

A Study on Probability of Heavy Snowfall Disaster Using Poisson Distribution

Geun Young Kim[#], Hyun Tae Joo, Hee Jae Kim⁺

Department of Urban Planning, Kangnam University, 40 Kangnam-ro, Gigeung-gu, Yongin, Korea

Abstract

Heavy snowfall is the second-ranked natural disaster after the typhoon and flood disasters in South Korea, but its frequency and severity vary by regions. Heavy snowfall disasters tend to follow a Poisson distribution due to their discrete occurrence, and thus the distribution has been widely used in the literature for estimating a probability of disaster or accident. The objective of this research is to compute probabilities of heavy snowfall disasters in 252 Si-Gun-Gu's (primary jurisdictions) by five levels using the Poisson distribution model and to draw maps of the heavy snowfall probabilities. This research identifies eighty-four heavy snowfall disaster cases in South Korea during the period of 1979-2014 based on the annual natural disaster yearbooks and the KMA's daily new snowfall data. The results from this research could be used to guide regionally-specific policies for disaster mitigation and response.

Key words: heavy snowfall disaster, poisson distribution, disaster probability, disaster response

1. 서론

강설은 겨울철에 관찰되는 기상현상으로 기온이 0°C 아래로 내려갈 때 대기 중의 물 입자가 결정화되어 대지로 내려오는 것이다. 강설이 특정지역에 일정시간동안 많이 내려 재난으로 발전한 것이 대설재난이다. 우리나라에서 대설재난은 「재난 및 안전관리기본법」 제3조 1호에 의해 자연재난으로 구분된다. 기상청은 24시간 신적설이 5cm 이상 예상될 때 대설주의보를 발령하며 산지에서는 24시간 신적설이 30cm 이상 예상될 때, 그 외의 일반지역에서는 24시간 신적설이 20cm 이상 예상될 때 대설경보를 발령하고 있다. 2014년 재해연보에

의하면 지난 10년(2005~2014년) 동안 대설재난의 연평균 피해액은 879억 원(2014년도 환산가격 기준)으로 태풍·호우를 합한 풍수해 피해액인 5,912억 원에 이어 대설재난이 두 번째로 피해가 큰 자연재난인 것으로 나타났다. 대설재난은 도시의 기능을 일정기간 마비시켜 막대한 경제적 피해를 결과한다.

대설재난은 연도별로 발생빈도와 피해규모의 차이가 큰 재난이다. 유라시아 대륙의 동쪽 끝에 위치한 한반도는 겨울철에 시베리아에서 불어오는 북서풍의 영향을 많이 받는다. 이때 수십 일 또는 수십 년을 주기로 북극을 둘러싼 제트기류의 세력이 변동하면서 북반구에 존재하는 차가운 공기가 저위도 지역으로 주기적으

[#] The 1st author: Geun Young Kim, Tel. +82-31-899-7174, Fax. +82-31-280-3937, e-mail. gykim@kangnam.ac.kr

⁺ Corresponding author: Hee Jae Kim, Tel. +82-31-899-7174, e-mail. irex1@naver.com

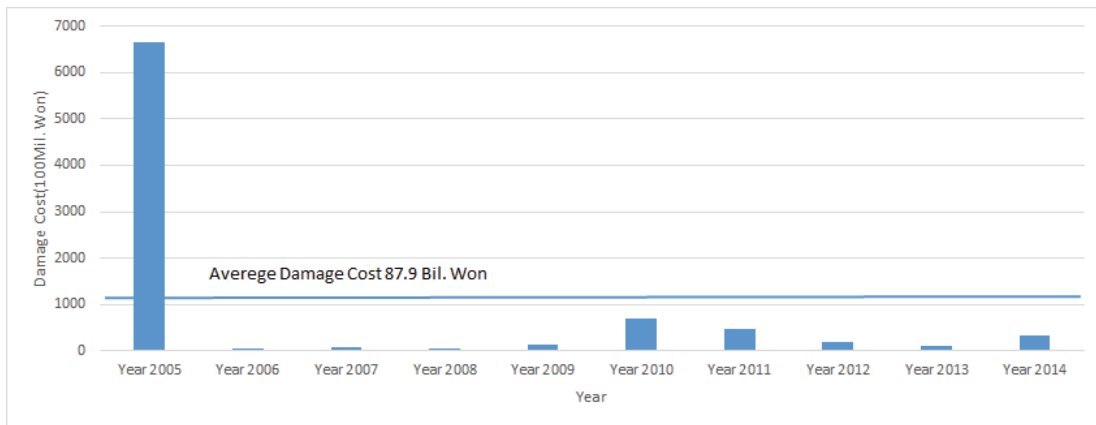


Figure 1. Damage amount of heavy snow fall disasters during the period of 2005 to 2014

로 남하하는 북극진동 현상이 한반도에 발생하게 되면 강한 대설재난이 더욱 빈번하게 발생하게 된다. 대설재난은 지역적으로도 발생빈도와 피해액의 차이가 큰 재난이다. 한반도는 동부지역에 태백산맥이 남북으로 관통하고 있고, 전국토의 약 70% 이상이 산지로 구성되어 있기 때문에 지형에 따라 강설량의 편차가 큰 편이다. 따라서 연도별로 발생빈도와 규모의 차이가 큰 대설재난의 지역별 발생 가능성에 대한 정보는 대설재난으로 인한 피해액을 줄이는 정책 수립과 대응체계의 구축에 필수적이다.

재난의 발생확률은 재난예방사업의 추진과 대응수준을 결정하는데 중요한 판단근거자료로 활용된다. 예를 들어 한 도시를 며칠 동안 마비시킬 대설재난의 발생 가능성이 10%인 것과 0.0001%인 것은 대응수준을 결정하는데 다른 의미를 가질 수 있다. 그 도시에서 태풍과 대설재난이 동일한 수준의 피해를 결과할 때 한정된 예산으로 최대의 효과를 얻고자 하는 정부는 발생확률이 높은 재난부터 사업을 추진할 것이다. 따라서 해외에서는 재난의 발생확률을 산정하기 위해 포아송 분포모형을 적용한 연구가 활발하게 수행되어 왔다. 본 연구는 우리나라의 재난관리 연구분야에서 그동안 관심을 가지지 않았던 포아송 분포모형을 대설재난에 적용하여 향후 연구자들이 다양한 재난유형에 활용할 수 있도록 연구를 수행하였다.

지역별 대설재난의 발생빈도는 이산적 변수다. 본 연구는 이산적 변수의 확률분포를 산정하는 포아송 분포

모형을 적용하여 대설재난에 일선 행정기관으로 대응하는 252개 시·군·구의 강설단계별 발생확률을 산정하고, 재난대응 수준을 결정하는 정책 수립에 도움이 되도록 대설재난의 발생확률 지도를 작성하였다. 본 연구는 대설재난의 강설단계별 발생확률을 위해 지난 36년(1979년~2014년)동안의 국민안전처 재해연보 자료를 통해 84개 대설재난DB를 구축하였으며 동일 기간 동안의 기상청 일일 신적설 자료를 DB로 구축하였다. 본 연구는 대설재난 발생확률을 지도화하기 위해서 GIS소프트웨어로 ArcGIS 10.1을 사용하였다.

II. 선행연구 검토

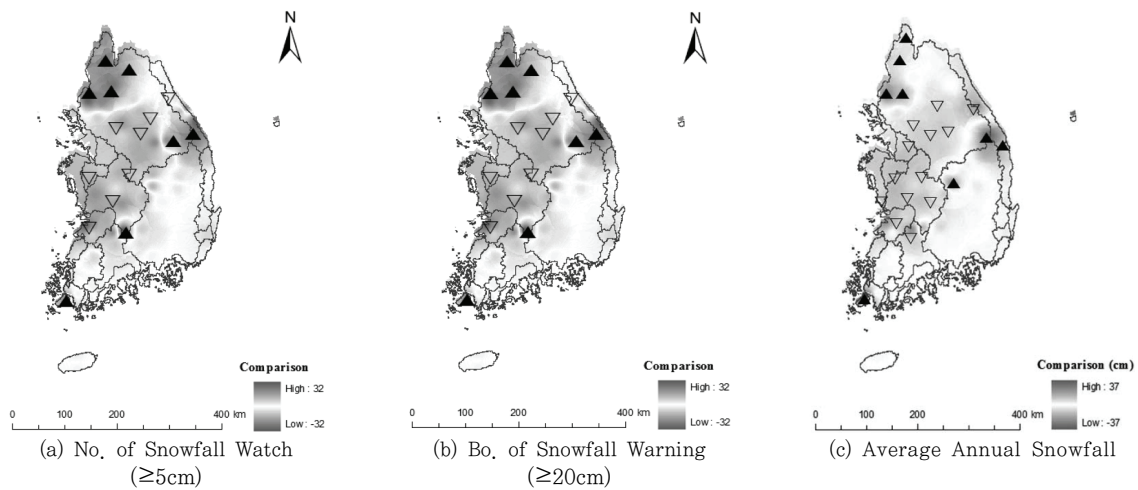
자연재난의 지역별 특성을 파악하는 연구는 비교적 최근에 대두된 연구주제다. 이 분야의 연구주제로는 특정 자연재난의 영향에 대해 지역별로 구분하거나 발생확률을 산정하는 연구가 있다. Pauleit, *et. al.*(2005)은 영국에서 토지이용의 변화가 홍수를 발생시키는 영향을 측정하기 위하여 Merseyside지역의 11개 주거지역을 대상으로 항공사진을 활용하여 GIS분석을 실시하였다. Wang, *et. al.*(2008)은 중국의 자연재해 특성에 따라 지역을 구분하기 위하여 중국의 663개 도시를 대상으로 지역유형 분류에 대한 연구를 수행하였다.

지난 30년 동안 강설을 대상으로 지역을 구분한 연구는 우리나라에서도 수행되었다. Choi(1990)는 강설량과 동서분포형 강설, 저기압 이동로 등 3개 요인을 분석

하여 강설 발생지역을 4개 권역으로 구분하였다. Choi(1990)가 제시한 4개 강설권역은 1) 울릉도와 태백산간지역의 심설지역, 2) 영동지방과 노령산맥 북측의 다설지역, 3) 중서부와 호남지역의 강설지역, 4) 소백산맥 이남의 영남과 호남 남해안, 제주도를 포함하는 과설지역이다. Chung, *et. al.*(1999)은 우리나라의 강설지역을 동해안지역, 서해안지역, 중부내륙지역, 영동 중동부지역, 영남 남부지역의 5개 권역으로 구분하였다. Lee, *et. al.*(2010)은 57개 지점을 대상으로 30년 이상의 강설량, 지리적 요인 변수를 이용하여 주성분 분석을 실행한 후 강설권역을 영동권, 영서권, 수도·중부권, 서남권, 동남권의 5개 지역으로 구분하였다. Kim, *et. al.*(2012)는 전국 76개의 기상관측소에서 30

년(1980~2010)간 관측된 겨울철 강설자료를 활용하여 지역별 대설빈도와 시계열적 적설량 변화를 분석하였다. 그리고 대설의 시공간적 특징을 확인하여 대설지역을 울릉도, 영동북부, 서태백산맥, 소백산맥 서부, 남해안 등 5개 지역으로 구분하였다.

강설을 대상으로 지역을 구분하는 연구는 국지적인 지역을 대상으로 수행할 수도 있다. 호남지역은 겨울철 강수량이 타 지역에 비해 많은 정읍, 임실 등의 지역이 존재하며 소백산맥의 서쪽으로는 분지의 형태를 이루고 있는 무주, 진안, 장수 등의 지역이 기온이 낮고 적설량이 많다. Lee, *et. al.*(2006)은 호남지역에 한정하여 강설 지역을 구분하기 위해 호남지역을 내륙북부 다설지역, 내륙남부 다설지역, 산간 다설지역, 남해안 과



※ Source: Kim, *et. al.*(2012)

Figure 2. Snow fall area classification

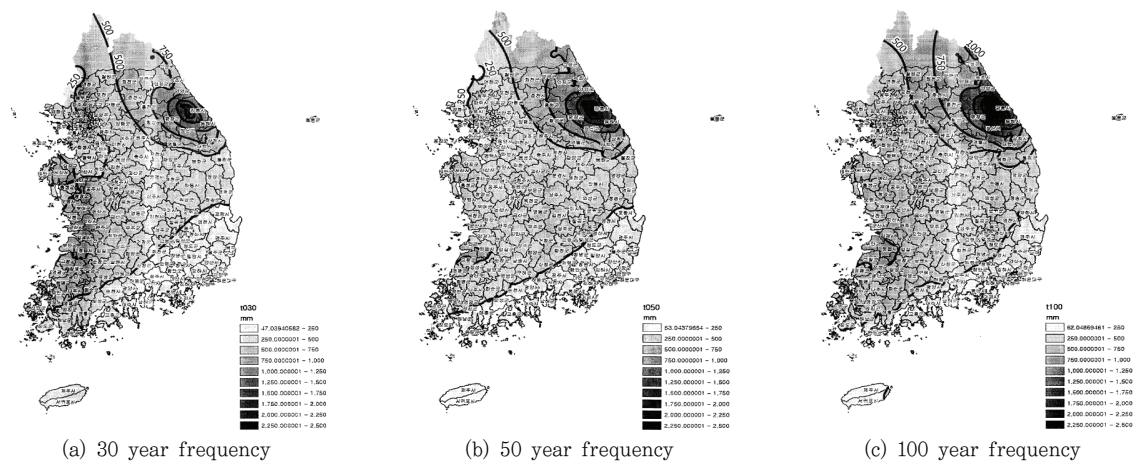


Figure 3. 30-year, 50-year, 100-year risk maps of heavy snow fall disaster

설지역, 서해안 다설지역, 남해안 다설지역, 남해안 소설지역 등 7개의 권역으로 구분하였다. Choi(2004)는 경기도에 한정하여 연구를 진행하였으며, Shim & Kim(2012)은 수도권 전체, Kim, *et. al.*(2011)은 서울 특별시, 대전광역시, 부산광역시를 대상으로 지역을 구분하였다.

우리나라에서 대설재난의 발생확률 분포에 대한 연구는 매우 제한적이다. Shim(2005)은 국립방재연구소의 자료를 토대로 FARD프로그램을 활용한 확률 가중 모멘트 방법을 적용하여 강원도, 충청북도, 충청남도, 대전광역시, 경상북도 5개 지역의 재현기간에 따른 확률 강설량을 분석하였다. Shim(2005)의 연구의 의의는 우리나라 일부지역을 대상으로 발생할 수 있는 강설의 양을 구축하여 재산피해 정도를 예측한 것이다. Lee(2009)는 지역별 기상특성 및 지형영향을 고려한 대설 위험도 산정기법을 개발하기 위하여 관측지점에서의 최심적설 연최고 시계열의 통계적 빈도분석을 실시하여 30년 빈도와 50년 빈도, 100년 빈도 재현기간의 대설 위험지도를 제작하였다.

강설이외의 연구로 Woolhiser, *et. al.*(1972)은 강수량을 대상으로 지수분포에 의한 강수의 추계학적 모형을 구성하였으며, Todorovic & Woolhiser(1975)는 강수에 대해 Markov 연쇄-지수모형이 Bionomial 지수분포 유형보다 우월하다는 결과를 제시하였다. Bruhn, *et. al.*(1980)은 모의발생 모형을 개발하였으며, Richardson(1981)은 일강수량, 최저 및 최고 기온, 태양복사량 등을 고려하여 강우 발생모형을 제안하였다. 국내에서는 Lee & Lee(1985)가 건조 계속기간과 습윤 계속기간의 강수량을 고려하여 2변량 모형을 사용한 강수 발생모형 연구와 Lee & Lee(1986)의 공간적 확률구조를 고려하여 강수발생을 모의하는 모형개발 연구가 있다. 결론적으로 강우발생과 관한 연구는 다양한 조건을 고려한 여러 모형을 통하여 강우 발생확률 모형을 제안하고 있으나 강설은 지역별 구분에 대해 주로 연구하였으며 발생확률에 대한 연구는 제한적으로 이루어지고 있는 상황이다.

본 연구는 우리나라에서 강설자료를 활용한 대설재난의 지역별 발생확률 분포를 산정하는 연구가 미흡하다는 기존연구의 한계를 개선하기 위해 시도되었다. 눈이 내리는 횟수는 이산변수의 특성을 가지기 때문에 본 연구는 강설발생 빈도를 고려한 분석기법을 적용하였다.

III. 연구방법

1. 대설재난 발생확률 분석방법

대설재난은 우리나라에서 겨울철에 발생하는 자연재난이다. 대설재난은 한 특정지역에서 일정한 기간 동안 0회, 1회, 2회, 3회 등 정수의 분포로 발생한다. 19세기 프랑스 수학자인 포아송은 일정한 공간에서 일정한 시간대에 어떤 사건이 0부터 무한대까지 정수로 무작위로 발생할 때 그 사건이 일어날 횟수와 그에 대응하는 확률을 나타내는 분포를 발견하여 이를 포아송 분포(Poisson distribution)라고 명명하였다.

Park & Yun(1999)은 포아송 분포가 적용되는 조건에 대해 다음과 같이 정리하였다. 첫째, 포아송 분포는 관심이 되는 시간과 공간이 단위구간으로 나누어질 수 있으며, 그 단위구간에서 어떤 사건이 발생할 가능성이 적을 경우에 적용된다. 둘째, 일정한 단위시간과 공간에서 어떤 사건이 발생할 횟수와 다른 단위구간에서 그 사건이 발생할 횟수는 서로 독립적이다. 셋째, 단위구간에서 둘 또는 그 이상의 사건이 발생할 확률은 극히 적다, 이러한 확률은 '0'으로 간주할 수 있다. 넷째, 관심의 대상이 되는 일정시간 내에서 발생하는 사건수의 확률 분포는 다른 시간에서 발생하는 사건수의 확률분포와 같다. 위의 네 가지 조건이 충족되면 포아송 분포의 사건이 x 번 발생할 확률은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$P(X=x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}, (x=0,1,2,3) \quad (\text{식 1})$$

μ : 평균발생횟수

x : 사건발생횟수

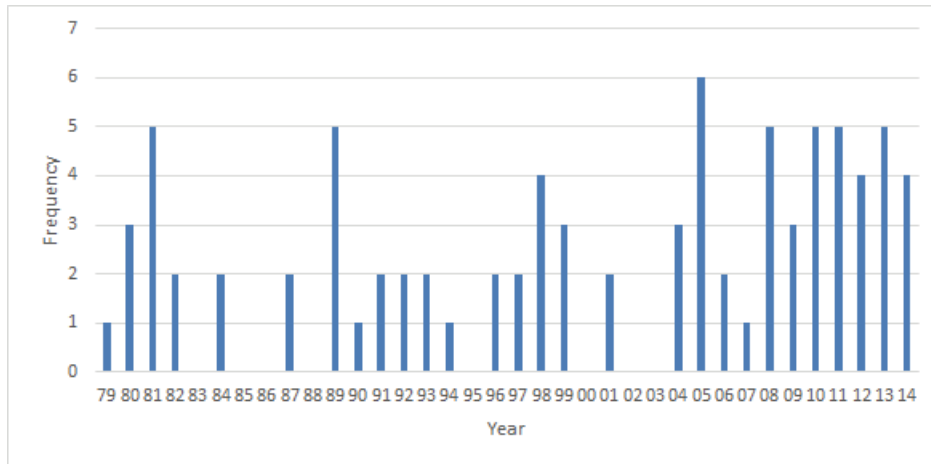


Figure 4. Occurrence of heavy snow fall disasters during the period of 1979 to 2014

포아송 분포모형은 재난과 사고의 발생확률 연구에 100년 이상 광범위하게 사용되고 있는 분석방법이다. Bortkiewicz(1898)은 포아송 분포를 재난과 사고에 적용한 초기 연구 중 하나로 독일 프러시아 기마대에서 연평균 발생하는 말발굽 관련사고로 사망하는 병사수를 추정하였다. 포아송 분포모형은 최근에도 자연재난(Shield, 2008; JICA, 2014; Ozel & Turkan, 2015), 지진(Sengor, *et. al.*, 1985; Lomnitz, 1994; Batuk, *et. al.*, 2005; Ozel & Inal, 2008; Ozel, 2011; Turkan & Ozel, 2014), 산사태(Ercanoglu & Gokceoglu, 2002), 태풍·허리케인·사이클론을 포함한 열대성 저기압(Emanuel, 2005; Webster, *et. al.*, 2005), 바윗돌 낙석사고(Topal, *et. al.*, 2012; Keskin, 2013) 등 다양한 재난과 사고사례에 적용되고 있다.

2. 분석자료 수집

포아송 분포모형은 발생횟수가 0, 1, 2, 3 등 이산적인 분포인 모든 재난과 사고에 적용될 수 있다. 본 연구에서는 대상사례를 대설재난으로 하였으며 1979년부터 2014년까지 36년 동안 분석대상 기간으로 결정하였다. 포아송 분포모형을 적용할 기초데이터는 국민안전처(구 소방방재청)에서 발간하는 1979년부터 2014년까지 발간된 재해연보의 자연재난 유형별 발생사례를 조사하여 총 84개의 대설재난 사례를 파악하였다. 84개 대설재난의 연도별 분포는 <Figure 4>와 같다. 본 연구

는 1979년부터 2014년까지 발생한 84개 대설재난 기간 동안의 기상청 일일 신적설 자료를 기상청 홈페이지를 통해 조사하였으며 DB로 구축하였다. 일일 신적설 자료를 관측하는 총 96개의 유인·무인·구 기상관측소는 관측이 중복된 관측소를 통합한 후 지역별 상세관측자료(AWS) 정보를 활용해 252개 시·군·구로 DB를 구축하였다. 1일 이상의 기간 동안 지속된 대설재난 사례에 대해서는 가장 높은 수치의 일일 신적설 자료를 대설재난 신적설의 대표값으로 선정하였다.

IV. 연구결과

1. 포아송 분포모형의 적용

본 연구에서는 84개 대설재난별 252개 시·군·구의 강설 DB를 기반으로 기초자치단체의 살포기·제설삽날 등 대설재난 대응을 고려하여 강설수준을 다섯 단계로 구분하였다. 본 연구의 강설수준 다섯 단계는 일일 최대 신적설이 1cm 미만인 1단계와 1~5cm 미만인 2단계, 5~10cm 미만인 3단계, 10~20cm 미만인 4단계, 20cm 이상인 5단계로 구분하였다. 그리고 각 단계별로 252개 시·군·구의 36년 동안 발생빈도를 각각 산정하였다. <Table 1>은 본 연구에서의 252개 시·군·구가 소속된 광역자치단체에 대한 지역코드를 표로 나타낸 것이다.

Table 1. 252 Si-Gun-Gu jurisdictional code of metropolitan cities and provinces

Metropolitan Cities and Provinces	252 Si-Gun-Gu Jurisdictional Code
Seoul	1~25
Busan, Daegu, Incheon, Gwangju, Daejeon, Ulsan, Sejong	26~75
Gyeonggi	76~119
Gangwon	120~137
Chungcheong	138~167
Jeolla	168~204
Gyeongsang	205~250
Jeju	251~252

본 연구의 5단계 강설수준에서 1단계는 도로에 내린 눈을 빗자루로 쓸어내릴 수 정도로 약간 내린 상태이며 2단계는 도로에 눈이 내려 쌓이기 때문에 제설 살포기 차량이 운행되어야 하는 수준이다. 강설 3단계는 도로에 눈이 상당히 쌓여 차량운행에 상당한 어려움이 있어 제설삽날차량의 운행이 필요하고, 4단계는 도시 내 대규모 교통마비가 발생하고, 5단계는 재앙수준의 눈이 내려 상당한 시간동안 고립이 발생하는 상황이다. 지난 2004년 3월 4~5일에 대전·충청지역을 중심으로 발생한 대설재난은 충청·호남·경북권에서 5단계 수준이었고, 수도권지역에서는 4단계 수준의 강설이 내려 67백억 원의 재산피해가 발생했고, 25.1천명의 이재민이

발생했다. 2005년 12월 3~24일 동안 발생한 대설재난은 호남권에서 5단계 수준의 강설이 내린 것으로 52백억 원의 재산피해와 6.5천명의 이재민을 결과하였다. <Figure 5>는 2004년 3월 대전·충청권을 중심으로 발생한 대설재난과 2005년 12월 호남권을 대상으로 발생한 대설재난 사례를 나타낸 그림이다.

포아송 분포모형을 적용한 대설재난 발생확률은 공간에 대한 단위구간별로 일정한 단위시간에 대해 평균 발생빈도를 기반으로 0회, 1회, 2회 등 향후 대설재난 발생빈도별 발생확률을 산정하는 것이다. 대설재난에 대한 발생확률 연구에서는 공간에 대한 단위구간으로 252개 시·군·구를 적용하였고, 단위시간으로는 일년



(a) Chungcheong heavy snowfall dsaster case (March 2004)



(b) Jeolla heavy snowfall disaster case (December, 2005)

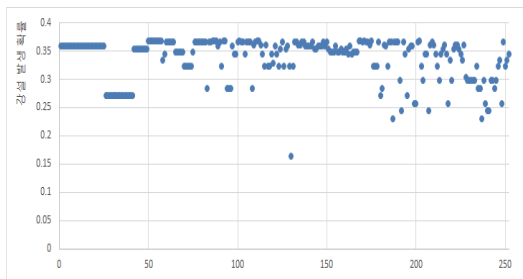
Figure 5. Two major heavy snowfall disaster cases

365일을 기준으로 하였다. 따라서 252개 시·군·구별 대설재난의 향후 발생확률은 일일 최대 신적설이 1cm 미만인 1단계와 1~5cm 미만인 2단계, 5~10cm 미만인 3단계, 10~20cm 미만인 4단계, 20cm 이상인 5단계의 강설수준별 연평균 발생빈도를 포아송 분포모형에 적용하여 다음연도에 대설재난이 0회 발생할 확률과 1회 발생할 확률, 2회 발생할 확률을 각각 산정하였다.

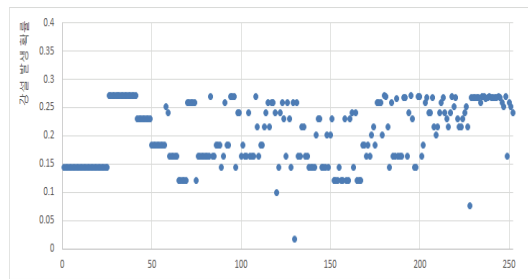
〈Figure 6〉은 252개 시·군·구별로 일일 최대 신적설이 1cm 미만인 1단계와 1~5cm 미만인 2단계에 대한 대설재난 발생확률을 252개 시·군·구별로 나타낸 그림이다. 가로축의 1~25는 서울, 26~75는 6대 광역시 및 세종특별자치시, 76~119는 경기도, 120~137은 강원도, 138~167은 충청도 168~204는 전라도, 205~250은 경상도, 251~252는 제주특별자치도를 나타낸

다. 세로축은 해당 강설단계에 대한 대설재난 발생확률을 나타낸 것이다. 〈Figure 6〉의 (a), (c), (e)는 1단계(1cm 미만 강설)에 대해 대설재난이 발생하지 않을 확률과 1회·2회 발생할 확률을 나타낸 것이며 〈Figure 6〉의 (b), (d), (f)는 2단계(1~5cm 미만 강설)에 대해 대설재난이 발생하지 않을 확률과 1회·2회 발생할 확률을 나타낸 것이다.

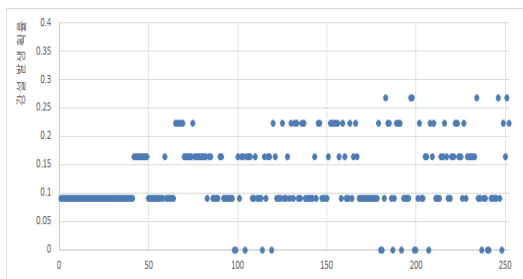
〈Figure 6〉의 1단계(1cm 미만 강설) 대설재난이 발생하지 않을 확률은 전국적으로 20~40%의 범위에 있으며 1단계 대설재난이 1회 발생할 확률은 10~25%의 범위에 있는 것으로 나타났다. 1단계 대설재난이 2회 발생할 확률은 0에 근접한 시·군·구가 다수 존재하며 대설재난이 발생하는 시·군·구의 발생확률도 5% 이하인 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 국민안전처



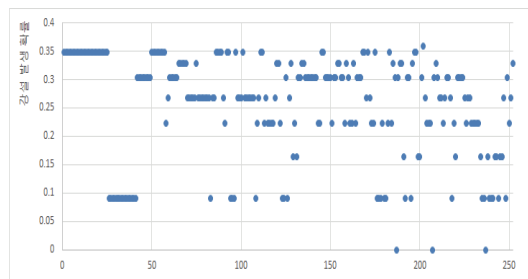
(a) 1st Stage(>1cm) no snowfall probability



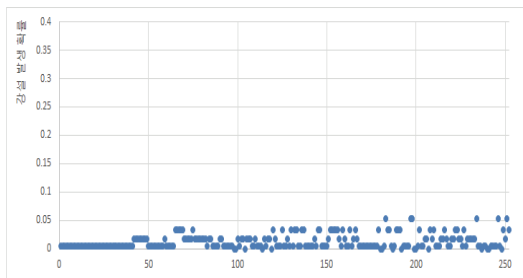
(b) 2nd Stage(1~5cm) no snowfall probability



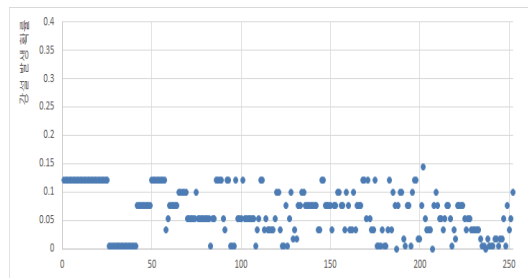
(c) 1st State(>1cm) one-time snowfall probability



(d) 2nd Stage(1~5cm) one-time snowfall probability



(e) 1st Stage(>1cm) two-time snowfall probability



(f) 2nd Stage(1~5cm) two-time snowfall probability

Figure 6. Disaster probabilities of 0, 1, 2 heavy snow-fall occurrence in level 1 & 2

가 재난으로 대응하는 대설재난 사례에서 강설이 1단계(1cm 미만 강설)에 머무는 시·군·구가 없거나 1단계 수준이 발생하더라도 연평균 1회 발생할 확률이 4이하로 낮아 대설재난은 강설량이 최소 1cm가 될 것으로 예상해야 된다는 것을 알려주고 있다. 따라서 우리나라에서 대설재난에 대응하기 위해서는 1단계(1cm 미만 강설)에 주로 사용하는 「스노우 브러쉬(snow brush)」와 같은 ‘쓸어내기 제설장비’는 불필요하다는 것을 보여준다.

〈Figure 6〉의 2단계(1~5cm 미만 강설) 대설재난이 발생하지 않을 확률은 전국적으로 10~30%의 범위에 있으며 2단계 대설재난이 1회 발생할 확률은 10~35%의 범위에 걸쳐 시·군·구별로 광범위하게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 2단계 대설재난이 2회 발생할 확률도 0~15%로 지역별로 다르게 분포하는 것으로 나타났다. 〈Figure 6〉의 1단계와 2단계 대설재난이 발생하는 확률분포를 비교해보면 단계가 증가할수록, 즉 일일 신적설이 많을수록 발생확률이 높아지고 시·군·구 차이가 나타나는 것으로 확인된다. 이러한 분석결과는 국민안전처가 재난으로 대응하는 대설재난 사례에서 강설이 2단계(1~5cm 미만 강설)로 최소 1회 이상 발생할 확률이 상당수 시·군·구에서 연평균 25~50%로 나타나 2단계에 주로 사용하는 「살포기」와 같은 ‘녹이기 제설장비」가 필수적이라는 것을 보여주고 있다. 2단계 대설재난의 발생확률은 강원, 충청, 호남, 영남의 일부지역에서 다른 지역에 비하여 상대적으로 발생확률이 높은 것으로 나타난다. 3단계 이상(5cm 이상 강설)의 분석에서는 120~137번대인 강원도에서 다른 지역에 비해 발생확률이 높게 나타났으며 5단계 대설재난 발생확률이 가장 높은 지역은 강원도의 평창군인 것으로 파악되었다. 〈Appendix-Table 1〉부터 〈Appendix-Table 5〉는 1단계(1cm 미만), 2단계(1~5cm 미만), 3단계(5~10cm 미만), 4단계(10~20cm 미만), 5단계(20cm 이상) 대설재난이 1회 발생할 확률분포별 시·군·구 지역을 구분한 표다.

2. 포아송 분포모형에 의한 대설재난 발생확률지도
포아송 분포모형을 적용한 252개 시·군·구의 단계별 대설재난 발생확률은 지도화하여 그 분포에 따른 지역별 특성을 파악할 수 있다. 본 연구는 대설재난 발생확률을 지도화하기 위해서 GIS소프트웨어로 ArcGIS 10.1을 사용하였다. 〈Figure 7〉의 (a)는 대설재난이 발생하지 않을 확률을 나타낸 그림이다. 〈Figure 7〉의 (b)~(f)는 단계별로 대설재난이 1회 발생할 확률을 나타낸 그림이다.

우리나라에서 재난으로 대응하여 재해연보에 기록된 대설재난에서 1단계(1cm 미만)의 강설이 내릴 확률은 강원도, 대전시, 세종시, 경상남·북도, 제주도 등의 일부 시·군·구에서 20~30%이나 전반적으로는 낮은 것으로 나타났다. 대설재난에서 살포기차량 동원이 필요한 2단계(1~5cm 미만)의 강설이 내릴 확률은 전반적으로 1단계보다 높은 것으로 산정되었으며 서울시, 부산시, 대구시, 인천시, 광주시, 대전시, 세종시, 경기도, 강원도, 충청남·북도, 전라남·북도, 경상남·북도, 제주도 등의 시·군·구에서 30% 이상인 것으로 나타났다. 대설재난에서 제설삽날차량 동원이 필요한 3단계(5~10cm 미만)의 강설이 내릴 확률은 전반적으로 2단계보다는 낮으나 1단계보다는 높은 것으로 나타났다. 3단계의 강설이 예상될 때에는 기상청이 대설주의보를 발령한다. 3단계 확률이 30%가 넘는 지역은 서울시, 광주시, 대전시, 세종시, 경기도, 강원도, 충청남·북도, 전라남·북도 등의 시·군·구인 것으로 나타났다.

심각한 대설재난인 4단계(10~20cm 미만)의 강설이 내릴 확률은 3단계보다는 낮으며 1단계와 유사한 수준인 것으로 나타났으나 1단계지역과는 차이가 있다. 4단계 확률이 20~30%인 지역은 강원도, 충청남·북도, 전라북도, 경상북도 등의 일부 시·군·구인 것으로 나타났다. 기상청에서 대설경보가 발령되는 5단계(20cm 이상)의 강설이 내릴 확률은 강원도 평창군에서 30% 이상이며 20~30%도 강원도 일부지역과 경북 울릉군인 것으로 분석되었다.

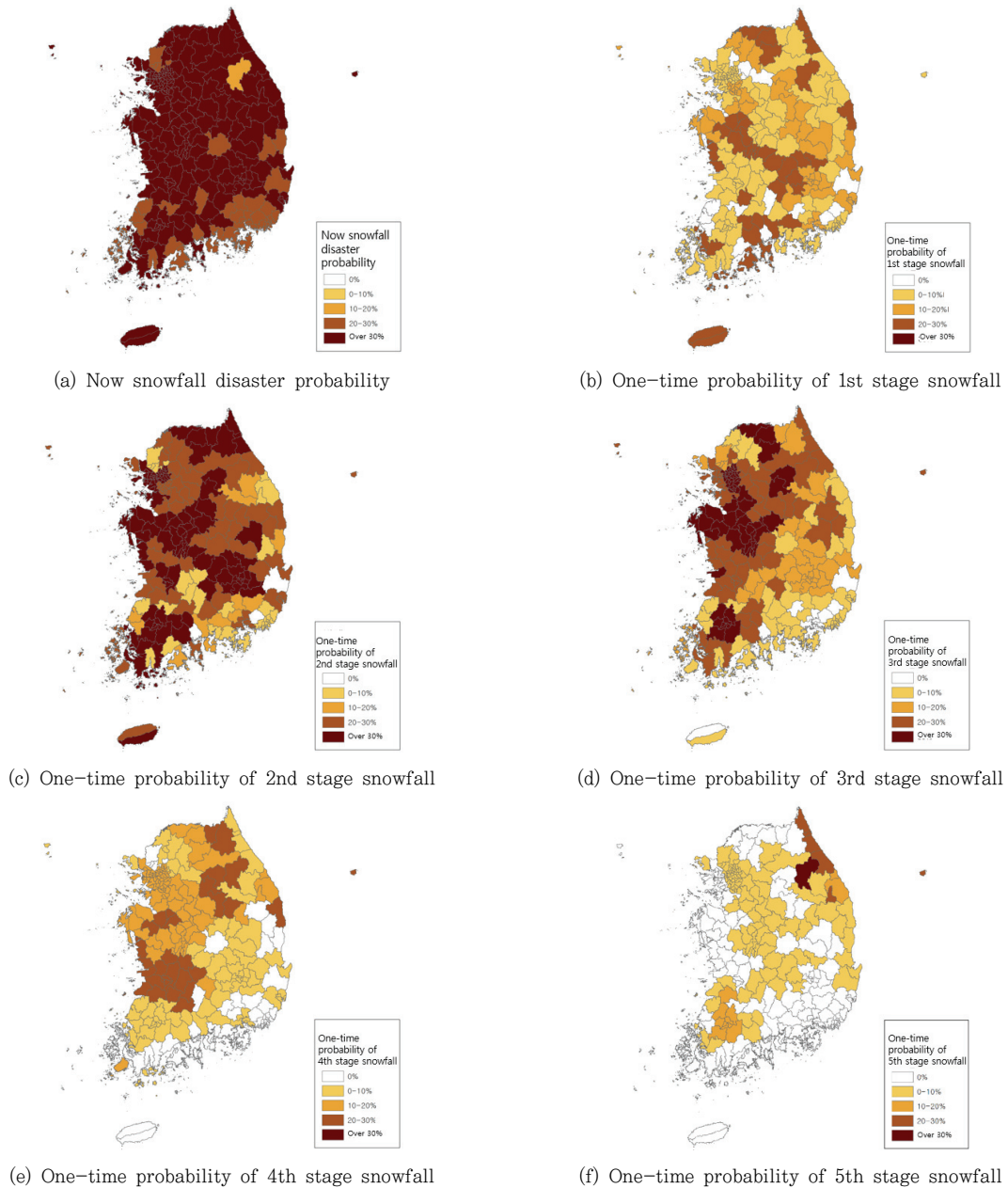


Figure 7. One-time occurrence areal probabilities by heavy snow-fall disaster level

V. 본 연구결과를 활용한 지역별 대설재난 정책

우리나라의 재난관리 정책에서 대설재난 관련 기준은 그동안 건축물 설계에 고려하는 적설하중 등 건축물의 구조적 안전성 부문에 한정되어왔다. 재난관리 측면에서 대설재난 대응정책에 참고할 수 있도록 전국토를 대상으로 지역별 강설패턴을 연구해서 기준이나 가이드를 개발한 사례는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구

에서 제시한 포아송 분포모형을 대설재난에 적용한 결과는 지역별 대설재난 정책을 수립하는데 기초정보로 활용될 수 있다. (Figure 7)을 살펴보면 지역별로 대설재난의 단계별 발생확률에 차이가 있기 때문에 대비해야 하는 제설장비도 다르다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 대설재난 발생확률 특성을 수도권, 영동권, 영서권, 충청권, 호남권, 영남권, 남해권 등 광역권으로 구분하여 대비해야 하는 제설장비의 수준을 제시하였다. 일반적으로 강설량 1cm 미만인 지역에서는 쓸

Table 2. Suggested snow removal policies by region

Region	Characteristics	Response Policy
Seoul Metro Region	<ul style="list-style-type: none"> • 2~3 Stage probability is over 30%. • 4 Stage probability is 10~20%. • 5 Stage probability is below 10%. 	<ul style="list-style-type: none"> • All area needs snow removal equipments for over 10cm. • Some area needs special snow removal automobile for over 20cm snowfall.
Yongdong Region	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Stage probability is over 30%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Many areas need snow removal equipments for over 20cm.
Yonseo Region	<ul style="list-style-type: none"> • 4 Stage probability is 20~30%. 	<ul style="list-style-type: none"> • All area needs snow removal equipments for over 10cm.
Chung Cheong Region	<ul style="list-style-type: none"> • 2~3 Stage probability is over 30%. • 4 Stage probability is 10~20%. • 5 Stage probability is below 10%. 	<ul style="list-style-type: none"> • All area needs snow removal equipments for over 10cm. • Some area needs special snow removal automobile for over 20cm snowfall.
Homam Region	<ul style="list-style-type: none"> • 4 Stage probability is 20~30%. 	<ul style="list-style-type: none"> • All area needs snow removal equipments for over 10cm. • Some area needs special snow removal automobile for over 20cm snowfall.
Yongnam Region	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Stage probability is over 30%. • 3~4 Stage probability is 0~10%. 	<ul style="list-style-type: none"> • All area needs snow removal equipments for over 5cm.
Namhae Region	<ul style="list-style-type: none"> • 1~3 Stage probability is 0~10%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Snow blowing and brushing equipments are required.

어내기를 위한 스노우 브러쉬 등의 제설장비가 필요하며 강설량 1~5cm 미만인 지역에서는 살포기 등의 제설장비가 유용하다.

기상청이 대설주의보를 발령하는 강설량 5~10cm인 3단계에서는 제설삽날 차량이 필요하며, 제설삽날 차량이 지나간 후 살포기 차량이 뒤따르면서 제설작업을 수행한다. 4단계인 10~20cm 미만 지역에서는 강력한 제설삽날 차량이 필요하며 교통통제 등의 통행제한 방안도 적용할 필요가 있다. 5단계(20cm 이상)인 강설이 발생하면 기상청에서는 해당지역에 대설경보를 발령하고, 유니목과 같은 전문 제설차량이 동원되어야 한다. <Table 2>는 지역별 강설발생 특성과 필요한 제설대응 정책을 제시한 표이다.

포아송 분포모형을 적용해 252개 시·군·구의 강설 5단계별로 산정한 대설재난 발생확률을 지도화한 <Figure 7>의 그림과 <Appendix-Table 1>~<Appendix-Table 5>의 발생확률 정보는 재해연보의 시·군·구별 대설재난 피해액과 결합하면 대설재난 단계별 예상피해규모, 즉 대설재난 재산피해로 환산된 위험도를 산정할 수 있다. 강설 5단계 발생확률이 높은 지역은 산간 분지지역에서는 고립 가능성이 있고, 주택, 축사, 공장, 창고 등의 시설물이 붕괴될 수 있으므로 대설재난 보험을 개발해 적용할 필요성이 있다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

우리나라에서 대설재난은 재난 및 안전관리기본법에 의해 자연재난으로 분류되고 있으며 연평균 피해액이 879억 원으로 두 번째로 피해가 큰 자연재난이다. 대설재난은 연도별로 발생빈도와 피해규모의 차이가 크며 기후변화로 인해 연도별로 피해액의 편차가 더욱 커지고 있다. 따라서 우리나라는 겨울철에 발생하는 대설재난을 대상으로 적절하고 효율적인 대응정책을 수립할 필요성이 있다. 대설재난에 대해 보다 효율적인 정책을 마련하기 위해서는 지역별로 대설재난의 발생 특성을 이해하여야 한다.

본 연구는 대설재난의 발생이 이산적 분포를 나타내는 것을 고려하여 선진국에서 재난의 발생확률을 산정하는데 유용하게 활용하고 있는 포아송 분포모형을 분석방법으로 채택한 후 우리나라 252개 시·군·구별 대설재난의 발생확률을 산정하였다. 연구의 분석기간은 1979년부터 2014년까지 36년간으로 하였으며 국민안전처 재해연보의 자료를 통해 동일 기간 동안 발생했던 84개의 대설재난 사례에 대해 DB를 구축한 후 기상청의 일일 신적설 자료를 수집하였다. 수집된 84개의 대설재난 일일신적설 자료는 우리나라의 대응시스템을 고려하여 강설자료가 있는 날짜들을 대상으로 1cm 미만

인 1단계와 1~5cm 미만인 2단계, 5~10cm 미만인 3단계, 10~20cm 미만인 4단계, 20cm 이상인 5단계로 구분해 252개 시·군·구별 대설재난의 발생빈도를 각각 계산하였다. 그리고 포아송 분포모형을 적용하여 252개 시·군·구에 대해 각 단계별로 대설재난이 발생할 확률을 구하였으며, GIS기법을 활용하여 산정한 발생확률을 지도상에 표기하였다.

분석결과 대설재난 사례에서 강설이 1단계(1cm 미만 강설)에 머무는 시·군·구의 발생확률이 낮아 1단계(1cm 미만 강설)에 주로 사용하는 「스노우 브러쉬(snow brush)」와 같은 ‘쓸어내기 제설장비’는 불필요하다는 것을 확인하였다. 강설이 2단계(1~5cm 미만 강설)로 최소 1회 이상 발생할 확률은 상당수 시·군·구에서 연평균 25~50%로 나타나 2단계에 주로 사용하는 「살포기」와 같은 ‘녹이기 제설장비’가 필수적임을 알 수 있었다. 2단계 대설재난의 발생확률은 강원, 충청, 호남, 영남의 일부지역에서 다른 지역에 비하여 상대적으로 발생확률이 높은 것으로 나타난다. 3단계 이상(5cm 이상 강설)의 분석에서는 강원도에서 다른 지역에 비해 발생확률이 높게 나타났으며 5단계 대설재난 발생확률이 가장 높은 지역은 강원도의 평창군인 것으로 파악되었다.

대설재난에 대응하는 기준은 시·군·구별로 다를 수 있다. 선진국의 대설재난 대응체계도 지역의 대설재난 발생특성을 고려하여 수립한다. 2015년 기준 서울시의 대설 상황판단기준표에서는 1~4cm가 1단계 주의, 5~10cm는 2단계 경계, 10cm 이상을 심각으로 규정하고 있다. 서울시는 3cm 미만의 강설에 제설제 살포, 3~10cm는 제설삽날을 통한 밀어내기를 실시하고, 10cm 이상시 밀어내기와 제설제 살포를 반복한다.

본 연구에서 제시한 252개 시·군·구별 대설재난의 발생확률 정보는 지역별로 차별화된 대설재난 정책을 수립하는데 중요한 자료로 활용할 수 있다. 지역별 대설재난 단계별 발생확률 정보는 제설장비의 유형과 수준, 제설장비의 운영과 응원체계 구축을 결정하는데 판단근거로 활용할 수 있다. 발생확률 정보는 재해연보의 시·군·구별 대설재난 피해액과 결합하여 대설재난

단계별 위험도를 산정할 수 있다. 이러한 정보는 대설재난의 예방정책을 개발하고, 대설재난의 보험요율을 산정하는데도 활용될 수 있다.

본 연구는 대설재난을 대상으로 포아송 분포모형을 적용한 국내 최초의 연구사례이며 향후 태풍, 지진 등 다양한 재난유형에 적용될 수 있다. 재난관리분야에서 새로운 분석기법을 제시한 본 연구의 방법론을 기반으로 향후 지역별 대설재난의 취약성과 발생확률간 어떠한 관계가 있는지 등 보다 심도 있는 추가연구가 필요하다. 이를 위해서 대설 재난 대비와 관련된 제설장비 수요추정, 대설 피해 등에 관한 연구들이 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임[MPSS-자연-2014-72].

References

- Batuk, F., B. Sengezer, and O. Emem. 2005. The New Zoning Approach for Earthquake Risk Assessment. *Geo-information for Disaster Management*. 1225-1237.
- Bortkiewicz, Ladislaus. 1898. *Das Gesetz der Kleinen Zahlen*. Leipzig: B. G. Teubner.
- Brujn, J. A., W. E. Fry, and G. W. Fick. 1980. Simulation of Probability Distributions. *Journal of Applied Meteorology*. 19(9): 1029-1036.
- Choi, Choong Ik. 2004. Panel Models about Determining Factors of Urban Flood Damages. *Journal of Korea Planning Association*. 39(7): 49-67.
- Choi, Jin Sik. 1990. The Classification of Snowfall Area and its Regional Characteristics of South Korea. *Journal of Korean Geographic Society*. 25(1): 35-48.
- Chung, Kwan Young, Young Sun Jung, and Byong Jun Hwang. 1999. Classification of Snowfall Regions Using Principal

- Component Analysis. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. 35(3): 466-473.
- Emanuel, K. 2005. Increasing Destructiveness of Tropical Cyclones over the Past 30 Years. *Nature*. 436: 686-688.
- Ercanoglu, M. and C. Gokceoglu. 2002. Assessment of Landslide Susceptibility for a Landslide-prone Area (North of Yenice, NW Turkey) by Fuzzy Approach. *Env. Geol.* 41: 720-730.
- GDDA. 2006. Geological Data Integration Planning Handbook. *The General Directorate of Disaster Affairs*.
- JICA. 2014. Country Strategy Paper for Natural Disasters in Turkey. *Ankara*. 22-27.
- Kellenberg, Derek K. and Ahmed Mushfiq Mobarak. 2008. Does Rising Income Increase or Decrease Damage Risk from Natural Disasters? *Journal of Urban Economics*. 63: 788-802.
- Keskin, I. 2013. Evaluation of Rock Falls in an Urban Area: The Case of Bogazici (Erzincan/Turkey). *Environmental Earth Sciences*. 70(4): 1619-1628.
- Kim, Bo Kyung, Dae Won Jang, Nam Zhang, and Dong Min Yang. 2011. The Deduction of Urban Flood Risk Factor Considering Climate Change. *Korean Review of Crisis and Emergency Management*. 7(1): 125-142.
- Kim, Saet Byul, Hyung Jin Shin, Rim Ha, and Seong Joon Kim. 2012. Spatio-temporal Analysis of Snowfall for 5 Heavy Snowfall Areas in South Korea. *Journal of KSCE*. 32(2B): 103-111.
- Lee, Jae Jun and Won Hwan Lee. 1986 A Study on the Simulation of Daily Precipitation Considering Spatial Probability Characteristics. *Journal of KSCE*. 6(3): 31-42.
- Lee, Jung Sik, Chang Dong Shin, and Byung Chul Kim. 2010. A Study on the Regionalization of Snowfall Using Multivariate Analysis in Korea. *Korea Water Resources Association Conference*. 1591-1595.
- Lee, Kyoung Mi and Seung Ho Lee. 2006. The Spatial Distribution of Snowfall and Its Development Mechanism over the Honam Area. *Journal of Korean Geographic Society*. 41(4): 457-469.
- Lee, Sung Soo. 2009 *Development of Risk Assessment Technique for Strong Wind and Heavy Snowfall*. National Emergency Management Agency.
- Lee, Won Hwan and Jae Jun Lee. 1985. A Study on the Simulation of Daily Precipitation Considering Temporal Probability Characteristics. *Journal of Yonsei University Industrial Technology Research Institute*. 17(1): 37-46.
- Ozel, G. 2011. A Bivariate Compound Poisson Model for the Occurrence of Foreshock and Aftershock Sequences in Turkey. *Environmetrics*. 22: 847-856.
- Ozel, G. and C. Inal. 2008. The Probability Function of the Compound Poisson Process and an Application to Aftershock Sequences. *Environmetrics*. 19 : 79-85.
- Ozel, Gamze and Turkan Semra. 2015. Neyman Type a Distribution for the Natural Disasters and Related Casualties in Turkey. *Journal of Date Science*. 13: 533-550.
- Park, Jeong Sik and Yun Young Sum. 1999 *Modern Statistics*. Dasan Publishing Company.
- Pauleit, Stephan, Ennos Roland, and Holding Yvonne. 2005. Modeling the Environmental Impacts of Urban Land Use and Land Cover Change-A Study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*. 71: 295-310.
- Sengor, A. M. C., N. Gorur, and F. Saroglu. 1985. Strike-slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study. In Biddle, K. T. and N. Christie-Blick(eds.). *Strike-slip Deformation. Basin Formation and Sedimentation. Society of Economic Mineralogist and Paleontologists Special Publication*. 37: 227-264.
- Shield. 2008. *Natural Hazards and Disasters (Shield)*, *European Union 6*. Frame Project Web Site. <http://www.learnhazards.org/6.php> (accessed 02 January 2014).
- Shim, Jae Heon and Ja Eun Kim. 2012. An Analysis on the Interrelationship between Land-use Characteristics and Damages Caused by Natural Hazards. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 13(9): 4319-4325.
- Shim, Kee Oh. 2005. Analysis the Probability of the Heavy Snowfall on March 2004. *Proceedings of 2005 KSCE Conference*. 218-221.
- Todorovic, P. and D. A. Woolhiser. 1975. A Stochastic Model of N-day Precipitation. *Journal of Applied Meteorology*. 14: 17-24.
- Topal, T., M. K. Akin, and M. Akin. 2012. Rockfall Hazard Analysis for an Historical Castle in Kastamonu(Turkey).

- Natural Hazards*. 62(2): 255-274.
- Turkan, S. and G. Ozel. 2014. Modeling Destructive Earthquake Casualties Based on a Comparative Study for Turkey. *Natural Hazards*. 72(2): 1093-1110.
- Wang, Jing-ai, Pei-jun Shi, Xiang-sheng Yi, Hui-cong Jia, and Lai-yin Zhu. 2008. The Regionalization of Urban Natural Disasters in China. *Natural Hazard*. 44: 169-179.
- Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, and H. R. Chang. 2005. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science*. 309: 1844-1846.
- Woolhiser, D. A., E. Rovey, and P. Todorovic. 1972. Temporal and Spatial Variation of Parameters for the Distribution of N-day Precipitation. *Proceeding of 2nd International Symposium in Hydrology*. 286-297.
- Korean References Translated from the English*
- 김보경, 장대원, 장남, 양동민. 2011. 기후변화를 고려한 도시홍수 위험요인 도출. *한국위기관리논집*. 7(1): 125-142.
- 김셋별, 신형진, 하림, 김성준. 2012. 우리나라 5대 대설지역의 적설량 변화 분석. *대한토목학회 논문집*. 32(2B): 103-111.
- 박정식, 윤영선. 1999. *현대통계학*. 다산출판사.
- 심기오. 2005. 2004년 3월 폭설의 확률강설량 분석. 2005 대한토목학회 정기학술대회 논문집. 218-221.
- 심재현, 김자은. 2012. 토지이용특성과 자연재해 피해액의 상관성 분석. *한국산학기술학회논문지*. 13(9): 4319-4325.
- 이경미, 이승호. 2006. 호남 지방의 국지적 강설 분포와 그 차이의 원인에 관한 연구. *대한지리학회지*. 41(4): 457-469.
- 이승수. 2009. 강풍 및 대설 위험도 산정기법 개발. 소방방재청 자연재해저감기술개발사업.
- 이원환, 이재준. 1985. 시간적 확률구조를 고려한 일강수량의 모의발생에 관한 연구. *연세대학교 산업기술연구소 논문집*. 17(1): 37-46.
- 이재준, 이원환. 1986. 공간적 확률구조를 고려한 일강수량의 모의발생에 관한 연구. *대한토목학회 논문집*. 6(3): 31-42.
- 이정식, 신창동, 김병철. 2010. 다변량 분석을 이용한 국내 강설의 권역화 연구. *한국수자원학회 학술발표대회*. 1591-1595.
- 정관영, 정영선, 황병준. 1999. 주성분 분석을 이용한 한반도 강설 지역 구분. *한국기상학회지*. 35(3): 466-473.
- 최진식. 1990. 남한의 강설지역구분과 강설의 지역적 특성. *지리학*. 25(1): 35-48.
- 최충익. 2004. 패널모형에 의한 도시지역과 수해결정요인 분석. *국토계획*. 39(7): 49-67.

Received: Apr. 24, 2017 / Revised: May 8, 2017 / Accepted: May 15, 2017

포아송 분포를 이용한 대설재난 발생확률에 대한 연구

국문초록 대설재난은 풍수해에 이어 두 번째로 피해가 큰 자연재난으로 연도별, 지역별로 발생빈도와 피해규모의 차이가 크다. 대설재난은 이산적으로 발생하기 때문에 포아송 분포의 특성을 가진다. 선진국에서는 다양한 재난과 사고를 대상으로 평균 발생 횟수 및 발생 확률을 기반으로 하는 포아송 분포모형을 통해 발생확률을 산정해왔다. 본 연구의 목적은 이산적 변수의 확률분포를 산정하는 포아송 분포모형을 적용하여 대설재난에 일선 행정기관으로 대응하는 252개 시·군·구의 강설단계별 발생확률을 산정하고, 대설재난의 발생확률 지도를 작성하는 것이다. 대설재난 단계별 발생확률을 산정하기 위해 지난 36년(1979년-2014년)동안의 국민안전처 재해연보 자료를 통해 84개 대설재난 사례와 기상청 일일 신적설 자료를 DB로 구축하였다. 구축된 일일 최대 신적설자료를 기반으로 5단계로 구분하여 252개 시·군·구의 대설재난 발생빈도를 산정하였다. 본 연구의 결과는 지역별 대설재난 특성을 고려한 대응정책 수립과 대설재난 위험지역을 대상으로 한 예방사업 추진, 보험요율 산정 등에 기초자료로 활용할 수 있다.

주제어 : 대설재난, 포아송분포, 재난확률, 재난대응

Profiles **Geun Young Kim** : He received his B.S in Korea University. He received M.Pl., Ph.D. from University of Southern California, USA in 1997. He is a professor of the Department of Urban Planning at Kangnam University, in which he has taught since 1999. His research interest is urban planning, transportation planning, and disaster & emergency management (gykim@kangnam.ac.kr).

Hyun Tae Joo : He received his B.S. from Kangnam University, and M.S from Hanyang University, Korea. He is a Ph.D candidate in Hanyang University. He has joined as a research fellow at the Multi-disciplinary Center for Ubiquitous Cities(MDCUC) of Kangnam University since 2013. His research interest is urban planning, real estate management, and disaster & emergency management(joohyuntae@paran.com).

Hee Jae Kim : He received his B.S., M.A., and Ph.D. from Chung-Ang University, Korea in 2016. He has been a research fellow at the Multi-disciplinary Center for Ubiquitous Cities(MDCUC) of Kangnam University since 2016. His research interest is urban planning, real estate analysis, and disaster & emergency management(irex1@naver.com).

Appendix.

Table 1. 1단계(1cm 미만) 대설재난이 1회 발생할 확률분포별 시·군·구 지역

0.01~10% 미만	10~20% 미만	20~30% 미만
강원 강릉시, 강원 동해시, 강원 삼척시, 강원 양구군, 강원 영월군, 강원 인제군, 강원 정선군, 강원 태백시, 강원 홍천군, 경기 고양시덕양구, 경기 고양시일산동구, 경기 고양시일산서구, 경기 과천시, 경기 광명시, 경기 광주시, 경기 김포시, 경기 부천시소사구, 경기 부천시오정구, 경기 부천시미곡, 경기 시흥시, 경기 안산시단원구, 경기 안산시상록구, 경기 여주시, 경기 의정부시, 경기 이천시, 경기 파주시, 경기 화성시, 경남 거제시, 경남 고성군, 경남 남해군, 경남 밀양시, 경남 사천시, 경남 산청군, 경남 창원군, 경남 통영시, 경남 함안군, 경북 봉화군, 경북 상주시, 경북 영양군, 경북 영주시, 경북 영천시, 경북 울릉군, 경북 청송군, 광주 광산구, 광주 남구, 광주 동구, 광주 북구, 광주 서구, 부산 강서구, 부산 금정구, 부산 기장군, 부산 남구, 부산 동구, 부산 동래구, 부산 부산진구, 부산 북구, 부산 사상구, 부산 사하구, 부산 서구, 부산 수영구, 부산 연제구, 부산 영도구, 부산 중구, 부산 해운대구, 서울 강남구, 서울 강동구, 서울 강북구, 서울 강서구, 서울 관악구, 서울 광진구, 서울 구로구, 서울 금천구, 서울 노원구, 서울 도봉구, 서울 동대문구, 서울 동작구, 서울 마포구, 서울 서대문구, 서울 서초구, 서울 성동구, 서울 성북구, 서울 송파구, 서울 양천구, 서울 영등포구, 서울 용산구, 서울 은평구, 서울 종로구, 서울 중구, 서울 중랑구, 인천 강화군, 인천 계양구, 인천 남구, 인천 남동구, 인천 동구, 인천 부평구, 인천 서구, 인천 연수구, 인천 중구, 전남 강진군, 전남 나주시, 전남 담양군, 전남 신안군, 전남 장성군, 전남 장흥군, 전남 진도군, 전남 해남군, 전남 화순군, 전북 군산시, 전북 김제시, 전북 남원시, 전북 무주군, 전북 부안군, 전북 완주군, 전북 익산시, 전북 정읍군, 전북 전주시덕진구, 전북 전주시완산구, 전북 정읍시, 전북 진안군, 충남 금산군, 충남 논산시, 충남 부여군, 충남 청양군, 충북 괴산군, 충북 보은군, 충북 음성군, 충북 증평군, 충북 진천군, 충북 청주시 상당구, 충북 청주시 서원구, 충북 청주시 청원구, 충북 청주시 흥덕구, 충북 충주시	강원 원주시, 강원 횡성군, 경기 가평군, 경기 군포시, 경기 동두천시, 경기 성남시 분당구, 경기 성남시 수정구, 경기 성남시 중원구, 경기 수원시 권선구, 경기 수원시 영통구, 경기 수원시 장안구, 경기 수원시 팔달구, 경기 안성시, 경기 안양시동안구, 경기 안양시만안구, 경기 연천군, 경기 오산시, 경기 용인시기흥구, 경기 용인시수지구, 경기 용인시처인구, 경기 의왕시, 경기 평택시, 경기 포천시, 경남 창원시 마산합포구, 경남 창원시 마산회원구, 경남 창원시 성산구, 경남 창원시 의창구, 경남 창원시 진해구, 경남 합천군, 경북 경산시, 경북 문경시, 경북 안동시, 경북 영덕군, 경북 예천군, 경북 의성군, 경북 청도군, 경북 칠곡군, 경북 포항시 남구, 경북 포항시 북구, 대구 남구, 대구 달서구, 대구 달성군, 대구 동구, 대구 북구, 대구 서구, 대구 수성구, 대구 중구, 울산 남구, 울산 동구, 울산 북구, 울산 울주군, 울산 중구, 인천 용진군, 충남 당진시, 충남 서산시, 충남 태안군, 충남 홍성군, 충북 단양군, 충북 제천시	강원 고성군, 강원 속초시, 강원 양양군, 강원 철원군, 강원 춘천시, 강원 평창군, 강원 화천군, 경남 거창군, 경남 진주시, 경남 하동군, 경북 고령군, 경북 구미시, 경북 군위군, 경북 김천시, 경북 성주군, 경북 울진군, 대전 대덕구, 대전 동구, 대전 서구, 대전 유성구, 대전 중구, 세종특별자치시, 전남 고흥군, 전남 곡성군, 전남 구례군, 전남 목포시, 전남 무안군, 전남 순천시, 전남 여수시, 전남 영암군, 전남 완도군, 전북 임실군, 제주 서귀포시, 제주 제주시, 충남 계룡시, 충남 공주시, 충남 보령시, 충남 서천군, 충남 아산시, 충남 예산군, 충남 천안시동남구, 충남 천안시서북구, 충북 영동군, 충북 옥천군

Table 2. 2단계(1~5cm 미만) 대설재난이 1회 발생할 확률분포별 시·군·구 지역

0.01~10% 미만	10~20% 미만	20~30% 미만	30% 이상
강원 동해시, 강원 삼척시, 강원 태백시, 경기 고양시덕양구, 경기 고양시일산동구, 경기 고양시일산서구, 경기 의정부시, 경기 파주시, 경남 거제시, 경남 고성군, 경남 사천시, 경남 양산시, 경남 의령군, 경남 통영시, 경남 함안군, 경북 청송군, 부산 강서구, 부산 금정구, 부산 기장군, 부산 남구, 부산 동구, 부산 동래구, 부산 북구, 부산 사상구, 부산 사하구, 부산 서구, 부산 수영구, 부산 연제구, 부산 영도구, 부산 중구, 부산 해운대구, 전남 강진군, 전남 보성군, 전북 고창군, 전북 무주군, 전북 순창군, 전북 장수군, 전북 진안군	강원 영월군, 강원 정선군, 경남 남해군, 경남 밀양시, 경남 진주시, 경남 창녕군, 경남 하동군, 경남 합안군, 경북 영덕군, 전남 고흥군, 전남 영광군, 전남 함평군	강원 강릉시, 강원 평창군, 강원 홍천군, 경기 가평군, 경기 광주시, 경기 구리시, 경기 군포시, 경기 남양주시, 경기 동두천시, 경기 성남시 분당구, 경기 성남시 수정구, 경기 성남시 중원구, 경기 수원시 권선구, 경기 수원시 영통구, 경기 수원시 장안구, 경기 수원시 팔달구, 경기 안성시, 경기 안양시동안구, 경기 안양시만안구, 경기 양주시, 경기 양평군, 경기 여주시, 경기 연천군, 경기 오산시, 경기 용인시 기흥구, 경기 용인시수지구, 경기 용인시처인구, 경기 의왕시, 경기 이천시, 경기 평택시, 경기 포천시, 경기 하남시, 경남 산청군, 경남 창원시 마산합포구, 경남 창원시 마산회원구, 경남 창원시 성산구, 경남 창원시 의창구, 경남 창원시 진해구, 경남 합천군, 경북 문경시, 경북 봉화군, 경북 상주시, 경북 영양군, 경북 영주시, 경북 영천시, 경북 예천군, 경북 울릉군, 경북 울진군, 경북 의성군, 경북 포항시 남구, 경북 포항시 북구, 울산 남구, 울산 동구, 울산 북구, 울산 울주군, 울산 중구, 인천 강화군, 인천 용진군, 전남 신안군, 전남 여수시, 전남 진도군, 전북 군산시, 전북 김제시, 전북 남원시, 전북 부안군, 전북 임실군, 전북 정읍시, 제주 제주시, 충남 금산군, 충남 논산시, 충남 부여군, 충남 청양군, 충북 단양군, 충북 보은군, 충북 제천시	강원 고성군, 강원 동해시, 강원 삼척시, 강원 속초시, 강원 양구군, 강원 양양군, 강원 원주시, 강원 인제군, 강원 철원군, 강원 춘천시, 강원 태백시, 강원 화천군, 강원 횡성군, 경기 고양시덕양구, 경기 고양시일산동구, 경기 고양시일산서구, 경기 과천시, 경기 광명시, 경기 김포시, 경기 부천시소사구, 경기 부천시오정구, 경기 부천시미곡, 경기 시흥시, 경기 안산시단원구, 경기 안산시상록구, 경기 의정부시, 경기 파주시, 경기 화성시, 경남 거제시, 경남 거창군, 경남 고성군, 경남 사천시, 경남 양산시, 경남 의령군, 경남 통영시, 경남 함안군, 경북 경산시, 경북 고령군, 경북 구미시, 경북 군위군, 경북 김천시, 경북 성주군, 경북 안동시, 경북 청도군, 경북 청송군, 경북 칠곡군, 광주 광산구, 광주 남구, 광주 동구, 광주 북구, 광주 서구, 대구 남구, 대구 달서구, 대구 달성군, 대구 동구, 대구 북구, 대구 서구, 대구 수성구, 대구 중구, 대전 대덕구, 대전 동구, 대전 서구, 대전 유성구, 대전 중구, 부산 강서구, 부산 금정구, 부산 기장군, 부산 남구, 부산 동구, 부산 동래구, 부산 부산진구, 부산 북구, 부산 사상구, 부산 사하구, 부산 서구, 부산 수영구, 부산 연제구, 부산 영도구, 부산 중구, 부산 해운대구, 서울 강남구, 서울 강동구, 서울 강북구, 서울 강서구, 서울 관악구, 서울 광진구, 서울 구로구, 서울 금천구, 서울 노원구, 서울 도봉구, 서울 동대문구, 서울 동작구, 서울 마포구, 서울 서대문구, 서울 서초구, 서울 성동구, 서울 성북구, 서울 송파구, 서울 양천구, 서울 영등포구, 서울 용산구, 서울 은평구, 서울 종로구, 서울 중구, 서울 중랑구, 세종특별자치시, 인천 계양구, 인천 남구, 인천 남동구, 인천 동구, 인천 부평구, 인천 서구, 인천 연수구, 인천 중구, 전남 강진군, 전남 곡성군, 전남 구례군, 전남 나주시, 전남 담양군, 전남 목포시, 전남 무안군, 전남 보성군, 전남 순천시, 전남 영암군, 전남 완도군, 전남 장성군, 전남 장흥군, 전남 해남군, 전남 화순군, 전북 고창군, 전북 무주군, 전북 순창군, 전북 완주군, 전북 익산시, 전북 장수군, 전북 전주시덕진구, 전북 전주시완산구, 전북 진안군, 제주 서귀포시, 충남 계룡시, 충남 공주시, 충남 당진시, 충남 보령시, 충남 서산시, 충남 서천군, 충남 아산시, 충남 예산군, 충남 천안시동남구, 충남 천안시서북구, 충남 태안군, 충남 홍성군, 충북 괴산군, 충북 영동군, 충북 옥천군, 충북 음성군, 충북 증평군, 충북 진천군, 충북 청주시 상당구, 충북 청주시 서원구, 충북 청주시 청원구, 충북 청주시 흥덕구, 충북 충주시

Table 3. 3단계(5~10cm 미만) 대설재난이 1회 발생할 확률분포별 시·군·구 지역

0.01~10% 미만	10~20% 미만	20~30% 미만	30% 이상
강원 동해시, 강원 삼척시, 경기 가평군, 경기 동두천시, 경기 연천군, 경기 포천시, 경남 거제시, 경남 고성군, 경남 남해군, 경남 밀양시, 경남 사천시, 경남 산청군, 경남 진주시, 경남 창원군, 경남 통영시, 경남 하동군, 경남 함안군, 경남 함양군, 경남 합천군, 경북 상주시, 경북 영덕군, 경북 영주시, 경북 울진군, 경북 청송군, 부산 강서구, 부산 금정구, 부산 기장군, 부산 남구, 부산 동구, 부산 동래구, 부산 부산진구, 부산 북구, 부산 사상구, 부산 사하구, 부산 서구, 부산 수영구, 부산 연제구, 부산 영도구, 부산 중구, 부산 해운대구, 울산 남구, 울산 동구, 울산 북구, 울산 울주군, 울산 중구, 전남 강진군, 전남 고흥군, 전남 보성군, 전남 여수시, 전남 영광군, 전남 완도군, 전남 진도군, 전남 함평군, 전북 고창군, 전북 순창군, 제주 서귀포시	강원 양구군, 강원 영월군, 강원 인제군, 강원 정선군, 경기 고양시덕양구, 경기 고양시일산동구, 경기 고양시일산서구, 경기 의정부시, 경기 파주시, 경북 경산시, 경북 고령군, 경북 구미시, 경북 군위군, 경북 김천시, 경북 문경시, 경북 성주군, 경북 영천시, 경북 예천군, 경북 의성군, 경북 청도군, 경북 칠곡군, 경북 포항시 남구, 경북 포항시 북구, 대구 남구, 대구 달서구, 대구 달성군, 대구 동구, 대구 북구, 대구 서구, 대구 수성구, 대구 중구, 인천 강화군, 전남 신안군, 전북 무주군, 전북 임실군, 전북 장수군, 전북 진안군	강원 강릉시, 강원 고성군, 강원 속초시, 강원 양양군, 강원 태백시, 강원 평창군, 강원 홍천군, 경기 광주시, 경기 구리시, 경기 김포시, 경기 남양주시, 경기 부천시소사구, 경기 부천시오정구, 경기 부천시원미구, 경기 시흥시, 경기 안산시단원구, 경기 안산시상록구, 경기 양주시, 경기 양평군, 경기 여주시, 경기 이천시, 경기 하남시, 경기 화성시, 경남 거창군, 경북 봉화군, 경북 안동시, 경북 영양군, 경북 울릉군, 인천 계양구, 인천 남구, 인천 남동구, 인천 동구, 인천 부평구, 인천 서구, 인천 연수구, 인천 옹진군, 인천 중구, 전남 곡성군, 전남 구례군, 전남 목포시, 전남 무안군, 전남 순천시, 전남 영암군, 전남 장흥군, 전남 해남군, 전북 김제시, 전북 남원시, 전북 부안군, 전북 완주군, 전북 익산시, 전북 전주시덕진구, 전북 전주시완산구, 전북 정읍시, 충남 금산군, 충남 논산시, 충남 보령시, 충남 부여군, 충남 서천군, 충남 청양군, 충북 단양군, 충북 보은군, 충북 영동군, 충북 옥천군, 충북 음성군, 충북 제천시, 충북 진천군, 충북 충주시	강원 원주시, 강원 철원군, 강원 춘천시, 강원 화천군, 강원 횡성군, 경기 과천시, 경기 광명시, 경기 군포시, 경기 성남시 분당구, 경기 성남시 수정구, 경기 성남시 중원구, 경기 수원시 권선구, 경기 수원시 영통구, 경기 수원시 장안구, 경기 수원시 팔달구, 경기 안성시, 경기 안양시동안구, 경기 안양시만안구, 경기 오산시, 경기 용인시기흥구, 경기 용인시수지구, 경기 용인시 처인구, 경기 의왕시, 경기 평택시, 광주 광산구, 광주 남구, 광주 동구, 광주 북구, 광주 서구, 대전 대덕구, 대전 동구, 대전 서구, 대전 유성구, 대전 중구, 서울 강남구, 서울 강동구, 서울 강북구, 서울 강서구, 서울 관악구, 서울 광진구, 서울 구로구, 서울 금천구, 서울 노원구, 서울 도봉구, 서울 동대문구, 서울 동작구, 서울 마포구, 서울 서대문구, 서울 서초구, 서울 성동구, 서울 성북구, 서울 송파구, 서울 양천구, 서울 영등포구, 서울 용산구, 서울 은평구, 서울 종로구, 서울 중구, 서울 중랑구, 세종특별자치시, 전남 나주시, 전남 담양군, 전남 장성군, 전남 화순군, 전북 군산시, 충남 계룡시, 충남 공주시, 충남 당진시, 충남 서산시, 충남 아산시, 충남 예산군, 충남 천안시동남구, 충남 천안시서북구, 충남 태안군, 충남 홍성군, 충북 괴산군, 충북 증평군, 충북 청주시 상당구, 충북 청주시 서원구, 충북 청주시 청원구, 충북 청주시 흥덕구

Table 4. 4단계(10~20cm 미만) 대설재난이 1회 발생할 확률분포별 시·군·구 지역

0.01~10% 미만	10~20% 미만	20~30% 미만
강원 강릉시, 강원 고성군, 강원 속초시, 강원 양양군, 강원 영월군, 강원 정선군, 경기 가평군, 경기 구리시, 경기 남양주시, 경기 동두천시, 경기 양주시, 경기 양평군, 경기 연천군, 경기 포천시, 경기 하남시, 경남 산청군, 경남 진주시, 경남 창원시 마산합포구, 경남 창원시 마산회원구, 경남 창원시 성산구, 경남 창원시 의창구, 경남 창원시 진해구, 경남 하동군, 경남 합천군, 경북 경산시, 경북 고령군, 경북 구미시, 경북 군위군, 경북 김천시, 경북 문경시, 경북 성주군, 경북 안동시, 경북 영천시, 경북 예천군, 경북 의성군, 경북 청도군, 경북 칠곡군, 경북 포항시 남구, 경북 포항시 북구, 광주 광산구, 광주 남구, 광주 동구, 광주 북구, 광주 서구, 대구 남구, 대구 달서구, 대구 달성군, 대구 동구, 대구 북구, 대구 서구, 대구 수성구, 대구 중구, 울산 남구, 울산 동구, 울산 북구, 울산 울주군, 울산 중구, 인천 강화군, 인천 옹진군, 전남 곡성군, 전남 구례군, 전남 나주시, 전남 담양군, 전남 목포시, 전남 무안군, 전남 순천시, 전남 영광군, 전남 영암군, 전남 완도군, 전남 장성군, 전남 함평군, 전남 화순군, 전북 고창군, 전북 순창군, 충북 영동군, 충북 옥천군	강원 동해시, 강원 삼척시, 강원 철원군, 강원 춘천시, 강원 태백시, 강원 홍천군, 강원 화천군, 경기 과천시, 경기 광명시, 경기 군포시, 경기 김포시, 경기 부천시소사구, 경기 부천시오정구, 경기 부천시원미구, 경기 성남시 분당구, 경기 성남시 수정구, 경기 성남시 중원구, 경기 수원시 권선구, 경기 수원시 영통구, 경기 수원시 장안구, 경기 수원시 팔달구, 경기 시흥시, 경기 안산시단원구, 경기 안산시상록구, 경기 안성시, 경기 안양시동안구, 경기 안양시만안구, 경기 여주시, 경기 오산시, 경기 용인시기흥구, 경기 용인시수지구, 경기 용인시처인구, 경기 의왕시, 경기 이천시, 경기 평택시, 경기 화성시, 경남 거창군, 경북 영주시, 대전 대덕구, 대전 동구, 대전 서구, 대전 유성구, 대전 중구, 서울 강남구, 서울 강동구, 서울 강북구, 서울 강서구, 서울 관악구, 서울 광진구, 서울 구로구, 서울 금천구, 서울 노원구, 서울 도봉구, 서울 동대문구, 서울 동작구, 서울 마포구, 서울 서대문구, 서울 서초구, 서울 성동구, 서울 성북구, 서울 송파구, 서울 양천구, 서울 영등포구, 서울 용산구, 서울 은평구, 서울 종로구, 서울 중구, 서울 중랑구, 세종특별자치시, 인천 계양구, 인천 남구, 인천 남동구, 인천 동구, 인천 부평구, 인천 서구, 인천 연수구, 인천 중구, 전남 진도군, 충남 계룡시, 충남 공주시, 충남 당진시, 충남 부여군, 충남 서산시, 충남 청양군, 충남 태안군, 충남 홍성군, 충북 괴산군, 충북 보은군, 충북 음성군, 충북 증평군, 충북 진천군, 충북 청주시 상당구, 충북 청주시 서원구, 충북 청주시 청원구, 충북 청주시 흥덕구, 충북 충주시	강원 양구군, 강원 원주시, 강원 인제군, 강원 평창군, 강원 횡성군, 경북 울릉군, 경북 울진군, 전북 군산시, 전북 김제시, 전북 남원시, 전북 무주군, 전북 부안군, 전북 완주군, 전북 익산시, 전북 임실군, 전북 장수군, 전북 전주시덕진구, 전북 전주시완산구, 전북 정읍시, 전북 진안군, 충남 금산군, 충남 논산시, 충남 보령시, 충남 서천군, 충남 아산시, 충남 예산군, 충남 천안시동남구, 충남 천안시서북구, 충북 단양군, 충북 제천시

Table 5. 5단계(20cm 이상) 대설재난이 1회 발생할 확률분포별 시·군·구 지역

0.01-10% 미만	10-20% 미만	20-30% 미만	30% 이상
강원 영월군, 강원 정선군, 강원 춘천시, 강원 홍천군, 경기 고양시덕양구, 경기 고양시일산동구, 경기 고양시일산서구, 경기 과천시, 경기 광명시, 경기 광주시, 경기 구리시, 경기 군포시, 경기 남양주시, 경기 성남시 분당구, 경기 성남시 수정구, 경기 성남시 중원구, 경기 수원시 권선구, 경기 수원시 영통구, 경기 수원시 장안구, 경기 수원시 팔달구, 경기 안성시, 경기 안양시동안구, 경기 안양시만안구, 경기 양주시, 경기 양평군, 경기 여주시, 경기 오산시, 경기 용인시기흥구, 경기 용인시수지구, 경기 용인시처인구, 경기 의왕시, 경기 의정부시, 경기 이천시, 경기 파주시, 경기 평택시, 경기 하남시, 경남 거창군, 경북 경주시, 경북 고령군, 경북 구미시, 경북 군위군, 경북 김천시, 경북 문경시, 경북 봉화군, 경북 성주군, 경북 영덕군, 경북 영양군, 경북 영주시, 경북 예천군, 경북 울진군, 경북 포항시 남구, 경북 포항시 북구, 대전 대덕구, 대전 동구, 대전 서구, 대전 유성구, 대전 중구, 서울 강남구, 서울 강동구, 서울 강북구, 서울 강서구, 서울 관악구, 서울 광진구, 서울 구로구, 서울 금천구, 서울 노원구, 서울 도봉구, 서울 동대문구, 서울 동작구, 서울 마포구, 서울 서대문구, 서울 서초구, 서울 성동구, 서울 성북구, 서울 송파구, 서울 양천구, 서울 영등포구, 서울 용산구, 서울 은평구, 서울 종로구, 서울 중구, 서울 중랑구, 세종특별자치시, 인천 강화군, 전남 고흥군, 전남 구례군, 전남 목포시, 전남 무안군, 전남 순천시, 전남 영암군, 전북 고창군, 전북 김제시, 전북 무주군, 전북 부안군, 전북 임실군, 전북 장수군, 전북 진안군, 충남 계룡시, 충남 공주시, 충북 괴산군, 충북 보은군, 충북 영동군, 충북 옥천군, 충북 음성군, 충북 증평군, 충북 진천군, 충북 청주시 상당구, 충북 청주시 서원구, 충북 청주시 청원구, 충북 청주시 흥덕구, 충북 충주시	강원 동해시, 강원 삼척시, 광주 광산구, 광주 남구, 광주 동구, 광주 북구, 광주 서구, 전남 나주시, 전남 담양군, 전남 장성군, 전남 화순군, 전북 정읍시	강원 강릉시, 강원 고성군, 강원 속초시, 강원 양양군, 강원 태백시, 경북 울릉군	강원 평창군