전국 시군구 대상 대설 취약성 분석

Snow Vulnerability Analysis for Administrative Districts in South Korea

하준혁* · 정건희**

Ha, Joonhyeok*, and Chung, Gunhui**

Abstract

Extreme weather events, such as summer typhoons, heavy rain, cold weather, and heavy snow, are on the rise. Heavy rain, typhoons, and heavy snow are the main natural disasters that cause severe damage in South Korea. Recently, there has been an increase in the direct and indirect damages caused by heavy snow. However, studies on heavy snow damage are scarce; research on major natural disasters in Korea has generally focused on heavy rain and typhoons, which occur in the summer. In this study, 229 cities and districts vulnerable to snow damage were analyzed. The pressure-state-response structure was used for the vulnerability analysis, and the factors influencing heavy snow damage were classified as pressure, state, and response index. Entropy theory, which is easy to apply and excludes subjective judgment, was used to calculate the weight of each factor. As a result, the ranking of areas vulnerable to heavy snow damage was compiled. These results demonstrate the potential for the implementation of the heavy snow disaster prevention project.

Key words : Entropy, Heavy Snow Damage, PSR, Snow Vulnerability Index

요 지

여름철 태풍, 호우 겨울철 한파, 대설 등 기상이변의 발생과 그에 따른 피해가 점점 증가하는 추세이다. 한국에서 주로 발생하는 자연재해로 호우, 태풍, 대설 등이 있으며, 최근 들어 대설로 인한 직접 및 간접적인 피해가 빈번해지고 있어 대설 피해에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나 우리나라의 자연재해에 대한 연구는 피해의 대부분을 차지하고 있는 여름철 자연재해인 호우, 태풍에 집중되어 있다. 그러므로 상대적으로 겨울철 대표 자연재해인 대설 분야에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 전국 229개 시군구를 대상으로 대설 피해에 대한 취약성 분석을 실시하였다. 취약성 분석을 위해 Pressure-State-Response (PSR) 구조체계를 적용하여, 대설 피해에 영향을 미치는 인자들을 압력, 상태, 대응지수로 구분하였다. 각 인자들의 가중치 계산을 위해서는 적용이 간편하고, 주관적인 판단을 배제한 엔트로피 이론을 사용하였다. 그 결과 대설 피해에 취약한 지역들의 순위를 알 수 있었고, 도출해낸 결과를 바탕으로 향후 대설 방재 사업을 실시할 경우 해당지역에 대한 취약성 순위를 판단하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

핵심용어 : PSR, 엔트로피, 취약성 지수, 대설 피해

1. 서 론

최근 들어 이상기후 현상에 따른 호우, 태풍, 홍수, 한파, 폭설 등 자연재해로 인한 피해와 발생빈도가 점차 증가하고

있고 과거에 비해 피해를 예측하기가 힘들어지고 있다. 통계청에 따르면 2009년부터 2017년까지 자연재해로 인한 재산피해는 3조4천억 원에 달하고 인명피해는 141명으로 집계되었다. 이 중 태풍과 호우로 인한 피해는 총 자연재해 피해액 중

*정회원, 호서대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail: wnsgr8744@naver.com)

Member, Master's Student, Dept of Civil Engineering, Hoseo University

**교신저자, 정회원, 호서대학교 공과대학 토목공학과 부교수(Tel: +82-41-540-5794, Fax: +82-41-540-5798, E-mail: gunhuic@gmail.com)

Corresponding Author, Member, Associate Professor, Dept of Civil Engineering, Hoseo University

약 2조1천억 원으로 약 60%를 차지하고 있고 대설로 인한 피해액은 약 2천억 원으로 총 자연재해 피해액 중 약 15%를 차지하고 있으며 대설로 인한 피해는 연평균 200억 원에 달한다. 과거 대설피해 사례를 찾아보면 2001년 대전, 충청지역에 최고 강설량 252 cm의 폭설이 내리면서 부여군 일대 비닐하우스가 눈의 무게를 이기지 못해 무너졌으며 시설작물재배지역인 서산, 홍성, 아산 등 충남 서북부지역에서도 비닐하우스 피해가 잇따랐다. 2016년 고창과 제주지역에는 43 cm, 51.3 cm의 적설량을 기록했고 비닐하우스 적설심을 초과하는 강설이 발생하여 2016년 총 비닐하우스 피해면적 122.87 ha 중 고창 30% (36.64 ha), 제주 26%(31.38 ha)의 피해가 발생하였다. 재해연보(Statistical Yearbook of Natural Disaster)에 따르면 2016년 1월 미국 동부지역에 폭설로 최고 106.7 cm의 적설량을 기록, 28명이 사망하는 사례가 있었고 2018년 3월 일본 간토지역에서는 최고 60 cm 적설량을 기록, 폭설과 눈사태로 인하여 8명이 사망하였다. 이처럼 대설에 따른 피해들이 증가함에 따라 대설 피해에 대한 관심도 증가하는 추세이다. 이러한 대설피해에 대응하기 위해서는 지역별 적설량에 따른 피해현상을 조사 및 분석하여 대설피해 최소화를 위한 노력과 연구가 필요하다고 판단된다.

기존 대설피해에 대한 연구들을 살펴보면 Jeong and Lee (2014)는 대설 발생일수, 인구, 최심신적설 등을 이용하여 대설 피해로 인한 이재민 수 및 인명피해를 예측하기 위한 연구를 수행하였고, Go et al. (2009)은 겨울철 우리나라의 서해안 지역의 해양기상 요소와 적설과의 상관관계에 대해 분석하였다. Lee and Lee (2006)는 강설분포 차이를 지역별로 분석하고 이에 대한 원인을 파악하였다. Lee et al. (2015)은 최대가능적설하중 추정과 단위중량에 대한 최심신적설에 대한 연구를 진행하였다. Kwon et al. (2016)은 사회적 및 경제적 요인과 최심적설량을 고려한 대설피해 예측모형을 개발하였다. Kim et al. (2011)은 한국의 폭설 위험도를 분석하기 위하여 68개의 기상관측소를 기준으로 39년(1971~2010)간 최심신적설량을 통하여 대설경보와 대설주의보의 빈도에 따른 위험지역의 공간분포도를 역거리가중 기법을 이용하여 지역별로 분석하였다.

본 연구에서는 지역별 대설 취약성 분석을 위하여 대설 피해에 직접 및 간접적으로 영향을 미칠 것으로 판단되는 인자들에 대한 자료를 조사 및 수집하여 압력지수, 상태지수, 대응지수로 나누고 취약성 분석 시 자주 사용되는 엔트로피가중치 산정방법을 통하여 전국 시군구를 대상으로 대설 취약성 지수를 계산 및 분석하였다.

2. 대설피해 발생원인 및 현황

2.1 대설피해 발생원인

대설은 짧은 시간동안 많은 양의 눈이 내리는 자연재해로 겨울철 많은 피해를 유발하는 요인이다. 최근 고위도 북반구

에 폭설 등 겨울철 자연재난 피해가 빈번히 발생하고 있는데 이는 지구온난화로 인한 북극지역의 얼음이 녹으면서 구름을 대량 발생시킨다. 이로 인하여 시베리아를 포함한 북반구 지역에 증가된 구름과 눈이 빛을 반사시켜 지표면의 온도를 떨어뜨리며 증가된 차가운 공기의 영향으로 인해 시베리아 고기압이 발달하여 제트기류를 타고 내려오면서 한국을 포함한 고위도 북반구의 기온이 떨어지게 되어 폭설과 같은 기상이변 현상이 발생하게 된다.

2.2 대설피해 현황

지구온난화에 따른 이상기후현상으로 국내뿐만 아니라 세계적으로 잦은 한파와 기록적인 폭설로 인한 피해가 증가하고 있다. 지구온난화로 인해 예보 적설량을 예측하기 힘들어졌으며 예보 적설량을 초과하여 폭설이 자주 발생하고 있다. 국내 대설피해 현황을 살펴보면 2001년 1월 전국적으로 폭풍을 동반한 폭설로 인해 비닐하우스 주택 등 약 6천5백억 원의 피해가 발생하였으며, 2004년 3월 중부지방에 내린 폭설로 인해 교통 및 도로가 마비되었다. 2005년 서해안 지역에 장기간 연속되는 폭설로 인하여 농업시설물인 비닐하우스가 눈의 무게를 버티지 못하고 무너져 내렸으며 농작물을 중심으로 많은 피해가 발생하였다. 2016년 1월 4일(21~24)동안 한국, 중국, 홍콩, 일본 등 동아시아 뿐 아니라 베트남, 라오스, 캄보디아, 미얀마 등 동남아시아 지역에서도 이례적인 한파와 폭설이 발생하였다. 2016년 1월 22~24일 미국 동부지역에 강한 폭풍이 발생, 국토의 70%가 영하기온을 기록하고 수도 워싱턴 DC에서는 시속 약 80 km의 폭풍과 함께 60 cm의 적설을 기록하였으며 13개주 20만 이상의 가구에서 정전이 발생, 주요 국제공항이 폐쇄되었다. 2017년 미국 동북부 지역과 캐나다 동부 지역에 한파와 폭설이 몰아쳤다. 캐나다 온타리오, 퀘벡 등의 지역은 체감기온은 영하 50℃까지 떨어졌고 미국 펜실베이니아주에는 기록적인 폭설이 내렸다. 이와 같이 대설 피해가 증가함에 따라 사례분석을 통한 대설 피해에 대한 대응대책 마련이 필요하다고 판단된다.

3. 분석방법

3.1 P-S-R 구조체계

P-S-R 구조체계는 OECD (1993)에서 개발되어 국제기구 및 많은 나라의 지표설정에 활용되고 있다. 이는 사람의 활동이 환경에 영향을 미침과 동시에 환경은 사람으로 하여 압력(Pressure)의 감소를 위한 활동을 한다는 개념으로 적용 대상에 따른 취약성 평가문제의 분석을 인과관계로 할 수 있다는 것과 더불어 경제적, 사회적 및 쟁점간의 서로 연관된 관점에서의 파악이 가능하다. P-S-R 구조체계를 통하여 압력, 상태, 대응지수 각 지수의 평가를 위한 세부적인 평가항목 선정에 있어 대설 피해에 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인들을 조사 및 수집하여 분석하는 것이 중요하지만 그 대상

지역이 광범위한 경우 대상 지역별로 동일한 자료를 조사 및 수집하는 것은 수월하지 않다. Fig. 1은 P-S-R 구조체계를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 대설 취약성 지수(Snow Vulnerability Index, SVI)를 계산하는 방법으로 P-S-R 구조체계를 이용하여 압력, 상태, 대응 지수의 결과 값을 산정한 후 Eq. (1)을 이용해 취약성 지수를 산정하였다.

$$SVI = \text{압력}(PI) \times \text{상태}(SI) / \text{대응}(RI) \quad (1)$$

3.2 Entropy 가중치 산정 방법

Shannon and Weaver (1949)에 의해 개발된 엔트로피 가중

치 산정방법은 각각의 속성 가중치 산정을 위한 방법이다. 이는 속성, 대안을 다수 포함하는 의사결정 문제에 대해 결정권자가 이해하기 쉽게 정보이론을 적용하는 것으로 적용된 평가항목의 정보를 통해 가중치를 산정하는 방법이라 할 수 있고 취약성 평가의 가중치 산정 및 부여 방법으로 많이 사용되는 방법이다. 특정 속성에 포함되어있는 자료들의 차이가 작을수록 엔트로피가 증가되며 정보가 충분히 전달되고 있지 않다고 가정하여 작은 값의 가중치를 적용하게 된다. 엔트로피 방법을 통해 표준화 및 가중치를 산정하는 방법은 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 1. P-S-R Structure System

Fig. 2. Method for Calculating the Weights and Standardization using Entropy

4. 분석결과

4.1 자료구축

본 연구에서는 대설 피해를 유발하는 발생 인자에 대한 데이터들을 조사 및 수집하여 총 8종류의 인자들을 Table 1에 나타냈다. 데이터 구축에 사용된 자료들은 기상청, 통계청, 행정안전부에서 제공하는 재해연보를 이용하였다. 세부 지표 중 압력지수는 직접적으로 대상지역에 물리적, 환경적으로 영향이 미칠 것으로 판단되는 비닐하우스 면적, 평균온도 0℃이하인 날 수, 100년 빈도 적설심으로 선정하였고, 압력지수의 값이 증가할수록 해당지역의 대설에 따른 위험도가 높다고 판단할 수 있다. 비닐하우스 면적은 통계청에서 제공하는 시설재배면적과 비닐하우스 면적 규모를 이용하였고 평균온도 0℃이하인 날 수는 기상청에서 제공하는 자료를 평균화하여 적용하였으며 100년 빈도 적설심은 기상청 산하 기상관측소 중 적설심을 관측하고, 연 최대 최심신적설심 자료를 30년 이상 보유하고 있는 61개 지점에 대해

Gumbel 분포를 적용하고 빈도별 적설심을 분석한 값을 크기 강 기법으로 보간 하여 평균화한 자료를 이용하였다. 대설 피해에 노출이 되어 있는 정도를 판단하고 대설에 따른 직접적인 피해를 알 수 있는 대설 총 피해액, 대설 피해 발생횟수를 상태지수로 선정하였고 압력지수와 동일하게 값이 증가할수록 대설 피해에 대한 노출이 크다고 판단할 수 있다. 대응지수는 대설 피해가 발생했을 경우 대설 피해에 대한 예방 및 대응 가능한 능력을 판단할 수 있는 지수로 공무원 수, 평균 일조시간, 제설장비 보유개수를 선정하였다. 대설 취약성 분석에 이용된 인자들을 Fig. 3에 지리정보체계시스템(GIS)을 이용하여 나타냈다. 압력, 상태지수는 노란색으로 갈수록 값이 작아지고 빨간색으로 갈수록 값이 증가하는 것을 알 수 있다. 대응지수는 이와 반대로 노란색으로 갈수록 값이 증가하고 빨간색으로 갈수록 값이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 압력, 상태지수는 값이 증가할수록 취약한 것이고 대응지수는 값이 감소할수록 취약한 것을 의미한다.

Table 1. Data used for Snow Vulnerability Analysis

Index	Unit	Data Source	Periods
Pressure Index	Greenhouse area (ha)	Statistics Korea	2015
	Number of days below average temperature of 0℃ (Day/Year)	Meteorological Administration	1994~2014
	Snow depth of 100 year frequency (Depth/Year)	Meteorological Administration	1994~2015
State Index	Total damage from heavy snow (One thousand won, KRW)	Ministry of the Interior and Safety	1996~2016
	Number of snow damage occurrence (Times/Year)	Ministry of the Interior and Safety	1996~2016
Response Index	Number of public officer (Number)	Ministry of the Interior and Safety	2016
	Average solar time (Day/Year)	Meteorological Administration	2013~2017
	Number of snow removal equipment (Number)	Public Data Portal	2016

Fig. 3. Spatial Distribution of Indices for Snow Vulnerability Index

Snow depth of 100 year frequency
(Depth/Year)

Total damage from heavy snow
(One thousand won, KRW)

Number of snow damage occurrence
(Times/Year)

Number of public officer
(Number)

Average solar time
(Day/Year)

Number of snow removal equipment
(Number)

Fig. 3. (Continued)

4.2 가중치 계산

본 연구에서는 전국 시군구를 대상으로 대설 취약성 분석을 위해 P-S-R 구조체계를 적용하여 데이터를 구축했고 대설 피해에 직접 및 간접적으로 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인들을 조사하여 수집했다. 구축자료에 대한 엔트로피 가중치 산정 방법을 통해 상태지수의 가중치가 가장 크다는 것을 알 수 있었다. 엔트로피 방법의 특성상 가중치를 자료가 흩어진 정도에 따라 계산해줌으로 상태지수 중 대설 총 피해액의 경우 지역마다 편차가 다른 지표에 비해 크기 때문에 가중치가 높게 나오고, 대응지수 중 평균 일조시간의 경우 지역마다 편차가 다른 지표에 비해 상대적으로 적기 때문에 가중치가 낮게 나온 것으로 판단된다. Table 2는 엔트로피 가중치를 산정한 결과 값이고 Fig. 4는 각 지수의 가중치 결과 값을 GIS를 이용해 나타낸 것이며 Fig. 5는 Table 2를 보기 쉽게 차트로 나타낸 것이다. 압력지수의 경우 비닐하우스 면적이 가장 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 성주군 지역의 압력지수 값이 0.0187로 가장 크고 부산광역시 동구지역의 값이 0.00011로 가장 작은 것으로 나타났다. 상태지수의 경우 대설 총 피해액이 가장 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 부여군 지역의 상태지수 값이 0.0158로 가장 크게 나타났다. 대응지수의 경우 제설장비 보유개수가 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 화성시의 대응지수 값이 0.01109로 가장 크고, 의령군 지역의 값이 0.001로 가장 작은 것으로 나타났다.

4.3 분석결과

본 연구에서는 PSR 구조체제로 구성된 세부지표 가중치를 엔트로피 가중치 산정 방법을 이용하여 전국 시군구를 대상으로 대설 취약성 분석을 실시하였다. 압력지수에서는 비닐하우스 면적, 상태지수에서는 대설 총 피해액, 대응지수 중에서는 제설장비 보유개수가 각 지수중에서 높은 값을 가지는 것을 알 수 있었다. 이는 단순히 눈이 많이 오거나 피해 발생 횟수보다 직접적으로 피해를 받는 것들이 보다 큰 영향을 미친다고 판단할 수 있다. 취약성 분석 결과 경상북도 성주군 지역이 가장 취약한 것으로 나타났고 부산광역시

동구 지역의 취약성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 성주군 지역의 경우 압력지수, 상태지수, 대응지수 중 압력지수에 해당하는 비닐하우스 면적이 다른 지역들에 비해 가장 크고 상태지수에 해당하는 대설 총 피해액 또한 다른 지역들에 비해 가장 크기 때문에 가장 취약한 지역으로 나타났다. 전국 시군구를 대상으로 대설 취약성 분석 결과 순위는 Table 3에 나타냈고 GIS를 이용하여 Fig. 6에 나타냈다. Fig 5에 나타낸 것처럼 상태지수에 해당하는 대설 총 피해액이 취약성에 가장 크게 영향이 미치는 것을 알 수 있다. 하지만 과거 대설 피해액으로 취약성을 결정하는 경향이 있으므로 향후 이에 대한 보완이 필요할 것으로 판단된다. 이는 최근 들어 빈번해지는 대설피해로 인하여 과거 대설 피해가 적게 발생했던 지역에 한파를 동반한 폭설이 발생하는 등의 현상이 나타나기 때문이다. 대설 피해가 적게 발생했던 기록으로 취약성이 낮다고 결론내리는 것은 무리가 있으며 대설 취약성 관련 요인에 대한 변수 추가 개발이 되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

이상기후 현상에 따른 자연재해로 인한 피해가 세계적으로 빈번하게 발생하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 한국에서 주로 발생하는 자연재해 중 겨울철 자연재해인 대설 피해에 대한 취약성 분석을 전국 시군구를 대상으로 실시하였다. 대설 취약성 분석을 위해 대설 피해에 직접 및 간접적으로 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인들을 조사 및 수집하여 8개의 세부지표를 산정하고, PSR 구조체계를 이용하여 압력, 상태, 대응지수로 분류하였으며 가중치를 계산하기 위하여 지표의 속성만을 이용, 주관적 개입이 없는 엔트로피 가중치 산정방법을 이용하였다. 대설 취약성 분석결과 성주군 지역의 취약성이 가장 높은 것으로 나타났고, 부산광역시 동구 지역의 취약성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 압력지수에 해당하는 비닐하우스 면적의 경우 한국의 전체 비닐하우스 면적 38,385 ha 중 경기도 약 10.31% (3,959 ha), 강원도 약 5.5% (2,114 ha), 충청도 약 18.56% (7,125 ha), 전라도

Table 2. Result of Weights using Entropy Method

Index	Unit	Weight	Sum	Total
Pressure Index	Greenhouse area	0.27557	0.33637	1
	Number of days below average temperature of 0℃	0.03881		
	Snow depth of 100 year frequency	0.02199		
State Index	Total damage from heavy snow	0.31088	0.40847	
	Number of snow damage occurrence	0.09759		
Response Index	Number of public officer	0.03582	0.25516	
	Average solar time	0.00236		
	Number of Snow removal equipment	0.21698

Fig. 4. Weights using Entropy Theory

Fig. 5. Weights Value by Factor

Table 3. Rank of Snow Vulnerability Analysis Results

District	Rank	District	Rank	District	Rank	District	Rank
Seongju-gun	1	Jangseong-gun	59	Jinan-gun	117	Gangnam-gu	175
Nonsan-si	2	Hongseong-gun	60	Tongyeong-si	118	Busan nam-gu	176
Jeju-si	3	Geumsan-gun	61	Munhyeong-si	119	Ulsan buk-gu	177
Kimje-si	4	Goyang-si	62	Yeongwol-gun	120	Yeongdo-gu	178
Naju-si	5	Goesan-gun	63	Dangjin-si	121	Daegu dong-gu	179
Gwangsan-gu	6	Yangju-si	64	Ulleung-gun	122	Ongjin-gun	180
Gangseo-gu	7	Changnyeong-gun	65	Gimpo-si	123	Saha-gu	181
Gochang-gun	8	Boryeong-si	66	Gwangmyeong-si	124	Sasang-gu	182
Buyeo-gun	9	Andong-si	67	Yeongyang-gun	125	Busan buk-gu	183
Uiryeong-gun	10	Seogwipo-si	68	Bonghwa-gun	126	Taebaek-si	184
Yesan-gun	11	Hanam-si	69	Jecheon-si	127	Haeundae-gu	185
Miryang-si	12	Paju-si	70	Gangneung-si	128	Suyeong-gu	186
Yeongam-gun	13	Yongin-si	71	Hwaseong-si	129	Sokcho-si	187
Danyang-gun	14	Hoengseong-gun	72	Ganghwa-gun	130	Jungnang-gu	188
Cheongyang-gun	15	Cheorwon-gun	73	Yangsan-si	131	Gwangju dong-gu	189
Haman-gun	16	Jangheung-gun	74	Namdong-gu	132	Ulsan jung-gu	190
Chungju-si	17	Cheongdo-gun	75	Bupyeong-gu	133	Sejong-si	191
Cheongju-si	18	Gangjin-gun	76	Jeonju-si	134	Incheon jung-gu	192
Cheonan-si	19	Wando-gun	77	Pyeongchang-gun	135	Anyang-si	193
Jinju-si	20	Gwangju buk-gu	78	Seongnam-si	136	Busan seo-gu	194
Buang-gun	21	Gurye-gun	79	Cheongsong-gun	137	Nowon-gu	195
Hampyeong-gun	22	Gyeryong-si	80	Daejeon jung-gu	138	Dalseo-gu	196
Hadong-gun	23	Yeongdong-gun	81	Hongcheon-gun	139	Yangcheon-gu	197
Namyangju-si	24	Hwacheon-gun	82	Gunwi-gun	140	Suseong-gu	198
Pocheon-si	25	Tae'an-gun	83	Uiwang-si	141	Seongbuk-gu	199
Yangpyeong-gun	26	Gumi-si	84	Daejeon dong-gu	142	Gwangjin-gu	200
Yeonggwang-gun	27	Sunchang-gun	85	Donghae-si	143	Gunpo-si	201
Seocheon-gun	28	Imsil-gun	86	Gangdong-gu	144	Gangbuk-gu	202
Iksan-si	29	Chuncheon-si	87	Gyeyang-gu	145	Ulsan dong-gu	203
Goryeong-gun	30	Gunsan-si	88	Jangsu-gun	146	Dobong-gu	204
Yeongdeok-gun	31	Ansan-si	89	Incheon seo-gu	147	Guro-gu	205
Gimhae-si	32	Yecheon-gun	90	Inje-gun	148	Yeongdeungpo-gu	206
Suncheon-gun	33	Seosan-si	91	Uiseong-gun	149	Suwon-si	207
Eumseong-gun	34	Pyeongtaek-si	92	Muju-gun	150	Yeonje-gu	208
Daedeok-gu	35	Anseong-si	93	Uijeongbu-si	151	Dongnae-gu	209
Icheon-si	36	Daejeon seo-gu	94	Yeoju-si	152	Gwanak-gu	210
Goheung-gun	37	Incheon nam-gu	95	Samcheok-si	153	Daegu nam-gu	211
Gwangju nam-gu	38	Hapcheon-gun	96	Daegu buk-gu	154	Yeon-su-gu	212
Pohang-si	39	Yeongju-si	97	Geochang-gun	155	Seoul jung-gu	213
Gongju-si	40	Asan-si	98	Wonju-si	156	Ulsan nam-gu	214
Sangju-si	41	Hamyang-gun	99	Ulju-gun	157	Seongdong-gu	215
Gimcheon-si	42	Guri-si	100	Gwangju seo-gu	158	Mapo-gu	216
Yanggu-gun	43	Boseong-gun	101	Gangseo-gu	159	Geumcheon-gu	217
Gwangju-si	44	Uljin-gun	102	Jeungpyeong-gun	160	Busan jin-gu	218
Changwon-si	45	Yeoncheon-gun	103	Goseong-gun	161	Eunpyeong-gu	219
Okcheon-gun	46	Jindo-gun	104	Bucheon-si	162	Daegu jung-gu	220
Yuseong-gu	47	Dalseong-gun	105	Siheung-si	163	Incheon dong-gu	221
Gokseong-gun	48	Yangyang-gun	106	Gyeongsan-si	164	Daegu seo-gu	222
Hwasun-gun	49	Namhae-gun	107	Gapyeong-gun	165	Busan jung-gu	223
Sancheong-gun	50	Muan-gun	108	Gwacheon-si	166	Dongjak-gu	224
Haenam-gun	51	Dongducheon-si	109	Osan-si	167	Jongro-gu	225
Wanju-gun	52	Gijang-gun	110	Seocho-gu	168	Dongdaemun-gu	226
Sacheon-si	53	Namwon-si	111	Geumjeong-gu	169	Yongsan-gu	227
Boeun-gun	54	Yeongcheon-si	112	Jeongseon-gun	170	Seodaemun-gu	228
Jeongeup-si	55	Yeosu-si	113	Songpa-gu	171	Busan dong-gu	229
Gyeongju-si	56	Geoje-si	114	Goseong-gun	172		
Gwangyang-si	57	Chilgok-gun	115	Danyang-gun	173		
Jincheon-gun	58	Sinan-gun	116	Mokpo-si	174		

감사의 글

본 연구는 행정안전부 재난예측및저감연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(MOIS-재난-2015-05).

References

- Go, W.J., Kim, S.W., and Jang, L.H. (2009). Relationship between ocean-meteorological factors and snowfall in the western coastal region of Korea in winter. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 15, No. 1, pp. 17-24.
- Jeong, J.H., and Lee, S. (2014). Estimating the direct economic damages from heavy snowfall in Korea. *Journal of Climate Research*, Vol. 9, No. 2, pp. 125-139.
- Kim, S.B., Shin, H.J., Lee, J.W., Kim, K.S., Yi, J.E., and Kim, S.J. (2011). Regional risk analysis of heavy snowfall using meteorological data and GIS technique in South Korea. *Proceedings of 2011 Annual Conference*, Korea Water Resources Association, pp. 357-357 (in Korean).
- Kwon, S.H., Kim, J.H., Park, H.S., and Chung, G.H. (2016). Snow damage estimation of Gangwon Province damages using regression analysis. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 2, pp. 437-443.
- Lee, K.M., and Lee, S.H. (2006). The spatial distribution of snowfall and its development mechanism over the Honam area. *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 41, No. 4, pp. 457-469.
- Lee, Y.K., Lee, C.J., and Ahn, S.I. (2015). Estimation of freshly fallen snow unit weight and maximum probable snow load. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 15, No. 1, pp. 47-55.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (1993). *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. OECD Environment Monographs, No. 83, OECD, Paris, France.
- Shannon, C.E., and Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL, USA: The University of Illinois Press.

Fig. 6. Result of Snow Vulnerability Analysis

약 16.04% (6,158 ha), 경상도 약 34.38% (13,197 ha)로 충청, 전라, 경상도 지역이 다른 지역에 비해 상대적으로 눈이 많이 오는 지역인 강원도 지역보다 취약한 것으로 나타났다. 눈이 많이 내리기 때문에 대설에 취약하다고 판단할 수 있지만 강원도 지역의 경우 비닐하우스 면적이 다른 지역에 비해 작기 때문에 대설에 따른 농작물 및 비닐하우스 피해가 적어 이로 인한 피해액이 낮은 것으로 보인다. 엔트로피 방법의 특성상 자료가 흩어진 정도에 따라 가중치를 계산해주기 때문에 대응지수 중 평균 일조시간의 경우 분포의 분산이 작아 가중치가 작게 나오고 상태지수 중 대설 총 피해액의 경우 분포의 분산이 크기 때문에 가중치가 가장 크게 나온 것으로 판단된다. 이는 일반적으로 과거 대설 피해가 발생했던 지역에 피해가 반복되므로 타당한 결론이라고 할 수 있으나 지구온난화로 인해 기후가 변화하고 있고 과거 눈이 많이 내리지 않던 지역에 폭설이 내리거나 그로 인한 피해가 발생하는 경우에 대한 고려가 필요하며 이에 따라 각 지역마다 대설에 대한 예방 및 대응대책이 마련되고 운영되어야 한다고 판단된다.

본 연구에서 도출한 결과를 바탕으로 대설에 대한 취약한 지역을 파악하여 예방 및 대응이 가능할 것으로 기대하고 또한 향후 대설 관련 정책 수립의 사업 등을 실시할 경우 취약성 순위를 판단하여 대설 피해 예방에 도움이 될 것으로 기대한다.

Received	October 10, 2019
Revised	October 15, 2019
Accepted	November 4, 2019