

강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성*

이승호** · 이경미***

The Distribution of Natural Disaster in Mountainous Region of Gangwon-do*

Seungho Lee** · Kyoungmi Lee***

요약 : 본 연구에서는 강원도 산지지역의 자연재해의 빈도 및 피해액의 분포 특성을 파악하고 이와 관련된 기후요소의 변화를 분석하였다. 최근 5년(2003~2007년) 동안 강원도 산지지역에서는 총 27회의 자연재해가 발생하였으며 그 중 호우에 의한 재해가 16회로 가장 많다. 재해가 가장 빈번했던 지역은 평창군 진부면으로 총 9회 발생하였다. 강원도 산지지역에서 자연재해에 의한 피해는 그 주변 지역보다 크며, 산지지역 내에서는 해발고도가 높은 지역에서 피해가 더 크다. 강원도 산지지역의 북서부 지역에는 주로 호우에 의한 피해만 있었으며, 태풍에 의한 피해는 산지의 남부 지역에 집중되었다. 강풍에 의한 피해는 대부분의 산지에서 나타나는 반면 대설에 의한 피해는 적다.

강원도 산지지역에서 강수량, 강수강도 및 호우일수는 증가하였고 2000년대에 들어서 강수강도의 증가 경향이 뚜렷하다. 반면 2000년대 이후 강설일수, 강설량 및 대설일수는 뚜렷하게 감소하고 있다. 강원도 산지지역에서는 최근 호우에 의한 재해가 가장 빈번하였고 강풍의 경우 감소하는 경향이나 호우와 함께 발생할 경우 그 피해가 크므로 호우 및 강풍에 의한 재해에 대한 대비가 중요하다.

주요어 : 자연재해, 호우, 강풍, 대설

Abstract : This study analyzed distribution of natural disaster and trend of related climatic elements in mountainous region of Gangwon-do. In mountainous region of Gangwon-do, there have been 27 natural disasters of which heavy rainfall have the leading cause for the last 5 years(16 times in 2003-2007). It has been 9 natural disasters in Jinbu-myeon Pyeongchang-gun, the most frequent area. The mountainous region has been larger natural damage than its surrounding regions and there has been more damage at higher altitudes. While the heavy rainfall have caused damage over the northwest of mountains, most typhoons have damaged southern part of mountains. Most mountainous region suffers from strong wind but damage by snow is small.

In mountainous region of Gangwon-do, annual precipitation, intensity of precipitation and heavy rainfall days have been increasing since 2000 and this tendency is significant in its intensity. However, annual snowfall, snowfall days and heavy snowfall days have been clearly decreasing since 2000. In case heavy rainfall accompanies strong wind, the damages are larger in mountainous region of Gangwon-do. Therefore it is important to be prepared for heavy rainfall and strong wind.

Key Words : natural disaster, heavy rainfall, strong wind, heavy snowfall

* 이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2008-4505)의 지원으로 수행되었습니다.

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

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

1. 서론

지구온난화로 인한 기후변화는 기후시스템 전반에 영향을 미치고 있으며, 최근 이로 인한 이상기상 현상의 강도 및 빈도 변화에 대한 관심이 증대되었다. 이상기상 현상은 홍수, 가뭄, 한파, 폭설, 강풍과 같은 자연재해를 발생시켜 대규모의 경제적 손실과 인명 피해를 초래한다.

최근 전 세계적으로 기후변화로 인한 기상이변으로 국지성 집중호우, 사막화 현상, 태풍 등이 지속적으로 증가하고 그 피해 규모도 점점 대형화되는 추세이다. 우리나라에서도 이상기상의 출현 특성이 규모와 발생지역의 측면에서 과거와 다른 양상으로 나타나고 있다. 2002년 여름에는 태풍 루사에 의해 강릉지방에 일강수량 900mm에 가까운 비가 기록되었고, 2006년 10월에는 속초지방에서 순간최대풍속 63.7m/sec를 기록하기도 하였다. 또한 과거에 홍수는 하천 하류 지방에 집중되었으나, 2005년과 2006년 여름철에는 강원도 산간 지방에 대규모의 홍수가 발생하기도 하였다. 이러한 사례는 이미 우리나라에서도 지구온난화의 영향이 이상기상 출현에 영향을 미치고 있으며 자연재해에 대한 대응이 필수적임을 보여주고 있다.

우리나라에서 발생하는 자연재해는 90% 이상이 악기상에 의한 기상재해이다(심우배, 2005). 우리나라의 기상재해로 인한 피해 추이를 보면 사망이나 실종과 같은 인명피해는 줄어들고 있으나 인구 집중화 현상이나 복잡한 사회시스템으로 인하여 재산피해의 잠재성은 증가하고 있다. 최근의 2002년과 2003년 태풍 루사와 매미에 의한 재산피해는 7조원에 이른다. 기후변화로 인한 기후 시스템의 변화가 발생하고 이것이 이상기상 현상의 발생 강도와 빈도의 증가로 연결될 경우 우리나라는 기상재해에 취약한 국가가 될 수 있다.

우리나라의 자연재해에 관한 연구는 주로 농업기상재해에 관한 연구(최돈향·윤성호, 1989; 이봉호 등, 1991; 주영철 등, 2000; 심교문 등, 2003; 심교문 등, 2005)와 우리나라의 자연재해의 대부분을 차지하는 호우 및 태풍과 그와 관련된 극한 기후 현상에 관한 연구(이은걸·이현영, 1998; Choi, 2002; 박노옥 등, 2004;

Choi, 2004; 박종길 등, 2006; 배선헌, 2007) 등이 대부분으로 지역 규모에서 자연재해의 빈도와 피해의 분포를 파악한 연구는 미비하다. 특히 산지지역은 지리적 특성 때문에 폭설이나 강풍 등의 자연재해에 의한 피해가 클 것으로 예상되므로 이에 관한 연구가 필요하다. 산지지역은 최근 농업, 관광, 자원 개발 등의 측면에서 활용성이 커지면서 고랭지 농업을 비롯한 스키장 및 자연휴양림 등의 관광과 고랭지 축산업 등 평지에 비하여 경쟁력 있는 산업이 발달하고 있다. 이에 따라 기후변화가 산지지역의 환경 및 산업 등에 미치는 영향에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나(Bloomfield and Hamburg, 1997; Konig and Abegg, 1997; 윤성호, 1998; 공우석, 1999; Breiling and Charanza, 1999; Thompson, 2000; 구경아 등, 2001; 윤성호 등, 2001; Pauli *et al.*, 2001; Theurillat and Guisan, 2001; Elsasser and Burki, 2002; 공우석, 2005; Diaz, 2005; 이승호, 2008), 산지지역의 자연재해 분포에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 강원도 산지지역의 자연재해 빈도 및 피해액의 분포 특성을 파악하고 자연재해와 관련된 기후요소의 변화를 분석하고자 한다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서 사용한 재해 자료는 강원도 내의 전체 시·군에서 조사한 읍·면·동 규모의 자연재해 피해 현황 자료이며, 자료 기간은 2003~2007년이다. 또한 산지지역의 자연재해와 관련된 기후요소의 변화 경향을 분석하기 위하여 연구 지역 내에 분포하는 대관령(1972~2007년)과 태백(1986~2007년) 기상관측지점의 평균기온, 강수량, 신적설량, 순간최대풍속 등의 기상 자료를 이용하였다.

본 연구에서는 우리나라에서 규모가 큰 산지지역 중 하나인 강원도의 산지지역을 연구 지역으로 선정하였다. 우리나라의 상세 기후지역 구분을 위한 이승호 등(2005)의 연구에서는 해발고도 300m 이상의 지역을 산지라고 정의하고 그 지역을 산지기후지역으로 구분

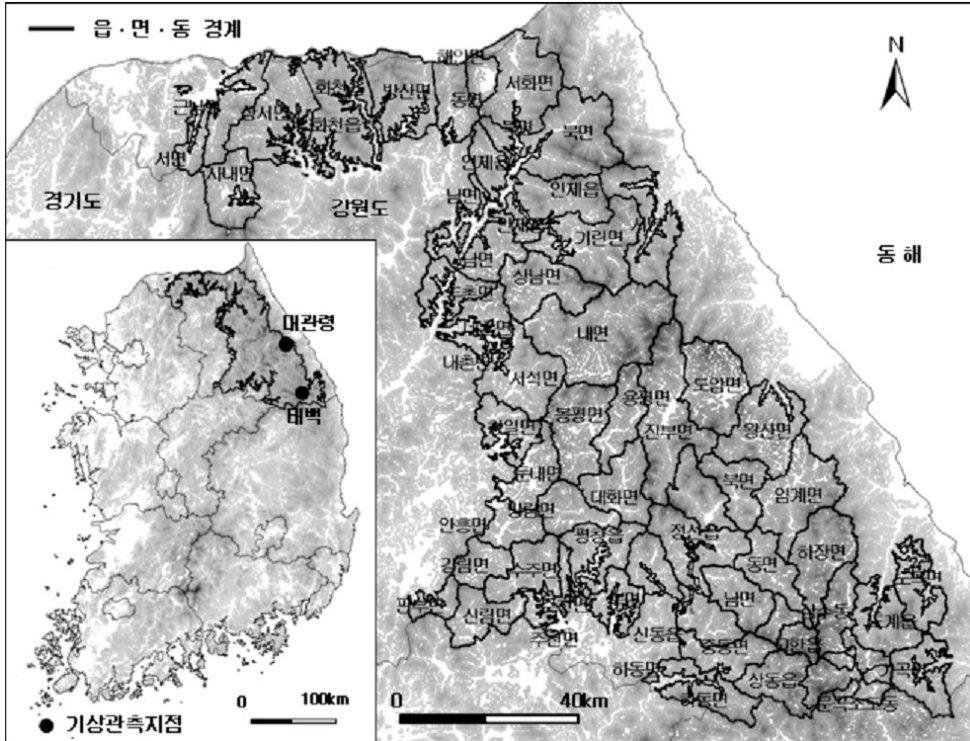


그림 1. 연구 지역

하였다. 해발고도 300m는 조생종 벼와 중·만생종 벼 재배의 경계가 되는 기준이기도 하다. 일반적으로 조생종 벼는 동해안을 제외하고는 산지에서 재배되는 것으로 알려져 있다. 강원도에서 해발고도 300m 이상인 면적은 전체의 69.3%이다. 이 기준에 따라 강원도의 전체 읍·면·동 중 300m 이상의 면적 비율이 69.3% 미만인 126개의 읍·면·동을 제외한 지역의 300m 이상의 지역을 연구 지역으로 선정하였다(그림 1).

강원도 산지지역에서 발생한 자연재해의 상세한 분포 특성을 파악하기 위하여 읍·면·동 규모의 최근 5년(2003~2007) 동안의 원인별 자연재해 발생 빈도와 피해액을 분석하고 이를 지도화하여 산지지역의 자연재해에 대한 취약성을 평가하였다. 이를 바탕으로 강원도 산지지역의 자연재해 원인별 빈도와 피해액을 종합적으로 표현한 자연재해 지도를 작성하였다. 자연재해 지도화는 ArcGIS v9.0을 이용하였다.

자연재해와 관련된 기후요소의 변화 경향을 파악하

기 위하여 연구 지역 내의 기상관측지점인 대관령과 태백의 강수량, 강수일수, 강설량, 강설일수 등의 연편차 변화와 10년 단위의 기간별 평균 변화를 분석하였다. 편차는 각 관측지점의 전체 연구기간의 평균에 대해 계산하였다. 또한 호우일수, 대설일수, 강풍일수 등 이상기상 현상일수의 연 변화 경향을 분석하였으며 이때 이상기상의 기준은 기상청의 기상특보 발표기준으로 하였다. 기상특보는 단계별로 주의보와 경보로 구분되며 본 연구에서는 재해의 위험이 시작된다고 할 수 있는 주의보의 기준 값을 이용하였다.

3. 자연재해의 분포

강원도 산지지역의 상세한 자연재해 분포 특성을 파악하기 위하여 읍·면·동 규모의 최근 5년

(2003~2007) 동안의 자연재해 원인별 발생 빈도와 피해액을 분석하였다. 최근 5년 동안 강원도 산지에서는 총 27회의 자연재해가 발생하였다(표 1). 강원도 산지 지역에서는 매년 평균 5.4회의 자연재해가 발생하였으며, 2004년에 8회로 자연재해 발생 빈도가 가장 높고 2005년은 3회로 가장 낮다. 원인별로는 호우에 의한 재해가 총 16회로 가장 많이 발생하였으며, 강풍과 태풍에 의한 재해도 각각 9회와 8회로 높은 빈도이다.

강원도 산지지역에서 최근 5년 동안 자연재해로 인해 발생한 피해액은 약 1조 7천억원이다. 호우·강풍에 의한 피해가 가장 많으며 태풍에 의한 피해도 많은 편이다(표 2). 호우·강풍에 의한 피해 중에서는 2006년 7월 14~20일에 발생한 호우와 강풍에 의한 피해가 가장 많다. 이 기간 중에 대관령에는 515.5mm의 강수가 내렸으며, 15일의 순간최대풍속은 18.4m/sec였다. 특히 2006년 7월에는 14일 이전에 3일 하루를 제외하고 매일 강수현상이 있었으며 20일까지의 누적 강수량이 851.5mm로 그 피해가 컸던 것으로 생각된다. 태풍에 의한 피해 중에서는 2003년에 피해가 가장 컸다.

2003년의 재해는 최대 풍속 51.1m/sec를 기록한 태풍 매미에 의해 발생한 것이다.

그림 2는 최근 5년(2003~2007)의 강원도 산지지역의 재해 원인별 자연재해 지도이다. 자연재해 분포를 상세히 지도화하기 위하여 읍·면·동 규모로 기록된 자연재해의 빈도와 피해액 자료를 이용하였다. 그림 2-a는 강원도 산지지역에서 발생한 호우, 호우·강풍, 태풍, 폭풍, 대설 등 전체 자연재해 원인을 모두 포함한 자연재해 지도이다. 최근 5년 동안 자연재해가 가장 빈번했던 지역은 평창군 진부면으로 총 9회의 재해가 발생하였다. 강원도 산지지역에서 자연재해는 주로 평창군 진부면, 평창읍, 미탄면, 방림면, 대화면, 도암면과 홍천군 내면 등의 산지의 중남부 지역에서 빈번하게 발생하였다. 이 지역과 인접한 강릉시 주문진읍, 연곡면, 사천면, 강동면 등에서도 빈도가 높다.

자연재해로 인한 총 피해액의 경우 강원도 산지지역에서 발생한 피해의 규모가 강원도의 다른 지역에 비해 크다. 강원도 산지지역에서 재해로 인한 피해가 가장 큰 지역은 인제군 인제읍이며, 그 밖에 평창군 진부

표 1. 강원도 산지지역의 자연재해 원인별 발생 빈도(2003~2007년)

연도	호우	호우·강풍	태풍	폭풍	대설	합계
2003	3	1	1	0	0	5
2004	3	0	3	1	1	8
2005	0	1	1	0	1	3
2006	1	2	2	0	0	5
2007	1	4	1	0	0	6
합계	8	8	8	1	2	27

표 2. 강원도 산지지역의 자연재해 원인별 피해액(2003~2007년)

(단위: 천원)

연도	호우	호우·강풍	태풍	폭풍	대설	합계
2003	21,549,231	38,706	266,719,537	0	0	288,307,474
2004	40,640,524	0	29,595,796	29,638	54,005	70,319,963
2005	0	3,615,836	1,120,182	0	8,487	4,744,505
2006	21,927,361	1,273,455,056	89,140	0	0	1,295,471,557
2007	3,293,154	6,564,219	4,960	0	0	9,862,333
합계	87,410,270	1,283,673,817	297,529,615	29,638	62,492	1,668,705,832

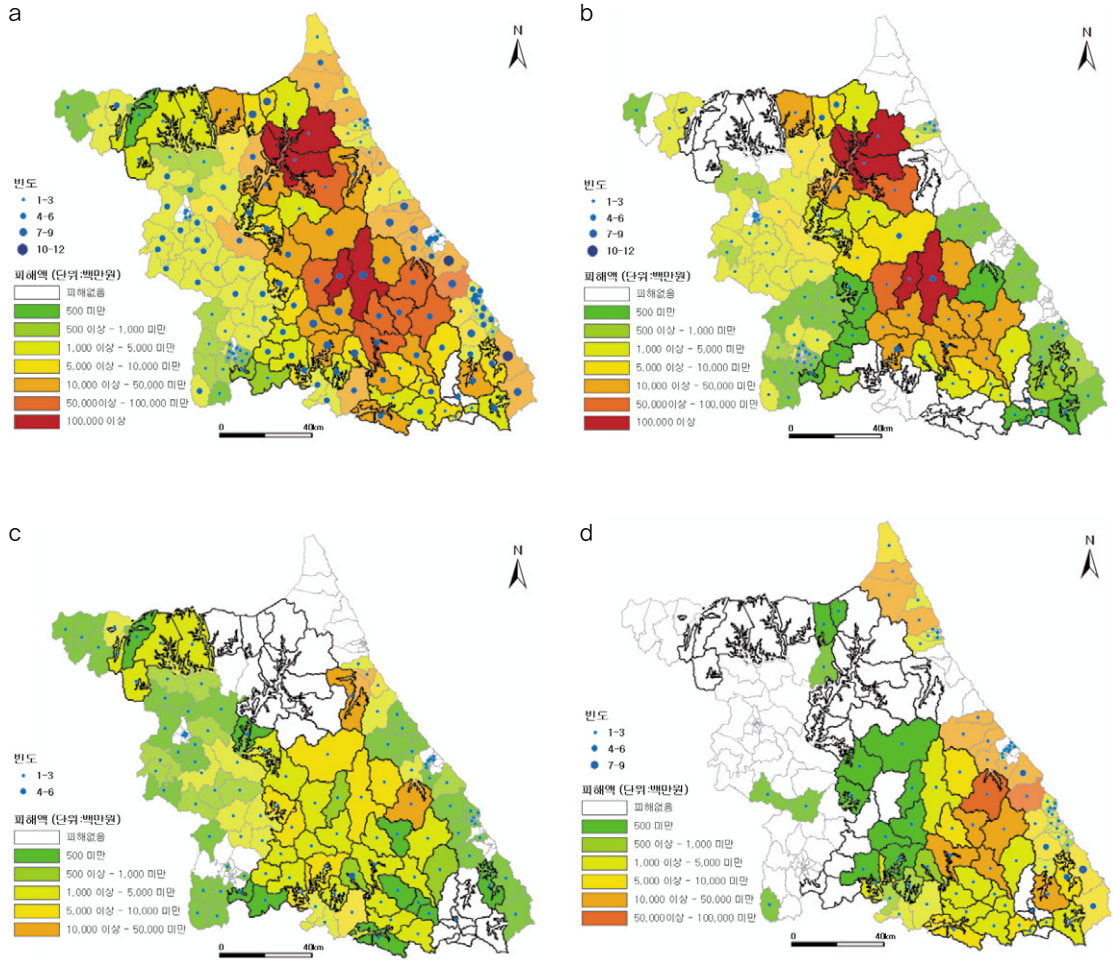


그림 2. 강원도 산지지역의 원인별 자연재해 빈도와 피해액 분포(2003~2007년)
(a: 전체, b: 호우·강풍, c: 호우, d: 태풍; 산지지역은 굵은 선으로 표현)

면, 용평면과 인제군 북면을 중심으로 그 주변 지역에서도 피해가 크다. 양구군 해안면과 동면은 재해가 빈번하게 발생하는 반면 상대적으로 그 피해 규모는 작다. 반면에 태백시 황연동, 삼수동, 상장동, 구문소동에서는 최근 5년 동안 자연재해로 인한 피해가 발생하지 않았다.

그림 2-b는 강원도 산지지역에서 호우·강풍으로 인하여 발생한 자연재해의 빈도와 피해액을 나타낸 지도이다. 강원도 산지지역의 북부 지역의 피해 규모가 큰 인제군 인제읍, 북면, 기린면과 중부 지역의 피해 규모가 큰 평창군 진부면, 용평면, 봉평면의 피해는 대

부분 호우·강풍에 의한 재해에 의하여 발생한 것임을 알 수 있다. 이 지역의 피해는 대부분 2006년 7월 12~16일에 발생한 호우에 의한 것이며, 이는 산지지역에 의한 국지적인 집중호우가 발생한 것이 가장 큰 이유이다(배선휘, 2007). 반면에 북서쪽의 철원군 서면, 근남면 및 화천군 화천읍, 상서면, 사내면과 남쪽의 태백시 문곡소도동 및 영월군 상동읍, 중동면, 하동면, 북면, 수주면 등은 호우·강풍에 의한 재해가 발생하지 않았다. 호우·강풍에 의한 재해가 가장 빈번한 지역은 양구군 해안면(6회)이며, 양구군 동면(5회)과 홍천군 내면 및 평창군 평창읍, 진부면(4회)도 재해가

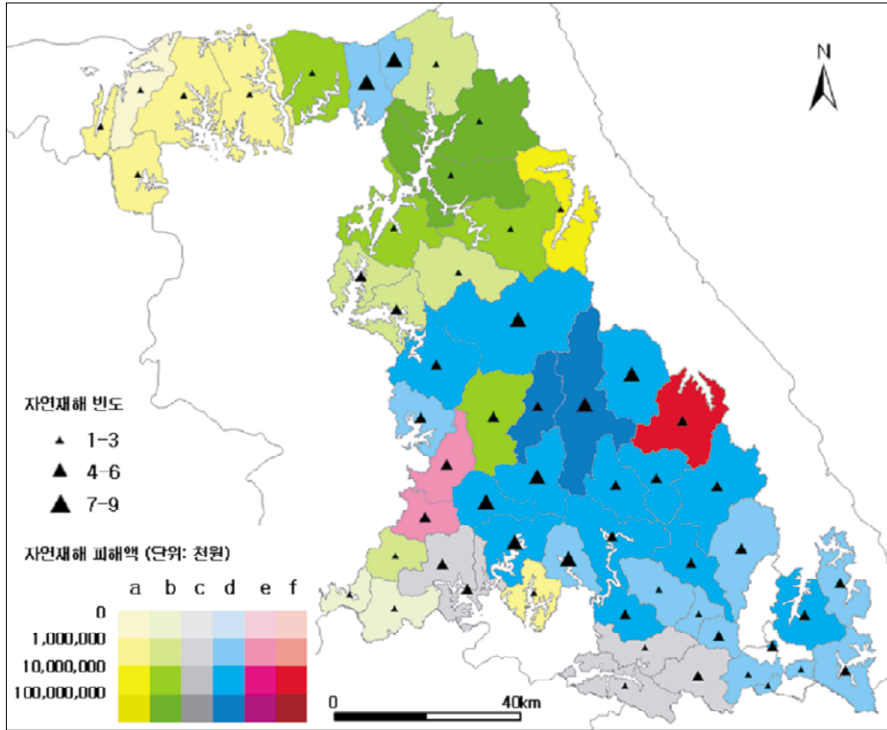


그림 3. 강원도 산지지역의 자연재해 지도(2003~2007년)

(a: 호우, b: 호우+강풍, c: 호우+태풍, d: 호우+강풍+태풍, e: 호우+강풍+대설, f: 호우+강풍+태풍+대설)

빈번하다.

호우·강풍에 의한 피해가 가장 큰 지역은 인제군 인제읍으로 그 피해액은 약 2천 5백억원이다. 그밖에 인제군 북면과 평창군 진부면, 용평면도 1천억원이 넘는 피해가 발생하였다. 최근 5년 동안 피해가 가장 컸던 인제군 인제읍과 북면에서 발생한 재해는 모두 호우·강풍에 의한 재해였으며 재해발생빈도에 비해 피해 정도가 큰 지역이다. 호우·강풍에 의한 재해 역시 전체 재해 분포와 유사하게 주변지역에 비해 강원도 산지지역에서 자연재해에 의한 피해 규모가 크다.

그림 2-c는 호우에 의해 발생한 자연재해의 빈도와 피해액을 나타낸 자연재해 지도이다. 강원도 산지지역에서 호우에 의한 재해는 주로 산지의 중부와 남부 지역에서 발생하였으나 강풍을 동반한 호우에 비해서 그 피해가 적다. 호우에 의한 재해 빈도가 가장 높은 곳은 평창군 미탄면으로 4회의 재해피해가 있었으며 그 외

에 평창군, 영월군, 화천군 등의 지역에서 빈도가 높은 편이다. 호우에 의한 피해가 가장 큰 지역은 양양군 서면이며 그 다음으로 강릉시 왕산면에서 피해가 크다. 호우에 의한 재해 피해 역시 평창군, 영월군 등을 중심으로 그 피해가 크다. 반면에 양구군 동면, 방산면, 해안면과 인제군 인제읍, 남면, 북면, 기린면, 서화면 및 태백시 장성동, 철암동, 문곡소도동, 도계읍 등의 지역은 호우에 의해서만 발생한 재해 피해가 없었다.

그림 2-d는 강원도 산지지역에서 태풍으로 인하여 발생한 자연재해의 빈도와 피해액을 나타낸 지도이다. 강원도 산지지역에서 태풍에 의한 피해는 주로 남부 지역에서 발생하였고 그 피해가 크게 나타난다. 태풍에 의한 피해가 가장 큰 지역은 강릉시 왕산면으로 2003~2007년 동안 2회의 피해가 있었으며, 왕산면의 남쪽에 인접한 정선군 임계면, 정선읍, 북면, 동면과 태백시 황지동, 삼척시 도계읍 등에서도 피해가 크다.

강원도 지역 전체를 고려하였을 때 태풍에 의한 재해는 강원도의 중부 및 남부 동해안과 산지지역에서 주로 발생하며 영서 지역에서는 거의 피해가 없다. 강원도 산지지역 내에서도 북부 지역에서는 태풍에 의한 재해가 거의 발생하지 않았으며 산지의 중서부 지역에서도 피해가 상대적으로 적다. 영서지방 및 산지의 북부 지역의 피해가 적은 것은 남서쪽으로부터 북상하는 태풍이 육지에 상륙하면서 세력이 약해진 상태에서 이 지역에 내습하게 되므로 피해가 적으며 동해안을 따라 북상하는 태풍의 영향을 태백산맥이 막아주기 때문이다(이은걸·이현영, 1998).

그림 3은 강원도 산지지역의 자연재해를 종합적으로 표현한 자연재해 지도이다. 2003~2007년 동안 호우에 의한 피해만 발생했던 곳은 철원군 서면, 근남면과 화천군 화천읍, 상서면, 사내면, 양양군 서면, 영월군 북면 등이며 주로 산지지역의 북서지역에 집중된다. 강풍을 동반한 호우에 의해 피해를 입은 지역은 인제군 방산면, 인제읍, 남면, 북면, 기린면, 서화면, 상남면과 양구군 방산면, 홍천군 두촌면, 내촌면, 횡성군 강림면, 평창군 봉평면 등이다. 강풍과 호우에 의한 피해는 주로 산지지역의 북부 지역에 집중되며, 인제군 인제읍과 북면에서 그 피해가 가장 크다.

태풍과 호우의 영향을 받은 지역은 영월군 상동읍, 중동면, 하동면, 주천면, 수주면으로 주로 산지 남부지역의 영월군에 집중되어 있다. 호우, 강풍, 태풍의 영향으로 피해가 발생한 지역은 평창군 평창읍, 미탄면, 방림면, 용평면, 진부면, 도암면과 정선군 정선읍, 고한읍, 사북읍, 신동읍, 동면, 남면, 북면, 북평면, 임계면, 태백시 철암동, 문곡소도동, 삼척시 도계읍, 하장면, 노곡면, 가곡면, 홍천군 서석면, 내면, 횡성군 청일면 등이며, 평창군 용평면과 진부면에서 그 피해가 가장 크다. 강원도 산지지역에서 태풍에 의한 재해는 주로 홍천군을 포함한 산지의 중부 및 남부 지역에서 발생하였다. 2003~2007년 동안 호우와 강풍 및 대설의 영향을 받은 지역은 횡성군 안흥면과 둔내면이며, 호우, 강풍, 태풍, 대설의 영향을 모두 받은 지역은 강릉시 왕산면이다. 강풍에 의한 피해는 대부분의 산지지역에서 나타나며 대설에 의한 피해는 산지지역임에도 불구하고 많지 않다.

4. 자연재해 관련 기후요소의 변화

1) 강수의 변화

호우는 강원도 산지지역에서 가장 빈번하게 발생하는 자연재해의 원인이다. 그러므로 강수의 빈도와 강도의 변화를 이해하는 것은 재해를 최소화하기 위하여 필수적이다. 강원도 산지지역의 강수 패턴을 파악하기 위하여 연강수량, 연강수일수, 연강수강도의 편차를 분석하였다(그림 4).

대관령 관측지점의 분석기간(1972~2007년) 동안의 연 평균 강수량은 1776.0mm(표준편차 472.4mm)이고, 가장 강수량이 많았던 해는 1998년(2998.3mm)으로 연구기간의 후반기에 나타나며 가장 강수량이 적었던 해는 1973년(1145.3mm)으로 연구기간의 전반기에 나타난다. 연 평균 강수일수는 144.4일(표준편차 15.7일)이다. 가장 강수가 빈번했던 해는 181일로 1992년이며, 가장 강수 현상이 적었던 해는 118일로 1981년에 나타난다. 분석기간(1986~2007년) 동안 태백 관측지점의 연 평균 강수량은 1347.8mm(표준편차 296.7mm)이고, 가장 강수량이 많았던 해는 2006년(1796.8mm)이며 가장 강수량이 적었던 해는 2001년(849.9mm)이다. 연 평균 강수일수는 117.2일(표준편차 12.9일)이다. 가장 강수가 빈번했던 해는 144일로 1998년이며, 가장 강수 현상이 적었던 해는 97일로 1994년에 나타난다.

대관령의 경우 연강수량은 1972~2007년 동안 216.9mm/10년의 비율로 99% 수준에서 통계적으로 유의하게 증가한다. 반면 연강수일수는 같은 기간 동안 통계적으로 유의하지 않은 변화를 보인다. 이러한 연강수량의 뚜렷한 증가 경향은 연강수강도의 유의한 증가 경향에 반영된다. 연강수강도는 1972~2007년 동안 10년 당 1.4mm/일씩 증가하는 경향이며, 이는 99% 수준에서 통계적으로 유의한 변화이다. 특히 연강수량과 연강수강도는 1980년대 후반을 전후로 해서 그 편차의 분포가 뚜렷하다. 1987년까지는 음의 편차 값이 비교적 고르게 나타나는 반면 1988년 이후로는 양의 편차 값이 우세하나 그 변동성이 크다.

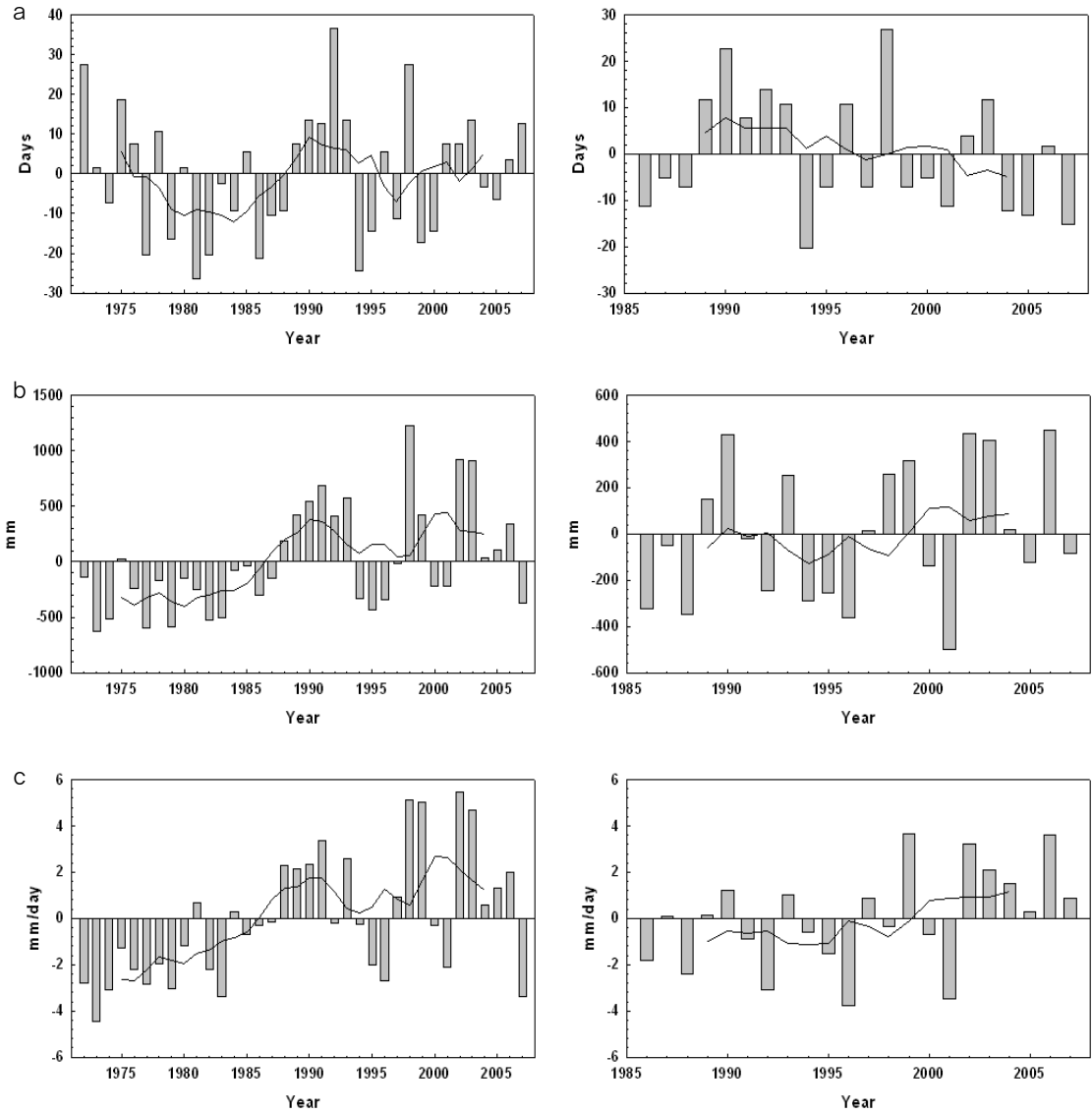


그림 4. 강수일수(a), 강수량(b), 강수강도(c)의 연 편차 변화
(좌: 대관령, 우: 태백, 곡선은 7년 이동평균 값임.)

표 3. 기간별 연강수량, 연강수일수, 연강수강도, 연호우일수의 평균

기간	연강수량(mm)		연강수일수(일)		연강수강도(mm/일)		연호우일수(일)	
	대관령	태백	대관령	태백	대관령	태백	대관령	태백
1972~1980	1441.4	-	147.0	-	9.8	-	2.2	-
1981(86)~1990	1707.8	1320.7	137.1	119.4	12.4	10.9	3.4	1.4
1991~2000	1974.1	1301.2	145.8	119.5	13.5	11.0	3.8	2.0
2001~2007	2020.8	1433.8	149.4	112.3	13.5	12.7	4.8	1.7

태백의 연강수량은 증가하는 경향인 반면 연강수일수는 감소하는 경향이며 모두 통계적으로 유의하지는 않다. 강수량의 증가와 강수일수의 감소 경향은 연강수강도의 유의한 증가 경향에 반영된다. 연강수강도는 10년 당 1.5mm/일씩 증가하는 경향이며, 이는 95% 수준에서 통계적으로 유의한 변화이다.

기간별 연강수량, 연강수일수, 연강수강도의 평균 변화를 분석하였다(표 3). 대관령의 경우 연강수일수는 기간별 변화 경향이 뚜렷하지 않은 반면 연강수량과 연강수강도의 기간별 평균은 1970년대에 가장 작은 값을 보이고 2000년대에 가장 큰 값을 보여 증가 경향이 뚜렷하다. 태백의 경우에는 연강수일수가 2000년대에 그 이전 기간에 비해 약 7일 감소한 반면 연강수량은 100mm 가량 증가하였다. 연강수강도는 기간별로 꾸준히 증가하는 경향을 보인다.

호우에 의한 재해는 극단적인 강수 현상에 의해 발생 가능성이 크므로 이상 강수 현상의 변화 경향을 분석하였다. 호우의 임계값으로는 현재 기상청에서 호우 주의보 발효의 기준으로 사용하고 있는 80mm를 사용하였다. 그림 5는 대관령의 80mm 이상 강수일수의 변화 경향을 나타낸 것으로 전반적으로 증가하는 경향

(0.7일/10년, 95% 수준에서 통계적으로 유의)을 보인다. 1979년과 2007년에는 80mm 이상 강수 현상이 없었으며, 1999년에 7회로 가장 높은 호우 빈도를 보인다. 또한 6회 이상의 높은 빈도는 모두 1980년대 중반 이후에 분포하고 있으며, 최근에 80mm 이상 강수빈도의 변화 변동성이 크게 나타난다. 연호우일수의 기간별 평균을 보면 증가경향이 뚜렷하며, 1970년대에서 2000년대 동안 2배 이상 증가하였다(표 3). 태백의 연호우일수도 통계적으로 유의하지는 않으나 증가하는 경향이다.

단시간에 많은 비가 내릴수록 재해의 발생 가능성과 피해 규모가 크다. 이를 파악하기 위하여 대관령의 연별 시간당 30mm 이상의 강수 현상의 빈도 변화를 분석한 결과 1972~1980년에 4회, 1981~1990년에 7회, 1991~2000년에 5회, 2001~2007년에 11회로 최근의 2000년대에 강수가 단시간에 집중되어 나타나는 경향이 강한 것을 확인할 수 있다. 따라서 강수강도 및 호우일수의 증가 경향과 최근의 집중적인 강수 현상 등을 통해 극단적인 강수로 인한 자연재해의 발생 가능성이 클 것으로 예상된다.

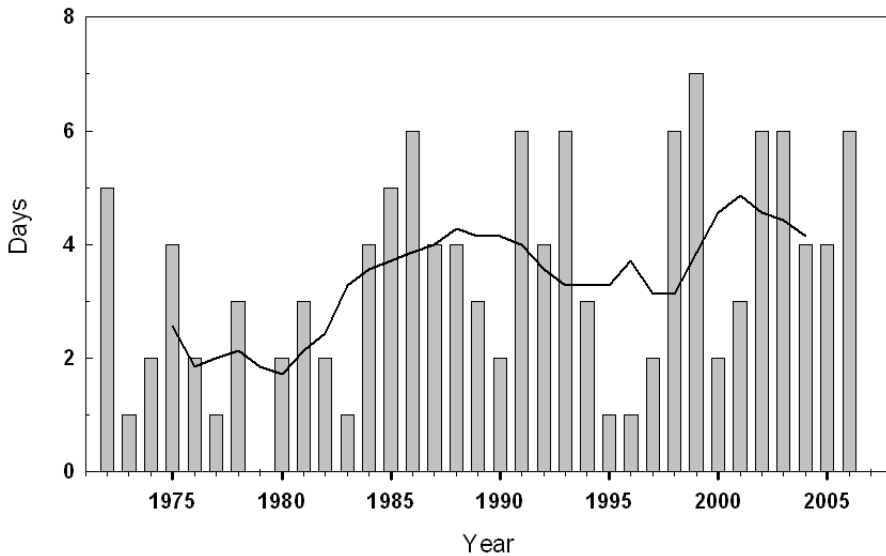


그림 5. 대관령의 80mm 이상 강수일수의 변화 경향
(곡선은 7년 이동평균 값임.)

2) 강설의 변화

강원도 산지지역은 고도가 높은 지리적 특성에 따라 다른 지역에 비해 강설 현상이 빈번하며, 특히 영동지방의 경우 우리나라의 대표적인 다설 지역에 속한다. 강원도 산지지역의 강설 패턴을 파악하기 위하여 연강설량, 연강설일수, 연강설강도의 편차를 분석하였다

(그림 6).

대관령 관측지점의 연 평균 강설량은 245.7cm(표준편차 111.7cm)이고 가장 많은 강설량은 476.9cm로 1992년에 나타났으며, 가장 적은 강설량은 81.2cm로 연구기간의 전반기인 1977년에 나타난다. 연 평균 강설일수는 43.7일(표준편차 7.9일)이며, 가장 강설이 빈번했던 해는 58일로 1991년과 1992년이고 가장 강설

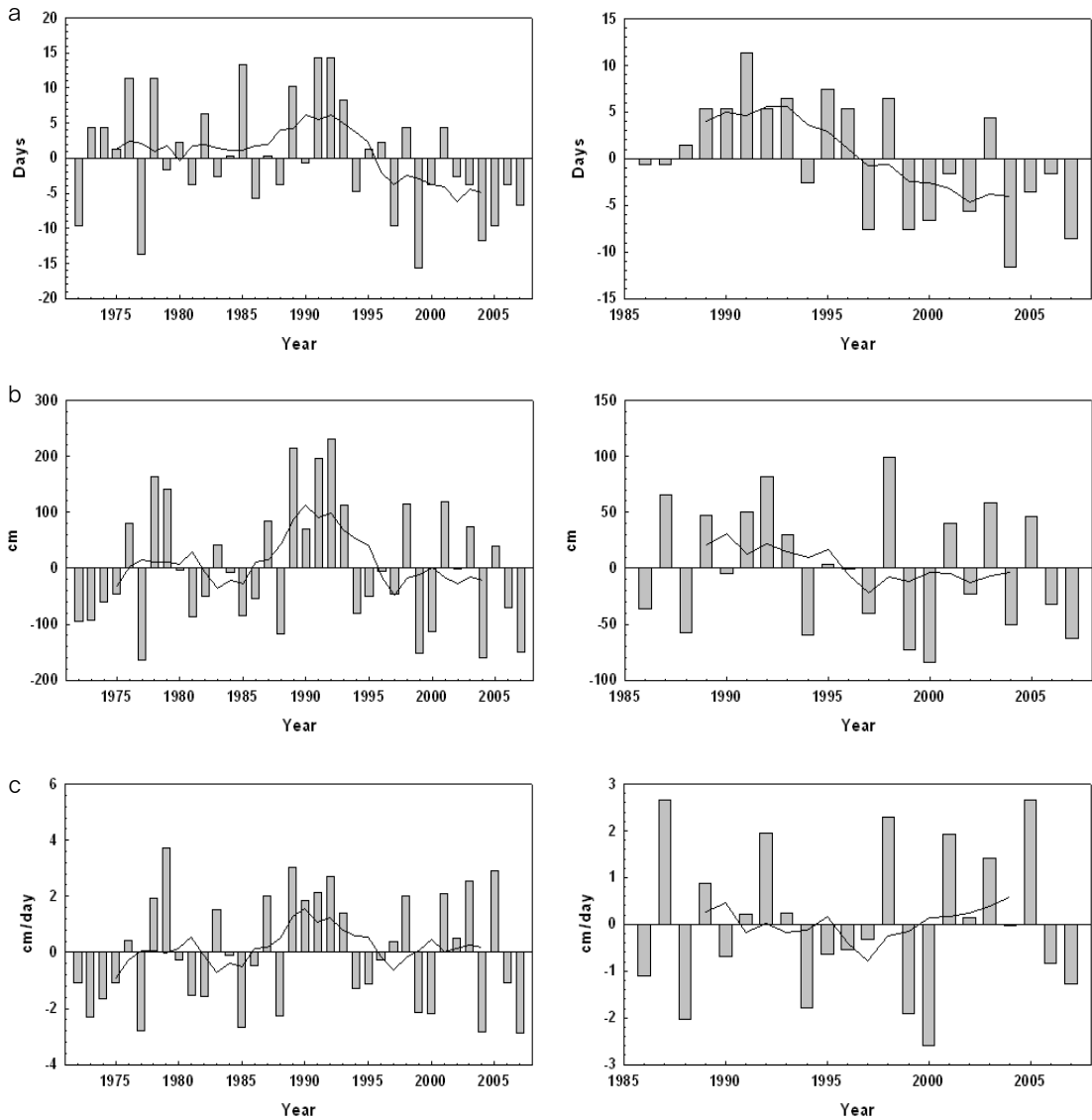


그림 6. 강설일수(a), 강설량(b), 강설강도(c)의 연 편차 변화

(좌: 대관령, 우: 태백, 곡선은 7년 이동평균 값임.)

표 4. 기간별 연강설량, 연강설일수, 연강설강도, 연대설일수의 평균

기간	연강설량(mm)		연강설일수(일)		연강설강도(mm/일)		연호설일수(일)	
	대관령	태백	대관령	태백	대관령	태백	대관령	태백
1972~1980	236.8	-	44.8	-	5.2	-	11.1	-
1981(86)~1990	246.9	117.2	45.1	29.8	5.5	3.9	12.6	7.0
1991~2000	266.9	115.1	44.8	29.4	5.7	3.7	13.7	6.8
2001~2007	225.1	110.9	38.9	23.6	5.7	4.6	12.7	6.6

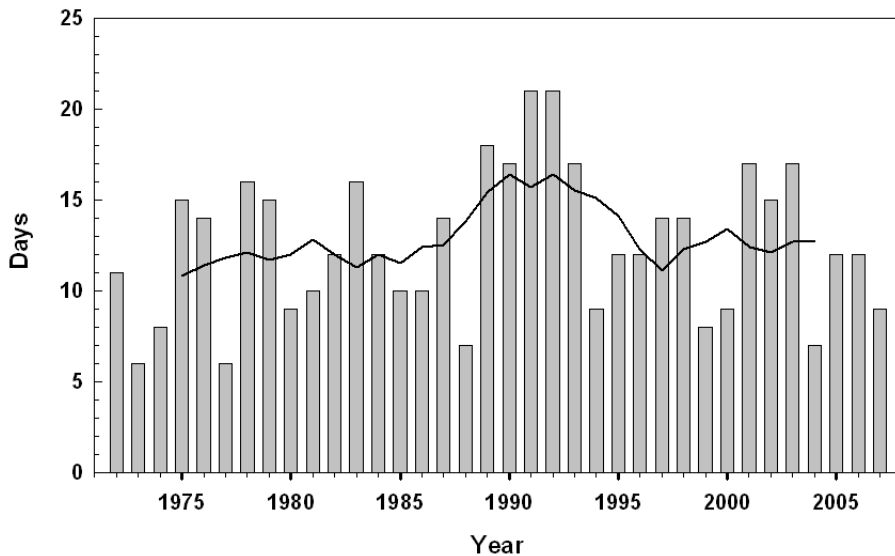


그림 7. 대관령의 5cm 이상 강설일수의 변화 경향
(곡선은 7년 이동평균 값임.)

현상이 적었던 해는 28일로 1999년에 나타난다. 태백 관측지점의 연 평균 강설량은 114.2cm(표준편차 55.2cm)이고 연 평균 강설일수는 26.7일(표준편차 6.3 일)이다.

대관령의 연강설일수는 1972~2007년 동안 2.1일/10년의 비율로 90% 수준에서 통계적으로 유의하게 감소한다. 1990년대 초까지는 증가와 감소를 반복하여 7년 이동평균 값이 거의 변화를 보이지 않다가 그 이후 뚜렷한 감소 경향을 보이고 있다. 연강설량은 1990년대 초 이후 편차의 감소 경향이 뚜렷하며 특히 최근에 음의 편차 값이 큰 해가 많다. 연강설강도의 경우 1990년대 중반 이후 변동성이 크다. 즉, 대관령 지역의 강

설 패턴은 강설일수는 최근 꾸준히 감소하는 경향이나 강설강도의 변동성이 크다고 할 수 있다. 강설강도의 큰 변동성은 재해예측을 어렵게 하여 적절한 대응책 마련에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

태백의 연강설일수 역시 5.2일/10년의 비율로 99% 수준에서 통계적으로 유의하게 감소한다. 대관령의 감소 경향과 유사하게 1990년대 초부터 편차의 감소 경향이 뚜렷하다. 특히 1990년대 말부터는 거의 음의 편차 값을 보인다. 연강설량 역시 감소하는 경향이나 통계적으로 유의한 변화는 아니며 변동성이 크다.

기간별 연강설량, 연강설일수, 연강설강도의 평균 변화를 분석하였다(표 4). 대관령의 연강설량은 2000

년까지의 기간에는 꾸준히 증가하는 경향을 보이다가 2001~2007년 기간에 크게 감소하는 경향을 보이며 태백의 경우에는 연구기간 동안 꾸준히 감소하는 경향이 다. 연강설일수는 대관령과 태백 모두 2000년까지의 기간에는 큰 변화 경향을 보이지 않다가 2001~2007년 기간에 그 이전 기간에 비해 약 6일 정도 감소하였다. 반면 연강설강도의 경우 대관령은 2000년까지의 기간 동안 증가 경향을 보이다가 그 이후에는 변화가 없으며 태백은 2000년 이후 기간에 증가하였다. 즉, 기간별 강설 변화 패턴을 분석한 결과 2000년 이후 기간에 강설량 및 강설일수가 뚜렷하게 감소하고 강설강도는 감소 경향을 보이거나 이전 기간의 강설강도 수준을 유지하고 있다.

눈에 의해 발생하는 자연재해 역시 극단적인 강설 현상에 의해 발생 가능성이 더 크므로 이상 강설 현상의 변화 경향을 분석하였다. 대설의 임계값으로는 현재 기상청에서 대설주의보 발효의 기준으로 사용하고 있는 일 신적설량 5cm를 사용하였다. 그림 7은 대관령의 5cm 이상 강설일수의 변화 경향을 나타낸 것으로 증가하는 경향을 보이다가 1991년과 1992년을 정점으로 그 후 일시적으로 감소한 뒤 뚜렷한 변화 경향을 보

이지 않는다. 연대설일수의 기간별 평균을 보면 대관령에서는 1991~2000년 기간까지 증가하다가 2001~2007년에 감소하였으며 태백의 경우 꾸준히 감소하고 있다(표 4). 강원도 산지지역의 강설 변화 패턴의 가장 뚜렷한 특징은 2000년대 이후 강설일수 및 강설량의 감소가 뚜렷하다는 점이다.

3) 바람의 변화

강풍은 강원도 산지지역에서 호우 다음으로 빈번하게 발생하는 재해의 원인이다. 산지지역의 자연재해와 관련된 바람의 변화 경향을 파악하기 위하여 강풍일수와 강풍일의 평균 순간최대풍속의 변화 경향을 분석하였다. 강풍의 임계값으로는 현재 기상청에서 강풍주의보 발효의 기준으로 사용하고 있는 순간최대풍속 25m/sec를 이용하였다.

그림 8은 대관령의 연별 순간최대풍속 25m/sec 이상의 강풍일수를 나타낸 것으로 전체적으로 감소하는 경향을 보이거나 통계적으로 유의한 변화는 아니다. 연구기간 중 평균 강풍일수는 12일(표준편차 9.4일)이다. 1986년까지는 뚜렷한 증가나 감소의 경향 없이 변화하

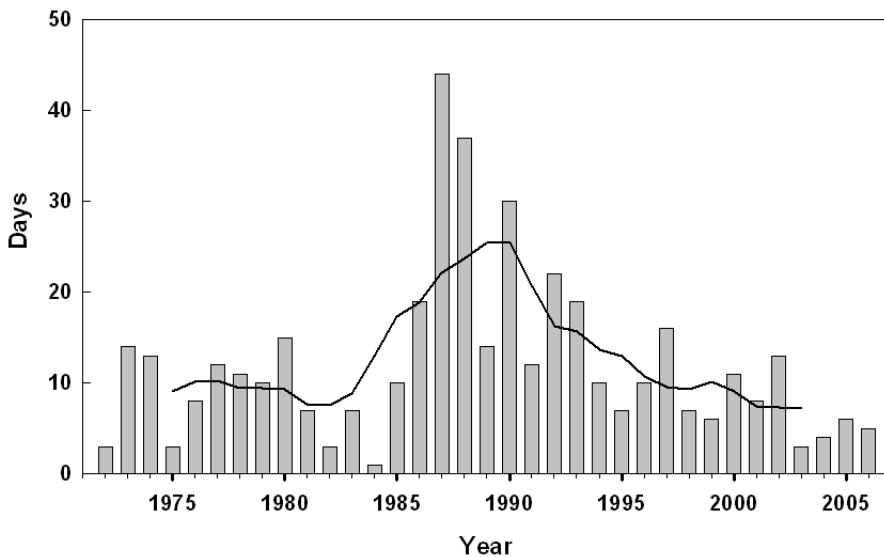


그림 8. 대관령의 순간최대풍속 25m/sec 이상 강풍일수의 변화 경향
(곡선은 7년 이동평균 값임.)

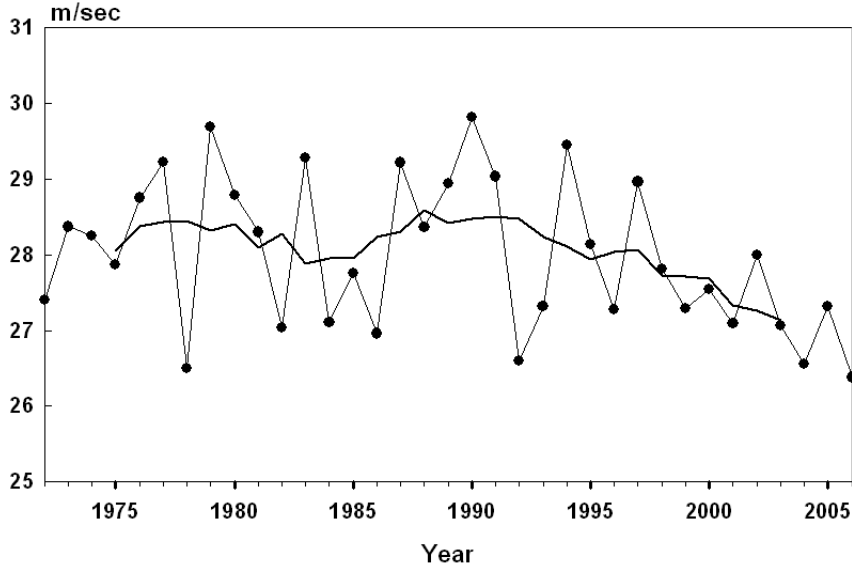


그림 9. 대관령 강풍일의 평균 순간최대풍속의 변화 경향
(곡선은 7년 이동평균 값임.)

5. 요약 및 결론

다가 1987년과 1988년에 높은 강풍빈도를 보인 후 최근까지 강풍일수가 꾸준히 감소하는 경향이다. 대관령 기상관측소는 1986년 8월에 이전하였기 때문에 1987년을 전후로 변화 특성이 다르게 나타난다. 1987년 이후 강풍일수는 1년에 1.5회씩 감소하는 경향이며 이는 99% 유의수준에서 유의한 변화이다.

대관령의 연 평균 강풍일의 평균 순간최대풍속은 28.0m/sec(표준편차 1.0m/sec)이다(그림 9). 1980년대 중반까지는 뚜렷한 증가나 감소의 경향을 보이지 않다가 그 이후 감소 경향이 뚜렷하다. 1987년 이후 강풍일의 평균 순간최대풍속은 10년에 1.2m/sec씩 감소하는 경향이며 이는 99% 유의수준에서 유의한 변화이다.

태백의 경우에는 순간최대풍속 25m/sec 이상의 강풍 현상이 1986~2007년의 분석기간 동안 1998년 1회, 1987년 2회, 1998년 1회 발생하였으며, 전체 기간 중 전반기에 주로 나타나며 최근에는 강풍 현상이 없었다.

본 연구에서는 강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성을 파악하고 자연재해와 관련된 기후요소의 변화를 분석하기 위하여 강원도 시·군의 읍·면·동 자연재해 현황 자료와 대관령 및 태백 기상관측지점의 기후 자료를 분석하였다. 강원도 산지지역의 자연재해 빈도 및 피해액의 분포 특성과 자연재해 관련 기후요소의 변화 분석을 통하여 다음의 결과를 얻었다.

최근 5년(2003~2007년) 동안 강원도 산지지역에서는 총 27회의 자연재해가 발생하였으며 그 중 호우에 의한 재해가 16회로 가장 많다. 또한 같은 기간 동안 자연재해로 인해 발생한 피해액은 약 1.7조원이다. 강원도 산지지역에서 가장 자연재해가 빈번했던 지역은 평창군 진부면으로 총 9회의 재해가 발생하였다. 강원도 산지지역의 재해 피해는 그 주변지역보다 크며, 산지에서는 강풍에 의한 피해가 큰 해발고도가 높은 지역인 평창군 진부면, 용평면과 인제군 북면을 중심으로 피해가 크다. 강원도 산지지역의 북서부 지역에는

주로 호우에 의한 피해만 있었으며, 태풍 피해는 산지의 남부 지역에 집중되었다. 강풍 피해는 대부분의 산지지역에서 나타나는 반면 대설 피해는 적다.

강원도 산지지역에서 강수량, 강수강도는 증가하였고 2000년대에 들어서 강수강도의 증가 경향이 뚜렷하다. 반면 2000년대 이후 강설일수, 강설량 및 대설일수는 뚜렷하게 감소하였다. 강풍일수 및 강풍 시의 풍속도 전반적으로 감소하였다.

강원도 산지지역에서 최근 5년 동안 호우에 의한 재해가 가장 빈번하였으므로 산지 전 지역에서 호우에 의한 재해에 대한 대비가 매우 중요하다. 또한 강원도 산지지역에서 강풍일수 및 강풍 시의 풍속은 감소하고 있으나 강풍이 호우와 함께 발생할 때 그 피해가 크게 나타나므로 강풍에 의한 재해에 대한 대비도 필요하다. 향후 강원도 산지지역에서의 호우 및 강풍 등에 의한 자연재해에 대비하기 위해서는 자연재해 발생과 관련된 기상요소의 기준 산출을 통하여 자연재해 발생 빈도 및 규모를 예측하고, 조기예보로 인명 피해 및 경제적 손실을 감소시키기 위한 자연재해예측시스템을 구축하여야 한다. 본 연구에서는 자료의 제약으로 최근 5년간의 읍·면·동 규모의 자연재해 원인별 빈도 및 총 피해액의 분포 특성만을 분석하였으나 자연재해에 대한 정확한 취약성 분석을 위해서는 보다 장기간의 상세한 자료 분석을 바탕으로 한 자연재해 지도 작성성이 요구된다.

謝辭

자료 수집과 분석에 많은 도움을 준 이은영 양에게 감사의 뜻을 전한다. 또한 결과에 대하여 토의하여준 허인혜 교수, 김선영 양, 구희성 군, 조리나 양을 비롯한 기후학연구실 학생들에게도 감사드린다.

文獻

공우석, 1999, “한라산의 수직적 기온 분포와 고산식물의 온도적 범위,” 대한지리학회지, 34(4), 385-393.
 공우석, 2005, “지구온난화에 취약한 지표식물 선정,” 한국

기상학회지, 41(2-1), 263-273.
 구경아 · 박원규 · 공우석, 2001, “한라산 구상나무(*Abies koreana* W.)의 연륜연대학적 연구 -기후변화에 따른 성장변동 분석-,” 한국생태학회지, 24(5), 281-288.
 박노옥 · 지광훈 · 장동호, 2004, “통계적 공간통합 모델을 이용한 태풍 루사로 발생한 강릉지역 산사태 취약성 분석,” 한국지형학회지, 11(4), 69-80.
 박종길 · 정우식 · 최효진, 2006, “기상정보 활용 및 방재를 위한 호우 사례 연구,” 한국환경과학회지, 15(11), 1003-1010.
 배선학, 2007, “2006년 인제군 집중호우의 원인 분석,” 한국지역지리학회지, 13(4), 396-408.
 심교문 · 이양수 · 신용광 · 김건엽, 2005, “과수개화기와 관련된 기후변동성 및 기상재해,” 한국농림기상학회 학술발표논문집, 93-97.
 심교문 · 이정택 · 이양수 · 김건엽, 2003, “20세기 한국의 농업기상재해 특징,” 한국농림기상학회지, 5(4), 255-260.
 심우배, 2005, “기상이변에 따른 자연재해와 도시방재,” 국토, 281, 39-49.
 윤성호, 1998, “기후변화에 따른 농업생태계 변동과 대책,” 한국작물학회 한국육종학회공동주관 심포지움 회보, 313-335.
 윤성호 · 임정남 · 이정택 · 심교문 · 황규홍, 2001, “기후변화와 농업생산의 전망과 대책,” 한국농림기상학회지, 3(4), 220-237.
 이봉호 · 방진기 · 박희운 · 이정일 · 박노진, 1991, “유지작물의 기상재해와 피해 경감 대책,” 한국작물학회지, 36(5), 445-458.
 이승호, 2008, “기후변화의 경향과 지역에 미치는 영향 - 강원도 산간지방을 중심으로-,” 강원광장, 82(3), 5-14.
 이승호 · 허인혜 · 이경미 · 권원태, 2005, “우리나라 상세 기후지역의 구분,” 한국기상학회지, 41(6), 983-995.
 이은걸 · 이현영, 1998, “한국의 태풍재해의 공간분포와 발생요인,” 대한지리학회지, 33(2), 179-190.
 주영철 · 임갑준 · 한상욱 · 박중수 · 조영철 · 김순재, 2000, “1999년에 발생한 기상재해 유형별 벼 수량반응조사 연구,” 한국농림기상학회지, 2(1), 1-8.
 최돈향 · 윤성호, 1989, “농업 기후 시대 구분과 기상 재해

- 특성,” 품질연구, 13-33.
- Bloomfield, J. and Hamburg, S. P., 1997, Seasons of change: Global warming and new England's white mountains, Environmental defense fund.
- Breiling., M. and Charanza, P., 1999, The impact of global warming on winter tourism and skiing: a regional model for Austrian snow conditions, *Regional Environmental Change*, 1, 4-13.
- Choi, Y., 2002, Trends in daily precipitation events and their extremes in the southern region of Korea, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 11(3), 189-203.
- Choi, Y., 2004, Trends on temperature and precipitation extreme events in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 39(5), 711-721.
- Diaz, H. F., 2005, Monitoring climate variability and change in the western United States, In U. M. Huber, M. A. Reasoner, and H. K. M. Bugmann (eds.), *Global Change and Mountain Regions, An Overview of Current Knowledge*, Springer, Berlin, 267-274.
- Elsasser, H. and Burki, R., 2002, Climate change as a threat to tourism in the Alps, *Climate Research*, 20, 253-257.
- Konig, U. and Abegg, B., 1997, Impacts of climate change on tourism in the Swiss Alps, *Journal of Sustainable Tourism*, 5(1), 46-58.
- Pauli, H., Gottfried, M., and Grabherr, G., 2001, High summits of the Alps in a changing climate, 'Fingerprints' of climate change, adapted behaviour and shifting species ranges, 139-149.
- Theurillat, J. and Guisan, A., 2001, Potential impacts of climate change on vegetation in the European Alps: a review, *Climatic Change*, 50, 77-109.
- Thompson, L. G., 2000, Ice core evidence for climate change in the tropics: Implications for our future, *Quaternary Science Reviews*, 19, 19-35.
- 교신: 이경미, 143-701, 서울시 광진구 화양동 1번지, 건국대학교 지리학과(이메일: leekm@konkuk.ac.kr, 전화: 02-6712-0311)
- Correspondence: Kyoungmi Lee, Department of Geography, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul, 143-701, Korea(e-mail: leekm@konkuk.ac.kr, phone: +82-2-6712-0311)
- 최초투고일 08. 11. 23
최종접수일 08. 12. 24