

Analyzing the Likelihood and Impact of Climate Change Risks for Efficient Risk Management

- A Case of ChungCheongbuk-Province, Korea -

In Chul Go[#], Jong In Back, Na Eun Hong, Yong Un Ban⁺

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Korea

Abstract

The industrial revolution has led to global warming worldwide, Problems are occurring around the world. Despite the seriousness of the current climate change problem, little research has been done on climate change risk management. Therefore, we need to study risk, a key element in responding to climate change. The purpose of this study is to analyze the likelihood and impacts for the effective management of climate change risks. To do this, we employed expert questionnaire survey on likelihood and impact of climate change risks and conducted a factor analysis. As a result of the analysis, this study identified the characteristics of the factors that were important in the risk and confirmed the difference between likelihood and impact of climate change risks. Finally, in terms of climate change risk management, it possible to effectively manage climate change by classifying the risks that need to be focused on preventive aspects and the risks that need to focus on responsive aspects.

Key words: climate change, climate change adaptation, perception, climate change risk, risk assessing

1. 서론

산업의 발달로 전 세계적인 지구온난화가 진행되었고, 이로 인한 급격한 기후변화가 세계 각처에서 일어나고 있다. 특히 IPCC의 제5차 기후변화 종합보고서에서는 평균기온, 해수면, 폭우 및 폭염 등 극한기후의 발생이 과거에 비해 지난 30년간 급격히 증가했음을 확인할 수 있다. 따라서 현 시대의 가장 중요한 문제들 중 하나인 기후변화에 대응하기 위한 노력들이 이루어지

고 있는데 우리나라 역시 기후변화로 인한 이상 기후 및 재난으로 사회 각 분야에서 피해가 누적되고, 그 규모가 점점 커짐에 따라 저탄소 녹색성장 기본법(2009)을 제정하고 5년 단위의 국가단위 기후변화 적응대책을 수립하는 등 노력을 계속하고 있다.

이러한 흐름 속에 최근 기후변화 리스크에 대한 개념이 국내에서 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 이미 해외 여러 환경기구에서는 기후변화로 인한 잠재적 피해를 리스크 개념을 통해 관리·대응하고 있는데 WEF(World

[#] The 1st author: In Chul Go, Tel. +82-43-273-3391, e-mail, gan153@nate.com

⁺ Corresponding author: Yong Un Ban, Tel. +82-43-273-3391, E-mail, byubyu@cbnu.ac.kr

Economic Forum, 세계경제포럼)의 Global Risks, IPCC의 기후변화 종합보고서 등이 이에 속하며, 미국, 영국, 캐나다, 호주에서는 리스크 관리 차원에서 기후변화 영향에 대응하고 있다. 하지만 국내에서는 정부와 민간 모두 기후변화에 따른 리스크 분석 결과를 의사결정에 반영한 사례가 드문 실정이며 리스크 평가나 관리방안에 대한 체계적인 연구가 충분히 이루어지지 않았다(Chae, 2013). 따라서 장기적인 관점에서 잠재적인 기후변화 피해에 대응하기 위해 리스크의 특성 분석이 필요하다.

이에 본 연구에서는 기후변화 리스크의 효율적 관리를 위해 리스크의 발생가능성 및 발생영향의 특성을 분석한 후, 리스크를 예방적 측면에서 좀 더 집중적으로 관리해야 하는 것과 대응적 측면에서 좀 더 집중적으로 관리해야 하는 것으로 구분하여 제시하고자 한다.

II. 선행연구 고찰

전 세계에서 발생하고 있는 기후변화 영향 및 위협은 각국의 외교정책과 안보, 자원 및 기반시설 그리고 금융 및 산업부문의 취약성을 증가시키고 악영향을 미치고 있으며 이러한 기후변화의 위협은 국제질서 교란, 무역마찰 증가, 등 다양한 모습으로 나타나며 국가간 갈등까지 고조시킬 가능성이 있다(Lee, et. al., 2013). 이를 볼 때, 사회의 민감한 부분, 취약한 계층, 네트워크,

거버넌스, 제도적 여건, 사회적 행태 등이 기후변화라는 외재적 요소와 더해져 리스크로 전환될 수 있다(Kim, 2015).

이러한 기후변화는 그 자체로서 불확실성을 내재하고 있기 때문에 기후변화로 인하여 나타날 기상현상의 다양성과 불확실성은 과학적 근거를 바탕으로 하고 있음에도 불구하고 온실가스의 배출, 자연적 조건의 변화, 인간 활동의 변화 등에 따라 달라질 수 있는 변동의 폭이 크다. 기후변화 리스크에 대한 분석은 불확실성이 큰 기후변화 현상에 대하여 현실적인 측면에서 관리해야 할 리스크가 무엇인지 밝혀주며, 그리고 직접적인 생활에서 이러한 불확실성과 기후변화 영향이 연결될 수 있는 중간 매개체로서 역할을 한다(Kim, et. al., 2012). 또한 이러한 과정에서 이용되는 전문가와 이해관계자들의 합의에 기초한 판단은 정책이 지향해야 할 목표를 설정하는 데 있어 불확실성을 현 수준에서 줄일 수 있는 근거를 제공한다(Kim, 2015).

기후변화 리스크(RISK)는 문헌에서 다양하게 정의되고 있는데, 기본적으로는 어떤 사건의 발생확률과 부정적인 결과의 곱으로 정의하고 있다(IPCC, 2014). 즉 기후변화 관점에서 이상기후에 해당하는 요인으로 인한 피해의 발생가능성과 그 규모로 볼 수 있다. 이는 위해(Hazard)의 취약성(Vulnerability), 노출(Exposure)의 관계로도 정의되어지며, 리스크 영향요인으로서 노출 및 취약성 관리에 초점을 맞춘 개념으로 볼 수 있다.

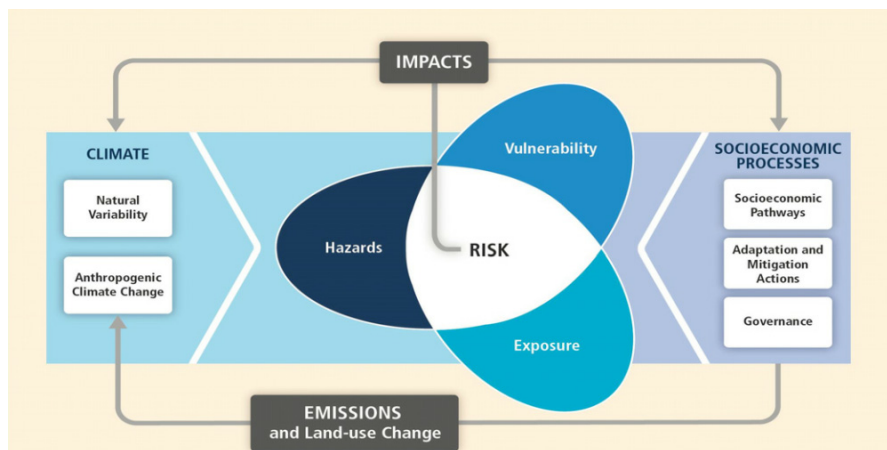


Figure 1. Risk triangle concept of IPCC(2014)

Table 1. Definition of sectoral risk

Classification	Study	Definition of Risk
Policy Analysis	Morgan & Henrion(1990)	Risk includes exposure to the likelihood or loss of injury
Disaster	UNDHA(1992)	Expected loss (life, injury, property loss, economic disruption, etc.) caused by specific disaster
	Smith(1996)	Risk = Probability × Loss from Specific Hazard Generation
	Stenchion(1997)	Possibility of risk contributing to the occurrence of a potential disaster
	Crichton(1999)	Risk is the probability of loss, consisting of three components: hazards, vulnerabilities, and exposure
	Downing, <i>et. al.</i> (2001)	Specific disasters for specific regions and periods. Expected losses due to disasters (life, injury, property loss, economic disruption, etc.)
	UNISDR(2004)	The probability of causing harmful consequences, or the expected loss due to hazards and vulnerabilities from nature and human behavior, Risk = Hazard × Vulnerability
	UNISDR(2009)	Risk = Possibility of event × Negative result
	Kobayashi & Poter(2012)	(Flood) Risk = hazard × exposure × vulnerability
Climate Change	IPCC (2001, 2007)	The function of the magnitude of the effect and the probability of the event Impact can be positive or negative and risk can be measured quantitatively or qualitatively
	Jones & Beer(2003)	A combination of probability and result
	Defra(2012)	Risk = probability of event × scale of event result
	Lee, <i>et. al.</i> (2012)	Risk = disaster × exposure × vulnerability The risk from the triangle of disaster, exposure, and vulnerability means loss probability
Climate change and industry	Australian Government (2006)	Risk = likelihood × result

※ Source: Chae, *et. al.*(2013)

현재 우리나라의 경우 기후변화 리스크에 대해서 발생 가능성 및 발생영향을 점수화하여 리스크 점수를 도출해낸 연구는 있으나 리스크의 중요도를 전체적으로 평가하였을 뿐 해당 리스크의 특성을 분석하여 개별 리스크에 대한 관리방향을 도출한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 전문가 설문을 통한 분야별 리스크 평가 결과를 바탕으로 리스크 특성요인을 도출해 개별 리스크에 대한 효율적 관리방향을 제시한다.

III. 연구방법

본 연구는 충청북도 지역의 분야별 기후변화 리스크의 특성을 분석하기 위하여 관련 연구기관 및 연구실적을 위주로 선정한 전문가 100명을 대상으로 충청북도에 대한 분야별 기후변화 리스크의 발생가능성 및 발생

규모 평가를 시행하였다. 리스크 목록은 국내 국가 및 지자체의 기후변화 적응대책과 국내외의 문헌조사를 통해 선정하였다. 대상지역 선정 이유는 충청북도가 국내 유일의 내륙도로 국가 기후변화 대응에 있어 의미를 가질 수 있기 때문이다. 조사는 E-mail을 활용한 온라인 설문조사로 이루어졌으며, 분야별 리스크 목록은 <Table 2>와 같다. 또한 매우 높음(5)부터 매우 낮음(1)까지 리커트식 5점 척도로 평가되었다. 건강 16부, 물 16부, 재난/재해 16부, 산림/생태계 17부, 산업/에너지 16부, 농축산 12부로 총 93부의 설문지를 회수하였다. 농업 분야의 경우, 표본 수가 너무 적어 분석의 신뢰성을 확인할 수 없어, 분석에서 제외되었다.

다음으로 분야별로 SPSS 24.0을 활용한 요인분석을 통해서 분야별 기후변화 리스크 사이 특성 분석을 시행하였으며, 요인추출방법은 Varimax 회전을 이용한 주

Table 2. Sub-items by category survey contents

Code	Contents	Code	Contents
1-01	Common infectious diseases caused by wild animals	2-11	Water quality deterioration due to algae due to rising temperature
1-02	Increase in food poisoning and waterborne infectious diseases due to precipitation and temperature changes	2-12	Increased risk of fish population death due to temperature rise
1-03	Summer morbidity and increased infectious diseases due to temperature and humidity rise (building fungus, fungus increase)	2-13	Destruction of water supply facilities (dam, water purification facilities, etc.)
1-04	Increase mortality rate of chronic disease patients due to rising temperature in winter	2-14	Influence on the operation of waterworks facilities (waterworks drugs, manpower, etc.)
1-05	Increase in winter morbidity and infectious diseases due to winter temperature rise (malaria, etc.)	2-15	Water quality deterioration due to rainfall pattern change
1-06	Allergen increase due to rising temperature (atopy etc.)	2-16	Economic losses due to heavy rain and river and canal-related transportation and industry
1-07	Increased morbidity and epidemics due to rising temperatures	2-17	Destruction of repair facilities due to flood (river bank, etc.)
1-08	Increase of mediator disease by mediated insects	2-18	Increased frequency of storms threatens dam stability
1-09	Increased mortality due to heat	2-19	Decrease in river water intake due to freezing of river water (stoppage of water intake station, etc.)
1-10	Increased warmth due to heat	2-20	Degradation of national water resources supply due to rainfall patterns
1-11	Increased cardiovascular disease due to heat	2-21	Drainage facilities due to increase in urban sediment drainage
1-12	Increased impacts on vulnerable populations due to intense urban heat island phenomenon caused by heat	2-22	Damage to repair facilities such as dams due to increased soil and turbid water
1-13	Increased winter mortality rate due to abnormal low temperature phenomenon	3-01	Degradation and paralysis of airports, highways, railways, etc. due to flooding due to heavy rain
1-14	Increased respiratory disease due to abnormal low temperature phenomenon	3-02	Declining function and paralysis due to highway, railway, etc.
1-15	Increased cardiovascular disease due to abnormal low temperature phenomenon	3-03	Water shortage required for building maintenance
1-16	Second health damage caused by drought (malnutrition, mental illness, etc.)	3-04	Decrease urban greenery function and risk of drought due to drought
1-17	Increased mortality rate from disaster	3-05	Ground subsidence due to heavy rains and increased risk of slope and retaining wall collapse
1-18	Increased injury due to disaster	3-06	Increased risk of collapse of rivers, bridges, etc. due to heavy rainfall
1-19	Increased mental illness caused by disaster	3-07	Influence of flood-related infrastructure and paralysis
1-20	Increased injuries due to falls on ice	3-08	Increased risk of damage to cultural properties and sites due to flooding
1-21	Increased mortality due to UV exposure	3-09	Floods increase disaster waste and waste mixed discharge
1-22	Increased disease caused by ultraviolet exposure (skin cancer, cataract, etc.)	3-10	Increased risk of collapse of old buildings due to heavy snow
1-23	Increased mortality rate due to short-term sudden weather changes	3-11	Infrastructure facilities (public cultural sports facilities, health and sanitation facilities, etc.) by increased snow load Increasing the risk of collapse of structures
1-24	Increased disease due to short-term sudden weather changes	3-12	Degradation and paralysis of traffic facilities such as roads, railways, and subways due to heavy snow
1-25	Increased mental illness due to short-term sudden weather changes	3-13	Increased risk of damage and collapse of hypothetical buildings (greenhouses, houses, etc.) caused by heavy snow
2-01	Drought-related river runoff	3-14	Increased risk of homelessness in vulnerable areas due to heavy snow
2-02	Eutrophication of rivers due to drought	3-15	Increased risk of damaging the coastal zone
2-03	Lack of drinking water (drinking water, etc.) due to drought	3-16	Increased risk of cracks and damage due to deepening climate change
2-04	Drought-related shortage of power generation water	3-17	Increased risk of volume expansion in distribution facilities (gas, oil supply facilities) due to heat
2-05	Lack of industrial water due to drought		
2-06	Undeveloped groundwater due to lack of water		
2-07	Increased water supply gap between regions / strata due to drought		
2-08	Water ecological change due to rainfall pattern change		
2-09	Increase of water demand due to increase of crop evapotranspiration		
2-10	Water ecological change due to rising temperature		

Table 2. Sub-items by category survey contents(Continued)

Code	Contents	Code	Contents
3-18	Deepening urban heat island effect	4-23	Air quality deterioration due to increased volatile organic compound (VOC) emissions from trees
3-19	Soil dryness due to drought, resulting in increased risk of soft ground and slope instability	5-01	Decrease cooling efficiency of power plant due to increased water temperature
3-20	Increased risk of road pavement and rail damage due to high temperatures	5-02	Worsening water quality of cooling water for power generation due to increased water temperature
3-21	Common infectious diseases caused by wild animals	5-03	Damage or reduced efficiency of power generation facilities and transmission and distribution facilities
3-22	Increase in food poisoning and waterborne infectious diseases due to precipitation and temperature changes	5-04	Expenses for transport, storage and management of raw materials
3-23	Damage and paralysis of airport facilities due to strong winds	5-05	Increased power supply instability due to increased heating and cooling demand
3-24	Damage and supply paralysis of distribution facilities (electricity supply facilities, broadcasting communication facilities, etc.) caused by strong winds	5-06	Increase costs of climate change compliance
3-25	Building damage caused by strong winds	5-07	Increased risk of industrial water shortage and water treatment cost due to deterioration of water quality
3-26	Damage to street facilities (signs, signs, etc.) caused by strong winds	5-08	Increased energy costs due to rising energy demand worldwide
4-01	Accelerating the change of ecological status of species by climate change	5-09	Decreased production efficiency
4-02	Accelerating the endangered species of native and native species vulnerable to climate change	5-10	Increased costs to protect production facilities from heatwaves / cold waves
4-03	Changes in growth and survival rate of each species due to climate change	5-11	Increase in demand for consumer goods suitable for heat / cold wave
4-04	Changes in primary production of living organisms due to climate change	5-12	Increase in raw material supply instability and raw material price rise due to infrastructure damage such as roads
4-05	Dehydration due to lack of soil moisture and drying due to drought in spring	5-13	Increase in unit price of industrial sector due to rising electricity price
4-06	Increased water shortage in forest areas due to rising temperatures	5-14	Repair cost and production cost increase due to damage to production facility and decrease in efficiency
4-07	Changes in flooding and floodplain due to heavy rainfall	5-15	Loss due to delays in shipment
4-08	Occurrence of species in which spatial movement due to climate change is a crisis or opportunity	5-16	Increase insurance cost by rising insurance rate due to disaster risk
4-09	Seasonal discrepancy due to temperature changes	5-17	Increased demand for weather-related industries such as heat / cold / heavy rain / heavy snow
4-10	Changes in ecosystem due to changes in winter snowfall	5-18	Opportunity to increase sales in environment consulting industry, energy efficient appliance industry and new & renewable industry
4-11	Soil erosion with increasing precipitation and intensity	5-19	Reduced labor productivity and labor time due to precipitation and temperature changes
4-12	Increase of organic spill with increasing precipitation and intensity	5-20	Increase in construction demand due to destruction of various facilities and infrastructure
4-13	Increase of low water level due to drought and water demand	5-21	Increased possibility of insurance industry loss due to abnormal weather
4-14	Changes in soil microbial activity due to climate change	5-22	Increasing winter recreational loss due to climate change (skiing etc.)
4-15	Variation of spawning velocity due to sedimentation and constant erosion	5-23	Activation of summer recreation by climate change (water sports, etc.)
4-16	Change of growth environment due to cold waves and loss of greenery function	5-24	Degradation of worker accessibility due to abnormal weather such as heavy rains and heavy snow
4-17	Increase survival rate of pests in winter		
4-18	Increased wood yield and carbon absorption due to increased production of some species		
4-19	Decrease in production and quality of short-term forest products due to weather disasters		
4-20	Reduction of cold wave damage due to winter temperature increase		
4-21	Increase in tree damage due to incomplete or delayed hardening in winter		
4-22	Forest damage due to heavy rain		

1-: health, 2-: water, 3-: disaster / disaster, 4-: forest / ecosystem, 5-: industry / energy

성분 분석을 사용하였다. 요인 수의 경우에는 고유치가 1.0 이상 중 스크리 도표를 기준으로 결정하였고 인자 부하량은 0.6 이상의 인자를 분류하였다. 결과는 적합도가 큰 값부터 순차적으로 제시하였다.

IV. 연구결과

1. 건강분야 요인분석 결과

건강분야의 요인분석결과로 발생가능성과 발생영향 각각 전변동의 62.43%, 68.96%의 설명력을 가지며 요인이 2개씩 도출되었다. 먼저 발생가능성의 경우 제 1요인은 '이상기후에 대한 지속적인 노출로 인한 건강피해'로 분류되었으며, Risk 1-16, 1-20, 1-12, 1-11, 1-19는 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제

2요인은 '기온변화 및 재난으로 인한 질병발생'으로 분류되었으며, Risk 1-03은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 발생영향의 경우 제 1요인은 '기온변화로 인한 건강영향'로 분류되었으며, Risk 1-01은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 2요인은 '재난 및 극한기후로 인한 건강피해'로 분류되었다.

2. 물분야 요인분석 결과

물 분야의 요인분석결과로 발생가능성과 발생영향 각각 전변동의 69.46%, 70.02%의 설명력을 가지며 요인이 3개씩 도출되었다. 먼저 발생가능성의 경우 제 1요인은 '이상기후로 인한 수리 시설물 피해 및 수생환경 악화'로 분류되었으며, Risk 2-09, 2-17, 2-20은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 2요인은

Table 3. Analysis of health sector risk factors

Likelihood(62.43%)			Impact(68.96%)				
RISK	factor1	factor2		RISK	factor1	factor2	
1-24	0.861	0.062	Health damage caused by continuous exposure to an abnormal climate	1-15	0.887	-0.149	Health effects due to temperature changes
1-23	0.858	0.249		1-20	0.873	0.036	
1-14	0.848	0.062		1-03	0.868	-0.074	
1-07	0.775	0.124		1-14	0.848	-0.209	
1-08	0.762	0.440		1-24	0.813	-0.222	
1-15	0.736	0.311		1-22	0.797	-0.031	
1-22	0.735	0.204		1-09	0.785	0.497	
1-09	0.735	0.521		1-23	0.777	-0.286	
1-06	0.732	-0.054		1-08	0.772	-0.197	
1-13	0.731	0.119		1-13	0.760	-0.354	
1-10	0.688	0.475		1-21	0.756	-0.314	
1-25	0.649	0.369		1-06	0.754	-0.019	
1-21	0.602	0.385		1-07	0.744	0.411	
1-16	0.588	0.218		1-02	0.742	-0.361	
1-20	0.570	0.460		1-25	0.736	-0.197	
1-12	0.567	0.500		1-04	0.730	-0.182	
1-11	0.500	0.488		1-05	0.729	-0.312	
1-19	0.383	0.363		1-10	0.672	0.630	
1-01	0.010	0.872	1-16	0.610	-0.465	Health damage caused by disasters and extreme weather	
1-04	-0.142	0.853	1-01	0.561	-0.418		
1-17	0.298	0.798	1-19	0.347	0.769		
1-18	0.384	0.782	1-18	0.514	0.763		
1-02	0.481	0.743	1-11	0.619	0.691		
1-05	0.094	0.704	1-12	0.415	0.643		
1-03	0.438	0.569	1-17	0.419	0.622		

Table 4. Analysis of water sector risk factors

Likelihood(69.46%)				Impact((70.02%)					
RISK	factor1	factor2	factor 3		RISK	factor1	factor2	factor 3	
2-22	0.882	0.114	-0.129	Damage to repair facilities due to abnormal weather and aggravation of the aquatic environment	2-18	0.853	0.144	0.070	Worsening of waterside environment due to abnormal climate
2-21	0.843	0.272	-0.257		2-10	0.852	0.315	-0.250	
2-11	0.814	0.293	0.067		2-17	0.836	0.253	0.092	
2-10	0.780	0.425	0.275		2-15	0.835	0.314	-0.115	
2-14	0.771	-0.189	0.259		2-11	0.782	0.209	-0.285	
2-08	0.656	0.564	0.054		2-12	0.764	-0.024	-0.066	
2-18	0.615	-0.457	0.254		2-02	0.755	0.263	0.140	
2-09	0.545	0.275	0.355		2-08	0.729	0.094	-0.437	
2-17	0.522	0.308	0.336		2-06	0.722	-0.414	0.289	
2-20	0.501	0.056	0.360		2-07	0.707	0.508	0.050	
2-02	0.132	0.854	0.143		2-22	0.694	0.303	-0.269	
2-12	0.085	0.784	0.474	2-01	0.687	0.049	0.070		
2-06	0.353	0.779	0.180	2-13	0.552	0.542	0.138		
2-01	0.248	0.756	-0.002	2-14	0.154	0.845	0.022		
2-15	0.408	0.687	0.396	2-19	0.131	0.827	-0.181		
2-07	-0.036	0.674	0.480	2-20	0.023	0.778	0.133		
2-19	-0.034	0.577	0.428	2-16	0.501	0.540	0.105		
2-04	0.093	0.118	0.903	2-09	0.346	0.537	-0.379		
2-05	-0.168	0.267	0.857	2-05	0.028	0.052	0.891		
2-16	0.274	0.104	0.681	2-04	-0.039	-0.054	0.790		
2-03	0.199	0.271	0.648	2-03	0.263	0.443	0.703		
2-13	0.568	0.253	0.627	2-21	0.523	0.326	-0.650		

‘이상기후로 인한 하천건천화 및 하천수질 악화’로 분류되었으며, Risk 2-19는 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 3요인은 ‘이상기후로 인한 용수부족 등 경제적 피해’로 분류되었다. 발생영향의 경우 제 1요인은 ‘이상기후로 인한 수변환경 악화’로 분류되었으며, Risk 2-13은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 2요인은 ‘수자원 공급 저해’로 분류되었으며, Risk 2-16, 2-09는 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 3요인은 ‘이상기후로 인한 용수부족 및 배수시설물 피해’로 분류되었다.

3. 재난/재해분야 요인분석 결과

재난/재해 분야의 요인분석결과로 발생가능성과 발생영향 각각 전변동의 63.08%, 66.13%의 설명력을 가지며 요인이 2개씩 도출되었다. 먼저 발생가능성의 경

우 제 1요인은 ‘고온, 가뭄, 홍수, 폭염으로 인한 기후피해’로 분류되었으며, Risk 3-22, 3-02, 3-06은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 2요인은 ‘대설 및 강풍으로 인한 기후피해’로 분류되었으며, Risk 3-15, 3-05, 3-09는 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 발생영향의 경우 제 1요인은 ‘대설, 강풍, 고온으로 인한 건축물 및 사회기반시설 피해’로 분류되었으며, 제 2요인은 ‘폭염, 강수량 증가, 가뭄으로 인한 환경 및 도시기반시설 피해’로 분류되었다. Risk 3-09, 3-03은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다.

4. 산림/생태계 분야 요인분석 결과

산림/생태계 분야의 요인분석결과로 발생가능성과 발생영향 각각 전변동의 53.06%, 74.35%의 설명력을 가지며 요인이 2개씩 도출되었다. 먼저 발생가능성의 경우 제 1요인은 ‘고온, 가뭄, 홍수, 폭염으로 인한 기후

Table 5. Analysis of disaster sector risk factors

Likelihood(63.08%)			Impact(66.13%)				
RISK	factor1	factor2		RISK	factor1	factor2	
3-17	0.901	0.130	Climate damage due to high temperature, drought, flood, and heat	3-11	0.944	0.114	Damage to buildings and infrastructure caused by heavy snow, strong winds, and high temperatures
3-21	0.873	0.231		3-25	0.942	0.057	
3-03	0.856	0.240		3-10	0.916	0.047	
3-20	0.840	0.331		3-26	0.908	-0.005	
3-18	0.837	0.306		3-14	0.879	0.018	
3-08	0.777	0.354		3-22	0.868	0.287	
3-19	0.772	-0.237		3-12	0.859	-0.153	
3-16	0.771	0.139		3-20	0.852	-0.089	
3-07	0.668	0.304		3-13	0.846	0.097	
3-04	0.659	0.376		3-21	0.835	0.227	
3-22	0.588	0.553		3-08	0.723	0.195	
3-02	0.535	0.432		3-23	0.697	0.398	
3-06	0.468	0.145		3-24	0.635	0.584	
3-12	0.028	0.922		Climate damage due to heavy snow and strong winds	3-18	0.178	
3-10	0.071	0.864	3-19		-0.309	0.776	
3-13	0.023	0.859	3-01		0.278	0.771	
3-14	0.031	0.814	3-16		0.192	0.762	
3-26	0.386	0.759	3-07		0.173	0.750	
3-11	0.406	0.725	3-04		0.023	0.744	
3-24	0.519	0.652	3-15		0.388	0.735	
3-25	0.511	0.637	3-05		-0.023	0.704	
3-23	0.323	0.614	3-17		0.520	0.696	
3-01	0.533	0.588	3-06		-0.102	0.678	
3-15	0.318	0.541	3-02		0.226	0.668	
3-05	0.394	0.474	3-09		-0.171	0.464	
3-09	0.301	0.357	3-03		0.331	0.341	

Table 6. Risk factor analysis results in the forest / ecosystem sectors

Likelihood(53.06%)			Impact(74.35%)				
RISK	factor1	factor2		RISK	factor1	factor2	
4-22	0.856	0.070	Damage to forestry and trees and Changes of growth environment due to climate disasters	4-01	0.811	0.457	Biological change and forestry damage due to climate change
4-07	0.788	0.200		4-05	0.810	0.197	
4-14	0.784	0.229		4-17	0.799	0.374	
4-12	0.745	0.076		4-03	0.781	0.444	
4-16	0.705	-0.049		4-02	0.761	0.288	
4-18	0.657	0.404		4-08	0.758	0.486	
4-19	0.643	0.310		4-04	0.742	0.234	
4-23	0.633	-0.298		4-09	0.725	0.519	
4-21	0.614	0.433		4-11	0.724	0.535	
4-15	0.578	0.333		4-19	0.721	0.551	
4-11	0.547	0.455		4-13	0.696	-0.016	
4-04	0.515	0.341		4-14	0.684	0.595	
4-13	0.436	-0.009		4-18	0.648	0.613	
4-06	0.369	0.082		4-07	0.636	0.593	
4-08	-0.147	0.884	Changes in Ecological Status and Biological Characteristics due to Climate Change	4-23	-0.104	0.874	Change of growth environment and decrease of greenery due to weather disaster
4-01	0.147	0.856		4-21	0.385	0.848	
4-02	0.080	0.838		4-16	0.435	0.844	
4-03	0.196	0.811		4-12	0.259	0.788	
4-09	0.331	0.786		4-06	0.396	0.726	
4-10	0.399	0.615		4-22	0.509	0.707	
4-17	0.338	0.555		4-10	0.588	0.647	
4-05	0.293	0.496		4-15	0.589	0.622	
4-20	-0.178	0.494		4-20	0.429	0.476	

피해'로 분류되었으며, Risk 3-22, 3-02, 3-06은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 2요인은 '대설 및 강풍으로 인한 기후피해'로 분류되었으며, Risk 3-15, 3-05, 3-09는 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 발생영향의 경우 제 1요인은 '기후변화에 따른 생물 종 변화 및 임업 피해'로 분류되었으며, 제 2요인은 '기상재해로 인한 생육환경 변화 및 녹지감소'로 분류되었다. Risk 3-09, 3-03은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다.

5. 산업/에너지 분야 요인분석 결과

산업/에너지 분야의 요인분석결과로 발생가능성과 발생영향 각각 전변동의 56.44%, 60.80%의 설명력을 가지며 요인이 2개씩 도출되었다. 먼저 발생가능성의

경우 제 1요인은 '기후변화에 따른 사회적 비용 증가 및 산업생산저해'로 분류되었으며, Risk 3-22, 3-02, 3-06은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 제 2요인은 '기후변화에 따른 계절산업 및 대응산업 영향'로 분류되었으며, Risk 3-15, 3-05, 3-09는 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다. 발생영향의 경우 제 1요인은 '기후변화에 따른 사회적 비용 증가 및 산업생산저해'로 분류되었으며, 제 2요인은 '기후변화에 따른 계절산업 및 대응산업 영향'로 분류되었다. Risk 3-09, 3-03은 인자부하량이 0.6을 넘지 못해 제외되었다.

6. 종합분석

각 분야별 발생가능성 및 발생영향에서의 도출된 특성을 영향력이 큰 요인 순으로 보면 다음과 같다. 첫째,

Table 7. Analysis of industry / Energy sector risk factors

Likelihood(56.44%)				Impact(60.80%)			
RISK	factor1	factor2		RISK	factor1	factor2	
5-09	0.897	0.175	Increasing social costs and inhibiting industrial production due to climate change	5-01	0.924	0.000	Increasing social costs and inhibiting industrial production due to climate change
5-01	0.836	0.043		5-02	0.849	-0.120	
5-04	0.816	-0.182		5-14	0.845	0.361	
5-12	0.796	0.279		5-04	0.832	0.027	
5-14	0.796	0.165		5-09	0.809	-0.027	
5-16	0.745	0.506		5-21	0.803	0.318	
5-02	0.735	0.161		5-12	0.793	0.196	
5-20	0.733	0.299		5-20	0.792	0.111	
5-19	0.678	0.071		5-05	0.761	0.149	
5-05	0.670	-0.200		5-03	0.670	-0.060	
5-03	0.657	0.149		5-15	0.658	0.198	
5-10	0.657	0.441		5-13	0.646	0.390	
5-24	0.644	0.236		5-08	0.629	0.124	
5-15	0.641	0.048		5-19	0.601	0.214	
5-08	0.640	-0.043		Impact of climate change on seasonal and response industries	5-07	0.596	
5-07	0.576	0.478	5-24		0.537	0.030	
5-06	0.548	0.365	5-16		0.524	0.399	
5-21	0.548	0.244	5-23		-0.042	0.931	
5-13	0.366	0.082	5-17		0.079	0.885	
5-23	-0.260	0.858	5-11		0.311	0.860	
5-18	0.179	0.769	5-18		-0.239	0.857	
5-17	0.252	0.760	5-22		0.111	0.709	
5-11	0.099	0.740	5-06		0.340	0.606	
5-22	0.072	0.693	5-10		0.461	0.480	

건강분야의 발생가능성에서는 이상기후에 대한 지속적인 노출로 인한 건강피해, 기온변화 및 재난으로 인한 질병발생이, 발생영향에서는 기온변화로 인한 건강영향, 재난 및 극한기후로 인한 건강피해가 나타났다. 둘째, 물 분야의 발생가능성에서는 이상기후로 인한 수리시설물 피해 및 수생환경 악화, 이상기후로 인한 하천건천화 및 하천수질 악화, 이상기후로 인한 용수부족 등 경제적 피해가, 발생영향에서는 이상기후로 인한 수변환경 악화, 수자원 공급저해, 이상기후로 인한 용수부족 및 배수시설물 피해가 나타났다. 셋째, 재난/재해 분야의 발생가능성에서는 고온, 가뭄, 홍수, 폭염으로 인한 기후피해, 대설 및 강풍으로 인한 기후피해가, 발생영향에서는 대설, 강풍, 고온으로 인한 건축물 및 사회기반시설 피해, 폭염, 강수량 증가, 가뭄으로 인한 환경 및 도시기반시설 피해가 나타났다. 넷째, 산림/생태계 분야의 발생가능성에서는 기상재해로 인한 임업 및 수목피해와 생물환경 변화, 기후변화에 따른 생태지위 및 생물 종 특성 변화가, 발생영향에서는 기후변화에 따른 생물 종 변화 및 임업 피해, 기상재해로 인한 생물환경 변화 및 녹지감소가 나타났다. 다섯째, 산업/에너지 분야에서는 발생가능성과 발생영향 모두에서 기후변화에 따른 사회적 비용 증가 및 산업생산저해, 기후변화에 따른 계절산업 및 대응산업 영향이 나타났다. 이처럼 지역의 기후변화 리스크에서 발생가능성과 발생영향을 분석하였을 때 산업/에너지 분야처럼 결과가 동일하게 나오는 경우도 있지만, 다른 분야들처럼 상이하게 나오는 경우가 더 많다. 또한 세부적으로 살펴보면 각각의 리스크의 경우에는 두 측면에서 가지는 중요성의 정도의 차이가 더욱 명확히 드러난다.

V. 결론

본 연구에서는 기후변화 리스크의 효율적 관리를 위해 발생가능성 및 발생영향의 특성을 분석하여 예방적 측면을 좀 더 집중적으로 관리해야 하는 리스크와 대응적 측면을 좀 더 집중적으로 관리해야 하는 리스크를

구분하였다. 이에 전문가 설문을 통한 리스크 평가를 실시하였고 그 결과에 대한 요인 분석을 통해 분야별 리스크들이 발생원인 및 결과에 따라 어떤 요인들로 분류되며, 발생가능성과 결과에서의 요인별 연관성을 확인할 수 있었다. 이를 통해 기후변화 리스크를 관리함에 있어서, 리스크별로 예방적 측면에서 좀 더 집중적으로 관리해야 하는 요인과 대응적 측면을 좀 더 집중적으로 관리해야 하는 요인을 구분하여 지역 기후변화에 효율적으로 대응하는 데에 활용할 수 있다. 하지만 리스크 평가자체가 굉장히 정성적인 평가이기 때문에, 결과에 대한 객관성을 높일 수 있는 방안이 필요하며 현재 이에 대한 정량화 연구가 수행 중인데 차후에 이를 반영하여 연구범위를 확대하는 것이 필요하다.

References

- Che, Yeo Ra, et. al. 2013. *Development of a Climate Change Risk Management Framework to Minimize National Risks*. Korea Environmental Policy and Evaluation Institute.
- Che, Yeo Ra, et. al. 2014. *Analysis of Socio-economic Impacts of Climate Change Using Indicator Based Approach*. Korea Environmental Policy and Evaluation Institute.
- DEFRA. 2012. *The UK Climate Change Risk Assessment 2012 Evidence Report*.
- Go, Gye Seong. 2011. Residents' Perceptions toward Marine Tourism Development: A Case of Jinhae in Changwon City. *International Journal of Tourism and Hospitality Research*. 25(2): 41-54.
- HM Government. 2012. *UK Climate Change Risk Assessment: Government Report*.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Joe, Gwang U, et. al. 2014. *Study on Quantifying Risk of the Effects of Climate Change*. Korea Environmental Policy and Evaluation Institute.
- Jones, R. and R. Boer. 2003. *Assessing Current Climate Risks*

- Adaptation Policy Framework: A Guide for Policies to Facilitate Adaptation to Climate Change.* UNDP.
- Kang, Yeon Geun, Yoon Jung Ahn, and Chang Sug Park, 2016, Analysis of the Importance of Climate Change Adaptation Strategies and Systematization. *Korea Environmental Policy Association*. 24(1): 243-262.
- Kim, Dong Hyeon, et. al. 2012. UK Climate Risk Assessment (CCRA 2012) and Policy Implications. *Environment Forum*. 16(7): 1-8
- Kim, Dong Hyeon. 2015. Risk Assessment and Classification for Adaptation to Climate Change: Apply Qualitative Risk Assessment Methodology in UK. *Korea Environmental Policy Association*. 14(1): 53-83.
- Kim, Mi Suk, Jae Kyung Koh, and Ji Hyun Kim. 2007. A Study on Factors Determining the Public Support of Climate Policy. *Journal of Korea Planning Association*. 42(4): 233-247.
- Lee, Su Jae, et. al. 2013. *A Study of Countermeasures against Climate Risks in Response to Adaptation Strategies for Climate Change in Strategic Partner Nations.* Korea Environmental Policy and Evaluation Institute.
- Park, Chang Seok, et. al. 2014. *Climate-Environmental Risks Outlook and the National Strategy(I).* Korea Environmental Policy and Evaluation Institute.
- Woo, Hye Mi, Yong Un Ban, Kyung Min Han, and Jong In Baek, 2012. The Development of Eco-village Planning Indicators for Sustainability. *Journal of Korean Society of Rural Planning*. 18(2): 1-11.
- Korean References Translated from the English*
- 강영은, 안윤정, 박창석. 2016. 기후변화 적응 전략 중요도 분석 및 유형화. *환경정책*. 24(1): 243-262.
- 고계성. 2011. 해양관광개발에 따른 관광지 지역주민의 관광영향 인식 차이 연구- 경남 창원 진해를 중심으로. *관광연구저널*. 25(2): 41-54.
- 김동현, 박창석. 2012. 영국의 기후변화 리스크평가(CCRA 2012)와 정책적 의미. *환경포럼*. 16(7): 1-8.
- 김동현. 2015. 기후변화 적응을 위한 리스크 평가 및 유형화: 영국의 정성적 리스크 평가 방법론 적용. *환경정책연구*. 14(1): 53-83.
- 김미숙, 고재경, 김지현. 2007. 기후변화정책에 대한 주민지지 결정요인- 경기도 4개 시·군 주민을 대상으로. *국토계획*. 42(4): 233-247.
- 박창석 외. 2014. 기후환경 리스크 전망과 국가전략(I). 한국환경정책평가연구원.
- 우혜미, 반영운, 한경민, 백종인. 2012. 지속가능성 확보를 위한 생태마을 계획요소 개발. *농촌계획*. 18(2): 1-11.
- 이수재 외. 2013. 국가별 기후변화 적응전략에 따른 우리나라의 리스크 대응방안 연구. 한국환경정책평가연구원.
- 조광우 외. 2014. 기후변화에 따른 국가 리스크 정량화 연구 I. 한국환경정책평가연구원.
- 채여라 외. 2013. 국가리스크 최소화를 위한 부문별 리스크 요인 파악 및 관리방안 분석. 한국환경정책평가연구원.
- 채여라 외. 2014. 지표기반 접근법을 이용한 기후변화의 사회·경제적 영향 분석 및 전망. 한국환경정책평가연구원.

효율적 리스크 관리를 위한 기후변화 리스크 발생가능성 및 영향 특성 분석

— 충청북도를 대상으로 —

국문초록 산업의 발달로 전 세계적인 지구온난화가 진행되었고, 이로 인한 급격한 기후변화가 세계 각처에서 일어나고 있다. 하지만 현재 기후변화 문제의 심각성에도 불구하고 기후변화 리스크 관리에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 기후변화 리스크의 효율적 관리를 위해 발생가능성 및 발생영향의 특성을 분석하고자 한다. 이를 위해 국내외 문헌조사를 통해 리스크 목록을 작성하고 전문가 설문을 실시하여 각각의 리스크에 대한 발생가능성 및 영향을 평가한 후 SPSS를 통해 요인분석을 실시하였다. 분석결과, 각각의 리스크 부문에서 중요하게 평가된 요인 특성을 도출하였고, 발생가능성과 발생영향간의 특성차이도 확인하였다. 이를 통해 기후변화 리스크를 효율적으로 관리하기 위해 예방적 측면을 집중적으로 관리해야 하는 리스크와 대응적 측면을 집중적으로 관리해야 하는 리스크를 구분할 수 있었다.

주제어 : 기후변화, 기후변화적응, 요인분석, 기후변화 리스크, 리스크 평가

Profiles **In Chul Go** : He received his B.S. from Chungbuk National University, Korea in 2017. He is at Master's course in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included climate change adaptation, eco industrial development(gan153@nate.com).

Jong In Back : He received his M.A. from Chungbuk National University, Korea in 2008. He finished the coursework in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included sustainable development, urban spatial configuration, eco-industrial park, climate change, and environmental justice(yahoback@nate.com).

Na Eun Hong : She received her B.S. from Chungbuk National University, Korea in 2015. She is at Master's course in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. Her research interests included climate change adaptation, urban regeneration(kongna92@nate.com).

Yong Un Ban : He received his M.A. from Yonsei University and Ph.D. from University of Pennsylvania. He is a professor of the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included sustainable development, urban spatial configuration, LID(Low Impact Development), EIP(Eco Industrial Park), climate change, and environmental justice. He has published 78 articles in journals and written 5 co-author books(byubyu@chungbuk.ac.kr).