

# 기후변화 적응대책 수립을 위한 설해 위험도 분석 방안

## Methodology of an Analysis of Snow Disaster Risk for Establishing Climate Change Adaptation Measures

유인상\*

Yu, Insang\*

### Abstract

This study applies the concept of risk defined by IPCC's fifth assessment report to Daegu City, Ulsan City, Gyeongsangbuk Province, and Gangwon Province to assess and analyze snow disaster risks. Sub-indicators of three hazards, six exposures, four vulnerabilities, and five adaptive capacities were selected, and spatial information based on grids or administrative districts was constructed. The weight of each indicator was calculated with the Analytic Hierarchy Process (AHP), and the maximum inconsistency of the expert survey result was 9.86%, indicating high consistency. The results show that administrative districts with an space average risk of "very high" are Ulleung, Gangneung, Sokcho, Yangyang, Pyeongchang, Goseong, Donghae, Samcheok, and Jeongseon, accounting for 16.7% of the entire administrative district. One region has a "high" risk, Taebaek (1.9%), and those with a "moderately high" risk were Uljin and Inje (3.8%). These regions have very high levels of hazards, very low exposure, very high vulnerability, and low adaptive capacity; hence, hazard, vulnerability, and adaptive capacity had a significant effect on the increased risk. Pyeongchang had the highest standard deviation of gridded risk among the 12 regions with a risk above moderately high. The standard deviation of gridded risk for Pyeongchang was estimated to be 1.0 with the highest value, followed by Inje, with 0.69, and Jeongseon, with 0.55; therefore, differentiated climate change adaptation measures should be established according to gridded risks.

**Key words :** Snow Disaster, Climate Change, Adaptation, Risk, Measure

### 요 지

본 연구에서는 IPCC 제5차 기후변화 평가보고서에서 정립한 위험도의 개념을 적용하여 대구광역시, 울산광역시, 경상북도, 강원도를 대상으로 설해 위험도를 평가하고 분석하였다. 위험도 평가를 위해 위해성 3개, 노출성 6개, 취약성 4개, 적응역량 5개의 세부대리변수를 선정하고 격자 및 행정구역 기반의 공간정보를 구축하였다. 대리변수의 가중치는 계층화분석을 통해 산정하였으며 전문가 설문결과의 비일관성 최댓값은 9.86%로 산정되어 일관성이 높은 것으로 나타났다. 연구대상지역의 설해에 대한 위험도 평가 결과, 시군구별 위험도 평균 등급이 '매우높음'인 지역은 울릉도, 강릉시, 속초시, 양양군, 평창군, 고성군, 동해시, 삼척시, 정선군으로 전체 행정구역 중 16.7%, '높음'인 지역은 태백시로 1.9%, '약간높음'인 지역은 울진군, 인제군으로 3.8%인 것으로 나타났다. 이 지역들의 대리변수 평균 등급은 위해성 '매우높음', 노출성 '매우낮음', 취약성 '매우높음', 적응역량 '낮음' 등급으로 위해성, 취약성, 적응역량이 위험도 증가에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 설해 위험도 등급이 '약간높음' 등급 이상인 12개 지역 중 격자별 위험도의 표준편차가 가장 큰 곳은 평창군으로 1.00, 이어서 인제군 0.69, 정선군 0.55인 것으로 나타나 동일한 시군구 내에서도 위험도에 따라 차별화된 기후변화 적응대책을 수립해야 할 것으로 판단된다.

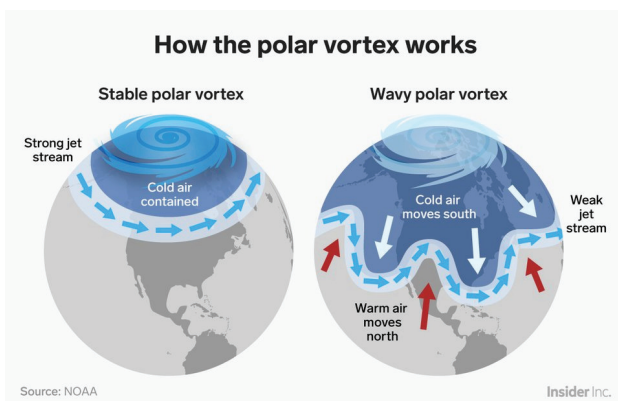
**핵심용어 :** 설해, 기후변화, 적응, 위험도, 대책

\*교신저자, 정희원, 한국환경정책·평가연구원 국가기후변화적응센터 초빙연구원(Tel: +82-44-415-7983, Fax: +82-44-415-6770 E-mail: isyu@kei.re.kr)  
Corresponding Author, Member, Invited Research Fellow, Korea Adaptation Center for Climate Change, Korea Environment Institute

## 1. 서론

전 세계적인 인구증가와 경제성장으로 인해 온실가스 배출량이 증가하고 있으며 이는 세계 곳곳에 온실효과를 일으켜 기온과 해수면을 상승시키는 등 기후변화에 주된 원인이 되어왔다. 1970년~2000년 동안 이산화탄소가 연간 1.3% 증가한 반면, 2000년~2010년 동안에는 연간 2.2%가 증가하여 최근 들어 이산화탄소 배출량이 더욱 증가하고 있다. 특히, 북극 기온의 증가는 겨울철 폭설 및 한파에 매우 큰 영향을 미친다. 북극에는 대류권 상층부부터 성층권까지 걸쳐있는 강한 저기압 소용돌이인 폴라보어텍스(polar vortex)가 존재하고 있다. 제트기류(jet stream)가 북극 주변을 빠르게 돌면서 매우 찬 공기인 폴라보어텍스를 움직이지 않게 고정시키고 있으나 최근 지구 온난화로 인해 해빙이 녹고 북극 상층의 온도가 증가하면서 제트기류가 남하하여 그 범위가 점차 확대되고 있다(Fig. 1). 폴라보어텍스의 남하 현상은 우리나라를 포함한 미국, 유럽 등 세계 곳곳에 폭설과 한파에 의한 피해를 증가시킨다. 특히, 최근 우리나라는 눈이 많이 내리는 강원도 지역뿐만 아니라 눈이 많이 내리지 않았던 남부지역에서도 폭설에 의해 시설물이 파괴되는 등 많은 설해 피해가 발생하고 있다(Yu, 2016).

국내·외 폭설 피해를 살펴보면, 2016년 1월 미국에서 폭설로 인해 워싱턴 D.C.와 뉴욕 등 미국 동부지역의 지상교통과 항공교통이 마비되어 7,000여 편의 항공편이 취소되었다. 워싱턴 D.C.와 메릴랜드, 버지니아, 노스캐롤라이나, 사우스캐롤라이나, 뉴저지 주에서는 12만가구의 전기가 끊겼고, 교통사고로 13명이 숨졌으며 저체온증으로 2명 사망, 건설작업 도중 사고로 4명이 사망하는 등 약 8,500억 원의 재산피해가 발생하였다.



Source: Woodward, 2019

Fig. 1. How the Jet Stream Impacts the Polar Vortex

2006년 1월 독일 남부 알프스 지방의 바트 라이헨할에서는 30 cm의 적설에 의해 가로 60 m, 세로 30 m 크기의 아이스링크 지붕이 무너져 내렸다. 이 사고로 15명이 사망하였고, 32명이

부상을 당하는 등 큰 피해가 발생하였다. 우리나라에서도 독일 바트 라이헨할 아이스링크 붕괴와 같이 폭설에 의해 큰 인명피해가 발생한바 있다. 2014년 2월 대설주의보가 발령된 울산 북구 효문동에 위치한 4개의 공장 지붕이 내려앉아 근로자 2명이 사망하고 4명이 다쳤다. 경주에서는 마우나 오션리조트 체육관 지붕이 적설하중에 의해 붕괴되어 총 10명이 숨지고 128명이 중경상을 입은 대규모 인명피해가 발생한 바 있어 우리나라 또한 심각한 설해 피해에 노출되어 있음을 알 수 있다.

설해를 포함한 자연재해 위험 감소를 위해서는 예방, 대비 차원에서 자연재해에 위협한 지역을 미리 선정하여 관리해야 한다(Yu, 2017). 기후변화에 관한 정부 간 협의체 [Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2015]에서는 기후변화의 영향으로 인한 위험은 기후 관련 위해(hazard) 요소와, 인간 및 자연계의 노출(exposure), 취약성(vulnerability) 및 적응역량(adaptive capacity)과의 상호작용에 의해 발생한다고 하였다(Yu et al., 2019). 설해를 포함한 자연재해위험 감소를 위해서는 위해성, 노출성, 취약성을 감소시키고 적응역량을 증가시켜야 한다. 그러나 위해성, 노출성, 취약성 자체를 변화시키는 것은 불가능하거나 단기적으로 변화시키는 것은 어렵기 때문에 이와 관련된 적응역량을 증가시키는 것이 기후변화 적응측면에서 보다 현실적이다. 이를 위해, 저탄소 녹색성장 기본법 제48조 및 동법 시행령 제 38조에 따라 지자체에서는 5년마다 기후변화 적응대책에 대한 세부시행계획 수립을 의무화 하고 취약성 평가를 통해 기후변화에 취약한 지역을 선정하고 있다. 그러나 행정구역 단위로 취약성을 평가하고 있고 피해는 국소지역에 발생하기 때문에 실제 피해양상을 반영한 취약성 평가에 한계가 있어 실질적인 대책 수립을 위한 취약지역 선정에 어려움을 겪고 있다.

IPCC의 취약성과 위험도의 개념을 적용하여 자연재해에 대한 취약성 및 위험도를 평가한 연구는 다양하게 수행되어 왔다(Kim et al., 2012; Park, 2012; Song, 2012; KEI, 2014; Cho, 2015; Han et al., 2015; Nam, 2015). 대리변수를 적용하여 시군구별 설해 위험도를 평가한 연구로 Park et al. (2014)은 증가하는 폭설피해에 대비하고, 설해위험지역을 사전에 구분하여 대비할 수 있도록 PSR[압력지수(PI), 상태지수(SI), 반응지수(RI)] 구성 체계를 통해 설해위험지수를 산정 하였다. Hwang (2015)은 기후변화 시나리오와 재해취약지수를 이용하여 강원지역 18개 시, 군의 재해취약성을 평가하였다. 재해취약성을 평가하기 위해 필요한 인자를 기후노출, 민감도, 적응역량 대응변수로 구성하였다. Oh et al. (2015)은 강원도를 대상으로 프로미티기법을 통해 위해성(hazard), 취약성(vulnerability), 재난대응 및 복구역량(emergency response & recovery capacity) 대리변수를 활용하여 폭설 위험도를 평가하였다. MPSS (2015)는 지역특성을 고려한 재해영향 분석기법을 고도화하는 연구를 수행하였다. 설해 위험도

평가를 위해 최심적설심 자료를 구축하고 빈도분석을 수행하여 확률 최심적설심을 산정한 후 적설심에 따른 도로 및 비닐하우스의 위험도 지수를 결정하였다. Koo (2011)는 폭설이 도시에 미치는 위험정도를 분석하기 위해 사회기반 시설 중 하나인 도로를 중심으로 위험도를 평가하였다. 연구 대상지역인 부산광역시의 중단경사도, 향, 표고와 같은 자연적 요인, 인구밀도, 인구유인시설과 같은 사회적 요인 그리고 적사함의 개수와 같은 시설적 요인을 적용하여 위험도지수를 산정하였다. Yu et al. (2014)은 건설과 습설의 개념을 적용하여 주택 설계를 위한 우리나라의 적설하중 설계기준이 적정한지 평가하였고 적정하지 않은 지역에 대해 개선방안을 제시하였다. FEMA (2013)는 위험관리를 위해 건물 설계 시 눈의 하중을 고려하는 방법, 폭설시 건물 및 지붕 형상별 대처 방법 등을 다룬 안전관리 가이드라인을 작성하였다.

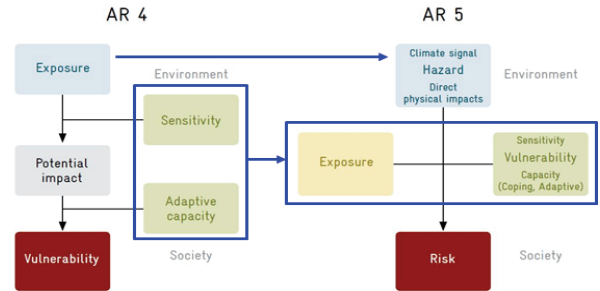
현재까지 수행된 설해 위험에 대한 연구를 살펴보면, 지역에 대한 위험도 평가와 비닐하우스, 도로와 같은 폭설에 취약한 구조물에 대한 위험도 평가로 구분할 수 있다. 본 연구는 기초지자체의 기후변화 적응대책 수립을 위한 위험도 평가방안을 제시하는 연구로서 지역에 대한 설해 위험도 평가를 수행하였다. 기존에 수행되었던 대부분의 설해 위험도 평가 연구는 시군구 또는 읍면동의 행정구역 단위로 결과를 표출하여 동일한 행정구역에서는 동일한 위험도가 산정되었다. 그러나 재해는 행정구역 전체에 동일한 크기로 발생하지 않고 일부 취약한 지역에만 발생하며 실제 기후변화 적응대책도 경제성을 고려하여 위험한 지역을 대상으로 수립하기 때문에 행정구역 보다는 해상도 높은 격자단위의 위험도 평가가 필요하다. 이에 따라, 본 연구에서는 설해에 대한 기후변화 적응대책 및 방재대책 수립을 위한 의사결정 지원을 위해 격자기반으로 설해 위험도를 분석하고 위험도 평가 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 설해 위험도 평가 기법

### 2.1 위험도 개념

기후변화에 의한 영향을 평가하기 위해 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 제4차 기후변화 평가보고서(Assessment Report, AR4)를 통해 취약성(vulnerability)의 개념을 제시하였고 제5차 기후변화 평가보고서(Assessment Report, AR5)를 통해 위험도(risk)의 개념을 제시하였다(Fig. 2). 취약성 평가(AR4)의 노출성(exposure)은 위험도 평가(AR5)의 위해성(risk), 민감도(sensitivity)와 적응역량(adaptive capacity)은 노출성(exposure)과 취약성(vulnerability)의 개념과 유사하다. 제4차 평가보고서의 노출성은 기후노출을 의미하여 기후의 강도를 나타내며 제5차 평가보고서의 노출성은 기후에 의해 피해를 받는 대상을 의미한다. 또한, 제5차 평가보고서의 취약성은 제4차 평가보고서의 민감도와 적응

역량을 모두 포함하고 있다. 본 연구에서는 제5차 평가보고서의 위험도 개념을 기후변화 적응대책 수립에 적용하기 위해 수정하여 적용하였다. 민감도와 적응역량은 서로 상반되는 개념으로 민감도는 위험도와 정비례, 적응역량은 반비례 한다. 기후변화 적응대책을 수립하기 위해서는 위험도뿐만 아니라 지역의 적응역량을 평가하는 것도 매우 중요하기 때문에 본 연구에서는 취약성과 적응역량을 구분하여 위험도 평가를 위한 대리변수를 위해성, 노출성, 취약성, 적응역량으로 구성하였다.



Source: GIZ and EURAC, 2017. Revised by author

Fig. 2. Comparison Between Concept of Vulnerability and Risk

### 2.2 위험도 산정 공식

위험도와 위해성, 노출성, 취약성은 서로 정비례하고 적응역량은 반비례하기 때문에 Eq. (1)과 같이 위해성, 노출성, 취약성은 서로 더한 값에 적응역량을 값을 빼서 위험도( $R_{non}$ )를 산정하였다. 이때, 위험도는 표준화 되지 않은 위험도(non-standardized risk,  $R_{non}$ )로서 이를 지스코어(z-score) 방법 [Eq. (2)]을 통해 표준정규분포(standard normal distribution) 형태로 표준화하여 최종적으로 위험도( $R$ )를 산정한다. 각각의 위해성, 노출성, 취약성, 적응역량 대리변수는 세부대리변수를 갖고 있으며 각각의 대리변수는 Eqs. (3)~(6)과 같이 가중치를 적용한 표준화된 세부대리변수 값 간의 연산을 통해 산정된다.

$$R_{non} = H + E + V - A \quad (1)$$

$$R = \frac{R_{non} - \bar{x}_{R_{non}}}{s_{R_{non}}} \quad (2)$$

여기서,  $R_{non}$ 은 표준화 되지 않은 설해 위험도(non-standardized snow disaster risk),  $R$ 은 설해 위험도(snow disaster risk),  $\bar{x}_{R_{non}}$ 은 표준화 되지 않은 설해 위험도의 평균,  $s_{R_{non}}$ 은 표준화 되지 않은 설해 위험도의 표준편차 이다.

$$H = \alpha \{S(H1)a + S(H2)b + S(H3)c\} \quad (3)$$

$$E = \beta \left\{ \begin{array}{l} S(E1)d + S(E2)e + S(E3)f \\ S(E4)g + S(E5)h + S(E6)i \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$V = \gamma \{ S(V1)j + S(V2)k + S(V3)l + S(V4)m \} \quad (5)$$

$$A = \delta \left\{ \begin{array}{l} S(A1)n + S(A2)o + S(A3)p + \\ S(A4)q + S(A5)r \end{array} \right\} \quad (6)$$

여기서,  $H$ 는 위해성(hazard),  $E$ 는 노출성(exposure),  $V$ 는 취약성(vulnerability),  $A$ 는 적응역량(adaptive capacity),  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 는 대리변수의 가중치,  $H_n, E_n, V_n, A_n$ 은 세부대리변수,  $a \sim r$ 은 세부대리변수의 가중치,  $s(\cdot)$ 는  $\cdot$ 의 표준화 값이다.

설해 위험도는 위험한 정도를 나타내는 수치이기 때문에 본 연구에서는 수치가 높고 낮음을 등급으로 표현하였다. 등급의 구분을 간단하게는 낮음, 보통, 높음 3가지 등급으로 표현할 수 있고 낮음 등급과, 높음 등급을 세부적으로 구분하여 연구적 특성, 정책적 활용성에 따라 다양한 등급으로 구분할 수 있다. 본 연구의 의의는 행정구역내에서도 공간적으로 세분화된 위험지역을 선정하는 것이기 때문에 낮음 등급과 높음 등급을 각각 3단계로 세분화하여 위험도 등급을 총 7개 등급으로 구분하였다. 본 연구를 통해 선정된 설해 위험도는 -2.0에서 +2.0 범위로 선정되어 0.5간격으로 Table 1과 같이 매우낮음(very low), 낮음(low), 약간낮음(moderately low), 보통(moderate), 약간높음(moderately high), 높음(high), 매우높음(very high)으로 구분하였다.

### 3. 설해 위험도 평가 및 결과분석

#### 3.1 세부대리변수 선정 및 가중치 산정








설해 위험도 평가를 위한 대리변수인 위해성, 노출성, 취약성, 적응역량을 산정하기 위해서는 각 대리변수의 세부대리변수를 선정하고 가중치를 산정해야 한다. 초기 세부대리변수는 공간적으로 세분화된 격자기반의 위해성 구축가능성, 집계구 기반의 노출성, 취약성 구축 가능성을 검토하여 선정하였다. 최종 세부대리변수는 변수간의 상관성과 유사

성을 비교 분석하고 재난분야 전문가 자문회의를 거쳐 유사하거나 설해 위험과 관련성이 낮은 세부대리변수는 제외하여 Table 2와 같이 선정하였다. 세부대리변수는 위해성 3개, 노출성 6개, 취약성 4개, 적응역량 5개가 선정 되었다. 위해성 세부대리변수로는 평균 연최대 최심신적설심, 온실 설계기준 대비 적설심, 적설 단위중량, 노출성은 단위면적당 도로면적 비율, 단위면적당 주택 수, 인구밀도, 도로면적 대비 자동차등록대수, 단위면적당 농업지역면적 비율, 단위면적당 학교면적 비율, 취약성은 단위면적당 도시면적 비율, 총인구 대비 재해취약인구 비율, 최근 20년간 자연재해피해액, 총단독주택 수 대비 노후단독주택 수 비율, 적응역량은 인구당 지역내총생산, 재정자립도, 인구천명당 의료 및 구급 인력수, 인구천명당 건설장비수, 인구천명당 공무원수가 선정 되었다. 최종 선정된 세부대리변수의 가중치는 경력 10년 이상의 설해, 재난 관련 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하고 계층화분석(Analytical Hierarchy Process, AHP)을 수행하여 산정하였다. 대리변수의 가중치는 위해성 0.4358, 취약성 0.1993, 노출성 0.1849, 적응역량 0.1800으로 산정되었다. 위해성의 경우 평균 연최대 최심신적설심 세부대리변수 가중치가 0.2386으로 선정되어 가장 높은 것으로 나타났으며 노출성은 단위면적당 학교면적 비율, 0.0579, 취약성은 총인구 대비 재해취약인구 비율, 0.0666, 적응역량은 인구천명당 의료 및 구급 인력수 세부대리변수의 가중치가 0.0490으로 선정되어 가장 높게 선정되었다.

#### 3.2 설해 위험도 평가

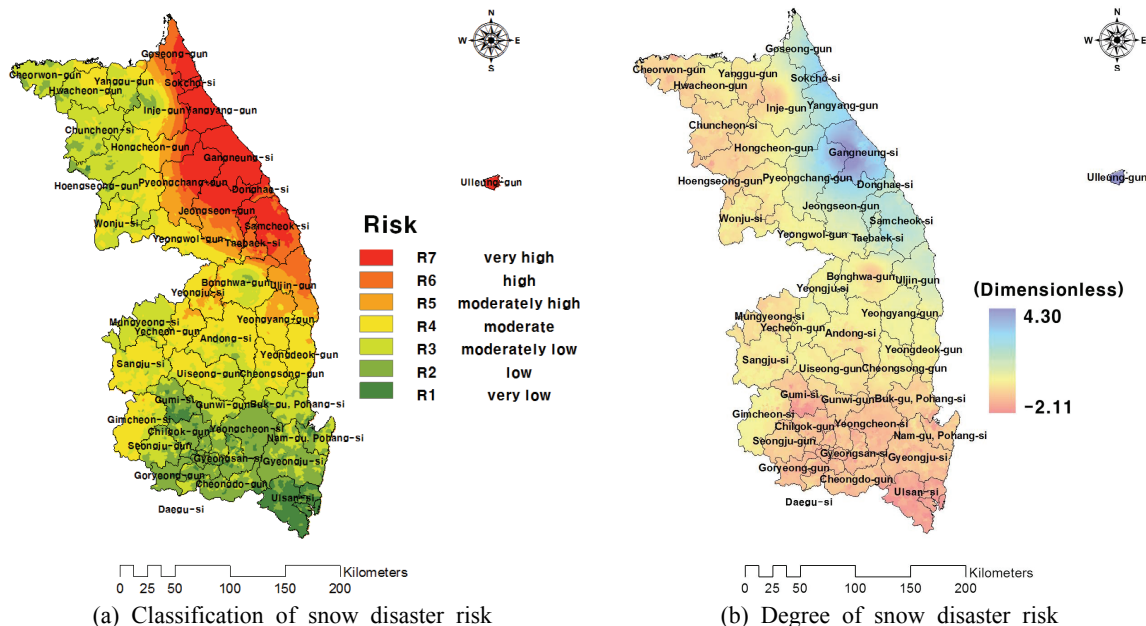
설해 위험도 평가 대상지역으로 우리나라에서 적설심이 가장 높은 강원도, 최근 설해 피해가 발생한 울산광역시와 경주시를 포함하고 있는 경상북도 그리고 인근지역인 대구광역시로 선정하였다. 설해 위험도 평가 결과(Fig. 3, Table 3), 고성군, 속초시, 양양군, 강릉시, 동해시, 평창군, 정선군, 삼척시, 태백시, 울릉군, 울진군 등 동해바다와 접한 강원도에서 위험도가 높게 선정 되었다. 이 지역들은 태백산맥을 중심으로 우측에 위치한 지역들로서 우리나라의 대표적인 대설 지역들 이다. 이 밖에 경상북도 남부지역에서는 대부분의 지역에서 위험도가 보통등급 이하로 선정 되었다. 대구광

Table 1. Classification of Snow Disaster Risk

Color	Range	Classification	Symbol
	$1.25 < R$	very high	$R7$
	$0.75 < R \leq 1.25$	high	$R6$
	$0.25 < R \leq 0.75$	moderately high	$R5$
	$-0.25 < R \leq 0.25$	moderate	$R4$
	$-0.75 < R \leq -0.25$	moderately low	$R3$
	$-1.25 < R \leq -0.75$	low	$R2$
	$R \leq -1.25$	very low	$R1$

**Table 2.** Weights of Indices and Sub-indices for Snow Disaster Risk Assessment

Indices	Weights	Sub-indices	Weights <i>a ~ r</i>
Hazard <i>H</i>	0.4358 $\alpha$	Mean of annual daily maximum snow depth (cm)	<i>H1</i> 0.2386
		Design ratio of snow depth for greenhouses (%)	<i>H2</i> 0.0790
		Mean of annual maximum unit snow weight (kgf/m <sup>3</sup> )	<i>H3</i> 0.1182
Exposure <i>E</i>	0.1849 $\beta$	Road area ratio (%)	<i>E1</i> 0.0250
		The number of houses (houses/km <sup>2</sup> )	<i>E2</i> 0.0165
		Population density (people/km <sup>2</sup> )	<i>E3</i> 0.0195
		The number of cars (cars/km <sup>2</sup> )	<i>E4</i> 0.0363
		Farm area ratio (%)	<i>E5</i> 0.0297
		School area ratio (%)	<i>E6</i> 0.0579
Vulnerability <i>V</i>	0.1993 $\gamma$	Urban area ratio (%)	<i>V1</i> 0.0533
		Population ratio vulnerable to disaster (%)	<i>V2</i> 0.0666
		Past natural disaster damage (in million KRW)	<i>V3</i> 0.0303
		The number of dilapidated house ratio (%)	<i>V4</i> 0.0491
Adaptive capacity <i>A</i>	0.1800 $\delta$	Gross regional domestic product per capita (in million KRW/person)	<i>A1</i> 0.0300
		Financial independence ratio (%)	<i>A2</i> 0.0464
		The number of medical and rescue personnel (people/thousand of people)	<i>A3</i> 0.0490
		The number of construction equipment (equipment/thousand of people)	<i>A4</i> 0.0220
		The number of civil servant (people/thousand of people)	<i>A5</i> 0.0326
Total	1.0000	-	-



**Fig. 3.** Study Area's Snow Disaster Risk Map

역시의 설해 위험도 분석 결과, 모든 지역에서 위험도 평균이 낮음 등급 이하로 산정 되었다. 중구와 같이 노출성과 취약성이 높은 지역과 동구, 달성군과 같이 취약성이 높은 지역, 동구, 북구와 같이 적응역량이 낮은 지역도 위해성이 낮게

산정되어 전반적으로 대구광역시의 설해 위험도는 낮게 산정되었다. 울산광역시의 설해 위험도 분석 결과, 모든 지역에서 위험도 평균이 매우낮음 등급으로 산정 되었다. 울산광역시의 위험도는 대구광역시와 매우 유사하게 산정

**Table 3.** Results of the Indices and Snow Disaster Risk According to Administrative Districts

Administrative districts		Hazard (space-mean)	Exposure (space-mean)	Vulnerability (space-mean)	Adaptive capacity (space-mean)	Snow disaster risk (space-mean)	Standard deviation of snow disaster risk	
Dae gu	Buk	-0.93	-0.54	-0.25	-1.17	-0.99	0.21	
	Dalseo	-0.93	-0.05	-0.74	-0.77	-1.09	0.19	
	Dalseong	-0.92	-1.06	0.84	-0.68	-0.89	0.23	
	Dong	-0.94	-0.79	0.65	-1.24	-0.80	0.15	
	Jung	-0.95	0.46	0.86	2.61	-1.16	0.18	
	Nam	-0.94	-0.33	0.06	-0.58	-0.98	0.23	
	Seo	-0.94	-0.18	-0.11	-1.23	-0.89	0.17	
Ul san	Suseong	-0.95	-0.17	-0.33	-0.89	-1.01	0.26	
	Buk	-1.01	-0.58	0.33	1.56	-1.37	0.22	
	Dong	-1.01	-0.64	-0.38	2.61	-1.74	0.23	
	Jung	-1.01	-0.06	-0.39	0.92	-1.36	0.20	
	Nam	-1.01	-0.59	0.04	1.22	-1.40	0.21	
Gyeong buk	Ulju	-1.07	-1.24	0.72	1.45	-1.44	0.19	
	Andong	-0.33	-1.47	1.80	-0.32	-0.20	0.21	
	Bonghwa	-0.04	-1.64	1.42	-0.45	-0.03	0.41	
	Cheongdo	-1.09	-1.38	1.33	-1.17	-0.90	0.19	
	Cheongsong	-0.45	-1.55	1.69	-1.30	-0.21	0.19	
	Chilgok	-0.85	-1.31	0.60	-0.51	-0.95	0.19	
	Gimcheon	-0.61	-1.33	2.60	-0.84	-0.16	0.22	
	Goryeong	-0.87	-1.28	1.20	0.53	-0.98	0.13	
	Gumi	-0.74	-0.84	0.70	1.61	-1.08	0.35	
	Gunwi	-0.74	-1.60	1.66	-0.56	-0.62	0.14	
	Gyeongju	-0.93	-1.11	1.38	-0.22	-0.84	0.18	
	Gyeongsan	-1.02	-0.66	0.57	-0.58	-0.99	0.23	
	Mungyeong	-0.54	-1.30	1.50	-0.30	-0.45	0.14	
	Pohang	-0.65	-1.05	1.49	0.71	-0.69	0.21	
	Sangju	-0.48	-1.11	1.97	-0.38	-0.22	0.15	
	Seongju	-0.78	-1.40	1.67	-0.08	-0.70	0.14	
	Uiseong	-0.51	-1.25	1.88	-0.62	-0.26	0.14	
	Uljin	0.45	-1.72	1.84	-1.08	0.64	0.32	
	Gang won	Ulleung	3.95	-1.50	0.82	-0.52	3.72	0.16
		Yecheon	-0.29	-0.78	1.57	-1.15	0.04	0.16
Yeongcheon		-1.02	-1.16	1.52	0.14	-0.96	0.13	
Yeongdeok		-0.30	-1.60	1.96	-0.81	-0.08	0.16	
Yeongju		0.11	-1.16	1.45	0.07	0.13	0.14	
Yeongyang		-0.02	-1.67	1.81	-1.41	0.24	0.13	
Cheorwon		-0.55	-1.19	1.04	-0.59	-0.51	0.27	
Chuncheon		-0.42	-1.40	0.99	0.09	-0.55	0.16	
Donghae		1.60	-1.42	1.04	0.44	1.36	0.24	
Gangneung		2.75	-1.45	2.79	0.07	2.96	0.45	
Goseong		1.45	-1.50	1.42	-0.29	1.41	0.47	
Hoengseong		0.01	-1.43	0.99	1.10	-0.30	0.27	
Hongcheon		0.20	-1.59	0.99	0.61	-0.07	0.72	
Hwacheon		-0.27	-1.77	1.19	-0.45	-0.34	0.20	
Inje		0.35	-1.75	1.51	0.11	0.26	0.69	
Jeongseon		1.40	-1.73	2.00	0.93	1.27	0.55	
Pyeongchang		1.55	-1.64	1.70	0.49	1.42	1.00	
Samcheok	1.18	-1.81	2.98	0.48	1.36	0.20		
Sokcho	2.40	-1.12	0.01	-0.81	2.14	0.46		
Taebaek	1.37	-1.62	0.34	0.58	0.90	0.29		
Wonju	-0.08	-1.16	0.63	0.08	-0.26	0.17		
Yanggu	-0.17	-1.54	0.96	0.33	-0.38	0.29		
Yangyang	2.02	-1.62	1.98	0.25	2.00	0.36		
Yeongwol	0.42	-1.71	1.18	1.24	0.07	0.25		

되었으며 노출성, 취약성이 높고 적응역량이 낮은 지역들도 전반적으로 위해성이 낮기 때문에 위험도가 낮게 산정되었다. 경상북도의 설해 위험도 분석 결과, 전 지역의 위험도 평균은 보통 등급으로 산정되었으며 이 중 울릉군과 울진군은 약간높음 등급 이상으로 산정되었다. 울릉군의 경우 우리나라에서 가장 눈이 많이 내리는 지역으로서 위해성이 매우 높고 취약성이 높아 위험도가 높게 산정되었다. 노출성과 적응역량은 약간 낮은 등급으로 위험도 증가에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 울진군의 경우 위해성이 약간높음 등급이며 취약성이 매우높음 등급으로 산정되어 위험도가 높게 산정된 것으로 분석되었다. 경상북도의 경우 눈이 많이 내리지 않는 지역으로 위해성이 낮아 위험도가 전반적으로 높게 산정되지 않은 것으로 분석되었다. 강원도의 설해 위험도 분석 결과, 강원도 전 지역의 위험도 평균은 약간높음 등급으로 산정되었으며 이 중 강원도 서부 지역의 위험도 평균은 보통등급 이하 동부 지역의 위험도 평균은 약간높음 등급 이상으로 산정되었다. 위험도 등급이 약간높음 이상인 지역 모두 위해성 등급이 약간높음 등급 이상으로 높게 산정되어 위해성이 강원도의 위험도 증가에 가장 큰 영향을 미친 것으로 분석되었다. 강원도는 태백산맥을 중심으로 우측 지역인 영동지역의 위험도가 높게 산정되었으며 이는 우리나라 대부분의 대설지역이 영동지방에 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

연구대상지역에 위치한 54개 행정구역 중 설해 위험도 평균 등급이 매우높음인 지역은 울릉도, 강릉시, 속초시, 양양군, 평창군, 고성군, 동해시, 삼척시, 정선군으로 전체 행정구역 중 16.7%, 높음인 지역은 태백시로 1.9%, 약간높음인 지역은 울진군, 인제군으로 3.8%인 것으로 나타나 12개의 행정구역(22.2%)이 약간높음 등급 이상인 것으로 분석되었다. 이 지역들의 대리변수 평균 등급은 위해성 매우높음, 노출성 매우낮음, 취약성 매우높음, 적응역량 낮음 등급으로 위해성, 취약성, 적응역량이 위험도 증가에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 3). 설해 위험 등급이 약간낮음 이하인 행정구역은 32개로 59.3%이며 대구광역시 8개 전체 행정구역(100%), 울산광역시 5개 전체 행정구역(100%), 경상북도 24개 행정구역 중 13개(54%), 강원도 18개 행정구역 중 6개(33%)인 것으로 분석되었다.

설해 위험도 등급이 약간높음 등급 이상인 12개 지역(Fig. 4) 중 울릉군, 고성군, 속초시, 양양군, 강릉시, 동해시, 삼척시, 태백시, 울진군은 지역 전반에 걸쳐 격자별 위험도 등급 표준편차가 크지 않은 것으로 분석되었으며 인제군, 평창군, 정선군은 격자별 위험도 표준편차가 큰 것으로 분석되었다. 격자별 설해 위험도의 표준편차는 인제군 0.69, 평창군 1.00, 정선군 0.55로 산정되었고 평창군의 표준편차가 가장 큰 것으로 나타났으며 이는 평창군내에서도 설해 위험도가 다양하게 분포되어 있다는 것을 의미한다. 평창군, 인제군, 정선군의 경우 지역에 따라 각기 다른 기후변화적응대책

수립이 필요할 것으로 판단되며 이를 위해 평창군을 대상으로 세부대리변수별 설해 위험도 상세 분석 결과를 3.3절에 서술하였다.

### 3.3 설해 위험도 상세 분석

설해에 대한 기후변화적응 대책 및 방재대책 등을 수립하기 위해서는 위험도 평가를 통해 위험지역을 선정하고 해당 지역의 대리변수를 상세하게 분석하여 이와 적합한 대책을 결정해야 한다. 설해 위험도 상세 분석 대상지역으로 연구대상 지역 중 위험도가 다섯 번째로 높으며 격자별 위험도 표준편차가 가장 큰 평창군을 선정하였다. 평창군 보다 설해 위험도가 높은 지역은 울릉군, 강릉시, 속초시, 양양군이 있으며 이 네 지역들은 행정구역내 대부분의 지역에서 위험도가 높게 산정되는 지역으로 위험도가 지역별로 다양하게 나타나지 않는다. 이에 따라, 동일한 행정구역 내에서도 위험도가 다르게 산정되어 지역별 대리변수 및 세부대리변수 평가 결과를 비교하여 설해 위험도 평가 과정을 서술하기 용이한 평창군을 설해 위험도 상세분석 지역으로 선정하였다.

평창군의 설해 위험도 분석 결과, 위해성 대리변수 평균은 1.55 (매우높음), 노출성 대리변수 평균은 -1.64 (매우낮음), 취약성 대리변수 평균은 1.70 (매우높음), 적응역량 대리변수 평균은 0.49 (낮음)로 산정되었으며 위험도 평균은 1.42 (매우높음)로 산정되었다. 대리변수 중 위해성, 취약성 대리변수가 평창군의 설해 위험도를 증가시키는 요인으로 분석되었다. 위해성(hazard)의 경우 평균 연최대 최심신적설심 세부대리변수 평균이 1.64 (매우높음), 온실 설계기준 대비 적설심 세부대리변수 평균이 1.37 (매우높음), 적설 단위중량 세부대리변수 평균이 1.07 (높음)로 나타나 평창군 전지역에 대해서 세 가지 세부대리변수가 위험도를 증가시키는 것으로 분석되었다(Fig. 5). 평창군의 설해 위험도[Fig. 6(a)]와 평균 연최대 최심신적설심 세부대리변수[Fig. 6(b)]가 가장 유사한 것으로 나타났으며 온실 설계기준 대비 적설심 세부대리변수 [Fig. 6(c)]와 적설 단위중량 세부대리변수[Fig. 6(d)]도 위험도와 유사한 양상을 보여 평균 연최대 최심신적설심에 위험도 증가에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 설해에 대한 세 가지 위해성 세부대리변수 모두 대관령면, 진부면, 용평면 일대에서 매우높음 등급으로 산정되었으며 봉평면, 대화면에서 약간높음 등급, 나머지 지역에서 보통등급에서 낮음 등급으로 산정되었다. 이와 같이 평창군 내에서 위해성이 다르게 산정된 가장 큰 이유는 지형적 특성 때문인 것으로 판단된다. 태백산맥이 평창군을 관통하고 있으며 태백산맥을 기준으로 우측 지역은 눈이 많이 내리고, 좌측 지역은 비교적 눈이 적게 내려 이와 같은 지형적, 기후적 특성이 반영된 것으로 사료 된다. 대리변수를 종합적으로 분석 해보았을 때, 세 가지 위해성 세부대리변수 모두 위험도 증가에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

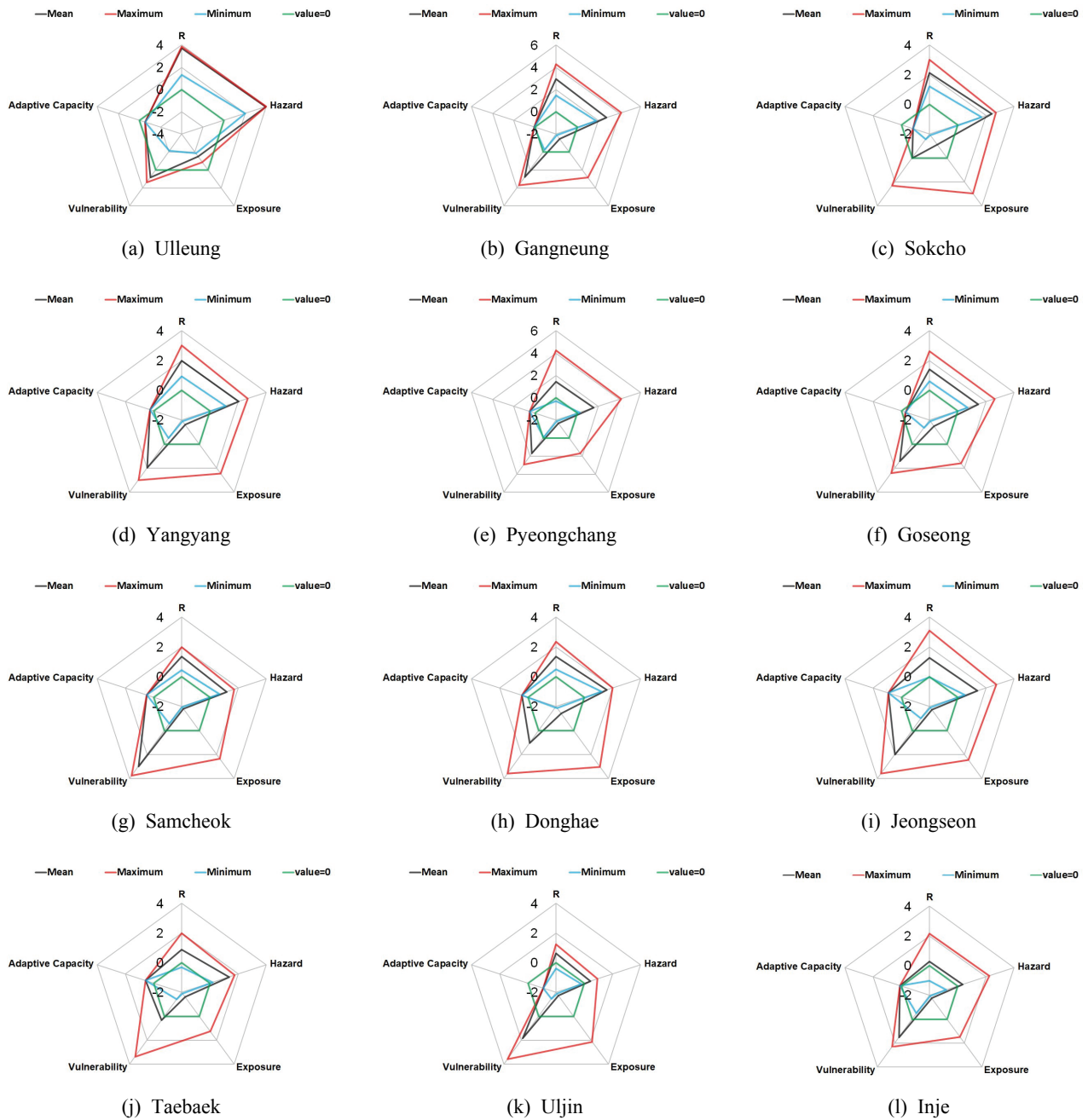


Fig. 4. Radial Graph of Indices Statistics for Administrative Districts Having Overt Han Moderate Risk

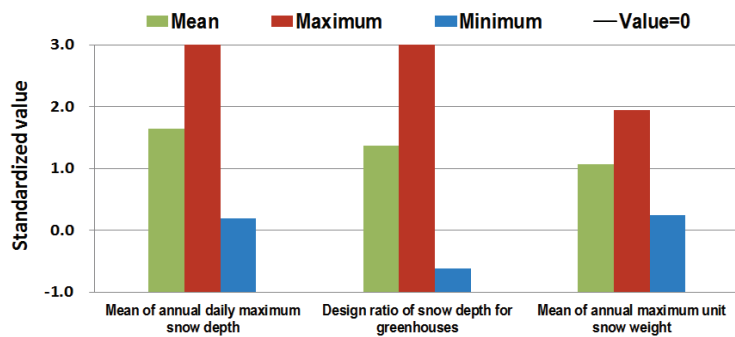


Fig. 5. Sub-indices of Hazard from Snow Disaster in Pyeongchang



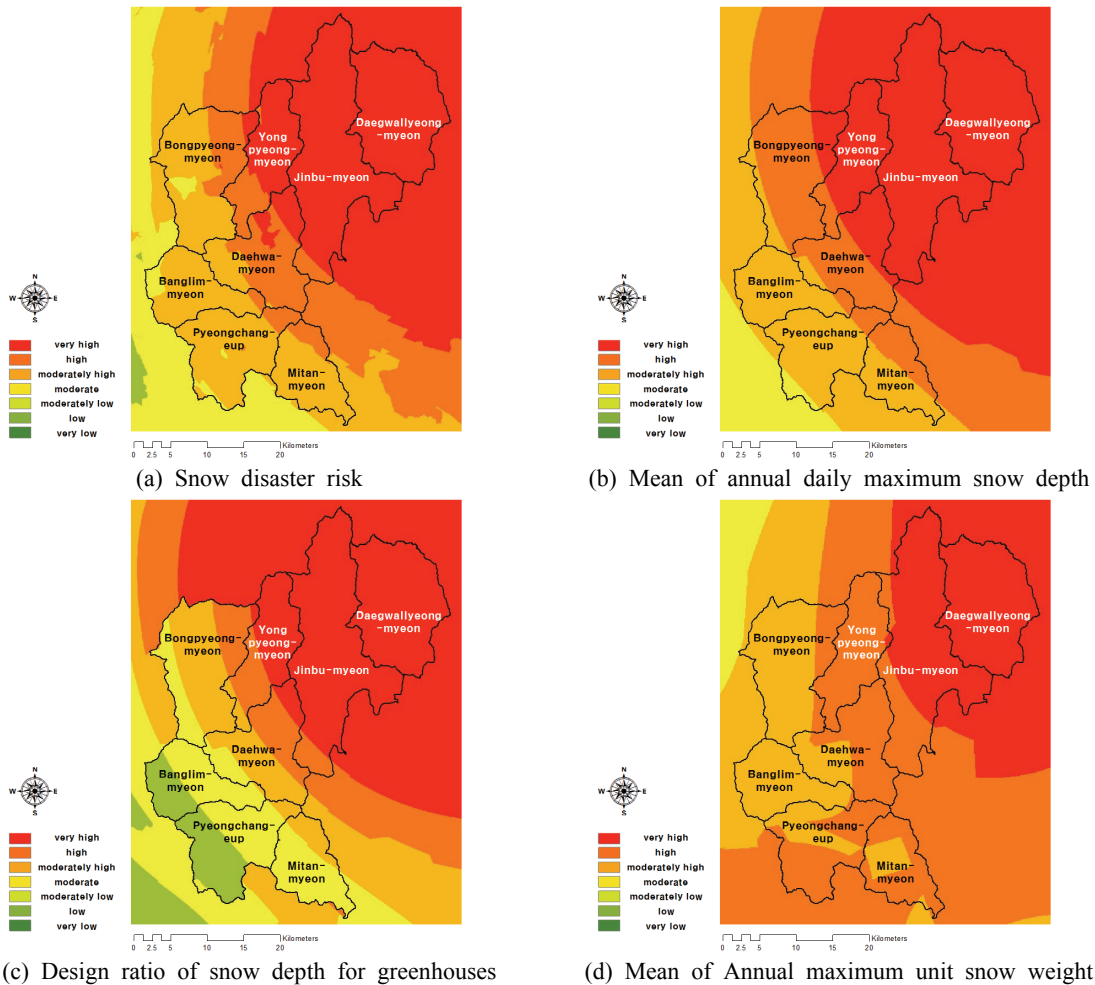


Fig. 6. Risk and Sub-indices Map of Hazard for Snow Disaster in Pyeongchang

노출성(exposure)의 경우 Fig. 7과 같이 단위면적당 도로 면적 비율[Fig. 8(a)] 세부대리변수 평균이 -1.24 (낮음), 단위 면적당 주택 수 세부대리변수[Fig. 8(b)] 평균이 -0.82 (낮음), 인구밀도 세부대리변수[Fig. 8(c)] 평균이 -0.90 (낮음), 도로 면적 대비 자동차등록대수 세부대리변수[Fig. 8(d)] 평균이 -0.67 (낮음), 단위면적당 농업지역면적 비율 세부대리변수 [Fig. 8(e)] 평균이 -0.14 (보통), 단위면적당 학교면적 비율

세부대리변수[Fig. 8(f)] 평균이 -0.24 (보통)로 나타나 대부분의 세부대리변수가 평균군의 위험도를 감소시킨 것으로 분석 되었다. 그러나 단위면적당 농업지역면적 비율 세부대리변수[Fig. 8(e)]는 대관령면, 진부면, 용평면, 봉평면, 대화면, 평창읍의 일부 지역에서 약간높음 등급에서 매우 높음등급까지 산정되어 이와 같은 지역에 한하여 위험도 증가에 영향을 미친 것으로 나타났다.

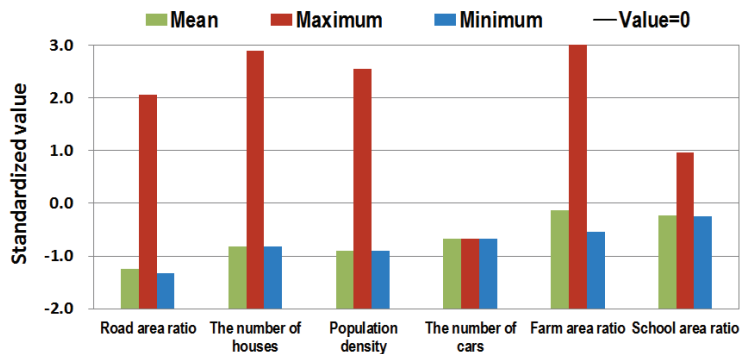


Fig. 7. Sub-indices of Exposure from Snow Disaster in Pyeongchang

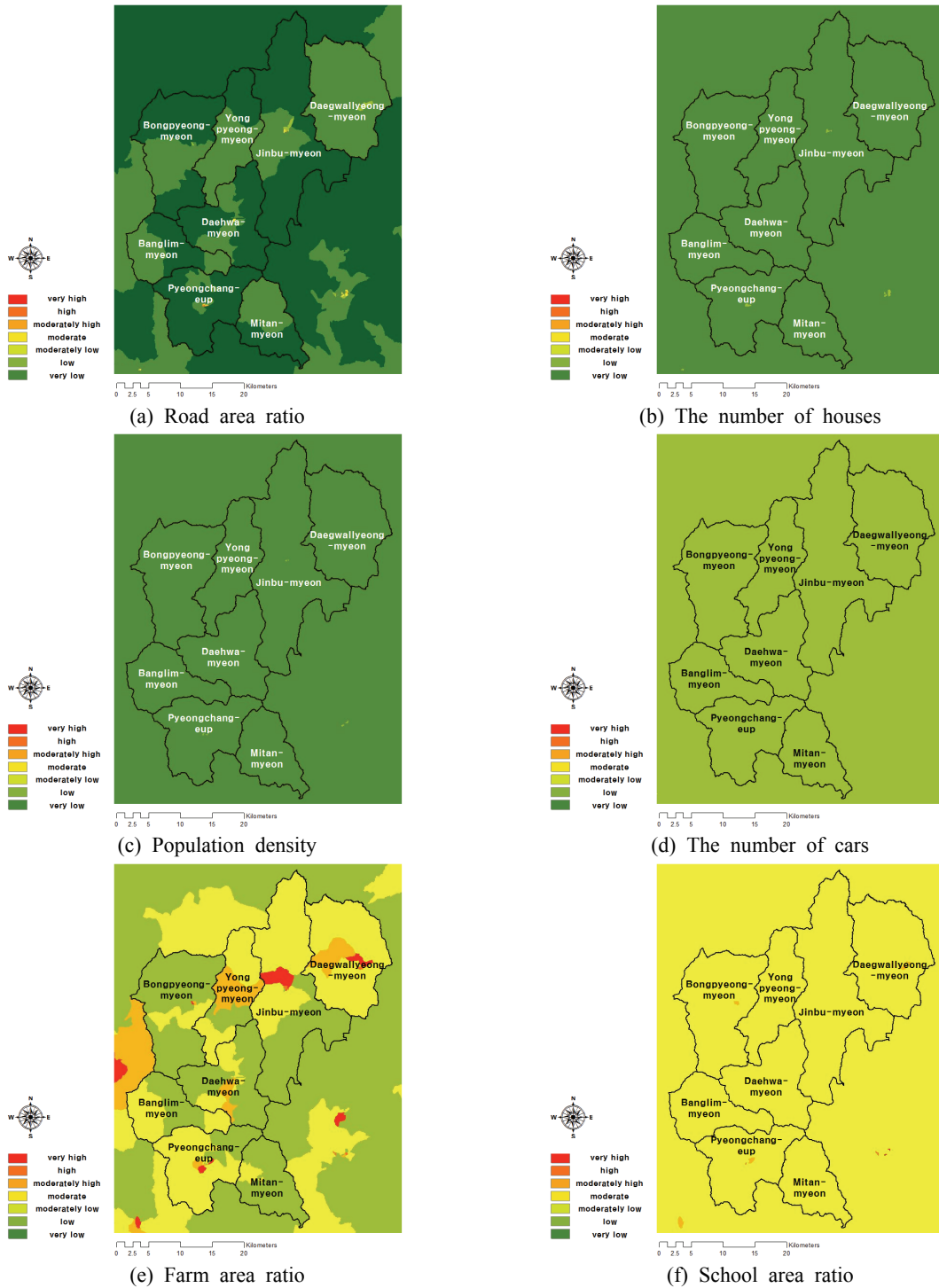


Fig. 8. Sub-indices Map of Exposure for Snow Disaster in Pyeongchang

취약성(vulnerability)의 경우 단위면적당 도시면적 비율 세부대리변수 평균이 -1.51 (매우낮음), 총인구 대비 재해취약인구 비율 세부대리변수 평균이 1.20 (높음), 최근 20년간 자연재해피해액 세부대리변수 평균이 1.80 (매우높음), 총단독주택 수 대비 노후단독주택 수 비율 세부대리변수 평균이 0.78 (약간높음)로 나타나 단위면적당 도시면적 비율 세부대리변수를 제외한 세 가지 세부대리변수가 설해 위험도 증가

에 큰 영향을 미친 것으로 분석 되었다(Fig. 9). 단위면적당 도시면적 비율 세부대리변수[Fig. 10(a)]는 진부면, 평창읍의 일부지역에서 보통 등급에서 높음 등급까지 산정되었으나 나머지 지역에서 모두 매우낮음 등급으로 산정되어 평균군 대부분의 지역에 대해 위험도를 감소시킨 것으로 분석 되었다. 총인구 대비 재해취약인구 비율 세부대리변수[Fig. 10(b)]는 봉평면의 일부에서 약간낮음 등급이 산정되었으며 나머지

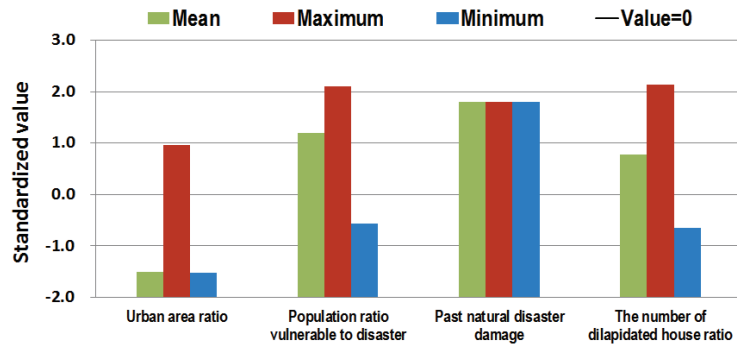


Fig. 9. Sub-indices of Vulnerability from Snow Disaster in Pyeongchang

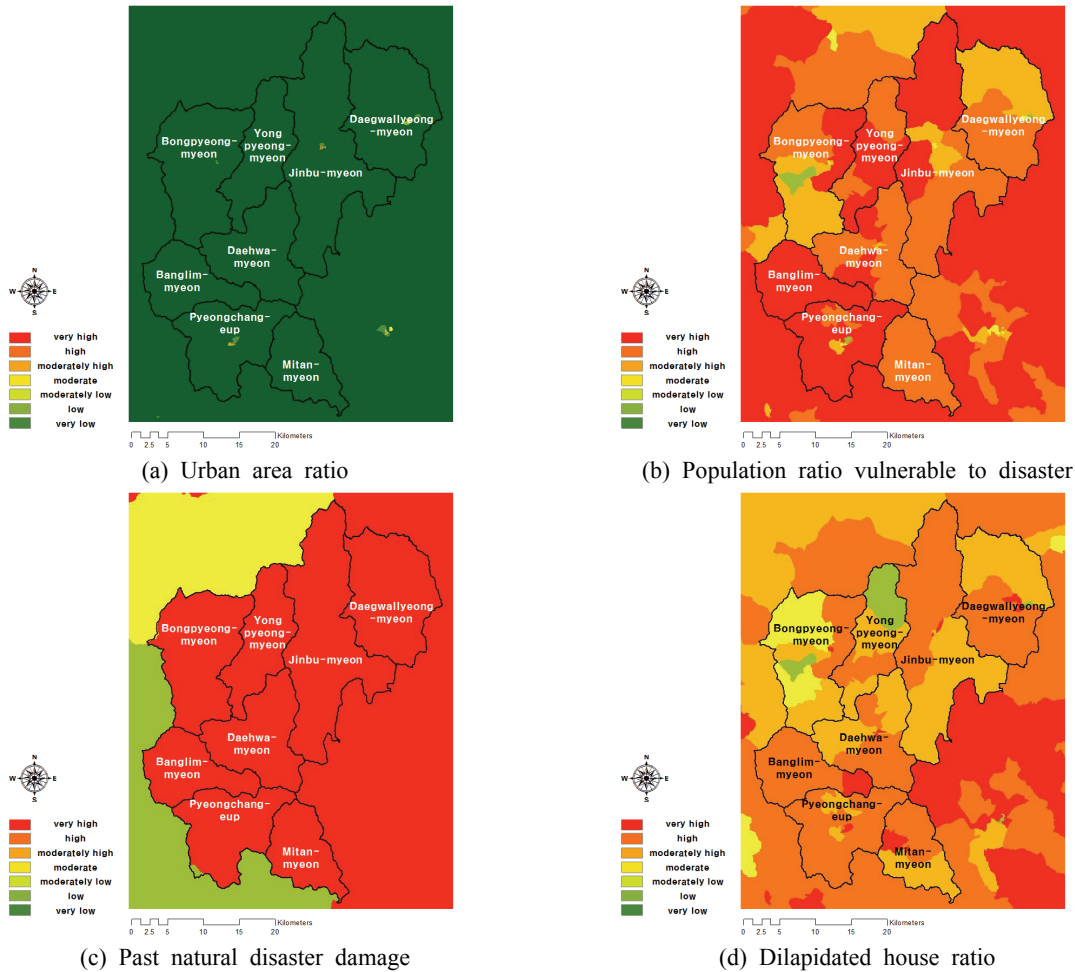


Fig. 10. Sub-indices Map of Vulnerability for Snow Disaster in Pyeongchang

지역에서는 보통등급 이상으로 산정되어 위험도 증가에 큰 영향을 미친 것으로 분석 되었다. 최근 20년간 자연재해피해액 세부대리변수[Fig. 10(c)]는 평창군 전체 지역에 대해 매우 높은 등급으로 산정되어 위험도 증가에 큰 영향을 미쳤으며 총단독주택 수 대비 노후단독주택 수 비율 세부대리변수[Fig. 10(d)]는 용평면, 봉평면의 일부 지역을 제외한 대부분의 지역의 위험도 증가에 영향을 미쳤다. 취약성 세부대리변수

는 단위면적당 도시면적 비율 세부대리변수를 제외한 세 가지 세부대리변수가 평창군 대부분의 위험도를 증가시키는데 큰 영향을 미친 것으로 분석 되었다.

적응역량(adaptive capacity)의 경우(Fig. 11) 인구당 지역 내총생산 세부대리변수[Fig. 12(a)] 평균이  $-0.05$  (보통), 재정자립도 세부대리변수[Fig. 12(b)] 평균이  $-0.37$  (약간낮음), 인구천명당 의료 및 구급 인력수 세부대리변수[Fig. 12(c)]

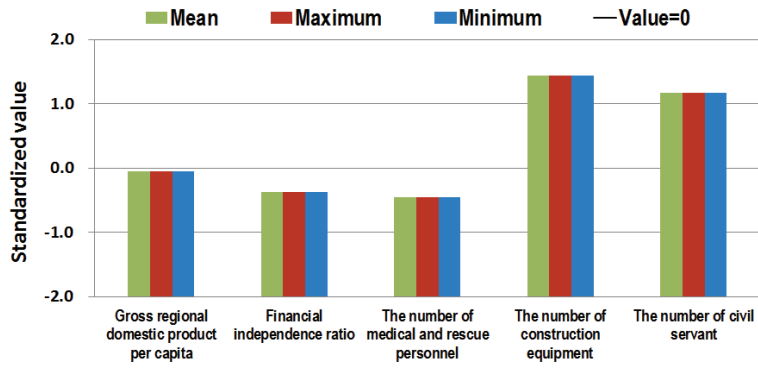


Fig. 11. Sub-indices of Adaptive Capacity from Snow Disaster in Pyeongchang

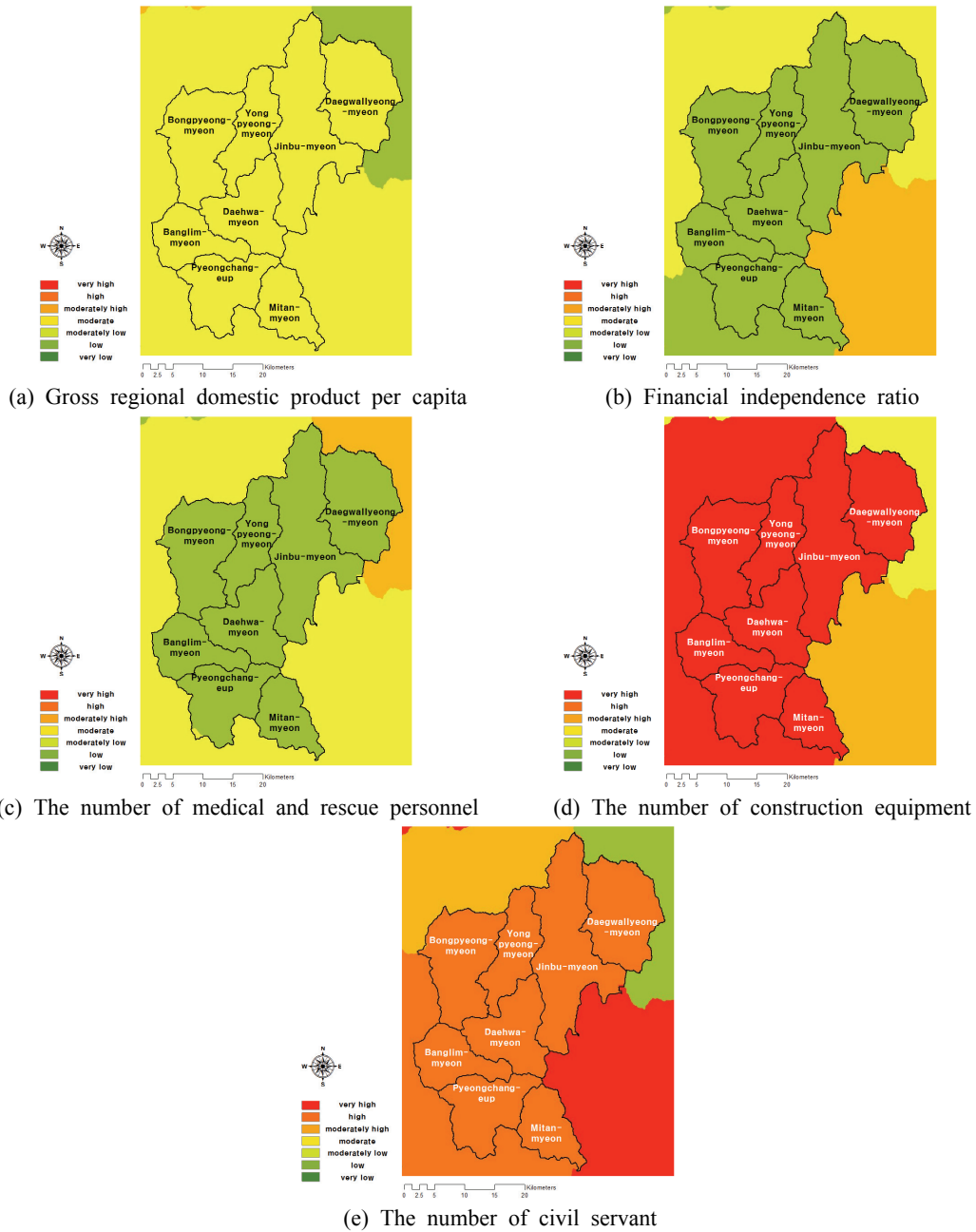


Fig. 12. Sub-indices Map of Adaptive Capacity for Snow Disaster in Pyeongchang

평균이 -0.45 (약간낮음), 인구천명당 건설장비수 세부대리변수[Fig. 12(d)] 평균이 1.44 (매우높음), 인구천명당 공무원 수 세부대리변수[Fig. 12(e)] 평균이 1.18 (높음)로 나타나 재정자립도, 인구천명당 의료 및 구급 인력수 세부대리변수가 평창군의 위험도를 증가에 큰 영향을 미친 것으로 분석되었다. 적응역량 세부대리변수들은 평창군내에 모든 지역이 동일한 수치로 산정 된다. 다섯 가지 적응역량 세부 대리변수 중 인구천명당 건설장비수 세부대리변수와 인구천명당 공무원수 세부대리변수가 위험도 감소에 가장 큰 영향을 미친 것으로 분석 되었으며 나머지 세 가지 세부대리변수는 위험도를 증가시키긴 하였으나 수치가 크지 않아 증가 폭이 크지 않은 것으로 분석 되었다.

평창군 내에서도 대관령면 병내리 일대의 설해 위험도가 가장 높은 것으로 분석 되었으며 위험도 증가에 가장 큰 영향을 미치는 대리변수는 평균 연최대 최심신적설심, 온실 설계기준 대비 적설심, 적설 단위중량, 인구천명당 건설장비수, 인구천명당 공무원수, 총단독주택 수 대비 노후단독주택 수 비율, 총인구 대비 재해취약인구 비율인 것으로 나타났다. 이에 온실 설계기준의 적정성 검토 및 적설 단위 중량을 고려한 온실설계기준 개선과 관련된 대책 수립이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 인구대비 건설장비 수와 공무원 수 부족에 대한 검토, 노후주택과 재해취약인구를 중점적으로 설해에 대한 적응 대책 수립이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)에서 정립한 기후변화 적응을 위한 위험도의 개념을 적용하여 대구광역시, 울산광역시, 경상북도, 강원도를 대상으로 설해 위험도를 평가하였고 도출한 결과를 정리하면 아래와 같다.

- (1) 설해 위험도 평가를 위해 위해성, 노출성, 취약성, 적응역량 대리변수의 가중치와 각 대리변수의 세부대리변수 18개를 선정하고 계층화분석을 통해 가중치를 산정하였다. 대리변수의 비일관성 분석결과 0%~9.20%로 나타났으며 세부대리변수의 비일관성은 0%~9.86%로 산정되어 모든 대리변수의 비일관성이 10%미만인 것으로 나타나 일관성이 있는 것으로 분석 되었다. 가중치 산정 결과, 위해성 0.4358, 취약성 0.1993, 노출성 0.1849, 적응역량 0.1800 순으로 높게 산정되었다. 각 대리변수 중 가중치가 가장 높게 산정된 세부대리변수는 위해성의 경우 평균 연최대 최심신적설심으로 0.2386, 노출성의 경우 단위면적당 학교면적 비율로 0.0579, 취약성의 경우 총인구 대비 재해취약인구 비율로 0.0666, 적응역량의 경우 인구천명당 의료 및 구급 인력수로 0.0490인 것으로 나타났다.

- (2) 설해 위험도 분석 결과, 시군구별 위험도 평균 등급이 매우위험인 지역은 울릉도, 강릉시, 속초시, 양양군, 평창군, 고성군, 동해시, 삼척시, 정선군으로 전체 행정구역 중 16.7%, 위험인 지역은 태백시로 1.9%, 약간위험인 지역은 울진군, 인제군으로 3.7%인 것으로 나타났다. 이 지역들의 대리변수 평균 등급은 위해성 매우높음, 노출성 매우낮음, 취약성 매우높음, 적응역량 낮음 등급으로 위해성, 취약성, 적응역량이 위험도 증가에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- (3) 설해 위험도 등급이 약간높음 등급 이상인 12개 지역 중 울릉군, 고성군, 속초시, 양양군, 강릉시, 동해시, 삼척시는 지역 전반에 걸쳐 위험도 등급이 매우높음 등급으로 산정되어 격자별 설해위험도 편차가 크지 않은 것으로 분석되었으며 인제군, 평창군, 정선군, 태백시, 울진군은 위험도 편차가 큰 것으로 분석되었다. 격자별 설해 위험도의 표준편차는 인제군 0.69, 평창군 1.00, 정선군 0.55, 태백시 0.29, 울진군 0.32로 산정되어 평창군의 표준편차가 가장 큰 것으로 나타났으며 이는 평창군내에서도 설해 위험도 다양하게 분포되어 있다는 것을 의미한다.
- (4) 평창군 내에서도 대관령면 병내리 일대의 위험도가 가장 높은 것으로 분석 되었고 위험도 감소를 위한 저감대책 수립을 위해 온실 설계기준의 적정성 검토와 적설 단위 중량을 고려한 온실설계기준 개선과 관련된 대책 수립이 필요할 것으로 판단되며 인구대비 건설장비 수와 공무원 수 부족에 대한 검토, 노후주택과 재해취약인구를 중점적으로 설해에 대한 적응 대책 수립이 필요할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 논문의 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 기후변화대응환경기술개발사업(2018001310004)과 한국환경정책평가연구원의 지자체 취약성 평가 지원 기반 마련 및 도구 활용성 제고 과제(2020-002-07)의 지원을 받아 연구되었습니다.

#### References

Cho, D.I. (2015). *Developing a multi-regional flooding risk index to a disaster management*. Master's thesis, Sungkyunkwan University.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2013). *Snow load safety guideline*.

GIZ and EURAC. (2017). *Risk supplement to the vulnerability sourcebook: Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new*

- IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn, Germany: GIZ.
- Han, S.R., Kang, N.R., and Lee, C.S. (2015). Disaster risk evaluation for urban areas under composite hazard factors. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 15, No. 3, pp. 33-43.
- Hwang, D.J. (2015). *A research on the assessment of disaster risk in Kangwon region using climate change scenario and disaster risk index*. Ph.D. dissertation, Kangwon National University.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2015). *Climate change 2014: Synthesis report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.
- Kim, J.H., Park, M.J., Lee, J.H., and Jun, H.D. (2012). An evaluation of inundation risk of urban watershed using data envelopment analysis. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 12, No. 4, pp. 179-186.
- Koo, Y.S. (2011). *A study on reinforcement of the capability on infrastructure for adaptation to the climate change: Focusing on roadway in Busan*. Master's thesis, Pusan National University.
- Korea Environment Institute (KEI). (2014). *Review on sewer flood risk assessment method considering climate change*.
- Ministry of Public Safety and Security (MPSS). (2015). *Guideline for development of disaster map*.
- Nam, Y.G. (2015). *Study on Identification of flood risk areas by flood risk assessment*. Master's thesis, Yeungnam University.
- Oh, S.M., Kim, G.H., Jung, Y.H., Kim, D.H., and Kim, H.S. (2015). Risk assessment of heavy snowfall using PROMETHEE: The case of Gangwon province. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 15, No. 1, pp. 87-98.
- Park, G.P. (2012). *Flood risk estimation on Gamcheon River basin using MCDM*. Master's thesis, Kyungpook National University.
- Park, H.S., Lee, S.J., Yu, I.S., Jeong, S.M., and Chung, G.H. (2014). Snow disaster risk index in the Ulsan Metropolitan City. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 14, No. 2, pp. 97-106.
- Song, J.H. (2012). *Study on flood risk assessment in medium and small river watersheds for flood protection alternatives*. Master's thesis, Yeungnam University.
- Woodward, A. (2019). *The polar vortex engulfing the US has left 21 people dead. Here's why events like this might be getting more common*. Business Insider. Retrieved from <https://www.businessinsider.com/polar-vortex-dangers-why-it-happens-2019-1>
- Yu, I.S. (2016). Improvement of snow codes and standards according to administrative districts (적설에 대한 행정구역별 시설설계기준 및 개선방안). *Journal of Disaster Prevention*, Korea Disaster Prevention Association, Vol. 18, No. 6, pp. 50-59.
- Yu, I.S. (2017). *Development of an index based risk assessment model: Focused on flood, wind and snow disaster*. Ph.D. dissertation, Kongju National University.
- Yu, I.S., Jung, H.C., Rubio, C.J.P., Kim, H.Y., and Jeong, S.M. (2019). Assessment of a grid-based wind disaster risk for climate change adaptation. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 19, No. 2, pp. 209-219.
- Yu, I.S., Kim, H.Y., Necesito, I.V., and Jeong, S.M. (2014). Assessment and improvement of snow load codes and standards in Korea. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 34, No. 5, pp. 1421-1433.

---

Received	September 23, 2019
Revised	September 24, 2019
Accepted	October 7, 2019