

## LCCGIS를 활용한 취약성 평가방법의 개선

# Improvement of Vulnerability Assessment to Climate Change using LCCGIS

김영수 · 이승훈\*

Kim, Young Soo and Lee, Seung Hoon\*

안양대학교 기후변화특성화대학원 및 환경에너지공학과

Specialized Interdisciplinary Graduate School for Climate Change, Anyang University

Department of Energy & Environmental Engineering, Anyang University

### 요 지

기후변화에 대처하기 위하여 2015년부터 국가 및 광역지자체와 더불어 기초지자체에서도 기후변화 적응대책을 의무적으로 수립하여야 한다. 적응대책을 수립하기 위해 우선적으로 취약성 분석이 선행되어야 하며, 원활한 취약성 평가를 위하여 취약성 평가도구인 LCCGIS를 개발하고 보급하였다. 현재 대부분의 기초지자체에서는 LCCGIS를 적극적으로 활용하고 있으나, LCCGIS의 경우, 대부분의 평가지표의 값이 동일한 값이 적용되고 있어 평가결과의 편이가 상당하다. 본 연구에서는 LCCGIS를 최대한 활용하여 취약성 평가 결과를 조금이라도 지역적 여건을 반영한 결과로 도출할 수 있는 방법으로, 우선적으로 해당 지자체에서 확보 가능한 읍면동 자료를 확보하고, 다음으로 미확보된 지표에 대해서는 최대한 유사성을 가진 해당기초지자체의 읍면동 자료로 대체하는 방법을 소개하였다. 취약성 평가는 향후 일어날지도 모르는 상황에 어느 정도 취약할 것인지를 평가해야 하기 때문에, 연구자의 주관적인 견해가 포함될 우려가 상당히 많으므로, 최대한 객관적인 지표의 선정, 현재 확보할 수 있는 자료 수준 파악, 지역의 여건에 따라 지표 내용의 변경 등에 있어서 객관성을 유지하고자 노력할 필요가 있다. 결론적으로 보완된 취약성 평가 결과는 기후변화적응 대책을 수립하기 위한 중요한 선행과제로서, 본 연구의 결과는 향후 LCCGIS를 활용한 취약성 평가 결과의 신뢰성을 제고하고, 지역적 특성이 반영된 기후변화적응 세부시행계획의 수립이 이루어지도록 방향을 설정하는데 기여할 것으로 기대된다.

*핵심용어* : 적응, 취약성 평가, LCCGIS, 읍면동 자료

### ABSTRACT

National and local governmental adaptation plan for climate change will become mandatory in 2015. In order to establish the plan, assessment of vulnerability to climate change needs to be pre-

\* Corresponding author : E-mail: tenboy@anyang.ac.kr

ceded. LCCGIS, a toolkit for vulnerability assessment, has been widely used by many local governments. However, assessment results by LCCGIS are not yet reliable because most of the vulnerability indices applied to LCCGIS have the same value for almost all administrative units in Korea. In this study, proxy variables for hard-collectable indices were introduced, and the results were compared with those without any proxy variables. Vulnerability assessment could be conducted subjectively due to uncertainty. Thus, determination of objective indices, understanding the available data, and changes of indices in local conditions were organized. Results from this study are expected to make vulnerability assessment reliable and contribute to assessing vulnerability to climate change reflecting on local governmental characteristics.

*Key words* : *Adaptation, Vulnerability Assessment, LCCGIS, Administrative Unit Data*

## 1. 서론

전 지구적인 기후변화는 이미 우리의 삶을 변화시키고 있으며, 그 영향은 점차 커지고 있다. 기상청에서 번역한 제1실무그룹, IPCC 제5차 평가보고서(기상청, 2013)에 의하면, 기후변화 현상은 명백히 일어나고 있으며, 온실가스의 감축 없이 현재와 같은 추세로 온실가스를 배출하는 경우(이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 농도가 2100년 936 ppm에 도달할 경우), 21세기 말(2081~2100년) 지구의 평균기온은 1986~2005년에 비해 3.7°C 오르고, 해수면은 63 cm 상승할 것으로 전망되었다. 그러나 감축이 상당히 실현되는 경우(CO<sub>2</sub> 농도가 2100년 538 ppm에 도달할 경우), 평균기온은 1.8°C, 해수면은 47 cm 정도로 상승폭을 완화시킬 수 있을 것으로 전망되었다. 지역적으로 예외가 있지만, 지구 대부분 지역에서 온난화된 기후로 인해 건조 지역과 습윤 지역의 계절 강수량 차이가 커지고, 우기와 건기간의 기온의 차이도 더 벌어질 것이며, 고위도와 적도 태평양의 경우 강수량이 증가할 가능성이 매우 높은 것으로 전망되었다. 동아시아의 경우, 21세기 말의 평균기온은 1986~2005년에 비해 2.4°C 상승하고, 강수량은 7% 증가할 것으로 전망하고 있다. 기상청은 2100년까지 1971~2000년 대비 평균기온이 2000년 대비 6.0°C,

연강수량은 20.4% 상승되어(기상청, 2011), 극한 기후현상이 증가하는 한편, 아열대 기후대가 확산될 것으로 예측한다.

기후변화에 대응하기 위한 방법은 크게 완화와 적응으로 구분될 수 있다. 완화는 기후변화의 원인이 되는 온실가스의 배출을 감축하는 것이며, 적응은 현재 나타나고 있거나 미래에 나타날 기후변화 영향에 대해 자연적, 인위적인 시스템의 조절을 통해 피해를 줄이고, 유익한 기회를 활용하고자 하는 것이다. 하지만 지금 당장 온실가스 배출을 0으로 줄인다고 하여도 이미 배출된 온실가스로 인한 기후변화의 영향은 피할 수 없으므로 현 세대와 미래세대가 직면하게 될 기후변화로 인한 악영향을 최소화하기 위해서는 적응이 필수적이다(IPCC, 2007). 적응의 개념은 여러 가지로 해석될 수 있다. 먼저 생태학적인 적응은 유기체가 그들의 환경에 적합하도록 진화하는 과정을 의미하며, 이들이 그들이 처한 환경에 보다 효과적으로 반응하게 변화하는 것을 의미한다. 또한, 사회 경제적 측면에서도 기후변화의 결과로 발생하는 새로운 기회를 활용하여 기회로 삼는 행동 또는 과정까지를 포괄하기도 한다(IPCC, 2001).

세계 각국에서는 적응 조치의 필요성을 인식하여 기후변화 영향에 대응하기 위한 대책을 적극적으로 마련하고 있는 중이다. 이러한 노력

의 일환으로 우리나라는 제3차 종합 대책(2005~2007)부터 기후변화 적응기반 구축 과제가 포함되어 적응에 대한 대책이 수립되기 시작하였다. 이후 기후변화 적응 마스터플랜(2008)이 세워졌고, 저탄소 녹색성장 기본법(2010)에 근거하여 국가 기후변화 적응대책(2011~2015)이 수립되었다. 국가 기후변화 적응대책(2011~2015)은 기후변화 적응에 관한 최초의 법정 계획이며, 이에 따라 2011년부터 광역 지자체 차원의 기후변화 적응 세부 시행수립계획(2012)이 실시되었으며(환경부, 2011), 2014년 현재 35개 기초지자체를 대상으로 하는 적응대책 세부시행계획 수립을 위한 시범사업을 운영한 바 있다.

특히 기후변화 적응대책 수립 시 현재의 기후변화 정도를 파악하는 연구와 함께 어떤 장소에서 얼마나 취약한지에 대한 정보를 도출하는 취약성 평가가 이용되고 있다. 취약성 평가는 전 지구적인 기후변화에 인간과 생태계 시스템이 대응하여 잠재적으로 발생할 수 있는 부정적 영향을 나타내는데 많이 이용되고 있는 방법이며(IPCC, 2007), 평가 결과 분석을 통해 그 지역과 환경에서 취약성 감소를 위해 어떤 적응능력을 키워야 하는지를 파악할 수 있다(Adger *et al.* 2004). 우리나라에서는 기후변화에 따른 취약성을 파악하고자 정부 차원의 취약성 평가 방법론 개발 연구가 시작되었고(한화진 등, 2007; 유가영과 김인애, 2008; 환경부, 2010; 채여라와 조현주, 2011), 국가 차원에서 취약성 평가 도구를 개발·배포하여 지자체의 세부계획 수립에 활용될 수 있도록 지원하고 있다.

한편, 기후변화 취약성의 시공간적인 분포는 기초지자체 단위 내에서도 편차를 보여, 지역성을 특징으로 하는 적응대책 수립에 있어 기초지자체 단위의 취약성 특성 파악은 매우 중요하다고 할 수 있다(고재경, 2009). 이상기후 현상이 동일하게 발생하더라도 지역의 지리적 여

건, 기반시설, 인구적 특성, 물적·인적·사회적 자본 등에 따라 영향이 다르게 나타나기 때문이다.

개발되어 보급된 CCGIS(Climate Change adaptation program based on GIS) 및 LCCGIS(Local Climate Change adaptation program based on GIS)는 취약성 평가를 수행하고, 그 결과를 지리정보시스템을 이용하여 화면에 표시하는 기능을 갖고 있으며, CCGIS는 전국을 대상으로 기초지자체를 기초단위로 하여 상대적 취약성을 평가할 수 있으며, LCCGIS는 기초지자체를 대상으로 기초지자체 내의 읍면동의 상대적 취약성을 평가할 수 있는 툴이다.

그러나 현재 환경부에서 개발·배포한 취약성 평가 도구인 CCGIS 및 LCCGIS는 지역의 역량, 지역의 자료구축 규모 및 범위를 충분히 반영하고 있지 않아, 지역적 특성을 반영한 취약성 평가가 진행되지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 국가기관에서 기 배포한 CCGIS 및 LCCGIS를 취약성 평가시 보다 체계적으로 활용할 수 있도록, 취약성 평가방법의 평가지표를 기초지자체 단위에서 수집 가능한 자료를 수집하고, 수집이 불가능할 경우 해당 지표를 대신할 수 있는 대체지표로 대체하는 방법을 통해 CCGIS 및 LCCGIS의 결과를 지역 공무원과 지역민에게 설명할 수 있는 수준으로 제시하고자 하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 기후변화 취약성의 개념

기후변화 취약성 개념의 발전은 일반적 취약성 개념의 발전에 비해 그 역사가 짧다. 1990년대 초반부터 기후변화에 대한 전 세계적인 관심이 증대됨으로 인해 기후변화 취약성 개념에 대한 이론이 발전하기 시작하였다. 기후변화 취약성 개념은 기후로 인한 피해와 연계된 위험

을 줄이는 데에 가장 큰 관심이 있지만, 정의하는 기관에 따라, 취약성을 분석하려는 목적에 따라 개념적 정의가 조금씩 다르게 된다.

**2.1.1 UNDP(2005)**

기후영향에 대한 위해성과 시스템의 취약성을 조합하여 한 시스템의 기후 위해에 따른 위험이라고 정의하고 있다. UNDP(2005)는 취약성을 어떤 시스템의 기후변화에 대한 민감도와 적응능력의 함수로 보고, 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{취약성(vulnerability)} = f [\text{민감도(sensitivity), 적응능력(adaptive capacity)}]$$

즉, 취약성은 기후변화의 영향(민감도)이 높을 경우, 한 시스템의 적응능력이 낮으면 그 시스템은 취약성이 높다고 말할 수 있을 것이다. 반면, 기후변화의 영향(민감도)이 높을지라도 적응능력 또한 높으면 그 시스템은 적절한 적응을 해나가면서 개발의 기회를 가질 수 있게 된다. 기후변화에 대한 영향과 적응능력이 모두 낮을 경우, 그 시스템은 여전히 잔여 위험을 가지고 있다.

반면에 기후변화 영향(민감도)이 낮고 적응능력이 높은 경우, 그 시스템은 지속 가능한 발전을 할 수 있게 될 것이다. 이런 의미에서 취약성은 갑작스러운 기후 변동이나 스트레스에 의한 피해 자체를 확률로 예측하는 것이라기보다는 피해에 대한 잠재적 노출 상태로 봐야 한다.

다.

이 경우, 기후변화에 따른 위하는 시스템 외적인 요소로 취약성의 정의 안에는 포함되지 않는다. 이런 의미에서 UNDP에서 말하는 기후변화 취약성 개념은 그 자체가 논의의 시작점이 된다.

**2.1.2 IPCC(2007)**

취약성을 적응조치가 취해진 이후의 기후변화 잔여 영향으로 정의하고, 다음과 같이 나타내고 있다.

$$\text{취약성} = \text{위험 (예상된 기후의 영향)} - \text{적응}$$

여기서 기후변화 취약성은 기후변화에 따른 부정적 영향에서 적응을 뺀 나머지로써 (IPCC, 2001), 취약성은 미래 배출 추세의 예측에서 시작된 기후 시나리오에 근거하여 생물·물리적 시스템이 반응하는 정도와 이에 따른 적응 옵션들을 밝혀내는 일련의 평가 결과를 의미하게 된다. 이런 의미에서 기후변화 취약성은 논의의

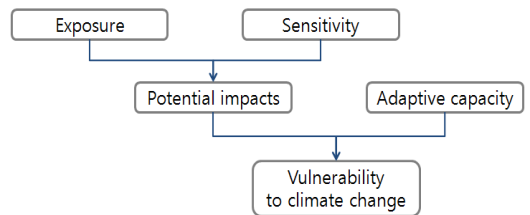


Fig. 1. The concept of vulnerability to climate change.

Table 1. Definition of vulnerability(function between sensitivity and adaptive capacity)

Sensitivity	Adaptive capacity	
	Low	High
High	Vulnerable	Opportunity of development
Low	Residual risk	Sustainable development

종결점이 된다. 여기에는 기후변화가 시스템에 노출되는 정도, 생물·물리적 시스템이 반응하는 정도 및 사회경제적 시스템이 이에 대응하는 적응능력을 모두 포괄하는 개념이다.

## 2.2 기후변화 취약성 연구동향

기후변화 적응에 있어서 취약성 평가는 매우 중요하다. 기후변화 적응대책의 근거가 되는 취약성 평가는 우리가 적응해야 하는 대상을 파악하고, 이해할 수 있도록 돕는 필수 요소이다. 취약성 평가의 대상은 기후변화의 예측되고, 기대되는 영향에서 자생적 적응 부분을 제외시킨 예상되는 영향이라고 할 수 있다.

기후변화 적응의 중요성에 대한 인식이 높아지면서, 기후변화 영향과 취약성 평가가 점차 여러 지역에서 시행되고 있다. 이에 기후변화 취약성 평가의 여러 선행 사례를 살펴보고, 그 동향을 파악해 보았다

- 1) 기후변화 취약성 평가 연구의 대부분은 지표를 활용한 분석이다. Germanwatch는 매년 기후변화 위험 지수(CRI : Climate Risk Index)를 제시하고 있는데, 이는 보험사 Munich Re의 NatCatSERVICE 자료를 기초로 기후변화로 인해 발생한 폭풍과 홍수, 가뭄 등의 재해에 따른 인명 피해나 재산 피해를 종합적으로 평가하는 것이다. 각국의 CRI 점수는 4가지 지표의 평균 랭킹에서 산출되어 나온 것으로, 일차적으로 국제통화기금이 작성한 경제와 인구 데이터가 포함된다. 이러한 사회경제적 변수는 극한 기후로 인한 상해와 사망에 비하면 정확한 취약성을 측정하기 어려우나, 최소한 추정은 가능할 것으로 기대된다. 분석 결과, 최근 10년간 지중해 지역이 허리케인으로 인해 CRI 점수의 상위를 차지한 것과 대조적으로 빈곤한 국가들이 상위에 랭크되어 기후변화

적응에 있어 사회경제적 역량이 중요함을 보여주었다(Harmeling *et al.* 2007).

- 2) Moss *et al.*(2001)은 전 세계를 대상으로 국가별 기후변화 취약성을 비교·분석하기 위해 취약성을 생물·물리적인 민감도와 사회·경제적인 적응역량의 함수로 정의하고, 취약성·탄력성 지표 원형 모형(VRIP: Vulnerability resilience indicator prototype model)을 평가방법으로 사용하였다. 사용한 모형은 민감도와 적응능력 부분으로 구성되어 있는데, 민감도에는 인간 정주·기반시설, 식량 안보, 보건, 생태계, 수자원이 포함되며, 적응능력 부문에는 경제적 능력, 인적 자원, 환경 역량이 포함되어 있다. 각각의 요소는 1~3개의 대리변수로 표현되며, 기준선과의 차이 방법을 따라 100을 기준으로 표준화 작업을 거쳤다. 표준화된 변수는 부문별 대리 변수의 기하평균값이 민감도 지수와 적응역량 지수로 계산되고, 이를 합하여 통합 취약성 지수가 계산되도록 하여 미래의 취약성 지표를 계산하였다.
- 3) Brooks *et al.*(2005)은 국가 수준의 취약성을 이루는 여러 변수들을 종합하여 주요한 주요 변수를 파악하기 위해 경험적인 연구를 사용하였다. 문헌조사와 전문가 판단을 통해 취약성 대리변수 후보로 경제, 보건과 영양, 교육, 인프라, 거버넌스, 지리 및 인구학적 요인, 농업, 생태, 기술분야의 46개 변수를 도출하였다. 이 중 보다 중요한 변수를 선정하기 위해 잠재적 대리변수와 기후위험에 따른 초과사망률 자료 간의 상관성을 계산하여 유의미한 상관성을 갖는 10개의 주요 평가 지표를 선정하였다. 한편, 전문가 의견 취합을 위해 포커스 그룹 분석을 실시하였고, 이를 통해 지표에 가중치를 두어 국가 취약성 순위의 변동을 분석하였다.

- 4) 유가영과 김인애(2008)는 우리나라의 지역별 취약성을 평가하기 위한 지표 개발과 그 활용방향을 제시하고자 IPCC(2001)의 기후변화 취약성의 개념 틀을 우리나라에 적용될 수 있도록 조정하여 연구를 수행하였다. 그 틀을 기후에 대한 노출, 시스템의 민감 정도, 그리고 시스템이 대응할 수 있는 적응 역량으로 구성하여 해당되는 세부 요소별 33개의 대리변수들을 선정하고, 수집, 표준화 과정을 거쳐 취약성·탄력성 지표를 계산하였다. 사용된 지표는 민감도 부문은 인간 정주 기반시설, 생태계, 농업, 보건 네 가지 세부 요소에 상수도 보급률, 하수도 보급률, 도로 길이, 해안선 길이, 관리되는 토지비율, 출생률, 건강보험 적용인구, 보건소 인력 등 총 20개 대리변수가 사용되었고, 적응 역량 부문에는 경제적 능력, 거버넌스, 교육, 환경용량, 산업구조의 다섯 가지 세부 요소에 GRDP, 재정자립도, 공무원수, 인구밀도 등 총 10개의 대리변수가 사용되었다. 기후노출 부문은 호우, 가뭄 및 열파의 세 가지 세부 요소로 나누어 강수량 및 열파 자료를 가지고 총 8개의 지표를 사용하여 최종적으로 시도 수준에서 기후변화에 대한 상대적인 취약 정도를 파악하였다(명수정 등, 2010).
- 5) 환경부, 국립환경과학원(2010)은 기후변화 적응정책 수립 시 필요한 기후변화 영향평가 및 취약성 분석을 수행할 수 있는 기후변화 적응도구인 CCGIS 및 LCCGIS를 개발하였다. 개발된 적응도구는 기후·대기환경 정보 및 사회·경제·지리정보 등을 통합하여, 관련 중앙부처 및 지방자치단체에

서 기후변화영향 및 취약성을 손쉽게 분석할 수 있도록 한 시스템이다. 이 시스템은 영국 UK CIP(UK Climate Impacts Program) 분류체계에 따라 16개 부문<sup>1)</sup>으로 구분하여 시·군·구 단위로 분석할 수 있을 뿐만 아니라, GIS(Geographic Information Systems)와 연계하여 각종 정보와 취약성 평가결과를 시·공간적으로 제공한다.

개발된 적응도구에 탑재된 기후·대기환경 정보는 국립환경과학원에서 수행한 IPCC 시나리오별 2020년, 2050년 미래 전망자료가 포함되어 있으며, 현재 사회·경제·지리 각종 통계 자료가 시·군·구 단위로 탑재되어 있다. 각 정보들을 이용하여 기후노출 및 민감도 등 기후변화 악영향과 적응능력을 평가하고 취약성 지수 산출 프로그램을 통해 손쉽게 취약성을 분석할 수 있도록 하였다. 또한, 사용자는 컴퓨터에서 기초지자체별 정보의 시·공간 분포를 직접 표출 및 내려 받을 수 있으며, 여러 부가 기능을 이용하여 다양한 형태로 자료를 가공할 수 있다. 다만, 현재 적응도구 내 취약성 지수 산출 프로그램을 활용하기 위해서는 취약성 평가에 사용된 각종 변수 및 가중치를 각 지역별 고유 특성에 맞게 개발하여야 한다고 설명하였다.

### 3. 연구 방법

현재 시범사업으로 기후변화 적응대책을 수립하고 있는 대부분의 기초지자체에서는 효과적인 기후변화 적응대책을 마련하기 위하여 선행단계에서 환경부에서 배포한 취약성평가 틀인 LCCGIS를 활용하여 취약성 평가를 실시<sup>2)</sup>

1) ※ 16개 부문 : 농업/축산, 원예/임업, 수문/수자원/수질, 산업, 보건/건강, 생태계, 대기질, 수산업, 관광/레저, 해양생태, 재해, 교통/통신, 에너지, 건설/토목/건축, 교육, 거버넌스/공공부문.

2) 시범사업을 연구하는 다수의 연구자들이 LCCGIS의 취약성 평가가 지역전문가, 지역공무원, 지역민들에게 호응을 전혀 얻지 못하고 있음을 “시범기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획수립 관계기관 워크숍”에서 제기된 바 있음에도 불구하고 각 기초지자체에서는 2015년도부터 “기후변화 적응대책 세부시행계획 수립”이 법정계획으로 지

하고 있다.

본 연구는 국가기후변화적응센터에서 LCCGIS 등의 개선을 포함한 취약성 평가방법의 개선을 완료하기 전까지, 기 개발된 LCCGIS 평가틀을 현 시점에서 지역적인 특성을 반영할 수 있도록 합리적으로 지표 내용을 보완하여, 지역민이 수급할 수 있는 취약성 평가 결과를 도출하도록 지역적 특성을 반영한 지역 자료를 어떠한 방법으로 보완할 수 있는지를 제시하고자 하였다.

이를 위해 지역적으로는 아산시의 사례를 적용하고, 취약성 평가는 32개 항목 중에서 “홍수에 대한 건강 취약성”을 발췌하여 제시함으로써 추후 관련 연구자들에게 LCCGIS를 활용한 취약성 평가의 신뢰도를 해당 지역 특징에 부합되도록 보완하는 방법을 제시하도록 하였다.

현재 LCCGIS의 취약성 평가는 기후노출과 민감도 및 해당지역의 적응능력을 고려하여 취약성 평가가 이루어질 수 있도록 하고 있으나, 적응능력에 해당하는 지표값을 확보하기 어렵고, 적응능력에 해당하는 지표 값이 읍면동으로 확보되거나, 배분되지 못하는 자료가 많아 적응능력 지표에 의한 취약성 평가 결과의 편위가 많이 발생하고 있고, 국토교통부에서 제시하는 재해취약성 평가 지침에 의하면 적응능력을 제외한 기후노출과 민감도만으로 재해 취약성 평가를 수행하도록 하고 있어, 본 연구에서는 적응능력을 제외하고 기후노출과 민감도만으로 취약성 평가를 수행하였다.

LCCGIS를 활용한 취약성 평가를 구체적으로 살펴보면 평가결과에 큰 영향을 미치는 평가지표는 가중치가 적용되어 취약성평가에 활용되는 평가지표(대용변수)는 총 224개이며, 그 중 기후노출이 61개, 사회경제분야 지표(민감도 + 적응능력)이 163개로 나타났다.

순번	평가구역 이름	기준	면적	면적당 평균 생산	면적당 당 비료사용	면적당 축산물생산	지반수 이용량
1	영양동	3404017	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
2	대안동	3404018	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
3	송악동	3404019	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
4	갈매동	3404033	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
5	윤방동	3404034	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
6	문안동	3404035	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
7	영안동	3404036	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
8	대안동	3404037	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
9	대안동	3404038	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
10	도고동	3404039	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
11	신안동	3404040	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
12	문안동	3404051	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
13	문안동	3404052	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
14	문안동	3404053	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
15	문안동	3404054	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
16	문안동	3404055	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	
17	문안동	3404056	108.91	0.239	3135.73	3.12794467	

Fig. 2. Application status of vulnerability index in LC-CGIS.

그러나 기후노출 61개 지표를 제외한 민감도 및 적응능력 지표 163개가 읍면동별로 각각 다른 값으로 제시되지 못하고, Fig. 2와 같이 전부 기초지자체 값으로 일괄 적용되어 있는 것으로 나타났으며, 이 경우 LCCGIS는 지역간 상대적 비교를 통한 취약성을 분석하기 때문에 해당 지표값이 취약성 평가에 사용되지 않게 된다.

본 연구에서는 신뢰성 및 객관성을 높이기 위하여 LCCGIS 평가지표 163개에 대해 아산시를 대상으로 전수 조사를 실시하였으며, 아산시에서 자체적으로 보유한 읍면동 통계자료가 22개로 총 163개의 필요한 자료 중에서 13% 정도의 확보율을 보였으며, 조사된 22개 지표 목록을 Table 2에 제시하였다.

아산시의 LCCGIS 평가지표를 보완하기 위해 먼저 163개 지표 목록을 만들었으며, 부서 업무 현황표를 보고 해당 지표를 보유하고 있을 가능성이 높은 부서를 대상으로 163개 지표를 부서별로 배분하여, 각 실과별로 해당 자료가 있는지를 조사하였다.

자료 조사는 아산시 기후변화 적응대책 세부 시행계획을 수립하는 주무 부서에서 각 실과별로 내부 공문을 발송하여 약 한달여 기간 동안

정되어 올해만 해도 각 지역별로 시흥시, 이천시, 김해시, 양산시, 합천군, 정선군 등이 이미 연구사업으로 시작되었고, 후속적으로 진행을 준비하고 있는 기초지자체들도 다수 있음.

Table 2. Collection result of vulnerability index in Asan-si

Vulnerability index	Source
Water supply per capita (l/day)	Statistics annual report of asan-si
Population ratio over 65 age(person)	Statistics annual report of asan-si
Incidence of infectious diseases from vectors(person)	Data of the relevant department
The percentage of recipient of basic living(%)	Data of the relevant department
Apicultural farmhouse(unit)	Statistics annual report of Asan-si
Scale of apicultural(container)	Statistics annual report of Asan-si
Paddy field(ha)	Statistics annual report of Asan-si
Agriculture implements & machinery by size of cultivated land(unit/ha)	Data of the relevant department
Farm population by size of cultivated land(person/ha)	Data of the relevant department
Road area(m <sup>2</sup> )	Statistics annual report of Asan-si
Distribution rate road area(%)	Statistics annual report of Asan-si
The percentage of senior citizen who lives alone(%)	Data of the relevant department
Livestock production by size of area(unit/km <sup>2</sup> )	Data of the relevant department
Distribution rate of water supply (%)	Statistics annual report of Asan-si
The annual average patient count of malaria pathogenesis(person)	Data of the relevant department
The annual average patient count of tsutsugamushi pathogenesis(person)	Data of the relevant department
Number of public official per 10,000 population	Statistics annual report of Asan-si
Healthcare personnel in health center per 10,000 population	Statistics annual report of Asan-si
Population density(person/km <sup>2</sup> )	Statistics annual report of Asan-si
Train area(m <sup>2</sup> )	Statistics annual report of Asan-si
Total population(person)	Statistics annual report of Asan-si
Distribution rate of sewerage (%)	Statistics annual report of Asan-si

조사를 진행하였고, 각 실과에 협조요청을 하기 전에 실과 담당자분들에게 읍면동 통계자료 확보의 목적을 설명하는 단계를 거쳤다.

다른 기초지자체의 경우, 아산시에서 조사된 22개보다 많거나 적은 지표가 조사될 수 있으며, 최소한 LCCGIS의 평가지표 163개에 대해 해당 지역의 특성이 반영된 읍면동 통계자료를 보완하는 1단계 작업을 반드시 해주어야 해당 지역의 지역적 특성을 일부나마 반영할 수 있

게 된다.

기타 나머지 자료 대부분은 유사한 지표 항목으로 대체하거나, 인구센서스 조사 결과 등의 국가 통계 중에서 읍면동 단위 통계가 제시되는 결과에서 발췌하거나, 국가 전체 GIS 구축 결과에서 저지대 면적이나 저지대 도로면적 등의 자료를 추출하여 적용하는 방법을 적용하였다.

#### 4. 아산시 사례분석



아산시는 2013년 기후변화적응 세부시행계획 시범기초지자체로 2014년 2월 세부시행계획 수립이 완료되었으며, 아산시의 세부시행계획 수립시 적용한 취약성 평가 방법을 제시하고자 한다.

먼저 아산시 취약성 평가는 크게 3단계로 구분하여 취약성 평가를 수행하였는데, 1단계는 LCCGIS 결과를 그대로 준용하는 방법, 2단계는 지역에서 확보한 읍면동 자료를 보완하여 취약성 평가를 하는 방법, 3단계는 2단계에서 보완된 자료에 자료가 없던 민감도 지표를 추가적으로 보완하여 취약성 평가를 수행하는 방법을 각각 방법별로 비교하고, 이를 관련 지역 내 보고서 등과 비교 검토하였으며, 최종적으로는 지역전문가, 지역공무원 및 지역민들을 대상으로 설문조사를 실시하여 취약성 평가 결과가 지역에 적합한 결과로 도출되었는지를 파악하고자 하였다.

취약성 평가 사례는 전술한 바와 같이 32개 항목 중에서 “홍수에 대한 건강 취약성”을 대표적으로 제시하였다.

‘홍수에 의한 건강취약성’을 평가하기 위하여 총 11개의 평가지표(기후노출 3개, 민감도 8개)가 필요하며, LCCGIS에서는 11개 지표 중 2개의 지표에서만 기본 값에서 평가 단위(읍면동)별 다른 값이 적용되어 있고, 9개 지표는 평가단위별 동일 값이 적용되어 있음에 따라 9개 지표를 보완하여 취약성 평가를 실시하였다.

1단계 : LCCGIS의 기본 값을 적용하여 취약성 평가를 실시, 그 결과 아산시의 12개 읍면동 중에서 취약성이 가장 높은 곳은 둔포면, 취약성이 가장 낮은 지역은 신창면으로 평가되었다.

2단계 : 동일 값이 적용된 9개의 평가 지표에 대하여 전 실과를 대상으로 자료를 수집하였으며, 수집이 가능했던 3개의 지표(65세 이상 인구, 기초생활수급자 비율, 독거노인 비율)를 보완하여 취약성 평가를 실시, 그 결과 아산시

의 12개 읍면동 중에서 취약성이 가장 높은 곳은 둔포면, 취약성이 가장 낮은 지역은 신창면으로 평가되었다. 2단계 평가 결과 최고/최저 지역은 1단계 평가 결과와 같았으나, 일부 지역에서는 취약성 평가 순위가 1단계와 상이하게 나타났다.

3단계 : 총 11개의 평가지표 중에서 자료가 없는 6개(하천재해후보지, 10 m 이하 저지대가구, 10 m 이하 저지대 면적, 13세 이하 인구, 풍수해 복구 비용, 수인성 질환자수)에 대해 유사한 대체지표를 보완하였다. 따라서 11개 전 지표에서 읍면동 자료를 적용하여 취약성 평가를 실시하였으며, 그 결과 취약성이 가장 높은 곳은 송악면, 취약성이 가장 낮은 지역은 신창면으로 평가되어 기존의 취약성 평가 결과와 다른 결과를 나타내었다.

이상의 결과를 평가지표의 읍면동 자료 유무에 따라 세 단계로 구분하여 Table 3 및 Fig. 3에 제시하였다. 취약성 평가는 평가지표의 해상도에 따라 결과가 상이하게 나타났으며, 경험과 과거 거주 이력 등으로 볼 때 지역민의 판단이 해당지역의 취약성 평가에 있어서 합리적으로 평가가 가능하다고 판단되어, 세 가지 취약성 평가 결과에 대해 아산시 공무원 및 시민들에 대한 설문조사시 이에 대한 평가를 요청하였다.

설문조사는 2013년 8월 1일부터 31일까지 한 달여간 진행하였고, 시민을 대상으로 한 설문은 아산시 거주이력이 10년 이상인 불특정 다수의 의견을 350부 수집하였고, 이중 설문이 완료된 설문지는 295부였으며, 공무원을 대상으로 한 설문은 동일 기간내에 총 300부를 회수하였으며, 이중 설문이 완료된 설문지는 257부로 총 552부의 유효한 설문 결과가 조사되었다.

Table 3에 의하면, 평가지표 중 일부만 적용한 경우와 대체지표를 통해 평가지표 전체를 취약성 평가에 적용한 경우 취약성 순위 변화가 상당히 달라져서 취약성 평가 결과는 지표를

Table 3. Assessment result of climate change vulnerability

Location	Step 1		Step 2		Step 3	
	LCCGIS default value (using 2 indices)		Including survey index (using 5 indices)		Including proxy variables (using 11 indices)	
	Vulnerability index	Ranking	Vulnerability index	Ranking	Vulnerability index	Ranking
Yeomchi	0.13	8	0.22	10	0.27	6
Baebang	0.321	3	0.343	4	0.38	3
Songak	0.252	4	0.366	2	0.482	1
Tanjeong	0.354	2	0.361	3	0.172	10
Eumbong	0.205	5	0.245	8	0.392	2
Dunpo	0.42	1	0.49	1	0.276	5
Youngin	0.119	9	0.244	9	0.23	7
Inju	0.171	6	0.259	7	0.21	8
Seonjang	0.11	10	0.287	5	0.178	9
Dogo	0.132	7	0.272	6	0.277	4
Sinchang	0.047	12	0.125	12	0.123	12
Onyang	0.049	11	0.164	11	0.156	11

\* Numbers in Parentheses are to the number of indicators for relative vulnerability assessment.

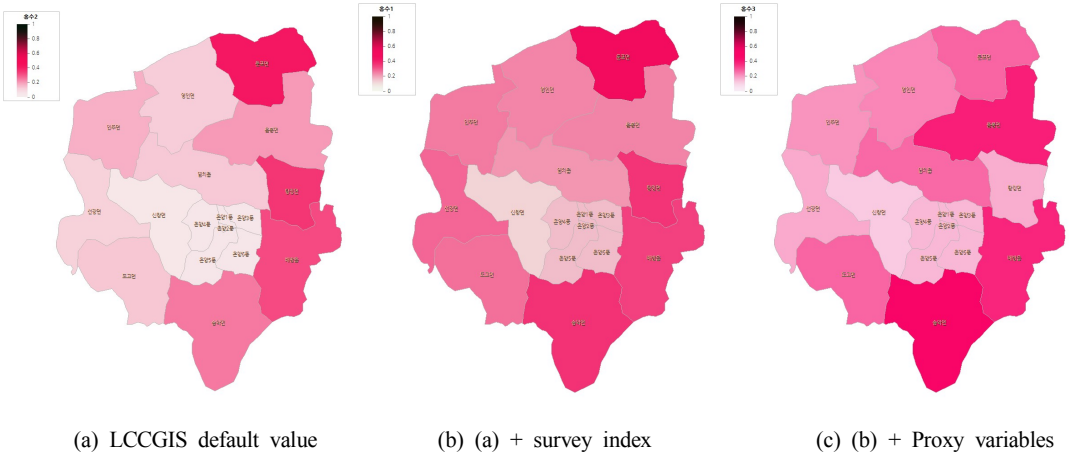


Fig. 3. Results of LCCGIS using various conditions.

조금만 보완해도 그 결과가 많이 바뀌게 됨을 알 수 있었다. 따라서, 가능한 해당 지자체의 읍면동 자료를 최대한 반영하여 취약성 평가가

수행되어야 해당 지자체의 지역 여건을 조금이라도 더 반영한 취약성 평가 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 3에 도시된 평가 결과가 각각 상이하여, 1단계보다 2, 3단계의 취약성 평가 결과가 지역 특성을 조금이라도 더 나타낼 것으로 판단되긴 하지만, 연구 결과가 실제 지역민이 납득하지 못하는 경우가 종종 있기 때문에, 평가 결과를 지역공무원 및 시민들에게 보여주고, 이에 대한 평가를 부탁하였다. 전문적인 평가 결과를 비전문가인 일반 시민과 공무원에게 평가를 부탁하는 경우, 비전문가의 인식과 경험에 의해 결과의 왜곡이 나타날 가능성이 있어, 평가 설문 조사시 이를 충분히 고려한 아산시 거주이력이 10년 이상인 사람을 대상으로 하였고, 취약성 평가 결과 해석에 대한 부분을 연구진이 1:1로 설문응답자에게 설명하여 지역별로 취약성 평가 결과를 알려드리고, 지역민의 평가를 받았으며, 그 결과 총 유효 설문자 552명 중에 459명이 (c)에 해당하는 결과가 아산시의 지역적 특성에 가장 부합하는 것으로 평가하여 설문응답자의 83%가 최대한 읍면동 자료가 많이 확보되어 분석된 결과 (c)를 가장 지역적인 특성이 부합하다고 응답하였다.

지역공무원 및 지역민이 가장 부합하다고 판단한 취약성 평가 결과는 지역민의 감정적 특성, 인지하고 있는 인지도 및 개인의 능력에 따라 결과의 왜곡이 발생할 수도 있기 때문에, 특히 설문 조사시 이를 고려한 설문조사가 진행되어야 하고, 그렇게 진행된 설문조사 결과라고 할지라도 결과에 대한 편이가 발생할 수 있다는 한계점이 있다.

아산시의 경우, 지표 중의 하나인 하천재해 후보지 면적자료가 존재하지 않고, 가장 유사한 자료가 아산시 풍수해저감 종합계획 보고서의 내수재해 및 하천재해 피해면적이라고 연구진이 판단하였기 때문에 해당 피해면적 자료를 대체하여 지역적 특성을 최대한 반영하고자 하였다.

하지만 이러한 대체자료는 지자체마다 보유

하고 있는 자료가 다르므로, 국가기후변화적응센터에서는 LCCGIS의 보급시 해당 지자체에서 최대한 읍면동 자료를 확보하도록 유도하고, 해당 지자체에서 확보하지 못하거나 없는 평가지표에 대해서는 대체하여 적용할 수 있는 유사 지표의 목록 및 방법론을 제공하여 취약성 평가가 객관적이고, 신뢰성이 확보될 수 있도록 해야 한다.

## 5. LCCGIS를 활용한 취약성 평가의 시사점

기후변화 적응대책 세부시행계획 수립을 위한 취약성 평가를 수행할 수 있는 LCCGIS를 분석하였으며, 분석 결과 총 5가지의 한계점을 발견할 수 있었으며, 그 한계는 다음과 같다.

- 1) CCGIS 및 LCCGIS는 특허로 등록된 S/W로서 사용자가 임의로 평가방법 및 오류를 수정할 수 없다. 이로 인하여 주변영역으로 확대하여 취약성을 평가하거나, 평가 틀의 오류가 발견되어 수정이 필요한 경우, 프로그램의 특허권자가 프로그램을 업데이트 해줘야 하는데, 현재 특허는 국립환경과학원과 민간기업이 공동으로 갖고 있기 때문에 국가기후변화적응센터에서 LCCGIS의 알고리즘이나 내용을 보완하거나, 바꾸어 재배포하는데 많은 제약이 있다.
- 2) LCCGIS에서는 기후노출 시나리오가 RCP 8.5만이 제시되어 시나리오별 비교가 불가능하며, 극한 상황을 나타내는 RCP 8.5 시나리오만을 기준으로 적용함에 따라 보다 객관적이고 현실적인 취약성 평가가 불가능하다. RCP 시나리오는 최근 온실가스 농도변화 반영 및 최근 예측모델에 맞게 해상도 등을 상향한 시나리오로써, 이산화탄소 농도를 기준으로 RCP 2.6(인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로 회복 가능), 4.5

(온실가스 저감 정책이 상당히 실행될 경우), 6.0(온실가스 저감 정책이 어느 정도 실행될 경우), 8.5(저감 없이 현재 추세로 온실가스가 배출되는 경우)를 제시하고 있다. 시나리오는 프로그램을 수정하는 것이 아니라, DB를 갱신하는 것으로 추후 제공될 수 있겠지만, 현재까지는 RCP 8.5 시나리오만 제공되어 미래 예측시 다양한 시나리오별 비교가 불가능하다는 한계가 있다.

- 3) 평가지역이 해당 기초지자체의 영역만으로 제한되어 있어, 취약성 평가시 타 지역(인근 지자체 등)과의 비교가 불가능하다. 이에 따라 해당 지자체가 전국 단위 또는 광역지자체 단위에서는 취약성이 낮은 편이라도, 해당 지자체만을 평가 영역으로 함에 따라 취약성이 높은 것으로 나타날 수 있어 적응대책 수립시 취약성 평가 결과의 신뢰도가 낮아져, 논리적 근거로 활용하기 어려운 경우가 자주 발생한다.
- 4) 특히, 규모가 큰 기초지자체(수원, 창원 등)의 경우, 구 단위에 대해서만 취약성 평가가 가능함에 따라 대규모 기초지자체 전체에 대한 취약성을 평가할 수 없는 한계가 있어 적응대책 마련시 애로사항이 발생한다. 이럴 경우, 모든 사항을 수작업으로 해야 하는 문제점이 발생하며, 이러한 문제는 앞서 지적한 바와 같이 LCCGIS가 프로그램이 특허로 등록되어 있어 프로그램의 업데이트가 제대로 되지 못하고 있기 때문이기도 하다.
- 5) 민감도 및 적응능력 지표는 대부분 기초지자체 값으로 동일하게 적용되어 있어 기후노출 변수에 의해서만 취약성이 평가되고 있다. 3장에서 전술한 바와 같이 취약성 평가시 LCCGIS에서 사용하는 세부지표는 224개이며, 이중에서 61개의 기후지표는 읍면동으로 구분된 자료가 제공되고 있지만,

사회경제분야 지표(민감도 + 적응능력)이 163개에 대해서는 아산시 소재 모든 읍면동의 지표값이 아산시 값으로 동일하게 입력되어 있어서 163개 지표가 취약성 평가에 적용되지 않고, 읍면동 자료가 존재하는 61개 지표만으로 취약성 평가가 수행된다는 한계가 존재한다.

이상에서 제시된 LCCGIS의 한계가 개선되지 못하고, 지표의 보완이 어렵거나 원활하지 못할 경우, 취약성 평가는 LCCGIS를 사용하지 말고, 다른 직접적인 취약성 평가를 적용하거나 기타 취약성 평가 틀을 적용하는 등 다양한 접근이 필요할 것으로 판단된다. 또한, LCCGIS가 갖고 있는 각 지표항목들이 부문별 취약성을 대표할 수 있는지, 각 항목별 가중치가 적절한지에 대한 원론적인 문제는 국가기후변화적응센터에서 지속적으로 연구하고 있으므로, 본 연구에서 별도로 제시하지는 않는다.

지표 및 가중치의 적절성 문제는 연구진들이 연구 후 결과로 LCCGIS에 수정하여 포함시키면 되는 문제이기 때문에, LCCGIS에 대한 한계점이 분명히 있지만, LCCGIS는 상대적 취약성 평가를 위한 틀로 기본적인 원리는 우수한 틀이므로 한계점으로 제시된 내용을 보완하고, 5번 항목의 224개 지표값에 대한 읍면동 자료가 보완되어야 LCCGIS를 활용한 취약성 평가가 신뢰성이 높아질 것으로 판단된다.

따라서, LCCGIS의 취약성 평가 신뢰성을 높이기 위해서는 상기 기술된 한계점을 보완하여야 할 것이며, 이를 위해 가장 먼저 해야 할 일은 공동특허로 인한 특허문제를 해결하고, 국가기후변화적응센터에서 LCCGIS를 지속적으로 보완하고 갱신하여야 할 것이다.

## 6. 결론

기후변화에 대처하기 위하여 2015년부터 국

가 및 광역지자체와 더불어 기초지자체에서도 기후변화 적응대책 세부시행계획을 의무적으로 수립하여야 한다. 적응대책 세부시행계획을 수립하기 위하여 기후변화에 대한 취약성 분석이 선행되어야 하며, 원활한 취약성 평가를 위하여 국가기관(국립환경과학원 등)에서는 평가방법(지표, 도구 등)을 개발하고 보급하였다.

기후변화 취약성 평가는 기후변화 적응대책 수립의 토대이며, 취약성 평가를 통해 취약한 분야 및 지역에 대한 적응능력을 향상시키는 것이 핵심이므로, 최대한 통계자료를 확보하여 객관적이고 신뢰성이 높은 취약성 평가가 수행되어야 취약성 평가 결과를 근거로 기후변화적응 세부시행계획을 수립할 수 있다.

그러나 현재 우리나라에서 제공하고 있는 CCGIS 및 LCCGIS 도구는 5장에 제시된 바와 같이 몇 가지 한계점이 있는 것으로 나타나, 기초지자체 기후변화적응 시범사업을 연구하는 연구자들은 취약성 평가 결과를 활용하지 않은 세부시행계획을 수립하고 있어, 취약성 평가 결과를 바탕으로 하면서 해당 기초지자체의 취약성 정도에 따른 체계적인 세부시행계획 수립이 제대로 진행되지 못하고 있는 실정이다.

이러한 한계는 국가기후변화적응센터에서 조속히 권한을 획득하고, 기후시나리오 및 읍면동 자료를 보완하여 취약성 평가 가이드라인을 제시해줄 필요가 있으며, 본 연구에서는 취약성 평가를 개선할 수 있는 체계적인 연구가 진행중에 있으므로, 연구가 끝나고 LCCGIS가 개선되기전까지 현재 LCCGIS를 최대한 활용하여 취약성 평가 결과를 조금이라도 지역적 여건을 반영한 결과로 도출할 수 있는 방법으로 우선적으로 해당 지자체에서 확보 가능한 읍면동 자료를 확보하고, 다음으로 미확보된 지표에 대해서는 최대한 유사성을 가진 해당기초지자체의 읍면동 자료로 대체하는 방법을 소개하고 있다.

그렇지만 취약성 평가는 향후 일어날지도 모르는 상황에 어느 정도 취약할 것인지를 평가해야 하기 때문에 연구자의 주관적인 견해가 포함될 우려가 상당히 많으므로, 최대한 객관적인 지표의 선정, 현재 확보할 수 있는 자료 수준 파악, 지역의 여건에 따라 지표 내용의 변경 등에 있어서 객관성을 유지하고자 노력할 필요가 있다.

이렇게 보완된 취약성 평가 결과는 기후변화적응 대책을 수립하기 위한 중요한 선행과정로서 본 연구의 결과는 향후 LCCGIS를 활용한 취약성 평가 결과의 신뢰성을 제고하고, 지역적 특성이 반영된 기후변화적응 세부시행계획의 수립이 이루어지도록 방향을 설정하는데 기여할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 강원도, 2012, 강원도 기후변화 적응 대책 세부 시행계획 수립.
- 고재경, 2009, 경기도 기후변화 취약성 평가, 경기개발 연구원.
- 국립환경과학원, 환경부 (2008) GIS기반 기후변화적응도구, CCGIS ver 2.2.
- 기상청, 2011, 기후변화 시나리오 보고서.
- 기상청, 2013, 기후변화 2013 과학적 근거, 제1 실무그룹, IPCC 제5차 평가보고서.
- 김철희, 송창근, 홍유덕, 유정아, 류성현, 임광영, 2012, 한반도 기후변화 취약성 지수 산정을 위한 CCGIS의 개발 및 활용, 한국기후변화학회지, 3권 1호, 13-24.
- 명수정, 김지영, 신상희, 안병옥, 2010, 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구Ⅱ, 한국환경정책평가연구원.
- 아산시, 2014, 아산시 기후변화 적응대책 세부 시행계획 수립.
- 오수현, 2013, 기후변화 적응대책 수립 지원을

- 위한 부문별 취약성 평가 및 우선순위 선정 (강원도 사례를 중심으로), 고려대학교 석사 학위논문.
- 유가영, 김인애, 2008, 기후변화 취약성 지표의 개발 및 도입방안, 한국환경정책평가연구원.
- 이동근, 김호걸, 백경혜, 서창완, 김재욱, 송창근, 유정아, 2012, 지자체 기후변화 적응계획 수립지원을 위한 집중호우에 의한 산사태 취약성 평가, 한국기후변화학회지, 3권 1호, 39-50.
- 채여라, 조현주, 2011, 기후변화 적응대책 우선순위 평가 방법론 분석, 한국환경정책평가연구원.
- 한화진, 안소은, 최은진, 한기주, 이정택, 김해동, 손요환, 박용하, 조광우, 윤정호, 이은애, 김승만, 2007, 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축Ⅲ, 한국환경정책평가연구원.
- 환경부, 2010, 지자체 기후변화 적응대책 세부 시행계획 수립 매뉴얼 개발 (I).
- 환경부, 2011, 지자체 기후변화 적응 세부시행 계획 수립 지원을 위한 기후변화 부문별 취약성 지도(ver.1).
- Adger, W. N., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew, and S. Eriksen, 2004, New indicators of vulnerability and adaptive capacity, Technical Report Number 7, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia.
- Brooks, N., W. N. Adger, and P. M. Kelly, 2005, The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation, **Global Environmental Change**, 15, 151-163.
- Harmeling, S., J. Burck, and C. Bals, 2007, Adaptation to climate change in Africa and the European Union's Development Cooperation.
- IPCC, 2001, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Third Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2007, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Fourth Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Moss, R. H., A. L. Brenkert, and E. L. Malone, 2001, Vulnerability to Climate Change. A Quantitative Approach, Pacific Northwest National Laboratory operated by Batelle for the United States Department of Energy.
- UNDP, 2005, Adaptation Police Framework for Climate Change Developing Strategies, Police and Measure. Cambridge University Press.
- 기후변화적응시스템, [http://ccas.kei.re.kr/climate\\_change\\_adapt/menu4\\_2\\_1.do](http://ccas.kei.re.kr/climate_change_adapt/menu4_2_1.do)