한국에서 대설에 의한 재해 지역의 변화

천재호 · 이승호

건국대학교 지리학과

(2016년 5월 18일 접수, 2016년 6월 23일 수정, 2016년 6월 28일 게재 확정)

Changes in the Disaster Area by Heavy Snowfall in Korea

Jae-Ho Chun · Seungho Lee

Department of Geography, Konkuk University

(Received 18 May 2016, Revised 23 June 2016, Accepted 28 June 2016)

Abstract : This study was aimed to investigate the spatial distributions and temporal changes of disaster areas due to heavy snowfall at all cities and guns (country level) in Korea during 1979-2014. The number of days of damage caused by heavy snowfall has increased, and amounts of damage also increased. However, the number of casualties by the heavy snowfall damage has decreased in the deaths and missing. Although the damage by heavy snowfall was concentrated in Gangwon Yeongdong region during 1980s, the damage had extended to the eastern coast of Gyeongbuk region, Chungcheong region, and the western coast of Jeolla region in 1990s. In 2000s, the damage was largely concentrated in Gyeonggi region, Chungcheong region and the southern part of western coastal area while the damage in the surrounding regions of the Taebaek Mountains were dominant during the early 2010s. The spatial and temporal patterns of the damage caused by heavy snowfall have changed over the study period with the decadal variations.

Key Words : heavy snowfall, disaster area, days of damage, casualties of damage, amounts of damage

주요어 : 대설, 재해 지역, 피해일수, 인명 피해, 피해액

1. 서론

기후변화는 전 지구적으로 재해를 유발하는 극한기상 현상의 빈도와 강도에도 주요한 영향을 미친다(Easterling *et al.*, 2000; Dore, 2005). 이에 따라 최근 기상재해가 점점 대형화되면서 피해액이 증가하고 있다. 우리나라도 1990년대 후반 이

후 자연재해에 의한 피해 규모가 늘어 피해액이 매년 수조원에 달한다(Park *et al.*, 2005; Ahn *et al.*, 2015). 특히 1916년 이후 지난 100여 년간 우리나라에서 발생한 기상재해로 인한 연간 피해액 순위를 보아도 10위 안에 드는 재해 사례 중 총 6건이 2000년 이후에 발생한 것으로 나타나 근래 들어 기상재해에 기인한 피해가 급증하였음을 알 수 있

다(Kim *et al.*, 2012b).

최근 들어 북반구 고위도 지역에서 폭설 등의 겨울철 기상재해가 자주 발생하는 경향이다. 예를 들어 캐나다의 경우 1970년대 이후 고위도의 북부 지역에서 겨울철 강설과 폭풍설이 증가하였고, 이로 인한 위험성이 지구온난화와 관련해 증대하는 경향이다(Zhang *et al.*, 2001). 또한 기후변화에 따라 폭풍설의 발생 빈도가 감소하는 경향에도 강력한 폭풍설의 수는 증가하여 피해액이 증가할 것이라는 북아메리카의 사례도 보고된 바 있다(IPCC, 2001). 중국과 일본에서도 고위 지역과 북부 지역을 중심으로 강설이 증가하였고, 이는 지구온난화가 강설 빈도의 증가에 영향을 미친 것으로 밝혀졌다(Sun *et al.*, 2010; Sugiyama, 2011).

우리나라의 경우 지구온난화의 영향으로 전반적으로 강설량이 감소하는 경향을 보일 것으로 예상되나(Choi and Kwon, 2008), 국지적으로 발생하는 폭설의 빈도는 오히려 증가해서 특정 지역에서의 피해를 야기할 수 있다(Kim *et al.*, 2012a).

우리나라에서 대설은 빈도나 피해 규모에서 호우와 태풍에 버금가는 주요 재해의 원인중 하나로서(Kim *et al.*, 2012b), 다른 기상재해와 달리 피해 면적에 비해 재산 피해의 규모가 크다. 이는 대설이 주로 비닐하우스나 축사, 그리고 인삼 재배시설 등 상대적으로 고비용의 경작시설에 피해를 입히기 때문이다. 이로 인해 발생하는 농작물 피해에 따라 농산물의 물가 변동에도 큰 영향을 끼치기도 한다(Song *et al.*, 2012). 뿐만 아니라 대설은 도로 교통 분야에도 큰 영향을 미친다(Sohn *et al.*, 2014). 즉 대설은 교통량 변화의 원인이 되며, 교통 정체 및 통행 시간 증가로 인한 사회적 비용 증가에도 영향을 끼친다.

이처럼 대설에 의한 피해에도 불구하고 지금까지 기상재해 연구는 호우와 태풍에 의해 유발된 재해에 집중되어 있으며(Ahn *et al.*, 2008; Kim *et*

al., 2009; Heo *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2015), 대설과 관련된 재해 연구는 매우 미비한 실정이다. 또한 대설에 의한 피해는 지역별로 대설 특성의 변화에 따라 다양할 뿐만 아니라 대설 피해를 일으킬 수 있는 적설량의 지역 차이도 다양하다(Changnon and Changnon, 2006).

이런 점을 고려할 때 지역별로 대설에 의한 재해에 대비하고 피해를 줄이기 위해서는 대설로 인한 재해 지역의 분포 및 변화 특성을 이해하는 것이 필요하다. 그럼에도 불구하고 한국에서 대설에 따른 피해에 관한 연구는 폭설에 의한 경제적인 직접 피해액을 추정한 Jeong and Lee(2014)의 연구가 있을 뿐이다. 이 연구에서는 적설에 의한 자연재해의 경제적인 직접 피해를 토빗 모형으로 추정하여 대설에 의한 자연재해의 직접적 피해의 정도가 증가하는 추세를 보였다.

본 연구는 최근 빈번해지고 있는 기상재해임에도 이에 대한 연구가 미미한 대설에 의한 기상재해의 피해를 시기별·지역별로 이해하기 위하여 그 피해의 시계열적 변화와 공간적 분포를 분석하고자 하였다. 또한 우리나라에서 대설로 인해 발생하는 재해 지역의 기간별 변화 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 대설에 의한 피해 규모를 정량화할 수 있는 인명 피해 및 피해액의 변화를 기간별로 비교하여 대설로 인한 재해 지역의 변화를 파악하고자 하였다.

2. 연구자료 및 방법

본 연구에서 이용한 자료는 소방방재청 중앙재난안전대책본부에서 집계해 제공하는 재해연보의 자연재해 상황 통계 자료이다. 재해연보는 1979년부터 발간된 까닭에 본 연구의 분석 기간은 1979~2014년의 36년간이다. 분석 지역은 전국

의 광역자치단체 및 기초지방자치단체 164개이며, 2010년 현재의 행정구역 현황에 맞춰 분석하였다. 특별시, 광역시 및 특별자치도와 특별자치시의 경우 분석의 편의를 위해 행정구역을 하나로 묶어 취급하였다. 재해연보의 시·군별 자료가 1980년부터 제공되기 때문에 시·군별 자료의 분석은 1980~2014년 기간을 대상으로 하였다.

재해연보에서 원인별 항목 중 폭설, 폭풍설, 눈, 대설에 의한 것을 대설에 의한 피해 사례라고 판단하였다. 재해연보에서 대설과 관련한 피해 자료를 월별로 분류하여 사례기간의 시·군별 피해액과 피해 상황을 정리하였다. 피해액은 한국은행의 2010년 물가 환산지수를 이용하여 2010년 기준으로 계산하였다.

재해연보에서 자연재해 상황은 기간별-시군구별, 원인별로 인명 피해, 총이재민, 침수 면적, 건물피해, 선박피해, 농경지피해, 농작물피해, 공공시설피해, 사유시설피해, 총피해액 등 총 10개의 항목별로 제시되어 있다. 본 연구에서는 그 중 기간별로 대설에 의한 피해가 발생하여 피해액을 산정한 기간의 일수를 피해일수로 정리하고, 또한 대설에 의한 피해 규모를 파악하기 위해 재해연보의 피해 항목 중 인명 피해와 총피해액에 대해서 분석하였다. 인명 피해는 사망과 실종을 합해 정리하였다. 아울러 대설에 의한 피해 발생 시의 강설 특성을 이해하기 위하여 사례 기간 동안의 적설량 자료도 분석하였다.

대설에 의한 피해의 시기별 변화를 분석하기 위하여 피해일수와 인명 피해, 그리고 총피해액에 대해 시계열 분석을 하였다. 대설로 인해 발생하는 피해의 공간적 분포를 파악하기 위해서 ArcMap 10.1을 이용하여 시·군별 피해일수와 피해액을 지도화하였다. 또한 피해일수 및 피해액의 기간별 변화를 비교하기 위하여 1980년대(1980~1989년), 1990년대(1990~1999년), 2000년

대(2000~2009년), 2010년대 전반기(2010~2014년)로 구분하여 각 시대별로 대설 피해의 지역 분포 특성을 파악하였다.

대설로 인한 재해의 피해일수와 피해액과의 관계를 파악하기 위해서 두 변수 간의 스피어만의 순위 상관계수를 구하였다. 스피어만의 순위 상관계수는 두 서열척도 변수 간의 상관관계를 나타내는 계수로서, 간단하게 피어슨 상관계수를 자료의 순위를 이용해 계산하는 방법이다. 이를 위해 스피어만의 순위 상관계수는 등간 척도로 측정된 변수에 대해 각 변수들을 서열화하여 순위를 매겨 이를 상관계수를 구하는 서열척도 변수로 이용한다. 서열척도 변수로 바꾸는 과정에서 원 자료가 가지고 있는 정보가 일부 손실될 수 있지만 변수의 분포에 대한 가정 없이도 상관계수를 구할 수 있다는 장점이 있다(Wilks, 2006). 상관계수의 산출은 SPSS 22를 사용하였다.

3. 대설에 의한 피해일수의 변화

1) 피해일수의 연변화

본 연구의 분석기간 동안 대설에 의한 재해의 발생 횟수는 총 82건으로, 연평균 2.3건 발생하였다(Figure 1). 피해 발생 횟수의 시계열은 대설에 의한 피해의 연도별 발생 빈도를 알 수 있다. 아울러 대설에 의한 피해일수는 총 273일로, 대설에 의해 연평균 7.6일의 피해가 발생하였다(Figure 2). 1979년부터 2014년까지 우리나라에서 대설에 의해 발생한 피해일수를 보면 매년 변동하지만 계속해서 증가하는 경향이다.

이처럼 재해의 발생 빈도가 꾸준히 증가하는 이유는 자료 수집 방법의 개선과 자연재해의 발생 빈도와 강도 증가, 그리고 산업의 고도화에 따른 취약성 증가와 같은 사회 환경의 변화 등에 의한 것

Figure 1. The Fluctuation of the annual damage events by heavy snowfall in Korea (1979-2014).

Figure 2. The Fluctuation of the annual damage days by heavy snowfall in Korea (1979-2014).

이다(Smith, 2013). Kong and Lee(2015)는 대설에 의한 재해의 발생 빈도와 강도의 증가는 최근의 온난화 경향에 따라 겨울철 기온이 상승하면서 대기 중 수증기의 양이 증가한 것도 중요한 이유가 될 수 있다고 하였다.

대설에 의한 재해가 가장 빈번했던 해는 2005년으로 6건에 35일 동안 피해 상황에 놓였다. 이 해에는 동해안 지역에서 3월 4~13일의 10일 동안 지속된 피해와 호남지방에서의 12월 3~24일의 22일 간 지속된 피해가 포함되어 있다. 특히 12월의 호남지방 대설은 12월 3~5일의 대설 이후, 12월 11~13일, 12월 14~17일, 12월 21~22일까지 크게 네 차례의 대설 현상이 지속되면서 피해일이 많았다. 분석기간 중 1983년, 1984년, 1985년, 1986년, 1988년, 1995년, 2000년, 2002년, 2003년의 총 9개년은 대설에 의한 피해가 없었다. 1980년대 중반에는 다른 시기에 비하여 대설에 의한 피해가 거의 보고되지 않았다.

2) 피해일수의 기간별 변화

Figure 3은 대설에 의한 피해일수의 지역별 분포를 나타낸 것으로 피해일수의 지역 차이를 보여

Figure 3. The Distribution of damage days by heavy snowfall in Korea (1980-2014).

준다. 우리나라에서 1980~2014년 기간 동안 대설에 의한 피해일수 분포를 보면 대부분 영동지방의 강릉(101일)과 고성(97일)과 경북 동해안의 영덕

Figure 4. The Change of damage days by heavy snowfall by period
(a: 1980s, b: 1990s, c: 2000s, d: 2010s early half).

(88일)과 울진(86일), 그리고 호남 서해안의 영광(86일)과 함평(80일) 지역에 집중되어 있다. 이에 반하여 대설 피해일수가 10일 미만인 지역은 경기 성남·오산·안양·남양주·의정부, 경북 군위·문경·예천, 경남 창원시 진해구·창원시 마산합포구와 마산회원구·김해·거제·거창 등지로 수도권의 도시 지역과 영남의 내륙과 남해안 등이다.

기간별 대설에 의한 피해일수 분포의 변화를 보면(Figure 4), 1980년대는 10일 이상의 피해를 입고 있는 지역이 영동지방에 주로 분포하였다(Figure 4a). 1990년대에는 1980년대에 비해 대설에 의해 피해를 입는 지역이 영동지방에서 경북 동해안 지역 전체로 확대되는 경향을 보여, 삼척(34일), 고성(33일), 강릉(32일), 포항(40일), 울진(34일), 영덕(32일) 등 이 지역 대부분이 20일이 넘었다. 그리고 서해안에서도 대설에 의한 피해가 커서 영광(40일), 신안(35일), 함평(31일), 군산(31일) 등에서 피해일수가 많다(Figure 4b). 1990년대에는 피해 지역이 영동지방뿐만 아니라 경북 동해안 지역과 충청 및 호남 서해안 지역으로까지 광범위하게 확산되어 전국적으로 확대되는 경향을 보인다.

2000년대의 대설에 의한 피해일수는 호남지방의 고창과 부안(36일), 영광(42일), 함평(38일), 장성(35일) 등지에서 가장 많았으며, 충청 서해안의 서천(33일), 서산, 아산(32일), 그리고 제주도(31일)에서도 피해일수가 30일이 넘었다. 물론 전통적으로 다설 지역으로 인식되는 영동지방의 강릉(34일), 고성(28일) 등에서도 피해일수가 많았다(Figure 4c).

2010년대 전반기에는 강원 영동지방과 경북 동해안 및 산간을 중심으로 대설에 의한 피해일수가 많다. 특히 태백 산지에 위치한 평창(33일)과 정선(30일)에서 영동지방에 있는 강릉, 동해, 삼척, 고성, 양양(22일)보다 피해일수가 최대로 나타나고 있다. 아울러 2010년대 들어 경기도와 강원도 영

서지방도 대설에 따른 피해일수가 이전 시기에 비해 증가하는 경향을 보여 약 10일 내외의 피해일수가 나타나고 있음을 볼 수 있다(Figure 4d).

4. 대설에 의한 피해 규모의 변화

1) 피해 규모의 연변화

연구 기간 동안 대설에 의한 재해의 인명 피해는 사망 32명, 실종 99명으로 총 131명(1979년의 19명 포함)이며, 1980년대에 가장 많았고 그 이후 점차 감소하는 경향이다(Figure 5). 사망자가 가장 많았던 해는 1999년이며, 사망과 실종을 포함한 전체 인명 피해가 가장 많았던 해는 1987년이다. 2005년에도 호남지방의 서해안 지역에서 12월 3~24일의 20여 일 동안 장기간에 걸쳐 내린 눈으로 인해 인명 피해가 많았다. 인명 피해는 적설에 따른 마을 주민 및 등산객들의 고립과 건물 파손, 그리고 폭풍설에 동반되는 강풍으로 인해 발생하였다(MOW, 1988).

대설에 의한 인명 피해는 각 기간별로도 감소하는 경향을 보여, 1980년대에는 48명이었으나 1990년대에는 46명, 2000년대에는 18명, 2010년대 전반기에는 전무하였다. 이처럼 인명 피해가 급감한 것은 1990년대 들어 정부에서 ‘재난은 있어도 인명 피해는 없다’는 방재 의지를 확고히 하였고(BPI, 1992), 이런 기초 하에 기상재해 발생 시 기상특보에 따라 사전계획 대피제와 같은 예방적·계획적 대피 체제를 확립하는 등 정부의 재해 예방 대책 추진과 국민들의 적극적인 참여가 있어서 가능했다.

본 연구의 분석 기간 동안 대설에 의해 발생한 재해의 피해액은 총 3조 440억 원 정도이며, 자연재해 중 태풍과 호우 다음으로 피해액이 많다(Ahn *et al.*, 2015). 대설에 의한 총 피해액의 변화를 보

Figure 5. The Fluctuation of the annual number of casualties by heavy snowfall in Korea (1979-2014).

Figure 6. The Fluctuation of the annual amounts of damages by heavy snowfall in Korea (1979-2014).

면, 피해액의 규모가 2000년대 들어 급증하였음을 알 수 있다(Figure 6). 이는 2001년, 2004년, 2005년의 피해액이 두드러지기 때문이다. 2010년대 들어서는 2000년대에 비해서는 피해 규모가 안정화되고 있다. 이는 대설이 기준에 다설 지역으로 알려진 영동지방에서 주로 발생하여, 이에 대한 대응이 어느 정도 가능하였기 때문인 것으로 생각된다.

2001년에는 1월 7~9일의 기간 동안 중부지방의 태백(41.5cm), 추풍령(32.8cm) 등에서 대설이 있었다. 2004년에는 3월 4~5일에 수도권의 서울(18.5cm), 동두천(19.2cm), 문산(23.0cm)과 충청내륙의 대전(49.0cm), 보은(39.9cm), 청주(32.0cm)와 경상북도 내륙의 문경(49.0cm) 등지에서 많은 눈이 내렸다. 2005년 12월에는 호남지방에서 많은 눈이 내렸는데, 이 기간 동안 일최심적설량은 정읍 59.3cm이며, 부안 47.1cm, 광주 40.5cm, 해남 38.5cm를 기록하였다.

Jeong and Heo(2014)에 따르면, 대설은 기상재해 피해액을 가중시키는 대표적인 기후요소로서 대설에 의한 피해액의 증가 경향은 호우, 강풍, 태풍 등 다른 기상재해와 비교할 때 훨씬 뚜렷하다. 1980~90년대에 가장 피해가 컸던 1994년의 총 피

해액이 약 660억 원에 불과한 반면에, 2000년대 가장 피해가 컸던 2001년의 총 피해액은 약 1조 460억 원에 달해 그 차이가 크다.

각 기간별 연평균 피해액 또한 증가하는 경향을 보여, 2000년대(약 2,500억 원)가 가장 높고, 2010년대 전반기(약 320억 원), 1990년대(약 300억 원), 1980년대(약 55억 원) 순이다. 결과적으로 2000년 이후의 피해액이 대설에 의한 전체 피해액 중 82.8%를 차지하였다. 특히 2000년대는 전반기에 2001년(1조 460억 원)뿐만 아니라 2004년(7,890억 원)과 2005년(6,300억 원)에도 수천억 원대의 피해가 발생해 피해액이 급증하였다. 일반적으로 기상재해는 어느 특정 시기에 피해가 집중하는 경향이 강하며, 전체 피해에서 한두 차례의 피해 비중이 높아 사회경제적으로 미치는 파급 효과가 크다(Lee, 2001; Ahn *et al.*, 2015).

대설에 의한 인명 피해는 분석기간 동안 전반적으로 감소하는 경향이다. 인명 손실이 감소한 이유는 기상예보 기술의 발달과 대설에 의한 재해 발생 시 사전·사후 대처 능력이 발달하였기 때문이다(Smith, 2013). 반면에 대설로 인해 발생하는 피해액과 같은 경제 손실은 해에 따른 변동성이 있지

만 상승 추세이다. 이처럼 경제적 피해가 증가한 까닭은 1차 산업의 상업화에 따라 시설을 활용한 농축산 및 수산업이 증가하면서 대설에 대한 취약성이 커졌기 때문이다. 실제로도 대설에 의한 재산 피해는 대부분 온실이나 축사와 같은 피해 시설의 복구비용이 큰 시설들의 붕괴에 의해 발생한다(Song *et al.*, 2012).

이와 같은 인명 손실의 감소와 피해액의 증가는 태풍과 같은 여타 기상재해에서도 비슷한 경향이 다(Lee and Lee, 1998). 이는 재산과 인명 피해의 발생 양상은 자연재해에서 지속적으로 증가하는 피해액과 달리 사망은 안정적이거나 때로는 감소하는 경향을 보인다는 Smith(2013)의 보고와도 일치한다.

2) 피해 규모의 기간별 변화

대설에 의한 사망 및 실종과 같은 인명 피해는 거의 나타나지 않았으나 일부 지역에서 인명 피해가 발생하였다. 대설에 의한 인명 피해는 제주도의 17명을 필두로 속초(9명), 동해(6명), 강릉(6명) 등 강원 영동지방 및 부산(9명), 포항(8명) 등의 동해안 지역과 신안(11명), 영광(5명) 등의 호남 서해안 지역에서 일부 발생하였다(Figure 7). 태백산맥 주변의 영동지방의 산지 지역에서는 적설에 따른 고립이나 건물 붕괴에 의해 피해가 발생해 인명 피해가 많았으며, 해안 지역에서는 폭풍설에 의해 인명 피해가 가중되었다. 대설로 인한 인명 피해는 전체 피해자 수가 많지 않아 본 논문에서는 기간별로 피해자 수를 살피지는 않았으나 앞서 언급했듯이 2000년대 이후로는 크게 감소하는 경향을 보인다.

지역별로 대설에 의한 피해액의 규모는 다양하게 나타난다(Figure 8). 1980~2014의 35년 동안 대설에 의한 피해액이 1,000억 원 이상인 지역은 충북 청원(1,282억 원), 충남 논산(1,279억 원)·부

여(1,269억 원) 등이다. 500억 원 이상의 피해액이 발생한 지역은 대전광역시, 충남 공주·당진, 충북 괴산, 경기 이천·화성, 전북 정읍·고창·부안, 전남 나주, 경북 성주 등으로 충청남도와 경기도 남부, 호남 서해안을 중심으로 한 전라남·북도에서 피해 규모가 큰 편이다. 반면에 10억 원 미만으로 비교적 피해액이 적은 지역은 대구광역시, 경북 경산·고령·군위·영천·의성·청도·청송, 경남 창원(마산·진해 포함)·양산·통영, 경기도 군포·안양·오산 등 주로 영남 내륙과 남해안, 그리고 수도권 내륙의 중소 도시에 해당한다.

Figure 9는 대설에 의한 피해액 분포의 기간별 변화를 나타낸 것이다. 1980년대는 삼척에서 약 70억 원의 피해가 발생하였으며, 영동지방을 중심으로 피해가 집중되었다(Figure 9a). 영동지방의 대설 피해는 1981년 1월과 1987년 2월 2~4일, 그리고 1989년 3월 6~7일에 집중되어 있다. 또한 대전에서도 1981년 1월 15일(16.0cm)과 1989년 2월 25일(13.8cm)의 대설로 약 65억 원의 피해가 발생하였다.

1990년대의 대설에 의한 피해액의 분포는 동해안과 서해안을 따라 확대되는 경향을 보인다. 동해(191억 원), 진안(120억 원), 제주도(111억 원), 강릉(110억 원)이 100억 원 이상의 피해를 입었으며, 호남 서해안의 전북 정읍·고창·군산, 광주광역시, 전남 나주·영광과 충남 서천·부여·금산, 그리고 경북 동해안의 포항·영덕 등지에서 50억 원 이상의 피해가 발생하였다(Figure 9b). 특기할 만하게도 호남지방의 내륙에 위치한 진안과 남해안에 가까운 경남 진주에서도 100억 원 가량의 피해가 발생하였는데, 이 지역의 피해는 1994년 2월 9~12일(23.5cm)의 설 연휴 기간 동안 기압골의 영향을 받아 내린 눈 때문이었다. 제주도의 피해는 제주시(77억 원)와 서귀포시(34억 원)의 피해를 합한 것으로, 이 지역의 피해는 1999년 12월 18~21

Figure 7. The Distribution of damage casualties by heavy snowfall in Korea (1980-2014).

Figure 8. The Distribution of damage amounts by heavy snowfall in Korea (1980-2014).

일의 강설 때문이었다.

2000년대의 대설 피해액의 분포는 연구 기간 동안의 대설 피해액의 분포와 매우 유사하다(Figure 9c). 이는 2000년대에 발생한 대설 피해가 연구 기간 동안의 대설 피해에 가장 크게 영향을 미쳤음을 의미한다. 즉, 2000년대에 500억 원 이상의 피해를 입은 지역은 연구 기간 동안 500억 원 이상의 피해를 입은 지역과 유사하게 분포하다. 2000년대 가장 큰 피해를 입은 충청남도 논산(1,236억 원)의 경우 1980년대의 피해액은 16억 원이었고, 1990년대는 26억 원에 불과하였으나 2000년대 들어 1990년대에 비해 그 피해액이 50배 가까이 급증하였다. 이는 논산뿐만 아니라 2000년대에 큰 피해를 입은 지역들에서 공통적으로 나타나는 특징이다.

2000년대의 피해액은 2001년¹⁾, 2004년²⁾, 2005년³⁾과 같은 특정 해의 피해가 기간별 총피해액의 특징을 규정짓고 있다. 최근 우리나라에서 발생하는 대설은 지역별로 특정 해에 집중해 발생하는 경향이 있다(Kim *et al.*, 2012a). 호우의 사례에서도 언급되었듯이 피해액 특성 상 특정 해의 피해가 상대적으로 과도하게 발생할 경우 특정 해의 피해액 특성이 분석 기간 전체에 미치는 영향이 크다는 것을 보여준다(Heo *et al.*, 2014).

2010년대 전반기에는 대설에 의한 피해일수의 분포와 비슷하게 강릉(201억 원), 포항(106억 원), 삼척(88억 원) 등지에서 피해가 가장 많았다(Figure 9d). 영동지방을 비롯한 동해안 지역은 2011년 2월 11~14일과 2014년 2월 6~14일의 내린 눈 때

Figure 9. The Change of the amounts of damage by heavy snowfall by period(a: 1980s, b: 1990s, c: 2000s, d: 2010s early half).

문에 피해가 컸다. 또한 2010년 3월 9~10일의 대설로 청원(71억 원)을 비롯한 충청북도에서 피해액이 많았다. 포항과 청원 등지는 시설 재배 작물의 분포 면적이 넓어 비닐하우스나 인삼재배시설 등 시설물에 적설 하중이 가해져 피해가 가중되었다.

대설에 의한 피해액 분포의 변화를 보면 각 기간별로 피해 지역이 확대되는 경향 속에서 변화하고 있음을 알 수 있다. 1980년대는 영동지방에서 주로 피해액이 크게 발생하였다. 1990년대는 경북 동해안과 충남 및 호남 서해안 지역으로 분포 범위가 확산되었다. 2000년대 이후에는 충청남·북도 전역, 호남 서해안, 경기도 남부 등으로 더욱 확산되었고, 피해액의 규모도 확대되었다.

5. 토의 및 고찰

앞서 언급한 대설에 의한 피해일수와 피해액을 나타낸 지도를 보면 두 지도 간에 차이가 있음을 볼 수 있다. 예를 들어 영동지방은 피해일수는 많은 편이나 그에 비해 피해액은 적게 나타난다. 기간별로도 영동지방은 1980년대의 경우 피해일수도 가장 많고 피해액의 규모 또한 가장 큰 지역이었다. 그러나 영동지방의 피해일수와 피해액 간의 관계는 1990년대 이후 어긋나기 시작해 2000년대에는 피해일수에 비해 피해액의 규모가 다른 지역에 비해 상대적으로 적었다. 반면에 수도권 및 충청 내륙 지역은 대설에 의한 피해일수에 비해 피해액이 많았다. 즉, 대설에 의한 피해일수는 기존에 다설 지역으로 알려진 영동지방과 호남지방에서 많았지만 피해액은 기존의 다설 지역과는 무관한 곳에서 크게 발생하였다.

이와 같은 경향은 특히 2000년대에 크게 나타나며, 이는 기간별로 피해일수와 피해액 간의 상관계수에서도 확인할 수 있다. 즉, 대설에 의한 피해

액이 1980~90년대만 해도 피해일수와 $r=0.7$ 이상의 정적인 상관관계를 보였으나, 2000년대에는 $r=0.438$ 로 상관관계가 낮다(Table 1). 각각의 상관계수는 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 통계적으로 유의하다.

2000년대의 낮은 상관관계는 피해일수가 적은 곳에서도 대설에 따른 피해액이 많을 수 있음을 시사한다. 실제로도 경기도 남부와 충청남도 일대는 2000년대 들어 피해일수에 비해 피해액의 규모가 크게 나타나고 있고, 이는 2004년 3월의 충청 지역의 대설에서와 같이 단시간의 특정 피해 사례가 일부 지역에서는 큰 피해를 유발하였음을 시사한다.

이처럼 대설에 의한 피해일수와 피해액 간의 관계가 일치하지 않은 것은 크게 두 이유에 기인하는 것으로 생각한다. 우선 다설 지역이라고 알려진 곳에서는 대설에 대한 대비책이 마련되어 있다. 실제로도 눈이 많이 내리는 지역에서는 비닐하우스 등 시설물을 제작할 때 서까래의 간격을 촘촘히 하고 파이프 규격이 큰 구조 안전성이 높은 장비로 설치하고 비닐하우스의 지붕 기울기를 크게 준 복숭아형 지붕의 비닐하우스를 설치해 대설에 의한 피해를 감소할 수 있도록 대응하고 있다(Kim, 2001; Lee *et al.*, 2005). 그렇지만 최근 들어서는 국지적인 폭설이 빈번해지면서, 기존의 다설 지역이 아닌 곳에서 대설이 발생함에 따라 대설에 대한 대처가 미흡했기 때문에 비닐하우스 등 시설물의 피해가 더 클 수밖에 없었다(Kim *et al.*, 2012a). 실제 우리나라에서 비닐하우스의 피해가 컸던 지역은 경기도와 충청남·북도에서와 같이 시설재배 면적이 넓은 지역이었다. 그런데 이들 지역에 건축된 대부분의 비닐하우스는 설계 기준보다 낮은 조건으로 건축된 경우가 많아 강설 시 피해가 컸다(Kim *et al.*, 2011).

다음으로는 최근 진행되고 있는 기후변화의 특징이 반영되었기 때문이다. 최근의 기후변화는 단

순히 평년값의 변화뿐만 아니라 기후 변동성의 증가를 수반하며, 변동성의 증가는 극한기상의 빈번한 출현을 야기한다. 따라서 기후변화에 따른 기온 상승은 강설 빈도를 감소시키기도 하나 강설 강도가 강한 폭설을 유발하기도 해 대설에 의한 큰 피해를 일으키기도 한다. Arnell(1999)에 따르면 기온 상승은 일반적으로 강설량의 감소를 의미하기도 하지만 겨울철의 전반적인 강수 증가에 따라 전체적인 강설량은 증가할 수도 있다. 그리고 강설량의 증가는 20세기 후반 이후 미국 중부 지역에서의 강설량 증가와 오대호 풍하측에서의 폭설 빈도의 증가에서처럼 지역에 의존해 변화하는 경향이 있다(Dore, 2005). 이는 최근 기후변화 경향에 따라 기후의 변동폭이 커져 기존에 다설 지역이라고 알려지지 않던 제3의 지역이 폭설에 의한 재해 지역으로 부각될 수 있음을 시사한다.

또한 지구 온난화는 대설을 유발하는 종관 환경을 교란시켜 기존의 다설 시기와는 다른 기간에 대설을 유발하기도 한다. 2000년대 이후 증가하고 있는 3월의 대설은 이 같은 경향을 잘 드러내 주고 있다. 실제로 신문보도에 나타난 기상재해 변화에 대한 연구를 보면, 봄철의 폭설 관련 기사는 2004년 3월의 충청 지방의 폭설처럼 2000년 이후에 찾아진 3월과 4월의 폭설 현상으로 2000년대 들어 그 빈도가 많이 늘었다(Kong and Lee, 2015).

Table 1. Spearman correlation coefficients between the day of damage and the amounts of damage by heavy snowfall.

Periods	correlation coefficient(r)
1980s	0.746*
1990s	0.707*
2000s	0.438*
2010s early half	0.659*

* significant at lever $\alpha=0.01$

6. 요약 및 결론

우리나라에서 대설은 빈도와 피해 규모에서 호우와 태풍에 버금가는 주요 재해의 원인 중 하나이다. 이에 따라 본 연구에서는 우리나라에서 발생한 대설에 의한 재해 지역의 기간별 분포와 변화 특성을 파악하기 위하여 1979년부터 2014년까지 재해연보의 시·군별 피해 자료를 분석하였다. 이를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

본 연구의 분석 기간 동안 대설로 인한 피해일수와 피해액은 지속적으로 증가하는 경향이다. 그러나 사망 및 실종을 포함한 인명 피해는 전반적으로 감소하였다. 대설에 의한 인명 피해는 각 기간별로도 감소하는 경향을 보여 1980년대에 가장 많았으며, 이후 점차적으로 감소하였다. 대설에 의한 연평균 피해액은 2000년대가 가장 많았으며, 2010년대 전반기, 1990년대, 1980년대 순이며, 2000년대 이후에 급증하는 경향을 보인다.

대설에 의한 피해일수는 영동지방과 경북 동해안 지역, 그리고 호남 서해안 지역에서 많이 나타나는 경향이다. 대설에 의한 인명 피해는 주로 해안 지역에서 발생하였으며, 대설에 의한 피해액은 서울 주변의 수도권과 충청남·북도 일대, 호남 서해안 지역에서 많았다.

대설로 인한 피해일수의 기간별 분포를 보면, 1980년대에는 강원 영동지방에 국한되어 있는 경향을 보이나 1990년대에는 영동지방뿐만 아니라 경북 동해안 지역과 충청 및 호남 서해안 지역으로까지 광범위하게 확산되었다. 2000년대에는 영동지방을 비롯한 동해안과 충청 및 호남 서해안에 집중되어 있다. 2010년대 전반기에는 피해 지역이 강원도의 태백산맥 주변 지역에서 가장 집중되어 있다. 대설에 의한 피해액의 기간별 분포를 보면, 전 시기에 피해일수와 유사한 분포 범위를 보이나 2000년대의 경우는 많은 차이를 보인다. 즉 피해

일수는 강원도 강릉이나 부안, 영광 등 호남 서해안에서 많으나 피해액이 가장 많은 지역은 충청북도 청원, 충청남도 논산과 부여이다. 이는 대설에 의한 피해 기간이 길다고 해서 꼭 대설로 인한 피해액수가 많은 것은 아님을 시사한다.

대설에 의한 재해 지역은 기간별로 공간적으로 확대되어 기존의 다설 지역이라고 분류되지 않았던 곳에서도 피해가 크게 발생하고 있다. 이는 앞으로 대설에 의한 재해가 언제 어디서고 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 특히 2000년대 이후 대설에 의한 기상재해의 빈도와 규모가 증가하는 경향이 있어 앞으로도 이에 관한 연구가 활발하게 진행될 필요가 있다.

사사

이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며(NRF-2013S1A3A2052995), 또한 이 논문은 2015학년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

주

- 1) 2001년의 경우 1월과 2월에 대설에 의한 피해가 컸다. 2001년 1월 7~9일 대설에 의해서 피해 규모가 크게 발생해 주택(전파·반파) 23동, 학교 및 군사시설과 같은 공공시설 56개소, 비닐하우스 3,455ha, 축사 및 잠사 13,480개소에 이르러 피해액은 약 1조 원(당시 기준으로 7,830억 원)에 달하였으며(MOGAHA, 2002), 2001년 2월 15일의 대설에 의해서도 경기 남양주·고양·포천·파주·광주 등 수도권 일대에서 100억 원 이상의 피해가 발생하였다.
- 2) 2004년의 경우 3월 4~5일 서해상에서 접근하는 저기압의 영향으로 대설의 피해가 컸다. 이때의 피해 내용을 보면 주택(전파·반파) 94동, 학교 등 공공시설 102개소, 비닐하우스 2,221ha, 축사 및 잠사 8,990개소에 이르러 피해액은 약 7,700억 원(당시 기준으로 6,460억 원)에 달하였다(NEMA, 2005).

- 3) 2005년의 경우 12월 3~24일의 대설에 기인한 것이다. 이때의 재산피해로는 주택이 전파·반파 337동, 학교 등 공공시설 104개소, 축사 9,037개소, 수산증양식 1,332개소, 비닐하우스 1,242ha 등이다. 이때 피해액은 약 6,040억 원(당시 기준으로 5,200억 원)이 발생하였다(NEMA, 2006).

참고문헌

- Ahn, S.-H., Kim, B.-J., Lee, S.-L., and Kim, H.-K., 2008, The Characteristics of Disaster by Track of Typhoon Affecting the Korean Peninsula, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 8(3), 29-36 (in Korean).
- Ahn, S.-H., Park, K.-J., Kim, J.-Y., and Kim, B.-J., 2015, The Characteristics of the Frequency and Damage for Meteorological Disasters in Korea, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 15(2), 133-144 (in Korean).
- Arnell, N. W., 1999, Climate Change and Global Water Resources, *Global Environmental Change*, 9, S31-S49.
- BPI(Bureau of Public Information), 1992, *Government Information Newspaper Reduced-size edition Vol. 1* (in Korean).
- Changnon, S. A. and Changnon, D., 2006, A spatial and temporal analysis of damaging snowstorms in the United States, *Natural Hazards*, 37(3), 373-389.
- Choi, G. and Kwon, W.-T., 2008, Current and Future Changes in the Type of Wintertime Precipitation in South Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(1), 1-19 (in Korean).
- Dore, M. H., 2005, Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know?, *Environment international*, 31(8), 1167-1181.
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., and Mearns, L. O., 2000, Climate extremes: observations, modeling, and impacts, *Science*, 289(5487), 2068-

- 2074.
- Heo, I., Jeong, J. H., and Lee, S., 2014, Changes of Disaster Regions by Heavy Rainfall in South Korea, *Journal of Climate Research*, 9(2), 93-106 (in Korean).
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press.
- Jeong, J. H. and Lee, S., 2014, Estimating the Direct Economic Damages from Heavy Snowfall in Korea, *Journal of Climate Research*, 9(2), 125-139 (in Korean).
- Jeong, J. H. and Heo, I., 2014, An Analysis of the Time Trend of Direct Economic Damages from Natural Disasters and Their Determinants: The Case of Gangwon-do, *Journal of Social Science*, 53(1), 77-99 (in Korean).
- Kim, J. Y., 2001, Damage Status and Countermeasure against Snowfall on Plastic House, *Korean Journal of Horticulture Science and Technology*, 19(4), 629-635 (in Korean).
- Kim, S., Joh, C.-H., and Lee, S., 2015, Change of Damages and Damage Areas Caused by Typhoon in South Korea, *Journal of Climate Research*, 10(2), 121-135 (in Korean).
- Kim, S. B., Shin, H. J., Yun, D. K., Hong, S. W., and Kim, S. J., 2011, Estimation of Greenhouse Damaged Area by Heavy Snowfall using GIS and Remote Sensing Technique, *KCID journal*, 18(2), 111-121 (in Korean).
- Kim, S. B., Shin, H. J., Ha, R., and Kim, S. J., 2012a, Spatio-temporal Analysis of Snowfall for 5 Heavy Snowfall Areas in South Korea, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers B*, 32(2B), 103-111 (in Korean).
- Kim, Y.-H., Kim, M.-K., Lee, W.-S., and Baek, E.-S., 2009, Return Period of Heavy rainfall and Disaster Damage in Korea, *Journal of Climate Research*, 4(2), 96-109 (in Korean).
- Kim, Y. J., Lee, J. G., and Yang, A. R., 2012b, Analysis of Meteorological Disasters Generated in Gangwon-do Region Using Synoptic Pressure Patterns, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 12(3), 57-70 (in Korean).
- Kong, H. and Lee, S., 2015, A study on the Change of Meteorological Disaster reported in the Newspapers in Korea, *Journal of Climate Research*, 10(1), 1-11 (in Korean).
- Lee, C. L., 2001, *A Study on the Korean Weather Disasters*, Unpublished Master Dissertation, Kyung Hee University (in Korean).
- Lee, E.-G. and Lee, H.-Y., 1998, Spatial Distribution and Causative Factors of Typhoon Disasters in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 33(2), 179-190 (in Korean).
- Lee, S. G., Lee, J. W., and Lee, H. W., 2005, Development of Reinforcement Strategy of One-Span Vinyl House for Reduction of Damage by Heavy Snow, *Journal of Bio-Environment Control*, 14(2), 131-137 (in Korean).
- MOGAHA(Ministry of Government Administration And Home Affairs), 2002, *Disaster Yearbook 2001* (in Korean).
- MOW(Ministry of Works), 1988, *Disaster Yearbook 1987* (in Korean).
- NEMA(National Emergency Management Agency), 2005, *Disaster Yearbook 2004* (in Korean).
- NEMA(National Emergency Management Agency), 2006, *Disaster Yearbook 2005* (in Korean).
- Park, J.-K., Jang, E.-S., and Choi, H.-J., 2005, An Analysis of Meteorological Disasters Occurred in the Korean Peninsula, *Journal of the Environmental Sciences*, 14(6), 613-619 (in Korean).
- Sohn, C., Kim, K., and Kim, K., 2014, Changes in Inbound Traffic Volume of a Heavy Snowfall Impacted Area, *Journal of Climate Research*, 9(4), 331-343 (in Korean).
- Song, I., Song, J. H., Kim, S. M., Jang, M. W., and Kang, M.-S., 2012, Spatial Distribution and

- Regional Characteristics of Meteorological Damages to Agricultural Farms in Korea, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 54(6), 45-52 (in Korean).
- Smith, K., 2013, *Environmental Hazards*, Routledge.
- Sugiyama, T., 2011, Characteristics of the recent disasters corresponding to the changing natural environment and the prospects of future research and development, *Quarterly Report of RTRI*, 52(4), 199-205.
- Sun, J., Wang, H., Yuan, W., and Chen, H., 2010, Spatial-temporal features of intense snowfall event in China and their possible change, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115, D16110, doi:10.1029/2009JD013541.
- Wilks, D. S., 2006, *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Elsevier.
- Zhang, X., Hogg, W. D., and Mekis, E., 2001, Spatial and temporal characteristics of heavy precipitation events over Canada, *Journal of Climate*, 14(9), 1923-1936.

책임편집: 허인혜
영문교열: 이은걸