

## 농촌지역 기후변화 취약성 평가에 관한 연구 - 서천군을 대상으로 -

이경진 · 차정우\*

공주대학교 조경학과 · \*충남발전연구원 환경생태연구부

## Climate Change Vulnerability Assessment in Rural Areas - Case study in Seocheon -

Lee, Gyeongjin · Cha, Jungwoo\*

*Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University*

*\*Dept. of Environment & Ecology Research, Chungnam Development Institute*

**ABSTRACT** : Since greenhouse gas emissions increase continuously, the authorities have needed climate change countermeasure for adapting the acceleration of climate change damages. According to “Framework Act on Low Carbon, Green Growth”, Korean local governments should have established the implementation plan of climate change adaptation. These guidelines which is the implementation plan of climate change adaptation should be established countermeasure in 7 fields such as Health, Digester/Catastrophe, Agriculture, Forest, Ecosystem, Water Management and Marine/Fisheries. Basically the Korean local governments expose vulnerable financial condition, therefore the authorities might be assessed the vulnerability by local regions and fields, in order to establish an efficient implementation plan of climate change adaptation. Based on this concepts, this research used 3 methods which are LCCGIS, questionnaire survey analysis and analysis of existing data for the multiphasic vulnerable assessment. This study was verified the correlation among 7 elements of climate change vulnerability by 3 analysis methods, in order to respond climate change vulnerability in rural areas, Seocheon-gun. If the regions were evaluated as a vulnerable area by two or more evaluation methods in the results of 3 methods’ comparison and evaluation, those areas were selected by vulnerable area. As a result, the vulnerable area of heavy rain and flood was Janghang-eup and Maseo-myeon, the vulnerable area of typhoon was Janghang-eup, Masan-myeon and Seo-myeon. 3 regions (i.e. Janghang-eup, Biin-myeon, Seo-myeon) were vulnerable to coastal flooding, moreover Masan-myeon, Pangyo-myeon and Biin-myeon exposed to vulnerability of landslide. In addition, Pangyo-myeon, Biin-myeon and Masan-myeon was evaluated vulnerable to forest fire, as well as the 3 sites; Masan-myeon, Masan-myeon and Pangyo-myeon was identified vulnerable to ecosystem. Lastly, 3 regions (i.e. Janghang-eup, Masan-myeon and Masan-myeon) showed vulnerable to flood control, additionally Janghang-eup and Seo-myeon was vulnerable to water supply. However, all region was evaluated vulnerable to water quality separately. In a nutshell this paper aims at deriving regions which expose climate change vulnerabilities by multiphasic vulnerable assessment of climate change, and comparing-evaluating the assessments.

**Key words** : Climate Change, Vulnerability Assessment, LCCGIS, Questionnaire Survey Analysis, Utilisation of Existing Data Analysis

### I. 서 론

산업화에 따른 온실가스 배출량 증가는 심각한 기후

변화의 원인으로 작용하여 우리나라를 포함한 전세계는 이에 대응하고자 노력하고 있다. 그러나 2000~2010년간 전세계 온실가스 배출량은 이전보다 더 급격히 증가하였고(IPCC 제5차 평가보고서), 우리나라 온실가스 총배출량도 2011년 697.7백만톤 CO<sub>2</sub>eq. 으로 1990년 295.7백만톤 CO<sub>2</sub>eq. 에 비해 136.0%, 2010년 667.8백만톤 CO<sub>2</sub>eq.

Corresponding author : Cha Jungwoo  
Tel : 041-840-1279  
E-mail : nanchal@naver.com

에 비해 4.5% 증가하였다.(온실가스종합정보센터, 2014)

이에 따라 더욱 가속화 될 것으로 보이는 기후변화 및 그 피해에 효과적으로 대응하기 위한 적응대책 수립의 필요성이 높아지고 있다. 우리나라의 경우 “저탄소 녹색성장 기본법”에 따라 생태계, 수자원, 농·수산물, 산림, 해양, 방재 등 부문별·지역별 기후변화 영향과 취약성 평가 및 대책 등이 포함된 기후변화적응대책 세부시행계획이 국가 및 광역시도에 수립 되었으며, 법 개정에 따라 2015년부터는 기초자치단체인 각 시군구까지 계획을 수립하도록 되어있다.

기후변화적응대책 세부시행계획 수립시 고려해야하는 부문 중 농·수산식품은 농촌지역의 대표적인 특징으로 “국가 기후변화적응대책 세부시행계획” 상 농수산부문에 가장 많은 소요예산이 책정되어 있고(관계부처합동, 2013), 2013년 용도지역현황을 기준으로 총 230개 시군구 중 123개(53.5%)의 시군구가 도시지역보다 농촌지역의 면적이 넓으며(농촌지역 전체면적은 49,403,089,482㎡로 도시지역 17,593,378,293㎡ 보다 2.8배 넓으며 이는 전체 용도지역 중 가장 넓은), 도시지역보다 낙후되어 다양한 정비가 필요한 것 등을 고려했을 때 농촌지역 기후변화 적응대책 수립의 필요성은 매우 높다고 할 수 있다.

기후변화는 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 생태계, 물관리, 해양/수산업 등 다양한 분야에 영향을 미치므로 각 분야별 대책이 수립되어야 한다. 그러나 2014년 기준 군 지역 재정자립도가 11.4%(안전행정부, 2014)에 불과한 취약한 기초지자체 재정을 고려할 때 지역별로 기후변화에 시급하고 적절한 대책이 수립될 수 있도록 하는 분석 자료인 분야별 취약성 평가가 매우 중요하다고 할 수 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 환경부 ‘기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획 시범지역’ 중 농촌지역의 성격이 강한 충남 서천군 각 읍면을 대상으로 분야별 기후변화 취약성 평가를 실시함으로써 분야별 적응계획 수립시 대상지 선택 등의 기본 자료로 활용하고자 한다.

## II. 이론적 고찰

기후변화 취약성은 기후변화의 다양한 영향들에 노출 되었을 때 영향들에 대한 노출, 민감도, 적응능력의 함수로 정의되며(환경부, 국립환경과학원, 2013) 이를 근거로 기존 기후변화 취약성 평가에 대한 연구는 기후노출, 민감도, 적응능력을 기준으로 대응변수를 설정하고 그에 따른 부문별 취약성 평가를 실시하는 것이 대부분이다.

국가 및 광역지자체 기후변화적응대책을 기준으로 취약성 평가는 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 생태계, 물관

리, 해양/수산업 등 7개 분야로 구성되며, 이를 기반으로 한 기존 연구를 살펴보면 다음과 같다.

건강분야에서는 신호성 등(2014)이 매개체 감염병, 홍수, 폭염, 대기오염/알레르기 네가지 건강영향별로 취약성 지표를 개발하였다.

재난/재해분야에서는 손민우 등(2011)과 이문환 등(2011) 및 한우석 등(2012)의 경우 홍수에 대한 취약성 변수를 선정하고 평가를 실시하였고, 김지숙 등(2014)은 해운대구를 대상으로 해수면상승에 대한 취약성을 분석하고 분석진행 과정별 개선방안을 도출하였다.

농업분야에서는 오영주 등(2012)이 농경지 토양유실과 관련이 높은 대응변수를 선정할 후 델파이조사를 통한 가중치를 통해 농경지 토양유실 취약성을 평가했고, 김성재 등(2012)은 농업생산기반 재해 취약성 평가를 위한 대리변수를 선정했으며, 김명현 등(2013)은 벼의 주요 병해충을 선정한 후 자문·델파이조사 등을 통해 대응변수와 가중치를 선정하고 시군구별 벼 생산 취약성을 평가 하였다.

산림분야에서는 채희문 등(2011)이 CCGIS(국립환경과학원에서 기후변화 취약성 평가를 위해 개발한 프로그램)상의 대리변수를 바탕으로 강원도 산불 취약성을 평가하였고, 이동근 등(2013)이 CCGIS 대응변수를 고도화하여 취약성 평가를 실시한 후 산사태 위험지도 및 2006년 강원도 산사태 자료를 통해 이를 검증하였다.

생태계분야에서는 공우석 등(2012)이 침엽수·곤충·국립공원 등을 중심으로 취약성을 평가하였고, 변정연 등(2012)은 모델 및 사회·환경적 지표를 통해 지표를 정량화하고 취약성 평가를 실시하였다.

물관리분야에서는 CCGIS를 기반으로 김영규 등(2012)이 치수·이수 부문에 대해, 이진행 등(2012)이 수질 및 수생태에 대한 취약성을 평가하였다.

해양/수산업분야에서는 박선민 등(2011)이 육역과 해역으로 구분되어 있는 지표를 단일 자료 구조로 통합하여 취약성을 평가하였고, 이버들 등(2011)이 국내 수산 부문 제반요소를 종합하여 대리변수를 선정하고, AHP 기법을 통해 가중치를 부여한 후 취약성을 평가하였다.

이상과 같이 기존 취약성 평가 연구는 1개 분야에 대해 지표를 개발하거나 변수와 가중치를 부여하는 등 취약성 평가방법을 정립하고자 하는 것이 대부분이다. 하지만 “기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립 가이드라인”에 따라 기초지자체는 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 생태계, 물관리, 해양/수산업 등 7개 분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 실시하여야 한다. 현실적으로 적응대책을 처음 수립하는 기초지자체의 경우 경험·전문성·예산 등에 있어서 역량과 인프라 등이 부족하여

7개 분야의 취약성 평가를 실시하기에는 많은 어려움이 있다. 국가에서는 이를 인지하고 지역기반 계획수립의 원활한 추진과 효율성 도모를 위하여 취약성 평가 지도와 평가도구를 제공하였다. 하지만 평가도구를 사용한 담당공무원과 연구진을 대상으로 조사한 결과 일부가 지역 특성과 현실 등의 반영에 미흡하고, 평가를 위한 관련자료 수집 및 확보 등의 한계로 평가 결과가 불확실하다고 제기하였다.(환경정책·평가연구원, 2013)

이에 본 연구에서는 평가도구활용, 주민의견수렴, 기초조사되거나 연구된 자료 중 7개 분야와 관련된 사항을 추출하여 각각 취약성 평가를 실시하고 이를 비교 평가하여 보다 신뢰성 높은 취약성 평가를 실시하고자 한다.

### III. 연구내용 및 방법

#### 1. 연구대상지 개요

서천군은 충청남도 서남단에 위치하여 서해와 접하고 있으며, 2개의 읍과 11개의 면으로 구성되어 있다.

2013년 도시계획현황을 기준(용도지역)으로 비도시지역이 도시지역보다 인구비율은 7.0%, 면적비율은 88.0% 높아 비도시지역의 특징이 강한 지자체라 할 수 있다. 특히, 농림지역의 면적은 비도시지역 면적 중 60.1%, 전체 면적 중 56.5%를 차지하는 등 서천군내에서 가장 많이 분포하고 있으며, 통계연보 상 2010년 농가인구가 17,255인으로 광업 및 제조업 종사자수 3,096보다 5.6배 많은 등 농촌의 특징이 강하다.

Table 1. The current status of population and urban area in Seocheon

Population		Area	
Urban	Non-Urban	Urban	Non-Urban
27,204people	31,237people	21,630,541㎡	336,567,218㎡
46.5%	53.5%	6.0%	94.0%

\* Agriculture-forest areas where is Non-Urban of are 202,384,366㎡

기후변화와 관련해서는 2013년 기후변화 대응 종합계획, 2014년 기후변화 적응대책 세부시행계획 등 기후변화 대응을 위한 완화와 적응대책 모두를 수립하는 등 기후변화에 대한 관심이 매우 높은 지자체라 할 수 있다.

#### 2. 연구내용 및 방법

본 연구는 2000년대를 기준으로 취약성 평가를 위하

여 개발된 도구활용, 심리적 평가를 위한 주민의견수렴, 기초조사 및 연구된 자료활용 등 3가지 방법으로 취약성을 평가하였고, 3가지 방법 모두에서 비교 가능한 세부항목을 추출하여 분석한 결과 2가지 방법 이상에서 취약하다고 평가된 읍면을 분야별 취약지역으로 선정했다. 각 방법을 구체적으로 설명하면 첫 번째 방법은 앞서 언급한 기초지자체 기후변화 취약성 평가를 위해 국가에서 제공한 LCCGIS를 활용한 것이다. LCCGIS는 기존 GIS기반 기후변화 취약성 평가도구인 CCGIS를 기반으로 기후변화 신 시나리오 중 하나인 RCP 8.5를 반영하여 만들어진 것으로(환경부, 국립환경과학원, 2013) 수치가 1에 가까울수록 기후변화에 취약하다고 평가한다. 가이드라인에서 제시한 모든 취약성 평가가 가능하고, 분야별로 1~9개 등 총 31개의 세부항목으로 구성되어 있으며, 세부항목별 평가를 위해 대응변수, 가중치, 변수목록 등이 포함되어 있다. 본 연구에서는 기존 LCCGIS에 입력된 사항을 준용하였으나, 김영수 등(2014)이 기술한 것 같이 기후노출과 시범지역별 중점세부항목으로 선정된 세부항목별 변수를 제외하고는 변수목록별 수치가 읍면별로 동일하게 기입되어 정확성에 문제가 있으므로 서천군 통계연보 등 기존 문헌자료를 정리하고, 서천군청과 각 읍면사무소 및 관련 유관기관 등을 방문하여 각 변수별 수치(동일한 변수가 없을 경우 가장 유사한 변수 사용)를 수집한 후, 이를 수정하여 취약성 평가를 실시하였다.

두 번째 방법은 런던에서 홍수로 인한 심리적 파괴감으로 이주를 고려하는 주민들의 물리적인 피해와 심리적인 피해를 막기 위해 홍수위험지역지도를 제공하거나(환경정책·평가연구원, 2010), 사람들의 위험 인식이 높을수록 위험감소를 위한 행동을 취할 가능성이 높다고 한 것(Parkins, John R 등, 2007) 등을 고려하여 설문조사를 통해 주민들의 심리적 취약성을 평가하였다. 설문조사 항목은 LCCGIS 31개 각 세부항목별로 거주 또는 근무하는 읍면에서 느끼는 취약성의 정도를 전혀 취약하지 않음부터 매우 취약함까지 5점 리커드 척도로 구성했다(예 : 거주지 또는 직장에서 홍수에 의한 기반시설 피해의 취약성이 어느 정도라고 생각하십니까?). 설문지는 서천군에 거주하거나 직장이 서천군에 위치하는 사람들에게 1000매를 배포하였고 이 중 수거된 635매에 대해 빈도분석을 실시하였다.

세 번째 방법은 각 정부기관 및 연구기관 등에서 구축한 데이터를 이용하는 것이다. 이를 위해 LCCGIS 31개 각 세부항목과 관련이 깊은 데이터를 선별하고 공문협조 등을 통해 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터를 세부적으로 살펴보면 NDMS(국가재난관리시스템)자료에서는 호우·태풍 등 기상재해로 인한 읍면별 공공시설

피해액에 대하여 조사하였다. 해안침수예상도는 폭풍해일로 인한 대규모 연안침수에 신속히 대응하기 위해 연안침수 위험지역에 대한 해일고, 침수범위, 침수깊이를 예측하고 이를 도면으로 표현한 것(해양수산부 국립해양조사원, 2013)으로 50년, 100년, 150년, 200년, 최대범람역 등 5가지 빈도별 침수예상도가 구축되어 있으며 본 연구에서는 가거도 방파제가 기상재해로 인해 100년 빈도로 정비되는 것을 고려해 100년 빈도 침수예상도의 침수예상 높이 및 면적을 ArcGis 10.0 프로그램을 통해 읍면별로 산출하였다.(단 비인면과 종천면 일부지역은 미제작 되었음) 산사태위험지도는 다양한 산사태 발생인자 중 영향이 큰 임상, 경급, 사면경사, 사면방위, 사면길이, 사면곡률, 모암, 토심, 지형습윤지수 등 9개 인자를 선정하여 제작(산림청 홈페이지)한 것으로 산사태 위험 1·2등급의 면적을 ArcGis 10.0 프로그램을 통해 읍면별로 산출하였다. 산불위험지역정보는 산림청 홈페이지 내용을 정리하여 위험등급 A·B의 읍면별 면적을 산출하였다. 비오뎀지도는 동식물군집이 서식하고 있거나 서식할 수 있는 잠재력을 가지고 있는 최소공간단위인 비오뎀(서천군, 2011)을 5등급으로 지도화 한 것으로 공우석 등(2012)이 침엽수 취약성 민감도 세부 대응변수에서 침엽수 분포 면적이 취약성에 가장 높게 기여한다는 것을 고

려하여 생태가치가 높은 1·2등급의 면적을 ArcGis 10.0 프로그램을 통해 읍면별로 산출하였다. 미급수세대는 상수도 통계자료를 이용하여 읍면별 세대수를 조사하였다. 수질은 물환경정보시스템(water.nier.go.kr)을 통해 하천수 BOD와 농업용수 COD를 조사하였다. 이외에 필요한 자료는 서천군 통계연보 등 군 내부자료를 활용하였다.

## IV. 연구결과

### 1. 호우(홍수)에 의한 취약성 평가

NDMS에 기록된 서천군내 호우로 인한 피해는 '10년 7월 23~24일, '11년 7월 7~14일, '12년 8월 12~14일 등 총 3번이며 총 피해액은 7,211,524천원이다. 피해액을 기준으로 시초면, 기산면, 마서면의 순으로 피해가 크게 나타났다.

호우에 의한 피해와 관련이 깊은 세부항목은 홍수에 의한 건강 취약성과 기반시설 취약성을 들 수 있다. 홍수에 의한 건강 취약성의 경우 LCCGIS에서는 장항읍, 마서면, 서천읍이 설문조사에서는 장항읍, 마산면, 서면의 취약성이 큰 것으로 나타났고, 홍수에 의한 기반시설 취약성의 경우 LCCGIS에서는 장항읍, 서천읍, 마서면이 설문조사에서는 장항읍, 서면, 비인면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 장항읍이 LCCGIS와 설문조사 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났고, 마서면이 NDMS와 LCCGIS 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

Table 2. The Source of assessment data for reference

Classification	Source	Note
LCCGIS Variable	Internal Data of Seocheon county	Surveyed from June to October, 2013
Questionnaires	Direct Survey by Seocheon county	Surveyed from June to October, 2013
NDMS	The province of Chungcheongnam-do	The current status of NDMS data from 2010 to 2012
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	Korea Forest Service	Since the June, 2013 baseline year
Biotope Map	Seocheon county	Mapping completely finished on May, 2011
the Unit of Inadequate Water Supply	Ministry of Environment(Water Supply Statistics)	Since the 2012 baseline year
Water Quality	Water Information System	The current status of Water Quality data from 2004 to 2013
et cetera	Seocheon county's Internal Data	Since the 2012 baseline year

Table 3. The result of evaluating Heavy rain(flood) vulnerability

Region	The Amount of Damage (unit: 1,000 won)	Health Vulnerability		Infrastructure Vulnerability	
		LCC GIS	Question naire (average)	LCC GIS	Question naire (average)
Janghang-eup	255,613	<b>0.37</b>	<b>4.03</b>	<b>0.57</b>	<b>4.08</b>
Seocheon-eup	383,583	<b>0.31</b>	3.50	<b>0.36</b>	3.64
Maseo-myeon	<b>1,000,644</b>	<b>0.32</b>	3.51	<b>0.24</b>	3.66
Hwayang-myeon	408,650	0.22	2.60	0.19	2.94
Gisan-myeon	<b>1,083,584</b>	0.23	3.44	0.22	3.69
Hansan-myeon	964,782	0.18	2.76	0.11	2.96
Masan-myeon	801,301	0.10	<b>4.00</b>	0.12	3.76
Sicho-myeon	<b>1,170,758</b>	0.18	3.50	0.11	3.75
Munsan-myeon	247,523	0.19	3.00	0.13	3.00
Pangyo-myeon	438,940	0.01	3.26	0.16	3.41
Jongcheon-myeon	183,028	0.11	3.23	0.24	3.36
Biin-myeon	244,084	0.00	3.44	0.16	<b>3.80</b>
Seo-myeon	29,034	0.01	<b>3.74</b>	0.00	<b>3.94</b>

## 2. 태풍에 의한 취약성 평가

최근 서천군에 영향을 준 태풍은 '10년 9월 1~3일 영향을 준 곤파스와 '12년 8월 25~30일 영향을 준 불라벤·덴빈이 있으며 총 피해액은 396,136천원이다. 피해액을 기준으로 장항읍, 비인면, 마산면의 순으로 피해가 크게 나타났다.

태풍과 관련이 깊은 세부항목은 태풍에 의한 건강 취약성을 들 수 있으며, LCCGIS에서는 서면, 장항읍, 마서면이 설문조사에서는 장항읍, 마산면, 서면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 장항읍이 모든 방법에서 취약한 것으로 나타나 태풍에 의한 취약성이 가장 높은 것으로 판단되며, 문산면은 NDMS와 설문조사, 서면은 LCCGIS와 설문조사 등 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

Table 4. The result of evaluating Typhoon vulnerability

Region	The Amount of Damage (unit: 1,000 won)	Health Vulnerability	
		LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	181,366	0.70	4.00
Seocheon-eup	19,552	0.40	3.54
Maseo-myeon	24,084	0.52	3.45
Hwayang-myeon	0	0.29	3.17
Gisan-myeon	4,290	0.28	3.56
Hansan-myeon	15,000	0.24	2.71
Masan-myeon	49,033	0.10	3.88
Sicho-myeon	0	0.21	3.75
Munsan-myeon	13,000	0.20	3.38
Pangyo-myeon	3,242	0.00	3.38
Jongcheon-myeon	6,500	0.25	3.47
Biin-myeon	56,748	0.29	3.53
Seo-myeon	23,321	0.80	3.84

## 3. 해안침수에 의한 취약성 평가

100년 빈도를 기준으로 해안침수가 예상되는 총 면적은 9,559,901ha이며 장항읍, 마서면, 비인면, 서면의 순으로 해안침수면적이 넓은 것으로 나타났다.

해안침수와 관련이 깊은 세부항목은 해수면상승에 의한 기반시설 취약성을 들 수 있으며, LCCGIS에서는 장항읍, 서천읍, 비인면이 설문조사에서는 장항읍, 서면, 비인면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 장항읍과 비인면이 모든 방법에서 취약한 것으로 나타나 해안침수에 의한 취약성이 높은 것으로 판단되며, 서면의 경우 해안침수예상도와 설문조사 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타

났다.

단, LCCGIS에서는 해안과 접해있지 않은 화양면이 해안에 접해 있는 서면보다, 설문조사에서는 해안과 접해있지 않은 마산면, 판교면, 화양면, 기산면이 해안에 접해 있는 중천면 보다 취약성이 높은 것으로 나타나 결과의 신뢰도가 낮다고 할 수 있다.

Table 5. The result of evaluating Coastal Inundation vulnerability

Region	the Expected Areas of Coastal Inundation (unit: ha)	Infrastructure Vulnerability by Sea Level Rise	
		LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	4,948,897	1.00	4.08
Seocheon-eup	0	0.44	3.37
Maseo-myeon	2,205,712	0.17	3.42
Hwayang-myeon	0	0.21	3.52
Gisan-myeon	0	0.11	3.34
Hansan-myeon	0	0.07	2.63
Masan-myeon	0	0.12	3.63
Sicho-myeon	0	0.06	3.25
Munsan-myeon	0	0.00	2.88
Pangyo-myeon	0	0.16	3.53
Jongcheon-myeon	156,330	0.26	3.26
Biin-myeon	1,175,640	0.29	3.69
Seo-myeon	1,073,322	0.12	3.77

## 4. 산사태 취약성 평가

산사태위험지도 1·2등급의 총 면적은 4,577ha이며 판교면, 문산면, 비인면의 순으로 위험지역이 넓은 것으로 나타났다.

Table 6. The result of evaluating Landslide-Hazard vulnerability

Region	the Area of Landslide-Hazard Risk Rating (unit: ha)	Landslide-Hazard vulnerability	
		LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	51	0.00	3.66
Seocheon-eup	209	0.17	3.81
Maseo-myeon	276	0.21	3.36
Hwayang-myeon	113	0.15	2.67
Gisan-myeon	220	0.16	3.63
Hansan-myeon	194	0.17	2.96
Masan-myeon	487	0.24	3.96
Sicho-myeon	167	0.10	3.45
Munsan-myeon	708	0.40	3.88
Pangyo-myeon	871	0.53	3.68
Jongcheon-myeon	479	0.32	3.31
Biin-myeon	627	0.32	3.33
Seo-myeon	175	0.03	3.57

산사태위험과 관련이 깊은 세부항목은 집중호우에 의한 산사태 취약성을 들 수 있으며, LCCGIS에서는 판교면, 문산면, 비인면, 종천면이 설문조사에서는 마산면, 문산면, 서천읍의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 문산면이 모든 방법에서 취약한 것으로 나타나 산사태에 의한 취약성이 가장 높은 것으로 판단되며, 판교면과 비인면의 경우 산사태위험지도 1·2등급 면적과 LCCGIS 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

### 5. 산불 취약성 평가

산불위험지역정보 A·B등급의 총 면적은 7,249ha이며 판교면, 문산면, 비인면의 순으로 위험지역이 넓은 것으로 나타났다. 이는 산사태위험지도 1·2등급 면적과 동일한 결과로 산림재해별 위험성이 유사하다는 것을 알 수 있다.

산불위험과 관련이 깊은 세부항목은 산불의 취약성을 들 수 있으며, LCCGIS에서는 판교면, 비인면, 문산면이 설문조사에서는 마산면, 비인면, 판교면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 판교면과 비인면은 모든 방법에서 취약한 것으로 나타나 산불에 의한 취약성이 가장 높은 것으로 판단되며, 문산면의 경우 산불위험지역정보 A·B등급 면적과 LCCGIS 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

Table 7. The result of evaluating Forest Fire vulnerability

Region	the Area of Forest Fire Risk Area (unit: ha)	Forest Fire vulnerability	
		LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	0	0.20	3.60
Seocheon-eup	0	0.49	3.66
Maseo-myeon	0	0.27	3.39
Hwayang-myeon	0	0.30	3.13
Gisan-myeon	0	0.42	3.25
Hansan-myeon	0	0.46	2.98
Masan-myeon	842	0.60	<b>3.92</b>
Sicho-myeon	169	0.39	3.35
Munsan-myeon	<b>1,847</b>	<b>0.68</b>	3.25
Pangyo-myeon	<b>1,938</b>	<b>0.89</b>	<b>3.79</b>
Jongcheon-myeon	1,143	0.62	3.28
Biin-myeon	<b>1,310</b>	<b>0.76</b>	<b>3.84</b>
Seo-myeon	0	0.47	3.58

### 6. 생태계 취약성 평가

비오톱지도는 면적, 모양, 경사, 표고, 녹피도, 식생층 위구조, 식생다양성, 이용 및 관리강도, 불투수성포장율, 형성기간, 도격이격거리, 수원접근성 등 12개의 지표에 대해 가치평가 한 결과를 바탕으로 2차례의 합산평가 과정을 거쳐 등급화 되었다.(서천군, 2011)

서천군 비오톱 1·2등급 지역의 총 면적은 12,839ha이며 판교면, 문산면, 비인면의 순으로 생태적으로 우수한 면적이 넓은 것으로 나타났다.

비오톱이 우수한 지역의 취약성과 매우 관련이 깊은 세부항목은 없으나 식물 생태환경을 대표하는 침엽수의 취약성으로 평가해 본 결과 LCCGIS에서는 마산면, 판교면, 문산면이 설문조사에서는 장항읍, 마산면, 서면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 마산면이 LCCGIS와 설문조사 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났고, 문산면과 판교면이 비오톱 1·2등급 면적과 LCCGIS 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

Table 8. The result of evaluating Ecosystem vulnerability

Region	The Area of Biotope 1st · 2nd Degree (unit: ha)	Coniferous Tree vulnerability	
		LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	155	0.02	<b>4.17</b>
Seocheon-eup	621	0.07	3.45
Maseo-myeon	508	0.12	3.26
Hwayang-myeon	807	0.14	2.83
Gisan-myeon	617	0.08	3.44
Hansan-myeon	784	0.18	2.88
Masan-myeon	1,239	<b>0.33</b>	<b>3.72</b>
Sicho-myeon	530	0.00	3.30
Munsan-myeon	<b>1,732</b>	<b>0.22</b>	3.13
Pangyo-myeon	<b>2,557</b>	<b>0.27</b>	3.65
Jongcheon-myeon	<b>1,233</b>	0.08	3.03
Biin-myeon	1,499	0.09	3.36
Seo-myeon	557	0.12	<b>3.70</b>

### 7. 치수 취약성 평가

NDMS 자료 중 피해원인이 하천급류·범람이거나 피해시설이 하천 등 수리시설인 자료를 추출한 결과 총 피해액은 4,108,886천원이다. 피해액을 기준으로 시초면, 마서면, 마산면의 순으로 피해가 크게 나타났다.

Table 9. The result of evaluating Flood Control vulnerability

Region	the Amount of Damage (unit: 1,000 won)	Flood Control vulnerability	
		LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	44,742	<b>0.48</b>	<b>4.19</b>
Seocheon-eup	62,152	<b>0.46</b>	3.52
Maseo-myeon	<b>733,064</b>	<b>0.23</b>	3.40
Hwayang-myeon	357,750	0.14	3.00
Gisan-myeon	296,339	0.13	3.63
Hansan-myeon	441,488	0.13	3.00
Masan-myeon	<b>662,915</b>	0.03	<b>3.88</b>
Sicho-myeon	<b>821,490</b>	0.08	3.50
Munsan-myeon	105,666	0.07	2.88
Pangyo-myeon	333,340	0.03	3.56
Jongcheon-myeon	165,080	0.09	3.13
Biin-myeon	72,453	0.00	3.50
Seo-myeon	12,407	0.01	<b>3.70</b>

치수와 관련이 깊은 세부항목은 치수의 취약성을 들 수 있으며, LCCGIS에서는 장항읍, 서천읍, 마서면이 설문조사에서는 장항읍, 마산면, 서면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 장항읍이 LCCGIS와 설문조사 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났고, 마서면이 NDMS와 LCCGIS 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났으며, 마산면이 NDMS와 설문조사 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

### 8. 이수 취약성 평가

읍면별 이수의 취약성을 평가하기 위해 미급수세대 현황과 토지 지목별 현황 중 하천·구거·유지의 면적을 조사하였다. 생활용수 공급과 관련이 깊은 총 미급수세대는 9,406세대이며, 기산면, 판교면, 한산면에 많이 분포한다. 각종 용수로 이용 가능한 하천, 구거, 유지의 면적은 총 2,823ha이며, 면적이 적은 서면, 장항읍, 기산면의 경우 가뭄시 용수를 공급하기 어려울 수 있다.

이수와 관련이 깊은 세부항목은 이수의 취약성을 들 수 있으며, LCCGIS에서는 장항읍, 서천읍, 서면이 설문조사에서는 장항읍, 마산면, 비인면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

3가지 방법을 종합해본 결과 미급수세대가 많은 읍면은 LCCGIS 및 설문조사 결과에서 취약성이 높지 않은 것으로 나타났다. 따라서 미급수세대를 제외한 후 각각의 취약성 평가를 비교해본 결과 장항읍이 하천·구거·유지의 면적과 LCCGIS, 설문조사에서 취약성이 높은

Table 10. The result of evaluating Water Supply vulnerability

Region	the Units of Inadequate Water Supply (unit: unit)	the Area of River, Ditch, Marsh (unit: ha)	Water Supply vulnerability	
			LCCGIS	Questionnaire (average)
Janghang-eup	38	<b>71</b>	<b>1.00</b>	<b>4.08</b>
Seocheon-eup	479	178	<b>0.99</b>	3.47
Maseo-myeon	306	329	0.68	3.32
Hwayang-myeon	<b>1,173</b>	608	0.47	3.02
Gisan-myeon	<b>1,269</b>	<b>106</b>	0.46	3.52
Hansan-myeon	1,187	372	0.51	3.00
Masan-myeon	755	237	0.46	<b>3.92</b>
Sicho-myeon	679	256	0.60	3.35
Munsan-myeon	555	148	0.54	3.13
Pangyo-myeon	<b>1,227</b>	243	0.49	3.62
Jongcheon-myeon	997	152	0.58	3.26
Biin-myeon	580	111	0.69	<b>3.82</b>
Seo-myeon	161	<b>12</b>	<b>0.87</b>	3.66

것으로 나타났고, 서면이 하천, 구거, 유지의 면적과 LCCGIS 2가지 방법에서 취약성이 높은 것으로 나타났다.

### 9. 수질 취약성 평가

물환경정보시스템을 통해 조사할 수 있는 서천군내 수질측정망은 하천수 4개소, 농업용수 6개소이다.

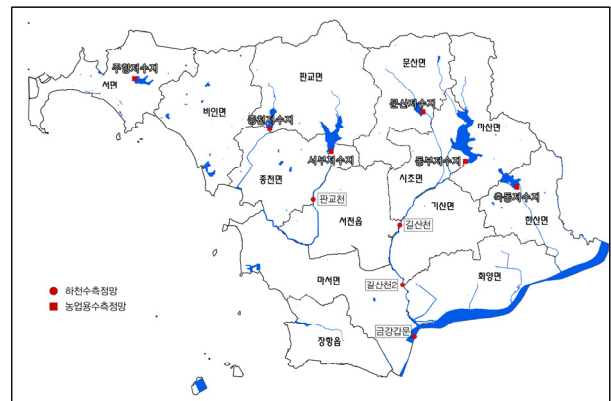


Figure 1. The site map of measuring water system and water quality

측정소별 수질을 평가하기 위하여 하천수의 경우 BOD, 농업용수의 경우 COD 평균 수질측정값을 산출한 후 “환경정책기본법 시행령 [별표] 환경기준” 상에 있는 하천 및 호소의 생활환경기준으로 검토해 본 결과 하천수의 수질은 금강갑문을 제외한 3곳 측정소가 모두 보통

Table 11. The current status of measuring water quality

Sort	Measurement Site	Region	the Average of BOD or COD	Environmental Standard
Stream	Pangyo stream	Seocheon-eup	3.4	Moderately polluted
	Geumgang floodgate	Maseo-myeon	1.7	Clear
	Gilsan stream2	Maseo-myeon	3.4	Moderately polluted
	Gilsan stream	Gisan-myeon	3.4	Moderately polluted
Reservoir	Chukdong reservoir	Hansan-myeon	10.9	Very Polluted
	Dongbu reservoir	Sicho-myeon	6.8	Dirty
	Munsan reservoir	Munsan-myeon	6.5	Dirty
	Jongcheon reservoir	Pangyo-myeon	4.8	Moderately polluted
	Seobu reservoir	Pangyo-myeon	6.9	Dirty
	Juhang reservoir	Seo-myeon	9.5	Polluted

※ The measure data of Gilsan stream2 was the average of BOD or COD since from 2012 to 2013 baseline year, moreover the measure data of Juhang reservoir was the average of BOD or COD since from 2011 to 2013. All the rest was the average of BOD or COD since from 2004 to 2013.

이며, 농업용수의 수질은 중천저수지를 제외한 모든 저수지가 약간 나쁨부터 매우 나쁨으로 수질이 좋지 않은 것으로 측정됐다. 그러나, 하천수의 경우 고정되어 있는 것이 아니라 여러 읍면을 흐르고 있어 측정소의 위치가 해당 읍면의 수질을 대표한다고 하기 어렵고, 측정소가 동일한 읍면에 위치하거나 수질측정소가 없는 읍면도 있으며, 농업용수의 경우도 두 개의 면에 위치하는 경우가 있어 물환경정보시스템의 측정값으로는 서천군내 읍면별 상대적 취약성을 정확히 판단하기 어렵다.

따라서 수질의 취약성을 파악할 수 있는 세부항목인 수질 및 수생태의 취약성 취약성을 통해 다른 두가지방법으로 수질이 취약한 지역을 분석한 결과, LCCGIS에서는 문산면, 판교면, 비인면이 설문조사에서는 장항읍, 마산면, 서면의 취약성이 높은 것으로 나타났다.

2가지 방법을 종합해본 결과 동일한 취약지역이 없는 것으로 나타났다. 또한 물환경정보시스템상 가장 나쁜 수질이 측정된 축동저수지가 위치한 한산면의 경우 LCCGIS와 설문조사에서 취약성이 높지 않은 것으로 평가되어 다면적 평가를 통한 동일 취약지역은 없는 것으로 나타났다.

Table 12. The result of evaluating Water Quality vulnerability

Region	Water Quality and Hydroecological systems vulnerability	
	LCCGIS	Questionnaire(average)
Janghang-eup	0.00	<b>4.19</b>
Seocheon-eup	0.12	3.53
Maseo-myeon	0.27	3.47
Hwayang-myeon	0.20	3.23
Gisan-myeon	0.22	3.58
Hansan-myeon	0.15	3.14
Masan-myeon	0.36	<b>4.12</b>
Sicho-myeon	0.14	3.15
Munsan-myeon	<b>0.43</b>	2.88
Pangyo-myeon	<b>0.40</b>	3.65
Jongcheon-myeon	0.20	3.26
Biin-myeon	<b>0.40</b>	3.64
Seo-myeon	0.19	<b>3.75</b>

## V. 결 론

본 논문은 법 개정에 따라 2015년부터 기초지자체인 시군구에서 수립하여야 하는 “기후변화 적응대책 세부시행계획”에 대비하여 환경부 시범지역 중 인구, 용도지역 등 농촌지역 성격이 강한 서천군을 대상으로 다면적 취약성 평가를 실시하였다.

취약성 평가는 2000년대를 기준으로 하였으며, 취약성 평가도구인 LCCGIS 활용, 심리적 평가를 위한 주민설문조사, 각 정부기관 및 연구기관 등에서 구축한 데이터 이용 등 3가지 방법을 사용하였고, 3가지 방법 모두에서 비교 가능한 분야별 세부항목을 추출하였다. 총 9개의 세부항목을 대상으로 취약성 평가를 실시하였고 각 세부항목 당 다른 읍면에 비하여 2가지 이상의 방법에서 취약하다고 평가된 지역을 취약지역으로 선정하였다. 그 결과 호우(홍수)에 의한 취약지역은 장항읍·마서면, 태풍에 의한 취약지역은 장항읍·문산면·서면, 해안침수에 의한 취약지역은 장항읍·비인면·서면, 산사태에 의한 취약지역은 문산면·판교면·비인면, 산불에 의한 취약지역은 판교면·비인면·문산면, 생태계 취약지역은 마산면·문산면·판교면, 치수 취약지역은 장항읍·마서면·마산면, 이수 취약지역은 장항읍·서면, 수질 취약지역은 2가지 방법 이상에서 동일 취약지역이 없는 것으로 나타났다.



Table 13. The outcome of vulnerable areas synthesis by the multiphasic vulnerable assessment

Region	Vulnerable areas	
	Assessed as a vulnerable area by 3 methods	Assessed as a vulnerable area by 2 methods
Heavy rain(flood)	-	Janghang-eup, Maseo-myeon
Typhoon	Janghang-eup	Munsan-myeon, Seo-myeon
Coastal Inundation	Janghang-eup, Biin-myeon	Seo-myeon
Landslide-Hazard	Munsan-myeon	Pangyo-myeon, Biin-myeon
Forest Fire	Pangyo-myeon, Biin-myeon	Munsan-myeon
Ecosystem	-	Masan-myeon, Munsan-myeon, Pangyo-myeon
Flood Control	-	Janghang-eup, Maseo-myeon, Masan-myeon
Water Supply	Janghang-eup	Seo-myeon
Water Quality	-	-

세부적으로 산사태 취약성 평가와 산불 취약성 평가는 문산면, 판교면, 비인면이 취약지역으로 평가되어 산림재해 취약지역간의 공통성을 찾아볼 수 있었다.

취약성 평가시 나타난 문제점을 살펴보면 첫 번째로 LCCGIS의 경우 해수면상승에 의한 기반시설 취약성 평가에서 해안에 접하지 않은 읍면이 접한 읍면보다 취약성이 높은 경우가 있어 결과의 신뢰도가 약화되었다. 이는 평가 변수상 읍면별로 해안에 접하고 있는지의 유무가 2012년 기준 31개의 무역항과 29개의 연안항(무역항 1개소, 연안항 4개소는 항만시설이 없음)으로 이루어져 있는 항만(국가교통데이터베이스 : www.ktdb.go.kr) 및 일부지역에만 설치되어 있는 방조설비로 판단되어 해안에 접하여 있는 전체 읍면의 현황을 대표하는데 한계가 있기 때문이며 이를 개선하기 위해서는 해안선 길이 등 변수의 추가 및 보완이 필요하다.

두 번째로 설문조사의 경우 특광역시 아닌 지방 기초자치체인 시군의 경우 기후변화 전문가의 수가 절대적으로 부족하기 때문에 일반인을 대상으로 설문조사를 실시해야하는 한계가 존재하므로 설문문항 구성시 답변자가 보다 신중한 답변할 수 있도록 자세한 설명을 첨부하는 등의 노력이 필요하다.

본 연구는 일부 LCCGIS 결과에 오류가 있다는 문제점, 기후변화에 대한 지식이 부족한 일반인 대상의 설문조사, 모든 세부항목별 기 구축된 데이터의 부재 등 여

러 가지 한계가 존재하지만 2015년부터 법정계획이 되는 “기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획”에 앞서 다면적 방법으로 기후변화 취약성 평가를 실시하고 이를 비교·평가하여 보다 종합적인 분야별 취약지역을 도출한 것에 의의가 있다.

기후변화는 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 생태계, 물관리, 해양/수산업 등 다양한 분야에 영향을 주고 해마다 이상 기후현상이 세계 곳곳에서 다양한 형태로 나타나고 있는 등 불확실성을 내포하고 있으므로 해당지역의 특성을 고려한 다양하고 세분화된 기후변화 취약성 평가의 도입이 필요하다. 특히 도시지역에 비하여 낙후되어 있고, 독거노인 등 취약계층의 비율이 높으며, 병원 등 각종 서비스 시설이 부족하여 다양한 기후변화의 영향에 효과적으로 대응하기 어려운 농촌지역의 경우 지속적인 후속연구가 필요하다.

본 연구는 서천군 기후변화 적응대책 세부시행계획(2015~2019) 과제의 내용을 바탕으로 한 것임.

## Reference

1. Byun, J., W. Lee, S. Choi, S. Oh, S. Yoo, T. Kwon, J. Sung and J. Woo, 2012, Vulnerability Assessment for Forest Ecosystem to Climate Change Based on Spatio-temporal Information. Korean Journal of Remote Sensing 28(1): 159-169.
2. Chae, H., G. Um and S. Lee, 2011, The Vulnerability Assessment of Forest Fire in Gangwon Province Using CCGIS. J. Korean Soc. Hazard Mitig 11(4): 123-130.
3. Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, 2014, 2013 National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea. 324pp.
4. Han, W., O. Sim, B. Lee and J. Yoo, 2012, The Proposal of Evaluation Method for Local Government Infrastructure Vulnerability Relating to Climate Change Driven Flood. Journal of Climate Change Research 3(1): 25-37.
5. Joint planning of the relevant authorities, 2013, National Climate Change Adaptation Strategy: 2013-2015 implementation planning. 533pp.
6. Kim, J., H. Kim and S. Lee, 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.
7. Kim, M., H. Bang, Y. Na, M. Kim, Y. Oh, K. Kang and K. Cho, 2013, Vulnerability Assessment of Rice Production by Main Disease and Pest of Rice Plant to Climate Change. *J. Korean Env. Res. Tech* 16(1): 147-157.
  8. Kim, S., T. Park, S. Kim and S. Kim, 2012, The Proxy Variables Selection of Vulnerability Assessment for Agricultural Infrastructure According to Climate Change. *KCID J* 18(2): 33-42.
  9. Kim, Y. and S. Lee, 2014, Improvement of Vulnerability Assessment to Climate Change using LCCGIS. *Journal of Climate Change Research* 5(2): 165-178.
  10. Kim, Y., J. Yoo and E. Chung, 2012, Water Management Vulnerability Assessment Considering Climate Change in Korea. *Journal of Climate Change Research* 3(1): 1-12.
  11. Kong, W., S. Lee, H. Park and J. Yu, 2012, Ecosystem Vulnerability Assessment of Local Government Due to Climate Change. *Journal of Climate Change Research* 3(1): 51-69.
  12. Korea Environment institute, 2010, Climate Change Adaptation Capacity Indicators - A Pilot Study for the Application of the Indicators at the Local Level. 100pp.
  13. Korea Environment institute, 2013, Study on Strengthening Linkage between National and Local Climate Change Adaptation Plan for Effective Implementation. 77pp.
  14. Korea Hydrographic and Oceanographic Administration Ministry of Oceans and Fisheries, 2013, Mapping of Coastal Inundation Maps(5th). 371pp.
  15. Lee, B., B. Kim and Y. Cho, 2011, A Study Vulnerability Assessment to Climate Change in Regional Fisheries of Korea. *The Journal of Fisheries Business Administration* 42(1): 57-70.
  16. Lee, D., H. Kim, C. Seo, C. C. Song, J. Yu and C. Park, 2013, A Study on the Establishment of Quantitative Standards of Landslides Vulnerability by Climate Change. *Journal of Climate Change Research* 4(2): 95-104.
  17. Lee, K., E. Chung, K. Kim, J. Yu 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.
  18. Lee, M., I. Jung and D. Bae, 2011, Korean Flood Vulnerability Assessment on Climate Change. *J. Korea Water Resources Association* 44(8): 653-666.
  19. Ministry of Environment, 2013, 2012 Statistics of waterworks.
  20. Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, 2013, The Map of Climate Change Vulnerability for supporting establishment of local Climate Change Adaptation Strategy.
  21. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea Land & Housing Corporation, 2014, 2013 The current status of urban planning.
  22. Ministry of Security and Public Administration, 2014, Summary of Local Budget for FY 2014( I ). 363pp.
  23. Nam, K. and C. Kim, 2013, Study on Sensitivity of different Standardization Methods to Climate Change Vulnerability Index. *Journal of Environmental Impact Assessment* 22(6): 677-693.
  24. Oh, Y., M. Kim, Y. Na, S. Hong, W. Paik and S. Yoon, 2012, Vulnerability Assessment of Soil Loss in Farm area to Climate Change Adaption. *Korean J. Soil. Fert* 45(5): 711-716.
  25. Park, S., W. Lee, T. Kwon, B. Lee, Y. Son and Y. Cho, 2011, Vulnerability Assessment for Ocean to Climate Change Using Spatial Information Based on GIS. *Journal of Korea Spatial Information Society* 19(3): 1-9.
  26. Parkins, John R. and Norah A. Mackendrick, 2007, Assessing Community Vulnerability : A Study of the Mountain Pine Beetle Outbreak in British Columbia, Canada, *Global Environmental Change*
  27. Seochon-gun, 2011, Seochon-gun Biotop Map. 237pp.
  28. Seochon-gun, 2013, 53rd Seochon Statistics Year book. 632pp.
  29. Seochon-gun, 2014, Climate Change Adaptation Strategy in Seochon: 2015-2019 implementation planning. 497pp.
  30. Shin, H. and S. Lee, 2014, Development of a Climate Change Vulnerability Index on the Health Care

Sector. Journal of environmental policy 13(1): 69-93.

31. Son, M., J. Sung, E. Chung and K. Jun, 2011, Development of Flood Vulnerability Index Considering Climate Change. J. Korea Water Resources Association 44(3): 231-248.

- 
- Received 4 November 2014
  - First Revised 24 November 2014
  - Finally Revised 11 December 2014
  - Accepted 11 December 2014