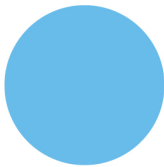


# 충청남도 기후변화 취약성 평가 Prototype 개발

기후변화대응연구센터



충청남도 서해안기후환경연구소



2015. 12.



# 충청남도 기후변화 취약성 평가 Prototype 개발

2015. 12





# Contents

목차 .....	i
표목차 .....	iii
그림목차 .....	v
연구요약 .....	ix
 1장 서론 .....	 3
1. 배경 및 필요성 .....	3
2. 연구의 목적, 내용 및 방법 .....	4
 2장 기후변화 적응대책 .....	 9
1. 세부시행계획 수립배경 및 근거 .....	9
1.1 수립배경 .....	9
1.2 추진근거 .....	10
2. 국가 기후변화 적응대책 관련 계획 .....	13
2.1 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(2009~2013) .....	13
2.2 제2차 녹색성장 5개년 계획(2014~2018) .....	15
2.3 저탄소 녹색성장 기본법 .....	17
3. 충청남도 기후변화 적응대책 1차 세부시행계획(2012~2016) .....	18
 3장 기후변화 취약성 평가 .....	 23
1. 취약성 평가 개요 .....	23
2. 평가방법 및 도구 .....	27
2.1 평가방법 .....	27
2.2 기후변화 취약성 평가도구 .....	30

<b>4장 충청남도 기후변화 취약성 평가</b>	<b>37</b>
1. 취약성 평가 결과 분석	37
2. 한계점 및 개선방안	42
<b>5장 충청남도 기후변화 취약성 평가도구 Prototype 개발</b>	<b>45</b>
1. 평가인자 설계	45
1.1 대응변수 분석	45
1.2 인벤토리 구축	47
1.3 최종 평가지표 도출	48
2. 취약성 평가도구 Prototype 개발	50
2.1 개발 개요	50
2.2 취약성 평가를 위한 데이터베이스 구축	52
2.3 충남지역의 산불에 의한 취약성 평가	82
2.4 취약성 평가도구의 강점 및 활용방안	86
<b>6장 결론 및 활용계획</b>	<b>89</b>
<b>참고문헌</b>	<b>93</b>
<b>부록</b>	<b>97</b>
A. 취약성 평가 인벤토리 목록	97
B. 취약성 평가도구 사용자 가이드북	117

## 표목차

[표 2-1] 기후변화 관련 계획 검토 .....	11
[표 2-2] 저탄소 녹색성장 기본법의 구성 .....	17
[표 3-1] 취약성 평가 대응변수 .....	24
[표 3-2] 표준화 방법 .....	25
[표 3-3] 기후변화 취약성 평가분야 및 항목 .....	26
[표 3-4] 정량적 취약성 평가의 구분 .....	28
[표 3-5] 정성적 평가를 위한 설문개요(예시) .....	29
[표 3-6] 평가도구별 강·약점 분석 .....	30
[표 4-1] 충청남도 재난/재해분야 취약성 평가 표준화 지수 .....	37
[표 4-2] 충청남도 건강분야 취약성 평가 표준화 지수 .....	38
[표 4-3] 충청남도 농업분야 취약성 평가 표준화 지수 .....	39
[표 4-4] 충청남도 산림분야 취약성 평가 표준화 지수 .....	40
[표 4-5] 충청남도 물관리분야 취약성 평가 표준화 지수 .....	41
[표 4-6] 충청남도 생태계분야 취약성 평가 표준화 지수 .....	41
[표 5-1] 광역지자체별 대응변수 리스트(예시) .....	45
[표 5-2] 기초지자체별 대응변수 리스트(예시) .....	46
[표 5-3] 건강분야 인벤토리(예시) .....	47
[표 5-4] 17개 세부항목별 최종 평가지표 .....	48
[표 5-5] 하드웨어 제약사항 .....	50
[표 5-6] 소프트웨어 제약사항 .....	51
[표 5-7] 취약성 평가 데이터베이스 구축 .....	52
[표 5-8] 대응변수별 가중치 .....	82
[표 5-9] 충남지역의 연대별 취약정도 .....	84
[표 8-1] 건강분야 .....	96
[표 8-2] 농업분야 .....	100
[표 8-3] 물관리분야 .....	103
[표 8-4] 산림분야 .....	108

[표 8-5] 생태계분야 .....	112
[표 8-6] 재난/재해분야 .....	114

## 그림목차

[그림 2-1] 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획 주요내용 .....	14
[그림 2-2] 제2차 녹색성장 5개년 계획 주요내용 .....	16
[그림 2-3] 충청남도 기후변화 적응대책 비전 및 목표 .....	19
[그림 3-1] 기후변화 취약성 평가 개념도 .....	24
[그림 3-2] 기후변화 취약성 평가 접근방법 .....	27
[그림 5-1] 논리데이터베이스 모델 설계 .....	51
[그림 5-2] 물리데이터베이스 모델 설계 .....	52
[그림 5-3] RCP 8.5 강수량 시나리오(1km×1km) .....	54
[그림 5-4] 충남지역 강수량 분포도(현재) .....	54
[그림 5-5] 충남지역 강수량 분포도(2020년) .....	55
[그림 5-6] 충남지역 강수량 분포도(2050년) .....	55
[그림 5-7] RCP 8.5 풍속 시나리오(12.5km×12.5km) .....	56
[그림 5-8] 충남지역 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 분포도(현재) .....	56
[그림 5-9] 충남지역 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 분포도(2020년대) .....	57
[그림 5-10] 충남지역 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 분포도(2050년대) .....	57
[그림 5-11] RCP 8.5 강우량 시나리오(12.5km×12.5km) .....	58
[그림 5-12] 충남지역 연속적인 무강우일수의 최대값 분포도(현재) .....	59
[그림 5-13] 충남지역 연속적인 무강우일수의 최대값 분포도(2020년) .....	59
[그림 5-14] 충남지역 연속적인 무강우일수의 최대값 분포도(2050년) .....	60
[그림 5-15] RCP 8.5 실효습도 시나리오(LCCGIS) .....	60
[그림 5-16] 충남지역 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 분포도(현재) .....	61
[그림 5-17] 충남지역 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 분포도(2020년) .....	61
[그림 5-18] 충남지역 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 분포도(2050년) .....	62
[그림 5-19] RCP 8.5 기온 시나리오(12.5km×12.5km) .....	63
[그림 5-20] 충남지역 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수 분포도(현재) .....	63
[그림 5-21] 충남지역 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수 분포도(2020년대) .....	64
[그림 5-22] 충남지역 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수 분포도(2050년대) .....	64

[그림 5-23] RCP 8.5 토양수분 10cm 시나리오(LCCGIS) .....	65
[그림 5-24] 충남지역 토양수분 10cm 분포도(현재) .....	65
[그림 5-25] 충남지역 토양수분 10cm 분포도(2020년대) .....	66
[그림 5-26] 충남지역 토양수분 10cm 분포도(2050년대) .....	66
[그림 5-27] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오 .....	67
[그림 5-28] 충남지역 무림목지 면적 분포도(현재) .....	67
[그림 5-29] RCP 8.5 수치지형도 시나리오 .....	68
[그림 5-30] 충남지역 산림 내 평균경사 분포도(현재) .....	68
[그림 5-31] RCP 8.5 수치지형도 시나리오 .....	69
[그림 5-32] 충남지역 산림 내 평균고도 분포도(현재) .....	69
[그림 5-33] RCP 8.5 총인구 시나리오(LCCGIS) .....	70
[그림 5-34] 충남지역 총인구 분포도(현재) .....	70
[그림 5-35] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오 .....	71
[그림 5-36] 충남지역 침엽수 면적 분포도(현재) .....	71
[그림 5-37] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오 .....	72
[그림 5-38] 충남지역 혼효림 면적 분포도(현재) .....	72
[그림 5-39] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오 .....	73
[그림 5-40] 충남지역 활엽수 면적 분포도(현재) .....	73
[그림 5-41] RCP 8.5 수치지형도 시나리오 .....	74
[그림 5-42] 충남지역 진화용수 인접도 분포도(현재) .....	74
[그림 5-43] RCP 8.5 임도망도 시나리오 .....	75
[그림 5-44] 충남지역 진화차량 접근성 분포도(현재) .....	75
[그림 5-45] RCP 8.5 산림 공무원 수 시나리오(LCCGIS) .....	76
[그림 5-46] 충남지역 산림 공무원 수 분포도(현재) .....	76
[그림 5-47] RCP 8.5 산림방제 면적 시나리오(LCCGIS) .....	77
[그림 5-48] 충남지역 산림방제 면적 분포도(현재) .....	77
[그림 5-49] RCP 8.5 강수량 시나리오(1km×1km) .....	78
[그림 5-50] 충남지역 산불위험시기 강수량 분포도(현재) .....	78
[그림 5-51] 충남지역 산불위험시기 강수량 분포도(2020년) .....	79
[그림 5-52] 충남지역 산불위험시기 강수량 분포도(2050년) .....	79
[그림 5-53] RCP 8.5 자치단체별 재정자립도 현황자료 시나리오 .....	80

[그림 5-54] 충남지역 재정자립도 분포도(현재) .....	80
[그림 5-55] RCP 8.5 지역 내 총생산(GRDP) 시나리오(LCCGIS) .....	81
[그림 5-56] 충남지역 지역 내 총생산(GRDP) 분포도(현재) .....	81
[그림 5-57] 충남지역 산불에 의한 취약성(현재) .....	85
[그림 5-58] 충남지역 산불에 의한 취약성(2020년) .....	85
[그림 5-59] 충남지역 산불에 의한 취약성(2050년) .....	86





## 연구요약

### 충청남도 기후변화 취약성 평가 Prototype 개발

본 센터과제에서는 2016년 수립예정인 제2차 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행 계획에서 활용하기 위한 기후변화 취약성 평가 prototype 개발 연구를 수행하였다. 본 연구는 행정구역보다 세분화된 기후변화 적응대책 수립을 위하여 시/군/구 및 읍/면/동 단위 취약성 평가와 함께 이를 보완할 수 있는 셀단위 취약성 평가도구 개발에 대한 필요성이 대두됨에 따라 수행되었다. 연구를 통해 기후변화 취약성 평가 prototype를 개발하여 환경부에서 제공 중인 기후변화 취약성 평가툴(CCGIS, LCCGIS, VESTAP)이 갖고 있는 문제점을 개선하여 평가결과의 신뢰도 및 정확성을 확보하는데 본 연구의 주요 목적이 있다.

본 연구의 주요내용으로는 충청남도 제1차 기후변화 적응대책 평가 및 문제점 도출, 기후변화 취약성 평가를 위한 대응변수 선정, 충청남도 기후변화 취약성 평가 도구 설계, 향후 활용방안 제안 등이 있으며, 향후 5년간 지자체의 실질적인 이행이 가능한 실효성(정책적 지지 등) 있는 계획 수립을 위한 기본틀 제공이 가능하다. 또한, 연구결과를 활용하여 지자체별 기후변화 적응을 위한 방향성과 추진전략의 제시가 가능하며, 실효성 높은 계획의 수립을 통하여 종합적인 적응대책 수립이 가능하다.

취약성 평가 prototype 개발을 위한 선행연구로 「국가기후변화적응종합계획(2008)」부터 「녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(2009~2013)」, 「국가 온실가스 감축 로드맵(2009~2020)」, 「저탄소 녹색성장 기본법(2010)」, 「배출권거래제기본계획(2015~2020)」 등의 기후변화 관련 계획 검토를 통하여 연구의 당위성을 검증하였다. 또한, 기후변화 취약성에 대한 관련 연구보고서, 논문 등의 문헌고찰을 통하여 대응변수 및 가중치, 지표 표준화 방법론을 분석하였다. 취

약성 평가는 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양수산, 물관리, 생태계 분야로 구분하여 반영하였으며, 평가방법은 정량적 평가(Top-down, Bottom-up, 절충식 평가)와 정성적 평가를 고려하였다. 현재 환경부에서 제공 중인 CCGIS, LCCGIS, VESTAP의 강·약점 분석을 통하여 강점은 적용하고 약점은 개선하였다. 이를 통하여 지형의 변화 요소를 반영하지 못한 기존 행정구역 단위 중심의 취약성 평가에서 1㎢ 격자 단위 취약성 평가로 전환하여 기초지자체 내 세부시행계획 수립 시 현실 반영률을 높여 실효성을 강화하였다. 마지막으로 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서 검토를 통하여 한계점 및 개선방안을 도출하였다.

본 연구의 최종 산출물인 취약성 평가 prototype 개발을 위하여 광역권 및 대표 기초지자체별 대응변수를 분석하여 인벤토리를 구축하였으며, 충남지역 맞춤형 최종 평가지표를 도출하였다. 취약성 평가틀은 ArcGIS Desktop 9.x에서 작동되는 프로그램으로 개발하였으며, 산림분야의 산불에 의한 취약성을 시범적으로 구축하였고 2010s(현재) 연대는 2011~2015년의 5년 data 활용, 2020s연대는 2016~2025년의 10년 data 활용, 2050s연대는 2045~2055년의 10년 data를 활용하였다. 데이터베이스는 최소격자 크기인 1km×1km로 구축하였으며, 기후노출(5), 민감도(8), 적응능력(7)의 대응변수별로 가중치를 구축하였다. 가중치의 경우 LCCGIS에서 제공하고 있는 수치를 활용하였으며, 향후 정식버전 개발 시 실무부처 및 전문가 델파이 조사 등을 선행하여 재산정할 계획이다.

분석결과 2010s(현재)연대에서 서천군(0.201), 계룡시(0.173), 부여군(0.173) 순으로 취약성이 높은 것으로 산출되었고 2020s의 경우 서천군(0.194), 계룡시(0.170), 부여군(0.155), 2050s의 경우에는 서천군(0.179), 계룡시(0.169), 부여군(0.154)의 순으로 취약정도가 높은 것으로 분석되었다. 일부 취약지역의 취약성 미래 예측치가 증가할 것으로 전망되어 적응을 위한 상세하고 실효성 있는 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구를 통하여 충청남도 제2차 기후변화 적응대책 세부시행 계획 수립 시 환경부에서 제공하는 취약성 평가도구와 보완적으로 활용함으로써 기후변화 취약성 평가의 활용성 증대효과를 기대할 수 있다. 또한, 충남지역의 기후변화 관련 정책의 우선순위 결정 및 기초지자체 취약성 평가의 정확도 향상 등에 기여할 것으로 판단된다.

▷ 키워드 : 충청남도, 기후변화 적응, 기후변화 취약성 평가, CCGIS, LCCGIS, VASTAP



# 제 1 장

## 서론

1. 배경 및 필요성
2. 목적 및 의의
3. 범위 및 방법



## 제 1 장

## 서론



## 1. 배경 및 필요성

- 저탄소녹색성장기본법에 따라 2016년 충청남도 제2차 기후변화 적응대책 세부시행 계획수립 필요
- 기후변화 적응대책 수립을 위한 중점추진분야 선정, 사업 우선순위 선정 등 주요 의사결정을 위한 근거자료인 취약성 평가의 정확성 및 보편타당성 확보 필요
- 환경부에서 제공 중인 기후변화 취약성 평가도구(CCGIS, LCCGIS, VESTAP)은 지역 특성반영의 한계점을 지니고 있어 지자체 대책 수립을 위한 수정·보완 작업 필요
- 제1차 기후변화 적응대책에 활용된 CCGIS와 기초지자체 적응대책 수립에 적용된 LCCGIS와 VESTAP의 경우 셀 단위가 아닌 시·군, 읍·면·동 단위의 취약성 평가 결과 제시
- 세부지역 별 기후변화 적응대책 수립을 위해 시·군 단위의 취약성 평가와 이를 보완할 수 있는 셀단위 취약성 평가도구 개발 필요성 증가
- 따라서, 본 연구를 통해 셀 단위의 취약성 평가 도구를 개발하여 충청남도 제2차 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립 등에 활용하고자 함



## 2. 연구의 목적, 내용 및 방법

- 충청남도 제2차 기후변화 적응대책 수립을 위하여 지역특성을 반영하고 시·군 단위, 읍·면·동 단위가 아닌 셀단위 단위 취약성 평가 결과 도출을 위한 기초 연구결과 제시
- 신규 국가표준 기후변화 시나리오의 적용이 가능하며, 셀 단위 취약성 평가가 가능한 충청남도 취약성 평가 Prototype 개발
- 본 연구결과 활용을 통해 지자체 기후변화 적응을 위한 핵심전략 및 방향성을 제시할 수 있으며, 관련 적응 분야별 실행계획을 고도화한 2차 종합대책 마련지원
- 또한, 향후 5년간 지자체의 실질적인 이행이 가능한 실효성(정책적 지지 등) 있는 계획 수립을 위한 기본틀 제공
- 연구의 주요 내용
  - 충청남도 제1차 기후변화 적응대책 평가 및 문제점 도출
  - 기후변화 취약성 평가를 위한 대응변수 선정
  - 충청남도 기후변화 취약성 평가 도구 설계
  - 향후 활용방안 제안
- 제5차 IPCC 기후변화 보고서 등 문헌연구를 통해 기후변화 적응에 대한 개념과 필요성 및 기존 기후변화 취약성 평가의 한계와 문제점 도출



- 충청남도 기후변화 적응대책 1차 세부시행계획 검토를 위해 전문가 의견 및 문헌연구 등을 활용하여 2차 세부시행계획 수립의 활용 방안 제시
- GIS 전문업체와 협업을 통해 제2차 충남 기후변화 적응대책 수립 시 활용 가능한 취약성 평가도구 Prototype 개발



제2장

## 기후변화 적응대책

1. 세부시행계획 수립배경 및 근거
2. 국가 기후변화 적응대책 관련 계획
3. 충청남도 기후변화 적응대책 1차 세부시행계획(2012~2016)



## 제2장

## 기후변화 적응대책



## 1. 세부시행계획 수립배경 및 근거

## 1.1. 수립배경

최근 몇 해 전부터 해수면 상승, 생태계 변화 등 기상이변에 따른 기후변화 현상이 빈번히 관측되고 수반되는 피해 지역 또한 광범위해지고 있어 기후변화 영향을 최소화하고 변화 속도를 감소시키기 위한 노력이 강화되고 있다. 정부에서는 기후변화로 인한 영향 및 미래 기후변화 예측 등 기후변화 대응에 대한 중요성을 인식하여 다각적인 중·장기 정책을 수립·시행하고 있다.

기후변화는 자연적인 요인(기후시스템 및 태양에너지 변화)과 인위적인 요인(온실효과, 에어로졸 등)으로 분류되며, 관리 가능한 인위적인 요인의 감소를 위하여 온실가스를 저감시키는 완화정책이 전 세계적으로 시행되고 있다. 국내에서도 온실가스 감축을 국가 차원에서 진행함에 따라 배출권 거래제가 활성화 되고 기초지자체 마다 지역에 적합한 온실가스 인벤토리를 구축하고 있다.

완화정책 외에도 지역 및 생태계가 변화는 기후조건에 대응이 가능한 기후변화 적응정책에 대한 관심도 증가하고 있다. 최근 기후변화에 대한 패러다임이 온실가스 감축을 위한 완화정책에서 기후변화로 인한 영향 및 피해에 대한 취약성 분석을 통한 장기적 대책 수립을 위한 적응정책으로 변화함에 따라 적응 정책이 강조되고 있는 추세다.

기후변화 제3차 종합대책(2005~2007)이 2005년 수립됨에 따라 국내 최초

기초지자체 적응 세부시행계획 수립 시범사업의 지원을 위하여 기후변화 취약성 연구가 진행되었다. 2008년에는 13개 정부부처(환경부 포함)가 공동 참여한 국가 기후변화 적응 종합계획(2009~2030)을 수립하였고 이후 「저탄소 녹색성장 기본법(2010. 04 시행)」에 의거하여 환경부를 포함한 13개 정부부처 합동으로 최초 법적 국가단위의 국가 기후변화 적응대책(2011~2015)을 수립하였다(국립환경과학원, 2013). 국가 기후변화 적응대책은 건강, 농업, 산림, 물관리 등 10개 분야 87개 대과제를 포함한다.

전국적으로 「저탄소 녹색성장 기본법(제11조, 지방자치단체의 추진계획 수립·시행)」에 의거하여 녹색성장 국가전략의 적응분야를 구체화한 기후변화 적응 기본계획(Master Plan)과 지자체 차원의 기후변화 적응대책 실행을 위한 구체적인 행동 계획(Action Plan) 수립이 활발히 진행되고 있다. 따라서 충청남도 도지사는 「충청남도 저탄소 녹색성장 및 지속가능발전 기본조례(제8조, 지방추진계획 수립·시행 절차)」에 의거하여 지역 내 저탄소 녹색성장 추진을 위한 지방녹색추진계획을 지속적으로 수립하고 있다.

## 1.2. 추진근거

정부는 적응 관련 상위계획인 「국가기후변화적응종합계획(2008)」부터 「녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(2009~2013)」, 「국가 온실가스 감축 로드맵(2009~2020)」, 「저탄소 녹색성장 기본법(2010)」, 「배출권거래제기본계획(2015~2020)」에 이르기까지 기후변화 적응대책 마련을 위한 법령을 수립·시행하고 있다. 또한, 「저탄소 녹색성장 기본법(제48조)」 및 시행령(제38조)에 의거 「국가 기후변화적응 종합계획(2010.10 개정)」을 보완개선하여 국가 적응대책인 「국가 기후변화 적응대책(2011~2015)」을 수립하였다(유정아, 2012)..

국가 기후변화 적응대책에 의거하여 관계 중앙부처 및 광역지방자치단체는 세부시행계획을 수립을 추진하였으며, 「저탄소 녹색성장 기본법」 시행에 의거 최초의 법적 국가단위 적응대책과 세종특별자치시를 제외한 광역지자체 단위의 광역 시도별 적응대책 세부시행계획이 수립 완료되었다. 환경부는 녹색성장 기본법 시행령(2012. 12 개정)을 통하여 2015년부터 시장·군수·구청장(기초 지

자체 단위)까지 세부시행계획 수립을 의무화하였다.

따라서 지역특성을 반영한 실효성 있는 기후변화 적응대책 수립의 현실화를 위하여 국가 및 광역단위를 기반으로 기초단위까지 연계된 기후변화 적응 세부시행계획이 필요한 시점이다. 이를 위한 사전기반을 마련하기 위해 2013년 8월 기준 기초 지방자치단체 총 35개 지역이 시범지역으로 선정되어 기후변화 적응대책 세부시행계획(2014~2018)을 수립·시행하고 있다.

충청남도는 정부의 관련계획 수립에 맞춰 「충남 제1차 녹색성장 5개년 계획(2009~2013)」부터 「충남 기후변화 대응 종합계획(2010)」, 「충청남도 배출권 거래제 대응전략 수립연구(2013)」에 이르기까지 기후변화 대응을 위한 법령을 수립·시행하고 있다. 또한, 충남지역은 도의 특성을 반영하여 지방녹색성장추진계획(국가전략 및 5개년 계획이 수립·변경된 날부터 6개월 이내)을 5년 단위로 수립하고 있다.

[표 2-1] 기후변화 관련 계획 검토

관련계획	계획기간	주요내용
녹색성장 국가전략 및 5개년 계획	2009~2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색 강국 진입</li> <li>- 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장 동력 창출 등</li> </ul>
제2차 녹색성장 5개년 계획	2014~2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제와 환경의 조화로운 발전을 통한 국민행복 실현</li> <li>- 저탄소 경제사회구조의 정착, 녹색기술과 ICT의 융합을 통한 창조경제 구현 등</li> </ul>
충남 제1차 녹색성장 5개년 계획	2009~2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 환경과 성장이 조화로운 Green Chungnam</li> <li>- 온실가스 총배출량 BAU기준 30% 감축, 신재생에너지 보급률 1% 증대, 모범 녹색도시, 건강한 녹색생활 도시건설 등</li> </ul>
충청남도 2차 녹색성장 5개년 계획	2014~2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 포용적 녹색성장 지향, 선택과 집중에 의한 실질적 성과달성에 집중</li> <li>- 주민의 실질적 참여 유도 및 확대, 지역주도의 능동적 실천적 계획 수립 등</li> </ul>
국가기후변화적응 종합계획	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색 성장 지원</li> </ul>

관련계획	계획기간	주요내용
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단기목표(~2012) : 종합적이고 체계적인 기후 변화 적응역량 강화</li> <li>- 장기목표(~2030) : 기후변화 위험 감소 및 기회의 현실화</li> </ul>
국가 온실가스 감축 로드맵	2009~2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 감축목표 달성으로 저탄소 사회 실현</li> <li>- 산업, 수송, 건물, 공공기타 등 부문별 이행계획 제시(2014~2020)</li> </ul>
충남 기후변화 대응 종합계획	2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사람과 환경의 어울림, 더불어 사는 충남</li> <li>- 효율적 온실가스 감축, 녹색도시 건설, 신재생 에너지 보급, 녹색생활 실천, 다각적 감축 노력을 위한 효율적 온실가스 감축 등</li> </ul>
제1~3차 국가 에너지 기본계획	2009~2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신재생에너지에 기반한 지속가능에너지 시스템 구축</li> <li>- 2030년 신재생에너지 보급률 11% 달성, 산업화 촉진, 보급확대, 기초인프라 확충, 시장 기능 도입 등</li> </ul>
제5차 에너지 이용 합리화 기본계획	2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 저소비, 고효율 경제사회구조로 근본적 전환 촉진</li> </ul>
충청남도 제4차 에너지 기본계획	2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 행복을 함께 열어가는 '희망 에너지' 충남</li> <li>- 에너지 절약, 전년대비 에너지 소비량 5% 절약, 에너지 효율제고, 에너지 자립실현, 신재생 에너지 공급확대, 에너지 효율제고, 에너지 관리 시스템 구축, 저탄소 사회 구현, 에너지 복지 사회 실현 등</li> </ul>
배출권거래제 기본계획	2015~2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1기(2015~2017) : 거래제 안착, 100%무상할당, 경험 축적</li> <li>- 2기(2018~2020) : 상당수준 감축, 적용범위 확대 등</li> <li>- 3기(2021~2025) : 적극적 감축, 유상할당 확대, 정착</li> <li>- 국가감축목표설정(2014.7)→배출권할당량결정→참여대상 선정→업체별 배출권 할당(2013.10)→거래(2015년-)→실적검증→벌칙&amp;이월(2016.6)</li> </ul>
충청남도 배출권거래제 대응전략수립연구	2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 감축목표 달성 및 기업부담 최소화 방안 제시</li> <li>- 기업 투자를 통한 상쇄(Off-set) 활용 방안 제시 등</li> </ul>





## 2. 국가 기후변화 적응대책 관련 계획

### 2.1. 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(2009~2013)

세계적으로 지구온난화 및 에너지·자원 고갈이 심화됨에 따라 국내에서는 범 국가적 차원으로 경제·환경의 조화로운 균형 성장, 신성장동력 창출을 위한 녹색 성장 관련 국가전략을 수립하였다. 정부는 「저탄소 녹색성장 기본법(제9조, 정부는 국가의 저탄소 녹색성장을 위한 정책목표, 추진전략, 중점추진과제 등을 포함하는 국가전략을 수립·시행)」에 의거하여 국가 차원의 저탄소 녹색성장을 위한 정책적 목표 및 추진전략, 중점 추진과제 등을 포함하는 장기적인 국가 전략을 수립·시행하였다. 주요 내용으로는 녹색기술·녹색산업 및 녹색경제체제의 구현에 관한 사항, 기후변화대응, 에너지 및 지속가능발전 정책에 관한 사항, 저탄소 녹색성장 관련 국제협상 및 국제협력에 관한 사항 등이 있다(손정락, 2011)

녹색성장 국가전략 및 5개년 계획은 저탄소 녹색성장 목표 달성을 위한 국가 최상위 계획으로 실효성이 우수하며, 연차별 계획 및 세부사업을 구체화한 데 의의가 있다. 또한, 저탄소 녹색성장 정책의 기본방향을 제시하며, 정부의 정치적 의지를 구현하였고 「저탄소 녹색성장 기본법(제8조)」에 의거하여 법적효력을 발휘한다.

비전은 ‘2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입(녹색성장 국가전략, 2009)’이며, 3대 추진전략은 기후변화 적응 및 에너지 자립(탄소 배출 모니터링, 기후변화 대응체계 구축 등), 신 성장동력 창출(녹색혁신, 녹색 기술·산업 활성화, 탄소시장 및 녹색금융 창출 등), 삶의 질 개선 및 국가 위상 강화(녹색국토·도시 조성, 녹색생활 실천 기반 마련, 그린 코리아 허브 구축 등)이다. 10대 정책방향(탈석유에너지 자립강화 등)과 50대 실천과제를 제시하며, 387개 세부과제로 구성되어 있다.

본 계획은 4대 발전단계 녹색성장 인프라 확립(2010), 녹색기술 및 산업 강국(2013), 녹색성장 7대 선도 국가(2020), 세계 5대 녹색선진국(2050)을 통하여 저탄소 녹색성장을 통한 녹색 일류 국가를 구현하는데 최종 목적이 있다.



[그림 2-1] 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획 주요내용

(자료출처 : 녹색성장 국가전략 및 5개년계획, 2009)

## 2.2. 제2차 녹색성장 5개년 계획(2014~2018)

1차 5개년 계획(2009~2013)이 만료됨에 따라 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령(제4조)에 의거하여 장기 전략인 녹색성장 국가전략(2009~2050)의 체계적이고 효율적인 이행을 위한 제2차 녹색성장 5개년 계획을 수립·시행하였다. 1차 5개년 계획은 중장기 감축목표 설정, 목표관리제 도입, 신재생에너지 공급 의무화 제도(RPS) 시행 등의 주요 성과를 창출한 반면, 에너지 다소비 업종 중심의 경제성장에 따른 배출증가 추세 지속, 녹색기술을 통한 시장창출 및 산업 성장 등 일부 측면에서는 한계를 보였다.

한편, 정부는 경제성장을 하락, 중산층 지위 하락, 경제양극화 심화 등 위기 극복을 위해 기술간 융합을 주요 특징으로 하는 녹색·과학기술 ICT 역량을 활용한 한국형 창조경제전략 추진(녹색성장위원회, 2014)을 위하여 2차 5개년 계획을 수립하였다. 본 계획은 IT분야의 글로벌 기술경쟁력을 통해 녹색기술 및 ICT기술 간 융합, 녹색성장 선도국 이미지 부각, 신시장 창출, 창조경제로의 패러다임 전환에 의의가 있다.

비전은 ‘경제와 환경의 조화로운 발전을 통한 국민행복 실현(녹색성장위원회, 2014)’이며, 3대 정책목표는 저탄소 경제·사회구조의 정착(온실가스 감축, 지속가능한 에너지체계 구축), 녹색기술과 ICT의 융합을 통한 창조경제 구현(녹색기술개발·투자, 녹색산업 육성), 기후변화에 안전하고 쾌적한 생활기반 구축(기후변화 적응역량 강화, 녹색 소비·생활 실천)이다. 정부는 정책목표 달성을 위해 온실가스 감축 로드맵을 이행하고 온실가스 감축목표 BAU 대비 20%(2020년) 감축을 달성할 계획이다. 또한 신재생에너지 신규 의무화제도 도입과 기술혁신을 통해 녹색창조산업 생태계를 조성할 예정이다.

5대 정책방향은 효과적 온실가스 감축(탄소 흡수원 확충 등), 지속가능한 에너지체계 구축(에너지 수요관리 강화), 녹색창조산업 생태계 조성(녹색창조산업의 육성 등), 지속가능 녹색사회 구현(녹색국토 공간 조성 등), 글로벌 녹색협력 강화(기후협상 효과적 대응)이며, 세부 중점과제로 구성되어 있다.



[그림 2-2] 제2차 녹색성장 5개년 계획 주요내용

(자료출처 : 제2차 녹색성장 5개년 계획, 2014)

### 2.3. 저탄소 녹색성장 기본법

세계 온실가스 배출량의 지속적 증가와 지구 온난화에 따른 이상기후 피해 확산 등 기후변화 위기의 심화로 이에 대한 국제사회의 관심과 노력이 증대되고 있는 상황으로 新기후체제(post-2020) 마련에 대한 합의와 협상 일정에 따라 구체적인 감축목표 설정과 이행이 필요(충청남도, 2014)하게 되었다. 국가는 건국 60주년 기념식(2008)에서 ‘저탄소 녹색성장’을 새로운 국가비전으로 선언하고 녹색성장 전략을 본격 추진(녹색성장위원회, 2014)하였다.

저탄소 녹색성장 기본법은 국가 온실가스 감축 로드맵, 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획 등을 포함하며, 녹색성장 관련 주요 법률 중 최상위법으로 녹색성장 정책의 법률적 기초가 된다.

현재 본 법령은 에너지기본계획 수립에 온실가스 감축 관련 내용 포함, 적극적인 온실가스 감축의무 부여, 녹색성장을 위한 국민 참여 및 권리 명시, 저소득층에 대한 에너지 복지 강화 확대 등 일부 개정법률(안)을 발의한 상황이다.

[표 2-2] 저탄소 녹색성장 기본법의 구성

구분	주요내용
제1장 총칙	저탄소 녹색성장 기본법의 목적, 정의, 저탄소 녹색성장 추진의 기본원칙, 국가의 책무, 지방자치단체의 책무 등
제2장 저탄소 녹색성장 국가전략	저탄소 녹색성장 국가전략, 중앙행정기관의 추진계획 수립·시행, 지방자치단체의 추진계획 수립·시행 등
제3장 녹색성장위원회 등	녹색성장위원회의 구성 및 운영, 위원회의 기능, 회의, 분과 위원회, 녹색성장기획단, 공무원 등의 파견 요청 등
제4장 저탄소 녹색성장의 추진	녹색경제·녹색산업 구현을 위한 기본원칙, 녹색경제·녹색산업의 육성·지원, 자원순환의 촉진, 기업의 녹색경영 촉진 등
제5장 저탄소 사회의 구현	기후변화대응의 기본원칙, 에너지정책 등의 기본원칙, 기후변화대응 기본계획, 에너지기본계획의 수립 등
제6장 녹색생활 및 지속가능발전의 실현	녹색생활 및 지속가능발전의 기본원칙, 지속가능발전 기본계획의 수립·시행, 녹색국토의 관리 등
제7장 보칙	시행일, 명세서 작성에 관한 특례, 녹색성장 국가전략에 관한 경과조치 다른 법률의 개정



### 3. 충청남도 기후변화 적응대책 1차 세부시행계획(2012~2016)

충청남도는 「저탄소 녹색성장 기본법」을 비롯한 관련 법률 및 계획 수립에 따라 제1차 녹색성장 5개년 계획(2009~2013), 제2차 녹색성장 5개년 계획(2014~2018), 충남 기후변화 대응 종합계획(2010), 충청남도 제4차 에너지 기본계획(2013), 충청남도 배출권거래제 대응전략 수립연구(2013)를 수립·시행하고 있다. 또한, 「저탄소 녹색성장 기본법(제48조)」 및 동법 시행령(제38조)에 근거하여 기후변화 발생 현황 및 전망, 기후변화로 인한 영향 등의 분석을 통하여 지역적 특성, 조건을 고려한 기후변화 적응대책 세부시행계획(2012~2016)을 수립·시행하고 있다.

충남지역은 충남 전체 세부시행계획 외에도 시범 기초지자체로 공주시, 서천군, 예산군, 태안군, 논산시, 천안시, 아산시 7개 지역에서 지역특성을 반영한 기후변화 적응대책 세부시행계획(2014~2018)을 수립하였다.

충남 기후변화 적응대책 세부시행계획은 건강분야, 농업분야, 물관리분야, 산림분야, 생태계분야, 재난/재해분야, 해양/수산업, 교육·홍보의 8대 분야별 세부시행계획으로 구분되며, 주요내용으로는 기후변화 적응 비전, 기후변화 취약성 평가, 향후 5년간 중점 추진 분야 및 과제선정, 부문별 적응대책 수립 등이 있다.

비전은 ‘기후변화에 순응하는 친환경 충남 구현’이며, 계획의 목표는 기후변화 적응대책의 성공적인 추진으로 도민의 안정과 삶의 질 향상 및 지속가능한 충남 실현을 위한 기반 제공하는데 있다. 또한, 8대 분야별 목표 및 대책, 중점 추진분야와 세부과제로 구성되어 있다.

본 계획은 충청남도의 기후변화 적응대책 및 추진방향 등을 제시하는 기본 계획으로 활용, 충남도청 및 소속 기관과 충남도민의 기후변화에 대한 의식 향상과 홍보 및 교육을 위한 가이드라인 등으로 활용이 가능하다(충청남도, 2012).



**비전****기후변화에 순응하는 친환경 충남 구현****목표**

기후변화 적응대책의 성공적인 추진으로 도민의 안전과 삶의 질 향상 및 지속가능한 충남 실현을 위한 기반 제공



[그림 2-3] 충청남도 기후변화 적응대책 비전 및 목표

(자료출처 : 충청남도 기후변화 세부시행계획 최종보고서, 2012)





제3장

## 기후변화 취약성 평가

1. 취약성 평가 개요
2. 평가방법 및 도구



## 기후변화 취약성 평가



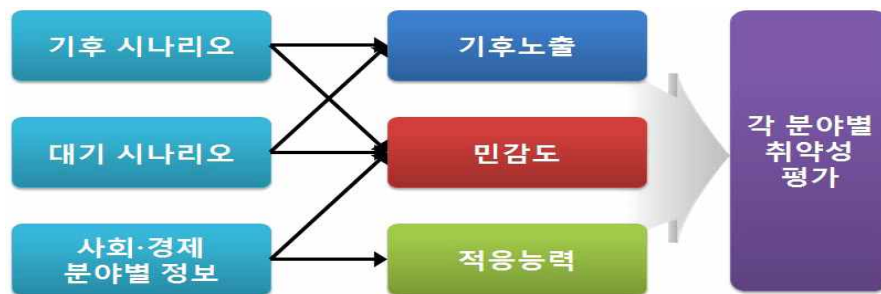
### 1. 취약성 평가 개요

취약성 평가는 기후가 변함에 따라 가뭄, 집중호우, 한파 등의 재난/재해가 비일비재하게 발생하고 있는 현 상황에서 대상 지역의 특성 및 조건을 반영한 기후변화 적응 세부시행계획 수립 시 근간이 되는 평가이다. 평가 결과는 해당 지역의 취약함 정도를 나타내며, 절대 값이 아닌 지자체 대비 상대적 평가 결과를 보여주며, 세부시행계획의 근거자료 및 우선순위 결정 시 기반이 된다.

기후변화에 대한 적응대책 수립을 위해서는 기후변화로 인한 영향 및 취약성 평가가 요구되며, 취약성의 개념은 기후변화 연구 분야에서보다는 식량안보, 자연재해 등의 연구 분야에서 먼저 수행되어 기근, 자연재해, 재난 위험관리, 공중 보건, 기후변화 등 다양한 영역에서 각각 조금씩 다른 의미로 정의되고 있다(유가영 등, 2008).

취약성(vulnerability)은 기후 변동성이나 극단적인 기상 현상을 포함하는 기후 변화의 악영향에 대하여 어떤 시스템이 받아들일 수 없는 정도, 혹은 대처할 수 없는 정도로 정의할 수 있다(김병석, 2013). 기후변화에서 사용되는 일반적인 취약성의 개념은 시스템의 기후노출 변동 크기 및 속도, 민감도, 적응능력의 함수로 정의된다. 기후노출이 시스템 민감도에 따른 잠재적 영향을 주고 적응 능력에 따라 최종 취약성이 결정되며, 기후노출이나 민감도가 높은 지역에 적응능력을 증대시킴으로써 취약성을 낮출 수 있다(Kelly and Adger, 2000; Fussel and Klein, 2006).

기후변화 취약성은 기후노출, 민감도, 적응능력의 세 가지의 관계에 의해 나타낼 수 있으며, 기후변화 취약성 지표의 목적에 따라 노출, 민감도, 적응능력을 모두 고려하기도 하고, 혹은 그 중 일부만 고려하기도 한다(김연주 등, 2010).



[그림 3-1] 기후변화 취약성 평가 개념도

(자료출처 : 아산시 기후변화 적응대책 세부시행계획, 2014 재인용)

IPCC보고서를 기준으로 평가하면, 한 시스템이 기후변화의 다양한 영향들에 대한 노출, 민감도, 적응능력으로 정의되며, 이때 노출과 민감도는 잠재적인 영향에 의해 결정되고, 이에 적응능력을 결합하면서 취약성을 정의한다(경상북도, 2012).

[표 3-1] 취약성 평가 대응변수

구분	정의
기후노출	시스템이 기후와 관련된 자극에 노출되는 정도를 의미함
민감도	기후관련 자극에 의하여 시스템이 영향을 받는 정도(긍정, 부정적인 영향을 모두 포함)로 환경적 스트레스 요인을 의미함
적응능력	기후변동과 극한기후현상을 비롯한 기후변화를 조절하고 잠재적인 피해를 완화하며, 이를 활용·대처하는 사회·경제적 요인을 의미함

자료출처 : 영양군 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립, 2015

일반적인 취약성 평가는 기후노출, 민감도, 적응능력의 대응변수에 가중치를 부여하여 각 분야별 취약성 평가 결과의 유의성을 제고하는데 그 목적이 있다.

취약성 평가는 기후변화 적응대책을 위한 세부시행계획 및 시행 관련 정책 자료로 활용되므로 평가 과정과 결과의 객관성, 신뢰성, 명확성 확보가 중요하다. 한편, 전국 227개 기초지자체의 다수는 지역 특성을 반영한 맞춤형 적응 세부

시행계획 수립 사업을 진행 중에 있으나 선행연구 사례가 부족하여 환경부에서 제공하는 취약성 평가도구에만 의존하는 실정으로 오적응에 대한 한계가 있다.

$$\text{취약성} = \alpha \times \text{기후노출} + \beta \times \text{민감도} - \gamma \times \text{적응능력} \quad (\text{가중치: } \alpha, \beta, \gamma)$$

취약성 평가 시 지표들의 범위가 단위가 상이하므로 하나의 지수로 나타내기 위한 지표 표준화(normalization) 과정이 필요하며, 세부대응변수의 단위 표준화 작업을 선행한 후 대응변수의 표준화, 취약성 지수의 표준화 순으로 단계별로 표준화를 수행한다.

$$\text{Dimension index} = \frac{\text{Actual Value} - \text{Minimum Value}}{\text{Maximum Value} - \text{Minimum Value}}$$

표준화 방법에는 순위 매기기, z-스코어, 스케일 재조정, 범주 스케일 등 다양한 방법이 있다. 본 연구에서는 최고값 및 최저값 간 차이를 이용한 대표적 표준화 방법인 스케일 재조정법(dimension index)을 도입하여 모든 값을 0부터 1의 범위로 통일하였다(한화진, 2007).

[표 3-2] 표준화 방법

구분	세부내용
순위 매기기(ranking)	지표의 값에 순위를 매기는 방법으로 가장 단순하고 간단하지만 많은 정보를 제공하지 못함
Z-스코어 방법(Z-score)	모든 자료를 평균 “0”, 표준편차 “1”이 되도록 만드는 방법, 자료의 수치가 그 분포의 평균으로부터 표준편차의 몇 배 정도가 떨어져 있는지 표준화된 확률변수인 Z방법으로 나타내는 방법
스케일 재조정(re-scaling)	표준편차 보다 지표의 범위에 기분을 둔 방법으로 지표들을 표준화하여 모두 동일 범위(0-1)를 갖도록 함
범주 스케일 (categorical scales)	각 자료를 범주값(categorical score)로 대입하는 방법으로 우선 범주를 선택하고 각 범주를 점수화하여 모든 자료에 범주에 해당되는 지정점수를 할당하는 방법
순환지표(cyclical indicators)	시계열 자료를 이용하여 순환지표를 계산하는 방법으로 자료들이 시계열 분포를 이룰 때 시간의 평균값을 뺀 후, 평균과의 차이에 대한 절대값의 시간평균으로 나눠 변환

자료출처 : 한국 ODA 중점협력국 기후변화 취약성 분석. 연구보고서, 2014

[표 3-3] 기후변화 취약성 평가분야 및 항목

취약성 평가분야	세부항목
건강	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성</li> <li>- 기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성</li> <li>- 미세먼지에 의한 건강 취약성</li> <li>- 수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성</li> <li>- 오존농도 상승에 의한 건강 취약성</li> <li>- 홍수에 의한 건강 취약성</li> <li>- 폭염에 의한 건강 취약성</li> <li>- 한파에 의한 건강 취약성</li> </ul>
재난/재해	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폭설에 대한 기반시설 취약성</li> <li>- 폭염에 대한 기반시설 취약성</li> <li>- 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성</li> <li>- 홍수에 대한 기반시설 취약성</li> </ul>
농업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축 생산성의 취약성</li> <li>- 농경지 토양침식에 대한 취약성</li> <li>- 벼 생산성의 취약성</li> <li>- 사과생산성의 취약성</li> <li>- 재배사육시설 붕괴의 취약성</li> </ul>
산림	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가뭄에 의한 산림식생의 취약성</li> <li>- 병해충에 의한 소나무의 취약성</li> <li>- 산불에 대한 취약성</li> <li>- 산림생산성의 취약성</li> <li>- 집중호우에 의한 산사태 취약성</li> <li>- 산사태에 의한 임도의 취약성</li> <li>- 소나무와 송이버섯의 취약성</li> </ul>
해양수산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성</li> </ul>
물관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수질·수생태계에 대한 취약성</li> <li>- 이수의 취약성</li> <li>- 치수의 취약성</li> </ul>
생태계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 곤충의 취약성</li> <li>- 국립공원의 취약성</li> <li>- 침엽수의 취약성</li> </ul>

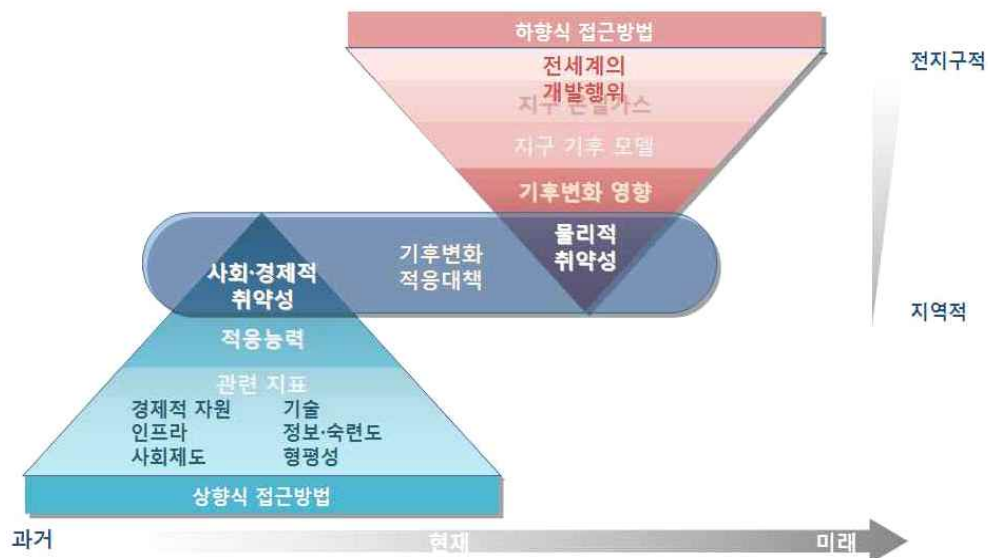


## 2. 평가방법 및 도구

### 2.1 평가방법

#### 2.1.1 정량적 평가

정량적 기후변화 취약성 평가란 기후 및 대기 시나리오와 사회·경제 분야별 정보를 토대로 기후노출, 민감도 및 적응능력의 각 지수를 산정·평가하여 전국 혹은 광역지자체 단위의 상대적인 취약성을 도출하는 과정을 말한다(아산시, 2014). 평가 결과는 절대값이 아닌 지자체 대비 상대값으로 향후 기후변화 적응대책 수립 시 지역 내 취약지역 도출, 우선순위 결정에 기초자료로 활용된다. 또한, 예산확보를 위한 정책 자료로의 활용도 가능하여 신뢰성 및 객관성 확보가 중요하다.



[그림 3-2] 기후변화 취약성 평가 접근방법

(자료출처 : 기초지자체 적응 세부시행계획 수립 시범사업 지원을 위한  
기후변화 취약성 연구, 2012)

일반적으로 정량적 평가 시 국립환경과학원에서 제공하는 정의 및 기후변화 취약성 평가도구를 활용하며, 상향식 평가방법과 하향식 평가 그리고 절충형 평가방법으로 구분한다. 상향식 평가방법은 지역특성 및 환경을 기반으로 시스템의 기후변화 적응력을 평가하는 방법으로 사회·경제적 취약성을 평가하는 방법으로 정의한다. 하향식 평가방법의 경우 전지구 기후 시나리오 및 모델에 기반을 둔 물리적 취약성을 평가하는 방법으로서 기후변화와 환경영향과의 상관관계를 정량적으로 평가할 수 있는 평가방법을 의미한다.

절충식 평가방법은 지역의 과거 기후 영향 및 피해 자료와 취약성 지표 간 상관성 분석을 통한 상향식 접근과 기후변화 시나리오 및 모델을 기반으로 장기적 영향을 평가하는 하향식 접근을 종합적인 평가방법을 의미한다(국립환경과학원, 2012).

다만, 모델 자체의 오류 및 한계가 존재하거나 과학적 근거의 불충분 또는 정확한 평가가 요구될 경우 다양한 평가지표(대응변수) 및 기후모형을 병행하는 절충형 평가방식을 활용한다.

[표 3-4] 정량적 취약성 평가의 구분

구분	정의
상향식 평가 (Top-down)	대응변수 및 적응능력을 활용하여 사회·경제적 취약성을 평가하는 방법을 의미함
하향식 평가 (Bottom-up)	기후 시나리오 및 모델을 활용하여 물리적 취약성을 평가하는 방법을 의미함
절충식 평가	상향식 평가와 하향식 평가를 절충하여 취약성을 평가하는 방법을 의미함

한편, 기 취약성 평가도구가 제공하는 평가지표의 수정단계가 생략된 채 취약성 평가를 실시할 경우 적응대책 수립 이후 이행과정 시 적응대책 사업의 부실성을 고착화시켜 오적응 문제를 발생시킬 우려가 있다. 따라서 반드시 취약성 평가 보완지표 도출 및 지역정보 통계DB 활용, 관련 전문가 자문 등을 반영하여 수정·보완단계를 거쳐야한다.



### 2.1.2 정성적 평가

정성적인 기준 설정은 정량적 검증 및 기준 설정이 어려운 상황에서 이용하는 방법으로 구체적인 기준 마련이 어려운 경우에 의사결정자의 이해를 돕기 위해 제시하는 기준이다(국립환경과학원, 2012).

기초지자체의 기후변화 취약성 분석 시 정량적 취약성 평가가 다수의 문제점과 한계를 지니고 있어 보다 정확한 평가를 위하여 정성적 평가를 병행하고 있다. 정성적 평가의 경우 정량적 평가와 상이하게 특정 평가도구가 존재하지 않으며, 일반적으로 기후변화 영향에 따른 피해사례 조사와 설문조사기법을 활용한 델파이기법, AHP분석 등을 통해 취약성을 평가한다. 정성적 평가는 정량적 평가에 비해 객관적 근거는 다소 부족하며, 전문가 판단을 중점적으로 반영하는 평가방법으로 조사대상은 기후변화 적응계획을 수립·이행하는 해당 지자체 공무원 및 관계자, 분야별 전문가, 시민 등이다.

[표 3-5] 정성적 평가를 위한 설문개요(예시)

구분	정의
시민 인식 설문조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사대상 : oo도(시)민</li> <li>- 조사지역 : 각 시/군/구 또는 읍/면/동 주민자치센터, 도(시)청 민원실, 역사, 터미널 등</li> <li>- 조사기간 : 2015.00.00~2015.00.00</li> <li>- 조사내용 : 기후변화 영향 및 피해경험 유무, 문제의 심각성 등</li> <li>- 유효부수 : oo부</li> </ul>
공무원 인식 설문조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사대상 : oo도(시) 공무원</li> <li>- 조사지역 : 도(시)청, 각 시/군/구 또는 읍/면/동 주민자치센터 및 관계기관</li> <li>- 조사기간 : 2015.00.00~2015.00.00</li> <li>- 조사내용 : 기후변화 영향 및 피해경험 유무, 문제의 심각성, 우선순위 및 관련내용 등</li> <li>- 유효부수 : oo부</li> </ul>

자료출처 : 한국 ODA 중점협력국 기후변화 취약성 분석. 연구보고서, 2014

## 2.2 기후변화 취약성 평가도구

기존 연구들에서 활용된 기후변화 취약성 평가를 위한 도구 CCGIS 및 LCCGIS, VESTAP의 비교를 통해 활용된 평가도구별 강점과 약점을 분석하여 평가도구의 문제점 개선을 위한 기초자료로 활용한다. 기존 평가도구의 경우 취약성 분석 대상 지역의 환경적 특성 및 조건 등을 고려하지 않아 다수 광역 지자체 기후변화 적응대책 수립 시 지역특성 반영을 통해 취약성 평가를 보완하고 있다.

[표 3-6] 평가도구별 강·약점 분석

구분	강점	약점(문제점)
CCGIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 광역시·도에 취약성 평가 시 기초자료의 접근성 최대 확보 가능</li> <li>- 기후변화 적응대책을 위한 기초데이터 및 정보 제공</li> <li>- 기후변화 취약성 지수 산정을 통한 취약지역 발굴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SRES 시나리오만 제시 (국내에서는 RCP시나리오 활용)</li> <li>- 예측에 따른 모델 결과의 불확실성 내재</li> <li>- 지역역량, 지역정보 DB구축규모 및 범위의 누락</li> </ul>
LCCGIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해당 지역의 기후 특성 반영한 예측자료를 비롯한 모델 구동에 최적화된 옵션 탑재</li> <li>- 현재와 미래(2020, 2050, 2100) 분석결과를 통해 행정구역별 취약성 추이 파악 가능</li> <li>- 상대비교를 통하여 변화 폭이 큰 지역 도출 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후노출 시나리오 RCP 8.5만 제시</li> <li>- 기초지자체 영역으로 제한되어 타 지자체와 상대비교 불가</li> <li>- 특허권에 의한 수정 및 보완, 갱신 불가</li> <li>- 민감도 및 적응능력 지표는 대부분 평균값 등으로 동일하게 적용</li> <li>- 읍·면·동 통계자료의 부실로 자료수집 및 적용이 어려움</li> <li>- 예측에 따른 모델 결과의 불확실성 내재</li> </ul>
VESTAP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타 평가도구와 상이하게 온라인에서 즉시 평가 결과 확인 가능</li> <li>- 기본 취약성 평가 항목의 실행이 편리함</li> <li>- 지자체별 취약성 평가항목 생성 가능</li> <li>- 지자체의 균형발전적인 정책발굴과 연계 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체간 취약성 평가 비교 불가</li> <li>- 평가 지역의 분야별 취약성 지수 부정확</li> </ul>

### 2.2.1 CCGIS(Climate Change adaptation program based on GIS)

국립환경과학원에서 개발한 취약성 평가도구 CCGIS는 기후모델링 시스템(Climate modeling system)과 SRES 시나리오를 통해 시·군·구별 미래기후(2020, 2050, 2100) 자료를 생산하며, 지리정보 자료와 기후자료를 통해 기후변화 취약성 지수를 산정한다.

CCGIS는 전국을 대상으로 취약성을 평가하며, 기초지자체 단위분석을 통한 상대적 취약성 평가가 가능하고 GIS 기반으로 표출된 결과의 확인이 가능하다.

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, 2010).

광역시·도에 대한 취약성 평가 시 기초자료의 접근성을 최대한 확보할 수 있어 기후변화 적응대책을 위한 기초데이터 및 정보 제공의 역할을 하며, 다양한 지표에 유동적으로 가중치를 적용할 수 있다. CCGIS는 기후변화 취약성 지수 산정을 통해 취약지역을 발굴할 수 있으며, 분야별 기후변화 적응 전문가들이 편리하게 취약성 지수 산출 또는 영향평가를 분석할 수 있어 전문성 있는 기후변화 적응대책을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

CCGIS는 다양한 장점에도 불구하고 SRES 시나리오만 제시(국내에서는 RCP 시나리오 활용), 예측에 따른 모델 결과의 불확실성 내재, 지역 역량 및 정보 DB구축규모, 범위 누락 등의 문제를 갖고 있다. 또한, 기후변화에 취약한 지역과 분야 전문가의 견해를 통계·분석적으로 연구하여 CCGIS의 데이터의 신뢰도를 증진시켜야 한다.

전국을 대상으로 한 광역시·도(16개) 적응계획 수립에는 적합하나 하나의 시·군 내 취약지역 선정은 불가능하다는 한계를 갖고 있다. 한 시·군에 동일한 기후변화 현상이 발생하더라도 기반시설, 지리조건 등에 따라 미치는 영향은 상이한데 본 취약성 평가도구는 기후 및 지역 DB와 행정구역의 범위 차이로 인하여 시·군 내 취약성 변이를 고려할 수 없다.

국가 및 광역지자체 수준의 기후변화 취약성 평가는 지역 또는 행정규모면에서 실효성이 부족하며, 수치 나열식의 평가 결과는 우선순위 선정 시 애로요인으로 작용한다. 따라서 CCGIS의 장점은 극대화하고 한계는 수정·보완한 신규 기후변화 취약성 평가도구가 개발되어야 한다.

### 2.2.2 LCCGIS(Local Climate Change adaptation program based on GIS)

LCCGIS를 CCGIS와 마찬가지로 환경부에서 제공하는 취약성 평가도구로 CCGIS가 시·군·구 단위의 취약성 평가도구라면 LCCGIS는 기초지자체 대상으로 읍·면·동 단위의 기후변화 취약성을 평가하는 도구로 상대적 취약성 평가가 가능한 도구이다.

해당 지역의 기후 특성 반영한 예측자료를 비롯한 모델 구동에 최적화된 옵션을 탑재하고 있으며, 현재와 미래(2020, 2050, 2100) 분석을 통해 행정 구역별 취약성 변화 추이의 파악이 가능하다. 또한, 상대비교가 가능하여 행정 구역 내 변화 폭이 큰 지역 도출이 가능한 장점을 갖고 있다.

LCCGIS는 지역의 역량, 지역의 자료구축 규모 및 범위 등을 제대로 반영하지 못하는 한계를 지니고 있어 지역적 특성을 반영한 취약성 평가 데이터가 도출되지 못한다. 이외에도 기후노출 시나리오 RCP 8.5(온실가스의 저감 없이 현재 추세로 배출되는 경우)만 제시하고 있어 시나리오별 비교가 불가능해 기후 자료의 신뢰도가 떨어져 논리적 근거로의 활용이 어렵고 기초지자체 영역으로 제한되어 타 지자체와의 상대비교가 불가능한 단점이 있다. 민감도 및 적응능력 지표의 대부분은 대체값(평균)으로 동일 적용되어 데이터의 정확성을 저감시키며, 일부 읍·면·동 통계자료의 부실 또는 부재로 인하여 자료수집 및 적용에 애로를 겪고 있다. 또한, 예측에 따른 모델링 결과의 불확실성이 내재되어 있고 특허권(S/W 특허등록)에 의한 수정 및 보완, 갱신이 불가하여 이러한 문제점들을 수용하고 감안한 채 본 평가도구를 사용해야한다. 평가 대상지의 영역 확대, 평가도구의 시스템적 오류 및 결함 등이 발견될 경우 본 평가도구는 문제를 해결할 대안이 없으며, 소유권문제로 인하여 업데이트 버전의 재배포에 제약이 많다.

취약성 평가는 불확실한 미래 취약성을 평가하므로 연구자의 주관적 견해가 개입되어 객관성이 결여되며, 확보 가능한 자료의 활용, 객관적 지표의 선택 등을 통해 객관성 향상에 노력해야한다. 본 취약성 평가도구의 신뢰도를 향상시키기 위하여 앞서 언급한 다양한 한계점을 보완해야하며, 특허 및 소유권 문제 해결을 통해 국가차원에서 LCCGIS를 지속적으로 관리해야할 것으로 판단된다.

### 2.2.3 VESTAP(Vulnerability Assessment Tool to build Climate Change Adaptation Plan)

환경부에서 제공하는 기후변화 취약성 평가도구 VESTAP은 별도 C/S프로그램 설치 없이 언제 어디서든 web을 통해 실행할 수 있는 웹 기반 기후변화 취약성 평가도구로 운영 환경을 분석하여 적합한 취약성 평가 지원 도구를 지원한다.

환경부에서 전국 기초지자체의 기후변화적응대책 세부시행계획 수립을 지원하기 위하여 국가기후변화적응센터를 중심으로 지자체 취약성 평가 지도 및 도구(CCGIS, LCCGIS)를 개발·배포해왔으며, 현재 기후변화 취약성 평가 지원도구의 기능을 VESTAP을 통해 일원화하여 제공하고 있다(배민기, 2015).

VESTAP은 취약성 평가 관련 전문가 pool 및 예산 등이 제한되거나 기후변화 예측이 어려운 경우 활용도가 우수하며, 산사태 또는 홍수 등 재난·재해 위험지역과 연계할 경우 활용도가 극대화될 것이다. 재난·재해 위험지역과의 연계를 통해 지역 내 재난·재해 사전 예방 시스템 및 재난관리시스템 구축, 기후예측 인프라 확충, 기후변화 적응 관련 교육 강화 등의 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 미래기후 예측 모델, 부문별 환경영향평가 등을 위한 인프라가 취약할 경우 VESTAP을 활용하여 종합적인 기후변화 취약성을 분석할 수 있다. 또한, 지표를 직접 구축할 수 있으며, 취약성 평가 항목의 사용을 쉽게 구성하여 사용자의 편의성이 우수하다.

본 취약성 평가도구는 기초지자체별 기후변화 적응대책 수립을 위한 단순 지원도구 역할을 하며, 지역 취약성을 상대 순위비교를 통해 알려줄 뿐 취약성 정도의 정확한 분석은 어렵다. 또한, 취약성 지수가 높을지라도 지표에 미반영된 기반시설, 지역민들의 인식수준, 누락된 DB 등에 따라 기후노출, 민감도, 적응능력이 변경되므로 계획 수립 시 이러한 문제점을 고려해야한다.

### 2.2.4 취약성 평가도구 검토

환경부에서 제공하고 있는 기후변화 취약성 평가도구는 CCGIS ver. 3.1과 LCCGIS ver. 2.0.1(국립환경과학원 제공), VESTAP(한국환경정책·평가연구원 제공) 평가도구는 시·군·구 또는 읍·면·동 단위 분석으로 지역 내 이상기후를 명확하게 분석하는데 한계가 있다. 특히 국립환경과학원에서 배포한 취약성 평가도구 CCGIS 및 LCCGIS는 평가에 활용되는 기초자료가 일부 미비하고 취약성 평가지수 도출 시 오류가 상당하여 취약성 평가 데이터가 실질적인 환경과 조건을 반영했다고 보기는 어렵다. 또한 두 평가도구간 적용 기후 시나리오가 상이한데 SRES 시나리오를 탑재한 CCGIS의 경우 국내에서 활용하고 있는 RCP 시나리오를 반영하지 않아 취약성 평가 데이터의 신뢰도가 현저히 떨어진다. 기존 평가도구는 이러한 문제점들을 갖고 있는 것으로 분석되어 이를 최대한 보완하여 데이터의 신뢰도 및 정확도를 향상시키고 합리적인 평가가 가능하도록 고도화된 새로운 평가도구의 개발이 시급하다.

기존 취약성 평가도구가 갖고 있는 문제점 중 하나인 읍·면·동 단위의 행정구역 내 기후변화 영향 및 취약성 상대 비교 불가 문제는 지형의 외형적 요인을 고려하여 1km<sup>2</sup> 단위의 고해상도 노출지표를 통한 세분화로 해결 가능하다. 즉, 지형의 변화 요소를 반영하지 못한 기존 행정구역 단위 중심의 취약성 평가에서 1km<sup>2</sup> 격자 단위 취약성 평가로 전환하는 것이다. 이를 통해 지역의 세분화를 통해 기초지자체 내 세부시행계획 수립 시 현실 반영률을 높여 실효성을 강화할 수 있다. 또한, 상대 취약성 파악이 가능할 것으로 전망되어 관련 정책 및 계획 수립, 예산배분 결정에 근거자료로 활용될 것으로 판단된다. 또한 기존 평가도구는 시군구별 평균값을 이용하여 우선순위를 등급화 하였지만 향후 평균값이 아닌 공간상으로 등급을 나눌 경우 세부적인 정책 수립을 지원할 수 있을 것으로 예측된다(오수현, 2013).

제4장

## 기후변화 취약성 평가

1. 취약성 평가 결과 분석
2. 한계점 및 개선방안





## 제4장

## 기후변화 취약성 평가



## 1. 취약성 평가 결과 분석

충청남도는 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립을 위하여 충남지역의 15개 시군을 대상으로 CCGIS를 활용하여 분야별 취약성 평가를 실시하였으며, 취약성 평가 분야는 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계이다.

재난/재해분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 실시한 결과 ‘폭설에 의한 기반시설 취약성(0.3814)’이 가장 취약한 것으로 분석되었으며, ‘해수면상승에 의한 기반시설 취약성(0.1971)’, ‘홍수에 의한 기반시설 취약성(0.1516) 순으로 취약성이 높은 것으로 분석되었다.

[표 4-1] 충청남도 재난/재해분야 취약성 평가 표준화 지수

구분	지수	그래프
홍수에 의한 기반시설 취약성	0.1516	
폭염에 의한 기반시설 취약성	0.1103	
폭설에 의한 기반시설 취약성	0.3814	
해수면상승에 의한 기반시설 취약성	0.1971	
가축 생산성의 취약성	0.3181	

자료출처 : 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서, 2012)

따라서 폭설, 해수면상승, 홍수에 의한 기반시설 취약성 수치의 감소를 위하여 해양기후 관측센터 설립, 기상기후 예측 시스템 확대 등 인프라 확보에 주력해야한다.

건강분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 세부항목별로 비교한 결과 ‘한파에 의한 건강 취약성(0.5154)’이 가장 취약한 것으로 분석되었으며, ‘오존농도 상승에 의한 건강 취약성(0.3127)’, ‘폭염에 의한 건강 취약성(0.2780)’의 순으로 취약성이 높았다.

[표 4-2] 충청남도 건강분야 취약성 평가 표준화 지수

구분	지수	그래프
홍수에 의한 건강 취약성	0.1369	
태풍에 의한 건강 취약성	0.1773	
폭염에 의한 건강 취약성	0.2780	
한파에 의한 건강 취약성	0.5154	
오존농도 상승에 의한 건강 취약성	0.3127	
미세먼지에 대한 건강 취약성	0.1569	
기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성	0.2370	
곤충 및 설치류에 의한 전염병 취약성	0.1950	
수인성 매개 질환의 건강 취약성	0.1842	

자료출처 : 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서, 2012)

따라서 건강분야의 취약성 대응을 위해서는 한파, 오존농도 상승, 폭염에 의한 건강 취약성 수치를 저감시킬 수 있는 세부시행계획 수립 및 관련 과제 기획을 통해 해결책을 도출해야한다.

농업분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 세부항목별로 비교한 결과 ‘벼 생산성의 취약성(0.3580)’이 가장 취약한 것으로 분석되었으며, ‘가축 생산성의 취약성(0.3181)’, ‘사과 생산성의 취약성(0.2776)’의 순으로 취약성이 높았다.

따라서 농업분야의 취약성 대응을 위해서는 벼, 가축, 사과 생산성의 취약성을 고려하여 충남지역의 특산품인 벼, 사과의 생육 환경을 잘 조성해야하며, 가축 생산성의 극대화를 위한 기반시설 관리를 강화해야한다.

[표 4-3] 충청남도 농업분야 취약성 평가 표준화 지수

구분	지수	그래프
농경지 토양침식의 취약성	0.2619	
재배/사육 시설의 취약성	0.2177	
벼 생산성의 취약성	0.3580	
사과 생산성의 취약성	0.2776	
가축 생산성의 취약성	0.3181	

자료출처 : 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서, 2012)

산림분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 세부항목별로 비교한 결과 ‘소나무 생장 취약성(0.5695)’이 가장 취약한 것으로 분석되었으며, ‘산림생산성의 취약성(0.4525)’, ‘산불에 의한 취약성(0.3814)’의 순으로 취약성이 높았다.

따라서 산림분야의 취약성 대응을 위해서는 소나무 생장, 산림생산성, 산불에 의한 취약성을 고려하여 산림자원의 보전 및 산불 예방을 위한 대책을 강구해야할 것으로 판단된다.

[표 4-4] 충청남도 산림분야 취약성 평가 표준화 지수

구분	지수	그래프
집중호우에 의한 산사태의 취약성	0.2329	
산사태에 의한 임도의 취약성	0.2168	
산불에 의한 취약성	0.3814	
병충해에 의한 소나무의 취약성	0.3701	
소나무 생장 취약성	0.5695	
산림생산성의 취약성	0.4525	
가뭄에 의한 산림식생의 취약성	0.2741	

자료출처 : 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서, 2012)

해양/수산업분야에 대한 기후변화 취약성 평가는 ‘수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성’을 단일 분석하였으며, 표준화지수는 0.1068로 취약성이 심각한 수준은 아닌 것으로 조사되었다.

물관리분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 세부항목별로 비교한 결과 ‘이수의 취약성(0.6494)’이 가장 취약한 것으로 분석되었으며, ‘수질 및 수생태의 취약성(0.4873)’, ‘치수의 취약성(0.1105)’의 순으로 취약성이 높았다. 이수의 취약성의 경우 타 분야 항목들에 비해 취약 정도가 심각한 것으로 조사되었다.

따라서 물관리분야의 취약성 대응을 위하여 이수를 위한 기반시설 확대, 용수별 이용현황 분석을 통한 관련 정책 수립, 수질 및 수생태의 취약성 개선을 위한 관련 법령 제·개정 등이 필요할 것으로 판단된다.

[표 4-5] 충청남도 물관리분야 취약성 평가 표준화 지수

구분	지수	그래프
치수의 취약성	0.1105	
이수의 취약성	0.6494	
수질 및 수생태의 취약성	0.4873	

자료출처 : 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서, 2012)

생태계분야에 대한 기후변화 취약성 평가를 세부항목별로 비교한 결과 ‘침엽수의 취약성(0.5265)’이 가장 취약한 것으로 분석되었으며, ‘곤충의 취약성(0.4129)’, ‘보전구역의 취약성(0.2032)’의 순으로 취약성이 높았다.

따라서 생태계분야의 취약성 문제 해결을 위하여 침엽수 및 소나무, 산림생장을 복합적으로 고려하여 침엽수 조림면적 확대, 산불 및 병충해 예방, 자연휴식년제 확대 등 다각적인 해결방안을 고려해야한다.

[표 4-6] 충청남도 생태계분야 취약성 평가 표준화 지수

구분	지수	그래프
침엽수의 취약성	0.5265	
곤충의 취약성	0.4129	
보전구역의 취약성	0.2032	

자료출처 : 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획 최종보고서, 2012)



## 2. 한계점 및 개선방안

제1차 충남 기후변화 적응대책 세부시행 계획수립에 활용된 기후변화 취약성 평가도구인 CCGIS를 비롯하여 LCCGIS 및 VESTAP은 시·군단위나 읍·면·동 단위의 취약성 평가 결과를 도출하게 설계되어 있다. 따라서, 특정지역에 대한 취약성 평가 결과를 확인하고 기후변화 정책을 수립하기 힘들며 행정구역 단위별 평가 결과 확인만 가능하다. 따라서, 이를 개선하기 위해서는 셀단위의 취약성 평가 결과 도출이 필요하다. 또한, CCGIS와 LCCGIS의 경우 특허가 등록되어 소프트웨어의 수정 및 보완 갱신작업에 제약이 따라 유연한 적용이 힘든면이 있다.

VESTAP에서는 다소 개선되기는 했으나 기 제공된 취약성 평가도구의 경우 민감도 및 적응능력 지표 대부분이 기초지자체의 평균값으로 입력되어 있어 이를 그대로 확인할 경우 기후노출 변수에 따라 취약성 평가 결과가 나타나고 있어, 민감도 및 적응능력에 대한 지역적 특성을 고려할 수 있도록 대부분의 대용변수를 수정·보완해야 한다. 따라서, 지역적 특성을 반영할 수 있는 지자체에서 수집된 DB가 구축된 취약성 평가도구 개발이 필요하다.

더불어, 취약성 평가결과에 대해 평가결과를 활용하는 사용자들이 지속적으로 제기하고 있는 현실과 맞지 않는 결과에 대한 대안도 개선되어야 한다.

취약성 평가 도구 개발을 위한 개선방향

- 1) 셀단위의 취약성 평가 가능
- 2) 취약성 평가 항목에 대한 지역특성화
- 3) 평가항목별 평가가 무의미한 지역의 처리방안 마련
- 4) 민감도 및 적응능력 대용변수에 대한 변별력 확보
- 5) 정책활용도를 높일 수 있는 평가도구 개발

.....

## 제 5 장

# 충청남도 기후변화 취약성 평가도구 Prototype 개발

1. 평가인자 설계
2. 취약성 평가도구 Prototype 개발





## 취약성 평가도구 Prototype 개발



### 1. 평가인자 설계

#### 1.1 대용변수 분석

##### 1.1.1 광역별 대용변수 분석

충남지역의 기후변화 취약성 평가인자 설계를 위하여 광역지자체 및 기초지자체별 활용 변수를 조사하여 분야 및 세부항목별, 지역별 대용변수와 변수 목록을 분석하였다.

광역지자체의 기후변화 취약성 평가는 CCGIS를 통해 분석되었고 지역 간 활용 변수의 비교를 통해 충남지역과 지역·기후적 특성이 비슷한 지자체의 취약성 평가 변수를 심층 분석하였다.

[표 5-1] 광역지자체별 대용변수 리스트(예시)

분야	세부항목	대용변수	변수목록	지역
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	경기
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	경북
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	울산

분야	세부항목	대용변수	변수목록	지역
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	전남
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	전북
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	제주
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	경기
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	경북
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	울산
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	전남
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	전북
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	제주

### 1.1.2 대표 기초지자체별 대용변수 분석

전국 227개 기초지자체 중 시범사업으로 기후변화 적응대책 세부시행계획을 수립한 34개 기초지자체를 대상으로 기후변화 취약성 평가(LCCGIS 활용)에 활용된 변수들을 조사하여 지역별 대용변수 및 변수목록을 분석하였다.

[표 5-2] 기초지자체별 대용변수 리스트(예시)

분야	세부항목	대용변수	변수목록	지역
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	고령군
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	안성시
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	예산군

분야	세부항목	대용변수	변수목록	지역
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	고령군
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	공주시
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	서천군
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	예산군
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP) (백만원)	고령군
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP) (백만원)	안성시
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP) (백만원)	예산군

## 1.2 인벤토리 구축

광역 및 기초지자체별 대용변수 분석 결과를 기반으로 자료 보유력, 지역 특성 반영, 활용 빈도수, 전문가 의견 등을 고려하여 다각적인 분석을 통해 취약성 평가에 활용 가능한 모든 변수목록을 도출하였다.

대용변수 가중치와 실제 DB의 경우 본 연구에서 고려하지 않았으며, 출처가 불분명하거나 대체자료가 없는 항목, 자료가 누락되어 있는 변수들은 제외하였다. 따라서 향후 정성적 평가(설문조사 등)에 의해 신뢰도와 객관성을 높인 가중치 설정을 통해 인벤토리를 재검토해야할 것으로 판단된다.

최종 평가지표는 A, B, C의 세가지 조건을 고려하여 모든 조건을 충족하는 변수에 한정하여 도출하였다.

[표 5-3] 건강분야 인벤토리(예시)

분야	세부항목	변수목록	출처	A	B	C	적용 가능성
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	LCCGIS	○	○	○	○
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	독거노인 비율(총인구)(%)	통계자료, CCGIS	○	○	○	○

건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	심혈관질환 사망자수(명)	통계청		○		
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	인구당 보건소 인력(명/만명)	LCCGIS	○			
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	서천군 내부자료, 통계자료	○	○	○	○
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	일최고기온(℃)	통계청			○	
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	13세 이하 인구(명)	통계청		○		
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	65세 이상 인구(명)	통계청	○	○	○	○
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	CO(도로교통배출량)(kg)	아산시 내부자료	○		○	
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	CO(산업배출량)(kg)	충남도청 내부자료			○	
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	CO(주거난방외 배출량)(kg)	기상청	○	○	○	○
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	재정자립도(%)	CCGIS	○		○	
건강	기타 대기오염 물질에 의한 건강 취약성	지역내 생산(GRDP)(백만원)	통계청		○		

A : 지자체별 취약성 평가 시 다수의 지역에 활용된 항목

B : 출처가 명확하고 해당 DB를 보유하고 있어 평가가 가능한 항목

C : 전문가 자문에 의하여 필수적으로 평가되어야 하는 항목 및 대체가능한 통계자료가 구축되어 있는 항목

### 1.3 최종 평가지표 도출

구축된 분야별 취약성 평가항목 인벤토리를 기초자료로 활용하여 충남지역에 적합한 취약성 평가 최종 지표를 도출하였다. 최종 선정된 평가지표는 건강 분야(3), 농업분야(3), 물관리분야(3), 산림분야(4), 생태계분야(2), 재난/재해(2)로 17개 세부항목으로 도출되었다.

[표 5-4] 17개 세부항목별 최종 평가지표

분야	세부항목	기후노출	민감도	적응능력
건강	미세먼지에 의한 건강 취약성	10	6	6
건강	폭염에 의한 건강 취약성	7	6	6
건강	대기오염 물질에 의한 건강 취약성	16	5	6
농업	가축 생산성의 취약성	4	3	6
농업	벼 생산성의 취약성	13	3	7
농업	재배/사육 시설의 취약성	3	4	5
물관리	수질 및 수생태계의 취약성	11	14	7
물관리	이수에 대한 취약성	6	10	8
물관리	치수에 대한 취약성	9	14	11
산림	병충해에 의한 소나무 취약성	5	4	6
산림	산림생산성의 취약성	7	6	6
산림	산불에 의한 취약성	10	7	5
산림	집중호우에 의한 산사태 취약성	11	8	7
생태계	곤충의 취약성	9	7	6
생태계	도립공원의 취약성	10	7	8
재난/재해	폭설에 의한 기반시설 취약성	2	7	3
재난/재해	홍수에 의한 기반시설 취약성	3	9	3



## 2. 취약성 평가도구 Prototype 개발

충청남도 취약성 평가의 신뢰도 증진 및 오차범위를 최소화하고 기존 평가도구가 갖는 문제점을 보완하여 광범위지역 분석이 아닌 셀 단위 평가를 수행하기 위해서 취약성 평가도구 prototype을 개발하였다. 현재 산림분야의 ‘산불에 대한 취약성’ 평가 DB만 시범적으로 구축되어 있으며, 레이어(layer)는 구축 완료, DB의 경우 미구축된 임시버전으로 자료 탑재 등을 통한 지속적인 개발이 필요하다. 지리정보는 1km×1km의 셀단위로 격자화하여 행정구역별(시·군·구/읍·면·동)로 구축하였으며, 폴리곤 형태의 DB는 지리정보와의 매칭을 위하여 보간법(interpolation)을 활용하였다. 가중치의 경우 설정은 가능한 형태로 구축되어 있으나 실제 데이터는 미입력된 상태로 향후 전문가 델파이 조사, AHP (Analytic Hierachy Process)기법 등을 차용하여 가중치를 확정할 필요성이 있다.

### 2.1 개발 개요

본 프로그램을 설치 및 구동하기 위해서는 사용자 컴퓨터의 운영체제 (Operating System)가 Window XP 이상이어야 하며, 하드웨어의 제약사항은 다음과 같다.

[표 5-5] 하드웨어 제약사항

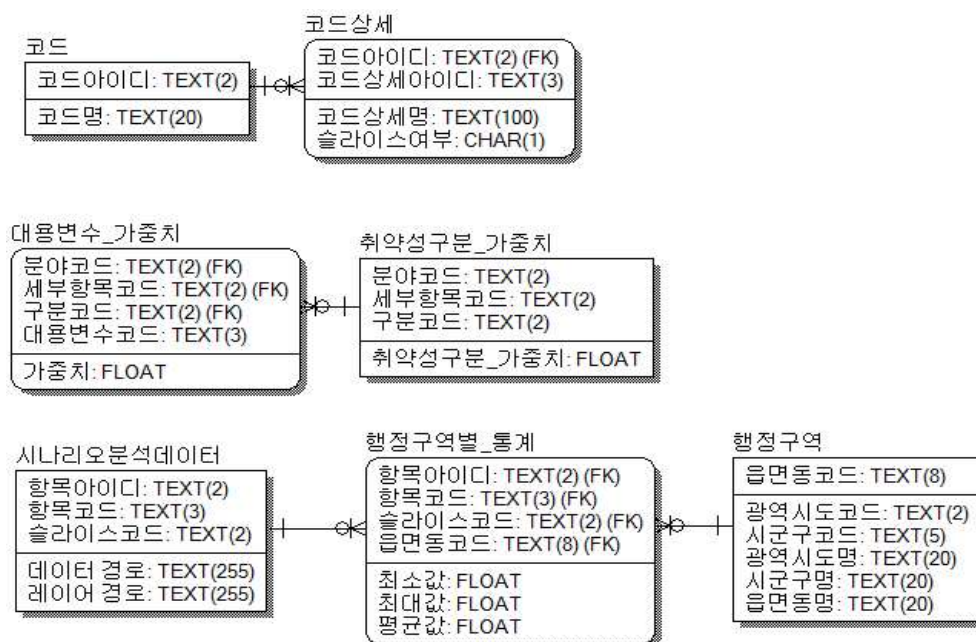
항 목	내용
CPU 속도	최소 450MHz 이상
Processor	Intel core Duo, Xeon 이상
메모리	최소 2GB 이상

본 프로그램은 ArcGIS Desktop 9.x에서 작동되는 프로그램으로 사용자 컴퓨터에 ArcGIS Desktop 9.x 버전이 설치되어 있어야 한다. 또한, 본 프로그램의 모든 기능을 사용하기 위해서는 ArcGIS Desktop Extension 중 Spatial Analyst Extension의 라이선스가 있어야 한다. 그리고, 본 프로그램을 설치하기 위해서는 .Net Framework 3.0이상이 설치되어 있어야 하며, 이 .Net Framework는 Microsoft 홈페이지에서 무료로 다운받아 설치하거나 Windows Update를 통해서 자동으로 설치할 수 있다.

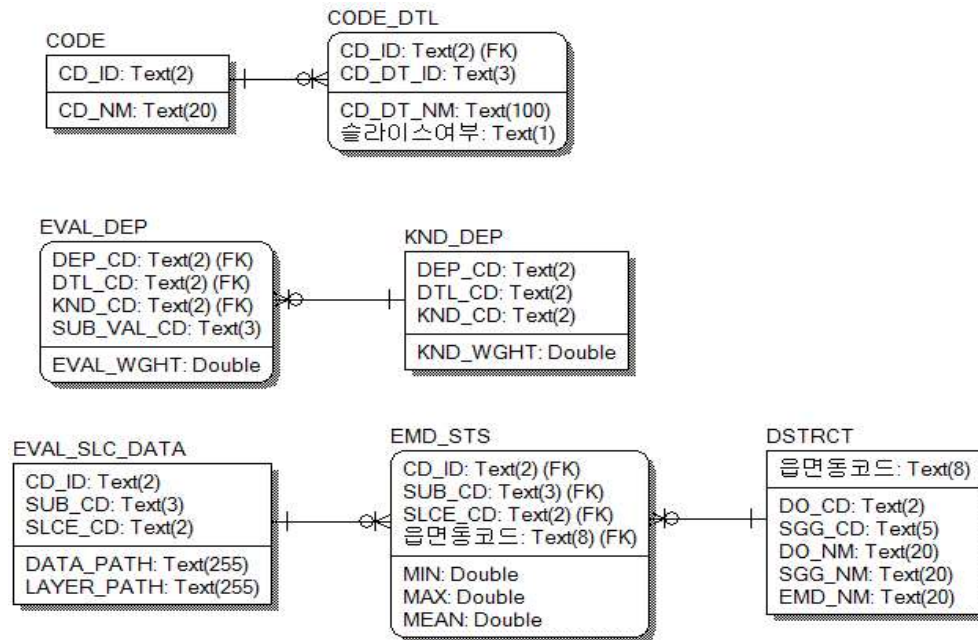
[표 5-6] 소프트웨어 제약사항

항 목	내용
S/W 관련	ArcGIS Desktop 9.x
Extension	Spatial Analyst Extension
설치 관련	.Net Framework 3.0 이상

본 과업을 통해 고도화한 취약성 평가를 모델 GIS는 환경부에서 제공하고 있는 CCGIS, LCCGIS, VESTAP 등의 기능을 참고하여 개발하였다. 취약성 평가를 개발을 위한 데이터베이스 설계 모델은 다음과 같다(그림1, 2).



[그림 5-1] 논리데이터베이스 모델 설계



[그림 5-2] 물리데이터베이스 모델 설계

## 2.2 취약성 평가를 위한 데이터베이스 구축

취약성 평가를 위해서는 기존 자료의 가공이 필요하다. 본 과제에서는 prototype 개발로 다음과 같은 데이터베이스를 최소격자 크기인 1km×1km로 구축하여 평가 틀에 활용하였다.

[표 5-7] 취약성 평가 데이터베이스 구축

구분	변수목록	가중치	DB구축 원본자료
기후노출	강수량(mm/day)	0.12	기상청(RCP 8.5 시나리오 1km × 1km : 9,131일 자료)
	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.15	기상청(RCP 8.5 시나리오 12.5km × 12.5km : 9,131일 자료)
	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.34	기상청(RCP 8.5 시나리오 1km × 1km : 9,131일 자료)
	일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수(회)	0.3	LCCGIS 읍면동 데이터

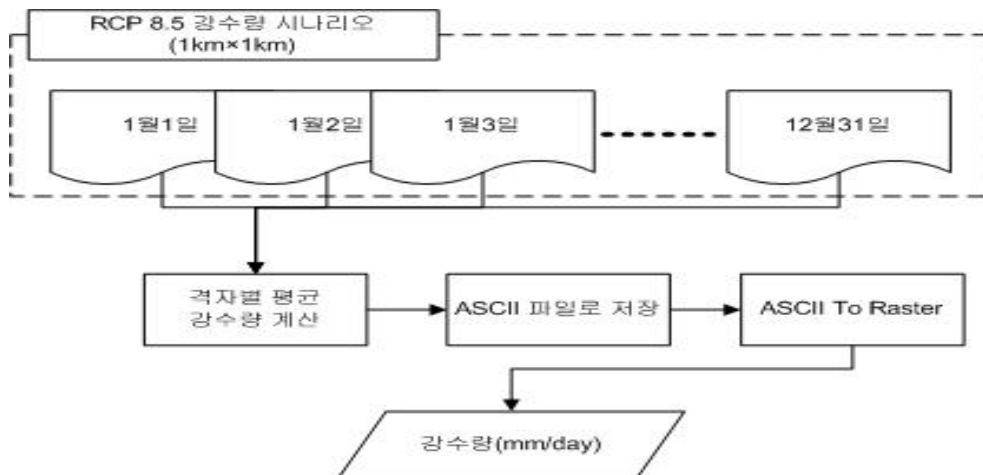


구분	변수목록	가중치	DB구축 원본자료
민감도	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	0.09	기상청(RCP 8.5 시나리오 12.5km × 12.5km : 9,131일 자료)
	무림목지 면적(ha)	0.11	산림청 1:5,000 수치임상도 (1,612 도엽)
	산림내 평균경사(°)	0.14	국토지리정보원 1:5,000 수치지형도 V2.0 (1,612 도엽)
	산림내 평균고도(m)	0.13	국토지리정보원 1:5,000 수치지형도 V2.0 (1,612 도엽)
	총인구	0.13	LCCGIS 읍면동 데이터
	침엽수 면적(ha)	0.23	산림청 1:5,000 수치임상도 (1,612 도엽)
	토양수분 10cm	-0.11	LCCGIS 읍면동 데이터
	혼효림 면적(ha)	0.19	산림청 1:5,000 수치임상도 (1,612 도엽)
	활엽수 면적(ha)	0.18	산림청 1:5,000 수치임상도 (1,612 도엽)
	산림 공무원(명)	0.14	LCCGIS 읍면동 데이터
	산림방제 면적(ha)	0.25	LCCGIS 읍면동 데이터
적응능력	산불 위험시기 강수량(mm)	0.14	기상청(RCP 8.5 시나리오 1km × 1km : 9,131일 자료)
	재정자립도(%)	0.11	충남연구원 자료
	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.06	LCCGIS 읍면동 데이터
	진화용수 인접도(m)	0.15	국토지리정보원 1:5,000 수치지형도 V2.0 (1,612 도엽)
	진화차량 접근성(임도)(m)	0.15	산림청 수치임도망도(2015)

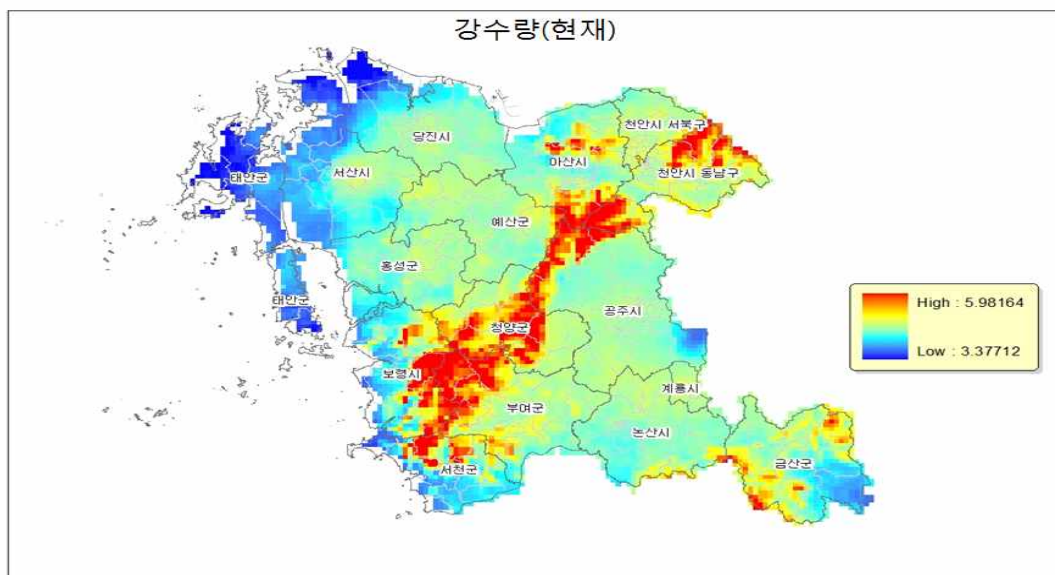
### 2.2.1 기후노출

#### 1) 강수량(mm/day)

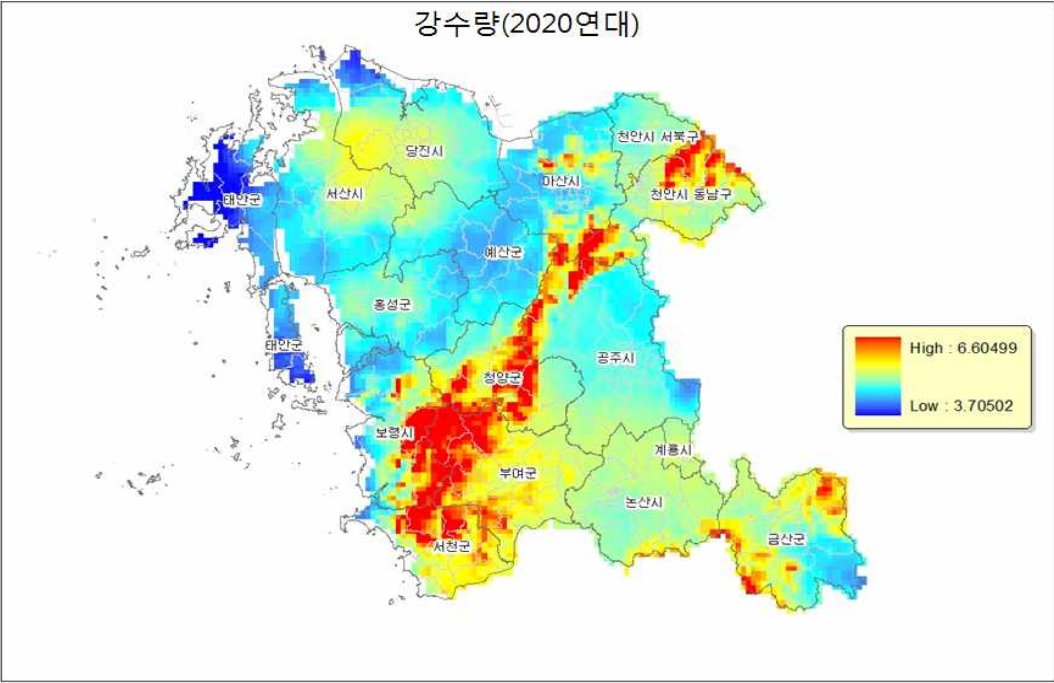
기상청에서 제공하는 격자 크기 1km의 RCP 8.5 시나리오를 활용하여 1일 평균 강수량 레이어를 구축하였으며, 기후인자(대응변수)에 해당하는 슬라이스(연대)를 2010s(현재), 2020s, 2050s으로 구분하여 설계하였다. 2010s(현재) 연대는 2011~2015년의 5년 data 활용, 2020s연대는 2016~2025년의 10년 data 활용, 2050s연대는 2045~2055년의 10년 data를 활용하였다.



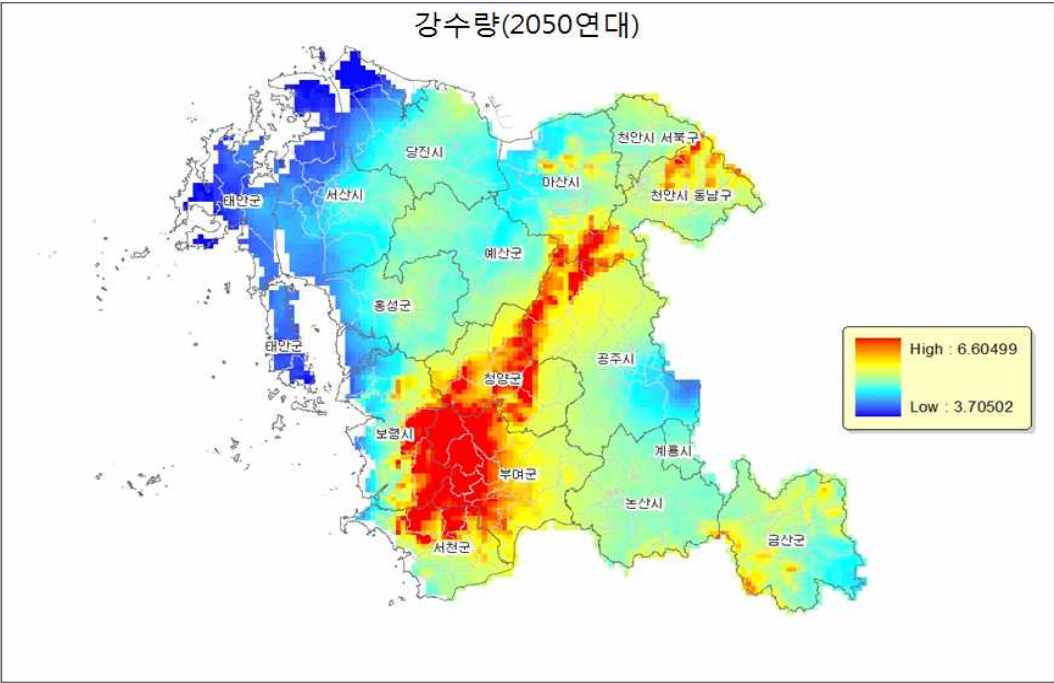
[그림 5-3] RCP 8.5 강수량 시나리오(1km×1km)



[그림 5-4] 충남지역 강수량 분포도(현재)



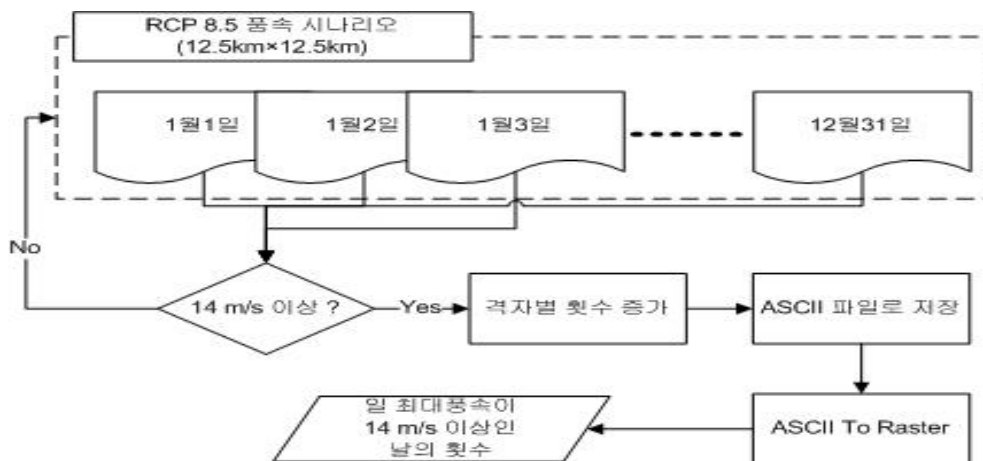
[그림 5-5] 충남지역 강수량 분포도(2020년)



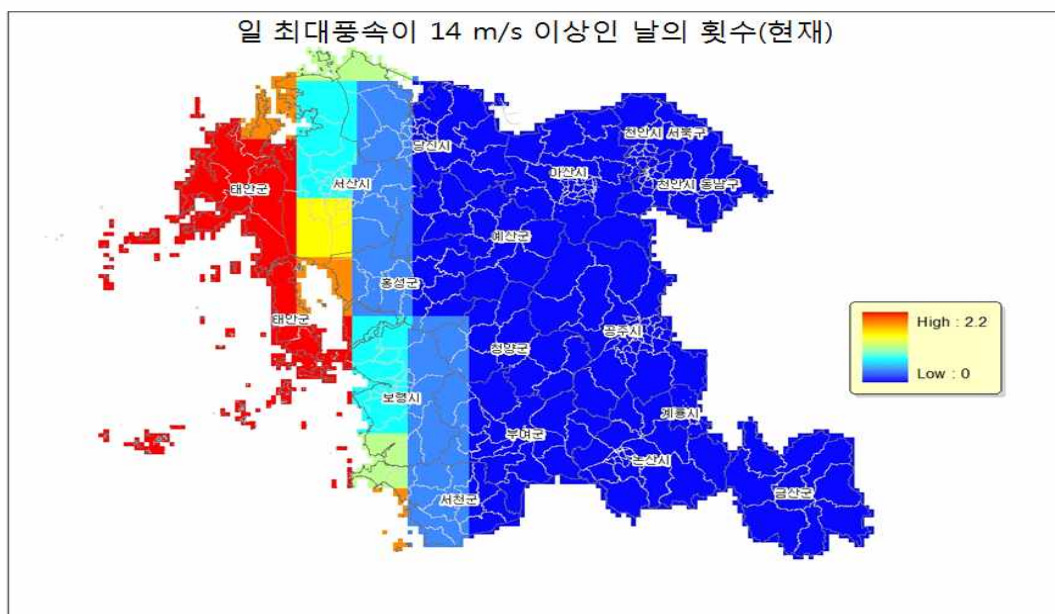
[그림 5-6] 충남지역 강수량 분포도(2050년)

## 2) 시간 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)

기상청에서 제공하는 격자 크기 12.5km의 RCP 8.5 시나리오를 활용하여 시간 일 최대풍속이 14 m/s 이상인 날의 횟수 레이어를 구축하였으며, 기후인자(대용변수)에 해당하는 슬라이스(연대)를 2010s(현재), 2020s, 2050s으로 구분하여 설계하였다. 2010s(현재) 연대는 2011~2015년의 5년 data 활용, 2020s 연대는 2016~2025년의 10년 data 활용, 2050s연대는 2045~2055년의 10년 data를 활용하였다.

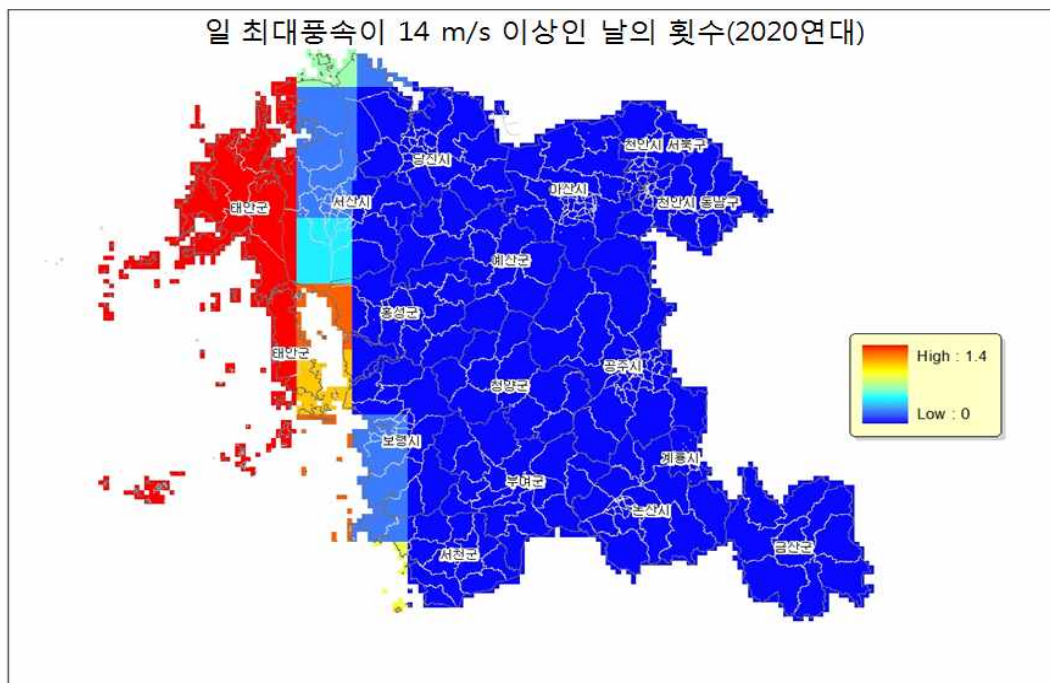


[그림 5-7] RCP 8.5 풍속 시나리오(12.5km×12.5km)

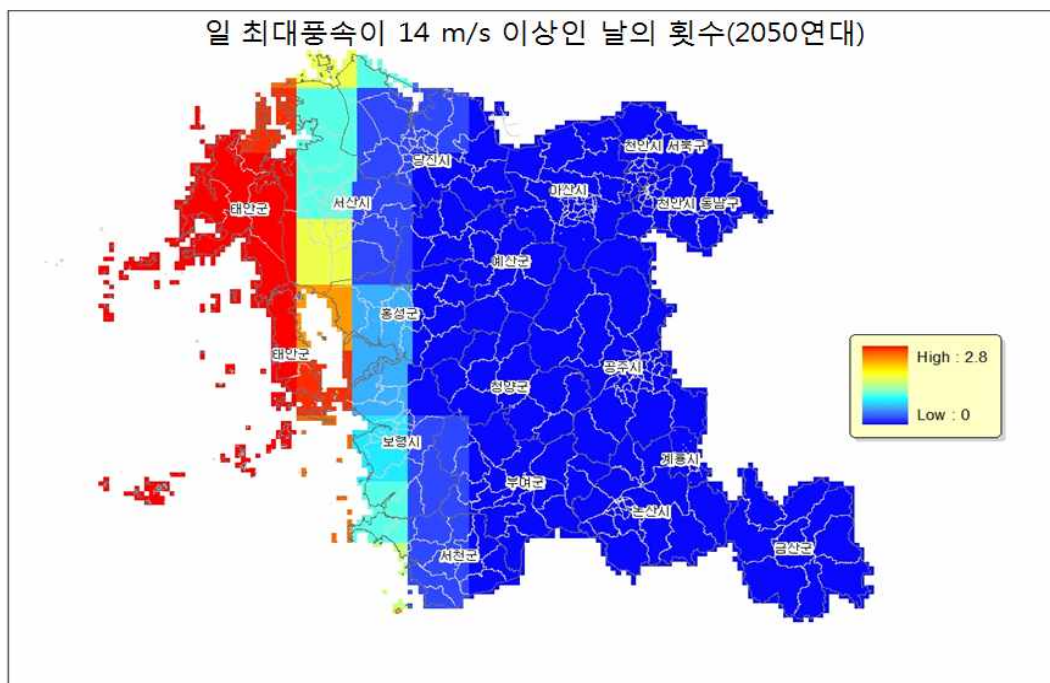


[그림 5-8] 충남지역 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 분포도(현재)





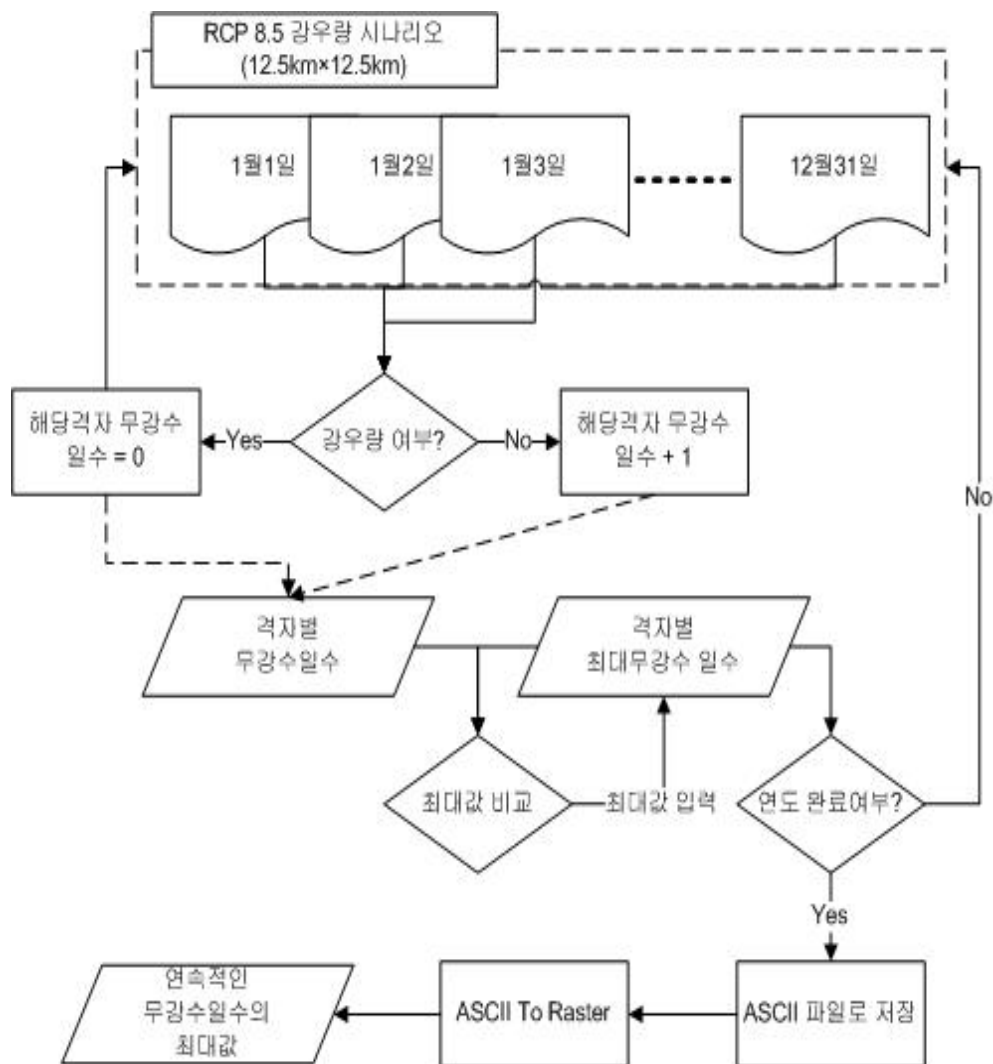
[그림 5-9] 충남지역 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 분포도(2020년대)



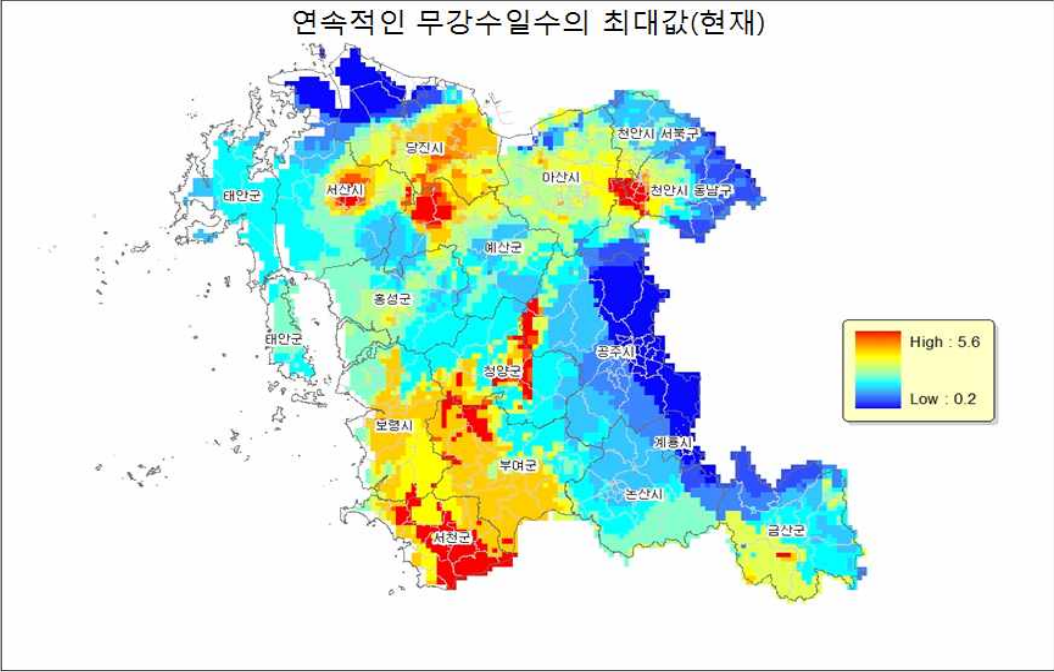
[그림 5-10] 충남지역 일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 분포도(2050년대)

## 3) 연속적인 무강수일수의 최대값(회)

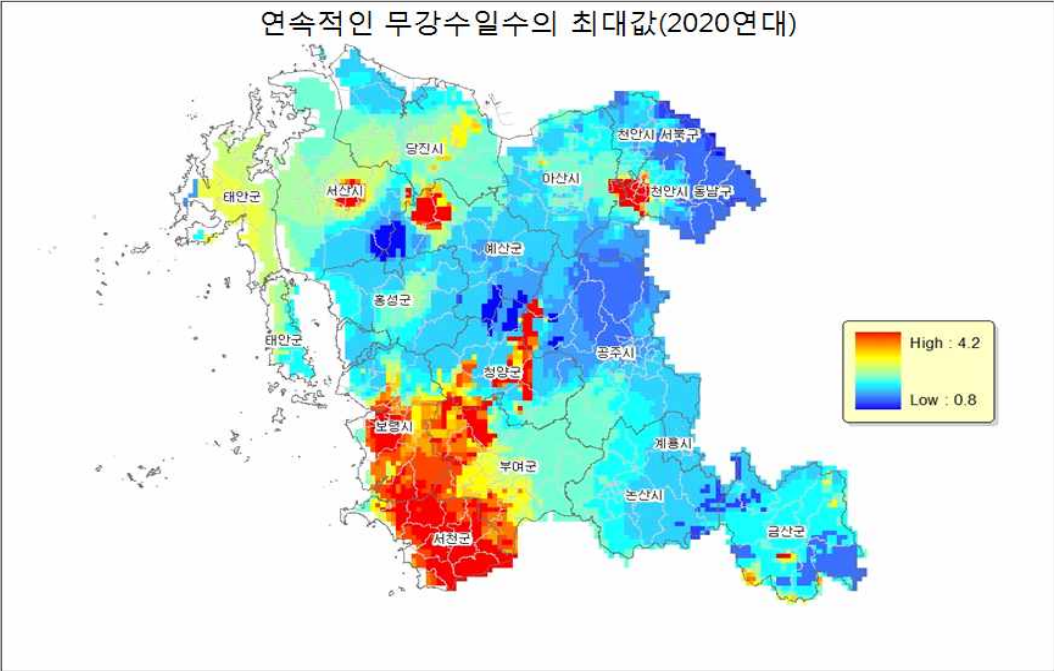
기상청에서 제공하는 격자 크기 1km의 RCP 8.5 시나리오를 활용하여 연속적인 무강수일수의 최대값 레이어를 구축하였으며, 기후인자(대응변수)에 해당하는 슬라이스(연대)를 2010s(현재), 2020s, 2050s으로 구분하여 설계하였다. 2010s(현재) 연대는 2011~2015년의 5년 data 활용, 2020s연대는 2016~2025년의 10년 data 활용, 2050s연대는 2045~2055년의 10년 data를 활용하였다.



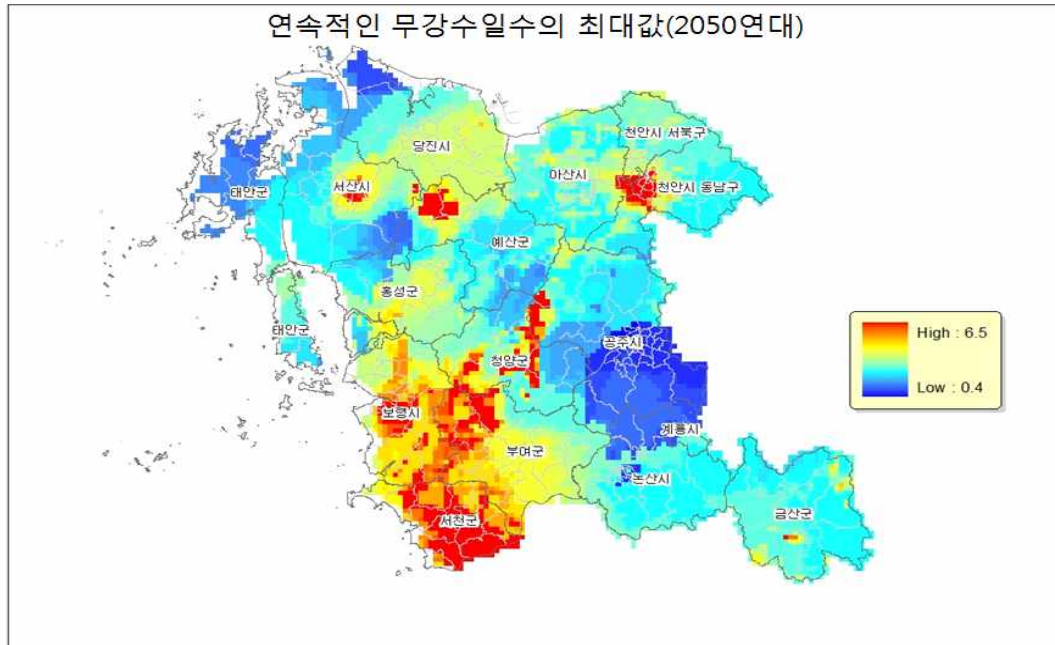
[그림 5-11] RCP 8.5 강우량 시나리오(12.5km×12.5km)



[그림 5-12] 충남지역 연속적인 무강수일수의 최대값 분포도(현재)



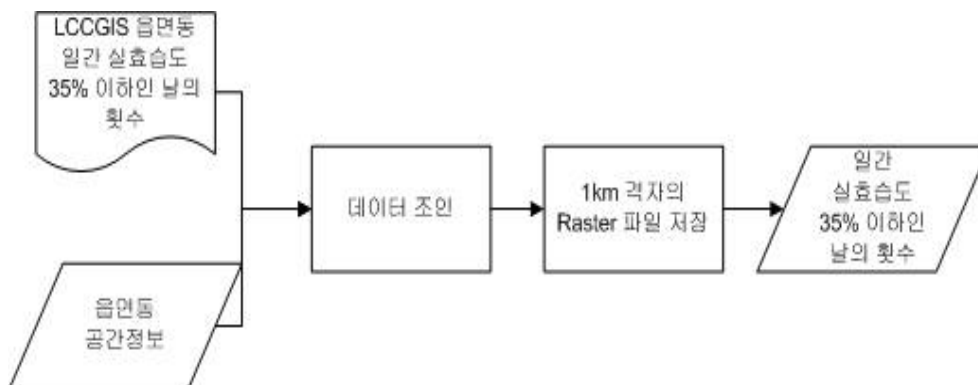
[그림 5-13] 충남지역 연속적인 무강수일수의 최대값 분포도(2020년)



[그림 5-14] 충남지역 연속적인 무강우일수의 최대값 분포도(2050년)

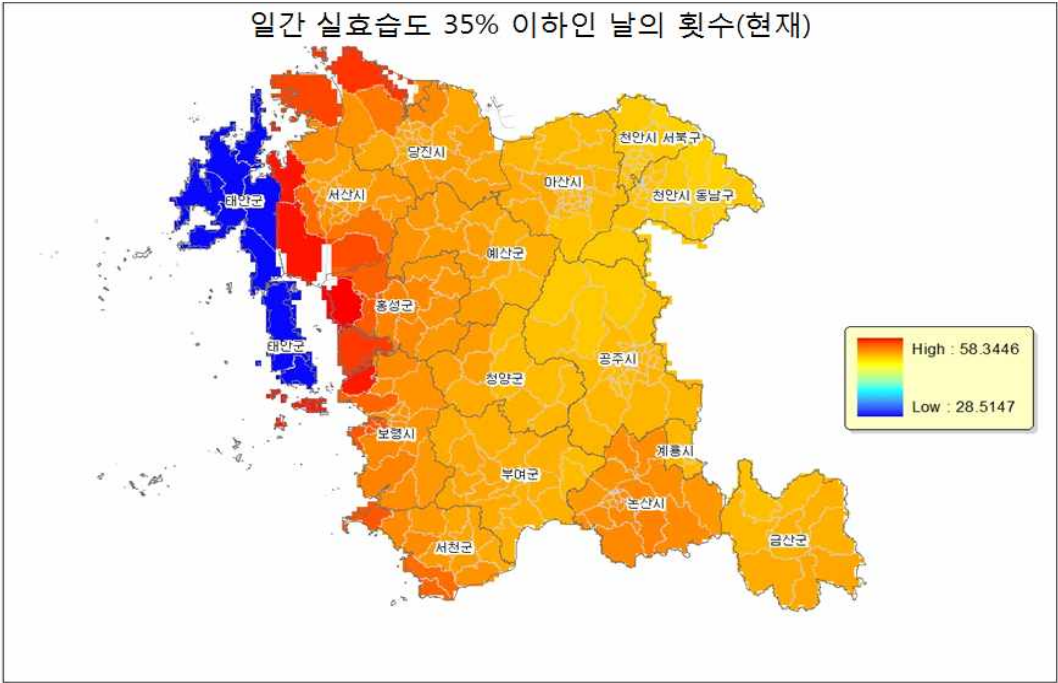
#### 4) 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수

일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 레이어는 LCCGIS의 읍면동 데이터를 활용하여 구축하였다.

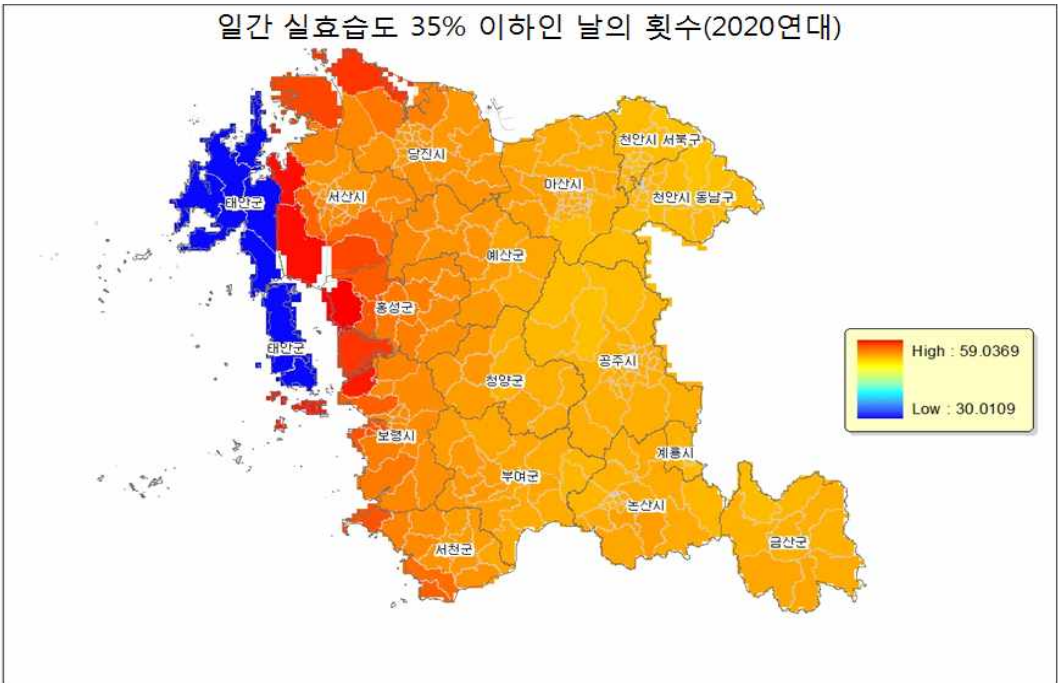


[그림 5-15] RCP 8.5 실효습도 시나리오(LCCGIS)

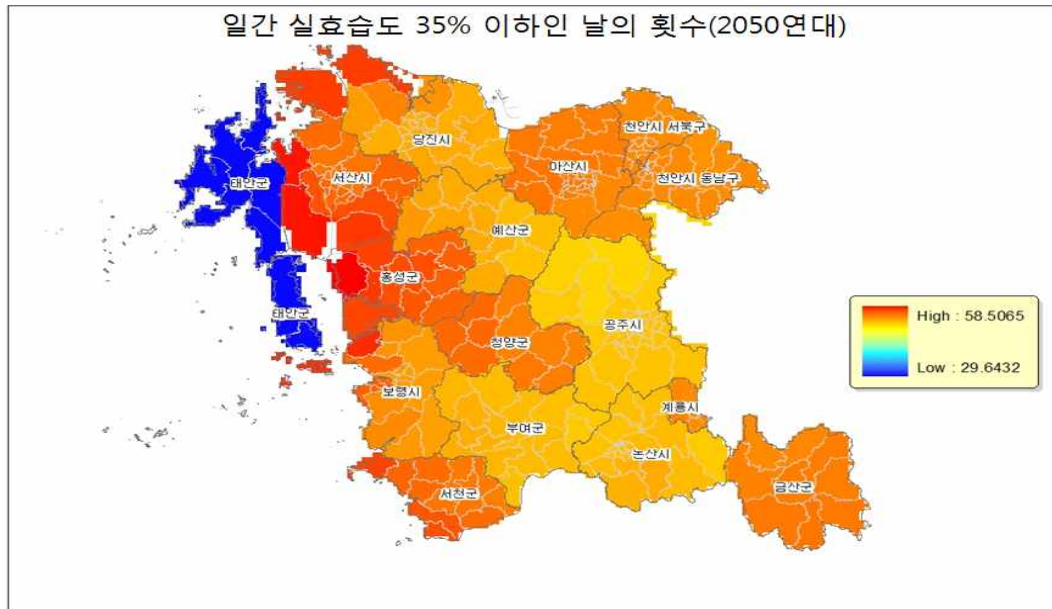




[그림 5-16] 충남지역 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 분포도(현재)



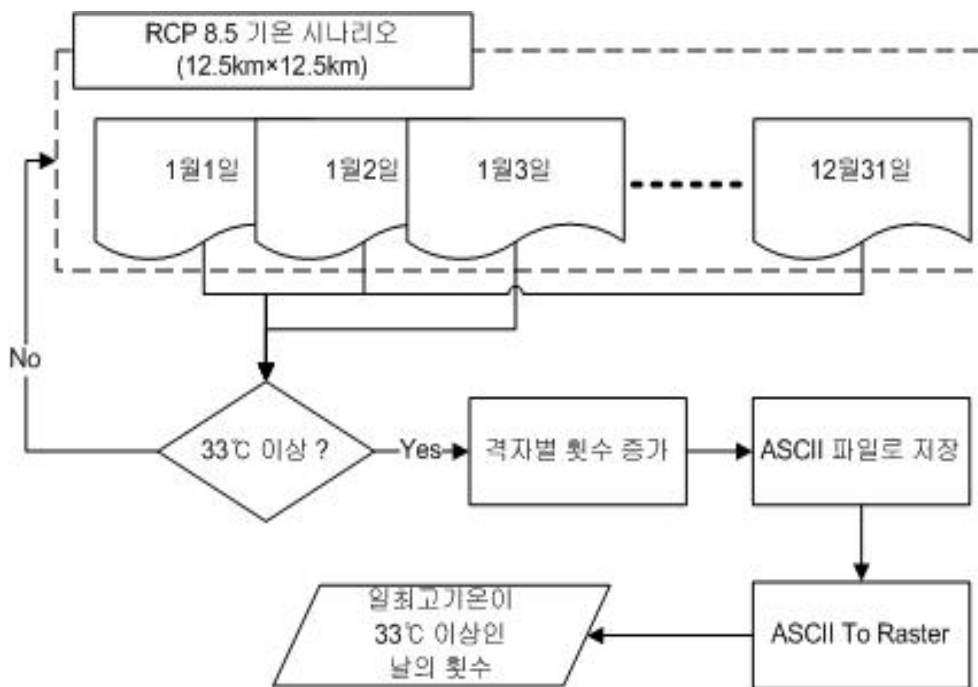
[그림 5-17] 충남지역 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 분포도(2020년)



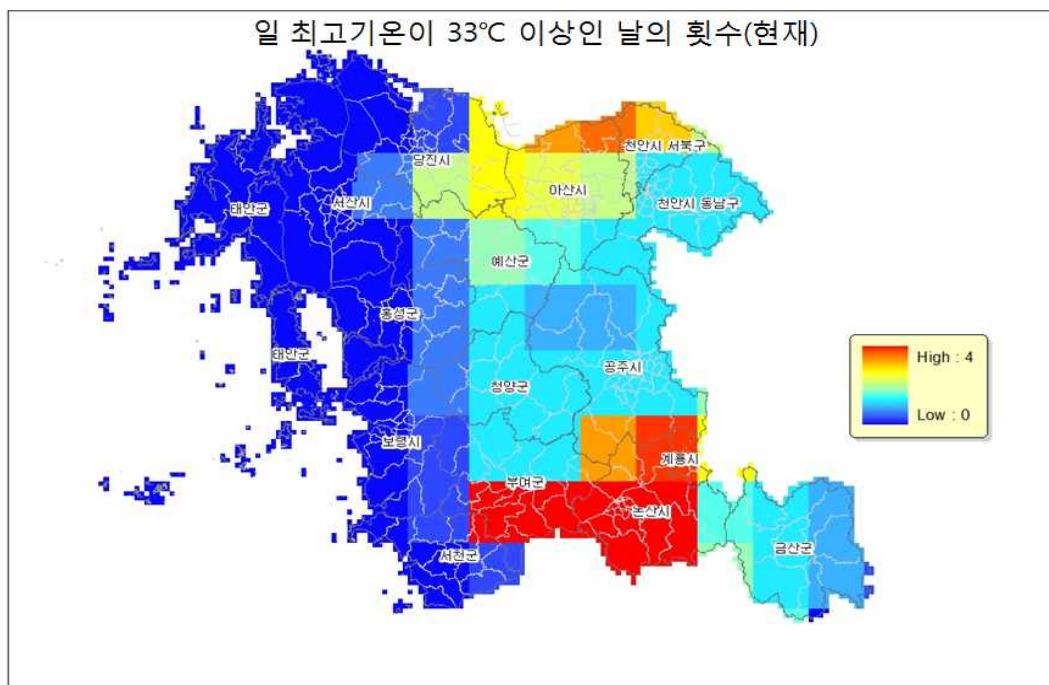
[그림 5-18] 충남지역 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수 분포도(2050년)

##### 5) 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수

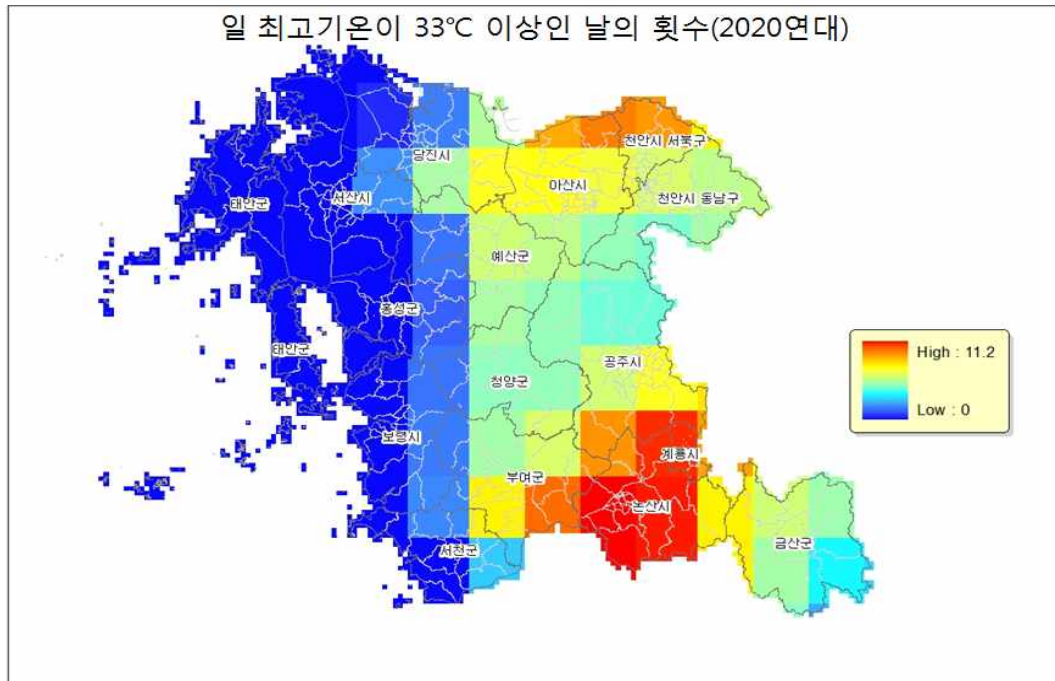
기상청에서 제공하는 격자 크기 12.5km의 RCP 8.5 시나리오를 활용하여 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수 레이어를 구축하였으며, 기후인자(대응변수)에 해당하는 슬라이스(연대)를 2010s(현재), 2020s, 2050s으로 구분하여 설계하였다. 2010s(현재) 연대는 2011~2015년의 5년 data 활용, 2020s연대는 2016~2025년의 10년 data 활용, 2050s연대는 2045~2055년의 10년 data를 활용하였다.



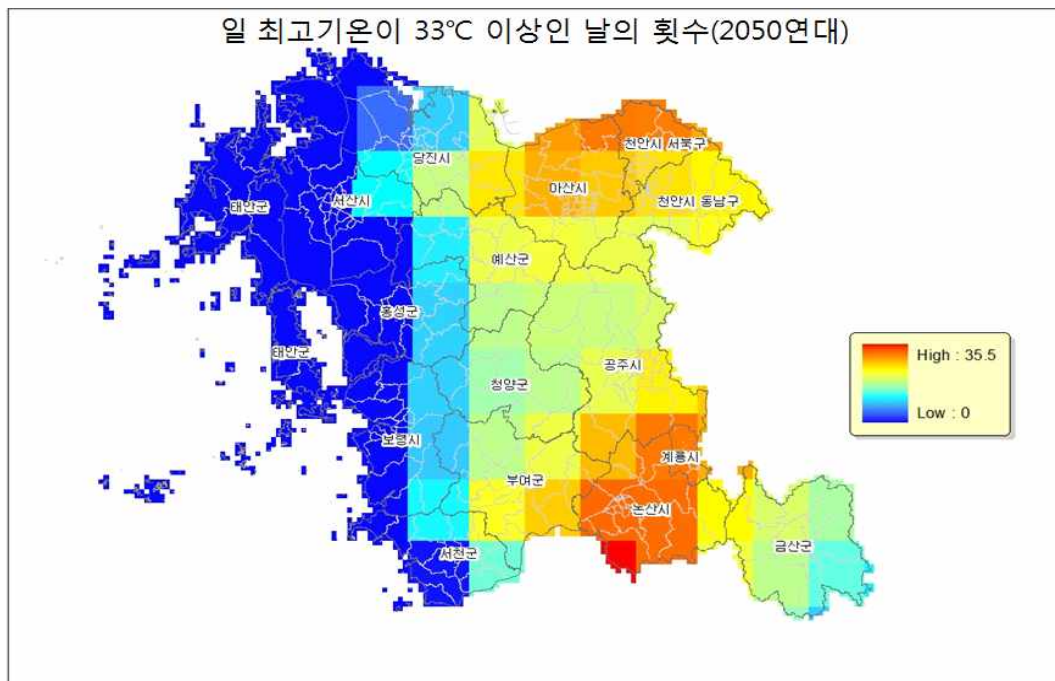
[그림 5-19] RCP 8.5 기온 시나리오(12.5km×12.5km)



[그림 5-20] 충청지역 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횡수 분포도(현재)



[그림 5-21] 충남지역 일 최고기온이 33°C 이상인 날의 횟수 분포도(2020년대)



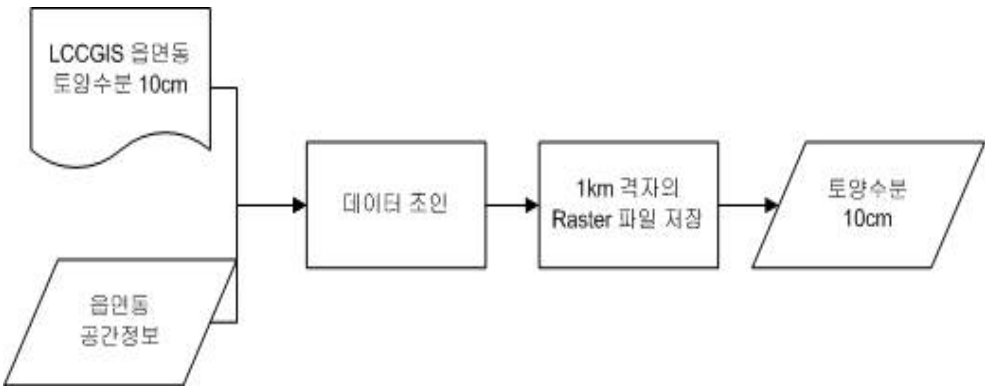
[그림 5-22] 충남지역 일 최고기온이 33°C 이상인 날의 횟수 분포도(2050년대)



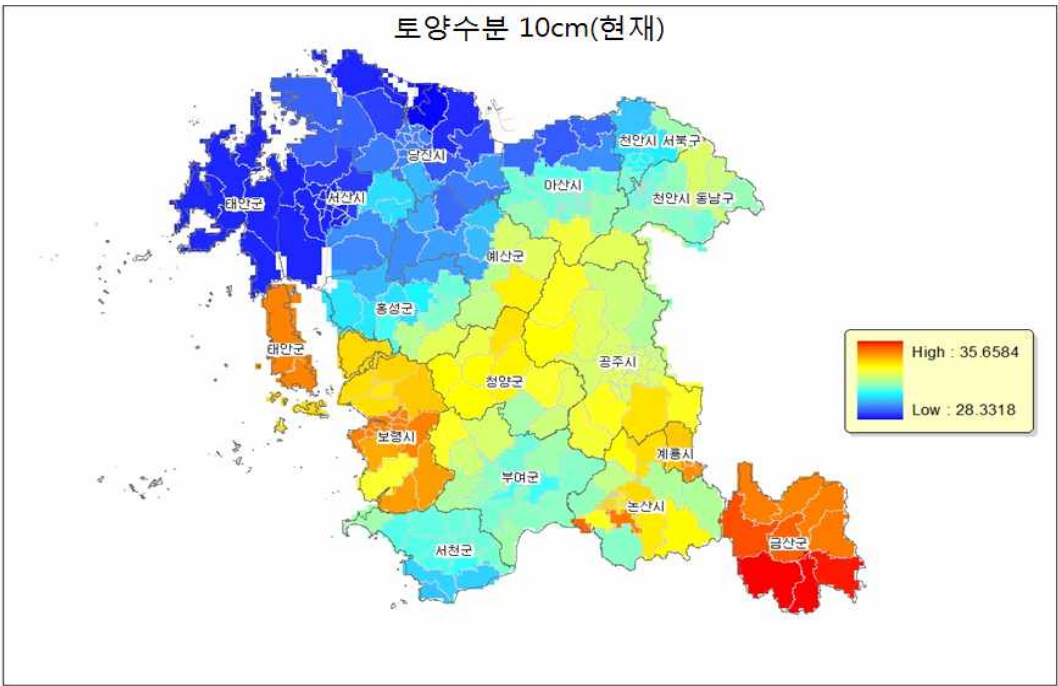
2.2.2 민감도

1) 토양수분 10cm

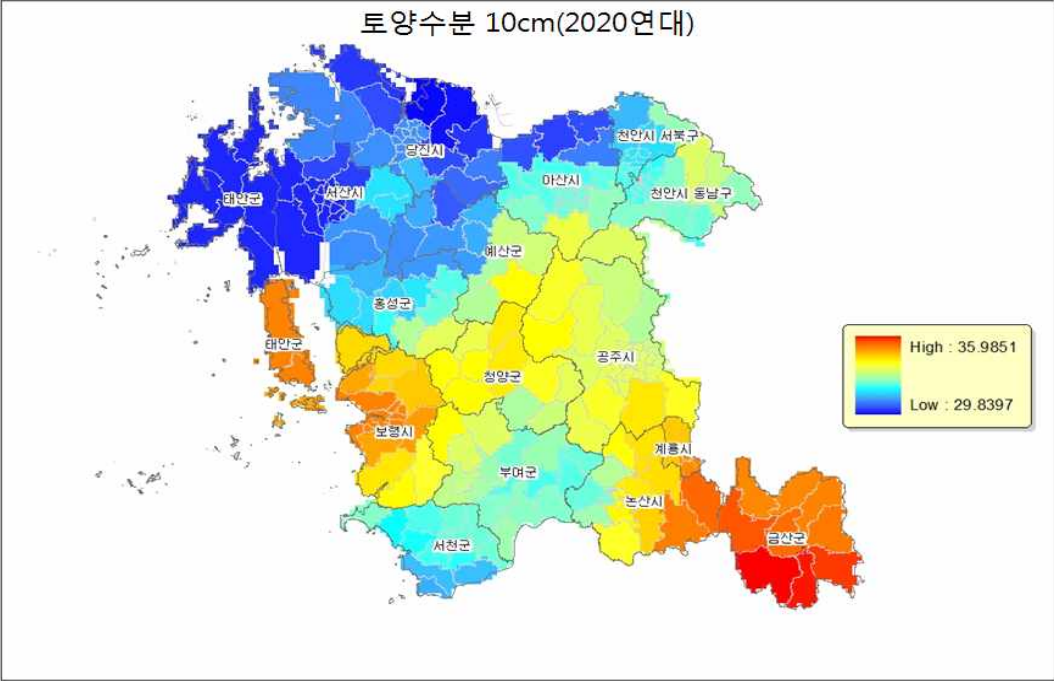
토양수분 10cm 레이어는 LCCGIS의 읍면동 데이터를 이용하여 구축하였다.



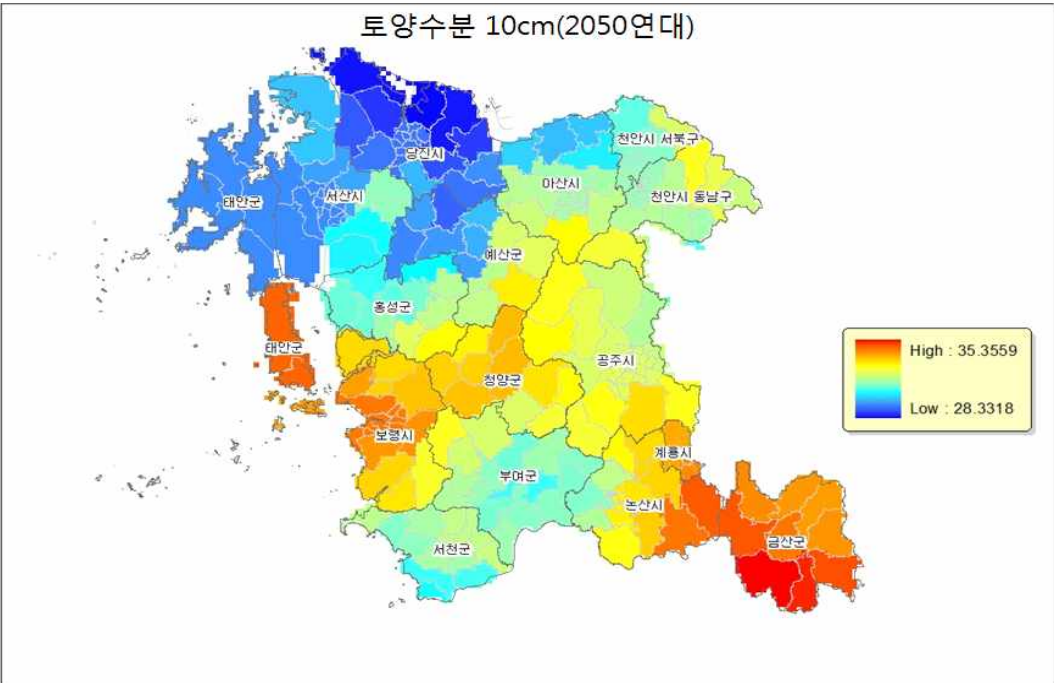
[그림 5-23] RCP 8.5 토양수분 10cm 시나리오(LCCGIS)



[그림 5-24] 충남지역 토양수분 10cm 분포도(현재)



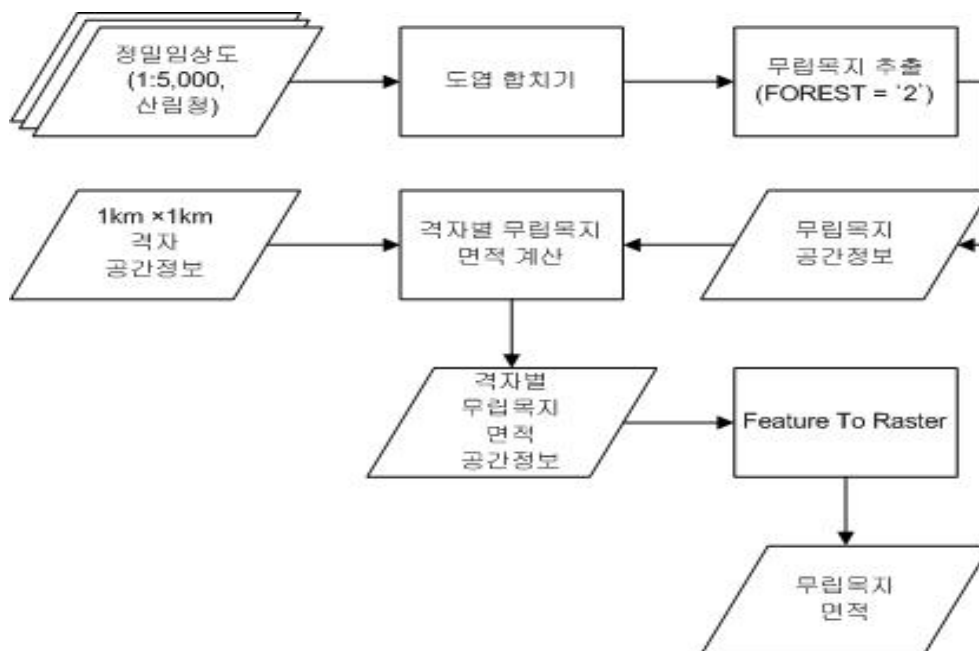
[그림 5-25] 충남지역 토양수분 10cm 분포도(2020년대)



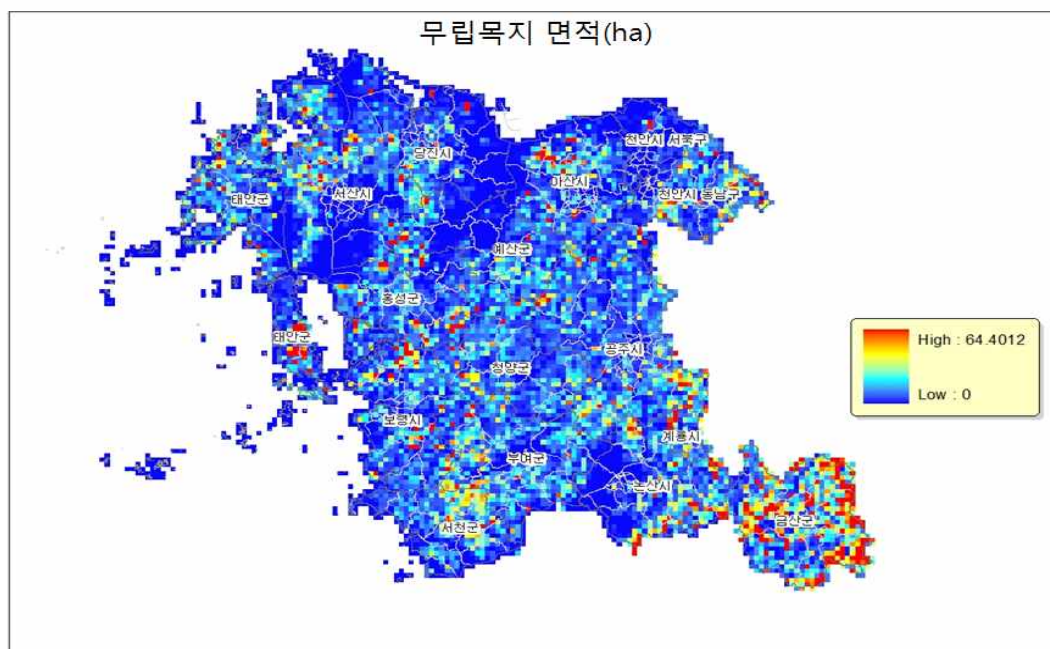
[그림 5-26] 충남지역 토양수분 10cm 분포도(2050년대)

## 2) 무림목지 면적(ha)

무림목지 면적 레이어는 산림청에서 제공하는 정밀임상도(1:5,000) 데이터를 활용하여 구축하였다.



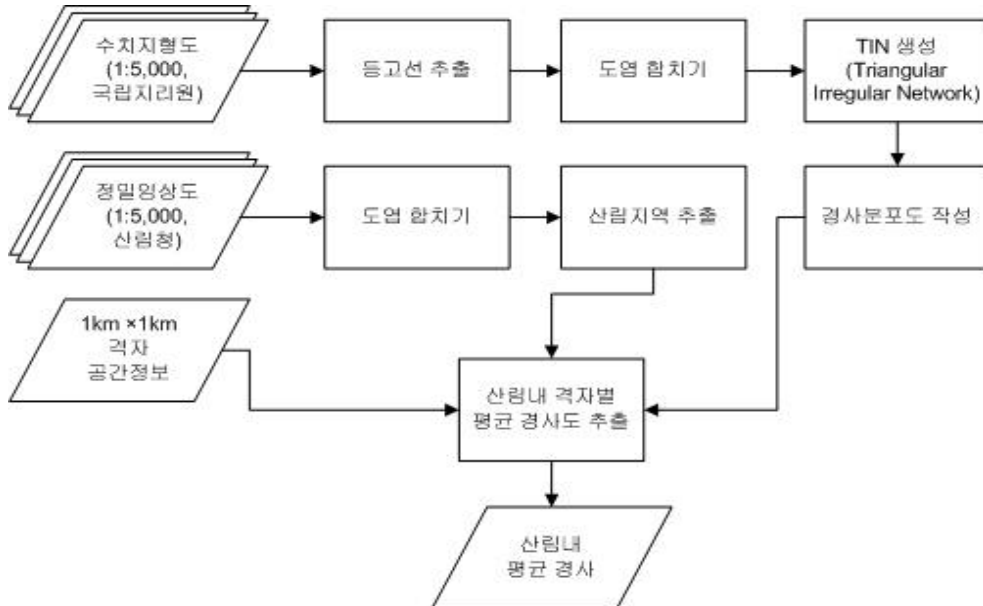
[그림 5-27] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오



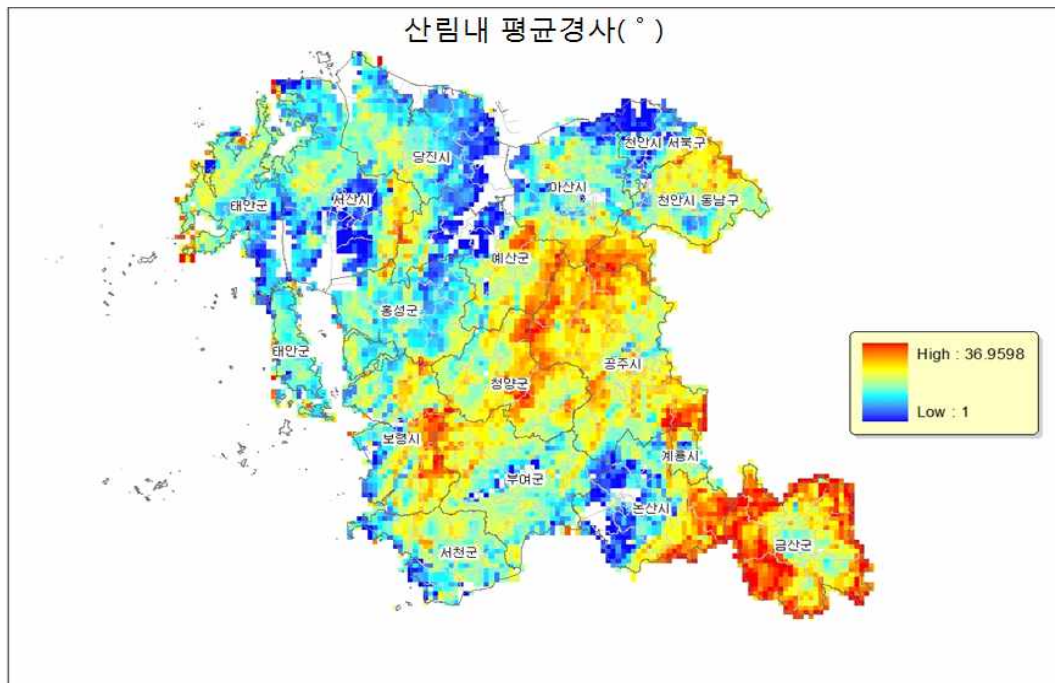
[그림 5-28] 충남지역 무림목지 면적 분포도(현재)

### 3) 산림 내 평균경사

산림 내 평균경사 레이어는 국립지리원의 1:5,000 수치지형도 V2.0 자료 데이터를 활용하여 구축하였다.



[그림 5-29] RCP 8.5 수치지형도 시나리오

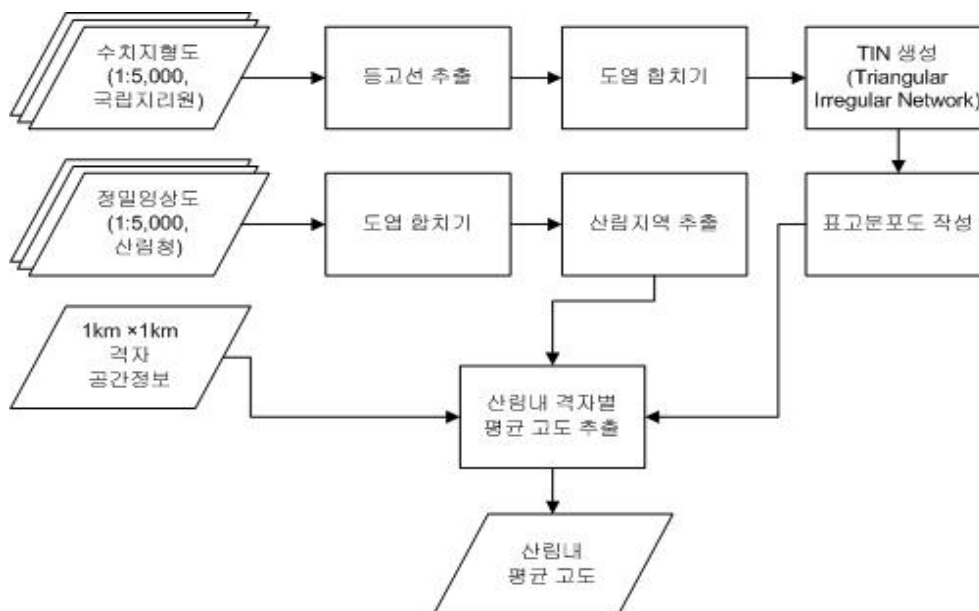


[그림 5-30] 충남지역 산림 내 평균경사 분포도(현재)

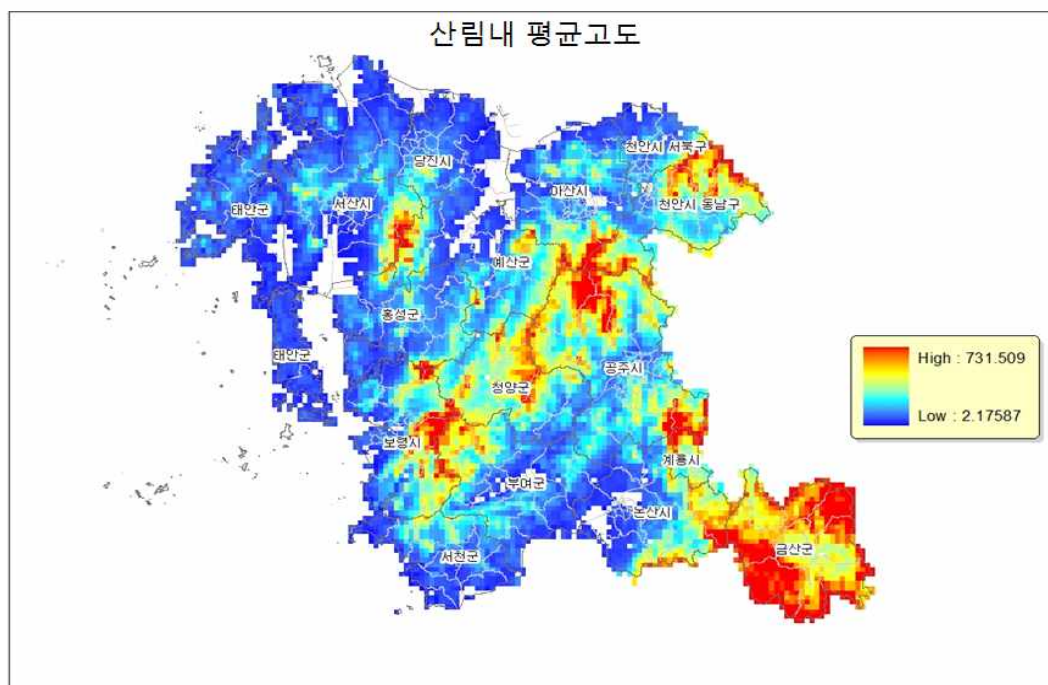


## 4) 산림 내 평균고도

산림 내 평균고도 레이어는 국립지리원의 1:5,000 수치지형도 V2.0 자료 데이터를 활용하여 구축하였다.



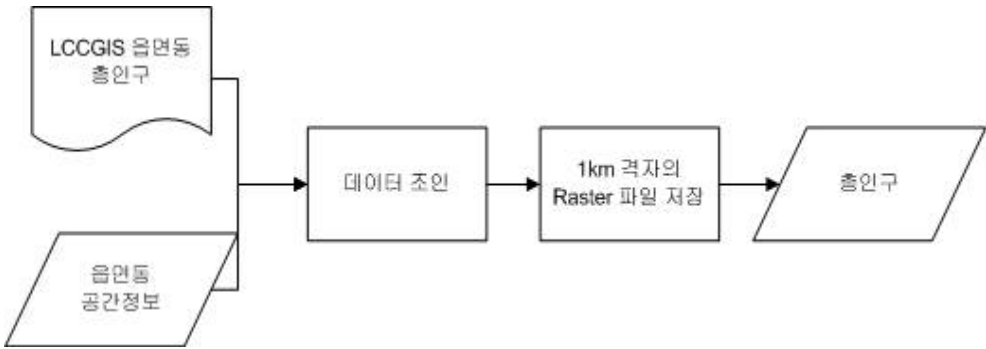
[그림 5-31] RCP 8.5 수치지형도 시나리오



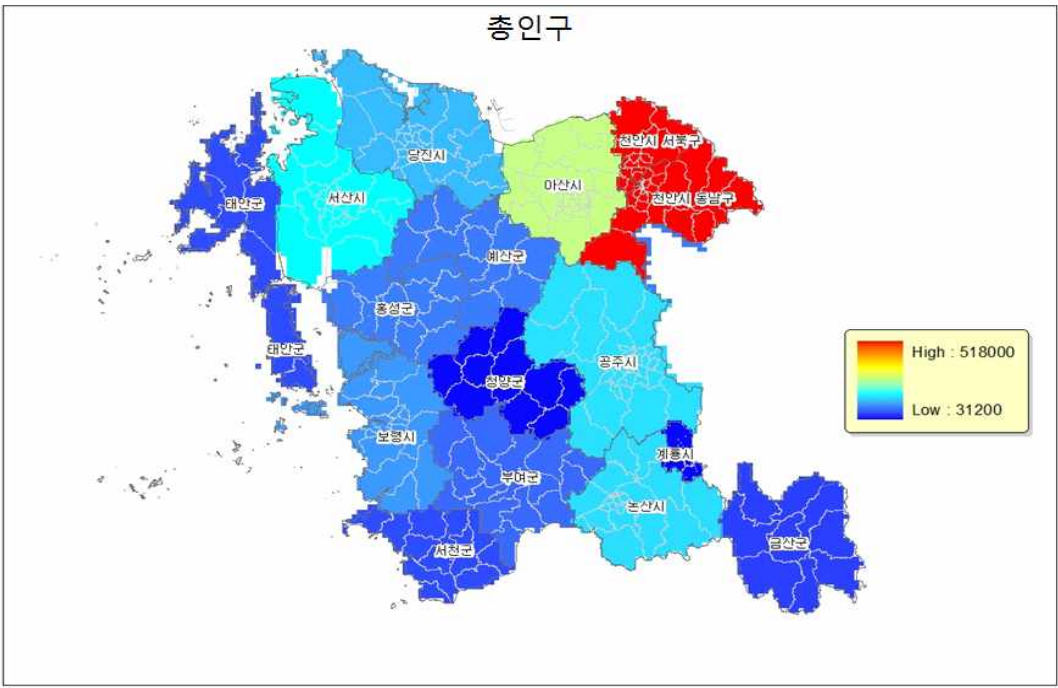
[그림 5-32] 충남지역 산림 내 평균고도 분포도(현재)

5) 총인구

총인구 레이어는 LCCGIS의 읍면동 데이터를 활용하여 구축하였다.



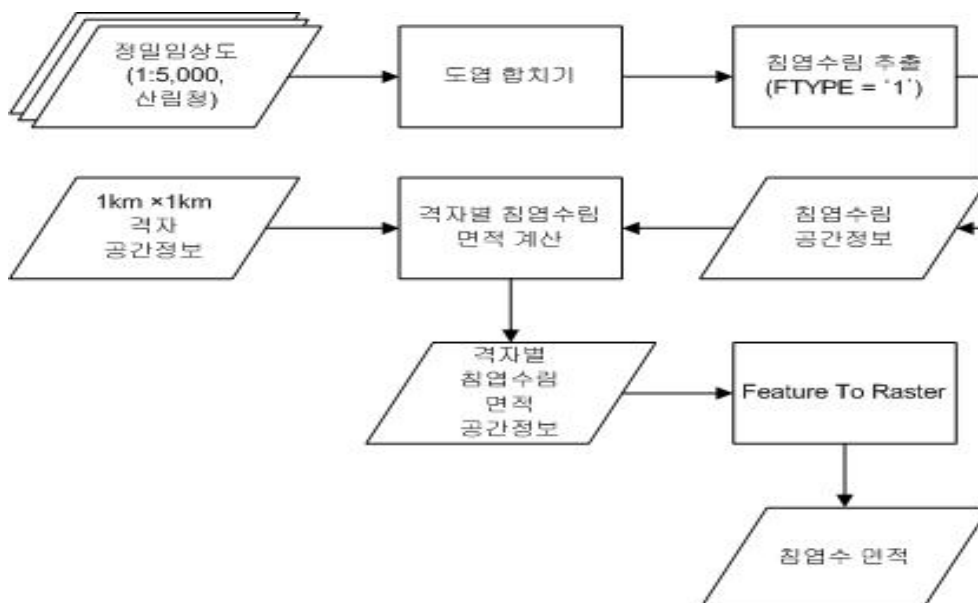
[그림 5-33] RCP 8.5 총인구 시나리오(LCCGIS)



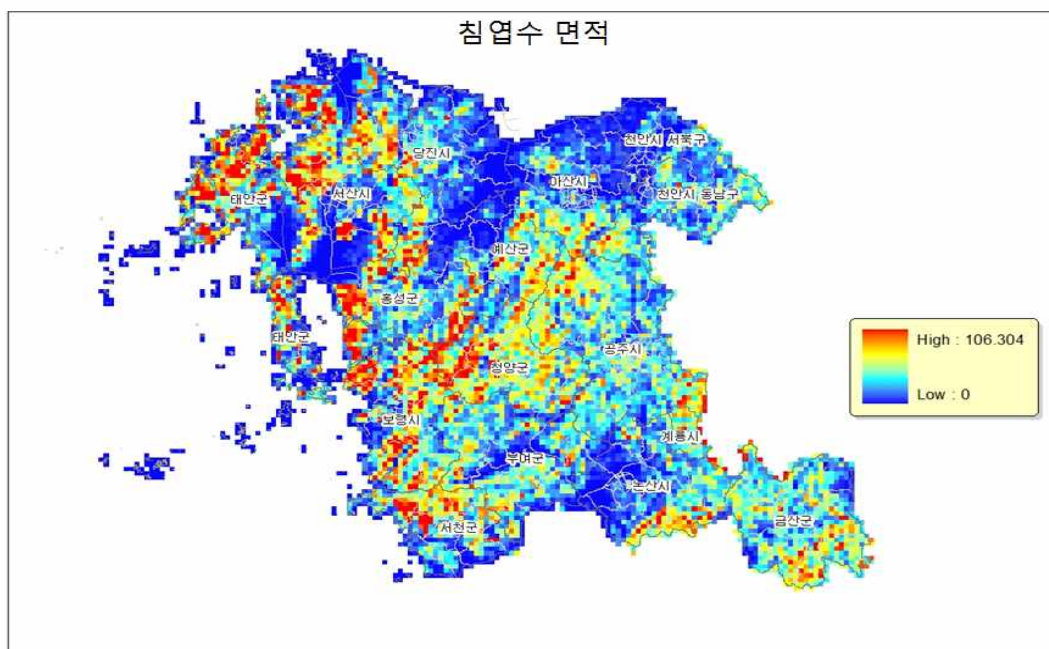
[그림 5-34] 충남지역 총인구 분포도(현재)

## 6) 침엽수 면적(ha)

침엽수 면적 레이어는 산림청에서 제공하는 정밀임상도(1:5,000) 데이터를 활용하여 구축하였다.



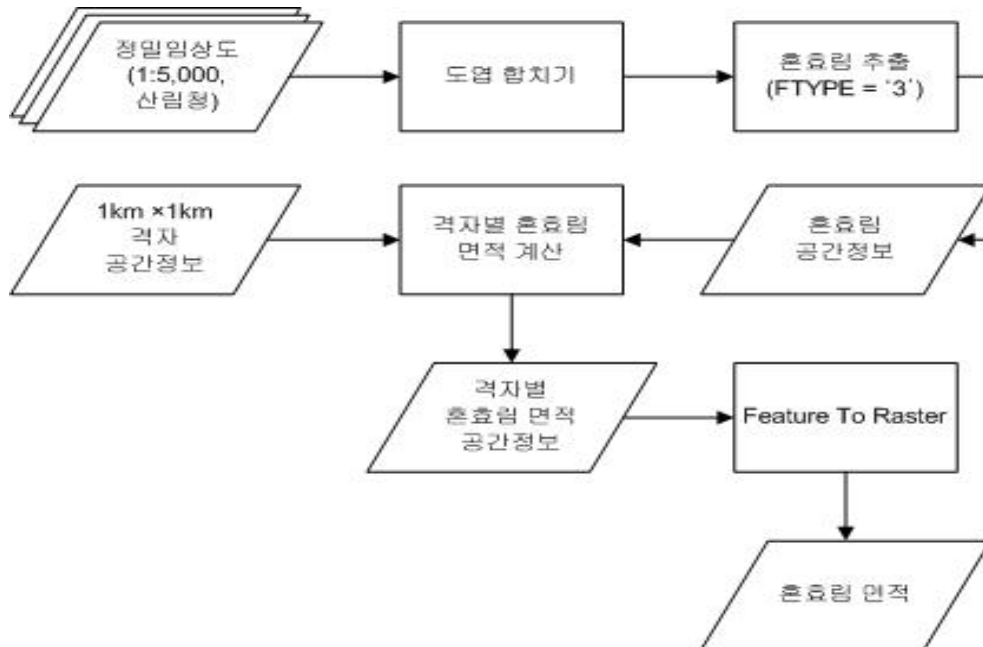
[그림 5-35] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오



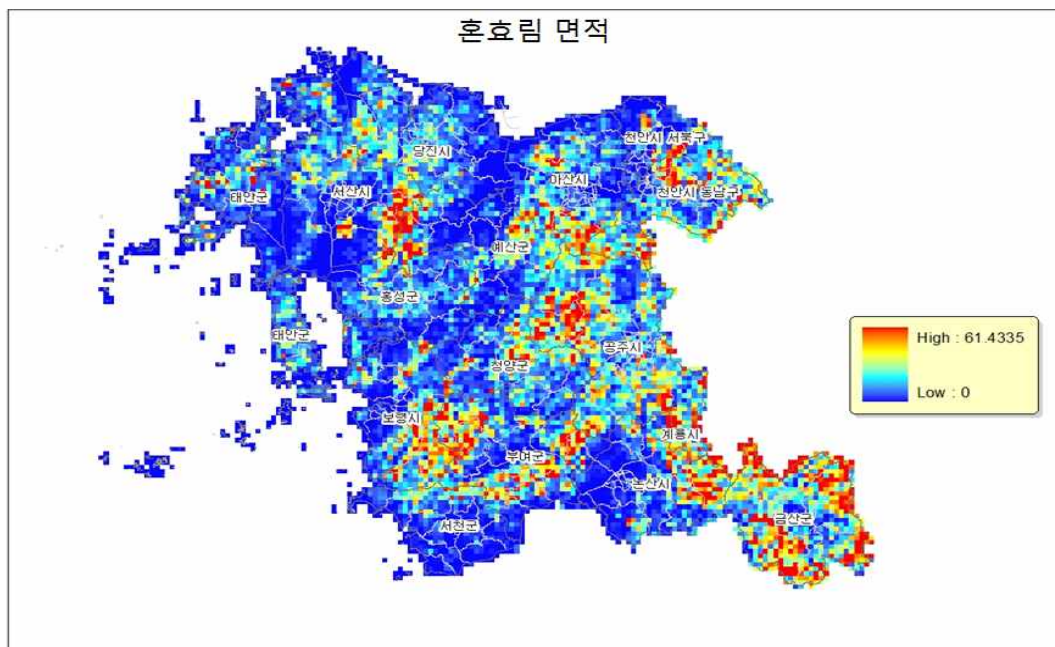
[그림 5-36] 충남지역 침엽수 면적 분포도(현재)

### 7) 혼효림 면적(ha)

혼효림 면적을 구축하기 위해서 산림청에서 구축한 정밀임상도(1:5,000)자료를 이용하였다.



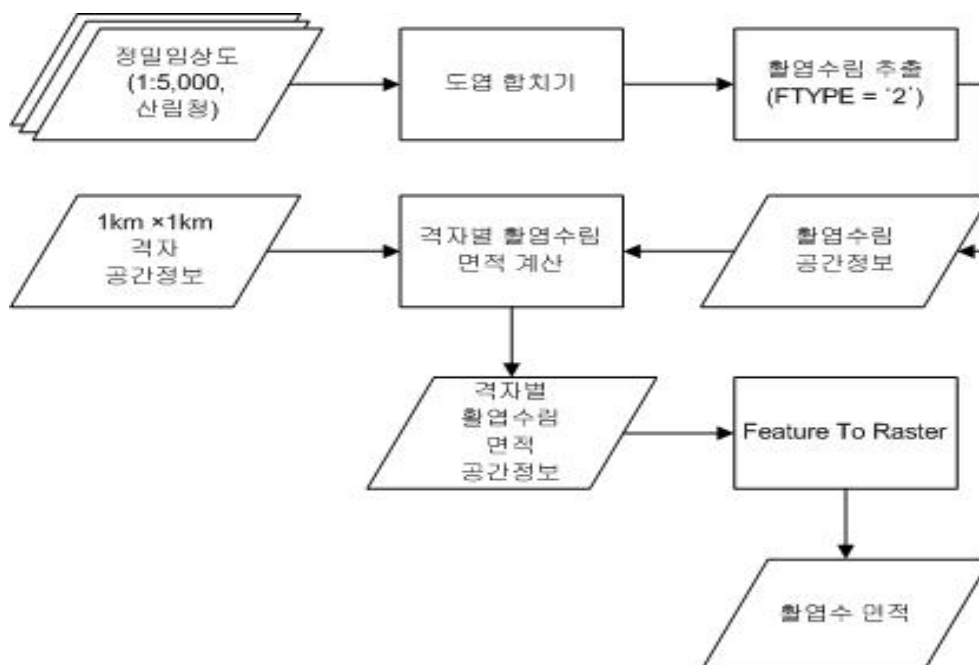
[그림 5-37] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오



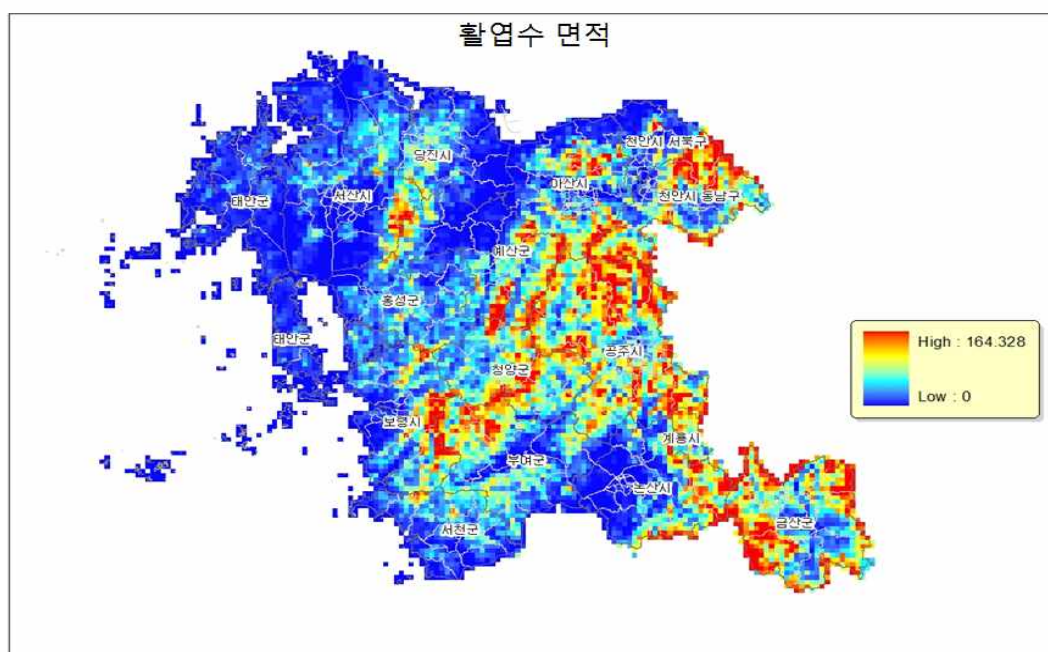
[그림 5-38] 충남지역 혼효림 면적 분포도(현재)

## 8) 활엽수 면적(ha)

활엽수 면적을 구축하기 위해서 산림청에서 구축한 정밀임상도(1:5,000)자료를 이용하였다.



[그림 5-39] RCP 8.5 정밀임상도 시나리오



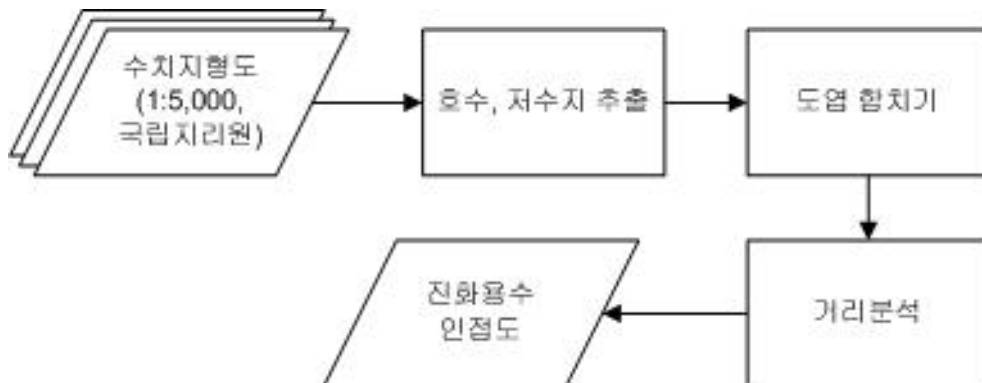
[그림 5-40] 충남지역 활엽수 면적 분포도(현재)



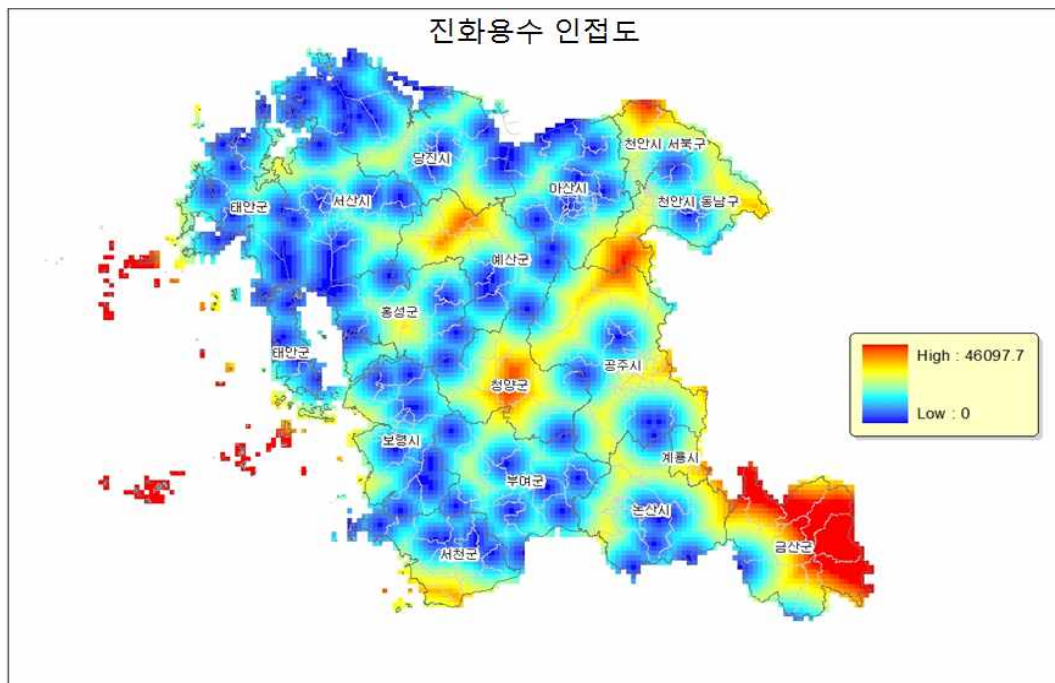
### 2.2.3 적응능력

#### 1) 진화용수 인접도(m)

진화용수 인접도 레이어는 국립지리원의 1:5,000 수치지형도 V2.0에서 호수와 저수지 지역을 추출하여 거리분석을 수행한 데이터를 활용하여 구축하였다.



[그림 5-41] RCP 8.5 수치지형도 시나리오



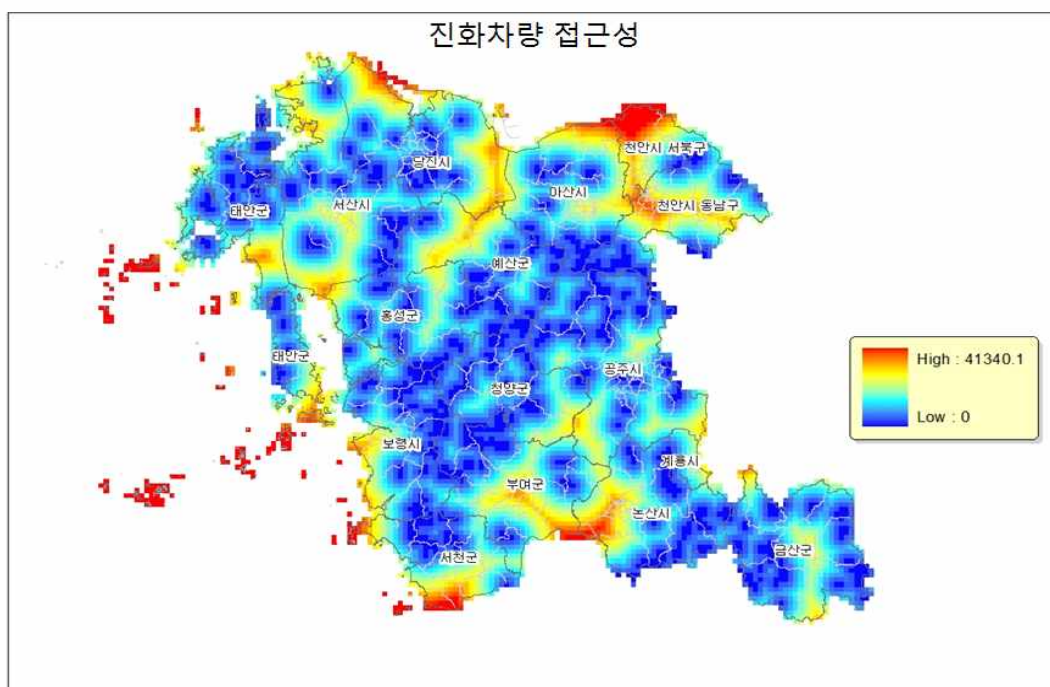
[그림 5-42] 충남지역 진화용수 인접도 분포도(현재)

## 2) 진화차량 접근성(임도m)

진화용수 인접도 레이어는 산림청의 임도망도를 이용하여 거리분석 결과 데이터를 활용하여 구축하였다.



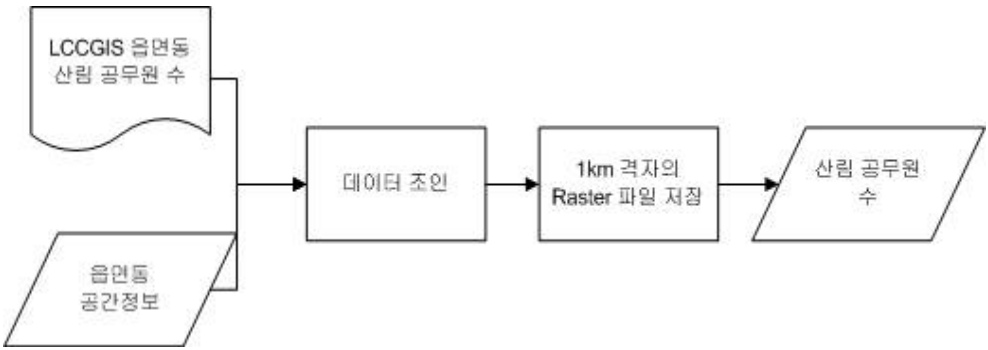
[그림 5-43] RCP 8.5 임도망도 시나리오



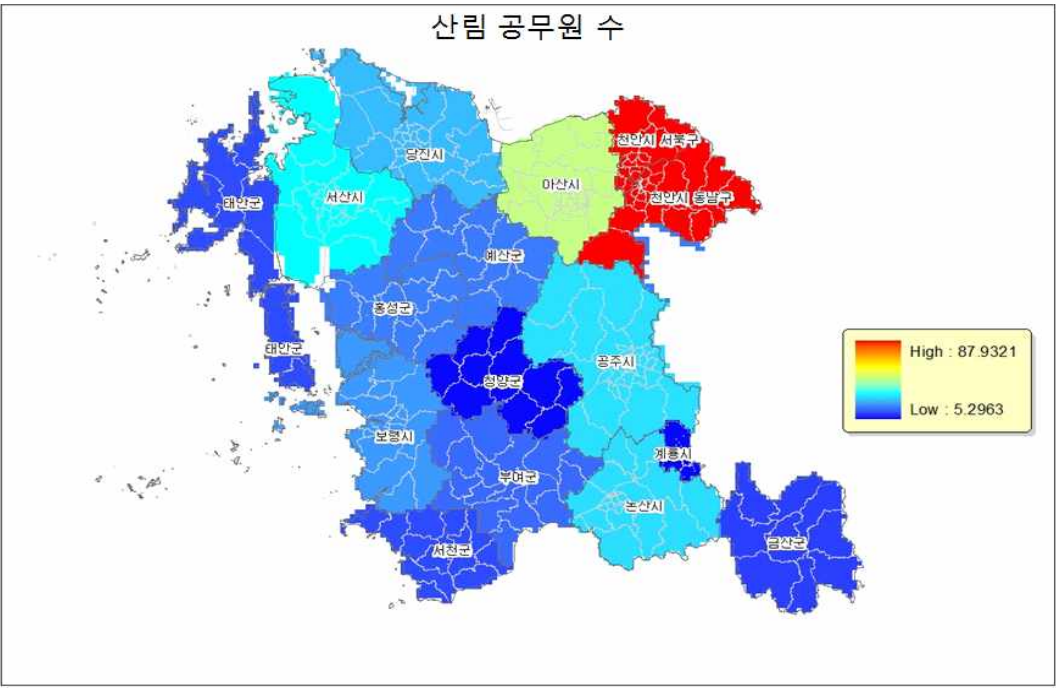
[그림 5-44] 충남지역 진화차량 접근성 분포도(현재)

3) 산림 공무원(명)

산림공무원 수에 대한 자료는 LCCGIS의 읍면동 데이터를 이용하여 구축하였다.



[그림 5-45] RCP 8.5 산림 공무원 수 시나리오(LCCGIS)

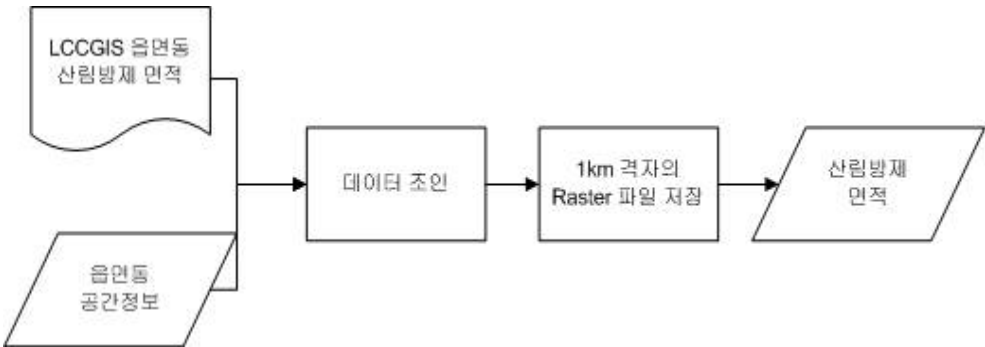


[그림 5-46] 충남지역 산림 공무원 수 분포도(현재)

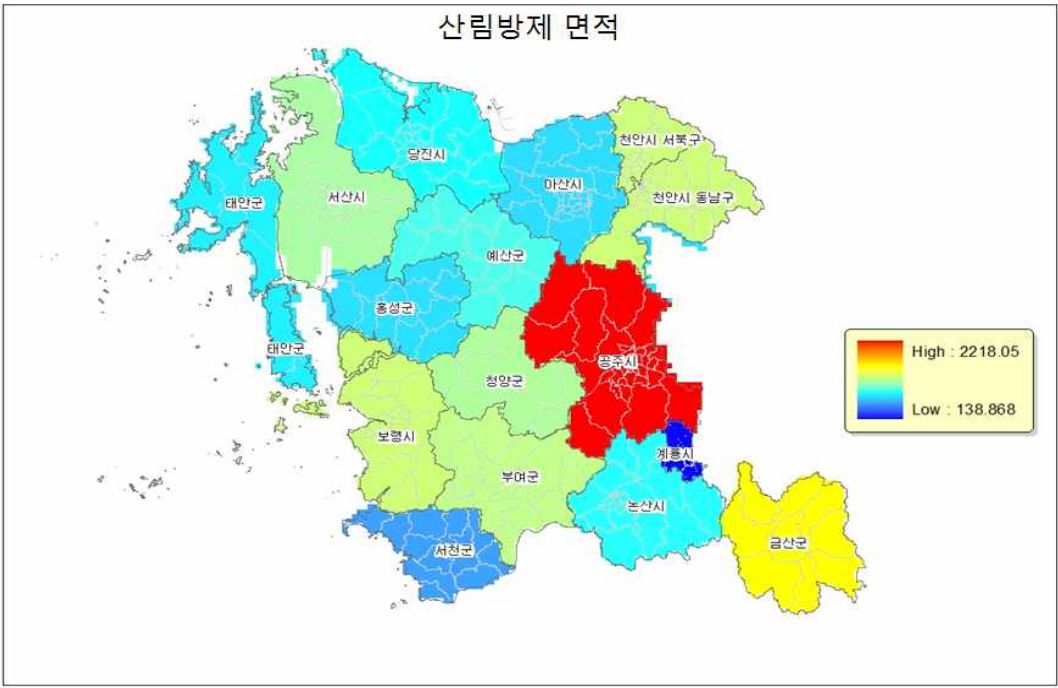


4) 산림방제 면적(ha)

산림방제 면적에 대한 자료는 LCCGIS의 읍면동 데이터를 이용하여 구축하였다.



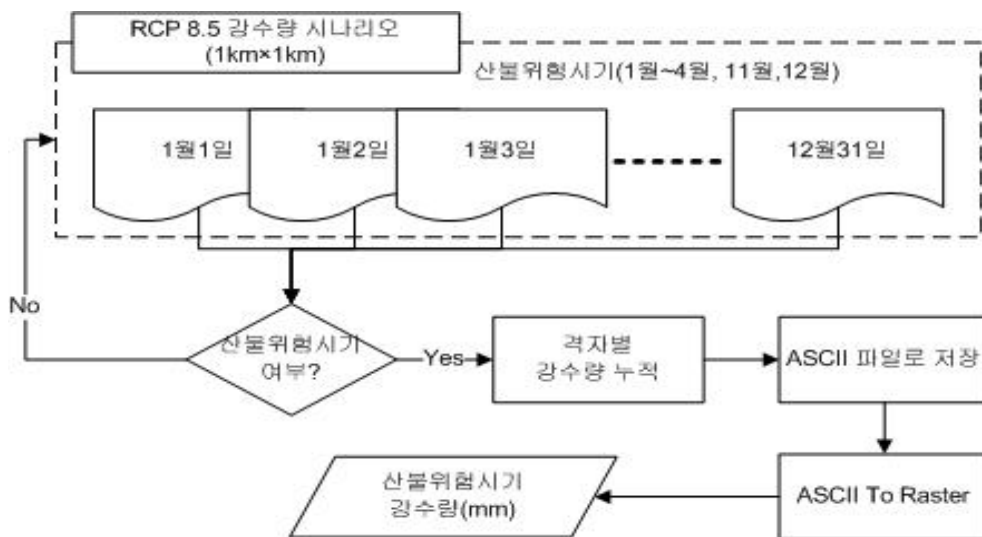
[그림 5-47] RCP 8.5 산림방제 면적 시나리오(LCCGIS)



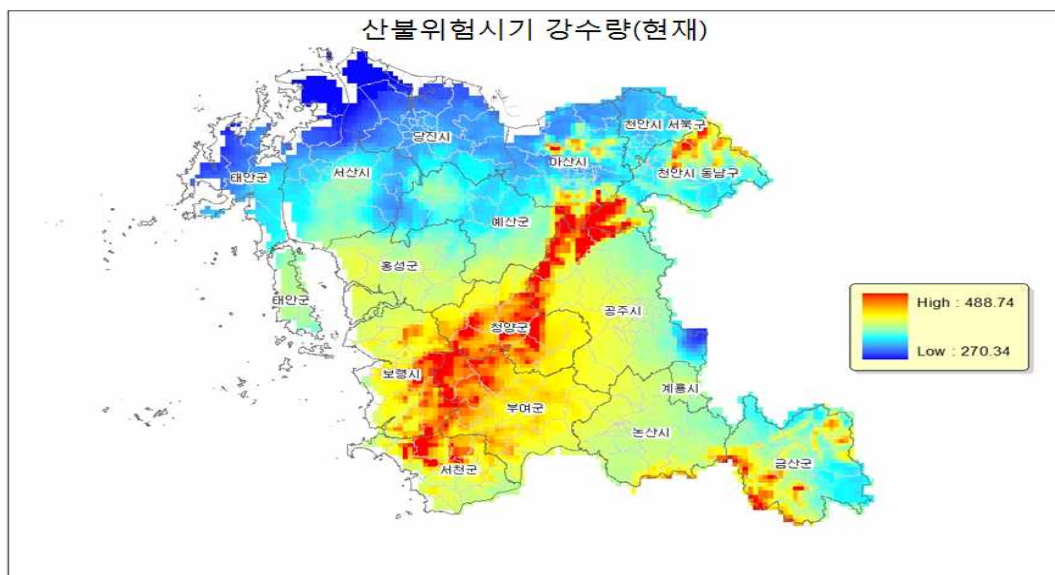
[그림 5-48] 충남지역 산림방제 면적 분포도(현재)

## 5) 산불 위험시기 강수량(mm)

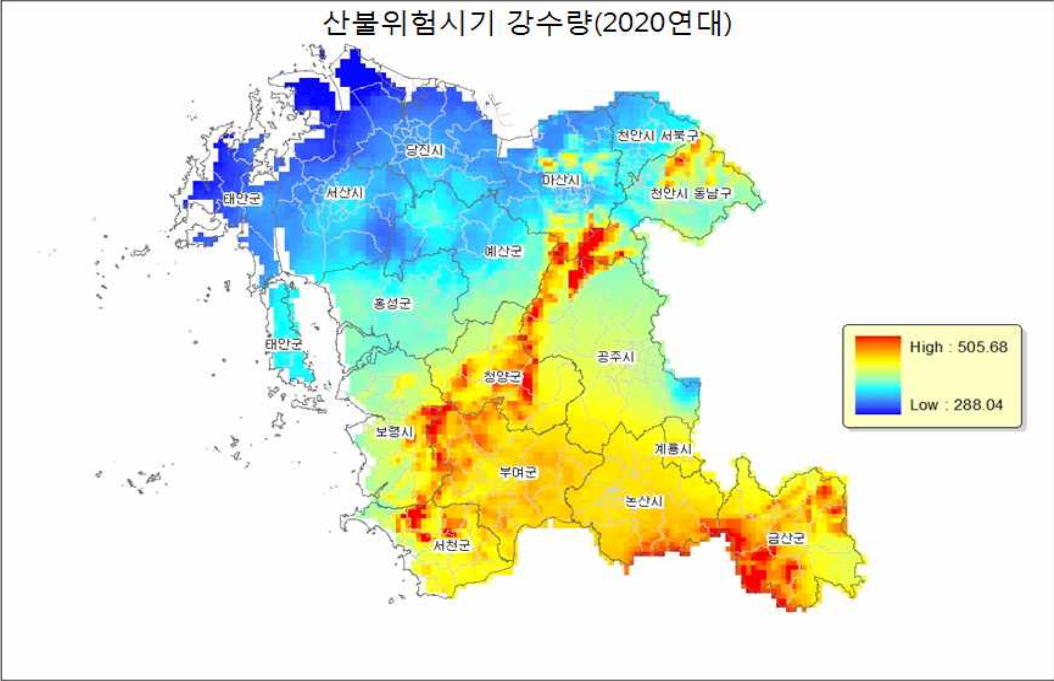
기상청에서 제공하는 격자 크기 1km의 RCP 8.5 시나리오를 활용하여 산불 위험시기 강수량 레이어를 구축하였으며, 산불 위험시기는 1~4월, 11월, 12월로 지정하였다. 기후인자(대용변수)에 해당하는 슬라이스(연대)를 2010s(현재), 2020s, 2050s으로 구분하여 설계하였다. 2010s(현재) 연대는 2011~2015년의 5년 data 활용, 2020s연대는 2016~2025년의 10년 data 활용, 2050s연대는 2045~2055년의 10년 data를 활용하였다.



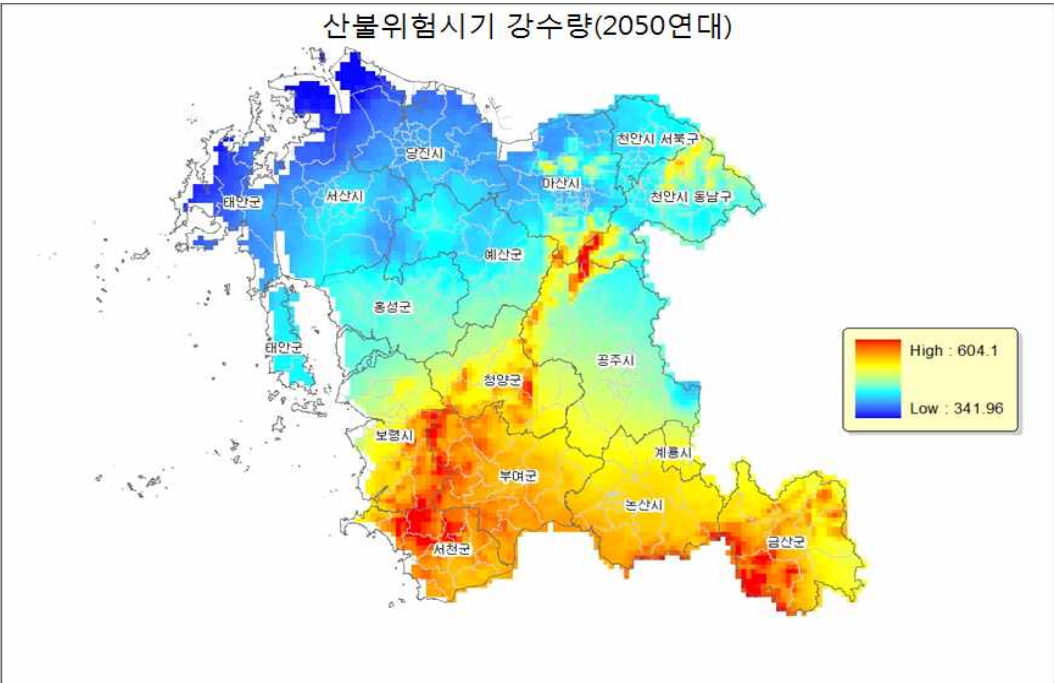
[그림 5-49] RCP 8.5 강수량 시나리오(1km×1km)



[그림 5-50] 충남지역 산불위험시기 강수량 분포도(현재)



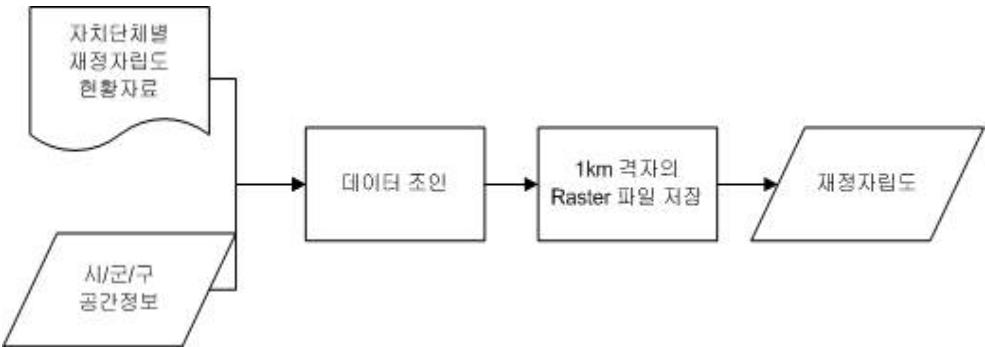
[그림 5-51] 충남지역 산불위험시기 강수량 분포도(2020년)



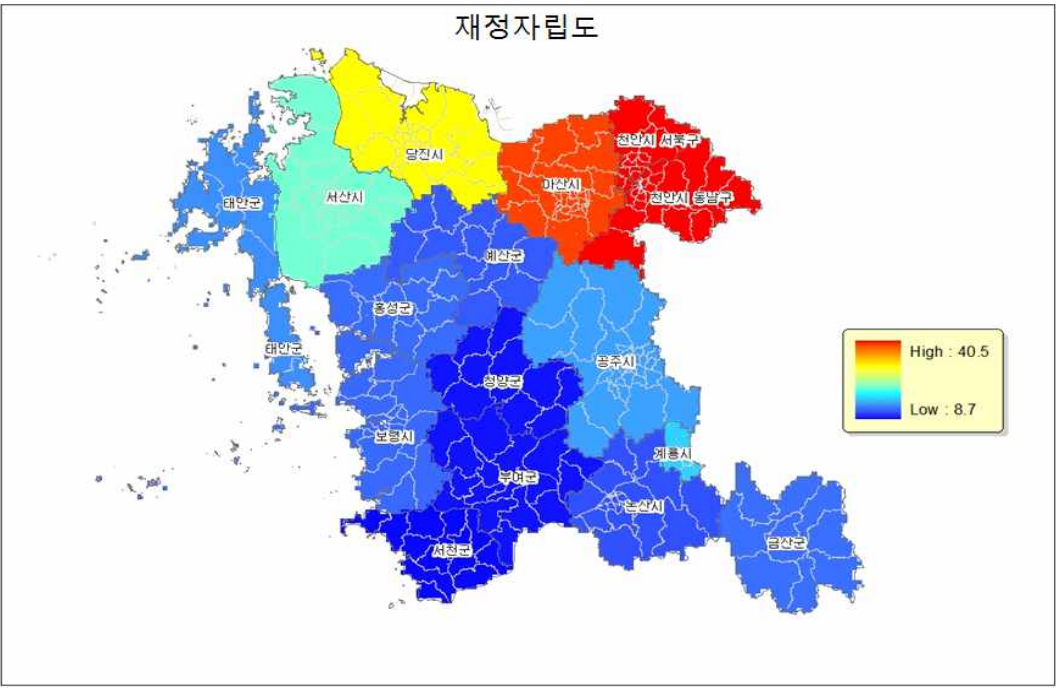
[그림 5-52] 충남지역 산불위험시기 강수량 분포도(2050년)

6) 재정자립도(%)

재정자립도는 자치단체별 재정자립도 현황자료를 이용하여 구축하였다.



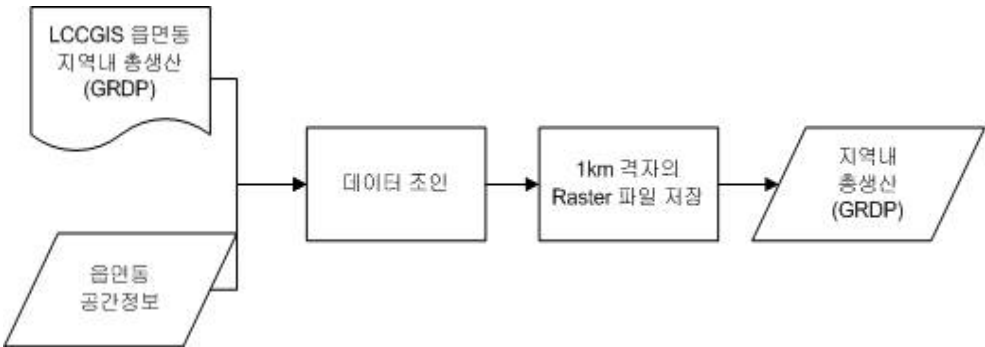
[그림 5-53] RCP 8.5 자치단체별 재정자립도 현황자료 시나리오



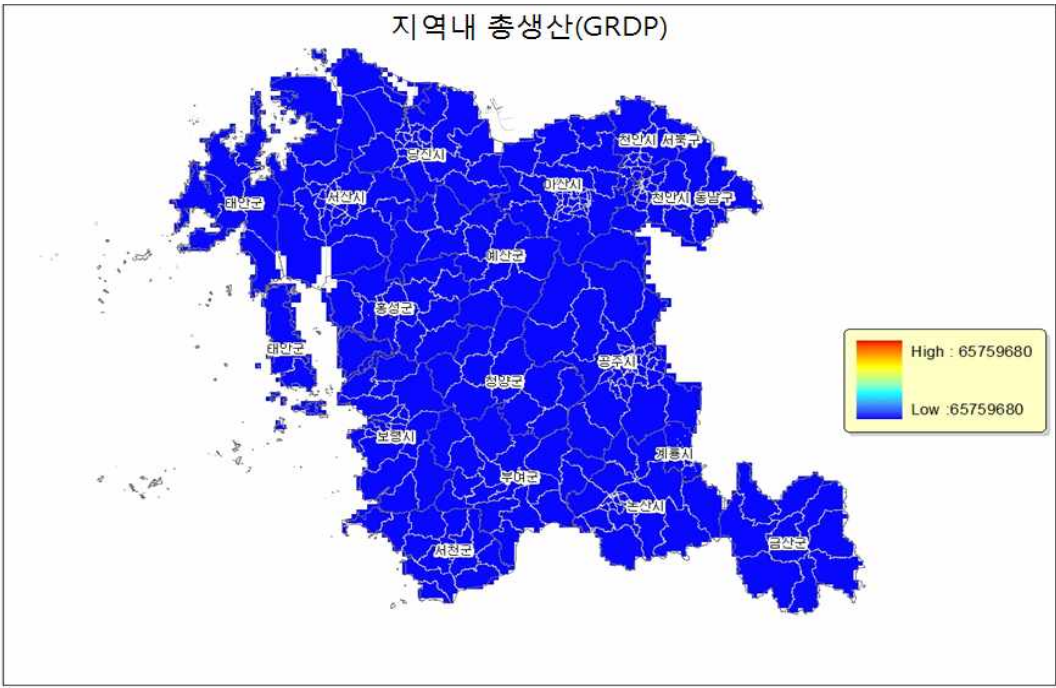
[그림 5-54] 충남지역 재정자립도 분포도(현재)

7) 지역내 총생산(GRDP)

지역내 총생산 자료는 LCCGIS의 읍면동 데이터를 이용하여 구축하였다.



[그림 5-55] RCP 8.5 지역 내 총생산(GRDP) 시나리오(LCCGIS)



[그림 5-56] 충남지역 지역 내 총생산(GRDP) 분포도(현재)



## 2.3 충남지역의 산불에 의한 취약성 평가

### 2.3.1 가중치 설정

취약성 평가 시 대응변수들에 대한 가중치는 관련 실무부서 및 실무자 및 전문가 델파이 조사를 수행하여 취약성에 대한 항목과 가중치를 재산정하는 것이 일반적이고 중점분야를 선정할 경우에는 피해사례, 도민 인식조사 등의 정성평가와 취약성 평가툴(CCGIS, LCCGIS 등)에 의한 정량적 평가를 점수화하여 지표별 가중치를 설정하는 것이 대다수가 활용하는 프로세스이다.

본 연구에서의 가중치는 과업범위 및 연구기간 등이 제한되어 여건 상 LCCGIS에서 제공하는 가중치를 차용하여 설정하였으며, 향후 기후변화 취약성 평가 prototype의 정식버전 개발 시 실무자 및 전문가 조사 등을 수행하여 가중치를 재산정할 예정이다.

[표 5-8] 대응변수별 가중치

대응변수(가중치)	변수목록	가중치
기후노출(0.43)	강수량(mm/day)	0.12
기후노출(0.43)	시간 일 최대풍속이 14m/s	0.15
기후노출(0.43)	연속적인 무강우일수의 최대값(회)	0.34
기후노출(0.43)	일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수(회)	0.30
기후노출(0.43)	일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	0.09
민감도(0.27)	토양수분 10cm(mm)	0.15
민감도(0.27)	무림목지 면적(ha)	0.15
민감도(0.27)	산림 내 평균경사(°)	-0.11
민감도(0.27)	산림 내 평균고도(m)	0.11

대용변수(가중치)	변수목록	가중치
민감도(0.27)	총인구	0.14
민감도(0.27)	침엽수 면적(ha)	0.13
민감도(0.27)	혼효림 면적(ha)	0.13
민감도(0.27)	활엽수 면적(ha)	0.23
적응능력(0.30)	진화용수 인접도(m)	0.19
적응능력(0.30)	진화차량 접근성(임도)(m)	0.18
적응능력(0.30)	산림 공무원(명)	0.14
적응능력(0.30)	산림방제 면적(ha)	0.25
적응능력(0.30)	산불 위험시기 강수량(mm)	0.14
적응능력(0.30)	재정자립도(%)	0.11
적응능력(0.30)	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.06

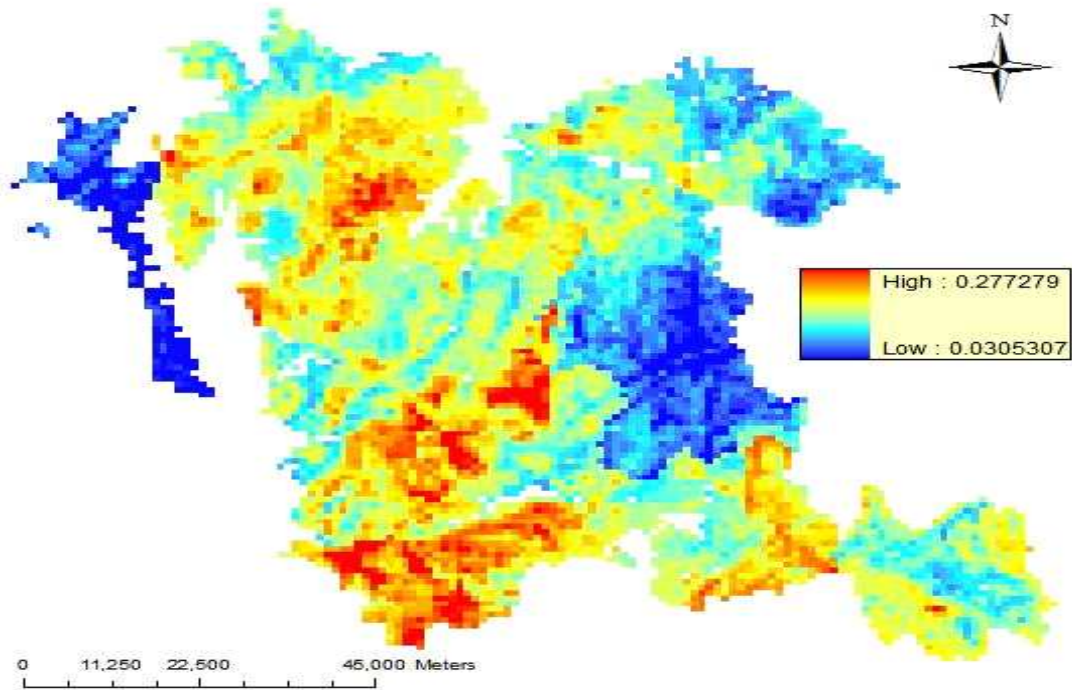
### 2.3.2 취약성 평가

본 연구를 통하여 개발된 기후변화 취약성 평가 prototype을 활용하여 충남 지역 시/군/구별 2010s(현재), 2020s, 2050s의 산불에 의한 취약성 평가를 수행하였다. 분석결과 2010s(현재)연대에서 서천군(0.201), 계룡시(0.173), 부여군(0.173) 순으로 취약성이 높은 것으로 산출되었고 2020s의 경우 서천군(0.194), 계룡시(0.170), 부여군(0.155), 2050s의 경우에는 서천군(0.179), 계룡시(0.169), 부여군(0.154)의 순으로 취약정도가 높은 것으로 분석되었다. 세 지역의 경우 현재를 비롯하여 미래 예측에서도 타 지역에 비해 취약성이 높은 것으로 분석되었다. 충남지역 대다수의 시/군/구에서는 시간의 경과에 따라 취약성이 감소할 것으로 예측되나 일부 취약지역은 현재보다 미래에 취약정도가 높아질 것으로 전망되어 적응을 위한 보다 상세하고 실효성 있는 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다.

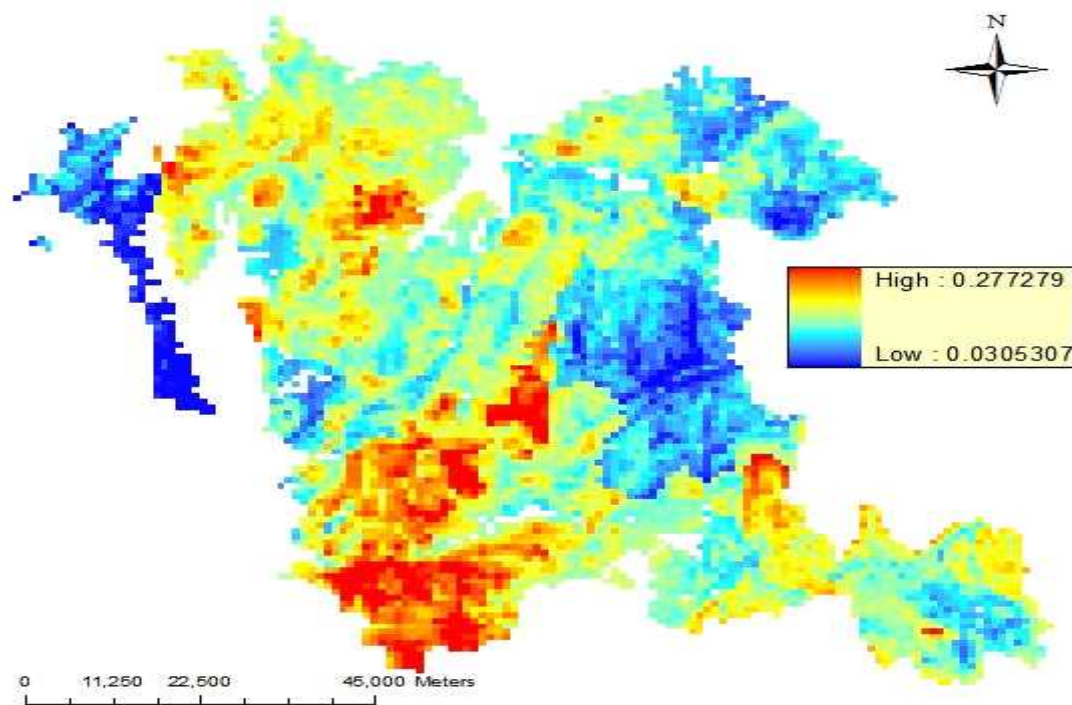
[표 5-9] 충남지역의 연대별 취약정도

시/군/구	2010s(현재)	2020s	2050s
천안시 동남구	0.132	0.121	0.133
천안시 서북구	0.115	0.094	0.109
공주시	0.081	0.080	0.075
당진시	0.161	0.137	0.137
보령시	0.146	0.129	0.125
아산시	0.141	0.115	0.127
서산시	0.159	0.138	0.127
논산시	0.152	0.129	0.121
계룡시	0.173	0.170	0.169
금산군	0.143	0.123	0.132
부여군	0.173	0.155	0.154
서천군	0.201	0.194	0.179
청양군	0.161	0.143	0.152
홍성군	0.161	0.135	0.145
예산군	0.166	0.141	0.147
태안군	0.074	0.064	0.037

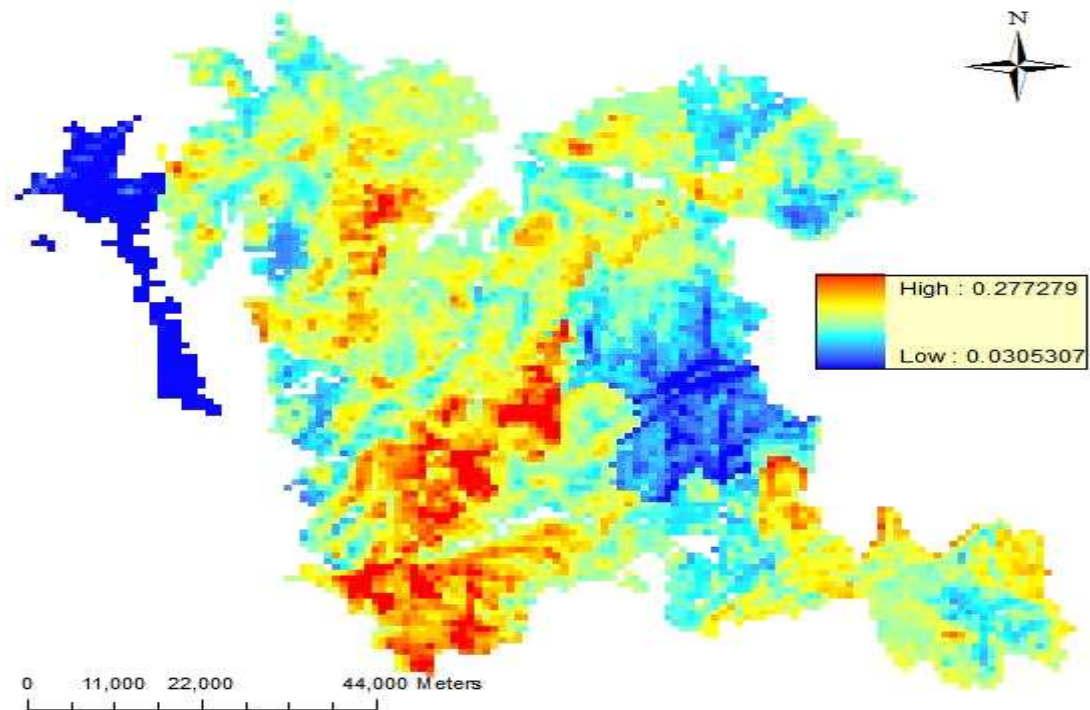




[그림 5-57] 충남지역 산불에 의한 취약성(현재)



[그림 5-58] 충남지역 산불에 의한 취약성(2020년)



[그림 5-59] 충남지역 산불에 의한 취약성(2050년)

## 2.4 취약성 평가도구의 강점 및 활용방안

본 과업의 prototype 개발은 기존 취약성 평가도구와 차별성을 위해 충남지역의 행정구역별 정보 제공과 함께 1km×1km 크기의 정밀한 격자 크기로 정보를 조회할 수 있도록 개발하였다. 또한 각 평가항목의 기후노출, 민감도, 적응능력 등의 대용변수의 각 항목을 선택하거나 가중치를 조정하여 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있도록 개발하였다.

본 과업을 통해 고도화한 취약성 평가도구를 활용한 분석결과는 기후변화에 따른 건강, 재해/재난 등 관련 분야의 정책 결정에 따른 의사결정 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 본 과업에서는 산림분야 취약성 평가에 대한 prototype 개발을 진행하였으나 취약성 평가 전분야를 위해서 데이터베이스 구축 범위를 확대하고 다양한 의사결정 자료를 확보하기 위한 노력이 필요할 것이다. 그리고 사용자 편의성을 위해 웹기반의 취약성 평가툴을 개발할 필요가 있으며, 행정구역보다 격자단위로 분석하는 것이 자료 활용 측면에서 바람직할 것으로 판단한다.

.....  
제6장

결론 및 활용계획



## 제6장

## 결론 및 활용계획



- 제1차 충남 기후변화 적응계획 수립과 기초지자체 적응계획 수립에 활용된 환경부 제공 취약성 평가 도구의 한계점 및 지역 특성 반영을 위한 충남 지역 기후변화 취약성 평가도구 Prototype 개발
- 개발된 취약성 평가도구 Prototype은 셀단위 취약성 평가가 가능하며, 지역 특성화된 대용변수에 대한 DB구축을 통해 민감도 및 적응능력에 대한 변별력 확보 가능
- 본 연구결과는 충청남도 제2차 기후변화 적응대책 세부시행 계획 수립 시 환경부에서 제공하는 취약성 평가도구와 보완적으로 활용함으로써 기후변화 취약성 평가의 활용성 증대에 기여
- 개발된 충남 기후변화 취약성 평가 Prototype을 적응대책 수립에 실제로 활용하기 위해서는 취약성 평가항목별 DB 구축, 가중치 선정 등이 필요
- 충청남도의 기후변화 관련 다양한 정책의 우선순위 결정 등에 활용
- 광역 기후변화 취약성 평가뿐만 아니라 개발된 평가도구를 시·군 단위로 한정할 경우 기초지자체의 취약성 평가에 활용 가능



참고문헌





## 《 참고문헌

- 녹색성장위원회. 2009. 녹색성장 국가전략
- 녹색성장위원회. 2014. 제2차 녹색성장 5개년 계획
- 충청남도. 2014. 충청남도 제2차 녹색성장 5개년 계획
- 국립환경과학원. 2009. GIS 및 WEB 기반 취약성 파악 및 분석기법 개발(I)
- 국립환경과학원. 2012. LCCGIS 사용자 지침서 -기초지자체 단위 기후변화 취약성평가 도구-
- 국립환경과학원. 2012. 기초지자체 적응 세부시행계획 수립 시범사업 지원을 위한 기후변화 취약성 연구
- 국립환경과학원. 2013. 기초지자체 적응대책 수립 지원을 위한 기후변화 취약성 지도
- 국립환경과학원. 2012. 지체 기후변화 부문별 취약성 평가 고도화
- 한국환경정책·평가관리원. 2008. 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안
- 한국환경정책·평가연구원. 2010. 기후변화 통합영향평가모형 체계 개발 : 정책연계모형개발을 중심으로
- 한국환경정책·평가연구원. 2007. 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축Ⅲ
- 환경부. 2011. Web기반 취약성평가 지원도구 VESTAP 사용자 가이드북
- 충청남도. 2012. 충청남도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2012~2016)
- 경상북도. 2012. 경상북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2012~2016)

- 예산군. 2014. 예산군 기후변화 적응대책 세부시행계획(2014~2018)
- 아산시. 2014. 아산시 기후변화 적응대책 세부시행계획(2014~2018)
- 서천군. 2014. 서천군 기후변화 적응대책 세부시행계획(2014~2018)
- Xu Zhen, 곽한빈, 이우균, 박태진, 권태협, 박선민. 2011. GIS를 이용한 기후변화에 따른 산사태 취약성 평가. 한국기후변화학회지, 2(1), 43-54.
- 김영수, 이승훈. 2014. LCCGIS를 활용한 취약성 평가방법의 개선. 한국기후변화학회지, 5(2), 165-178.
- 오수현, 이우균, 유성진, 변정연, 박선민, 곽한빈, 최계선, 김문일, 정래선, 남기준, 신동희. 2012. 기후변화 적응대책 수립 지원을 위한 취약성 평가 및 부문별 우선순위 선정 방안 연구. 한국기후변화학회지, 3(4), 245-257.
- 한경민, 백종인, 반영운. 2012. 저탄소 녹색성장 기본법과 지방자치단체의 대응 -충청북도를 중심으로-. 한국지역개발학회 춘계종합학술대회
- 고재경, 김희선. 2010. 지방자치단체 기후변화 취약성 평가에 관한 연구 -경기도 기초지자체를 중심으로. 환경정책, 18(2), 79-105.
- 배민기. 2015. 충북의 기후변화 취약성 평가를 위한 VESTAP 활용방안. 충북 Issue & Trend, (21), 23-26.
- 손정락, 전명훈, 박성식, 송상훈, 전영근, 황성목. 2011. LH 건설현장의 친환경성 제고를 위한 환경관리 기반구축 방안
- 유정아, 송창근, 홍유덕, 이석조, 이현주. 2012. 기후변화 취약성 평가 시스템 및 그 방법
- 김병석. 2009. 기후변화에 대한 도시 적응방안에 관한 연구



## 부록

- A. 취약성 평가 인벤토리 목록
- B. 취약성 평가도구 사용자 가이드북





## A. 취약성 평가 인벤토리 목록

[표 8-1] 건강분야

항목	대용변수	변수목록	출처
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(도로교통배출량)(kg)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(산업배출량)(kg)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	CO(주거난방 외 배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	NOx(도로교통배출량)(kg)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	NOx(산업배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	NOx(주거난방 외 배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	PM10(도로교통배출량)(kg)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	PM10(산업배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	PM10(주거난방 외 배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	SOx(도로교통배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	SOx(산업배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	SOx(주거난방 외 배출량)(kg)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	VOC(도로교통배출량)(kg)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	VOC(산업배출량)(kg)	LCCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	VOC(주거난방 외 배출량)(kg)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	기후노출	일최고기온(℃)	내부자료, 통계자료
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	13세 이하 인구(명)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	65세 이상 인구(명)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	기초생활수급자 비율(%)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	독거노인 비율(총인구)(%)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	민감도	심혈관질환 사망자수(명)	통계자료, CCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	건강보험 적용 인구비율(%)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	인구당 보건소 인력(명/만명)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	LCCGIS
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계청
대기오염 물질에 의한 건강 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	8시간 누적 오존농도가 40ppb/8hr 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	AOT40(ppmV*hr)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	SUM06(ppmV*hr)	LCCGIS

항목	대용변수	변수목록	출처
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	가스상 NOx농도(ppmV)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	가스상 SOx농도(ppmV)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	미세먼지 연평균 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	기상청
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	시간 미세먼지 농도 0.1ppm 이상인 날의 횟수(회)	기상청
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	일최고기온( $^{\circ}\text{C}$ )	기상청
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	입자상 NOx 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	입자상 SOx 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	민감도	13세 이하 인구(명)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	민감도	65세 이상 인구(명)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	민감도	기초생활수급자 비율(%)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	민감도	독거노인 비율(총인구)(%)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	민감도	심혈관질환 사망자수(명)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	민감도	호흡기질환 입원환자 수(명)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	적응능력	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	적응능력	건강보험 적용 인구비율(%)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	적응능력	인구당 보건소 인력(명/만명)	통계청

항목	대용변수	변수목록	출처
미세먼지에 의한 건강 취약성	적응능력	인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	LCCGIS
미세먼지에 의한 건강 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계청
미세먼지에 의한 건강 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계청
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	불쾌지수(-)	통계자료, CCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	상대습도(%)	기상청
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	열파지수	통계자료, CCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	일최고기온(℃)	기상청
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	일최고기온의 최대값(℃)	LCCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	일최고기온이 25℃ 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
폭염에 의한 건강 취약성	기후노출	체감온도(℃)	통계자료, CCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	민감도	13세 이하 인구(명)	통계청
폭염에 의한 건강 취약성	민감도	65세 이상 인구(명)	통계청
폭염에 의한 건강 취약성	민감도	기초생활수급자 비율(%)	통계청
폭염에 의한 건강 취약성	민감도	독거노인 비율(총인구)(%)	LCCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	민감도	심혈관질환 사망자수(명)	통계자료, CCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	민감도	열사병/일사병으로 인한 사망자수(명)	통계자료, CCGIS
폭염에 의한 건강 취약성	적응능력	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	통계청



[표 8-2] 농업분야

항목	대응변수	변수목록	출처
가축 생산성의 취약성	기후노출	강설량이 60kg/m <sup>2</sup> 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	기후노출	연중 시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	기후노출	온습도지수 72 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	기후노출	일최고기온이 27℃ 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
가축 생산성의 취약성	민감도	가축 사육두수(천마리)	통계청
가축 생산성의 취약성	민감도	가축병 발생위험(건수)	통계청
가축 생산성의 취약성	민감도	사육시설 면적당 축사잠사 피해동수(개소/ha)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	적응능력	1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	적응능력	PC활용 농가수/농가수(-)	통계청
가축 생산성의 취약성	적응능력	사육시설 면적당 축산 주종자사주(명/ha)	LCCGIS
가축 생산성의 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계자료, CCGIS
가축 생산성의 취약성	적응능력	축산폐수처리능력(-)	통계청
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~10월 강수량(mm/day)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~10월 시간 오존농도가 100ppb 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~10월 일사량이 120W/m <sup>2</sup> 이상인 시간(hr)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~10월 일최고기온이 30℃ 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~6월 일최저기온이 13℃ 이하인 날의 횟수(회)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~8월 시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~8월 일최고기온(℃)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	4~8월 일평균기온(℃)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	7~9월 일최저기온이 17℃ 이하인 날의 횟수(회)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	9~10월 일최저기온이 14℃ 이하인 날의 횟수(회)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	Log(4~10월입사량합)(-)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	기후노출	일강수량 160mm 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
벼 생산성의 취약성	민감도	논 면적(ha)	통계청
벼 생산성의 취약성	민감도	면적당 농작물 답작 피해면적(ha)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	민감도	병충해 피해 가능성(-)	통계청
벼 생산성의 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	적응능력	1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	적응능력	PC활용 농가수/농가수(-)	통계청

항목	대응변수	변수목록	출처
벼 생산성의 취약성	적응능력	경리 정리비율(%)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	적응능력	재배면적당 논벼 생산량(톤/ha)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	적응능력	재배면적당 논벼 주종사자수(명/ha)	LCCGIS
벼 생산성의 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계청
재배/사육 시설의 취약성	기후노출	강설량이 60kg/m <sup>2</sup> 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	CCGIS ver3.1
재배/사육 시설의 취약성	기후노출	일강수량 160mm 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
재배/사육 시설의 취약성	민감도	사육시설 면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	민감도	사육시설 면적당 축사잠사 피해동수(개소/ha)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	민감도	시설작물 재배면적(ha)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	민감도	시설작물 재배면적당 하우스 피해면적(ha)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	적응능력	1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	적응능력	PC활용 농가수/농가수(-)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	적응능력	재배/사육시설면적당 농업인구수(명/ha)	LCCGIS
재배/사육 시설의 취약성	적응능력	재정자립도(%)	LCCGIS

[표 8-3]물관리분야

항목	대용변수	변수목록	출처
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	일강수량 80mm 이상인 날의 횟수(회)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	일최고기온(℃)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	일최대강수량(mm)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수(회)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	지면유출(mm/day)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	지역 평균 경사도(°)	CCGIS ver3.1
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	지하유출(mm/day)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	축산업 종사인구(명/만명)	CCGIS ver3.1
수질 및 수생태계의 취약성	기후노출	하천개수율(%)	CCGIS ver3.1
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	1일 1인당 급수량(리터)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	경작지당 비료사용량(톤/km <sup>2</sup> )	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	공업용수 사용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	관리되는 토지율(%)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	도로면적 비율(%)	LCCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	면적당 축산물 생산(마리/km <sup>2</sup> )	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	산림 면적율(%)	CCGIS ver3.1
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	인구밀도	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	주요 동물종 분포(종)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	주요 식물종 분포(종)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	지하수 이용량(m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	총인구	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	최근 3년간 홍수피해액(천원)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	민감도	최근 3년간 홍수피해인구(명)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	단위면적당 도로길이(km/km <sup>2</sup> )	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	단위면적당 물관리 공무원수(명/km <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	단위면적당 물재이용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	제방개수율(%)	통계자료, CCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS
수질 및 수생태계의 취약성	적응능력	하수도 보급률(%)	통계자료, CCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
이수에 대한 취약성	기후노출	12~2월 강수량(mm/day)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	기후노출	12~2월 증발산량(mm/day)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	기후노출	3~5월 강수량(mm/day)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	기후노출	3~5월 증발산량(mm/day)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	기상청
이수에 대한 취약성	기후노출	지하유출(mm/day)	기상청
이수에 대한 취약성	민감도	1일 1인당 급수량(리터)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	민감도	공업용수 사용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	민감도	농업용수 사용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	민감도	면적당 곡물생산(ton/km <sup>2</sup> )	통계청
이수에 대한 취약성	민감도	면적당 축산물 생산(마리/km <sup>2</sup> )	통계청
이수에 대한 취약성	민감도	생활용수 사용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	민감도	인구밀도	통계청
이수에 대한 취약성	민감도	지하수 이용량(m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	민감도	총인구	통계청
이수에 대한 취약성	민감도	하천수 이용량(m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	통계청
이수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 물관리 공무원수(명/km <sup>2</sup> )	통계청
이수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 물재이용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 용수공급용 저수지 저수용량(천 m <sup>3</sup> )	LCCGIS

항목	대용변수	변수목록	출처
이수에 대한 취약성	적응능력	상수도 보급률(%)	LCCGIS
이수에 대한 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계청
이수에 대한 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계청
이수에 대한 취약성	적응능력	지하수 가용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	기후노출	5일 주기 최대강수량(mm)	내부자료, 통계자료
치수에 대한 취약성	기후노출	5일 주기 최대강수량(회)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	기후노출	6~9월 강수량(mm/day)	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	기후노출	6~9월 강수량(회)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	기후노출	일강수량 80mm 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
치수에 대한 취약성	기후노출	일최대강수량 80mm 이상인 날의 횟수(회)	기상청
치수에 대한 취약성	기후노출	일최대강수량(mm)	내부자료, 통계자료
치수에 대한 취약성	기후노출	지면유출(mm/day)	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	10m 이하 저지대 가구(세대)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	10m 이하 저지대 면적(km <sup>2</sup> )	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	1일 1인당 급수량(리터)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	공업용수 사용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	농업용수 사용량(천 m <sup>3</sup> /년)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	도로면적 비율(%)	통계청

항목	대응변수	변수목록	출처
치수에 대한 취약성	민감도	산림면적율(%)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	생활용수 사용량(천 $m^3$ /년)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	인구밀도	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	제방 면적비율(%)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	지역 평균 경사도(°)	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	총인구	LCCGIS
치수에 대한 취약성	민감도	최근 3년간 홍수피해액(천원)	통계청
치수에 대한 취약성	민감도	최근 3년간 홍수피해인구(명)	통계청
치수에 대한 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	내수배제시설 배수능력( $m^3$ /분)	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 도로길이(km/ $km^2$ )	LCCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 물관리 공무원수(명/ $km^2$ )	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 물재이용량(천 $m^3$ /년)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	단위면적당 용수공급용 저수지 저수용량(천 $m^3$ )	LCCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	상수도 보급률(%)	LCCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	저수지 홍수 조절능력(백만 $m^3$ )	LCCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	제방개수율(%)	통계자료, CCGIS
치수에 대한 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS



[표 8-4] 산림분야

항목	대용변수	변수목록	출처
병충해에 의한 소나무 취약성	기후노출	6~8월 강수량(mm/day)	LCCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	기후노출	6~8월 일최고기온(℃)	LCCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	기후노출	6~8월 일최저기온(℃)	LCCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	기후노출	연중 시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	민감도	병충해 발생면적(ha)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	민감도	산림내 평균경사(°)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	민감도	산림내 평균고도(m)	LCCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	민감도	소나무 면적(m <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	적응능력	병충해 방제 고용인력(명)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	적응능력	산림 공무원(명)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	적응능력	산림방제 면적(ha)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	적응능력	자연휴식년제 실시면적	LCCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계자료, CCGIS
병충해에 의한 소나무 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	기후노출	강수량(mm/day)	내부자료, 통계자료
산림생산성의 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
산림생산성의 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	기후노출	일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수(회)	LCCGIS
산림생산성의 취약성	기후노출	일최대강수량(mm)	LCCGIS

항목	대용변수	변수목록	출처
산림생산성의 취약성	기후노출	일최저기온(℃)	내부자료, 통계자료
산림생산성의 취약성	기후노출	토양수분 10cm	CCGIS ver3.1
산림생산성의 취약성	민감도	무림목지 면적(ha)	LCCGIS
산림생산성의 취약성	민감도	산림내 평균경사(°)	LCCGIS
산림생산성의 취약성	민감도	산림내 평균고도(m)	LCCGIS
산림생산성의 취약성	민감도	침엽수 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	민감도	혼효림 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	민감도	활엽수 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	적응능력	산림 공무원(명)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	적응능력	산림방제 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	적응능력	자연휴식년제 실시면적	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계자료, CCGIS
산림생산성의 취약성	적응능력	천연림 보육(ha)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	기후노출	6~8월 강수량(mm/day)	LCCGIS
산불에 의한 취약성	기후노출	강수량(mm/day)	LCCGIS
산불에 의한 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	기후노출	연중 시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	기상청
산불에 의한 취약성	기후노출	일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
산불에 의한 취약성	기후노출	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	통계자료, CCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
산불에 의한 취약성	민감도	토양수분 10cm	LCCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	무림목지 면적(ha)	LCCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	산림내 평균경사(°)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	산림내 평균고도(m)	LCCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	총인구	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	침엽수 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	혼효림 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	민감도	활엽수 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	적응능력	진화용수 인접도(m)	기상청
산불에 의한 취약성	적응능력	진화차량 접근성(임도)(m)	기상청
산불에 의한 취약성	적응능력	산림 공무원(명)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	적응능력	산림방제 면적(ha)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	적응능력	산불 위험시기 강수량(mm)	통계청
산불에 의한 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계자료, CCGIS
산불에 의한 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	5일 주기 최대강수량(mm)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	6~8월 강수량(mm/day)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	6~8월 강수량(회)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수(회)	LCCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	일강수량 80mm 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	일최고기온(℃)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	일최대강수량(mm)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후노출	일최저기온(℃)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	무림목지 면적(ha)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	산림내 평균경사(°)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	산림내 평균고도(m)	통계청
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	총인구	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	침엽수 면적(ha)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	토양수분 10cm	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	혼효림 면적(ha)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	민감도	활엽수 면적(ha)	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	관리되는 토지율(%)	CCGIS ver3.1
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	산림 공무원(명)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	산림방제 면적(ha)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	자연휴식년제 실시면적	LCCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	재정자립도(%)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	통계자료, CCGIS
집중호우에 의한 산사태 취약성	적응능력	천연림 보육(ha)	LCCGIS

[표 8-5] 생태계분야

항목	대용변수	변수목록	출처
곤충의 취약성	기후노출	1~3월 일평균기온(℃)	LCCGIS
곤충의 취약성	기후노출	4월 일평균기온(℃)	기상청
곤충의 취약성	기후노출	4월 평균상대습도(%)	기상청
곤충의 취약성	기후노출	6~8월 일최고기온(℃)	LCCGIS
곤충의 취약성	기후노출	6~8월 일평균기온(℃)	LCCGIS
곤충의 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	기상청
곤충의 취약성	기후노출	일사량(W/m <sup>2</sup> )	기상청
곤충의 취약성	기후노출	일평균기온이 영하인 날의 횟수(회)	기상청
곤충의 취약성	기후노출	증발산량(mm/day)	기상청
곤충의 취약성	민감도	곤충매개 전염병 발병자수(명)	통계청
곤충의 취약성	민감도	꿀벌 농가수(개)	통계청
곤충의 취약성	민감도	꿀벌 사육규모(통)	통계청
곤충의 취약성	민감도	병충해 피해 벌채량(m <sup>3</sup> )	통계청
곤충의 취약성	민감도	병충해 피해 벌채면적(ha)	통계청
곤충의 취약성	민감도	산림 해충(건수)	통계청
곤충의 취약성	민감도	산림병원균-푸사리움가지마름병(건수)	통계청
곤충의 취약성	적응능력	바이오 산업체수(개)	통계청
곤충의 취약성	적응능력	병충해 방제 고용인력(명)	통계청
곤충의 취약성	적응능력	병충해방제시기-꼬마배나무이(누적일수)	통계청
곤충의 취약성	적응능력	산림방제 면적(ha)	통계청
곤충의 취약성	적응능력	친환경 과수 농가수	통계청
곤충의 취약성	적응능력	친환경 특용작물 농가수	통계청
도립공원의 취약성	기후노출	12~2월 강수량(mm/day)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	3~5월 강수량(mm/day)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	6~8월 강수량(mm/day)	LCCGIS

항목	대응변수	변수목록	출처
도립공원의 취약성	기후노출	9~11월 강수량(mm/day)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	강수량(mm/day)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	시간 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	일강수량 80mm 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
도립공원의 취약성	기후노출	일평균기온이 영하인 날의 횟수(회)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	도립공원 관리를 위한 연계 행정구역수(개)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	도립공원 내 동물종수(종)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	도립공원 내 식물종수(종)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	동물 멸종위기 종수(종)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	식물 멸종위기 종수(종)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	탐방객 수(명)	LCCGIS
도립공원의 취약성	민감도	탐방객 전년대비 증감(%)	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	도립공원 면적 증감(km <sup>2</sup> )	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	도립공원 사무소 수(개)	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	도립공원 사찰면적(km <sup>2</sup> )	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	도립공원 조직수(개)	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	도립공원 직원수(명)	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	도립공원 해설 운영횟수(회)	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	자연휴식년제 실시거리(km)	LCCGIS
도립공원의 취약성	적응능력	자연휴식년제 실시면적	LCCGIS

[표 8-6] 재난/재해분야

항목	대용변수	변수목록	출처
폭설에 의한 기반시설 취약성	기후노출	강설량(kg/m <sup>2</sup> )	내부자료, 통계자료
폭설에 의한 기반시설 취약성	기후노출	일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수(회)	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	공항면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	도로면적(m <sup>2</sup> )	강원통계 정보
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	열공급설비 면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	유류저장 및 송유설비 면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	전기공급 설비면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	철도면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	민감도	하수도 면적(m <sup>2</sup> )	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	KOSIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	적응능력	1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS
폭설에 의한 기반시설 취약성	적응능력	하천개수율(%)	LCCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	기후노출	6~8월 강수량(mm/day)	LCCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	기후노출	일강수량 80mm 이상인 날의 횟수(회)	내부자료, 통계자료
홍수에 의한 기반시설 취약성	기후노출	일최대강수량(mm)	내부자료, 통계자료

항목	대용변수	변수목록	출처
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	DEM	국토지리 연구원
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	가스공급설비 면적(m <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	도로면적(m <sup>2</sup> )	강원통계 정보
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	수도공급설비 면적(m <sup>2</sup> )	통계청
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	수질오염방지시설 면적(m <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	열공급설비 면적(m <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	유류저장 및 송유설비 면적(m <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	전기공급 설비면적(m <sup>2</sup> )	통계자료, CCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	민감도	하수도 면적(m <sup>2</sup> )	강원통계 정보
홍수에 의한 기반시설 취약성	적응능력	1인당 공무원수(명/만명)	KOSIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	적응능력	1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	LCCGIS
홍수에 의한 기반시설 취약성	적응능력	하천개수율(%)	국가 물관리 종합정보 시스템

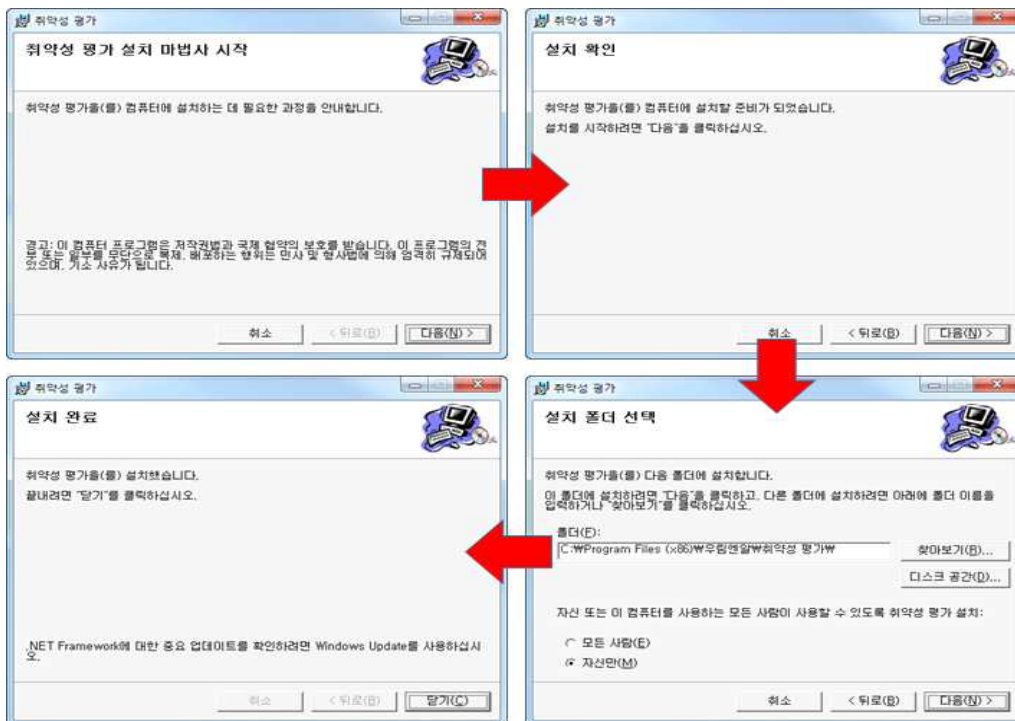




## B. 취약성 평가도구 사용자 가이드북

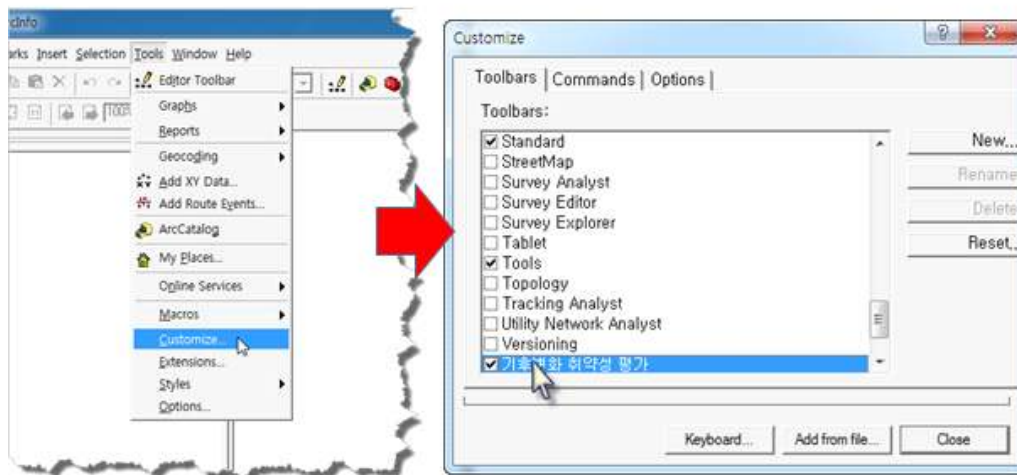
### 1.1 프로그램 설치

취약성 평가툴을 설치하기 위해 “취약성평가툴\_충남연구원.zip”의 압축을 해제하고 “setup.exe”를 실행하여 설치를 진행한다.



### 1.2 취약성 평가툴 실행

취약성 평가툴은 ArcGIS 9.X버전 이상을 실행하여 도구 형태로 사용하도록 개발되었습니다. 설치된 취약성 평가툴 실행을 위해 PC에 설치된 ArcGIS프로그램을 실행한다. 실행 후 “Tools” 메뉴의 “Customize”를 선택하고 툴바 메뉴 목록의 “기후변화 취약성 평가”를 선택하고 “닫기”버튼을 클릭하면 ArcGIS 도구에 “취약성평가툴”이 등록된다.

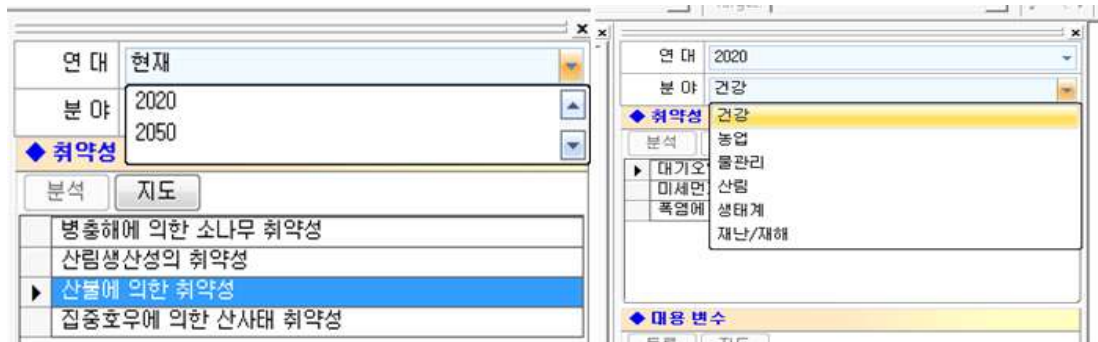


### 1.3 취약성 평가

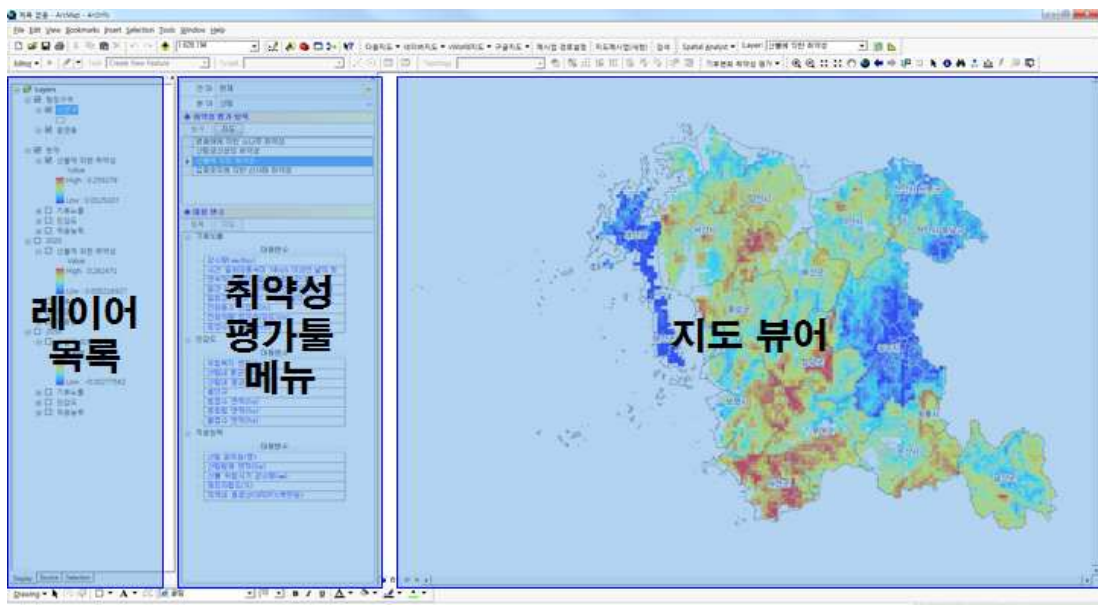
기후변화 취약성 평가 메뉴를 선택하면 “취약성평가 조회”, “취약성평가 등록”, “행정구역별 통계” 등의 메뉴로 구성되어 있다.



“취약성평가 조회” 버튼을 클릭하면 취약성 평가 관련 화면이 구성되며, 년대(현재, 2020년, 2050년) 선택과 분야(건강, 농업, 물관리, 산림, 생태계, 재난/재해)등을 선택가능하다.

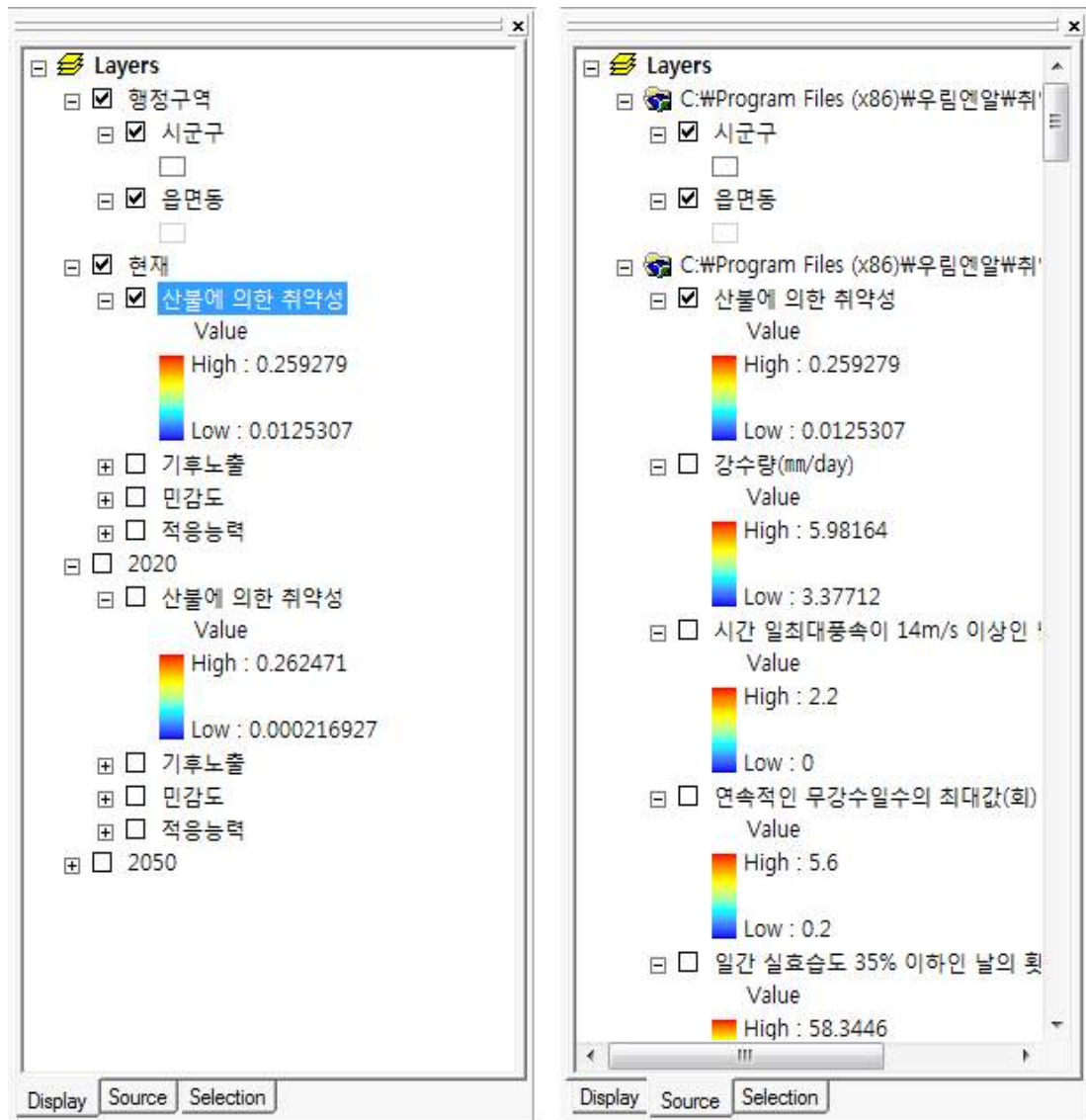


분야에서 “산림”을 선택하고 “산불에 의한 취약성”을 선택하면 다음과 같은 화면이 구성되며, 시군구 행정구역별 자료를 지도와 함께 확인할 수 있다.



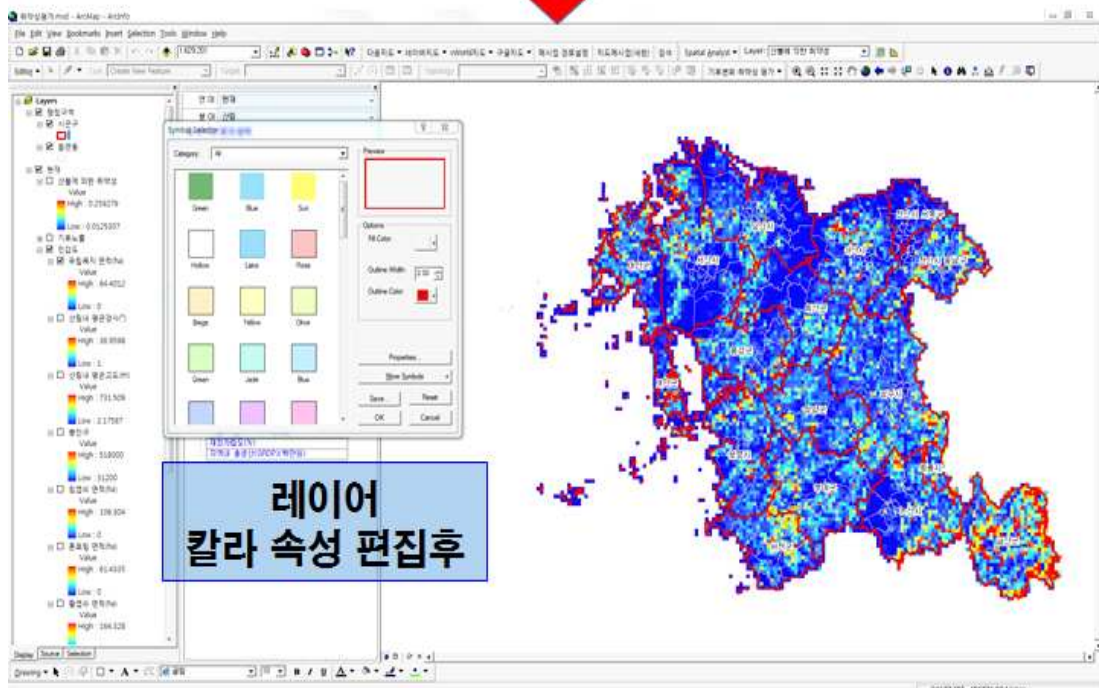
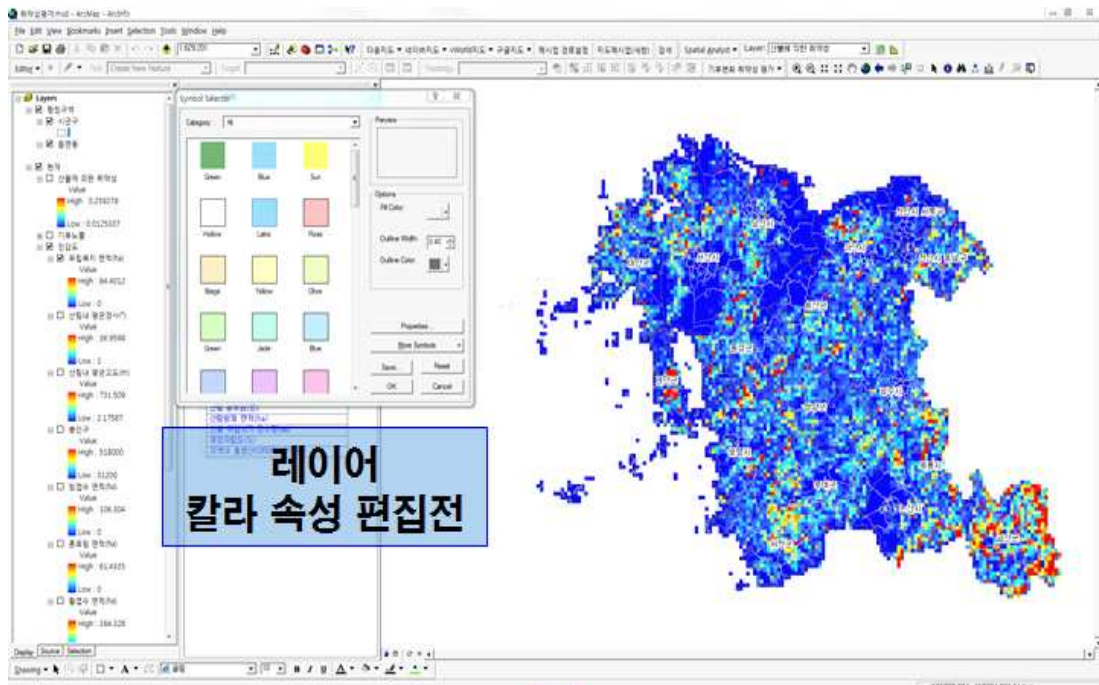
“취약성평가틀” 프로그램은 등록된 GIS정보를 확인할 수 있는 “레이어목록”, 취약성 평가관련 명령어가 등록된 “취약성평가틀 메뉴” 및 “지도뷰어” 창으로 구성되어 있다.

“레이어목록” 메뉴는 취약성 평가를 위해 필요한 행정구역과 취약성 평가를 위한 기후노출, 민감도, 적응능력 등의 자료를 시기별로 조회할 수 있도록 구성되어 있다. 그리고 아래 “source” 탭을 선택하면 현재 등록된 자료의 위치를 확인할 수 있다.



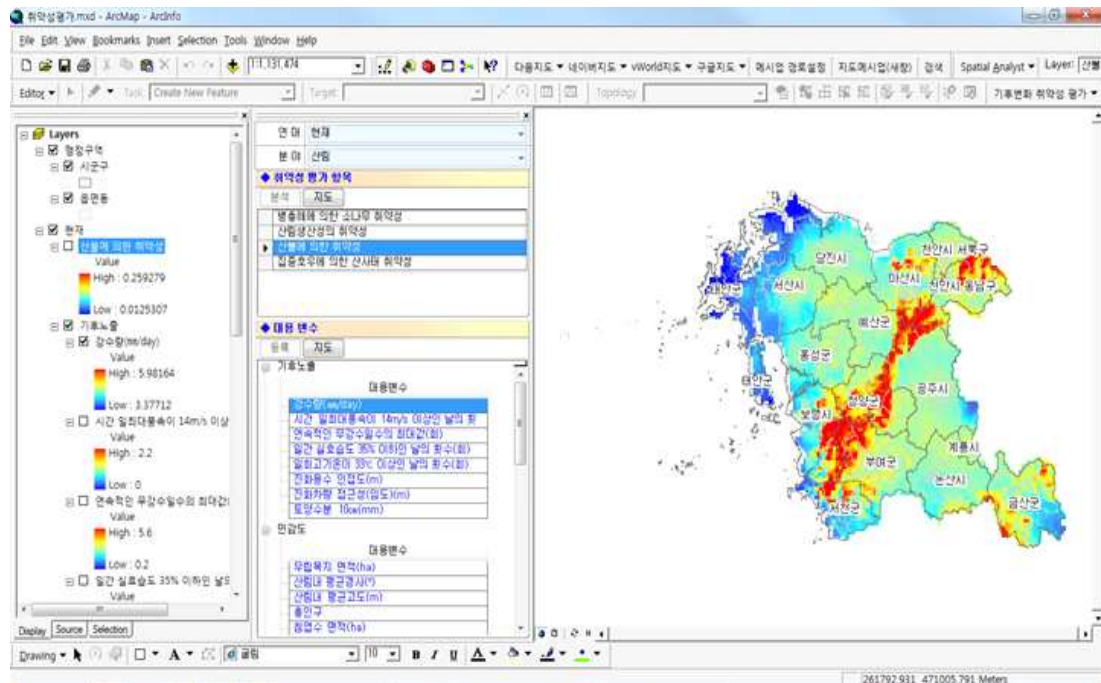
“레이어목록”에 있는 “☒□” 체크 박스를 선택에 따라 자료를 “지도뷰어” 창에 표시하거나 년대 또는 취약성 대응변수 등의 자료를 조회할 수 있도록 구성되어 있다. 아래 그림은 현재를 기준으로 “기후노출>강수량” 항목에 체크하여 충남 시군구별 강수량 정보를 조회한 정보화면이다.

“레이어목록” 중 행정구역의 시군구 또는 읍면동 경계는 취약성 평가도면에 따라 레이어 칼라를 조정하여 사용한다. 필요에 따라서는 채우기 색상도 변경하여 취약성평가 도면을 작성할 수 있다.



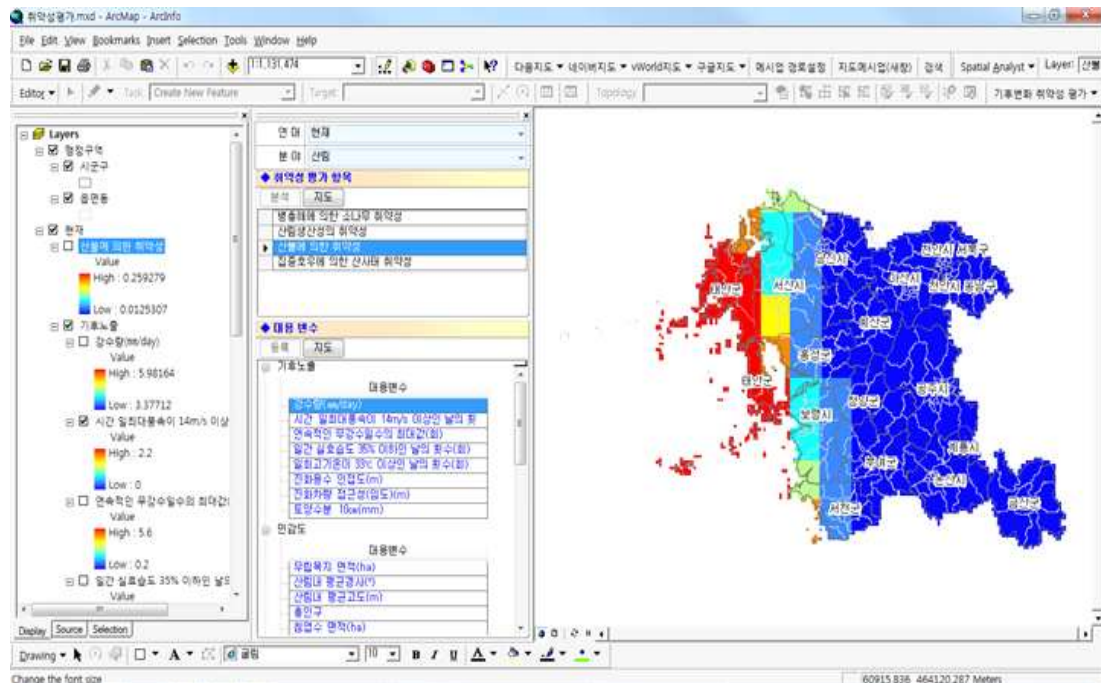
기후노출 중 강수량(mm/day)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.





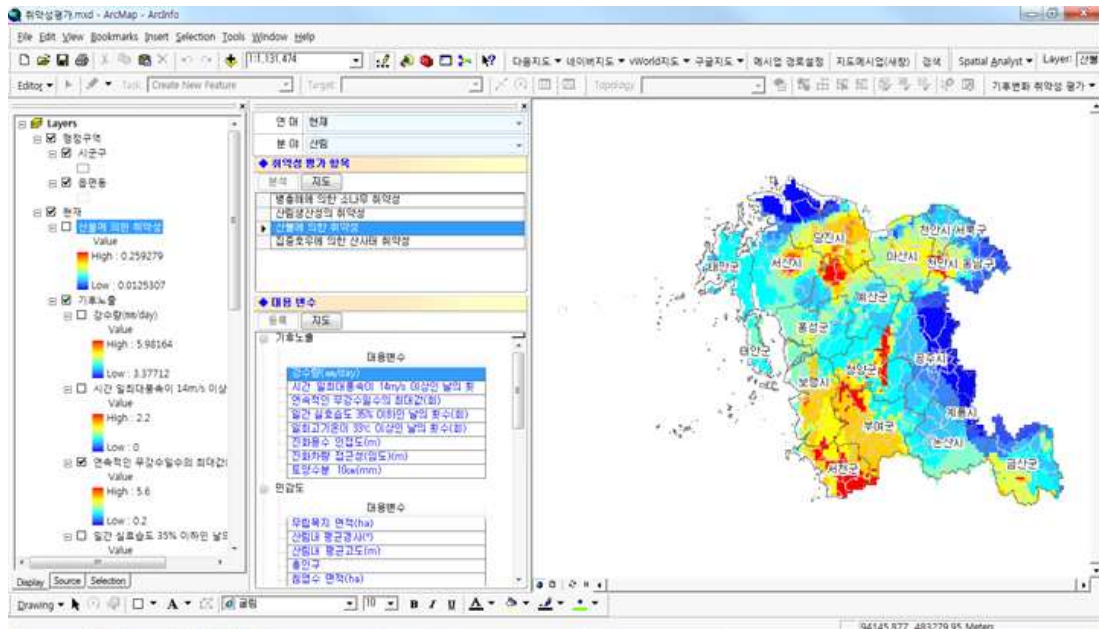
[기후노출 -> 강수량 선택화면]

기후노출 중 시간 일최대풍속이 14/s 이상인 날의 횟수(회)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



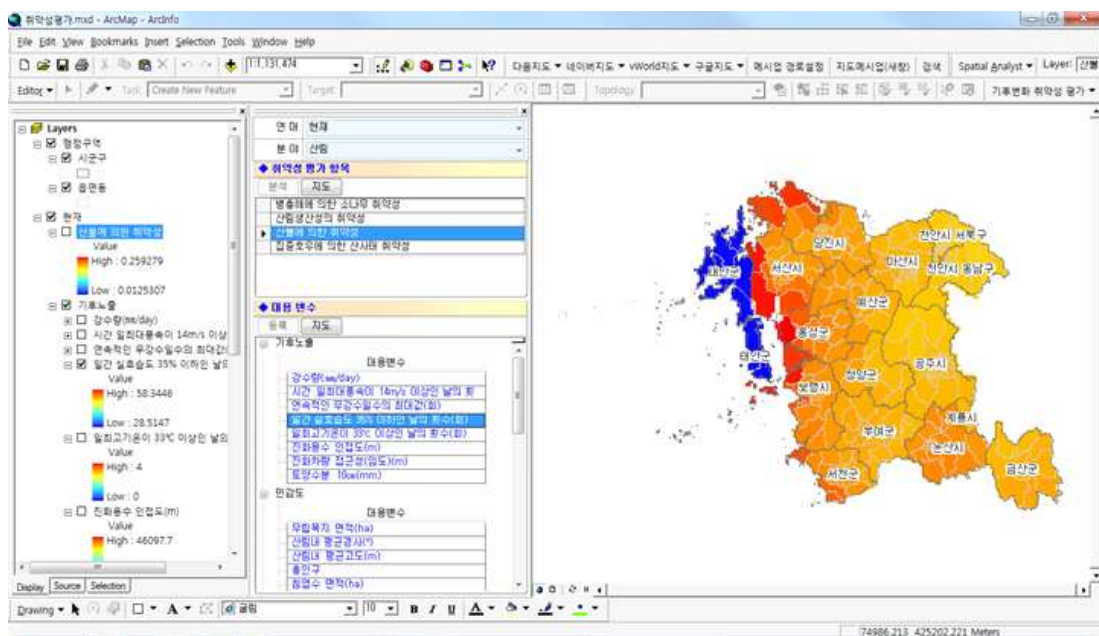
[기후노출 -> 일 최대풍속]

기후노출 중 연속적인 무강수일수의 최대값(횟수)을 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



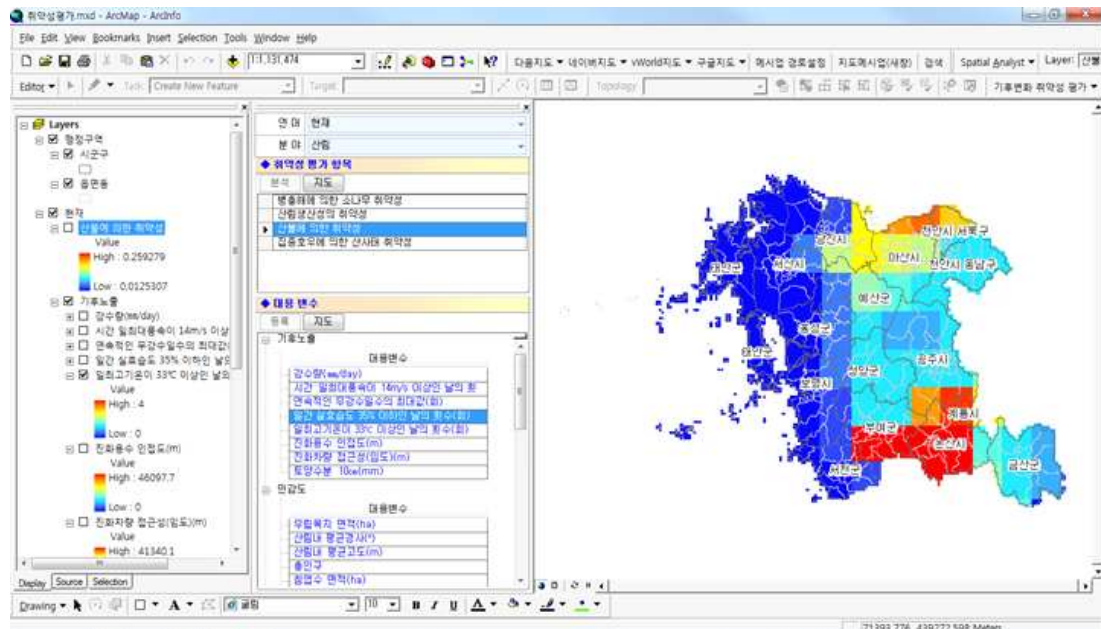
[기후노출 -> 연속적인 무강수 일수]

기후노출 중 일간 실효습도 35% 이하인 날의 횟수(회)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



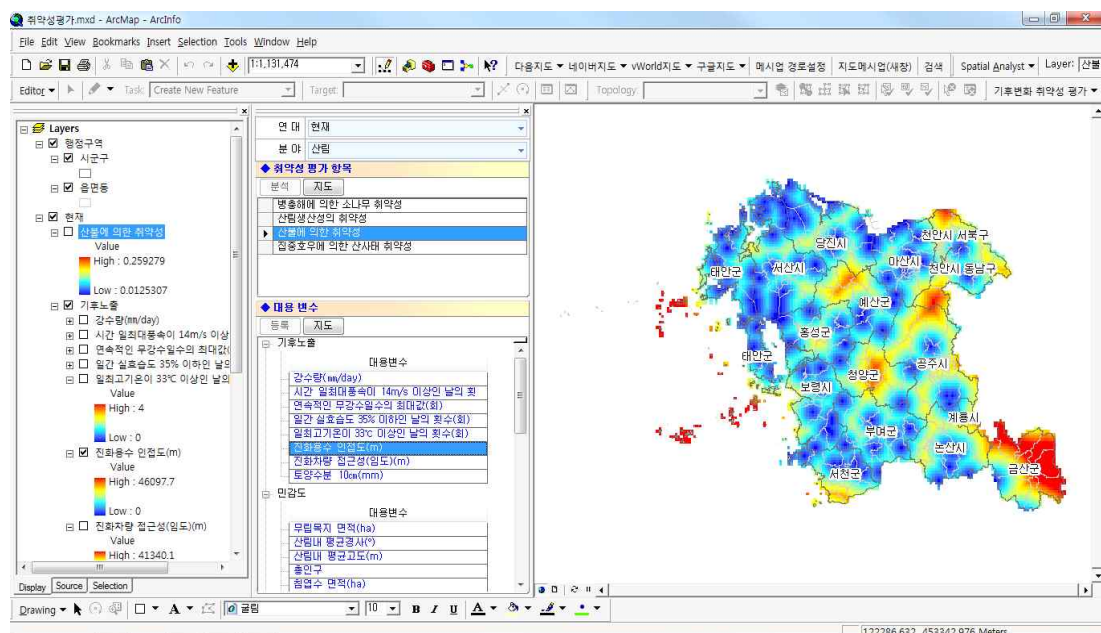
[기후노출 -> 일간 실효습도 35%이상인 날의 수]

기후노출 중 일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



[기후노출 → 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 수]

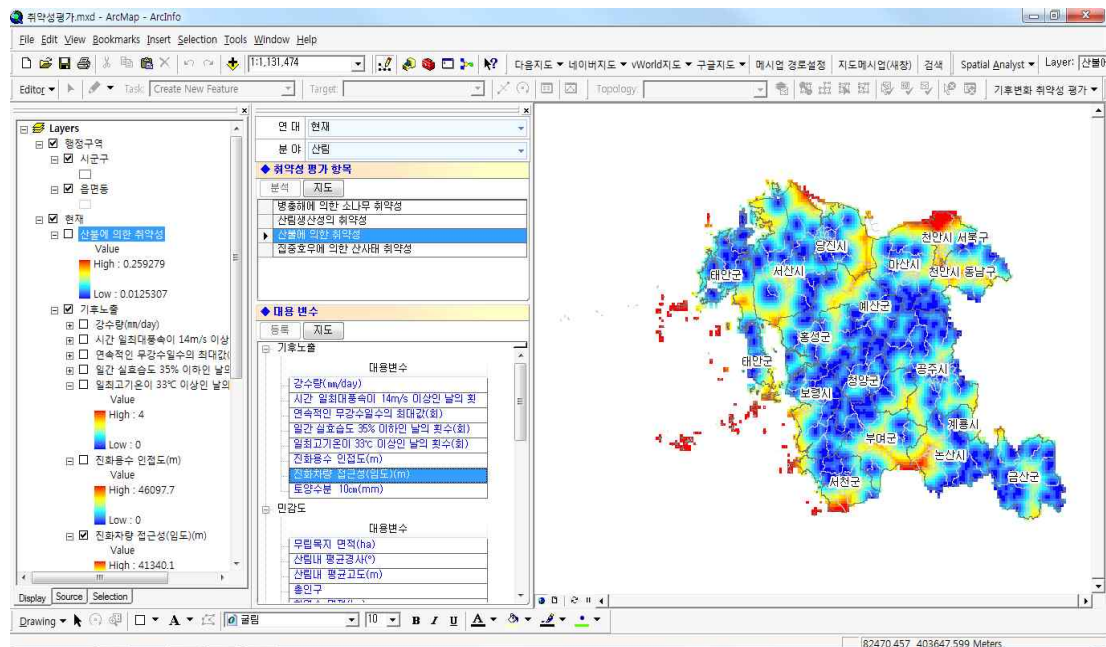
기후노출 중 진화용수 인접도(m)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



[기후노출 → 진화용수 인접도(m)]

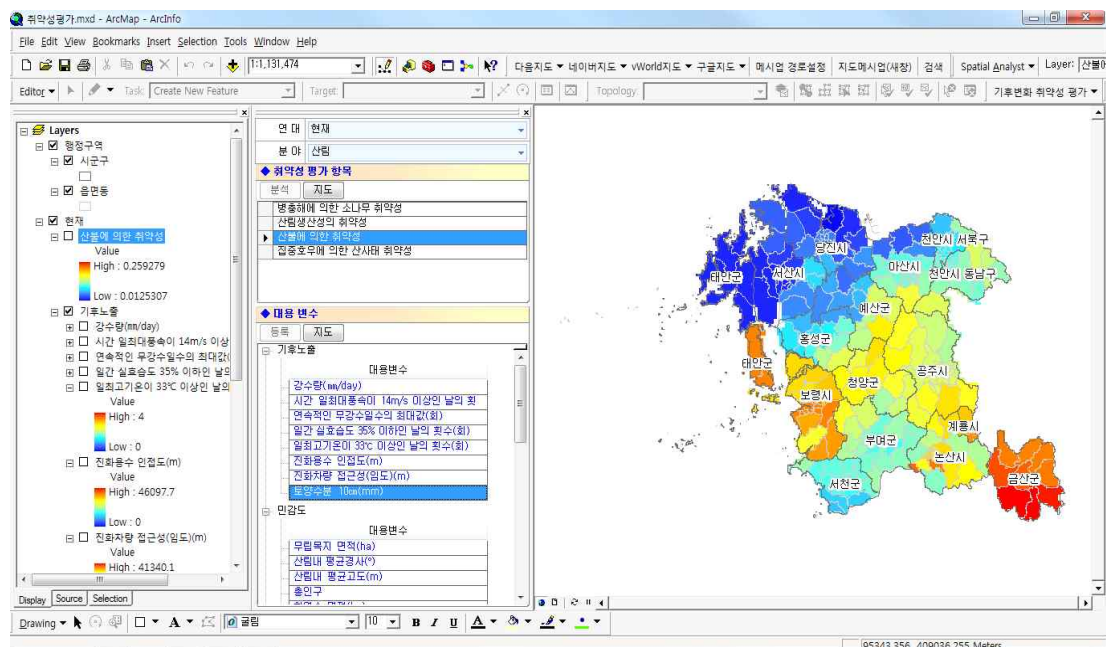


기후노출 중 진화차량 접근성(임도)(m)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



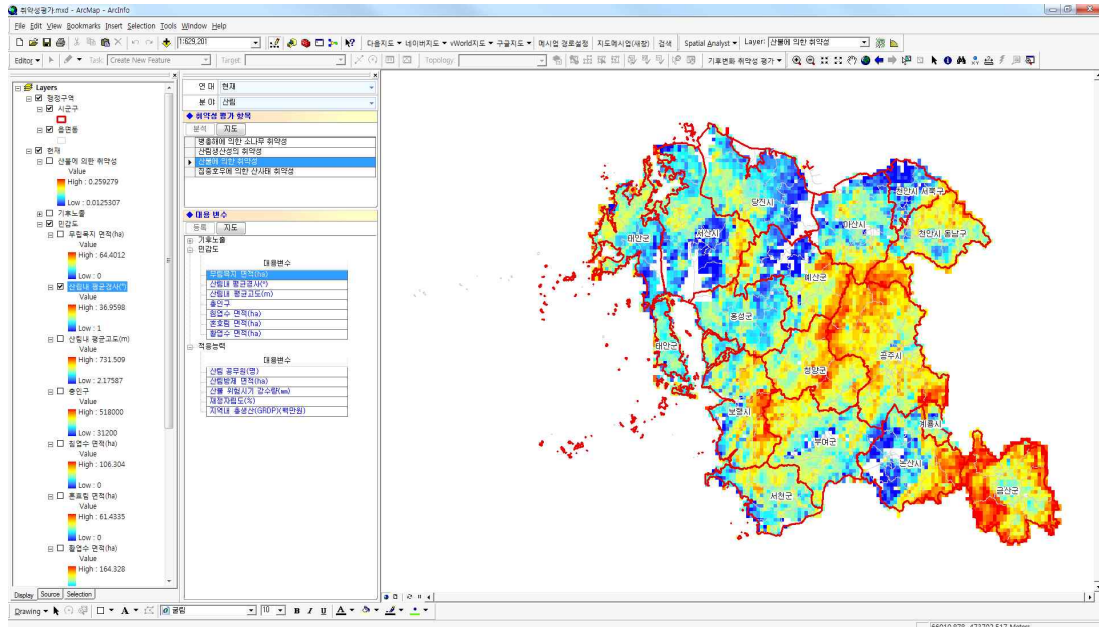
[기후노출 -> 진화차량 접근성(임도)(m)]

기후노출 중 토양수분 10cm(mm)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



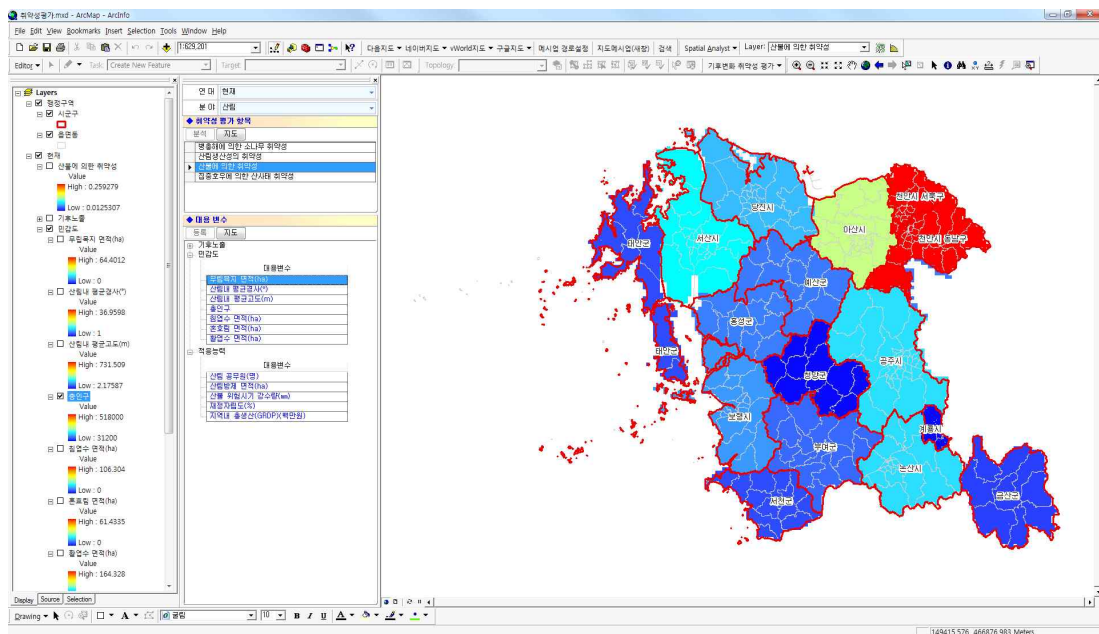
[기후노출 -> 토양수분 10cm(mm)]

민감도 중 산림내 평균경사(°)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



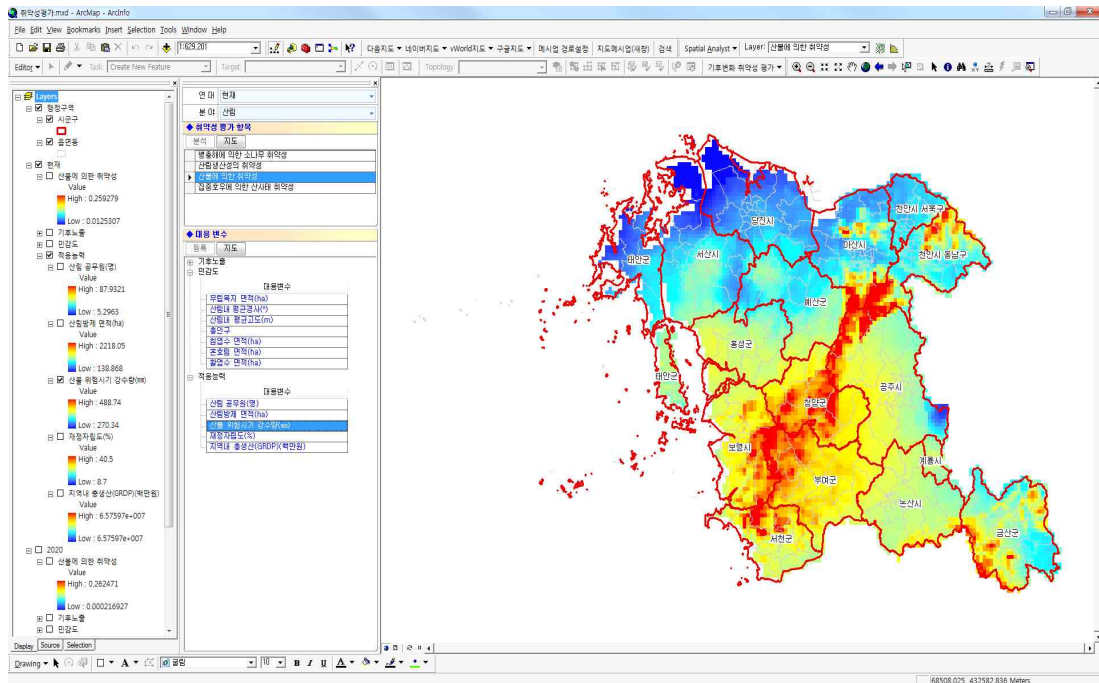
[민감도 → 산림 내 평균경사(°)]

민감도 중 총인구(명)를 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다. 총인구는 행정구역 단위로 데이터를 구축하였다.



[민감도 → 총인구(명)]

적응능력 중 산불 위험시기 강수량(mm)을 지도뷰어 창에 표시하면 다음과 같다.



[민감도 -> 산불 위험시기 강수량(mm)]

“취약성평가 등록” 을 선택하면 선택된 취약성 평가 항목을 등록할 수 있다.

대응변수	가중치	경로
6-8월 강수량(mm/day)	0.00	
6-8월 일최고기온(℃)		
6-8월 일최저기온(℃)		
시간 일최대풍속이 14m/s		
연중 시간 일최대풍속이 14		

대응변수	가중치	경로
병충해 발생면적(ha)	0.00	
산림내 황궁종사(%)		
산림내 황궁고도(m)		
소나무 면적(m²)		

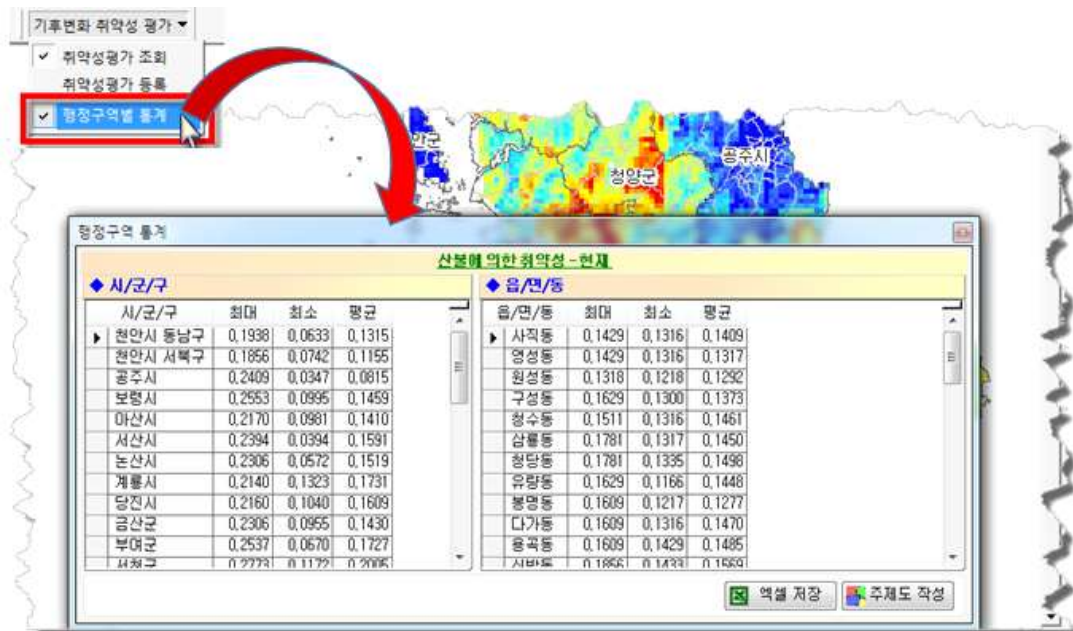
대응변수	가중치	경로
병충해 방제 효율면적(ha)	0.00	
산림 복구율(ha)		
산림방제 면적(ha)		
자연휴식년제 실시면적		
재정지립도(%)		
지역내 총생산(GRDP)(백만원)		

“취약성평가 등록”은 취약성 평가 항목을 선택하고 선택된 항목의 각 대응 변수를 입력할 수 있다.

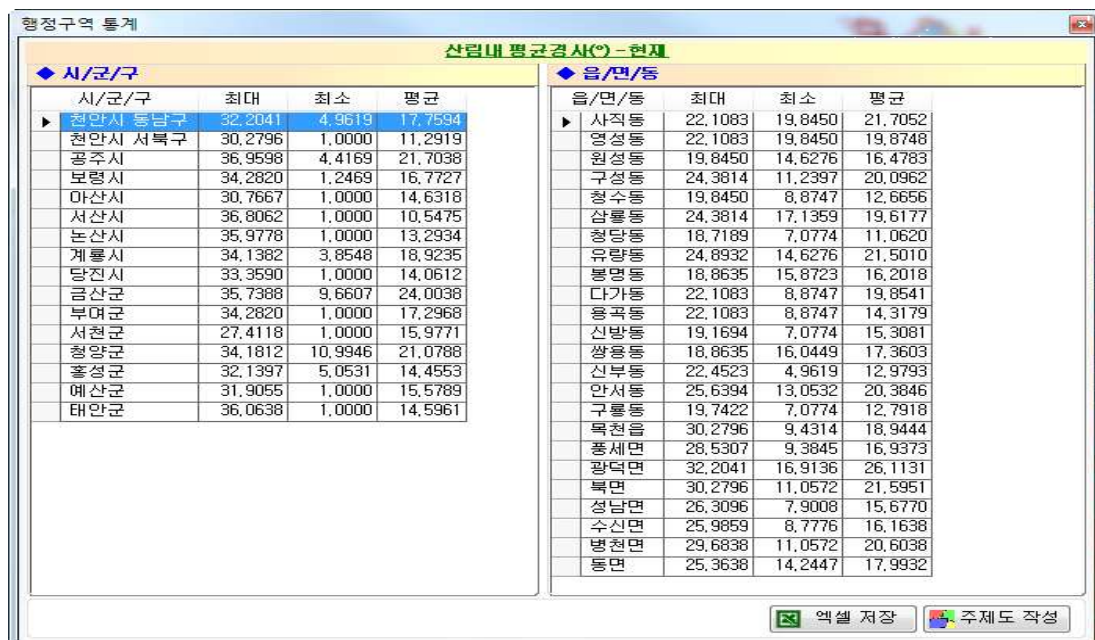
“취약성평가 등록”에서 경로를 선택하면 기후변화시나리오(1km, 10km)를 선택할 수 있으며, 행정구역 등의 파일을 등록할 수 있다.



“행정구역별 통계”는 현재 선택된 년대 및 분야에 따른 항목에 대한 상세 정보를 조회할 수 있다.



각각 시/군/구를 선택하면 해당 시군의 읍면동 자료를 조회할 수 있으며, 엑셀저장과 주제도 작성 메뉴가 있다.



엑셀 저장을 클릭하면 취약성 평가 항목의 통계값을 엑셀로 저장할 수 있다.

산림내 평균경사(°) - 현재.xls [호환 모드] - Excel

파일 HOME 삽입 페이지 레이아웃 수식 데이터 검토 보기 추가 기능 로그인

블여넣기 보 내기 Bluetooth 글꼴 맞춤 스타일

A1 : 시군구 코드

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	시군구 코드	읍/면/동 코드	시/군/구	읍/면/동	최대	최소	평균	
2	44131	44131104	천안시 동남구	사직동	22.1082993	19.8449993	21.7052002	
3	44131	44131105	천안시 동남구	영성동	22.1082993	19.8449993	19.8747997	
4	44131	44131107	천안시 동남구	원성동	19.8449993	14.6275997	16.4783001	
5	44131	44131108	천안시 동남구	구성동	24.3813992	11.2397003	20.0962009	
6	44131	44131109	천안시 동남구	청수동	19.8449993	8.87467003	12.6655998	
7	44131	44131110	천안시 동남구	삼룡동	24.3813992	17.1359005	19.6177006	
8	44131	44131111	천안시 동남구	청당동	18.7189007	7.07741022	11.0620003	
9	44131	44131112	천안시 동남구	유량동	24.8931999	14.6275997	21.5009995	
10	44131	44131113	천안시 동남구	봉명동	18.8635006	15.8723001	16.2017994	
11	44131	44131114	천안시 동남구	다가동	22.1082993	8.87467003	19.8540993	
12	44131	44131115	천안시 동남구	용곡동	22.1082993	8.87467003	14.3178997	
13	44131	44131116	천안시 동남구	신방동	19.1693993	7.07741022	15.3080997	
14	44131	44131117	천안시 동남구	쌍용동	18.8635006	16.0449009	17.3603001	
15	44131	44131118	천안시 동남구	신부동	22.4522991	4.96190023	12.9792995	
16	44131	44131119	천안시 동남구	안서동	25.6394005	13.0531998	20.3845997	
17	44131	44131120	천안시 동남구	구룡동	19.7422009	7.07741022	12.7917995	
18	44131	44131250	천안시 동남구	목천읍	30.2796001	9.43144035	18.9444008	
19	44131	44131310	천안시 동남구	동세면	28.5307007	9.38449001	16.9372997	
20	44131	44131320	천안시 동남구	광덕면	32.2041016	16.9136009	26.1131001	
21	44131	44131330	천안시 동남구	북면	30.2796001	11.0572004	21.5951004	
22	44131	44131340	천안시 동남구	성남면	26.3096008	7.90076017	15.677	
23	44131	44131350	천안시 동남구	수신면	25.9859009	8.77758026	16.1637993	
24	44131	44131360	천안시 동남구	병천면	29.6837997	11.0572004	20.6037998	
25	44131	44131370	천안시 동남구	동면	25.3638	14.2447004	17.9932003	
26	44133	44133102	천안시 서북구	성정동	20.9550991	4.96190023	10.8543997	
27	44133	44133103	천안시 서북구	백석동	20.9550991	6.90618992	12.1633997	
28	44133	44133104	천안시 서북구	두정동	20.9550991	4.96190023	13.1850004	
29	44133	44133105	천안시 서북구	성성동	20.9550991	4.29293013	8.71673012	

시군구 읍면동

준비 100 %







연구책임		이상신 기후변화대응연구센터 책임연구원
연구참여		정연양 기후변화대응연구센터 정책협력관
		윤종주 기후변화대응연구센터 책임연구원
		표정기 기후변화대응연구센터 연구원
		윤수향 기후변화대응연구센터 연구원
		김태균 우림엔알 공간정보사업부 팀장
		안지용 우림엔알 전략기획부 부장

센터과제 2015-01  
충청남도 기후변화 취약성 평가 연구

**발행일** : 2015년 12월

**발행인** : 충남연구원장

**발행처** : 충남연구원 서해안기후환경연구소

(32258) 충청남도 홍성군 홍북면 홍예로 360

**홈페이지** [www.cni.re.kr](http://www.cni.re.kr) / [www.shari.re.kr](http://www.shari.re.kr)

**발간등록번호** : 979-11-86961-03-2



