타나는 곳이다.

산간 다설 지역의 강설은 지형의 영향을 크게 받는다. 이 지역의 강설은 해양–상층 기온의 차이와 음의 상관관계를 보이고 지상 풍속이 강할 때 더 많은 강설을 보이는데, 이는 해양의 영향보다는 높은 고도로 인한 지형의 강제 상승으로 발생되는 강설이 많기 때문이라 생각된다.

남해안 과설 지역은 저기압으로 강설이 발생한다. 이 지역의 강설은 해양–상층 기온 차이와 높은 음의 상관관계를 보인다. 이 지역은 2월의 강수량과 강설일수가 많은 지역으로 시베리아 고기압의 세력이 강할 때는 노령산맥의 남사면에 위치하고 상대적으로 따뜻하여 강설이 발생하지 않으나 시베리아 고기압의 세력이 약할 때 남해안 지역에 저기압이 통과하는 경우 강설이 발생한다.

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 호남 지방의 15개 기상 관측소의 일신적설량을 분석하여 강설의 국지적인 분포 특성과 그 차이의 원인을 파악하고자 하였다. 강설일수 및 강설량의 분포와 해수면 온도와 상층 기온의 차, 상층 및 지상 풍속과의 상관관계를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

서해안 다설 지역, 남서해안 다설 지역, 남서해안 소설 지역 등 서해안에 인접한 지역의 강설은 해양–상층 대기 온도차와 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 가진다. 즉, 이들 지역의 강설은 해양과 상층 대기의 온도차로 인한 바다효과에 의하여 발생한다. 이때 위도가 낮을수록 상대적으로 따뜻하므로 눈이 비로 내릴

가능성이 커서 강설량이 적다. 반면 내륙 북부 다설 지역과 내륙 남부 다설 지역은 시베리아 고기압의 세력이 강하여 수증기를 공급받은 공기가 내륙까지 미쳤을 때 강설이 발생한다. 이때 내륙 북부 다설 지역의 남원, 임실 등 노령산맥 줄기의 북사면에 위치한 고도가 높은 지역은 지형에 의한 공기의 강제 상승으로 인하여 강설이 많다. 내륙 남부 다설 지역은 내륙 북부 다설 지역과 위도 차에 의해 강설이 상대적으로 적다. 산간 다설 지역은 해발고도가 가장 높은 산지 지역으로 지형성 강설이 발생하며, 남해안 과설 지역은 남해안에 저기압이 통과할 경우 강설이 발생하나 겨울이 상대적으로 따뜻하여 그 빈도가 매우 낮다.

본 연구에서는 호남 지방의 강설 분포와 강설 발생 패턴이 해양과 지형의 영향에 의하여 국지적으로 다양하게 나타나는 것을 정량적인 분석을 통하여 확인할 수 있었다. 따라서 정확한 국지 기후 연구를 위해서는 상세한 규모에서의 다양한 기후 요소에 관한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

註

1) 2005년 12월 4-8일, 11-18일, 21-22일에 호남 지방에 내린 눈은 정읍 159.5cm, 부안 146.6cm, 군산 108.8cm, 광주 99.2cm 등으로 관측 이래 최고치를 기록하였으며, 그 피해액은 4,000억원대에 달한다고 추산되고 있다.

2) 최진식(1990)은 연평균 강설량 30cm를 기준으로 다설(多雪) 지역과 눈이 적게 오는 지역을 구분하였으며, 눈이 적게 오는 지역은 다시 10cm를 기준으로 소설(小雪) 지역과 과설(寡雪) 지역으로 구분하였다.

文獻

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

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

문영수, 1990, "클러스터분석에 의한 한국의 강수지역 구분," 한국기상학회지, 26(4). 203-215.

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

박용대 · 성학중 · 박종탁, 1979, "영동고속도로 기상특성," 기상연구소, MR-79-7, 79-88.

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

송병헌, 1993, 우리나라 동해안 지역과 서해안 지역의 강설 특성 비교 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

이병설, 1979, "남한의 강설분포에 관한 연구," 지리학과 지리교육, 9, 224-235.

이승호, 1995, "한반도 주변의 기압배치형에 의한 한국의 자연계절 구분," 지리학연구, 26, 65-78.

이승호 · 천재호, 2003, "시베리아 고기압 확장시 호남 지방의 강설 분포 -노령산맥 서사면 지역을 중심으로-," 대한지리학회지, 38(2), 173-183.

이재규, 1999, "대관령과 강릉 지역의 강설량 차이를 일으키는 종관 구조: 사례 연구," 한국기상학회지, 35(3), 320-334.

이재규, 2001, "영동해안 대설사례의 수치모의 연구, 한국기상학회지," 37(1), 1-12.

이훈 · 이태영, 1994, "영동 지역의 폭설 요인," 한국기상학회지, 30(2), 197-218.

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

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

최진식, 1985, "동해와 그 연해안 대설의 기후학적 연구," 지리학, 31, 68-85.

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

허진석, 1994, 겨울철 한반도 서해안 지역 강설의 분석과 수치 시뮬레이션 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

Anderson, T. and S. Nilson, 1990, Topographically induced convective snowbands over the Baltic Sea and their precipitation distribution, *Weather and Forecasting*, 5, 299-312.

Braham, R. R. and M. J. Dungey, 1984, Quantitative estimates of the effect of Lake Michigan on snowfall, *J. Clim. Appl. Meteor.*, 23(6), 940-949.

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

Hartley, S. and M. J. Keables, 1998, Synoptic associations of winter climate and snowfall variability in New England, USA, 1950-1992, *Int. J. Climatol.*, 18, 281-298.

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

Strommen, N, D. and J. R. Harman, 1978, Seasonally changing prtterns of Lake-Effect snowfall in western lower Michigan, *Mon. Wea. Rev.*, 106, 503-509.

교신 : 이경미, 143-701 서울특별시 광진구 화양동 1번지 건국대학교 이과대학 지리학과 (이메일 : leekm@ konkuk.ac.kr)

Correspondence : Kyoungmi Lee, Department of Geography, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-Gu, Seoul 143-701 Korea (e-mail: leekm@ konkuk.ac.kr)

최초투고일 06. 8. 17.
최종접수일 06. 9. 11.