

# RCP8.5 기후변화시나리오를 이용한 기후변화가 북한의 재해위험에 미치는 영향 평가

정세진\* · 김병식\*\* · 채수권\*\*\*

Jeung, Se-Jin\*, Kim, Byung-Sik\*\*, Chae, Soo Kwon\*\*\*

## Impact Assessment of Climate Change on Disaster Risk in North Korea based on RCP8.5 Climate Change Scenario

### ABSTRACT

In this paper, in order to evaluate the impact of future climate change in North Korea, we collected the climate data of each station in North Korea provided by WMO and expanded the lack of time series data. Using the RCP climate change scenario, And the impact of climate change on disasters using local vulnerability to disasters in the event of a disaster. In order to evaluate this, the 11 cities in North Korea were evaluated for Design Rainfall Load, human risk index (HRI), and disaster impact index (DII) at each stage. As a result, Jaffe increased from C grade to B grade in the Future 1 period. At Future 2, North Hwanghae proved to be dangerous as it was, and Gangwon-do and Hwanghae-do provincial grade rose to C grade. In the case of Future 3, Pyongyang City dropped from C grade to D grade, Hamgyong and Gyeongsang City descend from B grade to C grade, Gangwon-do and Jagangdo descend from C grade to D grade and Pyongyang city descend from C grade to D grade. Respectively.

**Key words** : RCP climate change scenario, North Korea, Design rainfall load, Disaster impact factor

### 초 록

본 논문에서는 북한지역에서의 미래 기후변화에 따른 재해영향 정도를 평가하기 위해 WMO에서 제공하고 있는 북한지역의 각 관측소별 기후 자료를 수집하여 북한의 시계열자료를 수집하였고, RCP기후변화시나리오를 이용하여 북한에서의 기후변화의 변동성 및 이로 인한 재해가 발생되었을 때 지역의 재해 취약성을 이용하여 기후변화가 재해에 미치는 영향을 평가하였다. 이를 평가하기 위해 북한의 11개 행정구역을 대상으로 각 단계별로 설계강우부하, 인간위험지수(Human Risk Index; HRI), 재해영향지수(Disaster Impact Index; DII)에 대해 평가를 수행하였다. 그 결과 Future 1기간일 때 자강도가 보통(C등급)에서 위험(B등급)으로 상승했다. Future 2일때 황해북도는 그대로 위험하다고 나타났고 강원도와 황해북도의 등급이 보통(C등급)으로 상승했다. Future 3의 경우 평양시가 보통(C등급)에서 안전(D등급)으로 하강하였으며, 함경남도과 개성시가 위험(B등급)에서 보통(C등급)으로 하강, 강원도, 자강도가 보통(C등급)에서 안전(D등급)으로 하강, 평양시가 보통(C등급)에서 안전(D등급)으로 하강하리라 전망되었다.

**검색어** : RCP기후변화시나리오, 북한, 설계강우부하, 재해영향지수

\* 정희원 · 국립강원대학교 도시·환경방재공학전공박사과정 (Kangwon National University · [Climate@kangwon.ac.kr](mailto:Climate@kangwon.ac.kr))

\*\* 정희원 · 국립강원대학교 도시·환경방재공학전공교수 (Kangwon National University · [Hydrokbs@kangwon.ac.kr](mailto:Hydrokbs@kangwon.ac.kr))

\*\*\* 정희원 · 교신저자 · 을지대학교 보건환경안전학과교수 (Corresponding Author · Eulji University · [cskwen@eulji.ac.kr](mailto:cskwen@eulji.ac.kr))

Received October 12, 2018/ revised October 23, 2018/ accepted November 13, 2018

### 1. 서론

한반도의 기후변화는 전 세계 평균보다도 빠르게 진행되고 있다. 최근 빈발하고 있는 태풍 및 극한 강우, 폭설과 한파, 온난화 현상 등이 그 예이다. 특히 북한지역은 오랜 식량난과 에너지난 그리고 무분별한 산림벌목과 개발로 인해 산림생태계가 훼손되어 홍수 및 이수와 같은 기후변화 관련 자연재해에 매우 취약하다. 또한 북한지역은 정치·사회적인 영향으로 미계측 지역으로 분류되어 있어 수문분석에 필요한 충분한 수문자료를 구하기 어려운 지역이다. 또한 기후변화에 대한 관심이 높아지면서 각종 수리시설물 및 재해대책에 기후변화를 고려한 연구가 한반도를 대상으로 활발히 진행되고 있지만 북한을 대상으로 수행된 연구사례는 전무하다. 한반도를 대상으로 한 대표적인 사례로는 An et al.(2011)은 기후변화 탐지와 원인 규명을 위한 방법론을 제시하고, 특히 몬순과 엘니뇨의 영향을 진단하여 기후변화에 따른 한반도의 도시화 효과를 정량적으로 평가하였다. Korea Meteorological Administration (2011)은 21세기 한반도 기후변화에 대한 상세 전망을 제공함으로써, 미래에 발생할 수 있는 대규모 자연재해에 대비하고 분야별 및 행정단위별, 그리고 지방자치단체의 대응 및 적응 정책 수립을 지원하기 위한 연구를 진행하였다. Jang et al.(2012)는 RCP기후변화시나리오를 기반으로 하여 한반도의 미래 기후변화 분석을 통해 기후변화시나리오 자료의 활용성을 고찰하였다. Yu et al.(2013)에서는 한반도에서 기후변화로 인한 부정적인 영향이 초래되는 것을 막고, 남북협력 방안을 찾아 기후변화라는 위기를 남과 북이 상생하

는 길을 모색하는 새로운 계기를 만드는 것을 목적으로 연구를 수행하였다. Kwon et al.(2015)은 RCP기후변화 시나리오를 활용하여 한반도 연 최대 일강우 분석을 통해 기후변화 시나리오에서 전망하는 극한 강우의 정도를 확인하였다.

최근 연구동향을 살펴본 결과 기후변화의 관점에서의 미래전망은 많이 찾아볼 수 있었지만, 북한의 사회·경제적 인프라를 고려하여 미래의 재해위험성을 전망한 연구는 드물것으로 파악되었다. 재해영향평가를 할 때 사회·경제적 인프라는 재해 발생 후 다시 원상태로 복구하는 능력인 복원력에 큰 영향을 미친다. 이미 국내에서는 복원력을 고려한 연구는 많이 진행되고 있다. Yu et al.(2013)에서는 재해에 따른 재해취약성을 평가하기 위해 민감도, 적응능력, 기후노출의 3가지의 범주를 설정하여 취약성 평가를 하였다. 그 중 적응능력은 앞서 언급한 복원력 개념이 적용되어 있으며, 경제적 능력(GDP, 재정자립도)가 적응능력에 큰 역할을 한다고 언급하였다. Cutter et al.(2000)은 노스캐롤라이나 조지타운(Georgetown)군을 대상으로 GIS를 활용하여 취약성을 평가하였으며, 경제적인 부 자치단체의 경제적 능력 등이 취약성분석에 큰영향을 준다고 하였다. Sullivan and Meigh(2005)는 자원(Resource), 접근성(Acces), 역량(Capacity), 물사용(Use), 환경(Environment), 지리적인 지표(Geospatial)를 이용하여 복합지표(Composite Index)를 산정하였다. 여기서 역량(Capacity)은 내구소비재 지출 혹은 소득, GDP (Gross Domestic Product)와 총고정 자본투자 중 물에 대한 투자, 교육수준과 5세 이하 유아사망률, 재난경보 시스템 유무와 시정부 제도 역량, 불량주택 거주자 비율, 홍수시 이주 가능성

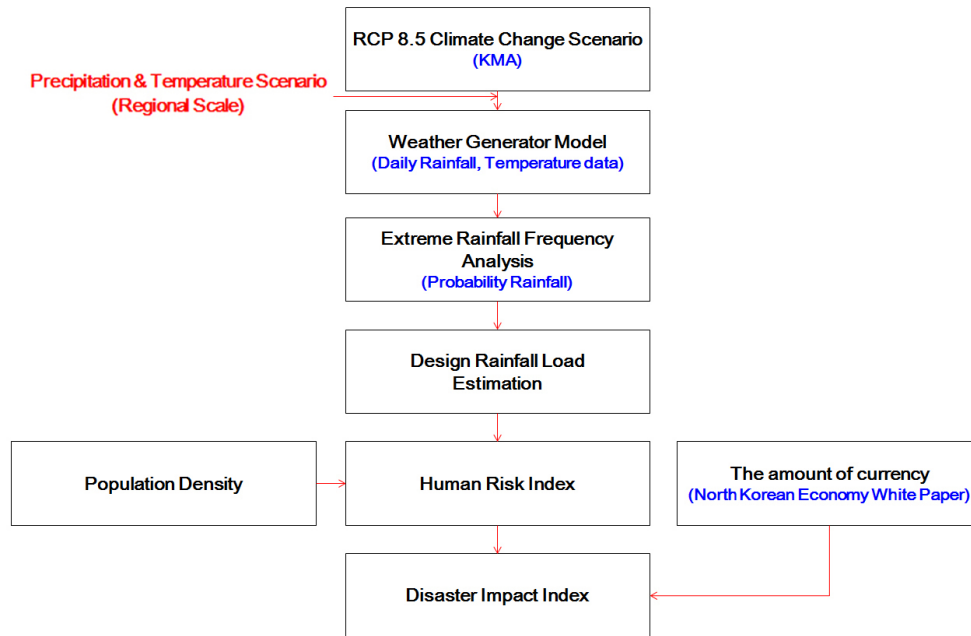


Fig. 1. Research Flow Chart

등이 있으며 이는 취약성에 큰영향을 미친다고 언급하였다. 이처럼 재해위험 분석시 사회·경제적 지표는 매우 중요하다.

본 논문에서는 북한에서의 기후변화의 변동성 및 이로 인한 재해가 발생되었을 때 지역의 재해위험성을 이용하여 기후변화가 재해에 미치는 영향을 평가하기 위해 북한의 11개 행정구역을 대상으로 하였다. 재해위험성을 고려하기 위해 취약성 부분으로는 인구밀도를 사용하였다. 또한 북한은 신뢰성있는 GDP, 재정자립도를 획득하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 Korea Institute for international Economic Policy(2002)에서 발표한 북한경제백서의 북한의 도별 현금유통량을 이용하였다. 또한 21세기를 전반기, 중반기, 후반기로 구분하고, 각 단계별로 설계강우부하(Design Rainfall Load; DRL), 인간위험지수(Human Risk Index; HRI), 재해영향지수(Disaster Impact Index; DII)를 산정하였다. Fig. 1에 본 연구의 전체적 흐름을 도시하였다.

## 2. 기후자료 및 기후변화 시나리오 수집

### 2.1 관측 기후자료 수집

본 연구에서는 북한지역의 기후변화에 따른 설계강우부하(Design Rainfall Load, DRL)를 산정하기 위해 먼저 WMO에서 제공하고 있는 강수량 및 기온자료(1981년~2015년)를 이용하였다. Table 1은 각 관측소현황을 나타낸 그림이며, Fig. 2는 북한의 27개 기상관측소의 위치도를 나타낸 그림이다.

### 2.2 기후변화시나리오자료 수집

본 연구에서는 기상청에서 제공하고 있는 HadGEM3-RA모형을

이용하여 북한지역에 적용 하였다. HadGEM3-RA모형은 CMIP5 국제사업의 표준 실험체계를 통해 전지구 기후변화 시나리오 산출을 위해서 영국 기상청 해들리센터의 기후변화예측모델인 HadGEM2-AO를 도입하여 제공하고 있는 기후변화시나리오 자료이다. HadGEM3-RA모형의 수평해상도는 135km이며, 1860년의 온실가스 농도를 고정하여 최소 200년 이상으로 제어적분한 자료이다. 1860년부터 2005년까지 관측된 자연과 인위적인 강제력에 대한 과거기후 모의실험 후 RCP 시나리오에 따라 2100년까지 미래 기후변화를 전망한 모형이다(Korea Meteorological Administration (2011)). RCP 시

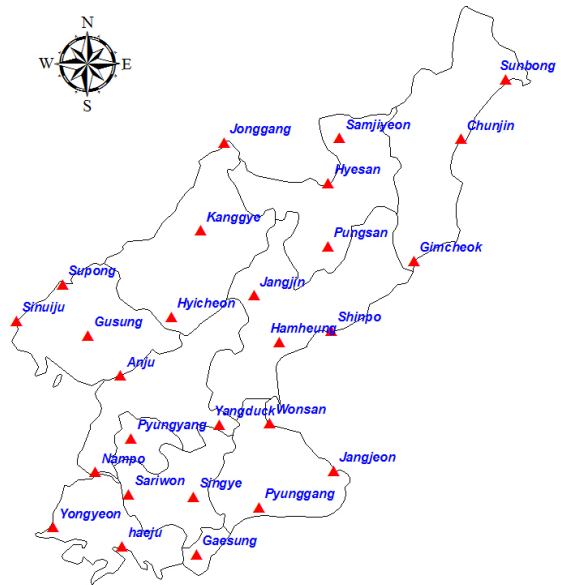


Fig. 2. Locations of the Weather Stations used in this Study

Table 1. Information of Weather Stations used in this Study

ID	Station	Lat.	Long.	ID	Station	Lat.	Long.
3	Sunbong	42°19"	130°24"	46	Shinpo	40°02"	128°11"
5	Samjiyeon	41°49"	128°19"	50	Anju	39°37"	125°39"
8	Chunjin	41°47"	129°49"	52	Yangduck	39°10"	126°50"
14	Jonggang	41°47"	126°53"	55	Wonsan	39°11"	127°26"
16	Hyesan	41°24"	128°10"	58	Pyungyang	39°02"	125°47"
20	Kanggye	40°58"	126°36"	60	Nampo	38°43"	125°22"
22	Pungsan	40°49"	128°09"	61	Jangjeon	38°44"	128°11"
25	Gimcheok	40°40"	129°12"	65	Sariwon	38°31"	125°46"
28	Supong	40°27"	124°56"	67	Singye	38°30"	126°32"
31	Jangjin	40°22"	127°15"	68	Yongyeon	38°12"	124°53"
35	Sinuiju	40°06"	124°23"	69	haeju	38°02"	125°42"
37	Gusung	39°59"	125°15"	70	Gaesung	37°58"	126°34"
39	Hyicheon	40°10"	126°15"	75	Pyunggang	38°24"	127°18"
41	Hamheung	39°56"	127°33"				

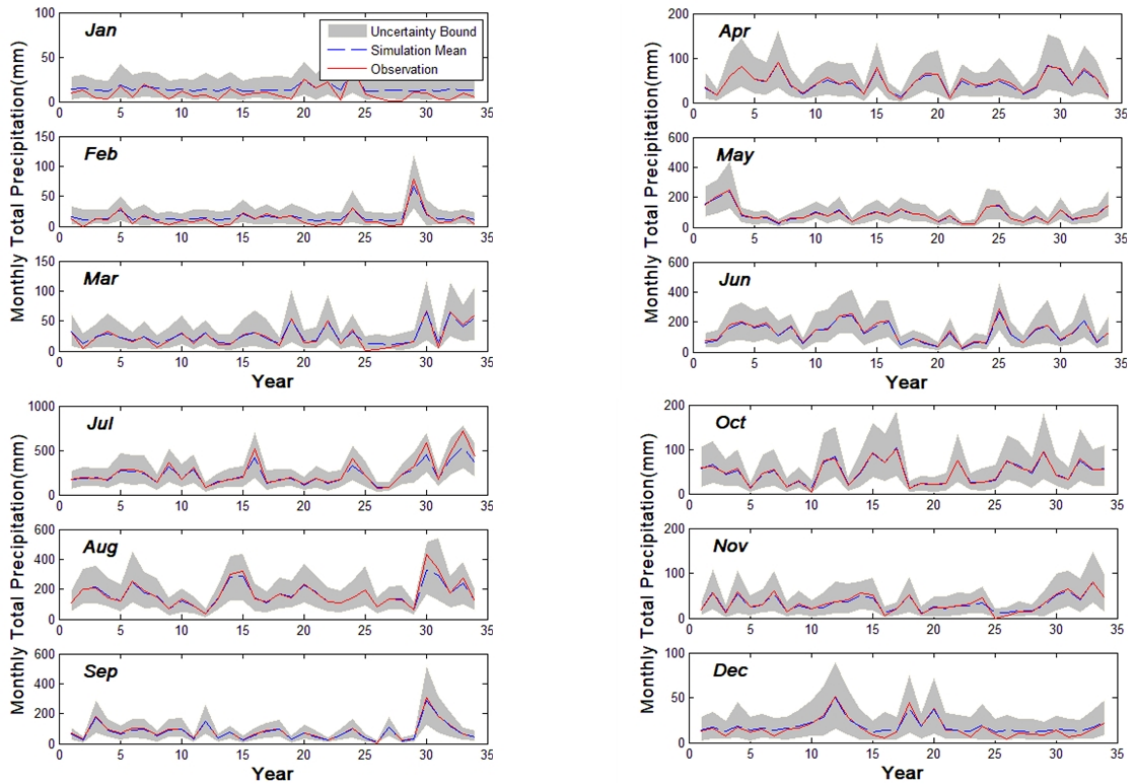


Fig. 3. Temporal Downscaling of Climate Change Scenarios Through Dairy Generator Model (Pyongyang)

나리오는 최근 온실가스 농도 변화경향을 반영하였으며 4가지 대표 온실가스 농도로 2.6, 4.5, 6.0, 8.5를 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 가장 극한시나리오인 RCP8.5기후변화시나리오를 사용하였으며, 과거 관측강수량 자료(1981년~2015년)를 일기발생기모형에 적용하여 시간적 상세화를 하였다. Fig. 3은 북한지역의 기후변화시나리오자료를 일기발생기를 통해 시간적 상세화 결과이며 평양지점을 대표로 도시하였다. 적색 실선은 관측치를 의미하며 청색 점선은 모의결과이다. 또한 미래를 Future1 (2011년~2040년), Future 2 (2041년~2070년), Future 3 (2071년~2100년)으로 분할하였다.

### 3. 기후변화가 북한의 재해위험에 미치는 영향 평가

기후변화가 재해위험에 미치는 영향을 평가하기 위해서 많은 연구들이 진행 중에 있으나, 북한을 대상으로 진행된 연구는 전무하다. 본 연구에서는 북한에서의 기후변화의 변동성 및 이로 인해 재해가 발생되었을 때 지역의 재해 취약성을 이용하여 재해에 미치는 영향을 평가하고자 하였으며 이를 위해 북한의 11개 행정구역을 대상으로 하였다. 재해영향성을 고려하기 위해 취약성 부분으로는 인구밀도를 사용하였으며, 각 도시의 경제력지수를 이용하였다. 각 단계별로 설계강우부하, 인간위험지수(Human Risk Index;

Table 2. Classification of Disaster Impact Index

Range	Class	Definition
4.0 and above	A	Very Risk
3.0 ~ 4.0	B	RIsk
2.0 ~ 3.0	C	Nomal
1.0 ~ 2.0	D	Safety
1.0 and under	E	Very Safety

HRI), 재해영향지수(Disaster Impact Index; DII)를 산정하였다. 또한 Table 2와 같이 각 단계별로 5개의 등급(A, B, C, D, E)으로 구분하여 각 지역별 재해위험도를 산정하였다.

#### 3.1 설계강우부하(Design Rainfall Load, DRL)

본 연구에서는 북한의 27개 기상관측소의 관측기상자료와 RCP8.5기후변화시나리오자료를 이용하여 현재와 미래의 설계강우부하(Design Rainfall Load, DRL)를 산정하였으며, 설계강우부하산정 방법은 다음과 같다.

$$Fr = \frac{1}{1 - ep} \tag{1}$$

$$DRL = Fr/EF \quad (2)$$

여기서,  $ep$  ; GEV(Generalized Extreme Value)분포에 따른 확률값

$Fr$  ; 실제발생한 빈도

$EF$  ; 기대빈도

본 연구에서는 도시의 배수능력을 30년으로 가정하고, 기대빈도를 30년으로 설정하였으며 설계강우부하(DRL)이 1이 넘는 것은 기후변화에 따른 빈도가 기대빈도를 넘어선다는 것을 의미한다.

Fig. 4는 평양지점의 설계강우부하의 계산결과이며 첫 번째 그림은 연최고치 계열의 경향성을 나타내는 그림이고, 두 번째 그림은 평양지점의 기후변화시나리오에서 계산된 확률빈도이다. 그리고 세 번째 그림은 설계강우부하결과를 나타낸 그림이다. 본 연구에서는 북한의 27개 지점을 Fig. 4와 같이 분석하였으며, 각 지점의 설계강우부하 결과를 공간보간하여 Fig. 5와 같이 나타내었다. Fig. 5를 살펴보면 Futue 1기간일 때 수풍지역에서 가장 크게 나타났으며, Futue 2기간일 때는 사리원 신계 근방에서 크게, Futue 3 기간일 때는 안주 양덕, 신계, 사리원 부근에서 가장 크게 전망되었다.

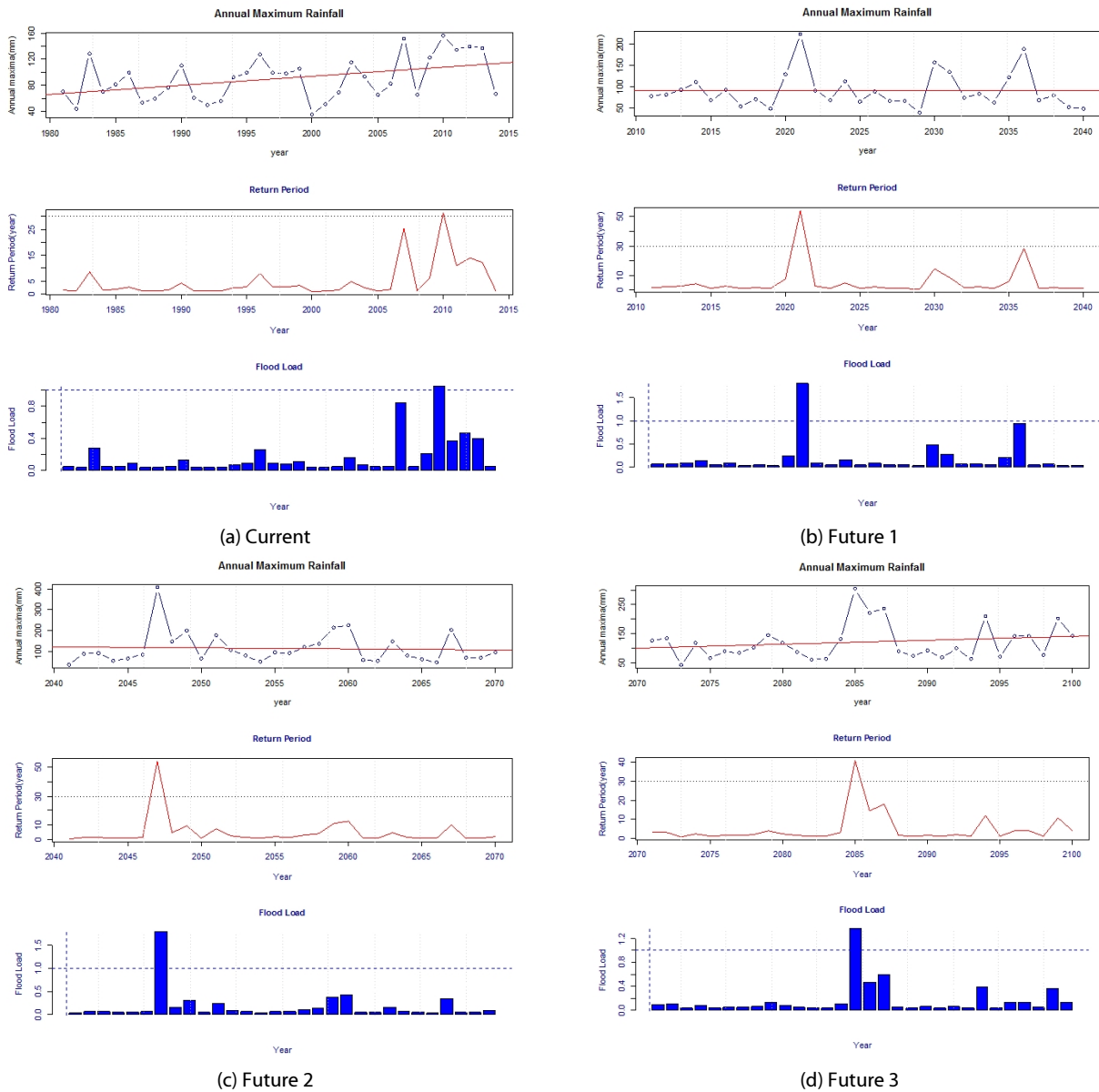


Fig. 4. Design Rainfall Load in North Korea (Pyongyang)



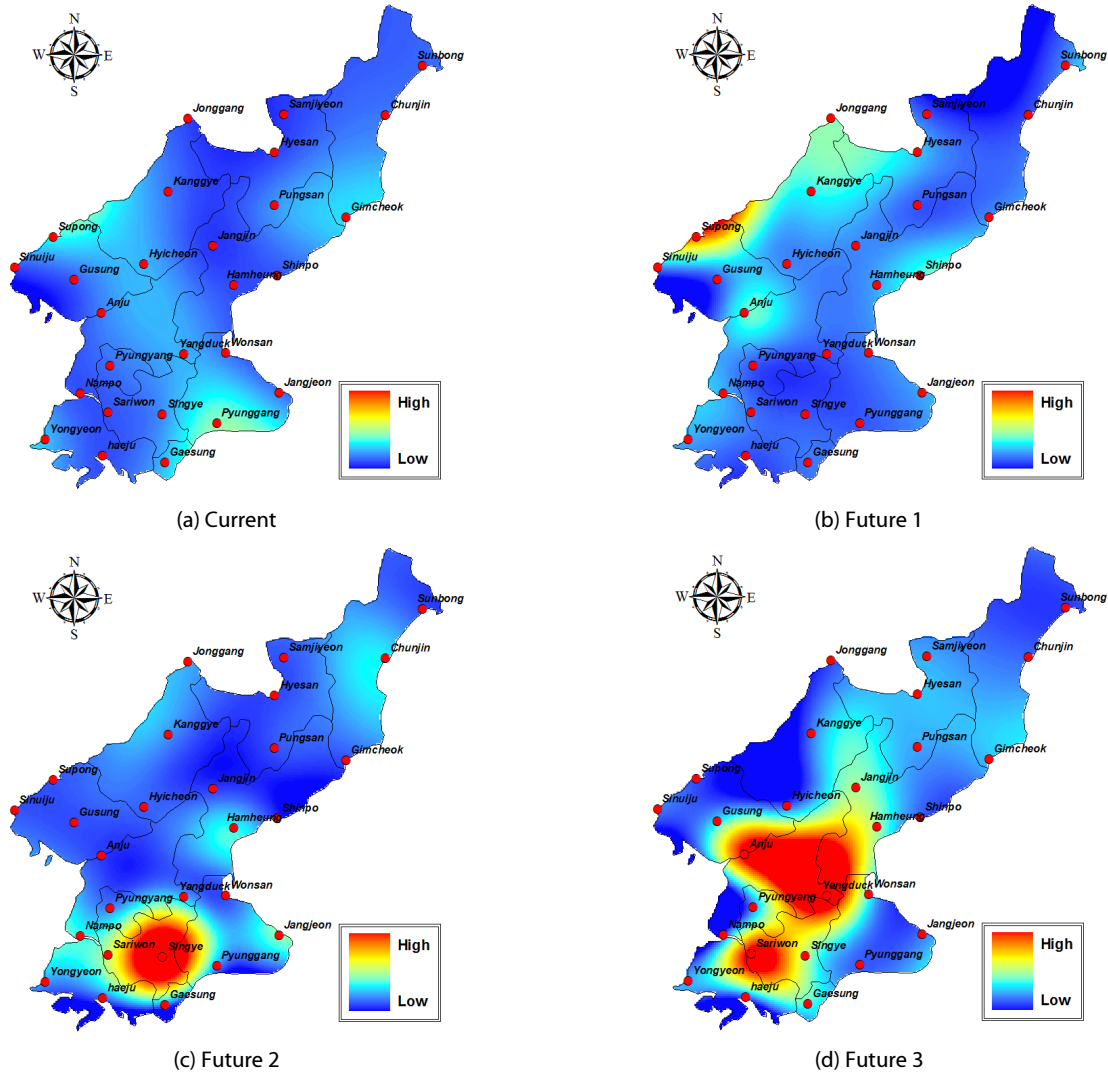


Fig. 5. Spatial Distribution of Design Rainfall Load

### 3.2 인간위험지수(Human Risk Index, HRI)

전 세계적으로 홍수관리를 하는데 있어서 방재 개념보다는 감제의 개념으로 피해를 최소화하기 위한 접근이 주요 연구 대상이 되고 있다. 이는 무조적적인 구조적 대책이 증가하는 강우량을 감당하는데 한계가 있기 때문에 선택적 홍수방어, 피해 최소화라는 측면의 위험관리 개념으로 패러다임이 전환하고 있기 때문이다. 이러한 측면에서 과거 피해를 발생시키는 위험성(Hazard)에 대한 접근보다는 위험이 도달했을 때 견딜 수 있는 강함과 약함의 정도로 취약성(Vulnerability)과 노출성(Exposure)에 대한 접근이 이루어지고 있다. 이러한 홍수 취약성 부분에서 가장 중요하게 다뤄지는 부분으로 UN에서 도시 재난 복원력(2017, UNISDR)에서는 빈곤, 고인구밀도, 교육수준, 여성 및 재해의존인구(65세 이상 고령자 및 장애자)를 예를 들고 있다. 빈곤은 다른 표현으로 국가적 재정

상태를 의미하며, 교육수준은 구조적 대책이 아닌 비구조적 홍수대책에서 교육 및 학습효과가 떨어져 실제 경보 및 상황발생시 그 피해가 증가함을 의미한다. 본 연구에서는 이러한 항목 중 도시화를 고려할 수 있는 항목으로 Table 3의 인구밀도를 표준화하여 인간위험지수(HRI)를 평가하였다.

$$HRI = FL \times PD \quad (3)$$

여기서, DRL은 설계강우부하를 의미하고, PD (Population Density)는 인구밀도를 의미한다.

Fig. 6는 현재와 미래의 HRI의 결과이다. 결과를 살펴보면 Current 기간일 때 개성에서 매우위험(A등급)으로 나타났고, Future 1기간일 때 평안북도에서 매우위험(A등급)으로 자강도에

Table 3. Population Ratio Status in North Korea

Classification	Population	Area (Km <sup>2</sup> )	Population Density
Gangwondo	1,575,948	11,208	141
Yanggangdo	767,153	13,904	55
Janggangdo	1,386,362	16,475	84
Pyongannamdo	4,321,427	12,434	348
Pyonganbokdo	2,910,315	12,326	236
Hamgyongnamdo	3,270,124	18,711	175
Hamgyongbokdo	2,482,300	16,925	147
Hwanghaenamdo	2,464,299	8,284	297
Hwanghaebokdo	2,254,383	8,029	281
Pyongyang	2,834,000	2,747	1032
Gaesong	350,000	179	1955

From ; A Study on the Infrastructure of Water Supply and Sewerage System in North Korea for Unification (2013)

서 위험(B등급)으로 Risk가 크게 나타났다. Future 2기간일 때는 황해북도에서, Future 3 기간일 때는 황해북도, 평안남도에서 매우 위험(A등급)으로, 개성시, 함경남도에서 위험(B등급)으로 전망되었다.

### 3.3 재해영향지수(Disaster Impact Index, DII)

일반적으로 재해영향평가 시 사회·경제적 인프라는 재해 발생 후 다시 원상태로 복구하는 능력인 복원력에 큰 영향을 미친다. 사회·경제적지표 중 하나인 재정자립도의 경우 높은 지자체일수록 지역은 재해 안전도가 높게 나타나며(Ministry of the Interior and Safety(2007)) 이는 사회 기반 시설 및 재해 취약시설에 대한 예산 투자가 재정자립도가 높은 지역에서 높게 나타나기 때문이다. 앞에서 산정된 HRI의 결과가 사회적 취약성 측면에서 취약한 부분에 대해 접근했다면 지자체의 재정지수를 고려하는 경우는

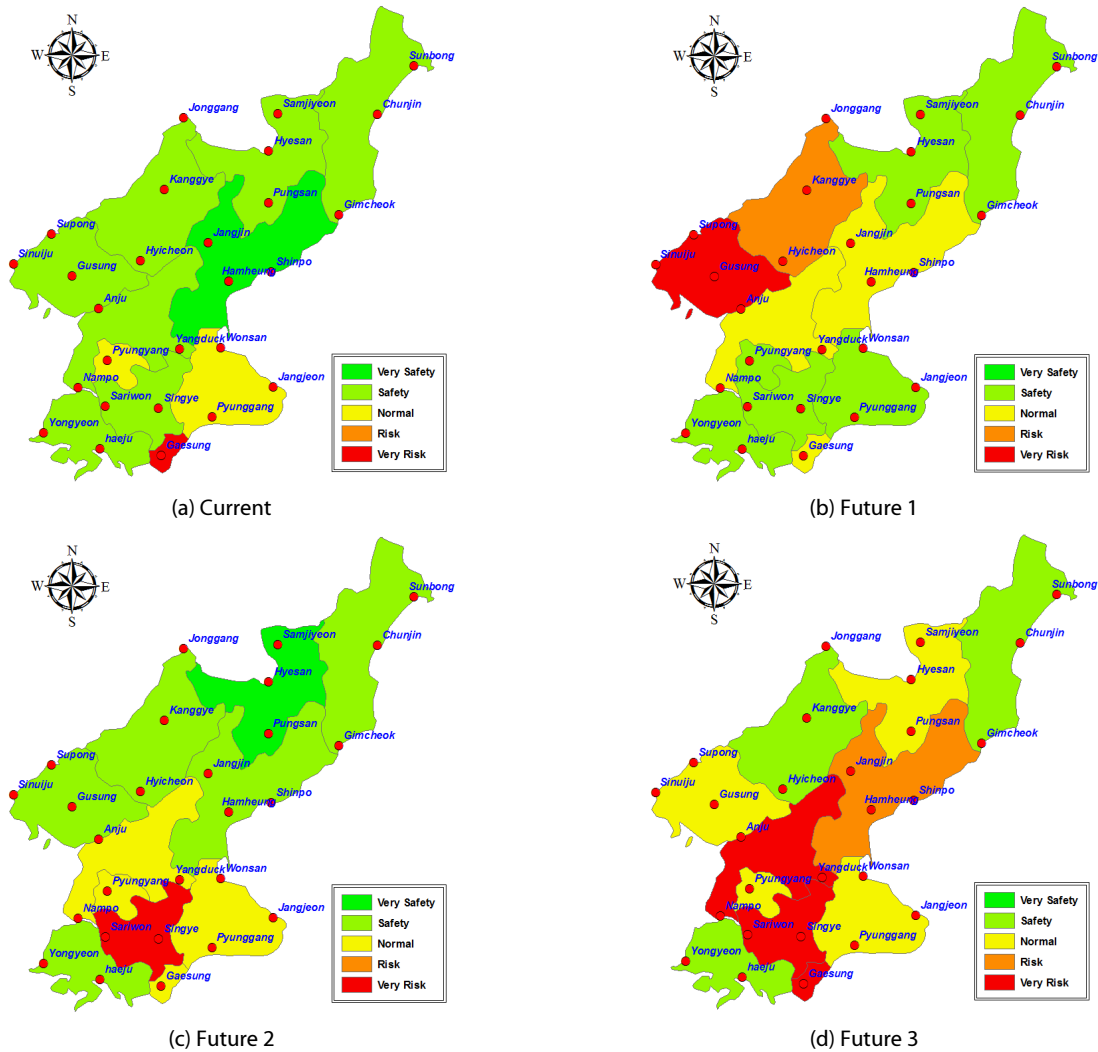


Fig. 6. Spatial Distribution of Human Risk Index

Table 4. The Amount of Currency in North Korea

	Amount of currency (North Korea 1,000won)
Gangwondo	2,533,000
Yanggangdo	3,463,000
Janggangdo	2,321,000
Pyongannamdo	9,359,000
Pyonganbokdo	14,550,000
Hamgyongnamdo	9,785,000
Hamgyongbokdo	7,671,000
Hwanghaenamdo	3,308,000
Hwanghaebokdo	2,636,000
Pyongyang	17,300,000
Gaesong	11,200,000

• White paper on economics in North Korea

Table 5. Change of DII of Disaster Impact Index using Climate Change Scenarios

	Current	Future 1	Future 2	Future 3
Gangwondo	2.6	1.6	2.5	2.2
Yanggangdo	1.0	1.5	0.8	2.1
Janggangdo	1.6	3.2	1.8	1.1
Pyongannamdo	1.3	1.8	1.7	6.3
Pyonganbokdo	1.1	2.4	0.6	1.1
Hamgyongnamdo	0.5	1.8	1.1	2.5
Hamgyongbokdo	1.5	1.1	1.3	1.1
Hwanghaenamdo	1.8	1.6	1.6	1.7
Hwanghaebokdo	1.5	1.4	10.5	8.9
Pyongyang	1.0	0.8	1.4	1.4
Gaesong	3.1	1.8	1.6	4.6

재해에 대한 경제적 강점을 나타낸다고 할 수 있다. 본 연구에서는 대외경제정책연구원(Korea Institute for international Economic Policy(2002))에서 제시한 북한의 도별 현금유통량 자료를 이용하여 지역별 재해영향지수(DII)를 제시하였다. Table 4는 북한의 도별 현금유통량 현황이다.

$$DII = \frac{HRI}{Amount\ of\ currency} \quad (4)$$

여기서, HRI는 인간위험지수, Amount of currency는 북한의 도별 현금유통량을 의미한다.

Fig. 7과 Table 5는 재해영향지수(DII)의 최종 결과이다. 인간위험지수(GRI)와 재해영향지수(DII)를 비교하여 살펴보면 Current 기간일 때 개성이 매우위험(A등급)에서 위험(B등급)으로 하강했

으며, Future 1기간일 때 평안북도가 매우위험(A등급)에서 위험(B등급)으로 하강했다. Future 2일때 황해북도는 그대로 위험하다고 나타났고 평안남도의 등급이 보통(C등급)으로 상승했다. Future 3의 경우 함경남도가 위험(B등급)에서 보통(B등급)으로 하강하였으며, 평안북도가 보통(C등급)에서 안전(D등급) 하강하였다.

#### 4. 요약 및 결론

본 논문에서는 기상청에서 제공하고 있는 HadGEM3-RA의 RCP8.5 기후변화시나리오를 이용하여 미래(2011-2100)의 기상 자료를 생산하였다. 생산된 자료를 이용하여 북한에서의 기후변화의 변동성 및 이로 인해 재해가 발생되었을 때 지역의 재해 취약성을 이용하여 재해에 미치는 영향을 평가하고자 하였으며 이를 위해 북한의 11개 행정구역을 대상으로 하였다. 재해영향성을 고려하기 위해 인구밀도를 이용하여 인간위험지수(HRI)를 산정하였으며, 각 도시의 Korea Institute for international Economic Policy (2002)에서 제시한 북한의 도별 현금유통량을 이용하여 재해영향지수(DII)를 산정하였다. 특히, 21세기를 전반기, 중반기, 후반기로 구분하고, 각 단계별로 설계강우부하, 인간위험지수(Human Risk Index; HRI), 재해영향지수(Disaster Impact Index; DII)를 산정하여 북한지역의 시공간 분포를 비교 분석하여 미래의 기후변화 시 북한지역의 재해위험에 미치는 영향을 평가하였다. 모든 지수는 표준화와 정규화 과정을 거쳤으며, 분석된 결과는 다음과 같다.

설계강우부하 결과를 살펴보면 Future 1기간일 때 수풍지역에서 가장 크게 나타났으며, Future 2기간일 때는 사리원 신계 근방에서 크게, Future 3기간일 때는 안주 양덕, 신계, 사리원 부근에서 가장 크게 전망되었다. 인간위험지수를 살펴보면 Current기간일 때 개성에서 매우위험(A등급)으로 나타났고, Future 1기간일 때 평안북도에서 매우위험(A등급)으로 자강도에서 위험(B등급)으로 Risk가 크게 나타났다. Future 2기간일 때는 황해북도에서, Future 3 기간일 때는 황해북도, 평안남도에서 매우위험(A등급)으로, 개성시, 함경남도에서 위험(B등급)으로 전망되었다. 재해영향지수를 살펴보면 Current 기간일 때 개성이 매우위험(A등급)에서 위험(B등급)으로 하강했으며, Future 1기간일 때 평안북도가 매우위험(A등급)에서 위험(B등급)으로 하강했다. Future 2일때 황해북도는 그대로 위험하다고 나타났고 평안남도의 등급이 보통(C등급)으로 상승했다. Future 3의 경우 함경남도가 위험(B등급)에서 보통(B등급)으로 하강하였으며, 평안북도가 보통(C등급)에서 안전(D등급) 하강하리라 전망되었다. 황해남도, 황해북도와 평안남도 인근지역이 미래로 갈수록 다른 지역과의 변동폭이 커짐을 확인할 수 있다. 본 연구에서 가장 기본이 되는 값은 기후변화에 따른 설계강우부하(Design Rainfall Load)이다. 설계강우부하의 공간 분포를 살펴



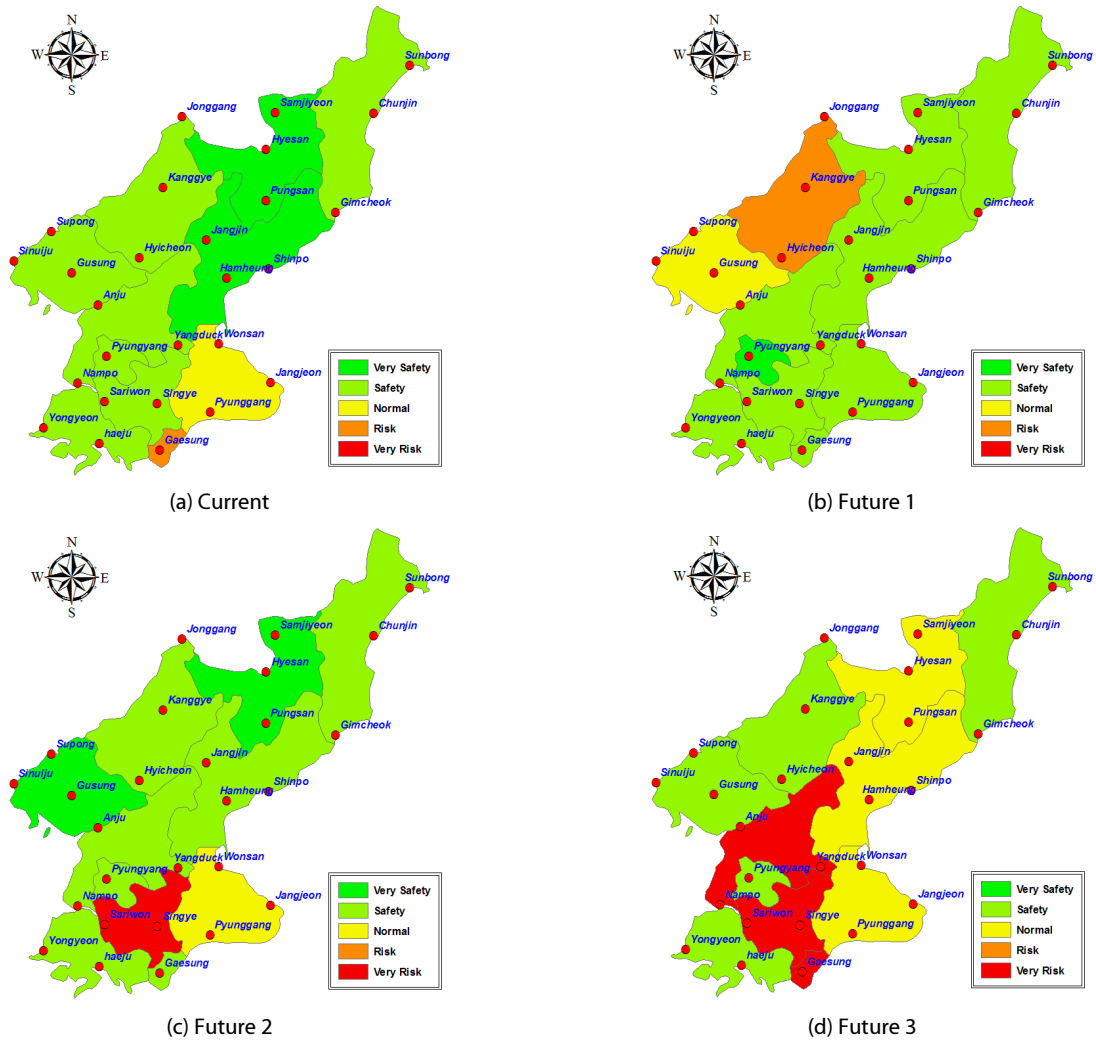


Fig. 7. Spatial Distribution of Disaster Impact Index

면 평안남도, 황해남도, 황해북도에서 가장 큰 값을 나타내고 있다. 이러한 이유는 세 지역의 인구가 밀집된 지역이기 때문이며 현금유통량의 경우 상대적으로 낮은 지역이기 때문에 그 피해가 가중될 것임을 확인할 수 있다.

본 연구에서 제시한 북한지역의 설계강우부하(Design Rainfall Load)의 증가는 기후변화의 영향으로 기대빈도(30yr)를 넘는 사상 발생 빈도가 증가하는 것을 의미하고, 미래에 동일 빈도의 강우량이 크게 증가하면 기존 수공시설물의 설계빈도로는 피해를 막기 어려울 것이다. 또한 인구밀도가 높고 현금유통량이 적은 지역은 미래 기후변화에서 위험한 지역으로 판단할 수 있다. 추후 북한의 다양한 사회 경제적지표를 이용하여 재해영향지수를 산정하면 동일 대비 남북한 기후변화 공동대응 및 기후변화 영향 대책을 수립하는 근거자료로 본 연구에서 제시한 지수를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 18AWMP-B083066-05).

This paper work (or document) was financially supported by Ministry of the Interior and Safety as “Human resource development Project in Disaster management.

### References

An, S. I., Ha, K. J., Seo, K. H., Yeh, S. W., Min, S. K. and Ho, C. H. (2011). “A review of recent climate trends and causes over the Korean

- peninsula.” *Korean Meteorological Society Journal (atmosphere)*, *Korean Meteorological Society*, Vol. 2, No. 4, pp. 237-251 (in Korean).
- Cutter, Susan, Jerry, T. Mitchelland, Michael S. Scott (2000). “Revealing the vulnerability of people and places :a case study of georgetown county, south carolina.” *Annals of the Association of american Geographers*, Vol. 90, No. 4, pp. 713-737.
- Jang, Y. J. (2012). *Analysis of future climate characteristic of Korean peninsula under RCP scenario*. Master degree, Korea University.
- Korea Institute for international Economic Policy (2002). *white paper on economics in North Korea*. Korea Institute for international Economic Policy (in Korean).
- Korea Meteorological Administration (2011). “Climate change prospect report on the Korean peninsula.” Korea Meteorological Administration.
- Kwon, M. S., Lee, G. M. and Jun, K. S. (2015). “Analysis of annual maximum daily rainfall using RCP climate change scenario in Korean peninsula.” *Korean Society of Hazard Mitigating Journal*, *Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 1 (in Korean).
- Ministry of Environment (2012). *A study on the infrastructure of water supply and sewerage system in north Korea for unification* (in Korean).
- Ministry of the Interior and Safety (2007). “2007 Results of local safety assessment.” Ministry of the Interior and Safety.
- Sullivan, C. and Meigh, J. (2005). “Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach :the example of the climate vulnerability index.” *Water Science and Technlogy*, Vol. 51, No. 5, pp. 69-78.
- UNISDR (2017). “Urban disaster resilience - Scorecard.” UNISDR.
- Yu, G. Y. and Kim, I. H. (2013). “Development and introduction of indicators to assess vulnerability of climate change.” Korea Environment Institute.