

전구 기온 상승이 한국의 적설량 변화에 미치는 영향*

이승호** · 류상범***

Impacts of Global Temperature Rise on the Change of Snowfall in Korea*

Seungho Lee** and Sangbum Rhyu***

요약 : 본 연구에서는 서울, 강릉, 군산, 대구를 사례 지점으로 선정하여 전구적인 기온 상승이 우리나라의 강설 변화에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 신적설량은 1950년대 이후 감소하는 추세이지만 군산에서는 1990년대 이후 증가하였다. 강설일수의 변화 경향도 신적설량의 변화 경향과 거의 비슷하다. 신적설량은 봄철의 전구 평균 기온 편차와 '부' 적인 상관관계를 갖는다. 군산에서 두 변수간의 상관관계가 가장 높고 강릉에서는 낮다. 군산과 강릉의 신적설량은 시베리아 고기압의 강도와 높은 상관관계를 갖는데, 군산에서는 '정' 적인, 강릉에서는 '부' 적인 관계이다. 강설일수도 신적설량과 비슷한 경향이다. 그러므로 앞으로 전지구적으로 기온 상승이 계속되어 시베리아 고기압의 강도가 약화된다면, 군산에서는 신적설량이 줄고 강릉에서는 늘 가능성이 높다.

주요어 : 전구적인 기온 상승, 신적설량, 강설일수, 전구 평균 기온 편차, 시베리아 고기압 강도

Abstract : This study identified the effects of global temperature rise on snowfall change over Korea selecting *Seoul, Gangneung, Gunsan, and Daegu* as study areas. The trend of snowfall change has generally decreased since 1950s over Korea, but has only increased in *Gunsan* since 1990s. The variation of snowfall days are similar to those of snowfall. The relationship between snowfall over Korea and the anomaly of global mean temperature in spring has a negative correlation. The change of Siberian High intensity also has a good relationship with snowfall in both *Gunsan* and *Gangneung*; the former is positively correlated while the latter is negatively correlated. This result might suggest that if the intensity of Siberian High would weakens due the ongoing global warming in the future, there would be a possibility that the amount snowfall could decrease in *Gunsan* but it could increase in *Gangneung*.

Key Words : global temperature rise, snowfall, snowfall days, anomaly of global mean temperature, Siberian High intensity

1. 서론

우리나라는 여름과 겨울철의 강수량 차이가 뚜렷하다. 전국적으로 여름철에는 연평균의 60%에 가까운 강수량이 집중되지만 겨울철에는 그 값이 대부분 10%에도 훨씬 못 미친다. 이와 같은 계절에 따른 강수의 변동은 여름철에 집중호우의 원인이 되기도 하지만 겨울과 봄철에 가뭄의 원인이 되기도 한다. 오늘날에는 산업화의 진전과 생활수

준의 향상으로 겨울철에도 다른 계절 못지않게 물 수요가 크게 늘고 있다. 겨울철 강수량이 예년에 크게 미치지 못할 경우는 심한 겨울 가뭄을 겪기도 한다. 그러므로 겨울철 강수량의 상당 부분을 차지하고 있는 강설량의 변동을 이해하는 것은 의미 있는 일이다.

강설량 변동의 원인으로써 전구적인 온난화가 거론되기도 한다(이승호 · 최병철, 2001). 이와 같은 오늘날의 전구적인 기온 상승은 사회·경제적인

* 이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2001-042-C00212).

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

*** 기상연구소 기후연구실 연구관(Climate Research Lab. Meteorological Research Institute)

영향은 물론 다른 기후 요소에 미치는 영향이 크기 때문에 전 지구인의 중요한 관심사가 되었다. 1980년대 이후 최근 20여 년 동안 전지구적으로 기온 상승 경향이 있다는 것은 분명하다. 지구 온난화 현상은 지역에 따라서 차이가 있지만 일반적으로 강수량의 증가를 초래할 것으로 예상하고 있어서, 극지방의 경우 기온이 빙점 이상으로 상승하지 않는 한 적설 면적이 크게 증가할 것이다(Ye and Mather, 1997). 그러나 북아메리카(Frei *et al.*, 1999)와 러시아(Ye *et al.*, 1998) 등 극권 이하의 저위도 지역에서는 기온 상승으로 인하여 적설 면적의 감소가 예상된다. 이와 같은 적설 면적의 변화(Brown, 2000; Frei and Robinson, 1999)나 그것이 주변 지역의 기후 변화에 미치는 영향에 대한 연구(최병철 외, 1998; Kripalani and Kulkarni, 1999; Dickson, 1984)는 비교적 활발하게 진행되고 있다. 그러나 강설량의 변화에 대한 연구는 미비한 실정이다.

지구 온난화 경향은 한국의 기후에도 잘 반영되어, 대부분의 대도시에서 기온 상승이 확인되고 있다(이병곤 · 문영수, 1985; 기상연구소, 1992; 이명인, 1996; 김맹기 외, 1999). 이와 같은 기온의 상승은 안개 일수, 시정, 상대 습도 등의 다른 기후 요소에 영향을 미치고 있다는 보고가 있다(김유근 등, 1999). 더욱이 눈[雪]은 낮은 기온과 관련이 있으므로 기온의 상승이 강설량과 적설량의 변화에도 영향을 미칠 것이 확실하다.

한국에서 대설 현상 자체에 대한 연구는 많이 이루어지고 있으나(서은경 · 전종갑, 1991; 전종갑 등, 1994), 강설량의 변화 경향을 파악한 연구는 부진한 실정이다. 특히 울릉도의 적설량 변화에 대한 연구 결과 최근 그 감소가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 그것은 지구 온난화 현상과 관련이 있는 것으로 밝혀진 바(이승호 · 최병철, 2001) 있어서 우리나라의 여러 지역에 대한 강설량 변화의 연구가 필요하다. 이병설(1979)과 최진식(1990)은 강설의 분포 특징을 분석하여 강설 지역의 구분을 시도하였으며, 두 연구 결과는 본 연구에서 사례 지점의 선정에 많은 도움이 되었다.

눈[雪]은 장기간에 걸쳐 쌓인 상태에서 가옥이나 식생 등 주변의 환경에 치명적인 손상을 줄 수 있다. 이런 점에서 강설은 지역마다의 다양한 문화

의 차이에 크게 영향을 미칠 수 있다. 우리나라는 좁은 국토 면적에 비하여 기후 특성이 다양하며 그 중 강설의 지역 차이가 심한 편이다. 그러므로 이와 같은 강설의 차이는 지역마다의 다양한 문화 형성에 영향을 미칠 수 있다. 또한 강설량의 감소 혹은 증가는 그 지역의 문화 경관의 변화에도 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 강설의 특성이 서로 다른 4개의 관측 지점을 선정하여 각 지점의 신적설량과 강설일수의 변화 경향을 파악하여 전구적인 기온 상승이 우리나라의 적설량 변화에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서 사용된 자료는 월별 강수량과 신적설량, 신적설일수와 지구 · 북반구의 월평균 기온, 시베리아 고기압의 강도 지수 등이다. 강수량과 신적설량, 강설일수의 자료 기간은 1940년 10월부터 2000년 4월까지이며 한국 전쟁으로 인한 결측 기간은 분석에서 제외하였다. 기상청에서는 일 강설량이 10cm 이상일 때에 대설주의보를 발표하고 있으나, 신적설량 10cm 이상인 날을 대설일로 적용할 경우는 강릉을 제외하고 그 값이 0.5~1.5일에 불과하여 지점간의 차이를 비교하기 어렵다. 따라서 본 연구에서 신적설일수는 강설일수의 의미로 사용하였으며, 신적설량이 5cm 이상인 날을 대설일이라고 정의하였다. 평년값을 구하는 경우는 1970년 10월부터 2000년 4월까지의 자료를 사용하였으며, 이 기간 중 5월부터 9월 사이에는 4개의 분석 지점에서 강설이 없었다. 겨울철 강수량 및 적설량, 강설일수의 값은 전년도 10월부터 해당 연도의 4월까지의 값으로 정의하였다. 예를 들어 1990년의 값은 1989년 10월부터 1990년 4월까지의 합을 뜻한다.

적설량 분석 지점은 서울, 강릉, 군산, 대구 등이다(그림 1). 각 지점은 선행 연구(이병설, 1979)에서 강설 특성이 다른 곳으로 확인되었다. 즉, 서울은 저기압이나 전선에 의한 강설이 많은 곳이며, 강릉은 북동 기류가 불 때, 군산은 시베리아 고기압 확장 시 북풍이나 북서풍이 불 때에 각각 강설

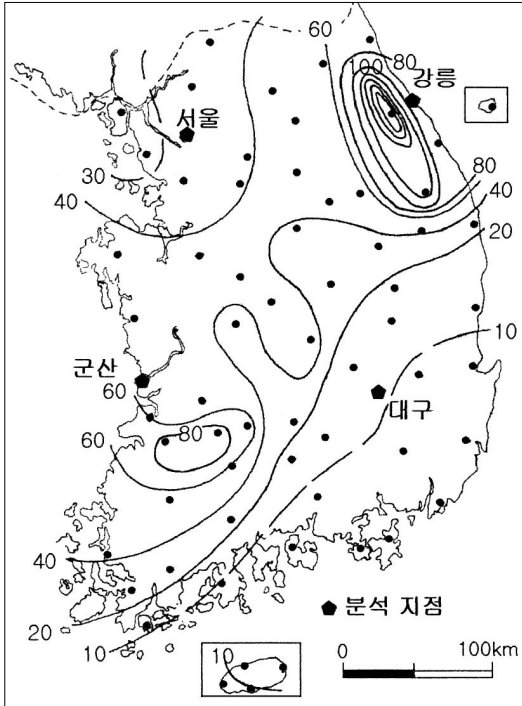


그림 1. 우리나라의 연평균강설량(cm) 분포와 분석 지점

이 많은 지역이다. 그리고 대구는 강설량이 적은 지역에 해당한다. 최진식(1990)의 결과에서도 앞의 세 지점은 다설 지역으로, 대구는 과설 지역으로 분류되었다. 분석 지점의 선정에는 관측 기간이 주변 관측 지점에 비하여 장기간인 곳을 우선 고려하였다.

전구와 북반구의 월평균 기온은 University of East Anglia의 Climate Research Unit가 인터넷 Web site(<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>)에 제공하고 있는 1907년부터 2000년까지의 자료이다. 시베리아 고기압 강도 지수는 NCEP(National Center for Environmental Prediction)의 재분석 자료 중 월평균 해면 기압으로부터 구한 것으로, 시베리아 고기압 중심 구역(70°E-120°E, 40°N-60°N)의 해면 기압 평균값이다. 시베리아 고기압 강도 지수의 자료 기간은 1949-1999년이며, 매년 겨울철(12월, 1월, 2월)의 값이 이용되었다. 예를 들어 1990년의 시베리아 고기압 강도 지수는 1989년 12월과 1990년 1월, 2월의 시베리아 고기압 중심 구역의 해면 기압 평균값이다.

관측 지점별로 적설 특성을 파악하기 위하여 최

근 30년(1970년 12월~2000년 2월) 간의 일별 적설량과 강설일수를 구한 후 7일 이동 평균을 구하여 시계열별 분포 특징을 파악하였다. 적설량의 연 변화 경향을 파악하기 위하여, 적설 자료를 월별로 정리하여 1940~2000년의 평균과 1940~70년, 1950~80년, 1960~90년, 1970~2000년의 30년 기간별 평균을 구하였다. 또한 각 관측 지점별로 5년 이동 평균값을 구하였다. 강설일수와 대설일수도 각각 신적설량과 같은 방법으로 구하여 그 변화 경향을 파악하였다.

적설량과 전구 평균 기온과의 관련성을 파악하기 위하여 두 변수간의 상관계수를 구하였다. 상관관계를 파악하기 위하여 전구 평균 기온을 계절별로 구분하여 각각의 값을 5년 이동 평균하고 두 변수와 전년(全年)의 신적설량과 그것이 가장 많은 달의 신적설량 사이의 상관계수를 구하였다. 상관계수의 산출은 SPSS/PC를 사용하였다. 선행 연구(이승호·최병철, 2001)에 의하면, 우리나라의 강설량은 시베리아 고기압의 강도와 관련이 있을 수 있다. 그러므로 전구 평균 기온과 같은 방법으로 강설량과 시베리아 고기압 강도와의 상관관계를 분석하였다. 신적설량과 같은 방법으로 적설일수 및 대설일수와 전구 평균 기온 및 시베리아 고기압 강도 지수와의 상관계수를 구하였다.

3. 적설량과 강설일수의 분포와 변화

1) 적설량과 강설일수의 분포

분석 지점의 적설량과 강설일수는 지점별로 차이가 크다(표 1). 최근 30년 간(1971-2000)의 연평균 신적설량은 강릉이 85.3cm로 분석 지점 중 가장 많고, 다음은 군산이 55.7cm, 서울이 31.8cm, 대구가 11.8cm 순이다. 연평균 강설일수는 군산이 18.8일로 가장 많다. 그 다음은 서울(15.4일), 강릉(13.0일), 대구(5.7일) 순으로 강설일수가 많다. 반면에 연평균 대설일수는 신적설량과 같이 강릉이 4.6일로 가장 많고, 군산(3.8일), 서울(1.5일), 대구(0.6일) 순이다. 즉, 강릉은 강설일수의 35.4%가 대설일로 다른 지점에 비하여 강설 강도가 강하다. 서울은 강설일수 중 대설일이 9.7%에 불과하여 강설일은 비교적 많지만 강설 강도는 약한 편이며,

표 1. 연구 지점의 월평균 신적설량과 강설일수(1971~2000년)

요소 지점	신적설량(cm)				강설일수				대설일수			
	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년
서울	8.2	11.8	7.4	31.8	3.4	4.6	3.1	15.4	0.4	0.7	0.4	1.5
강릉	9.7	33.8	30.0	85.3	1.3	3.8	3.9	13.0	0.4	1.6	1.7	4.6
군산	18.9	20.5	8.4	55.7	4.9	6.8	4.0	18.8	1.5	1.5	0.4	3.8
대구	2.1	5.4	3.1	11.8	1.0	1.9	1.3	5.7	0.1	0.3	0.2	0.6

대구는 강설일수와 신적설량이 가장 적다. 군산은 강설일수도 많고 신적설량도 비교적 많은 지점이다(표 1 참조).

신적설량과 강설일수의 월별 분포를 보면, 표 1에서 보듯이 서울과 대구는 모두 1월에 높지만 월별로 그 차이가 두드러지는 것은 아니다. 강릉은 1월과 2월에 신적설량이 집중(연 적설량의 약 75%) 되었으며 강설일수와 대설일수는 1월보다 2월에 조금 높아서 2월의 강설 강도가 강하여지는 것을 볼 수 있다. 표 1에 제시되지는 않았지만, 다른 분석 지점은 3월 이후 급격히 신적설량이 감소하는

데 반하여, 강릉의 경우는 3월의 신적설량이 연간 신적설량의 12%에 이를 정도로 많은 편이다. 즉, 강릉은 늦겨울 이후 이른 봄에 신적설량이 많다. 군산은 다른 분석 지점에 비해 12월 신적설량이 많고 그 값이 연평균 34%정도에 이른다.

그림 2는 각 분석 지점의 12월부터 2월까지 일별 신적설량과 그것의 7일 이동평균, 강설일수의 7일 이동평균을 나타낸 것으로 분석 지점간의 그 분포 패턴의 차이가 뚜렷하다. 서울의 신적설량은 12월 중순부터 증가하다가 2월 하순 이후 급격히 감소한다. 대체로 이병설(1979)의 嚴冬에 해당하는

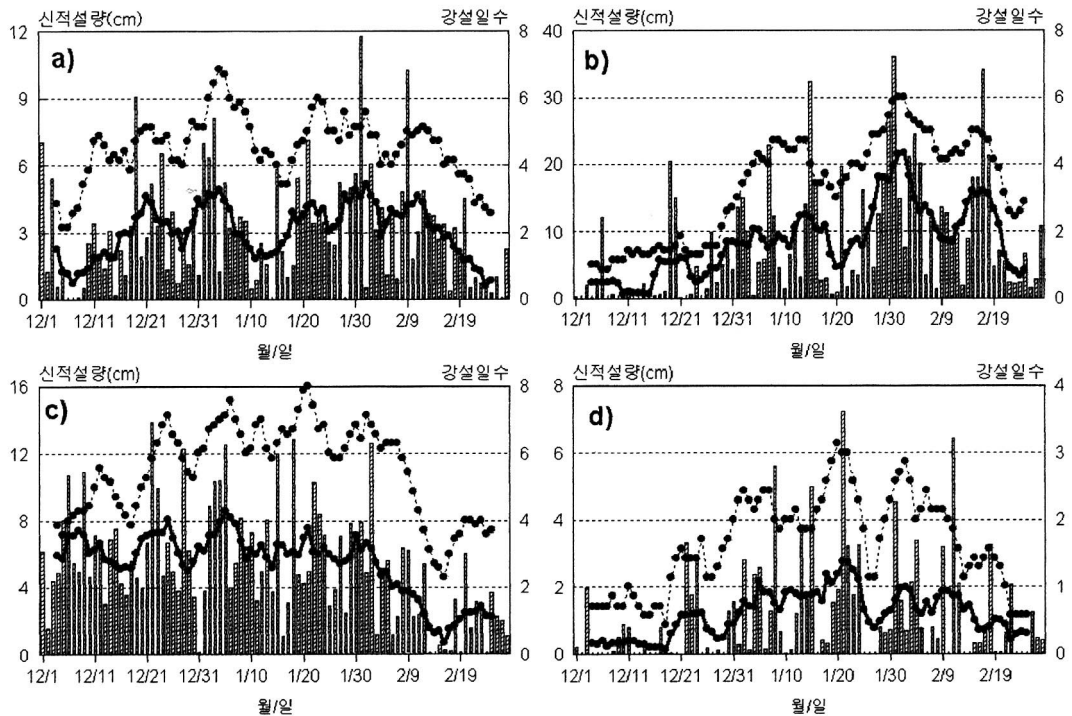


그림 2. 일별 신적설량과 강설일수의 분포(1971~2000년) a) 서울, b) 강릉, c) 군산 d) 대구.

주: 그림에서 막대는 일평균 신적설량, 실선은 일평균 신적설량의 7일 이동평균, 점선은 강설일수의 7일 이동평균을 각각 나타냄.

시기에 비교적 신적설량이 많다. 대구의 경우도 양은 적지만 신적설량의 분포 특징이 서울과 비슷하다. 강릉의 신적설량은 대한 한파를 전후한 시기에 한겨울의 극소값을 기록한 후 1월 하순부터 급격히 증가하여 2월 중순까지 집중된다. 즉, 시베리아 고기압이 후퇴하기 시작하는 1월 말에서 2월 초 사이에 신적설량의 극대를 이루며 2월 중순까지 많은 신적설량이 이어진 후 2월 하순에 급격히 감소한다. 대한(大寒)을 전후한 시기에 강릉의 신적설량이 감소하는 것은 다른 세 분석 지점과 강설패턴의 차이가 있음을 보여주는 것이다. 군산의 신적설량은 12월 초순부터 1월 하순까지 순별로 5cm 내외로 거의 고르게 내리다가 2월 중순 이후 급격히 감소한다. 대체로 이병설(1979)의 嚴冬에서 晩冬으로 바뀌는 시기(2월 7일)에 신적설량이 급격하게 감소한다.

강설일수의 시기별 분포 경향은 서울, 강릉, 대구의 경우는 신적설량과 비슷하고 군산의 경우는 신적설량의 분포와 다르다. 특히 강릉의 경우는 강설일수와 일평균 신적설량간의 상관계수가 $r=0.901$ 로 그 분포 특징이 거의 비슷하다. 반면 군산의 경우는 두 변수간의 상관계수가 $r=0.135$ 로 매우 낮다. 이와 같은 결과는 강릉의 강설이 1월 하순에서 2월 중순 사이에 집중되어 나타나기 때문에 이 때 신적설량도 많고 강설일수도 많아서 상관관계가 높은 것이고, 군산의 경우는 12월 초순부터 1월 하순까지 신적설량이 거의 비슷하게 분포하기 때문이라고 생각한다.

2) 적설량과 강설일수의 변화

앞에서 살펴보았듯이 분석 지점마다 시기별로 신적설량과 강설일수의 분포가 다르다는 것은 지

점별로 그 변화의 경향이 다를 수 있다는 것을 보여준다. 표 2는 10년 간격으로 분석 지점의 30년 기간별 신적설량 평균을 나타낸 것이다.

서울의 연평균 신적설량은 1941-1970년 기간부터 1961-1990년 기간까지 서서히 증가하였으나 그 차이는 1cm 이내이다. 그러나 1971-2000년 기간 동안의 신적설량은 평균 31.7cm로 그 전 기간에 비하여 8.3cm 감소하였다. 즉 서울의 신적설량이 1980년대 이후 급격하게 감소한 것을 추측할 수 있다. 서울의 1월 평균 신적설량은 1941-1970년 기간부터 1971-2000년 기간까지 꾸준히 감소하여, 1월의 신적설량 비율도 1941-1970년 기간 동안 43.8%에서 1971-2000년 기간에는 37%로 감소하였다. 반면 12월의 신적설량은 같은 기간 동안 18.2%에서 25.2%로 증가하였고 신적설량 자체도 늘었다. 대구의 신적설량 변화 경향도 서울의 경우와 비슷하나 1월의 비중이 여전히 높은 점이 다르다.

강릉의 연평균 신적설량은 1951-1980년 기간에 104.4cm로 가장 많았고, 그 후 점차 감소하여 1971-2000년 기간에는 85.4cm로 크게 감소하였다. 강릉은 서울과 달리 2월의 신적설량이 많은 편인데, 신적설량이 가장 많은 기간인 1951-1980년 기간에 그 비율은 42.0%에서 1971-2000년 기간에 35.2%로 크게 감소하였다. 반면 1월의 신적설량은 같은 기간동안에 29.5%에서 39.6%로 크게 늘었고 신적설량 자체도 증가하였다. 강릉의 12월 신적설량도 증가한 편이지만 3월은 2월과 같이 1951-1980년 기간 20.1%(21.2cm)에서 1971-2000년 기간 12.6%(10.8cm)로 크게 감소하였다.

군산의 신적설량도 관측기간 동안 꾸준히 감소하고 있으나 다른 지점과는 달리 모든 달의 신적설량이 감소하였다. 또한 다른 지점에서는 신적설

표 2. 30년 기간별 월평균 신적설량(cm)

지점 기간	서울				강릉				군산*				대구			
	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년
1941~1970	7.0	16.8	9.0	38.4	5.5	28.2	39.3	94.0	No data				2.1	7.3	3.4	14.5
1951~1980	9.1	15.6	9.8	39.7	9.1	30.8	43.8	104.4	19.6	25.7	10.2	69.2	1.7	8.2	3.3	15.9
1961~1990	9.3	14.5	9.4	40.0	12.0	32.3	35.9	99.1	20.9	24.4	9.8	65.1	1.7	6.2	2.5	11.8
1971~2000	8.0	11.7	7.4	31.7	9.6	33.8	30.1	85.4	18.8	20.5	8.4	55.7	1.7	5.4	3.1	11.4

* 군산의 1951~1980년은 1968~1980년이며, 1961~1990년은 1968~1990년임.

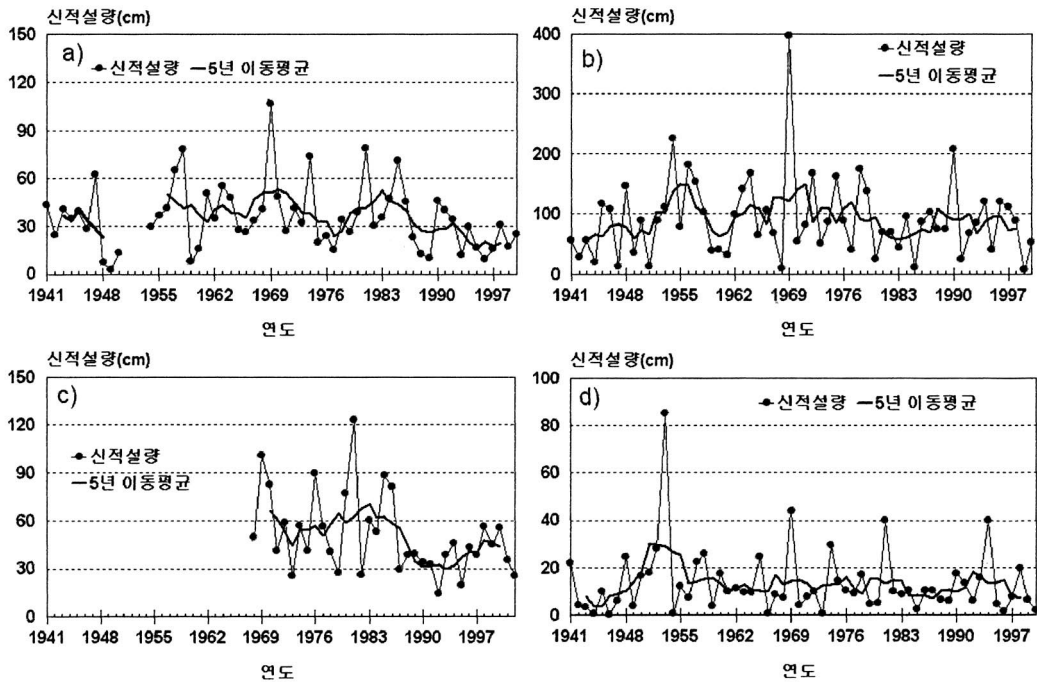


그림 3. 연평균 신적설량의 연 변화(1941~2000년) a) 서울, b) 강릉, c) 군산, d) 대구

량이 가장 많은 달의 감소가 커서 그 비중이 크게 줄었지만 군산의 경우는 월별 신적설량의 비율이 크게 변하지 않았다. 이는 군산의 경우 다른 분석 지점과는 다른 요인에 의하여 신적설량이 변화하고 있음을 암시한다고 할 수 있다.

그림 3은 분석 지점별로 60년(1941~2000) 동안의 신적설량 변화를 나타낸 것이다. 서울의 경우, 1950년대 초반의 결측으로 확인은 어렵지만, 1980년대 초반까지 신적설량의 5년 이동 평균값은 20~50cm의 범위에서 10년 정도의 주기로 증가와 감소를 반복하였다. 전지구적으로 온난화가 진행된 1980년대 초반 이후는 감소하는 경향이 뚜렷하다. 즉, 서울의 경우는 1960년대 후반부터 1970년대 초반 사이와 1980년대 초반에 다설기(多雪期)¹⁾가 존재한다. 강릉 신적설량의 5년 이동 평균값은 1940년대에서 1970년대까지는 80~150cm의 범위에서 비교적 큰 폭으로 증가와 감소를 반복하였다. 그 후 1970년대 초반부터 감소 경향이 뚜렷하게 나타나며 1980년대 이후는 80~100cm의 범위에서 안정된 상태이다. 강릉의 다설기는 1950년대 중반과 1960년대 후반에서 1970년대 초반에 나타난다. 서울의

경우도 그림 3에서 분명하지는 않지만 1950년대 중반에 다설기가 존재할 가능성이 있다. 즉, 1980년대 이전까지의 서울과 강릉의 신적설량 변동은 유사성이 존재한다고 할 수 있다.

군산은 1968년에 관측이 시작되었으므로 그 이전의 추세는 파악할 수 없다. 관측 개시 이래 1980년대 초반까지는 45~70cm의 범위에서 변화하였다. 1980년대 들어서에는 큰 폭으로 감소하고 있으며 1990년대 중반 이후 증가하는 경향이 나타난다. 군산의 이와 같은 변화 경향은 울릉도의 경우(이승호 · 최병철, 2001)와 거의 유사하다. 즉, 군산의 신적설량 변화 요인은 울릉도의 경우와 유사할 것이라는 점을 시사하며 앞의 두 지점(서울, 강릉)과는 다른 양상을 보인다. 특히 1990년대에 앞의 두 지점에서는 신적설량이 지속적으로 감소하거나 정체하고 있는데 반하여 군산에서는 서서히 증가하는 경향이다. 대구는 1950년대 초반에 다설기가 나타나지만 신적설의 절대량이 적어서 다른 시기와의 차이는 크지 않다. 1950년대 중반 이후 최근까지의 신적설량은 15cm 내외로 큰 변화가 없다.

표 3은 분석 지점의 30년 기간별 강설일수의 변

표 3. 30년 기간별 월평균 강설일수

기간	서울				강릉				군산*				대구			
	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년
1941~1970	4.7	6.9	4.0	14.1	1.4	3.7	5.1	10.2					1.1	2.7	1.6	5.4
1951~1980	4.6	6.8	4.3	15.7	1.6	4.3	5.3	11.2	5.0	7.9	5.9	18.9	1.0	2.9	1.7	5.6
1961~1990	5.1	6.2	4.3	15.6	1.7	4.2	5.0	10.9	5.7	7.9	5.0	18.7	1.2	2.2	1.5	4.9
1971~2000	4.2	5.5	3.7	13.4	1.4	4.3	4.0	9.8	5.2	7.4	4.5	17.1	1.3	2.3	1.4	4.9

* 군산의 1951~1980년은 1968~1980년이며, 1961~1990년은 1968~1990년임.

화를 나타낸 것이다. 대체로 전구적인 기온 상승이 나타나기 이전 기간인 1951-1980년 기간의 강설일수가 가장 많고 그 이후로 점차 감소하는 추세이다. 군산의 경우는 관측 기간이 다르기 때문에 단정할 수 없지만, 다른 지점과 비슷한 경향이다. 1951-1980년 기간은 전 지구적으로 기온이 낮았던 시기이다. 특히 1960년대는 '1960년대 기후' 라는 말이 등장할 정도로 한랭했던 시기이다(김연옥, 1998). 우리나라에서도 이 기간에는 전반적으로 기온이 하강하던 시기이다. 앞에 기술한 바와 같이 이 시기는 신적설량도 가장 많았던 기간이다. 이 시기와 최근 30년 기간 평균값의 차이는 서울이 가장 큰 2.3일이며, 다음이 군산으로 1.8일이다. 신적설량이 가장 적은 대구는 0.7일로 그 차이가 가장 적고, 신적설량이 가장 많은 강릉도 1.4일로 적은 편이다.

위에서 살펴본 바와 같이 강설일수의 변화는 신적설량의 변화와 대체로 비슷한 경향이다. 그림 4는 비교적 신적설량이 많고 관측기간이 긴 서울과

강릉의 1941년부터 2000년까지의 강설일수와 그 5년 이동평균을 나타낸 것이다. 서울의 경우, 이동평균한 것을 보면 강설일수가 1980년대 초반까지 증가와 감소를 반복하다가 1980년대 들어서 꾸준히 감소하고 있다. 특히 1980년대의 감소 경향이 뚜렷하다. 강릉의 경우는 신적설량과 같이 1970년대 초반까지 증가와 감소가 반복하여 나타나지만, 전체적으로 1970년대 초반까지는 증가하고 있는 추세이며, 그 후 1980년대 초반까지 급격히 감소한 후 거의 정체하고 있다. 뚜렷하게 강설일수가 많았던 시기는 1960년대 초반과 1970년대 초반으로 강설일수가 20일 내외였다. 이 두 시기는 신적설량의 분포와는 다른 경향이며, 1970년대 초반 이후 강설일수의 급격한 감소도 신적설량의 분포와는 다른 경향을 보이고 있다. 이는 강릉의 경우 한랭한 시기에는 강설 패턴의 변화가 있었음을 시사하는 것이라고 할 수 있다. 군산과 대구의 경우는 강설일수의 변동이 신적설량의 그것과 거의 유사한 패턴이다.

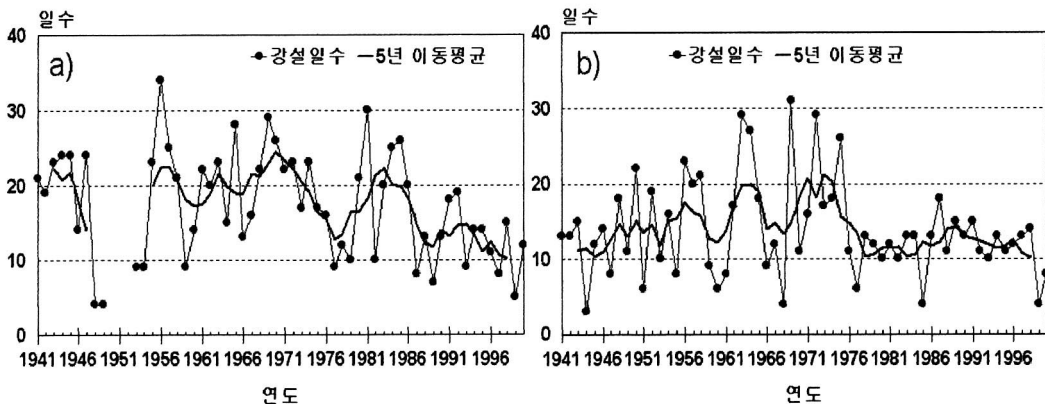


그림 4. 서울(a)과 강릉(b)의 강설일수의 연 변화(1941~2000년)

4. 전국 기온 상승과 적설량 및 강설일수 변화의 관계

1) 전국 기온 상승과 적설량의 변화

연구 기간 중 분석 지점의 연평균 신적설량은 전국 평균 기온 편차와 '부(-)'의 상관관계를 보인다. 그러나 상관계수의 값은 -0.325(대구)~-0.650(군산)으로 분석 지점에 따라서 차이가 크다. 그림 5는 분석 지점의 겨울철 신적설량과 전년(前年)의 전국 봄철 평균 기온 편차와의 관계를 나타낸 것이다. 군산의 경우 두 변수간의 상관계수 $r = -0.650$ 으로 분석 지점 중 가장 높은 상관관계를 보이며, 두 변수 사이에 비교적 뚜렷한 선형의 관계가 있다. 서울의 경우도 두 변수 사이의 상관계수 $r = -0.605$ 로 다른 두 지점에 비하여 높은 상관관계를 보이며 군산의 경우와 같이 선형의 관계가 뚜렷하다. 이에 반하여 강릉과 대구의 경우는 각각 $r =$

-0.377, $r = -0.325$ 로 두 변수간의 상관관계가 낮다. 각 지점에서 두 변수간의 상관관계는 유의 수준 $\alpha = 0.01$ 에서 통계적으로 유의하다.

분석 지점 중 군산은 1968년 이후 관측이 시작되었다. 그러므로 표 4는 동일한 기간을 적용하여 두 변수간의 상관계수를 구하여 나타낸 것이며, 각각 최근 30년 동안(1971-2000)과 전지구적으로 온난화 현상이 뚜렷하게 나타나는 최근 20년 동안(1981-2000)의 경우에 대한 상관계수를 표시하였다. 군산과 서울은 두 기간의 상관계수의 부호가 같아 두 변수간의 관계가 같은 경향이다. 그러나 강릉과 대구는 상관계수의 부호가 시간에 따라서 다르며, 대구의 경우는 최근 20년간의 값은 유의 수준 $\alpha = 0.01$ 에서 통계적으로 유의하지 않다. 서울과 군산, 강릉은 1981년부터의 상관관계가 더욱 높아지는 경향이다.

서울은 1980년대 이후 두 변수간의 상관계수가

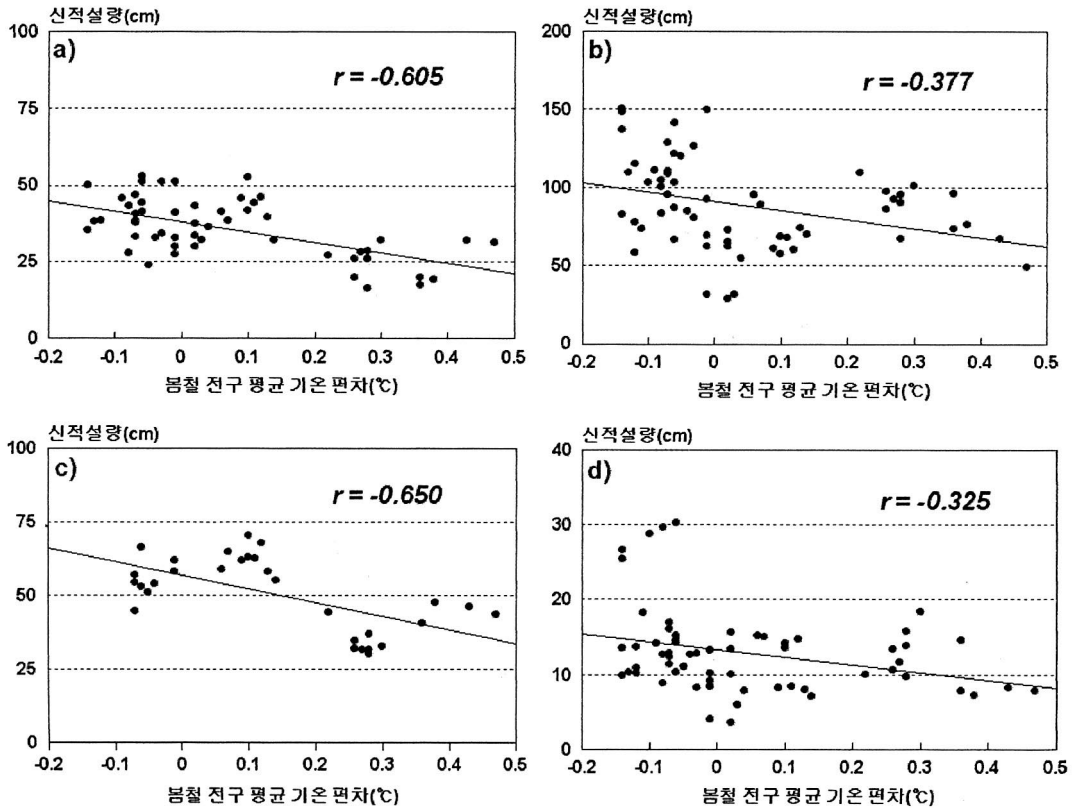


그림 5. 신적설량과 봄철 전국 평균 기온 편차의 관계(1941-2000) a) 서울, b) 강릉, c) 군산, d) 대구

표 4. 기간별 신적설량(cm)과 봄철 전구 평균 기온 편차(°C)와의 상관계수(r)

기간 \ 지점	서울	강릉	군산	대구
1971-2000	-0.517**	-0.245	-0.698**	-0.082
1981-2000	-0.875**	0.524*	-0.761**	0.270

*유의수준 $\alpha=0.05$ (양측 검정)

**유의수준 $\alpha=0.01$ (양측 검정)

$r=-0.875$ 로 그 전 기간(1971-2000년)의 $r=-0.517$ 보다 더욱 높은 값을 보이고 있어 1980년대 이후의 신적설량의 변화와 전구 평균 기온 편차와의 상관관계가 더욱 높아졌음을 볼 수 있다. 군산의 경우도 두 변수간의 상관계수가 큰 차이는 없지만 1981년 이후의 값이 더 높다. 반면 1981년 이후 강릉과 대구의 경우는 두 변수간의 상관계수가 각각 $r=0.524$, $r=0.270$ 으로 '정'적인 상관관계가 나타나 서울이나 군산과는 다른 경향을 보여준다. 이는 앞에 기술한 바와 같이 각 분석 지점의 강설 기구가 다르기 때문이라고 생각한다. 대구의 경우는 통계적으로 유의하지 않는 값이다. 북서풍이 불 때 호남 지방에 눈이 많고, 북동풍이 불 때 영동지방에 눈이 많다는 것은 이미 여러 연구를 통하여 확인되었다(박병익·윤석은, 1997; 천재호, 2002).

그림 6은 분석 지점 중 전구 평균 기온과 신적설량 사이에 상관관계가 비교적 높은 군산과 상관관계가 낮은 강릉의 1월 신적설량과 전구 봄철 평균 기온 편차와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 두 변수간의 관계가 군산과 강릉 간에 뚜렷한 차이가 있음을 볼 수 있다. 군산의 1월 신적설량은

봄철 전구 평균 기온 편차와 $r=-0.551$ 의 높은 '부'적인 상관관계를 보이지만, 강릉의 경우는 $r=0.205$ 로 상관관계도 낮고 '정'적인 관계를 보인다. 앞에 기술한 바와 같이, 군산의 강설은 시베리아 고기압이 확장할 때 한랭한 공기와 해수면의 온도 차이에 의해서 발생한 구름에 의해서 형성된 것이므로 전구적으로 기온이 상승하면 1월의 신적설량이 감소하는 것이다. 반면 강릉의 강설은 북동기류가 유입될 때 비교적 한랭한 공기와 해수면 온도의 차이 및 지형의 영향으로 강제 상승하면서 발달한다. 그러므로 강릉 지방의 경우는 군산과 달리 시베리아 고기압의 발달보다는 북동기류의 발달 빈도가 높을수록 신적설량이 많을 수 있다. 즉, 강릉 지방의 신적설량은 시베리아 고기압이 변질되어 이동성 고기압이 우리나라의 북쪽을 지나는 경우가 빈번할수록 증가할 것이다.

2) 전구 기온의 상승과 강설일수의 변화

연구 기간 중 분석 지점의 연간 신적설량과 강설일수 간에는 대부분 유의 수준 $\alpha=0.01$ 에서 통계적으로 유의한 높은 상관관계를 보이고 있다(표

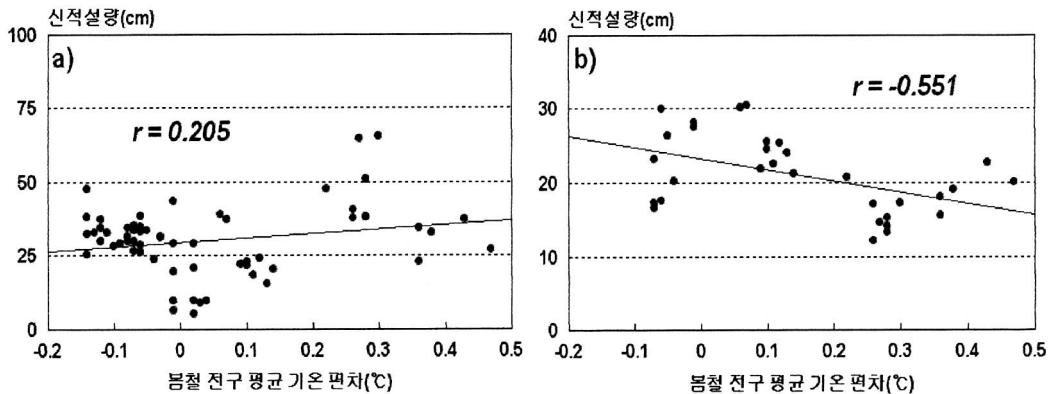


그림 6. 1월의 신적설량과 봄철 전구 평균 기온 편차의 관계(1941~2000년) a) 강릉, b) 군산

표 5. 신적설량(cm)과 강설일수와의 상관계수(r) 1971~2000년

지 점	서 울	강 룡	군 산	대 구
강설일수	0.612**	0.612**	0.422*	0.551**
대설일수	0.752**	0.745**	0.293*	0.801**

*유의수준 $\alpha=0.05$ (양측 검증)

**유의수준 $\alpha=0.01$ (양측 검증)

5). 서울, 강릉, 대구의 경우는 연간 신적설량과 대설일수 사이의 상관계수 값이 각각 $r=0.752$, $r=0.745$, $r=0.801$ 로 신적설량과 강설일수 사이의 상관계수 값보다 더 높다. 즉, 이 지역에서는 적은 양의 강설보다 대설에 의하여 신적설량이 결정되고 있음을 보여준다. 반면 군산의 경우는 신적설량과 대설일수 사이의 상관계수 $r=0.293$ 으로 다른 지역에 비하여 크게 낮을 뿐만 아니라 신적설량과 강설일수 사이의 값보다도 낮다. 이 또한 군산은 다른 세 지점과 다른 강설 패턴을 지니고 있음을

보여주는 것이다.

그림 7은 최근 30년 동안(1971~2000)의 전년(前年)의 봄철 전구 평균 기온 편차와 강설일수와의 관계를 나타낸 것이다. 모든 분석 지점에서 두 변수 간에 '부'적인 관계가 있으며, 그 상관계수 값은 서울과 군산의 경우 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서, 대구와 강릉은 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 통계적으로 유의하다. 군산에서 두 변수 간의 상관관계가 가장 높고($r=-0.600$), 다음은 서울($r=-0.588$), 강릉($r=-0.415$) 순이다. 대부분 지역의 강설일수가 전년

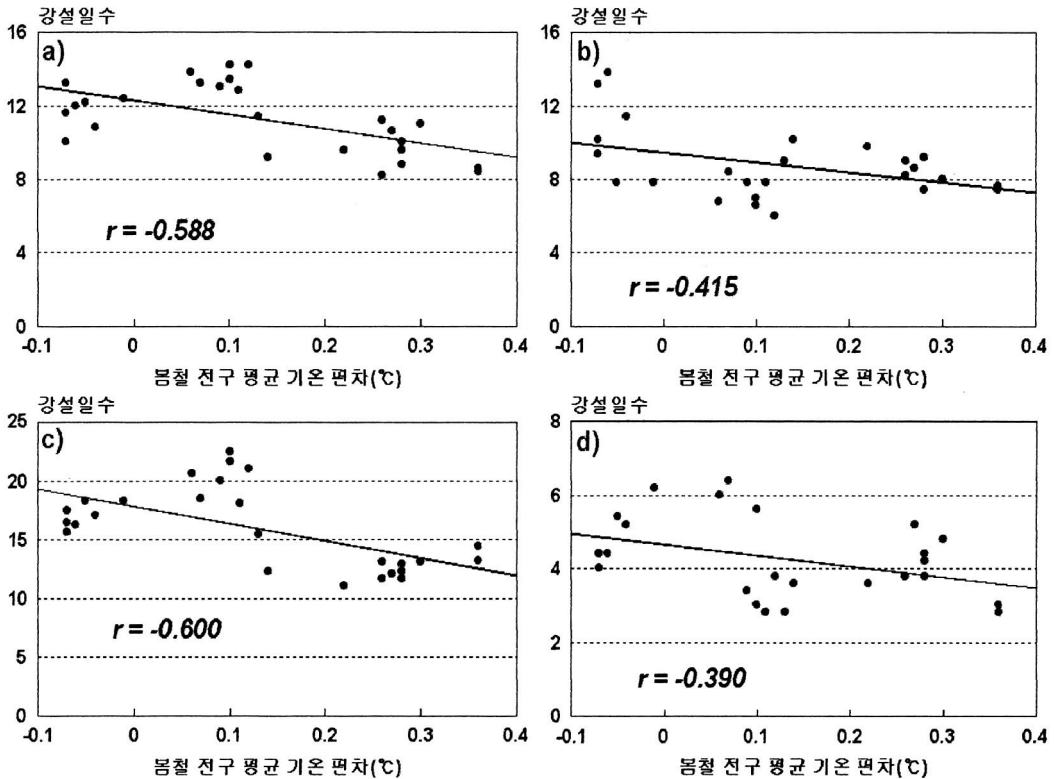


그림 7. 강설일수와 봄철 전구 평균 기온 편차의 관계(1971~2000년) a) 서울, b) 강릉, c) 군산, d) 대구

표 6. 대설일수와 봄철 전구 평균 기온과의 상관계수(r) 1971~2000년

지 점	서 울	강 룡	군 산	대 구
상관 계수	-0.396*	-0.491*	-0.729**	0.446*

*유의수준 $\alpha=0.05$ (양측 검증)

**유의수준 $\alpha=0.01$ (양측 검증)

봄철 전구 평균 기온이 높을수록 적다는 것을 나타내어 신적설량의 변동 특징과 비슷하다. 이와 같은 경향은 군산을 제외하고 분석 기간을 1941-2000년으로 연장한 경우도 비슷하다. 즉, 서울의 경우 두 변수간의 상관관계가 가장 높고($r=-0.595$), 다음으로 강릉($r=-0.324$), 대구($r=-0.285$)의 순이다. 이와 같은 결과는 앞에 기술한 신적설량과 전구 평균 기온과의 관계와 비슷한 결과이다. 즉, 강설 현상이 있을 경우 그 패턴은 크게 변하지 않는 것이라고 생각한다.

대체로 대설일수와 전구 평균 기온과의 관계도 강설일수의 경우와 비슷하나 서울의 경우는 두 변수 사이의 상관계수가 $r=-0.396$ 으로 크게 낮아졌다(표 6). 군산에서 두 변수간의 상관계수가 $r=-0.729$ 로 가장 높은 값이며 '부'적인 상관관계를 보인다. 즉, 군산에서는 전구 평균 기온의 상승에 따라서 대설일의 감소가 분석 지점 중 가장 뚜렷하게 나타난다고 할 수 있다. 또한 대구의 경우는 다른 분석 지점과 달리 두 변수간의 상관계수가 $r=0.446$ 으로 '정'적인 관계가 있다. 그러나 대구의 대설일수는 연평균 1일 내외로 상관계수 값의 의미가 작다고 할 수 있다.

겨울철 강수량 비율이 비교적 높은 강릉(11.9%)과 군산(8.1%)의 1월 강설일수와 전구 평균 기온 편차와의 상관관계를 구하였다. 군산의 경우 두 변수 간에는 상관계수 $r=-0.460$ 의 비교적 높은 '부'

적인 상관관계가 나타나며, 강릉의 경우는 $r=0.047$ 로 두 변수 사이에 상관관계가 거의 없다. 즉, 군산의 경우는 봄철 전구 평균이 상승하면 1월의 강설일수가 감소하며 강릉의 경우는 큰 영향을 받지 않는 것이다. 이 때 군산에서의 상관계수 값은 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 통계적으로 유의하다. 이는 신적설량의 경우와 같이 한랭한 시베리아 기단의 영향으로 강설이 나타나는 군산은 전구 평균 기온의 영향을 크게 받지만, 강릉의 경우는 북동기류와 관련된 강설이 대부분이기 때문에 1월 강설일수의 변동에 그 영향이 크지 않은 것이라 생각한다.

5. 토의 및 고찰

30년 기간별로 분석할 경우, 신적설량이 가장 많은 시기는 분석 지점 모두 1951-1980년 기간이며, 가장 적은 시기는 1971-2000년 기간이다. 두 기간 사이에 신적설량의 감소 비율은 20% 내외로 비교적 큰 폭으로 변화하였다(표 2 참조). 이에 반하여 같은 기간 사이에 겨울철 강수량의 감소 비율은 군산을 제외하고 2~6%에 불과하다(표 7). 또한 앞의 기간 사이에 신적설량은 꾸준히 감소하고 있지만 강수량은 감소와 증가 경향이 모두 나타난다. 이는 이 기간의 신적설량 변화가 강수 패턴의 변화에 의한 것보다는 기온의 변화와 관련이 있음을

표 7. 30년 기간별 월평균 강수량(mm)

지점 \ 기간	서 울				강 룡				군 산*				대 구			
	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년	12월	1월	2월	전년
1941~1970	24.9	23.2	22.8	70.9	45.1	41.1	66.0	152.1					19.6	16.5	26.5	62.6
1951~1980	23.7	20.8	28.0	72.5	44.2	53.8	75.9	173.9	34.7	35.3	37.1	110.0	20.2	18.4	29.3	67.9
1961~1990	21.3	22.9	24.6	68.8	45.2	58.2	61.1	164.4	34.2	34.5	35.6	105.7	14.3	20.5	28.8	63.6
1971~2000	24.7	21.6	23.6	69.9	46.4	65.3	58.7	170.3	34.5	30.5	32.4	97.3	15.3	21.6	27.1	64.1

* 군산의 1951~1980년은 1968~1980년이며, 1961~1990년은 1968~1990년임.

표 8. 신적설량(cm)과 강수량(mm)과의 상관계수(r) 1971~2000년

지 점	서 울	강 룡	군 산	대 구
상관 계수	0.152	0.575**	0.026	0.072

**유의수준 $\alpha=0.01$ (양측 검증)

표 9. 신적설량(cm) · 강설일수와 겨울철 평균 기온(°C)과의 상관계수(r) 1971~2000년

지 점	서 울	강 룡	군 산	대 구
신적설량	-0.696**	0.252	-0.906**	-0.001
강설일수	-0.405*	0.374	-0.509**	-0.022

**유의수준 $\alpha=0.01$ (양측 검증)

뒷받침하는 것이라고 할 수 있다. 표 7에서 볼 수 있듯이 분석 기간동안 강수량의 변화는 거의 없다고 할 수 있다. 다만, 군산의 경우는 1951-1980년 기간과 최근 30년 기간 사이에 11.5%가 감소하여 다른 지점과는 차이를 보인다. 특히 1961-1990년 기간과 최근 30년 기간 사이에는 다른 지점에서는 강수량이 증가하였는데 군산에서는 약 8% 감소하고 있다. 이는 군산의 경우는 강수 패턴 자체가 시기별로 점차 달라지고 있음을 보여주는 것이다.

최근 30년 동안의 신적설량과 강수량 간의 관계를 보면, 저기압에 의한 겨울철 강수량 비율이 적은 강릉에서 두 변수간의 상관계수가 $r=0.575$ 로 가장 높고, 나머지 지점은 그 값이 0.2 미만으로 두 변수 간의 상관관계가 거의 없다(표 8). 이종화(2001)의 결과에 의하면 강릉의 겨울철 강수량 중 저기압과 관련된 것의 양은 43.2%이다. 이와 같이 분석 지점의 신적설량의 변동이 강수량의 변동과

는 다른 것도 이들 지점의 신적설량 변동이 강수 패턴의 변화에 의한 것 보다는 다른 요인에 의한 것임을 보여주는 것이라 할 수 있다.

신적설량의 변동과 전구 평균 기온 변동과는 분석 지점이 모두 비슷한 경향의 상관관계를 보인다. 앞에서 살펴본 바와 같이 상관계수 값의 차이는 있지만 모두 '부'적인 상관관계를 갖는다. 분석 지점의 신적설량과 각 지점의 겨울철 평균 기온과의 관계도 전구 평균 기온의 편차와의 관계와 비슷하다. 표 9는 각 분석 지점의 겨울철 평균 기온과 신적설량의 5년 이동 평균 값 간의 상관계수를 나타낸 것이다. 그 값을 보면 그림 5에서 본 것과 같이 전구 평균 기온의 편차와 상관관계가 높은 군산($r=-0.906$)과 서울($r=-0.696$)에서 두 변수간의 상관관계가 높고 강릉과 대구에서 낮다. 또한 군산과 서울의 경우는 상관계수 값이 통계적으로 유의하지만(유의수준 $\alpha=0.01$), 대구와 강릉은 유의하지

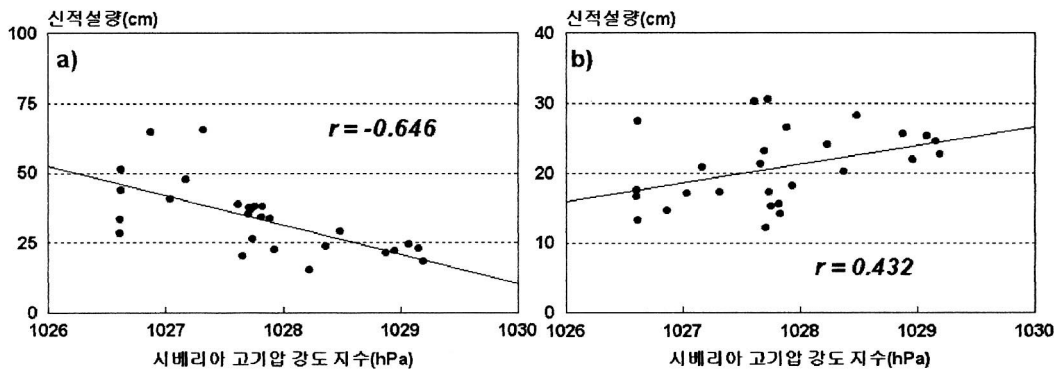


그림 8. 1월의 신적설량과 시베리아 고기압 강도와와의 관계(1971~2000년) a) 강릉, b) 군산

표 10. 연간 신적설량과(cm)과 시베리아 고기압 강도와의 상관계수(r)

지 점	서 울	강 룡	군 산	대 구
상관계수	0.217	-0.675**	0.733**	-0.214

*유의수준 $\alpha=0.05$ (양측 검증)

**유의수준 $\alpha=0.01$ (양측 검증)

않다. 특히 시베리아 고기압이 확장할 때의 강설이 전체의 65%를 넘는 군산에서 두 변수 간의 상관관계가 매우 높아서, 그런 유형의 강설이 기온의 영향을 더욱 크게 받고 있다고 할 수 있다. 각 분석 지점의 강설일수와 겨울철 평균 기온과의 관계도 신적설량의 경우와 비슷하다(표 9 참조).

앞의 결과를 통하여 시베리아 고기압의 강도가 강설 변화에 영향을 미칠 것이라고 판단할 수 있다. 그림 8은 군산과 강릉의 1월 신적설량과 시베리아 고기압 강도 지수와의 관계를 나타낸 것이다. 군산의 1월 신적설량과 시베리아 고기압 강도 지수 사이에는 $r=0.432$ 의 비교적 높은 '정'적인 상관관계가 있다. 반면, 강릉의 경우는 두 변수 사이에 상관계수 $r=-0.646$ 의 '부'적인 상관관계가 나타난다. 각각의 상관계수는 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 통계적으로 유의하다. 즉, 군산은 시베리아 고기압 강도가 강할수록 1월의 신적설량이 많고 강릉은 그 반대의 경향이라고 할 수 있다. 특히 강릉의 경우 두 변수 간에 선형의 관계가 뚜렷하다. 이는 시베리아 고기압의 강도가 강할수록 군산의 신적설량이 증가하는 것보다 시베리아 고기압의 강도가 강할수록 강릉의 신적설량이 감소하는 경향이 더욱 뚜렷하다는 것을 보여준다. 이와 같은 경향은 연

평균 신적설량의 경우도 비슷하다(표 10). 연 평균 신적설량도 군산의 경우는 시베리아 고기압 강도 지수와 $r=0.733$ 의 '정'적인 상관관계를 보이며, 강릉의 경우는 $r=-0.675$ 의 '부'적인 상관관계를 보인다. 각각의 상관계수는 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 통계적으로 유의하다. 서울과 대구의 경우는 각각 $r=0.217$, $r=-0.214$ 의 값을 보이지만 유의하지 않는 관계이다. 연중 가장 신적설량이 많은 달인 1월(강릉의 경우는 2월)의 경우도 경향은 비슷하다.

두 지점의 강설일수와 시베리아 고기압 강도와의 관계도 신적설량의 경우와 비슷하다. 군산의 경우 1월에 두 변수간의 상관계수 $r=0.700$ 이며, 강릉의 경우는 $r=-0.802$ 이다. 군산과 강릉의 강설일수가 시베리아 고기압 강도와 높은 상관관계를 갖고 있으며, 군산과 강릉은 각각 '정'과 '부'적인 관계이다. 그러므로 1월에 시베리아 고기압이 강할수록 북서계절풍이 강하므로 군산에서는 강설 가능성이 높고, 강릉에서는 강설 가능성이 작아진다. 그림 9는 강릉과 군산의 연간 강설일수와 시베리아 고기압과의 관계를 나타낸 것으로 1월의 경우와 비슷하다. 두 변수 간의 상관계수가 강릉의 경우는 $r=-0.615$ 이며, 군산은 $r=0.814$ 이다. 시베리아 고기압의 강도는 봄철 전구 평균 기온의 편차와 상관계

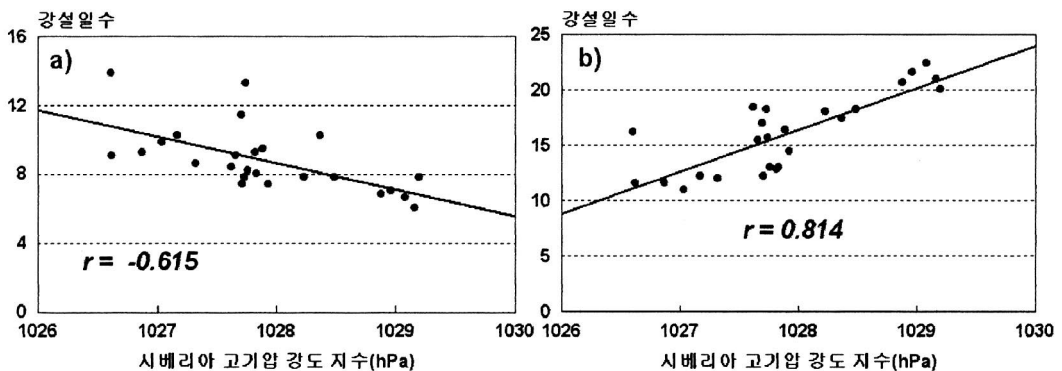


그림 9. 강설일수와 시베리아 고기압 강도와의 관계(1971~2000년) a) 강릉, b) 군산

수 $r = -0.530$ 의 비교적 높은 상관관계를 갖고 있다. 그러므로 시베리아 고기압의 강도와 신적설량 및 강설일수가 높은 상관관계를 갖는 것도 이들 요소가 전구 기온과 관련이 있음을 뒷받침한다고 할 수 있다.

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라에서 강설 패턴이 서로 다른 서울, 강릉, 군산, 대구를 사례지점으로 선정하여 전구적인 기온 상승이 신적설량과 강설일수의 변화에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 각 분석 지점의 일별 신적설량과 월별 전구 평균 기온의 편차, 시베리아 고기압 강도 등을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

대부분 1월에 신적설량이 많은 편이지만, 강릉은 2월에 군산은 12월에도 많은 편이며 강설일수도 비슷한 경향이다. 1950년대 이후 신적설량이 감소하는 추세이지만, 서울은 1980년대 이후 감소가 더욱 뚜렷하고 강릉은 안정된 상태이다. 그러나 군산에서는 1990년대 이후 증가하는 경향인데, 이는 울릉도의 경우와 비슷한 경향이다. 강설일수의 변화 경향도 신적설량의 변화 경향과 거의 비슷하다. 신적설량과 겨울철 강수량과는 강릉에서만 통계적으로 유의한 상관관계가 있고, 다른 지점에서는 상관관계가 거의 없다.

신적설량은 봄철의 전구 평균 기온과 '부'적인 상관관계를 갖는다. 시베리아 고기압이 확장할 때 강설이 많은 군산에서 두 변수간의 상관관계가 높고, 북동 기류가 불 때 강설이 많은 강릉에서는 상관관계가 낮다. 군산과 강릉의 신적설량은 시베리아 고기압의 강도와 높은 상관관계를 갖는데, 군산에서는 '정'적인, 강릉에서는 '부'적인 상관관계를 갖는다.

강설일수도 신적설량과 비슷한 경향이다. 분석 지점의 강설일수는 모두 봄철 전구 평균 기온 편차와 '부'적인 상관관계를 갖으며, 군산과 서울에서 두 변수 간의 상관관계가 높다. 시베리아 고기압의 강도와도 군산과 강릉에서 선형의 관계가 잘 나타난다.

봄철의 전구 평균 기온 편차와 시베리아 고기압

의 강도 간에도 높은 상관관계가 나타나고 있으며, 저기압에 의한 강설량이 비교적 적은 군산과 강릉의 신적설량은 시베리아 고기압 강도와 높은 상관관계가 나타나지만 반대의 경향이다. 따라서 앞으로 전지구적으로 기온 상승이 계속되어 시베리아 고기압의 강도가 약화된다면, 군산에서는 신적설량이 줄고 강릉에서는 늘 가능성이 높다.

군산과 강릉의 신적설량과 강설일수가 전구 평균 기온 편차나 시베리아 고기압의 강도와 높은 상관관계를 갖는 것은 이들 지점에서의 강설량의 변동이 전구적인 기온 변화와 관련지어서 이해해야 한다는 것을 의미한다. 특히 군산에서는 나머지의 분석 지점에서 신적설량과 강설일수가 감소하거나 정체된 상태인데 반하여 1990년대 이후 점차 증가하는 경향이 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 이 지역의 강설에 대한 연구가 온난화 현상과 관련지어 보다 심도 있는 연구가 필요함을 보여주는 것이다. 더욱이 서해안 고속도로의 개통 등으로 많은 눈으로 인하여 발생할 수 있는 재해에 대한 관심도 고조되고 있어서 지속적으로 강설의 변동에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

사 사

이 연구에서 사용된 겨울철 시베리아 고기압 강도 값은 Dr. Daoyi Gong(Beijing Normal University, China)이 제공한 것으로 이에 감사드립니다. 또한 자료 정리에 도움을 준 허인혜선생과 이경미 양에게도 감사한다. 세심하게 논문을 읽고 지적하여 주신 익명의 세분 심사위원에게도 깊은 감사를 드립니다.

註

- 1) 본 연구에서 다설기는 상대적으로 다른 시기보다 신적설량이 많은 시기를 뜻함.

文 獻

강인식, 1998, "엘니뇨와 한반도의 기후변동의 관련성." 한국기상학회지, 34(3), 390-396.

- 기상연구소, 1992, 한반도 기후변화 감시 및 이상기상에 관한 연구(III), 과학기술처.
- 김맹기 · 강인식 · 곽중흙, 1999, “최근 40년간 한반도 도시화에 따른 기온 증가량의 추정,” 한국기상학회지, 35(1), 118-126.
- 김연옥, 1998 기후 변화-한국을 중심으로-, 민음사.
- 김유근 · 손건태 · 배주현 · 김영실, 1999, “부산지역 시정의 변동 경향과 장 · 단기 예측,” 한국기상학회지, 35(2), 227-234.
- 박병익 · 윤석은, 1997, “한국의 동계 강수 분포에 관한 종합 기후학적 연구,” 대한지리학회지, 32(1), 31-46.
- 서은경 · 전종갑, 1991, “1990년 1월 29일~2월 1일 한반도에서 발생한 대설에 관한 연구,” 한국기상학회지, 27(2), 165-179.
- 이명인, 1996, 한반도 기온변동성과 온난화, 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이병곤 · 문영수, 1985, “우리나라 주요도시와 그 인접지역에서의 기후변동경향,” 경북대 논문집, 39, 51-63.
- 이병설, 1979, “남한의 강설 분포에 관한 연구,” 지리학과 지리교육, 9, 224-233.
- 이승호 · 최병철, 2001, “울릉도의 적설량 변화,” 한국기상학회지, 37(4), 317-328.
- 이중화, 2001, 울릉도와 동해안 지역의 강수 특성, 건국대학교 대학원 석사학위논문.
- 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.
- 차은정 · 전종갑 · 정효상, 1999, “엘니뇨/라니냐 해의 우리나라 기후 특성에 관한 연구,” 한국기상학회지, 35(1), 98-117.
- 천재호, 2002, 시베리아 고기압 확장시 호남 지방의 강설 분포 특성, 건국대학교 대학원 석사학위논문.
- 최병철 · T. D. Davies · T. J. Osborn · 이승호, 1998, “유라시아 적설 분포면적과 남한의 여름철 강수량의 관계 1부-통계적 분석-,” 한국기상학회지, 34(3), 478-485.
- 최진식, 1990, “남한의 연강수지역 구분과 강설의 지역적 특성,” 지리학, 41, 35-48.
- Brown, R. D., 2000, Northern hemisphere snow cover variability and change, 1915-97, *J. Climate*, 13, 2339-2355.
- Dickson, R, 1984, Eurasian snow cover versus Indian monsoon rainfall, *J. Climate Appl. Meteorol.*, 23, 171-173.
- Frei, A., D. A. Robinson, 1999, Northern hemisphere snow extent: regional variability 1972-1994, *Int. J. Climatol.*, 19, 1535-1560.
- Frei, A., D. A. Robinson, and M. G. Hughes, 1999, Northern American snow extent: 1900-1994, *Int. J. Climatol.*, 19, 1517-1534.
- Hartley, S., M. J. Keables, 1998, Synoptic associations of winter climate and snowfall variability in New England, USA, 1950-1992, *Int. J. Climatol.*, 18, 281-298.
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, IPCC.
- Kripalani, R. H. and A. Kulkarni, 1999, Climatology and variability of historical Soviet snow depth data: some new perspectives in snow-Indian monsoon teleconnections, *Climate Dynamics*, 15, 475-489.
- Vaughan, G., 1999, Spatial and temporal variability of net snow accumulation over the antarctic from ECMWF re-analysis project data, *Int. J. Climatol.*, 19, 697-724.
- Ye, H., H. R. Cho and P. E. Gustafson, 1998, Changes in Russian winter snow accumulation during 1936-83 and its spatial patterns, *J. Climatol.*, 11(5), 856-863.
- Ye, H., J. R. Mather, 1997, Polar snow cover changes and global warming, *Int. J. Climatol.*, 17, 155-162.

최초투고일 03. 03. 05
최종접수일 03. 07. 10