

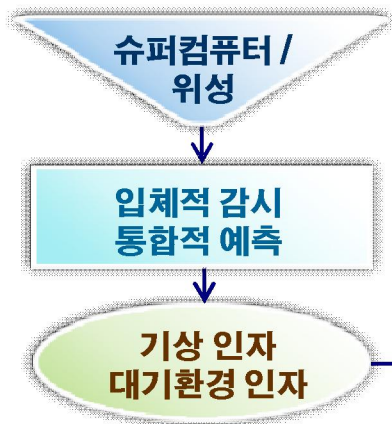
# 新 시나리오 기반 부문별 취약성 평가

2012.10.23

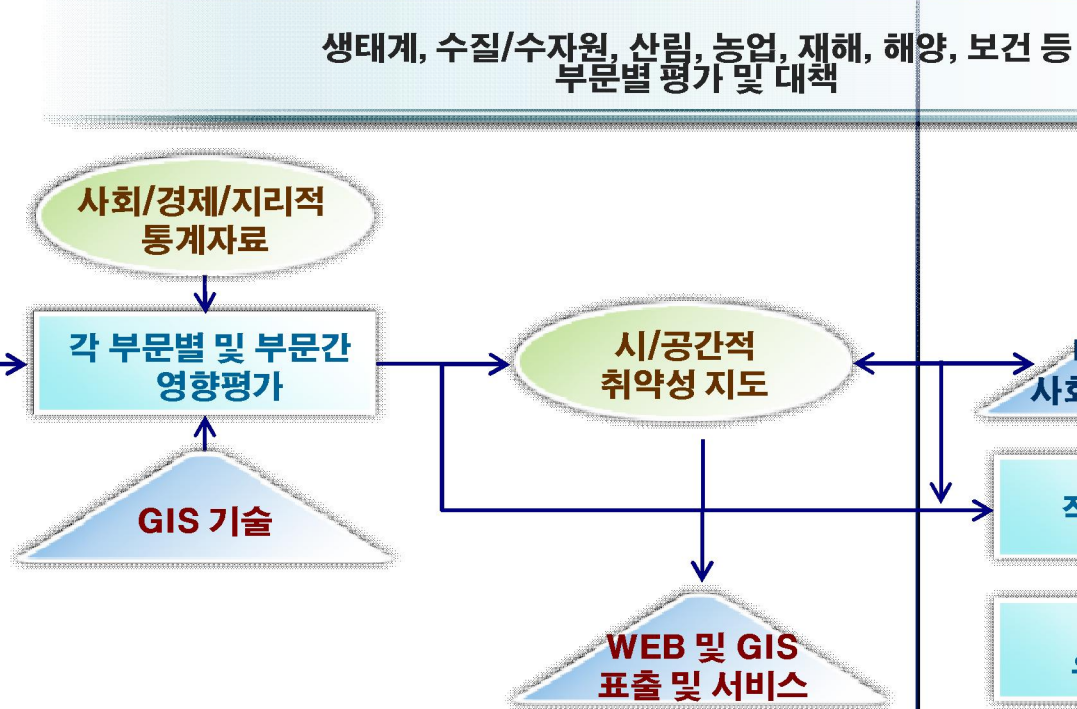
국립환경과학원  
송창근 연구관

# 기후변화 적응 대책 추진

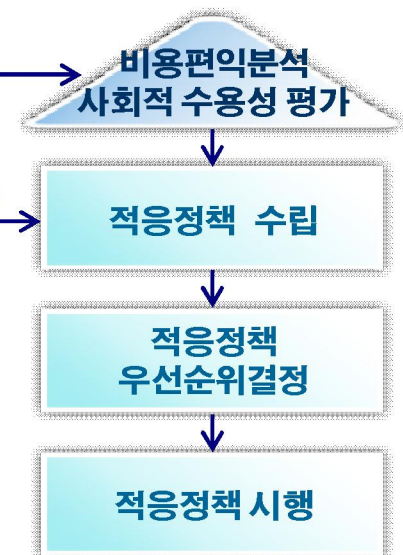
## 기후변화 감시/예측



## 영향 및 취약성 평가



## 적응대책 지원





# 기후변화 취약성

---

- IPCC 3차보고서(2001)에서는 취약성을 기후 다양성과 극한 기후상황을 포함한 기후변화의 역효과에 대한 시스템의 민감도 또는 대처할 수 없는 정도로 정의함.
- UNDP(2003)은 취약성은 유해한 충격, 혼란 상태나 스트레스에 대한 확률 혹은 예견된 발생보다는, 근본적인 노출로써 고려함.
- 기후변화 취약성은 한 시스템이 기후변화의 다양한 영향들에 노출되었을 때, 영향들에 대한 노출, 민감도, 적응능력으로 정의되며, 이때 노출과 민감도는 잠재적인 영향에 의해 결정되고, 이에 적응능력을 결합하면서 취약성이 정의됨(Kelly and Adger, 2000; Fussel and Klein, 2006).



# 기후변화 취약성

- 취약성 = f(기후노출, 민감도, 적응능력)

대용변수	정의
기후노출	자연 및 인간 시스템의 기후변화 영향 (일반적으로 기후요소)
민감도	기후 영향의 자연, 사회, 경제적 수용성
적응능력	기후변화 영향을 감소시킬 수 있는 능력



# 취약성 지표 계산 (대용변수법)

$$\text{취약성} = \alpha \times \text{기후노출} + \beta \times \text{민감도} - \gamma \times \text{적응능력}$$

( $\alpha, \beta, \gamma$ 는 가중치를 의미함)



1. 대리변수 선정 취약성 개념을 반영하는 대리변수 선정

- 델파이 조사 기반

2. 자료의 표준화 단위가 다른 변수들 사이의 연산

• Dimension index :  $\frac{\text{Actual Value} - \text{Minimum Value}}{\text{Maximum Value} - \text{Minimum Value}} \times 100$

3. 가중치 부여 기여도에 따른 가중치 부여

- 델파이 조사 기반

4. 지표 산정 종합적인 취약성 지표 계산

• 취약성지표 = 위험(노출지수+민감도지수) - 적응능력지수

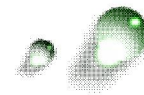


# 국가/지자체 적응 계획

2010년 4월, 「저탄소 녹색성장기본법」 시행에 따라,  
최초의 법정계획으로 「국가 기후변화 적응대책(2011~2015년)」 수립

2011년 : 광역지자체 세부시행계획 수립 (SRES 시나리오 기반)

2012년 : 기초지자체 세부시행계획 수립 중 (RCP8.5 기반)



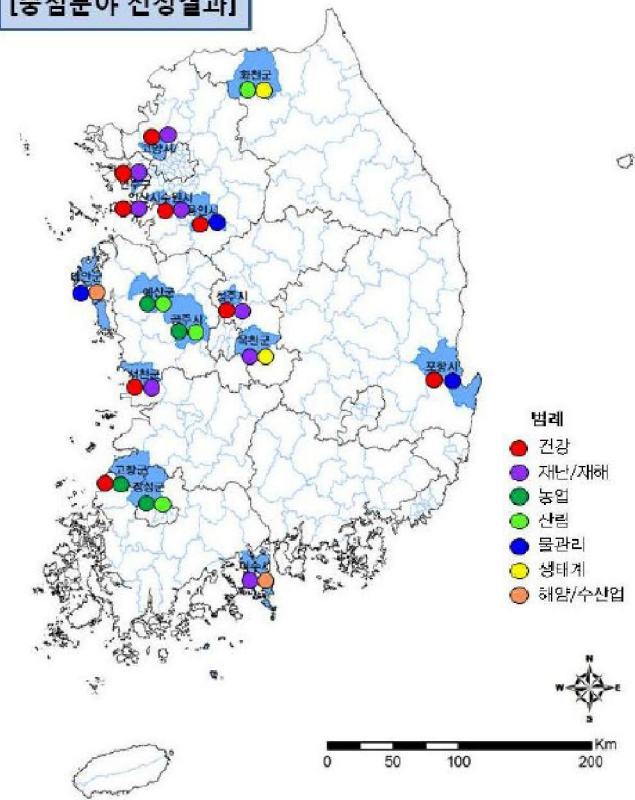
# 기초지자체 시범사업

## 16개 시범 기초지자체별 2개 중점분야 선정 현황

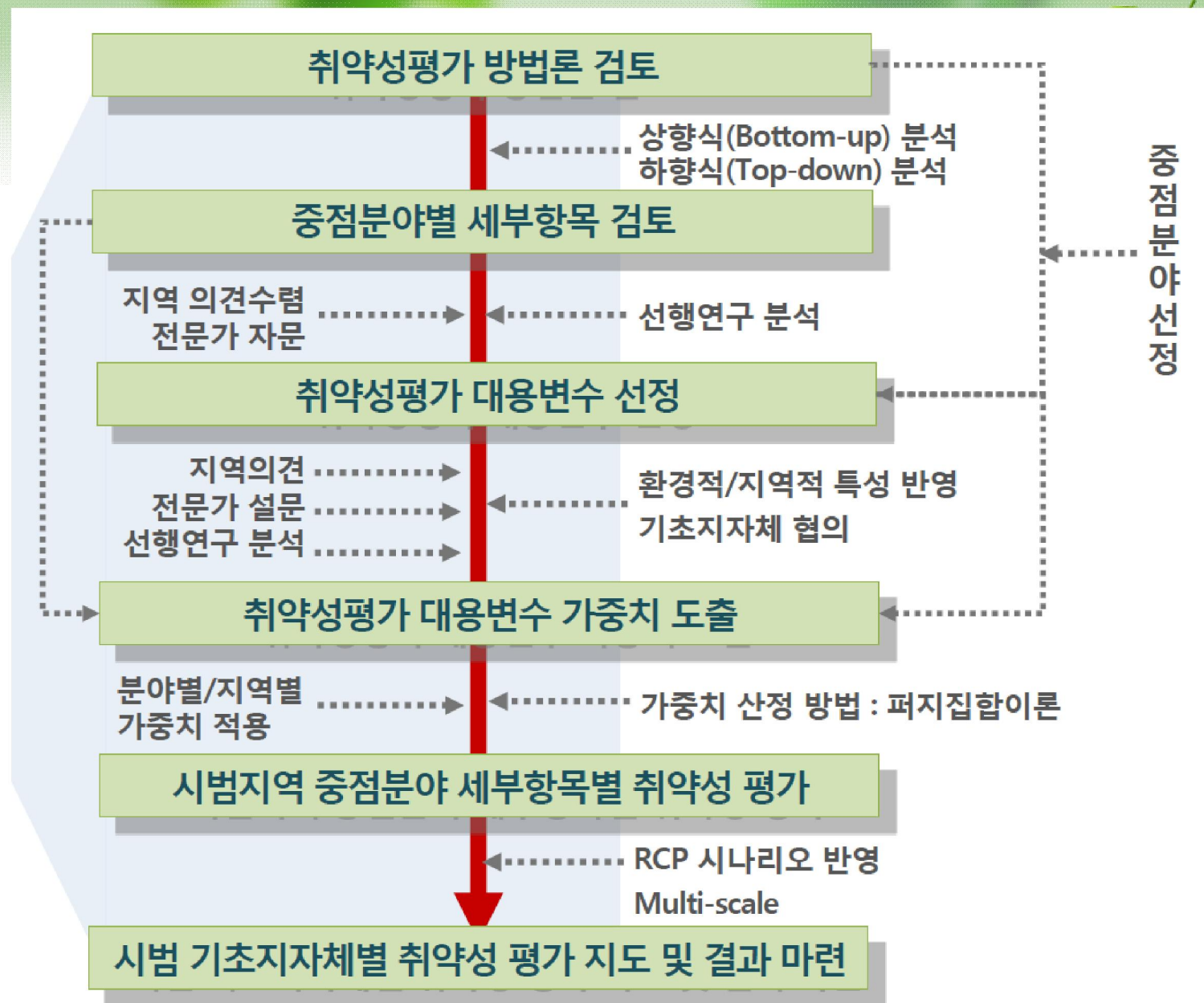
- 총 32개 중점분야(건강: 9, 재난/재해: 8, 농업: 4, 산림: 4, 물관리: 3, 생태계: 2, 해양/수산업: 2)

관련지역		2개 중점분야(세부항목)
인천	연수구	건강(오존, 미세먼지), 재난/재해(하수면 상승)
경기	고양시	재난/재해(홍수), 건강(대기오염알레르기, 미세먼지)
	수원시	재난/재해(기반시설), 건강(대기오염알레르기)
	안산시	건강(대기오염알레르기, 폭염), 재난/재해(기반시설, 주택)
	용인시	물관리(수질 수생태), 건강(대기오염알레르기)
강원	화천군	산림(산림생산성), 생태계(침엽수)
충북	옥천군	재난/재해(산사태), 생태계(생태계)
	청주시	건강(폭염, 한파, 대기오염), 재난/재해(홍수, 폭염, 폭설)
충남	공주시	농업(가축 생산성, 벼 생산성, 농경지 토양질식, 재배 사육시설, 배·복숭아 생산성), 산림(산사태, 산사태에 의한 임도·등산로, 산물, 소나무, 참나무포 고버섯, 산림 생산성, 산림식생)
	서천군	재난/재해(하수면상승, 홍수), 건강(전염병, 태풍)
	예산군	농업(사과, 재배·사육시설, 가축), 산림(산물, 산림식생)
	태안군	물관리(이수), 해양/수산업(수산업)
전북	고창군	농업(재배 사육시설), 건강(홍수, 전염병)
전남	여수시	해양/수산업(수산업), 재난/재해(홍수, 태풍, 하수면 상승)
	장성군	산림(산물), 농업(과수/사과 생산성)
경북	포항시	건강(기타 대기오염물질), 물관리(이수)

[중점분야 선정결과]

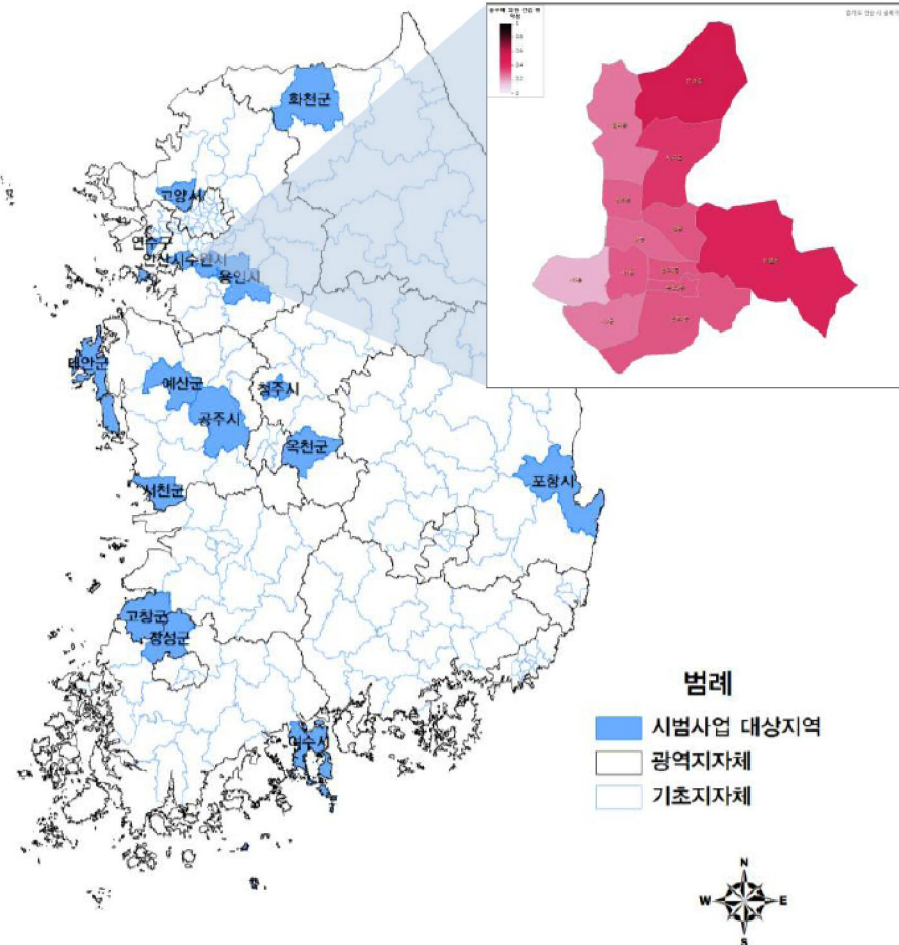


# 취약성 평가 방법론



# 취약성 평가 방법론

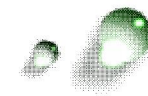
- 사용시나리오 : RCP 8.5
- 분석도구 : LCCGIS
- 분석단위 : 읍면동
- 분석방법
  - 분야별 공통적용 가능한 대용변수 및 시·공간 자료 마련
  - 취약성 평가 지수를 바탕으로, 지형, 기상 및 환경인자를 고려한 취약성 공간분포 유형 및 취약성 분석
  - 취약성 평가 결과 지도화



# 취약성 평가를 위한 기초자료 D/B

## ● 자료조사 목록작성 예시(연수구, 건강부문)

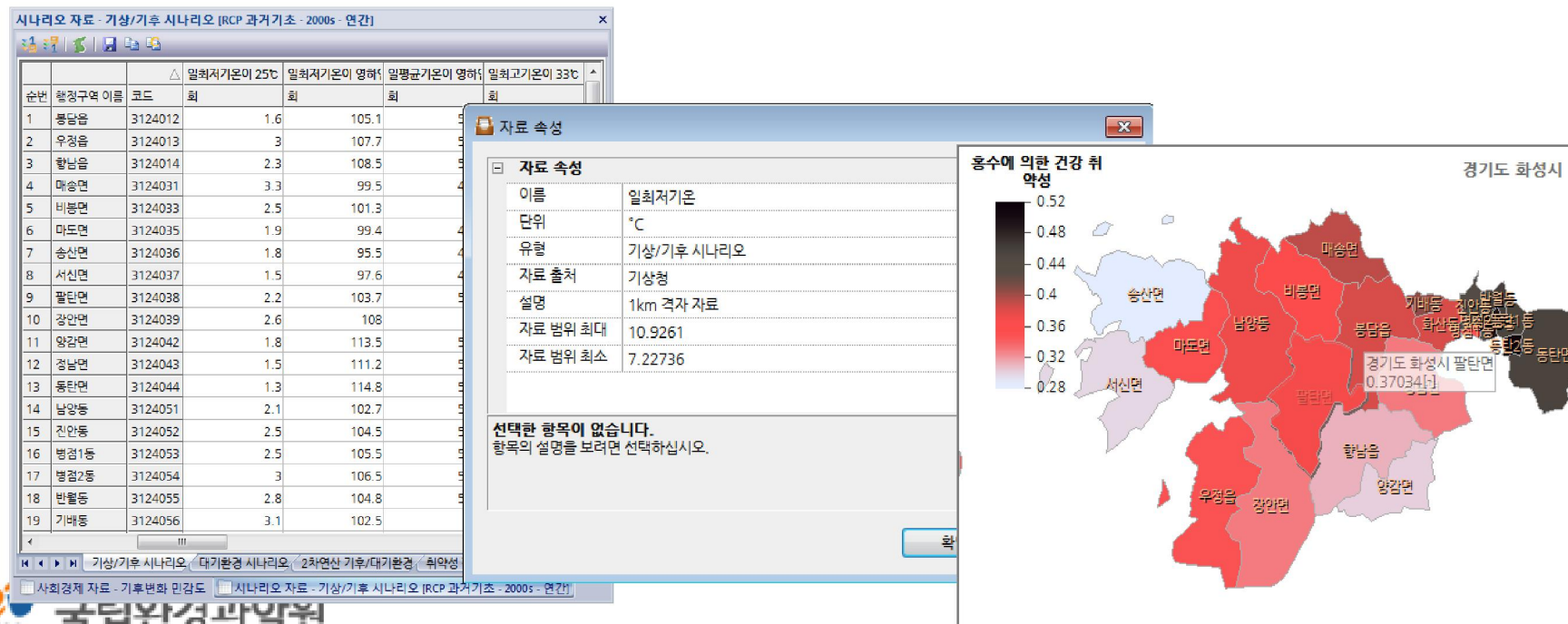
부문	세부항목	대응변수	변수목록	출처	확보여부	활용여부	신규지표여부	수집유형	자료유형	수집단위	구축단위	자료년도
건강	미세먼지에 의한 건강 취약성	기후노출	일최고기온 [°C]	LCCGIS/RPC8.5	확보	활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
			미세먼지 농도 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	LCCGIS/RPC8.5	확보	활용	기존	LCCGIS	통계표	시군구	시군구	
			시간미세먼지농도가 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 날	LCCGIS/RPC8.5	확보	활용	기존	LCCGIS	통계표	시군구	시군구	
		민감도	65세 이상 인구 [명]	통계청 > 동읍면/5세별 주민등록인구	확보	활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2011
			14세 이하 인구 [명]	통계청 > 동읍면/5세별 주민등록인구	확보	활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2011
			독거노인 비율 (65세 이상) [%]	통계청 > 성, 연령 및 혼인상태별 1인가구	확보	활용	기존	웹	통계표	시군구	시군구	2010
			기초생활수급자 비율 [%]	통계연보 > 보건 및 사회보장 > 국민기초	확보	활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
			천식환자수 [명]		미확보	미활용	신규					
			호흡기질환 입원 환자수 [명]	LCCGIS	확보	활용	기존	LCCGIS	통계표	시군구	시군구	
			심혈관질환 사망자수 [명]	통계청 > 시군구 사망원인	확보	활용	기존	웹	통계표	시군구	읍면동	2010
		적응능력	자동차 등록대수 [대]	통계청 > 자동차등록대수현황	확보	활용	신규	웹	통계표	시군구	읍면동	2012
			지역내 총생산(GRDP) [백만원]	통계청 > 경제활동별 지역내총생산	확보	활용	기존	웹	통계표	시군구	읍면동	2010
			재정자주도 [%]	통계청 > 우리지역주요지표	확보	활용	변경	웹	통계표	시군구	시군구	2010
			건강보험적용 인구 비율 [%]	국민건강보험공단 > 건강보험통계연보	확보	활용	기존	웹	문서	시군구	시군구	2010
			보건소 인력수 [명]	통계연보 > 보건 및 사회보장	확보	활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
			응급의료기관 수 [개]	통계연보 > 보건 및 사회보장	확보	활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
건강	홍수에 의한 건강 취약성	기후노출	GRDP 중 보건업 및 사회복지 서비스 [백만원]	통계청 > 경제활동별 지역내총생산	확보	활용	기존	웹	통계표	시군구	읍면동	2010
			일최대 강수량[mm]	LCCGIS/RPC8.5	확보	미활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수 [일]	LCCGIS/RPC8.5	확보	미활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
			일강수량이 160mm 이상인 날의 횟수 [일]	LCCGIS/RPC8.5	확보	미활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
		민감도	65세 이상 인구 [명]	통계청 > 동읍면/5세별 주민등록인구	확보	미활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2011
			14세 이하 인구 [명]	통계청 > 동읍면/5세별 주민등록인구	확보	미활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2011
			독거노인 비율 (65세 이상) [%]	통계청 > 성, 연령 및 혼인상태별 1인가구	확보	미활용	기존	웹	통계표	시군구	시군구	2010
			기초생활수급자 비율 [%]	통계연보 > 보건 및 사회보장 > 국민기초	확보	미활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
			10m 이하의 저지대 면적 [Km2]	국토해양부 > K LIS > DEM	확보	미활용	기존	기관협조	공간데이터	전국	읍면동	
			홍수피해인구 [명]	소방방재청 > 재해연보	확보	미활용	기존	웹	문서	시군구	시군구	2011
			수인성 질환자 수 [명]	질병관리본부 > 감염병 유행계 시스템	확보	미활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2001-2011년
	태풍에 의한 건강 취약성	적응능력	지역내 총생산(GRDP) [백만원]	통계청 > 경제활동별 지역내총생산	확보	미활용	기존	웹	통계표	시군구	읍면동	2010
			재정자주도 [%]	통계청 > 우리지역주요지표	확보	미활용	변경	웹	통계표	시군구	시군구	2010
			건강보험적용 인구 비율 [%]	국민건강보험공단 > 건강보험통계연보	확보	미활용	기존	웹	문서	시군구	시군구	2010
			보건소 인력수 [명]	통계연보 > 보건 및 사회보장	확보	미활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
			응급의료기관 수 [개]	통계연보 > 보건 및 사회보장	확보	미활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
			GRDP 중 보건업 및 사회복지 서비스 [백만원]	통계청 > 경제활동별 지역내총생산	확보	미활용	기존	웹	통계표	시군구	읍면동	2010
		기후노출	일 최대 강수량 [mm]	LCCGIS/RPC8.5	확보	미활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
			일 강수량이 80mm 이상인 날의 횟수 [일]	LCCGIS/RPC8.5	확보	미활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
			최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수 [일]	LCCGIS/RPC8.5	확보	미활용	기존	LCCGIS	통계표	읍면동	읍면동	
			65세 이상 인구 [명]	통계청 > 동읍면/5세별 주민등록인구	확보	미활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2011
			14세 이하 인구 [명]	통계청 > 동읍면/5세별 주민등록인구	확보	미활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2011
			독거노인 비율 (65세 이상) [%]	통계청 > 성, 연령 및 혼인상태별 1인가구	확보	미활용	기존	웹	통계표	시군구	시군구	2010
		민감도	기초생활수급자 비율 [%]	통계연보 > 보건 및 사회보장 > 국민기초	확보	미활용	기존	지자체	문서	시군구	시군구	2011
			10m 이하의 저지대 면적 [Km2]	국토해양부 > K LIS > DEM	확보	미활용	기존	기관협조	공간데이터	전국	읍면동	
			수인성 질환자 수 [명]	질병관리본부 > 감염병 유행계 시스템	확보	미활용	기존	웹	통계표	읍면동	읍면동	2001-2011년
			지역내 총생산(GRDP) [백만원]	통계청 > 경제활동별 지역내총생산	확보	미활용	기존	웹	통계표	시군구	읍면동	2010
			재정자주도 [%]	통계청 > 우리지역주요지표	확보	미활용	변경	웹	통계표	시군구	시군구	2010



# LCCGIS 설명

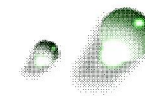
■ LCCGIS는 기존 CCGIS3 프로그램을 읍/면/동으로 확장한 프로그램

- 기온/강수량은 RCP8.5 1 Km 해상도 자료 사용
- 이 외 기후 변수는 RCP8.5 12.5 Km 해상도 자료 사용
- 사회/경제/지리 정보 경우, 읍/면/동 자료 추가

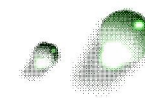
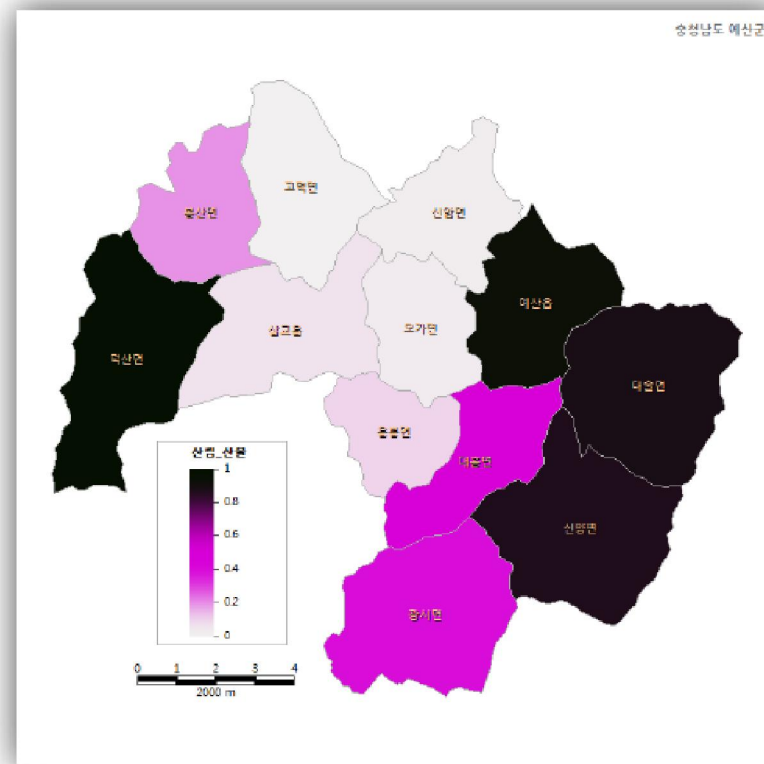
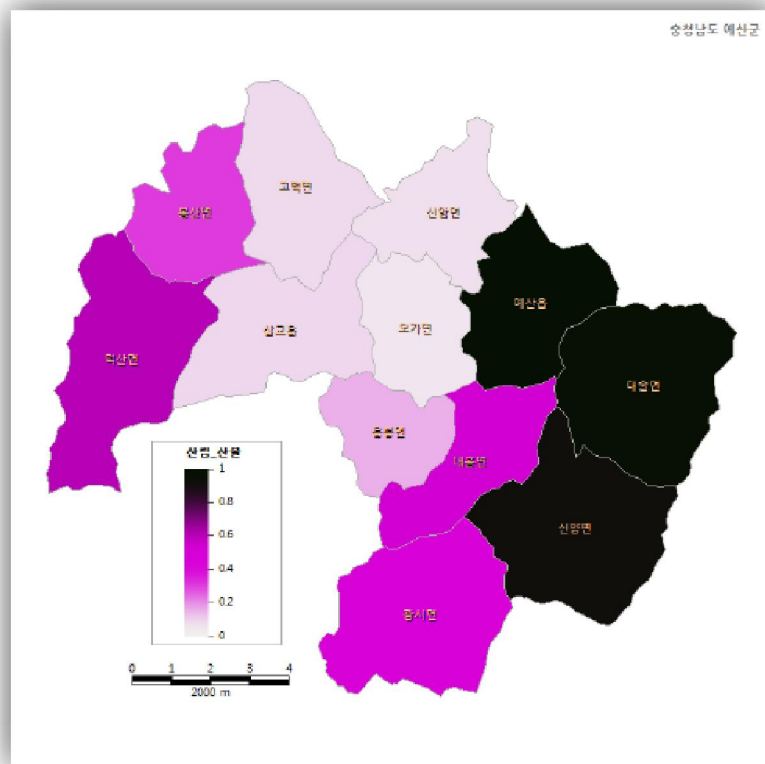


## 기초지자체 취약성 평가[예시: 산불 취약성]

세부항목	기준	가중치	대용변수(지표)	가중치
산불에 대한 취약성	기후노출	0.28	연중 일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수	0.53
			연중 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수	0.53
			연중 실효습도가 35% 이하인 날의 횟수	0.88
			연속적인 무강수일수의 최대값	0.97
	민감도	0.28	침엽수림 식생 면적	0.32
			활엽수림 식생 면적	0.32
			혼효림 식생 면적	0.15
			(예산)침엽수림의 능선에서부터 거리	0.32
			(예산)침엽수림의 입목축적량	0.32
			토양수분 10cm	0.53
			산림 내 평균경사	0.53
			총인구	0.32
	적응능력	0.88	산림 공무원 수	0.88
			지역내 총생산(GRDP)	0.02
			재정자립도	0.15
			산불전문예방진화대원 수	0.74
			산불무인감시 시스템 또는 산불 감시탑에서의 거리	0.91



# 기초지자체 취약성 평가[예시: 산불 취약성]



# 취약성 평가 고도화

## 고도화 유형 1

- 기후노출 변수의 변화 비교
- SRES, RCP 시나리오의 취약성 평가결과 비교

## 고도화 유형 2

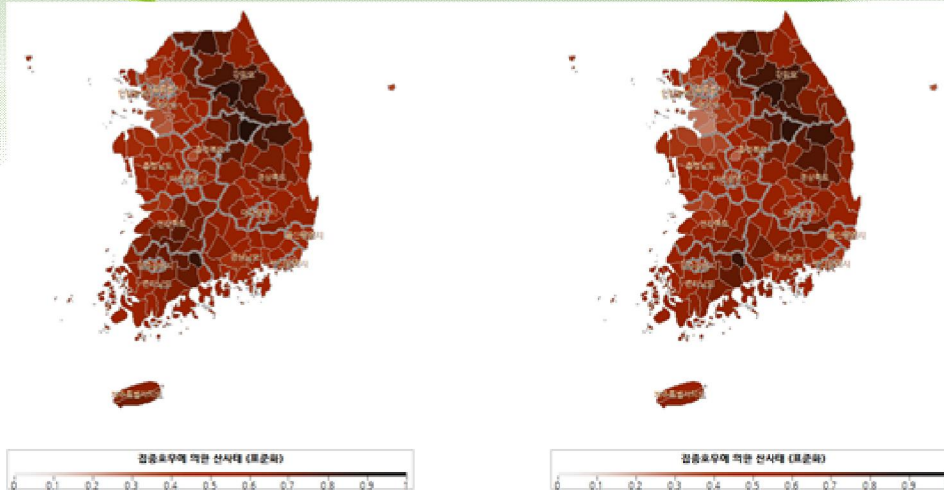
- 절대적 표준 선형화(2-1)
- 절대적 표준 비선형화(2-2)
- 대용변수 및 가중치 조정(2-3)

## 고도화 유형 3

- 취약성 평가 절대적 기준 제시
- 확률, 규모에 대한 기준 제시



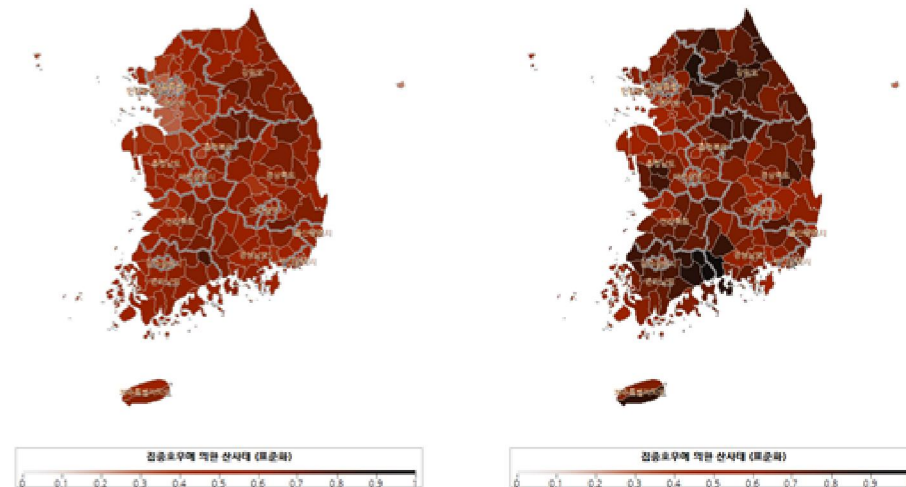
# 취약성 평가 고도화



SRES의 A1B와 A2 시나리오간 비교

- ▶ SRES 시나리오의 A1B와 A2에 의한 취약성 평가 결과만 보더라도 상당한 차이를 파악할 수 있음

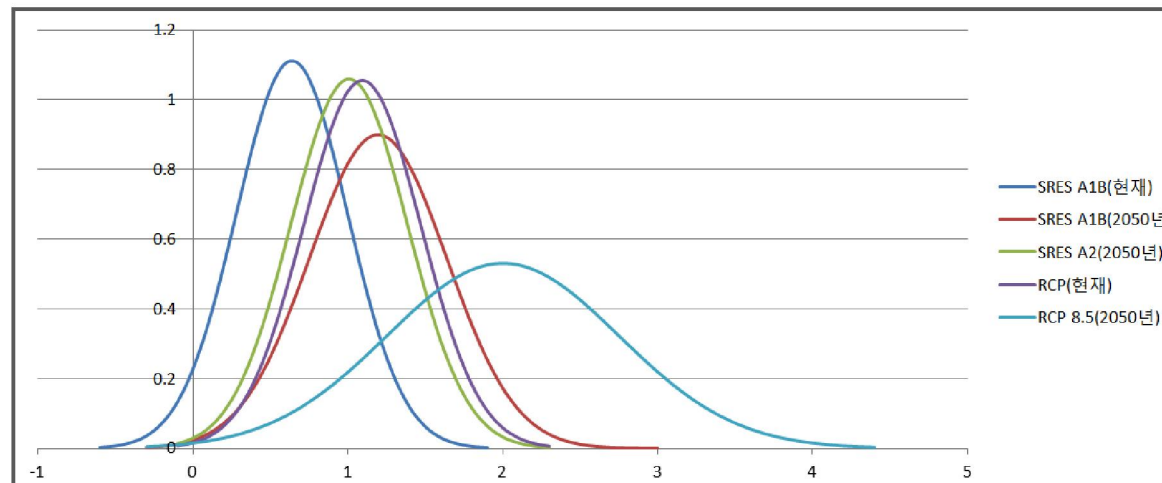
- ▶ RCP 8.5 시나리오는 SRES시나리오에 비해 강수량 및 온도 전망치가 높다고 할 수 있어 보다 더 급격한 변화의 취약성 결과를 도출하는 것이 그 특징이라고 할 수 있음



RCP 시나리오의 현재와 2050년 취약성 결과

# 취약성 평가 고도화

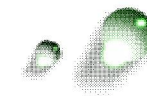
## ● 통계적 분석을 통한 표준화 기법 개선



각 시나리오의 확률밀도함수 그래프  
(일강수량 80mm이상인 날의 횟수)

SRES	미 래	A1B	최소값	0.30
			평균	1.19
			중간값	1.15
			최대값	2.40
			표준편차	0.44
		A2	최소값	0.20
			평균	1.00
			중간값	1.00
			최대값	2.30
			표준편차	0.37
RCP	미 래	RCP8.5	최소값	0.70
			평균	2.00
			중간값	2.00
			최대값	4.40
			표준편차	0.75

통계적인 값의 비교



# 취약성 평가 고도화

## ● 대용 변수 및 가중치 재설정

기후변화 취약성 평가항목 편집 - 산림: VRI7

순번	대용변수	가중치
1	일최대강수량	0.39
2	5일주기 최대강수량	0.16
3	6~8월 강수량	0.07
4	일강수량이 80mm 이상인 날...	0.24
5	토양수분 10cm	0.15

순번	대용변수	가중치
1	무림목지 면적	0.29
2	침엽수 면적	0.24
3	산림내 평균경사	0.35
4	산림내 평균고도	0.12

순번	대용변수	가중치
1	산림 공무원수	0.2
2	산림방제 면적	0.24
3	재정자립도	0.38
4	지역내 총생산 (GRDP)	0.18

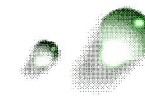
기후변화 취약성 평가 항목 가중치 설정

기후변화 취약성-탄력성 지수(VRI) = 기후노출 지수 × 0.4 + 기후민감도 지수 × 0.37 - 적응 능력 지수 × 0.23

VRI7 = 3

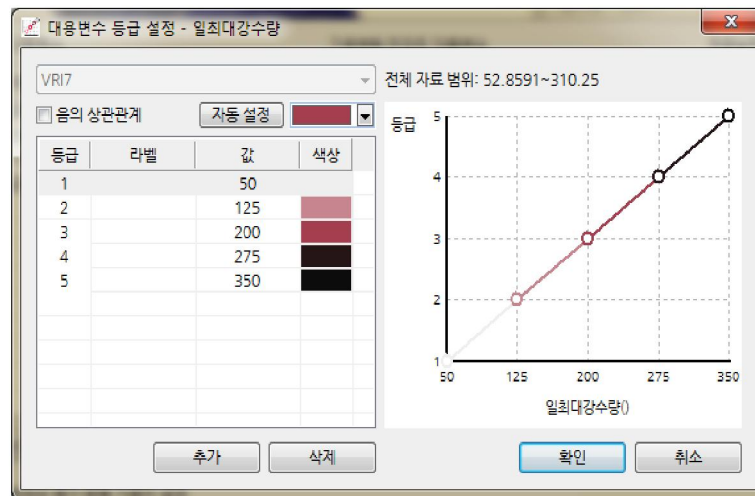
표준화 방법 선택: 전체 시나리오 기준

확인 취소

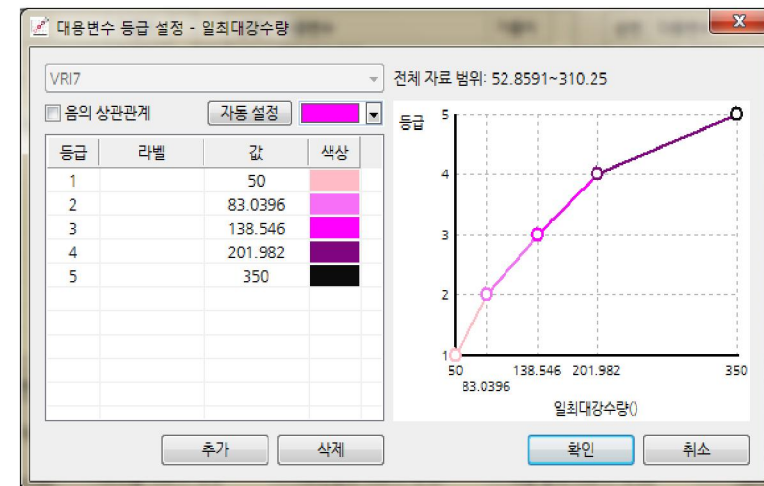


# 취약성 평가 고도화

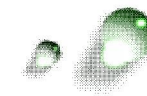
- 선형성 분석을 통한 절대적 취약성 지수 산정



절대적 표준 선형화 예시



절대적 표준 비선형화 예시



# 취약성 평가 고도화

## ● 취약성 평가 이외의 자료를 활용 검증 및 반영

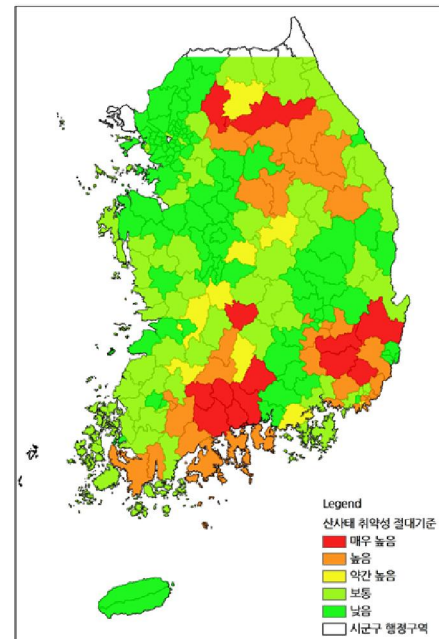
### 방법 1. 취약지역 중심의 기준 설정

취약성 지수	산사태 피해지역
0.70	경기도 연천군
0.75	강원도 춘천시
0.69	전남 순천시
...	...

### 방법 2. 국가 자료의 조합을 통한 절대적 기준 제시

산사태 취약성 지수(기후영향)		1	2	3	4	5
평균 산사태 위험 등급	1	매우 높음	매우 높음	높음	높음	보통
	2	매우 높음	매우 높음	약간 높음	보통	낮음
	3	높음	약간 높음	보통	보통	낮음
	4	높음	보통	보통	낮음	낮음
	5	보통	낮음	낮음	낮음	낮음

### 방법 3. 부문별 특성 반영 방안



취약성 절대적 기준 도면(예시)

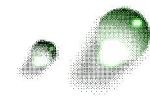


# 교육 및 홍보





**감사합니다.**





2012

국가 기후변화 시나리오 Workshop