

지방자치단체 적응대책을 위한 기후변화 취약성 평가

이경진¹ · 차정우²

¹공주대학교 조경학과 · ²충남발전연구원 환경생태연구부
(2015년 2월 5일 접수, 2015년 3월 2일 수정, 2015년 3월 26일 게재 확정)

Assessing Climate Change Vulnerability for Tuning the Local Government's Countermeasure

Gyeongjin Lee¹ · Jungwoo Cha²

¹Department of Landscape Architecture, Kongju National University
²Department of Environment & Ecology Research, Chungnam Development Institute
(Received 5 February 2015, Revised 2 March 2015, Accepted 26 March 2015)

Abstract : The necessity of climate change adaptation has steadily increased due to the increasing meteorological disasters. The authority supports the vulnerability assessment tools for tuning the local governments' countermeasure. However, the results by the vulnerability assessment tools have not been clear enough. The current study aims to collect and analyse a variety of raw data for proving the unclear assessments. The paper identifies climate change-vulnerable areas by overlapping the modified results and pervious results. The climate change-vulnerable areas included the regions having high impacts on meteorological disasters.

In a nutshell, the paper contributes to the identification of the vulnerable areas for the local government's planning the provision against climate change. The local governments are obliged to establish the climate change action plan by 2015. The results of the current paper would help providing reliable data and planning the countermeasure against climate change. Korea is exposed to the climate change vulnerability such as increasing elderly population, high density of urban areas. In order to respond the climate change vulnerability efficiently, this study potentially suggests a primary research method for resolving the climate change vulnerability.

Key Words : climate change, adaptation, vulnerable areas

주요어 : 기후변화, 적응, 취약지역

1. 서론

성장위주의 발전정책으로 인류는 눈부신 경제성

장을 이룩하였으나 환경은 심각하게 훼손되어 졌다. 환경 훼손의 대표적인 원인 중 하나인 온실가스 배출의 급증은 지구온난화 및 기후변화를 야기

하고 있다. 이에 따른 위기를 인식한 많은 국가들은 IPCC를 중심으로 교토의정서를 수립하고, 온실가스 감축을 위한 협약을 체결하는 등 공동의 대응방안을 마련하고 있다. 그러나 IPCC(2014)에서 2000~2010년간 전세계 온실가스 배출량이 이전보다 더 급격히 증가 하였다고 보고한 것과 같이 아직 그 효과가 미흡한 것이 사실이다.

이러한 현실을 고려할 때 기후변화에 따라 야기되는 각종 기상재해 등에 효과적으로 대응하기 위한, 기후변화 적응대책 수립의 필요성은 더욱 높아지고 있다. 우리나라의 기후변화 적응대책은 “저탄소 녹색성장 기본법”에 따라 국가와 광역지자체까지 수립되었고, 법 개정에 따라 2015년부터 기초지자체까지 수립하게 되어있다.

기후변화 적응대책은 기후변화로 인한 위험을 최소화하고 새로운 발전 기회를 최대화하려는 전략으로, 기후변화로 인한 영향을 예측하고 취약성을 평가하는 등 통합분석을 토대로 마련하여야 한다(Korea Environment Institute). 특히 전국 평균 재정자립도가 2009년 53.6%에서 2014년 44.8%(Ministry of Security and Public Administration, 2014)로 해마다 감소하고 있는 재정여건상, 기후변화 적응대책 수립을 계획 중인 기초지자체는 기후변화에 취약한 분야를 파악하고 이에 따른 대책을 마련하는 것이 가장 경제적이고 효과적인 방안이라 할 수 있다.

지자체의 경우 적응대책 수립을 위한 경험과 전문성, 시간 및 예산 등의 역량과 인프라가 부족한 실정이다. 이에 국가에서는 지역기반 계획수립의 원활한 추진과 효율성을 도모하고자 취약성 평가 지도와 평가자료(CCGIS 및 LCCGIS)를 제공하였다. 하지만 제공된 자료 중 지역 특성 및 현실과 불일치하는 것이 나타나고, 지자체 차원에서 취약성 평가를 위한 관련자료 수집에 한계가 발생하면서 평가결과의 불확실성 등이 제시되었다(Korea

Environment Institute, 2013).

이런 관점에서 본 연구는 기후변화 취약성과 관련된 각 분야별 자료를 분석하여, 보다 신뢰성 높은 분야별 취약성 평가를 실시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

기후변화 취약성은 기후변화의 다양한 영향들에 노출되었을 때, 그 영향들에 대한 노출, 민감도, 적응능력의 함수로 정의된다(Ministry of Environment and National Institute of Environmental Research, 2013). 국내 취약성 평가는 국가에서 지자체에 제공한 기후변화 취약성 평가도구인 CCGIS(광역지자체를 대상으로 시·군별 취약성 평가)와 LCCGIS(기초지자체를 대상으로 읍면동별 취약성 평가)을 기준으로 했을 때, 건강·재난/재해·농업·산림·생태계·물관리·해양/수산업 등 7개 분야로 구분된다.

건강분야는 온도상승에 따라 호흡기에 영향을 미치는 오존이 증가하고(Ju, 2008), 감염병이 증가(Korea Institute for Health and Social Affairs, 2008) 한다고 분석된 것처럼, 기상재해, 극한기후, 대기오염, 감염병에 의한 건강 취약성과 연관된다. 이와 관련되어 Shin and Lee(2014)는 기상요소, 질환분포, 환경영향, 취약계층, 사회여건, 보건의료체계 등 6개 하부 지표를 설정하고 매개체 감염병, 홍수, 폭염, 대기오염/알레르기 등 네 가지 건강영향별 취약성 평가를 실시하였다.

재난/재해분야는 Korea Environment Institute(2012)가 RCP 8.5 시나리오에 의한 해수면 상승과 100년 빈도 폭풍해일을 반영하여 산출한 범람도상, 기존 산업단지의 57.5%가 침수된다고 분석한 것처럼 기상재해, 극한기후에 의한 기반시설 취약성과 연관된다. Son *et al.*(2011)은 IPCC 기후변화

시나리오 모델을 통해 홍수취약성 인자를 선정한 후, 홍수유출의 특성을 분석하고 홍수 취약성지수를 개발하였다. 또한 Kim *et al.*(2014)은 해수면상승에 의한 취약성을 분석하고 분석진행 과정별 개선방안을 도출하였다. 이상과 같이 재난/재해 분야는 홍수에 의한 취약성 평가를 실시한 연구와 해수면상승에 의한 취약성 평가를 실시한 연구가 활발히 진행되고 있다.

농업분야는 우리나라의 연간 농경지 토양유실이 OECD 허용권장치인 ha당 11톤과 비교시 4배 정도 많은 수치(Rural Development Administration)라고 평가한 것처럼 강수량 변화, 기온상승 등에 의한 생산 취약성과 연관된다. Oh *et al.*(2012)는 농경지 토양유실을 평가하기 위한 항목을 기후노출, 민감도, 적응능력별로 선정하고 델파이 조사를 통해 대응변수와 가중치를 선정하여 취약성 평가를 실시하였다. 또한, Kim *et al.*(2013)은 홍수와 가뭄 구분에 따라 농업생산기반에 영향을 미칠 것이라 판단되는 대리변수 항목을 민감도, 노출, 적응능력별로 선정하고 15개의 취약성 평가 지표를 선정하였다.

산림분야는 집중호우, 기온상승, 가뭄 등에 따라 영향을 받는 산사태, 산불 등 산림재해와 소나무 등 산림식생 성장 취약성과 연관된다. Lee *et al.*(2013)는 RCP 8.5 시나리오를 적용하고 대응변수 적용 방법 개선 등을 통해 CCGIS를 재설정한 후 산사태 취약성을 평가하였다. 또한, Chae *et al.*(2012)는 강원도를 대상으로 산림생태, 산림재해, 임업생산성에 대한 현황분석과 CCGIS를 통한 취약성 평가를 실시하였다.

생태계분야는 가뭄, 기온상승 등에 따라 영향을 받는 침엽수, 곤충, 생태보존지역의 취약성과 연관된다. Kong *et al.*(2012)은 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 대응변수 및 가중치를 설정하고 침엽수, 곤충, 국립공원(보전구역)에 대한 취약성 평

가를 실시하였다.

물관리분야는 월별강수량, 기온상승에 따른 증발량 등과 직접적인 관계가 있는 치수 및 이수와 관련된 취약성과 Morrill *et al.*(2005)이 수중에서 독성을 나타내는 비이온성 암모니아($\text{NH}_3\text{-N}$)의 농도가 온도가 높아질수록 증가한다고 분석한 것 같이 수질 및 수생태 취약성과 연관된다. Kim *et al.*(2011)은 3차에 걸친 델파이조사로 중소하천 취약성을 평가하는 대리변수를 선정하였다. 또한 CCGIS를 기반으로 Kim *et al.*(2012)은 치수와 이수, Lee *et al.*(2012)는 수질 및 수생태에 대한 취약성 평가를 실시하였다.

해양/수산업분야는 수온변화에 의한 수산업 취약성과 연관된다. Lee *et al.*(2011)은 기후노출, 민감도, 적응능력별 대리변수를 선정하고, AHP 기법으로 가중치를 부여한 후 취약성을 평가하였다.

이상과 같이 기후변화 취약성에 대한 연구는 각 분야별로 다양하게 이루어지고 있으나 대부분 한 분야의 취약성만을 평가하였다. 그러나 기후변화 적응대책이 다양한 분야의 분석을 통한 종합대책이고, 취약성 평가는 그 분석 자료중 하나로 사용되고 있다는 관점에서 다양한 분야의 취약성 평가를 종합적으로 분석하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 기후변화가 취약성 평가 각 세부항목별로 미치는 영향을 파악한 후 관련자료를 수집하고 분석하는 등 보다 신뢰성 높은 취약성 평가를 실시하고자 한다.

3. 연구방법

현재 지자체 기후변화 취약성 평가를 위하여 가장 많이 사용되는 것은 국립환경과학원에서 제공한 CCGIS또는 LCCGIS 프로그램을 이용하는 것이다. 하지만 충청남도를 대상으로 해안침수에 의

한 취약성 평가를 실시한 결과 해안과 접해있지 않은 시·군이 해안과 접해 있는 시·군보다 취약한 것으로 평가되는 등 서론에서 언급한 것과 같이 평가결과의 불확실성 등이 제시되고 있다. 이에 본 연구에서는 보다 신뢰성 있는 분야별 기후변화 취약성 평가를 실시하였다. 이를 위하여 취약성 평가 프로그램, 각 세부항목과 관련된 자료를 수집하고 분석한 후 취약성 평가 프로그램의 결과와 비교·평가 하였다. 구체적으로 각 세부항목별로 각종 자료를 수집하고 분석하여 2가지 평가결과를 얻고, 이를 취약성 평가도구의 결과와 비교·평가하여 2가지 이상의 방법에서 취약하다고 평가된 지역을 분야별 취약지역으로 선정하였다.

평가에 사용된 자료는 인터넷 및 문헌 등에 공개된 자료와 각 기관에서 구축한 자료를 수집하였다. 평가시점은 2000년대(2000~2009년)를 기준으로 하였으나, 일부자료의 구축시기가 2004년부터 이루어져 본 연구에서는 지역별 평가가 가능한 기간의 자료를 활용하였다.

대상지는 수집된 자료가 시·군·구단위로 구축된 것이 많아 광역지자체 중 하나인 충청남도를 대상으로 하였고, 취약성 평가도구는 CCGIS(결과값이 1에 가까울수록 취약함)를 사용하였다.

본 연구의 취약성 평가항목은 CCGIS로 평가 가능한 7개 분야 32개 세부항목 중 데이터 수집여부, CCGIS 평가항목별 변수와의 차별성, 수집자료 중복사용 배제(한정된 지면에 보다 많은 정보제공을 위한), 분야별 균등배분 등을 고려하여 건강, 재난/재해, 농업, 산림 등 4개 분야 8개 세부항목을 선정하였다.

평가를 위해 수집된 데이터는 다음과 같다. 첫째, 대전지방기상청을 통하여 충청남도 각 시·군에 내려진 기상특보 자료를 제공 받아, 특보발표 후 24시간 경과시 하루를 더하는 방법으로 각 특보 발효일을 정리하였다. 둘째, 대전지방기상청을 통하여 각 시·군별 일별 기상자료를 제공 받아, 최고기온을 정리하였다. 셋째, 재해연보를 통하여 각 시·군, 각 기상재해별 피해현황을 정리하였다. 넷째 국립해양조사원을 통하여 50년, 100년, 150년, 200년, 최대범람역 등 5가지 빈도별 해안침수 예상도를 제공 받아, 기상재해로 인해 훼손된 가거도 방파제가 100년 빈도로 정비되는 것을 고려하여, ArcGIS 10.0 프로그램을 통해 시·군별 100년 빈도 침수예상면적을 산출하였다. 다섯째, 산림청을 통하여 산사태위험지도를 제공 받아, 산사태 위험 1·2등급 면적을 ArcGIS 10.0 프로그램을

Table 1. The source of assessment data for reference.

Classification	Source	Note
Weather Special Report	Daejeon Regional Meteorological Administration	Data from 2004 to 2013
Daily Max temperature		Data from 2000 to 2009
Disaster Yearbook	National Emergency Management Agency	Data from 2004 to 2013
Coastal Flood Inundation Map	Korea Hydrographic and Oceanographic Administration	Mapping completely finished on December, 2013
Landslide-Hazard Map	Korea Forest Service	Since the June, 2013 baseline year
The information of Forest Fire Risk Area		Since the June, 2013 baseline year
Others	Chungcheongnam-do and Si·Gun county's Internal Data	Data from 2000 to 2009

통해 시·군별로 산출하였다. 여섯째, 산림청 홈페이지 산불위험지역정보를 통하여 산불위험 A·B 등급 면적을 산출하였다. 그 외에 가축전염병 발생현황, 산불피해액 등은 충청남도 및 각 시·군 통계연보를 통하여 정리하였다.

4. 연구결과

1) 태풍에 의한 건강 취약성

태풍과 관련이 깊은 태풍·강풍 기상특보 발효일은 서산, 태안, 당진의 순으로 많은 것으로 나타났다. 재해연보 상 태풍에 의한 이재민수 역시 서산, 태안, 당진의 순으로 많은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서서는 서천, 천안, 보령의 순으로 취약성이 높은 것으로 나

타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 서산, 태안, 당진이 기상특보 발효일과 이재민수 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타나 태풍에 의한 건강 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 2).

2) 폭염에 의한 건강 취약성

폭염과 관련이 깊은 폭염 기상특보 발효일은 금산, 논산, 공주의 순으로 많은 것으로 나타났고, 기온 증가에 따라 사망자 수가 증가하기 시작한 임계온도 31.2℃(<http://app.nimr.go.kr/hhws/data.htm>)를 기준으로 '00~'09년 동안 일 최고기온이 31.2℃ 이상인 일수를 분석한 결과 논산, 공주, 아산의 순으로 많은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서서는 천안, 논산, 서

Table 2. Health vulnerability assessment by typhoon.

Region	Typhoon and storm of special weather statement (unit: day)	Typhoon and storm victims (unit: people)	CCGIS
Cheonan	31	10	0.228
Gongju	29	1	0.168
Boryeong	131	83	0.214
Asan	39	5	0.177
Seosan	155	514	0.144
Nonsan	31	4	0.178
Gyeryong	29	0	0.156
Dangjin	136	149	0.168
Geumsan	29	5	0.165
Buyeo	32	42	0.183
Seocheon	117	5	0.234
Cheongyang	32	4	0.166
Hongseong	118	36	0.150
Yesan	36	30	0.156
Taeon	155	344	0.178

Table 3. Health vulnerability assessment by heatwave.

Region	Heatwave of special weather statement (unit: day)	The days of highest maximum temperatures over 31.2℃ (unit: day)	CCGIS
Cheonan	66	275	0.348
Gongju	79	295	0.302
Boryeong	32	129	0.261
Asan	58	281	0.308
Seosan	30	117	0.309
Nonsan	79	360	0.326
Gyeryong	73	247	0.254
Dangjin	44	187	0.254
Geumsan	81	241	0.238
Buyeo	76	278	0.307
Seocheon	38	195	0.290
Cheongyang	71	223	0.259
Hongseong	68	230	0.269
Yesan	65	266	0.278
Taeon	23	81	0.174

산의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 논산이 3가지 방법에서, 공주가 기상특보 발효일과 최고기온이 31.2℃ 이상인 일수 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타나 폭염에 의한 건강 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 3).

3) 폭설에 의한 기반시설 취약성

폭설과 관련이 깊은 대설 기상특보 발효일은 태안, 보령, 서산의 순으로 많은 것으로 나타났고, 재해연보 상 대설에 의한 공공시설 피해액은 계룡, 논산, 공주의 순으로 많은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서는 당진, 천안, 아산의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 각 방법별로 취약성이 높은 지역이 다르게 평가되어 폭설에 의

한 기반시설 취약성이 높은 지역은 판단할 수 없는 것으로 평가되었다(Table 4).

4) 해수면상승에 의한 기반시설 취약성

해수면상승과 관련이 깊은 폭풍·해일 기상특보 발효일은 보령, 서천, 홍성, 서산, 당진, 태안의 순으로 많은 것으로 나타났고, 100년 빈도 해안침수 예상도 상 침수예상 면적(Figure 1)은 태안, 서천, 서산의 순으로 넓은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서는 서천, 서산, 보령의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 서천, 서산이 3가지 방법에서, 보령은 기상특보 발효일과 CCGIS, 태안은 기상특보 발효일과 해안침수 예상면적 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타나 해수면상승에 의한 기반시설 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 5).

Table 4. Heavy snowfall risk vulnerability of infrastructure.

Region	Heavy snowfall of special weather statement (unit: day)	The amount of damage caused by heavy snowfall to public facilities (unit: thousand won)	CC-GIS
Cheonan	47	55,400	0.610
Gongju	34	505,765	0.298
Boryeong	64	16,071	0.392
Asan	45	12,505	0.590
Seosan	64	0	0.504
Nonsan	35	1,095,588	0.269
Gyeryong	37	1,331,000	0.200
Dangjin	53	0	0.615
Geumsan	36	0	0.302
Buyeo	48	188,882	0.306
Seocheon	62	390,000	0.377
Cheongyang	52	212,500	0.309
Hongseong	61	121,000	0.380
Yesan	44	10,000	0.433
Taeon	65	0	0.267

Table 5. Infrastructure vulnerability by sea level rise.

Region	Hurricane surge of special weather statement (unit: day)	The areas of prediction regions of coastal inundation (unit: ha)	CC-GIS
Cheonan	2	0	0.198
Gongju	2	0	0.062
Boryeong	28	1,244,732	0.478
Asan	2	6,673	0.118
Seosan	27	2,004,097	0.593
Nonsan	2	0	0.067
Gyeryong	2	0	0.049
Dangjin	27	40,351	0.042
Geumsan	2	0	0.030
Buyeo	2	0	0.029
Seocheon	28	9,559,900	0.903
Cheongyang	2	0	0.018
Hongseong	28	1,328,816	0.046
Yesan	2	0	0.031
Taeon	27	10,591,403	0.461

5) 재배/사육 시설의 취약성

재배/사육 시설과 관련이 깊은 재해연보 상 각종 기상재해에 의한 총 축사·잠사 피해액은 공주, 논산, 부여의 순으로 많은 것으로 나타났고, 재해연보 상 각종 기상재해에 의한 총 비닐하우스 피해액은 부여, 논산, 공주의 순으로 많은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서는 부여, 홍성, 예산의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 부여가 3가지 방법에서, 공주, 논산이 축사·잠사 및 비닐하우스 피해액 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타나 재배/사육 시설의 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 6).

6) 가축 생산성의 취약성

가축 생산성과 관련이 깊은 재해연보 상 각종 기상재해에 의한 총 가축피해수는 논산, 서산, 부여의 순으로 많은 것으로 나타났고, 충남 통계연보

상 '00~'09년 동안 가축전염병 발생은 아산, 당진, 논산의 순으로 많은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서는 홍성, 예산, 공주의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 논산이 가축 피해수와 가축전염병 발생 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타나 가축 생산성의 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 7).

7) 집중호우에 의한 산사태 취약성

집중호우에 의한 산사태와 관련이 깊은 호우 기상특보 발효일은 태안, 서산, 부여의 순으로 많은 것으로 나타났고, 산사태위험지도 상 산사태 위험 1·2등급의 면적(Figure 2)은 논산, 공주, 예산의 순으로 넓은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서는 금산, 공주, 보령의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 공주가 산사태 위험 1·2등급 면적과 CCGIS 등 2가지 방법에

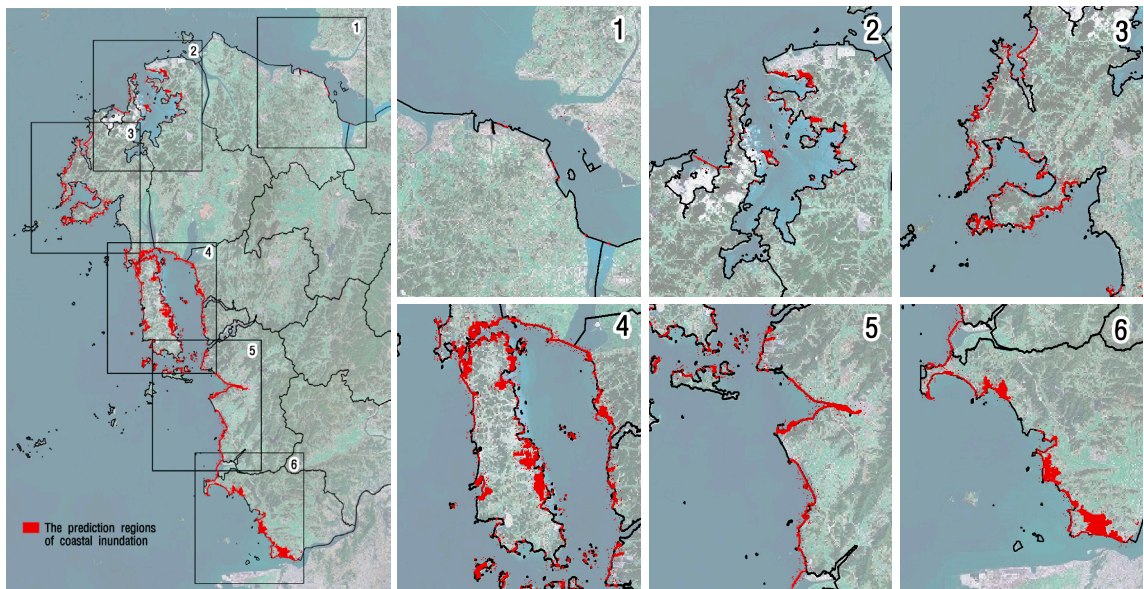


Figure 1. The prediction map of coastal flood inundation in 100-year frequency.

Table 6. The cultivation and livestock facility's vulnerability. Table 7. The livestock productivity's vulnerability.

Region	The amount of damage caused by natural disaster to cultivation and livestock (unit: thousand won)	The amount of damage caused by natural disaster to vinyl greenhouse (unit: thousand won)	CC-GIS	Region	The number of livestock damage (unit: animal)	The number of livestock damage to epidemic (unit: animal)	CC-GIS
Cheonan	1,133,902	1,046,821	0.225	Cheonan	7,967	184,028	0.440
Gongju	28,749,647	18,085,142	0.259	Gongju	161,051	158,095	0.451
Boryeong	2,873,683	2,730,722	0.188	Boryeong	196,342	160,754	0.200
Asan	1,501,137	1,274,446	0.257	Asan	47,755	416,113	0.433
Seosan	1,076,369	15,968,818	0.162	Seosan	285,171	39,901	0.092
Nonsan	19,034,954	69,186,773	0.288	Nonsan	414,863	281,120	0.408
Gyeryong	737,648	1,492,300	0.032	Gyeryong	31,261	28	0.306
Dangjin	724,394	8,513,877	0.342	Dangjin	37,465	401,960	0.291
Geumsan	362,611	970,432	0.064	Geumsan	662	16,169	0.253
Buyeo	9,328,952	69,571,861	0.405	Buyeo	240,478	140,280	0.322
Seocheon	2,224,140	2,721,521	0.177	Seocheon	46,506	23,469	0.173
Cheongyang	3,747,190	13,293,510	0.160	Cheongyang	164,537	31,990	0.316
Hongseong	6,000,597	7,905,967	0.375	Hongseong	72,875	270,538	0.530
Yesan	2,359,572	9,160,165	0.347	Yesan	48,084	42,429	0.454
Taeon	7,882,592	12,996,669	0.070	Taeon	6,984	355	0.032

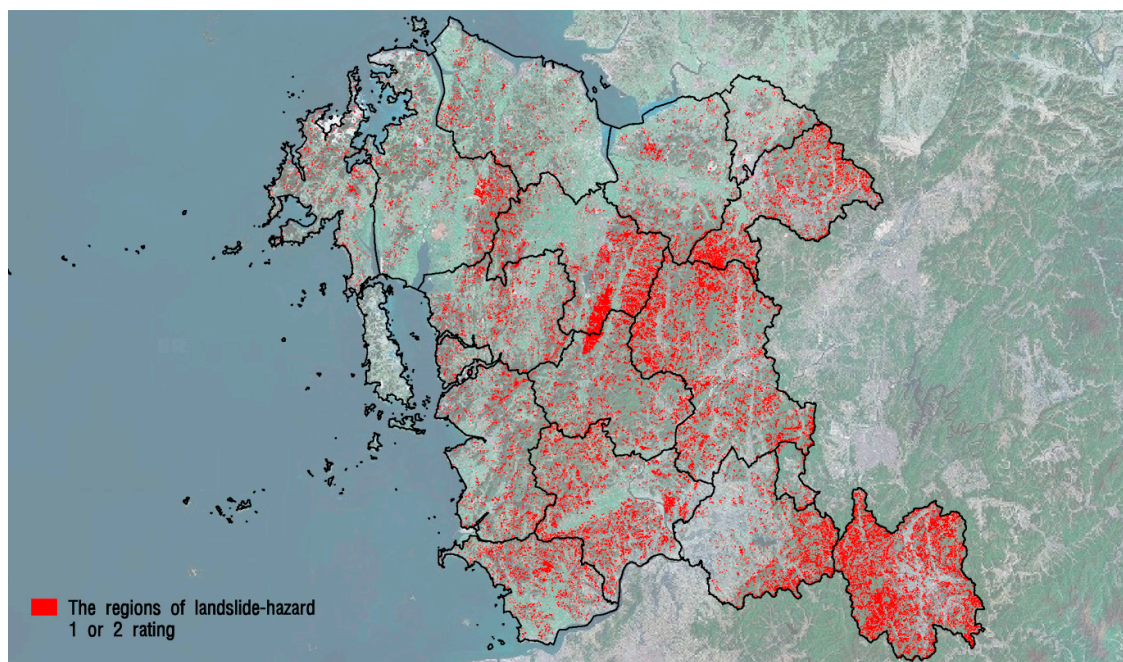


Figure 2. The hazard map of landslide 1 or 2 rating.

Table 8. The result of Landslide-Hazard vulnerability by heavy rainfall.

Region	Heavy rainfall of special weather statement (unit: day)	The area of landslide-hazard 1 or 2 rating (unit: ha)	CC-GIS
Cheonan	69	7,240	0.281
Gongju	74	23,993	0.313
Boryeong	80	12,384	0.312
Asan	63	4,343	0.181
Seosan	89	6,701	0.150
Nonsan	65	32,914	0.276
Gyeryong	67	3,941	0.244
Dangjin	75	4,990	0.084
Geumsan	60	14,351	0.341
Buyeo	83	14,614	0.261
Seocheon	75	7,249	0.235
Cheongyang	78	11,321	0.304
Hongseong	77	5,100	0.161
Yesan	76	17,220	0.232
Taeon	100	10,530	0.139

Table 9. The result of forest fire vulnerability.

Region	The amount of damage caused by forest fire (unit: thousand won)	The area of forest fire A or B risk rating (unit: ha)	CC-GIS
Cheonan	60,422	10,111	0.526
Gongju	97,007	19,229	0.536
Boryeong	58,805	7,395	0.409
Asan	158,732	4,160	0.392
Seosan	91,834	4,943	0.339
Nonsan	49,285	7,309	0.397
Gyeryong	14,400	769	0.297
Dangjin	17,045	2,799	0.317
Geumsan	15,596	19,271	0.418
Buyeo	29,159	9,729	0.403
Seocheon	251,140	4,578	0.276
Cheongyang	1,546,491	7,187	0.404
Hongseong	1,535,750	4,340	0.377
Yesan	4,618,190	9,030	0.420
Taeon	4,540,225	2,999	0.256

서 취약성이 높은 것으로 나타나 집중호우에 의한 산사태 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 8).

8) 산불의 취약성

산불과 관련이 깊은 충남 통계연보 상 '00~'09년 동안 산불피해액은 예산, 태안, 청양의 순으로 많은 것으로 나타났고, 산불위험지역정보 A·B등급의 면적은 금산, 공주, 천안의 순으로 넓은 것으로 나타났다. 또한 기후변화 평가도구인 CCGIS를 통해서도 공주, 천안, 예산의 순으로 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 비교·평가해본 결과 공주, 천안이 산불 위험등급면적과 CCGIS, 예산이 산불피해액과 CCGIS 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타나 산불의 취약성이 높은 지역으로 평가되었다(Table 9).

5. 결론

본 연구는 국가에서 경험 및 전문성 등이 부족한 지자체에 기후변화 적응대책 수립지원 차원에서 제공한 취약성 평가 지도 및 도구의 일부가 지역 특성과 현실 등의 반영에 미흡하다는 것(Korea Environment Institute, 2013)을 고려하여, 보다 신뢰성 높은 기후변화 취약성 평가를 실시하고자 진행되었다.

취약성 평가의 범위는 공간적으로 충청남도, 시간적으로 2000년대를 기준으로 하였다. 또한 내용적으로 충청남도의 분야별 취약성을 평가하기 위하여 건강, 재난/재해, 농업, 산림 등 4개 분야별 2개 세부항목, 즉 총 8개 세부항목에 대한 취약성 평가를 실시하였다.

취약성 평가를 통한 취약지역은 각 세부항목과

관련된 각종 자료를 수집하고 분석하여 2가지 평가 결과를 도출하고, 취약성 평가도구인 CCGIS 평가결과와 비교하여 2가지 이상의 평가에서 취약하다고 평가된 시·군을 선정하였다.

항목별로 취약지역으로 선정된 시·군을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 건강분야의 경우 태풍에 의한 건강 취약지역은 서산·태안·당진, 폭염에 의한 건강 취약지역은 논산·공주로 나타났다. 둘째, 재난/재해분야의 경우 폭설에 의한 기반시설 취약지역은 2가지 이상의 방법에서 취약하다고 평가된 지역이 없었고, 해수면상승에 의한 취약지역은 서천·서산·보령·태안으로 나타났다. 셋째 농업분야의 경우 재배/사육 시설 취약지역은 부여·공주·논산, 가축 생산성 취약지역은 논산으로 나타났다. 마지막으로 넷째 산림분야의 경우 집중호우에 의한 산사태 취약지역은 공주, 산불 취약지역은 공주·천안·예산으로 나타났다.

종합해보면 첫째, 태풍에 의한 건강 취약성, 해수면상승에 의한 기반시설 취약성 등 기상재해가 취약성의 주요원인이 되는 지역은 서산·태안 등 해안에 접하여 있는 지역으로 평가되었다. 둘째, 재배/사육 시설의 취약성, 가축 생산성의 취약성 등 농업분야 취약지역은 논산으로 평가되었다. 셋

째, 집중호우에 의한 산사태 취약성, 산불 취약성 등 산림분야 취약지역은 공주로 평가되었다. 넷째 대설특보 현황, 대설에 의한 공공시설 피해액 등 사람들이 일반적으로 폭설에 취약하다고 평가할 수 있는 자료와 CCGIS 평가결과가 매우 상이하고, 해안가에 위치한 당진이 내륙에 위치한 논산·공주·계룡보다 CCGIS 평가상 해수면 상승에 의한 기반시설 취약성 결과가 낮게 나타난 것으로 유추해 볼 때 충청남도 재난/재해분야 CCGIS 평가시 변수 및 가중치의 조정이 필요한 것으로 판단된다(Table 10).

본 연구는 평가한 데이터간의 시간적 차이, 구축된 데이터 부족 등으로 기후변화 취약성 평가도구 상 32개 세부항목 전체를 비교평가하지 못한 한계가 있다. 그러나 “저탄소 녹색성장 기본법” 개정으로 2015년부터 모든 기초지자체가 기후변화 적응대책을 수립해야함에 앞서, 보다 신뢰성 있는 기후변화 취약지역 도출방법을 제시한 것에 의의가 있다.

전 세계적으로 온실가스 배출량이 증가하고 있으며 이에 따라 기후변화도 가속화되고 있다. 한정된 재원을 바탕으로 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 생태계, 물관리, 해양/수산업 등 다양한 분야

Table 10. The identification of vulnerable areas synthesis by the vulnerable assessment.

Region	Vulnerable areas	
	Assessed as a vulnerable area by 3 methods	Assessed as a vulnerable area by 2 methods
Health vulnerability by typhoon	—	Seosan, Taean, Dangjin
Health vulnerability by heatwave	Nonsan	Gongju
Facility vulnerability by heavy snowfall	—	—
Facility vulnerability by sea level rise	Seocheon, Seosan	Boryeong, Taean
Breeding and planting facilities vulnerability	Buyeo	Gongju, Nonsan
livestock productivity vulnerability	—	Nonsan
Landslide-Hazard vulnerability by heavy rainfall	—	Gongju
Forest fire vulnerability	—	Gongju, Cheonan, Yesan

에 영향을 미치는 기후변화에 효과적인 적응대책을 수립한다는 관점에서, 분야별 취약성 평가결과는 매우 중요한 자료라 할 수 있다. 따라서 고령의 독거노인 등 기후변화 취약계층이 늘어나고, 높은 인구밀도로 인해 한정된 공간에 다양한 시설이 존재하는 우리나라는 계속적인 연구를 통해 취약성 평가의 신뢰도를 높임으로써, 보다 효과적인 적응대책 수립이 이루어지도록 하여야 한다.

사사

이 연구는 충남발전연구원 기본과제로 수행되었습니다.

참고문헌

- Chae, H.-M., Lee, H.-J., and Um, G.-J., 2012, Vulnerability assessment and analysis of Gangwon provincial forest sector in response to climate change, *Journal of Forest Science*, 28(2), 106-117 (in Korean).
- IPCC, 2014, *Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change – Summary for Policymakers*.
- Ju, Y.-S., 2008, Global warming and health, *The Korean Journal of Medicine*, 75(5), 489-491 (in Korean).
- Kim, D.-U., Jung, Y., Park, M.-J., Yoon, J.-Y., Kim, S.-D., and Choi, M.-H., 2011, Vulnerability analysis of water considering climate change, *Journal of Wetlands Research*, 13(1), 25-33 (in Korean).
- Kim, J.-S., Kim, H.-Y., and Lee, S.-H., 2014, A review on improvements of climate change vulnerability analysis methods: focusing on sea level rise disasters, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 17(1), 50-60 (in Korean).
- Kim, S.-J., Kim, S.-M., and Kim, S.-M., 2013, A study on development of vulnerability assessment criteria for agricultural infrastructure according to climate change, *Journal of Agricultural & Life Science*, 47(1), 205-213 (in Korean).
- Kim, Y.-K., Yoo, J.-A., and Chung, E.-S., 2012, Water management vulnerability assessment considering climate change in Korea, *Journal of Climate Change Research*, 3(1), 1-12 (in Korean).
- Kong, W.-S., Lee, S.-G., Park, H.-N. and Yu, J.-A., 2012, Ecosystem vulnerability assessment of local government due to climate change, *Journal of Climate Change Research*, 3(1), 51-69 (in Korean).
- Korea Environment Institute, 2012, *National Assessment on Sea Level Rise Impact of Korean Coast in the Socioeconomic Context II* (in Korean).
- Korea Environment Institute, 2013, *Study on Strengthening Linkage between National and Local Climate Change Adaptation Plan for Effective Implementation* (in Korean).
- Korea Institute for Health and Social Affairs, 2008, *Climate change and burden of infectious disease* (in Korean).
- Lee, B.-D., Kim, B.-T., and Cho, Y.-S., 2011, A study vulnerability assessment to climate change in regional fisheries of Korea, *The Journal of Fisheries Business Administration*, 42(1), 57-70 (in Korean).
- Lee, D.-K., Kim, H.-G., Seo, C.-H., Song, C.-G., Yu, J.-A., and Park, C., 2013, A study on the establishment of quantitative standards of landslides vulnerability by climate change, *Journal of Climate Change Research*, 4(2), 95-104 (in Korean).
- Lee, K., Chung, E., Kim, K., Yu, J., and E. Lee, 2012, Vulnerability assessment of water quality and aquatic ecosystem to climate change in Korea using proxy variables, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 28(3), 444-452 (in Korean).

- Ministry of Environment and National Institute of Environmental Research, 2013, *The Map of Climate Change Vulnerability for supporting establishment of local Climate Change Adaptation Strategy Vol 1* (in Korean).
- Ministry of Security and Public Administration, 2014, *Summary of Local Budget for FY 2014(I)* (in Korean).
- Morrill, J. C., Bales, R. C., and Conklin, M. H., 2005, Estimating stream temperature from air temperature: implications for future water quality, *Journal of Environmental Engineering*, 131(1), 139-146.
- Oh, Y.-J., Kim, M.-H., Na, Y.-E., Hong, S.-H., Paik, W.-K., and Yoon, S.-T., 2012, Vulnerability assessment of soil loss in farm area to climate change adaption, *Korean J. Soil. Fert.*, 45(5), 711-716 (in Korean).
- Shin, H.-S. and Lee, S.-H., 2014, Development of a climate change vulnerability index on the health care sector, *Journal of environmental policy*, 13(1), 69-93 (in Korean).
- Son, M.-W., Sung, J.-Y., Chung, E.-S., and Jun, K.-S., 2011, Development of flood vulnerability index considering climate change, *Journal of Korea Water Resources Association*, 44(3), 231-248 (in Korean).
- http://ccas.kei.re.kr/climate_change_adapt/menu4_1_2.do
- http://lib.rda.go.kr/newlib/board/lib_board_R.asp?bcode=1&articleid=3655

책임 편집: 박창용
영문 교열: 조창현