

**제주특별자치도 기후변화적응대책
세부시행계획
(2012년 ~ 2016년)**

2012. 4

제주특별자치도

제 출 문

제주특별자치도지사 귀하

본 보고서를 「제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획」
용역의 최종보고서로 제출합니다.

2012년 4월

제주발전연구원

원 장 양 영 오

< 목 차 >

제 1 장 계획의 개요	3
1. 계획의 배경과 목적	3
2. 계획의 범위	3
제 2 장 기후변화 현황분석 및 영향평가	7
1. 일반 현황	7
2. 기후현황 및 예측과 전망	24
3. 기후변화 영향 및 특성	67
제 3 장 선행연구 및 사례 고찰	97
1. 국가 단위 계획 및 시사점	97
2. 제주특별자치도 관련 계획 및 시사점	106
3. 해외사례 및 시사점	115
제 4 장 적응능력 평가	161
1. 적응능력 평가 개요	161
2. 분야별 적응능력	161
제 5 장 취약성 평가 및 중점 추진분야	169
1. 분야별 취약성 평가	169
2. 중점 추진분야(우선순위)	271

3. 취약성 평가 결과 시사점	274
제 6 장 세부시행계획의 비전 및 목표	281
1. 기본 방향	281
2. 비전 및 목표	282
제 7 장 분야별 세부시행계획	297
1. 보건 분야	297
2. 산림 분야	308
3. 물관리 분야	321
4. 생태계 분야	331
5. 농업분야	357
6. 해양/수산 분야	389
7. 재해 분야	410
제 8 장 추진계획	423
1. 소요예산	423
2. 분야별 집행계획	425
3. 추진 체계	430
참고문헌	435
부록	447

< 표 목차 >

<표 2-1> 제주특별자치도 표고 분석	8
<표 2-2> 제주특별자치도 경사 분석	8
<표 2-3> 제주특별자치도 기상·기후 개황	9
<표 2-4> 제주특별자치도 행정구역 현황	10
<표 2-5> 연도별 세대 및 인구	11
<표 2-6> 행정구역별 세대 및 인구	12
<표 2-7> 지목별 토지이용 현황	13
<표 2-8> 도시지역의 용도지역	14
<표 2-9> 용도지역 지정 현황	15
<표 2-10> 제주특별자치도 도로연장 추이	16
<표 2-11> 제주국제공항 운항실적 추이	17
<표 2-12> 항만시설 현황	17
<표 2-13> 상수도 시설 현황	18
<표 2-14> 하수관거시설 및 보급률	18
<표 2-15> 보건의료 현황	19
<표 2-16> 교육시설 및 재학생 현황	20
<표 2-17> 제주지역 환경교육의 유형별 분류	20
<표 2-18> 사회복지시설 현황	21
<표 2-19> 지역총생산 현황	22
<표 2-20> 경제활동 인구 및 취업자 현황	22
<표 2-21> 국민기초생활보장 수급자 현황	23
<표 2-22> 금융기관수	23
<표 2-23> 제주특별자치도 극한기후사상	37

<표 2-24> 해안지역의 10년 단위 주요현상일수 변화	49
<표 2-25> 제주의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화	51
<표 2-26> 서귀포의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화	51
<표 2-27> 성산의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화	52
<표 2-28> 고산의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화	52
<표 2-29> 제주특별자치도 극한기온사상 변화율	54
<표 2-30> 제주 평균기온, 최고기온, 최저기온 미래전망	56
<표 2-31> 전국 말라리아 발생 추이	67
<표 2-32> 전국 찻잎가무시증 발생현황	68
<표 2-33> 2009년 환경성질환 진료환자의 시도별 현황	69
<표 2-34> 제주특별자치도 황사 관측일수	70
<표 2-35> 연도별 한파주의보 발표 일수	71
<표 2-36> 2010년 12월 31일 적설 현황	77
<표 2-37> 2011년 태풍발생현황	78
<표 2-38> 최근 10년간 8월 안개현황	79
<표 2-39> 9월 중순 낙뢰 현황	80
<표 2-40> 최근 30년간 가을가뭄 현황	81
<표 2-41> 자연재해별 피해 발생현황	84
<표 2-42> 자연재해 피해 발생현황 변화	85
<표 2-43> 지역 일간지에 나타난 제주지역 기후변화 피해사례	86
<표 2-44> 지역 일간지에 나타난 보건 분야 기후변화 피해사례	87
<표 2-45> 지역 일간지에 나타난 산림 분야 기후변화 피해사례	88
<표 2-46> 지역 일간지에 나타난 물관리 분야 기후변화 피해사례	89
<표 2-47> 지역 일간지에 나타난 생태계 분야 기후변화 피해사례	90
<표 2-48> 지역 일간지에 나타난 농업 분야 기후변화 피해사례	90

<표 2-49> 지역 일간지에 나타난 해양/수산 분야 기후변화 피해사례	91
<표 2-50> 지역 일간지에 나타난 재해 분야 기후변화 피해사례	92
<표 3-1> 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획의 분야별 사업	100
<표 3-2> 보건 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	101
<표 3-3> 산림 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	102
<표 3-4> 물관리 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	102
<표 3-5> 생태계 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	103
<표 3-6> 농업 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	104
<표 3-7> 해양/수산 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	104
<표 3-8> 재해 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계	105
<표 3-9> 선행 연구에서 제시하는 보건 분야 세부과제	109
<표 3-10> 선행 연구에서 제시하는 산림 분야 세부과제	110
<표 3-11> 선행 연구에서 제시하는 물관리 분야 세부과제	111
<표 3-12> 선행 연구에서 제시하는 생태계 분야 세부과제	111
<표 3-13> 선행 연구에서 제시하는 농업 분야 세부과제	112
<표 3-14> 선행 연구에서 제시하는 해양/수산 분야 세부과제	113
<표 3-15> 선행 연구에서 제시하는 재해 분야 세부과제	114
<표 3-16> 농림수산성의 기후변화 종합대책에서 수산분야	148
<표 4-1> 분야별 적응능력의 전국 비교	165
<표 5-1> 보건 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	170
<표 5-2> 홍수에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	171
<표 5-3> 홍수에 의한 건강 취약성	172
<표 5-4> 태풍에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	174
<표 5-5> 태풍에 의한 건강 취약성	175
<표 5-6> 폭염에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	177

<표 5-7> 폭염에 의한 건강 취약성	178
<표 5-8> 한파에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	180
<표 5-9> 한파에 의한 건강 취약성	181
<표 5-10> 오존농도 상승에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	183
<표 5-11> 오존농도 상승에 의한 건강 취약성	184
<표 5-12> 미세먼지에 대한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	186
<표 5-13> 미세먼지에 대한 건강 취약성	187
<표 5-14> 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	189
<표 5-15> 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성	190
<표 5-16> 곤충 및 설치류에 의한 전염병 취약성 부문 대응변수 및 가중치	192
<표 5-17> 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성	193
<표 5-18> 수인성 매개 질환의 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치	195
<표 5-19> 수인성 매개질환의 건강 취약성	196
<표 5-20> 제주특별자치도 보건 분야 취약성 평가 종합	198
<표 5-21> 산림 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	199
<표 5-22> 집중호우에 의한 산사태 취약성 부문 대응변수 및 가중치	200
<표 5-23> 집중호우에 의한 산사태 취약성	201
<표 5-24> 산사태에 의한 임도의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	203
<표 5-25> 산사태에 의한 임도의 취약성	204
<표 5-26> 산불에 대한 취약성 부문 대응변수 및 가중치	206
<표 5-27> 산불에 대한 취약성	207
<표 5-28> 병해충에 의한 소나무의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	209
<표 5-29> 병해충에 의한 소나무의 취약성	210
<표 5-30> 산림생산성의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	212
<표 5-31> 산림생산성의 취약성	213

<표 5-32> 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	215
<표 5-33> 가뭄에 의한 산림식생의 취약성	216
<표 5-34> 제주특별자치도 산림 분야 취약성 평가 종합	218
<표 5-35> 물관리 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	219
<표 5-36> 치수의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	220
<표 5-37> 치수의 취약성	221
<표 5-38> 이수의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	223
<표 5-39> 이수의 취약성	224
<표 5-40> 수질 및 수생태에 대한 취약성 부문 대응변수 및 가중치	226
<표 5-41> 수질 및 수생태에 대한 취약성	227
<표 5-42> 제주특별자치도 물관리 분야 취약성 평가 종합	229
<표 5-43> 생태계 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	230
<표 5-44> 수목 생장과 분포의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	231
<표 5-45> 수목 생장과 분포의 취약성	232
<표 5-46> 곤충의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	234
<표 5-47> 곤충의 취약성	235
<표 5-48> 보전구역 관리의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	237
<표 5-49> 보전구역 관리의 취약성	238
<표 5-50> 제주특별자치도 생태계 분야 취약성 평가 종합	240
<표 5-51> 농업 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	241
<표 5-52> 농경지 토양침식의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	242
<표 5-53> 농경지 토양침식의 취약성	243
<표 5-54> 재배·사육시설(붕괴)의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	245
<표 5-55> 재배·사육시설(붕괴)의 취약성	246
<표 5-56> 가축 생산성의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	248

<표 5-57> 가축 생산성의 취약성	249
<표 5-58> 감귤 생산성의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	251
<표 5-59> 2010년 감귤재배 농가 및 재배면적 현황	252
<표 5-60> 제주특별자치도 농업 분야 취약성 평가 종합	253
<표 5-61> 해양/수산 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	254
<표 5-62> 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성 부문 대응변수 및 가중치	254
<표 5-63> 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	255
<표 5-64> 제주특별자치도 해양/수산 분야 취약성 평가 종합	257
<표 5-65> 재해 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경	258
<표 5-66> 홍수에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치	258
<표 5-67> 홍수에 대한 기반시설 취약성	259
<표 5-68> 폭염에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치	261
<표 5-69> 폭염에 대한 기반시설 취약성	262
<표 5-70> 폭설에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치	264
<표 5-71> 폭설에 대한 기반시설 취약성	265
<표 5-72> 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치	267
<표 5-73> 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	268
<표 5-74> 제주특별자치도 재해 분야 취약성 평가 종합	270
<표 6-1> 보건 분야 세부추진과제	285
<표 6-2> 산림 분야 세부추진과제	286
<표 6-3> 물관리 분야 세부추진과제	288
<표 6-4> 생태계 분야 세부추진과제	289
<표 6-5> 농업 분야 세부추진과제	290
<표 6-6> 해양/수산 분야 세부추진과제	291
<표 6-7> 재해 분야 세부추진과제	292

<표 7-1> 제주 및 남해안(여수) 지역 특정 비브리오 균종 정성분석 결과	300
<표 7-2> 쓰쓰가무시병 발생현황	301
<표 7-3> 기후변화와 감염병에 의한 건강 취약성 연구 수행 단계	302
<표 7-4> Korean J Asthma Allergy Clin Immunol	304
<표 7-5> 2010년 제주지역 초·중·고등학교 대상 삼나무 꽃가루 감작률 비교	305
<표 7-6> 기후변화와 삼나무 꽃가루병에 의한 건강 취약성 연구 수행 단계	305
<표 7-7> 우리나라 응애류 종다양성 현황	347
<표 7-8> 제주특별자치도 농업관련 토지이용 현황	357
<표 7-9> 제주특별자치도 사방(침식방지 시설) 사업현황	358
<표 7-10> 제9호 태풍 무이파로 인한 비닐하우스 피해신고 현황	362
<표 7-11> 최근 30년간 제주특별자치도 가을가뭄 현황	364
<표 7-12> 제주특별자치도 한해대책 장비보유 현황	366
<표 7-13> 주요 해충의 60년대 대비 2000년대 번식 가능기간 비교	374
<표 7-14> 봄철 4월15일~6월15일 기간 강우지속시간의 길이 및 변이 비교	375
<표 7-15> 여름철 6~8월 기간 강우지속시간의 길이 및 변이 비교	376
<표 7-16> 제주 지역별 평균온도 8℃ 이상 일수의 시대별 변화	376
<표 7-17> 병해충 종류별 2004~2009년 기간 동안 평균 피해액 추정결과	377
<표 7-18> 제주의 주요 작물별 병해충에 대한 예찰시스템 구축정도 및 기술수준 ...	378
<표 7-19> 홍수관련 개별법에 의한 각종계획 현황	414
<표 7-20> 영국의 계획체계에서 홍수위험평가의 범위 및 담당기관	415
<표 7-21> 계획과정을 고려한 홍수위험 관리 유형(영국)	415

< 그림 목차 >

(그림 1-1) 공간적 범위	4
(그림 2-1) 제주특별자치도 공간적 범위	7
(그림 2-2) 제주특별자치도 표고 및 경사 분석도	8
(그림 2-3) 제주특별자치도 개발가능지 분포도	13
(그림 2-4) 제주특별자치도 지목별 토지이용도	14
(그림 2-5) 연·계절 평균기온 공간분포	24
(그림 2-6) 연·계절 강수량 공간분포	25
(그림 2-7) 제주특별자치도 바람장미	26
(그림 2-8) 연·계절 일교차 공간분포	27
(그림 2-9) 연·계절 상대습도 공간분포	28
(그림 2-10) 연·계절 일조시간 공간분포	28
(그림 2-11) 연·계절 운량 공간분포	29
(그림 2-12) 연·계절 일강수량 0.1mm 이상일수 공간분포	30
(그림 2-13) 연·계절 일강수량 80mm 이상일수 공간분포	30
(그림 2-14) 연·계절 눈 일수 공간분포	31
(그림 2-15) 연·계절 일최저기온 25℃ 이상일수 공간분포	32
(그림 2-16) 연·계절 일최고기온 33℃ 이상의 2일 이상 지속일수 공간분포	32
(그림 2-17) 연·계절 황사일수 공간분포	33
(그림 2-18) 연·계절 서리일수 공간분포	33
(그림 2-19) 일평균기온 최고와 최고기온 최고 공간분포	34
(그림 2-20) 일평균기온 최저와 최저기온 최저 공간분포	35
(그림 2-21) 제주특별자치도 기후그래프	38
(그림 2-22) 해안지역의 연평균 기온 변화	40

(그림 2-23) 해안지역의 연강수량 변화	41
(그림 2-24) 해안지역의 연 일교차 변화	42
(그림 2-25) 해안지역의 연 운량 변화	43
(그림 2-26) 해안지역의 연 일조시간 변화	44
(그림 2-27) 연 상대습도 변화	44
(그림 2-28) 해안지역의 연 증발량 변화	45
(그림 2-29) 제주특별자치도 30년 단위 평균기온, 최고기온, 최저기온 미래전망	59
(그림 2-30) 제주특별자치도의 30년 단위 연강수량 미래전망	60
(그림 2-31) 해안지역의 온난일율 미래전망	60
(그림 2-32) 해안지역의 온난야율 미래전망	61
(그림 2-33) 해안지역의 일최고기온 25℃이상 일수 미래전망	61
(그림 2-34) 해안지역의 일최저기온 25℃이상 일수 미래전망	62
(그림 2-35) 해안지역 일최고기온 최고 미래전망	63
(그림 2-36) 해안지역의 일최저기온 최고 미래전망	64
(그림 2-37) 해안지역 연극한기온교차 미래전망	64
(그림 2-38) 제주특별자치도 말라리아 발생 추이	68
(그림 2-39) 제주특별자치도 찻잎가무시증 발생 추이	69
(그림 2-40) 최근 30년간 제주특별자치도의 황사 관측일수	70
(그림 2-41) 최근 3년간 1~4월 평균기온 분포	77
(그림 2-42) 자연재해별 피해 발생현황	84
(그림 2-43) 자연재해 피해 발생현황 및 피해액	85
(그림 2-44) 보건 분야 피해사례	87
(그림 2-45) 물관리 분야 피해사례	89
(그림 2-46) 생태계 분야 피해사례	89
(그림 2-47) 농업 분야 피해사례	90

(그림 2-48) 해양/수산 분야 피해사례	91
(그림 2-49) 재해 분야 피해사례	92
(그림 2-50) 지역 일간지에 나타난 분야별 기후변화 피해사례	93
(그림 3-1) 네덜란드의 21세기 신물관리정책	125
(그림 3-2) Mose 프로젝트	127
(그림 3-3) 일본 탄소직불제 프로그램사례	142
(그림 3-4) 미국의 재난방지 적응정책의 흐름	151
(그림 4-1) 제주특별자치도 보건 분야 적응능력	161
(그림 4-2) 제주특별자치도 산림 분야 적응능력	162
(그림 4-3) 제주특별자치도 물관리 분야 적응능력	162
(그림 4-4) 제주특별자치도 생태계 분야 적응능력	163
(그림 4-5) 제주특별자치도 농업 분야 적응능력	163
(그림 4-6) 제주특별자치도 농업 분야 적응능력	164
(그림 4-7) 제주특별자치도 농업 분야 적응능력	164
(그림 5-1) 홍수에 의한 건강 취약성의 미래 예측	173
(그림 5-2) 홍수에 의한 건강 취약성의 전국 비교	174
(그림 5-3) 태풍에 의한 건강 취약성의 미래 예측	176
(그림 5-4) 태풍에 의한 건강 취약성의 전국 비교	177
(그림 5-5) 폭염에 의한 건강 취약성 평가의 미래 예측	179
(그림 5-6) 폭염에 의한 건강 취약성의 전국 비교	180
(그림 5-7) 한파에 의한 건강 취약성의 미래 예측	182
(그림 5-8) 한파에 의한 건강 취약성의 전국 비교	183
(그림 5-9) 오존농도 상승에 의한 건강 취약성의 미래 예측	185
(그림 5-10) 오존농도 상승에 의한 건강 취약성의 전국 비교	186
(그림 5-11) 미세먼지에 대한 건강 취약성의 미래 예측	188

(그림 5-12) 미세먼지에 대한 건강 취약성의 전국 비교	189
(그림 5-13) 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성의 미래 예측	191
(그림 5-14) 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성의 전국 비교	192
(그림 5-15) 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성의 미래 예측	194
(그림 5-16) 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성의 전국 비교	195
(그림 5-17) 수인성 매개질환의 건강 취약성의 미래 예측	197
(그림 5-18) 수인성 매개질환의 건강 취약성의 전국 비교	198
(그림 5-19) 제주특별자치도 보건 분야 취약성 평가 종합	199
(그림 5-20) 집중호우에 의한 산사태 취약성의 미래 예측	202
(그림 5-21) 집중호우에 의한 산사태 취약성의 전국 비교	203
(그림 5-22) 산사태에 의한 임도의 취약성의 미래 예측	205
(그림 5-23) 산사태에 의한 임도의 취약성의 전국 비교	206
(그림 5-24) 산불에 대한 취약성의 미래 예측	208
(그림 5-25) 산불에 대한 취약성의 전국 비교	209
(그림 5-26) 병해충에 의한 소나무의 취약성의 미래예측	211
(그림 5-27) 병해충에 의한 소나무의 취약성의 전국 비교	212
(그림 5-28) 산림생산성 취약성의 미래예측	214
(그림 5-29) 산림생산성의 취약성의 전국 비교	215
(그림 5-30) 가뭄에 의한 산림식생 취약성의 미래예측	217
(그림 5-31) 가뭄에 의한 산림식생의 취약성의 전국 비교	218
(그림 5-32) 제주특별자치도 산림 분야 취약성 평가 종합	219
(그림 5-33) 치수 취약성의 미래 예측	222
(그림 5-34) 치수의 취약성의 전국 비교	223
(그림 5-35) 이수의 취약성의 미래 예측	225
(그림 5-36) 이수의 취약성의 전국 비교	226

(그림 5-37) 수질 및 수생태에 대한 취약성의 미래 예측	228
(그림 5-38) 수질 및 수생태에 대한 취약성의 전국 비교	229
(그림 5-39) 제주특별자치도 물관리 분야 취약성 평가 종합	230
(그림 5-40) 수목 성장과 분포의 취약성의 미래 예측	233
(그림 5-41) 수목 성장과 분포의 취약성의 전국 비교	234
(그림 5-42) 곤충의 취약성의 미래 예측	236
(그림 5-43) 곤충의 취약성의 전국 비교	237
(그림 5-44) 보전구역 관리의 취약성의 미래 예측	239
(그림 5-45) 보전구역 관리의 취약성의 전국 비교	240
(그림 5-46) 제주특별자치도 생태계 분야 취약성 평가 종합	241
(그림 5-47) 농경지 토양침식의 취약성의 미래 예측	244
(그림 5-48) 농경지 토양침식의 취약성의 전국 비교	245
(그림 5-49) 재배·사육시설(붕괴)의 취약성의 미래 예측	247
(그림 5-50) 재배·사육시설(붕괴)의 취약성의 전국 비교	248
(그림 5-51) 가축 생산성의 취약성의 미래 예측	250
(그림 5-52) 가축 생산성의 취약성의 전국 비교	251
(그림 5-53) 제주특별자치도 농업 분야 취약성 평가 종합	253
(그림 5-54) 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성의 미래 예측	256
(그림 5-55) 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성의 전국 비교	257
(그림 5-56) 제주특별자치도 해양/수산 분야 취약성 평가 종합	257
(그림 5-57) 홍수에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측	260
(그림 5-58) 홍수에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교	261
(그림 5-59) 폭염에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측	263
(그림 5-60) 폭염에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교	264
(그림 5-61) 폭설에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측	266

(그림 5-62) 폭설에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교	267
(그림 5-63) 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측	269
(그림 5-64) 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교	270
(그림 5-65) 제주특별자치도 재해 분야 취약성 평가 종합	270
(그림 5-66) 보건 분야 세부항목별 우선순위	271
(그림 5-67) 산림 분야 세부항목별 우선순위	271
(그림 5-68) 물관리 분야 세부항목별 우선순위	272
(그림 5-69) 생태계 분야 세부항목별 우선순위	272
(그림 5-70) 농업 분야 세부항목별 우선순위	272
(그림 5-71) 해양/수산 분야 세부항목별 우선순위	273
(그림 5-72) 재해 분야 세부항목별 우선순위	273
(그림 6-1) 세부시행계획의 비전 및 목표	284
(그림 7-1) 감염성 질병/상해 인자와 기후환경변화의 관련성	298
(그림 7-2) 동아시아의 경우 뎅기열은 대만까지 발생	299
(그림 7-3) 천식의 유병률, 심각도, 악화와 꽃가루 및 알레르겐 수준의 관련성 연구	304
(그림 7-4) 제주(서귀포)의 계절별 기온증가 경향과 1990년 이후 침입 또는 돌발해충 목록 ..	368
(그림 7-5) 감귤 그린병 매개충인 <i>D. citri</i>	369
(그림 7-6) 우리나라 1월 최저기온 분포도	370
(그림 7-7) 제주지방기상청 기상측정지점과 감귤원 분포도	377
(그림 7-8) 과거30년 간 인명 및 재산피해 현황	411
(그림 7-9) 최근 30년간 우리나라 강우강도의 변동	411
(그림 7-10) 태풍나리에 의한 제주시의 피해지역	412
(그림 7-11) 병문천 부근의 피해상황(태풍나리)	412
(그림 8-1) 제주특별자치도기후변화대응추진본부	431

제 1 장

계획의 개요

① 계획의 배경 및 목적

② 계획의 범위

제 1 장 계획의 개요

1. 계획의 배경과 목적

1) 계획의 배경

- 기후변화는 이미 관측자료를 통해 확인된 과학적 사실로써 단기적인 환경 변화 뿐만 아니라 장기간에 걸친 온도 상승, 강수량의 변화, 해수면 상승 등을 유발함
- IPCC는 기후변화로 인해 현 세대 및 미래세대가 직면하게 될 악영향을 최소화 하기 위한 적응조치의 중요성을 권고하고 있음
- 우리나라는 기후변화 제3차 종합대책(2005-2007)에 적응개념을 처음 도입하였으며, 2008년에 13개 부처 공동으로 국가 기후변화 적응 종합계획(2008)을 발표함
- 2010년 4월, 「저탄소녹색성장기본법」 시행에 따라, 적응분야 최초의 법정계획으로 「국가 기후변화 적응대책(2011~2015)」을 수립하였음
- 같은 법 시행령 제38조의 규정에 따라 ‘지방자치단체 세부시행계획’을 수립하는 것으로 「제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획」을 수립함

2) 계획의 목적

- 분야별 세부시행계획을 수립함으로써 기후변화에 따른 악영향을 최소화하고, 위기를 기회요인으로 활용하기 위함

2. 계획의 범위

1) 시간적 범위

- 기준년도: 2010년 , 목표년도: 2016년 , 계획기간: 2012년 ~ 2016년(5개년)

2) 공간적 범위

- 대상지역: 제주특별자치도 전 지역(면적: 1,848.85km²)



(그림 1-1) 공간적 범위

3) 내용적 범위

- 기후변화 현황분석 및 영향평가
- 기후변화 적응관련 선행연구 및 사례 고찰
- 기후변화 적응능력 분석
- 분야별 취약성평가 및 중점 추진분야(우선순위) 선정
- 세부시행계획 방향 및 목표 설정
- 기존 적응대책 현황 조사·분석
- 기후변화 영향 및 취약성 평가에 근거한 분야별 적응대책 선정
- 연차별 적응대책 세부시행계획 수립

제 2 장

기후변화 현황분석 및 영향평가

① 일반 현황

② 기후변화 예측과 전망

③ 기후변화 영향 및 특성

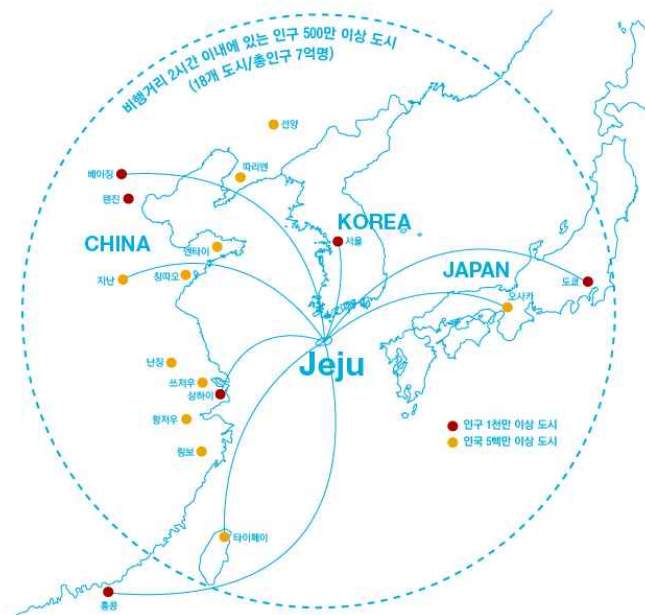
제 2 장 기후변화 현황분석 및 영향평가

1. 일반 현황

1) 자연환경

(1) 지형적 위치

- 제주특별자치도는 한반도의 남서해상에 위치한 섬 지역으로, 반경 1,000km 이내에 서울시를 비롯하여 후쿠오카, 북경, 상해 등 동북아의 주요 도시가 위치함
- 제주특별자치도의 총면적은 1,848.85km²로서 남한 면적의 1.85%를 차지하며, 부속 도서로는 8개의 유인도와 55개의 무인도를 보유하고 있음



(그림 2-1) 제주특별자치도 공간적 범위

자료: 제주특별자치도(2009), 「녹색성장 5개년 계획」

- 대기·기상학적으로 중요한 위치
 - 우리나라에 상륙하는 대부분의 태풍이 통과하는 길목에 위치함
 - 기후변화로 인한 대기 순환 및 오염물질 이동을 모니터링 할 수 있는 최적의 장소임

(2) 표고 및 경사

- 제주특별자치도 전체의 표고분석을 살펴보면 표고 200m 이하 해안지역이 1,011.3 km²로 54.7%, 200~600m의 중산간지역이 589.7km²로 31.9%, 600~1,000m이상의 산악지역이 162.7km²로 8.8%, 1,000m이상 85.0km²로 4.6%의 비율을 보임
- 제주특별자치도에서 표고 200m 이상은 45.3%를 차지하고 평균고도는 281m이며, 우리나라 남한의 최고봉인 한라산이 제주특별자치도의 중심에 위치하고 있음

<표 2-1> 제주특별자치도 표고 분석

구분	합 계	200m이하	200~400	400~600	600~800	800~1,000	1,000~1,200	1,200m이상
면적(km ²)	1,848.7	1,011.3	391.9	197.8	101.7	61.0	38.8	46.2
구성비(%)	100.0	54.7	21.2	10.7	5.5	3.3	2.1	2.5

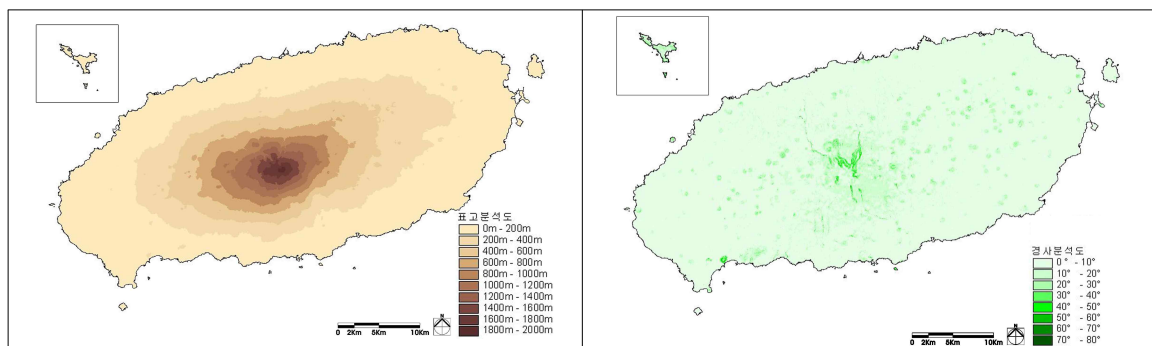
자료: 제주특별자치도(2010), 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」

- 평균 경사도는 8%이며, 경사 10% 미만의 평탄지역이 1,599.2km²로 전체 면적의 86.5%를 차지함
- 경사 10~20%인 지역은 전체면적의 9.9% 분포하고 있는데, 토지활용도가 높은 경사 20% 미만 지역이 1,782.2km²로 제주특별자치도 전체의 96.4%를 차지함

<표 2-2> 제주특별자치도 경사 분석

구분	합 계	10% 이하	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40% 이상
면적(km ²)	1,848.7	1,599.2	183.0	49.9	12.9	3.7
구성비(%)	100.0	86.5	9.9	2.7	0.7	0.2

자료: 제주특별자치도(2010), 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」



(그림 2-2) 제주특별자치도 표고 및 경사 분석도

자료: 제주특별자치도(2010), 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」

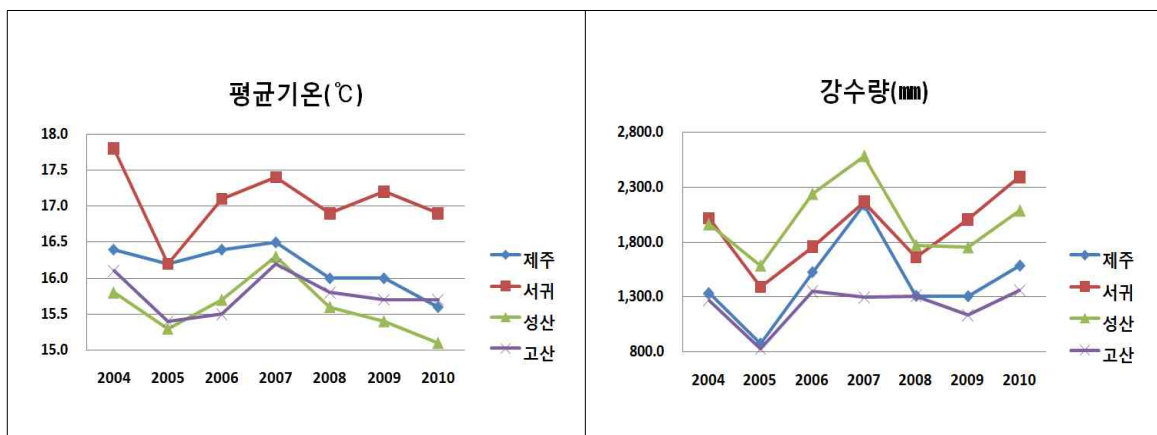
(3) 기상·기후¹⁾

- 제주특별자치도는 연안에 난류가 흐르고 있어 기온의 연교차가 작은 전형적인 난대성 해양성 기후이며, 지형적으로 한라산이 제주특별자치도의 중앙에 솟아 있어 남북 간 기후차가 큼
- 평균기온은 2010년 기준 제주의 경우 15.6℃로 대체로 온화한 편이고, 서귀포는 16.9℃로 제주특별자치도의 다른 관측 지역보다 평균기온이 높게 나타나며, 최근 들어 열대야도 많아지고 있음
- 강수량은 2010년 기준 서귀포의 경우는 2,393.3mm로 가장 많았고, 가장 적은 곳은 고산 1,361.8mm로 지역간 편차가 크게 나타나고 있음
- 풍속은 평균풍속을 기준으로 살펴보면 제주특별자치도 전역이 강풍이 많으며 돌발적 기상변화가 많은 편임

<표 2-3> 제주특별자치도 기상·기후 개황

구분	평균기온(℃)				강수량(mm)				평균 상대습도(%)			
	제주	서귀	성산	고산	제주	서귀	성산	고산	제주	서귀	성산	고산
2004	16.4	17.8	15.8	16.1	1,333.8	2,018.0	1,962.5	1,269.9	67	65	72	72
2005	16.2	16.2	15.3	15.4	872.5	1,390.6	1,588.0	827.5	64	66	74	72
2006	16.4	17.1	15.7	15.5	1,525.4	1,757.6	2,238.0	1,350.1	64	67	75	73
2007	16.5	17.4	16.3	16.2	2,139.8	2,166.5	2,582.5	1,296.0	62	66	72	72
2008	16.0	16.9	15.6	15.8	1,308.8	1,661.4	1,770.7	1,308.8	64	70	71	69
2009	16.0	17.2	15.4	15.7	1,304.8	2,006.8	1,753.5	1,133.0	62	66	66	69
2010	15.6	16.9	15.1	15.7	1,584.9	2,393.3	2,086.8	1,361.8	66	69	73	71

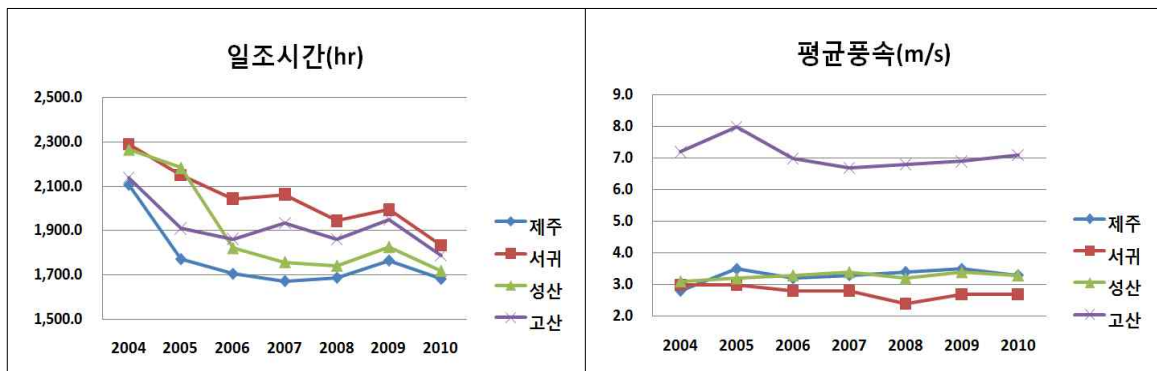
자료: 제주특별자치도, 「2010 통계연보」, 「2011년 주요행정총람」



1) 기상·기후는 제주지방기상청, 서귀포기상대, 고산기상대, 성산기상대에서 관측한 기상 자료를 사용하였으며, 본 문에서는 이를 제주, 서귀포, 고산, 성산으로 표기하였음

<표 2-3> 제주특별자치도 기상·기후 개황(계속)

구분	일조시간(hr)				평균풍속(m/s)			
	제주	서귀	성산	고산	제주	서귀	성산	고산
2004	2,106.3	2,289.0	2,266.5	2,139.4	2.8	3.0	3.1	7.2
2005	1,771.0	2,150.0	2,183.8	1,909.7	3.5	3.0	3.2	8.0
2006	1,704.7	2,043.4	1,820.8	1,862.3	3.2	2.8	3.3	7.0
2007	1,671.8	2,063.4	1,758.2	1,934.4	3.3	2.8	3.4	6.7
2008	1,687.0	1,944.3	1,741.2	1,859.9	3.4	2.4	3.2	6.8
2009	1,764.7	1,994.2	1,826.1	1,950.6	3.5	2.7	3.4	6.9
2010	1,681.8	1,833.5	1,717.7	1,789.3	3.3	2.7	3.3	7.1



2) 인문환경

(1) 행정

- 제주특별자치도는 관광을 기반으로 발전하고 있는 우리나라의 대표적인 관광도시이며 2개 행정시(제주시, 서귀포시), 7개읍·5개면·31개 행정동으로 이루어져 있음
- 각 행정시별 행정구역 면적은 제주시가 977.98km²으로 제주특별자치도 전체 면적의 52.9%이고 서귀포시가 870.87km²으로 47.1%임

<표 2-4> 제주특별자치도 행정구역 현황

(단위: km², %, 개)

구분	면적(km ²)	비율(%)	행정시	읍·면·동				통·리			반	자연마을
				총	읍	면	동	총	통	리		
2010	1,848.85	100.0	2	43	7	5	31	651	479	172	5,204	564
제주시	977.98	52.9	1	26	4	3	19	510	414	96	3,968	362
서귀포시	870.87	47.1	1	17	3	2	12	141	65	76	1,236	202

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

(2) 인구 및 가구

- 2010년 말 현재 제주특별자치도의 세대수는 224,713세대, 인구는 577,187명으로 312.19인/km²의 인구밀도를 보임
- 과거 10년간 세대, 인구, 65세 이상 고령자, 인구밀도 등은 꾸준히 증가하고 있으나 세대당 인구수는 지속적으로 감소 추세임

<표 2-5> 연도별 세대 및 인구

(단위: 세대, 명, (%), 인/km²)

구분	세대수	인구수	세대당인구수	65세 이상 고령자	인구밀도
2001	183,248	547,964	3.0	45,570(8.3)	296.66
2002	188,760	552,310	2.9	48,099(8.7)	299.00
2003	194,855	553,864	2.8	50,584(9.1)	299.75
2004	199,989	557,235	2.8	53,332(9.6)	301.50
2005	204,635	559,747	2.7	55,795(10.0)	302.85
2006	208,424	561,695	2.6	58,685(10.4)	303.90
2007	211,850	563,388	2.6	61,814(11.0)	304.79
2008	214,681	565,520	2.6	64,285(11.4)	305.93
2009	217,711	567,913	2.6	66,798(11.8)	307.19
2010	224,713	577,187	2.6	69,725(12.1)	312.19

자료: 제주특별자치도, 「2010 통계연보」, 「2011년 주요행정총람」

- 행정시별 인구 분포를 살펴보면 제주시가 421,683명, 서귀포시가 155,504명으로 제주시에 더 많은 인구가 거주하고 있음
- 전체적으로 제주특별자치도의 인구 변화는 서귀포시(1.1%)보다 제주시(1.8%)의 증가가 크게 나타남
 - 제주시 내에서도 주로 동지역에 인구가 집중됨
 - 특히 제주시 동지역의 인구가 제주특별자치도 전체 인구에서 차지하는 비중은 1997년 50%를 넘어선 이후 2010년 현재 56.2%에 이르고 있음
- 외국인의 수는 5,932명으로 총 인구의 1.03%를 차지함
- 외국인을 제외한 계층별 인구구조를 분석하여 보면 14세 이하 유년인구는 전체의 18.1%(103,551명)이며, 15~64세 인구는 69.7%(398,063명), 65세 이상 인구는

12.2%(69,641명)로 나타남

- 이를 2000년도와 비교하면 0~14세는 4.0% 감소하였고, 65세 이상 고령자는 4.2% 증가하는 것으로 나타남
- 인구의 성비를 살펴보면 2010년 여성 288,270명(49.9%), 남성 288,917명(50.1%)으로 남성의 인구 비율이 약간 높게 나타남

<표 2-6> 행정구역별 세대 및 인구

(단위: 세대, 명)

구 분		세 대	인 구		
			계	남	여
제주특별자치도		224,713	577,187	288,917	288,270
제 주 시	소계	162,824	421,683	210,428	211,255
	제주시 동지역	123,209	324,235	160,471	163,764
	한림읍	8,269	19,988	10,400	9,588
	애월읍	11,290	28,381	14,472	13,909
	구좌읍	6,245	15,071	7,586	7,485
	조천읍	8,143	21,255	10,901	10,354
	한경면	3,666	8,330	4,171	4,159
	추자면	1,271	2,838	1,664	1,174
	우도면	731	1,585	763	822
서 귀 포 시	소계	61,889	155,504	78,489	77,015
	서귀포시 동지역	33,384	84,967	42,481	42,486
	대정읍	6,965	16,934	8,559	8,375
	남원읍	6,928	18,353	9,340	9,013
	성산읍	6,192	14,483	7,528	6,955
	안덕면	3,883	9,749	4,959	4,790
	표선면	4,537	11,018	5,622	5,396

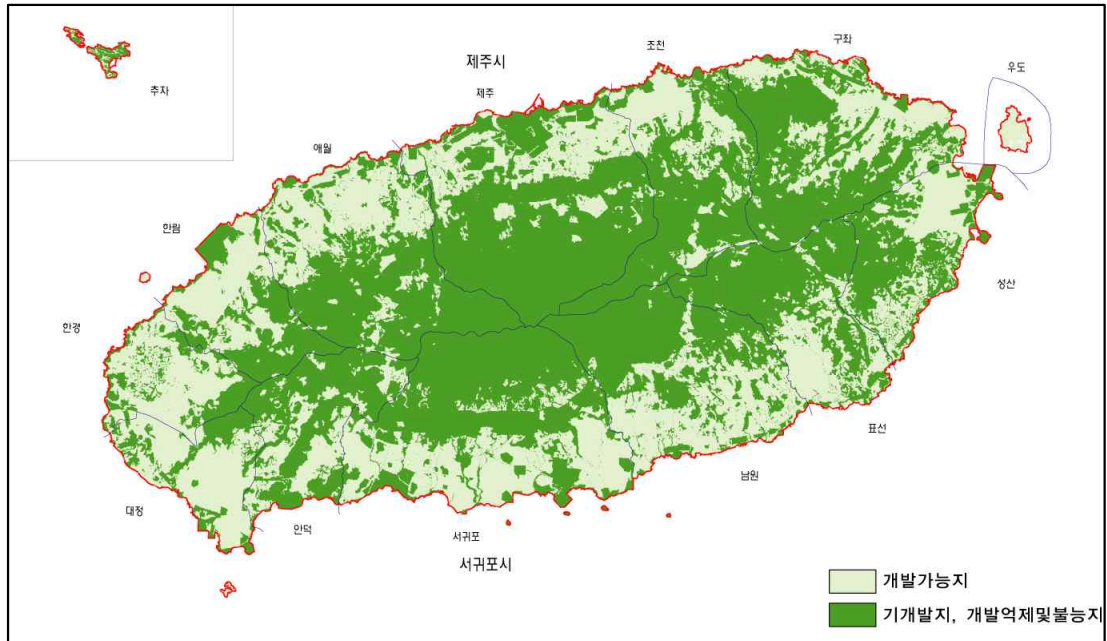
주: 2010. 12. 31 주민등록인구통계 결과임(외국인포함)

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

(3) 토지이용

- 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」에 의하면 절·상대보전지역 등 개발억제 지역과 하천·저수지 등 개발 불가능 지역을 제외한 토지를 대상으로 개발 가능지를 산출하고 있음
- 경사도를 기준으로 하여 산출한 결과 제주특별자치도 전체면적 1,848.85km² 중 개발 가능지는 34.0%인 629.5km² 로 나타남

- 개발 가능지 중에서 제주시는 동지역 58.8km², 읍·면지역 248.0km², 서귀포시는 동지역 88.9km², 읍·면지역 233.8km²로 나타남



(그림 2-3) 제주특별자치도 개발가능지 분포도

자료: 제주특별자치도(2010), 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」

○ 지목별 토지이용현황

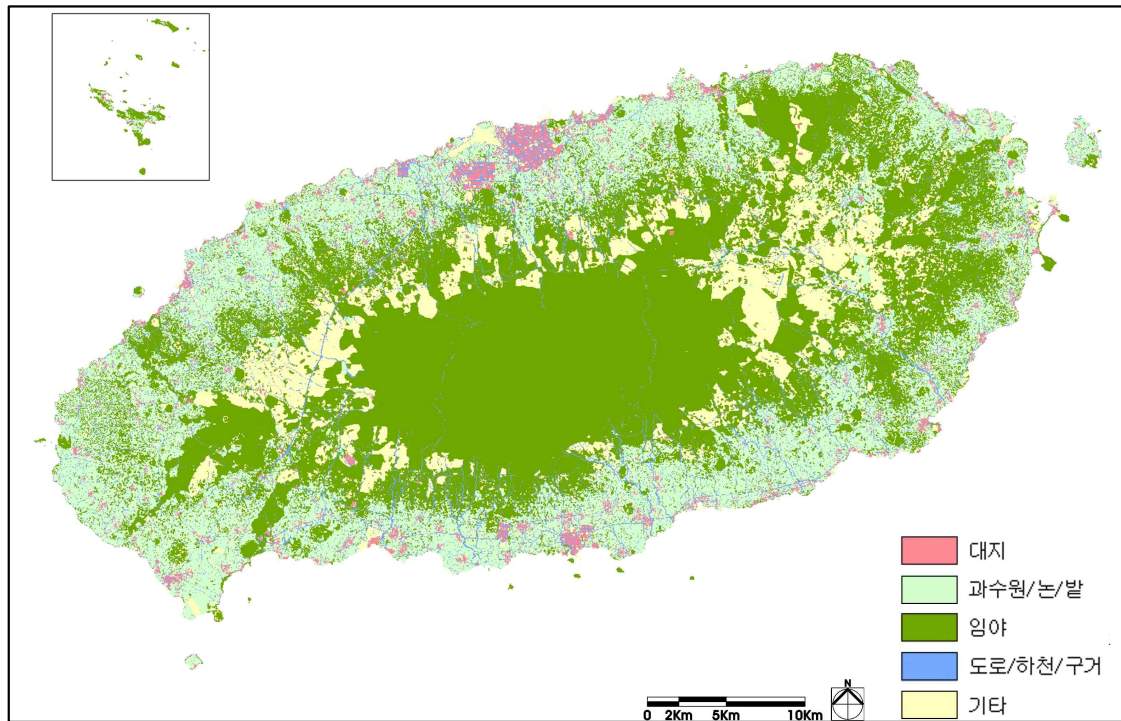
- 2010년 말 현재 지목별 토지이용을 보면 임야가 48.0%인 887.53km²로 풍부한 녹지공간을 보유하고 있음
- 농경지로 이용되는 전이 19.9%(368.47km²), 과수원 8.9%(164.83km²)로 제주전역에 고른 분포를 보임
- 그 외 도로 4.3%, 대지 3.0%, 답 0.4%의 순으로 이용되고 있으며, 기타 용지가 15.4%를 차지함

<표 2-7> 지목별 토지이용 현황

(단위: km², %)

구분	합계	대지	과	전	답	임야	도로	기타
면적	1,848.85	56.07	164.83	368.47	7.27	887.53	79.94	284.74
비율	100.0	3.0	8.9	19.9	0.4	48.0	4.3	15.4

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」



(그림 2-4) 제주특별자치도 지목별 토지이용도

자료: 제주특별자치도(2010), 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」

○ 용도지역별 현황

- 2010년 현재 주거용지는 48.1km², 상업지역은 6.2km², 공업지역은 4.7km², 녹지용지는 379.0km², 미지정은 15.1km²를 차지함
- 제주시가 서귀포시에 비해 주거, 상업, 공업지역의 면적이 많고, 서귀포시는 녹지의 면적이 상대적으로 많음

<표 2-8> 도시지역의 용도지역

(단위: 명, km²)

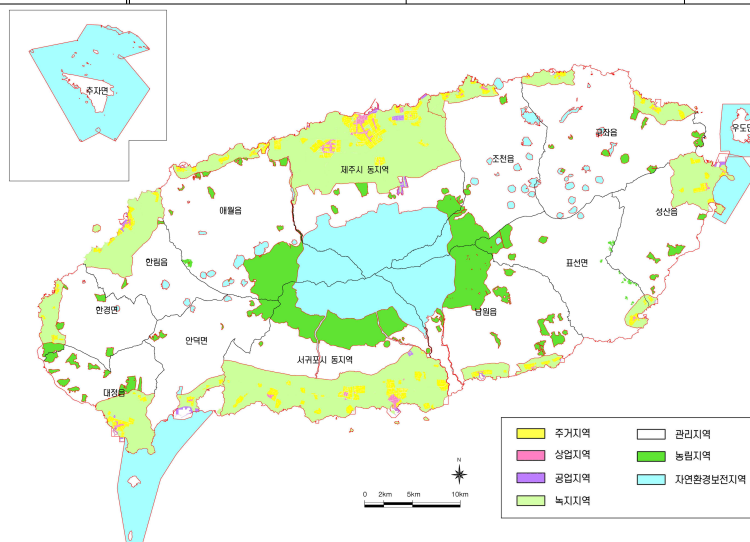
구 분	도시인구	용 도 지 역					
		계	주 거	상 업	공 업	녹 지	미 지 정
계	473,483	453.1	48.1	6.2	4.7	379.0	15.1
제 주 시	343,201	226.5	26.5	4.1	2.9	184.3	8.7
서귀포시	130,282	226.6	21.6	2.1	1.8	194.7	6.4

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

<표 2-9> 용도지역 지정 현황

(단위: km²)

구 분	합 계	제주시	서귀포시
합 계	2,049.9	1,102.8	947.1
도시지역	453.2	226.5	226.7
관리지역	1,102.8	601.6	501.2
농림지역	107.9	37.7	70.2
자연환경 보전지역	386.0	237.0	149.0



자료: 제주특별자치도, 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」, 「2011년 주요행정총람」

- 2010년 기준 도시관리계획 면적은 2,049.9km²이며, 이 중 도시지역은 453.2km²로 전체의 22.1%를 차지
- 비도시지역은 1,596.7km²로 전체의 77.9%를 차지하며, 비도시지역에는 관리지역 1,102.8km², 농림지역 107.9km², 자연환경보전지역 386.0km²으로 나뉘짐

(4) 지역기반

○ 도로

- 2010년 말 기준 제주특별자치도내 총 도로연장은 3,206.18km로 국가지원지방도 1개 노선 35.9km, 지방도 15개 노선 717.2km와 시·군도 4,375개 노선 2,453.06km가 지정되어 있음

<표 2-10> 제주특별자치도 도로연장 추이

(단위: km)

구 분	합 계		일반국도		지방도		시·군도	
		포장		포장		포장		포장
2001년	2,618.65	2,148.24	425.72	425.72	241.71	214.11	1,951.22	1,508.41
2002년	2,657.69	2,215.46	454.72	454.72	241.71	217.41	1,961.26	1,543.33
2003년	3,199.74	2,612.68	454.56	454.56	299.60	224.00	2,445.58	1,934.12
2004년	3,199.41	2,629.52	453.96	453.96	299.60	227.60	2,445.86	1,947.97
2005년	3,200.21	2,645.38	453.96	453.96	299.60	236.73	2,446.66	1,954.69
2006년	3,198.95	2,667.04	453.48	453.48	299.60	236.73	2,445.87	1,976.83
2007년	3,202.93	2,671.08	453.02	453.02	299.60	236.73	2,450.31	1,981.33
2008년	3,203.00	2,674.58	-	-	752.62	693.24	2,450.38	1,981.34
2009년	3,206.18	2,684.26	-	-	753.12	693.74	2,453.06	1,990.52
2010년	3,206.18	2,687.04	-	-	753.12	693.74	2,453.06	1,993.30

주: 제주특별자치도 출범 후 일반국도는 지방도로 이관 됨

자료: 제주특별자치도, 「2010 통계연보」, 「2011년 주요행정총람」

- 전체 도로연장은 최근 10년간 연평균 2.3%씩 증가하고 있음
- 가로망 체계를 살펴보면, 도 전체를 일주도로가 둘러싸고 있으며, 제주시와 서귀포시를 연결하는 5.16도로(지방도 1131호)와 1100도로(지방도 1139호), 평화로(지방도 1135호), 번영로(국지도 97호) 등이 남북축으로 위치해 있음
- 또한, 동서를 연결하는 주요 간선도로인 중산간도로(지방도 1136호), 제2산록도로(지방도 1115호)와 제1산록도로(지방도 1117호) 등이 동서축으로 위치해 있어 제주특별자치도 남북축을 연결하는 도로와 연계됨
- 전체적으로 제주특별자치도내 가로망은 자연발생적인 부정형 가로망 형태를 형성하고 있으며, 행정구역별로 원활한 연계가 가능한 방사형을 이루고 있음

○ 공항

- 제주국제공항은 2010년 연간 여객 1,572만 명, 화물 23.1만 톤을 처리하였음
- 제주국제공항의 운항편수 및 여객수송은 점진적으로 증가하고 있으며 성수기에는 항공좌석 확보가 용이하지 못함
- 제주국제자유도시 조성 추진에 따른 영향 등으로 국제선 여객과 화물의 증가 추이가 높게 나타나고 있음

<표 2-11> 제주국제공항 운항실적 추이

(단위: 편, 명, 톤)

연도별	합 계			국 내 선			국 제 선		
	운항	여객	화물	운항	여객	화물	운항	여객	화물
2007	93,073	12,296,426	288,453	81,246	11,031,808	269,468	11,827	1,264,615	18,985
2008	95,671	12,448,084	225,478	89,733	11,704,899	216,019	5,938	743,185	9,459
2009	99,323	13,643,363	240,253	94,610	13,017,272	232,622	4,713	626,091	7,631
2010	103,426	15,724,360	231,287	98,075	15,010,737	222,910	5,351	713,623	8,376

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

○ 항만

- 제주특별자치도내 항만시설은 제주항, 서귀포항 등 2개의 무역항과 한림항, 화순항, 성산포항, 애월항, 추자항 등 5개의 연안항이 있음
- 제주항의 연간 하역능력은 2009년말 2,616천 톤으로 규모가 가장 크며 제주의 물류중심지 및 관광지원항으로서의 역할을 하고, 서귀포항은 제주특별자치도 남부지역의 화물수송 거점항으로서의 기능을 하고 있음

<표 2-12> 항만시설 현황

항 만 별 구 분		무역항		연안항				
		제주항	서귀포항	한림항	애월항	성산포항	화순항	추자항
항계내수면적(천㎡)		3,355	1,100	2,892	101	1,104	2,109	829
접안 시설	안벽(m)	2,340	1,480	785	494	690	420	
	물양장(m)	758	897	955	438	930	170	1,146
방파제(m)		4,011	1,831	1,510	740	2,144	995	505
동시 접안 능력	계	24	12	13	6	6	2	
	대형선(1천톤이상)	18	11	9	4	5	2	
	소형선(100톤이상)	6	1	4	2	1		
최대접안능력(DWT)		20,000	5,000	2,000	1,000	5,000	5,000	
연간하역능력(천톤)		2,616	1,026	1,364	1,556	1,237	745	
2009취급화물(천톤)		6,999	353	1,240	596	458	537	

주: 연간 하역능력은 여객선부두 제외

자료: 제주특별자치도 수산정책과, 「2010 해양수산현황」

○ 상수도

- 2010년 상수도 보급률은 100%이며, 시설용량 511,125m³/일, 1일 1인당 급수량은 347ℓ임

<표 2-13> 상수도 시설 현황

연 별	급 수 인 구		시설용량 (m ³ /일)	급수량 (m ³ /일)	1일1인당 급수량(ℓ)
		보급률(%)			
2005	559,719	100.0	451,548	190,476	340
2006	561,669	99.9	431,900	190,005	338
2007	563,366	100.0	429,500	190,416	338
2008	565,520	100.0	424,600	190,916	338
2009	567,913	100.0	512,625	195,995	345
2010	577,187	100.0	511,125	210,535	347

자료: 환경부(2011), 2010 상수도 통계

○ 하수도

- 2010년 제주특별자치도 전체 하수 처리율은 87.1%이며, 이중에서 제주시는 87.7%, 서귀포시는 85.4%로 나타남
- 제주특별자치도 전체 하수관거 시설율은 계획 대비 73.1%이며, 서귀포시 77.8%, 제주시 70.1%로 나타남

<표 2-14> 하수관거시설 및 보급률(2009년)

구 분	인구(명)		처리율 (%)	하수관거		
	전체인구	처리인구		계획연장(m)	시설연장(m)	시설율(%)
합 계	577,187	502,481	87.1	4,672,494	3,413,421	73.1
제주시	421,683	369,655	87.7	2,879,013	2,018,169	70.1
서귀포시	155,504	132,826	85.4	1,793,481	1,395,252	77.8

자료: 환경부(2011), 2010 하수도 통계

(5) 보건 · 의료

- 병의원은 부설의원을 포함하여 662개소가 있으며, 이중 497개(75.1%)의 병의원이 제주시에 입지하고 있음
- 병의원과는 대조적으로 보건시설들은 제도적인 입지정책 추진으로 인해 지역별로 균형 있게 입지하고 있음

<표 2-15> 보건의료 현황

구 분	합 계	병 의 원						치과 의원	한의원	조산원	보건소	보건 지소	보건 진료소
		계	종합 병원	병원	한방 병원	요양 병원	의원 ¹⁾						
합 계	662	325	6	5	1	6	307	144	129	1	6	11	46
제 주 시	497	249	5	4	1	4	235	115	99	1	3	7	23
서귀포시	165	76	1	1	-	2	72	29	30	-	3	4	23

주1) 부설의원 포함

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

(6) 생활환경

- 제주특별자치도내 자연공원은 한라산국립공원(153.386km²), 도립공원은 6개(206.976 km²)가 지정되어 있음(자연공원의 전체 면적은 360.362km²)
 - 지역별로는 한라산국립공원의 경우 제주시와 서귀포시 모두 걸쳐있고, 도립공원은 제주시에 2개(121,155km²), 서귀포시에 4개소(85.821km²)가 각각 지정되어 있음
 - 한라산국립공원을 중심으로 제주특별자치도는 유네스코가 인증하는 생물권보전 지역, 세계자연유산, 세계지질공원으로 지정됨
- 도시공원 및 유원지는 제주시에 192개소(15,537천m²)와 서귀포시에 86개소(18,762 천m²) 등 총 278개소(29,299천m²)임
 - 이중 근린공원 84개소(8,246천m²), 어린이공원 155개소(380천m²), 묘지공원 2개소(440천m²), 체육공원 5개소(640천m²)가 지정되어 있음

(7) 교육·복지

- 교육
 - 제주특별자치도에는 5개의 대학교가 입지하고 있으며, 이중 4개의 대학이 제주시에 입지하고 있음
 - 전체 30개의 고등학교 중 66.7%인 20개소가 제주시에 입지하며, 서귀포시에 33.3%인 10개소가 입지하고 있음

<표 2-16> 교육시설 및 재학생 현황

(단위: 개소, 명)

구분	대학교		고등학교		중학교		초등학교		유치원	
	시설수	학생수	시설수	학생수	시설수	학생수	시설수	학생수	시설수	원아수
합계	5	20,536	30	23,871	43	24,558	108(8)	42,139	109	4,846
제주시	4	19,882	20	18,128	28	18,812	63(7)	32,485	67	4,057
서귀포시	1	654	10	5,743	15	5,746	45(1)	9,654	42	789

주: ()안은 분교장 수이며 본수에 불포함됨.(2011년 4월 1일 현재)

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

- 제주지역에서 이루어지고 있는 환경교육의 추진 유형은 다음과 같음

<표 2-17> 제주지역 환경교육의 유형별 분류

구분	주요 내용			비고
추진기관에 따른 분류(26개 기관 및 단체)	교육청(1)	제주특별자치도교육청		제 주 생 태 문 화 체험골, 곳자왈 작은학교 등 자발적 환경교 육기관 등이 미포함되어 있 음
	공공기관(7+ 행정시, 읍면동)	제주대학교 산업대학원, 도청(인재개발원, 한라산국립공원 관리사무소, 한라산연구소, 수자원본부, 스마트그리드과 민 속자연사박물관), 행정시 및 읍면동 등		
	사회단체 (18)	(사)지속가능환경교육센터, 도의제 21협의회, 제주시의제 21협의회, 서귀포시의제21협의회, 제주녹색환경지원센터, 자치단체국제환경협의회(ICLEI) 한국사무소, 자연보호제주 시협의회, 한라생태체험학교, (사)곳자왈사람들, 제주흥사 단, 제주여민회, 서귀포YWCA, 제주남원청년회의소, 제주 참여환경연대, 제주환경보전협회, 제주환경연구센터, 탐라 환경산림보전협회, 제주특별자치도바다환경보전협의회, 제 주생태교육연구소		
교육대상에 따른 분류※	공무원	전문적인 기술교육, 저탄소 녹색성장 등 소양교육 (인재개발원)		위의 추진 기 관에 따른 분 류 유형을 기 초로 구분함
	직장인	의무교육 대상자(위탁교육 포함) 등에 대한 교육(제주환경 보전협회, 제주녹색환경지원센터)		
	일반인	전문과정	제주대 산업대학원, 자치단체국제환경협 회 한국사무소, (사)지속가능환경교육센터, 제주참여환경연대, 제주환경연구센터, 인 재개발원, 제주녹색환경지원센터 등	
		일반과정	교육청외 공공기관, 사회단체 등	
	어린이/학생	학생전담교육: 민속자연사박물관, 한라생태체험학교, 제주 흥사단 등이고, 인재개발원, 제주대 산업대학원, 자치단체국제환경협의회, 자연보호제주시협의회, 제주여민회, 제주환경보전협회, 제 주환경연구센터 등을 제외한 교육기관에서 일반인과 병행 교육 실시		
교육기간에 따른 분류	중장기과정	인재개발원, 제주대산업대학원, 제주녹색환경지원센터, (사)지속가능환경교육센터		위의 추진 기 관에 따른 분 류 유형을 기 초로 구분함
	단기과정	중장기 과정의 일부 프로그램을 제외하면 대부분이 당일 또 는 2, 3일 이내의 단기교육 프로그램이 이루어지고 있음		

구분	주요 내용		비고
교육유형에 따른 분류	자연환경	생태기행 및 체험학습, 한라산 오름 형성과정, 자연생태교실, 곳자왈의 이해, 제주특별자치도의 생태이해, 올레길,	각 기관별 대표적인 프로그램 중심으로 분석하였으며, 대부분1개 교육기관에서 복수의 다양한 프로그램을 운영하고 있음
	인문환경	제주섬의 환경과 문화 등	
	환경정책	저탄소 녹색성장, 기후변화의 이해 등	
	전문가양성	고급환경전문가과정(제주대 산업대학원), 기후변화대응환경리더양성(ICLEI), 생태문화해설사(제주참여환경연대), 제주환경대학 환경보전지도자과정(제주환경연구센터), 그린리더 양성과정(사,지속가능환경교육센터), 그린리더 등 기후변화 전문인력 양성(제주녹색환경지원센터), 공무원 전문교육과정(인력개발원) 등	
	시설견학 및 체험	환경기초시설, 스마트그리드, 재활용, 쓰레기 분리수거 등	
	체험교육	재활용 창작작품, 저탄소녹색성장, 천연염색, 해양체험 등	

자료: 제주발전연구원(2011), 「JDI Focus 118호」

○ 복지

- 사회복지시설은 국·공립시설보다는 민간시설 의존도가 매우 높고 지역별로는 제주시에 상대적으로 많은 시설이 입지하고 있음
- 사회복지시설은 78개소가 있으며, 이중 노인복지시설이 48개소로 가장 많음

<표 2-18> 사회복지시설 현황

(단위: 개소, 명)

구 분	시 설 수	수 용 인 원	
		정 원	현 원
계	78	3,886	3,372
아동복지시설	6	395	343
노인복지시설	48	2,405	2,170
장애인복지시설	12	295	284
여성복지시설	9	330	164
정신질환자요양시설	1	250	218
부랑인시설	2	211	193

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

3) 사회 · 경제적 환경

(1) 지역총생산 추이

- 제주특별자치도의 2010년 현재 지역총생산은 10조 3,175억 원으로 추정되며, 이는 2004년의 7조 5,226억 원에 비해 약 1.37배 증가하였음
- 지역총생산이 전국에서 차지하는 비중은 2004년부터 0.9%로 매년 비슷한 수준을 보이고 있음
- 1인당 도내총생산액은 2004년 13,951천 원에서 2010년 18,865천 원으로 꾸준히 증가하는 추세임

<표 2-19> 지역총생산 현황

구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
지역총생산(10억)	7,522.6	7,966.0	8,096.0	8,735.9	8,833.0	9,477.6	10,317.5
1인당도내총생산액(천 원)	13,951.8	14,706.8	14,900.0	16,042.9	16,193.5	17,661.7	18,865.4
지역총생산전국대비(%)	(0.9)	(0.9)	(0.9)	(0.9)	(0.9)	(0.9)	(0.9)

자료: 제주특별자치도, 「2011 통계연보」

(2) 경제활동인구 및 산업별 취업자 현황

- 2010년 현재 제주특별자치도의 경제활동인구는 289천명으로 15세 이상 인구의 66.0%에 이르며, 이중 취업자는 283천명으로 취업률은 97.9% 수준임
- 경제활동인구의 대부분이 3차 산업(77.0%) 인구이고, 상대적으로 2차 산업(3.5%) 인구는 낮음

<표 2-20> 경제활동 인구 및 취업자 현황

(단위: 천명, %)

구분	15세이상 인구	경제 활동 인구	경제 활동 참가율	취업 인구	취업률	1차산업		2차산업		3차산업	
						인구	구성	인구	구성	인구	구성
2004년	409	285	69.7	278	97.6	68	24.5	11	4.0	199	71.6
2005년	415	291	70.0	284	97.5	67	23.6	11	3.9	206	72.5
2006년	421	295	70.0	289	97.9	64	22.1	10	3.6	215	74.4
2007년	426	295	69.2	289	98.0	62	21.5	8	2.8	219	75.8
2008년	429	296	68.8	290	98.0	60	20.7	10	3.4	221	76.2
2009년	433	293	67.8	289	98.5	56	19.4	11	3.8	222	76.8
2010년	438	289	66.0	283	97.9	56	19.8	10	3.5	218	77.0

자료: 제주특별자치도, 「2010 통계연보」, 「2011년 주요행정총람」

(3) 경제수준 현황

가. 기초생활수급자

- 제주특별자치도 기초생활수급자는 12,627가구, 24,491명으로 나타남
- 기초생활보장 수급자 중에서 일반수급자인 경우 제주시는 8,518가구에 15,408명, 서귀포시는 4,109가구에 6,976명 등으로 나타남

<표 2-21> 국민기초생활보장 수급자 현황

(단위: 가구수, 명)

구 분	계	일반 수급자		시설 수급자	
	인 원	가 구	인 원	개 소	인 원
계	24,491	12,627	22,384	56	2,107
제 주 시	16,922	8,518	15,408	36	1,514
서귀포시	7,569	4,109	6,976	20	593

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

나. 금융기관수

- 금융기관은 한국은행 1개소, 시중은행 21개소, 지방은행 35개소, 특수은행 24개소 등 82개소로 나타남
- 지역별로는 제주시에 61개소, 서귀포시에 21개소로 제주시에 상대적으로 집중됨

<표 2-22> 금융기관수

2010	계	한국 은행	시중은행							지방은행	특수은행			기타
			우리	제일	하나	신한	씨티	외환	국민		중소기업	농협	수협중앙회	
	82 (16)	1	3	3 (2)	1	5 (2)	1	2	6 (1)	35 (5)	3	19 (5)	2	1
제주시	61 (10)	1	2	2 (1)	1	4 (1)	1	2	5 (1)	24 (3)	2	14 (4)	2	1
서귀포시	21 (6)	-	1	1 (1)	-	1 (1)	-	-	1 (-)	11 (3)	1	5 (1)	-	-

자료: 제주특별자치도, 「2011년 주요행정총람」

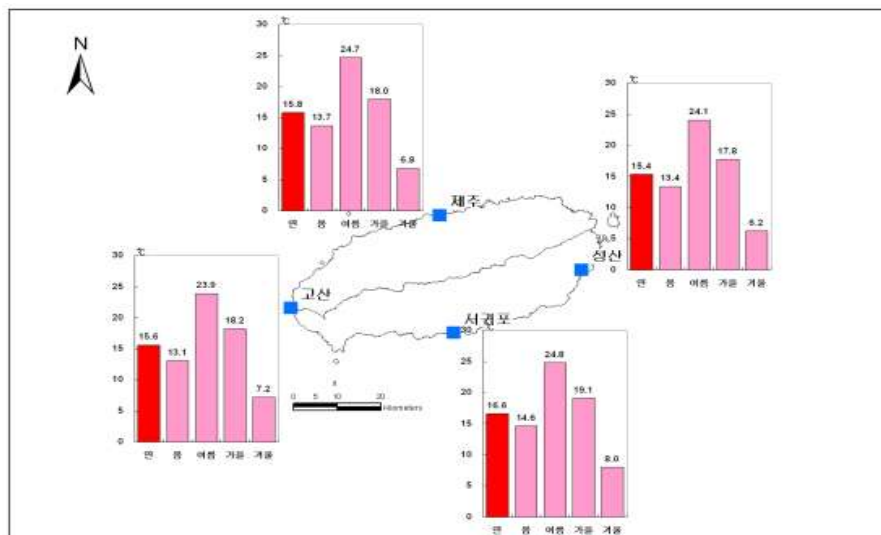
2. 기후현황 및 예측과 전망2)

1) 제주특별자치도 기후

- 제주특별자치도 해안지역은 연평균기온이 15.0℃ 이상으로 아열대 기후대에 속함
- 한라산에 따른 다양한 기후대가 수직적으로 나타남
- 국지적으로는 사계절에 따라 기단이나 종관규모 기압 시스템이 다가오는 방향에 따라 동서남북으로, 그리고 해발고도에 따라 해안, 중산간, 산간지역에 따라 기후 특성이 다르게 나타남

(1) 기온

- 30년(1981~2010) 평균기온은 서귀포가 제주에 비하여 0.8℃ 높게 나타남
 - 서귀포 : 16.6℃, 제주 : 15.8℃
 - 여름철(6~8월) 서귀포 24.8℃, 제주 24.7℃로 평균기온 차가 0.1℃
 - 겨울철(12~2월) 평균 기온차 1.2℃(제주 6.8℃, 서귀포 8.0℃)
 - 봄철(3~5월)과 가을철(9~11월) 평균기온은 제주보다 서귀포가 각각 0.9℃와 1.1℃ 더 높게 나타남



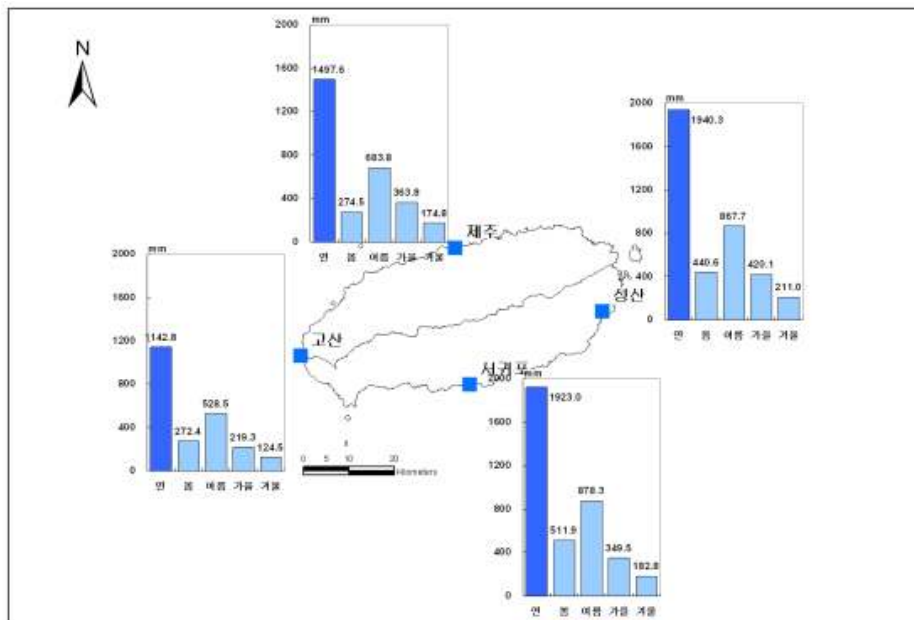
(그림 2-5) 연·계절 평균기온 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 2) 본 연구에서 제시하고 있는 기후현황 및 예측과 전망은 “제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서 (제주도)”의 내용을 재구성한 것임

(2) 강수

- 제주특별자치도 30년(1981~2010) 평균 연강수량 분포
 - 남동 해안지역 : 우리나라 평균(1,350mm)보다 50%이상 많은 1,900mm 이상의 강수량
 - 북서 해안지역 : 1,100~1,500mm로 한반도 평균과 유사한 값을 나타냄
- 성산 관측지점 : 연 강수량이 1,940.3mm로 가장 많고, 그 중 여름철 강수량은 867.7mm로 45%를 차지
 - 성산 관측지점의 봄철과 가을철 강수량도 440.6mm와 420.1mm로 각각 전체 연강수량의 23%와 22%를 차지
 - 4개 관측지점 중 연별과 월별의 강수량분포도 동쪽 해안의 성산에서 가장 많은 강수량 분포를 보임
- 서귀포 관측지점 : 연강수량은 1,923.0mm로 성산 관측지점 다음으로 많은 강수량 분포가 나타나고, 여름철 강수량은 878.3mm로 동쪽해안의 성산 관측지점 보다 많은 46%를 차지
 - 봄철에는 강수량이 511.9mm로 동쪽해안의 성산 관측지점보다 많음
 - 가을과 겨울철 강수량은 각각 349.5mm와 182.8mm로 성산 관측지점 보다 적음



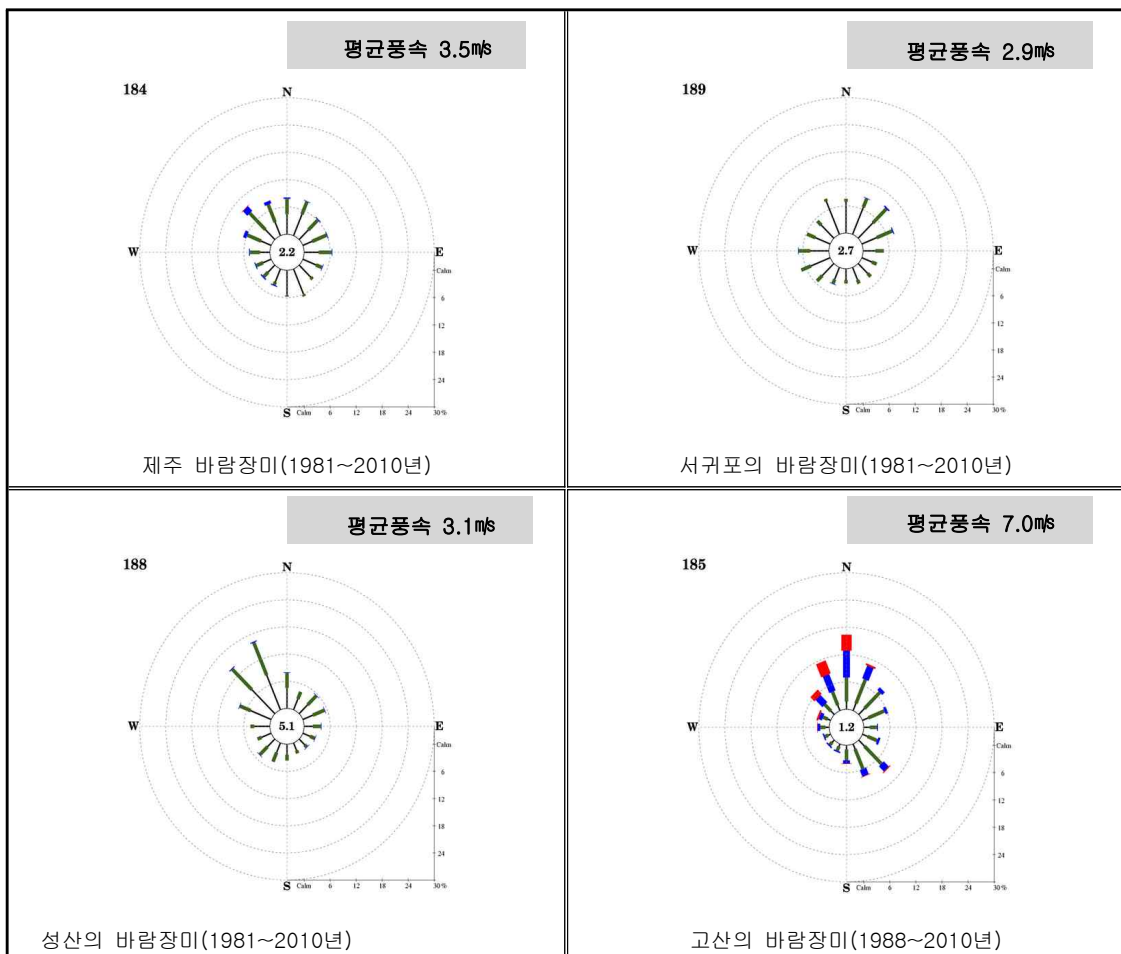
(그림 2-6) 연·계절 강수량 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주 관측지점(1,497.5mm)에서 서쪽 해안의 고산 관측지점(1,142.8mm)으로 갈수록 적어지고 있으며, 여름철 강수량도 각각 683.8mm와 528.5mm로 남동지역에 비하여 적지만 연강수량에 대한 여름철 강수량의 상대적인 비율은 두 지점 모두 46%로 남동지역의 여름철 강수량 비율과 유사함
- 남동 해안의 강수량이 북서 해안의 강수량보다 많은 경향을 보이는 것은 저기압이 지나갈 때 반시계 방향으로 기류를 이루 시키면서 한라산에 의한 지형효과에 의해 국지적 강수가 발생하기 때문임

(3) 바람

- 제주특별자치도 4개 정규기상관측지점의 30년 평균(1981~2010) : 2.9~7.0m/s의 범위로 한반도 평균에 비하여 높은 값을 나타냄



(그림 2-7) 제주특별자치도 바람장미

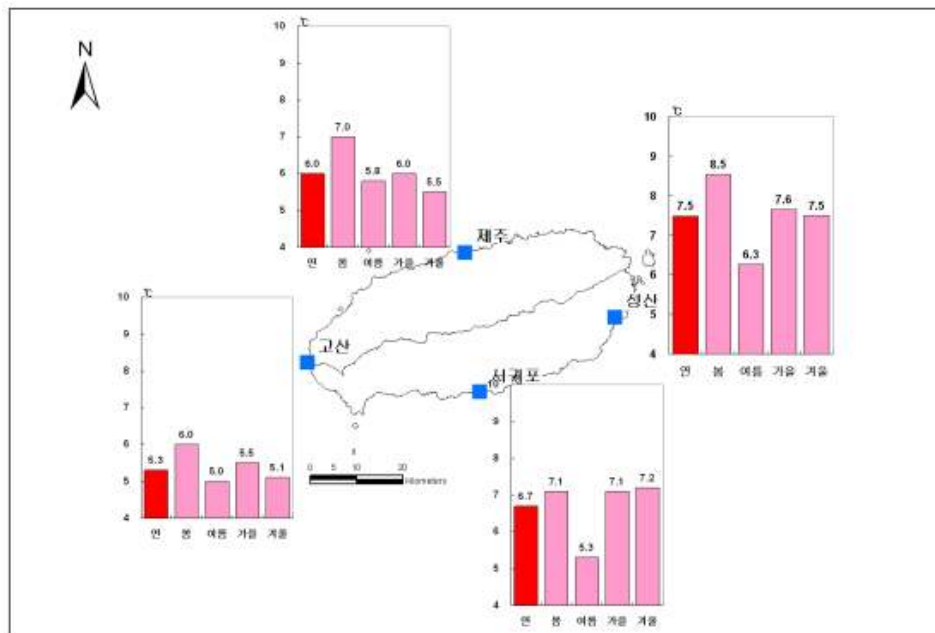
자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주 : 연평균풍속 3.5㎧(겨울철 4.3㎧, 봄철, 여름철, 가을철 3.0㎧~3.4㎧)
- 서귀포 : 연평균풍속 2.9㎧(봄철, 가을철 3.0㎧, 여름철, 겨울철 2.8㎧)
- 성산 : 연평균풍속 3.1㎧(봄철, 겨울철 3.1~3.4㎧, 여름철, 가을철 2.7~2.9㎧)
- 고산 : 연평균풍속 7.0㎧(겨울철 9.6㎧, 봄철, 여름철, 가을철 5.1~6.8㎧)

(4) 기타 기후요소

- 제주특별자치도 4개 정규관측지점의 30년(1981~2010) 평균 일교차 공간분포

- 성산 : 연 일교차 7.5℃로 가장 큰 차이가 나타냄
- 서귀포 : 연 일교차 6.7℃로 제주 북부와 서부 해안보다 차가 크게 나타남
- 고산 : 연 일교차 5.3℃로 차가 가장 적음
- 제주 : 연 일교차 6.0℃로 성산과 서귀포에 비하여 작은 값을 나타냄

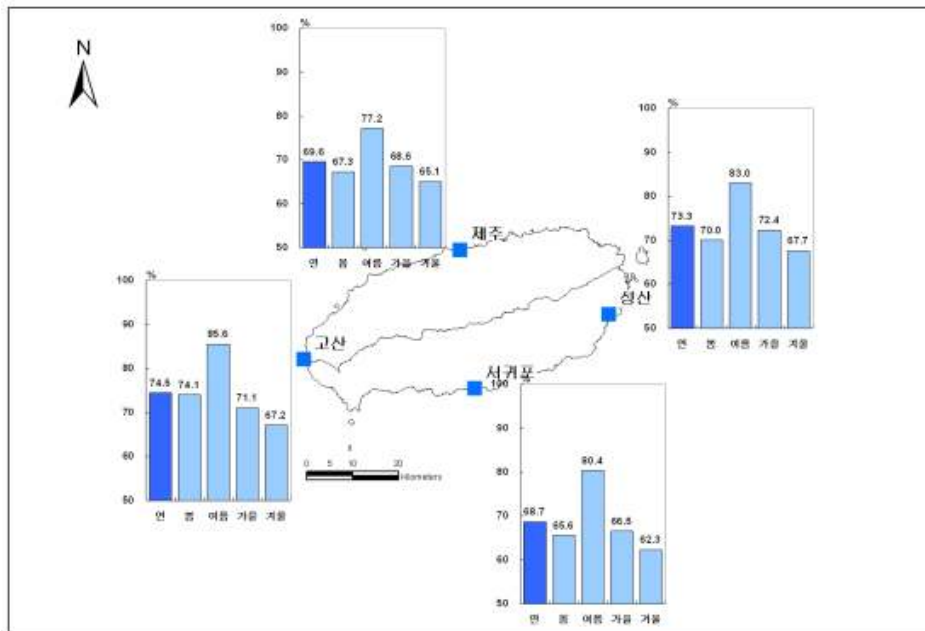


(그림 2-8) 연·계절 일교차 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 4개 정규관측지점 30년(1981~2010) 상대습도 분포

- 고산이 74.5%로 가장 높게 나타나고, 성산 73.3%, 제주 69.6%, 서귀포 68.7%의 순으로 나타남

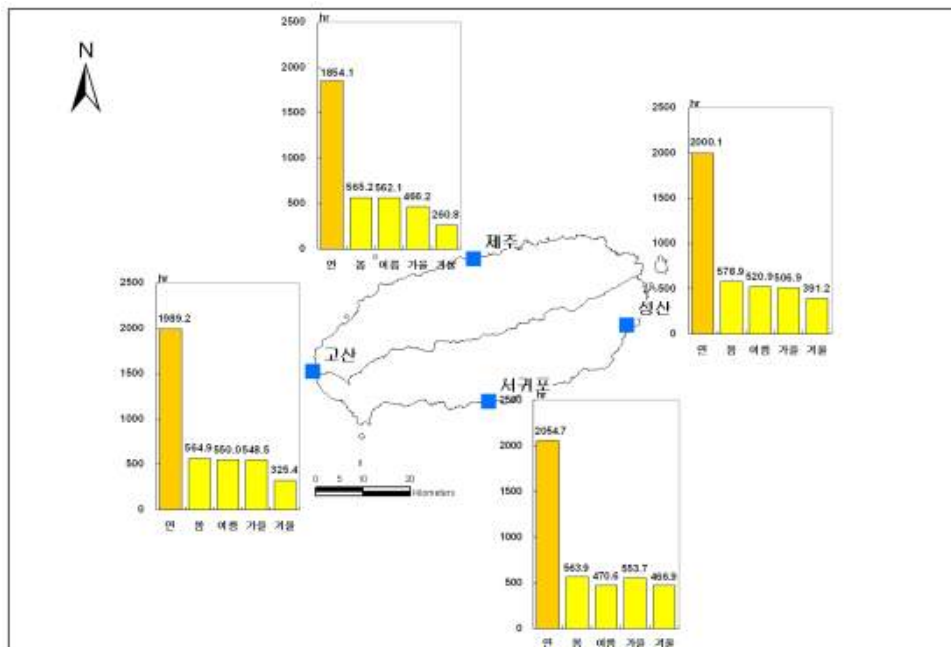


(그림 2-9) 연·계절 상대습도 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

○ 제주특별자치도 4개 정규관측지점의 30년(1981~2010) 일조시간 분포

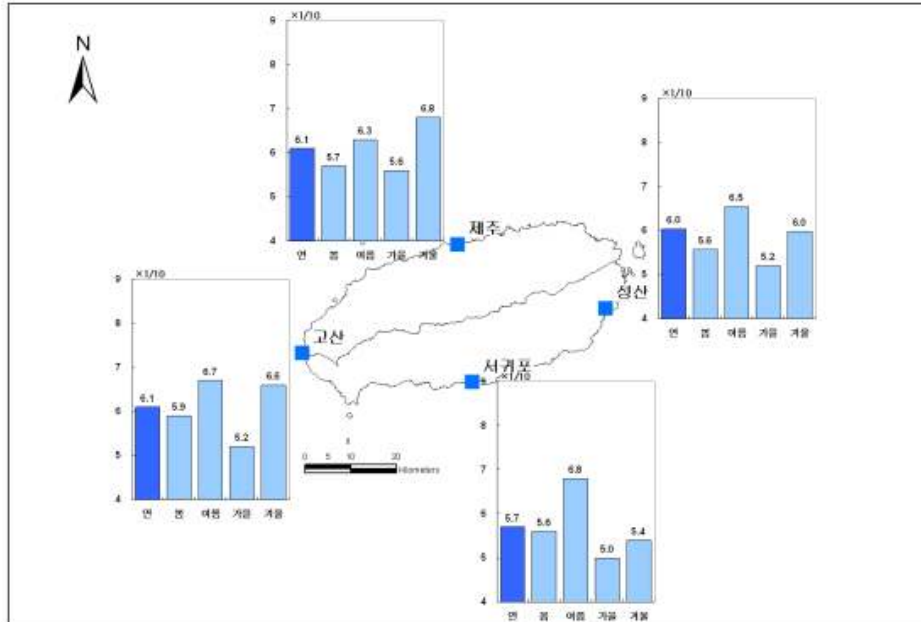
- 서귀포 : 2,054.7시간, 제주 : 1,854.1시간, 성산 : 2000.1시간, 고산 : 1989.2시간



(그림 2-10) 연·계절 일조시간 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 4개 정규관측지점의 30년(1981~2010) 연평균 운량³⁾ 분포
 - 서귀포 : 5.7, 제주 : 6.1, 고산 : 6.1, 성산 : 6.0



(그림 2-11) 연·계절 운량 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

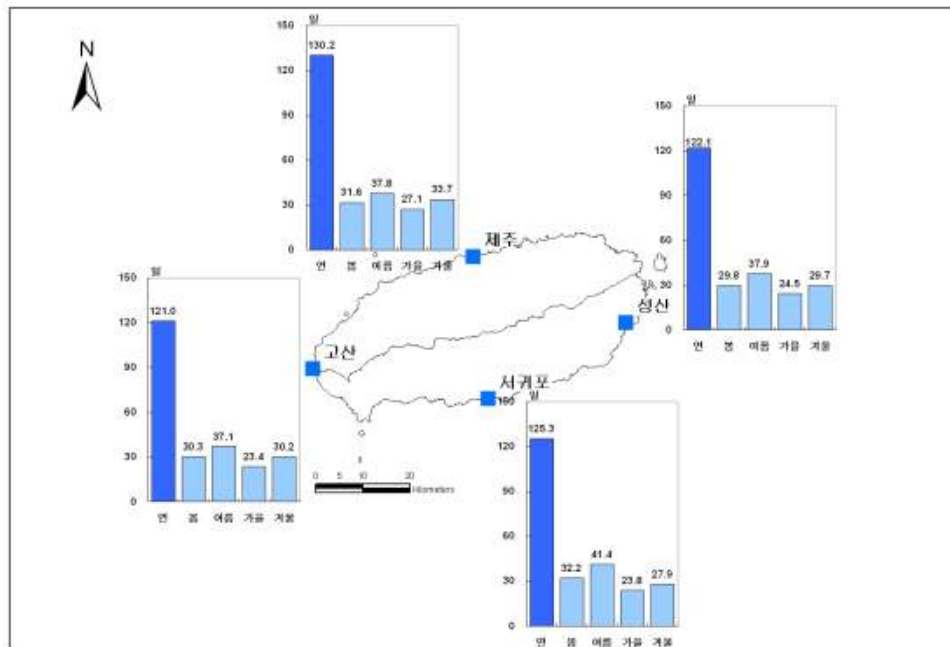
- 제주특별자치도 2개 정규관측지점의 30년(1981~2010) 증발량 분포
 - 서귀포 : 1207.1hPa, 제주 : 1229.4hPa
 - 한라산 기준으로 운량과는 음의 상관관계를 일조시간과는 양의 상관관계를 보임

(5) 주요 현상일수와 극한기후사상

가. 주요 현상일수

- 제주특별자치도 30년(1981~2010) 0.1mm 이상 강수일수
 - 제주 : 130.2일, 서귀포 : 125.3일, 성산 : 122.1일, 고산 : 121.0일
 - 여름철 강수일 : 37~41일로 사계절 중 가장 많음
 - 가을철 강수일 : 23~27일로 가장 적음

3) 운량은 0.0 ~ 10.0 으로 표현되며 강수현상과 관계가 없는 구름의 양을 의미하며, 맑음(0~2), 구름조금(3~5), 구름많음(6~7), 흐림(8이상)

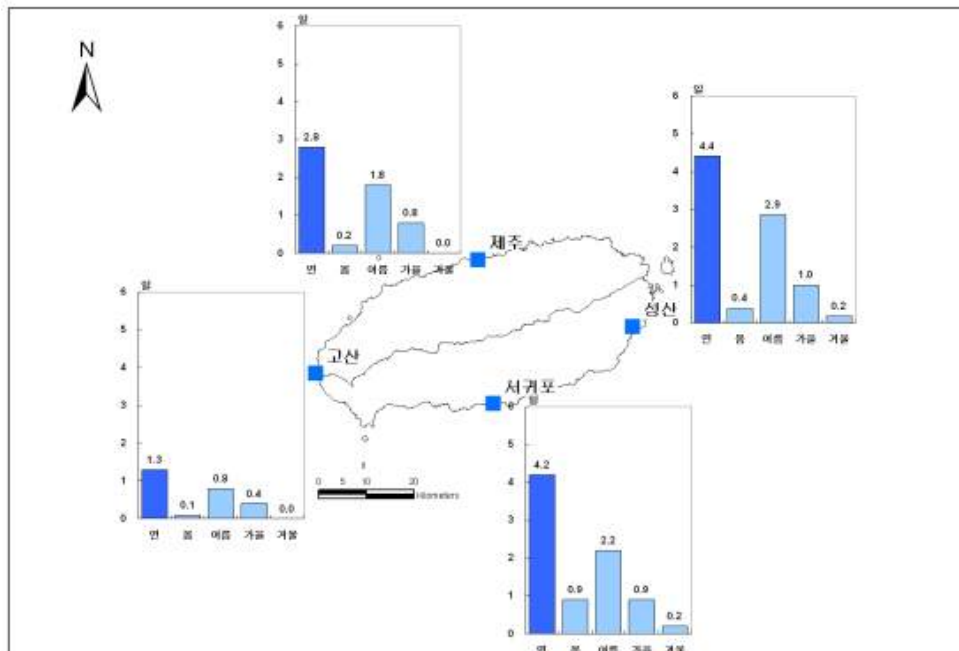


(그림 2-12) 연·계절 일강수량 0.1mm 이상일수 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

○ 제주특별자치도 30년(1981~2010) 연평균 80mm 이상의 강수일수

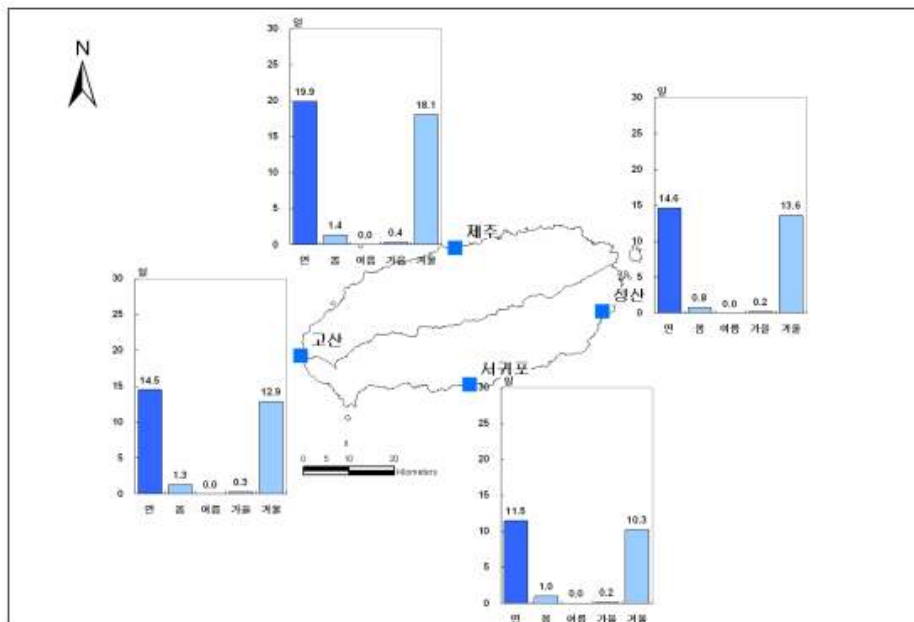
- 제주 : 2.8일, 서귀포 : 4.2일, 성산 : 4.4일, 고산 : 1.3일



(그림 2-13) 연·계절 일강수량 80mm 이상일수 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 최근 10년 동안 자동기상관측 자료를 살펴보면 중산간과 산간지역으로 갈수록 80mm 이상의 강수일수는 더 증가
- 최근 10년간(2001~2010년) 자동기상관측 지점에서 관측한 자료의 평균값에 따르면 해발고도 600m이상의 산간지역에서는 80mm이상의 강수일이 약 15~16일 정도를 나타냄
- 일강수량이 150mm이상인 강수일도 산간지역에서는 5.3~6.1일의 발생빈도를 나타냄
- 30년(1981~2010) 눈 일수 : 해안지역에서는 연평균 12~20일로 나타남
 - 제주 : 19.9일, 서귀포 : 11.5일, 성산 : 14.6일, 고산 : 14.5일



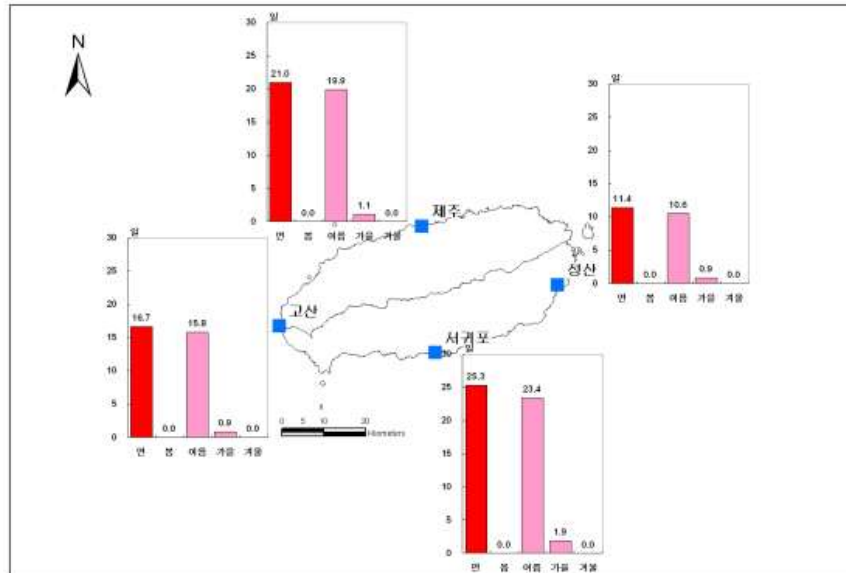
(그림 2-14) 연·계절 눈 일수 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 30년 평균 일최저기온 25℃ 이상(열대야) 일수
 - 제주 : 21.0일, 서귀포 : 25.3일, 성산 : 11.4일, 고산 : 16.7일
 - 일최저기온 25℃ 이상 일수는 대체적으로 한라산 해발고도 상승에 따라 중산간 및 산간지역으로 갈수록 그 값이 감소하는 것으로 추정됨
 - 실제 자동기상관측지점에서 관측한 상세지역별 발생빈도를 살펴보면 최근 10년(2001~2010) 평균적으로 제주특별자치도 해안지역에서는 14.4~23.6일로 나타나지만 해발고도 200~600m의 중산간 지역에서는 2.1~2.4일, 해발고도 600m이상

의 산간지역에서는 발생하지 않은 것으로 나타남

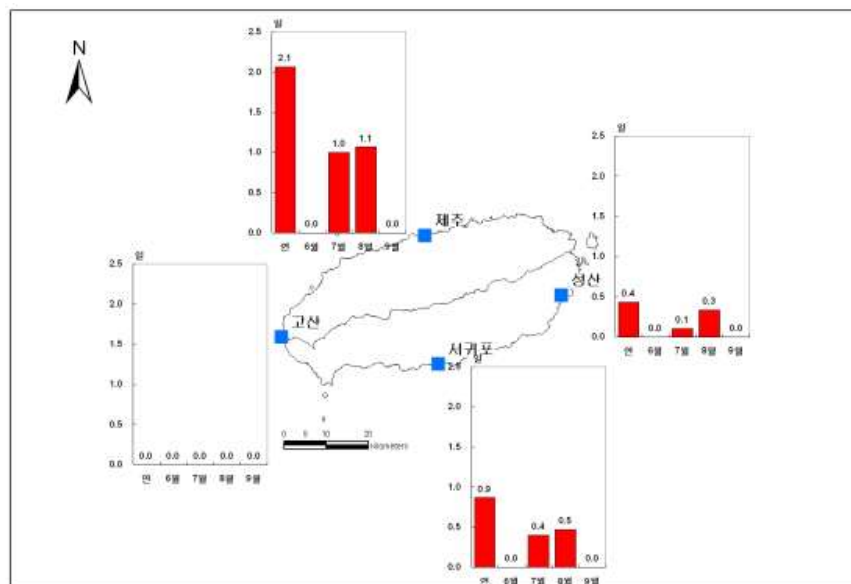
- 지난 10년 평균 일최고기온 25℃ 이상 일수도 해안 및 중산간 지역에서는 최소 90일 이상이나, 600m이상에서는 연평균 약 15~40일로 발생빈도가 낮게 나타남



(그림 2-15) 연·계절 일최저기온 25℃ 이상일수
공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

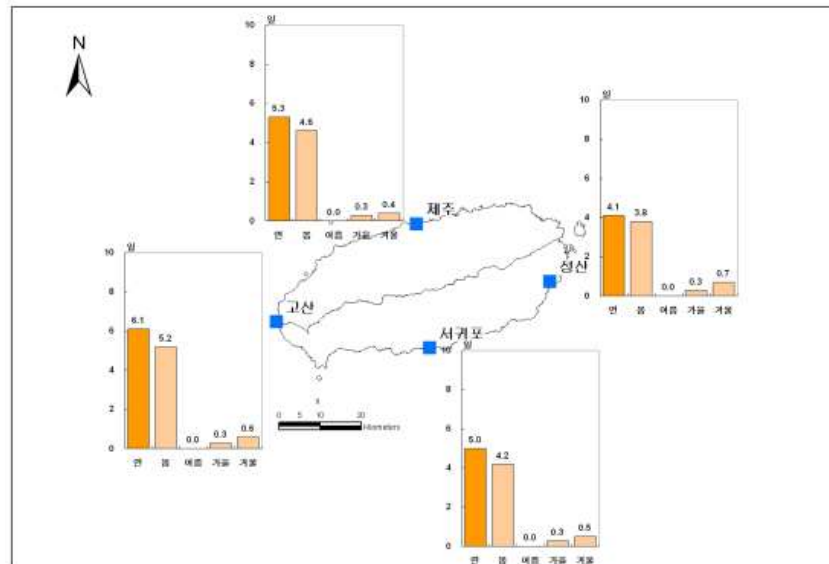
- 제주특별자치도 30년 일최고기온 33℃ 이상인 날(폭염(열파)) 2일 이상 지속일



(그림 2-16) 연·계절 일최고기온 33℃ 이상의 2일 이상
지속일수 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

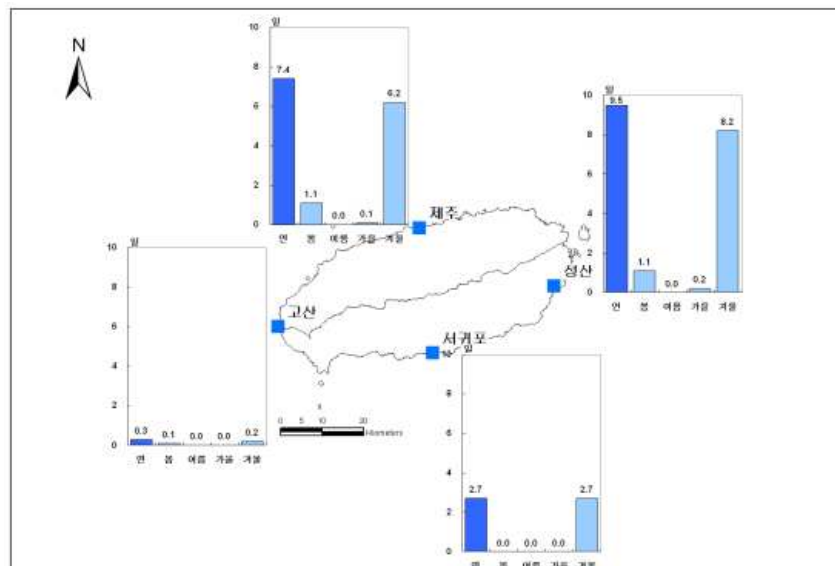
- 제주 : 연중 2.1일, 서귀포 : 0.9일, 성산 : 0.4일, 고산 : 지난 30년간 관측되지 않음
- 제주특별자치도 30년 황사일수 : 연평균 5~6일로 나타남
- 제주 : 5.3일, 서귀포 : 5.0일, 성산 : 4.1일, 고산 : 6.1일



(그림 2-17) 연·계절 황사일수 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 30년 서리일수 : 연평균 0.3~9.5일로 나타남
- 제주 : 7.4일, 서귀포 : 2.7일, 성산 : 9.5일, 고산 : 0.3일



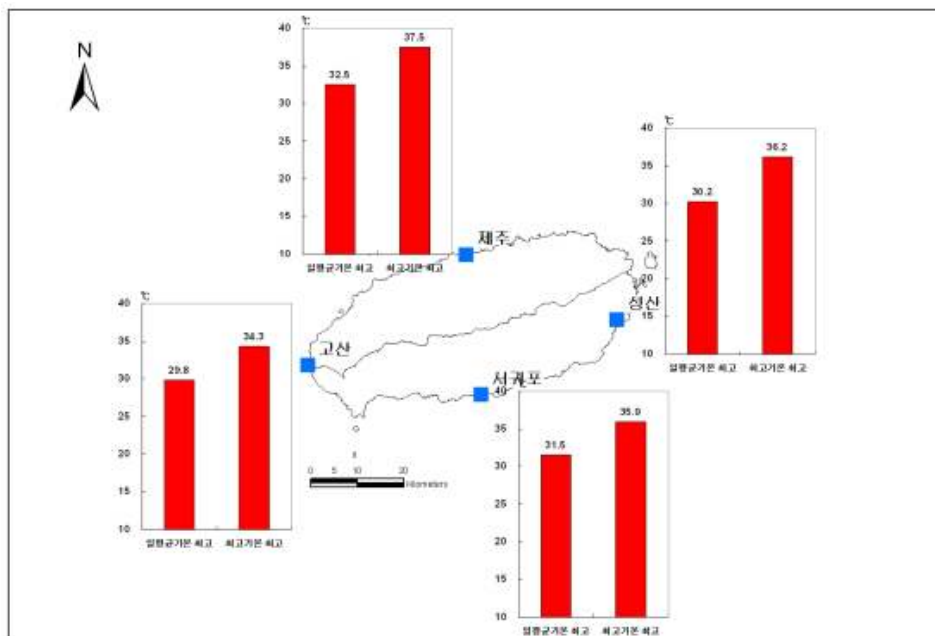
(그림 2-18) 연·계절 서리일수 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 30년 얼음일수 : 연평균 7.2~26일로 나타남
 - 제주 : 18.4일, 서귀포 : 22.7일, 성산 : 26일, 고산 : 7.2일
- 제주특별자치도 30년 우박일수 : 연평균 0.1~1.0일로 나타남
 - 제주 : 1.0일, 서귀포 : 0.6일, 성산 : 0.6일, 고산 : 0.1일
- 제주특별자치도 30년 안개일수 : 연평균 15.0~26.2일로 나타남
 - 제주 : 15.2일, 서귀포 : 20.1일, 성산 : 15.0일, 고산 : 26.2일
- 제주특별자치도 30년 뇌전일수 : 연평균 14.3~17.4일로 나타남
 - 제주 : 17.4일, 서귀포 : 14.3일, 성산 : 14.7일, 고산 : 14.3일

나. 극값 및 특이기상

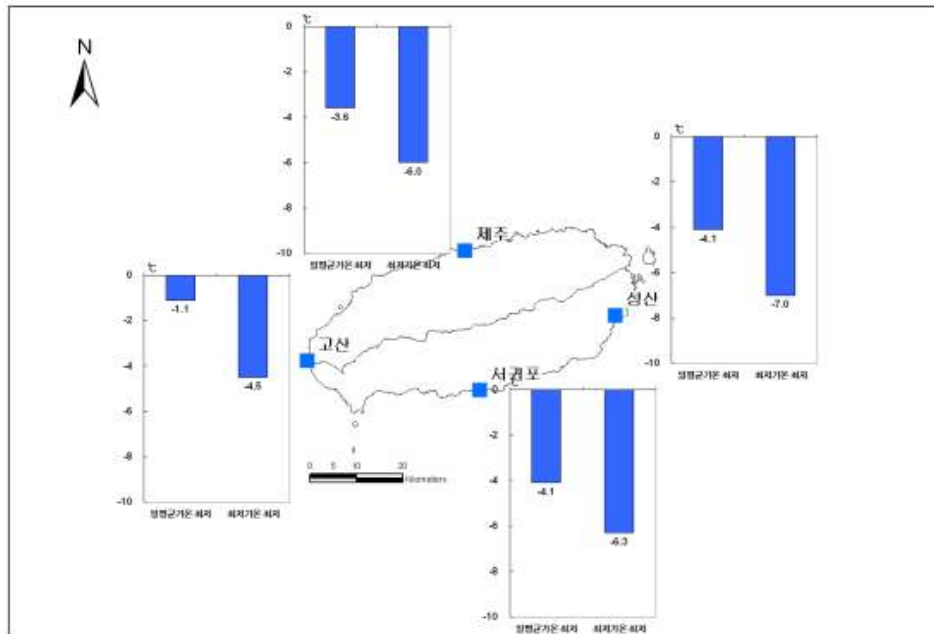
- 제주특별자치도 해안지역 관측지점의 극값 중 연중 일평균기온 최고값은 29.8~32.5℃의 범위를 나타냄
 - 각 관측지점마다 관측년도에는 차이가 있지만 (제주 1924년, 서귀포 1961년, 성산 1973년, 고산 1988년) 고산과 성산에 비하여 제주와 서귀포의 일평균기온 최고값이 더 높게 나타남



(그림 2-19) 일평균기온 최고와 최고기온 최고 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 일평균기온 최고값과 일최고기온 최고값
 - 제주 : 32.5℃, 37.5℃, 서귀포 : 31.5℃, 35.9℃, 성산 : 30.2℃, 36.2℃, 고산 : 29.8℃, 34.3℃
- 제주특별자치도 일평균기온 최저값과 일최저기온 최저값
 - 제주 : -3.6℃, -6.0℃, 서귀포 : -4.1℃, -6.3℃, 성산 : -4.1℃, -7.0℃, 고산 : -1.1℃, -4.5℃



(그림 2-20) 일평균기온 최저와 최저기온 최저 공간분포(1981~2010년)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주특별자치도 일평균 일강수량 최대값과 1시간 최대값
 - 제주 : 420.0mm, 105.0mm, 서귀포 : 365.5mm, 92.5mm, 성산 : 302.0mm, 101.0mm, 고산 : 240.3mm, 55.5mm
- 제주특별자치도 최심신적설과 최심적설
 - 제주 : 13.9cm, 21.5cm, 서귀포 : 14.5cm, 37.8cm, 성산 : 16.6cm, 25.4cm, 고산 : 6.0cm, 6.0cm
- 제주특별자치도 최대풍속과 최대순간풍속
 - 제주 : 39.5m/s, 60.0m/s, 서귀포 : 27.0m/s, 44.0m/s, 성산 : 25.9m/s, 43.0m/s, 고산 : 51.1m/s, 60.0m/s

다. 극한기후사상

- 제주특별자치도 최고기온 95퍼센타일 공간분포
 - 제주 : 31.0℃(봄, 24.8℃, 여름 32.9℃, 가을 28.1℃, 겨울 16.3℃)
 - 서귀포 : 30.8℃(봄, 24.3℃, 여름 32.0℃, 가을 29.4℃, 겨울 17.3℃)
 - 성산 : 30.5℃(봄, 24.3℃, 여름 31.8℃, 가을 28.6℃, 겨울 16.4℃)
 - 고산 : 29.7℃(봄, 22.4℃, 여름 30.9℃, 가을 28.3℃, 겨울 16.0℃)
- 제주특별자치도 최고기온 99퍼센타일 공간분포
 - 제주 : 33.2℃(봄, 26.8℃, 여름 34.2℃, 가을 30.0℃, 겨울 18.6℃)
 - 서귀포 : 32.2℃(봄, 25.9℃, 여름 32.8℃, 가을 30.3℃, 겨울 19.0℃)
 - 성산 : 32.0℃(봄, 26.1℃, 여름 32.7℃, 가을 29.7℃, 겨울 18.1℃)
 - 고산 : 31.1℃(봄, 23.8℃, 여름 31.6℃, 가을 29.5℃, 겨울 17.6℃)
- 제주특별자치도 최저기온 5퍼센타일 공간분포
 - 제주 : 1.6℃(봄, 3.3℃, 여름 16.7℃, 가을 6.8℃, 겨울 -0.1℃)
 - 서귀포 : 1.6℃(봄, 3.8℃, 여름 17.3℃, 가을 7.4℃, 겨울 -0.3℃)
 - 성산 : -0.2℃(봄, 1.3℃, 여름 14.8℃, 가을 4.6℃, 겨울 -1.8℃)
 - 고산 : 2.1℃(봄, 3.9℃, 여름 16.4℃, 가을 7.8℃, 겨울 0.4℃)
- 제주특별자치도 최저기온 1퍼센타일 공간분포
 - 제주 : 0.0℃(봄, 1.9℃, 여름 15.3℃, 가을 5.7℃, 겨울 -1.3℃)
 - 서귀포 : -0.6℃(봄, 1.6℃, 여름 15.9℃, 가을 5.3℃, 겨울 -1.9℃)
 - 성산 : -2.1℃(봄, -0.3℃, 여름 13.3℃, 가을 2.8℃, 겨울 -3.1℃)
 - 고산 : -0.3℃(봄, 1.6℃, 여름 15.5℃, 가을 5.2℃, 겨울 -1.5℃)
- 제주특별자치도 강수량 95퍼센타일 공간분포
 - 제주 : 40.8mm(봄, 26.2mm, 여름 65.2mm, 가을 42.5mm, 겨울 18.1mm)
 - 서귀포 : 56.8mm(봄, 51.4mm, 여름 70.6mm, 가을 56.1mm, 겨울 24.0mm)
 - 성산 : 56.4mm(봄, 44.3mm, 여름 71.6mm, 가을 55.1mm, 겨울 23.7mm)

- 고산 : 18.4mm(봄, 16.9mm, 여름 33.1mm, 가을 13.7mm, 겨울 7.8mm)
- 제주특별자치도 강수량 99퍼센타일 공간분포
 - 제주 : 95.0mm(봄, 42.7mm, 여름 106.5mm, 가을 87.3mm, 겨울 29.0mm)
 - 서귀포 : 112.2mm(봄, 85.6mm, 여름 113.4mm, 가을 86.4mm, 겨울 42.8mm)
 - 성산 : 115.5mm(봄, 68.6mm, 여름 119.0mm, 가을 93.5mm, 겨울 42.7mm)
 - 고산 : 50.0mm(봄, 38.9mm, 여름 68.9mm, 가을 37.9mm, 겨울 19.0mm)

<표 2-23> 제주특별자치도 극한기후사상(1981~2010년)

극한기후지수	단위	제주	고산	성산	서귀포	해안지역
연극한 기온교차	℃	36.7	33.8	36.7	35.6	35.1
식물성장 가능 기간	일	362.7	365.0	354.9	364.7	365.0
최대열파 지속일수	일	0.4	-	0.6	0.4	0.4
일 최저기온 최저	℃	-2.0	-1.7	-3.6	-2.3	-2.3
일 최저기온 최고	℃	27.4	26.4	26.6	27.2	26.7
일 최고기온 최저	℃	2.0	2.4	1.7	3.3	2.6
일 최고기온 최고	℃	34.7	32.1	33.1	33.3	32.8
일 최저기온 0℃ 미만 일수	일	7.1	4.8	23.7	8.9	9.3
일 최고기온 25℃ 이상 일수	일	97.4	86.5	97.8	109.5	101.1
일 최고기온 0℃ 이하 일수	일	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
일 최저기온 25℃ 이상 일수	일	21.0	16.8	11.1	25.4	18.0
일 최저기온 0℃ 이하 일수	일	7.1	4.8	23.7	8.9	9.3
한랭일율	%	8.6	-	9.2	7.4	8.9
온난일율	%	12.4	-	12.0	15.6	13.6
한랭야율	%	6.1	-	7.8	6.4	6.8
온난야율	%	14.0	-	12.7	15.3	14.6
연속 한랭일 지속기간	일	0.4	-	1.1	0.8	1.1
연속 온난일 지속기간	일	1.9	-	1.8	6.8	5.2
10mm이상 강수일수	일	38.2	32.1	46.4	45.7	45.3
20mm이상 강수일수	일	19.9	16.9	28.9	27.7	23.8
80mm이상 강수일수	일	2.8	1.3	4.3	4.3	3.2
1일 최대강수량	mm	161.5	119.5	163.3	168.6	105.7
5일 최대강수량	mm	264.5	188.3	278.4	272.3	257.9
일 강수강도	mm/일	15.4	13.6	19.1	19.9	16.7
95퍼센타일 강수량 비율	%	32.6	28.9	32.4	29.1	31.5
99퍼센타일 이상 누적 강수량	mm	202.5	96.2	208.7	212.5	193.7
일강수량 1mm 이상인 날의 최대지속 일수	일	6.9	5.8	6.7	6.7	8.7
일강수량 1mm 미만인 날의 최대지속 일수	일	22.4	25.6	23.1	24.6	22.4

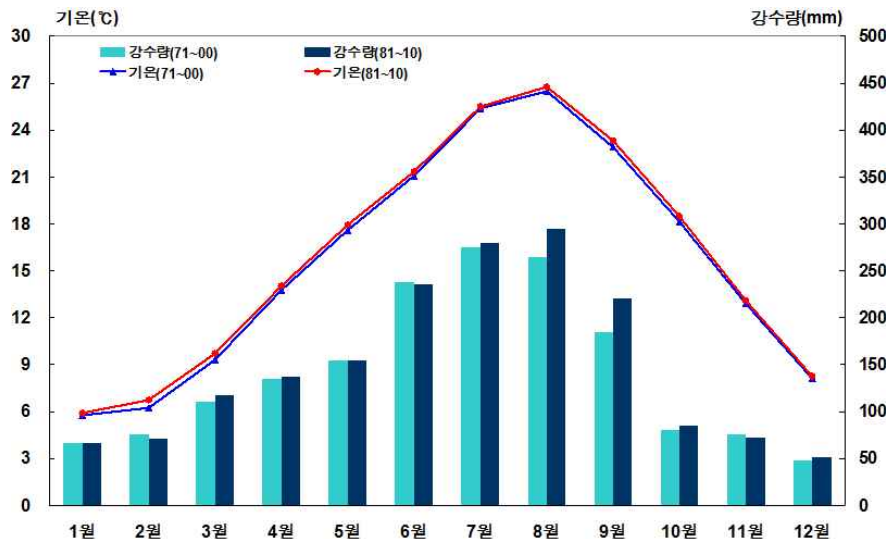
자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

2) 제주특별자치도 기후변화

(1) 30년 평균 기후변화

- 30년 단위 기온과 강수량의 평균값을 비교해 보면 기온의 경우 평균기온, 최고기온, 최저기온 모두 상승하였고, 특히 최저기온이 최고기온보다 더 뚜렷하게 상승하는 경향을 나타냄

- 1971~2000년 기간 평균기온 15.6℃
- 1981~2010년 기간 평균기온 15.9℃로 0.3℃ 상승
- 1971~2000년 기간 최고기온 19.2℃, 최저기온 12.2℃
- 1981~2010년 기간 최고기온 19.4℃로 0.2℃ 상승, 최저기온 12.7℃로 0.5℃ 상승



(그림 2-21) 제주특별자치도 기후그래프(Climograph)(1971~2000, 1981~2010)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 연 강수량은 1971~2000년 기간에 1,716.2mm이었으나, 1981~2010년 기간에는 1,787.0mm로 70.8mm(4.1%) 증가
- 1971~2000년 기간보다 1981~2010년 기간에 여름철 강수량이 29.5mm(3.8%증가), 가을철 강수량은 35.4mm(10.3%), 봄철 강수량은 6.2mm(1.5%) 순으로 증가
- 제주: 1971~2000년 기간 1,457.0mm, 1981~2010년 기간에는 1,497.6mm로 40.6mm (2.8%) 증가
- 서귀포: 1971~2000년 기간에 1,850.7mm이었으나, 최근 30년(1981~2010년)기간에

1,923.0mm로 72.3mm(3.9%)로 증가

- 성산: 1973~2000년 기간에 1,840.9mm이었으나, 1981~2010년 기간에는 1,940.3mm로 99.4mm(5.4%) 증가

○ 3개월 단위 계절 평균기온 변화

- 1971~2000년 기간에 비하여 1981~2010년 기간에 평균기온은 겨울철, 봄철, 가을철에 모두 0.3℃로 증가, 여름철 평균기온은 0.2℃ 증가
- 계절 평균 최고기온은 봄철에 0.4℃ 증가하였고, 여름철, 가을철, 여름철에 모두 0.3℃ 증가
- 계절 평균 최저기온은 가을철에 0.6℃ 상승하였고, 겨울철과 봄철은 0.5℃ 상승하였고, 여름철은 0.4℃ 상승

○ 제주특별자치도의 기후그래프의 30년 단위 월 평균기온을 비교해 보면, 1971~2000년 평균 보다 최근 1981~2010년 기간에 초가을이나 늦겨울 평균기온이 다른 기간에 비해 상승

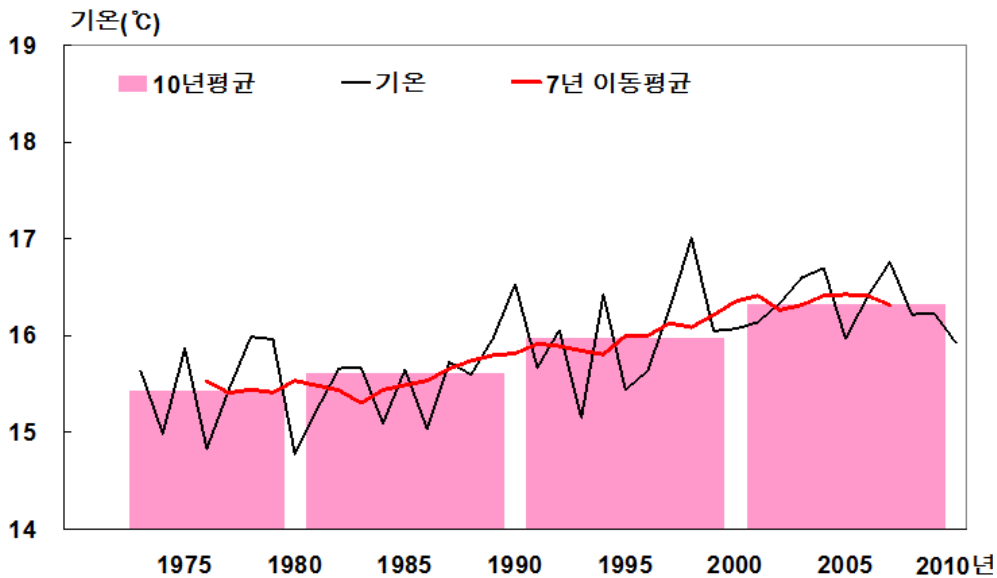
- 제주 : 1971~2000년 기간 연평균 기온은 15.5℃가 1981~2010년 기간에는 15.8℃로 0.3℃ 상승하였고, 최고기온은 18.7℃에서 18.9℃로 0.2℃ 상승, 최저기온도 12.4℃에서 12.9℃로 0.5℃상승
- 서귀포 : 1971~2000년 기간 16.2℃에서 1981~2010년 기간16.6℃로 0.4℃ 상승
- 성산 : 1973~2000년 기간의 연 평균기온은 15.2℃에서 1981~2010년 기간에는 15.4℃로 0.2℃ 상승

(2) 장기간(1973~2010) 기후변화 추세

가. 기온

- 제주, 서귀포, 성산 관측 지점을 평균한 제주특별자치도 해안지역의 1973~2010년 기간 기온시계열의 변화추세를 분석해 보면, 평균기온, 최고기온, 최저기온 모두 통계적으로 유의성을 가지는 것으로 나타남
- 연 평균기온 0.32℃/10년 상승률, 최고기온 0.29℃/10년 상승률, 최저기온 0.50℃/10년 상승률, 최저기온의 상승률이 최고기온의 상승률의 약 1.7배 더 크게 나타남

- 연평균 기온의 7년 이동평균과 10년 단위 평균값을 살펴보면, 지난 38년간 지속적으로 상승하는 경향이 나타남
- 1970년대와 1980년대 보다는 1990년대에 기온 상승경향이 가장 뚜렷하게 나타나다가 최근 2000년대에 다시 약화되는 경향을 보이고 있음
- 제주특별자치도 해안지역 평균기온은 1971~1980년 기간에는 15.4℃이었으나, 각 이전 10년 기간에 비하여 1981~1990년 기간에는 0.2℃, 1991~2000년 기간에는 0.4℃, 2001~2010년 기간에는 0.3℃ 증가한 것으로 나타남
- 최고기온의 경우에는 오히려 2000년대 이전보다 최근 10년(2001~2010)기간에 더 뚜렷한 증가경향을 나타냄
- 1971~1980년 기간에는 연 최고기온이 18.9℃이었으나, 각 이전 10년 기간에 비하여 1981~1990년 기간에는 0.3℃, 1991~2000년 기간에는 0.2℃, 2001~2010년 기간에는 0.4℃ 증가한 것으로 나타남
- 최저기온의 경우에는 연평균기온 경향과 유사하게 1971~1980년 기간에는 11.9℃이었으나, 이전 10년 기간들에 비하여 1981~1990년 기간에는 0.2℃, 1991~2000년 기간에는 0.7℃, 2001~2010년 기간에는 0.5℃ 증가



(그림 2-22) 해안지역의 연평균 기온 변화(1973~2010)

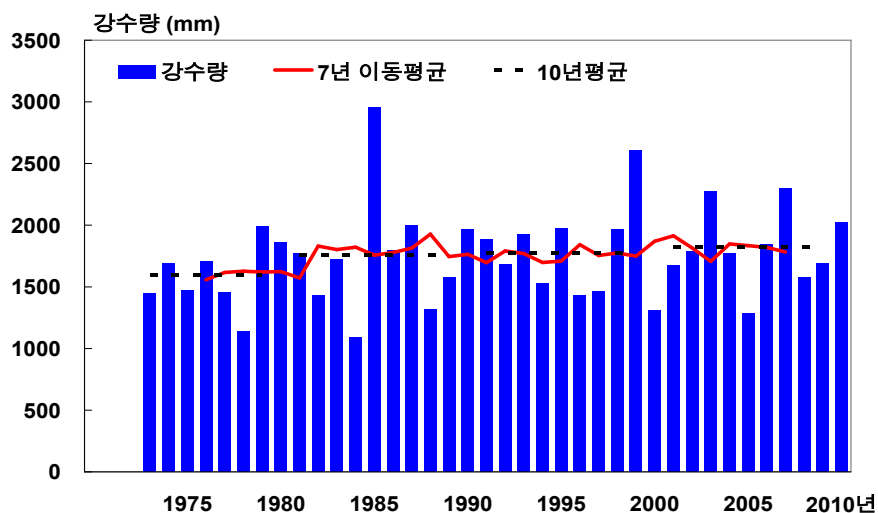
자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

나. 강수량

- 해안지역의 세 지점(제주, 서귀포, 성산)의 지난 38년간(1973~2010) 연, 계절 강

수량 변화는 서귀포 봄철 강수량을 제외하면 모두 양의 값을 나타내지만, 모두 통계적으로 유의성을 나타내는 추세는 관찰되지 않는 것으로 나타남

- 제주특별자치도 해안지역 평균 및 각 지점별 변화에 나타난 7년 이동평균과 10년 단위 평균값을 살펴보면, 전체적으로 지속적인 변화경향은 탐지되지 않지만, 1971~1980년대에 비하여 최근 10년 기간으로 올수록 점차 150~220mm 이상 높은 값을 나타냄
 - 지점별로 살펴보면 북부해안 제주의 1971~1980년대 연강수량에 비하여 최근 2001~2010년대 연강수량이 121.9mm 더 많고, 서귀포에서도 1971~1980년대 강수량보다 최근 2001~2010년대 강수량이 216.7mm 더 많음
 - 그러나 1920년대 중반부터 장기간 관측 자료가 있는 제주지점의 전체 기간 자료들을 비교해 보면, 최근 2001~2010년 강수량보다 1951~1960년대 강수량이 31.2mm 더 많았음
 - 즉, 강수량은 지속적인 상승 경향을 보이고 있는 기온과는 달리 시기별로 증가와 감소를 반복하는 경년변동이 나타났음을 의미함
- 지난 38년간(1973~2010) 연, 계절 강수량 변화에서도 전체기간 동안의 지속적인 증감 추세는 탐지하기 어렵지만 불특정한 해에는 강수량이 크게 나타남
 - 제주특별자치도 해안지역 평균 연 강수량은 약 5~7년 간격으로 다소 증가하고 감소하는 변동패턴이 반복될 뿐 장기간 지속적으로 증가하거나 감소하는 패턴은 관찰되지 않음
 - 제주특별자치도 해안지역의 3개 지점 평균 연강수량은 38년 전체기간 중 1985년에 2,952.9mm로 가장 많았고, 2001년에 2,608.2mm, 2007년에 2,296.3mm, 2003년에 2,276.6mm순으로 강수량이 많았던 해에 해당함



(그림 2-23) 해안지역의 연강수량 변화(1973~2010)

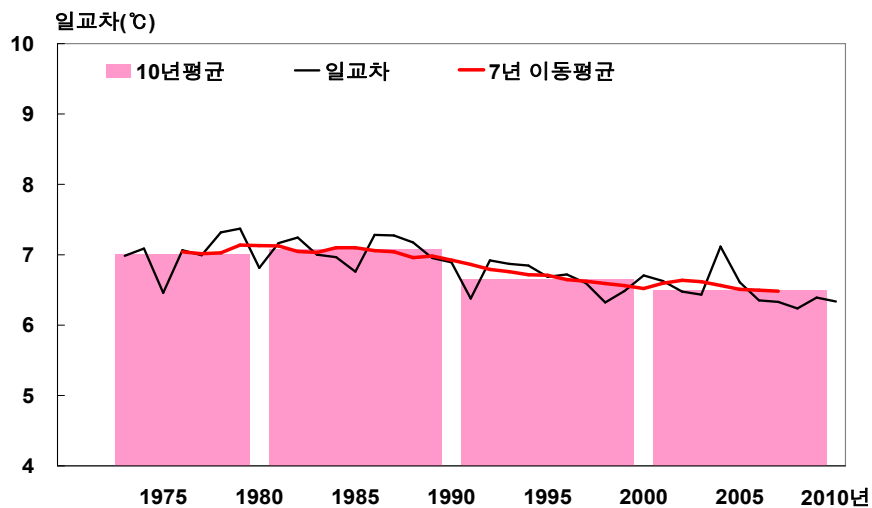
자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

다. 기타 기후 요소 변화

- 기온과 강수 이외 제주특별자치도 3개 지점(제주, 서귀포, 성산)의 일교차, 운량, 일조시간, 상대습도, 증발량(제주와 서귀포) 등의 기후요소에 대한 지난 38년간(1973~2010)의 변화추세를 살펴봄

가) 일교차

- 제주특별자치도 해안지역 평균 일교차는 1980년대에 증가하였다가 1990년대 이후에 감소하고 있으며, 38년 전체기간에는 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 의 감소율을 보임
 - 사계절 중에서는 가을철 일교차 감소율이 $0.30^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 가장 크고, 겨울철 $0.19^{\circ}\text{C}/10\text{년}$, 봄철 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 나타남
 - 최고기온 변화가 뚜렷하지 않은 여름철에도 최저기온은 상승하기 때문에 일교차는 감소하는 경향을 보임
- 제주지역의 경우, 계절 및 지역별 일교차 변화추세는 상이하지만, 최저기온이 최고기온 변화보다 뚜렷했던 여름철과 가을철에는 일교차가 공통적으로 감소하는 경향을 나타냄



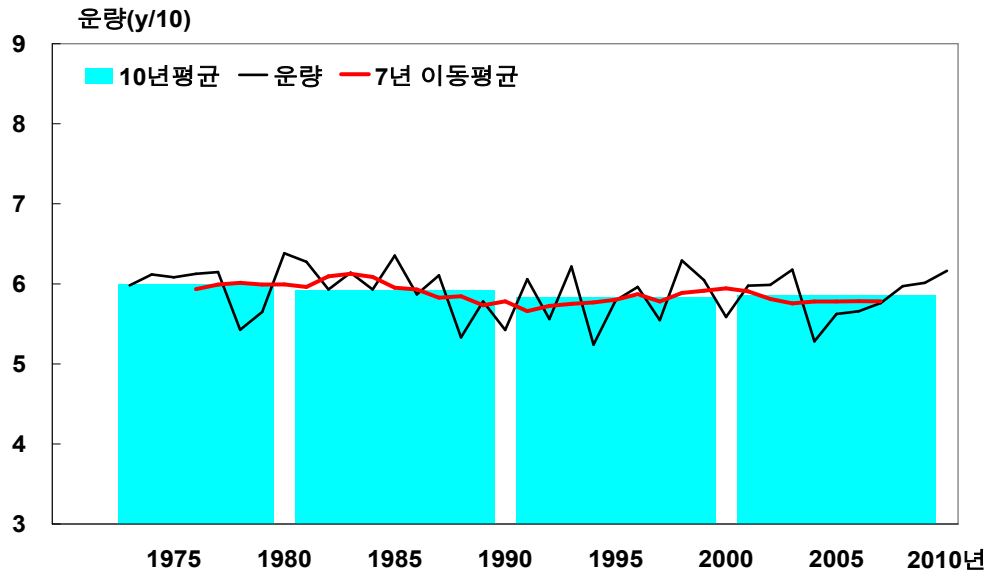
(그림 2-24) 해안지역의 연 일교차 변화(1973~2010)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

나) 운량

- 제주특별자치도 해안지역의 지난 38년간 연평균 운량의 시계열에 나타난 10년 단위 평균과 변화추세에서는 유의미한 결과는 나타나지 않음

- 제주특별자치도 해안지역의 계절별 운량의 시계열에서는 봄철의 경우에만 지속적인 감소추세를 보였고, 1990년대 이후의 봄철 운량이 이전 시기에 비하여 작게 나타나 38년간 봄철의 운량 감소율은 0.17/10년으로 나타남
- 제주특별자치도 해안지역 및 지역별 특성을 살펴보면, 기록된 운량에는 뚜렷한 변화가 관찰되지 않는 것으로 나타남

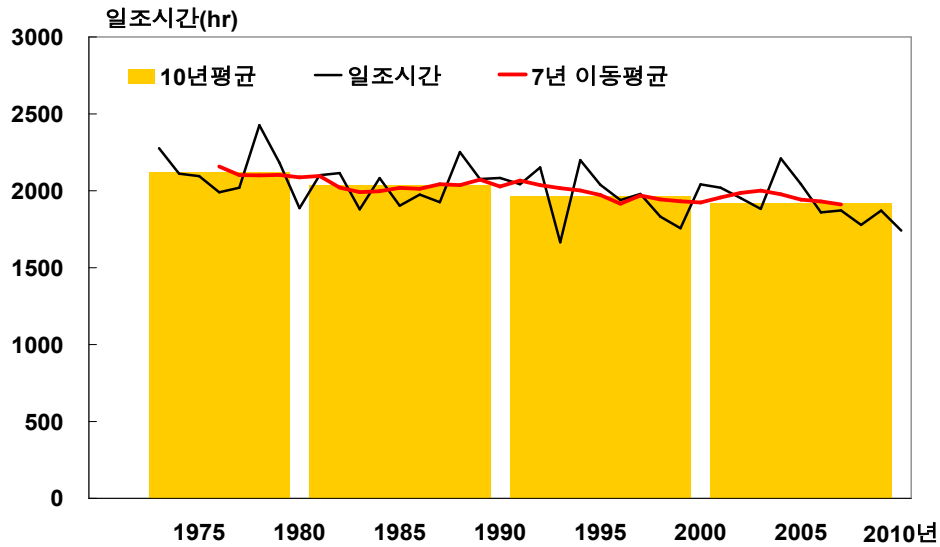


(그림 2-25) 해안지역의 연 운량 변화(1973~2010)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

다) 일조시간

- 제주특별자치도 해안지역 평균 일조시간의 변화추세를 살펴보면, 통계적 유의성은 낮았지만 일부 강수량의 증가경향이 나타난 여름철과 가을철에 일부 지역을 중심으로 일조시간도 감소하는 추세를 보임
- 지난 38년 동안 제주특별자치도 해안지역 여름철 일조시간은 36.5시간/10년, 가을철 일조시간은 20.9시간/10년의 비율로 감소하였고, 봄철과 겨울철 일조시간에는 뚜렷한 변화가 탐지되지 않은 것으로 나타남
- 동서남북 관측지점의 연, 계절별 일조시간의 변화추세에서는 강수량이 증가하는 경향을 보인 동부해안의 성산을 제외하면 대부분 관측지점의 일조시간은 뚜렷한 변화를 보이지 않은 것으로 나타남

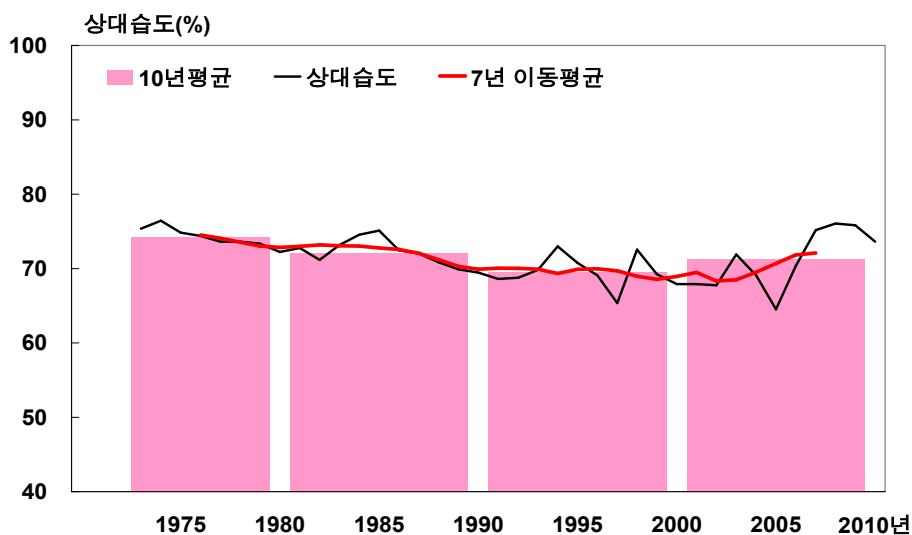


(그림 2-26) 해안지역의 연 일조시간 변화(1973~2010)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

라) 상대습도

- 제주특별자치도 평균 상대습도에 대한 지난 38년간 변화 추세를 살펴보면, 1.0%/10년의 감소율을 나타냄
- 특히 봄철, 여름철, 겨울철을 중심으로 상대습도가 통계적으로 유의미한 감소 추세를 나타내고 있지만, 대조적으로 가을철에는 2000년대 후반부에 상대습도가 증가하여 38년 전체기간 동안의 시계열 변화추세에 있어서 통계적으로 유의미한 변화를 보이지 않는 것으로 나타남



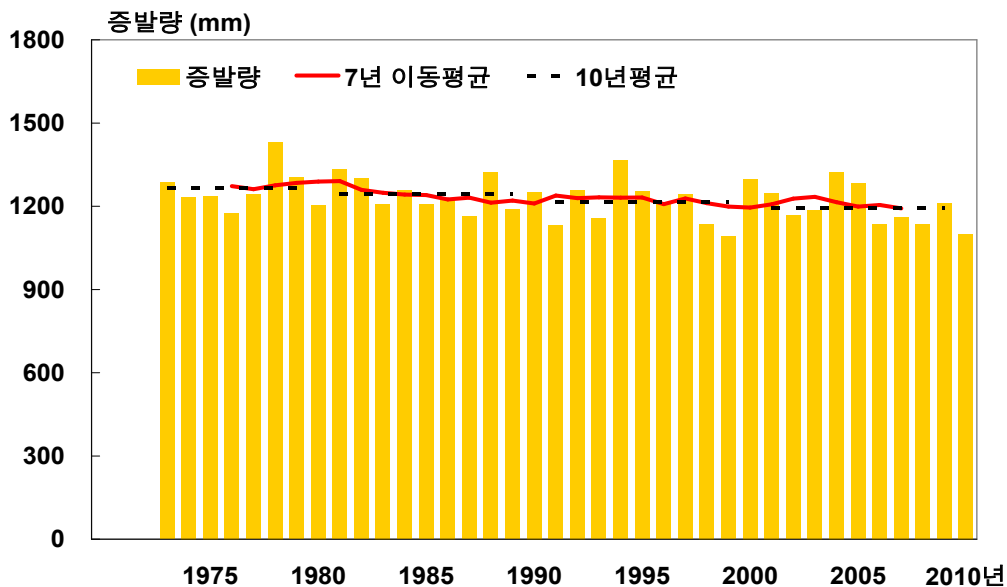
(그림 2-27) 연 상대습도 변화(1973~2010)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 제주지역의 상대습도는 기온이 상승하면서 겨울철과 봄철에는 대부분 감소하였지만, 여름철과 겨울철은 지역마다 상이하게 나타나는 특징을 나타냄

마) 증발량

- 북부해안의 제주와 남부해안의 서귀포의 평균 증발량의 변화에서, 연 증발량은 26.3mm/10년의 비율로 증발량이 감소하는 패턴을 나타냄
- 사계절 중 겨울철 증발량이 6.81mm/10년의 비율로 감소하는 패턴을 보이나, 다른 계절에서는 통계적 유의성을 지닌 뚜렷한 변화 양상이 관찰되지 않는 것으로 나타남
- 제주지역 증발량에 대한 변화를 살펴보면, 남부해안과 북부해안의 증발량은 상이한 변화 양상을 보이며, 남부해안의 겨울철 증발량만 감소하는 경향이 나타남



(그림 2-28) 해안지역의 연 증발량 변화(1973~2010)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

라. 주요 현상일수와 극한기후사상 변화

가) 주요 현상일수

- 0.1mm 이상 강수일수와 80mm 이상의 강수일수의 변화는 뚜렷하지 않지만, 뇌전일수는 평균적으로 3.2일/10년의 비율로 증가하는 것으로 나타났음
- 겨울철 눈 일수는 평균적으로 1.6일/10년의 비율로 감소하고, 결빙일수와 서리일

수도 5.3일/10년과 16.3일/10년의 비율로 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타냄

- 고온현상과 관련하여 일최저기온 25℃ 이상인 열대야 일수는 성산에서는 뚜렷한 변화경향이 나타나지 않지만 북부해안인 제주의 경우에는 4.0일/10년의 비율로 증가하였음
- 해안지역의 안개일수와 황사일수는 통계적으로 유의미한 변화를 보이지 않는 것으로 나타남

(가) 일강수량 0.1mm 이상 일수

- 제주의 경우 1970년대에는 약 139.4일 전후로 나타나다가 1980년대에는 128.9일, 1990년대에는 123.3일로 감소하다가 2000년대에는 138.2일로 다시 증가하는 패턴을 보임
- 서귀포의 경우 1970년대에는 123.3일이었다가 1980년대에는 123.3일, 1990년대에는 115.9일로 더 감소하였다가 2000년대에 136.5일로 급증하는 특징을 보여주고 있으며, 이러한 변동폭은 1990년대와 2000년대 겨울철에 10일 정도로 가장 뚜렷하게 나타남
- 성산의 경우 1970년대에는 120.9일이었다가 1980년대에는 125.1일로 약간 증가하고, 1990년대에는 115.4일로 감소하고, 2000년대에는 125.7일로 다시 급증하는 패턴을 보임

(나) 일 강수량 80mm 이상 일수

- 제주의 경우 1970년대에는 2.3일, 1980년대에는 3.1일, 1990년대에는 3.8일, 2000년대에는 2.9일로 경년변동 패턴을 나타냈고, 80mm 이상일수는 1999년에 10회로 가장 많았고, 그 해 여름철에 7회 발생한 것으로 나타남
- 서귀포의 경우 0.5일/10년의 비율로 증가하는 추세를 보이지만 2000년대에는 1990년대보다 다소 감소하는 패턴을 나타냈는데, 1970년대에 2.9일, 1980년대에 4.6일, 1990년대에는 5.0일로 증가하다가 2000대에는 4.2일로 다시 감소하는 경년변동 패턴을 보임
- 성산에서도 서귀포와 유사한 경년변동을 나타내는데, 1970년대에는 3.0일이었다가, 1980년대에는 4.6일로 증가하고, 1990년대와 2000년대에는 4.3일과 4.4일로 그 변동폭이 적게 나타남

(다) 결빙일수

- 제주의 결빙일수는 1970년대와 1980년대에 비하여 1990년대와 2000년에는 그 발생빈도가 현격하게 감소하여 5.3일/10년의 감소율을 보였음
- 서귀포의 경우 제주와 유사하게 1980년대 후반에 10일 이상 뚜렷하게 감소하는 경향으로 3.4/10년이 비율로 감소하는 것으로 나타남
- 성산의 연간 결빙일수에서는 4.9일/10년의 비율로 감소하는 경향을 보였는데, 제주와 서귀포가 1980년대 후반에 발생빈도가 급감하여 2000년대까지 유사하게 지속된 변화 경향과는 달리 성산의 경우 2000년대에도 1990년대와 비교하여 10일 이상 줄어드는 패턴을 나타냄

(라) 뇌전일수

- 제주의 연간 뇌전일수는 1990년대에 비하여 2000년대에 10일 이상 뚜렷하게 증가하여 3.5일/10년의 증가율을 나타냈고, 서귀포도 제주와 유사하게 2000년대의 발생빈도가 이전 기간에 비하여 5일 이상 증가하여 3.2일/10년의 증가율을 나타냄

(마) 눈 일수

- 제주의 연간 눈 일수는 대체로 1980년대 후반부터 그 이전기간에 비하여 눈 일수가 줄어들면서 3.0일/10년의 감소율을 보임
- 서귀포의 눈 일수는 제주와는 달리 1980년대 후반 이후 눈 일수가 그 이전 기간에 비하여 감소하나, 2000년대에는 1980년대와 유사한 발생빈도를 보여 통계적으로 유의미한 변화를 보이지 않는 것으로 나타남

(바) 서리 일수

- 제주의 연간 서리일수는 결빙일수와 유사하게 1980년대 후반에 발생빈도가 급감하면서 2000년대에는 3.1일로, 3.6일/10년의 감소율을 나타냈음
- 서귀포 연간 서리일수는 제주의 경우와는 달리 서리일수 발생빈도가 10일 이하로 낮기 때문에 제주에서 나타났던 1980년대 이후 급감하는 패턴을 찾아볼 수 없음

(사) 안개일수

- 제주의 안개일수를 살펴보면 지속적인 증가 또는 감소하는 변화는 보이지 않음
 - 1970년대 평균 15.0일, 1980년대 평균 15.4일이었다가 1980년대 평균 14.3일로 약간 감소하였다가 2000년 평균 16.3일로 증가하는 패턴을 보임
- 서귀포의 안개일수 변화를 살펴보면, 1970년대에 18.1일, 1980년대에 18.2일, 1990년대에 18.3일로 거의 변화가 없다가 2000년대에 23.2일로 약 4.9일 증가함

(아) 일최저기온 25℃ 이상 일수

- 제주에서 일최저기온 25도 이상 일수의 변화를 살펴보면, 1970년대부터 서서히 증가하고 있는데, 1980년대 14.8일이 1990년대 초반에 9.3일 급증하여 24.1일로 증가하였으며, 2000년대까지 발생빈도가 유사하게 유지되는 패턴을 보이고 있음
- 서귀포에서는 일최저기온 25℃ 이상 일수가 1970년대 이후로 지속적으로 증가하는 패턴을 나타냄
 - 발생빈도에 있어서, 1970년대에는 평균적으로 16.2일이었고, 1980년대에는 20.2일, 1990년대에는 25.3일, 2000년대에는 30.8일로 증가폭도 점차 늘어나고 있으며, 증가율은 5.5일/10년을 나타냄
- 성산의 연간 및 계절별 일최저기온 25℃ 이상 일수는 1970년대부터 1990년대 후반까지는 뚜렷한 변화를 보이지 않다가, 2000년대에 들면서 특정 해를 중심으로 발생빈도가 일부 증가한 경우가 나타나고 있으나 통계적으로 증가하는 경향은 나타나지 않음

(자) 황사일수

- 제주의 연간 황사일수는 중국북부 지역에서 고온건조 상태가 지배적이었던 20세기 초반에 뚜렷하게 증가한 패턴을 관찰할 수 있으나 변화 추세는 통계적으로 유의미한 증가경향을 나타내지 않음
 - 1990년대 평균 황사발생일은 4.8일이었고, 1990년대에는 8.4일로 증가하였으며, 사계절 중 황사의 대부분이 발생하는 봄철에 연간 변화와 유사하게 2000년대 초반에 뚜렷한 상승 경향을 보였고, 2000년대에 가을철에도 황사일이 높게 나타남
- 서귀포의 연간 황사일수도 제주와 유사하게 2000년대 초반에 증가하는 패턴을 보임

- 제주와 유사하게 사계절 중에서도 황사일이 주로 발생하는 봄철에 특히 2000년대 초반에 황사일이 증가하였다가 2000년대 후반에 감소하는 패턴을 보임

<표 2-24> 해안지역의 10년 단위 주요현상일수 변화(관측이래~2010년) (단위: 일)

기간	1911~1920년	1921~1930년	1931~1940년	1941~1950년	1951~1960년	1961~1970년	1971~1980년	1981~1990년	1991~2000년	2001~2010년
0.1mm이상 강수일수							130.8	125.8	118.2	133.5
80mm 이상 강수일수							2.7	3.9	4.3	3.8
결빙일수							26.1	35.9	19.9	16.5
뇌전일수							9.5	12.8	12.7	21.0
눈일수							20.3	17.0	13.6	15.6
서리일수							14.6	18.5	7.1	3.3
안개일수							16.0	17.2	15.8	19.1
우박일수							제외(결측포함)			
일최저기온 25℃이상일수							12.5	15.2	19.6	22.7
황사일수							4.5	3.9	4.6	8.3

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

나) 극값 및 특이 기상

- 지난 38년간 제주, 서귀포, 성산 등 3개 지점의 10개 극값 및 특이 기상(연최다일 강수량, 연최다 1시간 강수량, 일평균기온의 연최고값 및 최저값, 일최고기온의 최고값, 일최저기온의 최저값, 연최심신적설, 연최심적설, 일최대풍속의 연최대값, 일최대순간풍속의 연최대값)의 변화는 다음과 같음
- 고온현상과 관련하여 일평균기온의 최고값은 북부해안의 제주에서 0.24℃/10년, 남부해안의 서귀포에서 0.27℃/10년의 증가율을 보이지만, 동부해안의 성산에서는 통계적으로 유의미한 변화율을 보이지 않음
 - 일최고기온의 연최고값은 북부해안의 제주 관측지점에서만 0.27℃/10년의 통계적으로 유의미한 변화를 나타내고, 남부해안의 서귀포와 동부해안의 성산에서는 뚜렷한 변화를 보이지 않음
- 저온현상과 관련하여 일평균기온의 최저값은 북부해안의 제주에서 0.48℃/10년, 남부해안의 서귀포에서 0.65℃/10년의 증가율을 보이지만, 동부해안의 성산에서는 통계적으로 유의미한 변화율을 보이지 않음
 - 일최저기온의 연최저값은 제주에서 0.63℃/10년, 남부해안의 서귀포에서 0.71℃/10년, 동부해안의 성산포에서 0.50℃/10년 의 증가율을 보임

- 강수량 극값의 변화와 관련하여 1988년 이후 관측 자료가 있는 서부해안의 고산을 포함하여 제주특별자치도 동서남북 해안지역 연최다 일강수량의 변화에서는 지속적으로 증가하거나 감소하는 변화경향은 탐지되지 않고 경년 변동하는 패턴만이 나타남
 - 제주의 경우에는 2000년대 초반에 다소 연최다 일강수량이 약간 증가하는 경향과 태풍의 영향으로 2007년의 연최다 일강수량 420.0mm을 기록하여 38년 중 가장 많은 값을 보임
 - 서귀포에서는 대체로 1990년대 중반에 연최다 일강수량이 217.0mm로 증가하였다가 2000년대(147.0mm)에는 1980년대(141.7mm)와 비슷한 값을 나타냄
 - 성산은 1990년대 중반에, 고산은 1990년대 후반에 약간 증가하였다가 그 이후에 감소하는 패턴이 나타남
- 연최다 1시간 강수량도 제주와 서귀포, 고산에서는 지속적인 증가나 감소경향은 나타나지 않고 수년 주기의 경년 변동하는 패턴이 나타남
 - 성산의 경우에는 1990년대 연최다 1시간 강수량이 평균적으로 53.4mm였으나, 2000년대 중반에 눈에 띄게 증가하여 10년 평균적으로 73.4mm까지 증가하였다가 후반에 감소하는 패턴을 나타냄
- 겨울철 강수형태와 관련하여 하루 단위의 연 최심신적설의 변화를 살펴보면 강수량 극값과 유사하게 지속적으로 증가하거나 감소하는 패턴은 관찰되지 않고 수년 주기로 경년변동하는 패턴을 보임
 - 제주와 서귀포에서는 1984년과 같은 특정 해에는 연최심신적설이 눈에 띄게 증가하여 각각 13.9cm와 11.0cm를 기록하였음
 - 연 최심적설은 북부와 남부해안보다는 동부해안의 성산에서 일반적으로 더 높게 나타나는데, 1990년대 중반~2000년대 초반 기간에 다소 연최심신적설이 증가하였던 변동성이 나타남
- 바람과 관련된 극값으로 일최대풍속의 연최대값의 변화를 살펴보면, 도심에 관측소가 위치한 북부해안의 제주의 경우에는 2000년대 접어들면서 태풍이 제주를 강타한 경우를 제외하고는 일반적으로 일최대풍속의 연최대값이 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났고, 유사하게 남부해안의 서귀포에서도 2000년에 접어들면서 다소 약해지는 경향이 나타남
 - 성산에서는 최대풍속이 2000년대로 올수록 오히려 약간 더 높아지는 경향이 나

타나고, 1980년대 후반부터 관측이 이루어진 고산의 경우에는 2000년대에 접어들면서 가장 뚜렷하게 증가하는 경향이 나타남

- 고산의 일최대풍속 연최대값은 1990년대 평균적으로 26.7㎧였으나, 2000년대에는 34.8㎧으로 증가하였음

<표 2-25> 제주의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화(관측이래~2010년)

기간	1911~1920년	1921~1930년	1931~1940년	1941~1950년	1951~1960년	1961~1970년	1971~1980년	1981~1990년	1991~2000년	2001~2010년
연최다일강수량(mm)			제외 (결측 포함)	149.9	137.5	155.7	125.7	131.9	145.3	172.0
연최다 1시간 강수량(mm)				33.8	32.5	41.0	40.5	37.2	42.7	51.7
일평균기온의 연최고값(℃)				29.3	29.1	29.9	30.5	29.8	30.4	30.2
일평균기온의 연최저값(℃)				-1.1	-0.3	-0.8	-0.4	-0.2	-0.6	1.1
일최고기온의 연최고값(℃)				34.1	34.2	34.9	34.7	34.1	35.0	34.6
일최저기온의 연최저값(℃)				-3.4	-2.8	-3.2	-2.7	-2.8	-3.3	-1.3
연최심신적설(cm)				3.6	2.9	5.5	5.1	4.5	2.8	3.5
연최심적설(cm)				7.1	4.4	8.0	7.3	7.3	3.1	4.6
일최대풍속 연최대값(m/s)				26.9	24.5	24.6	22.0	20.7	17.4	19.3
일최대순간풍속연최대값(m/s)				32.2	30.9	33.5	33.4	32.2	29.5	31.9

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

<표 2-26> 서귀포의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화(관측이래~2010년)

기간	1911~1920년	1921~1930년	1931~1940년	1941~1950년	1951~1960년	1961~1970년	1971~1980년	1981~1990년	1991~2000년	2001~2010년
연최다일강수량(mm)						129.3	128.0	141.7	217.0	147.0
연최다 1시간 강수량(mm)						39.8	39.2	50.5	53.1	42.2
일평균기온의 연최고값(℃)						29.2	28.9	29.2	29.3	29.8
일평균기온의 연최저값(℃)						-0.8	-0.7	-0.9	1.4	0.7
일최고기온의 연최고값(℃)						33.0	32.6	33.3	33.1	33.7
일최저기온의 연최저값(℃)						-3.8	-3.5	-3.5	-1.4	-2.0
연최심신적설(cm)						5.6	3.4	3.8	2.6	4.4
연최심적설(cm)						9.0	4.2	4.5	3.1	5.6
일최대풍속 연최대값(m/s)						20.9	19.7	17.0	15.8	16.0
일최대순간풍속연최대값(m/s)						32.0	31.2	31.6	27.9	31.0

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

<표 2-27> 성산의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화(관측이래~2010년)

기간	1911~ 1920년	1921~ 1930년	1931~ 1940년	1941~ 1950년	1951~ 1960년	1961~ 1970년	1971~ 1980년	1981~ 1990년	1991~ 2000년	2001~ 2010년
연최다일강수량(mm)							제외 (결측 포함)	147.1	180.6	162.3
연최다 1시간 강수량(mm)								62.9	53.4	73.4
일평균기온의 연최고값(℃)								29.0	28.7	28.7
일평균기온의 연최저값(℃)								-1.3	0.0	-0.7
일최고기온의 연최고값(℃)								33.4	33.2	32.9
일최저기온 연최저값(℃)								-4.6	-3.3	-2.9
연최심신적설(cm)								5.7	7.5	6.4
연최심적설(cm)								6.8	8.6	9.4
일최대풍속 연최대값(m/s)								14.9	15.2	16.9
일최대순간풍속연최대값(m/s)								제외	23.4	28.0

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

<표 2-28> 고산의 10년 단위 극값 및 특이기상 평균값 변화(관측이래~2010년)

기간	1911~ 1920년	1921~ 1930년	1931~ 1940년	1941~ 1950년	1951~ 1960년	1961~ 1970년	1971~ 1980년	1981~ 1990년	1991~ 2000년	2001~ 2010년
연최다일강수량(mm)								제외 (결측 포함)	143.1	102.8
연최다 1시간 강수량(mm)									34.5	38.8
일평균기온의 연최고값(℃)									28.3	28.7
일평균기온의 연최저값(℃)									1.3	0.5
일최고기온의 연최고값(℃)									31.6	32.9
일최저기온 연최저값(℃)									-1.2	-2.0
연최심신적설(cm)									0.7	2.2
연최심적설(cm)									0.7	2.3
일최대풍속 연최대값(m/s)									26.7	34.8
일최대순간풍속연최대값(m/s)									35.1	42.6

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

다. 극한 기후사상의 변화

- 제주특별자치도의 지난 38년간(1973~2010) 3개 관측지점(제주, 서귀포, 성산)과 3개 지점을 평균한 제주특별자치도 해안지역 최고기온, 최저기온, 일 강수량에서 추출한 22개의 극한기온지수와 12개의 극한강수지수의 변화는 다음과 같음
- 연중 최고기온 극값과 최저기온의 극값의 차를 나타내는 연극한 기온교차는 제주특별자치도 해안지역에서 통계적으로 유의성을 지닌 변화를 보이지 않음

- 해안지역에서 일최저기온 최저는 $0.56^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 의 비율로 증가하는 추세(90%의 유의수준)지만 일최고기온 최고는 뚜렷한 변화 양상을 보이지 않음
- 고온일의 지속기간과 관련하여 최고기온이 평년에 비하여 5°C 이상 높은 경우가 5일 이상 연속으로 나타내는 최대열파지속일수도 뚜렷한 변화가 관찰되지 않음
- 연중 최고기온 99퍼센타일과 95퍼센타일의 임계치는 제주특별자치도 해안지역 평균적으로 통계적 유의성을 나타내면서 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 와 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 의 비율로 상승하고 있음
- 1973년 이래의 제주특별자치도 평균 최고기온 99퍼센타일과 95퍼센타일의 변화에서는 대체로 지속적으로 상승하는 경향을 나타냄
- 일최고기온 90퍼센타일 이상의 온난일률과 일최저기온 90퍼센타일 이상의 온난야율도 $2.3\%/10\text{년}$ 과 $3.7\%/10\text{년}$ 의 비율로 증가함
- 절대 임계치를 기준으로 한 고온극한 현상의 변화에서의 제주특별자치도 해안지역 일최고기온 25°C 이상인 여름일수는 $4.9\text{일}/10\text{년}$, 일최저기온 25°C 이상일 열대야 일수는 $4.7\text{일}/10\text{년}$ 의 비율로 증가함
- 또한 연속 온난일 지속기간은 성산을 제외하고는 모두 증가하는 경향을 보여 제주특별자치도 해안지역 평균적으로 $2.9\text{일}/10\text{년}$ 증가율을 나타냄
- 저온 극한 현상과 관련하여 제주특별자치도 해안지역의 일최고기온과 일최저기온의 하위 10퍼센타일 이하의 한랭일($1.4\%/10\text{년}$)과 한랭야($4.2\%/10\text{년}$)가 차지하는 비율은 모두 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타남
- 연속 한랭일 지속기간도 평균적으로 $1.8\text{일}/10\text{년}$ 의 비율로 감소하는 경향이 나타남
- 극값과 관련하여 최저기온 1퍼센타일값과 5퍼센타일값은 겨울철 온난화의 경향과 더불어 그 임계치가 $0.56^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 과 $0.47^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 의 비율로 증가하고 있는데, 특히 이러한 변화는 1988년을 기점으로 뚜렷하게 나타남
- 저온 극한현상의 임계치가 상승함에 따라 저온현상의 발생빈도도 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타남
- 극한 강수현상의 변화에서는 대체로 모든 지점별로 공통적으로 나타나는 변화는 없고, 극한 지수별로 통계적 유의성을 나타내는 관측지점들이 모두 상이한 것으로 나타남
- 결과적으로 제주지역에서의 극한 강수현상의 변화를 보면, 제주특별자치도 동부

해안에서 일부 극한 호우사상이 증가하는 현상이 일부 관찰되지만 제주특별자치도 해안지역 평균적으로는 극한강수현상의 발생빈도, 강도, 지속 간에 뚜렷한 변화는 나타나지 않음

- 제주의 최대열파지속일수는 발생빈도가 낮아 전체적인 변화경향을 파악할 수 없으나 지역별 연중 기온의 평균을 고려한 30년 평균 일최고기온 90퍼센타일 이상을 나타내는 온난일이 가장 오래 지속된 경우를 가리키는 연속 온난일 지속기간은 제주에서 1.6일/10년의 비율로 늘어나고 있음
- 온난일이 차지하는 비율인 온난일율도 1.9%/10년의 비율로 점차 증가하고 있으며, 온난야율도 3.7%/10년의 비율로 뚜렷하게 증가하고 있음
- 반면 저온극한 현상과 관련하여 한랭일율은 1.7%/10년, 한랭야율은 4.2%/10년의 비율로 감소하고 있음
- 즉, 고온과 저온 극한현상에서도 야간의 극한기온의 변화율이 주간극한기온 변화율에 비하여 더 뚜렷하게 나타나고 있음을 의미함

<표 2-29> 제주특별자치도 극한기온사상 변화율(1973~2010년)

극한기온지수	단위	제주	서귀포	성산	제주 해안지역
연극한기온교차	℃/년	-0.036	-0.041	-0.045	-0.041
식물성장 가능기간	일/년	0.490*	0.230*	0.129	0.172*
최대열파지속일수	일/년	0.010	0.008	0.002	0.010
일최저기온 최저	℃/년	0.063**	0.071**	0.050*	0.056
일최저기온 최고	℃/년	0.044**	0.036**	0.003	0.016*
일최고기온 최저	℃/년	0.047*	0.062*	0.058*	0.059*
일최고기온 최고	℃/년	0.027*	0.030	0.005	0.016
일최저기온 0℃ 미만일수	일/년	-0.392**	-0.409**	-0.402	-0.397**
일최고기온 25℃ 이상일수	일/년	0.391*	0.746**	0.252	0.485**
일최고기온 0℃ 이하일수	일/년	-0.017	-0.005	-0.014*	-0.005
일최저기온 25℃ 이상일수	일/년	0.543**	0.549**	0.110	0.470**
일최저기온 0℃ 이하일수	일/년	-0.392**	-0.409**	-0.402*	-0.397**
최고기온 99퍼센타일	℃/년	0.020	0.033*	-0.001	0.018*
최고기온 95퍼센타일	℃/년	0.027	0.043**	0.006	0.024*
최저기온 1퍼센타일	℃/년	0.069**	0.063**	0.044**	0.056**
최저기온 5퍼센타일	℃/년	0.051**	0.063**	0.041**	0.047**
한랭일율	%/년	-0.165**	-0.244**	-0.081	-0.144*
온난일율	%/년	0.186**	0.421**	0.138*	0.229**
한랭야율	%/년	-0.415**	-0.398**	-0.334**	-0.419**
온난야율	%/년	0.366**	0.484**	0.207**	0.372**
연속 한랭일 지속기간	일/년	-0.104	-0.128**	-0.049	-0.181**
연속 온난일 지속기간	일/년	0.160**	0.432**	0.078	0.292**

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

3) 제주지역 기후변화 전망

(1) 기후변화 추세 전망

가. 기온

- 제주특별자치도의 미래 기후변화 시나리오 기온자료를 분석한 결과, 30년 평균기온은 2011~2040년대에는 16.2℃, 2041~2071년에는 17.5℃, 2071~2100년에는 18.8℃로 점차 증가할 것으로 전망됨
- 23개의 자동기상관측자료의 10년간(2001~2010) 평균기온(14.1℃)과 비교해보면 2011~2040년대에는 2.1℃, 2041~2071년에는 3.4℃, 2071~2100년에는 4.7℃ 상승할 것으로 전망됨
- 최저기온의 경우는 지난 10년간(2001~2010) 관측값(11.1℃) 기준으로 2011~2040년대에는 1.9℃, 2041~2071년에는 3.3℃, 2071~2100년에는 4.6℃ 높아질 것으로 전망됨
- 최고기온의 경우에는 지난 10년간(2001~2010) 관측값(17.8℃) 기준으로 2011~2040년대에는 2.0℃, 2041~2071년에는 3.3℃, 2071~2100년에는 4.5℃ 높아질 것으로 전망됨
- 계절별로 기온변화 전망치를 살펴보면, 평균기온은 최근 10년 기준으로 2011~2040년에는 봄철은 1.3℃, 여름철은 1.6℃, 가을철은 0.7℃, 겨울철은 1.0℃ 상승할 것으로 전망됨
- 최고기온의 경우는 봄철에 1.3℃, 여름철에 1.5℃, 가을철에 1.1℃, 겨울철에 0.9℃ 상승할 것으로 전망됨
- 최저기온의 경우에도 봄철에 1.5℃, 여름철에 1.9℃, 가을철에 1.5℃, 겨울철에 1.1℃ 상승할 것으로 전망됨
- 결과적으로 2011~2040년 기간에는 평균기온, 최고기온, 최저기온은 모두 사계절 중 여름철에 가장 높은 상승률을 보일 것으로 전망됨
- 2071~2100년 기간 평균기온은 최근 10년 관측 자료와 비교하여 봄철에 3.5℃, 여름철에 4.4℃, 가을철에 4.1℃, 겨울철에 3.5℃ 상승할 것으로 전망됨
- 최고기온은 봄철에 3.4℃, 여름철에 4.1℃, 가을철에 3.7℃, 겨울철에 3.4℃ 상승할 것으로 전망됨
- 최저기온의 경우에는 봄철에 3.7℃, 여름철에 4.7℃, 가을철에 4.4℃, 겨울철에

3.7℃ 상승할 것으로 전망되며, 사계절 중 평균기온, 최고기온, 최저기온 모두 여름철에 높은 상승폭을 나타낼 것으로 전망됨

- 결과적으로 과거 약 30년 관측자료에서 나타난 기후변화는 주로 겨울철 중심으로 기온상승폭이 두드러졌으나, 지역기후모델에서 생산한 기후시나리오 자료는 점차 여름철 중심으로 기온상승폭이 두드러지게 될 것으로 전망하고 있음을 알 수 있음

<표 2-30> 제주 평균기온, 최고기온, 최저기온 미래전망(2011~2100) (단위: °C)

기간	2001 ~2010	2011 ~2020	2021 ~2030	2031 ~2040	2041 ~2050	2051 ~2060	2061 ~2070	2071 ~2080	2081 ~2090	2091 ~2100
평균기온	14.1	16.0	16.3	16.3	17.0	17.5	18.1	18.4	18.9	19.0
		16.2			17.5			18.8		
최저기온	11.1	12.8	13.2	13.1	13.9	14.4	15.0	15.3	15.8	15.9
		13.0			14.4			15.7		
최고기온	17.8	19.7	19.9	19.9	20.6	21.0	21.6	21.9	22.4	22.5
		19.8			21.1			22.3		

주) 2001~2010년 값은 관측

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

나. 강수

- 지역기후모델 산출 미래 강수 시나리오는 과거 10년간 관측값에 비하여 2011~2040년 기간에는 연강수량이 약 310mm 정도, 2041~2050 기간에는 약 210mm, 2071~2100년 기간에는 약 150mm보다 적을 것으로 전망됨⁴⁾
- 기후모델 생산 미래 기후변화 시나리오 자료와 실제 최근(2001~2010) 관측자료를 비교하면 2011~2040년 기간에는 연강수량이 305.4mm, 2041~2070 기간에는 210.4mm, 2071~2100년 기간에는 148.4mm 감소할 것으로 전망됨
- 전체 시계열로 보았을 때, 2011~2040년 기간보다는 2071~2100년 기간에 연강수량이 다소 증가할 것으로 전망됨
- 계절별 강수량에 대해서는 최근 10년 모델 산출 평균 강수량에 비하여 2011~2040년 기간에는 가을철에는 41.2mm의 양의편차가 나타나지만 봄철 49.7mm, 여름철 186.8mm, 겨울철에는 38.0mm의 음의편차가 나타나는 것으로 전망됨
- 2071~2100년 기간에는 가을철 141.6mm, 겨울철 8.7mm 양의편차가 나타나고 봄철

4) 미래 강수 시나리오는 많은 불확실성이 포함되어 있기 때문에 지역기후모델이 생산한 자료를 해석할 때에는 주의가 요구되며, 언급되는 구체적인 전망치 값들은 하나의 전망치에 불과하며 실제와는 차이가 있을 수 있음

30.0mm, 여름철 166.2mm의 음의편차가 나타남

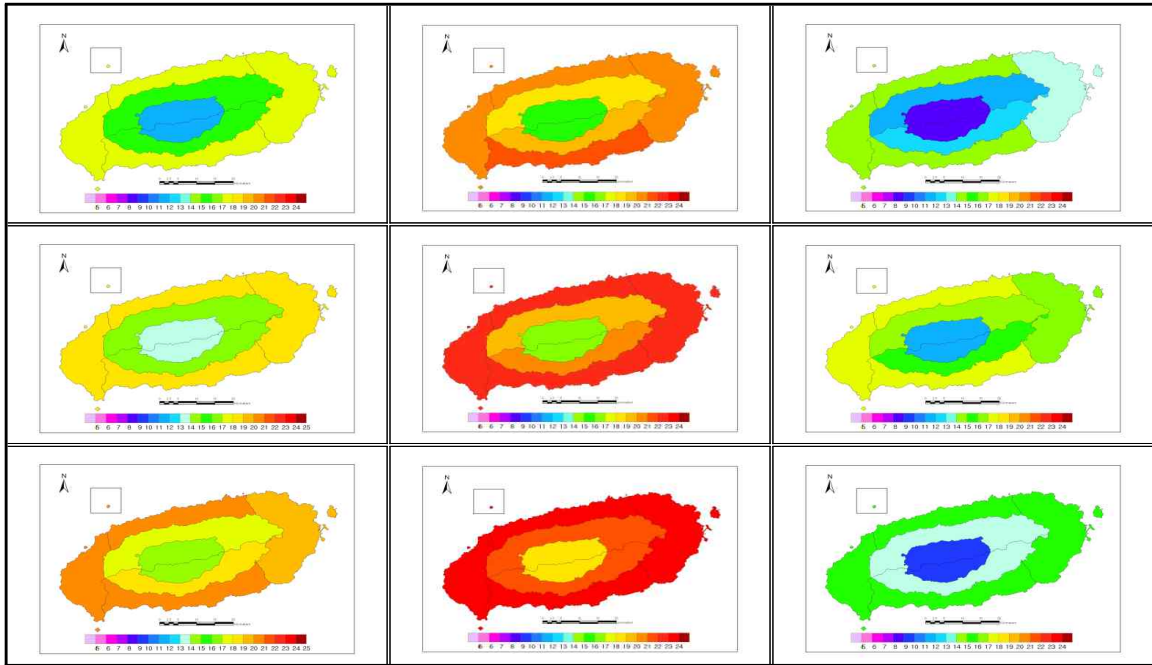
- 즉 2011~2040년 기간과 2071~2100년 기간 모두 가을철 강수량은 현재보다 증가하고, 여름철 강수량은 현재보다 감소할 것으로 전망됨
- 특히 최근 10년 자동기상관측망에서 산출한 관측값과 비교하더라도 가을철 강수량은 2011~2040년 기간과 2071~2100년 기간에 그 편차가 각각 약 41.2mm와 141.6mm 양의편차를 보이고 있어 가을철 강수는 현재보다 증가할 것으로 전망됨

(2) 기후변화 공간분포 전망

가. 기온

- 한라산이 중심에 위치하여 다양한 기후대가 나타나는 제주특별자치도에서 미래 기온상승 정도는 해발고도에 따라 세분되는 상세 기후지역마다 상이하게 나타날 것으로 전망됨
- 2011~2040년 평균기온은 지난 10년간(2011~2100) 자동기상관측 평균값에 비하여 제주특별자치도 해안지역에서 17.2~17.6℃로 1.4~2.1℃ 증가할 것으로 전망됨
- 해발고도 200~600m 구간인 중산간 지역에서는 15.1~15.6℃로 1.3~1.9℃, 해발고도 600m이상인 산간지역에서는 11.9℃로 1.1~4.8℃ 상승할 것으로 전망됨
- 심지어 산간지역에서는 2071~2100년에 지난 10년간 관측값에 비교하여 최대 7.3℃증가할 것으로 전망됨
- 사계절 평균기온에서는 여름철 기온 상승이 가장 뚜렷하고, 겨울철에 가장 약한 기온상승을 나타낼 것으로 전망됨
- 특히 해안지역의 기온은 2011~2040년 기간에 1.9~2.5℃, 2041~2070년 기간에 3.4~4.2℃, 2071~2100년 기간에 4.6~5.3℃ 증가될 것으로 전망되나, 겨울철에는 같은 기간에 이보다 작은 0.8~1.4℃, 1.8~2.5℃, 3.3~4.0℃의 상승을 나타낼 것으로 전망됨
- 최고기온의 경우에는 연별, 계절별로 평균기온과 유사한 기온상승 전망값을 나타냄
- 2011~2040년 최고기온은 최근 10년간(2011~2100) 관측값에 비하여 제주특별자치도 해안지역에서 20.8~21.3℃로 1.3~2.2℃ 증가할 것으로 전망됨
- 중산간 지역에서는 같은 기간 최고기온은 18.80~19.2℃로 1.1~1.3℃, 산간지역에서는 15.7℃로 4.0℃ 상승할 것으로 전망됨

- 해안지역 최고기온은 2041~2070년에 2.5~3.5℃, 2071~2100년은 3.7~4.4℃ 상승할 것으로 전망됨
- 중산간 지역에서는 2041~2070년 기간과 2071~2100년 기간에 각각 2.4~2.5℃, 3.6~3.7℃ 상승할 것으로 전망됨
- 사계절별 최고기온은 대체로 여름철에 상승률이 높고, 겨울철 상승률은 상대적으로 낮을 것으로 전망됨. 2071~2100년 기간 여름철 해안지역의 최고기온은 4.3~5.6℃ 상승하고, 심지어 산간지역의 경우에도 평균 5.2℃의 상승할 것으로 전망됨
- 최저기온은 평균기온이나 최고기온과는 달리 해안지역보다는 중산간과 산간지역으로 갈수록 기온상승 전망치가 더 높은 특징을 보임
- 사계절 중 이러한 공간적 차이는 여름철보다는 가을철과 겨울철에 더 뚜렷하게 나타날 것으로 전망됨
- 2011~2040년 기간 가을철 해안지역 최저기온은 16.5~17.2℃로 최근 10년 관측값에 비하여 1.3~1.9℃ 상승할 것으로 전망되나, 같은 기간 중산간에서는 2.0~2.6℃, 산간에서는 평균 3.2℃ 상승할 것으로 전망됨
- 2071~2100년 기간 해안지역 가을철 최저기온은 4.0~4.9℃ 상승할 것으로 전망되고, 중산간에서는 4.9~5.6℃, 산간에서는 평균 6.2℃ 상승할 것으로 전망됨
- 결과적으로 기온 전망에 따른 공간분포를 분석해보면 다음과 같음
- 21세기 말에는 공간적으로 위도 측면에서는 제주남부 지역보다는 제주북부 지역에서, 해발고도면에서는 해안지역 보다는 산간지역에서 온난화 경향이 더 뚜렷하게 나타날 것으로 전망됨
- 사계절 중에서는 여름철의 기온상승이 가장 뚜렷할 것으로 전망되고, 그 다음 가을철, 봄철, 겨울철 순서로 현재의 기온상승률이 높은 순서(겨울철, 가을철, 봄철, 여름철)와 비교하여 여름철과 겨울철의 순서가 다른 특징을 보일 것으로 전망됨
- 기온변수 간에는 최저기온의 상승률이 최고기온의 상승률보다 약간 더 높게 나타날 것으로 전망됨

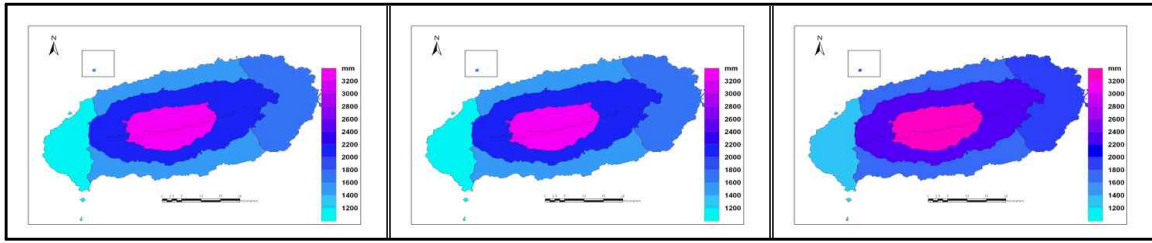


(그림 2-29) 제주특별자치도 30년 단위 평균기온, 최고기온, 최저기온 미래전망(위: 2011~2040, 중간: 2041~2070, 아래: 2071~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

나. 강수

- 최근 10년(2001~2010)간 관측된 제주특별자치도 연강수량은 북부해안 지역이 1,404.1mm로 최소이고, 산간남부지역이 4,539.2mm로 최대로 나타남
- 제주특별자치도 지역 연 강수 시나리오 자료를 지난 10년 동안의 자동기상관측망의 관측값과 비교하면 다음과 같음
 - 2011~2040년 기간에는 해안북부에서는 증가(68.2mm)하는 반면 다른 해안지역 및 중산간 지역에서는 65.4~289.6mm 감소할 것으로 전망됨
 - 2041~2070년 기간에는 해안북부(159.0mm)와 서부(33.6mm)에서는 증가한 반면 다른 지역에서는 29.3~202.6mm 줄어들 것으로 전망되어, 향후 90년 동안 초반에는 적은 값을 보이다가 점차 증가하여 현재와 비슷한 값을 나타낼 것으로 전망됨
- 계절별 강수는 연강수량 추세와는 달리 가을철 강수량은 오히려 2011~2040년 기간에 양의편차를 보이면서 점차 증가할 것으로 전망됨. 다른 계절에서는 약하거나 눈에 띄는 계절 강수 감소현상이 2011~2040년 기간에 나타나, 점차 21세기 말에는 현재와 비슷한 수준으로 회복하는 추세를 보이지만 가을철은 2011~2040년 기간과 2071~2100년 기간에 이르기까지 지속적으로 증가할 것으로 전망됨

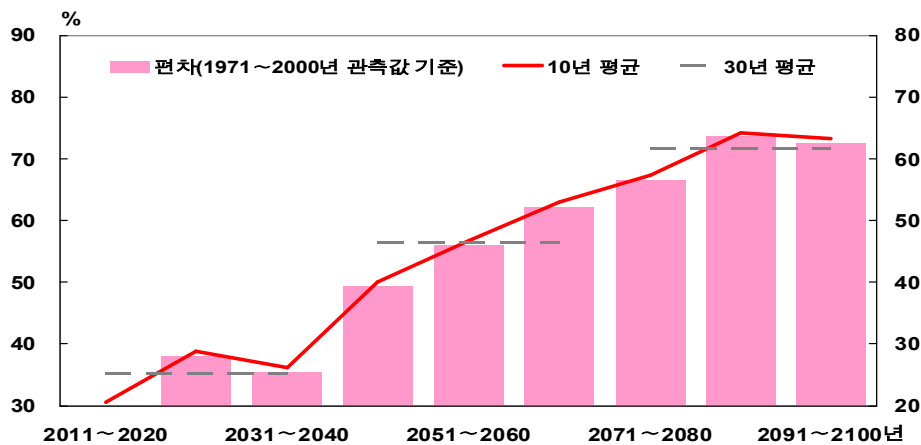


(그림 2-30) 제주특별자치도의 30년 단위 연강수량 미래전망(좌: 2011~2040, 중간: 2041~2070, 우: 2071~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

(3) 극한기후지수 변화 전망

- 제주 지역의 30년(1971~2000) 자료 기준 일최고기온 90퍼센타일에 해당하는 임계치를 넘는 온난일(일최고기온이 기준기간의 일최고기온 90퍼센타일 보다 높은 날의 백분율)은 2011~2040년 기간에는 35.5%로 과거 30년 평균(1971~2000)에 비하여 25.5%이상 증가할 것으로 전망됨

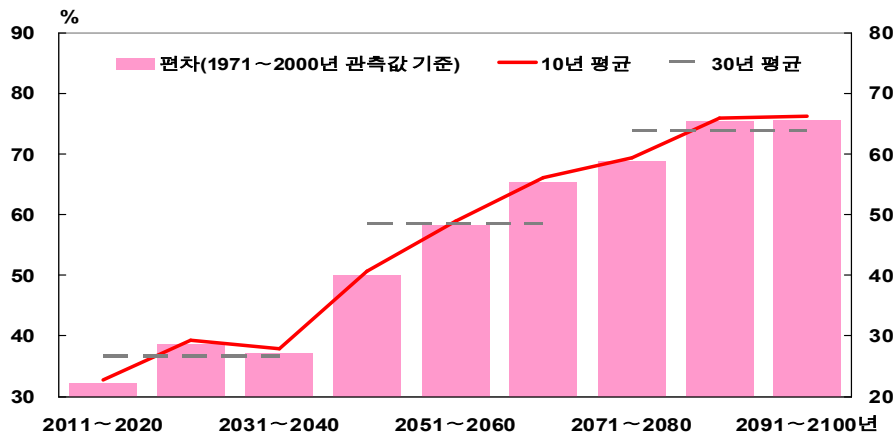


(그림 2-31) 해안지역의 온난일율 미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 일 최저기온 90퍼센타일 이상에 해당하는 온난야(일최저기온이 기준기간의 일최저기온 90퍼센타일보다 높은 날의 백분율)율도 2011~2040년 기간에 26.6% 증가할 것으로 전망됨
- 이러한 증가경향은 21세기 후반부로 갈수록 강화되어 과거 30년에 비하여 2041~2070년 기간에 온난일율은 46.6%, 온난야는 48.6%, 2071~2100년 기간에 온난일은 61.6%, 온난야율은 63.8% 증가할 것으로 전망됨
- 대체로 온난야율과 온난일율 모두 2011~2040년 기간에서 2041~2070년 기간으

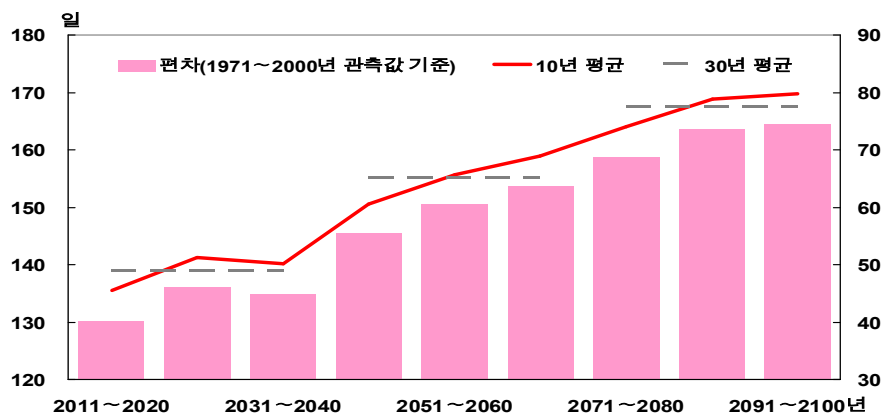
로 바뀌면서 더욱 뚜렷한 증가경향을 나타낼 것으로 전망되고, 10년 단위 변화에서는 2031~2040년 기간에는 다소 증가경향이 둔화되었다가 2041~2100년 기간에는 뚜렷한 증가경향을 나타낼 것으로 전망됨



(그림 2-32) 해안지역의 온난야율 미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

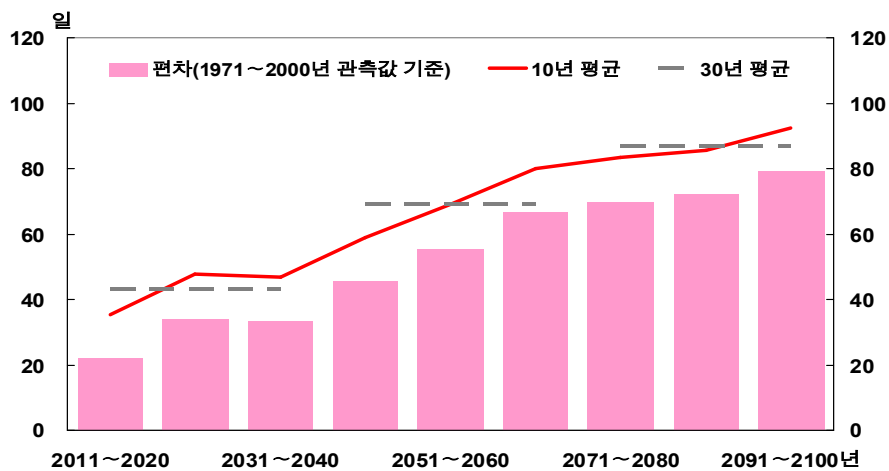
- 상대적 임계치 기준 고온극한지수 이외에도 일최고기온 25℃ 이상인 여름일수(summer days)와 일최저기온 25℃ 이상인 열대야(tropical nights)도 21세기 동안 뚜렷한 여름철 기온 상승 경향에 따라 발생빈도가 증가할 것으로 전망됨
- 지난과거 30년에 비하여 여름일수는 2011~2040년 기간에 약 45일 증가하여 제주특별자치도 해안지역에 평균 139일, 열대야는 30일 증가하여 약 43일 발생할 것으로 전망되었고, 이러한 고온현상들은 점차 증가하여 원(遠)미래에 해당하는 2071~2100년 기간에는 평균적으로 여름일수는 168일, 열대야는 약 87일 발생할 것으로 전망됨



(그림 2-33) 해안지역의 일최고기온 25℃ 이상 일수 미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 상대적 임계치를 기준으로 정의된 고온극한지수들의 변화 전망과 유사하게 2031~2040년 사이에는 이전 10년 기간과 유사한 값을 보이면서 변화가 약화되는 반면, 2041~2050년 기간에는 이전 10년 기간에 비하여 여름날과 열대야 모두 제주특별자치도 해안지역에서 10일 이상 뚜렷한 증가경향을 보일 것으로 전망됨
- 이후 두 극한지수 모두 2051~2060년 기간, 2061~2070년 기간에도 10일 이상의 뚜렷한 증가경향은 지속적으로 나타나고, 이러한 경향은 제주특별자치도 해안에서 모두 공통적으로 나타날 것으로 전망되나, 21세기 후반인 2071~2100년 기간에는 이러한 경향이 다소 둔화될 것으로 전망됨

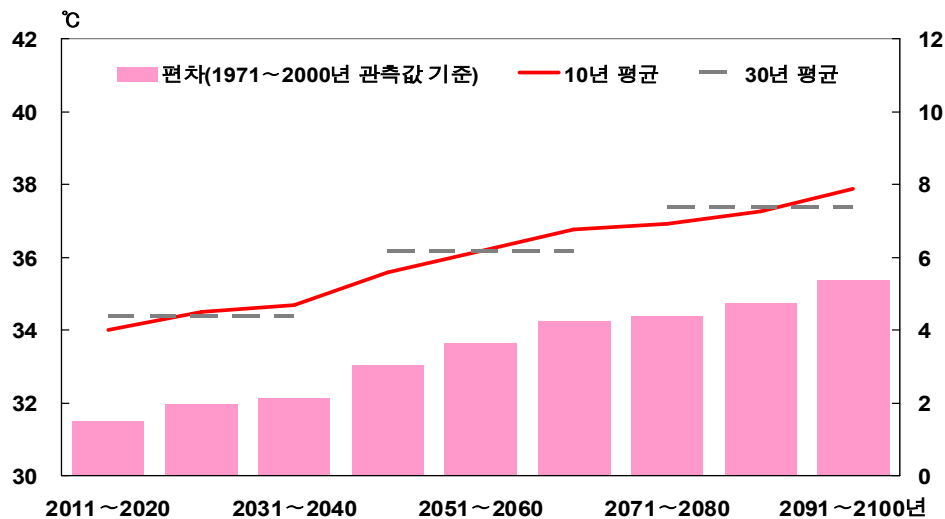


(그림 2-34) 해안지역의 일최저기온 25°C 이상 일수
미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 일최저기온이 0°C 미만인 서리일(Frost days) 발생빈도는 과거 30년에 비하여 2011~2040년 기간에 약 7.9일 감소하여 그 변화폭이 여름날이나 열대야에 비하여 다소 작게 나타날 것으로 전망됨
- 서리일의 경우에는 제주특별자치도가 아열대 기후의 영향을 이미 받고 있기 때문에 그 발생빈도가 작아서 21세기 말 2071~2100년 기간에는 거의 발생하지 않을 것으로 전망됨
- 일최고기온과 일최저기온의 날짜별 30년 자료에서 하위 10퍼센타일에 해당하는 절대적 임계치를 기준으로 한 한랭일(일최고기온이 기준기간의 일최고기온 10퍼센타일 미만인 날의 백분율)과 한랭야(일최저기온이 기준기간의 일최저기온 10퍼센타일 미만인 날의 백분율)의 발생빈도는 온난일과 온난야의 변화폭과 비교하여 작을 것으로 전망됨

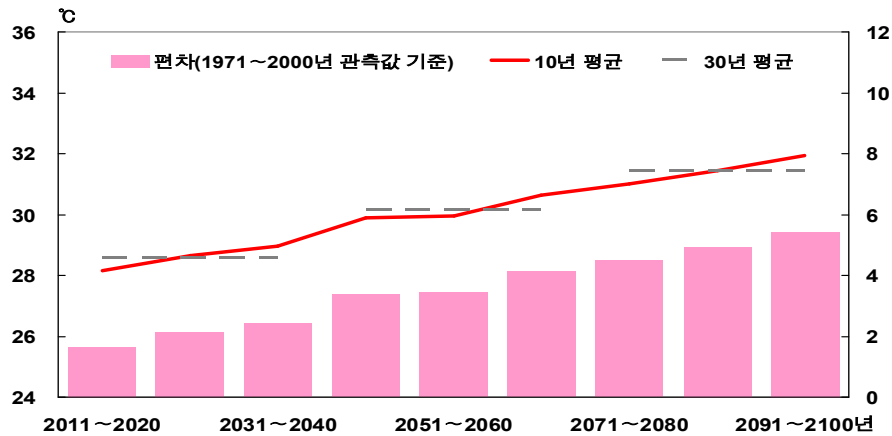
- 2011~2040년 기간에는 과거 30년 평균에 비하여 한랭야는 1.4%로 8.7% 감소하고, 한랭일은 2.1%로 7.8% 감소할 것으로 전망됨
- 21세기에는 극한저온현상의 감소현상은 지속적으로 진행되어 2071~2100년 기간에는 발생할 가능성이 거의 없을 것으로 전망됨
- 장기간 평균 일최고기온 최고와 일최저기온 최고 등의 극한값 비교를 통해서 고온극한 현상이 저온극한 현상의 변화폭보다 더 뚜렷하게 나타나고 있음은 알 수 있음
- 과거 30년(1971~2000) 제주특별자치도 해안지역 일최고기온 최고값은 32.5℃ 이었으나, 2011~2040년 기간에는 1.9℃ 증가하여 34.4℃, 2071~2100년 기간에는 4.9℃ 증가하여 37.4℃를 나타낼 것으로 전망됨
- 일최저기온 최고값은 26.5℃이었으나, 2011~2040년 기간에는 1.1℃ 증가하여 28.6℃, 2071~2100기간에는 5.0℃ 증가하여 31.5℃를 나타낼 것으로 전망됨



(그림 2-35) 해안지역 일최고기온 최고 미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

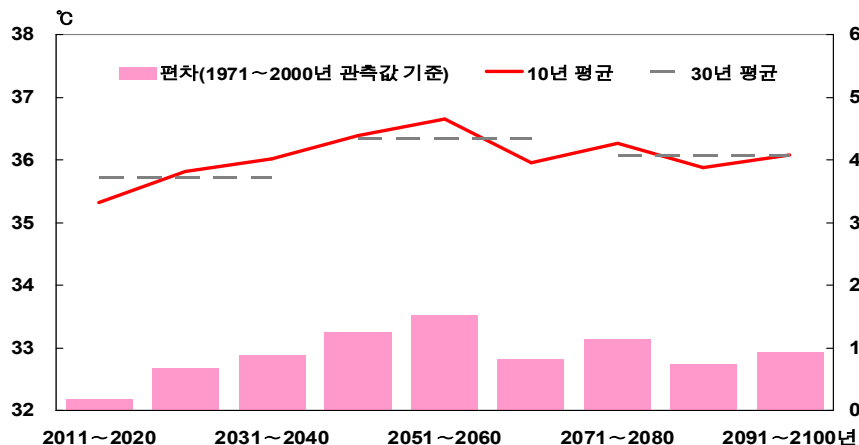
- 일최고기온의 최저 및 일최저기온의 최저의 변동은 과거 30년에 비하여 일최고기온의 최고 및 일최저기온의 최고의 변동보다 작은 변화를 보일 것으로 전망됨
- 일최고기온의 최저값은 2011~2040년 기간에 1.1℃, 2071~2100년 기간에 3.9℃ 증가할 것으로 전망됨
- 일최저기온의 최저값은 2011~2040년과 2071~2100년 기간에 각각 1.3℃, 3.9℃ 증가할 것으로 전망됨



(그림 2-36) 해안지역의 일최저기온 최고 미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 다른 기온극한지수들과 유사하게 이전과 이후 10년 간격별 변화 전망치를 살펴 보면, 일최고기온의 최저 상승률은 2031~2040년 기간과 2041~2050년 기간에 가장 뚜렷한 상승폭을 보일 것으로 전망되는 반면 일최저기온 최저는 2051~2060년 기간에서 2061~2070년에 가장 뚜렷한 상승폭을 보일 것으로 전망됨
- 여름철 기온상승과 상대적으로 약한 겨울철 기온상승의 경향으로 연중 최고기온과 최소기온의 차이를 나타내는 연극한 기온교차는 과거 30년에 비하여 2011~2040년 기간에 약 0.6℃ 증가하고, 2071~2100년 기간에는 1.0℃ 증가할 것으로 전망됨
- 다른 기온극한지수의 경우에는 21세기 동안 전반적으로 지속적으로 상승하는 경향이 나타났지만, 연극한 기온교차의 경우에는 2071~2100년 기간보다 2041~2070년 기간에 오히려 더 높은 값을 보일 것으로 전망됨



(그림 2-37) 해안지역 연극한기온교차 미래전망(2011~2100)

자료: 제주지방기상청(2011), 지역기후변화보고서

- 과거 30년(1971~2000) 일최고기온 평균에 비하여 5℃ 이상 더 높은 값을 최소 5일 이상 지속하는 최대열파지속일수도 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2011~2040년 기간에 1.8회로 증가하고 이 후 더 빠르게 증가하여 2071~2100년 기간에는 64일까지 증가할 것으로 전망됨
- 고온극한지수의 지속기간 변화와 관련하여 과거 30년(1971~2000) 일평균기온이 95퍼센타일 이상인 경우가 연중 가장 오래 지속된 사례를 나타내는 연속온난일의 장기간 변화 전망을 살펴보면 21세기에는 고온극한일의 지속기간이 증가할 것으로 전망됨
 - 연속온난일은 2011~2040년 기간에는 55.2일로 증가할 것으로 전망되고, 2041~2070년 기간에는 140.1일로 이전 30년 기간에 비하여 2배 이상 증가할 것으로 전망됨
 - 연속온난일은 2071~2100년 기간에는 210.5일로 2011~2040년 기간에 비하여 약 4배로 증가할 것으로 전망됨
- 고온극한지수의 임계치 변화와 관련하여 연중 일최고기온의 99퍼센타일에 해당하는 값의 장기간 변화 전망을 살펴보면 21세기에는 고온극한값의 임계치들이 증가할 것으로 전망됨
 - 제주특별자치도 해안지역 최고기온 99퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2011~2040년 기간에는 1.7℃ 더 증가할 것으로 전망되고, 2041~2070년 기간에는 3.4℃ 더 증가할 것으로 전망됨
 - 최고기온 99퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2071~2100년 기간에는 4.6℃ 더 증가할 것으로 전망됨
- 고온극한지수의 임계치 변화와 관련하여 연중 일최고기온의 99퍼센타일과 유사하게 95퍼센타일에 해당하는 값도 21세기에는 지속적으로 증가할 것으로 전망됨
 - 제주특별자치도 해안지역 최고기온 95퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2011~2040년 기간에는 1.8℃ 더 증가할 것으로 전망되고, 2041~2070년 기간에는 3.6℃ 더 증가할 것으로 전망됨
 - 최고기온 95퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2071~2100년 기간에는 4.8℃ 더 증가할 것으로 전망됨
- 저온극한지수의 임계치 변화와 관련하여 연중 일최저기온의 1퍼센타일에 해당하는 값의 장기간 변화 전망을 살펴보면 21세기에는 저온극한값의 임계치들이 증

가할 것으로 전망됨

- 제주특별자치도 해안지역 최저기온 1퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2011~2040년 기간에는 1.3℃ 더 증가할 것으로 전망되고, 2041~2070년 기간에는 2.6℃ 더 증가할 것으로 전망됨
- 일최저기온 99퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2071~2100년 기간에는 3.9℃ 더 증가할 것으로 전망됨
- 저온극한지수의 임계치 변화와 관련하여 연중 일최저기온의 1퍼센타일과 유사하게 5 퍼센타일에 해당하는 값도 고온극한지수의 임계치의 증가 전망치보다는 덜 하지만 21세기에 지속적으로 증가할 것으로 전망됨
- 제주특별자치도 해안지역 최저기온 5퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2011~2040년 기간에는 1.3℃ 더 증가할 것으로 전망되고, 2041~2070년 기간에는 2.6℃ 더 증가할 것으로 전망됨
- 최저기온 5퍼센타일 값은 과거 30년(1971~2000)에 비하여 2071~2100년 기간에는 4.0℃ 더 증가할 것으로 전망됨

3. 기후변화 영향 및 특성

1) 분야별 기후변화 영향

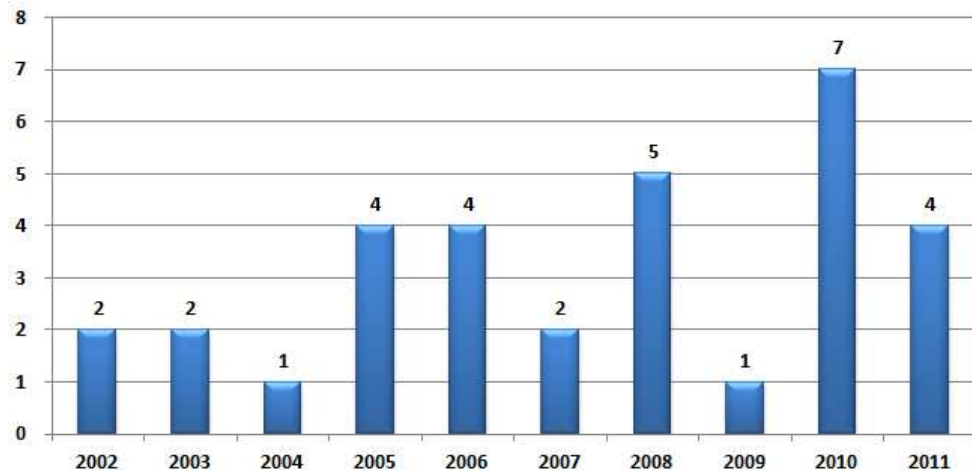
(1) 보건 분야

- 폭염에 의한 열사병 등 폭염관련 질병 접수 건수가 일일 평균 15명 정도에 이르는 등 어린이 노인 등 약자에 피해사례가 발생하고 있음. 특히 여름철 해수온도 상승시 장염비브리오균이 급격히 증식되어 어패류 등을 생식할 경우 장염으로 발생하는 경우가 나타나고 있음
- 제주특별자치도내 식중독 발생 건수가 매년 증가 추세에 있으며, 10만명당 환자수로 환산할 경우 전국 두 번째의 불명예를 차지하고 있음
- 감염성 질환은 거주 지역의 기후와 주민들 사이의 역동적 상호관계에 따라 결정되는 전 세계 공통의 문제이므로 지구 온난화는 감염성 질환 스펙트럼의 상당한 변화를 야기할 수 있음
 - 최근 10년간 말라리아 발생횟수는 전국적으로 14,493건이고, 이 중 제주지역의 말라리아 발생은 32건으로 전국의 0.2% 수준임
 - 2010년에는 말라리아 발생은 7건으로 가장 많음

<표 2-31> 전국 말라리아 발생 추이

구분	계	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
전국	14,493	1,799	1,171	864	1,369	2,051	2,227	1,052	1,345	1,772	843
서울	2,078	285	170	136	213	272	314	126	178	290	94
부산	350	49	27	16	28	62	41	27	33	43	24
대구	203	25	13	13	16	25	36	15	25	19	16
인천	2,419	267	166	107	222	465	484	164	164	256	124
광주	113	17	17	16	8	15	7	8	10	9	6
대전	143	18	9	12	12	14	23	10	21	15	9
울산	131	10	18	13	13	23	16	7	16	8	7
경기	6,520	756	518	399	660	869	1,007	490	611	818	392
강원	1,282	216	132	65	78	123	125	109	154	184	96
충북	171	22	9	12	10	25	30	11	18	23	11
충남	186	22	16	17	11	23	23	21	27	14	12
전북	200	27	12	17	25	30	23	14	18	22	12
전남	173	19	20	11	20	29	20	11	11	21	11
경북	242	29	24	16	26	32	35	17	32	19	12
경남	240	32	13	12	22	40	41	17	26	24	13
제주	32	2	2	1	4	4	2	5	1	7	4
기타	10	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0
제주비율	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.5	0.1	0.4	0.5

자료: 질병관리본부(2012), 감염병 웹통계



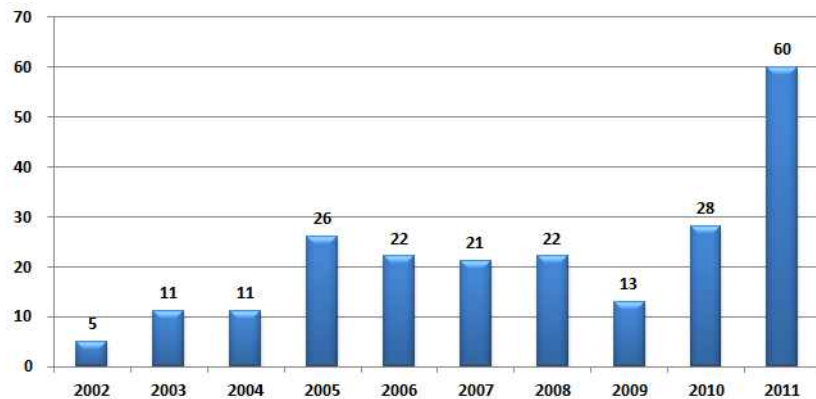
(그림 2-38) 제주특별자치도 말라리아 발생 추이

- 최근 10년간 쯔쯔가무시증 발생은 전국적으로 49,188건이고, 이 중 제주지역은 219건으로 0.4% 수준임
- 쯔쯔가무시증은 전국적으로 매년 약 307건이 발생하고 있고, 제주지역의 발생현황은 최근 증가하는 추세임

<표 2-32> 전국 쯔쯔가무시증 발생현황

구분	계	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
전국	49,188	1,919	1,415	4,698	6,780	6,480	6,022	6,057	4,995	5,671	5,151
서울	1,660	78	54	173	210	237	164	177	176	187	204
부산	3,574	79	52	253	449	505	448	354	414	547	473
대구	2,105	59	25	180	484	347	282	275	139	164	150
인천	580	7	13	46	53	87	68	68	85	77	76
광주	1,793	80	52	173	278	251	186	175	187	239	172
대전	2,154	40	31	228	246	275	286	373	151	342	182
울산	1,888	45	31	136	263	196	283	277	193	210	254
경기	4,581	120	127	487	611	684	508	509	436	536	563
강원	517	26	34	62	76	53	60	57	43	61	45
충북	2,479	149	67	285	316	312	285	366	202	263	234
충남	6,215	209	228	589	735	744	602	936	699	793	680
전북	6,643	356	139	577	953	922	833	701	708	733	721
전남	5,141	232	255	509	658	657	652	508	680	532	458
경북	3,972	122	80	342	634	603	583	601	369	340	298
경남	5,667	312	216	647	788	585	761	658	500	619	581
제주	219	5	11	11	26	22	21	22	13	28	60
제주비율	0.4	0.3	0.8	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	1.2

자료: 질병관리본부(2012), 감염병 웹통계



(그림 2-39) 제주특별자치도 쫄쫄가무시증 발생 추이

- 기후변화에 따른 영향에는 여러 요인이 작용할 수 있으므로 정확한 예견이 불가능하므로 기후 변화에 따라 고려해야 할 점들에 대한 면밀한 검토가 필요함
- 소나무, 참나무, 버드나무, 등의 꽃가루가 알레르기성 비염과 천식, 각종 피부병 등을 유발하고 있음
 - 2009년 환경성질환(알레르기 비염, 아토피 피부염, 천식)은 전국적으로 8,907건 발생하였고, 제주특별자치도는 123건 발생함(전국 대비 1.4%)
 - 2009년 제주특별자치도의 환경성질환으로는 알레르기 비염 80건, 아토피 피부염 17건, 천식 26건으로 나타남

<표 2-33> 2009년 환경성질환 진료환자의 시도별 현황

구분	계	알레르기 비염	아토피 피부염	천식
전국	8,907	5,540	1,054	2,313
서울	1,717	1,068	223	426
부산	564	375	53	136
대구	410	254	43	113
인천	535	330	66	139
광주	266	161	35	70
대전	281	181	36	64
울산	227	145	22	60
경기	2,312	1,442	283	587
강원	222	132	29	61
충북	230	134	30	66
충남	346	209	41	96
전북	308	182	40	86
전남	329	207	36	86
경북	424	250	44	130
경남	613	390	56	167
제주	123	80	17	26
제주비율	1.4	1.4	1.6	1.1

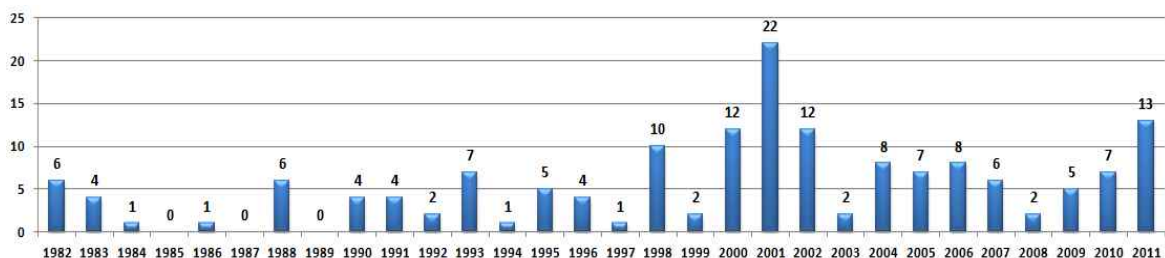
자료: 건강보험정책연구원(2010), 2009년 주요 환경성 질환자 진료환자 분석

- 최근 30년간 제주특별자치도의 황사 관측일수는 162건이며, 2001년 22건으로 가장 많음
- 황사 관측일수를 월별로 살펴보면 4월이 66건으로 가장 많이 나타나고, 3월 46건, 5월 27건 등의 순으로 나타남

<표 2-34> 제주특별자치도 황사 관측일수

구분	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2011년	13	-	-	2	-	6	-	-	-	-	-	3	2
2010년	7	1	-	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-
2009년	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
2008년	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007년	6	-	1	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-
2006년	8	-	-	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-
2005년	7	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	3	-
2004년	8	-	2	3	1	2	-	-	-	-	-	-	-
2003년	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2002년	12	-	-	6	4	-	-	-	-	-	-	2	-
2001년	22	1	-	11	7	3	-	-	-	-	-	-	-
2000년	12	-	-	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-
1999년	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998년	10	-	-	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-
1997년	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996년	4	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-
1995년	5	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
1994년	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
1993년	7	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
1992년	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
1991년	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
1990년	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
1989년	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988년	6	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
1987년	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986년	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985년	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984년	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983년	4	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-
1982년	6	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	1

자료: 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)



(그림 2-40) 최근 30년간 제주특별자치도의 황사 관측일수

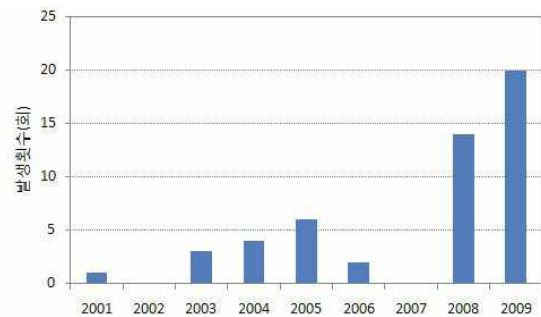
- 2001년부터 2009년까지 총 50회의 한파주의보가 발표되었음
 - 과거 9년 동안 강원도(38회)와 경기도(37회)가 가장 많이 발표되었고, 제주특별자치도는 3회 발표되었음

<표 2-35> 연도별 한파주의보 발표 일수

년도	발표일수	서울	경기도	강원도	충청도	경상도	전라도	울릉도	제주
2001	1	-	1	1	1	1	1	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	3	3	3	2	3	2	3	1	-
2004	4	4	4	4	1	-	1	-	1
2005	6	3	6	6	6	3	-	-	-
2006	2	2	2	2	2	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	14	4	7	14	4	4	3	-	-
2009	20	4	14	9	5	12	9	-	2
합계	50	20	37	38	22	22	17	1	3



지역별



연도별

자료: 소방방재청(2009), 한파보고서

(2) 산림 분야

- 제주특별자치도는 우리나라에서 기후변화의 선단지이므로 새로운 열대성 또는 아열대성 병해충의 발생가능성이 매우 높을 것으로 예측됨
 - 2009년 벚나무 피해 5,344그루(벚나무 빗자루병 454그루, 푸사리움 가지마름병 300그루, 생리적 고사 4589그루, 소나무재선충병 1그루 등)
 - 2009년 소나무 피해 7,000여 그루 고사(재선충병과 솔나방 유충 피해, 푸사리움, 가지마름병 등)
- 게릴라성 폭우, 폭우와 강풍을 동반한 태풍의 잦은 발생으로 임목은 물론이고 임

도유실, 산사태, 토양 유실 등 막대한 피해들이 증가할 것으로 예상됨

- 기후변화로 산림이 목재생산 등 전통적 가치 외에도 환경적 기능이 중시될 것으로 예측됨
 - 임업을 관광산업과 연계할 경우 생태관광 산업이 더욱 발전할 수 있는 계기로도 활용될 수 있음
- 인공림의 경우 생물다양성이 낮기 때문에 생태계의 자율적 기능이 부족하여 기후변동이나 병충해 등에 의한 영향을 받기 쉬움

(3) 물관리 분야

- 기후변화에 따른 기상이변 등으로 인하여 농업용수 관리에 어려움이 초래하는 현상이 증가하고 있으며, 2011년 9월의 경우 동일 기간 동안에 다음과 같은 이상 현상이 발생하고 있음
 - 서부지역 한달간 1.6mm 강우에 그치고 있으며 토양수분도 초기 가뭄에 해당하는 상태로 콩·마늘 등 밭작물 생육불량 우려 농가 물주기 비상
 - 같은 서부지역에 집중호우로 1,082ha 침수피해 발생(농작물의 피해는 주로 침수 등으로 파종된 씨감자가 부패하거나 당근, 마늘 등이 유실된 것으로 나타남. 피해면적은 1,487농가에 감자 592, 당근 441, 기타 49 ha 등)

(4) 생태계 분야

가. 육상생태계

- 생태계의 변화는 보다 장기적이며, 점진적으로 나타나기 때문에 기후변화 영향을 단정적으로 나타내기 보다는 변화 추이 관찰결과를 토대로 예측하거나 전망하는 정도로 기술하였음
- 제주특별자치도에 서식하는 동물들은 한반도로부터 격리된 이후 오랜 기간에 걸쳐 기후나 기류, 섬의 면적 및 지형 등 생태적, 지리적 요인으로 인해 섬 고유의 변화를 거쳐 독자적인 동물상을 간직하고 있음⁵⁾
- 기후변화는 아열대성 조류의 출현, 겨울철새의 여름철새화 현상, 동물의 번식 주기 변

5) 제주특별자치도(2009), 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발

- 화 등 제주지역 동물생태계에 여러 가지 변화를 일으키고 있음(제민일보, 2009. 6. 11)
- 붉은부리찌르레기: 중국남부와 필리핀, 일본 등에서 서식하는 여름철새가 한림읍에서 번식하는 것을 확인
 - 물썰 출현: 열대권 희귀조류가 여름철새화
 - 푸른날개팔색조: 아열대, 열대지방의 습한 산림지대에서 서식하는 조류가 마라도에서 발견
 - 녹색비둘기, 검은바람까마귀: 아열대 조류가 제주에서 발견
 - 붉은가슴딱새: 우리나라에서 관찰되거나 기록된 적이 없는 미기록종으로, 마라도에서 서식 확인
- 국내 미기록종인 아열대 나방류 4과 6종이 제주특별자치도 전역 채집결과 나타났음. 이와 관련하여 외래 병해충 유입 우려가 높은 실정임(제민일보, 2011. 11. 2)
 - 열대와 아열대지역에서 주로 관찰되는 ‘소철꼬리부전나비’가 제주 전역에 출현, 소철에 피해를 주고 있음(제민일보, 2011. 11. 2)
 - 제주지역 고지대에서 제주조릿대의 분포지 확장과 번성, 소나무림의 확장, 억새 등 키가 크고 잎이 넓은 종들의 확장이 관찰되고 있음⁶⁾
 - 고산식물들은 저온조건만을 요구하는 것이 아니라 토심이 얇거나 화산지형 등 유기물이 결핍되어 다른 광엽 또는 초장이 큰 식물들과 경쟁이 되지 않는 조건에서 생존이 가능한 형태를 가지고 있음
 - 제주조릿대와 같은 종들 그리고 이들의 생산하는 유기물에 의한 비옥화로 또 다른 종의 이입을 촉진함으로써 자생지의 축소가 매우 빠르게 진행될 것임
 - 귀화식물을 포함한 저지대 식물종의 침입이 가속화될 것으로 예상되어 키가 작고 성장 속도가 늦은 고산성 식물종의 새로운 생육적지를 잠식하는 기능을 하게 될 것임
 - 돌매화나무, 시로미, 들쭉나무, 흰괴불나무, 땃대나무 등과 같은 주극식물로서 대표적인 빙하기 유존종으로 구분되는 일부 종들 역시 매우 취약할 것으로 예측됨⁷⁾
 - 이러한 종들은 현재 분포 면적과 개체수가 극히 제한적이기 때문에 온도변화에 의한 생리생태학적 특성에서 뿐만 아니라 성장속도가 매우 느려 침입종과의 경

6) 제주특별자치도(2009), 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발

7) 상계서

쟁으로부터 위협받을 것으로 예측됨

- 구상나무와 같은 한라산 환경에 오래 적응 분화된 대치종들도 마찬가지로 빠르게 감소할 것으로 추정되는데 구상나무는 내륙지방 아한대의 분비나무나 전나무 같은 생태학적 지위를 갖는 종들로서 이들 역시 온도변화는 물론 그에 따른 병해충 등 또 다른 생태 요인들의 동태에 매우 취약할 것으로 추정되고 있음⁸⁾
- 한라산 아고산대의 식물들은 대부분 북방계 식물이며, 빙하기의 유존종으로서 기후변화에 특히 예민한 종임. 만일 기온이 4℃ 상승한다면 한라산 수직분포대는 해발 약 560m 정도 고지대로 이동하게 되므로 현재 해발 1,400m 이상에 자라고 있는 대부분의 고산식물은 피난처를 찾지 못하고 사라질 수도 있음⁹⁾
- 인위적인 훼손 행위가 발생하는 곳에서 집중호우로 인하여 탐방로가 훼손되는 등 토양유실 현상 등이 발생하고 있음

나. 해양생태계

- 제주연안은 중국대륙으로부터 유입되는 하천수(양자강, 황하 등)에 의해 형성되는 저염분의 연안수로 제주특별자치도 전 연안의 표층에 넓게 분포하며 때때로 연안생태계의 저염으로 인하여 외해 생물의 폐사를 유발하기도 함
- 해산무척추동물의 근간을 이루는 연체동물의 경우 현재까지 제주연안에서 알려진 패류는 약 800종이며 산호류는 100여종 이상이 보고되고 있음. 식물플랑크톤의 경우 약 250종 정도가 알려지고 있는데, 이중 규조류가 80.1% 이상을 차지하고 있음¹⁰⁾
- 제주특별자치도 마을 어장 14,451ha 중 31%인 4,504ha에 아열대 지역에 서식하는 무절석회조류인 갯녹음 현상이 나타나 어장의 황폐화가 가속화됨(제민일보, 2010. 12. 20)
- 현재 제주 연안은 해양생태계 교란생물들인 분홍멍게류, 말미잘류, 거품돌산호 등이 해조류의 조기 착생을 교란시키고 있음
 - 해양생태계 교란생물들과 해조류와의 관계를 규명하고, 교란생물의 확산으로 인해 해조류 서식장의 감소를 주기적으로 관찰하기 위한 모니터링이 필요함
 - 해조류의 모니터링을 통해 인공어초 투하시기 조절이 가능함. 즉, 해조류의 포

8) 제주특별자치도(2009) 전개서

9) 상계서

10) 상계서

자발생시기와 교란생물의 증식시기를 파악함으로써 인공어초 조성에 있어 효율 극대화가 가능함

- 제주연안 해조류 모니터링 결과, 해조상의 특징은 기후변화에 의한 영향 보다는 갯녹음에 의한 영향이 더 크게 나타나고 있어 갯녹음 원인 및 기후변화에 따른 해조류의 변화상을 지속적으로 모니터링할 필요가 있음
- 기후변화에 의한 수온의 상승, 인위적 탄소의 흡수와 해수면의 증가는 제주특별자치도 해양 생태계를 바꾸고 제주 수산업에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨
- 백화현상은 연쇄적으로 수산 자원에 큰 영향을 미치게 될 것임
- 해조류 중 조성은 다른 지역과 달리 한대성 조류(boreal origin species)가 적고, 난대성 조류(subtropical origin species)가 상대적으로 많은 특성이 있음
- 제주연안의 갯녹음 발생 면적은 4,541ha로 이는 마을어장 전체면적의 31.4%에 달하며, 우리나라 갯녹음 면적(7,427ha)의 61%를 차지하고 있음
- 제주 연안역에 갈파래의 이상 증식으로 연안환경의 생산성을 저해하고 있음
- 여름철 저수온 현상으로 양식넙치 성장에 악영향을 미치고 있을 뿐만 아니라 멸치 어획량이 급감하는 사태가 발생하고 있음
- 2011년의 경우, 황해저층냉수 유입, 8~9월 온도 전년도 보다 평균 2도 낮아 성장기간 1~2개월 늦어져 출하에도 부정적 영향 초래
- 2010년의 경우, 제주특별자치도내 수협 5곳의 통계 자료를 토대로 지난 1~4월 제주 연안에서 잡힌 멸치어획량 조사 결과, 지난해 같은 기간의 7,291t에 비해 1.5%수준인 112t이 잡혔음
- 겨울철 수온 상승으로 제주 해역 어장환경이 변화되고 있음
- 2010년 3월 겨울철 수온 상승으로 인해 제주해역 인근에서 고등어떼가 자주 출현해 제주지역 연안어업의 소득원으로 작용

(5) 농업 분야

가. 감귤 및 일반 발작물

- 기온상승이 과실성숙기의 온주밀감 당도·산함량에 영향
- 일본의 감귤산지인 구마모토현 내에 위치한 아마쿠사가 구마모토시 보다 평균

- 2~4℃ 높아 해거리와 부피과, 착색불량 발생율이 높고 감산은 잘되나 증당이 어려워 조생 온주밀감 생산이 어려운 형편에 와있음 (Okuda, 2005)
- 제주지역의 온난화에 대비한 연구로 경상온도 보다 여름철부터 3-5℃ 상승시켰을 때 과실의 품질에 미치는 영향을 생리적학 측면에서 조사한 결과는 다음과 같음
 - 과실의 호흡속도는 고온처리가 경상온도보다 훨씬 높아 그 결과 당도 및 산함량이 경상온도 조건에 비해 낮은 함량을 나타냈음
 - 과실조직의 수분상태의 변화는 계속되는 경상조건의 화분들이 여름철 이후의 잎수분포텐셜이 -3 MPa 가 되는 심한 수분스트레스를 받았음
 - 화분이라는 조건 때문에 고온처리에 있는 화분도 잎수분포텐셜이 -1 MPa 이하의 경정도의 수분스트레스를 받았음
 - 고온처리에 따라 과실생장은 경상조건보다 과실비대가 양호했고, 반면에 과실의 착색이 불량함
 - 이상의 결과를 종합했을 때 고온에 의한 과실의 당도 및 산함량의 감소는 호흡속도 증가에 따른 유기산 및 당의 소모에 의한 것으로 사료됨
- 폭염 및 열대야 일수 증가로 일교차가 크지 않아 하우스 감귤에 착색이 지연되는 사례가 발생하고 있음
- 재배사육시설이 강풍 등에 의한 피해 발생
 - 2009년 7월 28일 서귀포시 남원읍과 표선면 지역에 최고 21.9^m/sec의 돌풍으로 비닐하우스 파손 등 총 41억 2,800만 원의 재산피해를 발생함
 - 비닐하우스 파손 14.1ha(43농가) 40억 5,500만 원, 농산물 저장창고 7동 5,900만 원, 주택침수 2동, 주택소파 24동 등
- 기온상승으로 고온 적응성이 높은 잡초가 많이 자라며, 병원충과 해충의 월동도 짧아지고, 연중 발생 세대수가 증가하고 있음
- 최근 5년간 잎말이나방과 모자익병, 뿌리혹병, 담배가루이 등 신규 발생 병해충이 확인되고 있으며, 신규 병해충들은 하우스 감귤 피해 및 배추와 양배추 등에 피해를 주고 있음

나. 특이기상 현상과 농작물 생육¹¹⁾

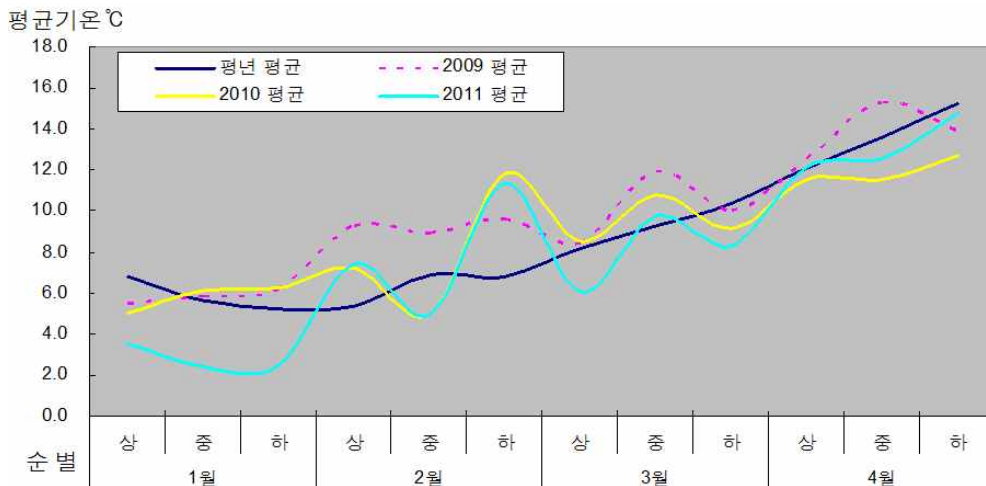
가) '10년 12월 29~'11. 1.1까지 폭설과 1~4월까지 저온현상

① 기상현황

- 4개월간 평균기온은 8.0℃로 전년과 평년보다 0.8℃ 낮고, '10년보다는 1.8℃ 낮았으며, 특히 1월 평균기온은 2.8℃로 전년보다 3.0℃, '10년과 평년보다는 3.1℃ 낮았음
- 또한 '10. 12. 29 ~ '11. 1. 1일까지 동·남부지역에 내린 눈은 서귀포, 성산포, 고산지역 12월 관측 역대 1위를 기록함

<표 2-36> 2010년 12월 31일 적설 현황

구 분	제 주		서귀포		성 산		고 산	
	2010년	1924년 이래 12월 순위	2010년	1961년 이래 12월 순위	2010년	1973년 이래 12월 순위	2010년	1988년 이래 12월 순위
최신 적설(cm)	4.6 (12.31)	-	6.7 (12.31)	1위	14.9 (12.31)	1위	1.8 (12.31)	1위
최적 설(cm)	5.5 (12.31)	-	10.6 (12.31)	1위	16.2 (12.31)	2위	2.0 (12.31)	1위



(그림 2-41) 최근 3년간 1~4월 평균기온 분포

② 농작물에 미친 영향

- 1월 기록적인 폭설은 제주 남동부 지역 시설하우스가 파손되는 등 약 25ha에 피해를 보았으며 동부중산간의 무는 냉해 피해를 보았음
- 하지만 최근 2년간 피해가 많았던 농작물 늦서리 서리피해는 봄 순 발아가 늦는

11) 제주특별자치도 농업기술원(2011), 농촌지도사업보고서

등 생육지연으로 경미했음

- 또한 마늘, 양파는 풍작을 이루었고 병해충발생이 적어 경영비절감효과가 있었음

나) 이른 장마와 농작물 생육

① 장마현황

- 장마는 평년보다 9일 빠르게 6월 10일에 시작되어 11일 빠른 7. 10일에 종료되었고 평년보다 2일 짧았지만 강수량은 176.3mm 많고, 일조시간은 96.7시간 적었음

② 농작물 피해

- 서부 중산간의 밀, 봄감자는 수확을 못하고, 콩 파종이 늦어졌으며, 서부지역의 단호박 및 수박이 역병피해를 보았음
- 피해면적: 밀, 봄감자, 유채 등 548ha

다) 2011년 태풍과 농작물 피해

① 발생현황

- 2011년 12월 현재 태풍은 21개 발생하여 전년의 14개보다 7개 많았으며 평년의 26.7개보다 5.7개 적었고, 제주특별자치도에는 2개의 태풍이 영향을 받았음

<표 2-37> 2011년 태풍발생현황

구 분	2010	2011	평 년
총 발생(개)	14	21	26.7
우리나라 영향(개)	³ (덴무, 곤파스, 말로)	² (메아리, 무이파)	3.4

② 농작물 피해

- 제5호 태풍 메아리
 - 기 간: '11. 6. 25~6. 26
 - 농작물 피해: 참깨, 기장 등 398ha

○ 제10호 태풍 무이파

- 기 간: '11. 8. 6~ 8. 7

- 농작물 피해: 하우스 파손, 과채류, 참깨 등 침수 등 4,891ha

※ 제10호 태풍 무이파 특징

- 북위 30° → 제주까지 이동시간이 느렸고(5호 메아리보다 9시간 길었음), 풍속 25m/s 이상 반경이 제주에 가까웠음

- 비가 24시간 분산되어 침수는 적었지만 태풍이 통과 전·후에 비가 내리지 않아 해안가 농작물 바닷물 피해가 있었음

라) 8월 극심한 안개와 농작물 생육

① 안개현황

- 여름철 중 8월 달 안개일은 2000년 이후 총 25회였으며 2011년이 19회로 가장 많고 지난 10년간 8월 안개가 없었던 서귀포는 7회, 특히 8월 평년강수량이 적고 일조시간이 많은 고산지역은 22일중 9일이나 안개가 관측되는 특이한 기상현상을 보였음

<표 2-38> 최근 10년간 8월 안개현황

구 분	연도별 8월 안개일수	합 계	비 고
제 주	2000(1일), 2001(1), 2010(1), 2011(1)	4년, 4회	
서귀포	2011(7)	1년 7회	서귀포 8월 안개는 2000년 이후 올해 처음임
고 산	2009(1), 2010(1), 2011(9)	3년 11회	
성 산	2009(1), 2011(2)	2년 3회	

② 농작물 생육에 미친 영향

- 감귤 검은점무늬병 발생이 많았고, 발작물인 콩과, 밭벼는 일조 부족으로 생육이 불량했고 생산량 감소원인이 되었음

마) 9월 중순 집중호우와 낙뢰

① 낙뢰현황

- 기 간: 2011. 9. 10~11일
- 집중호우: 9월 11일 조천 대홀 지역 시간당 111.6mm 폭우

<표 2-39> 9월 중순 낙뢰 현황

지 역	제 주	서 귀	고 산	성 산
기 간 (누적시간)	10. 17:20- 11. 11:18 (17시간58분)	10. 13:45- 11. 05:38 (15시간53분)	10. 19:45- 11. 05:20 (9시간35분)	10. 14:13- 11. 08:45 (18시간32분)

주) '11. 9. 10~11일 사이에 성산지역은 최대 18:32분 동안 낙뢰가 있었음

② 농작물 및 시설피해

- 농작물 피해: 참깨, 무 등 농작물 침수 유실피해 335ha 발생
- 농업용 전기고장 및 피해액
 - 총 고장건수: 305건(제주시 136, 서귀포 169)
 - 기계파손 현황 및 피해액: 194건, 43,494천 원

바) 서부지역 가을가뭄과 농작물 생육

① 가뭄현황

- 기 간: 8. 27~10. 13(48일간)
- 강수량: 3mm(고산기상대)

② 농작물 생육

- 좋은 점
 - 8월 27일 부서 서부지역의 가뭄 및 적은 강우는 감귤 제1소득 작목감귤품질향상에 결정적인 요인으로 작용했음
 - 서부지역 월동채소 등이 생육이 다소 부진했으나 병 발생이 적어 방제비용 등은 절감되었음
- 농작물 피해
 - 서부 중산간 지역의 콩은 최근 5년 평균에 비해 10% 감소한 것으로 추정됨

- 관수시설이 부족한 서부 중산간지역의 감자, 브로콜리, 양배추 등은 초기생육이 불량했음

<표 2-40> 최근 30년간 가을가뭄 현황

연 도 별	'88	'97	'05	'11
기 간(일)	9. 6 ~ 12. 2(88)	8. 12 ~ 10. 29(68)	8. 25 ~ 10.3(40)	8. 27 ~ 10. 13(48)
강수량(mm)	14.6	17.7	10.9	3

사) 11월 고온, 많은 강수와 농작물 생육

① 기상현황

- 평균기온: 평년보다 3.0℃높은 16.5℃, 최고기온은 2.5℃높은 19.6℃, 최저기온 3.7℃높은 13.9℃로 역대 1위를 기록함
- 강수량: 331.9mm로 평년(66.7mm) 대비 498%이었으며, 강수일수는 14.0일로 평년보다 5.6일 많았음
- 특히 성산지역의 11월 강수량은 431.8mm로 월별 누계강수량 1위를 차지했고, 서귀포와 고산은 각각 2위, 제주시도 6월과 8월에 이어 3위 수준인 231.3mm를 기록했으며 마치 장마철을 방불케 하였음

② 농작물 생육에 미친 영향

- 무, 당근 등이 너무 웃자라 수량이 많아졌고 상품비율이 떨어졌음
- 일부 침수되었던 가을감자, 무는 11월에 무름병이 발생하기도 함

다. 축산업에 미치는 영향

- 경영비 상승
 - 축산의 경우 고부가 가치를 얻기 위하여 곡물위주의 사료에 의하여 생산된 축산물을 가공하여 판매하고 있음. 따라서 기후변화가 곡물의 공급수요에 영향을 끼침으로써 그에 따른 경영비 압박이 발생함
 - 목축업의 경우 기후식생의 변화에 따라 목초지의 변화가 수반되어 목장지의 변화로 경영비 압박이 예상됨

- 질병출현에 대비한 모니터링 강화 필요
 - 온대성 질병에서 점차 열대성과 난대성 질환의 출현이 증가하는지에 대한 면밀한 자료 분석과 검토가 필요함
 - 이를 위해 구역과 권역을 구분하고 그 권역 내 목장을 모니터링할 수 있는 시스템을 구축하고 향후 이를 토대로 자료 분석 및 영향분석에 대한 면밀한 검토가 필요함
- 목축업의 사육형태 변화
 - 목축업은 기후변화에 따른 식생의 변화와 밀접한 관계를 가지고 있으므로, 기후변화에 따른 초종의 변화를 면밀하게 검토하는 연구시스템 구축이 필요함
- 사육가능 축종의 변화 예측 필요
 - 기후변화에 적합한 축종의 선택을 위한 기초적 연구가 필요하고, 또한 문헌과 세계 동향을 통하여 면밀한 분석이 필요함

(6) 해양/수산 분야

- 해수면 상승으로 인한 연안의 건축물 위험 증가
 - 해안가에 위치한 호텔, 펜션 등 숙박시설 그리고 관광시설 등에 위협이 되고 있음
- 고등어는 난류성 회유성 어류로 제주특별자치도 중심으로 서해, 남해안과 대마도 북쪽 동해안까지 광범위하게 어장을 형성하며, 주로 대형선망어선에 의해 어획됨
- 제주 인근해역 갈치어장 영향
 - 갈치는 중국의 양자강 하류역으로부터 우리나라 제주특별자치도 및 서, 남해역에 광범위하게 분포하며, 계절에 따라 남북회유를 하는데 우리나라 남해안에서는 가을철에 밀집어장을 형성함
 - 어획된 갈치 무리는 지구 온난화에 따른 수온상승과 함께 북상하는데 한국 연안역으로 북상하면서 성장했다가 가을철에 남해안에서 어장을 형성하는 것으로 추정할 수 있음
- 제주특별자치도를 중심으로 한 남해안의 해수면 상승이 두드러지게 가속화 되고 있으며 제주특별자치도의 경우는 연간 0.4~0.6cm 정도의 상승속도를 보임
 - 해수면 증가와 기온상승은 비브리오균 등 미생물의 증식을 일으키고 해수나 해

산물을 통한 질병발생의 가능성을 증대시킴

- 양식업이 발달한 제주의 경우를 생각한다면 이러한 병원 미생물에 의한 질병 발생은 심각한 상황임
- 한류성 어종이 사라지고 열대성 어류의 출현과 어획량이 증가할 것으로 예상됨
 - 기존에 어획되어 오던 어종들의 생산량이 급감하면서 현재까지 형성되어 왔던 제주 수산물 시장에 큰 영향을 줄 것으로 예상됨
- 기후변화로 인해 제주 수산업에 영향을 줄 수 있는 요소 중 또 다른 하나는 호우 및 태풍임
 - 태풍은 7월에서 10월에 집중발생하고 있으며 평균 발생횟수는 30년간 연평균 3.9~5.5회이며 기후변화로 인해 기온 및 수온이 상승한 최근에는 발생횟수가 연평균 4.0~6.2회로 약 0.1~0.7회 정도 증가하는 것으로 보고되어짐
 - 특히 10년간 지방별 태풍 횟수는 제주특별자치도가 23회로 가장 높았는데 이러한 태풍은 제주특별자치도 수산업에 큰 부분을 차지하고 있는 육상 양식, 가두리 양식에 있어서 큰 피해를 줌
 - 태풍 피해의 예로 태풍 루사와 매미로 인한 피해액이 양식장시설과 양식생물이 약 206억 원, 해안시설 및 어항이 108억 원, 해수욕장 호안유실이 약 51억 원, 어선파손 및 침몰이 21억 원 등의 순으로 나타남
- 해역 수온상승과 옥돔
 - 옥돔은 12℃~14℃수온에서 가장 큰 어장을 형성하지만 수온이 상승하여도 어획량에 큰 변화가 없는 이유는 옥돔이 수온 변화가 적은 저층에 서식하기 때문임
 - 지금과 같은 추세로 수온이 변화한다면 수년 내에 옥돔의 어장이 이동하거나 제주특별자치도 해역에서의 어획량이 감소할 것으로 예상됨
- 옥돔 외에도 수온 상승으로 인한 제주특별자치도 해역의 어종 변화가 많을 것으로 예상됨
 - 국립수산물과학원이 1998년에서 2000년까지 제주특별자치도 함덕지역에서 실시한 연구 결과에 의하면 제주지역에서 어획되는 주요 어종별 어획량의 증가와 감소에 대한 대응방안이 시급하다고 판단하고 있음

(7) 재해 분야

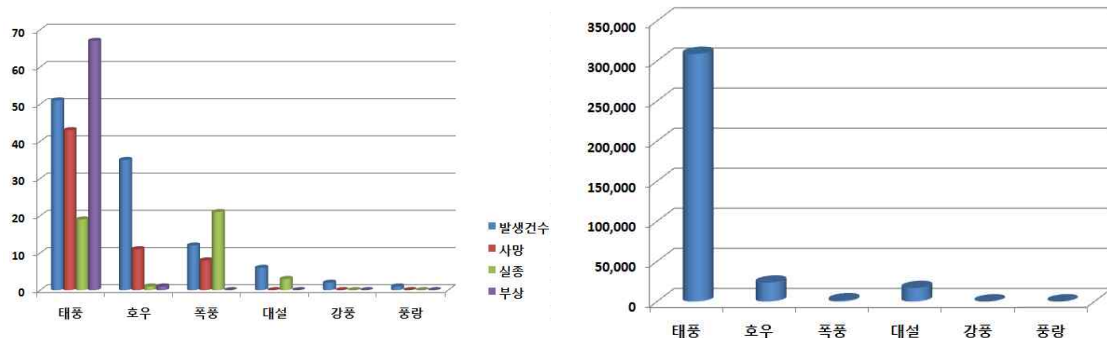
- 1971년 이후 제주특별자치도에 영향을 미친 자연재해는 태풍 51회, 호우 35회, 폭풍 12회, 대설 6회, 강풍 2회, 풍랑 1회로 총 107회 발생함
- 자연재해 중 태풍과 호우의 발생이 80.4%를 차지하고, 피해액은 94.7%를 차지하며 특히, 태풍으로 인한 피해의 규모가 가장 크게 나타남
- 2007년 9월 16일 태풍 '나리'의 경우 인명피해 14명(사망13명, 부상1명), 재산피해 130,746백만 원으로 제주특별자치도 재해사상 최고의 피해를 기록함

<표 2-41> 자연재해별 피해 발생현황(1971 ~ 2011.2.1까지)

(단위: 명, 백만원)

구분	발생건수	피해규모			
		사망	실종	부상	재산
태풍	51	43	19	67	30,8816
호우	35	11	1	1	23,570
폭풍	12	8	21	-	1,549
대설	6	-	3	-	16,870
강풍	2	-	-	-	104
풍랑	1	-	-	-	156
계	107	62	44	68	351,065

자료: 제주특별자치도 소방방재본부 내부자료 재구성(2012)



(그림 2-42) 자연재해별 피해 발생현황(1971 ~ 2011.2.1까지)

- 과거 1971년부터 자연재해의 피해를 5년 단위로 분석한 결과 1981년~1985년 사이 사망 및 실종이 가장 크게 나타나며, 재산피해액도 2000년 이전 중 가장 크게 나타남
- 인명피해(사망자수)의 경우는 태풍 '브랜다' 11명, '키프' 5명, '에그니스' 4명의

순으로 나타났고, 재산피해는 '에그니스' 3,323백만 원, 호우 2,689백만 원, '키티' 1,359백만 원 순임

- 1981년~1985년의 전체 피해는 사망22명, 실종 11명, 부상 6명, 재산피해 10,422 백만 원임
- 특히 1985년 10월 4일 태풍 '브랜다'로 인한 인명 피해는 사망 11명, 실종 9명, 부상 5명임

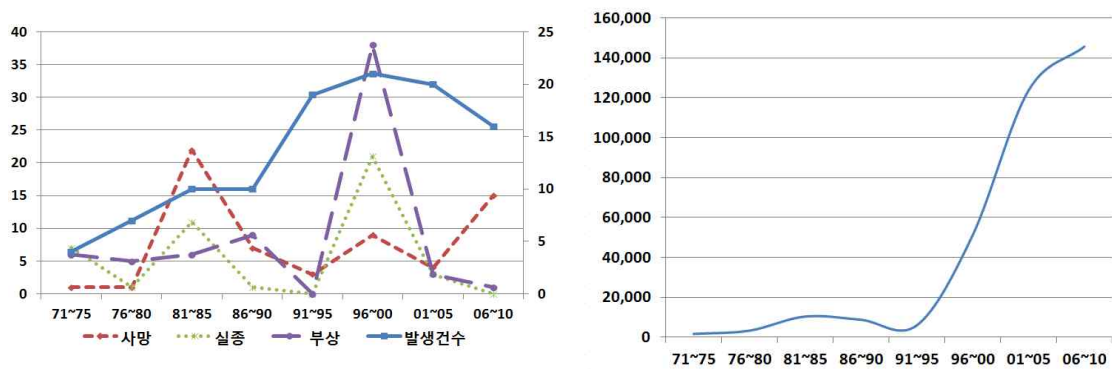
○ 자연재해로 인한 피해는 1971년부터 점차 증가하는 추세를 보임

<표 2-42> 자연재해 피해 발생현황 변화(5년 단위)

(단위: 명, 백만원)

구분	발생건수	피해규모			
		사망	실종	부상	재산
1971~1975	4	1	7	6	1,692
1976~1980	7	1	1	5	3,327
1981~1985	10	22	11	6	10,422
1986~1990	10	7	1	9	8,796
1991~1995	19	3	0	0	5,996
1996~2000	21	9	21	38	51,235
2001~2005	20	4	3	3	123,797
2006~2010	16	15	0	1	145,800
계	107	62	44	68	351,065

자료: 제주특별자치도 소방방재본부 내부자료 재구성(2012)



(그림 2-43) 자연재해 피해 발생현황 및 피해액(5년 단위)

2) 지역 일간지에 보도된 기후변화 영향 특성

- 제주지역 언론에 보도된 7개 분야(보건, 산림, 물관리, 생태계, 농업, 해양/수산, 재해)에 나타난 기후변화에 따른 피해사례를 조사하였음
- 조사 기간: 최근 5년간(2007년~2011년)
- 조사 대상 일간지: 제주지역 일간지(제민일보, 제주매일, 제주일보, 한라일보)
- 7개 분야별 핵심 key word 입력, 관련기사 검색, 중복기사의 경우 1건으로 처리하였음
- 7개 분야별 항목 분류: 본 보고서의 취약성 평가 분야별 세부항목에 따라 분류하였고, 세부항목에 해당되지 않을 경우에는 '기타' 항목에 포함하였으며, 해당 사항이 없는 경우에는 관련 세부항목을 제외하였음

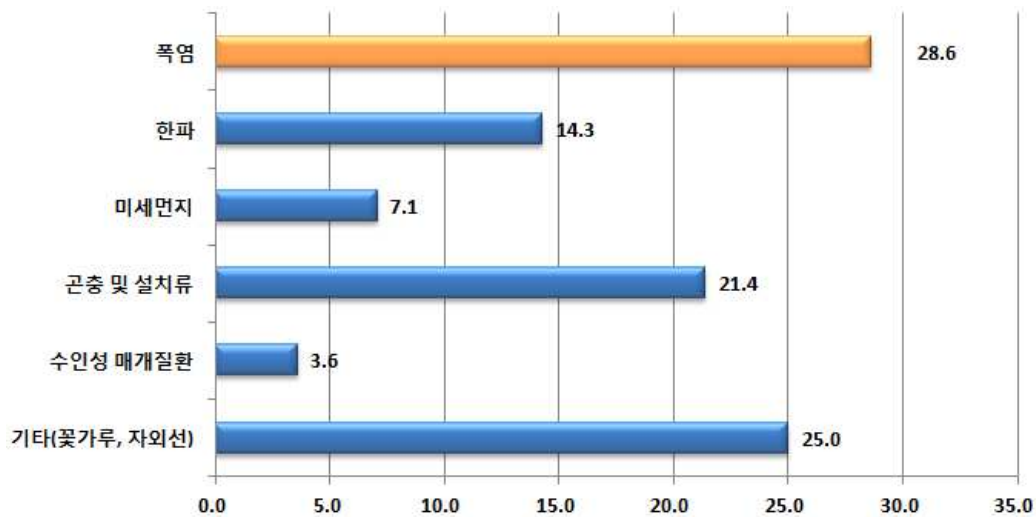
<표 2-43> 지역 일간지에 나타난 제주지역 기후변화 피해사례

분야	항목	기사 횟수	비율	전체비율	비고
보건	폭염	8	28.6	9.5	
	한파	4	14.3	4.8	
	미세먼지	2	7.1	2.4	
	곤충 및 설치류	6	21.4	7.1	
	수인성 매개질환	1	3.6	1.2	
	기타(꽃가루, 자외선)	7	25.0	8.3	
	소계	28	100.0	33.3	
산림	병해충(소나무)	3	100.0	3.6	
	소계	3	100.0	3.6	
물관리	이수(가뭄)	2	40.0	2.4	
	지하수	3	60.0	3.6	
	소계	5	100.0	6.0	
생태계	곤충	2	25.0	2.4	
	한라산식생	1	12.5	1.2	
	기타(철새, 외래동식물)	5	62.5	6.0	
	소계	8	100.0	9.5	
농업	농경지 토양침식	2	13.3	2.4	
	재배·사육시설,	1	6.7	1.2	
	가축생산성	1	6.7	1.2	
	감귤·발작물 생산성	8	53.3	9.5	
	기타(태풍)	3	20.0	3.6	
	소계	15	100.0	17.9	
해양/수산	해수온도	4	40.0	4.8	
	해수면상승	3	30.0	3.6	
	기타(갯녹음피해)	3	30.0	3.6	
	소계	10	100.0	11.9	
재해	폭염	1	6.7	1.2	

분야	항목	기사 횟수	비율	전체비율	비고
	폭설	3	20.0	3.6	
	강풍	2	13.3	2.4	
	한해	1	6.7	1.2	
	기타(태풍)	8	53.3	9.5	
	소계	15	100.0	17.9	
합계		84		100.0	

(1) 보건 분야

- 최근 5년간 지역 일간지에 보도된 기후변화 관련 피해사례는 총 28건이 보도되었으며, 보건 분야 피해 항목별 피해사례는 (그림 2-44), 피해항목별 피해 내용은 <표 2-44>와 같음
- 피해 건수가 가장 많은 것은 폭염(28.6%)이며, 그 다음으로 기타(꽃가루, 자외선)(25.0%), 곤충 및 설치류(21.4%), 한파(14.3%), 미세먼지(7.1%), 수인성 매개질환(3.6%) 순임



(그림 2-44) 보건 분야 피해사례

<표 2-44> 지역 일간지에 나타난 보건 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
폭염(8)	- 7월 폭염으로 인한 질환자 7건 발생	2011-08-07
	- 무더위 기승 제주특별자치도내 장염·식중독 환자 주의보	2010-08-16
	- 무더위 기승 폭염 관련 질병 '주의보'	2010-07-08
	- [웰빙라이프] 때 이른 무더위 '식중독주의보'	2009-05-21
	- 도내 식중독 발생 매년 증가	2008-12-12
	- 노인들 여름나기 버겁다	2008-08-09

항목(건수)	기사 제목	보도일자
	- 열사병 등으로 노인 잇따라 숨져	2008-08-08
	- 무더위 속 건강 '주의보'	2007-07-25
한파(4)	- 제주 여기저기서 '콜록 콜록' 독감 주의보	2011-01-27
	- 60대 남성 판자집에서 동사	2011-01-26
	- 제주지역 독감환자 증가세 건강관리 주의보	2011-01-06
	- 고등학교 체육교사 동사 추정 사망	2010-02-04
	- 2일 오전 현재 미세먼지 농도 평상시 15배	2011-05-02
미세먼지(2)	- 제주, 미세먼지 크게 증가	2009-12-29
	- 가을철 발열성 전염병 주의하세요	2010-09-06
곤충 및 설치류(6)	- 제주지역 법정전염병 발병률 전국 상위권	2010-07-04
	- 서귀포서 뎅기열 매개 모기 유충 발견	2010-02-08
	- 제주지역 전염병 최다 발생 '수두'	2009-06-26
	- 말라리아 환자 발생 주의 당부	2008-05-01
	- 말라리아 환자 발생	2007-08-22
	- 지난해 제주지역 살모넬라 감염증 '부주의'때문	2009-01-18
수인성 매개질환(1)	- 제주 아토피·알레르기비염 유병률 높아	2010-11-09
	- 실망스러운 '건강도시 제주' 5년(암, 아토피 환자)	2010-06-03
	- 기상청 '꽃가루 농도 위험지수' 제공	2010-04-01
	- 급격한 환경변화 올해 봄철 제주특별자치도민 건강 적신호	2010-03-22
	- 환경성 질환환자 비율 전국 최고	2010-02-07
	- 제주지역 유해 자외선 '매우 높음'	2009-06-19
	- 제주지역 아토피 유병률 전국에서 가장 높아	2008-01-30
	- 제주지역 아토피 유병률 전국에서 가장 높아	2008-01-30

(2) 산림 분야

- 산림 분야 피해 항목별 피해사례 및 피해 내용은 <표 2-45>와 같음
- 피해 건수가 가장 많은 것은 병해충(소나무)(100%)로 나타남

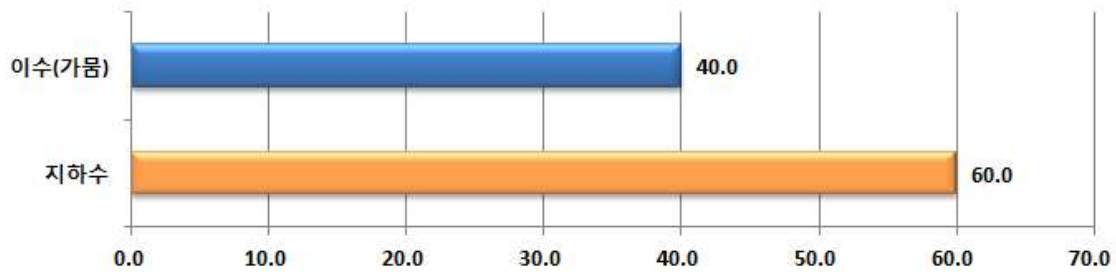
<표 2-45> 지역 일간지에 나타난 산림 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
병해충(소나무)(3)	- 산림병해충 방제 체계 시급	2009-09-16
	- 해마다 병해충 피해 제주산림 수난	2009-09-15
	- 재선충병 확산일로	2008-12-15

(3) 물관리 분야

- 물관리분야 피해 항목별 피해사례는 (그림 2-45), 피해항목별 피해 내용은 <표 2-46>과 같음

- 피해 건수가 가장 많은 것은 지하수(60%)이며, 다음은 이수(40%)임



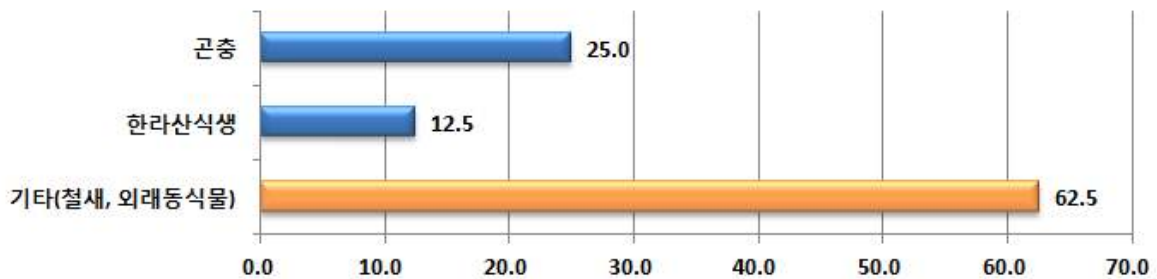
(그림 2-45) 물관리 분야 피해사례

<표 2-46> 지역 일간지에 나타난 물관리 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
이수(가뭄)(2)	- 항구적 가뭄극복 대책 마련해야	2011-10-09
	- 물관리 제대로 되고 있나	2009-11-05
지하수(3)	- 지하수 오염물질 배출 총량관리 시급	2010-10-14
	- 지하수관리지역 특별관리해야	2009-03-23
	- 서부지역 지하수 해수침투 위험	2009-03-23

(4) 생태계 분야

- 생태계 분야 피해 항목별 피해사례는 (그림 2-46), 피해항목별 피해 내용은 <표 2-47>과 같음
- 피해 건수가 가장 많은 것은 기타(철새, 외래동식물)(62.5%)이며, 그 다음으로 곤충(25%), 한라산 식생(12.5%)순임



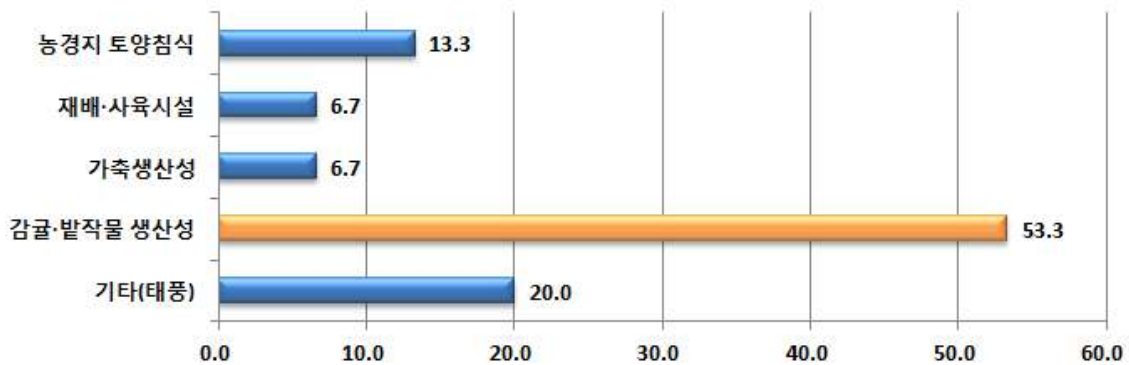
(그림 2-46) 생태계 분야 피해사례

<표 2-47> 지역 일간지에 나타난 생태계 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
곤충(2)	- 국내 미기록종 아열대 나방류 발견	2011-11-02
	- 기후변화로 제주생태지도 바뀐다	2009-06-11
한라산(1)	- 한라산 식생변화 대책마련 시급	2007-11-11
기타 (철새, 외래동식물)(5)	- 외래동물 서식상황과 대처방안	2011-12-04
	- 올 겨울 어떤 철새들이 찾을까요	2011-11-11
	- 외래침입종, 세계자연유산 위협	2011-02-14
	- 기후변화로 아열대성 조류 증가	2010-12-23
	- 미기록종 ‘붉은가슴딱새’ 발견	2010-11-22

(5) 농업 분야

- 농업 분야 피해 항목별 피해사례는 (그림 2-47), 피해항목별 피해 내용은 <표 2-48>과 같음
- 피해 건수가 가장 많은 것은 감귤·발작물 생산성(53.3%)이며, 그 다음으로 기타(태풍)(20%), 농경지 토양침식(13.3%), 재배·사육시설(6.7%), 가축 생산성(6.7%)순임



(그림 2-47) 농업 분야 피해사례

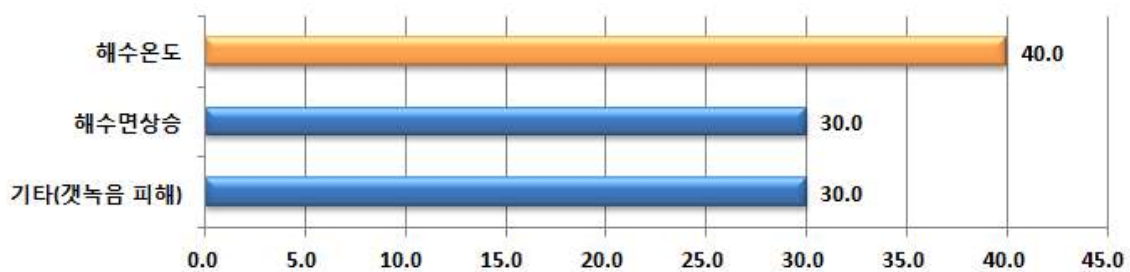
<표 2-48> 지역 일간지에 나타난 농업 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
농경지 토양침식(2)	- 저지대 농경지 침수 걱정 심화	2010-07-13
	- 농경지 침수 위험지구 4,098ha	2008-09-11
재배·사육시설(1)	- 남원·표선 강풍피해 41억 잠정 집계	2009-07-31
가축생산성(1)	- 8월 폭염 가축질병 비상	2009-07-31
감귤·발작물 생산성(8)	- 기후변화 외래 병해충·잡초 정착 시킬 것	2011-10-11

항목(건수)	기사 제목	보도일자
	- 제주서부 극심한 가뭄, 비소식도 없고 농심만 타네	2011-10-06
	- 강수량 지역별 격차 농가 희비 엇갈려	2011-09-26
	- 서리피해 크게 줄었다	2011-05-23
	- 시급한 기후변화 농작물 대비책	2009-10-30
	- 하우스감귤 폭염·열대야로 착색 지연	2010-09-15
	- 기후온난화로 제주감귤산업 악영향	2008-09-23
	- 기후변화시대 제주농업 어떻게 변하고 있나	2008-05-28
기타(태풍)(3)	- 태풍 '무이파' 농작물 피해 속출	211-08-12
	- 태풍 '무이파' 조풍피해도 남겼다	2011-08-12
	- 집중호우 1,082ha 침수·유실 피해	2010-09-15

(6) 해양/수산 분야

- 해양/수산 분야 피해 항목별 피해사례는 (그림 2-48), 피해항목별 피해 내용은 <표 2-49>와 같음
- 피해 건수가 가장 많은 것은 해수온도(40%)이며, 그 다음으로 해수면 상승(30%), 기타(갯녹음 피해)(30%)로 나타남



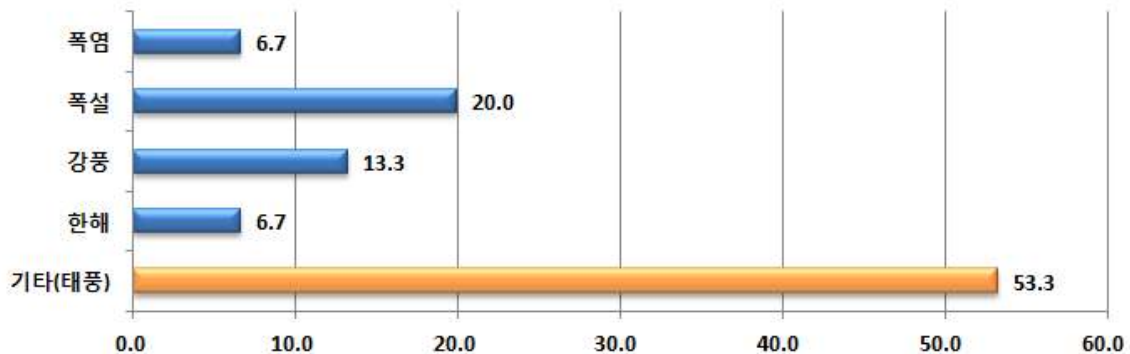
(그림 2-48) 해양/수산 분야 피해사례

<표 2-49> 지역 일간지에 나타난 해양/수산 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
해수온도(4)	- 올 여름 저수온 양식넙치 성장 차질	2011-10-13
	- 기후변화에 따른 어업 대응전략 시급	2011-09-19
	- 제주연안 이상저온 멀치 어획량 99%↓	2010-05-07
	- 제주수산업 기후변화 대응책 마련해야	2010-03-31
해수면 상승(3)	- 연안침식 가속화 연안정비 추진 부실	2009-10-18
	- 해수면 상승 심상치 않다	2009-04-23
	- 제주지역 해수범람 가능성 높아져	2008-06-12
기타(갯녹음 피해)(3)	- 갯녹음의 '답'은 천초와 참모자반	2011-02-25
	- 제주바다 갯녹음 확산 황폐화 심각	2010-12-20
	- 온난화로 제주바다 생태계 급변	2009-03-13

(7) 재해 분야

- 재해 분야 피해 항목별 피해사례는 (그림 2-49), 피해항목별 피해 내용은 <표 2-50>과 같음
- 피해 건수가 가장 많은 것은 기타(태풍)(53.3%)이며, 그 다음으로 폭설(20%), 강풍(13.3%), 폭염(6.7%), 한해(6.7%)순임



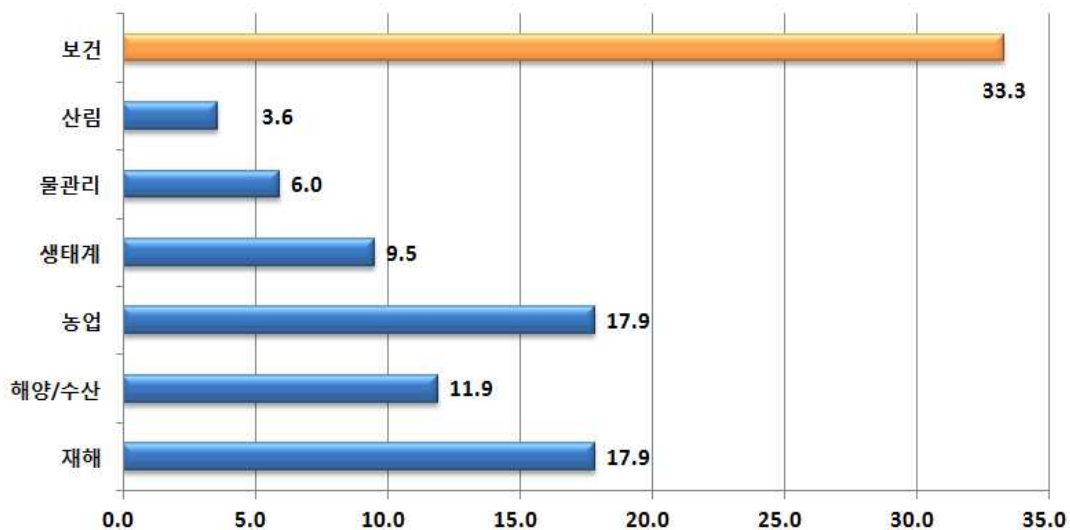
(그림 2-49) 재해 분야 피해사례

<표 2-50> 지역 일간지에 나타난 재해 분야 기후변화 피해사례

항목(건수)	기사 제목	보도일자
폭염(1)	- 불볕더위로 가로수도 피해	2008-08-09
폭설(3)	- 폭설피해 갈수록 '눈덩이'	2011-01-06
	- 폭설대비 농가시설 보강을	2011-01-05
	- 무너지고 부딪히고 좌초되고	2011-01-03
강풍(2)	- 갑작스런 강풍 피해신고 속출	2011-05-01
	- 남원·표선 강풍피해 41억 잠정 집계	2009-07-31
한해(1)	- 한파피해 사례 속속 접수	2011-01-17
기타(태풍)(8)	- 교육시설 태풍피해액 7억9,000만 원 최종 집계	2011-08-12
	- 제주 강타한 태풍 '무이파' 강하긴 강했네	2011-08-09
	- 무이파가 활귀고 간 제주	2011-08-08
	- 제주 태풍 메아리 영향 크고 작은 피해 잇따라	2011-06-26
	- 태풍 '곤파스'로 산남지역 3,000만 원 재산 피해	2010-09-02
	- 태풍 영향 제주공항 항공기 무더기 결항	2010-09-01
	- 산남지역 하효·화순항 등 태풍 '덴무'피해 6건 접수	2010-08-11
	- 태풍 '나리' 피해액 1,200억 원 넘어서	2007-09-26

(8) 종합

- 최근 5년간(2007~2011) 제주지역 일간지에 보도된 기후변화와 관련된 보도 사항을 종합하여 정리하였음
- 전체 84건 중 가장 보도건수가 많은 부분은 보건(28건, 33.3%) 분야이며, 그 다음으로 농업과 재해(각각 15건, 17.9%), 해양/수산 (10건, 11.9%), 물관리(5건, 6.0%), 산림(3건, 3.6%) 순으로 나타나고 있음
- 기후변화 취약성과 관련된 7개 분야 중 제주지역에서 가장 영향이 큰 부분은 보건 분야임
- 제주지역의 경우 자연재해의 경우 농업 분야의 피해가 차지하는 비율이 높게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 건강에 이어 산업 분야에 대한 징후가 많이 나타나고 있음을 알 수 있음
- 물관리와 관련해서는 침수나 가뭄 등의 영향이며, 산림과 관련해서는 병해충 등의 영향이 많은 것으로 나타남



(그림 2-50) 지역 일간지에 나타난 분야별 기후변화 피해사례

제 3 장

선행연구 및 사례고찰

- ① 국가 단위 계획 및 시사점
- ② 제주특별자치도 관련 계획 및 시사점
- ③ 해외사례 및 시사점

제 3 장 선행연구 및 사례 고찰

1. 국가 단위 계획 및 시사점

1) 국가 기후변화 적응 종합계획

(1) 수립배경 및 필요성

- 한반도 기후변화 진행 속도는 세계 평균을 상회함
 - 지난 100년간(1906~2005) 기온(6대 도시 평균) 약 1.5℃ 상승
 - 강우패턴 변화로 최근 10년간('96~'05) 기상재해 총 피해액이 17.7조 원 규모
 - 최근 40년간('68~'05) 한반도 연해 수온이 0.9℃ 상승하여 어획어종이 명태 등 한류성 어종에서 오징어, 고등어 등 난류성으로 변동
 - 최근 40년간 제주특별자치도 근해 해수면 상승(22cm)으로 서귀포 용머리해안 산책로 침수
- 기후변화의 원인물질인 온실가스 배출이 줄어들더라도 향후 최소 수십년은 과거 배출한 온실가스로 인해 지구온난화 지속, 적응이 이에 대처할 수 있는 유일한 수단임
- 기후변화협약에서 국가차원의 적응계획 수립을 권고함(기후변화협약 4조1항b)¹²⁾
- 2007년 5월 제3차 기후변화대책위원회(위원장: 국무총리)에서 국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립을 결정함
- 2008년 9월 확정된 '기후변화대응종합기본계획'에 국가 기후변화 적응 종합계획(마스터플랜) 수립을 명시함

(2) 계획의 의의 및 성격

- 국가 적응정책의 비전과 방향을 제시하는 국가 기본계획임
- 국가 장기 비전인 '저탄소녹색성장'의 주요 행동계획임
- 범부처 참여형 종합계획임

12) 몬트리올 의정서에 의하여 규제되지 않는 모든 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출 방지와 흡수원에 따른 제거를 통하여 기후변화를 완화하는 조치와 기후변화에 충분한 적응을 용이하게 하는 조치를 포함한 국가적 및 적절한 경우 지역적 계획을 수립·실시·공표하고 정기적으로 갱신함

(3) 계획의 범위

- 계획기간: 2009 ~ 2030년
 - 단기: 2009~2012(취약성 평가 및 기반조성 등 우선적으로 필요한 사업 추진)
 - 중장기: 2013~2030(기후변화로 인한 피해 최소화를 위한 사업 추진, 기회 극대화 및 성장동력으로서의 승화)

(4) 계획의 비전, 목표 및 추진 전략

- 비전: 기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원
- 목표
 - 단기목표(~ 2012): 종합적이고 체계적인 기후변화 적응역량 강화
 - 한반도 시·공간적 취약성 지도 100% 작성
 - 예측·감시 기술 수준 선진국 대비 70% 달성
 - 장기목표(~ 2030): 기후변화 위험 감소 및 기회의 현실화
 - 과거 10년(1996-2005) 대비 기상재해피해 10% 감소
 - 기후변화 적응 관련 생산 GDP 대비 1 % 달성
- 추진전략
 - 전략 1: 과학적이고 종합적인 기후변화 위험평가 체계 구축
 - 전략 2: 비용 효과적이고 지속가능한 적응 프로그램 마련
 - 전략 3: 적응역량 강화 및 인식제고를 위한 국내 파트너십 구축
 - 전략 4: 국제협력과 기여를 통해 글로벌 리더십 확보
 - 전략 5: 적응행동 이행 강화를 위한 제도적 기반 확보

2) 국가 기후변화 적응대책

(1) 수립배경 및 필요성

- 지구 온실가스 농도를 450ppm으로 안정화시키더라도 2℃ 목표 달성 확률은

50% 내외(IPCC, 2007)

- 2050년까지 기온상승 2℃ 억제에 성공해도 세계 인구 20억 명이 물 부족으로 고통당하고, 생물종의 20~30%가 멸종위기에 처할 전망
- 우리나라의 평균 기온은 2050년에 2000년 대비 2℃ 상승할 전망, 과거 100년간 기온상승을 고려하면 3℃ 이상 상승
- 우리나라 평균 기온 2℃ 이상 추가 상승(2050년)에 대비한 기후변화 적응대책 수립에 국가적 역량을 모아야 할 절박한 상황
- 우리나라의 경우 기후변화로 인해 약 800조 원이 넘는 경제적 피해 예상, 사전 대응과 시행착오의 최소화시 적응비용의 획기적 감축 기능(KEI, 2009)

(2) 대책의 근거 및 성격

- 저탄소녹색성장기본법 제38조 제4항 및 동법 시행령 제38조에 의함
- 대책의 성격
 - 저탄소녹색성장기본법 시행에 따른 최초의 법정 국가 적응대책으로 기존 ‘국가 기후변화적응 종합계획의 보완 및 개선
 - 정부 및 지자체 세부시행계획 수립을 위한 기본계획으로 녹색성장 국가전략 중 적응분야 구체화
 - 기후변화 영향의 불확실성을 감안한 5년 단위 연동계획으로 매년 현황 모니터링 및 평가결과를 반영, 대책의 수정·보완 추진

(3) 비전 및 대책분야

- 비전: 기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원
- 부문별 적응대책
 - 건강: 폭염·대기오염 등으로부터 국민 생명 보호
 - 재난/재해: 방재·사회기반 강화를 통한 피해 최소화
 - 농업: 기후 친화형 농업생산체제로 전환
 - 산림: 산림 건강성 향상 및 산림재해 저감

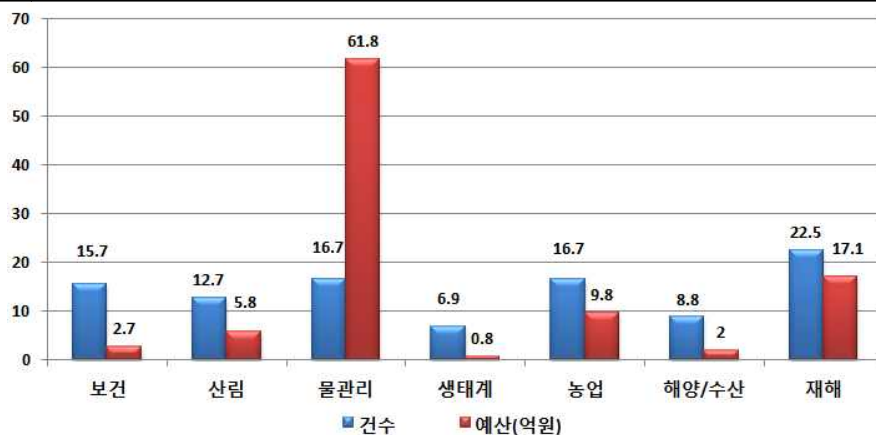
- 해양/수산: 안정적 수산식량 자원 확보 및 피해 최소화
- 물관리: 기후변화로부터 안전한 물관리 체계 구축
- 생태계: 보호·복원을 통한 생물다양성 확보
- 적응기반 대책
 - 기후변화 감시 및 예측: 적응 기초자료 제공 및 불확실성 최소화
 - 적응산업/에너지: 기후변화 적응 신사업·유망사업 발굴
 - 교육·홍보 및 국제협력: 대내·외 적응 소통 강화

3) 관련계획 검토결과 시사점

- ‘국가 기후변화 적응대책’의 후속과제로 관계부처 합동 과제로 추진된 ‘국가 기후변화 적응대책 세부시행계획’의 주요 내용을 분석하였음
- 기후변화 적응 관련 전체 세부과제는 102건이며, 분야별 세부과제 비율은 보건 15.7%, 산림 12.7%, 물관리 16.7%, 생태계 6.9%, 해양/수산 8.8%, 재해 22.5%로 나타남

<표 3-1> 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획의 분야별 사업

분야별	보건	산림	물관리	생태계	농업	해양/수산	재해	계
건수	16	13	17	7	17	9	23	102
비율(%)	15.7	12.7	16.7	6.9	16.7	8.8	22.5	100.0
예산(억 원)	13,496	29,061	310,190	3,949	49,525	9,872	86,1325	502,226
비율(%)	2.7	5.8	61.8	0.8	9.8	2.0	17.1	100.0



- 기후변화 적응 관련 분야별 전체 예산은 502,226.79억 원으로 물관리 분야가 61.8%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 재해분야 17.1%, 농업분야 9.8%, 산림 분야 5.8%, 보건 분야 2.7%, 해양/수산분야 2.0%, 생태계분야 0.8%로 나타남

(1) 보건 분야

- 보건 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-2>에 제시하였음
- 보건 분야 세부추진과제는 폭염 및 자외선 건강영향 평가 및 감시체계 구축 등 11개 과제임

<표 3-2> 보건 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목									
	홍수	태풍	폭염	한파	오존 농도	미세 먼지	기타 대기 오염	근종 및 설치류	수인성 질환	기타
① 폭염 및 자외선 건강영향 평가 및 감시체계 구축			복지부, 기상청							
② 폭염 및 자외선 피해 저감대책 마련			복지부, 환경부, 기상청, 산림청							
③ 기상재해로 인한 건강영향 감시 및 저감대책 마련	복지부	복지부								
④ 자연생태계 변화에 따른 건강영향 조사 · 감시시스템 구축										환경부
⑤ 전염병 조사감시 및 관리 강화								복지부	복지부	
⑥ 매개체 감염병 적응 연구개발 강화								복지부		
⑦ 대기오염 거동에 따른 건강영향 감시 및 취약성 평가 시스템 구축						환경부, 복지부	환경부, 복지부			
⑧ 취약 인구집단별 대기오염 피해저감					환경부	환경부	환경부			
⑨ 화학물질 거동에 따른 건강영향 감시 및 취약성 평가 시스템 구축										환경부
⑩ 알레르기 질환 유발 환경인자 관리 강화										환경부, 기상청
⑪ 기후변화에 따른 알레르기 질환 예방 · 관리										환경부, 복지부

주) 기타는 취약성 평가 세부항목에 해당되지 않은 과제를 의미함

(2) 산림 분야

- 산림 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-3>에 제시하였음

- 산림 분야 세부추진과제는 기후변화 취약 산림생물자원 보호관리 등 8개 과제임

<표 3-3> 산림 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목						
	산사태 (집중호우)	임도 및 등산로 취약 (산사태)	산불	병해충 (소나무)	산림 생산성	산림식생 (가목)	기타
① 기후변화 취약 산림생물자원 보호관리					산림청		
② 기후변화 적응 산림 수자원의 체계적 관리					산림청	산림청	
③ 임업부문 영향/취약성 평가					산림청		
④ 기후변화 적응 임업 생산성 유지·증진					산림청		
⑤ 기후변화에 따른 산림재해 취약성 평가	산림청	산림청	산림청				
⑥ 산림재해예방 피해저감 시스템 고도화	산림청	산림청	산림청				
⑦ 산림병해충 예찰 및 조기방제 체계 구축				산림청			
⑧ 기후변화 적응 산림관리 실연사업, 평가 및 환류					산림청		

(3) 물관리 분야

- 물관리 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-4>에 제시하였음

- 물관리 분야 세부추진과제는 기후변화에 따른 물관리 모니터링 보강 등 10개 과제임

<표 3-4> 물관리 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목			
	치수의 취약성	이수의 취약성	수질 및 수생태 취약성	기타
① 기후변화에 따른 물관리 모니터링 보강	국토부, 환경부	국토부, 환경부	국토부, 환경부	
② 기후변화에 따른 물관리 분야의 영향분석 및 취약성 평가	환경부, 국토부	환경부, 국토부	환경부, 국토부	
③ 홍수에 강한 국토기반 조성	국토부			
④ 물이용 효율화를 통한 수요관리		국토부, 환경부		
⑤ 안정적 수자원 확보	국토부	국토부	국토부	
⑥ 대체수원 기술개발과 시설확충	국토부, 환경부	국토부, 환경부		
⑦ 하천의 기후변화 적응능력 극대화	국토부			
⑧ 기후변화에 적응하는 물관리 선진화 및 해외진출				환경부, 국토부,

사업명	세부항목			
	치수의 취약성	이수의 취약성	수질 및 수생태 취약성	기타
⑨ 기후변화로 인한 하천 및 호소 수질악화 관리대책			환경부, 국토부, 농진청	
⑩ 기후변화 적응을 위한 하천 수질개선 및 수생태계 보전·복원			환경부	

(4) 생태계 분야

- 생태계 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-5>에 제시하였음
- 생태계 분야 세부추진과제는 기후변화 취약 생태계 및 지표종 모니터링 구축 등 6개 과제임

<표 3-5> 생태계 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목			
	수목생장 및 분포 취약성	곤충 취약성	보전구역 관리 취약성	기타
① 기후변화 취약 생태계 및 지표종 모니터링			환경부, 농진청, 산림청, 국토부, 농식품부	
② 기후변화 생태계 영향 및 취약성 평가			환경부, 농진청, 산림청, 국토부, 농식품부	
③ 생물종/유전자원/생태계 다양성 보전 및 복원	환경부, 농진청, 산림청, 국토부, 농식품부, 복지부		환경부, 농진청, 산림청, 국토부, 농식품부, 복지부	
④ 훼손 및 단절된 생태계 연계를 위한 생태축 복원			환경부, 산림청	
⑤ 외래종 및 돌발 대발생 생물 피해방지를 위한 관리체계 구축			환경부, 국토부, 농식품부	
⑥ 생태계 관리를 위한 거버넌스 구축 및 홍보 강화			환경부, 농진청, 산림청, 국토부, 농식품부	

(5) 농업 분야

- 농업 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-6>에 제시하였음
- 농업 분야 세부추진과제는 기후변화에 따른 작물생산 영향평가 및 예측 등 13개 과제임

<표 3-6> 농업 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목				
	농경지 토양 침식	재배· 사육시설 붕괴	가축 생산성	감글 생산성	기타
① 기후변화에 따른 작물생산 영향평가 및 예측					농진청
② 기후변화 적응 품종 및 신작물 개발					농진청
③ 기후변화 적응 재배기술 개발					농진청
④ 기후변화 대응 가축개량·관리기술 개발			농진청		
⑤ 기후변화에 따른 조사료 수급체계 대응 기술 개발			농진청		
⑥ 농업용수의 효율적 이용 및 절약기술 개발					농진청
⑦ 기후변화 대응 농업용수의 안정적인 공급방안 마련					농식품부
⑧ 농업부문 기후변화 취약성 평가	농진청	농진청	농진청	농진청	
⑨ 농업기상재해 경감을 위한 대응기술 개발					농진청
⑩ 풍수해 예방을 위한 농업기반시설 확충	농식품부	농식품부			
⑪ 기후변화에 따른 병해충 확산 방지 시스템 구축					농진청
⑫ 외래 병해충 발생 예측 시스템 개발					농식품부
⑬ 온난화에 따른 가축질병 방지 대책			농식품부		

(6) 해양/수산 분야

- 해양/수산 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-7>에 제시하였음
- 해양/수산 분야 세부추진과제는 해수면 상승 대응 연안 취약성 평가 등 9개 과제임

<표 3-7> 해양/수산 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목		
	해수면 상승에 의한 기반시설/연안 시설 취약성	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	기타
① 해수면 상승 대응 연안 취약성 평가	국토부		
② 연안 외력변화 예측 및 대응을 위한 과학적 관리체계 구축			국토부
③ 기후변화에 따른 국토지형변화 예측 및 적응방안 수립			국토부
④ 한반도 연근해 어황 및 주요 수산자원 변화 관리방안 마련		농식품부	
⑤ 미래수산자원 확보방안 마련		농식품부	
⑥ 관측 인프라 구축 및 연안어장 관리 방안		농식품부	
⑦ 수산생물 감염성 질병 대책 수립		농식품부	
⑧ 해양산성화 대응 어장피해 저감대책 수립		농식품부, 국토부	
⑨ 연근해 수산업 재해경감 대책 수립		농식품부	

(7) 재해 분야

- 재해 분야 세부추진 과제와 과제별 취약성 평가 세부항목과의 관련성을 <표 3-8>에 제시하였음
- 재해 분야 세부추진과제는 기후변화에 따른 자연재해 위험도 분석 등 14개 과제임

<표 3-8> 재해 분야 세부추진과제와 취약성 평가 세부항목과의 관계

사업명	세부항목				
	홍수 기반시설	폭염 기반시설	폭설 기반시설	해수면 상승 기반시설	기타
① 기후변화에 따른 자연재해 위험도 분석	방재청				
② 기후변화 대응 방재기준·제도강화	방재청		방재청	방재청	
③ 재해보험 활성화	방재청				
④ 안전한 국토기반 조성을 위한 재해예방사업 추진	방재청				
⑤ 한발 앞선 대응을 위한 재난대응 시스템 구축	방재청				
⑥ 반복피해 방지를 위한 재해복구 시스템 개선					방재청
⑦ 기후변화 대응 우수유출 저감시설 설치	방재청, 국토부				
⑧ 폐기물 처리시설의 안정적 관리 및 방재체계 구축					환경부
⑨ 기후변화 기상재해의 능동적 대응을 위한 기상조절 기술 개발					기상청
⑩ 집중강우 대비 하수도시설 개선	환경부				
⑪ 기후변화에 따른 국토 취약지역 분석 및 적응방안 마련	국토부	국토부	국토부	국토부	
⑫ 기후변화 적응 친화적인 국토이용계획 수립 및 국토 관리 체제 구축					국토부, 환경부
⑬ 도시의 기후변화 적응능력 제고	국토부	국토부			
⑭ 기후변화 적응 방재도시 조성사업 추진	국토부	국토부	국토부	국토부	

2. 제주특별자치도 관련 계획 및 시사점

1) 기후변화대응 종합계획(2010)

- 기후변화로 인한 생태계의 급속한 변화는 국가 및 지역의 환경·산업·문화·경제 분야는 물론 생활양식의 변화에 이르기까지 그 파급효과가 광범위할 것으로 예상되고 있음
- 국가의 기후변화대응 종합계획이 마련됨에 따라 지방차원에서 기후변화 문제에 효율적·체계적으로 대응하기 위한 종합대책 수립이 필요함
- 국가의 「기후변화대응종합기본계획」 수립 및 국가 온실가스 감축 목표 설정에 따라 우리 도에서도 지역실정에 맞는 온실가스 감축 목표의 설정과 달성을 위한 분야별·단계별 전략 마련이 필요함
- 기후변화의 주요 원인인 온실가스의 효과적인 감축 등, 도 차원의 기후변화 완화 대책 및 기후변화 영향에 대한 적응방안 등의 대책을 마련함으로써 국제적 환경에 사전 대비하며, 친환경산업 발굴 및 육성방안을 마련하고 기후변화를 제주지역 신성장동력의 기회로 활용하기 위함

2) 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발(1차년도 연구, 2008)

- 기후변화 현상은 우리나라는 물론 전 지구적으로 향후 최소 30~40년간은 과거 배출한 온실가스로 인한 가속화가 불가피한 상황, 기후변화에 대한 정부간 패널 기구(IPCC)의 제4차 평가 보고서에서는 이를 확인하고 있으며 향후 ‘적응(adaptation)’이 이에 대처할 수 있는 유일한 수단으로 보고하고 있음
- 제주특별자치도의 대응정책: 기후변화 대응 시범도로서 선도적 역할을 수행함('09년 2월 제주특별자치도를 탄소중립도시로 조성 추진)

3) 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발(2차년도 연구, 2009)

- 제주지역에서의 기후변화로 인한 기후변동, 생태계 변화, 사회·경제 환경변화 등의 조사 및 영향 분석을 통한 적응대책 마련
- 기후변화 예측을 위한 최적 모델 개발 및 모델을 통한 기후·기상 변화 예측과 해수면 변화 예측, 적응 대책 마련을 위한 생태환경에 대한 모니터링 체계 구축

및 모니터링, 기후변화에 따른 산업경제 부문 영향 예측 및 적응 대책 마련

4) 세계환경수도 조성 기본계획(2010)

- 세계환경수도 조성 기본계획의 주요 목적은 생명의 섬, '세계 환경수도 제주'라는 비전을 실현하기 위해 녹색자치(사회적 측면), 청정환경(환경적 측면), 녹색성장(경제적 측면)의 목표실현을 위해 참여, 보전, 조화의 추진 원칙을 설정함
- 참여를 통해 세계 최고의 환경교육 시스템 구축, 환경친화적 생활양식 정착, 모범적인 환경 거버넌스 구축, 지구촌 환경협력을 선도함
- 보전을 통해 생태환경 보전과 탄소흡수원 확충, 저탄소 순환형 물질대사 지역으로 전환, 녹색교통 시스템 구축, 깨끗한 공기와 맑은 물 유지를 실현함
- 조화를 통해 에너지 자립강화 및 신재생에너지 사업 확대, 친환경 1차산업 진흥 및 로컬푸드 확대, 치유와 생태 및 MICE관광의 메카로 조성, 녹색경영 및 친환경비즈니스 확대를 실현함

5) 제2차 제주국제자유도시 종합계획(2011)

- 제2차 제주국제자유도시 종합계획은 '제주특별자치도설치및국제자유도시조성을위한특별법' 제222조에 근거하여 수립함
- 전면적인 세계경제의 개방화와 다극화, 지구 온난화, 고령화 사회로의 진전 등 급변하는 시대적 조류에 적극적으로 대처하고 지역의 창의적인 발전 체제를 구축하기 위한 제주국제자유도시 비전과 전략을 수립함
- 제주의 위상을 국제경쟁력을 지닌 지역으로 도약시키는 데 목적이 있음

6) 제주특별자치도 환경보전 중기기본계획(2011)

- '환경정책기본법' 제14조3항(시·도환경보전계획 수립 등), '제주특별자치도설치및국제자유도시조성을위한특별법' 제291조2항(자연환경보전·관리의 기본방향)에 근거하여 수립함
- 국가환경종합계획(2006~2015) 및 제주특별자치도 환경보전기본계획(1999~2020)과 연계하고, UNESCO 생물권보전지역, 세계자연유산, 세계지질공원 및 세계7대

자연경관 선정 등 국제적인 자연환경자산보전지역의 특성에 맞는 환경보전중기 기본계획을 수립·추진함

- 친환경적인 국제자유도시 추진을 위하여 환경부문별 현황분석을 통해 환경용량을 바탕으로 한 환경지표 설정, 환경목표 및 지표의 달성을 위한 세부과제를 제시하는 환경보전중기기본계획을 수립함

7) 기후변화 대응사업(기후변화대응추진본부)

- 제주특별자치도의 효율적인 기후변화대응 업무 추진을 위해 부서별로 분산 추진되고 있는 기후변화대응 업무를 통합·조정하는 조직을 구성하고, 관련사업을 체계적으로 추진하기 위한 것임
- 조직은 총괄 추진단, 온실가스감축단, 기후변화적응1단, 기후변화적응2단, 연구개발단으로 구성되어 있으며, 52개 사업을 추진하고 있음

8) 기타 계획

- 제주특별자치도 기후변화 관련 계획, 도단위 종합계획에 대한 검토와 병행하여 기타 계획에 대해서도 검토하여 계획에 반영하였음
 - 제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획 정책 발굴 등을 검토하였음
 - 기후변화 적응 세부시행계획의 7개 분야(보건, 산림, 생태계, 물관리, 농업, 해양/수산, 재해)별 관련 계획(지역산림계획, 농·임·축·수·식품산업 발전계획, 지역보건의료계획 등)에 대하여 기후변화 적응과 연관성을 검토함

9) 관련계획 검토결과 시사점

- 제주특별자치도 선행연구와 관련하여 상기와 같이 기후변화 관련 계획, 종합계획 및 해당 분야 계획을 종합 검토하였음
 - 1단계에서는 관련계획에서 제시하는 기후변화 관련 과제를 도출하였음
 - 2단계에서는 1단계에서 도출한 기후변화 관련 과제 중 기후변화 적응과 관련된 과제를 도출하였음
- 제주특별자치도 선행연구에서 도출된 각 분야별 적응과제는 다음과 같음

(1) 보건 분야

- 보건 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-9>와 같으며, 전체 4개 과제 중 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 지역응급의료 계획과 감염병 예방사업임
- 환경성질환 예방과 아토피 예방관리 사업은 취약성 평가 세부항목과는 연관성이 없지만, 환경성 질환의 경우 기후변화에 따른 직·간접적인 영향이 있을 것으로 사료되며, 특히 아토피의 경우 지역적 특성과 연관성이 높음
- 기존의 선행연구에서는 한파에 의한 건강 취약성, 오존농도 상승에 의한 건강 취약성, 미세먼지에 대한 건강 취약성, 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성 등은 구체적으로 제시되지 않음

<표 3-9> 선행 연구에서 제시하는 보건 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 환경성질환 예방을 위한 실천방안 마련 및 보급		기타
② 지역응급의료 계획	- 홍수, 태풍, 폭염 등에 의한 건강 취약성	
③ 감염병 예방사업	- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성 - 수인성 매개질환에 대한 건강 취약성	
④ 아토피 예방관리 사업		기타

(2) 산림 분야

- 산림 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-10>과 같으며, 전체 8개 과제 중 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 자연경관을 고려한 아름다운 숲 조성을 제외한 7개 과제임
- 기존의 선행연구에서는 가뭄에 의한 산림식생의 취약성에 대한 세부과제는 제시되지 않았음
 - 집중호우에 의한 산사태 및 산사태에 의한 임도 및 등산로의 취약성: 산림재해 예방 및 훼손산림 복원, 기존 임도망 재정비와 자연친화형 다목적 임도시설 확충, 자연재해 방지사설 및 지속적 모니터링 시스템

- 산림생산성의 취약성: 기후변화에 대응한 장기수 조립, 산림경영기반 구축 및 소득 지원
- 산불에 의한 취약성: 산불예방 및 방재관리시스템 구축
- 병해충에 의한 취약성: 산림병해충 예찰조사 기능 강화
- 기타: 자연경관을 고려한 아름다운 숲 조성

<표 3-10> 선행 연구에서 제시하는 산림 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 산림재해 예방 및 훼손산림 복원	- 집중호우에 의한 산사태의 취약성 - 산사태에 의한 임도 및 등산로의 취약성	
② 자연재해 방지시설 및 지속적 모니터링 시스템 구축		
③ 기존 임도망 재정비와 자연친화형 다목적 임도시설 확충		
④ 기후변화에 대응한 장기수 조립	- 산림생산성의 취약성	
⑤ 산림경영기반 구축 및 소득 지원		
⑥ 산불예방 및 방재관리시스템 구축	- 산불에 의한 취약성	
⑦ 산림병해충 예찰조사 기능 강화	- 병해충에 의한 취약성	
⑧ 자연경관을 고려한 아름다운 숲 조성		기타

(3) 물관리 분야

- 물관리 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-11>과 같으며, 전체 12개 과제 중 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 지하수의 효율적 관리를 위한 법·제도 개선을 제외한 11개 과제임
- 제주지역의 경우 용수원을 대부분 지하수에 의존하고 있기 때문에 육지부의 지표수 관리와는 다른 특징을 지니고 있음
 - 치수에 의한 취약성 및 이수에 의한 취약성: 제주형 지하수의 인공함양시설 설치 및 기술개발, 강수패턴에 따른 수자원 연구
 - 치수에 의한 취약성: 지하수 적정개발 방향 및 이용 가능량 분석기술 개발
 - 이수에 의한 취약성: 농촌용수 대체 수자원 개발, 제주의 생명수, 지하수의 질적·양적 보존 등 5개 사업
 - 수질 및 수생태계의 취약성: 지하수 오염 취약성 평가 및 오염저감 기술 개발,

수질보전을 위한 지하수 관정 정비 사업, 수질보전을 위한 모니터링 시스템 구축

- 기타: 지하수의 효율적 관리를 위한 법·제도 개선

<표 3-11> 선행 연구에서 제시하는 물관리 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 제주형 지하수의 인공함양시설 설치 및 기술개발	- 치수에 의한 취약성 - 이수에 의한 취약성	
② 강수패턴에 따른 수자원 연구		
③ 지하수 적정개발 방향 및 이용 가능량 분석 기술 개발	- 치수에 의한 취약성	
④ 농촌용수 대체 수자원 개발	- 이수에 의한 취약성	
⑤ 제주의 생명수, 지하수의 질적·양적 보존		
⑥ 상수관망 최적관리시스템 구축		
⑦ GIS 통합관리 및 공급시스템 구축		
⑧ 농업용수의 효율적 관리 및 공급체계 구축	- 수질 및 수생태계의 취약성	
⑨ 지하수 오염 취약성 평가 및 오염저감 기술 개발		
⑩ 수질보전을 위한 지하수 관정 정비 사업		
⑪ 수질보전을 위한 모니터링 시스템 구축		
⑫ 지하수의 효율적 관리를 위한 법·제도 개선		기타

(4) 생태계 분야

○ 생태계 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-12>와 같으며, 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 5개 과제임

- 생태계 관련 세부과제의 경우 보전구역 관리의 취약성과 관련된 과제의 수가 대부분임

- 보전구역 관리의 취약성: 유전자 다양성 보전 및 자원화 기반 마련 등 5개의 과제가 여기에 해당됨

<표 3-12> 선행 연구에서 제시하는 생태계 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 유전자 다양성 보전 및 자원화 기반 마련	- 보전구역의 관리의 취약성	
② 생물종 다양성 보전 및 환경 친화적 활용		
③ 외래종 유입 및 생태계 교란 동·식물의 예방적·과학적 관리		
④ 희귀·멸종위기 식물의 증식·복원으로 유전자원 보전기능 강화		
⑤ 기후변화대응 한라산 장기생태 연구		

(5) 농업 분야

- 농업 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-13>과 같으며, 전체 11개 과제 중 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 5개 과제이며, 나머지 6개 과제는 취약성 평가 세부항목과 연관성이 없는 과제임
- 기존의 선행연구에서는 재배·사육시설 붕괴의 취약성에 대한 세부과제는 제시되지 않음
 - 농경지 침식의 취약성: 농업생산기반 정비사업, 제주특별자치도 토양 유실량 조사
 - 감귤 생산의 취약성: 신품종 개발
 - 가축 생산성의 취약성: 선진 방역시스템 구축과 축산물 안전관리 강화, 제주특별자치도 지정 제주 고유가축 육종 개량 연구센터
 - 기타: 기후변화에 대비한 신품종 개발 및 이용촉진, 친환경 유기농업 육성 녹색성장기반 조성, 제주형 식물공장 시범사업 추진 등 6개 과제가 여기에 해당됨

<표 3-13> 선행 연구에서 제시하는 농업 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 농업생산기반 정비사업	- 농경지 침식의 취약성	
② 제주특별자치도 토양의 유실량 조사		
③ 신품종 개발	- 감귤 생산의 취약성	
④ 선진 방역시스템 구축과 축산물 안전관리 강화	- 가축생산성의 취약성	
⑤ 제주특별자치도 지정 제주 고유가축 육종 개량 연구센터		
⑥ 온난화에 따른 새로운 병·해충 대응 조기 방제기술 개발지원		기타
⑦ 기후변화 대응 농작물 신품종 개발 및 이용촉진		
⑧ 친환경 유기농업 육성 녹색성장기반 조성		
⑨ 제주형 식물공장 시범사업 추진		
⑩ 기후변화에 대비한 토양환경관리범위 확대		
⑪ 외래위해식물 모니터링 시스템 구축 및 자원화 방안 추진		

(6) 해양/수산 분야

- 해양/수산 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-14>와 같으며, 전체 8개 과제 중 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 3개 과제이며, 기타 과제가 5개 과제임
- 해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성과 관련된 과제는 선행연구에서

- 제시되지 않고 있는데, 이와 관련해서는 재해 분야에서 다루기 때문으로 판단됨
- 수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성: 생분해성 어구 시험사업, 제주연안어장 환경실태 조사, 어장 생태환경 모니터링 및 복원 연구
 - 기타: 참다랑어 외해양식 산업화, 친환경 녹색성장 넙치양식산업 지원, 친환경 수산물 방역센터 지원, 연안퇴적파래 자원화 사업, 기후변화에 따른 해양생태계 변화 예측

<표 3-14> 선행 연구에서 제시하는 해양/수산 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 생분해성 어구 시험사업	- 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	
② 제주 연안어장 환경실태 조사		
③ 어장 생태환경 모니터링 및 복원 연구		
④ 참다랑어 외해양식 산업화		기타
⑤ 친환경 녹색성장 넙치양식산업 지원		
⑥ 친환경 수산물 방역센터 지원		
⑦ 연안퇴적파래 자원화 사업		
⑧ 기후변화에 따른 해양생태계 변화 예측		

(7) 재해 분야

- 재해 분야 선행연구에서 기후변화 적응관련 세부과제는 <표 3-15>와 같으며, 전체 8개 과제 중 취약성 평가와 연관성이 있는 과제는 4개 과제이며, 나머지는 기타 과제임
- 기존의 선행연구에서는 폭염에 의한 기반시설 취약성과 폭설에 의한 기반시설 취약성과 관련된 과제는 제시되지 않았음
 - 홍수에 대한 기반시설 취약성, 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성 : 기상이변 대비 재난취약지역 예방대책, 재난 예·경보 시스템의 과학화 및 현대화, 기상이변 대비 재난취약지역 예방대책
 - 홍수에 대한 기반시설 취약성: 하천정비 및 재해위험지구 관리대책
 - 기타: 선제적 재난 예방·대비체계 구축, 도민안전체험센터 건립 및 안전체험 교육 강화를 통한 안전문화 정착, u-IT 기술을 활용한 안전망 구축, u-Safe 재난관리시스템 개발·운영

<표 3-15> 선행 연구에서 제시하는 재해 분야 세부과제

선행연구 관련 세부과제	취약성 평가 항목과의 연관성	비고
① 기상이변 대비 재난취약지역 예방대책	- 홍수에 대한 기반시설 취약성 - 해수면 상승에 대한 기 반시설 취약성	
② 재난 예·경보 시스템의 과학화 및 현대화		
③ 기상이변 대비 재난취약지역 예방대책		
④ 하천정비 및 재해위험지구 관리대책	- 홍수에 대한 기반시설 취약성	
⑤ 선제적 재난 예방·대비체계 구축		기타
⑥ 도민안전체험센터 건립 및 안전체험 교육 강화를 통한 안전문화 정착		
⑦ u-IT 기술을 활용한 안전망 구축		
⑧ u-Safe 재난관리시스템 개발·운영		

3. 해외사례 및 시사점

1) 보건 분야

(1) 기후변화와 건강영향 관련 미국 유관기관¹³⁾의 정책과 연구 현황

가. 미국의 기후변화와 건강영향 정책 및 연구 수행 주요기관

- 미국보건협회 (APHA, American Public Health Association)
- 환경부 (EPA, U.S. Environmental Protection Agency)
- 보건복지부 (HHS: U.S. Department of Health and Human Services)
 - 질병통제(관리)본부 (CDC, Centers for Diseases Control and Prevention)
 - 국립보건원 (NIH, National Institutes of Health),
 - . 국립환경과학원 (NIH's National Institute of Environmental Health Sciences)
- 미국의 각주의 기후변화 시행계획과 공중보건은 주, 지역별 관점으로 이루어짐
 - 2009년 TFAH 보고서에 따르면 미국의 30주 이상이 기후변화 시행계획을 가지고 있으며 이중 캘리포니아, 메릴랜드, 뉴햄프셔, 버지니아, 워싱턴만 기후변화 시행계획에 공중보건을 포함하고 있음
- 기후변화 의사소통 (Climate Change Communication)
 - : Edward Maibach, PhD, MPH (Director, Center for Climate Change Communication, George Mason University)는 기후변화에 대해서 국민의 소통의 중요성을 강조함
 - 기후변화시 공중보건 시급성에 대한 소통의 중요성 강조

나. 공중보건과 기후변화에 대한 주무 부처인 환경보호청(EPA: U.S. Environmental Protection Agency)과 보건복지부(HHS: U.S. Department of Health and Human Services)관점

- 기후변화와 건강 주무부처인 EPA와 HHS가 만나 기후변화 대응에 부처간의 협력 즉 범부처 대응의 필요성 강조
- 2009년 백안관에서 기후변화 건강관련 관계자인 EPA, HHS이 청정에너지로 변경

13) 기후변화와 건강영향 관련한 미국의 유관기관으로는 미국보건협회(APHA), 환경부(EPA), 보건복지부(HHS), 질병통제(관리)본부(CDC), 국립보건원(NIH), 및 국립환경과학원(NIEHS)이 있음

시 건강 이점에 대해서 브리핑 및 EPA, HHS의 대표가 (국가과학기술위원회)National Science and Technology Council내에 글로벌 변화연구소(Subcommittee on Global Change Research)에 소위원회를 구성

○ HHS안의 기후변화와 건강영향 관련 주요기관

- 국립보건원(NIH)의 역할: 기후변화가 환경 및 인간에게 미치는 영향에 대한 연구
- CDC 역할: 기후변화 건강영향 식별, 기후변화 영향받는 취약계층 미래 트렌드를 예상, 감독하고 신흥 건강위험에 대응하고 감지에 필요한 시스템 개발
- CDC의 3가지 핵심 기능은 기후변화에 대한 확실한 과학적 근거 전달, 기후변화 대비 의사결정 도구 마련과, 기후변화의 공중보건영향을 위한 계획에서 믿을만한 선두 주자 역할

다. 범부처 기후변화와 건강 연구보고서

- 국립환경과학원(NIEHS)이 주관이 되어 기후변화와 건강 범부처 그룹에서 작성
- 보고서는 기후변화와 건강분야 연구 니즈, 기후변화시 건강분야 영향 강조, 연방연구 및 대응의 조정을 위한 시작점을 제공하는 등 기후변화와 건강분야에서 획기적인 보고서로 평가받음
- 내용은 기후변화 관련 질병 소개, 기후변화관련 질병 위험성 및 강조(중점) 연구분야 소개 저감 및 적응 방안, 연구니즈 (Needs) 소개

라. 국립환경과학원 - 기후변화에 따른 건강영향

- 기후변화와 건강영향 관련 연구 및 활동을 조정, 지원하기 위한 구조 제공 및 범부처 공동연구 조정
- 아래의 상황을 고려하여 연구 우선순위 선정
 - . 기후(상)변화의 현재와 미래영향과 건강연구
 - . 건강영향 저감, 적응 전략 연구
 - . 취약, 악화 질병에 대한 연구
 - . 기후변화와 건강영향 연구에 필요한 일반적인 방법, 모델, 도구개발

. 기후변화와 건강영향에 대한 소통 및 교육에 대한 연구 및 홍보

마. 기후변화관련 미국의 공중보건과 환경정책

- EPA는 ① 기후변화 시행 및 대기질 개선, ② 물보호, ③ 청정하계, 지속 가능한 개발 증진, ④ 화학물질 안전성 확보 및 오염 방지와 ⑤ 환경법 시행 등 5가지 임무가 있음
- EPA 목표: 환경위험에서 취약계층 보호이며, 기후변화와 건강영향에 대한 시행은 EPA 5가지 임무에 포함됨
- . EPA는 극단기후 및 온도에 민감한 질병 등에 의해서 건강, 복지에 영향을 미치는 증거들을 지원함 즉 기후변화 관련 직, 간접적인 효과에 의한 건강영향 연구를 수행함

2) 산림 분야¹⁴⁾

(1) 뉴질랜드의 지속가능한 임업 프로그램

- 뉴질랜드에는 대략 5가지의 지속가능한 임업 프로그램이 있으며, 아래의 흐름도는 어떤 프로그램이 자신이 소유한 산림에 적합한지를 판단할 수 있게 함
- 영구적 산림 탄소고정 이니셔티브(PFSI: Permanent Forest Sink Initiative)
- 동부해안 임업프로젝트(ECFP: East Coast Forestry Project)
- 신규조림 보조제도(AGS: Afforestation Grant Scheme)
- 배출권 거래제도(ETS: Emissions Trading Scheme)
- 자생수종 임업 단위(IFU: Indigenous Forestry Unit)
- 이들 중 IFU는 뉴질랜드 전체 산림 중에서 자생수종 산림의 지속가능한 관리를 위한 제도이며 다른 프로그램은 주로 외래수종 인공조림 · 관리, 자생수종조림에 관한 프로그램임
- PFSI, ECFP, AGS를 통해서 탄소고정크레딧(carbon sink credits)이 발행되며, 여기에서 발행된 크레딧과 ETS 하에서 발생되거나 할당된 크레딧은 자사의 의무

14) 산림청(2009), 기후변화와 산림

감축을 위해 사용되고, 남은 크레딧은 최종적으로 ETS에서 처리됨

- 산주들은 자신들이 소유한 산지의 특성에 따라 위의 프로그램 중의 하나 또는 둘 이상의 프로그램에 참여할 수 있음
- 영구적 산림 탄소고정 이니셔티브(PFSI: Permanent Forest Sink Initiative)
 - 영구적인 산림의 조성뿐 아니라 목재생산을 위한 인공림의 조성에서도 탄소배출권의 획득을 가능하게 하고 있는데, 목재생산을 위한 인공조림의 경우에는 벌채령을 50년 이상으로 하고 지속적인 산림의 회복을 만족하는 경우에만 탄소배출권을 부여받을 수 있음
 - 지속적 산림의 회복 관리는 토지가 항상 일정비율의 산림으로 회복되는 것을 보장하는 것을 의미하는데, 만일 50년 이전에 벌채하거나 개벌을 시행할 경우에는 탄소 배출권을 확보하지 못함은 물론 벌금을 지불해야 함. 토지소유자가 PFSI에 참여하기 위해서는 지속적인 모니터링과 이를 증명하기 위한 비용을 포함한 관리 비용을 부담해야 함
- 동부해안 임업프로젝트(ECFP: East Coast Forestry Project)
 - 동부해안 임업 프로젝트(ECFP, East Coast Forestry Project)는 토양침식이 되기 쉬운 북부섬 동해안 지역의 장기적인 산림보전에 대해 산림 흡수원 크레딧(Sink Credit)을 부여하는 것임
 - 동부해안의 산주들에게 토양 침식방지를 위해 일정비율의 보조금을 지급하기 위한 것이고, ECFP 참여자는 또한 PFSI에 가입할 수 있으며 ECFP의 참여자가 ETS에 참여할 수 있다는 것은 참여자에게 목재와 탄소에 의한 수익 모두를 제공하는 것임
- 신규조림 보조제도(AGS: Afforestation Grant Scheme)
 - 참여자들은 새로운 산림을 소유하게 되고 목재수익을 얻을 수 있으며, 정부는 산림의 이산화탄소 흡수에 대한 크레딧을 유지하여 벌채와 산림전용에 대한 책임을 지게 됨
 - 보조금 지급은 5년간 유효함. 따라서 AGS는 ETS보다 낮은 참가비용과 이전비용으로 소규모 산림소유자 특히 단순림 소유자에게 더욱 더 매력적임

(2) 미국의 기후변화 완화를 위한 임업정책

- 건강한 산림 이니셔티브(Healthy Forest Initiative)
 - 미국은 현재 4,050만~8,100만ha의 연방정부소유의 토지가 지난 세기에 발생한 산림과 임지구조의 상당한 변화로 인해 산불의 위협에 처해 있고, 위협에 처한 생태계를 건강한 원래의 상태로 회복시키기 위해서는 대규모의 관리가 필요함
 - 산림에 대한 위협은 President's Healthy Forest Initiative를 개발하게 하였고, 이것은 현재 National Fire Plan과 Comprehensive Strategy Implementation Plan을 담고 있음
 - 국가의 중요한 산림, 임지, 방목장을 회복시킬 중요한 구성성분으로 사용되는 바이오매스와 목질섬유를 증가시키는 것임
 - 이들 이니셔티브를 성공으로 이끌기 위해서는 내무부(DOI: Department of theInterior), 농무부(USDA: United States Department of Agriculture), 에너지부(DOE: Department of Energy) 사이의 조정이 필요함
 - 주·단체·개인산주·비정부기구·관심있는 당사자 그리고 잠재적인 파트너와의 협력적인 업무수행이 중요함
 - 대기오염감소, 대기정화, 미세먼지, 질소화합물과 관련하여 상당한 공동의 이익을 이끌 것으로 기대하고 있음
- 임지 강화 프로그램(FLEP: Forest Land Enhancement Program)
 - 농장안전과 농촌투자법 2002(Farm Security and Rural Investment Act of 2002)의 일부분으로 탄생한 이 프로그램은 산림의 책무를 위해 비산업적인 개인 산주들을 지원하며, 이 프로그램은 농무부의 산림청이 관리함
 - 산림청은 FLEP를 통해서 조림과 산림관리, 임간농업의 실행으로 탄소제거를 향상시킬 수 있음. 회계년 2005년에 등록된 프로그램이 456,000ha가 넘고, 관련 프로그램에 따른 탄소제거량은 약 2만 t CO₂으로 추정됨
 - 2007년 미국 연방회의에는 배출권거래 제도를 중심으로 하는 온난화 대책 법안과 초안이 7개 제출되었고, 그 중에서 Lieberman-Warner법안이 2007년 12월 5일에 상원 환경·공공사업위원회에서 가결되어, 2년 이내에 상원에서 심의를 받게 되었음
 - 이 법안은 미국의 배출권거래의 사고방식의 주류가 되는 것으로 보이며, 주요

내용은 다음과 같음

- 감축목표 : 미국의 온실효과가스 총 배출량을 2005년과 비교해 2020년에 19% 감축, 2050년에는 63% 감축
- 규제대상 : 석탄사용, 천연 가스·석유 생산시설, 수입 등의 설비
- 할당방식 : 과거 실적에 기초한 무상 할당과 경매의 조합, 경매 비율을 단계적으로 높여 나감
- 중국, 인도의 국제 경쟁력 문제에 대한 대처조치 : 일정 기한 후, 상응하는 온난화 대책을 실시하지 않고 있는 주요 무역국으로부터의 수입품에 관련해서는 그 수입자에게 배출권의 제출을 요구함
- 임업에 대한 특별한 배려를 하고 있으며, 해당 시장의 15%까지를 세계 개발도상국으로부터 발생하는 산림 크레딧으로 공급할 수 있게 되어 있음
- Lieberman-Warner 법안 외에도 미국의 온난화 대책에 큰 영향을 미쳤다고 보는 Bingaman·Spector 법안, Lieberman·McCain 법안, Boxer·Sanders 법안이 제출되어 있음

(3) 호주의 자연유산신탁과 조립 정책

- 토지와 초목에 관한 프로그램(Natural Heritage Trust-landand vegetation programmes)
 - 호주정부는 호주의 환경과 천연자원을 복구하고 보존하기 위해 1997년에 자연유산신탁제도(NHT: Natural Heritage Trust)를 수립하였으며, NHT를 통해 자금이 제공된 23개의 프로그램들은 4개로 통합됨
 - 토지보호프로그램(Landcare Programme)은 토지가 악화되는 것을 막고 지속가능한 농업이 될 수 있게 하는 활동에 대해 지원함
 - 관목보호프로그램(Bushcare Programme)은 주변 경관을 건강하게 유지시켜주는 식물군(flora)과 동물군(fauna)의 서식처를 복구하고 보존하는 활동에 대해 지원함
 - 토지보호와 관목보호는 호주의 온실가스 흡수능의 강화와 토지기반자원으로부터의 온실가스 배출감축에 대한 기여를 통해 LULUCF분야에서의 온실가스 배출을 감축하는 목적을 갖고 있음
 - 하천보호프로그램과 연안보호프로그램 역시 보존과 생산적 목적에 기여함

- 호주정부는 NHT의 예산을 2004-2005의 연방예산에서 3억 달러까지 지원함
- 호주에서의 조림: 2020비전(Plantation for Australia: The 2020 Vision)
 - 호주에 들어설 지속적인 조림의 방해물을 제거하는 것이며 목표는 연평균 8만 ha씩, 1996-2020 동안 조림하여, 호주 조림면적의 3배가 되게 하는 것임
 - 조림확장비율은 1995년의 30,300ha에서 2000-2005기간 동안에 연평균 약 5,000ha씩 증가하였으며 2020년까지 신규 인공림의 조성에 최대 30억 달러까지 투자할 계획임
- 기타 토지와 초목 프로그램(Other land and vegetation programmes)
 - 주(state)와 지방정부는 토지와 초목에 대한 관리를 조절할 책임이 있다. 2003년과 2004년에 Queensland와 New South Wales 정부에 의해 소개된 제도상의 개혁은 잔재초목에 대한 대규모개발을 단계적으로 철폐하여 온실가스의 배출 저감효과를 기대하고 있음
 - 주정부와 지방정부도 재녹화와 초목보호를 통한 토지와 초목 프로그램을 시행하고 있으며 이를 통해 호주의 온실가스 흡수능의 지속적인 강화를 기대하고 있음
 - 빅토리아정부는 새로운 영구적인 자생초목과 사유림에서의 통나무 생산림을 조성하기 위해 탄소숲가꾸기 이니셔티브(Carbon Tender Initiative)에 340만 달러를 지원하며, 온실프로젝트를 위한 조림(Plantation for Greenhouse project)에 190만 달러를 지원하고 있음
 - 서호주정부(The Western Australian Government)의 온실정책은 정부투자와 다른 재원으로부터의 투자 촉진, 그리고 해당 주(state)에서의 산림탄소흡수 확대를 위해 시행되었음
 - 1989년 New South Wales 정부는 세계최초로 탄소법안을 도입하였고, 이는 산림에 의한 탄소제거를 법적으로 인정하고 임업 권리로서의 소유권, 판매, 이들 산림권의 관리를 인정하는 것임
 - 2004년 Queensland 정부는 탄소제거를 재산권으로 간주하기 위한 법률을 도입하였음

(4) 일본의 산림흡수원 10개년 대책

○ 건전한 산림정비의 추진

- 각 지역별로 산림의 정비를 착실히, 그리고 효율적으로 실시하기 위한 행동계획을 작성하여 육성복층림사업, 장별기사업 등에 의한 다양하고 건전한 산림정비를 추진함
- 흡수원확보를 위한 체제정비로 도도부현이 시정촌과 연대하여 산림소유자, 산림조합, NPO 등의 관계자의 참가를 얻어 각 지역에서 관리가 불충분한 산림의 해소를 위한 구체적인 조치 등을 통한 산림흡수원대책추진플랜을 작성하는 것에 대하여 지원함과 동시에 산림정비를 착실히 실시하기 위한 계몽활동도 추진함
- 건전한 산림의 육성을 위하여 필요한 간벌의 실시, 임령이 높은 인공림에 대한 적절한 밀도관리, 공익적 기능이 저하되고 있는 보안림을 복층림으로 유도·조성을 추진하는 등 육성복층림사업, 장별기사업 등을 통한 이산화탄소를 장기에 걸쳐 고정할 수 있는 산림조성을 추진함

○ 보안림 등의 적절한 관리·보전 등의 추진

- 법령 등에 기초하여 벌채·전용규제 등의 보호·보전조치가 취해져 있는 보안림 등 전체에 대하여 수원함양보안림 등의 지정목적에 따른 기능이 지속적으로 확보되는 양호한 관리·보전 등의 실현을 도모함
- 치산시설의 효율적이고 효과적인 정비에 의하여 산림의 황폐를 방지함과 동시에 보안림제도의 적절한 운용으로 보안림의 보전대책을 적절히 실시함

○ 목재 및 목질바이오매스 이용의 추진

- 바람직한 산림정비의 확보는 원래 순환형사회 형성, 지속가능한 사회 실현 등의 관점에서 다면적 기능의 발휘를 위한 산림정비를 통하여 공급되는 지역재에 대하여 주택 및 공공부문 등에서 이용을 촉진함
- 지역 특성에 따른 임지 폐잔재, 제재공장 폐잔재 등의 목질 바이오매스의 이용을 촉진함

○ 국민참가에 의한 산림조성 등의 추진

- 산림·임업분야에 있어서는 지구온난화방지를 비롯한 산림이 가진 다면적기능을 지속적으로 발휘시켜 가는 것이 중요함
- 임업관계자를 비롯하여 산림의 정비·보전을 사회전체가 지원하는 국민의식을

양성해 가는 것이 매우 중요한 과제이며, 이와 같은 ‘국민참가에 의한 산림조성’을 추진하기 위하여 국민 참가에 의한 그린조성활동, 청년산림협력대활동 등을 통해 다양한 주체에 의한 산림볼런티어 활동에 의한 산림정비활동을 지원·촉진하는 시책을 실시함

- 산림흡수량의 보고·검증체제의 정비
 - 산림에 의한 흡수량의 산정은 교토의정서 등의 규정에 따라 투명하고 과학적 검증이 가능한 수법으로 행하는 것으로 되어 있음
 - 일본은 아직 충분히 대응할 수 있는 상황이 아니기 때문에 산림흡수원 데이터 구축을 위한 현지 정밀조사, 검증 및 데이터 처리시스템 등을 개발, 정비함

3) 물관리 분야

- IPCC는 기후변화의 원인물질인 온실가스 배출을 당장 획기적으로 줄여도 향후 수십 년 간 지구 기온은 지속적으로 상승할 것으로 예측
- 기후변화 영향을 최소화하기 위해서는 적응사업이 필수적이며, 현재 많은 국가들은 적응사업에 대한 계획 수립 및 실행 단계에 있음
- 영국, 이탈리아, 네덜란드, 이탈리아 등을 포함한 유럽 여러 국가들과 미국, 호주, 일본 등, 이미 전 세계적으로 과학에 기반을 둔 사회·경제적 문제 해결을 위한 기후변화 적응사업이 시행되고 있음

(1) 영국

- 템즈강하구관리계획(Thames Estuary 2100, TE2100)
 - 수해 방지를 위해 ‘3단계 홍수위험평가제도’를 시행하고, 광역 차원에서 광역홍수위험평가(RFRA: Regional Flood Risk Appraisal)를 실시, 도시 차원에서는 전략적 홍수위험평가(SFRA: Strategic Flood Risk Assessment), 개별 개발단위에서 홍수위험평가(FRA: Site-specific Flood Risk Assessment)를 실시
 - 또한 홍수구역(Flood Zone) 구분을 통한 개발사업 및 개발행위의 순차적 제어(Sequential Test)를 실시하여 홍수평가에 따라 홍수구역이 구분되면 홍수구역, 홍수 위험도에 따라 개발 우선순위 부여, 허용되는 용도·시설, 허가 조건 등을 부여함

- 영국의 홍수관리를 위한 배수체계는 하천 및 하수도 시설을 중심으로 구조적 대책이 주였으나, 최근에는 기존 구조적인 대책에서 더 나아가 입지, 토지이용, 건축물, 대피체계 등 보다 종합적인 대책이 강조되고 있는데 특히 노면수 유출관리를 위해 지속가능도시배수체계(SUDS: Sustainable Urban Drainage System)를 적극적으로 적용
- 영국의 계획정책지침(Planning Policy Statement) 25에서는 홍수위험관리에 있는 기후변화를 고려하기 위해 장기적으로 강우기준을 상향하고, 2008년 런던플랜(London Plan)에서의 지속적인 홍수위험관리정책을 마련하였으며 전략적 홍수위험평가를 실시해 개발에 적합한 입지와 홍수위험관리가 필요한 입지를 식별·관리하고 새로운 홍수터의 창출, 오픈스페이스 등 자연적인 홍수터의 보전과 같은 홍수관리를 위한 지역을 식별·활용

(2) 네덜란드

○ 21세기 신 물 관리 정책

- 네덜란드는 라인·마스·발의 3대 하천의 하류유역에 있는 저지대로, 동부와 남단 부에는 약간의 구릉지가 있지만, 최고부(남동단)가 322.5m에 불과하고, 전체 1650만 인구 중 약 900만 정도가 해수면보다 낮은 위치에서 살고 있음
- 네덜란드는 저지대를 둑(dike)으로 막아 복개(reclamation)하여 국토를 개간하였는데, 53개의 둑으로 둘러싸여진 지역으로 구분되어 있고 이 지역이 행정단위로 관리되고 있음
- 1995년 수립된 the Water Embankment Act에 의하여 각 dike-ring 구간을 홍수위험으로부터 철저히 관리하고 있는데, 둑의 설계기준은 1/10,000년으로써 즉, 10,000년 만에 한번 올 만한 재해로부터도 안전할 수 있는 둑을 설계
- 네덜란드의 정부에서는 홍수대책을 마련하는데 있어 일반적인 영향에만 대비한 대책에는 한계가 있음을 인식하고, “하천을 되살리는 것, 홍수와 더불어 사는 것, 유역과 도시의 재생”을 목적으로 한 적응정책인 ‘21세기 신물관리정책(A Different Approach to Water, Water management Policy in the 21st Century)’을 추진하고 있음
- 네덜란드의 하천제방은 보통 이중으로 되어 있는데 하천 가까이에 높이가 낮은 여름제방이 있고 그 사이에 농경지를 지나 멀리 높이가 높은 겨울제방이 있고

그 다음에 주거지나 시가지가 있음. 이는 기후변화로 인한 홍수가 더욱 대규모화 될 것을 고려하여 기존 하천 안쪽의 작은 제방인 여름 제방을 터서 홍수 시 주변 농경지가 물에 잠기게 하여 홍수 세기를 줄이기 위한 것임



(그림 3-1) 네덜란드의 21세기 신물관리정책

자료: 박용하 외(2010)

○ 로테르담의 적응계획: 플로우팅 커뮤니티

- 네덜란드의 대표 도시 중 하나인 로테르담(Rotterdam)시는 기후변화라는 도전을 하나의 기회로 활용하기 위하여 “The Rotterdam Climate Proof Programme”을 수립하고 이 도시를 2025년까지 기후변화에 유연한(resilient) 도시로 만들려는 노력을 하고 있음
- 수자원 분야의 관리에 있어서 해결책으로 제시된 혁신적인 방법들은 이 도시를 다른 하구도시(delta city)들의 모범적 사례로 제시할 수 있는 워터플라자나 플로우팅 커뮤니티임
- 워터시티로써의 위상을 자리매김하기 위하여 학계와 산업계가 모두 협력하여 지난 2010년 상하이 엑스포에서 “Rotterdam Water City”관을 전시하였고, “기후변화 시대의 델타”라는 국제 컨퍼런스 개최
- 기후안전전략의 일곱 개 프로젝트
 - 하구도시간 협력: 전 지구적으로 현재 절반이상의 인구가 도시에 살고 있으며, 대부분의 도시는 하구에 위치하고 있음. 대표적인 7대도시인 동경, 자카르타, 호치민시, 홍콩, 런던, 뉴욕과 뉴올리언즈를 연결하는 핵심 그룹을 만들어서 이들과 협력하고 네트워크를 구축하는 일에 로테르담이 관여하고 있으며 “best

practice"를 공유하기 위한 워크숍 등 개최, 국내적으로는 네덜란드 물협력체계 (Water partnership)를 만들어 교통부와 공공 및 수자원 관리부가 협력

- 국립 물센터: 정부의 물부처는 2012년 Dutch Delta Design(DDD2012)를 결성하여 2009년 7월 1일 네덜란드를 세계의 물관리 본부로 만들 위상을 수립. 이에 로테르담시에 국립 물센터를 건립추진
- 플로우팅 파빌리온: 기후변화로 인하여 변동하는 수위에 잘 적응하기 위해서는 부유건물이 하나의 해결책이라고 판단하고 이런 건물을 기후에 중립적인 방법으로 건립할 계획. 2010년 5월에 상하이 엑스포에서 플로우팅 파빌리온 건설을 전시하였고 설계도를 완공
- 똑똑한 하구도시 스마트 델타시티: IBM과 공동으로 하구도시의 기반시설과 수위관련 정보를 실시간으로 사용하여 전략수립에 활용하여 2015년 홍수통제계획에 반영
- 세계 엑스포: 2010년 상하이 엑스포에 “보다 나은 도시, 보다 나은 삶”이란 주제로 로테르담 물도시 관을 전시하여 큰 호응을 얻음
- 상업 및 경제 정책: DDD2012와 연계하여 깨끗한 하구관리 기술을 접목하고 이를 스마트 델타시티와 연결시켜 지속가능한 도시로 발전해 나가겠다는 프로젝트임
- 로테르담 적응전략 (RAS 2.0): 적응전략의 청사진을 2010년에 완성하고 이를 네덜란드 국가차원의 적응전략과 연계하여 지역의 전략 자체가 하나의 상품이 되어 국제시장에서 가치를 평가받을 수 있도록 노력한다는 프로젝트

(3) 이탈리아

○ 베니스 Mose 프로젝트

- 1966년 11월 침수피해로 베니스에서는 5,000명이 대피한 이 후, 해마다 물에 잠기는 이탈리아 도시 베니스를 보호하기 위한 여러 가지 노력이 추진되어 왔으며, 국가차원에서 보호 방안 강구
- 최근 해일 발생에 따른 피해가 급증함에 따라(1993~2002년간 50여회 해일 발생) 총 78개의 거대한 수문을 바다 속에 건설하여 해일방지를 위한 해저담 건설계획 추진

- 베니스에서 점점 증가하는 홍수로부터 피해를 최소화할 수 있으며 프로젝트 시행으로 많은 일자리가 창출. 그로 인해 베니스의 경제회생과 인구를 증가시킬 수 있는 기대효과가 있음
- 2003년부터 추진된 모세 프로젝트는 현재 2014년 완공 예정



자료: 수도권대기환경청 푸르미(2010), 박용하 외(2010)

주: 1) 북쪽이며 기존 토지 측면에서의 제방 및 벽을 쌓았음.

2) 채널 입구이자 게이트 영역은 침식방지의 목적으로 작업을 모두 바다와 석호 지점의 측면에서 작업

3) 남쪽은 대형 선박들을 모두 수용할 수 있도록 설계하고 본질적으로 방파제를 복원하고 보호함.

4) 새로운 방파제 역할을 하며 해양 동식물에 대한 소중한 서식지가 되었으며 물류 및 서비스 구조 현장 활동을 지원함.

(그림 3-2) Mose 프로젝트

(4) 프랑스

○ Marquenterre 조류학 공원

- Parc du Marquenterre는 1956년 만들어진 해안간척지(polder)이며, 예전에는 원예를 위해 사용됨
- 공원이 기후변화 적응 방안으로써 개발된 것이 아니므로 기후변화 시나리오나 기후변화의 불확실성이 반영되지 않았으나 공원개발은 해수면 상승에 의한 철새 등 동식물들의 생태서식지가 사라지는 것에 대한 적응 방법으로 환영받고 있으며, 미래 물 저장에 있어 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대
- Marquenterre 조류학 공원은 자연과 결합한 연안 보호를 통해 도시 인구로 인한 부정적인 변화에 적응할 수 있는 방안으로써 지역의 국립공원 개발에 따른 관광 소득과 자연 개발, 일자리 제공 등을 통한 지역 사회에 기여함

4) 생태계 분야¹⁵⁾

(1) 영국

- 영국의 적응정책의 목적
 - 적응개념을 정책수립에 반영, 여러 부분에 걸친 기후변화 위험 및 기회를 확인, 정부 정책 전반에 걸친 우선순위 선정에 반영
- 적응정책체계 3단계
 - 1단계: 국가차원의 총체적 계획을 세우기 위한 기후변화 적응 현황 파악
 - 2단계: 수행되고 있는 적응활동과 일부 부문의 성공 이유 분석-원인 파악
 - 3단계: 특정부문의 적응이 이루어지지 않은 이유 파악-지원방안 모색
- 영국의 적응정책 체계 중 생태계 부문 정의
 - 생물다양성과 자연 보전: 영국의 자연 환경, 다양한 생태계(습지, 초원, 숲, 호수 등) 동·식물, 서식처, 경관, 수목, 마을 숲 등의 보호·관리·보전
 - 해양생태계 보전과 어업: 자연의 자유헤양 생태계 보호 및 해양지역 보전, 상업적 어업 및 이와 관련된 활동

(2) 호주

- 2006년 2월 호주의회의 요청으로 기후변화에 대한 협력 액션 플랜의 일환으로 국가 적응 체계가 개발되었음
 - 모든 규모와 취약한 부문에 대한 행정적 결정과 정책에 기후변화를 통합시킬 수 있도록 지원함
- 생물다양성과 관련된 주요 내용은 다음과 같음
 - 기온상승, 강우 패턴 변화, 해충 및 잡초 확산, 화재, 해수면 상승에 의한 부정적 영향을 받아 해양 생태계에 영향을 미칠 수 있음
 - 산호초, 연안습지대, 염습지, 고산지대, 우림, 파편화된 육상생태계와 같은 생태계는 특히 취약함
 - 자연유산 가치로 등재된 호주에 있는 세계유산 대부분이 종합적인 취약성 분석

15) 국립환경과학원(2008), 기후변화 적응관련 자연생태계 연구 전략 수립

이 이루어지지 않음

- 호주의 생물다양성 적응활동 과제는 다음과 같음
 - 2004~2007년 국가생물 다양성과 기후변화 액션 플랜을 검토함
 - 다음에 대한 기후변화의 영향을 이해하기 위한 국가 프로그램을 수립함
 - 분포와 생물기후(phenology) 변화 분석
 - 기후변화와 기타 위협과정들 간의 상호작용과 복합적 영향
 - 자연생태계의 임계치(critical thresholds)와 기후변화 영향에 대한 자연생태계의 회복성을 높이기 위한 접근법 파악
 - 국가 준비제도(National Reserve System)와 위협받는 이동종(migratory species) 및 생태커뮤니티를 위한 계획과 같은 기존전략들에 대한 기후변화의 의미
 - 기후변화에 대한 기존, 혹은 새로운 지식들을 생물다양성 보전을 위해 관리하고 있는 장소에서의 교란체제(화재, 홍수, 외래종, 사이클론 등) 관리에 통합시키는 방안에 대한 실용적 지침서 제공
 - 기후변화 영향에 대한 호주의 세계자연유산과 국제적으로 주요한 기타 유산들에 대한 취약성 평가
 - Great Barrier Reef의 기후변화 액션플랜에서의 주요 단계를 마무리하고 실행

(3) 미국

- 미국은 연방정부 차원에서 기후변화 적응에 대한 전략은 종합적 의사결정 지원 시스템이 개발, 운영, 지원되고 있음
 - 기후와 환경의 과학적 지식 향상
 - 기후변화를 야기하는 외부 강제력의 정량화
 - 미래 기후변화 예측의 불확실성 제기
 - 자연 및 인위적 자연환경/생태계의 민감도와 적응 정도 이해
 - 위기와 기회 관리의 실효성과 한계 탐색
- 주, 시, 카운티의 적응
 - 일부 주에서는 온실가스 배출완화를 위한 기후액션플랜(Climate Action Plan)

항목에 적응 계획을 포함시키고 있으며, 몇몇 주정부는 완화 노력에 상응하는 적응 노력을 기울이기 위해서 독립적이고 종합적인 적응위원회(adaptation commissions)가 필요하다는 인식을 하고 있는 초기 수준으로 볼 수 있음

- 미국 주정부 수준의 적응계획 중 알래스카만이 어업, 야생생물, 산림, 농업부문을 한 분야로 보고 적응계획을 수립하였음
- 워싱턴주의 킹카운티(King County)는 적응계획에 있어 미국 내에서는 선두 그룹에 해당하는데, 킹카운티 기후계획상에서 생물 다양성과 생태계의 영향영역에서의 적응조치 예는 다음과 같음
 - 기후변화 영향에 대한 연어, 야생 생태계, 생물 다양성의 회복성을 돕기 위해 기후변화 영향 기구와 어업 에이전시와 협력
 - 추가적인 생물 다양성 모니터링의 필요 평가
 - 기후변화 예측을 연어회복계획에 통합
- 미국의 생태계 변화연구에 대한 궁극적인 연구 목적은 어떻게 기후가 생태계에 영향을 미치는지에 대한 메커니즘을 규명하는 것임
- 생물다양성 연구는 시간이 많이 소요되고, 종의 분류를 요구하는 전문성이 요구되지만 인간의 자연 자원 이용과 직접적인 관련이 있으므로 이에 대한 많은 연구를 진행하고 있음
- 미국의 기후변화과학 프로그램(CCSP: US Climate Change Science Program)의 주요한 연구 분야는 다음과 같음
 - 생태학적 시스템과 지구적 변화사이의 피드백
 - 생태학적 시스템에 대한 지구적 변화의 영향력
 - 지구적 변화 하에서 생태학적 시스템의 유지 및 개선
- 연구 우선순위 및 접근 방법은 다음과 같음
 - 생태계 프로세스: ① 교란 및 회복, ② 생태계와 대기권 사이에서 에너지, 물 및 온실가스 교환의 조절에서 1차 생산자의 역할, ③ 생태학적 과정의 타이밍(생물학적 계절 변화), ④ 토양과 지질에의 유기물 유입, ⑤ 유기물 분해, ⑥ 질소의 생태계 유입량 증가, ⑦ 물순환, ⑧해양 및 호소 생태계의 수리학적 구조와 순환, ⑨ 해수화학에 대한 CO₂ 증가 효과 등
 - 생물다양성: ① 생물다양성에 대한 지구변화의 영향력, ② 생물다양성의 기후에

의 피드백 등

- 자연자원관리와 지구적 변화의 통합: ① 비용·이익·관리 옵션의 선택에 대한 특성 부여, ② 탄소 제거와 재생 가능 에너지 생산

5) 농업 분야

(1) 세계식량기구(FAO)의 기후변화 대응 개요

가. 농생물다양성(Agrobiodiversity) 관리

- 세계식량기구(FAO) 2007년 보고서에 따르면 유전적으로 다양한 개체군 및 풍부한 종수의 생태계 등 농업생태계 내에서 생물다양성을 증가 시키는 것은 환경변화와 충격에 보다 탄력적으로 대응할 수 있는 기반을 마련하는 것임
- 특히 토착종이고 지역적으로 적응된 식물 및 동물의 이용은 기후변화에 대응할 수 있는 가장 좋은 방법 중 하나임
- 즉 불리한 환경에 적응하고 저항성이 높은 작물품종 및 토착계통의 이용 : 고온, 한발, 침수, 염분, 병해충 저항성 품종
- FAO에서는 개발도상국의 육종프로그램에서 환경 저항성이 높은 품종 개발을 추진하도록 권고하고 있음
- 예를 들면 2004 쓰나미 지역에 내염성이 강한 벼품종의 재배는 급작스런 기상재해에도 불구하고 지역의 식량생산을 가능하게 하는 요소가 되었음
- 또는 수도포장에서 발생하는 메탄(지구온난화 유발)의 발생을 감소시키는 품종 및 재배법의 이용은 지구온난화를 완화할 수 있는 방법임

나. 토양 및 농지관리

- 작부체계를 통하여 물부족 및 물과잉의 기후변화 환경에 탄력적으로 대응할 수 있음
- 토양유기물은 수분을 흡수하여 지표에 흐르는 물을 감소시키므로 토양침식 예방, 또한 수분보유능력을 증가시켜 장기적인 한발에 대처 가능
- 약한 경운 및 영구적 토양피복 권고 : 침수, 침식, 홍수, 한발, 바람 등에 의한 토양침식의 내성 증가

- 지속농업, 유기농업, 위험대처 생산체계 활용: 윤작, 농림혼업(agroforestry) 연계, 작물·축산 연계, 작물·어업(crop-fish system) 연계 체계, 경작지 주변 울타리 설치, 원형보존 완충지 마련 등으로 구성
- 토양피복 재배 및 모니터링 : 표준피복방법 개발, 대응효과 모니터링

다. 물관리

- 지속농업을 도입하여 토양의 수분보유력 증대
- 토양피복, 경운지양 등을 통하여 강우가 많은 지역의 경우 토양침식방지
- 강우량의 연중 불균형을 극복하기 위한 빗물 이용시설 이용
- 국경을 초월한 대수층 관리 프로그램 운영

라. 식량확보와 농업의 연계

- 농업생산시스템 자체에 포함되어 있는 수목이나 관목(울타리 잡초 등)은 기후변화와 관련된 외부충격의 완화에 중요한 역할을 수행
- 기타 목재생산, 토양지력 회복력 지원, 생물종다양성 증가 등외에도 부차적으로 바람에 대한 완충작용으로 미기상 개선, 지하수위 조절, 작물과 동물에 그늘 제공, 해안지대 안정화 등 역할을 수행
- 이와 같이 식량확보(식량안보)와 지속농업에 공헌하는 정책을 전략적으로 개발하여 수행

마. 작물생산량 예측

- 기후변화 적응을 위해 요구되는 지식과 기술은 현재 기후와 예측된 기후의 변동양상의 이해, 작물 및 생물의 페놀로지 예측, 위험요소의 충격 저감 방안, 경지이용 계획, 위험관리, 자원관리 등 복합적으로 생각할 수 있음
- 조기 경고 및 위험 관리시스템 운영시 고려사항
 - 역사적인 기후자료; 농업에 대한 기후영향 사례 자료집
 - 체계적인 기상관측을 이용한 모니터링 수단

- 기후자료 분석: 연간 또는 계절적 변이와 극단현상 분석
- 시스템 취약성의 특성과 적응효과에 대한 정보: 복원력(회복력), 임계한계치, 대응기작
- 저소득 농가의 기후충격을 감소시키기 위한 작물·기후 보험(농업보험)
- FAO는 다양한 모니터링 기술을 이용하여 기상변화에 따른 전세계적인 작물생산 예측 수행: 포장자료, 위성자료, 각종 소프트웨어 등

바. 농촌생계

- 기후변화로 받게 될 농촌거주 소외계층에 대한 대책 마련 필요
- 농촌거주 취약계층은 장기고용 보다는 일일고용자들로 기후변화에 매우 취약하기 때문에 특별한 대책이 필요
- 대책 마련시 고려해야 할 사항들
 - 현재의 생계체계, 지역민에 대한 지식, 적응 능력과 취약성의 이해 및 평가
 - 적응력을 높이기 위한 지역공동체와 협력: 지역농업생산자, 농업연구소, 농업기술센터
 - 다수의 이해당사자들과 연관(linking)을 통한 지역적응능력 증대

(2) 미국 작물학회의 기후변화 대응방안(자료: World focus 2011. vol. 7, 농진청)

가. 기후변화가 경작시스템에 미치는 영향

- 기후변화로 인한 직접적인 피해뿐만 아니라 가뭄 등과 같은 비생물적 요인에 의한 작물의 스트레스 증가 및 병해충 발생으로 피해 유발
 - 가뭄대비: 한발 저항성 작물의 선택 및 경작시스템
 - 이산화탄소: 이산화탄소 증가에 따른 증산량 예측
 - 오존: 오존흡수로 광합성 저해, 밀 및 대두 20% 감소, 쌀 및 옥수수 3~5% 감소

나. 새로운 경작시스템 개발을 위한 기반 구축

- 유전자원 통합관리
 - 환경저항성 유전자원의 확보 : 다양한 품종
 - 야생식물 유전자원 : 확보 및 수집, 보존 및 평가, 기록, 보급
 - 기후변화 저항성 작물을 개발하는 육종재료로 이용
- 환경 저항성 유전자원 확보
 - 생물 및 비생물적 스트레스에 대한 작물(식물)의 반응연구
 - 병해충 및 환경스트레스에 저항성을 갖는 특이 유전자 발굴
- 새로운 유전자 지도 및 DB 구축
 - 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 기후변화 대응 특성 유전자 탐색
 - 다양한 유전자 정보를 바탕으로 다양한 환경 스트레스에 적응하는 모델 유전자 조합 발굴
- 새로운 작물개발
 - 1년생인 옥수수, 기장, 쌀, 수수, 해바라기, 밀과 같은 작물에 근연종의 다년생 작물을 교잡하여 신개념의 작물 개발
- 유전자원의 포장 평가 강화
 - 다양한 유전자원을 대상으로 전세계적 차원에서 가치평가: 환경내성 평가
 - 유전자원의 지금까지 밝혀지지 않은 새로운 기능 발견

다. 새로운 작물생산관리 시스템 전략 개발

- 급변하는 기후변화에 대응하기 위한 공공과 민간 부문간 의사전달체계 수립: 적응과정에 시행착오가 있는 경우 심각한 사회경제적 비용 손실
- 종합적 의사결정 모델(작물모델)
 - 작물모델에 모든 정보를 통합하여 예측: 유전자, 토양, 관리기술 등
 - 생산자가 곡물품종, 경작일자, 관리방식 등을 결정할 때 경제적·환경적 고려사항을 감안하여 판단
- 원격탐사와 정밀농업기술 적용

- GPS 위성사진, 이동식 스캐너, 무인항공기 등을 이용 작물지대 원격탐사
- 경작시스템과 환경 및 작물의 특성을 파악, 효과평가를 통한 새로운 관리시스템으로 개선
- 물관리 최적화
 - 물부족 대비 물을 절약할 수 있는 점적관수 활용: 단위 용수당 수량의 최대화
 - 최적 관개방식 개발 : 품종, 작물의 영양요구도 등 실시간 파악 접목
 - 새로운 경작 시스템의 관리전략 수립

(3) 호주 '기후챔피언(climate champion program)' 연구(자료: World focus 2011. vol. 10, 농진청)

- 호주 농촌산업연구개발공사(RIRDC: Rural Industries Research and Development Corporation)는 기후변동관리 프로그램(MCVP: Managing Climate Variability Program)을 통해 날씨예보 자료 및 농장에서 바로 적용 가능한 기후 관리전략에 대한 최신 연구결과를 새로운 방법으로 전파
- 경작지역의 기후위험을 극복하기 위하여 과학자와 농가(34명 선발)간 의사소통 체계 확립
- 정기적인 워크숍을 통하여 기후변화가 어떻게 농산업에 영향을 미치는지 토의 및 평가
- 기타 기후변화에 대한 농가들의 적응능력 평가: 적응자, 비적응자, 과도기 적응자 등으로 분석하여 대응방안 제시

(4) 세계주요 국가의 기후변화 대응 정책 및 전략(자료: 기후변화와 우리농업 33호, 2011, 농진청)

가. 영국

- 영국은 기후변화 관련 제도 및 정책분야에서 가장 적극적인 대응노력을 진행하고 있는 국가로 평가되고 있음
- 영국은 '08년 기후변화법(UK Climate Change Bill)이 상원을 통과함으로써 세계 최초로 기후변화법을 제정한 국가로 기록됨

- 기후변화법은 온실가스 감축 목표와 단계별 CO₂ 배출 총량관리, 정책 자문기구 설립, 정부 권한 강화 등을 주요 내용으로 함
- * 기후변화 위원회를 열어 매년 CO₂ 감축 이행현황을 의회에 보고하고, 정부는 5년마다 기후변화 영향 예측 보고서를 작성하고 정책 수립에 반영
- 환경식품농업부(DEFRA)가 총괄기능을 하고 각 부처에서는 기후변화 세부 적응계획을 수립하여 시행
- 농업부문의 적응정책은 재배지 변동에 따른 지역별 식량생산계획 및 내재해성 품종개발 분야가 중심으로 이루어지고 있음
- 영국의 기후변화로 인한 농업분야 위험요소 및 대응방안
 - 물부족: 농지에 소규모 물차고 설치 및 효율적인 물 사용기술 개발, 농업용수의 거래체계 및 물 관리 책임 강화, 적응력 강화 작물 품종과 축종으로 전환
 - 겨울 강수량 증가: 농민들을 홍수취약지역 관리인으로 전환, 경사면 보호 식물 개량 기술, 토양유기물 투입에 따른 보수력 향상
 - 병해충 증가: 지속가능한 통합제초 전략 수립, 종자 및 병해충 방역
 - 시장, 가공, 소비자: 새로운 농기계와 잠재적 수요기획 활용, 종자 및 병해충 방역, 재배지 이동에 따라 이동형 가공공장 투자
 - 기타: 작부체계, 파종기에 대한 유연성 부여

나. 미국

- 미국은 그간 세계 최대 온실가스 배출국이면서도 기후변화에 소극적 태도를 보인다는 비판을 받아온 상황이었음
- 세계 최대 온실가스 배출국임에도 온실가스 감축의무를 부과하는 교토의정서를 2001년 3월에 탈퇴하였음
- 오바마 행정부 이후 기후에너지법안 제정에 노력을 기울이고 있으나 '09년 하원을 통과한 법안이 상원에서 지연되는 실정
- * 미국 기업의 부담을 우려한 공화당의 반대와 민주당의 중간선거 패배로 상원통과는 어려울 것으로 전망
- 한편, 미국은 오염물질 배출권 거래방식을 최초로 만들어 미래의 환경산업 분야

의 주도권 확보에 주력하고 있음

- 배출권 거래제란, 탄소 배출권에 값을 매겨 거래하는 제도로 배출량이 많은 기업은 시카고 기후거래소에서 배출권을 구입
- 배출권 거래제를 선호하는 이유는 세계 금융 분야의 주도권을 바탕으로 탄소시장과 녹색산업분야를 선점하기 위한 포석; 온실가스 감축에는 소극적이나 녹색산업 선점에는 적극적

다. 일본

- 일본은 온실가스를 저감하는 한편 이를 통해 새로운 성장동력 확보를 추진하기 위한 노력을 진행
- 일본은 1980년대 후반부터 기후변화에 대해 완화, 적응 및 국제협력 분야로 나누어 관련 대책을 강구; 특히 기후변화 적응과 관련하여, 품목별로 이상 기상에 대한 평가와 적응을 과학적이고 체계적으로 분석
- '98년 지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률을 제정, '08년에는 '저탄소사회 일본을 지향하며(후쿠다 비전)'을 발표
 - * '후쿠다 비전'은 온실가스 배출량을 2050년까지 현재 대비 60~80% 감축하고, 2020년까지는 14% 감축하는 것이 목표
- 에너지 절약 등과 함께 혁신적 기술을 개발하여 환경 및 자원의 제약을 극복하고, 새로운 성장 동력으로 삼기 위한 노력을 진행
 - 녹색기술과 녹색제품에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되는 개발도상국의 시장선점을 위한 환경에너지 협력을 강화 중
- 농업분야의 기후변화 대책은 품목별로 생산현장의 현황을 파악하고 당면 과제와 향후 대책을 마련
- 당면 과제로는 온도변화에 따른 이앙 및 파종시기 조정, 적절한 시비관리, 고온 내성 품종으로의 전환 등을 추진
- 향후 대책은 품종개발, 물관리 시스템, 자재개발 및 활용기술 개발, 재해 발생 예측 및 방제기술 개발 등
 - * 고온기용 벼 품종 '니꼬마루' 육성, 포도 착색 향상을 위해 ABA처리와 환상박피 처리기술, 병해충 신속진단 및 피해복구 기술 등

라. 호주

- 세계적으로 기후변화에 취약한 국가 중 하나인 호주는 몇 년간의 기상재해를 겪으며 '06년 기후변화 대응 국가적응 체계를 수립
- 기후변화 과학프로그램을 통해 '04~'08년 동안 3,070만 호주 달러를 투입하여 기후변화관련 연구 사업을 지원
 - 현재 및 미래의 기후에 대해 정밀한 모형을 개발하여 사이클론, 폭풍, 산불, 가뭄과 같은 이상기상의 빈도 및 강도를 예측
- 정부 기후변화 대응 정책이 국민적 호응을 얻어 건축, 도시설계, 자발적 시민참여 운동 등으로 확산 중
- 호주정부는 적응정책과 지역발전 프로그램을 연계하여 국가 농업과 기후변화 실천계획을 수립
- 농업시스템의 복원력 강화, 자연자원 관리 능력배양, 병해충의 악영향 감소, 시장 기회 활용 등의 전략을 제시
- 개별 농가 수준에서도 기후 예측시스템, 인공위성 영상 등의 첨단 정보를 활용하여 기후변화에 대응
 - 농장준비 프로그램은 상환 및 산업 보조금을 활용하여 농업인 훈련을 지원하며 농업단체 등의 적응전략 개발을 지원

(5) 기후변화 대응 세부기술 내용

가. 병해충 발생예찰 기술개발 분야

- 미국동식물검역원(APHIS), North Carolina 주립 대(NCSU) 및 Zedx사에서 공동으로 개발하여 사과 흑성병 등 총 43종의 병해충 발생 예측서비스를 제공하고 있음
- 현재 미국에서는 농림생태계의 변동에 따른 기상재해 예측에 관하여 Integrated Pest Management Pest Information Platform for Extension and Education(ipmPIPE)라 불리는 시스템을 통해 콩 녹병 및 진딧물에 대한 원거리 이동을 미리 경고하고 이에 대한 농작물 피해를 분석하는 시스템을 운영하고 있음
- 미국 오레곤주 온라인 병해충예측 시스템: Online Site-Specific Predictions Using GIS and Climate Map(<http://pnwpest.org/wea>)

- 온라인(웹)을 통한 대단위지역의 기상자료 D/B를 바탕으로 자동화된 해충발생 모형 개발
- 지리정보 시스템(GIS) 및 공간분석 도구 등을 이용 해충모델 활용 확대
- 온라인 웹을 통한 시간 및 공간적 해충발생상이 지리적 분포 구현
- 이용기술: 웹 서버(Linux/Apache/CGI/Perl), GIS(GRASS 5.0, GRASS Links 3.2b), 오레곤 기상대 PRISM 기후상(Climate Maps), 해상도(2km, 축소 360m, GRASS 이용), 자료 관리 프로그램(Perl, Unix shell)
- 해충발생 예찰모형 및 해충 대발생 위험 예측모델의 지역 웹서버(<http://pnwpest.org/wea>)의 한 부분으로써 해충 발생 상황에 대하여 각 단위지역별 온라인 상에서 GIS 기술을 이용 그 발생 상황을 지도화(mapping) 할 수 있는 기술을 개발
- 시간별 적산온도 분포 지도(degree-day maps)와 GIS와 연계 : 미국 북서부 5개 주(OR, WA, ID, MT, WY)에 있는 900개 기상 관측소의 실제 기상자료를 이용 적산온도를 계산, 평년 기상자료에 바탕한 적산온도 분포지도가 월별 PRISM 온도지도를 이용하여 계산, 실제 적산온도 지도와 PRISM 바탕 적산온도 지도의 차이를 바탕으로 수정된 PRISM 지도를 작성
- 분포지도는 2km에서 360m까지 해상도(축척)로 나타낼 수 있으며 고도에 따라 더 세밀하게 표현할 수 있으며 수정된 분포지도가 GRASSLink Web GIS 인터페이스를 통하여 서비스
- 캐나다 Forest Service에서는 곤충생태에 미치는 기상의 영향을 정량화함으로써 산림해충의 발육단계를 예측하는 모형이며 소기후 mapping을 위해 공간내삽기법을 이용하고 산림병해충예찰 및 실시간 경보서비스를 제공함

나. 농업지대 상세기후도 구축(자료: 제주지방 기상청 기후변화대응 기술기획보고서)

- 국외 산업·시장 동향
 - 미국 오클라호마에서는 각 지점별 자동기상관측장비의 정보를 바탕으로 농업기상정보를 생산하고 제공하는 시스템을 활용하고 있으나, 지역적인 범위가 넓고 해상도가 국내보다 낮음
 - 일부 작물의 병해충에 대하여 미국 전역을 대상으로 병해충 발생예찰 정보를 인터넷을 이용하여 제공하고 있음

- 이탈리아에서는 농업기상정보를 바탕으로 병해충의 발생뿐만 아니라 작물의 생육, 품질까지도 예측하는 시스템을 개발
- 국외 기술개발 동향
 - EU에서는 인공위성지도를 이용한 작물 병해충 발생, 이상 기상의 발생, 작물 생산량 등을 예측하는 시스템을 개발
 - 미국 남동부지역에서는 엘니뇨 등 이상기상에 의한 농업의 영향을 예측할 수 있는 정보를 생산하여 제공

다. 국제적인 토양침식 Critical zone 모니터링(자료: 농과원, 농진청)

- 토양침식 모니터링 개요
 - Critical zone은 지표면 다공층으로 식물체에서부터 지하수 까지 내려가는 토양 부분을 일컫는 용어로 생태계를 지탱해주는 가장 중요한 부분으로 인식되어지고 있음
 - 2003년 국제적으로 Critical zone에 대한 종합적인 연구와 침식량 모니터링 연구를 위하여 미국, 유럽과 중남미 지역에 모두 12개 모니터링 지역을 선정하였음
- 사업목적 및 주요내용
 - Critical zone의 형성과정 규명
 - Critical zone 토양침식 관찰 및 침식량 산정
 - Critical zone 내 미생물, 화학, 물리성 등 종합적 물질 flux 모델링 개발
 - 국제적으로 관찰되고 연구된 DATA 공유를 위한 네트워크 형성
 - 기후변화, 인간 활동 등에 의하여 Critical zone의 변화 예측
 - 주요내용: Critical zone 지역의 토양 생산량과 침식량 계산, Critical zone 형성과 발달과정에 대한 일반모형 개발, 기후, 인간활동에 대한 영향 평가, 전 세계 관측소와 연계하여 데이터공유 인프라 구축


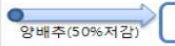



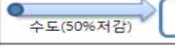
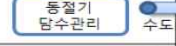

라. 토지보전프로그램(미국)(자료: 한국농촌경제연구원, 김창길)

- 경작지 보전 프로그램

- 보전의무프로그램(Conservation Stewardship Program, CSP)과 환경인센티브 프로그램(Environmental Quality Incentives Program, EQIP)
- 보전의무프로그램(CSP)은 최소 5년의 계약기간을 설정하여 토양과 물, 공기, 에너지, 동식물 생활 등을 보전·개선하려고 노력하는 농가에 재정적·금융적 지원
- 우수환경장려프로그램(EQIP)은 농장 및 목장의 보전농법에 대하여 재정적·기술적 지원을 제공하는 자발적인 프로그램으로 최대 10년 동안 참가 가능
- 휴경지 대상 프로그램
 - 농지보전프로그램(Conservation Reserve Program, CRP)과 습지보전프로그램(Wetlands Reserve Program, WRP), 초지보전프로그램(Grassland Reserve Program, GRP)
 - 농지보전프로그램(CRP)은 농민들이 환경적으로 민감한 작물을 생산하는 농가에 일정 비용을 지불하고, 통상 10~15년의 의무계약기간동안 피복작물을 재배하도록 장려하는 정책
 - 습지보전프로그램(WRP)은 토지소유자들이 자신의 소유지에 있는 습지를 보호, 복원, 개선할 수 있도록 관련 기술지원과 재정적 지원
 - 초지보전프로그램(GRP)은 방목지 작업과 동식물의 다양성 확대, 초지보호를 위한 지원, 토지의 미래 개발 및 이용을 위해 자발적으로 이용제한을 설정하는 농민들에게 보조금을 지급

마. 저탄소 직접지불제도(일본)

- 일본에서는 농업분야의 지구온난화 방지와 생물다양성 보전적 역할과 연계하여 지구온난화 방어나 생물다양성 보전 등 환경보전 효과가 높은 영농활동에 대하여 직접지불제도(환경보전형농업 직접지원 교부금) 추진
- 에코팜으로 인정을 받고, 농업환경규범에 따라 점점을 시행하는 농업인과 농업단체에 직불금 지급: 8,000엔/10a
 - 화학비료와 농약 50% 절감 + 피복작물(녹비작물) 재배
 - 화학비료와 농약 50% 절감 + 빙멸칭 또는 초생재배
 - 화학비료와 농약 50% 절감 + 동절기 담수(湛水)
 - 유기농업

영농활동	지원대상 사업사례	도입방식			지불연도
		2010	2011	2012	
피복작물	추파소맥 ⇒ 귀리				2011년도
	양배추 ⇒ 귀리				2011년도
	수도 ⇒ 연꽃				2012년도 ¹⁾
리빙멀칭· 초생재배	대두 / 맥류				2011년도
	복숭아 / 들목새				2012년도
동절기 담수관리	수도 ⇒ 동절기담수				2011년도
	동절기담수 ⇒ 수도				2012년도 ¹⁾
유기농업	유기농업				2011년도

(그림 3-3) 일본 탄소직불제 프로그램(<http://www.maff.go.jp/>) 사례

자료: 기후변화와 농업부분 대응과제에서 재인용

바. 농업투자지원 프로그램(독일)(Agricultural Investment Support Programme, AFP)

- 농가의 온실가스 감축 시설 재정지원 : 바이오가스 시스템, 유기퇴비 관리, 냉난방 열방출 보전 시스템 등
- 바이오연료 허용기준 및 세제혜택 마련, 바이오에너지 작물의 재배과정 지속가능한 관리기준 설정
- 에너지작물의 재배와 관련된 지원정책 : 농업구조의 개편 및 해안보호(GAK) 프로그램

6) 해양/수산 분야

(1) 국가별 기후변화 대응 현황

가. 지구적 차원의 대응

가) 1988년 기후변화에관한정부간패널(IPCC) 설치

- UN 총회 결의에 따라 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 IPCC 설치
 - 주요업무: 기후변화의 이해, 잠정적 영향, 적응 및 완화에 대한 과학적, 기술적, 사회경제적 정보를 평가

- 세 개의 실무그룹과 한 개의 Task force로 구성
- 1990, 1995, 2001, 2007년 총 4회의 기후변화보고서출판
- 2013년에는 5차 보고서가 출시될 예정

나) 1992년 6월 「기후변화협약(UNFCCC)」 채택

- 브라질 리우 환경회의에서 기후변화 협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)을 채택 (공식발효: '94년3월)
 - 우리나라는 1993년 12월 1일에 세계 47번째로 가입 '05.5월 현재 189개국 가입
- 미국 등 선진국들이 반대로 온실가스 감축 구속력이 없는 단순한 노력사항으로 규정
 - 기본원칙: 지구 온난화방지를 위하여 모든 당사국이 참여하되, 단 온실가스 배출의 역사적 책임이 있는 선진국은 차별화된 책임('07.10, 기후변화 현황과 전망과 기자문회의)
 - 의무사항: 모든 당사국은 지구온난화 방지를 위한 정책/조치 및 국가 온실가스 배출통계가 수록된 국가보고서를 UN에 제출

나. 국가별 대응 현황

- 지구 온난화로 인한 해수면 상승이 문제가 되는 것은 태풍 혹은 지진에 의해 해일이 발생했을 때 그 피해정도가 커지기 때문임
- 해수면 상승과 태풍해일, 지진해일에 정보 제공 시스템은 많은 나라에서 갖춰져 있는데 특히 태풍에 의한 피해가 크거나 환태평양 지진대에 위치한 미국, 호주, 일본, 대만 그리고 필리핀에서는 정보 제공 시스템이 잘 갖춰져 있음
- 이들 나라 중 미국, 호주, 일본에서 시행하고 있는 해수면 변동 및 쓰나미 경고 시스템에 대한 내용을 아래와 같이 정리하였음

가) 미국(United states of America)

- 미국의 Integrated Ocean Observing System(IOOS)에서는 경제의 향상, 안전성 증가, 환경의 보호를 위해서 해양에서 실시간으로 관측되는 자료 및 해양모델을 통한 예측 자료를 제공하고 있으며, 제공되는 관측 자료는 미국 남동부 해역이

- 며 수온, 염분, 해류 자료 등을 제공하고 있음. 해양모델의 경우 광역 모델과 지역모델로 나뉘어져 있으며 해수면 높이, 수온, 염분, 해류 등의 정보를 수심에 따라 제공하고 있으며 3일 예보를 시행하고 있음(<http://secoora.org/about/ioos>)
- 국립해양대기청(NOAA)에서는 해양과 대기의 정보를 공개하여 제공하고 있음. 제공되는 정보는 현재 해양 및 대기에 대한 관측 및 단기예측, 과거 날씨 및 미래의 기후에 대한 장기예측 그리고 쓰나미 정보 등에 대하여 제공하고 있음(<http://www.noaa.gov>)
- 해수면 자료에 대하여 전처리자료, 검증된 자료, 1분자료, 예측 조위자료, 조화상수, 해수면의 변화 경향성 그리고 해수면의 극값 등을 관측되는 정점별로 제공하고 있음
- NOAA의 쓰나미 정보를 제공하는 웹페이지에서는 미국뿐만 아니라 국제 쓰나미 관련 기구들이 모두 함께 링크되어 있기 때문에 쓰나미 관련 정보를 쉽게 얻을 수 있도록 되어 있음. 미국 쓰나미 정보 센터에 접속하면 과거 쓰나미에 대한 자료 및 수치모델 분석 동영상등이 게재되어 있으며 쓰나미의 경고 및 예측은 어떻게 하는지에 대해 자세히 기록해 두었기 때문에 유사시 관련 정보를 많이 얻을 수 있음
- NOAA 쓰나미 센터에서는 2011년 3월 11일에 일본 후쿠오카 근해에서 발생한 쓰나미를 컴퓨터 시뮬레이션으로 예측하여 공개하였으며 이와 더불어 쓰나미로 인해 발생한 해양 쓰레기의 이동을 수치모델로 예측하고 그 결과를 공개하였음(<http://nctr.pmel.noaa.gov/honshu20110311/>)

나) 호주(Australia)

- 호주 기상 사무국 홈페이지를 통해서 기상 및 해양의 정보를 제공하고 있으며, 본 웹사이트의 장점은 해양 및 기상에서 필요한 정보를 한 곳에서 확인이 가능하다는 점임
- 지역별 예측 바람, 파랑, 조석(해수면 높이), 수온, 염분, 해류, 수온의 평균과 경향성 등을 제공하며, 이 밖에도 태풍, 쓰나미, 농업을 위한 육상지역 날씨 예측, 자외선 지수 등의 정보를 제공하고 있음(<http://www.bom.gov.au/marine/>, <http://www.bom.gov.au/index.shtml?hdrc>)
- 호주 기상 사무국 홈페이지에서는 수치모델을 통한 예측 자료도 함께 제공하고 있으며, 제공되는 자료는 해수면 높이, 수온, 염분, 해류가 제공되고 있으며 6일 예보를 시행하고 있음(<http://www.bom.gov.au/oceanography/forecasts/>)

- 메인 페이지에서 카테고리 별로 나뉘어져 있으며 해양 자료를 보기 위해서는 Marine and Ocean을 클릭하여 접속함. 하위 카테고리인 Tides & Sea level에서는 한 지점을 선택하면 해당 지역의 향후 7일 동안의 해수면 예측 정보를 확인할 수 있음
- 호주 기상 사무국에는 또한 쓰나미 경고 센터가 운영되고 있으며 이것은 2004년 인도네시아에서 발생한 지진해일 이후로 호주 정부가 대양 곳곳에 쓰나미 발생을 감시하는 부위를 설치하는 것을 시작으로 이와 함께 쓰나미 경보 체계를 수립하여 운영 중에 있음
- 쓰나미 경보 체계는 가지 형식을 띄고 있는데 먼저 호주 지구과학회에서 쓰나미 경보를 내리면 호주 기상 사무국에서 각 지역 기상 사무국 및 호주 긴급 사태 경영진에게 연락이 전해지는 형식으로 시민들에게 알려짐

다) 일본(Japan)

- 일본은 지진으로 인해 피해를 많이 보는 국가 중의 하나이며, 지진 중에서 해양에서 발생한 지진은 지진 해일(쓰나미)을 가져오는데 2011년 3월에는 일본 후쿠오카 근해에서 발생한 지진해일이 연안지역을 덮쳐 엄청난 재산 및 주변 생태계에 피해를 가져왔음
- 쓰나미에 의한 손실을 감소하고 완화시키기 위해서는 연안지역에 지진해일 정보의 즉각적인 제공은 필수적이라 할 수 있으며, 지진이 발생하면 일본기상청에서는 지진 관측 자료로부터 지진해일의 발생정도를 가늠함
- 만약 지진해일이 연안지역에 피해를 입힐 가능성이 있다면, 일본 기상청은 해당 지역에 즉시 23분 내로 경고/주의보 등의 정보를 보내며, 또한, 일본으로부터 다소 떨어진 곳으로부터 지진해일이 발생하게 되면 태평양 지진해일 경고 센터와 함께 멀리 전파되는 지진해일에 대해 협동으로 지진해일 상황에 대한 정보를 공유하고 알리는 역할을 하고 있음(<http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/earthquake.html>)

① 기후변화 대응 연구현황

- 일본은 기후변화가 일본에 미치는 영향을 평가하기 위하여 환경성이 1988년부터 전문가로 구성된 “환경성 지구온난화 문제 검토위원회”를 설립하였고, 1991년에는 산하에 “영향 평가 분과위원회”를 구성하여 일본의 1차 기후변화 영향 평가 연구를 통해

“The Potential Impacts of Climate Change in Japan”(NIES, 1993)이 출판됨

- 제2차 기후변화 영향 평가서인 “Global Warming-The potential Impact on Japan”(Nishioka and Harasawa, 1998)는 위원회 산하 지구온난화 영향 평가 작업그룹에 의해 1차 영향 평가 내용을 발전시키고 각 분야의 연구 결과를 정리하였고, 3차 평가서 또한 같은 그룹에 의해 2001년에 발표됨
- 2, 3차 평가서에 포함된 내용은 기후변화 예측, 자연생태계에 대한 영향, 농림수산업에 미치는 영향, 수문·수자원 및 수환경에 미치는 영향, 사회기반시설 및 사회·경제 시스템에 미치는 영향, 건강에 미치는 영향, 기후변화에 대한 일본의 취약성의 7개 분야로 구성됨

② 수산분야 기후변화 대응 정책

- 기후변화 대응과 관련해 아시아 국가 중 가장 빠른 행보를 보이고 있는 일본은 교토의정서의 온실가스 삭감 의무 부과국(2002. 6월 체결, 2005년 2월 발효)으로, 제1차 의무이행기간(2008~2012년) 내 온실가스 삭감목표가 6%(1990년 대비)임
- 1998년 ‘지구온난화대책의 추진에 관한 법률’을 통해 국가 차원의 본격적인 대응을 시작하였고, 일본 정부는 법률 제정 이후 ‘지구온난화대책추진대강(大綱)’을 수립(1998년)·개정(2002년, 2008년)하여 기후변화 정책 목표와 방향을 정립·강화함
- 기후변화에 대한 일본 정부의 대응은 경제 회복을 위한 신성장 동력의 수단으로서 기후변화를 적극 활용하고 나아가 이를 통해 세계의 주도권을 확보하겠다는 전략하에 관련 대응을 강화하고 있는 특징을 보이고 있음
- 또한 기후변화에 대해 당초 산업계의 자발적인 노력에 초점을 두던 것에서 다양한 경제적 수단(중앙·지자체의 배출권 거래제도, CDM(Clean Development Mechanism) 제도 등)을 도입하거나 검토함으로써 기후변화 대응에 적극 개입하고 있음

③ 기후변화 대책사업-기후변화 방지대책 분야

- 농림수산성의 기후변화 종합대책에서 수산분야는 지구온난화 방지와 적응대책을 중심으로 세부대책이 마련되어 추진되고 있음
- 방지대책은 크게 어업분야의 에너지 생력화 대책, 지구온난화 방지책 관련 기술개발, 농림수산분야의 이산화탄소 절감 효과의 표시제도 도입 등으로 구성되어 있으며, 사업의 특징은 이산화탄소 등 온실가스의 배출량을 삭감하는 정책에 초점이 맞춰져 있음

- 특히 어업분야의 에너지 생력화 대책의 경우 화석연료에 대한 의존도가 높은 어선어업을 대상으로 이산화탄소 배출 삭감 등 생력에너지 효과가 높은 기술의 개발 도입이 생산비용 절감에도 중요한 요소라고 판단하여 이와 관련된 3가지 형태의 세부사업을 추진하고 있음
- 수산분야의 기후변화 적응대책은 해양 환경변화(수온상승, 해수면 상승, 산성화 등)에 따른 대응책 마련이 중심으로 수립되고 있으며, 기상피해 등의 발생 상황을 감안한 지구온난화 대응책과 지구온난화 적응대책에 관련된 기술 개발로 구성됨
- 기상피해 등의 발생 상황을 감안한 지구온난화 대응책의 경우 기존에 근해를 대상으로 한 거시적 영향 평가가 추진되었는데, 지구온난화가 연안과 내만역에 미치는 영향의 평가 기법 개발과 연구 결과를 기초로 필요한 대책을 추진하는 사업이 추가되었음
- 또한 양식장, 해조장, 간석지 등의 정비사업도 지속적인 모니터링을 병행하여 정비 방법이나 이후 관리 방향에 대해 재점검하고, 해수면 상승이 어항이나 어촌지역에 미치는 영향을 파악하여 그 결과를 기초로 필요한 추진계획을 수립함
- 한편 지구온난화 적응대책에 관련된 기술 개발은 농림수산분야와 방지 및 적응대책의 공통항목으로 추진되는 특징을 지니고 있으며, 세부적으로 방지대책 및 관련기술 개발은 온실가스 배출 삭감대책 기술 개발, 신규 흡수원 대책 검토를 위한 조사·연구, 연구성과의 해외 정보발신으로 구성되어 있으며 어선어업의 에너지 생력화 대책 기술을 중심으로 수립되고 있음
- 적응대책과 관련된 기술 개발은 일본의 농림수산업에 미칠 영향에 관한 예측연구, 세계식량수급 예측연구, 적응대책 기술개발로 구성됨
- 일본 정부는 교토의정서의 의무감축대상국으로서 목표의 달성 가능성을 고려하여 정해진 기간 내에 효율적으로 감축 목표량을 달성하기 위해 농림수산분야의 보유한 온실가스 흡수 기능과 화석연료의 대체 등 적극적으로 대응하고 있음
- 일본 농림수산성은 기후변화에 대한 각 분야별 대응책을 마련하였고 정부 정책의 기초 변화를 반영해 이후 관련 대응을 강화하는 추세이며, 농림수산분야의 기여·공헌도를 자국민은 물론 국제사회에까지 홍보하고, 온실가스 감축에 대한 거래제 도입을 검토하는 등 적극적으로 대응하고 있음

<표 3-16> 농림수산성의 기후변화 종합대책에서 수산분야

구분		기존사업	기후변화 대책사업
어업분야 에너지 생력화 대책	조업형태의 전환지원에 의한 에너지생력화 대책	- 에너지생력형 조업전환 - 지역·그룹의 에너지생력화 - 조업체제 전환(부가가치 향상)	- 유류경비급등분 지원 - 에너지생력화 기각 도입 - 에너지생력형 경영 전환을 위한 자 금융자 - 조업체제 전환
	어선의 에너지생력화 대책	- 어업인의 어선어법 에너지 절 감 관리(공정표 작성, 어선 보 수관리, 경제속도 주행 등) - 에너지 절감 기기 도입(LED 집어등, 경량어구 등 신기술 시범사업 등)	- 어업인의 어선어법 에너지 절감 관 리 - 에너지생력형어선 개발·실증·보급
	어장·어장의 에너지 생력화 대책	- 수산물 공급시스템 구축을 위한 기반정비	- 유통거점어장의 효율적 집하·분하 체제 구축 - 어초 정비를 통한 어장 탐색시간 단축
지구온난화 방지책관련 기술개발	온실가스 배출 삭감대책 기술개발	-	- 유류 자급형어선 개발 - 어선에 대한 바이오디젤연료 도입 조사
	신규 흡수원 대책 검토를 위한 조사연구	-	- 해조장·간석지 등의 탄소흡수량의 정량적 파악 - 탄소흡수기능의 유지·향상을 위한 관리기술 개발
	연구성과의 해외정보발신	-	- 해양의 탄소흡수기능 연구성과에 대한 해외 홍보 및 확산
저탄소사회 실현을 위한 농림수산분야의 공헌		-	- 농림수산분야 공통
농림수산분야의 이산화탄소 절감 효과의 표시제도 도입		-	- 농림수산분야 공통

- 수산분야의 기후변화 대응정책도 농림부분과 동일한 선상에서 대책이 마련되어 추진되고 있으며, 프로그램과 예산이 다양하게 강화·투입되고 있는 추세임
- 종합대책 내 수산분야의 대응은 어선어업을 대상으로 하는 온실가스 감축 관련 사업이 주축을 이루는 가운데, 기후변화 적응기술 개발, 해조장·간석지·해중림의 흡수원 기능 인정 추진 등 보다 다양한 사업이 검토되고 있음

7) 재해 분야

(1) 재해재난과 관련된 IPCC의 기후변화 개요

- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 2007년 보고서에서는 지난 100년간 관측자료에 근거해 기온은 0.3~6℃ 상승되었고, 이산화탄소 농도는 30% 증가되었다고 보고되었으며, 향후 2100년까지 기온은 1.4~8℃ 상승할 것으로 예

측하고 있음

- 이러한 지구 온난화는 강수량 및 강수특성 그리고 증발산량 등의 변화를 야기해
유역의 물순환에 영향을 줄 뿐만 아니라 수자원 부존량의 변화와 홍수 및 가뭄
의 빈도와 규모에도 영향을 미칠 것으로 예측
- 해수면 상승은 온난화와 일치하여 일어나고 있으며, 지구 평균 해수면은 1961년
이후 평균 1.8[1.3~2.3] mm/yr, 1993년 이후 3.1[2.4~3.8] mm/yr 로 상승하였으며,
이는 열팽창과 빙하, 빙모(ice cap) 및 극지방의 빙상의 용해에 의한 것임

(2) 세계주요 국가의 기후변화 대응 정책 및 전략

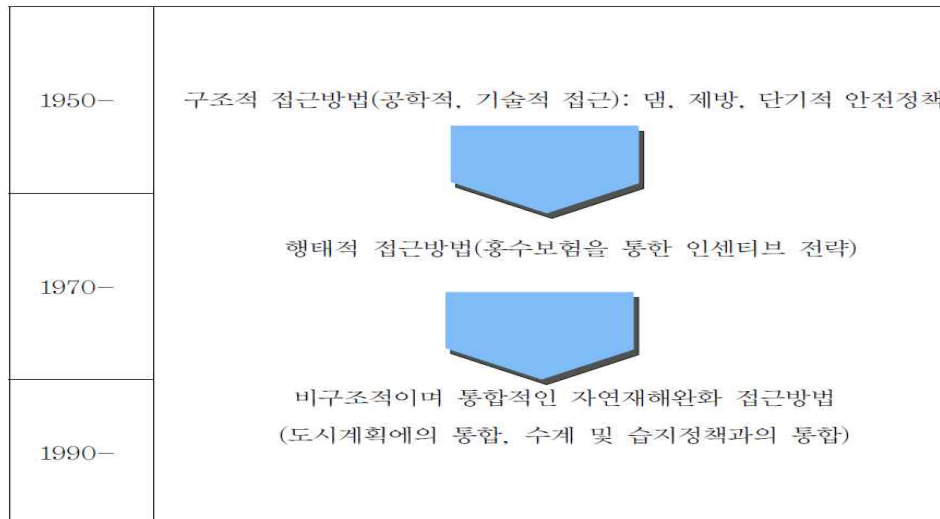
가. 일본의 재해재난 적응대책

- 일본은 지구온난화에 의한 태풍, 집중호우, 고조, 폭설, 열파, 이상갈수·한파 등
극단 현상의 변화가 초래하는 자연재해에 대한 영향을 평가하는 모델을 개발하
고 있음
- 예측실험을 통해 극단현상의 특성 변화에 관한 정보와 하천 유역의 물리적 사회
적 상황(지형, 제방, 댐 등)으로 대표되는 환경조건에 관한 정보를 결합해 풍수해
나 갈수 한발 등 재해 발생과정의 변화를 예측하고 사회적 위험을 평가하는 영
향 모델을 구축하는 것을 포함
- 일본 예·경보 체계의 특성
 - 기상청의 기상 예측 및 관측 : 일반적인 기상 정보 제공
 - 국토청 중심의 기상 예측 및 관측 : 위성 시스템과 연계
 - 기상자료의 신속한 분석 및 정보 전달 과정
 - 주요 하천별 실시간 수문관측
 - 재난에 대비한 다양한 시나리오 개발 및 대책수립
 - 재난에 따른 현청 및 시정촌별 시나리오 수립
 - 재해발생에 따른 Hazard Map 수정 및 홍보전략
 - 년차별 친환경적 재해대책 수립

나. 미국의 재해재난 적응대책

- 미국의 재해재난 적응을 위한 주요 관점
 - 강수측정의 정확도 향상, 대기의 온도, 수증기, 복사량, 구름, 강수, 바람, 표층해수의 온도, 식생분포, 눈, 얼음의 분포연구, 등에 많은 중점을 두고 있음
 - 육지로부터 연안으로 유입되는 영양염의 이동 및 계절적인 물순환 변화 예측향상을 위하여 많은 노력을 기울이고 있음
 - 특히, 기후변화가 물순환에 미치는 영향과 이러한 물의순환이 우리사회에 미치는 영향에 중점을 두고 있음
 - 또한 인간의 영향과 자연현상의 변화가 어떻게 물의분포와 삶의 질에 영향을 미치는지를 중점적으로 연구하고 있음
 - 토지이용과 지표면 특성이 기후변화에 미친 영향에 관한 연구는 2003년 이후 새로이 중점적으로 연구되는 분야임
 - 특히, 지역적, 광역적 전지구적인 토지이용과 지표면 특성변화의 시공간적 분포를 결정하는 과정에 대한 연구에 집중하고 있음
 - 이러한 토지이용과 지표면 특성의 변화가 전지구기후변화 및 환경에 어떠한 영향을 미칠지에 대해서도 집중적으로 연구하고 있음
- 미국에서는 기후변화 영향평가 및 적응방안에 대한 연구와 대책마련이 1990년대 초반부터 활발하게 이루어지고 있으며, 기후변화 시나리오를 이용한 21세기 기후전망뿐만 아니라 자연재해, 해양환경, 수문환경에 대한 영향을 예측하는 연구가 다수 수행 중에 있음
- 특히 기후변화과학프로그램(CCSP)중 물순환 분야에서 강수 측정의 정확도 향상, 대기 온도, 수증기, 복사량, 구름, 강수, 바람, 표층 해수 온도, 식생분포, 눈, 얼음의 분포 등에 중점을 두고 연구를 추진하고 있으며, 육지로부터 연안으로 유입되는 영양염의 이동 및 계절적인 물 순환 변화 예측 향상을 위하여 노력하고 있음
- 홍수는 미국에서 연간 대통령이 선언한 재해 중에 70%를 차지하여 홍수로 인한 범국가적 인명과 재산 피해를 막기 위해서 1968년에 국가홍수보험 프로그램(NFIP)이 창설되었음
- 홍수를 완화하기 위해 계획가들이 마련한 대처방안은 다양한데, 이는 홍수가 어떤 다른 재해보다도 토지이용과 연관되어 있기 때문임. NFIP는 제한된 지역에

지대설정, 구획분할의 통제, 그리고 기타 저감 방안을 실시함으로써, 범람원 규제를 위한 효과적 댐이나 제방의 건설과 같은 구조적 홍수통제사업을 위해 연방·주·지역 정부가 수많은 돈을 투입함에도 불구하고 미국의 홍수피해는 지난 5년 사이에 400억불을 넘어섰음 (NWF, 1998, Conclusions and Recommendations)



(그림 3-4) 미국의 재난방지 적응정책의 흐름(한국환경정책평가연구원, 2007)

○ 미국의 홍수터관리 프로그램

- 홍수터관리 프로그램은 홍수가 인간과 지역사회에 미치는 영향을 완화하기 위해 고안된 프로그램으로 구성되며, 홍수다발지역의 개발을 제한하는 토지이용계획과 규제, 범람원의 천연자원과 기능을 유지하고 보수하는 것 등을 포괄함
- 미국에서는 홍수관리 프로그램의 핵심인 국가홍수보험 프로그램(National Flood Insurance Program, NFIP)을 FEMA의 관할 아래 각 지자체에서 실시하고 있음 (Nevada Division of Water Planning)
- 미 의회는 1968년에 "국가홍수보험법(National Flood Insurance Act)"을 제정하였으며, NFIP가 시행되었음. NFIA는 지자체로 하여금 홍수로 인한 피해를 완화하기 위해서 최소한의 범람원 관리 조례를 설정하여, 연방의 지원을 받을 수 있는 자격이 주어지도록 했음
- NFIA는 지자체와 연방정부의 자발적 계약으로 이루어지며, 강제로 지자체의 토지이용규제 등을 구속하지 않으며, 이 법이 시행되기 전까지 홍수피해자에게 제공되는 구제방안으로는 특별재해구제대출(special disaster loans)이 유일했음
- 현재의 빌딩과 향후 건축될 빌딩들을 규제하는 홍수터관리조례를 수립하여 집행

하고 있음

- 또한 FEMA는 지방정부로 하여금 최소한의 NFIP규정을 초과하는 홍수터관리행위를 진작시키기 위해 Community Rating System(CRS)을 수립하여 운영하고 있으며, 이 시스템은 각각의 지방정부가 실시하고 있는 홍수터관리 프로그램을 평가하여 점수화함(한국환경정책평가연구원, 2007)

다. 호주의 재해재난 적응대책

- 호주에서는 온실가스 과학 연구 활동을 광범위하게 지원하고 있는데, 이를 통해 전지구 및 지역 기후변화 및 그로 인한 잠재적 영향에 관한 지식을 향상시키고 있음
- 호주 기후변화과학 프로그램(ACCSP; Australian Climate Change Science Program)에서는 기후변화의 원인, 특성, 타이밍, 그리고 그 결과에 대한 이해를 개선하고자 하며, 호주 정부 기후변화부가 운영하고 있으며, CSIRO 및 호주 기상국과 협력하고 있음
- 이 프로그램에서 수자원과 관련한 분야는 지구시스템 시뮬레이터(ACCESS)개발을 통해 지역 다운스케일링 기법개발과 극단 기후 모델링 분야로써 그 문제를 해결하고자 하고 있음

라. 영국의 재해재난 적응대책

- 영국은 1997년 기후변화 영향을 평가하고 적응 전략을 수립할 목적으로 기후변화영향 프로그램(UK Climate Impacts Programme : UKCIP)을 설립
- UKCIP는 과학과 정책결정자 사이의 직접적인 연결을 통해 연구결과가 국가, 지방 및 지역 단계에서 필요한 정책으로 활용되고 수요자 중심으로 제시되도록 하는 성과를 낳았음
- 영국의 적응정책체계(APF)는 2004년 발간된 환경식량부(Defra)의 5개년 전략(five year strategy)에서 제시한 기후변화 적응전략 추진계획의 일환으로 영국정부와 자치정부(devolved administrations)가 설립한 협의회(consultation)에서 개발 중이며 Defra 주관하에 2005년 제1차 국가적응정책체계를 수립
- 영국의 적응정책의 목적은 ① 적응개념을 정책수립에 반영하고, ② 여러 부문에

결친 기후변화 위험 및 기회를 확인하며, ③ 정부 정책 전반에 걸친 우선순위 설정에 반영하는 것임

- 영국의 적응정책체계의 역할은 단지 적응이 무엇이고, 부문간 간극정도와 협력 방안은 무엇인지 파악하는 것뿐만 아니라, 적응했을 때 혹은 적응하지 않을 때 발생하는 비용, 개인 및 조직이 일상에 적응개념을 통합시키기 위한 방법에 대한 토대를 구축하는 기회가 되는 것임
- 적응정책체계는 전체 3단계로 나뉘며, 첫 번째 단계에서는 국가차원의 총체적 계획을 세우기 위해 기후변화 적응 현황을 파악
- 영국의 재해재난 적응정책체계 1단계
 - 1단계의 목표는 현재 영국에서 행해지고 있는 적응활동과 관련한 모든 정보를 수집하는 것
 - 기후변화 현상과 직접적으로 관련된 적응활동에 대한 정보를 수집하며, 최근에 일어난 적응활동은 모두 수집대상으로 적합함. 즉 기후에 대한 인위적 압력이 시작된 1950년대 이후의 활동을 대상으로 한다고 볼 수 있음. 수집하는 대상은 다음을 통해 예측되는 기후변화에 대한 시스템의 계획된 반응과, 기후변화를 위해 계획되지는 않았지만 장기적인 기상변화에 대응

마. 중국의 재해재난 적응대책

- 중국은 기후변화에 의한 재해재난 방지대책에 우선하여 자원절약 및 환경보호를 내용으로 하는 기본 국책을 시행하고 순환경제를 발전시키며 생태환경을 보전하고 자원절약형·환경친화형 사회를 건설하여 해결하고자 함
- 이를 위해 <기후협약>에 관한 국제의무를 적극 이행하고 온실가스 배출량을 저감시키며 기후변화 대처능력을 제고하여 경제발전과 인구, 자원, 환경의 조화로운 발전을 촉진하고자 함
- 중국이 재해재난 방지를 취하면서 지속가능한 발전에 대처하는 원칙
 - 기후변화의 속도를 완화해야 하는 장기적이고 심각한 도전에 직면해 있는 한편 기후변화에 적응해야 하는 현실적이고 시급한 과제를 수행해야 될 입장임
 - 이에 중국은 재해재난의 우선적인 문제인 에너지절감, 사회 구조 최적화에 관한 정책방향을 추진하고 온실가스 배출 통제 사업에 박차를 가해야 하며 생태보호

중점시설 및 재해방지 등의 주요 인프라시설을 건설하여 기후변화 능력을 부단히 제고하고 있음

- 재해재난 정책을 생태보호강화, 농업 생산능력 제고 등 정책적 조치를 기후변화 대처정책의 중요한 구성부요소로 하여 기후변화 완화와 적응에 관한 정책적 조치를 <국민경제사회발전계획>에 포함시켜 종합적으로 고려하는 동시에 상호 협조 추진하고 있음
- 적극적으로 <기후협약> 협상과 정부차원의 기후변화 전문위원회 관련 행사에 참여하고 기후변화 분야의 국제협력을 한층 강화하며 재해재난 정책개발, 청정발전 체제, 기술이전 등의 분야에서 협력을 적극 추진하여 국제사회와 입장을 같이 하면서 기후변화가 제기한 도전에 공동으로 대처하고자 함
- 수자원의 합리적인 개발과 최적화배분을 위해 경작지 수리시설 건설 및 보완, 물 절약 조치 등을 통해 2010년까지 기후변화에 취약한 수자원 공급체계를 개선하며 대규모 하천의 홍수방지공정을 기본적으로 구축하고 경작지의 가뭄대처수준을 제고함
- 해수면 변화 추세에 대한 과학적 모니터링과 바다, 해안 생태계에 대한 감독·관리를 강화하여 해안선을 합리적으로 개발·이용하고 연해습지를 보호하며 연해방호림 체계를 구축하며, 아울러 홍수림의 보호, 복원, 조성 및 관리능력 제고 등의 조치를 통해 2010년까지 홍수림구역을 전면 복원하고 연안지역의 해양재해 대처능력을 현저히 제고하며 해수면 높이 상승으로 인한 사회영향과 경제손실을 최대한 저감
- 국민의식과 관리수준 제고
 - 현대화 정보기술을 활용한 기후변화 관련 재해와 재난에 관한 홍보교육을 강화하며, 국민 참여 등의 조치를 통해 기후변화에 관한 지식을 기본적으로 보급시키며 사회 전반의 의식제고를 통해 효과적인 기후변화 대처를 위한 분위기를 조성함
 - 각 부서가 공동으로 참여하는 협조체제를 보완하며 기후변화대처 행동체제에 기업, 국민들이 광범위하게 참여시키는 등의 조치를 통하여 미래 기후변화 대처사업에 대응할 수 있는 효율적 기구와 관리시스템을 구축함
 - 현재 중국의 경제사회 발전은 중요한 전략적 기회에 직면해 있으며, 이러한 시기에 중국은 자원절약 및 환경보호를 내용으로 하는 기본 국책을 시행하고 순환경제를 발전시키며 생태환경을 보전하고 재해재난에 대한 전반적인 정책을 관리하고 있음

8) 해외사례의 시사점

(1) 보건 분야

- 미국의 각주의 기후변화 시행계획과 공중보건은 주, 지역별 관점으로 이루어지고 있으며 미국의 30개 주 이상이 기후변화 시행계획을 수립하고 있으며, 기후변화와 건강 주무부처인 미국 환경청(EPA)과 보건복지부가 공동으로 대응하는 체제를 가지고 있음
- 제주지역의 특수성과 관련된 기후변화와 감염병, 환경성 질병 등에 대한 대책 수립이 필요하며, 꽃가루, 알러지 등에 대한 취약성이 기후변화와 따라 증가하는 추이를 보이고 있으므로, 보건 분야와 환경·산림 분야 등과 연계하여 적응대책을 강구함

(2) 산림 분야

- 뉴질랜드의 지속가능한 임업 프로그램, 미국의 건강한 산림 이니셔티브, 임지강화 프로젝트, 호주의 자연유산신탁과 조림정책, 일본의 건전한 산림정비의 추진 등이 이루어지고 있음
- 제주지역의 경우 한라산이 중앙에 위치하고 있으므로, 기후변화에 따른 산림 천이 연구 등과 같은 기초적인 연구를 토대로 산불 예방 및 방지, 소나무 병충해 방지 및 모니터링 등을 강화하고, 식생의 변화를 고려한 경제수종 조림 사업 등을 전개할 필요가 있음

(3) 물관리 분야

- 영국의 템즈강하구관리계획, 네덜란드의 신물관리정책(하천을 되살리는 것, 홍수와 더불어 사는 것, 유역과 도시의 재생) 등 치수 중심의 정책을 추진하고 있음
- 제주의 하천은 일정량 이상의 강우시에만 유출하는 특성을 보이고 있으며, 최근 도로면적의 확대 등 도시화의 진전과 중산간 지역의 토지 이용이 증가하면서 하천변 및 하천의 하류부 저지대의 침수문제가 대두되고 있음
- 따라서 홍수에 강한 하천의 적응능력을 극대화하는 문제뿐만 아니라 일시적 유출에 따른 범람이나 침수를 방지하기 위한 다목적 저류지 개발 등이 필요하며, 다른 지역과 다르게 용수의 대부분을 지하수에 의존하고 있으므로 이수 측면의

지속가능한 수자원 확보 대책이 필요함

(4) 생태계 분야

- 영국, 호주, 미국 등이 대부분의 국가에서 생물다양성에 초점을 두고 있으며, 기후변화가 생태계에 미치는 영향에 대한 메커니즘을 규명하는 기초 연구에 많은 비중을 두고 있음
- 제주의 경우 무엇보다도 기후변화에 따른 생태계 변화 현상을 쉽게 관찰할 수 있는 곳이기도 하지만, 변화양상과 속도 등에 대한 과학적인 기초연구가 미흡한 실정임
- 특히, 기후변화에 따른 생태계의 영향 및 취약성 등에 대한 조사 및 모니터링과 함께 곤충 등 지금까지 이루어지지 않은 분야에 대한 추가적인 연구를 통해 생물다양성을 확보하고 이를 자원으로 활용하기 위한 연구가 필요함

(5) 농업 분야

- 농생물다양성 관리, 토양 및 농지관리, 물관리, 식량확보와 농업의 연계, 작물 생산량 예측 뿐만 아니라 기후변화가 경작시스템에 미치는 영향, 새로운 경작 시스템, 새로운 작물 생산관리 시스템, 병해충 발생예찰 기술 개발, 농업지대 상세 기후도 구축 등 다양한 측면의 연구와 대책을 강구하고 있음
- 제주특별자치도는 농경지 보전을 위한 받기반 정비사업, 배수개선 사업, 열대 아열대 과수 도입 모델 개발, 흙살리기 사업, 외래 위해식물 모니터링 시스템 구축 등 다양한 사업을 추진하여 왔음
- 앞으로, 재배시설의 내재해성 평가 및 보강사업, 외래 해충 및 병해충 모니터링 체계 구축, 실시간 농업 미기상 정보에 기반한 농작물 병해충 예찰 등에 기후변화 적응을 위한 연구가 필요함

(6) 해양/수산 분야

- 미국의 경우 해양에서 실시간으로 관측되는 자료 및 해양 모델을 통한 예측 자료 제공, 해양과 대기의 정보를 이용한 현재의 해양 대기에 대한 관측 및 단기예측, 과거 날씨 및 미래의 기후에 대한 장기예측, 쓰나미 정보 등을 제공하고 있음

- 호주의 경우 기상 사무국 홈페이지를 통해서 기상 및 해양의 정보를 제공하고 있으며, 본 웹사이트의 장점은 해양 및 기상에서 필요한 정보를 한 곳에서 확인할 수 있도록 하고 있음
- 제주특별자치도에서는 주로 연안역의 생태계 변화에 대한 모니터링 사업 등 기초적인 연구를 추진하고 있으나 향후 해수면 상승으로 인한 해일피해 예측, 양식업의 취약성 대응, 수산생물 질병관리, 연안 생태계 복원 사업 등 보다 현실적인 기후변화 적응정책을 개발하여 추진하는 것이 필요함

(7) 재해 분야

- 일본의 경우 극단현상의 특성 변화에 관한 정보와 하천 유역의 물리적 사회적 상황(지형, 제방, 댐 등)으로 대표되는 환경조건에 관한 정보를 결합해 풍수해나 갈수 한발 등 재해 발생과정의 변화를 예측하고 사회적 위험을 평가하는 영향 모델을 구축하고 있음
- 미국의 경우 강수 측정의 정확도 향상, 대기 온도, 수증기, 복사량, 구름, 강수, 바람, 표층 해수 온도, 식생분포, 눈, 얼음의 분포 등에 중점을 두고 연구를 추진하고 있음
- 영국의 경우 기후변화에 대해 적응했을 때 혹은 적응하지 않을 때 발생하는 비용, 개인 및 조직이 일상에 적응개념을 통합시키기 위한 방법을 구축하고 있음
- 제주특별자치도에서는 재해방지를 위한 DB 구축, 취약지역 예방대책, 수리수문학적 모니터링 시스템 개발 및 예측모델 개발 등 다양한 연구와 시책을 추진하고 있으나 식생분포와 도로, 하천의 분포를 고려한 영향과 대책 수립 등 보다 입체적으로 추진하는 것이 바람직함
- 아울러 기후변화에 따른 영향에 대한 진단과 전망의 정확도를 높이기 위한 연구와 피해를 최소화하기 위한 기초연구를 지속적으로 추진하는 것이 필요함

제 4 장

기후변화 적응능력 분석

① 적응능력 평가 개요

② 분야별 적응능력

제 4 장 적응능력 평가

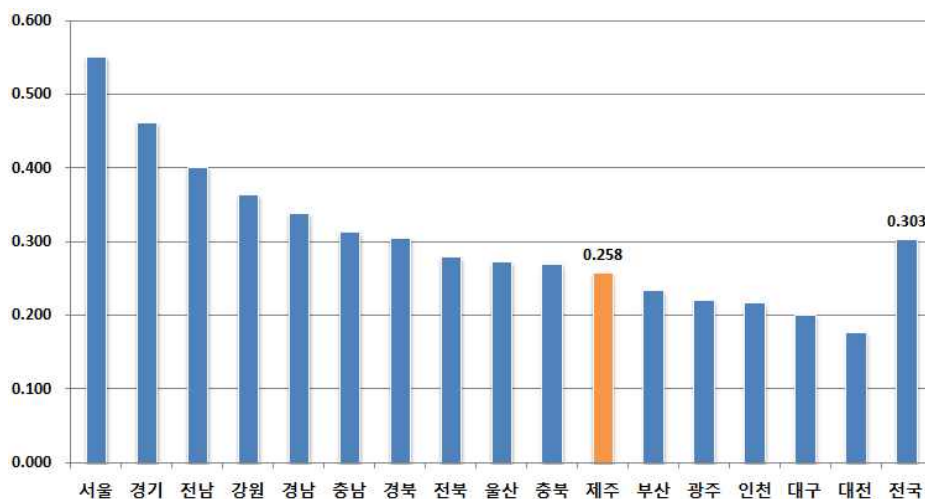
1. 적응능력 평가 개요

- 본 연구는 7개 분야(보건, 산림, 물관리, 생태계, 농업, 해양/수산, 재해분야)에 대하여 적응능력을 평가하였음
- 본 연구의 적응능력 평가는 환경부·국립환경과학원에서 제공하는 CCGIS(Climate Change adaptation toolkit based on GIS) 프로그램을 토대로 제시하였음
- 각 분야별 세부항목의 적응능력 변수와 가중치는 취약성 평가에서 제시함

2. 분야별 적응능력

(1) 보건 분야

- 보건 분야의 적응능력의 변수로는 지역내 총생산(GRDP), 재정자립도, 건강보험 적용인구비율, 인구당 보건소 인력, 인구당 응급의료기관 수, GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업 등이 있음
- 제주특별자치도의 보건 분야 적응능력은 전국에 비해 낮은 수준임
- 적응능력: 제주(0.258), 전국(0.303)



(그림 4-1) 제주특별자치도 보건 분야 적응능력

(2) 산림 분야

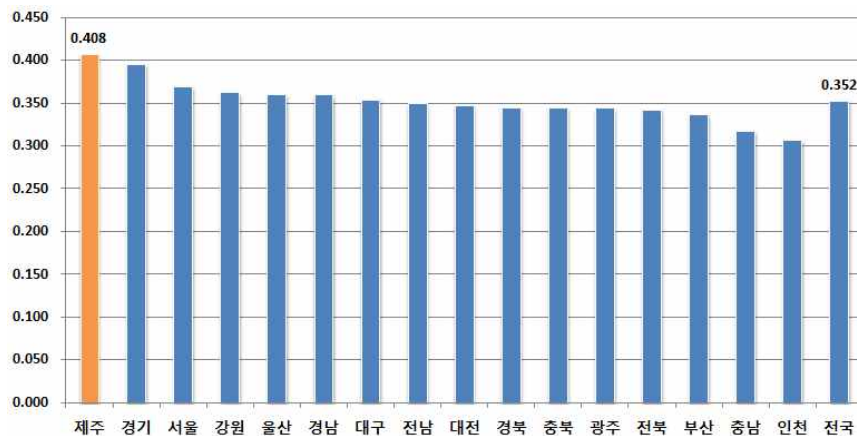
- 산림 분야의 적응능력의 변수로는 지역내 총생산(GRDP), 재정자립도, 산림공무원 수, 산림방제 면적, 병해충 방제 고용인력, 천연림 보육 등이 있음
- 제주특별자치도의 산림 분야 적응능력은 전국에 비해 높은 수준임
 - 적응능력: 제주(0.241), 전국(0.189)



(그림 4-2) 제주특별자치도 산림 분야 적응능력

(3) 물관리 분야

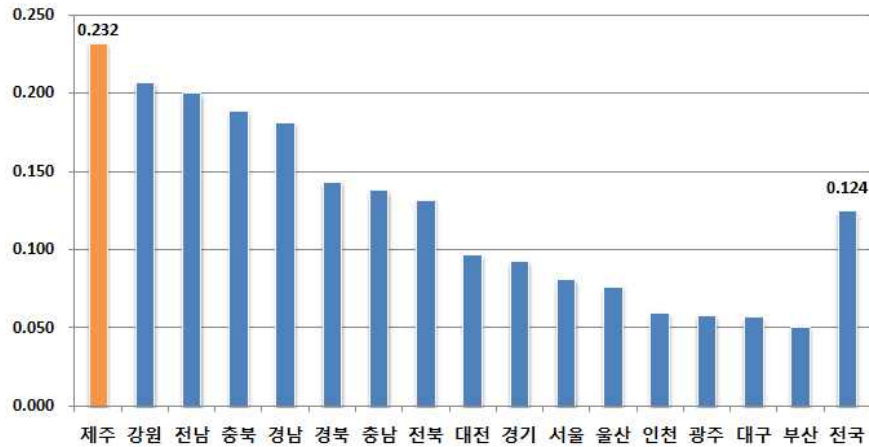
- 물관리 분야의 적응능력의 변수로는 총인구, 인구밀도, 10m이하 저지대면적, 도로면적 비율, 홍수피해액, 상수도 보급률 등이 있음
- 제주특별자치도의 물관리 분야 적응능력은 전국에서 가장 높게 나타남
 - 적응능력: 제주(0.408), 전국(0.352)



(그림 4-3) 제주특별자치도 물관리 분야 적응능력

(4) 생태계 분야

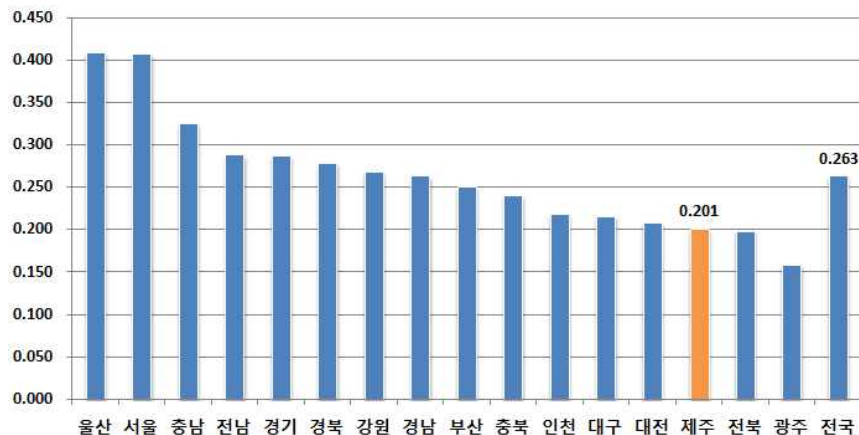
- 생태계 분야의 적응능력의 변수로는 산림공무원수, 침엽수 조림 면적, 천연림 보호, 병해충 방제 고용인력, 산림방제 면적 등이 있음
- 제주특별자치도의 생태계 분야 적응능력은 전국에서 가장 높게 나타남
 - 적응능력: 제주(0.232), 전국(0.124)



(그림 4-4) 제주특별자치도 생태계 분야 적응능력

(5) 농업 분야

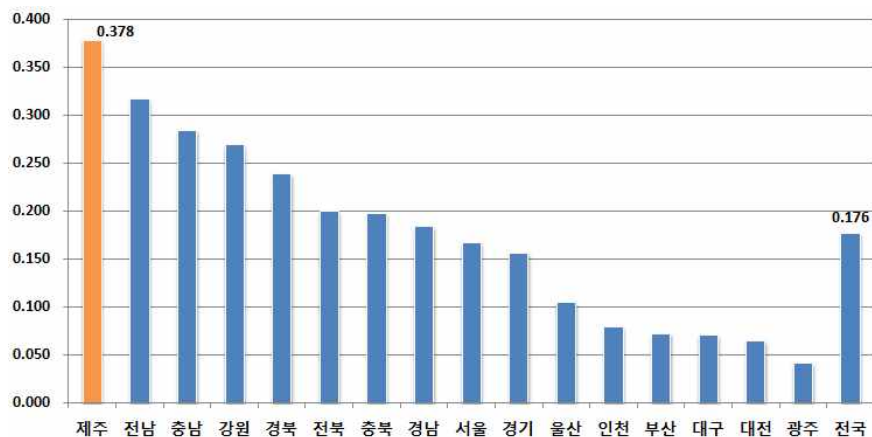
- 농업 분야의 적응능력의 변수로는 지역내 총생산(GRDP), 재정자립도, 농경지 면적당 농업인구수, 농경지 면적당 농기계 보유대수, PC활용 농가수 등이 있음
- 제주특별자치도의 물관리 분야 적응능력은 전국에 비해 낮은 수준임
 - 적응능력: 제주(0.201), 전국(0.263)



(그림 4-5) 제주특별자치도 농업 분야 적응능력

(6) 해양/수산 분야

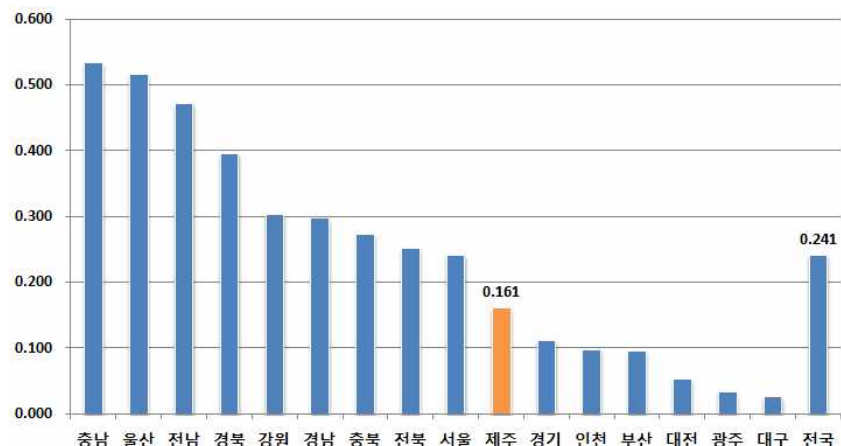
- 해양/수산 분야의 적응능력의 변수로는 재정자립도, 인구당 공무원수, 제방면적 비율, 양식 사육시설면적, 양식 어가현황 등이 있음
- 제주특별자치도의 해양/수산 분야 적응능력은 전국에서 가장 높게 나타남
 - 적응능력: 제주(0.378), 전국(0.176)



(그림 4-6) 제주특별자치도 농업 분야 적응능력

(7) 재해 분야

- 재해 분야의 적응능력의 변수로는 지역내 총생산(GRDP), 인구당 공무원수, 하천 개수율, 1인당 녹지면적, 방조설비면적 등이 있음
- 제주특별자치도의 재해 분야 적응능력은 전국에 비해 낮은 수준임
 - 적응능력: 제주(0.161), 전국(0.241)



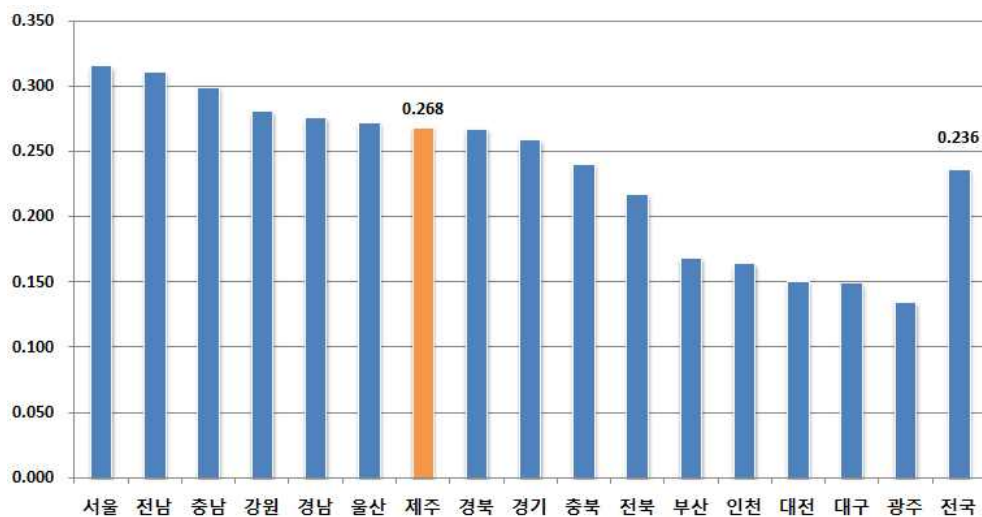
(그림 4-7) 제주특별자치도 농업 분야 적응능력

(8) 적응능력 종합

- 보건, 물관리, 산림, 생태계, 농업, 해양/수산, 재해의 7개 분야의 적응능력을 분석한 결과 제주특별자치도는 산림 분야, 물관리 분야, 생태계 분야, 해양·수산 분야에서는 전국평균보다 높게 나타났으나, 보건 분야, 농업 분야, 재해 분야에서는 전국평균보다 낮게 나타남
- 제주특별자치도의 전체 7개 분야의 적응능력의 평균은 0.268로 전국 평균(0.236)보다 높게 나타남

<표 4-1> 분야별 적응능력의 전국 비교

구분	보건	산림	물관리	생태계	농업	해양/수산	재해	평균
서울	0.551	0.392	0.369	0.080	0.407	0.167	0.240	0.315
부산	0.233	0.143	0.336	0.050	0.250	0.072	0.095	0.168
대구	0.199	0.124	0.354	0.057	0.215	0.070	0.026	0.149
인천	0.216	0.171	0.307	0.059	0.218	0.079	0.096	0.164
광주	0.219	0.084	0.344	0.058	0.158	0.041	0.034	0.134
대전	0.176	0.108	0.347	0.096	0.208	0.064	0.053	0.150
울산	0.272	0.163	0.360	0.076	0.409	0.105	0.516	0.271
경기	0.461	0.311	0.395	0.092	0.286	0.156	0.110	0.259
강원	0.364	0.195	0.362	0.207	0.268	0.269	0.303	0.281
충북	0.269	0.167	0.344	0.188	0.239	0.197	0.272	0.240
충남	0.313	0.185	0.317	0.137	0.325	0.284	0.533	0.299
전북	0.278	0.116	0.342	0.132	0.198	0.200	0.251	0.217
전남	0.401	0.148	0.349	0.200	0.287	0.317	0.471	0.310
경북	0.305	0.167	0.344	0.143	0.278	0.238	0.394	0.267
경남	0.338	0.306	0.359	0.181	0.263	0.184	0.297	0.275
제주	0.258	0.241	0.408	0.232	0.201	0.378	0.161	0.268
전국	0.303	0.189	0.352	0.124	0.263	0.176	0.241	0.236



제 5 장

취약성 평가 및 중점 추진분야

- ① 분야별 취약성 평가
- ② 중점 추진분야(우선순위)
- ③ 취약성 평가 결과 시사점

제 5 장 취약성 평가 및 중점 추진분야

1. 분야별 취약성 평가

- 본 연구는 7개 분야(보건, 산림, 물관리, 생태계, 농업, 해양/수산, 재해분야)에 대하여 취약성 평가를 실시하였음
 - 기후변화 영향 취약성 평가는 환경부·국립환경과학원에서 제공하는 CCGIS(Climat Change adaptation toolkit based on GIS) 프로그램을 사용하여 분석하였음
 - 미래의 기후변화 영향 취약성 평가는 기후노출에 대해서는 A1B 기후 시나리오에 따라 2020년대, 2050년대, 2100년대의 기후요소를 반영하였음
- 취약성 평가를 위한 대응변수는 기후노출, 민감도, 적응능력으로 구분하였음
 - 기후노출: 기후변화 영향을 대표하는 변수(일반적으로 기후 요소)
 - 민 감 도: 기후노출 영향의 정도를 나타내는 변수(사회·경제적 통계 자료)
 - 적응능력: 기후변화 영향을 감소시킬 수 있는 변수(사회·경제적 통계 자료)
- 자료 표준화 방법, 취약성 지수 산출 방식 등은 환경부·국립환경과학원에서 제공하는 CCGIS(Climat Change adaptation toolkit based on GIS)를 기반으로 하였음
 - 7개 분야별 제주특별자치도 취약성을 평가하기 위해 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 가중치는 전국적인 경향과 비교하기 위하여 CCGIS의 가중치를 이용하였으며, 적응능력의 변수목록에 대한 가중치도 CCGIS의 가중치를 이용하였음
 - 각 분야 세부항목별 기후노출, 민감도의 변수목록에 대한 가중치는 제주지역 특성을 반영하기 위해 7개 분야별 전문가(91명)를 대상으로 설문조사를 실시하여 계층 분석적 의사결정방법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 이용하여 산출하였음
 - 기후노출, 민감도의 세부항목과 변수목록 및 7개 분야별 조사대상 전문가 선정은 본 과제 수행을 위해 구성된 기후변화적응추진협의회(T/F)의 회의를 통해 결정하였음
보건(14명), 산림(14명), 물관리(11명), 생태계(13명), 농업(12명), 해양/수산(14명), 재해(13명)
- 7개 분야별 세부항목에서 제주지역 특성에 적합하지 않은 항목은 조정하였음
 - 농업분야의 '벼, 사과 생산성의 취약성'을 제외하고, '감귤 생산성의 취약성'을 추가하였으며, 산림분야의 '소나무와 송이버섯'의 취약성을 제외하였음

- 본 보고서에서 제시하는 각 분야별 취약성 평가는 전문가 조사결과를 토대로 제주지역의 취약성을 재평가한 후 제시하였으며, 다른 지역과 비교하기 위해 전국 공통의 가중치를 이용한 취약성 평가결과와 함께 제시하였음
- 특히, 취약성 평가 자료 중 제주지역의 투수성 지질 등으로 인한 감소 효과는 반영하지 아니한 것임
- 전문가 조사 결과 산사태, 홍수 등의 영향이 투수성 지질로 인하여 55.4% 정도 감소하는 것으로 응답하고 있어, 민감도 부분에 해당되는 취약성이 감소할 수 있음을 고려해야 할 것임

1) 보건 분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 보건 분야의 평가 세부항목은 총 9개 분야로, 홍수에 의한 건강취약성, 태풍에 의한 건강 취약성, 폭염에 의한 건강취약성, 한파에 의한 건강 취약성, 오존농도 상승에 의한 건강 취약성, 미세먼지에 대한 건강 취약성, 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성, 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성, 수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성이 선정되었음
- 보건 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-1> 보건 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
홍수에 의한 건강 취약성	IPCC 4차 보고서에 의하면 2020년 해안침식 또는 홍수 위험에 처할 유럽 인구는 15만 8천명을 초과할 것으로 예상됨. 연중 강수량의 대부분이 여름에 집중되는 우리나라 역시 기후변화로 인한 강수량 증가로 인한 저지대 가구의 전염병 유행률 상승 등의 홍수로 인한 건강영향이 증가될 것으로 예상됨
태풍에 의한 건강 취약성	자연재해는 외상이나 사망과 같은 건강피해에 직접적으로 관련되어 있으며 특히 여름철에 집중되는 태풍은 저지대 및 연약지반 거주가구에 홍수나 산사태 등과 같은 요인으로 인한 사상 및 전염병 발생 등의 건강 영향을 미치며 기후변화로 인한 폭풍 및 태풍 등의 전 세계적 빈도 증가는 향후 이와 같은 영향을 가중시킬 것으로 예상됨
폭염에 의한 건강 취약성	IPCC 3차 보고서에 의하면 여름철 기온이 2~3℃ 증가하면 극단적으로 더운 날의 발생빈도가 약 2배 증가하는 것으로 알려졌으며 폭염(heat-wave)에 의한 사망 역시 증가하고 있는 추세임. 따라서 취약계층인 노인 및 영유아 인구 비율이 높은 지역의 호흡기와 심혈관계 질환자의 사망율과 열사병 환자수가 상승할 것으로 예상됨
한파에 의한 건강 취약성	장기적인 기후변화 중 폭염에 비해 한파에 대한 건강영향은 감소하는 것으로 기후변화 관련 연구에서 보고되고 있지만, 노인 등의 인구가 증가하는 상황에서 뇌혈관 질환 등에 대한 취약그룹인 노인인구 및 영유아인구 비율이 높은 지역의 뇌졸중 사망률 및 동사자 환자에 대한 대책이 마련되어야 할 것임
오존농도 상승에 의한 건강 취약성	기온과 오존(선진국형 공해) 농도의 증가는 사망 및 질병률 증가와 관련 있음. 특히 취약계층인 노인인구 및 영유아 비율이 높은 지역과 호흡기 질환자 및 천식환자의 건강에 높은 영향을 미칠 것으로 예상됨

세부항목	선정 배경
미세먼지에 대한 건강 취약성	PM10 농도에 대한 사망 및 상병의 계절적인 영향이 존재하는데, 기후변화로 인한 여름의 온도와 계절의 길이변화는 여름 동안 PM10농도에 대한 사망 및 상병 증가에 영향을 미치므로 미세먼지가 천식환자 및 호흡기 질환자, 심혈관 질환자의 사망률 및 유병률에 영향을 미칠 것으로 예상됨
기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성	기상요인은 대기의 질(air quality)에 가장 많은 영향을 주는 요인 중의 하나로 고농도 대기오염은 사망률 증가부터 호흡기질환 및 심혈관질환에 이르기까지 다양한 건강영향을 미침. 특히 만성성장질환이나 폐질환이 있는 민감 집단에 영향을 줌. 또한 건강영향에 있어 사망과 대기오염의 관계는 온도나 계절에 의하여 영향을 받아 여름이나 고온상태에서 더 분명하고 크게 나타나는 가운데 기후변화로 인한 기온상승이나 계절의 길이변화는 대기오염에 의한 건강영향을 증가시킬 가능성이 있음
곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성	우리나라는 매개곤충 및 설치류 등에 의한 전염병에 대해 비교적 안전지대로 알려졌으나 기후변화로 인한 기후대의 변화로 인해 매개곤충 서식지 및 종의 변화 등이 발생할 수 있음. 향후 말라리아와 같이 모기로 인해 감염되는 질환의 경우 지속적으로 질병의 부담이 증가할 뿐만 아니라 서식모기의 종 변화로 인한 새로운 질환이 발생할 위험도 있음. 또한 도시화가 가속되어 인구밀도의 증가, 외국인 입출입의 증가는 전염병 확산 속도를 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 외국에서의 전염병이 유입될 수 있는 위험에 노출되어 있음. 또한 전염병의 발병 지역에 있어서도 감염 환자 발생에 지역적인 편차가 발생하여 취약지역이 존재함을 알 수 있어 기후변화로 증가될 수 있는 곤충 등의 매개에 의한 전염성 질환에 의한 질병부담이 사회적으로 증가할 가능성이 존재함
수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성	수인성매개질환의 감염경로는 오염된 물이나 음식을 섭취하거나 감염자와의 접촉을 통해 발생하며 기후변화로 인하여 기온이 상승하면 장관 감염증이 증가하고 세균증식속도 증가로 인해 설사환자가 증가함. 기후변화로 인한 잦은 홍수 발생은 수인성 매개 질환의 발생증가에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며 기후변화로 인한 해수면 온도 상승과 비브리오균 검출, 콜레라 발병과 연관이 있으므로 이에 따른 건강영향 취약성을 평가 할 필요가 있음

(2) 보건 부문 취약성 평가

가. 홍수에 의한 건강 취약성

- 보건 분야의 홍수에 의한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-2> 홍수에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

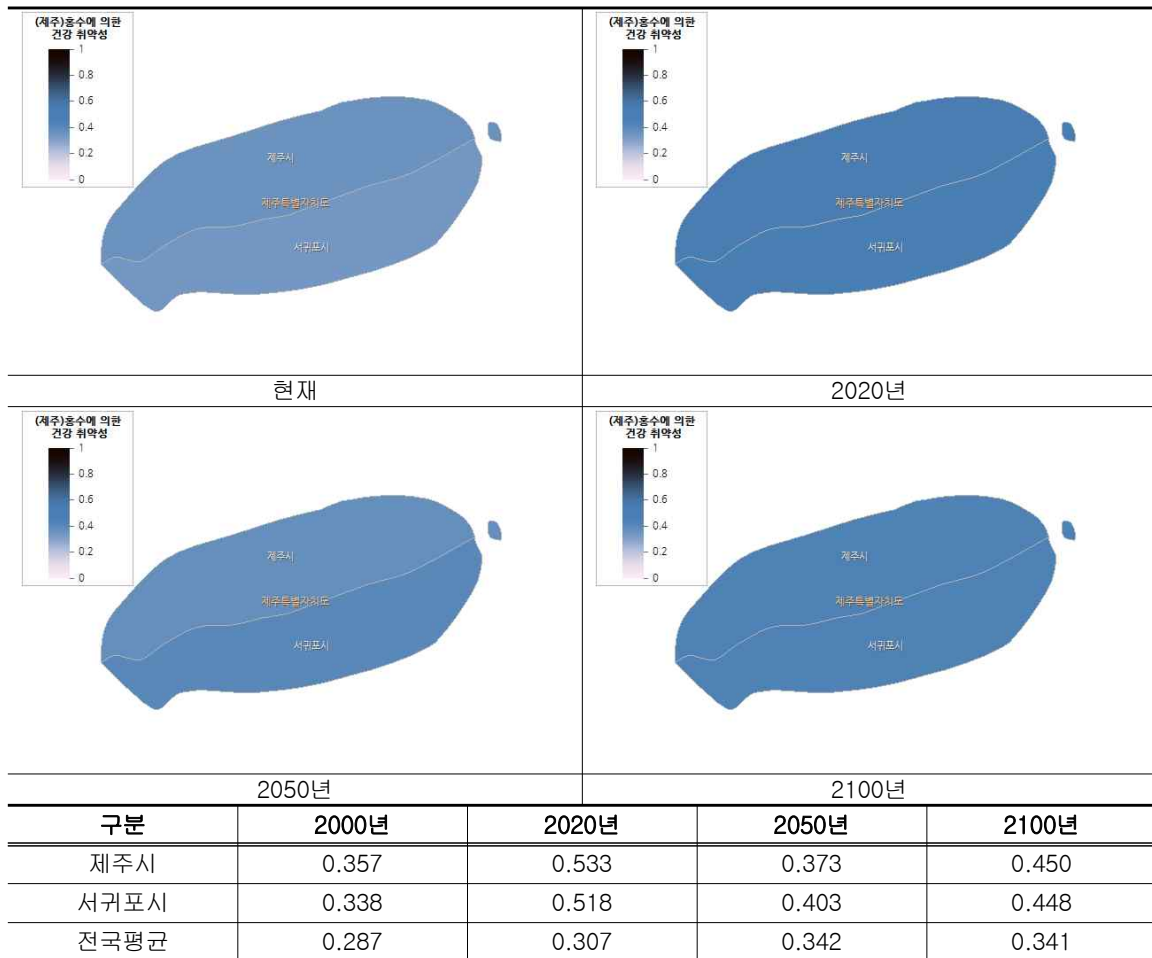
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
홍수에 의한 건강 취약성	기후 노출	0.50	일최대 강수량(mm)	0.28
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.22
			홍수로 인한 침수면적(ha)	0.50
	민간인	0.23	65세 이상 인구(명)	0.05
			13세 이하 인구(명)	0.06
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.09
			기초생활수급자 비율(%)	0.06
			10m 이하의 저지대 면적(km ²)	0.09
			10m 이하의 저지대 가구(세대)	0.12
			홍수피해 인구수(명)	0.23
			수인성 질환자 수(명)	0.29
	지역사회	0.27	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.23
			재정자립도(%)	0.30
			건강보험 적용인구비율(%)	0.11
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.11
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.11
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.14

- 보건 분야의 홍수에 의한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-3> 홍수에 의한 건강 취약성

<p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수에 의한 건강 취약성에 대한 대용변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후노출, 기후변화 민감도의 순으로 나타남
<p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수에 의한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수로 나타남
<p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수에 의한 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 65세 이상 인구로 나타남(지역 사회에서 건강 및 사회계층적 취약계층의 규모를 의미)
<p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수에 의한 건강 취약성에 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남

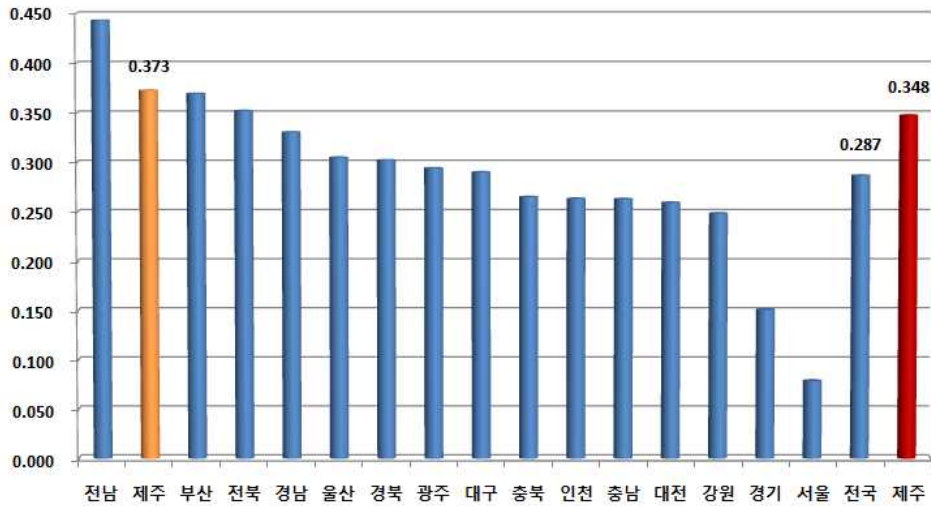
○ 보건 분야의 홍수에 의한 건강 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-1) 홍수에 의한 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 홍수에 의한 건강 취약성은 제주시가 0.357, 서귀포시 0.338로 전국 평균 0.287보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 홍수에 의한 건강취약성은 전국적으로는 지속적으로 증가함
- 2020년에는 급격히 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 다시 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.450, 서귀포시 0.448로 제주시가 높게 나타남
- 홍수에 의한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.307), 전국(0.277)
 - 적응능력: 제주(0.251), 전국(0.315)

- 제주특별자치도의 홍수에 의한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.287)보다 제주지역(0.348)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.373)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-2) 홍수에 의한 건강 취약성의 전국 비교

나. 태풍에 의한 건강 취약성

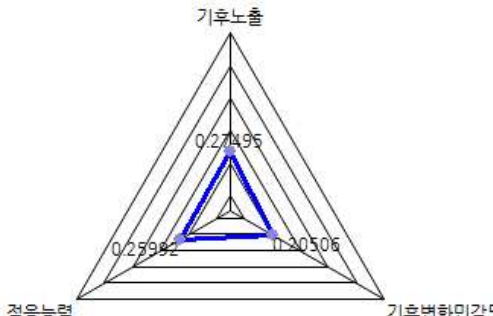
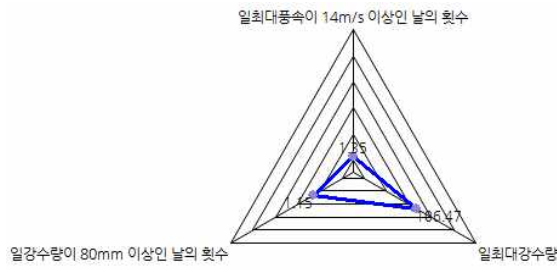
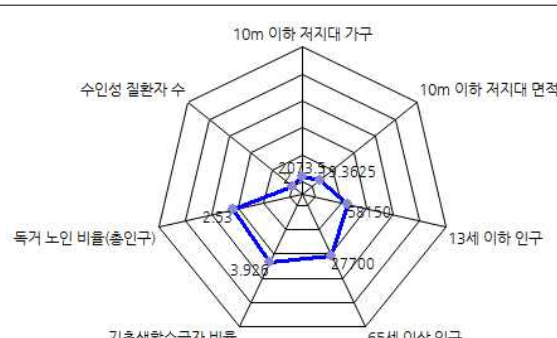
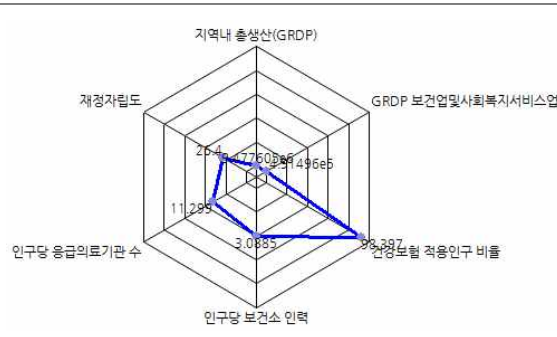
- 보건 분야의 태풍에 의한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-4> 태풍에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

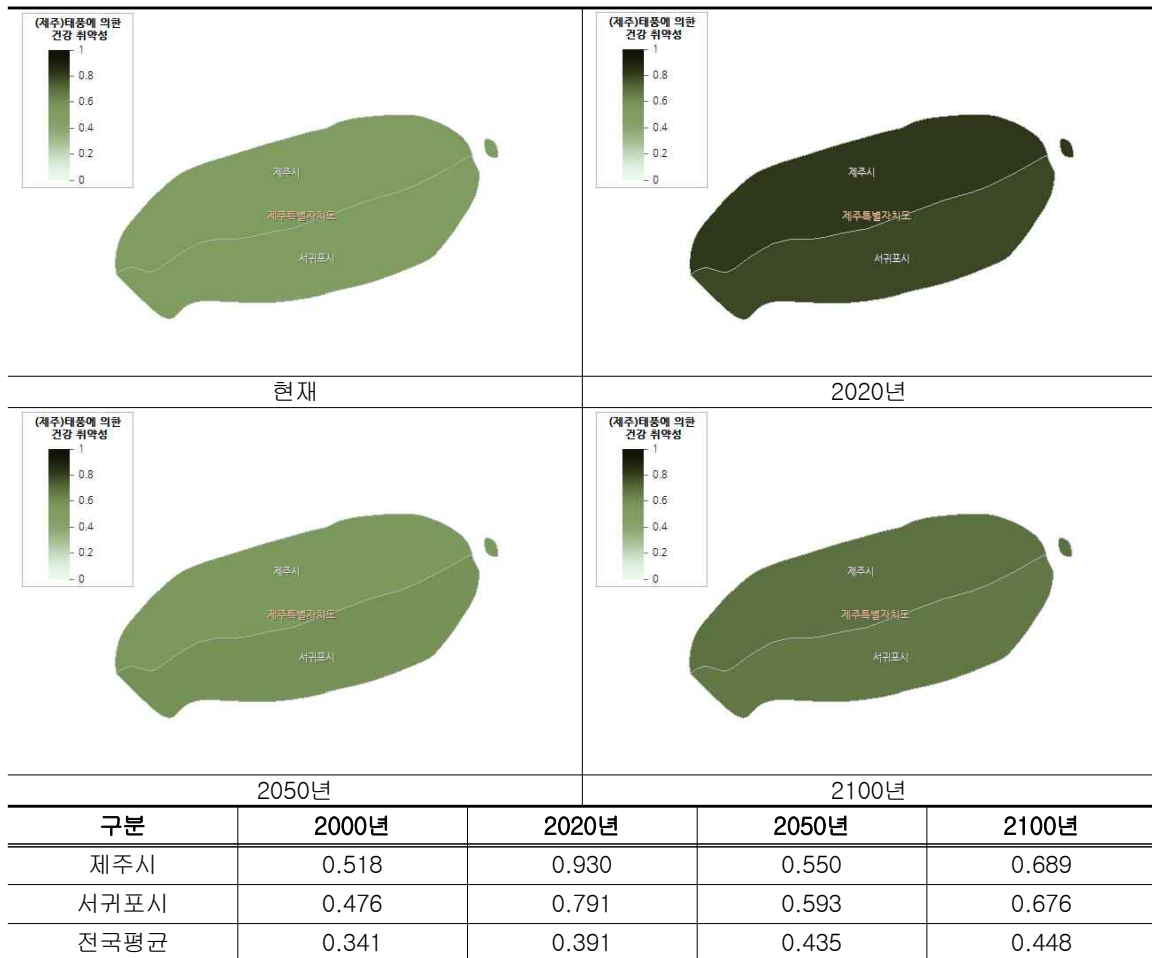
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
태풍에 의한 건강 취약성	기후 노출	0.50	일최대 강수량(mm)	0.41
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.29
			최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.30
	민간인	0.23	65세 이상 인구(명)	0.12
			13세 이하 인구(명)	0.12
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.14
			기초생활수급자 비율(%)	0.10
			10m 이하의 저지대 면적(km ²)	0.11
			10m 이하의 저지대 가구(세대)	0.14
			수인성 질환자 수(명)	0.27
	지역인	0.27	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.23
			재정자립도(%)	0.28
			건강보험 적용인구비율(%)	0.11
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.12
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.14
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.12

- 보건 분야의 태풍에 의한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-5> 태풍에 의한 건강 취약성

 <p>기후노출</p> <p>기후변화민감도</p> <p>적응능력</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 태풍에 의한 건강 취약성에 대한 대용변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 적응능력, 기후변화민감도의 순으로 나타남</p>
 <p>일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수</p> <p>일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수</p> <p>일최대강수량</p> <p>기후노출</p>	<p>- 태풍에 의한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수로 나타남</p>
 <p>10m 이하 저지대 거주</p> <p>10m 이하 저지대 면적</p> <p>13세 이하 인구</p> <p>65세 이상 인구</p> <p>기초생활수급자 비율</p> <p>독거노인 비율(총인구)</p> <p>수인성 질환자 수</p> <p>민감도</p>	<p>- 태풍에 의한 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인비율로 나타남</p>
 <p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>GRDP 보건업및사회복지서비스업</p> <p>인구당 노인인구 비율</p> <p>인구당 노인인구 비율</p> <p>인구당 노인인구 비율</p> <p>인구당 노인인구 비율</p> <p>적응능력</p>	<p>- 태풍에 의한 건강 취약성에 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남</p>

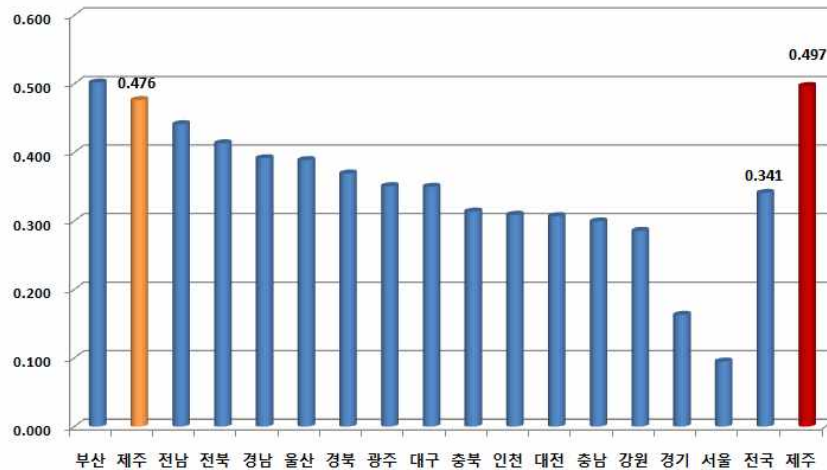
○ 보건 분야의 태풍에 의한 건강 취약성의 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-3) 태풍에 의한 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 태풍에 의한 건강 취약성은 제주시가 0.518, 서귀포시 0.476으로 전국 평균 0.341보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 태풍에 의한 건강취약성은 전국적으로는 지속적으로 증가함
- 2020년에는 급격히 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 다시 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.689, 서귀포시 0.676으로 제주시가 높게 나타남
- 태풍에 의한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.480), 전국(0.330)
 - 적응능력: 제주(0.260), 전국(0.320)

- 제주특별자치도의 태풍에 의한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.341)보다 제주지역(0.497)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.476)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-4) 태풍에 의한 건강 취약성의 전국 비교

다. 폭염에 의한 건강 취약성

- 보건 분야의 폭염에 의한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-6> 폭염에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

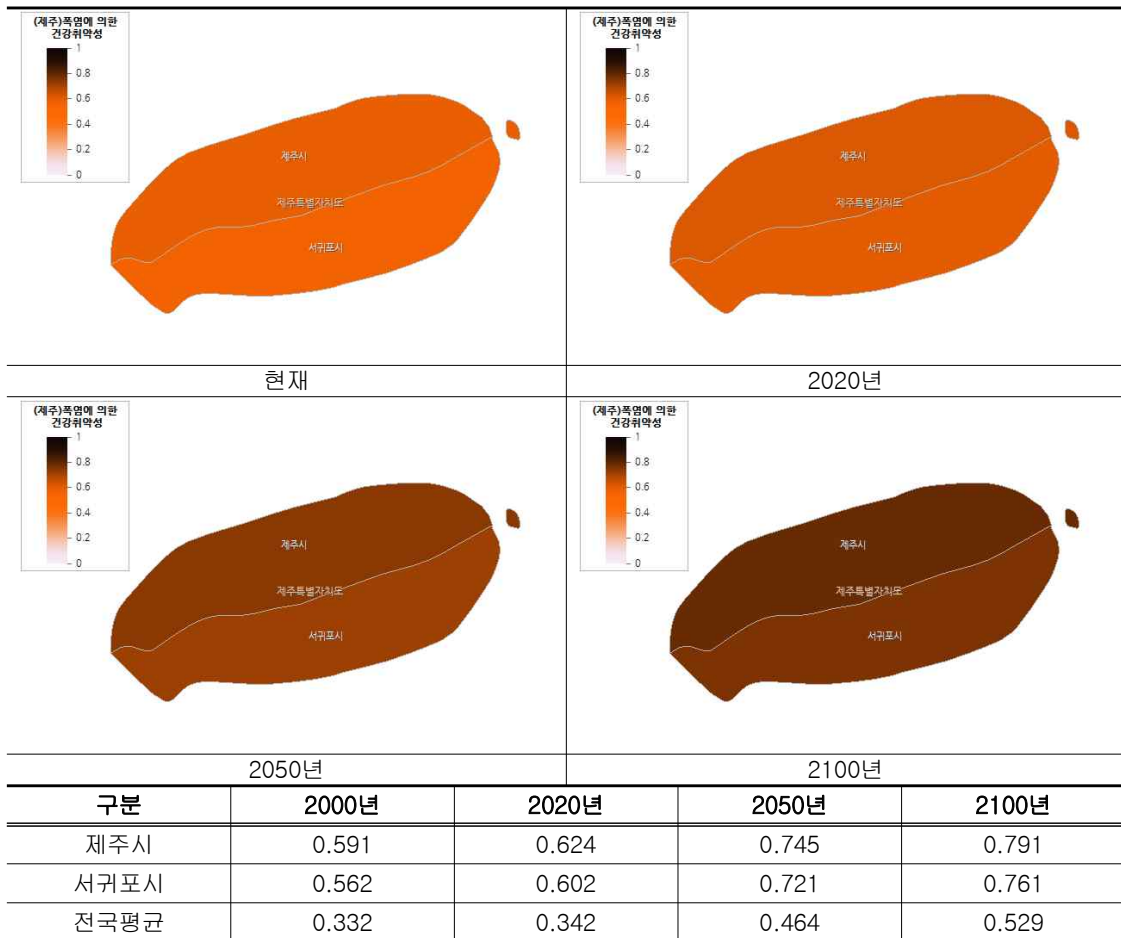
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
폭염에 의한 취약성	기후환경	0.50	일최고기온(℃)	0.12
			일 최고 기온이 33℃이상인 날의 횟수(회)	0.19
			일 최저 기온이 25℃이상인 날의 횟수(회)	0.06
			체감온도(℃)	0.12
			불쾌지수(-)	0.12
			열파지수(-)	0.21
			상대습도(%)	0.19
	인구구조	0.25	65세 이상인구(명)	0.12
			13세 이하 인구(명)	0.07
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.14
			기초생활수급자비율(%)	0.07
			심혈관질환 사망자수(명)	0.24
			열사병/일사병으로 인한 사망자수(명)	0.37
	지역경제	0.25	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.21
			재정자립도(%)	0.21
			건강보험 적용인구비율(%)	0.10
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.16
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.16

- 제주특별자치도의 보건 분야의 폭염에 의한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-7> 폭염에 의한 건강 취약성

<p>기후노출</p> <p>기후변화민감도</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 폭염에 의한 건강 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출이 건강에 매우 직접적으로 나타나는 것으로 중요한 취약지수의 요인으로 나타남</p>
<p>일최고기온</p> <p>체감온도</p> <p>일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>상대습도</p> <p>블랙지수</p> <p>기후노출</p>	<p>- 폭염에 의한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 상대습도가 가장 높은 영향요인이며 다음으로 체감온도가 중요한 요인으로 나타남</p>
<p>13세 이하 인구</p> <p>65세 이상 인구</p> <p>기초생활수급자 비율</p> <p>독거노인 비율(총인구)</p> <p>심혈관질환 사망자 수</p> <p>열사병/일사병으로 인한 사망자 수</p> <p>민감도</p>	<p>- 폭염의 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인비율로 나타남</p>
<p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>GRDP 보건의료및사회복지서비스</p> <p>인구당 노인 비율</p> <p>인구당 보건소 인력</p> <p>인구당 응급의료기관 수</p> <p>재정자립도</p> <p>적응능력</p>	<p>- 폭염의 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 중요한 것으로 나타남</p>

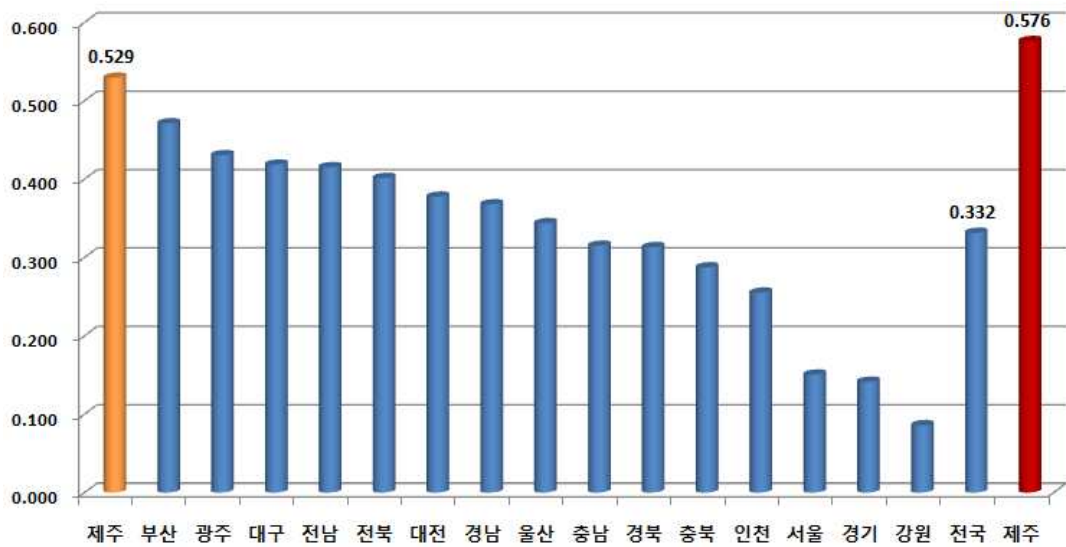
○ 보건 분야의 폭염에 의한 건강 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-5) 폭염에 의한 건강 취약성 평가의 미래 예측

- 현재 폭염 취약성 평가결과는 제주시가 0.591, 서귀포시 0.562로 전국평균 0.332 보다 다소 높게 나타남
- 미래에 예상되는 폭염 취약성 평가결과는 제주특별자치도와 전국 모두 증가하며, 2100년에는 제주시 0.791, 서귀포시 0.761(전국 평균: 0.529)로 나타남
- 폭염에 의한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.688), 전국(0.522)
 - 적응능력: 제주(0.257), 전국(0.322)
- 제주특별자치도의 폭염에 의한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균 (0.332)보다 제주지역(0.576)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의

제주지역 취약성(0.529)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-6) 폭염에 의한 건강 취약성의 전국 비교

라. 한파에 의한 건강 취약성

- 보건 분야의 한파에 의한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-8> 한파에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

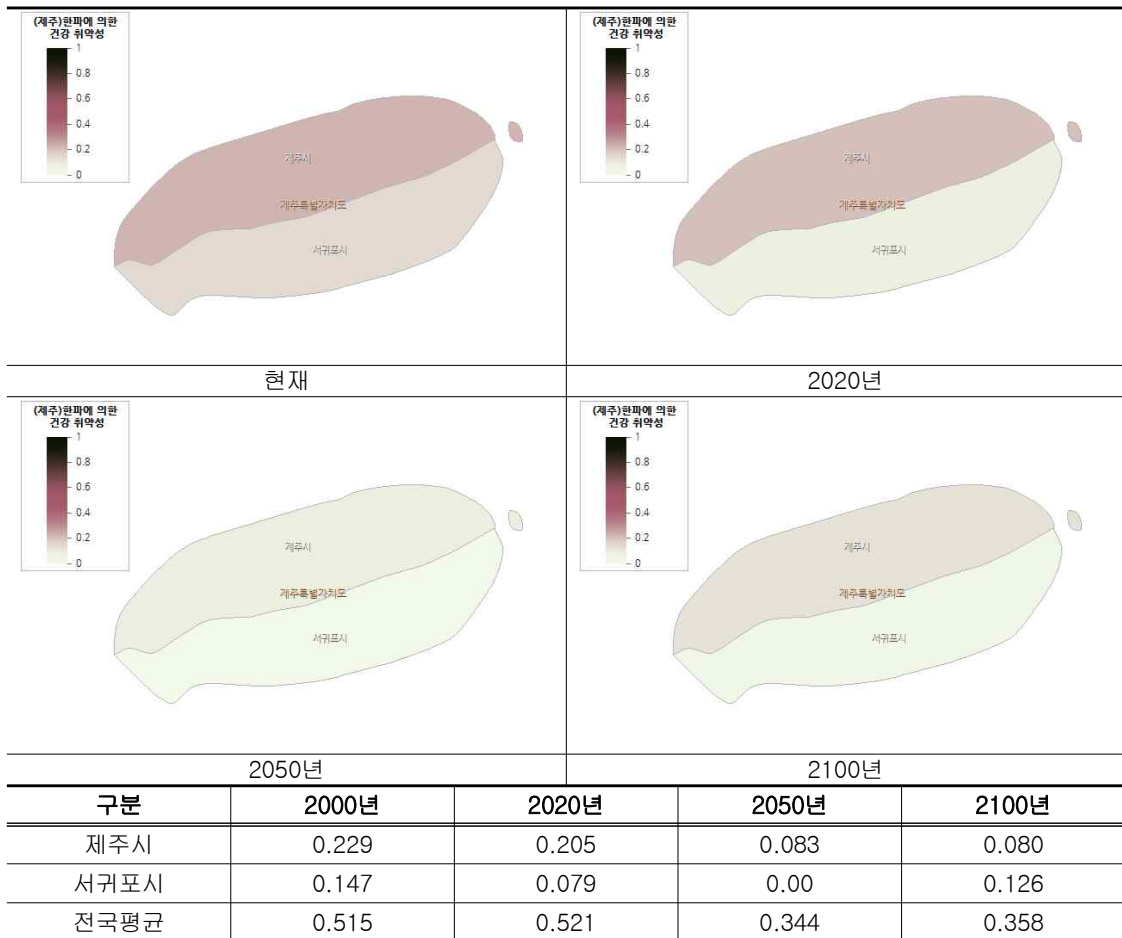
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
한파에 의한 취약성	기후 노출	0.50	일 최저기온이 영하인 날의 횟수(회)	0.23
			일 평균기온이 영하인 날의 횟수(회)	0.27
			연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.16
			일 최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.18
			적설량(cm)	0.17
	민감도	0.27	65세 이상인구(명)	0.11
			13세 이하 인구(명)	0.06
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.16
			기초생활수급자비율(%)	0.10
			호흡기질환 입원환자수(명)	0.26
	적응능력	0.23	뇌혈관질환 사망자수(명)	0.31
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.18
			재정자립도(%)	0.26
			건강보험 적용인구비율(%)	0.10
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.15
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.15

- 한파에 의한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-9> 한파에 의한 건강 취약성

<p>기후노출</p> <p>민감도</p> <p>적응능력</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 한파에 의한 건강 취약성에 대한 대용변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남</p>
<p>일평균기온이 영하인 날의 횟수</p> <p>연속적인 무강수일수의 최대값</p> <p>일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수</p> <p>적설량</p> <p>기후노출</p>	<p>- 한파에 의한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 연속적인 무강수일수의 최대값이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 적설량으로 나타남</p>
<p>13세 이하 인구</p> <p>65세 이상 인구</p> <p>독거 노인 비율(총인구)</p> <p>치매환자수</p> <p>뇌혈관질환 사망자수</p> <p>기초생활수급자 비율</p> <p>민감도</p>	<p>- 한파에 의한 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인 비율, 65세 이상 인구의 순으로 나타남</p>
<p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>인구당 응급의료기관 수</p> <p>건강보험 적용인구 비율</p> <p>인구당 보건소 인력</p> <p>재정자립도</p> <p>적응능력</p>	<p>- 한파에 의한 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남</p>

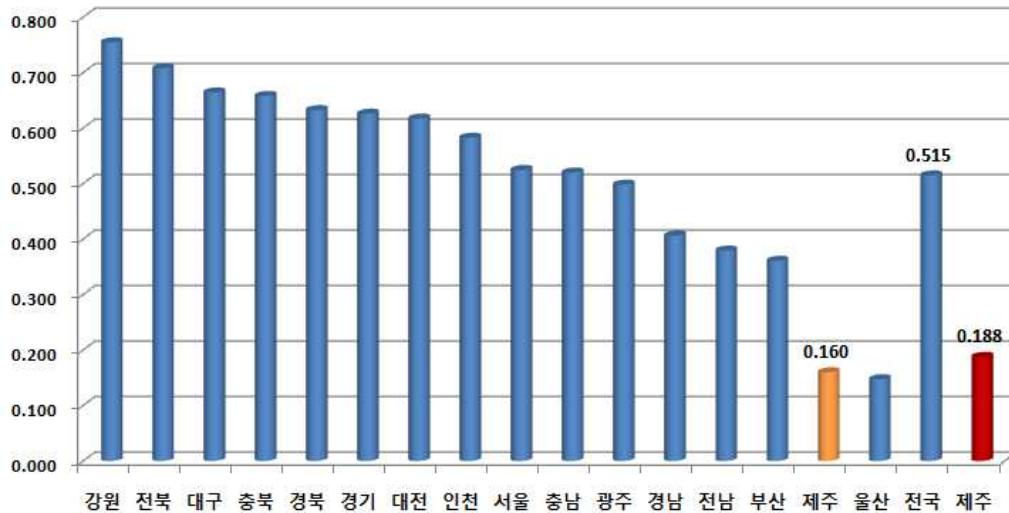
○ 한파에 의한 건강 취약성의 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-7) 한파에 의한 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 한파에 의한 건강 취약성은 제주시가 0.229, 서귀포시 0.147로 전국 평균 0.515보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 한파에 의한 건강취약성은 전국평균의 경우 2020년까지 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 다시 증가 추세를 보이고 있으나 제주특별자치도는 지속적으로 감소하는 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.080, 서귀포시 0.126으로 전국평균(0.358)보다 낮게 나타남
- 한파에 의한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.349), 전국(0.644)
 - 적응능력: 제주(0.265), 전국(0.322)

- 제주특별자치도의 한파에 의한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.515)보다 제주지역(0.188)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.160)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-8) 한파에 의한 건강 취약성의 전국 비교

마. 오존농도 상승에 의한 건강 취약성

- 보건 분야의 오존농도 상승에 의한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-10> 오존농도 상승에 의한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

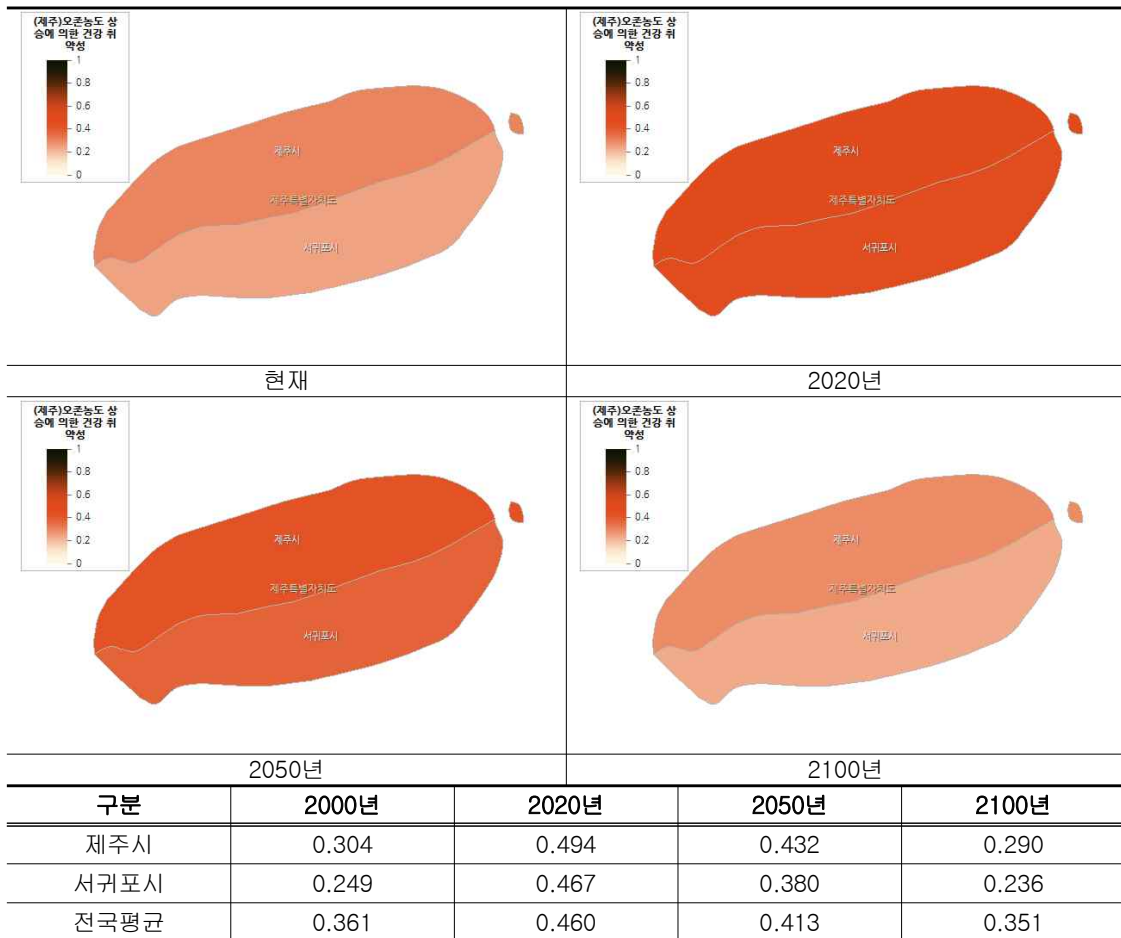
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
오존농도 상승에 의한 취약성	기후 노출	0.48	일최고기온(℃)	0.10
			시간 오존농도가 100ppb 이상인 날의 횟수(회)	0.37
			오존주의보 발령일수(회)	0.27
			8시간 누적 오존농도가 60ppb/8hr 이상인 날의 횟수(회)	0.26
	민간 노출	0.27	65세 이상인구(명)	0.13
			13세 이하 인구(명)	0.10
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.13
			기초생활수급자비율(%)	0.10
			호흡기질환 입원환자수(명)	0.30
			심혈관질환 사망자수(명)	0.25
	지역 노출	0.25	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.17
			재정자립도(%)	0.25
			건강보험 적용인구비율(%)	0.11
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.16
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.15

- 오존농도 상승에 의한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응 능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-11> 오존농도 상승에 의한 건강 취약성

	<ul style="list-style-type: none"> - 오존농도 상승에 의한 건강 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남
<p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 오존농도 상승에 의한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최고기온이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 8시간 누적 오존농도가 60ppb/8hr 이상인 날의 횟수로 나타남
<p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 오존농도 상승에 의한 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인 비율, 65세 이상 인구의 순으로 나타남
<p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 오존농도 상승에 의한 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남
<p>적응능력</p>	

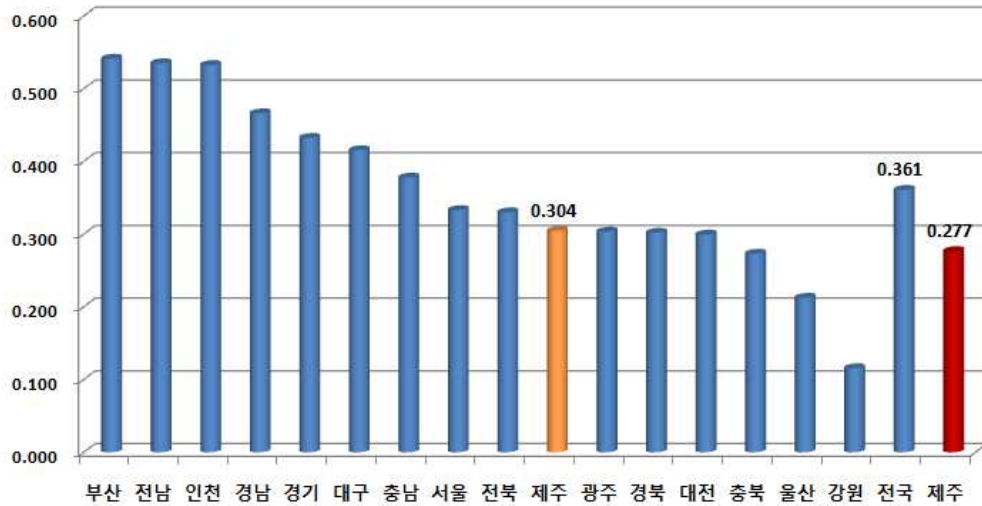
- 보건 분야의 오존농도 상승에 의한 건강 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-9) 오존농도 상승에 의한 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 오존농도 상승에 의한 건강 취약성은 제주시가 0.304, 서귀포시 0.249로 전국 평균 0.361보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 오존농도 상승에 의한 건강 취약성은 2020년까지 증가하고, 2050년 이후 감소추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.290, 서귀포시 0.236으로 전국평균(0.351)보다 낮게 나타남
- 오존농도 상승에 의한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.360), 전국(0.504)
 - 적응능력: 제주(0.276), 전국(0.328)
- 제주특별자치도의 오존농도 상승에 의한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전

국 평균(0.361)보다 제주지역(0.277)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.304)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-10) 오존농도 상승에 의한 건강 취약성의 전국 비교

바. 미세먼지에 대한 건강 취약성

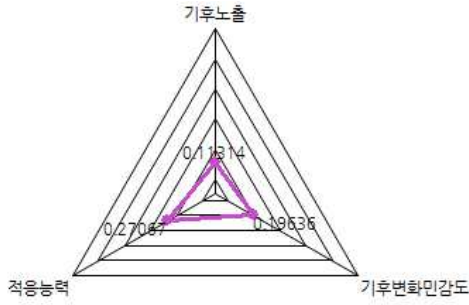
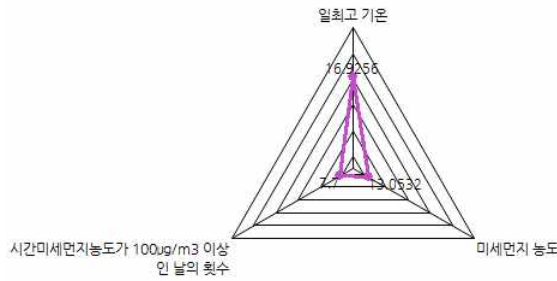
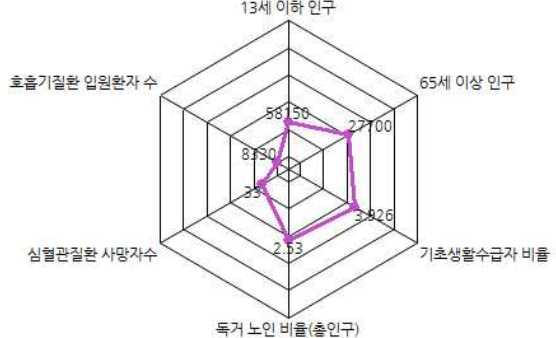
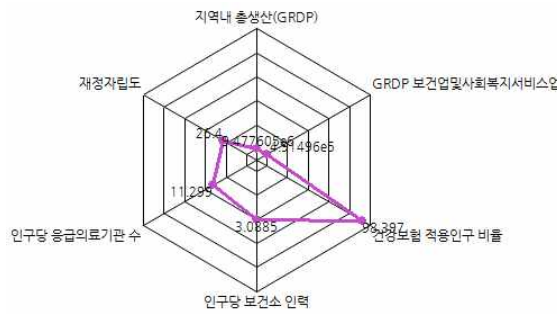
- 보건 분야의 미세먼지에 대한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-12> 미세먼지에 대한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

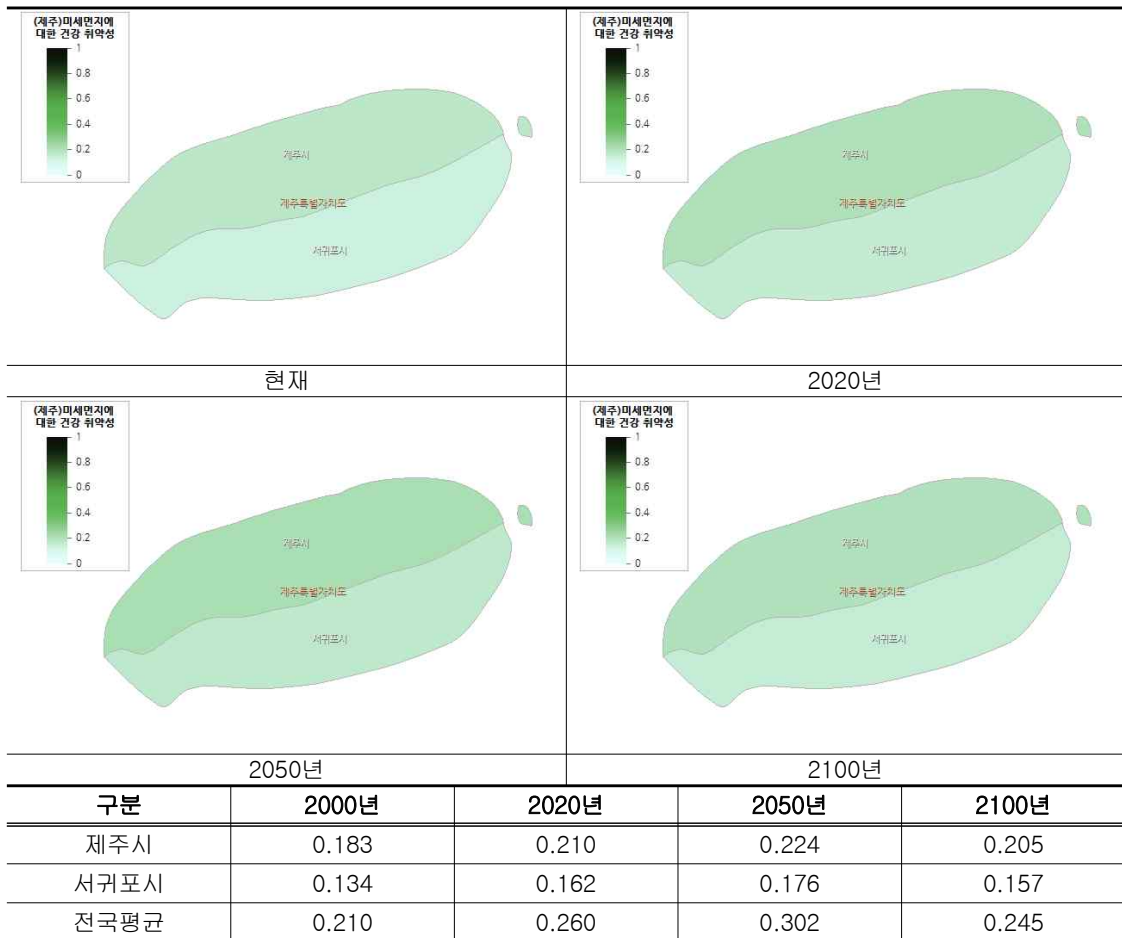
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
미세먼지에 대한 건강 취약성	기후노출	0.50	일최고기온(℃)	0.14
			미세먼지 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.34
			시간당 미세먼지 농도가 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 날의 횟수(회)	0.52
	민간노	0.28	65세 이상인구(명)	0.14
			13세 이하 인구(명)	0.12
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.11
			기초생활수급자비율(%)	0.08
			호흡기질환 입원환자수(명)	0.38
			심혈관질환 사망자수(명)	0.17
	지역노	0.22	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.18
			재정자립도(%)	0.26
			건강보험 적용인구비율(%)	0.11
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.15
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.15
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.15

- 미세먼지에 대한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-13> 미세먼지에 대한 건강 취약성

 <p>취약성 지수</p>	<p>- 미세먼지에 대한 건강 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남</p>
 <p>기후노출</p>	<p>- 미세먼지에 대한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최고기온이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 미세먼지 농도로 나타남</p>
 <p>민감도</p>	<p>- 미세먼지에 대한 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인 비율, 65세 이상 인구의 순으로 나타남</p>
 <p>적응능력</p>	<p>- 미세먼지에 대한 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남</p>

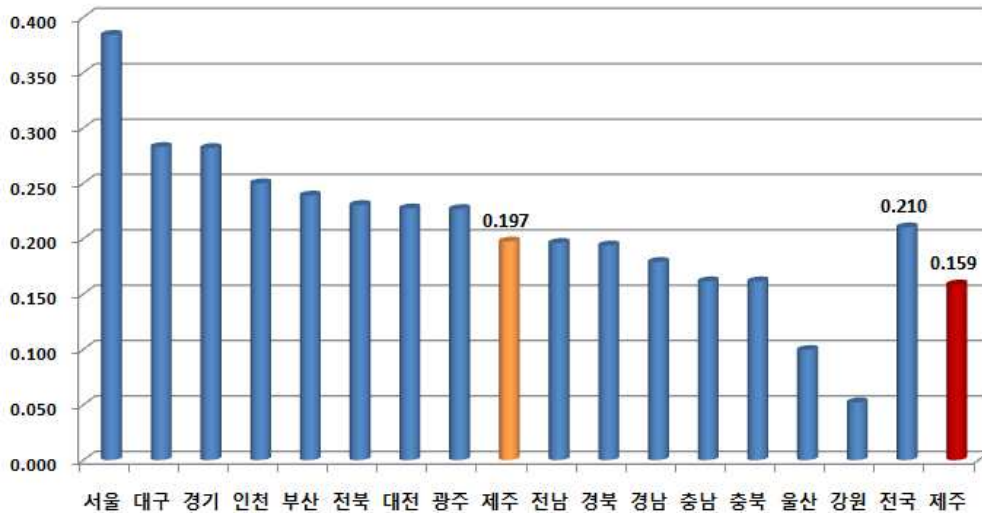
○ 보건 분야의 미세먼지에 대한 건강 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-11) 미세먼지에 대한 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 미세먼지에 대한 건강 취약성은 제주시가 0.184, 서귀포시 0.134로 전국 평균 0.210보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 미세먼지에 대한 건강 취약성은 2050년까지 증가하고, 이후 감소 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.205, 서귀포시 0.157로 전국평균(0.245)보다 낮게 나타남
- 미세먼지에 대한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)은 높은 값을 나타내고, 적응능력은 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.439), 전국(0.310)
 - 적응능력: 제주(0.271), 전국(0.325)
- 제주특별자치도의 미세먼지에 대한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평

균(0.210)보다 제주지역(0.159)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.197)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-12) 미세먼지에 대한 건강 취약성의 전국 비교

사. 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성

- 보건 분야의 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-14> 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

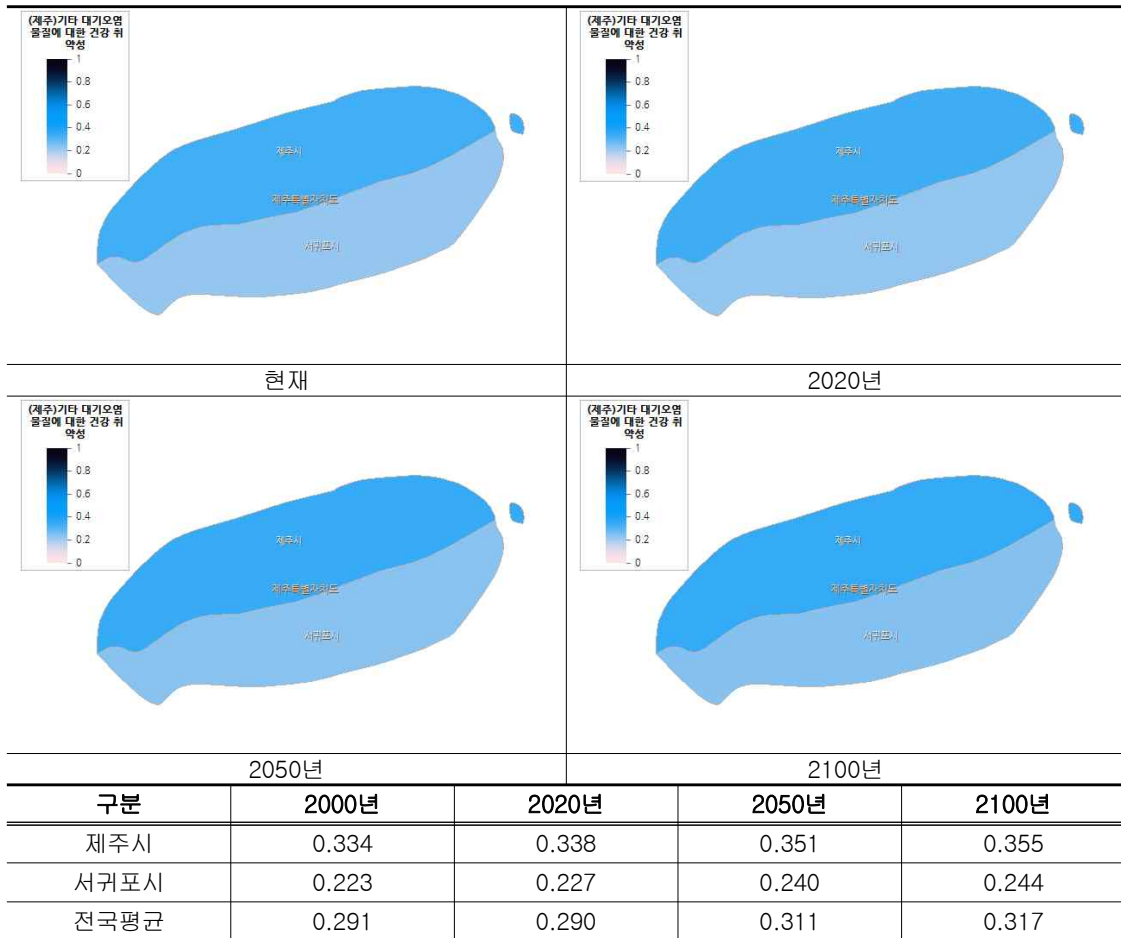
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성	기후환경	0.50	일최고기온(℃)	0.07
			CO(주거난방 외 배출량)(kg)	0.12
			CO(산업 배출량)(kg)	0.18
			SOx(주거난방 외 배출량)(kg)	0.13
			SOx(산업 배출량)(kg)	0.19
			NOx(주거난방 외 배출량)(kg)	0.13
			NOx(산업배출량)(kg)	0.18
	인구환경	0.23	65세 이상인구(명)	0.16
			13세 이하 인구(명)	0.11
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.12
			기초생활수급자비율(%)	0.08
			호흡기질환 입원환자수(명)	0.34
			심혈관질환 사망자수(명)	0.20
	지역경제	0.27	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.16
			재정자립도(%)	0.24
			건강보험 적용인구비율(%)	0.13
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.15
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.16

- 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-15> 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성

<p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남
<p>취약성 지수</p> <p>일최고 기온</p> <p>SOx(산업 배출량)</p> <p>CO(주거난방 외 배출량)</p> <p>NOx(주거난방 외 배출량)</p> <p>SOx(주거난방 외 배출량)</p> <p>CO(산업 배출량)</p> <p>NOx(산업 배출량)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최고기온으로 나타남
<p>기후노출</p> <p>13세 이하 인구</p> <p>65세 이상 인구</p> <p>기초생활수급자 비율</p> <p>독거 노인 비율(총인구)</p> <p>심혈관질환 사망자수</p> <p>호흡기질환 입원환자 수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인 비율, 65세 이상 인구의 순으로 나타남
<p>민감도</p> <p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>GRDP 보건업및사회복지서비스업</p> <p>인구당 의료기관 수</p> <p>인구당 보건소 인력</p> <p>재정자립도</p> <p>인구당 보험 적용인구 비율</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남
<p>적응능력</p>	

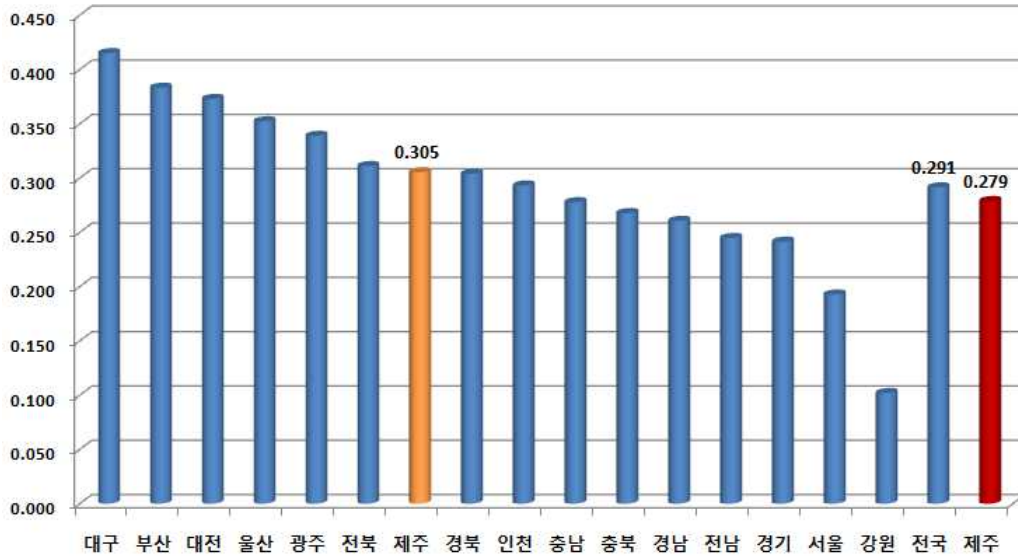
- 보건 분야의 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-13) 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성은 제주시가 0.334, 서귀포시 0.223으로 전국 평균 0.291보다 낮게 나타나지만, 제주시 지역은 전국 평균 보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 기타 대기오염 물질에 대한 건강 지속적으로 증가함
- 2100년에는 제주시 0.355, 서귀포시 0.244로 전국평균(0.317)보다 낮게 나타남
- 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후 영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.295), 전국(0.376)
 - 적응능력: 제주(0.289), 전국(0.338)

- 제주특별자치도의 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.291)보다 제주지역(0.279)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.305)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-14) 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성의 전국 비교

아. 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성

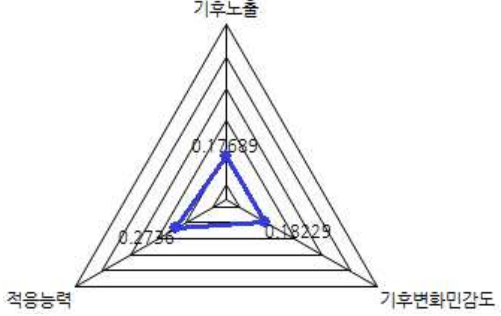
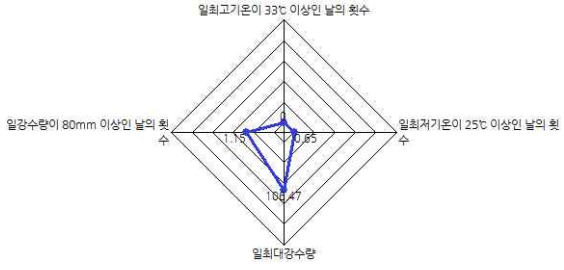
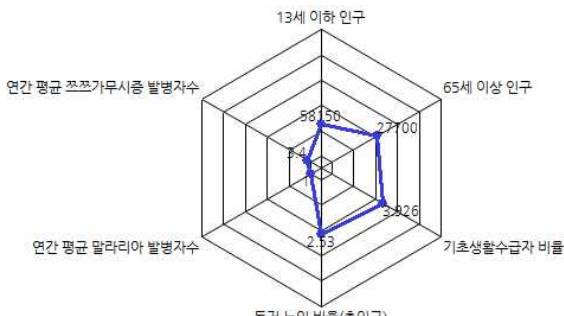
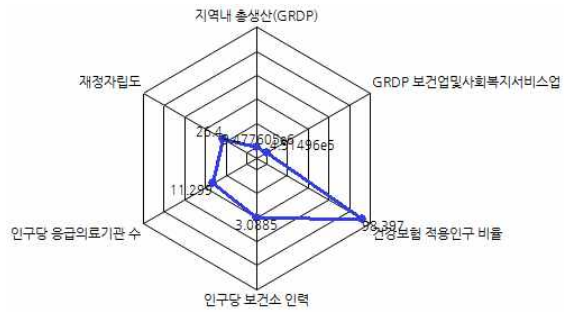
- 보건 분야의 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성 평가를 위한 대용변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-16> 곤충 및 설치류에 의한 전염병 취약성 부문 대용변수 및 가중치

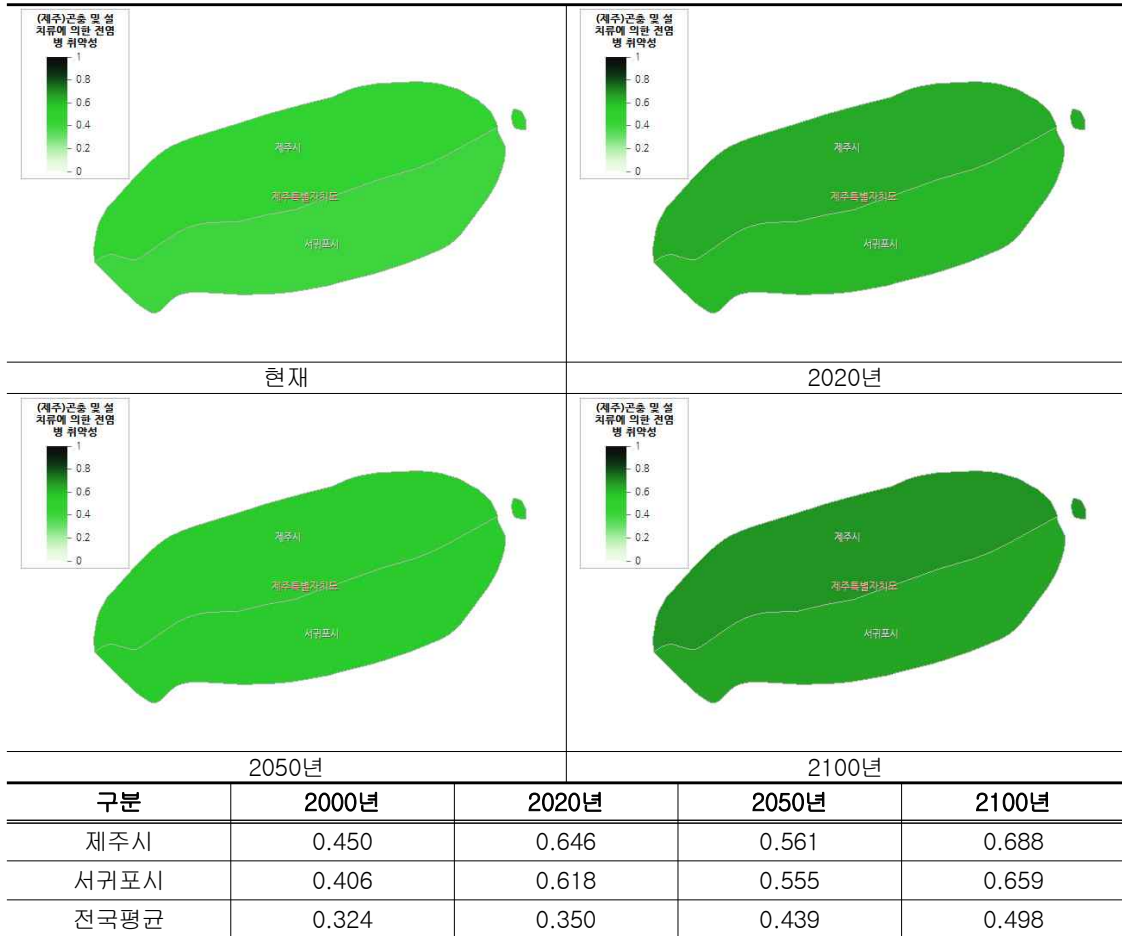
세부 항목	대용 변수	가중치	변수목록	가중치
곤충 및 설치류에 의한 전염병 취약성	기후·농촌	0.47	일 최고 기온이 33 ℃ 이상인 날의 수(회)	0.31
			일 최저 기온이 25 ℃ 이상인 날의 수(회)	0.19
			일 최대 강수량(mm)	0.21
			일 강수량이 80mm 이상인 날의 수(회)	0.29
	인구·노	0.30	65세 이상 인구(명)	0.09
			13세 이하 인구(명)	0.13
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.11
			기초생활수급자비율(%)	0.12
			연간 평균 말라리아 환자 발병자수(명)	0.27
			연간 평균 쯔쯔가무시증 환자 발병자수(명)	0.29
	지역·경제	0.23	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.18
			재정자립도(%)	0.23
			건강보험 적용인구 비율(%)	0.11
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.15
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.18
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.15

- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-17> 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성

 <p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후변화민감도·기후노출의 순으로 나타남</p>
 <p>일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수</p> <p>일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일최대강수량</p> <p>기후노출</p>	<p>- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 일강수량이 80mm이상인 날의 횟수로 나타남</p>
 <p>13세 이하 인구</p> <p>65세 이상 인구</p> <p>연간 평균 쏘쏘가무시증 발병자수</p> <p>연간 평균 말라리아 발병자수</p> <p>독거노인 비율(총인구)</p> <p>기초생활수급자 비율</p> <p>민감도</p>	<p>- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인 비율, 65세 이상 인구의 순으로 나타남</p>
 <p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>GRDP 보건업및사회복지서비스업</p> <p>재정자립도</p> <p>인구당 응급의료기관 수</p> <p>인구당 보건소 인력</p> <p>건강보험 적용인구 비율</p> <p>적응능력</p>	<p>- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남</p>

- 보건 분야의 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성의 미래 예측 결과는 다음과 같음

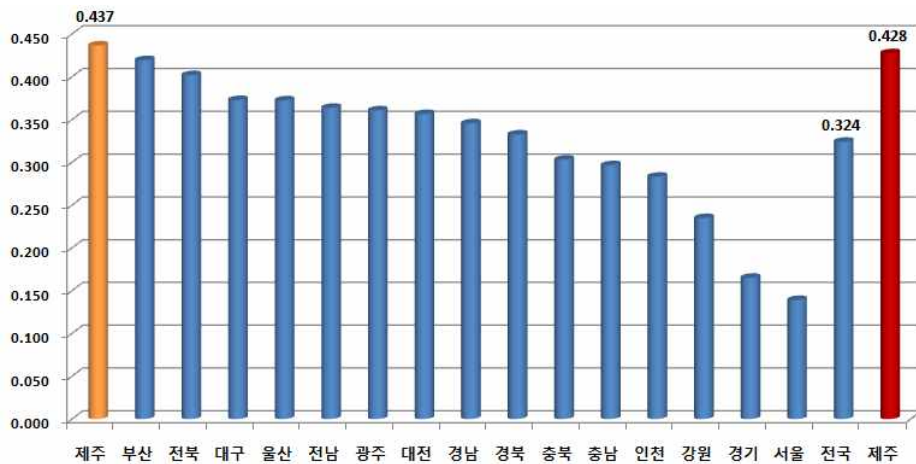


(그림 5-15) 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성은 제주시가 0.450, 서귀포시 0.406으로 전국 평균 0.324보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성은 전국적으로는 지속적으로 증가함
- 제주특별자치도는 2020년까지 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 다시 증가추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.688, 서귀포시 0.659로 전국평균(0.498)보다 높게 나타남
- 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는

낮은 값을 나타냄

- 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.359), 전국(0.285)
- 적응능력: 제주(0.274), 전국(0.328)
- 제주특별자치도의 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.324)보다 제주지역(0.428)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.437)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-16) 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성의 전국 비교

자. 수인성 매개질환의 건강 취약성

- 보건 분야의 수인성 매개질환의 건강 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-18> 수인성 매개 질환의 건강 취약성 부문 대응변수 및 가중치

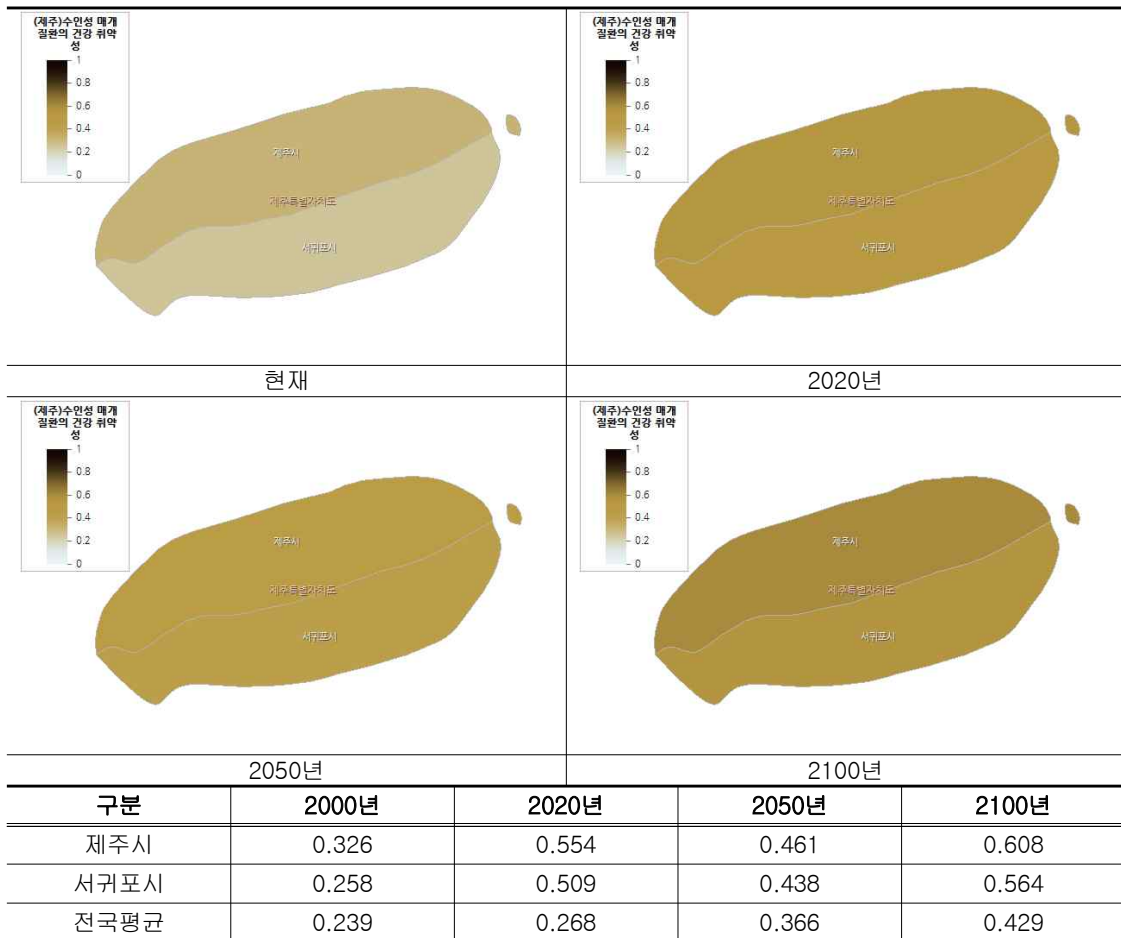
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
수인성 매개 질환의 건강 취약성	기후노출	0.47	일 최고 기온이 33 ℃ 이상인 날의 수(회)	0.23
			일 최고 기온이 25 ℃ 이상인 날의 수(회)	0.22
			일 최대 강수량(mm)	0.22
			일 강수량이 80mm 이상인 날의 수(회)	0.34
	민감도	0.30	65세 이상 인구(명)	0.14
			13세 이하 인구(명)	0.14
			독거노인 비율(총인구)(%)	0.15
			기초생활수급자비율(%)	0.13
			수인성 질환자 수(명)	0.44
	적응능력	0.23	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.19
			재정자립도(%)	0.25
			건강보험 적용인구 비율(%)	0.11
			인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16
			인구당 응급의료기관 수(개/백만명)	0.14
			GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	0.15

- 수인성 매개질환의 건강 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-19> 수인성 매개질환의 건강 취약성

<p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p> <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수인성 매개질환의 건강 취약성에 대한 대응 변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후 변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남
<p>일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수</p> <p>일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일최대강수량</p> <p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수인성 매개질환의 건강 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수로 나타남
<p>13세 이하 인구</p> <p>수인성 질환자 수</p> <p>65세 이상 인구</p> <p>독거 노인 비율(총인구)</p> <p>기초생활수급자 비율</p> <p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수인성 매개질환의 건강 취약성과 관련된 민감도는 기초생활수급자비율이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 독거노인 비율, 65세 이상 인구의 순으로 나타남
<p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>재경자립도</p> <p>GRDP 보건업및사회복지서비스업</p> <p>건강보험 적용인구 비율</p> <p>인구당 보건소 인력</p> <p>인구당 응급의료기관 수</p> <p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수인성 매개질환의 건강 취약성과 대한 적응능력은 건강보험 적용인구 비율이 가장 중요한 것으로 나타남

○ 보건 분야의 수인성 매개질환의 건강 취약성 평가의 미래예측결과는 다음과 같음

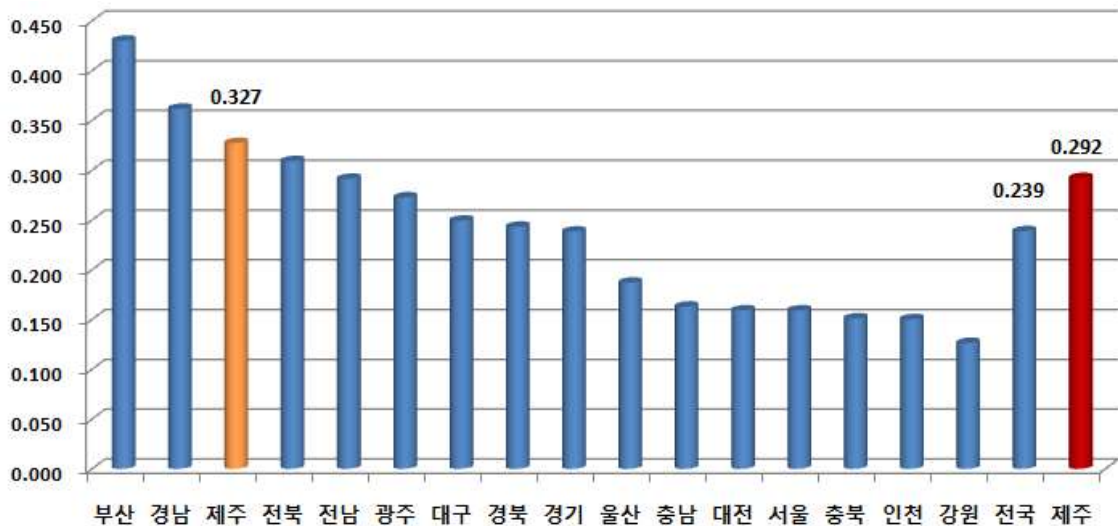


(그림 5-17) 수인성 매개질환의 건강 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 수인성 매개질환의 건강 취약성은 제주시가 0.326, 서귀포시 0.258로 전국 평균 0.239보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 수인성 매개질환의 건강 취약성은 전국적으로는 지속적으로 증가함
- 제주특별자치도는 2020년까지 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 다시 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.608, 서귀포시 0.564로 전국평균(0.429)보다 높게 나타남
- 수인성 매개질환의 건강 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력은 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.412), 전국(0.395)

- 적응능력: 제주(0.269), 전국(0.326)

- 제주특별자치도의 수인성 매개질환의 건강 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.239)보다 제주지역(0.292)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.327)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



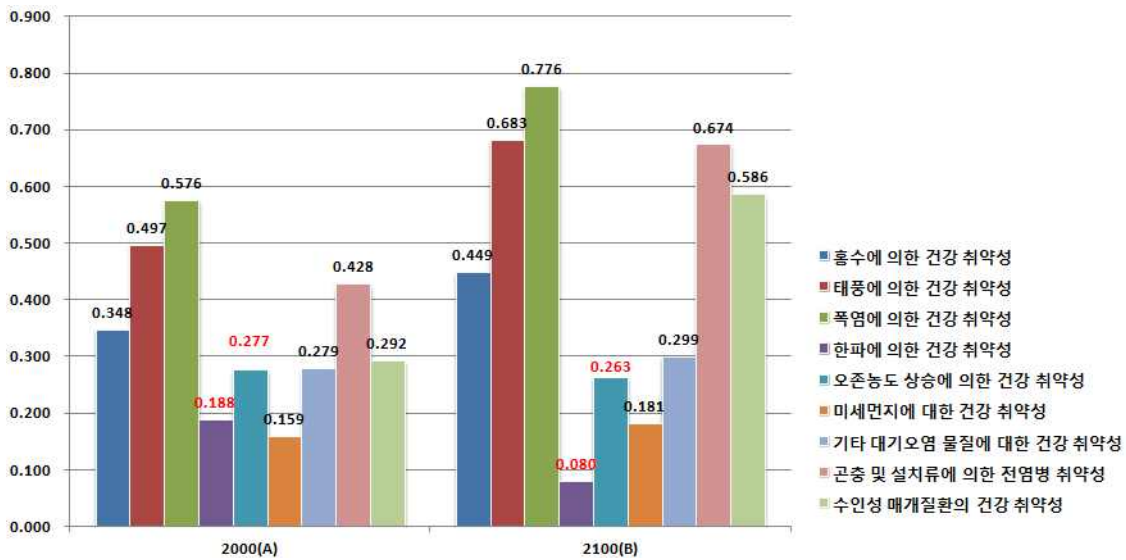
(그림 5-18) 수인성 매개질환의 건강 취약성의 전국 비교

차. 보건 분야 종합

- 제주특별자치도의 보건 분야 취약성을 각 항목별로 평가한 결과 한파에 의한 건강 취약성, 오존농도 상승에 의한 건강 취약성을 제외한 모든 부문에서 증가하는 것으로 나타남
- 보건 분야 중 수인성 매개질환의 건강 취약성의 증가 폭이 가장 크게 나타남

<표 5-20> 제주특별자치도 보건 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

구분	홍수	태풍	폭염	한파	오존 농도 상승	미세 먼지	기타 대기 오염 물질	전염병	수인성 매개 질환
2000(A)	0.348	0.497	0.576	0.188	0.277	0.159	0.279	0.428	0.292
2100(B)	0.449	0.683	0.776	0.080	0.263	0.181	0.299	0.674	0.586
(B)-(A)	0.101	0.186	0.200	-0.108	-0.014	0.023	0.021	0.246	0.294



(그림 5-19) 제주특별자치도 보건 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

2) 산림 분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 산림 분야의 평가 세부항목은 총 6개 분야로, 집중호우에 의한 산사태 취약성, 산사태에 의한 임도 및 등산로의 취약성, 산불에 대한 취약성, 병해충에 의한 소나무의 취약성, 산림생산성의 취약성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성이 선정되었음
- 산림 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-21> 산림 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
집중호우에 의한 산사태 취약성	SRES 시나리오 ¹⁶⁾ 에 의하면, 여름철 강수량이 다른 계절에 비해 강수량 증가폭이 커질 것으로 예상되어 산사태와 같은 산지토사재해의 위험성이 커질 것으로 예상됨
산사태에 의한 임도 및 등산로의 취약성	임도는 자연휴양림 및 산림 내에서 이용자에게 휴양적 기능을 제공하는 중요시설로서 기후변화가 야기하는 극한 기상현상으로 인하여 임도 및 등산로가 유실될 수 있음. 그리고 지역의 특성을 반영하는 산림경관이 갖는 역사적이고 문화적인 가치가 기상의 변화로 인해 부정적인 영향을 받을 수 있음. 특히 지역의 문화관광의 측면에서 역사적인 산림경관이 다른 유형의 식물종으로 구성되거나 변화하는 경우, 지자체가 관광유치의 측면에서 타격을 받을 수 있음
산불에 대한 취약성	국제적으로 산불이 증가하고 있는 추세이며, 특히 산불의 집중과 확산은 기온의 상승과 토지이용과 더불어 강수량이 감소하게 됨에 따라 이루어지는 것으로 밝혀짐. 겨울과 봄철에 강수량은 증가하지 않는 반면 기온이 상승할 것으로 예상되어 산불 발생시기가 앞당겨지고 간헐적인 가뭄이 있을 경우 대형 산불도 우려됨
병해충에 의한 소나무의 취약성	기후변화로 인해 소나무 재선충과 같은 병충해의 전파속도 및 개체수가 빠르게 증가할 수 있음. 환경변화로 인해 병해충의 천적이 되는 생물 개체군은 감소하나 곤충은 환경조건이 유리하면 폭발적으로 증가하는 특성이 있음. 병해충의 문제는 여러 요인이 복합적으로 관여되어 있어 유입되는 병해충의 종류에 따라 피해 여부와 피해 정도 예측이 어려움

세부항목	선정 배경
산림생산성의 취약성	기후변화로 인한 수종별 생육범위가 변화하여 생산성 및 조림지대가 바뀌고 조림지 산림생산성이 변화할 것으로 예상됨. 현재 전국에 분포 가능한 소나무림이 급격한 기후변화 시나리오(A2)에 의하면 21세기 후반에는 적정 생육범위가 일부 고산지대와 강원산간으로만 국한될 것으로 전망됨. 현재의 천연림과 조림지의 수종은 기후변화에 따라 생육이 부적합한 경우가 발생하여 쇠퇴하거나 생산력 저하도 예상됨. 과거 이산화탄소 흡수원으로서 역할을 해왔던 유럽 산림의 경우, 2003년 이상고온과 가뭄 현상으로 나무에 스트레스를 주어 생장량이 감소하고, 낙엽층과 토양의 유기물의 분해속도는 빨라져 산림생태계 전체적으로 흡수한 양보다 배출한 양이 더 많았다는 연구결과가 있음
가뭄에 의한 산림식생의 취약성	강수량이 줄어들고 연속적인 무강수일이 증가하여 가뭄을 겪게 되면 산림식생에 부정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨. 특히 식생이 견딜 수 있는 한계치 이상의 영향을 받는 경우에 산림식생은 심각한 영향을 받을 수 있음

(2) 산림 부문 취약성 평가

가. 집중호우에 의한 산사태 취약성

- 산림 분야의 집중호우에 의한 산사태 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

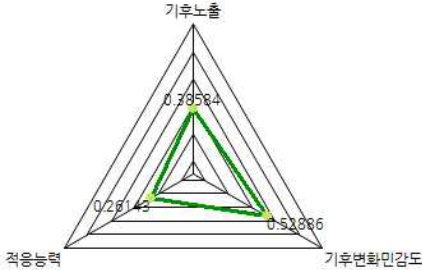
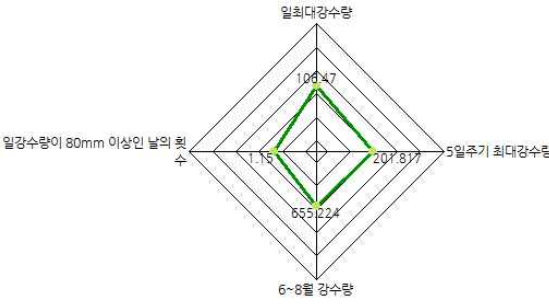
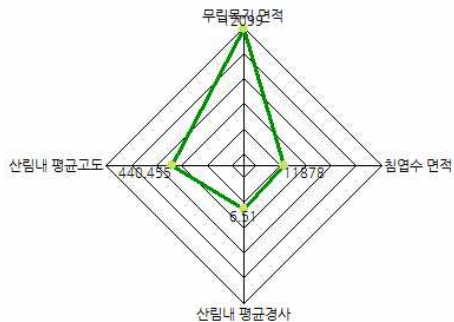
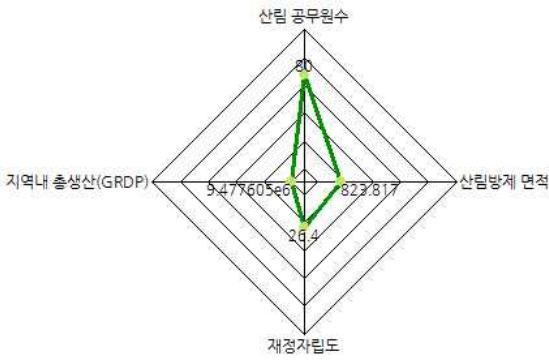
<표 5-22> 집중호우에 의한 산사태 취약성 부문 대응변수 및 가중치

세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
집중호우에 의한 산사태 취약성	기후·노출	0.40	일강수량이 80mm이상인 날의 횟수(회)	0.24
			일최대강수량(mm)	0.36
			6~8월 강수량(mm)	0.18
			5일 주기 최대강수량(mm)	0.22
	민감도	0.37	산림 내 평균경사(도)	0.39
			침엽수 면적(ha)	0.13
			산림 내 평균고도(m)	0.16
			무림(임)목지 면적(ha)	0.33
	적응·회복	0.23	산림 공무원 수(명)	0.20
			산림방제 면적(ha)	0.24
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.18
			재정자립도(%)	0.38

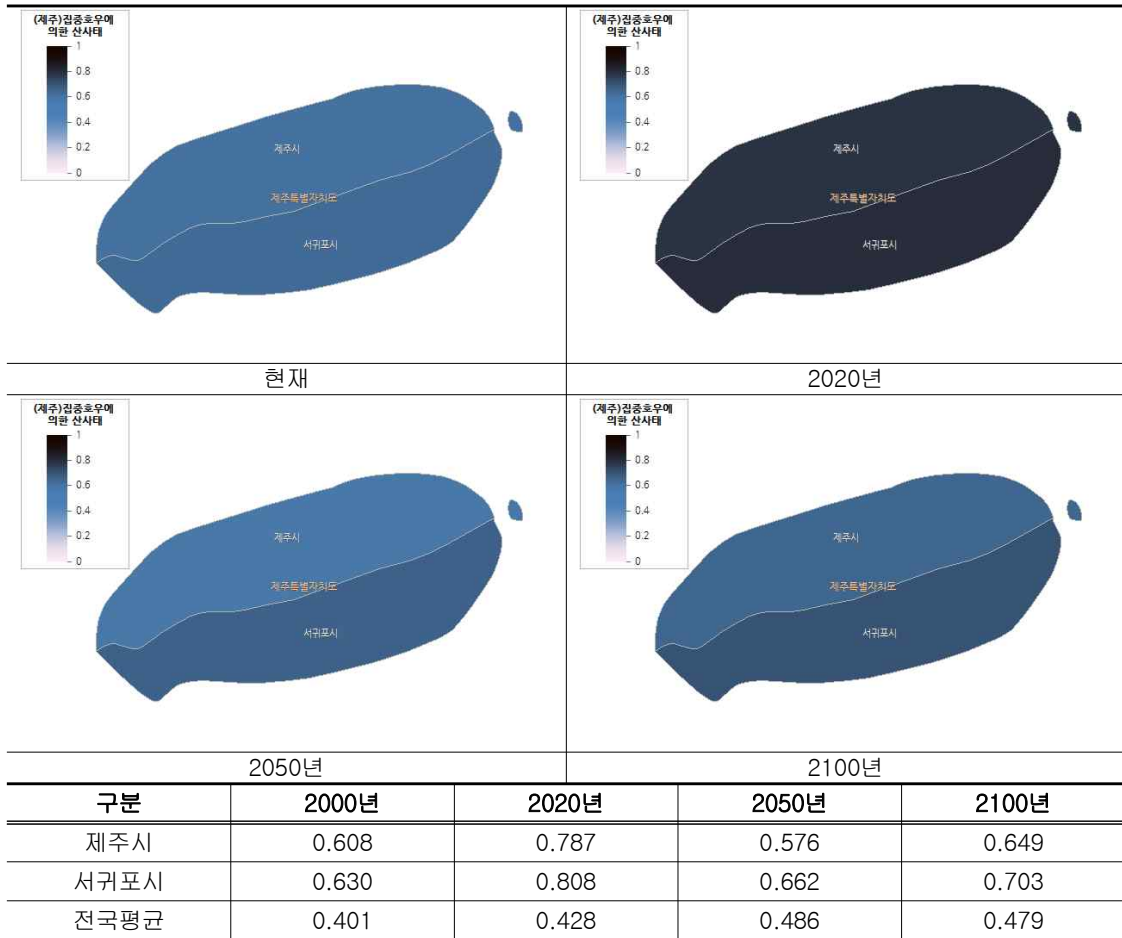
16) SRES 시나리오란 IPCC 배출시나리오에 관한 특별보고서(IPCC, 2000)에서 제시된 것을 말함

- 산림 분야의 집중호우에 의한 산사태 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-23> 집중호우에 의한 산사태 취약성

 <p>취약성 지수</p>	<p>- 집중호우에 의한 산사태 취약성에 대한 대응 변수의 기여도를 파악한 결과, 기후변화민감도, 기후노출, 적응능력의 순으로 나타남</p>
 <p>기후노출</p>	<p>- 집중호우에 의한 산사태 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 크게 나타나고, 다음으로 5일주기 최대 강수량으로 나타남</p>
 <p>민감도</p>	<p>- 집중호우에 의한 산사태 취약성과 관련된 민감도는 무림면적, 산림내 평균고도의 순으로 나타남</p>
 <p>적응능력</p>	<p>- 집중호우에 의한 산사태 취약성에 대한 적응능력은 산림 공무원 수가 가장 중요한 것으로 나타나고, 다음으로 재정자립도가 중요한 것으로 나타남</p>

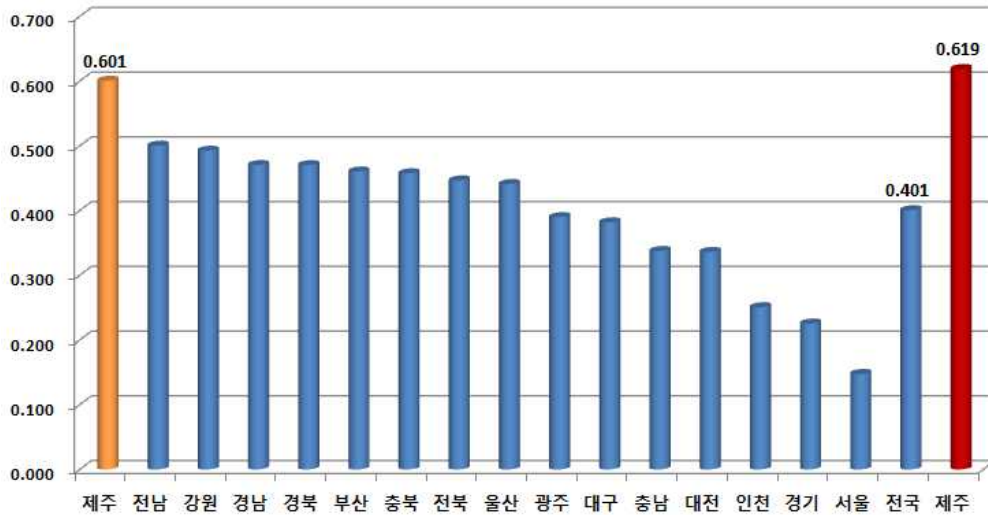
- 산림 분야의 집중호우에 의한 산사태 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-20) 집중호우에 의한 산사태 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 집중호우에 의한 산사태 취약성은 제주시가 0.608, 서귀포시 0.630으로 전국 평균 0.401보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 집중호우에 의한 산사태 취약성은 제주특별자치도는 2050년 감소하였다가 다시 증가하고, 전국적으로는 2050년 까지는 지속적으로 증가하다가, 이후 감소하는 것으로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.649, 서귀포시 0.703으로 전국평균(0.479)보다 높게 나타남
- 집중호우에 의한 산사태 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.915), 전국(0.534)
 - 적응능력: 제주(0.261), 전국(0.207)

- 제주특별자치도의 집중호우에 의한 산사태 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.401)보다 제주지역(0.619)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.601)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-21) 집중호우에 의한 산사태 취약성의 전국 비교

나. 산사태에 의한 임도의 취약성

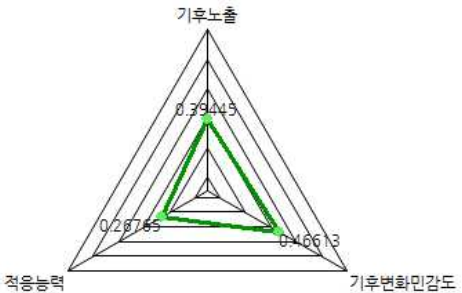
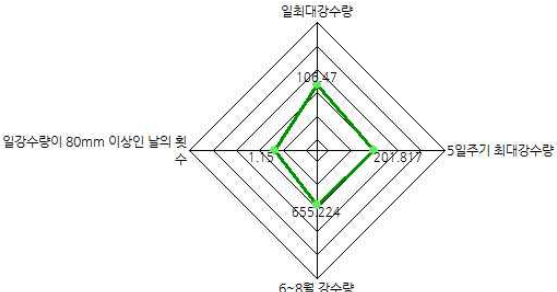
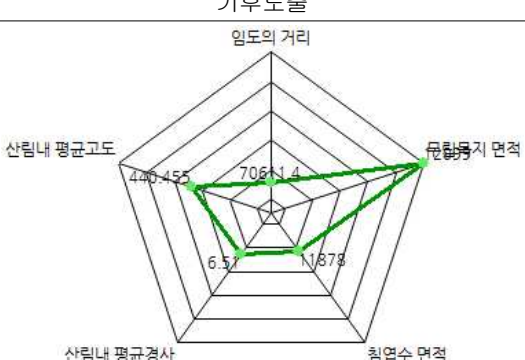
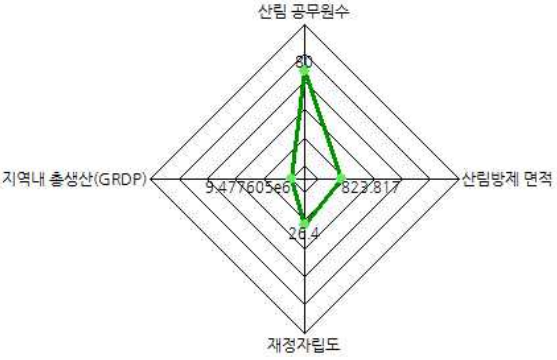
- 산림 분야의 산사태에 의한 임도의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-24> 산사태에 의한 임도의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

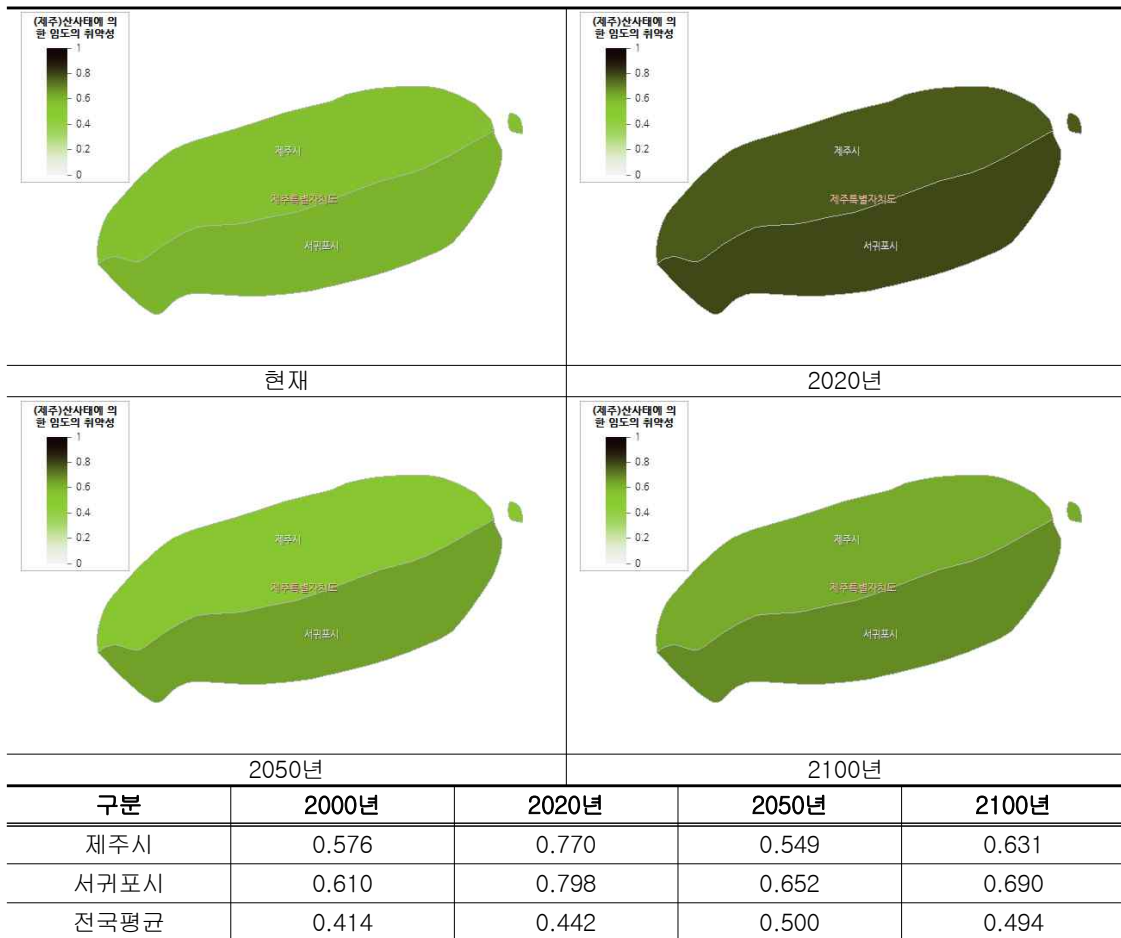
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
산사태에 의한 임도의 취약성	기후·노후	0.38	일강수량이 80mm이상인 날의 횟수(회)	0.23
			일최대강수량(mm)	0.46
			6~8월 강수량(mm)	0.17
			5일주기 최대강수량(mm)	0.15
	지형·지질	0.34	산림내 평균경사(도)	0.37
			침엽수 면적(ha)	0.13
			산림내 평균고도(m)	0.13
			무림(임)목지 면적(ha)	0.27
			임도의 거리(m)	0.10
	지역·사회	0.28	산림 공무원 수(명)	0.20
			산림방제 면적(ha)	0.25
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.15
			재정자립도(%)	0.40

- 산림 분야의 산사태에 의한 임도의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-25> 산사태에 의한 임도의 취약성

 <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 산사태에 의한 임도의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후변화민감도, 기후노출, 적응능력의 순으로 나타남
 <p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 산사태에 의한 임도의 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 크게 나타나고, 다음으로 5일주기 최대 강수량으로 나타남
 <p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 산사태에 의한 임도의 취약성과 관련된 민감도는 무림목지 면적, 산림내 평균고도의 순으로 나타남
 <p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 산사태에 의한 임도의 취약성에 대한 적응능력은 산림 공무원 수가 가장 중요한 것으로 나타나고, 다음으로 재정자립도가 중요한 것으로 나타남

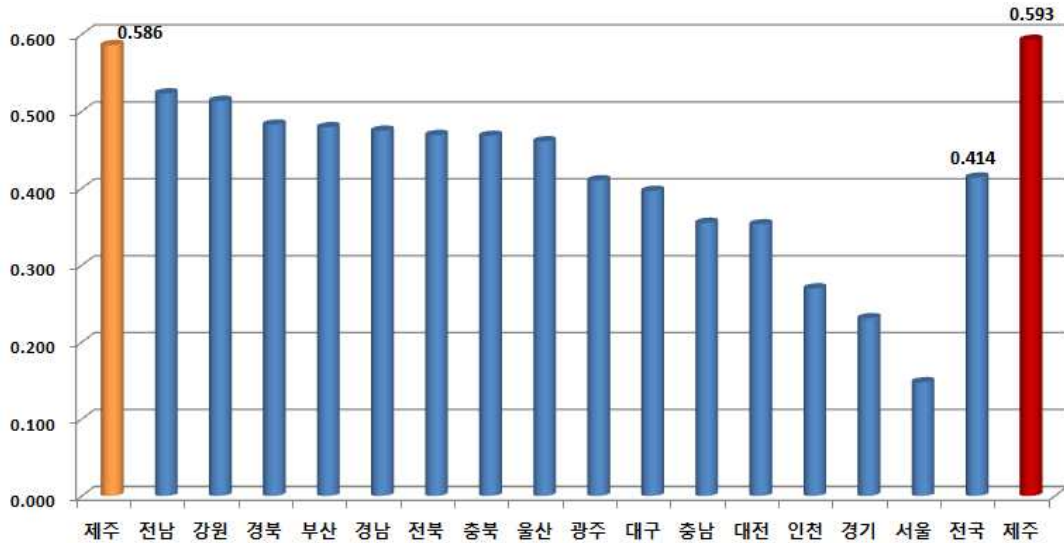
- 산림 분야의 산사태에 의한 임도의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-22) 산사태에 의한 임도의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 산사태에 의한 임도의 취약성은 제주시가 0.576, 서귀포시 0.610으로 전국 평균 0.414보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 산사태에 의한 임도의 취약성은 제주특별자치도는 2050년 감소하였다가 다시 증가하고, 전국적으로는 2050년까지는 지속적으로 증가하다가 이후 감소하는 것으로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.631, 서귀포시 0.690으로 전국평균(0.494)보다 높게 나타남
- 산사태에 의한 임도의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.861), 전국(0.502)
 - 적응능력: 제주(0.268), 전국(0.206)

- 제주특별자치도의 산사태에 의한 임도의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.414)보다 제주지역(0.593)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.586)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-23) 산사태에 의한 임도의 취약성의 전국 비교

다. 산불에 대한 취약성

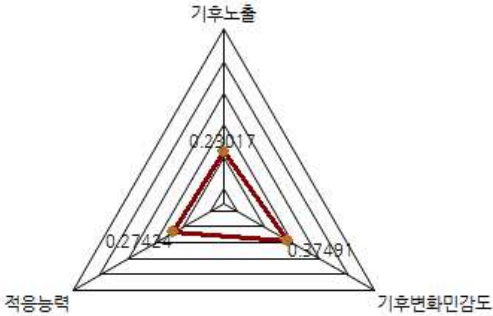
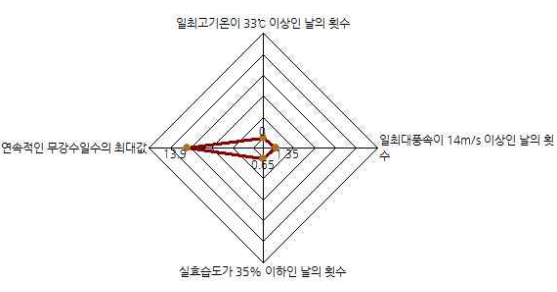
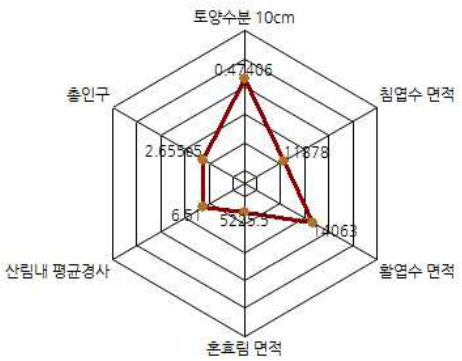
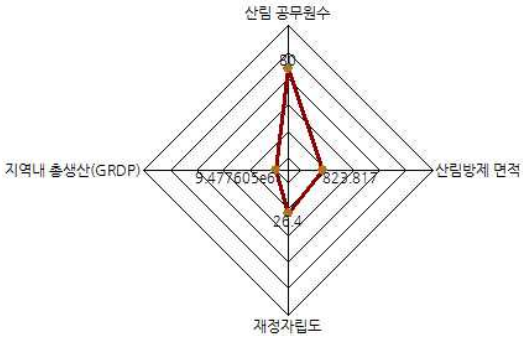
- 산림 분야의 산불에 대한 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-26> 산불에 대한 취약성 부문 대응변수 및 가중치

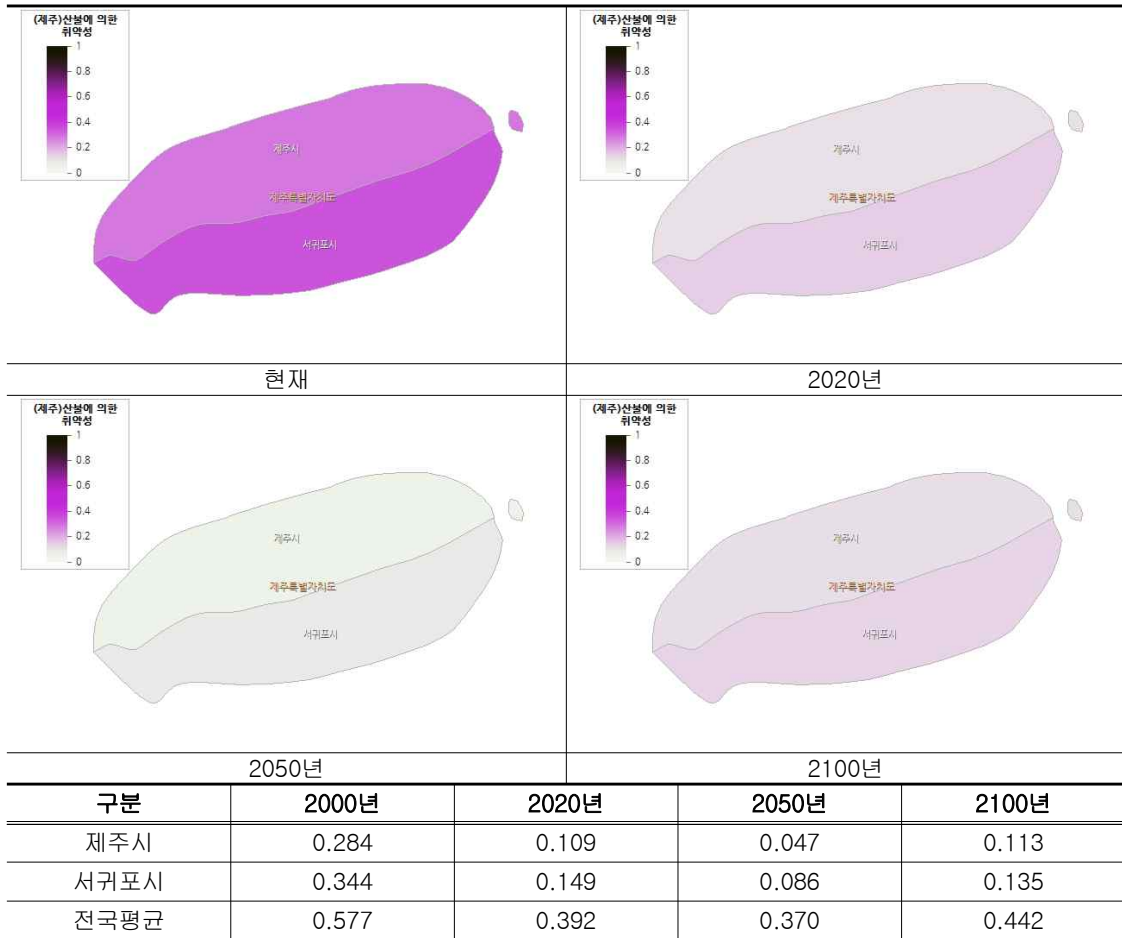
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
산불에 의한 취약성	기후나열	0.43	일최고기온이 33도 이상인 날의 횟수(회)	0.08
			일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.22
			실효습도가 35%이하인 날의 횟수(회)	0.35
			연속적인 무강수일의 최대값(회)	0.35
	지형나	0.27	침엽수 식생 면적(ha)	0.24
			활엽수 식생 면적(ha)	0.10
			혼효림 식생 면적(ha)	0.11
			토양수분 10cm(m ³ /m ²)	-0.30
			산림 내 평균경사(도)	0.16
			총인구(명)	0.09
	자연조건	0.30	산림 공무원 수(명)	0.24
			산림방제 면적(ha)	0.39
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.16
			재정자립도(%)	0.21

- 산림 분야의 산불에 대한 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-27> 산불에 대한 취약성

 <p>기후노출</p> <p>0.29017</p> <p>0.37491</p> <p>0.27424</p> <p>적응능력</p> <p>민감도</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 산불에 대한 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 기후변화민감도, 적응능력, 기후노출의 순으로 나타남</p>
 <p>일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>연속적인 무강수일수의 최대값</p> <p>일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수</p> <p>습도습도가 35% 이하인 날의 횟수</p> <p>기후노출</p>	<p>- 산불에 대한 취약성과 관련된 기후노출은 연속적인 무강수일수의 최대값이 가장 크게 나타남</p>
 <p>토양수분 10cm</p> <p>침엽수 면적</p> <p>활엽수 면적</p> <p>산림내 평균경사</p> <p>혼효림 면적</p> <p>민감도</p>	<p>- 산불에 대한 취약성과 관련된 민감도는 토양수분 10cm, 활엽수 면적의 순으로 나타남</p>
 <p>산림 공무원수</p> <p>산림방제 면적</p> <p>재정자립도</p> <p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>적응능력</p>	<p>- 산불에 대한 취약성에 대한 적응능력은 산림 공무원 수가 가장 중요한 것으로 나타나고, 다음으로 재정자립도가 중요한 것으로 나타남</p>

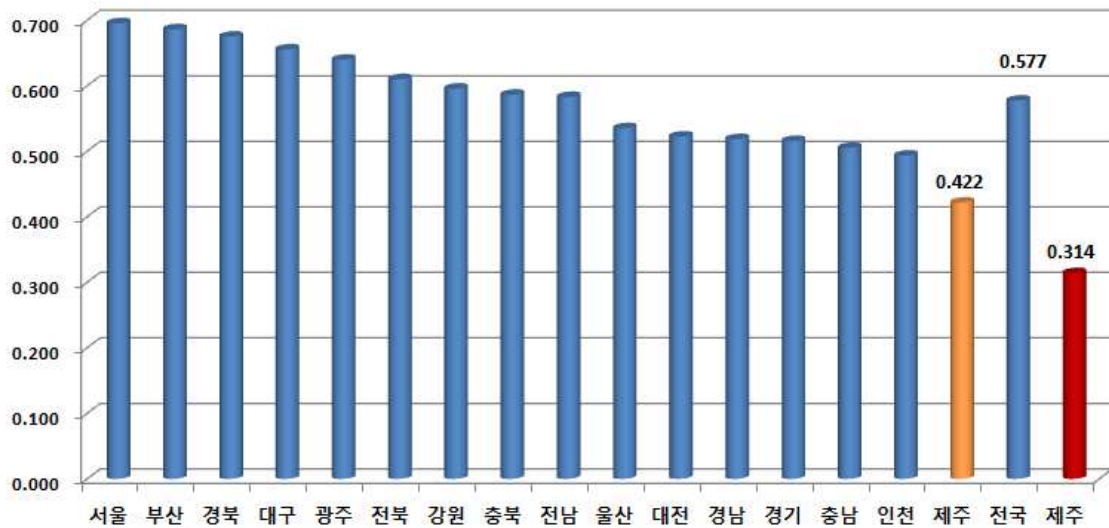
- 산림 분야의 산불에 대한 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-24) 산불에 대한 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 산불에 대한 취약성은 제주시가 0.284, 서귀포시 0.344로 전국 평균 0.577보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 산불에 대한 취약성은 제주특별자치도를 포함하여 전국적으로 2050년까지는 지속적으로 감소하였으나, 2100년까지는 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.113, 서귀포시 0.135로 전국평균(0.442)보다 낮게 나타남
- 산불에 대한 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.605), 전국(0.601)
 - 적응능력: 제주(0.274), 전국(0.194)
- 제주특별자치도의 산불에 대한 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.577)보

다 제주지역(0.314)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.422)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-25) 산불에 대한 취약성의 전국 비교

라. 병해충에 의한 소나무의 취약성

- 산림분야의 병해충에 의한 소나무의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-28> 병해충에 의한 소나무의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

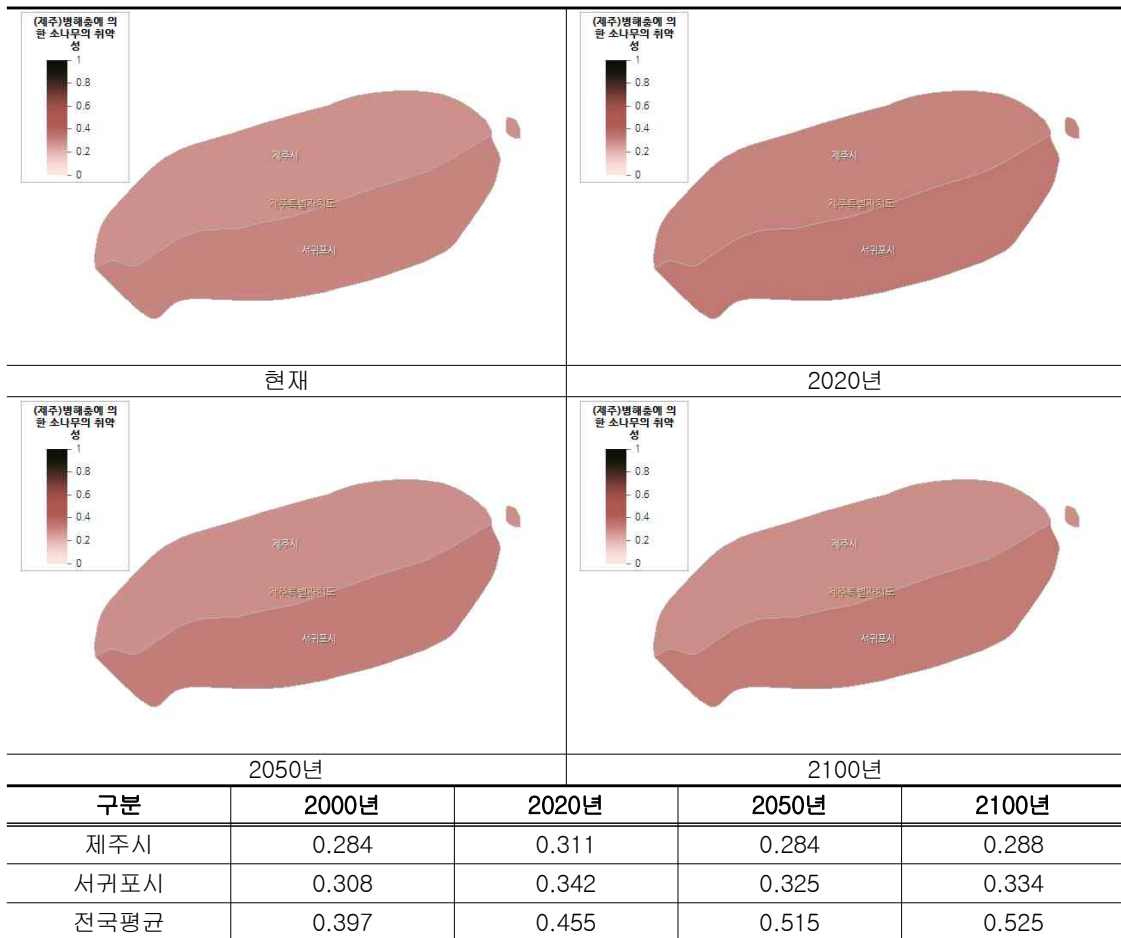
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
병해충에 의한 소나무의 취약성	기후·기후	0.37	6~8월의 강수량(mm)	0.38
			6~8월의 일최저기온(℃)	0.14
			6~8월의 일최고기온(℃)	0.26
			일최대풍속이 14m/s이상인 날의 횟수(회)	0.22
	산림·지리	0.38	소나무의 면적(m ²)	0.31
			산림 내 평균경사(도)	0.08
			산림 내 평균고도(m)	0.13
			병충해 발생 면적(ha)	0.48
	지역·경제	0.25	산림 공무원 수(명)	0.21
			병해충 방제 고용인력(명)	0.18
			산림방제 면적(ha)	0.35
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.11
			재정자립도(%)	0.15

- 산림 분야의 병해충에 의한 소나무의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-29> 병해충에 의한 소나무의 취약성

<p>기후노출</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 병해충에 의한 소나무의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 기후노출, 적응능력, 기후변화민감도의 순으로 나타남</p>
<p>6~8월 일최고기온</p> <p>6~8월 일최저기온</p> <p>6~8월 강수량</p> <p>일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수</p>	<p>- 병해충에 의한 소나무의 취약성과 관련된 기후노출은 6~8월 일최고기온, 6~8월 일최저기온의 순으로 나타남</p>
<p>기후노출</p> <p>소나무의 면적</p> <p>산림내 평균경사</p> <p>산림내 평균고도</p>	<p>- 병해충에 의한 소나무의 취약성과 관련된 민감도는 산림내 평균고도가 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 산림내 평균 경사로 나타남</p>
<p>민감도</p> <p>산림 공무원수</p> <p>산림방제 면적</p> <p>병충해 방제 고용인력</p> <p>재정자립도</p> <p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>적응능력</p>	<p>- 병해충에 의한 소나무의 취약성에 대한 적응능력은 산림공무원수가 중요한 것으로 나타남</p>

○ 산림 분야의 병해충에 의한 소나무의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-26) 병해충에 의한 소나무의 취약성의 미래예측

- 현재 병해충에 의한 소나무의 취약성 평가결과는 제주시가 0.284, 서귀포시 0.308로 전국평균 0.397보다 다소 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 병해충에 의한 소나무의 취약성 평가결과는 전국적으로 계속 증가하며, 제주특별자치도는 2020년 다소 상승하였으나 이후 감소추세로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.288, 서귀포시 0.334(전국 평균: 0.525)으로 나타남
- 병해충에 의한 소나무의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 낮은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.532), 전국(0.583)
 - 적응능력: 제주(0.241), 전국(0.171)

- 제주특별자치도의 병해충에 의한 소나무의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.397)보다 제주지역(0.296)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.349)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-27) 병해충에 의한 소나무의 취약성의 전국 비교

마. 산림생산성의 취약성

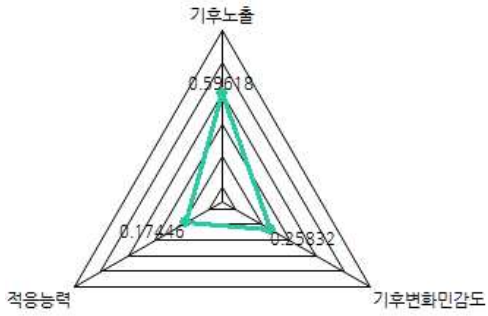
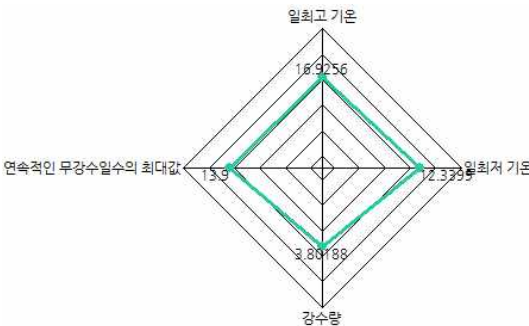
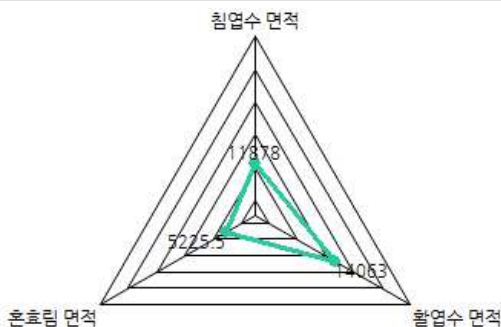
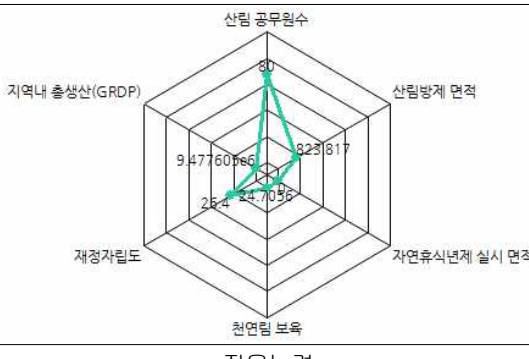
- 산림분야의 산림생산성 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-30> 산림생산성의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

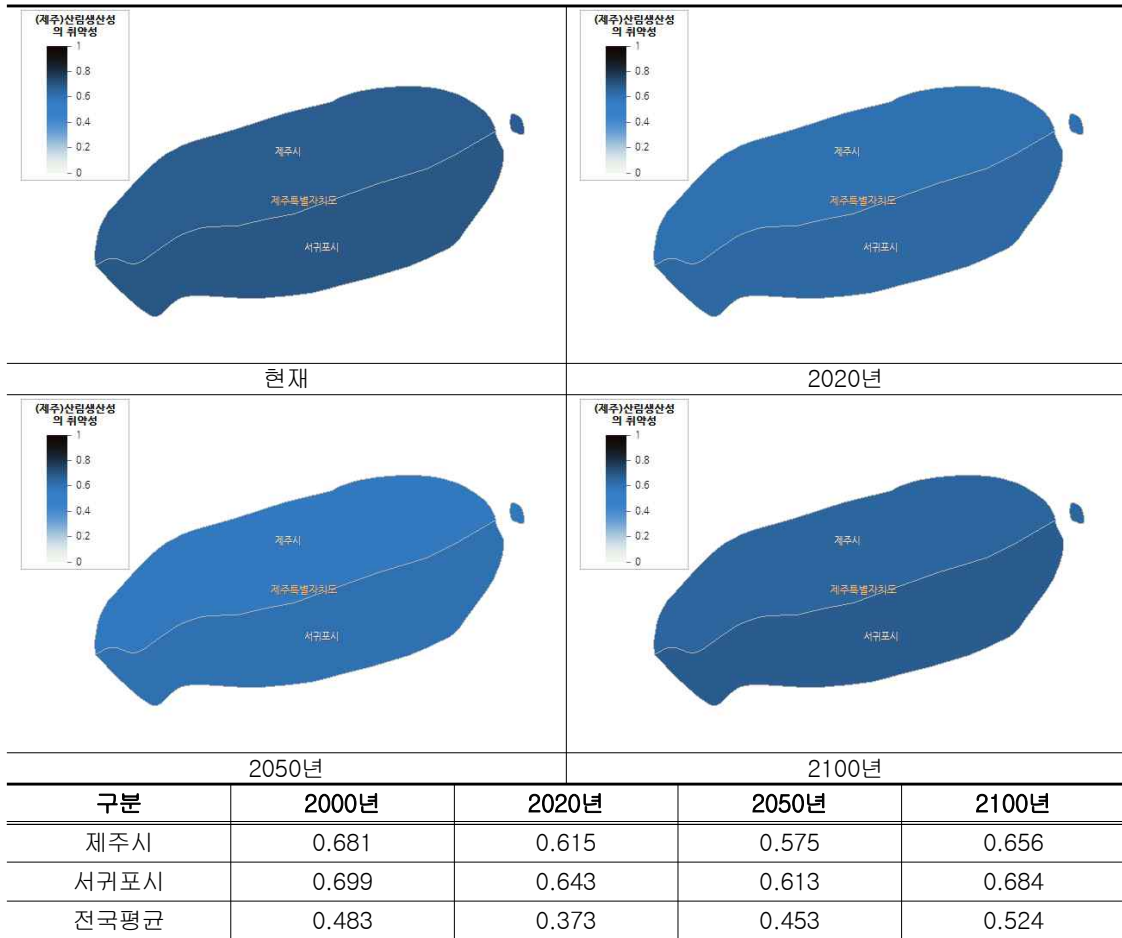
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
산림 생산성의 취약성	기후조건	0.44	강수량(mm/day)	0.35
			일최고 기온(℃)	0.25
			일최저 기온(℃)	0.12
			연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.28
	지형조건	0.28	침엽수 면적(ha)	0.33
			활엽수 면적(ha)	0.30
			혼효림 면적(ha)	0.37
	지역조건	0.28	산림 공무원 수(명)	0.15
			산림방제 면적(ha)	0.30
			자연휴식년제 실시 면적(㎡)	0.16
			천연림 보육(ha)	0.15
			재정자립도(%)	0.10
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.14

- 산림 분야의 산림생산성 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-31> 산림생산성의 취약성

 <p>취약성 지수</p>	<p>- 산림생산성의 취약성에 대한 대용변수의 기여도를 파악한 결과 기후노출, 기후변화민감도, 적응능력의 순으로 나타남</p>
 <p>기후노출</p>	<p>- 산림생산성의 취약성과 관련된 기후노출은 일 최저기온, 연속적인 무강수일수의 최대값의 순으로 나타남</p>
 <p>민감도</p>	<p>- 산림생산성의 취약성과 관련된 민감도는 활엽수 면적이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 침엽수 면적으로 나타남</p>
 <p>적응능력</p>	<p>- 산림생산성의 취약성에 대한 적응능력은 산림 공무원수가 중요한 것으로 나타남</p>

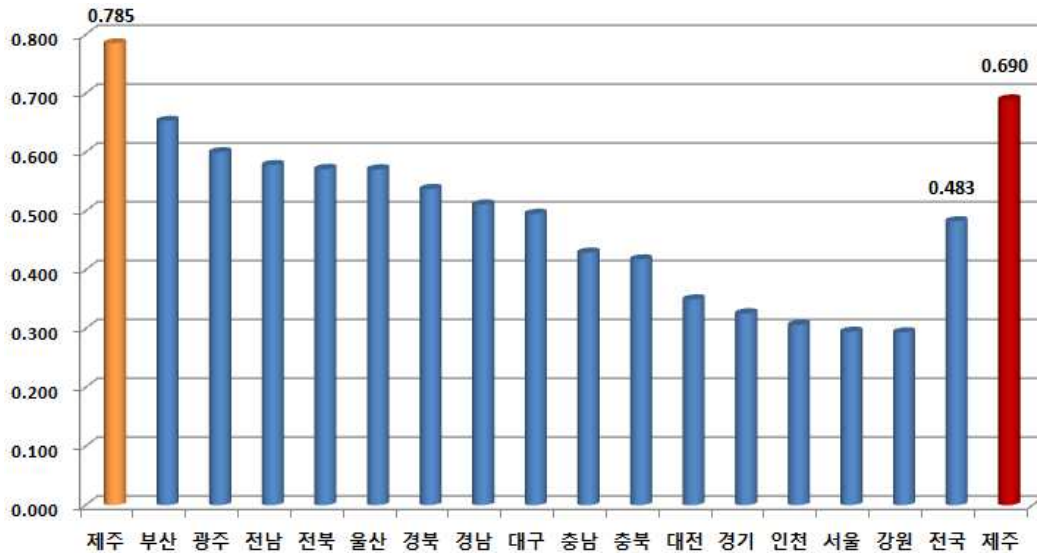
- 산림 분야의 산림생산성 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-28) 산림생산성 취약성의 미래예측

- 현재 산림생산성의 취약성 평가결과는 제주시가 0.681, 서귀포시 0.699로 전국평균 0.483보다 다소 높게 나타남
- 미래에 예상되는 산림생산성의 취약성 평가결과는 전국적으로 2050년까지 계속 감소하며, 이후 증가추세로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.656, 서귀포시 0.684(전국 평균: 0.524)로 나타남
- 산림생산성의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.855), 전국(0.635)
 - 적응능력: 제주(0.174), 전국(0.162)
- 제주특별자치도의 산림생산성의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.483)

보다 제주지역(0.690)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.785)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-29) 산림생산성의 취약성의 전국 비교

바. 가뭄에 의한 산림식생의 취약성

- 산림분야의 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-32> 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

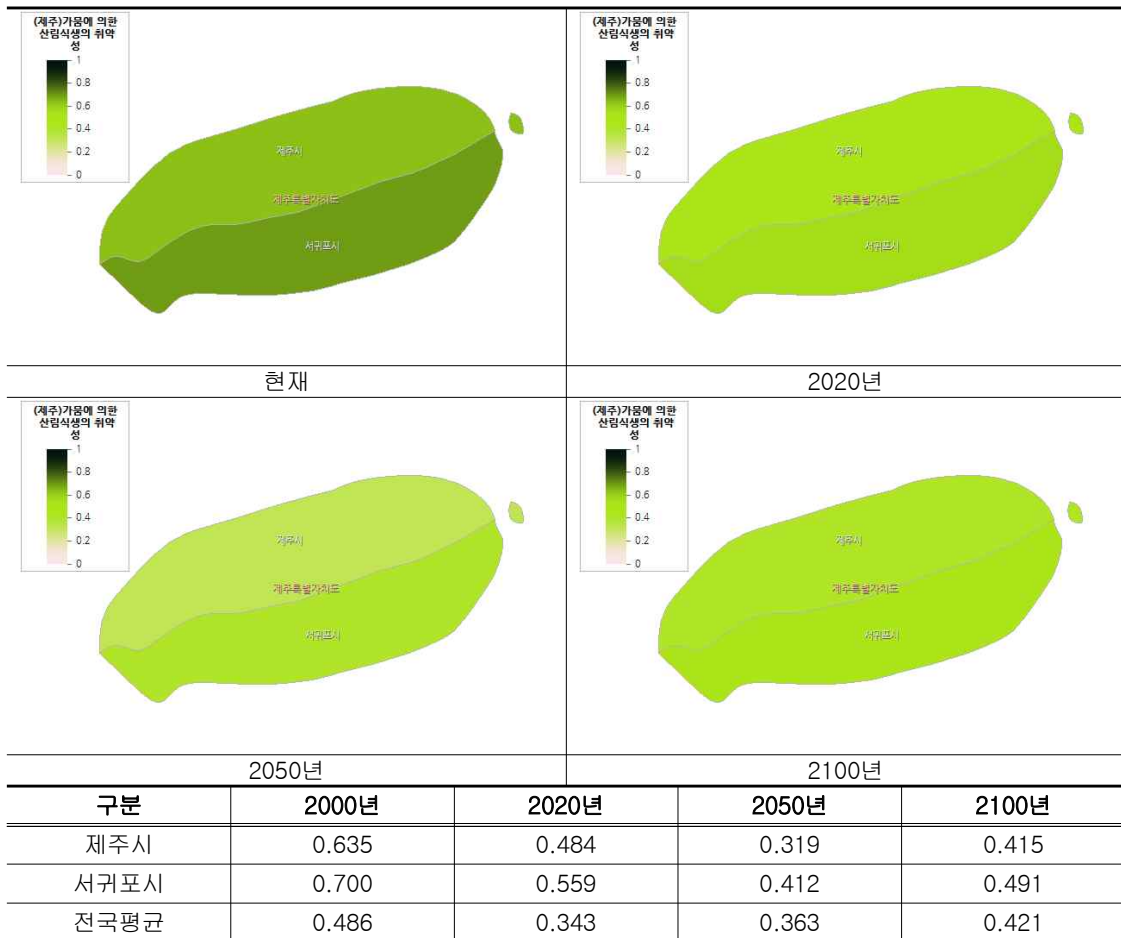
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
가뭄에 의한 산림식생의 취약성	기후 조건	0.45	강수량(mm/day)	0.40
			연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.35
			실효습도가 35% 이하인 날의 횟수(회)	0.24
	식생 조건	0.30	침엽수 면적(ha)	0.14
			활엽수 면적(ha)	0.23
			혼효림 면적(ha)	0.33
			조림지의 면적(ha)	0.29
	자연 환경	0.25	산림 공무원 수(명)	0.20
			산림방제 면적(ha)	0.35
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.15
			재정자립도(%)	0.15
			천연림 보육(ha)	0.15

- 산림 분야의 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-33> 가뭄에 의한 산림식생의 취약성

<p>기후노출</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 가뭄에 의한 산림식생의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 기후노출, 적응능력, 기후변화민감도의 순으로 나타남</p>
<p>실효습도가 35% 이하인 날의 횟수</p> <p>기후노출</p>	<p>- 가뭄에 의한 산림식생의 취약성과 관련된 기후노출은 연속적인 무강수일수의 최대값, 강수량의 순으로 나타남</p>
<p>조림지의 면적</p> <p>민감도</p>	<p>- 가뭄에 의한 산림식생의 취약성과 관련된 민감도는 활엽수 면적이 가장 높은 영향요인이며 다음으로는 침엽수 면적으로 나타남</p>
<p>산림 공무원수</p> <p>적응능력</p>	<p>- 가뭄에 의한 산림식생의 취약성에 대한 적응능력은 산림공무원수가 중요한 것으로 나타남</p>

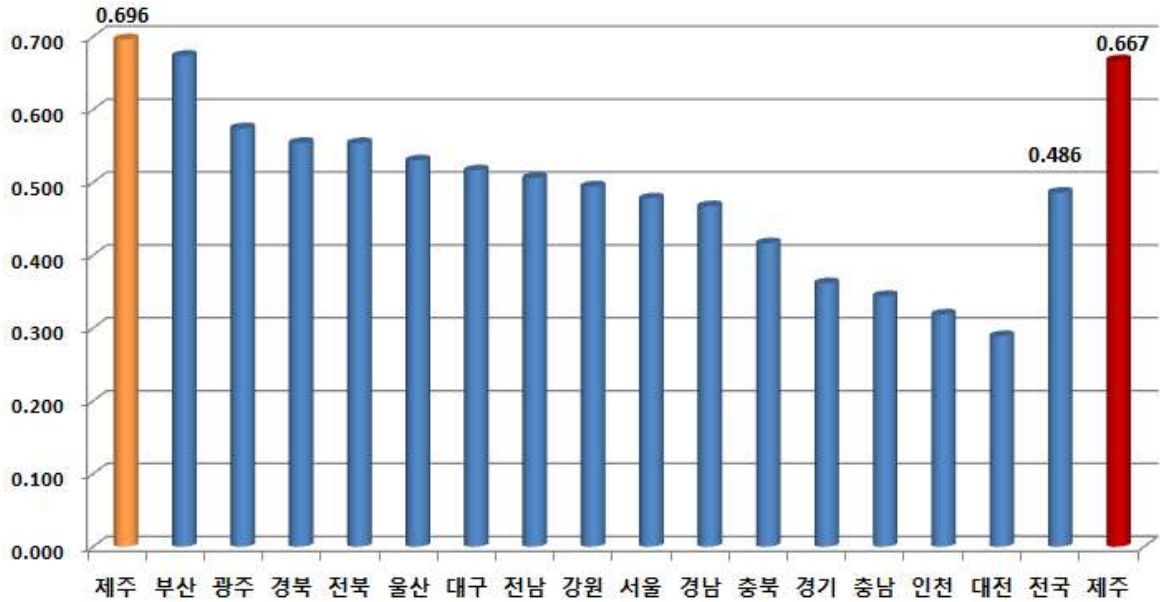
- 산림 분야의 가뭄에 의한 산림식생의 취약성의 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-30) 가뭄에 의한 산림식생 취약성의 미래예측

- 현재 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 평가결과는 제주시가 0.635, 서귀포시 0.700으로 전국평균 0.486보다 다소 높게 나타남
- 미래에 예상되는 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 평가결과는 전국적으로 2050년까지 계속 감소하며, 이후 증가추세로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.415, 서귀포시 0.491(전국 평균: 0.421)로 나타남
- 가뭄에 의한 산림식생의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.661), 전국(0.524)
 - 적응능력: 제주(0.228), 전국(0.193)
- 제주특별자치도의 가뭄에 의한 산림식생의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국

평균(0.486)보다 제주지역(0.667)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.696)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-31) 가뭄에 의한 산림식생의 취약성의 전국 비교

사. 산림 분야 종합

- 제주특별자치도의 산림 분야 취약성을 각 부문별로 평가한 결과 집중호우에 의한 산사태의 취약성, 산사태에 의한 임도의 취약성, 병해충에 의한 소나무의 취약성은 증가하고, 산불에 대한 취약성, 산림생산성의 취약성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성은 감소하는 것으로 나타남
- 산림 분야 중 집중호우에 의한 산사태의 취약성이 가장 높게 나타남

<표 5-34> 제주특별자치도 산림 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

구분	집중호우에 의한 산사태 취약성	산사태에 의한 임도의 취약성	산불에 의한 취약성	병해충에 의한 소나무의 취약성	산림생산성의 취약성	가뭄에 의한 산림식생의 취약성
2000(A)	0.619	0.593	0.314	0.296	0.690	0.667
2100(B)	0.676	0.661	0.124	0.311	0.670	0.453
(B)-(A)	0.057	0.068	-0.190	0.015	-0.020	-0.214



(그림 5-32) 제주특별자치도 산림 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

3) 물관리 분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 물관리 분야의 평가 세부항목은 총 3분야로, 치수의 취약성, 이수의 취약성, 수질 및 수생태의 취약성이 선정되었음
- 물관리 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-35> 물관리 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
치수의 취약성	IPCC 제4차 보고서는 현재와 같은 화석연료의 대량소비 추세에 지속될 경우 해수면은 59 cm 상승하며 지구 평균기온은 최대 7.4 °C 가 증가할 것으로 전망함. 우리나라의 경우 지난 100년(1912-2008)간 한반도의 연평균 기온은 1.7 °C 상승하였고 연강수량은 19 % 증가하였음. 기후변화모델 실험을 통해 얻은 미래 기후변화 전망에 따르면 2100년 대기 중 CO ₂ 농도가 현재의 2배에 달하면 21세기말은 20세기에 비해 한반도 연강수량은 17 % 증가할 것으로 예상됨
이수의 취약성	최근 기후변화로 인한 가뭄의 주기성이 빨라지고 있음. 우리나라의 경우 지난 100년(1912-2008)간 한반도의 연평균기온은 1.7 °C 상승하였고 연강수량은 19 % 증가하였음 IPCC 보고서에 따르면 2050년에 아시아에서는 10억명 이상이 물 부족을 겪게 될 것으로 전망하였으며 우리나라도 상당한 영향을 받을 것으로 파악됨
수질 및 수생태의 취약성	기후변화로 인한 강수량과 기온의 변화는 하천의 유량 및 수온의 변화와 직 접적인 관련이 있음. 즉, 기온의 변화는 수온의 변화를 초래하고, 수온변화는 하천의 조류 성장과 박테리아, 부영양소 및 금속오염 수준을 변화시킴. 기후 변화로 인한 강우사상의 변화는 비점오염물질을 하천으로 유입시키는 원동력으로 작용하여 수질오염을 가중시킬 수 있음. 이러한 수온 및 수질의 변화는 수중생태계에 영향을 미칠 수 있음

(2) 물관리 부문 취약성 평가

가. 치수의 취약성

- 물관리 분야 치수의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-36> 치수의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

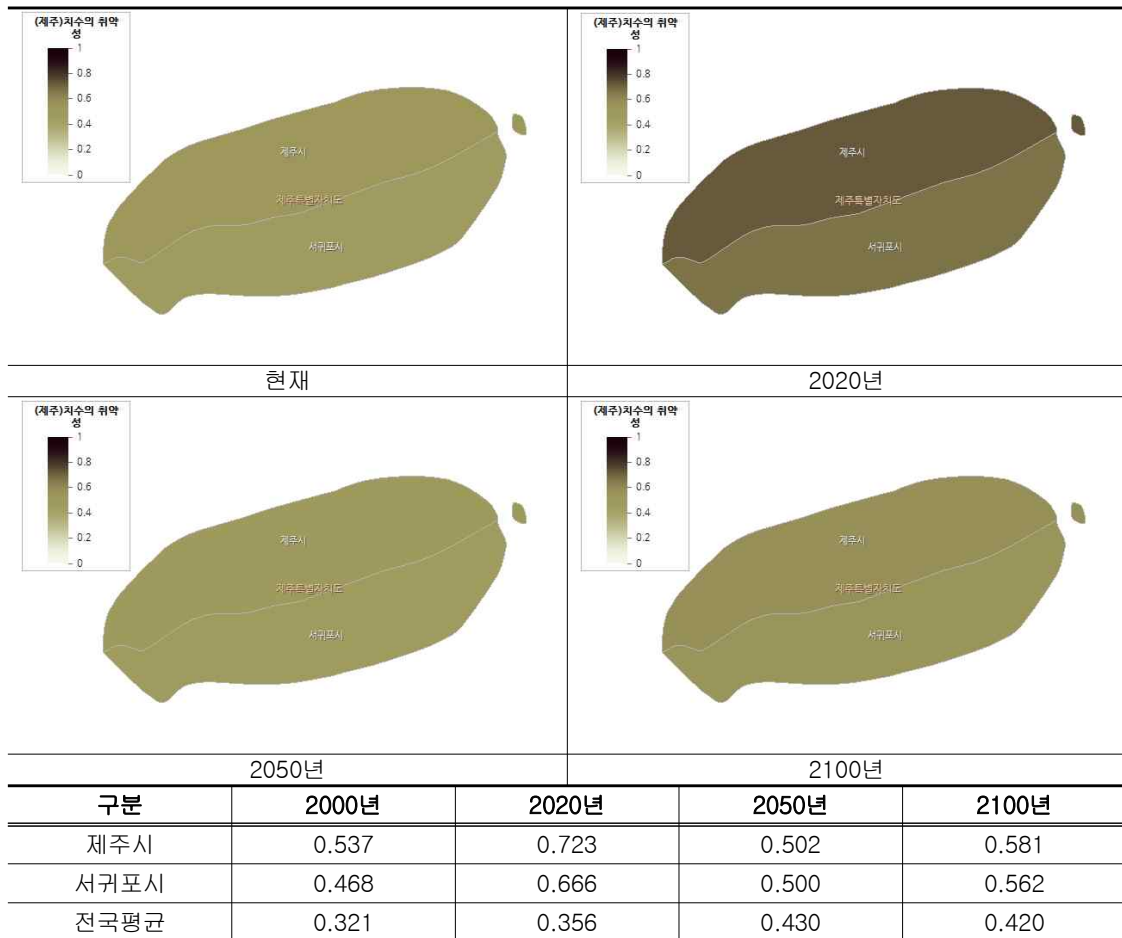
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
치수의 취약성	기후노출	0.37	일최대강수량(mm)	0.23
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.28
			5일주기최대강수량(mm)	0.14
			지면유출(mm/day)	0.22
			여름철(6-9월)강수량(mm)	0.13
	민감도	0.30	10m이하 저지대면적(km ²)	0.09
			10m이하 저지대가구(세대)	0.13
			국토이용 면적중 제방사용 면적율(%)	0.06
			인구밀도(명/km ²)	0.08
			총인구(명)	0.06
			지역평균경사도(deg)	0.11
			도로면적 비율(%)	0.08
			최근 5년간 홍수 피해액(천원)	0.18
			최근 5년간 홍수 피해인구(명)	0.21
	적응능력	0.33	재정자립도(%)	0.13
			인구당 공무원수(명/만명)	0.07
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.11
			면적당 물관리 공무원수(명/km ²)	0.13
			하천 개수율(%)	0.14
			내수배제시설 배수능력(m ³ /분)	0.21
			저수지홍수 조절능력(백만 m ³)	0.21

- 물관리 분야 치수의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-37> 치수의 취약성

<p>기후노출</p> <p>기후변화민감도</p> <p>적응능력</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 치수의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 기후변화민감도, 적응능력의 순으로 나타남</p>
<p>일최대강수량</p> <p>5일주기 최대강수량</p> <p>6~9월 강수량</p> <p>일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수</p> <p>지면유출</p> <p>기후노출</p>	<p>- 치수의 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 크게 나타남</p>
<p>10m 이하 저지대 면적</p> <p>인구밀도</p> <p>최근 3년간 홍수피해인구</p> <p>총인구</p> <p>10m 이하 저지대 가구</p> <p>제방면적비율</p> <p>도로면적비율</p> <p>최근 3년간 홍수피해액</p> <p>민감도</p>	<p>- 치수의 취약성과 관련된 민감도는 최근 3년간 홍수 피해액이 가장 크게 나타남</p>
<p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>저수지 홍수 조절능력</p> <p>내수배제시설 배수능력</p> <p>재정자립도</p> <p>인구당 공무원수</p> <p>면적당 물관리 공무원수</p> <p>제방개수율</p> <p>적응능력</p>	<p>- 치수의 취약성에 대한 적응능력은 제방개수율이 가장 높게 나타남</p>

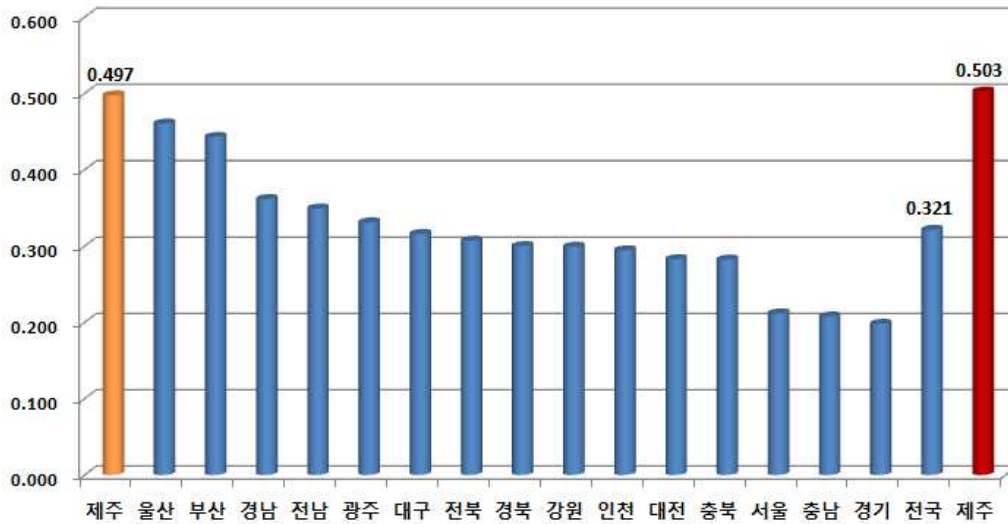
- 물관리 분야 치수의 취약성 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-33) 치수 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 치수 취약성은 제주시가 0.537, 서귀포시 0.468로 전국 평균 0.321보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 치수의 취약성은 제주특별자치도를 포함해 전국적으로 2020년에는 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 다시 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.581, 서귀포시 0.562(전국평균: 0.420)로 나타남
- 치수의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서도 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.600), 전국(0.339)
 - 적응능력: 제주(0.174), 전국(0.136)
- 제주특별자치도의 치수의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.321)보다 제

주지역(0.503)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.497)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-34) 치수의 취약성의 전국 비교

나. 이수의 취약성

- 물관리 분야 치수의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-38> 이수의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

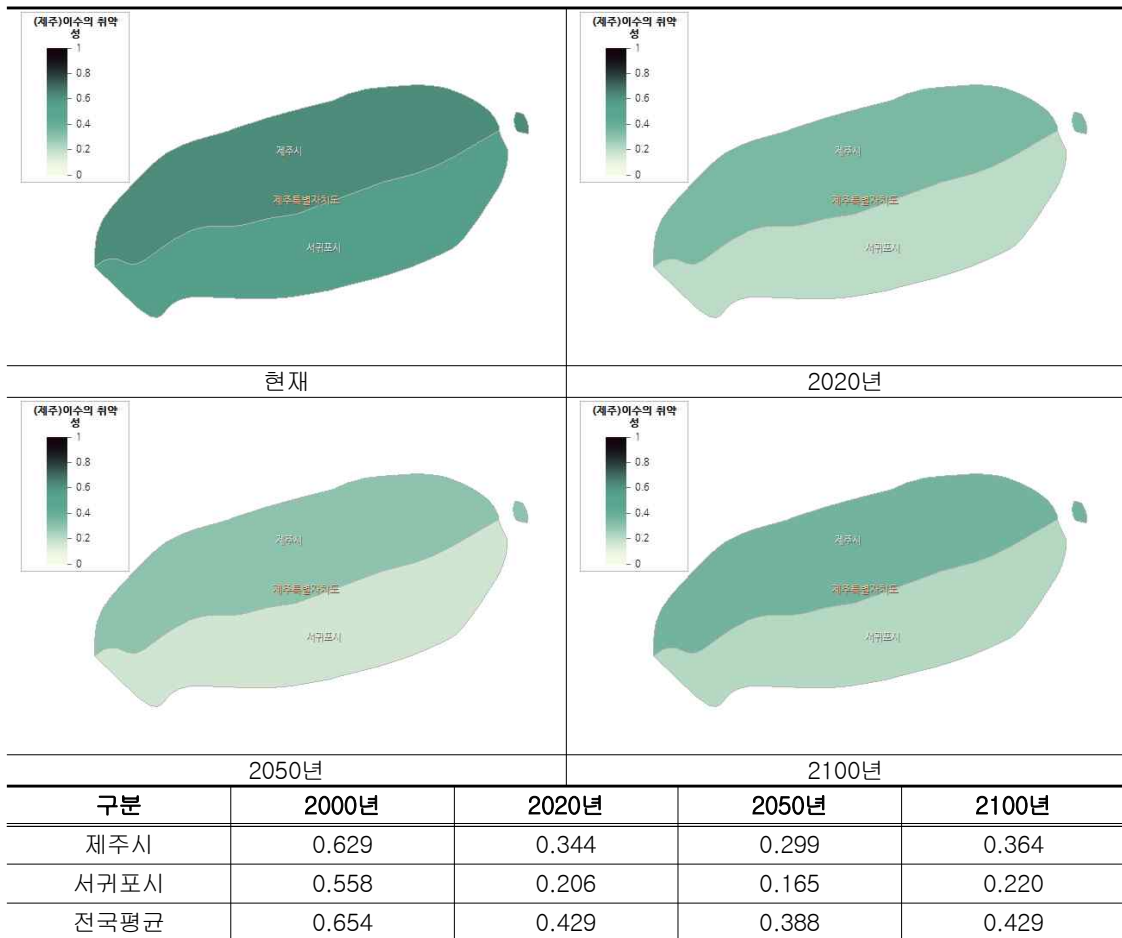
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
이수의 취약성	기후 노출	0.31	연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.37
			12~2월 강수량(mm)	0.16
			3~5월 강수량(mm)	0.24
			12~2월 증발산량(mm)	0.06
			3~5월 증발산량(mm)	0.08
			지하유출(mm/day)	0.09
	민감도	0.31	인구밀도(명/km ²)	0.06
			총인구(명)	0.05
			상수도:1인1일급수량(liter)	0.11
			면적당 농산물 생산(ton/km ²)	0.08
			면적당 축산물 생산(마리/km ²)	0.08
			지하수 이용량(m ³ /년)	0.26
			하천수 이용량(m ³ /년)	0.06
			생활용수 사용량(천 m ³ /년)	0.14
			농업용수 사용량(천 m ³ /년)	0.16
	지역발전	0.38	재정자립도(%)	0.12
			인구당 공무원수(명/만명)	0.05
			지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.09
			면적당 물관리 공무원수(명/km ²)	0.09
			상수도 보급률(%)	0.15
			지하수 가용량(천 m ³ /년)	0.14
			단위면적당 용수공급용 저수지 저수용량(천 m ³)	0.21
			단위면적당 물재이용량(천 m ³ /년)	0.15

- 물관리 분야 이수의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-39> 이수의 취약성

<p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이수의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 기후변화민감도, 적응능력의 순으로 나타남
<p>3~5월 강수량</p> <p>12~2월 강수량</p> <p>연속적인 무강수일수의 최대값</p> <p>봄철 증발산량(3~5월)</p> <p>겨울철 증발산량(12~2월)</p> <p>지하유출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이수의 취약성과 관련된 기후노출은 지하유출이 가장 크게 나타남
<p>면적당 곡물 생산</p> <p>면적당 축산물생산</p> <p>지하수 이용량</p> <p>하천수 이용량</p> <p>농업용수 사용량</p> <p>생활용수 사용량</p> <p>1일 1인당 급수량</p> <p>인구밀도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이수의 취약성과 관련된 민감도는 지하수 이용량이 가장 크게 나타남
<p>지하수 가용량</p> <p>지역내 총생산(GRDP)</p> <p>단위면적당 용수공급용 저수지 저수량</p> <p>단위면적당 물재이용량</p> <p>재정자립도</p> <p>인구당 공무원수</p> <p>상수도 보급률</p> <p>면적당 물관리 공무원수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이수의 취약성에 대한 적응능력은 상수도 보급률, 지하수 가용량의 순으로 나타남

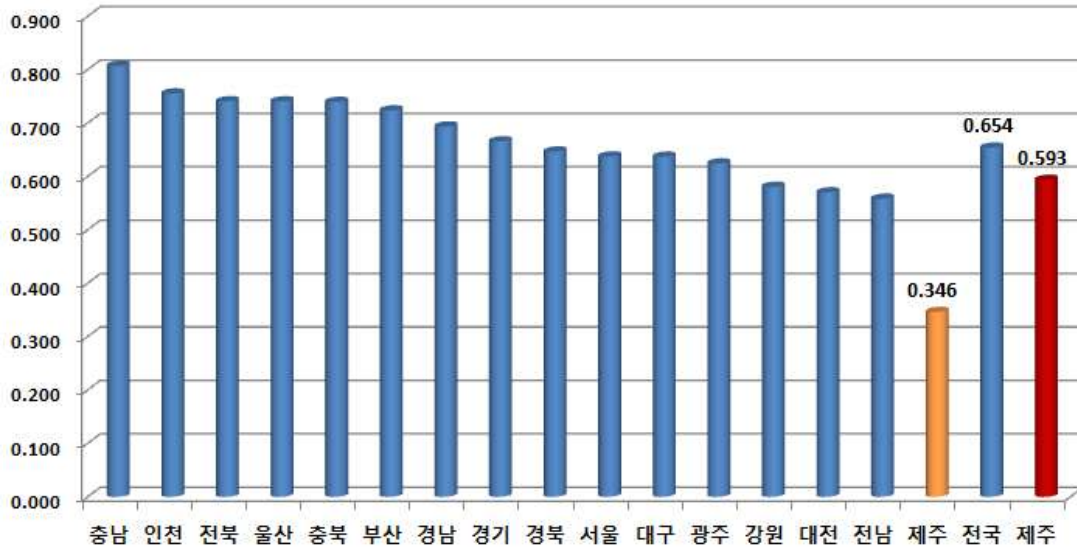
○ 물관리 분야 이수의 취약성 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-35) 이수의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 이수의 취약성은 제주시가 0.629, 서귀포시 0.558로 전국 평균 0.654보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 이수의 취약성은 제주특별자치도를 포함해 전국적으로 2050년까지 감소하고, 2100년에는 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.364, 서귀포시 0.220(전국평균: 0.429)로 나타남
- 이수의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서도 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.980), 전국(0.833)
 - 적응능력: 제주(0.341), 전국(0.214)
- 제주특별자치도의 이수의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.654)보다 제

주지역(0.593)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.346)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-36) 이수의 취약성의 전국 비교

다. 수질 및 수생태에 대한 취약성

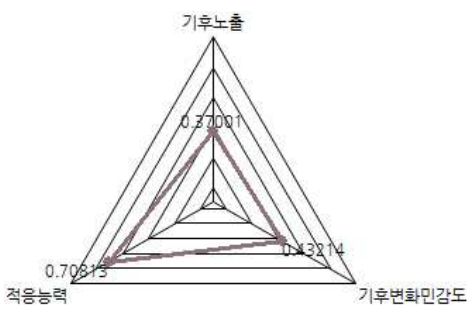
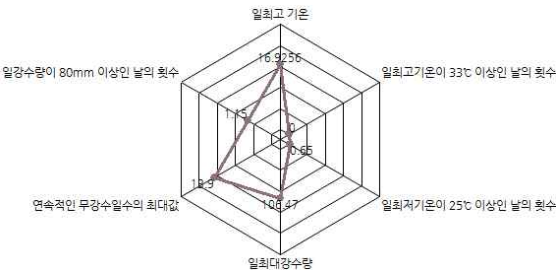
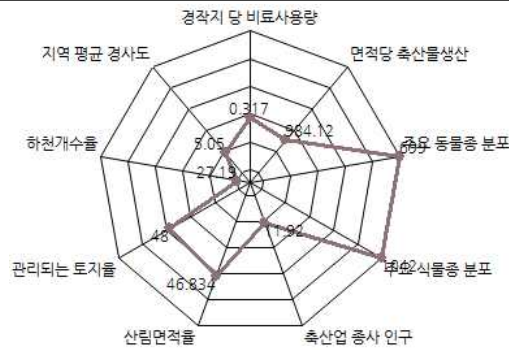
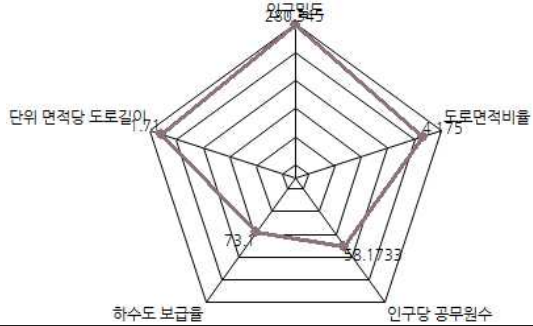
- 물관리 분야의 수질 및 수생태에 대한 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-40> 수질 및 수생태에 대한 취약성 부문 대응변수 및 가중치

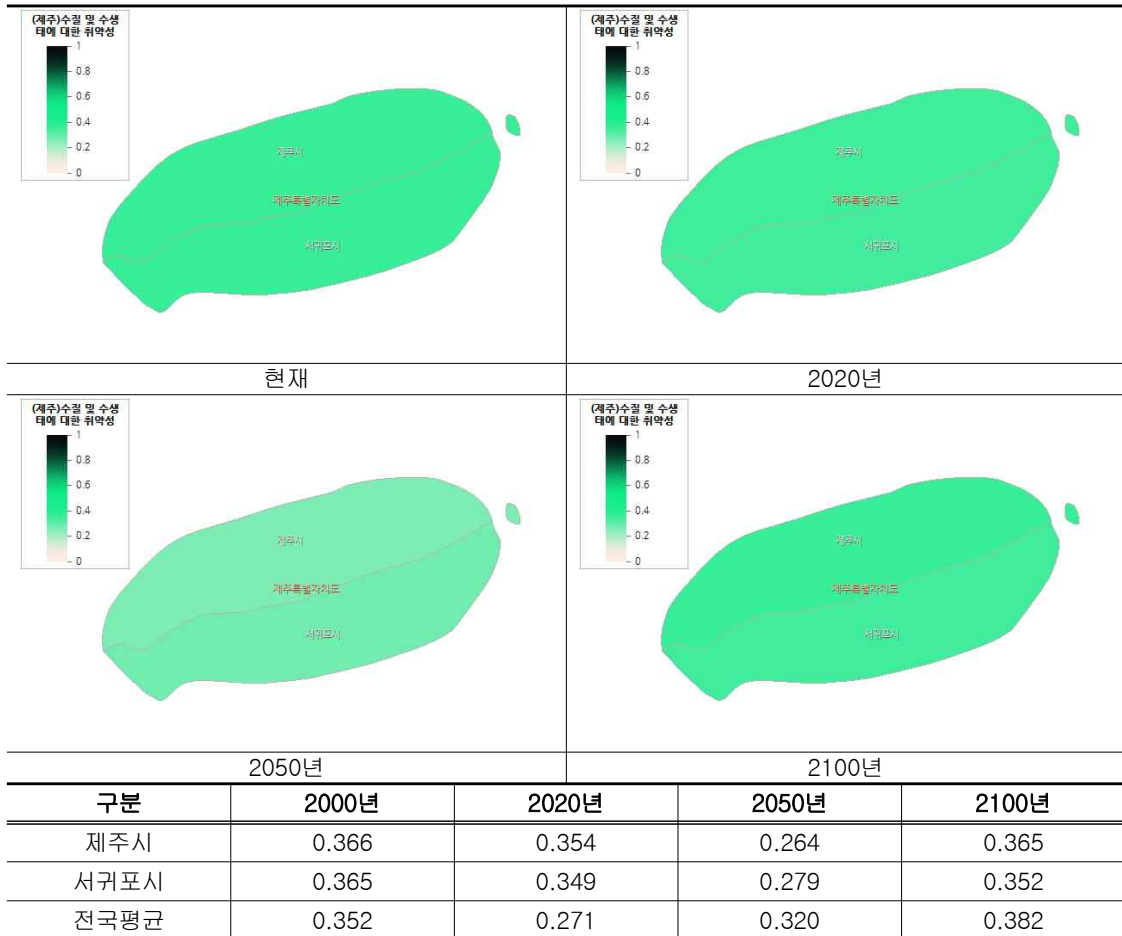
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
수질 및 수생태에 대한 취약성	기후 노출	0.34	일최고기온(℃)	0.07
			일최대강수량(mm)	0.16
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.16
			연속 무강수 일수 최대값(회)	0.34
			일최고기온이 33℃이상인 날의 횟수(회)	0.20
			일최저기온이 25℃이상인 날의 횟수(회)	0.09
	민감도	0.32	지역 평균경사도(deg)	0.08
			하천 개수율(정비율)(%)	0.09
			축산업 종사인구(명/만명)	0.08
			축산물 생산현황(마리/km ²)	0.13
			경작지당 비료 사용량(ton/ha)	0.27
			주요 동물종 분포(종)	0.07
			주요 식물종 분포(종)	0.05
			산림면적율(%)	0.11
			관리되는 토지율(%)	0.13
	적응능력	0.34	하수도 보급율(%)	0.32
			인구당 공무원수(명/만명)	0.11
			인구밀도(%)	-0.26
			도로면적 비율(%)	-0.18
			단위면적당 도로 길이(km)	-0.13

- 물관리 분야의 수질 및 수생태에 대한 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-41> 수질 및 수생태에 대한 취약성

 <p>기후노출 0.37001 0.43214 0.70813 적응능력 기후변화민감도</p>	<p>- 수질 및 수생태에 대한 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 적응능력, 기후변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남</p>
<p>취약성 지수</p>  <p>일최고기온 16.3236 일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수 18.66 일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수 18.47 일최대강수량 18.9 일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수 18.9</p>	<p>- 수질 및 수생태에 대한 취약성과 관련된 기후노출은 연속적인 무강수일수의 최대값이 가장 크게 나타남</p>
<p>기후노출</p>  <p>연평균 강수량 0.317 연강수량 5.05 연강수량 27.19 연강수량 46.834 연강수량 46.834 연강수량 46.834 연강수량 46.834</p>	<p>- 수질 및 수생태에 대한 취약성과 관련된 민감도는 주요 동물종 분포·주요 식물종 분포가 가장 크게 나타남</p>
<p>민감도</p>  <p>인구밀도 28.11 단위 면적당 도로길이 73 인구당 공무원수 58.1733 하수도 보급률 73 적응능력</p>	<p>- 수질 및 수생태에 대한 취약성에 대한 적응능력은 인구밀도, 단위면적당 도로길이의 순으로 나타남</p>

- 물관리 분야의 수질 및 수생태에 대한 취약성 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-37) 수질 및 수생태에 대한 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 수질 및 수생태에 대한 취약성은 제주시가 0.366, 서귀포시 0.365로 전국 평균 0.352보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 수질 및 수생태에 대한 취약성은 제주특별자치도는 2050년까지 감소하다가 이후 증가하는 추세를 보이고, 전국적으로는 2020년 까지 감소하고, 이후 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.365, 서귀포시 0.352로 전국(0.382)보다 낮게 나타남
- 수질 및 수생태에 대한 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 낮은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.802), 전국(0.811)

- 적응능력: 제주(0.708), 전국(0.707)

- 제주특별자치도의 수질 및 수생태에 대한 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.352)보다 제주지역(0.365)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.407)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



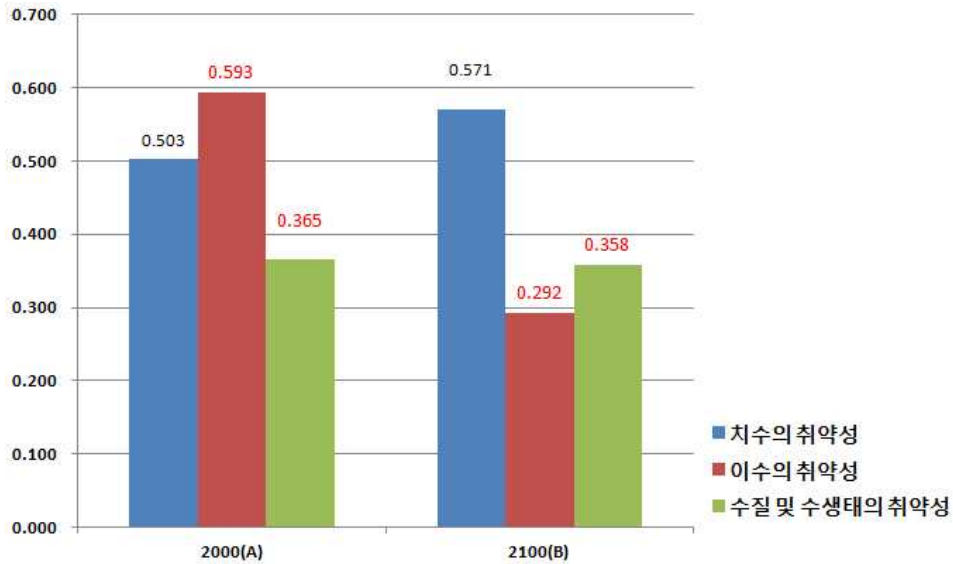
(그림 5-38) 수질 및 수생태에 대한 취약성의 전국 비교

라. 물관리 분야 종합

- 제주특별자치도의 물관리 분야 취약성을 각 부문별로 평가한 결과 치수의 취약성은 증가하고, 수질 및 수생태의 취약성, 이수의 취약성은 감소하는 것으로 나타남
- 물관리 분야 중 치수의 취약성이 가장 높게 나타남

<표 5-42> 제주특별자치도 물관리 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

구분	치수의 취약성	이수의 취약성	수질 및 수생태의 취약성
2000(A)	0.503	0.593	0.365
2100(B)	0.571	0.292	0.358
(B)-(A)	0.069	-0.301	-0.007



(그림 5-39) 제주특별자치도 물관리 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

4) 생태계 분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 생태계 분야의 평가 세부항목은 총 3분야로, 수목 성장과 분포의 취약성, 곤충의 취약성, 보전구역 관리의 취약성이 선정되었음
- 생태계 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-43> 생태계 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
수목 성장과 분포의 취약성	한반도 침엽수와 낙엽활엽수의 분포역은 지질시대 이래 꾸준히 변화했고 그 변화 요인은 기후변화가 결정적. 1998년 소나무와 잣나무의 큰 피해는 피해 전년도에는 예년과 큰 차이가 없었으나, 피해 년도 1~3월 온도가 예년보다 1989년도 0.9~2.76℃, 1998년도 1.4~3.5℃ 높았고, 강수량은 극심한 가을 가뭄 현상이 나타났음. 한라산 구상나무 쇠퇴는 늦겨울, 이른 봄철 기온과 강수량에 영향 받음. 2009년 소나무류 100만 그루 이상, 남부 해안 해송, 무주, 진안 등 잣나무 고사. 2008년 가을부터 심한 가뭄, 2월 평균기온 예년 비해 4℃ 높았고, 5월까지 예년보다 높은 기온 기록. 고온이 가뭄스트레스 증폭 피해 가져옴
곤충의 취약성	기후변화로 인해 산림 병해충 발생 세대수 증가, 아열대 및 열대지역 원산 외래 병해충 유입 확산. 솔나방은 30~40년 전 중부내륙에서 연간 1세대 발생했으나 최근에는 2세대 발생. 온난화에 따라 곤충의 세대수가 늘어남. 참나무시들음병, 잣나무잎벌, 소나무가시마름병 등 새로운 병해충 대발생. 아열대성 잠재적 해충인 나방류 9종 발생. 주홍날개꽃매미, 푸사리움가시마름병 등 아열대성 병해충은 유입되어 이미 대발생. 재래종(토종벌)에 발생하는 '낭충봉아 부패병'으로 토종벌의 애벌레가 바이러스에 감염돼 온 몸이 부어 올라 죽는 병이 2010년부터 크게 번지고 있음. 2010년에는 '낭충봉아 부패병'이 퍼지면서 연말까지 국내에 있는 토종벌이 98%까지 폐사한 것으로 한국토봉협회는 추정
보전구역 관리의 취약성	기후변화에 따라 생태계의 교란이 심해짐에 따라 생물종, 생태계, 유전자원의 다양성이 높은 지역에 대한 관심이 높아짐. 이에 따라 자연생태우수지역, 천연보호구역, 국립공원, 습지, 무인도서 등 법에 의해 보호받고 있는 보전구역의 기후변화 취약성에 대한 고려 필요함. 특히 백두대간, 민통선, 해안림 등 생물다양성과 경관의 다양성을 유지하는데 필요한 생태네트워크에 대한 취약성 평가가 요구됨

(2) 생태계 분야 취약성 평가

가. 수목 성장과 분포의 취약성

- 생태계 분야의 수목 성장과 분포의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-44> 수목 성장과 분포의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

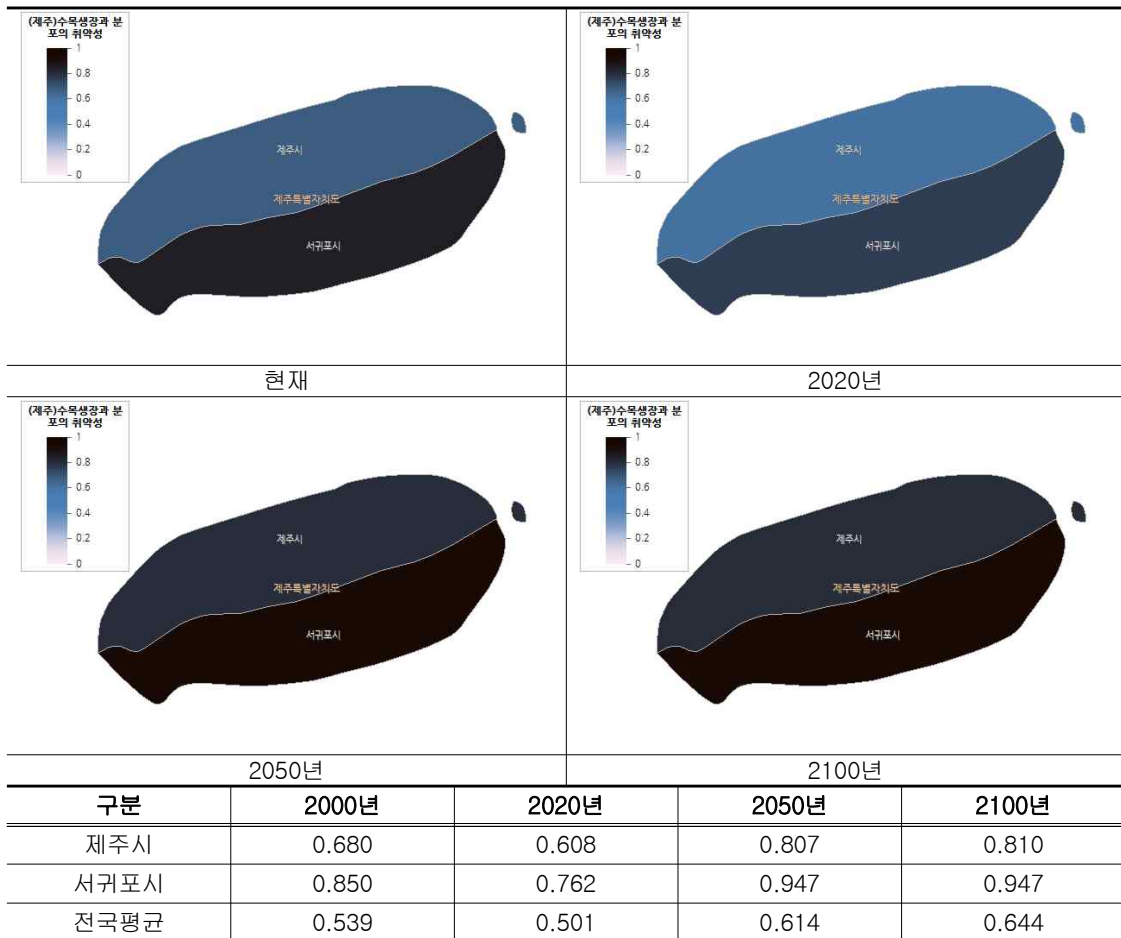
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
수목 성장과 분포의 취약성	기후조건	0.46	1~3월 평균기온(°C)	0.24
			기온(°C)	0.23
			강수량(mm/day)	-0.34
			6~8월 일평균기온(°C)	0.11
			6~8월 일최고기온(°C)	0.08
	인간환경	0.31	침엽수 분포면적(ha)	0.37
			침엽수 목재 생산량(m³)	0.14
			침엽수 임산부산물 생산량(m³)	0.12
			산림관련 종사인구(명)	0.08
			임목벌채면적(ha)	0.13
			농업 및 임업 사업체 수(개)	0.08
			농업 및 임업 종사자 수(명)	0.08
	자연환경	0.23	침엽수 조림 면적(ha)	0.40
			천연림 보육(ha)	0.40
			산림공무원 수(명)	0.20

- 생태계 분야의 수목 성장과 분포의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-45> 수목 성장과 분포의 취약성

<p>기후노출 0.6294 0.17304 0.73813 취약성 지수 기후변화민감도 적응능력</p>	<p>- 수목 성장과 분포의 취약성에 대한 대용변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 기후변화 민감도, 적응능력의 순으로 나타남</p>
<p>기온 14.4789 7.4106 21.9666 24.7198 3.80188 기후노출 1~3월 일평균기온 6~8월 일평균기온 6~8월 일최고기온 강수량</p>	<p>- 수목 성장과 분포의 취약성과 관련된 기후노출은 1~3월 일평균기온이 가장 높은 영향요인으로 나타남</p>
<p>농업 및 임업 사업체수 80.8932 1342.81 5543.52 3905.57 3905.57 민감도 농업 및 임업 종사자수 산림관련 종사인구 임목 벌채 면적 침엽수 목재 생산량 침엽수 분포 면적</p>	<p>- 수목 성장과 분포의 취약성과 관련된 민감도는 농업 및 임업 종사자수와 농업 및 임업 사업체수가 높게 나타남</p>
<p>산림 공무원수 20 0.35544 2.47056 적응능력 침엽수 조림 면적 천연림 보육</p>	<p>- 수목 성장과 분포의 취약성에 대한 적응능력은 산림 공무원수가 가장 중요한 것으로 나타남</p>

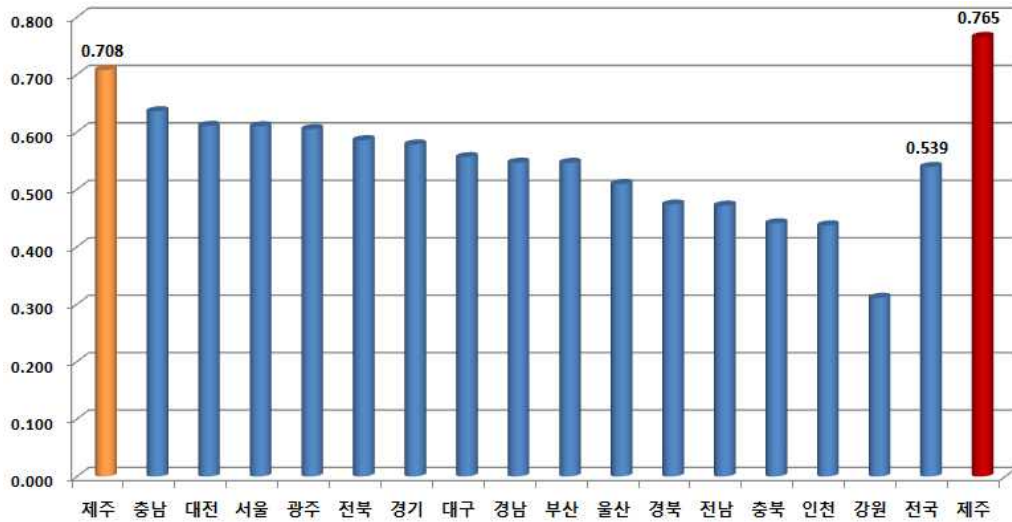
- 생태계 분야의 수목 성장과 분포의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-40) 수목 성장과 분포의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 수목 성장과 분포의 취약성은 제주시가 0.680, 서귀포시 0.850으로 전국 평균 0.539보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 수목생장과 분포의 취약성은 제주특별자치도를 포함하여 전국적으로 2020년에는 다소 떨어졌다가 2050년 증가하고, 이후 감소 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.810, 서귀포시 0.947로 전국(0.644)보다 높게 나타남
- 수목 성장과 분포의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.802), 전국(0.689)
 - 적응능력: 제주(0.138), 전국(0.171)
- 제주특별자치도의 수목 성장과 분포의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균

(0.539)보다 제주지역(0.765)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.708)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-41) 수목 생장과 분포의 취약성의 전국 비교

나. 곤충의 취약성

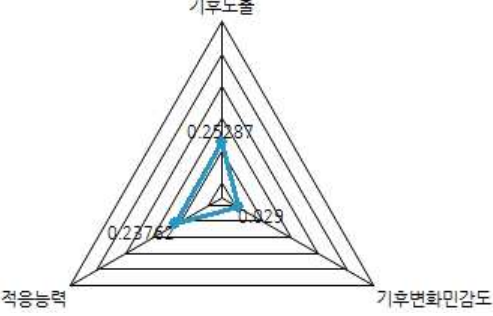

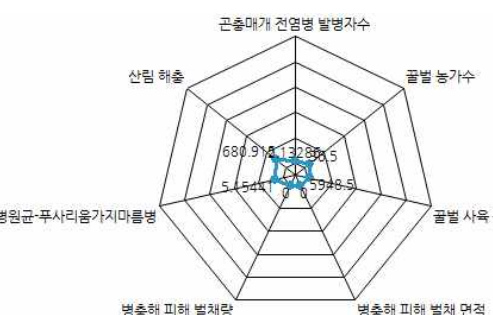
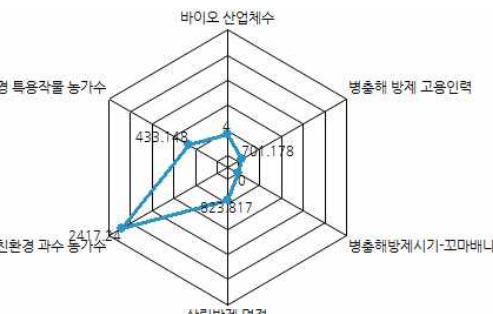
- 생태계 분야의 곤충의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-46> 곤충의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

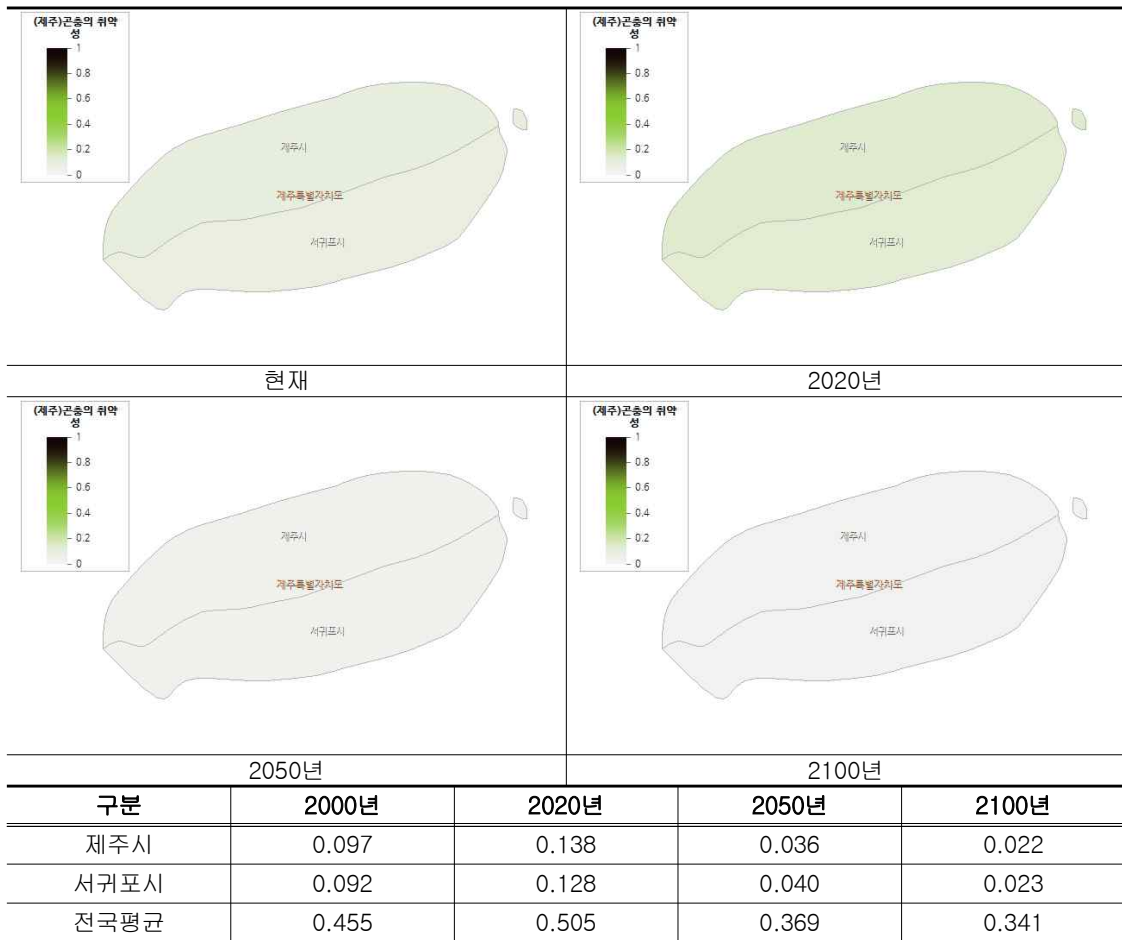
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
곤충의 취약성	기후-노출	0.48	1~3월 일평균기온(°C)	-0.11
			일평균기온이 영하인 날의 횟수(회)	0.25
			4월 일평균기온(°C)	-0.15
			4월 평균상대습도(%)	-0.11
			연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.13
			증발산량(mm/day)	0.08
			일사량(W/㎡)	-0.10
			6~8월 평균기온(°C)	-0.07
	인간-노출	0.34	산림해충(건수)	0.12
			산림병원균-푸사리움가지마름병(건수)	0.10
			꿀벌 농가수(개)	0.11
			꿀벌 사육 규모(통)	0.11
			곤충매개 전염병 발병자수(명)	0.13
			병충해 피해 벌채 면적(ha)	0.23
			병충해 피해 벌채량(㎡)	0.20
			병충해방제시기-꼬마배나무이(누적일수)	0.23
	자연-노출	0.18	산림방제면적(ha)	0.22
			병충해 방제 고용인력(명)	0.13
			바이오산업체수(개)	0.13
			친환경 과수 농가수(가구)	0.16
			친환경 특용작물 농가수(가구)	0.13

- 생태계 분야의 곤충의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-47> 곤충의 취약성

 <p>기후노출</p> <p>민감도</p> <p>적응능력</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 곤충의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 적응능력, 기후변화민감도의 순으로 나타남</p>
 <p>1~3월 일평균기온</p> <p>4월 일평균기온</p> <p>6~8월 일평균기온</p> <p>4월 평균상대습도</p> <p>13~5월 일평균기온이 영하인 날의 횟수</p> <p>연속적인 무강수일수의 최대값</p> <p>기후노출</p>	<p>- 곤충의 취약성과 관련된 기후노출은 연속적인 무강수일수의 최대값이 가장 높은 영향요인으로 나타남</p>
 <p>곤충매개 전염병 발병자수</p> <p>산림 해충</p> <p>꿀벌 농가수</p> <p>꿀벌 사육 규모</p> <p>병충해 피해 발생 면적</p> <p>병충해 피해 발생량</p> <p>산림병원균-푸사리움가지마름병</p> <p>민감도</p>	<p>- 곤충의 취약성과 관련된 민감도는 산림해충이 높게 나타남</p>
 <p>바이오 산업체수</p> <p>친환경 특용작물 농가수</p> <p>병충해 방제 고용인력</p> <p>병충해방제시기-고마배나무이</p> <p>산림방제 면적</p> <p>친환경 과수 농가수</p> <p>적응능력</p>	<p>- 곤충의 취약성에 대한 적응능력은 친환경 농가수가 가장 중요한 것으로 나타남</p>

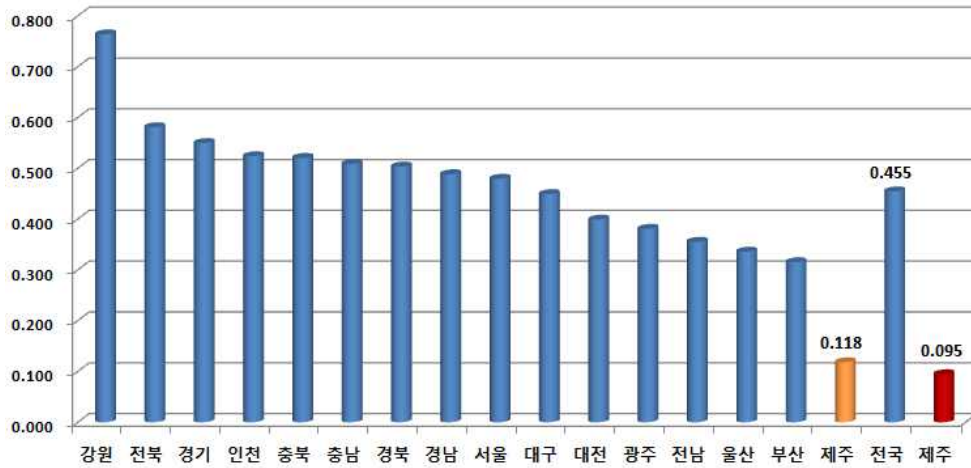
- 생태계 분야의 곤충의 취약성의 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-42) 곤충의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 곤충의 취약성은 제주시가 0.097, 서귀포시 0.092로 전국 평균 0.455보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 곤충의 취약성은 제주특별자치도를 포함하여 전국적으로 2020년까지 증가하였다가 이후 감소 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.022, 서귀포시 0.023로 전국(0.341)보다 낮게 나타남
- 곤충의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 낮은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.282), 전국(0.508)
 - 적응능력: 제주(0.238), 전국(0.113)
- 제주특별자치도의 곤충의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.455)보다 제

주지역(0.095)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.118)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-43) 곤충의 취약성의 전국 비교

다. 보전구역 관리의 취약성

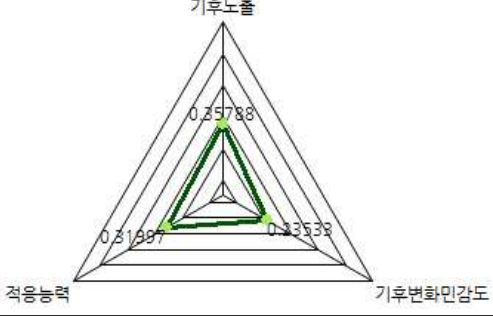
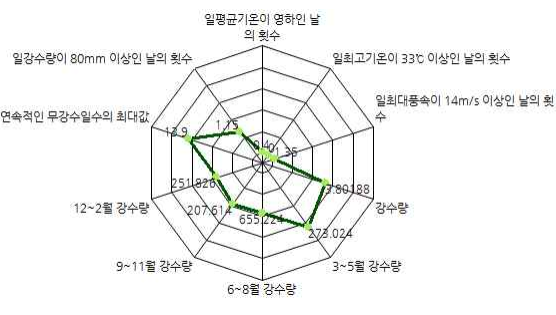
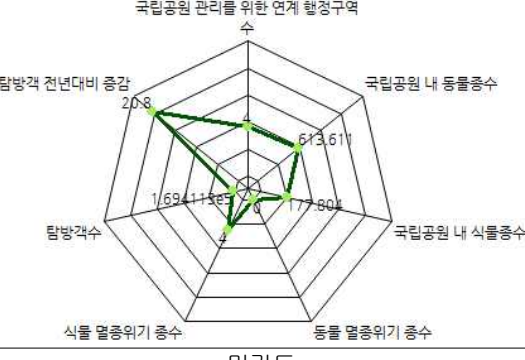
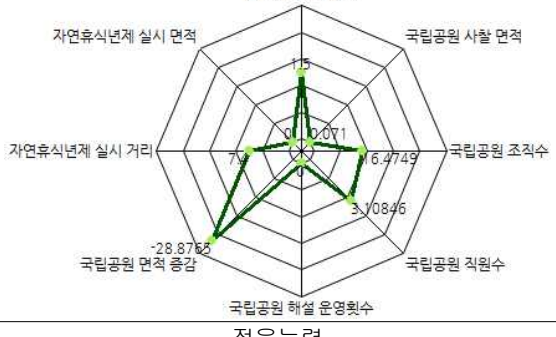
- 생태계 분야의 보전구역 관리의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-48> 보전구역 관리의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

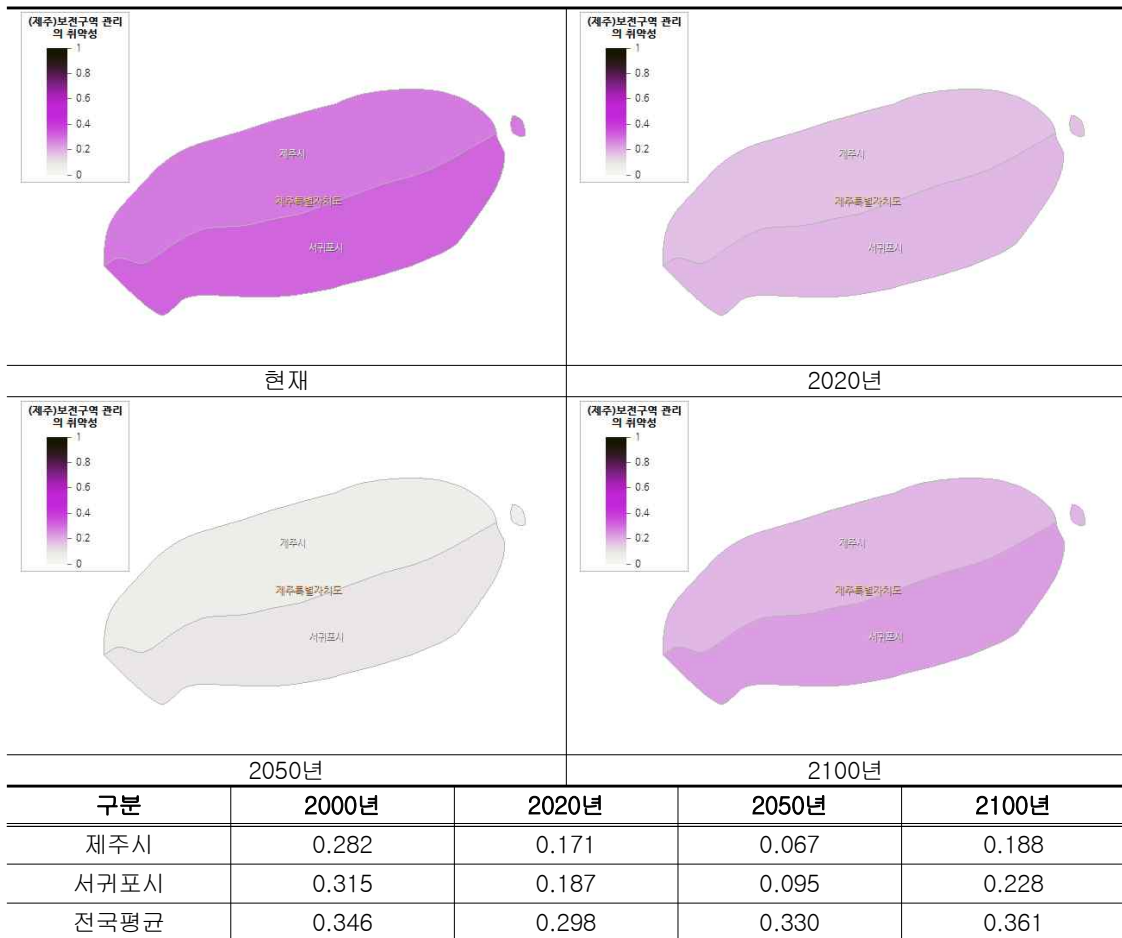
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
보전구역 관리의 취약성	기후환경	0.51	강수량(mm/day)	0.13
			연속적인 무강수일수의 최대값(회)	0.12
			일평균기온이 영하인 날의 횟수(회)	0.12
			일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	0.09
			3~5월 강수량(mm/day)	-0.14
			6~8월 강수량(mm/day)	0.08
			9~11월 강수량(mm/day)	0.08
			12~2월 강수량(mm/day)	-0.12
			일강수량이 80mm이상인 날의 횟수(회)	0.08
			일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.05
	민간노	0.28	국립공원 내 식물종 수(종)	0.10
			국립공원 내 동물종 수(종)	0.10
			탐방객 수(명)	0.07
			탐방객 전년대비 증감(%)	-0.08
			식물 멸종위기 종수(종)	0.35
			동물 멸종위기 종수(종)	0.24
			국립공원 관리를 위해 연계해야 하는 행정구역 수(개)	0.06
	자연환경	0.21	국립공원 직원수(명)	0.12
			국립공원 조직수(개)	0.10
			국립공원 사무소(개)	0.10
			국립공원 면적증감(km ²)	-0.15
			국립공원 해설 운영횟수(회)	0.08
			국립공원 사찰 면적(km ²)	0.08
			자연휴식년제 실시 면적(m ²)	0.20
			자연휴식년제 실시 거리(km)	0.17

- 제주특별자치도의 생태계 분야의 보전구역 관리의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-49> 보전구역 관리의 취약성

 <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 보전구역 관리의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 적응능력, 기후변화민감도의 순으로 나타남
 <p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 보전구역 관리의 취약성과 관련된 기후노출은 3~5월 강수량이 가장 높은 영향요인으로 나타남
 <p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 보전구역 관리의 취약성과 관련된 민감도는 탐방객 전년대비 증감이 가장 높게 나타남
 <p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 보전구역 관리의 취약성에 대한 적응능력은 국립공원 면적 증감이 가장 중요한 것으로 나타남

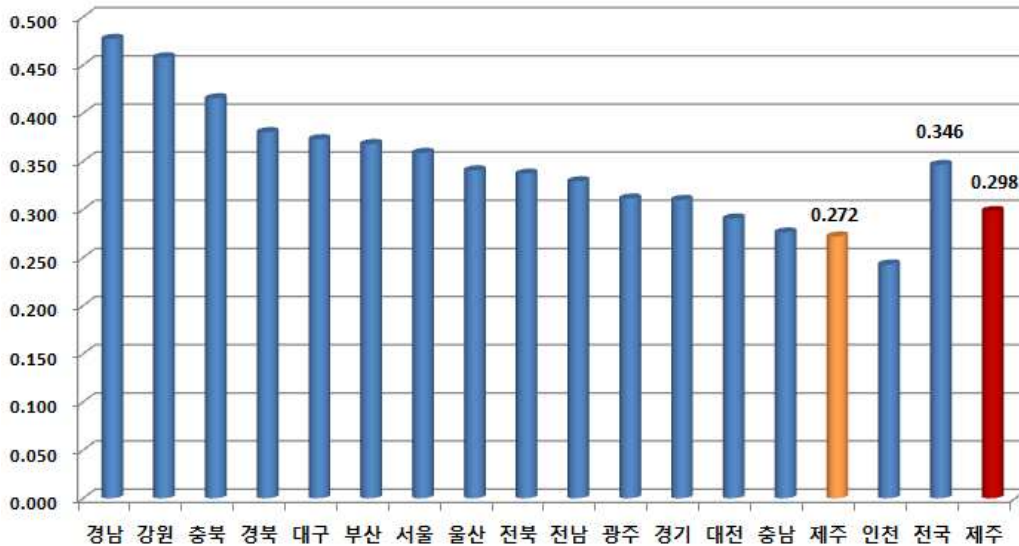
○ 생태계 분야의 보전구역 관리의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-44) 보전구역 관리의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 보전구역 관리의 취약성은 제주시가 0.282, 서귀포시 0.315로 전국 평균 0.346보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 보전구역 관리의 취약성은 제주특별자치도는 2050년까지 감소하였다가 이후 증가 추세를 보이고, 전국적으로는 2020년까지 감소하였다가 이후 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.188, 서귀포시 0.228로 전국(0.361)보다 낮게 나타남
- 보전구역 관리의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.593), 전국(0.522)
 - 적응능력: 제주(0.320), 전국(0.088)

- 제주특별자치도의 보전구역 관리의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.346)보다 제주지역(0.298)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.272)보다는 다소 높게 나타나고 있음



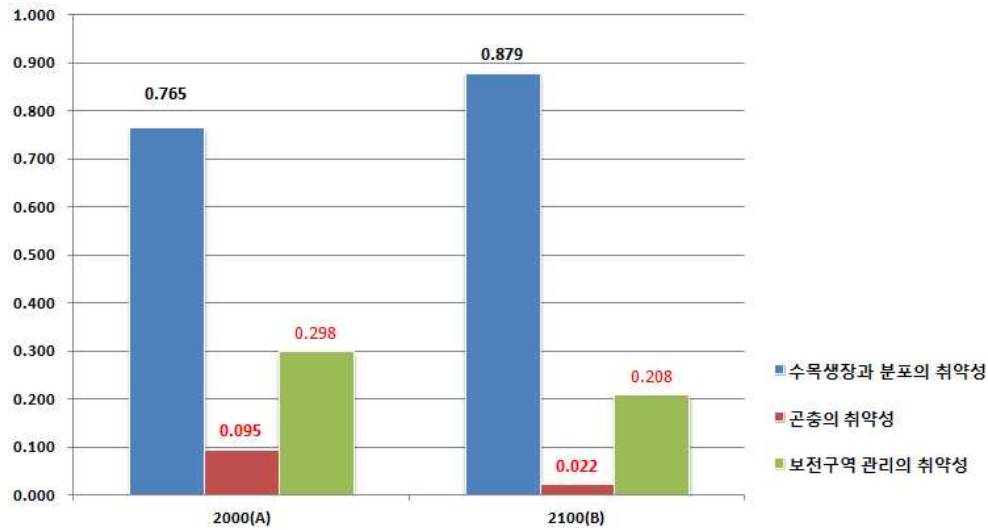
(그림 5-45) 보전구역 관리의 취약성의 전국 비교

라. 생태계 분야 종합

- 제주특별자치도의 생태계 분야 취약성을 각 부문별로 평가한 결과 수목 성장 및 분포의 취약성은 증가하고, 곤충의 취약성, 보전구역 관리의 취약성은 감소하는 것으로 나타남
- 생태계 분야 중 수목 성장 및 분포의 취약성이 가장 높고, 증가 폭이 가장 크게 나타남

<표 5-50> 제주특별자치도 생태계 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

구분	수목생장과 분포의 취약성	곤충의 취약성	보전구역 관리의 취약성
2000(A)	0.765	0.095	0.298
2100(B)	0.879	0.022	0.208
(B)-(A)	0.113	-0.072	-0.090



(그림 5-46) 제주특별자치도 생태계 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

5) 농업분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 농업 분야의 평가 세부항목은 총 4분야로, 농경지 토양침식의 취약성, 재배·사육시설의 취약성, 감귤생산성의 취약성이 선정되었음
- 농업 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-51> 농업 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
농경지 토양침식의 취약성	토양침식에 가장 큰 영향을 미치는 기상(기후)인자는 강우이며, 최근의 강우량은 증가하고 있으며, 빈도 및 강도에서도 증가 추세에 있음. 미래기후시나리오의 결과에서도 우리나라의 강우량은 증가하며, 빈도와 강도에서도 증가하는 것으로 전망. 토지이용 형태 중 농경지 토양이 상대적으로 강우에 의한 토양침식에 취약하며, 이러한 토양침식의 증가는 농경지 내에 있는 토양의 유실뿐만 아니라 토양이 포함하고 있는 영양염류의 소실로 연결됨
재배·사육시설 붕괴의 취약성	최근 태풍, 폭설, 강풍, 폭우와 같은 이상기상 현상의 발생이 증가하고 있으며, 강도 역시 커지고 있음. 이러한 이상기상에 의한 영향은 농작물에 직접적인 피해를 줄뿐만 아니라 시설에 대한 피해가 추가됨으로 더욱 큰 피해를 야기함. 미래 기후변화시나리오의 결과에서도 이상기상의 발생빈도가 증가하며, 변동성이 크게 나타나는 것으로 전망하고 있어, 농업 시설의 붕괴 가능성이 높아짐
가축 생산성의 취약성	국내의 가축은 추위에 잘 견디도록 진화해 왔기 때문에, 여름철 고온 및 다습한 환경에 노출될 경우 스트레스를 받으며, 생산성 저하의 원인이 됨
감귤생산성의 취약성	지구온난화에 의한 감귤 재배적지의 복상이 나타나지만, 기후변동성이 커짐으로 인하여 갑자기 급격한 저온현상이 나타날 확률이 높아짐. 이러한 두 가지 요인을 고려하여 재배지 선정에 신중을 기해야 함. 또한 재배적지 판정에 있어서, 생산성과 품질도 중요한 요인으로 작용하기 때문에 이들도 함께 고려해야 함

(2) 농업 분야 취약성 평가

가. 농경지 토양침식의 취약성

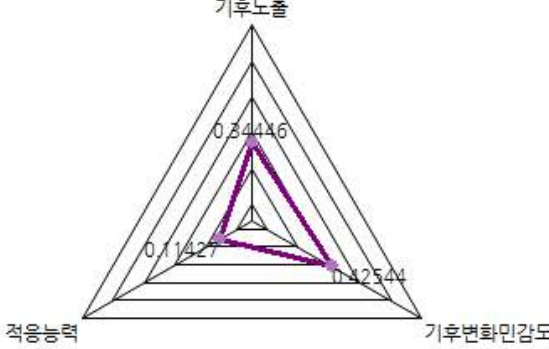

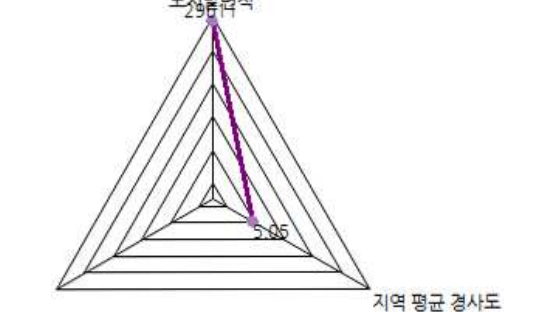
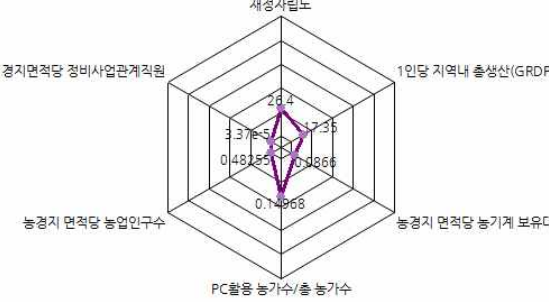
- 농업 분야의 농경지 토양침식의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-52> 농경지 토양침식의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

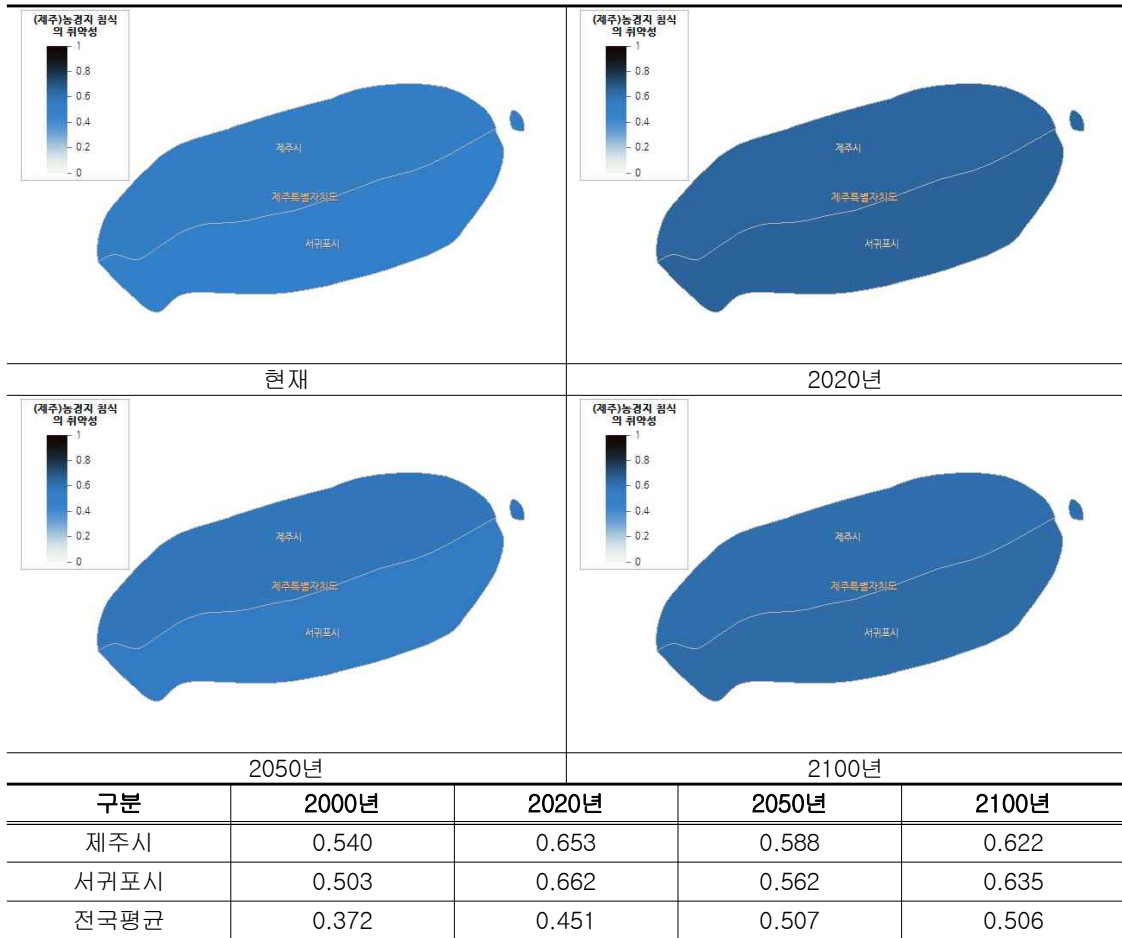
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
농경지 토양침식의 취약성	기 후 조 절	0.39	강수량(mm/day)	0.13
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.73
			강수일수(10mm이상)(회)	0.14
	지 리 인 자	0.37	노지발면적(ha)	0.30
			지역평균경사도(deg)	0.70
	정 제 인 자	0.24	농경지 면적당 농기계 보유대수(대수/ha)	0.28
			PC활용 농가수/총 농가수	0.12
			농경지 면적당 농업인구수(명/ha)	0.10
			경지면적당 정비사업관계직원(명/ha)	0.10
			1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.10
			재정자립도(%)	0.24

- 농업 분야의 농경지 토양침식의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-53> 농경지 토양침식의 취약성

 <p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 농경지 토양침식의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후변화민감도, 기후노출, 적응능력의 순으로 나타남</p>
 <p>강수량</p> <p>일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수</p> <p>강수일수(10mm)</p> <p>기후노출</p>	<p>- 농경지 토양침식의 취약성과 관련된 기후노출은 강수일수(10mm이상)가 가장 높은 영향요인으로 나타남</p>
 <p>노지발면적</p> <p>지역 평균 경사도</p> <p>민감도</p>	<p>- 농경지 토양침식의 취약성과 관련된 민감도는 노지발면적이 가장 높게 나타남</p>
 <p>재정자립도</p> <p>1인당 지역내 총생산(GRDP)</p> <p>농경지 면적당 농기계 보유대수</p> <p>농경지 면적당 농업인구수</p> <p>경지면적당 경비사업관계직원</p> <p>PC활용 농가수/총 농가수</p> <p>적응능력</p>	<p>- 농경지 토양침식의 취약성에 대한 적응능력은 PC활용농가수가 가장 중요한 것으로 나타남</p>

- 농업 분야의 농경지 토양침식의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음

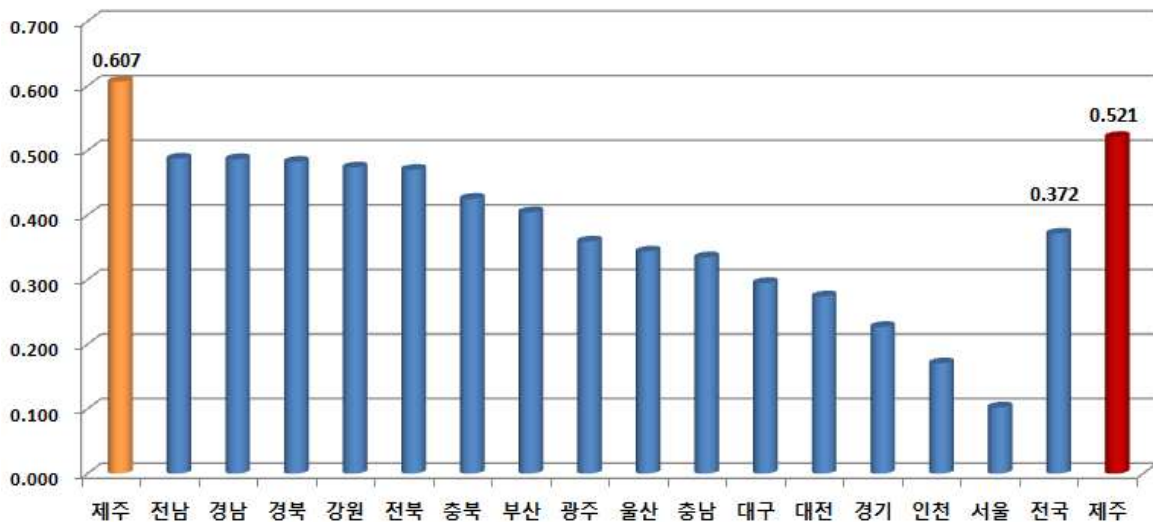


(그림 5-47) 농경지 토양침식의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 농경지 토양침식의 취약성은 제주시가 0.540, 서귀포시 0.503으로 전국 평균 0.372보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 농경지 토양침식의 취약성은 전국적으로 2050년까지 증가추세를 보이다가 2100년에는 다소 떨어짐
- 제주특별자치도의 농경지 토양침식의 취약성은 2020년까지 증가하고, 2050년에는 다소 떨어졌다가 이후 증가 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.622, 서귀포시 0.635로 전국(0.506)보다 높게 나타남
- 농경지 토양침식의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.770), 전국(0.502)

- 적응능력: 제주(0.114), 전국(0.213)

- 제주특별자치도의 농경지 토양침식의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.372)보다 제주지역(0.298)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.607)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-48) 농경지 토양침식의 취약성의 전국 비교

나. 재배·사육시설(붕괴)의 취약성

- 재배·사육시설(붕괴)의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-54> 재배·사육시설(붕괴)의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

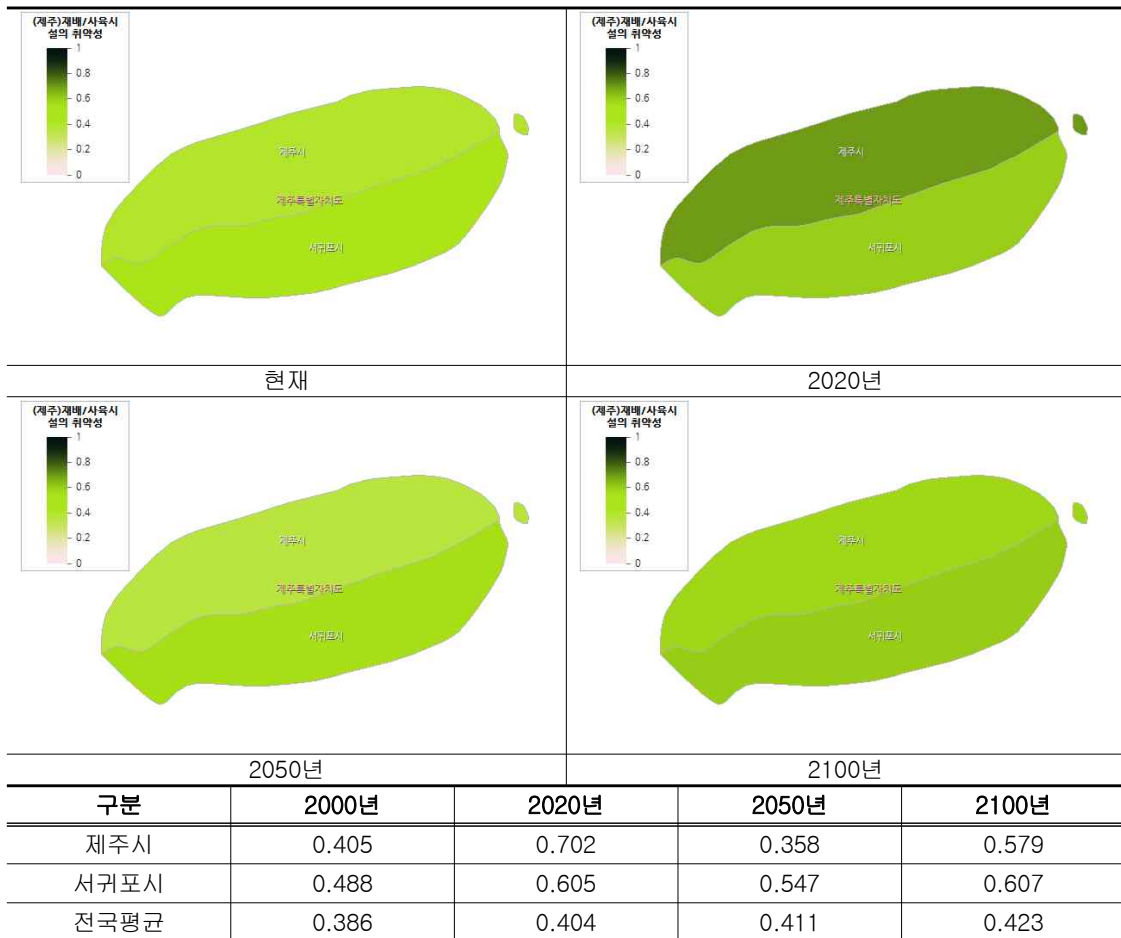
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
재배·사육시설 (붕괴)의 취약성	기후·기후	0.31	일최대풍속이 14m/s인 날의 횟수(회)	0.23
			적설양 20cm 이상인 날의 횟수(회)	0.29
			일강수량이 160mm 이상인 날의 횟수(회)	0.49
	인간·사회	0.39	시설작물 재배면적(ha)	0.43
			사육 시설면적(m²)	0.10
			시설작물재배면적당 하우스피해면적	0.34
			사육시설면적당 축사잠사 피해동수(개소/ha)	0.13
	경제·사회	0.30	재배/사육시설면적당 농업인구수(명/ha)	0.20
			PC활용 농가수/총 농가수	0.15
			경지면적당 정비사업관계직원(명/ha)	0.15
			1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.25
			재정자립도(%)	0.25

- 농업 분야의 재배·사육시설(붕괴)의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-55> 재배·사육시설(붕괴)의 취약성

<p>기후노출</p> <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 재배·사육시설(붕괴)의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후변화민감도, 기후노출의 순으로 나타남
<p>일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수</p> <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 재배·사육시설(붕괴)의 취약성과 관련된 기후노출은 일강수량이 160mm 이상인 날의 횟수가 가장 높은 영향요인으로 나타남
<p>기후노출</p> <p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 재배·사육시설(붕괴)의 취약성과 관련된 민감도는 시설작물 재배면적이 가장 높게 나타남
<p>재정자립도</p> <p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 재배·사육시설(붕괴)의 취약성에 대한 적응능력은 인구당 공무원수가 가장 중요한 것으로 나타남

- 농업 분야의 재배·사육시설(붕괴)의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음

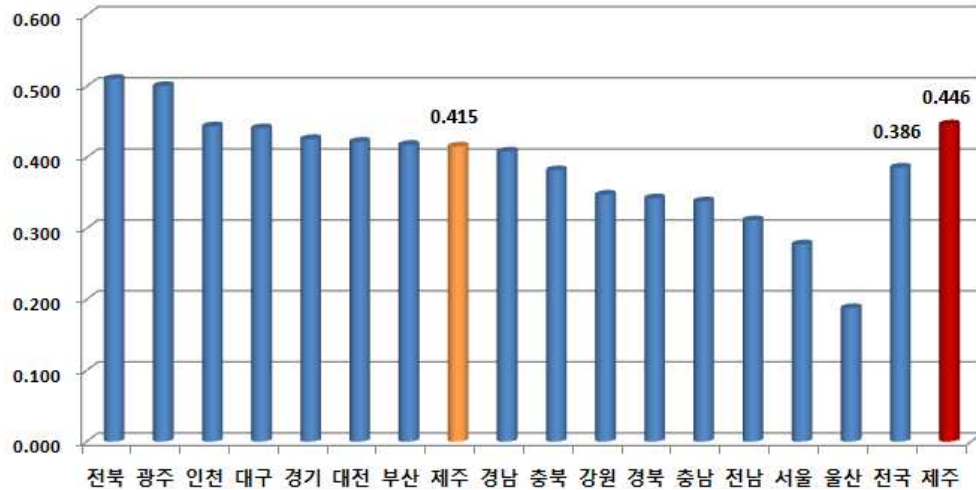


(그림 5-49) 재배·사육시설(붕괴)의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 재배·사육시설(붕괴) 취약성은 제주시가 0.405, 서귀포시 0.488로 전국 평균 0.386보다 높게 나타남
 - 미래에 예상되는 재배·사육시설(붕괴)의 취약성은 전국적으로 계속 증가하는 것으로 나타났으나, 제주특별자치도는 2020년까지 증가하고, 이후 2050년에는 다소 떨어졌다가 이후 증가 추세를 보임
 - 2100년에는 제주시 0.579, 서귀포시 0.607로 전국(0.423)보다 높게 나타남
 - 재배·사육시설(붕괴)의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
- 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.129), 전국(0.079)

- 적응능력: 제주(0.219), 전국(0.247)

- 제주특별자치도의 재배·사육시설(붕괴)의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.386)보다 제주지역(0.446)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.415)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-50) 재배·사육시설(붕괴)의 취약성의 전국 비교

다. 가축 생산성의 취약성

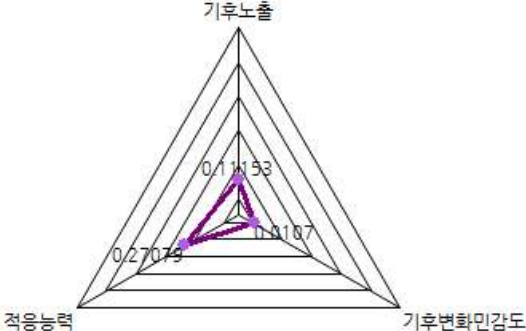
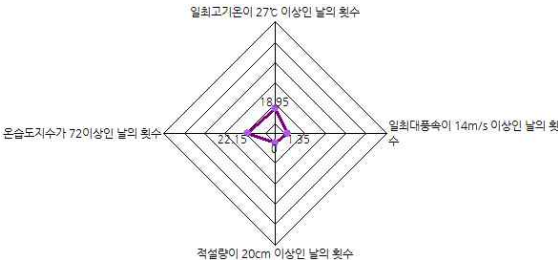

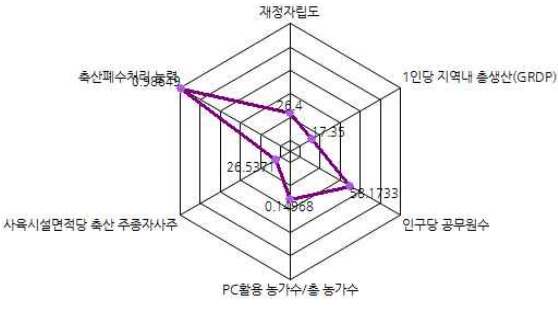
- 가축 생산성의 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-56> 가축 생산성의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

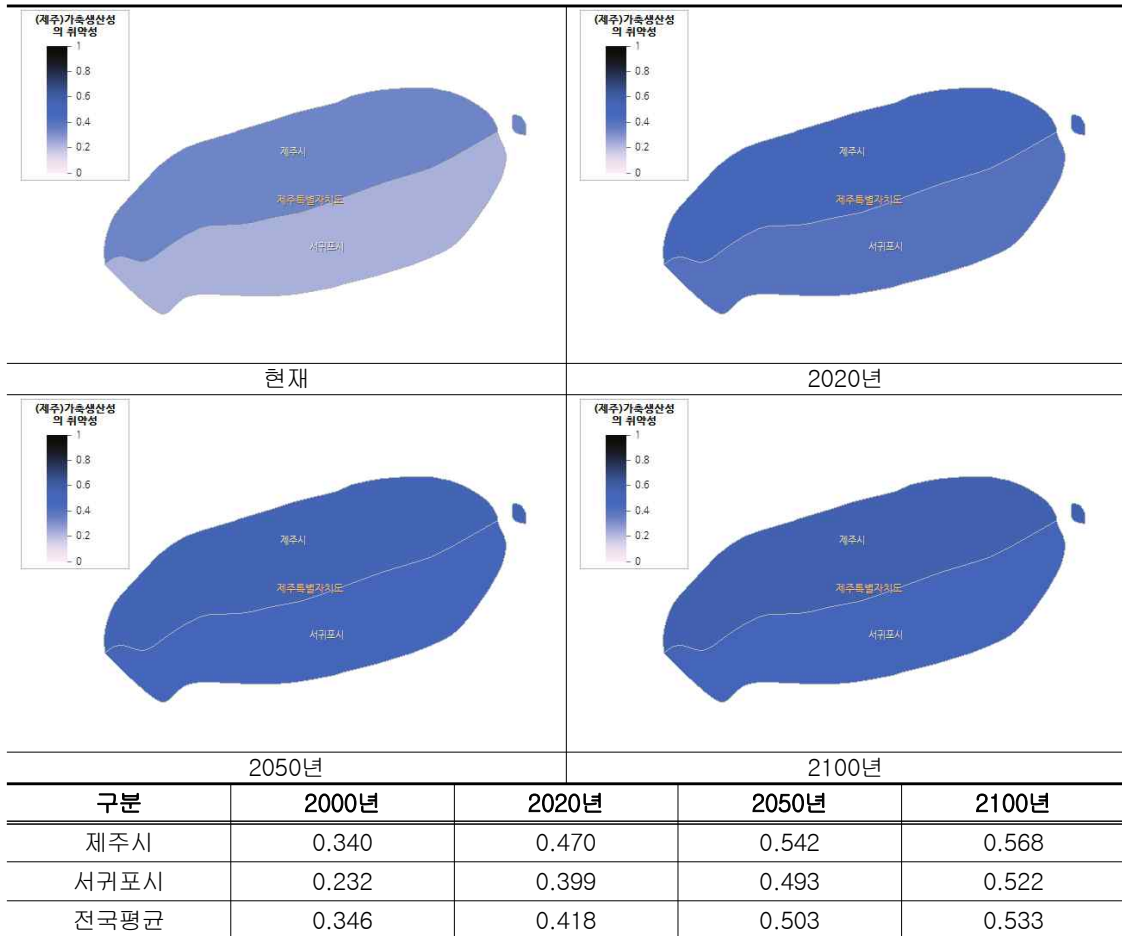
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
가축 생산성의 취약성	기후환경	0.34	일최고기온이 27℃ 이상인 날의 횟수(회)	0.32
			운습도지수가 72 이상인 날의 횟수(회)	0.34
			적설량이 20cm 이상인 날의 횟수(회)	0.15
			일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.20
	인간사회	0.29	가축 사육두수(천마리)	0.16
			사육시설면적당 축사잠사 피해동수(개소/ha)	0.24
			가축병 발생 위험	0.60
	자연환경	0.37	사육시설면적당 축산 주종사자수(명/ha)	0.30
			축산폐수처리 능력	0.10
			PC활용 농가수/축산 농가수	0.10
			경지면적당 정비사업관계직원(명/ha)	0.10
			1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.15
			재정자립도(%)	0.25

- 농업 분야의 가축 생산성의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응 능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-57> 가축 생산성의 취약성

 <p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 가축 생산성의 취약성에 대한 대용변수의 기여도를 파악한 결과, 적응능력, 기후노출, 기후변화민감도의 순으로 나타남</p>
 <p>일최고기온이 27℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>온습도지수가 72이상인 날의 횟수</p> <p>일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수</p> <p>적설량이 20cm 이상인 날의 횟수</p> <p>기후노출</p>	<p>- 가축 생산성의 취약성과 관련된 기후노출은 온습도지수가 72이상인 날의 횟수가 가장 높은 영향요인으로 나타남</p>
 <p>사육시설면적당 축사장사 피해동수</p> <p>가축병 발생 위험</p> <p>가축 사육두수</p> <p>민감도</p>	<p>- 가축 생산성의 취약성과 관련된 민감도는 가축사육두수가 가장 높게 나타남</p>
 <p>축산폐수처리능력</p> <p>1인당 지역내 총생산(GRDP)</p> <p>인구당 공무원수</p> <p>PC활용 농가수/총 농가수</p> <p>사육시설면적당 축산 주종자사주</p> <p>적응능력</p>	<p>- 가축 생산성의 취약성에 대한 적응능력은 축산폐수 처리능력이 가장 중요한 것으로 나타남</p>

- 농업 분야의 가축 생산성의 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음



(그림 5-51) 가축 생산성의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 가축 생산성의 취약성은 제주시가 0.340, 서귀포시 0.232로 전국 평균 0.346보다 낮게 나타남
- 미래에 예상되는 가축 생산성의 취약성은 제주특별자치도와 전국 모두 계속 증가하는 것으로 나타남
- 2020년부터 제주특별자치도의 가축생산성의 취약성은 전국보다 높아지고, 2100년에는 제주시 0.568, 서귀포시 0.522로 전국(0.533)보다 높게 나타남
- 가축 생산성의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 낮은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서도 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.122), 전국(0.277)
 - 적응능력: 제주(0.271), 전국(0.329)

- 제주특별자치도의 가축 생산성의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.346)보다 제주지역(0.286)이 낮게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.301)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



(그림 5-52) 가축 생산성의 취약성의 전국 비교

라. 감귤생산성의 취약성

- 감귤 생산성의 취약성 평가를 위한 대용변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-58> 감귤 생산성의 취약성 부문 대용변수 및 가중치

세부 항목	대용 변수	가중치	변수목록	가중치
감귤 생산성의 취약성	기후-농해	0.40	1~2월 평균기온	0.05
			3~4월 최저기온이 5℃이하인 날의 횟수	0.19
			6~11월 강수량	0.13
			6~11월 강수일수	0.22
			6~11월 일조시간	0.31
			6~8월 일최대풍속이 14m/s 이상인 날의 횟수(회)	0.09
	인간-농	0.25	감귤재배면적(ha)	0.50
			면적당 농작물 전작 피해면적	0.50
	지역-농업	0.35	재배면적당 감귤생산량(kg/10a)	0.21
			재배면적당 감귤 주종사자수(명/ha)	0.07
			감귤재배면적당 농기계보유대수(대/ha)	0.09
			PC활용 농가수/감귤농가수	0.06
			고품질감귤 재배기술 면적(ha or 농가수)	0.30
			1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.14
			재정자립도(%)	0.13

- 감귤생산성의 취약성 평가를 위해 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 가중치와 각 변수에 대한 가중치를 선정하였으나, 전국 시군구별 자료의 구축이 선행되어야 평가가 가능함
- 또한 제주특별자치도가 차지하는 감귤재배 현황은 전국의 99%를 차지하고 있기 때문에 지역별 비교가 어려움
- 2010년 전국의 감귤 농가는 27,041호이고 이 중 제주특별자치도는 26,734호로 98.9%를 차지함
- 감귤 재배면적은 전국이 21,169ha, 제주특별자치도가 21,053ha(99.5%) 차지함

<표 5-59> 2010년 감귤재배 농가 및 재배면적 현황

행정구역별	농가(가구)	비율(%)	재배면적 (ha)	비율(%)
전국	27,041	100.0	21,169	100.0
서울특별시	12	0.0	14	0.1
부산광역시	7	0.0	1	0.0
대구광역시	1	0.0	0	0.0
인천광역시	2	0.0	0	0.0
광주광역시	6	0.0	2	0.0
대전광역시	4	0.0	10	0.0
울산광역시	2	0.0	1	0.0
경기도	25	0.1	13	0.1
강원도	1	0.0	0	0.0
충청북도	5	0.0	3	0.0
충청남도	4	0.0	1	0.0
전라북도	2	0.0	1	0.0
전라남도	130	0.5	40	0.2
경상북도	3	0.0	2	0.0
경상남도	103	0.4	28	0.1
제주특별자치도	26,734	98.9	21,053	99.5

자료 : 통계청 홈페이지

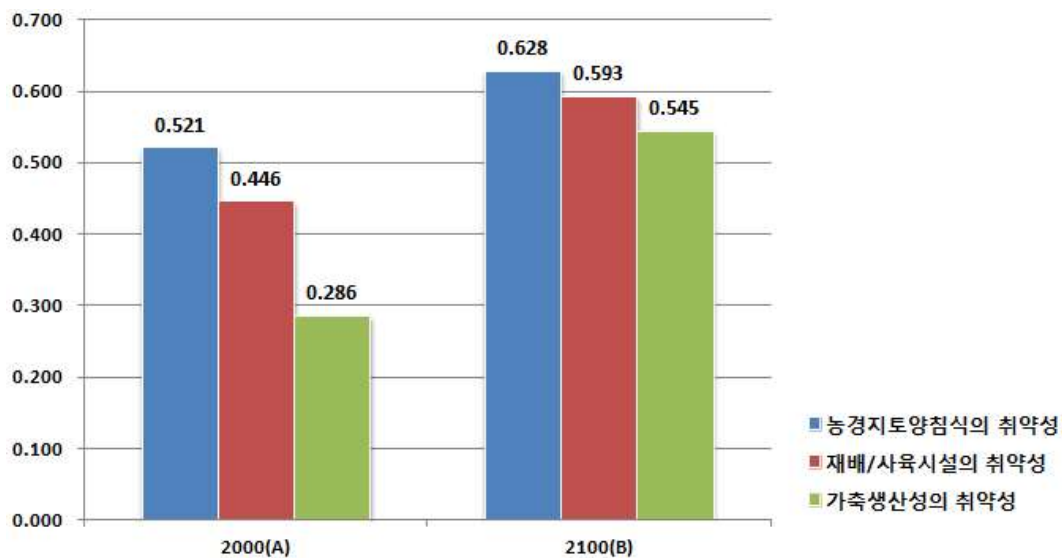
- 따라서 본 연구에서는 감귤 생산성의 취약성 항목의 대용변수 및 가중치 선정 결과만 제시하고, 취약성 평가는 향후 연구과제로 제시함

마. 농업 분야 종합

- 제주특별자치도의 농업 분야 취약성을 각 부문별로 평가한 결과 농경지 토양침식의 취약성, 재배/사육시설(붕괴)의 취약성, 가축 생산성의 취약성 모두 증가하는 것으로 나타남
- 2100년 농업 분야 중 농경지 토양침식의 취약성이 가장 높게 나타남

<표 5-60> 제주특별자치도 농업 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

구분	농경지토양침식의 취약성	재배/사육시설의 취약성	가축생산성의 취약성
2000(A)	0.521	0.446	0.286
2100(B)	0.628	0.593	0.545
(B)-(A)	0.107	0.146	0.259



(그림 5-53) 제주특별자치도 농업 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

6) 해양/수산 분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 해양/수산 분야의 평가 세부항목은 총 2개 분야로, 해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성, 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성이 선정되었음

- 본 연구에서는 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성을 평가하였음
- 해양/수산 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-61> 해양/수산 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성	기후변화로 인하여 평균해수면의 증가, 육상 빙하의 감소등과 같은 요소로 해수면이 상승하여 연안역에 대하여 침수 위험이 증가 할 것으로 예상됨. 다양한 원인에 의해서 해수면이 시·공간적으로 변하여 연안의 자연환경 및 사회 경제 활동에 영향을 줄 것으로 판단됨
수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	한반도 주변해역에서 기후변화의 영향으로 가장 두드러지게 나타나는 것이 해수온 상승이며, 전 세계 평균 수온 상승률보다 높게 나타나고 있음. 해수 중에 서식하는 수산생물들에게 가장 큰 영향을 주는 것은 수온의 변화이며, 이동 가능한 생물들은 수온의 변화에 따라 먼 거리를 이동하고 있음. 이동이 불가능한 고착생물 및 연안 양식장의 양식생물은 수온의 변화가 그들의 생활에 미치는 영향은 지대할 것으로 판단되어 선정함

(2) 해양/수산 분야 취약성 평가

가. 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성

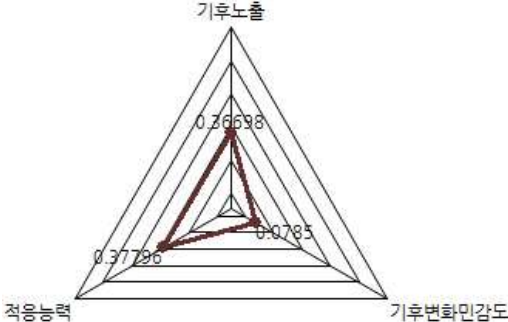
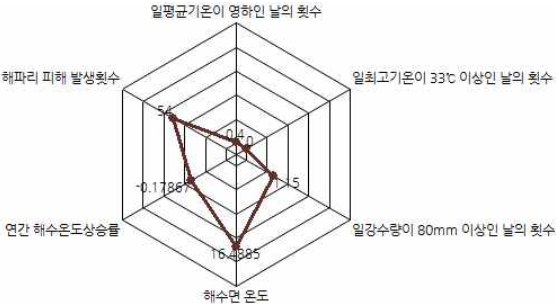
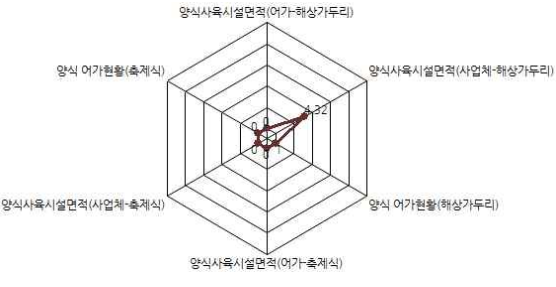
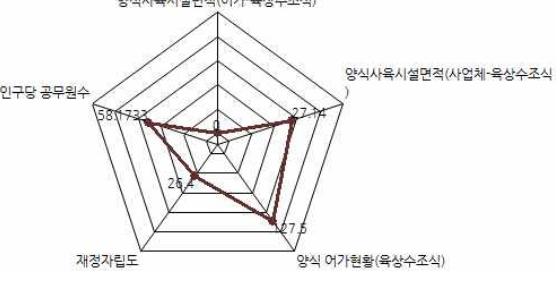
- 해양/수산 분야의 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성 평가를 위한 대응 변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-62> 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성 부문 대응변수 및 가중치

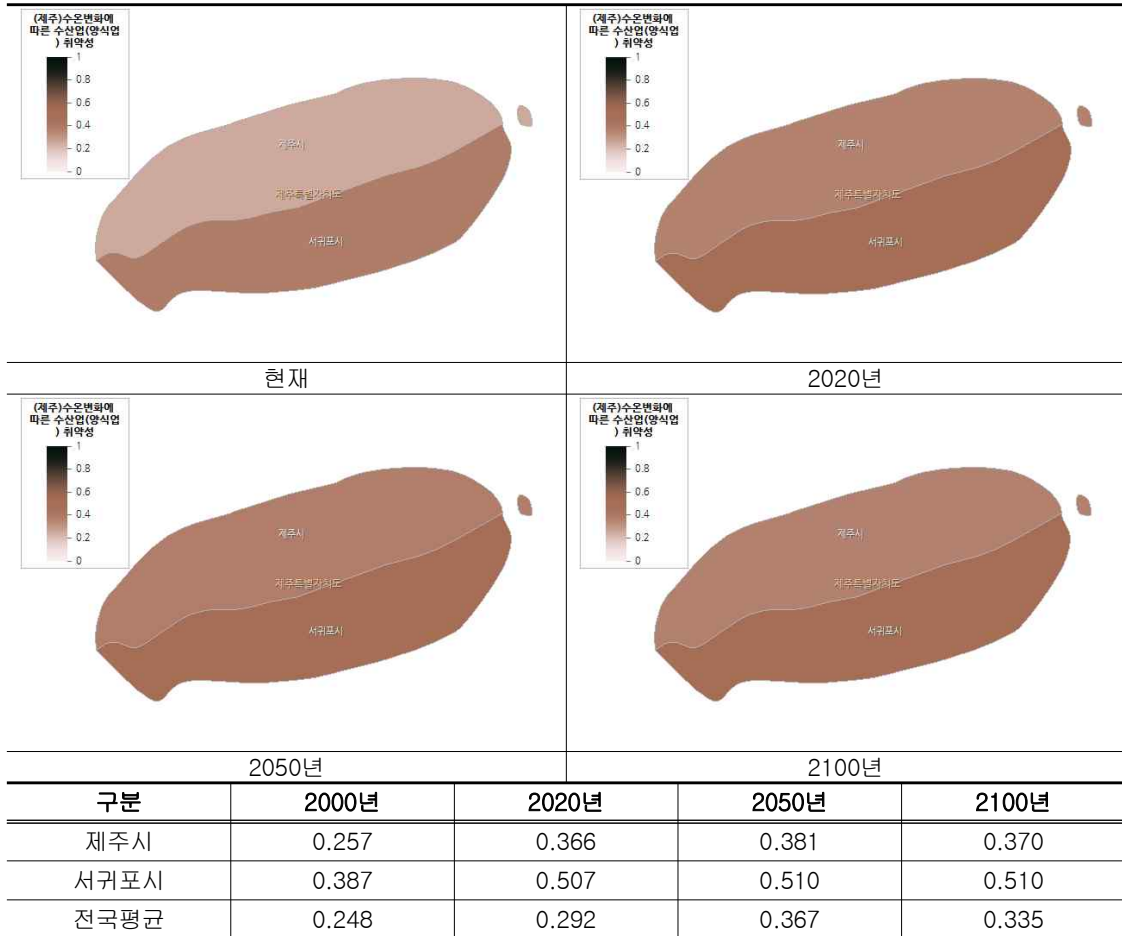
세부항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
수온 변화에 따른 수산업(양식업)에 대한 취약성	기후변화	0.44	해수면 온도(℃)	0.30
			연간 해수온도 상승률(℃/yr)	0.25
			일평균기온이 영하인 날의 횟수(회)	0.11
			일최고기온이 33℃이상인 날의 횟수(회)	0.13
			일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.12
			해파리 피해 발생 횟수(회)	0.10
	인간행위	0.34	양식사육 시설면적(어가-해상가두리)(ha)	0.25
			양식사육 시설면적(사업체-해상가두리)(ha)	0.25
			양식사육 시설면적(어가-축제식)(ha)	0.16
			양식사육 시설면적(사업체-축제식)(ha)	0.16
			양식어가 현황(해상가두리)(개소)	0.09
			양식어가 현황(축제식)(개소)	0.09
	자연환경	0.22	재정자립도(%)	0.28
			인구당 공무원 수(명/만명)	0.25
			양식사육 시설면적(어가-육상수조식)(ha)	0.17
			양식사육 시설면적(사업체-육상수조식)(ha)	0.15
			양식 어가현황(육상수조식)(개소)	0.15

- 제주특별자치도의 해양/수산 분야의 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-63> 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성

 <p>기후노출</p> <p>적응능력</p> <p>기후변화민감도</p>	<p>- 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 적응능력, 기후노출, 기후변화민감도의 순으로 나타남</p>
<p>취약성 지수</p>  <p>일평균기온이 10℃ 이하인 날의 횟수</p> <p>일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수</p> <p>해수면 온도</p> <p>연간 해수온도상승률</p> <p>해파리 피해 발생횟수</p>	<p>- 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성과 관련된 기후노출은 해수면 온도가 가장 높은 영향요인으로 나타남</p>
<p>기후노출</p>  <p>양식사육시설면적(어가-해상가두리)</p> <p>양식사육시설면적(사업체-해상가두리)</p> <p>양식사육시설면적(어가-육계식)</p> <p>양식사육시설면적(사업체-육계식)</p> <p>양식사육시설면적(어가-육계식)</p> <p>양식사육시설면적(사업체-육계식)</p>	<p>- 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성과 관련된 민감도는 양식사육 시설면적(사업체-해상가두리)이 높게 나타남</p>
<p>민감도</p>  <p>양식사육시설면적(어가-육상수조식)</p> <p>양식사육시설면적(사업체-육상수조식)</p> <p>양식사육시설면적(어가-육상수조식)</p> <p>양식사육시설면적(사업체-육상수조식)</p> <p>양식사육시설면적(어가-육상수조식)</p> <p>양식사육시설면적(사업체-육상수조식)</p>	<p>- 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성에 대한 적응능력은 양식어가 현황(육상수조식)이 가장 중요한 것으로 나타남</p>
<p>적응능력</p>	

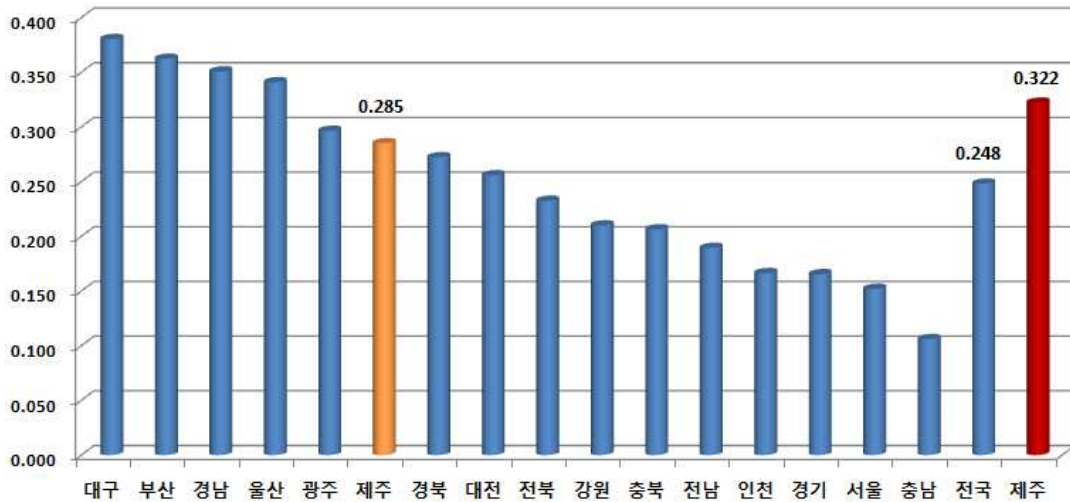
- 해양/수산 분야의 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성의 미래 예측 결과는 다음과 같음



(그림 5-54) 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성은 제주시가 0.257, 서귀포시 0.387로 전국 평균 0.248보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성은 제주특별자치도와 전국 모두 2050까지 증가하고, 이후 감소 추세를 보임
- 2100년에는 제주시 0.370, 서귀포시 0.510로 전국(0.335)보다 높게 나타남
- 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합), 적응능력 모두 높은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.445), 전국(0.249)
 - 적응능력: 제주(0.378), 전국(0.176)

- 제주특별자치도의 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.248)보다 제주지역(0.322)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.285)보다는 다소 높게 나타나고 있음



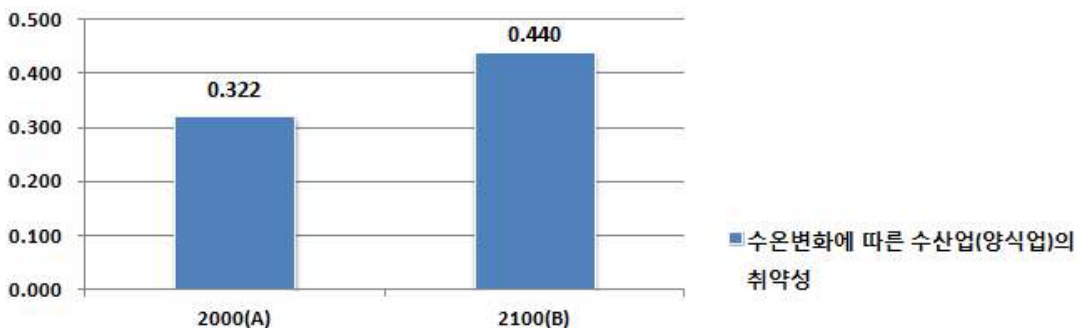
(그림 5-55) 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성의 전국 비교

나. 해양/수산 분야 종합

- 제주특별자치도의 해양/수산 분야 취약성을 각 부문별로 평가한 결과 수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성은 증가하는 것으로 나타남

<표 5-64> 제주특별자치도 해양/수산 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

구분	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성
2000(A)	0.322
2100(B)	0.440
(B)-(A)	0.118



(그림 5-56) 제주특별자치도 해양/수산 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

7) 재해 분야

(1) 평가 세부항목 및 선정 배경

- 재해 분야의 평가 세부항목은 총 4분야로, 홍수에 대한 기반시설 취약성, 폭염에 대한 기반시설 취약성, 폭설에 의한 기반시설 취약성, 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성이 선정되었음
- 재해 분야의 각 세부항목의 선정 배경은 다음과 같음

<표 5-65> 재해 분야 취약성 평가 세부항목의 선정 배경

세부항목	선정 배경
홍수에 대한 기반시설 취약성	홍수로 인해 대부분의 기반시설에 침수, 붕괴 및 손상 등과 같은 피해를 유발할 위험이 증가할 것으로 예상됨
폭염에 대한 기반시설 취약성	폭염은 자연재해대책법에 재해로 규정되어 있지 않지만, 기후변화 관련 재해로, 도로의 균열침하로 교통사고 발생 위험이 증가할 것으로 예상됨
폭설에 대한 기반시설 취약성	폭설로 인해 도로, 철도, 공항 등 교통시설의 원활한 통행을 저해하여 교통혼잡·사고 등을 유발할 위험이 증가할 것으로 예상됨
해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	해수면 상승은 자연재해대책법에 재해로 규정되어 있지 않지만, 기후변화 관련 재해로, 해안변 저지대에 인접하여 위치한 도로, 항만, 수질오염방지시설 등의 침수 위험이 증가할 것으로 예상됨

(2) 재해 분야 취약성 평가

가. 홍수에 대한 기반시설 취약성

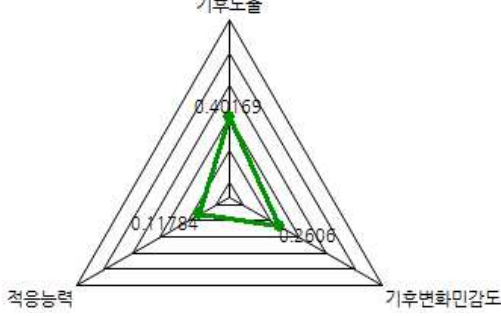
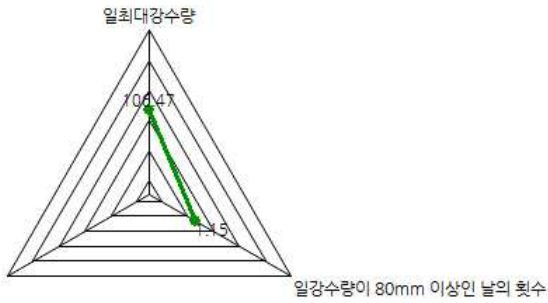
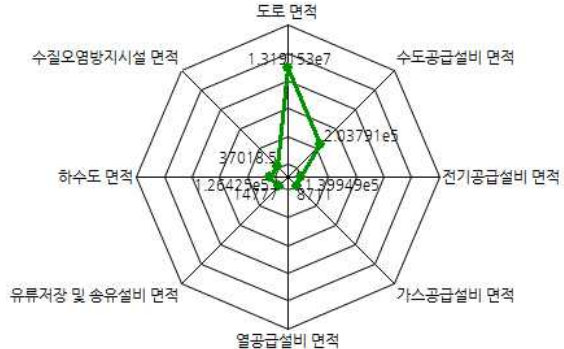
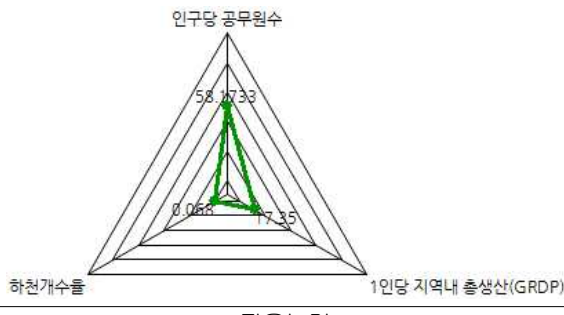
- 재해 분야의 홍수에 대한 기반시설 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-66> 홍수에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치

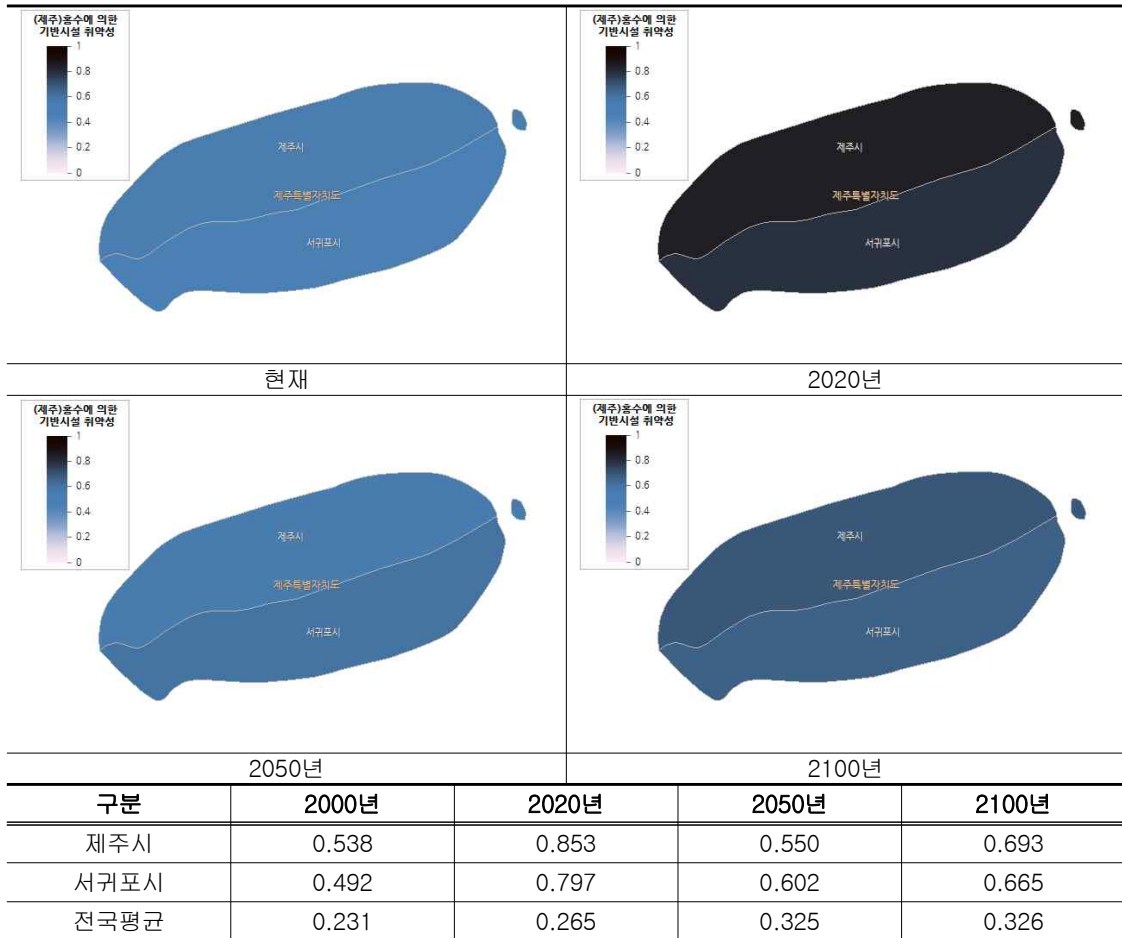
세부항목	대응변수	가중치	변수목록	가중치
홍수에 대한 기반시설 취약성	기후노출	0.45	일강수량이 80mm/일 이상인 날의 횟수(회)	0.32
			일최대강수량(mm)	0.68
	민감도 홍수 취약 지역 (침수 건물수)	0.29	도로면적(㎡)	0.29
			수도공급설비 면적(㎡)	0.12
			전기공급설비 면적(㎡)	0.06
			가스공급설비 면적(㎡)	0.05
			열공급설비 면적(㎡)	0.04
			유류저장 및 송유설비 면적(㎡)	0.06
			하수도면적(㎡)	0.27
			수질오염방지시설 면적(㎡)	0.12
	적응능력	0.26	1인당 지역내총생산(GRDP)(백만원)	0.35
			1인당 공무원수(명/만명)	0.15
			하천 개수율(%)	0.50

- 제주특별자치도의 재해 분야의 홍수에 대한 기반시설 취약성 평가를 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-67> 홍수에 대한 기반시설 취약성

 <p>기후노출 0.40169 0.2608 0.11784 적응능력 취약성 지수</p>	<p>- 홍수에 대한 기반시설 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 기후변화민감도, 적응능력의 순으로 나타남</p>
 <p>일최대강수량 10.47 일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수 기후노출</p>	<p>- 홍수에 대한 기반시설 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 높은 영향요인으로 나타남</p>
 <p>도로면적 1.319753e7 수도공급설비면적 2.03791e5 전기공급설비면적 1.39949e5 가스공급설비면적 열공급설비면적 유류저장 및 송유설비면적 하수도면적 수질오염방지시설면적 민감도</p>	<p>- 홍수에 대한 기반시설 취약성과 관련된 민감도는 도로면적이 가장 높게 나타남</p>
 <p>인구당 공무원수 58.1733 1인당 지역내 총생산(GRDP) 17.35 하천개수 적응능력</p>	<p>- 홍수에 대한 기반시설 취약성에 대한 적응능력은 인구당 공무원수가 가장 중요한 것으로 나타남</p>

- 재해 분야의 홍수에 대한 기반시설 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음

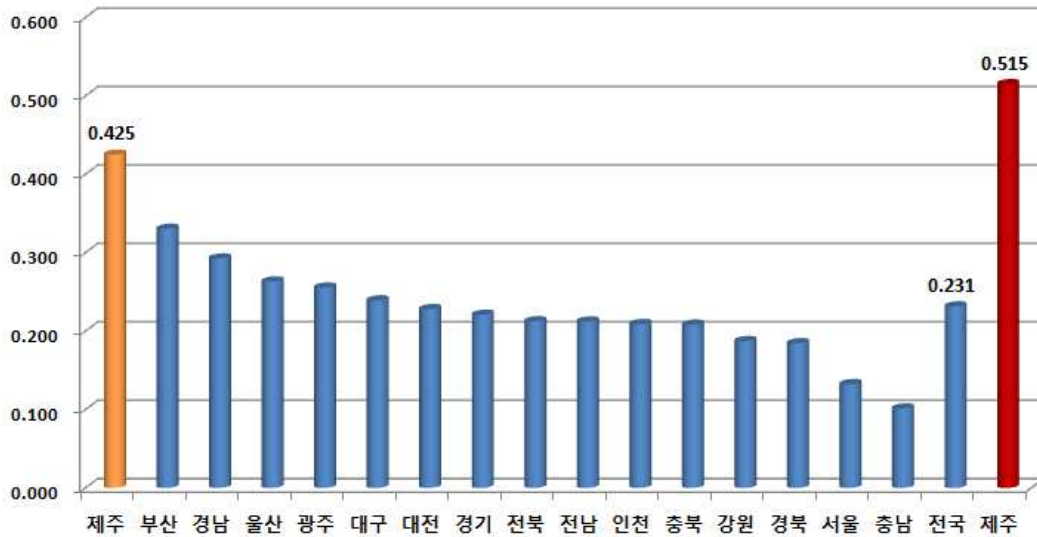


(그림 5-57) 홍수에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 홍수에 대한 기반시설 취약성은 제주시가 0.538, 서귀포시 0.492로 전국 평균 0.231보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 홍수에 대한 기반시설 취약성은 전국적으로 지속적으로 증가 추세를 보임
- 제주특별자치도는 2020년까지 증가하다가 2050년 다소 감소하여 이후 증가하는 것으로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.693, 서귀포시 0.665로 전국(0.326)보다 높게 나타남
- 홍수에 대한 기반시설 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.662), 전국(0.319)

- 적응능력: 제주(0.118), 전국(0.178)

- 제주특별자치도의 홍수에 대한 기반시설의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.231)보다 제주지역(0.515)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.425)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-58) 홍수에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교

나. 폭염에 대한 기반시설 취약성

- 재해 분야의 폭염에 대한 기반시설 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-68> 폭염에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치

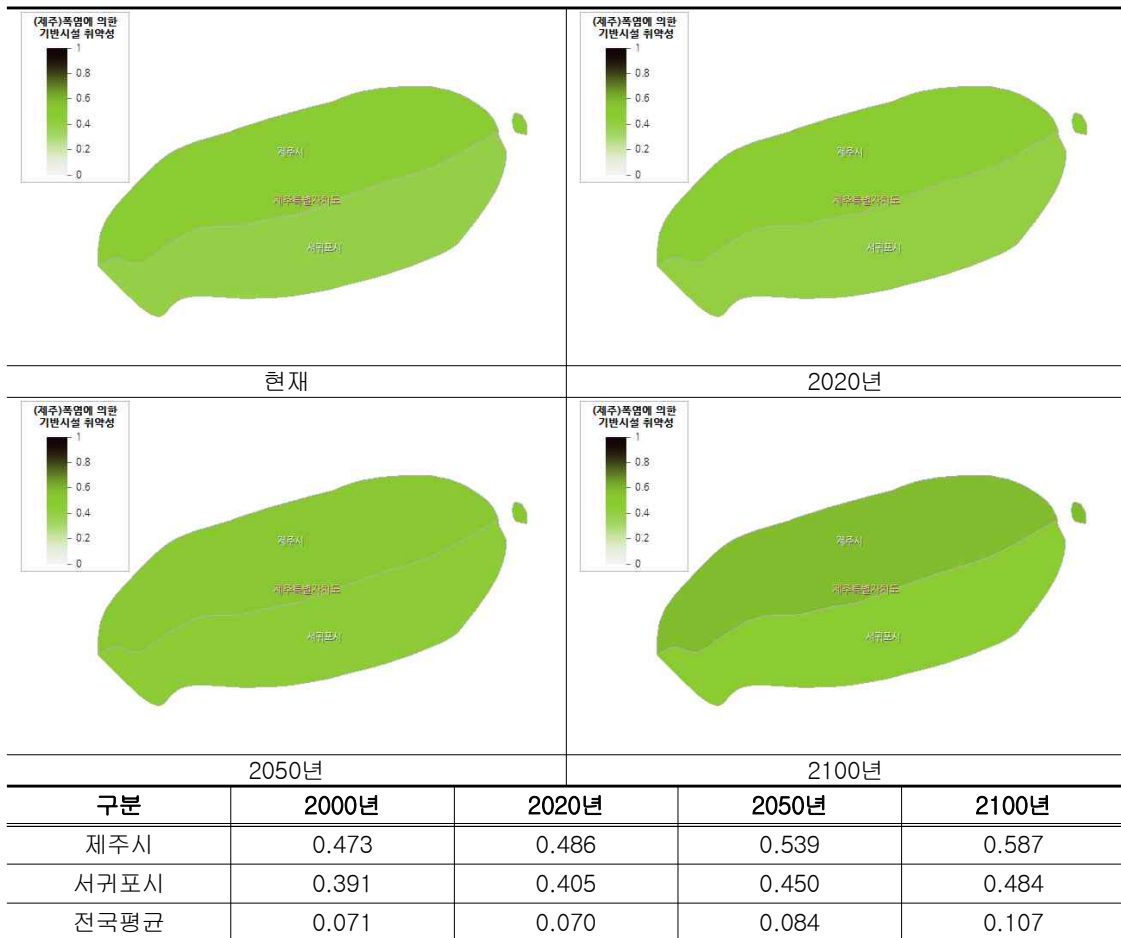
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
폭염에 대한 기반시설 취약성	기후노출	0.43	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(회)	0.80
			일최저기온이 25℃이상인 날의 횟수(회)	0.20
	민감도 폭염 취약 지역 (불투수 지역면적 :㎡)	0.21	도로면적(㎡)	1.00
	적응능력	0.36	1인당지역내총생산(GRDP)(백만원)	0.30
			1인당공무원수(명/만명)	0.14
			1인당 녹지면적(㎡)	0.56

- 재해 분야의 폭염에 대한 기반시설 취약성을 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-69> 폭염에 대한 기반시설 취약성

<p>기후노출</p> <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 폭염에 대한 기반시설 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과, 기후노출, 기후변화민감도, 적응능력의 순으로 나타남
<p>일최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>일최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수</p> <p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 폭염에 대한 기반시설 취약성과 관련된 기후노출은 일최대강수량이 가장 높은 영향요인으로 나타남
<p>도로 면적</p> <p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 폭염에 대한 기반시설 취약성과 관련된 민감도는 도로면적이 가장 높게 나타남
<p>인구당 공무원수</p> <p>1인당 녹지 면적</p> <p>1인당 지역내 총생산(GRDP)</p> <p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 폭염에 대한 기반시설 취약성에 대한 적응능력은 인구당 공무원수가 가장 중요한 것으로 나타남

- 재해 분야의 폭염에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측결과는 다음과 같음

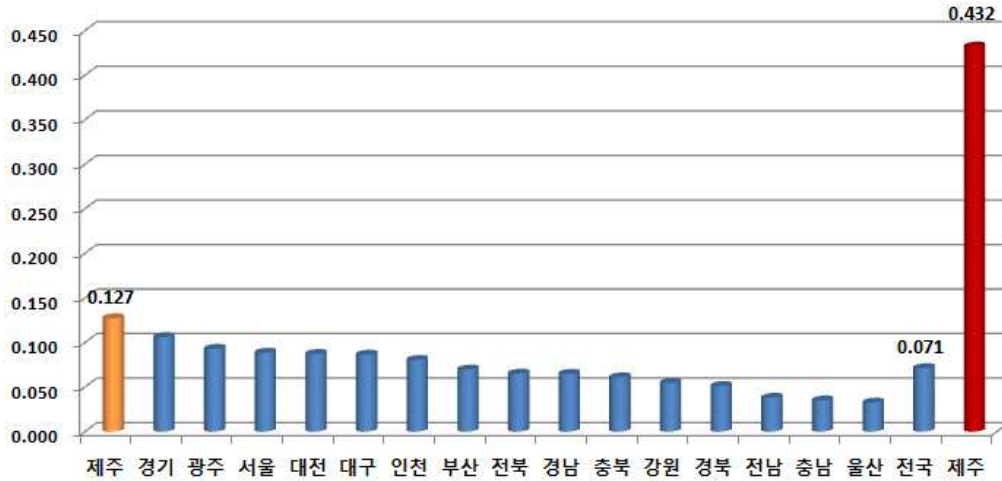


(그림 5-59) 폭염에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 폭염에 대한 기반시설 취약성은 제주시가 0.473, 서귀포시 0.391로 전국 평균 0.071보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 폭염에 대한 기반시설 취약성은 전국적으로 2020년 감소하였다가 이후 지속적으로 증가 추세를 보임
- 제주특별자치도는 지속적으로 증가하는 것으로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.587, 서귀포시 0.484로 전국(0.107)보다 높게 나타남
- 폭염에 대한 기반시설 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.691), 전국(0.240)

- 적응능력: 제주(0.117), 전국(0.167)

- 제주특별자치도의 폭염에 대한 기반시설의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.071)보다 제주지역(0.432)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.127)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-60) 폭염에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교

다. 폭설에 대한 기반시설 취약성

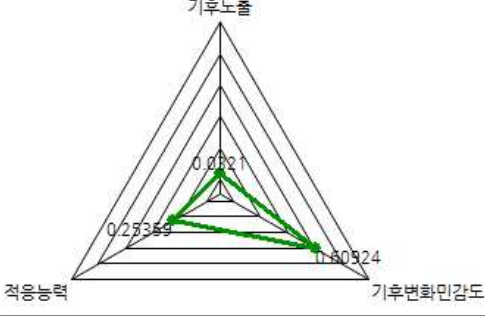
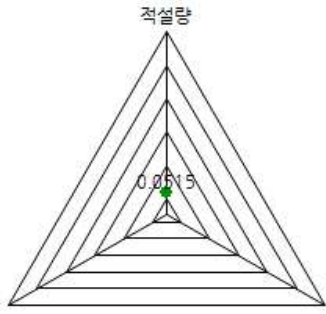
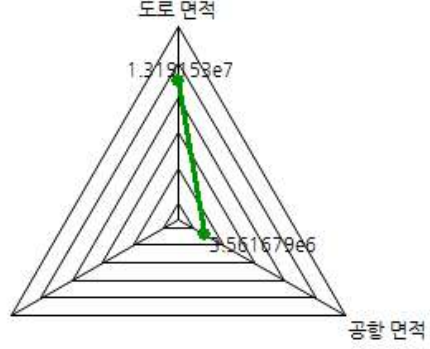
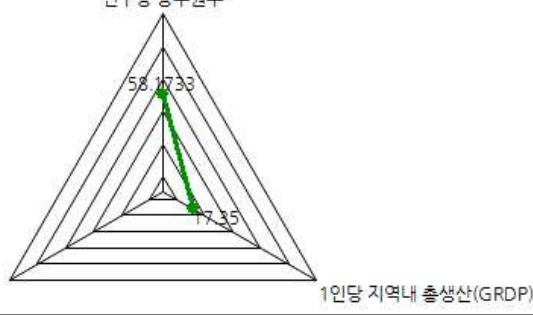
- 재해 분야의 폭설에 대한 기반시설 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-70> 폭설에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치

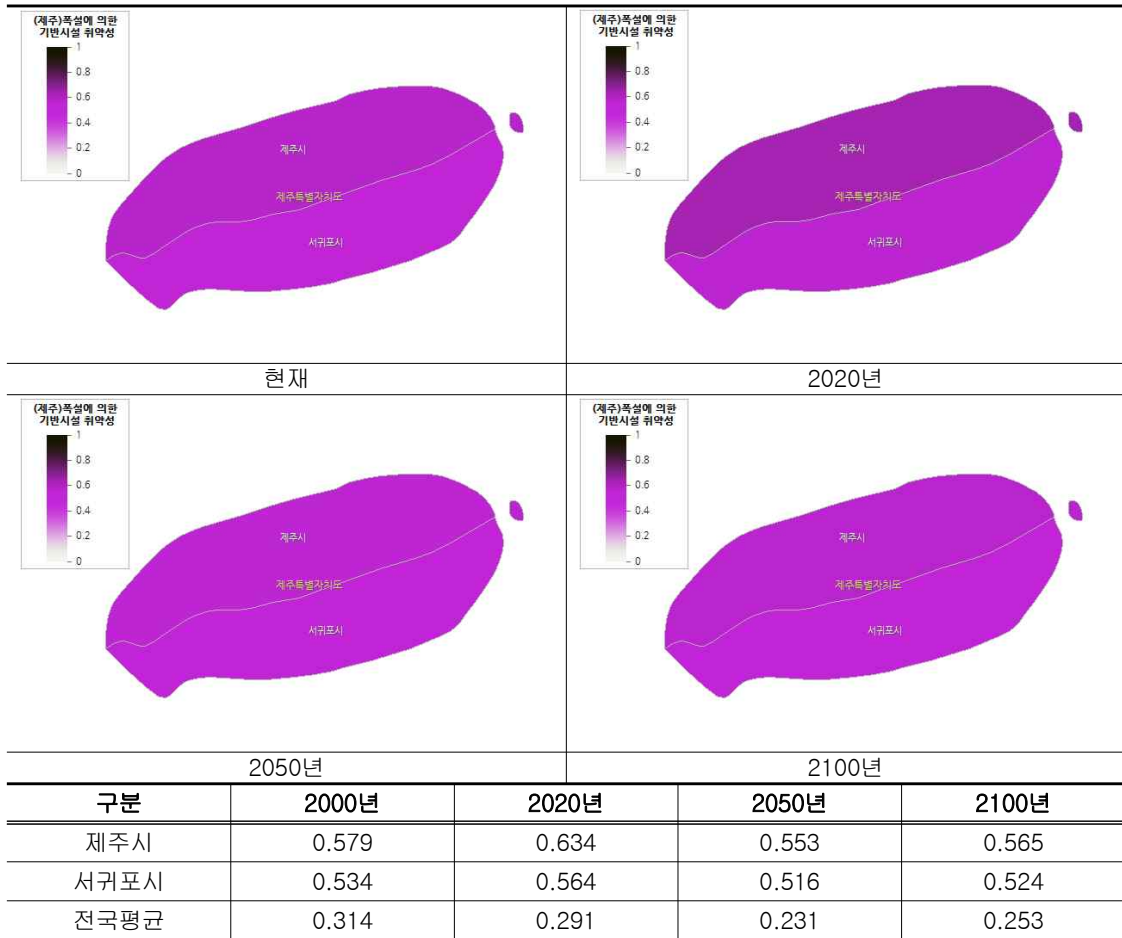
세부 항목	대응 변수		가중치	변수목록	가중치
폭설에 대한 기반시설 취약성	기후노출		0.45	적설량(cm)	1.00
	민감도	폭설 취약 지역 (폭설피 해액) (천원)	0.28	도로면적(㎡)	0.78
				공항면적(㎡)	0.22
	적응능력		0.27	1인당지역내총생산(GRDP)(백만원)	0.65
				1인당공무원수(명/만명)	0.35

- 재해 분야의 폭설에 대한 기반시설 취약성을 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-71> 폭설에 대한 기반시설 취약성

 <p>기후노출</p> <p>기후변화민감도</p> <p>적응능력</p> <p>취약성 지수</p>	<p>- 폭설에 대한 기반시설 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 기후변화민감도, 적응능력, 기후노출의 순으로 나타남</p>
 <p>적설량</p> <p>기후노출</p> <p>민감도</p>	<p>- 폭설에 대한 기반시설 취약성과 관련된 기후노출은 적설량이 높은 영향요인으로 나타남</p>
 <p>도로면적</p> <p>민감도</p> <p>공할면적</p>	<p>- 폭설에 대한 기반시설 취약성과 관련된 민감도는 도로면적이 가장 높게 나타남</p>
 <p>인구당 공무원수</p> <p>적응능력</p> <p>1인당 지역내 총생산(GRDP)</p>	<p>- 폭설에 대한 기반시설 취약성에 대한 적응능력은 인구당 공무원수가 가장 중요한 것으로 나타남</p>

- 재해 분야의 폭설에 대한 기반시설 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음

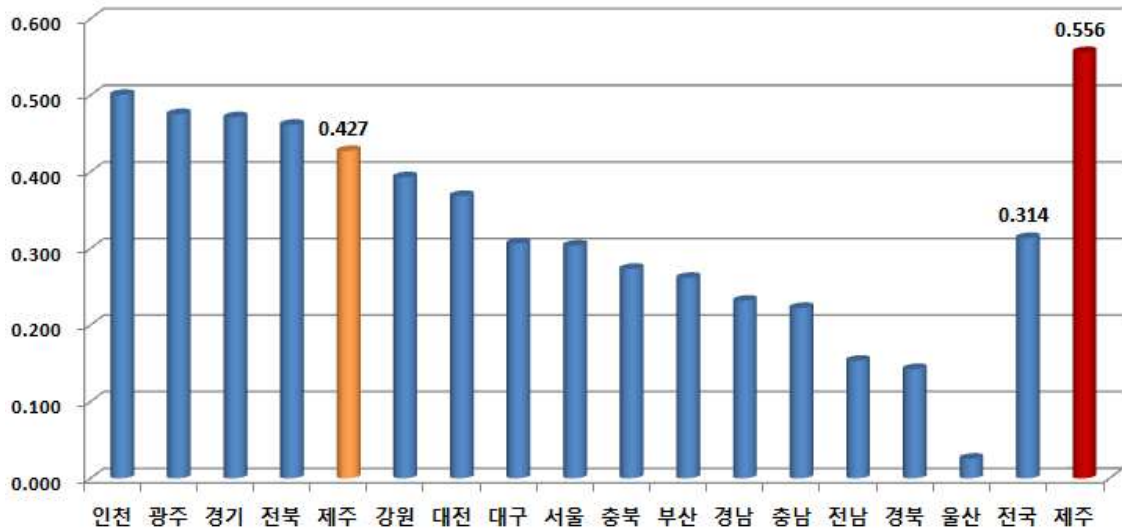


(그림 5-61) 폭설에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 폭설에 대한 기반시설 취약성은 제주시가 0.579, 서귀포시 0.534로 전국 평균 0.314보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 폭설에 대한 기반시설 취약성은 전국적으로 2050년까지 감소하였다가 이후 지속적으로 증가 추세를 보임
- 제주특별자치도는 2020년까지 증가하였다가, 2050년 감소하고, 이후 증가하는 것으로 나타남
- 2100년에는 제주시 0.565, 서귀포시 0.524로 전국(0.253)보다 높게 나타남
- 폭설에 대한 기반시설 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향(기후노출과 민감도의 합)에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후노출과 민감도의 합: 제주(0.641), 전국(0.369)

- 적응능력: 제주(0.254), 전국(0.311)

- 제주특별자치도의 폭설에 대한 기반시설의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.314)보다 제주지역(0.556)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.427)보다는 다소 높게 나타나고 있음



(그림 5-62) 폭설에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교

라. 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성

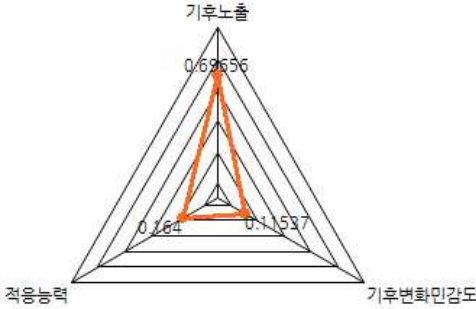
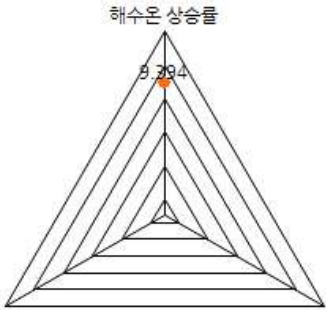
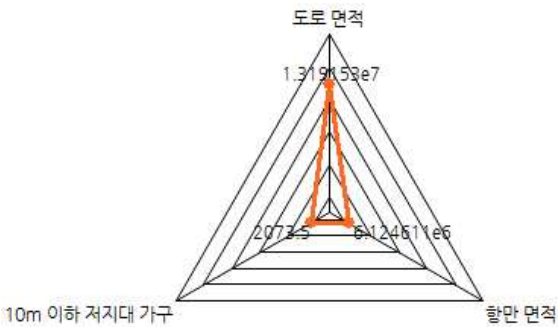
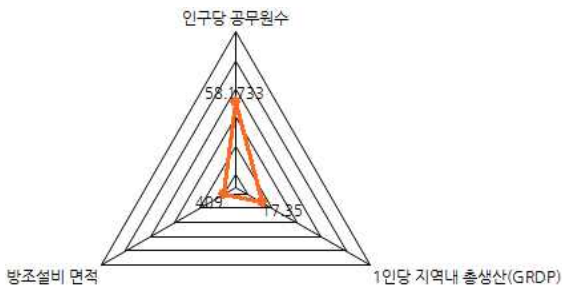
- 재해 분야의 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성 평가를 위한 대응변수 및 가중치는 다음과 같음

<표 5-72> 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성 부문 대응변수 및 가중치

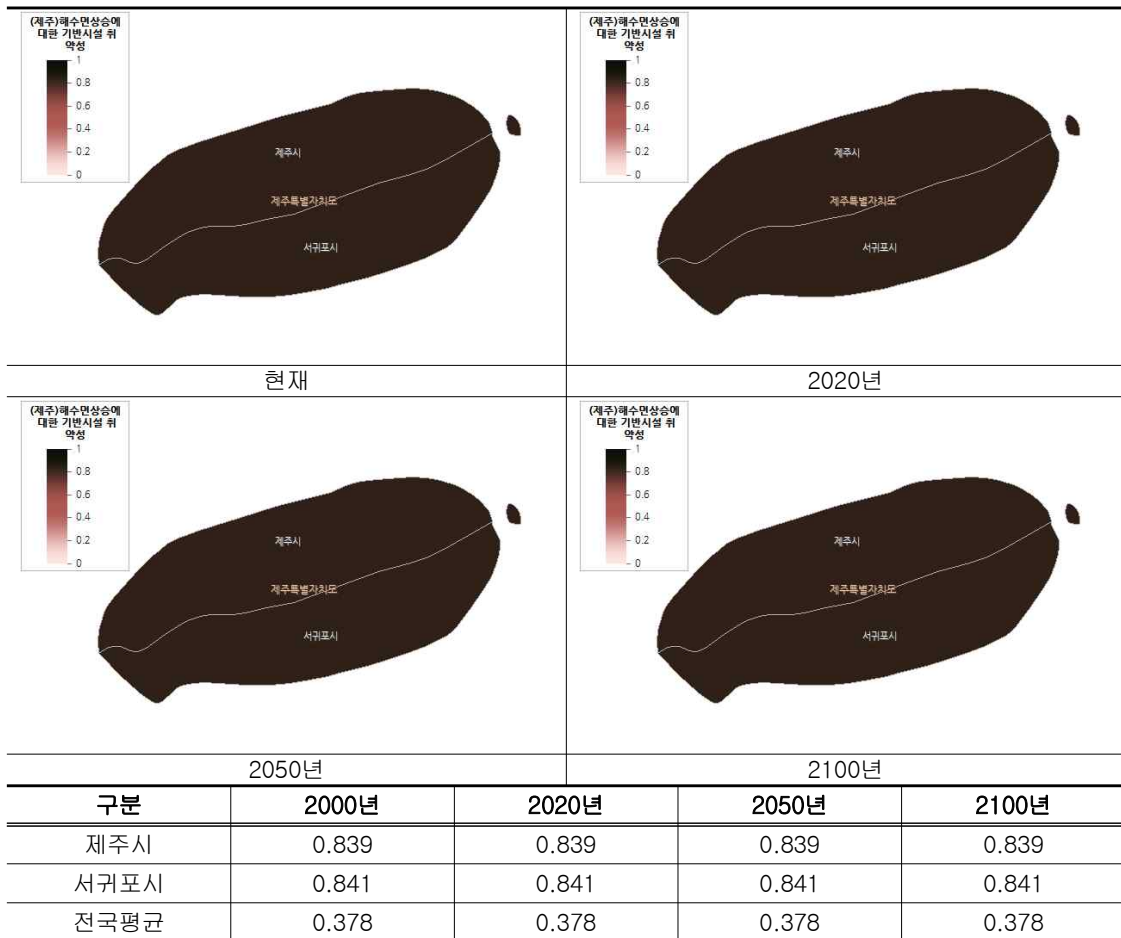
세부 항목	대응 변수	가중치	변수목록	가중치
해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	기후노출	0.50	연해수온상승률	1.00
	민감도 해수면 상승 취약 지역 (연조위 상승률) (%)	0.20	도로면적(㎡)	0.12
			항만면적(㎡)	0.20
			10m이하 저지대가구(세대)	0.68
	적응능력	0.30	1인당지역내총생산(GRDP)(백만원)	0.28
			1인당공무원수(명/만명)	0.12
			방조설비면적(㎡)	0.60

- 재해 분야의 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성을 취약성 지수, 기후노출, 민감도, 적응능력을 살펴보면 다음과 같음

<표 5-73> 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성

 <p>취약성 지수</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성에 대한 대응변수의 기여도를 파악한 결과 기후노출, 적응능력, 기후변화민감도의 순으로 나타남
 <p>기후노출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성과 관련된 기후노출은 해수면 상승률이 높은 영향 요인으로 나타남
 <p>민감도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성과 관련된 민감도는 도로면적이 가장 높게 나타남
 <p>적응능력</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성에 대한 적응능력은 인구당 공무원수가 가장 중요한 것으로 나타남

○ 재해 분야의 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성의 미래예측결과는 다음과 같음

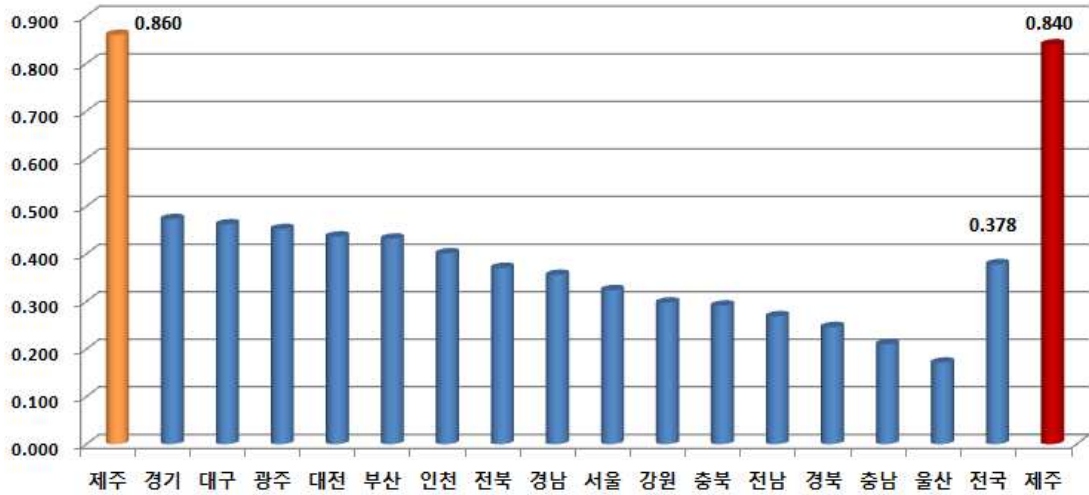


주) 2000년과 2020년은 소수점 다섯자리 이후 미미한 변화를 보이나, 2020년 이후 거의 비슷하게 나타남

(그림 5-63) 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성의 미래 예측

- 현재 제주특별자치도의 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성은 제주시가 0.839, 서귀포시 0.841로 전국 평균 0.378보다 높게 나타남
- 미래에 예상되는 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성은 제주특별자치도와 전국 모두 현재와 비슷한 수준을 보임
- 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성은 제주특별자치도가 전국에 비해 기후영향에서 높은 값을 나타내며, 적응능력에 있어서는 낮은 값을 나타냄
 - 기후영향: 제주(0.531), 전국(0.189)
 - 적응능력: 제주(0.164), 전국(0.307)

- 제주특별자치도의 해수면 상승에 대한 기반시설의 취약성을 전국과 비교한 결과 전국 평균(0.378)보다 제주지역(0.840)이 높게 나타남. 전국 공통의 가중치를 적용할 때의 제주지역 취약성(0.860)보다는 다소 낮게 나타나고 있음



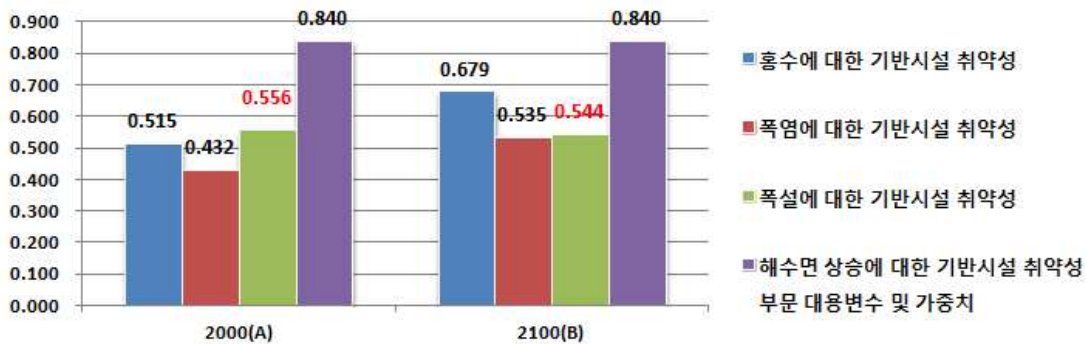
(그림 5-64) 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성의 전국 비교

마. 재해 분야 종합

- 제주특별자치도의 재해 분야 취약성을 각 부문별로 평가한 결과 폭설에 의한 기반시설 취약성은 감소하고, 홍수 및 폭염에 의한 기반시설 취약성은 증가함

<표 5-74> 제주특별자치도 재해 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

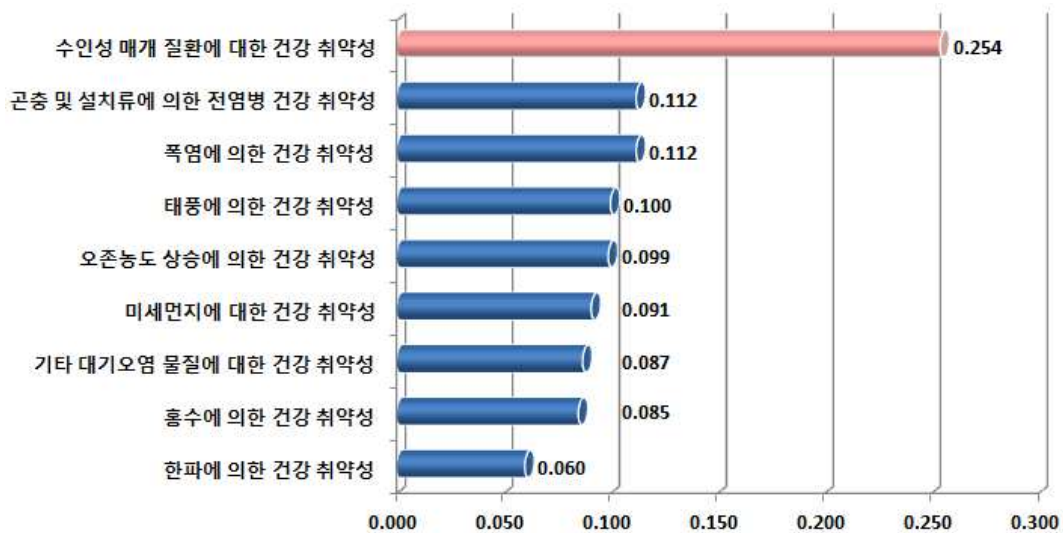
구분	홍수에 대한 기반시설 취약성	폭염에 대한 기반시설 취약성	폭설에 대한 기반시설 취약성	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성
2000(A)	0.515	0.432	0.556	0.840
2100(B)	0.679	0.535	0.544	0.840
(B)-(A)	0.164	0.103	-0.012	0.000



(그림 5-65) 제주특별자치도 재해 분야 취약성 평가 종합(2000년, 2100년 비교)

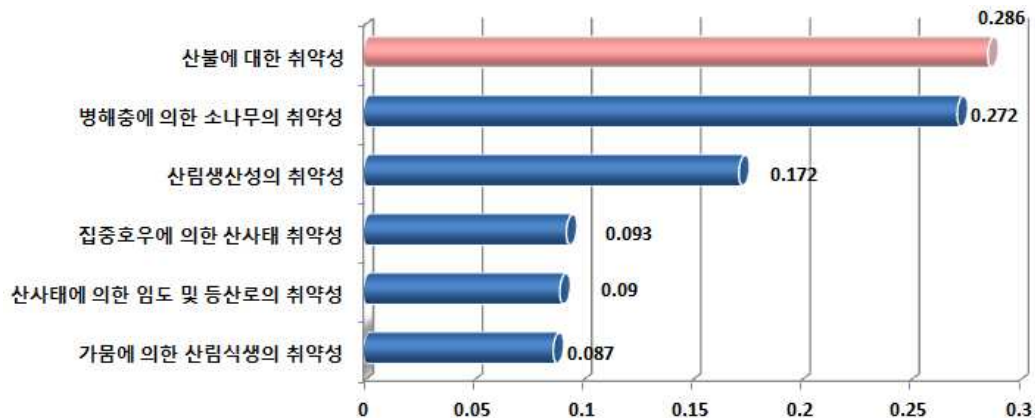
2. 중점 추진분야(우선순위)

- 7개 분야별 세부항목에 대한 우선순위는 분야별 전문가(91명)를 대상으로 계층분석적 의사결정방법(AHP, Analytic Hierarchy Process)에 의해 도출하였음
- 보건 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성, ② 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성, ③ 폭염에 의한 건강 취약성, ④ 태풍에 의한 건강 취약성, ⑤ 오존농도 상승에 의한 건강 취약성 등의 순으로 나타남



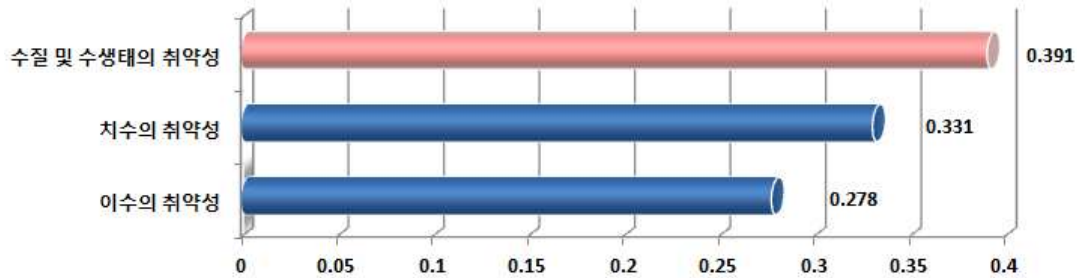
(그림 5-66) 보건 분야 세부항목별 우선순위

- 산림 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 산불에 대한 취약성, ② 병해충에 의한 소나무의 취약성, ③ 산림생산성의 취약성, ④ 집중호우에 의한 산사태 취약성, ⑤ 산사태에 의한 임도 및 등산로의 취약성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성의 순으로 나타남



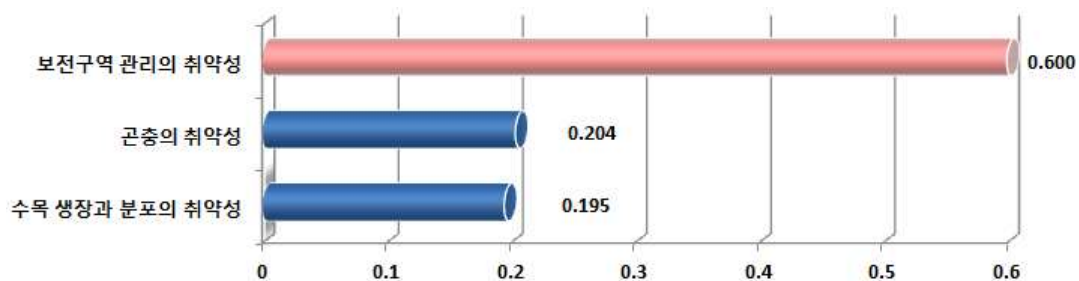
(그림 5-67) 산림 분야 세부항목별 우선순위

- 물관리 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 수질 및 수생태의 취약성, ② 치수의 취약성, ③ 이수의 취약성의 순으로 나타남



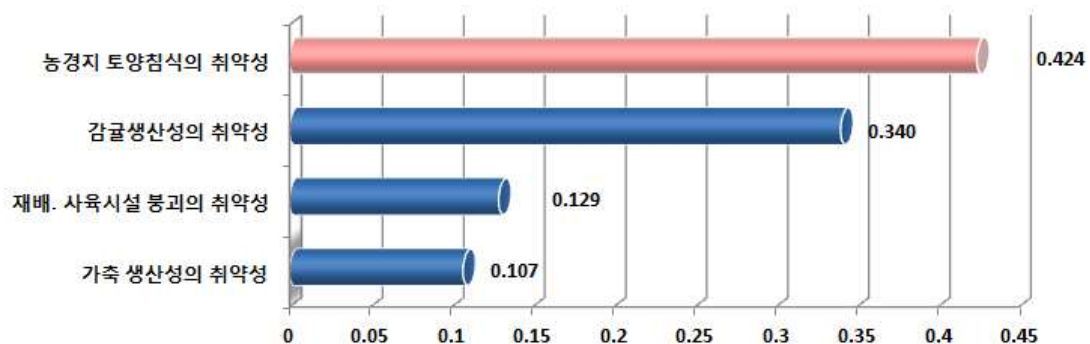
(그림 5-68) 물관리 분야 세부항목별 우선순위

- 생태계 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 보전구역 관리의 취약성, ② 곤충의 취약성, ③ 수목 성장과 분포의 취약성의 순으로 나타남



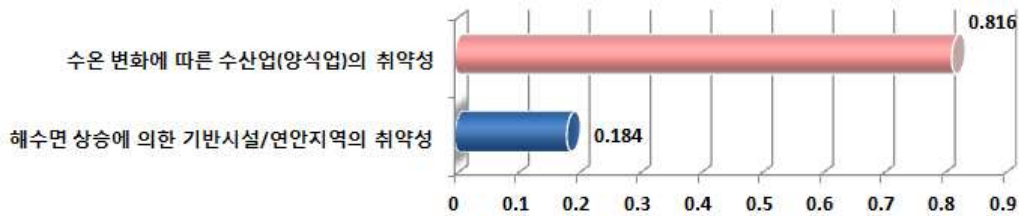
(그림 5-69) 생태계 분야 세부항목별 우선순위

- 농업 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 농경지 토양침식의 취약성, ② 감귤생산성의 취약성, ③ 재배·사육시설 붕괴의 취약성, ④ 가축 생산성의 취약성의 순으로 나타남



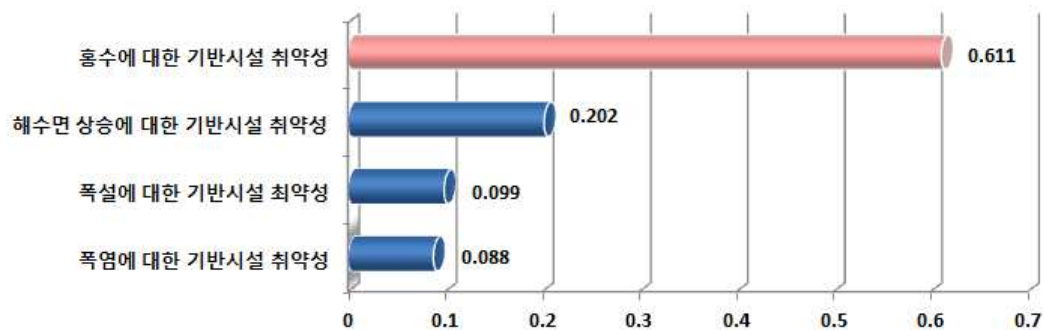
(그림 5-70) 농업 분야 세부항목별 우선순위

- 해양/수산 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성, ② 해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성의 순으로 나타남



(그림 5-71) 해양/수산 분야 세부항목별 우선순위

- 재해 분야의 세부항목별 우선순위는 ① 홍수에 대한 기반시설 취약성, ② 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성, ③ 폭설에 대한 기반시설 취약성, ④ 폭염에 대한 기반시설 취약성의 순으로 나타남



(그림 5-72) 재해 분야 세부항목별 우선순위

3. 취약성 평가 결과 시사점

1) 보건 분야

- 보건 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 홍수, 태풍, 폭염, 곤충 및 설치류, 수인성 매개질환에 의한 건강 취약성이며, 반대로 전국 평균보다 낮게 나타나는 항목은 한파, 오존농도, 미세먼지, 기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성임
- 따라서 제주지역의 경우 기후변화에 따른 기온상승, 태풍, 폭우 등 이상 기후에 의한 영향이 크게 증가하지만, 상대적으로 한파와 대기질에 따른 영향은 전국보다 낮은 것으로 나타나고 있음
- 보건 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음
- 취약성이 높게 나타나는 항목은 태풍, 폭염, 한파, 곤충 및 설치류에 의한 취약성임
- 취약성이 낮게 나타나는 항목은 홍수, 오존농도, 미세먼지, 기타 대기오염물질, 수인성 매개질환에 의한 취약성임
- 보건 분야의 세부항목별 우선순위는 수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성, 곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성, 폭염에 의한 건강 취약성, 태풍에 의한 건강 취약성, 오존농도 상승에 의한 건강 취약성, 미세먼지에 대한 건강 취약성, 기타 대기오염 물질에 대한 건강 취약성, 홍수에 의한 건강 취약성, 한파에 의한 건강 취약성의 순으로 나타남
- 폭염, 태풍, 홍수에 의한 건강 취약성은 현재뿐만 아니라 미래에도 취약성이 높게 나타나고 있어 이에 대한 대책이 필요함
- 전염병 및 수인성 매개 질환에 의한 건강 취약성은 현재보다도 미래 취약성이 높게 나타나고 있어, 이를 사전에 준비하기 위한 노력이 필요함
- 한파 및 오존농도 상승에 의한 미래의 취약성은 현재보다 낮을 것으로 전망되고 있음
- 따라서 보건 분야 관련 정책은 우선 현재의 취약성에 역점을 두면서, 미래에 있을 취약성을 대비할 수 있어야 할 것임

2) 산림 분야

- 산림 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 집중호우에 의한 산사태, 산사태에 의한 임도, 산림생산성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성이며, 반대로 전국 평균보다 낮게 나타나는 항목은 산불, 병해충에 의한 소나무의 취약성임
- 산림 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음
 - 취약성이 높게 나타나는 항목은 집중호우에 의한 산사태, 산사태에 의한 임도의 취약성임
 - 취약성이 낮게 나타나는 항목은 산불, 병해충, 산림생산성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성임
- 산림 분야의 세부항목별 우선순위는 산불에 대한 취약성, 병해충에 의한 소나무의 취약성, 산림생산성의 취약성, 집중호우에 의한 산사태 취약성, 산사태에 의한 임도 및 등산로의 취약성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성의 순으로 나타남
- 집중호우에 의한 산사태 취약성과 산사태에 의한 임도의 취약성이 미래에도 높게 나타날 것으로 전망되고 있으며, 그 다음으로 병충해에 의한 소나무의 취약성도 현재보다 다소 증가할 것으로 전망됨
- 산림생산성의 취약성, 가뭄에 의한 산림식생의 취약성, 산불에 의한 취약성은 현재보다 개선될 것으로 전망됨
- 따라서 산림 분야 관련 정책은 우선 현재의 취약성에 역점을 두고 추진하는 것이 바람직함

3) 물관리 분야

- 물관리 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 취수, 수질 및 수생태계의 취약성이며, 반대로 전국 평균보다 낮게 나타나는 항목은 이수의 취약성임
- 물관리 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적

용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음

- 취약성이 높게 나타나는 항목은 치수, 이수의 취약성임
- 취약성이 낮게 나타나는 항목은 수질 및 수생태계의 취약성임
- 물관리 분야의 세부항목별 우선순위는 수질 및 수생태의 취약성, 치수의 취약성, 이수의 취약성의 순으로 나타남
- 치수의 취약성이 더욱 크게 되며, 이수의 취약성이나 수질 및 수생태계의 취약성은 감소할 것으로 전망됨
- 따라서 물관리 분야 관련 정책은 우선 치수의 취약성에 역점을 두고 추진하되, 이수의 취약성은 지하수의 지속가능한 활용방안에 중점을 두어야 함

4) 생태계 분야

- 생태계 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 수목생장 및 분포의 취약성이며, 반대로 전국 평균보다 낮게 나타나는 항목은 곤충, 보전구역 관리의 취약성임
- 생태계 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음
 - 취약성이 높게 나타나는 항목은 수목생장 및 분포, 보전구역 관리의 취약성임
 - 취약성이 낮게 나타나는 항목은 곤충의 취약성임
- 생태계 분야의 세부항목별 우선순위는 보전구역 관리의 취약성, 곤충의 취약성, 수목 생장과 분포의 취약성의 순으로 나타남
- 수목생장과 분포의 취약성이 더욱 높게 될 것으로 전망되고 있어 생물종 다양성 보전을 위한 노력이 필요하며, 변화추이를 체계적으로 모니터링하는 것이 바람직함
- 곤충의 취약성 및 보전구역 관리의 취약성이 낮아지는 것으로 전망되고 있음
- 따라서 생태계 분야 관련 정책은 취약성이 증가하는 분야와 낮아지는 분야 모두를 체계적으로 관리해야 할 것임

5) 농업 분야

- 농업 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 농경지 토양 침식, 재배·사육시설의 취약성이며, 반대로 전국 평균보다 낮게 나타나는 항목은 가축생산성의 취약성임
- 농업 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음
 - 취약성이 높게 나타나는 항목은 재배·사육시설의 취약성임
 - 취약성이 낮게 나타나는 항목은 농경지 토양침식, 가축생산성의 취약성임
- 농업 분야의 세부항목별 우선순위는 농경지 토양침식의 취약성, 감귤생산성의 취약성, 재배·사육시설 붕괴의 취약성, 가축 생산성의 취약성의 순으로 나타남
- 농업 분야에서 농경지 토양침식의 취약성, 재배/사육시설의 취약성, 가축생산성의 취약성 모두 현재보다 높게 될 것으로 전망되고 있음
 - 그 중에서도 가축생산성의 취약성이 가장 크게 증가할 것으로 전망되고 있어 이에 대한 대책을 강구하는 것이 바람직함

6) 해양/수산 분야

- 해양/수산 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성임
- 해양/수산 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음
 - 취약성이 높게 나타나는 항목은 수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성임
- 해양/수산 분야의 세부항목별 우선순위는 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성, 해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성의 순으로 나타남
- 수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성은 증가하는 것으로 나타나고 있어 이에 대한 수산자원관리를 위한 모니터링을 강화해야 함

7) 재해 분야

- 재해 분야 취약성 평가 결과 전국 평균보다 높게 나타나는 항목은 홍수에 의한 기반시설, 폭염에 의한 기반시설, 폭설에 의한 기반시설, 해수면 상승에 의한 기반시설의 취약성임, 반대로 전국 평균보다 낮게 나타나는 항목은 없음
- 재해 분야 취약성 평가 결과 전국 공통의 가중치를 적용할 때와 제주지역에서 새롭게 산출한 가중치(기후노출과 민감도는 지역실정에 맞게 새롭게 가중치를 적용하였으며, 적응역량에 대한 가중치는 전국과 동일함)를 비교하면 다음과 같음
 - 취약성이 높게 나타나는 항목은 홍수에 의한 기반시설, 폭염에 의한 기반시설의 취약성임
- 재해 분야의 세부항목별 우선순위는 홍수에 대한 기반시설 취약성, 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성, 폭설에 대한 기반시설 취약성, 폭염에 대한 기반시설 취약성의 순으로 나타남
- 홍수 및 폭염에 대한 기반시설의 취약성은 증가할 것으로 전망되고 있어 이에 대한 장기적인 대책이 필요함

제 6 장

세부시행계획의 비전 및 목표

① 기본 방향

② 비전 및 목표

제 6 장 세부시행계획의 비전 및 목표

1. 기본 방향

- 종합적·전략적 관점에서 접근
 - 기후변화로 인한 영향은 보건, 재해, 농수축산업, 관광, 산림·생태계 등 인간과 자연을 둘러싸고 있는 모든 분야에서 나타나고 있으나 현재 나타나는 영향 정도와 크기를 정량화하기가 어려울 뿐만 아니라, 입지 특성이나 지역이 지니고 있는 인프라 및 적응능력에 따라 차이가 발생할 수 있는 점을 고려해야 함
 - 기후변화로 인한 취약성 및 영향평가는 매우 중요한 요소이므로, 현재 알고 있는 제한된 자료에만 의존할 경우 잘못된 판단과 대책을 수립할 수 있으므로, 기후변화에 대한 종합적인 모니터링을 통해 자연현상에 대한 종합적인 정보를 더 많이 파악하는 노력이 필요함
 - 한편, 기후변화로 인해 나타나는 일반적인 영향 외에 그 지역이 지니고 있는 적응능력 등을 고려하며, 기후변화에 따른 영향, 취약성평가, 적응능력 등에 대한 종합적·전략적 접근이 필요함
 - 이상의 결과로부터 기후변화 및 기후변화로 나타나는 자연현상에 대한 보다 많은 정보를 얻기 위한 Vision Key Word, **자연에 순응하는, Nature⁺**를 도출함
- 장기적·미래지향적 관점에서 접근
 - 기후변화는 이미 일상생활 및 산업 활동에서 확인할 수 있는 과학적인 사실이 지만, 그 변화 양상은 매우 불규칙적이고 점진적이며 피해의 빈도와 규모가 증가·확대되는 추세인 점을 고려함
 - 현재 나타나고 있는 기후변화 현상 등 단기적 자료에 의해 적응대책을 추진할 경우 현재의 상황과 다른 결과를 초래할 수 있으므로, 장기적 관측자료 등을 토대로 기후변화 적응전략에 나타날 수 있는 오류를 최소화해야 함
 - 현재 직면하고 있는 기후변화 양상에 적응하면서 중장기적이고 미래지향적인 관점에서 적응방안을 모색하는 것이 바람직함
 - 이상의 결과로부터 현재뿐만 아니라 미래의 상황에 대응할 수 있는 Vision Key

Word, **Present**⁺를 도출함

○ 지속적·협력적 관점에서 접근

- 기후변화에 따른 취약성 및 영향정도를 파악하고, 이에 대해 적절히 대응하기 위해서는 지역차원에서의 지속적인 연구체제(조사, 연구, 모니터링 등)가 구축되어야 함
- 기존에 추진하고 있는 관련 사업을 효율적으로 추진하기 위한 관리체계를 재확립하고, 신규사업의 추진체계를 명확히 함
- 기후변화 현상에 적응하기 위해서는 부서간 협력, 기관간 협력, 분야별 협력, 중앙과 지방간 협력체계가 구축되어야 함
- 이상의 결과로부터 환경부와 제주특별자치도가 협약하고 있는 기후변화시범도를 영속적으로 추진하기 위한 Vision Key Word, **기후변화대응시범도**를 도출함

2. 비전 및 목표

1) 비전 설정

자연에 순응하는 기후변화대응시범도 제주 실현

(Nature^{+(PLUS)} JEJU, Present^{+(PLUS)} JEJU)

- 제주특별자치도의 기후변화적응 세부추진과제의 비전을 “자연에 순응하는 기후변화시범도 제주 실현”으로 하였으며, 함축하는 의미는 다음과 같음
- 2007년 7월 환경부와 제주특별자치도가 협약한 **기후변화대응시범도**를 실현하기 위함
 - 기후변화 대응에는 기후변화 발생 원인을 줄이기 위한 ‘완화정책’과 기후변화 현상에 대한 ‘적응정책’으로 구분할 수 있는데, 제주특별자치도는 기후변화 완화와 적응을 포괄하는 기후변화대응시범도를 실현함
- 자연에 순응하기 위해서는 현재 나타나고 있는 기후변화 등 자연현상에 대한 보다 많은 이해를 필요로 하므로, 기후변화와 자연현상과의 관계를 연구하고 모니

터링하는 **Nature^{+(PLUS)}**를 실현하며, 다음과 같은 의미를 포함하고 있음

- 자연의 질이 현재보다 떨어지지 않고, 오히려 향상될 수 있도록 “기후변화 완화 정책”을 적극적으로 추진함
- 기후변화로 나타나는 자연현상에 보다 잘 적응하기 위해 적응관련 과제를 적극 발굴하고 추진함
- 기후변화 적응은 현재의 상황뿐만 아니라 미래의 상황에 잘 대비할 수 있어야 하므로, 기후변화로 인한 현재 및 미래의 상황에 잘 대응하는 **Present^{+(PLUS)}**를 실현하며, 다음과 같은 의미를 포함하고 있음
 - 현재의 적응능력을 높이고, 기존계획에서 제시하고 있는 기후변화 적응관련 사업을 체계적으로 추진할 뿐만 아니라 미래의 적응능력을 더욱 높이기 위한 세부추진과제를 발굴하고 실천함

2) 분야별 목표 및 세부추진과제

(1) 기본 방향

- 현재 나타나고 있는 기후변화 현상에 대한 적응능력을 제고함
 - 일간지 등에 보도된 기후변화 영향을 고려하여 지역에 나타나는 기후변화 현상에 적극 대응할 수 있는 세부추진과제를 선정함
- 미래에 나타날 수 있는 분야별 취약 항목에 미리 대응하기 위함
 - 취약성 평가 결과 제시된 각 분야별 중점추진과제를 고려하여 세부추진과제를 선정함
- 중앙정부에서 추진하고 있는 세부추진과제와의 연계성을 높이기 위함
 - 중앙정부 13개 부처별로 제시하고 있는 「국가 기후변화 적응대책 세부시행계획」에서 제시하고 있는 세부추진과제와의 연계성을 높임으로써, 예산 확보 등 중앙정부와의 상호협력을 통해 사업의 실현성 제고에 역점을 두었음
- 제주특별자치도에서 기추진하고 있는 관련 사업을 체계적으로 관리하기 위함
 - 제주특별자치도 관련 계획에서 제시하고 있는 세부추진과제를 부록에 제시함으로써 기후변화 적응관련 세부추진과제를 통합적으로 관리할 수 있도록 함

- 이상의 특성들을 종합적으로 검토하여 각 분야별 목표를 설정하였음

(2) 분야별 목표

- 자연에 순응하는 기후변화대응시범도 실현을 위한 각 분야별 추진 목표는 다음과 같음
- 건강 분야: 현재와 미래의 위협으로부터 안전한 도시
- 산림 분야: 가치 있는 숲, 건강한 산림육성
- 물관리 분야: 지속가능한 수자원 이용체계 구축
- 생태계 분야: 다양성이 풍부하고 건강한 녹색제주 실현
- 농업 분야: 기후변화 적응 친환경 농업기반 구축
- 해양/수산 분야: 수산경영의 과학화 실현
- 재해 분야: 자연재해 저감형 도시 인프라 구축



(그림 6-1) 세부시행계획의 비전 및 목표

(3) 분야별 세부추진과제

가. 보건 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과 ① 폭염, ② 꽃가루, 자외선, ③ 곤충 및 설치류, ④ 한파, ⑤ 미세먼지, ⑥ 수인성 매개질환 순으로 나타남
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과 ① 수인성 매개 질환, ② 곤충 및 설치류에 의한 전염병, ③ 태풍, ④ 오존농도 상승, ⑤ 미세먼지, ⑥ 기타 대기오염 물질, ⑦ 홍수, ⑧ 한파에 의한 건강 취약성의 순으로 나타남
- 중앙정부 세부시행계획에는 한파를 제외한 전체 세부항목에 대한 전국 공통의 국가단위 11개 세부추진과제가 제시되어 있는데, 제주지역 세부추진과제는 전국 공통의 과제와 중복되지 않도록 하였음
- 제주특별자치도의 관련계획으로 환경성질환 예방, 지역응급 의료 계획, 감염병 및 아토피 예방관련 사업 등을 추진하고 있음
- 보건 분야 신규 세부 추진과제는 취약성 평가 결과 나타난 수인성 매개 질환, 곤충 및 설치류에 의한 전염병에 의한 건강 취약성과 지역 일간지에 나타나고 있는 지역특성과제로 삼나무 꽃가루병에 의한 건강 취약성을 선정하였음
- ‘현재와 미래의 위협으로부터 안전한 도시’를 실현하기 위한 세부추진과제는 전체 7개 과제(신규 3, 기존 4)임

<표 6-1> 보건 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
I-1-O	지역응급의료 계획	홍수, 태풍, 폭염	보건위생과	기존
I-2-O	감염병 예방사업	곤충 및 설치류, 수인성 질환	보건위생과	기존
I-3-N	기후변화와 감염병(매개체, 수인성 질병)에 의한 건강 취약성 연구	수인성 질환	보건위생과	신규
I-4-N	기상·기후 연구와 연계한 한반도 기후변화에 따른 질병 재난 연구 체계화	수인성 질환	보건위생과 (환경정책과)	신규
I-5-N	기후변화와 삼나무 꽃가루병(호흡기 알레르기 질환)에 의한 건강 취약성 연구	기타	보건위생과 (환경정책과)	신규
I-6-O	환경성질환 예방을 위한 실천방안 마련 및 보급	기타	환경정책과	기존
I-7-O	아토피 예방관리 사업	기타	보건위생과 (환경정책과)	기존

주) N(신규과제), O(기존과제)

나. 산림 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과 병해충에 의한 소나무 피해가 가장 많은 것으로 나타남
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과, ① 산불, ② 병해충에 의한 소나무, ③ 산림생산성, ④ 집중호우에 의한 산사태, ⑤ 산사태에 의한 임도 및 등산로, ⑥ 가뭄에 의한 산림식생의 취약성 순으로 나타남
- 중앙정부 세부시행계획에는 전체 8개 과제가 제시되어 있는데, 제주지역 세부추진과제는 전국 공통의 과제와 중복되지 않도록 하였음
- 제주특별자치도의 관련계획으로 집중호우에 의한 산사태, 산사태에 의한 임도 및 등산로에 대한 취약성과 관련된 과제가 각각 3개씩 제시되고 있음
- 따라서 산림 분야 신규 세부 추진과제는 취약성 평가 결과 나타난 산불(가뭄에 따른 산림의 취약성 및 한라산 산불 위험성 대응), 병해충(소나무 병충해 방제 및 모니터링), 산림생산성(수목의 변화에 따른 경제수종 선별사업, 한라산 고도별 식생에 미치는 영향)과 관련된 과제를 선정하였고, 제주지역 특성을 반영한 보호구역에 대한 모니터링 사업을 선정하였음
- 산림 분야의 목표 '가치 있는 숲, 건강한 산림육성'을 실현하기 위한 세부추진과제는 전체 13개 과제(신규 5, 기존 8)임

<표 6-2> 산림 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
II-1-O	산림재해 예방 및 훼손산림 복원	산사태(집중호우), 임도 및 등산로(산사태)	녹지환경과	기존
II-2-O	자연재해 방지시설 및 지속적 모니터링 시스템 구축	산사태(집중호우), 임도 및 등산로(산사태)	녹지환경과	기존
II-3-O	기존 임도망 재정비와 자연친화형 다목적임도시설 확충	산사태(집중호우), 임도 및 등산로(산사태)	녹지환경과	기존
II-4-N	제주서부지역의 가뭄해소와 산불예방을 위한 저수지 개발	산불	녹지환경과 (친환경농정과)	신규
II-5-O	산불예방 및 방재관리시스템 구축	산불	녹지환경과	기존
II-6-N	소나무 병충해 방제 및 모니터링	병해충(소나무)	녹지환경과	신규
II-7-O	산림병해충 예찰조사 기능 강화	병해충(소나무)	녹지환경과	기존
II-8-N	수목의 변화에 따른 경제수종 선별사업	산림생산성	녹지환경과	신규
II-9-N	한라산 고도별 산림천이 연구	산림생산성	한라산연구소	신규
II-10-O	기후변화에 대응한 장기수 조림	산림생산성	녹지환경과	기존

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
II-11-O	산림경영기반 구축 및 소득 지원	산림생산성	녹지환경과	기존
II-12-N	보전지역 산림 모니터링 강화	기타	녹지환경과 (한라산연구소)	신규
II-13-O	자연경관을 고려한 아름다운 숲 조성	기타	녹지환경과	기존

주) N(신규과제), O(기존과제)

다. 물관리 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과 제주지역이 필요로 하는 용수를 대부분 지하수에 의존하고 있어 지하수와 관련된 사항이 가장 많고 이수와 관련된 내용임
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과, ① 수질 및 수생태의 취약성, ② 치수의 취약성, ③ 이수의 취약성의 순으로 나타나고 있음
 - 치수에 대해서는 재해분야에서 다루었음
 - 수질 및 수생태계의 경우 대부분 건천이며, 주요한 습지 등이 보전지역으로 지정 관리되고 있어 과제 발굴에서 제외하였음
- 중앙정부 세부시행계획에는 전체 10개 과제가 제시되어 있는데, 모니터링, 영향 분석 및 취약성 평가, 수자원 확보, 물관리와 관련된 과제이지만 제주지역의 물 관리와는 다른 특성을 보이고 있음
- 제주특별자치도의 관련계획에는 전체 12개 과제가 제시되고 있는데, 주로 치수 및 이수와 관련된 과제가 대부분임
- 따라서 물관리 분야 신규 세부 추진과제는 취약성 평가 결과 나타난 이수의 취약성에 대응하기 위한 과제(지속가능한 수자원 확보, 기후변화에 따른 다목적 저류지 개발, 스마트워터그리드 구축을 통한 농업용수의 체계적 공급)과 중앙정부 계획과 연계한 지역특성을 반영한 계획으로 홍수에 강한 하천 적응능력 극대화 과제를 선정하였음
- 물관리 분야의 목표 '지속가능한 수자원 이용체계 구축'을 실현하기 위한 세부추진과제는 전체 16개 과제(신규 4, 기존 12)임

<표 6-3> 물관리 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
III-1-N	홍수에 강한 하천 적응능력 극대화	치수의 취약성	건설도로과	신규
III-2-O	제주형 지하수의 인공함양시설 설치 및 기술개발	치수의 취약성 이수의 취약성	환경자원연구원	기존
III-3-O	강수패턴에 따른 수자원 연구	치수의 취약성 이수의 취약성	수자원본부	기존
III-4-O	지하수 적정개발 방향 및 이용 가능량 분석기술 개발	치수의 취약성	수자원본부	기존
III-5-N	기후변화에 따른 다목적 저류지 개발	이수의 취약성	수자원본부	신규
III-6-O	농촌용수 대체 수자원 개발	이수의 취약성	친환경농정과 (수자원본부)	기존
III-7-O	제주의 생명수, 지하수의 질적·양적 보존	이수의 취약성	수자원본부	기존
III-8-O	상수관망 최적관리시스템 구축	이수의 취약성	수자원본부	기존
III-9-O	GIS 통합관리 및 공급시스템 구축	이수의 취약성	수자원본부	기존
III-10-O	농업용수의 효율적 관리 및 공급체계 구축	이수의 취약성	수자원본부	기존
III-11-O	지하수 오염 취약성 평가 및 오염저감 기술 개발	이수의 취약성	수자원본부	기존
III-12-O	수질보전을 위한 지하수 관정 정비 사업	이수의 취약성	수자원본부	기존
III-13-O	수질보전을 위한 모니터링 시스템 구축	수질 및 수생태 취약성	수자원본부	기존
III-14-N	지속가능한 수자원 확보	기타	수자원본부	신규
III-15-N	농업용수의 체계적 공급을 위한 스마트워터그리드 구축	기타	수자원본부	신규
III-16-O	지하수의 효율적 관리를 위한 법·제도 개선	기타	수자원본부	기존

주) N(신규과제), O(기존과제)

라. 생태계 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과
① 철새, 외래동식물, ② 곤충, ③ 한라산 식생 순으로 나타남
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과 ① 보전구역 관리의 취약성, ② 곤충의 취약성, ③ 수목 성장과 분포의 취약성 순으로 나타남
- 중앙정부 세부시행계획에는 전체 6개 과제가 제시되어 있는데, 기후변화 취약 생태계 및 지표종 모니터링, 생태계 다양성 보전 및 복원, 외래종 피해방지를 위한 관리체계 구축, 생태계 관리를 위한 거버넌스 구축 및 홍보 강화 등을 추진하고 있음
- 제주특별자치도의 관련계획에는 전체 5개 과제를 추진하고 있는데, 보전구역 관리의 취약성에 적응하기 위한 과제를 추진하고 있음

- 따라서 생태계 분야 신규 세부 추진과제는 취약성 평가 및 지역의 기후변화 특성 분석 결과를 토대로 곤충 취약성과 관련된 2개 과제, 보전구역 관리 1개 과제, 기타 5개 과제를 제시하였음
- 생태계 분야의 목표 '다양성이 풍부하고 건강한 녹색제주'를 실현하기 위한 세부 추진과제는 전체 13개 과제(신규 8, 기존 5)임

<표 6-4> 생태계 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
IV-1-N	곤충 조사 연구 및 기후변화 관측연구소 설립	곤충 취약성	환경자산보전과 (축정과)	신규
IV-2-N	거미류조사 및 생태지도 작성	곤충 취약성	환경자산보전과 (녹지환경과)	신규
IV-3-N	귀화식물 및 환경유해 동·식물 모니터링사업	보전구역 관리 취약성	환경자산보전과	신규
IV-4-O	유전자 다양성 보전 및 자원화 기반 마련	보전구역 관리 취약성	환경자산보전과	기존
IV-5-O	생물종 다양성 보전 및 환경 친화적 활용	보전구역 관리 취약성	환경자산보전과	기존
IV-6-O	외래종 유입 및 생태계 교란 동·식물의 예방적·과학적 관리	보전구역 관리 취약성	환경자산보전과	기존
IV-7-O	희귀·멸종위기 식물의 증식·복원으로 유전자원 보전 기능 강화	보전구역 관리 취약성	환경자산보전과	기존
IV-8-O	기후변화대응 한라산 장기생태 연구	보전구역 관리 취약성	한라산연구소	기존
IV-9-N	멸종위기종 모니터링 및 유전자 다양성유지 사업	기타	환경자산보전과	신규
IV-10-N	산림/생태계와 조류 군집의 동태 연구 및 지표종 선정	기타	환경자산보전과	신규
IV-11-N	응애류조사 및 생태지도 작성	기타	환경자산보전과 (농업기술원)	신규
IV-12-N	지렁이 분포조사 및 생태지도 작성	기타	환경자산보전과 (축정과)	신규
IV-13-N	도롱뇽의 생활사 연구 및 모니터링 체제 구축	기타	환경자산보전과	신규

주) N(신규과제), O(기존과제)

마. 농업 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과 ① 감귤·밭작물 생산성, ② 태풍에 따른 영향, ③ 농경지 토양침식 ④ 재배·사육시설 순으로 나타남
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과, 피해 ① 농경지 토양침식의 취약성, ② 감귤생산성의 취약성, ③ 재배·사육시설 붕괴의 취약성 순으로 나타남
- 중앙정부 세부시행계획에는 전체 13개 과제가 제시되어 있는데, 기후변화 적응 신제품 개발, 재배기술 개발, 농업용수 이용 및 절약 기술 개발, 농업용수 공급

방안, 농업기상 재해 경감 대응기술 개발, 병해충 확산 방지 시스템 구축 등 기술개발사업을 추진하고 있고, 가축 생산성과 관련하여 가축개량·관리기술 개발, 조사료 수급체계, 가축질병 방지 대책 등을 추진하고 있음

- 제주특별자치도의 관련계획에는 토양침식, 감귤, 신품종 개발 등 전체 11개 과제가 추진하고 있음
- 따라서 농업 분야 신규 세부 추진과제는 기존과제에서 다루지 않는 재배·사육시설의 붕괴 등 친환경 농업기반 구축과 관련된 사업들을 제시하였음
- 농업 분야의 목표 '기후변화 적응 친환경 농업기반 구축'을 실현하기 위한 세부 추진과제는 전체 17개 과제(신규 6, 기존 11)임

<표 6-5> 농업 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
V-1-N	농경지 토양침식 모니터링 및 중산간 농경지 지속농업 기반 구축	농경지 토양침식	농업기술원	신규
V-2-O	농업생산기반 정비사업	농경지 토양침식	수자원본부	기존
V-3-O	제주특별자치도 토양의 유실량 조사	농경지 토양침식	농업기술원	기존
V-4-N	기후변화 적응 제주 비닐하우스 재배시설 내재해성 평가 및 보강 사업	재배·사육시설 붕괴	감귤특작과	신규
V-5-N	기후변화 대응 감귤분야 사업 추진	감귤생산성	감귤특작과	신규
V-6-O	신품종 개발(감귤)	감귤생산성	농업기술원	기존
V-7-O	선진 방역시스템 구축과 축산물 안전관리 강화	가축생산성	동물위생시험소	기존
V-8-O	제주특별자치도 지정 제주 고유가축 육종 개량 연구센터	가축생산성	축산진흥원	기존
V-9-N	발작물 가뭄대책 매뉴얼 작성 및 급수능력 확충 사업	기타	친환경농정과	신규
V-10-N	침입 외래병해충 및 아열대성 돌발 병해충 모니터링 체계구축	기타	농업기술원	신규
V-11-N	실시간 농업 미기상정보에 기반한 농작물 병해충 예찰	기타	농업기술원	신규
V-12-O	온난화에 따른 새로운 병·해충 대응 조기 방제기술 개발지원	기타	농업기술원	기존
V-13-O	기후변화에 대응 농작물 신품종 개발 및 이용촉진	기타	농업기술원	기존
V-14-O	친환경 유기농업 육성 녹색성장기반 조성	기타	친환경농정과	기존
V-15-O	제주형 식물공장 시범사업 추진	기타	농업기술원	기존
V-16-O	기후변화에 대비한 토양환경관리범위 확대	기타	환경정책과	기존
V-17-O	외래위해식물 모니터링 시스템 구축 및 자원화 방안 추진	기타	농업기술원	기존

주) N(신규과제), O(기존과제)

마. 해양/수산 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과 ① 해수온도에 따른 영향, ② 해수면 상승(30%), ③ 기타 갯녹음 피해 순으로 나타남
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과 ① 수온 변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성, ② 해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성 순으로 나타남
- 중앙정부 세부시행계획에는 전체 9 과제가 제시되어 있는데, 해수면 상승 대응 연안 취약성 평가, 기후변화에 따른 국토지형변화 예측 및 적응 방안, 미래 수산 자원 확보 방안, 연근해 수산업 재해경감 대책 수립 등을 추진하고 있음
- 제주특별자치도의 관련계획에는 수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성과 관련된 3개 사업과 양식산업, 수산물 방역센터 지원, 연안퇴적 파래 자원화 사업 등을 추진하고 있음
- 따라서 해양/수산 분야 신규 세부추진과제는 기존과제에서 다루지 않은 해수면 상승으로 인한 해일피해 예측사업과 연안 환경변화(염분, 수온 등) 예보, 아열대화에 따른 수산질병 관리, 해조류 분야 추진사업 및 해양생태계 복원 사업 등을 제시하였음
- 해양/수산 분야의 목표 '수산경영의 과학화'를 실현하기 위한 세부추진과제는 전체 14개 과제(신규 6, 기존 8)임

<표 6-6> 해양/수산 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
VI-1-N	해수면 상승으로 인한 해일피해 예측	해수면상승에 의한 기반시설/연안시설 약화	해양개발과 (소방방재본부)	신규
VI-2-N	수산양식업의 취약성 대응을 위한 수온과 염분 변화 예보	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	수산정책과	신규
VI-3-N	제주연안 아열대화에 따른 수산생물질병 관리	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	수산정책과 (해양수산연구원)	신규
VI-4-N	외해가두리 산업 발전을 위한 아열대성 어류(참 치 등)의 어획기술 개발	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	수산정책과	신규
VI-5-O	생분해성 어구 시범사업	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	수산정책과	기존
VI-6-O	제주 연안어장 환경실태 조사	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	수산정책과	기존
VI-7-O	어장 생태환경 모니터링 및 복원 연구	수온변화에 따른 수산업(양식업) 취약성	해양수산연구원	기존
VI-8-N	입체적 해조류 복원 및 대규모 해조장 시설사업	기타	수산정책과	신규
VI-9-N	연안개발에 따른 해양생태계 복원 연구	기타	해양수산연구원	신규
VI-10-O	참다랑어 외해양식 산업화	기타	수산정책과	기존

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
VI-11-O	친환경 녹색성장 넓치양식산업 지원	기타	수산정책과	기존
VI-12-O	친환경 수산물 방역센터 지원	기타	수산정책과	기존
VI-13-O	연안퇴적파래 자원화 사업	기타	해양개발과	기존
VI-14-O	기후변화에 따른 해양생태계 변화 예측	기타	해양개발과	기존

주) N(신규과제), O(기존과제)

바. 재해 분야

- 지역 일간지에 나타나고 있는 지역의 기후변화 영향 특성에 대해 분석한 결과 ① 태풍, ② 폭설, ③ 강풍, ④ 폭염, ⑤ 한해 순으로 나타남
- 제주지역 취약성 평가와 관련하여 중점 추진분야 분석 결과 ① 홍수에 대한 기반시설 취약성, ② 해수면 상승에 대한 기반시설 취약성, ③ 폭설에 대한 기반시설 취약성, ④ 폭염에 대한 기반시설 취약성의 순으로 나타남
- 중앙정부 세부시행계획에는 전체 14개 과제가 제시되어 있는데, 기후변화에 따른 자연재해 위험도 분석, 기후변화 대응 방재기준·제도강화, 기후변화 적응 방재도시 조성사업 등을 추진하고 있음
- 제주특별자치도의 관련계획에는 관련된 8개 사업을 추진하고 있는데 주로 홍수로 인한 기반시설 취약성과 해수면 상승으로 인한 기반시설 취약성 등임
- 따라서 재해 분야 신규 세부추진과제는 기존과제에서 다루지 않은 기후변화 영향과 대책에 대한 연구를 수행하는 것으로 제시하였음
- 재해 분야의 목표 '자연재해 저감형 도시 인프라 구축'을 실현하기 위한 세부추진과제는 전체 10개 과제(신규 2, 기존 8)임

<표 6-7> 재해 분야 세부추진과제

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
VII-1-N	식생분포 및 도로의 분포특성이 도심지 저지대 침수에 미치는 영향과 대책 연구	홍수 기반시설	소방방재본부	신규
VII-2-O	기상이변 대비 재난취약지역 예방대책	홍수 기반시설 해수면 상승 기반시설	소방방재본부	기존
VII-3-O	재난 예·경보 시스템의 과학화 및 현대화	홍수 기반시설 해수면 상승 기반시설	소방방재본부	기존
VII-4-O	기상이변 대비 재난취약지역 예방대책	홍수 기반시설 해수면 상승 기반시설	소방방재본부	기존
VII-5-O	하천정비 및 재해위험지구 관리대책	홍수 기반시설	건설도로과 (소방방재본부)	기존
VII-6-N	기후변화에 의한 제주특별자치도 재해·재난에 미치는 영향연구	기타	소방방재본부	신규

관리번호	사업명	항목	담당부서	비고
VII-7-O	선제적 재난 예방·대비체계 구축	기타	소방방재본부	기존
VII-8-O	도민안전체험센터 건립 및 안전체험 교육 강화를 통한 안전문화 정착	기타	소방방재본부	기존
VII-9-O	u-IT 기술을 활용한 안전망 구축	기타	소방방재본부	기존
VII-10-O	u-Safe 재난관리시스템 개발·운영	기타	소방방재본부	기존

주) N(신규과제), O(기존과제)

제 7 장

기후변화 적응대책 세부추진 과제

- ① 보건 분야
- ② 산림 분야
- ③ 물관리 분야
- ④ 생태계 분야
- ⑤ 농업 분야
- ⑥ 해양/수산 분야
- ⑦ 재해 분야

제 7 장 분야별 세부시행계획¹⁷⁾

1. 보건 분야

1) 기후변화와 감염병(매개체, 수인성 질병)에 의한 건강 취약성 연구

(1) 배경 및 필요성

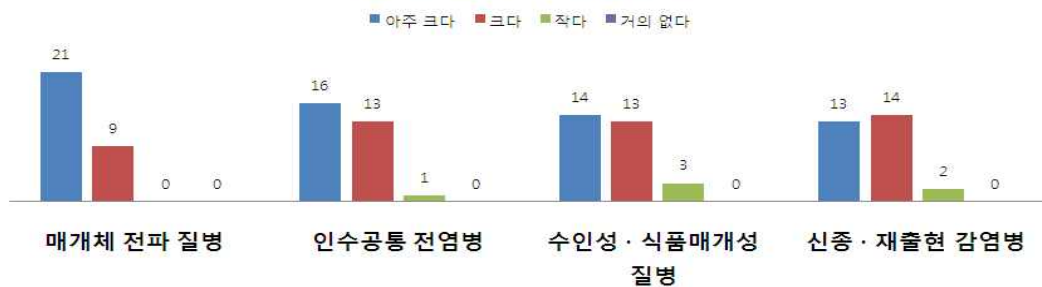
- 2004년 코펜하겐 경제학자 워크숍에서 긴급히 해결해야 할 10대 범 지구문제 해결과제로 ‘기후변화와 국민건강’ 제시
- 국외 여건 및 건강영향 평가
 - 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 2004년 각 위험요인별 질병 부담을 연구하여 발표
 - 이 연구에는 기후변화도 포함되어 있으며, 연구에 따르면 전 세계적으로 5,517,000DALY(Disability Adjusted Life Year, 재해보정손실년수)의 손실이 있는 것으로 나타났음
 - 대부분의 DALY의 손실은 설사와 홍수로 사회기반시설이 미비하여 위생상태가 좋지 않은 국가에서 발생한 것으로 콜레라와 같은 수인성감염병에 의한 설사와 모기가 매개체가 되는 뎅기열과 말라리아, 인수공통감염병(야생동물 매개 질병 포함)과 같은 감염성 질환에 의한 것임
- 기후변화로 인한 국민건강 위험사례: 전 세계적으로 뎅기열에 감염될 위험에 처한 인구수가 약 25억 명이며, 이중 70%가 아시아 국가에 거주하고 있음
 - 감염자수: 인도네시아(8만65명), 스리랑카(2만7142명), 대만(5만7948명)
 - 뎅기열 증가 원인: 기후 변화로 인한 기온 상승과 해외여행의 증가
 - 웨스트나일 바이러스: 1999년 뉴욕시에서 처음으로 발견된 후 미국 전역과 캐나다, 멕시코, 중앙아메리카 등의 지역에서 발견되고 사람, 동물, 조류, 모기 등에 감염 됨
 - 흰줄숲모기(뎅기열 매개모기): 1985년 8월 휴스턴에서 처음 발견된 후 26개 주로 퍼져 나감(일본국적의 페타이어 선적에서 전파됨)
 - 1991년 페루에서 엘니뇨현상으로 수온 1도 상승 → 콜레라 창궐

17) 본 계획의 본문에서는 신규 추진과제만 다루고, 기존의 추진과제는 부록에 제시함

- 1991년 1월 페루에서 콜레라가 발생한 후 그해 여름에 Chancay, Chimbote, Piura, Lima, Trujillo등의 1200 km 태평양 해안 지역을 따라서 콜레라 발생
- 3주안에 2000 km이내의 해안지역에서 30,000건이 발생하였고 첫발생 7일안에 114명이 사망
- 1994년 1월부터 12월까지 방글라데시에서 해수면 표면온도(SST)와 콜레라 발생율의 연구결과를 보면 표층수 온도와 콜레라 발생율 사이에는 관련성이 높음
- 선진국 대응현황: 기후변화를 인식하고, 이로 인한 인체 영향, 국가재난 예측, 상시 모니터링 및 대응에 관한 과학적인 연구 지원과 정책 방향을 수립

(2) 현황 및 문제점

- 기후변화의 건강 영향으로 감염성 질환의 매개체 분포 변이, 몇몇 알레르기성 화분종의 계절별 분포 변이, 열파(heat-wave) 관련 사망 증가를 초래한다는 연구결과가 증가하고 있음
- ‘기후변화와 건강분야 전문가 설문조사시’ 감염성과 기후변화의 관련성에 대해서는 대체적으로 모든 질병/상해가 기후변화와의 관련성이 아주 크거나 크다고 평가되었으며, 특히 매개체 전파 질병과 기후변화의 관련성이 다른 질병/상해보다 더 큰 관련성을 가졌다고 여겨지는 것으로 조사됨

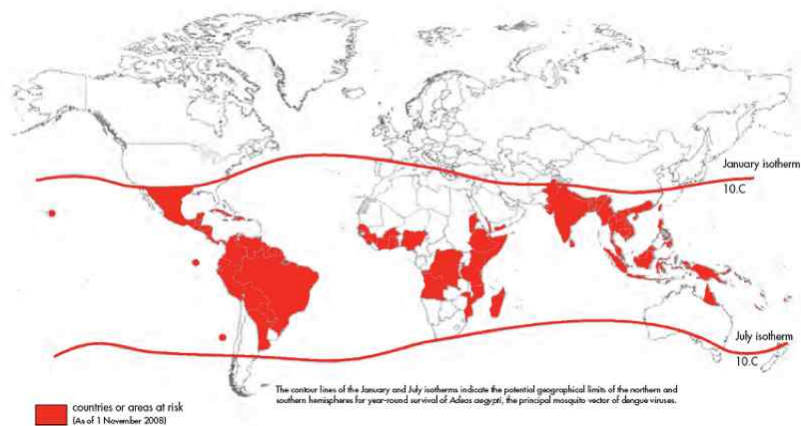


(그림 7-1) 감염성 질병/상해 인자와 기후환경변화의 관련성

- 제주특별자치도 위험성: 제주특별자치도는 최근 40년 동안 1.5℃ 상승. 아열대 기후로 변화중
- 제주시보다 서귀포시가 기온기가 급함. 즉, 서귀포시(아열대 기후 지역)가 제주시에 비해서 기후변화가 심하게 일어남
- 기후변화로 인해 생태계가 변화하면 질병을 전파하는 매개체 분포 지역도 확대

(곤충, 설치류 등의 매개체 감염병의 경우 과거 비위험지역이 위험지역으로 바뀔 수 있음)될 것으로 예측되고 있음

- Dengue, Yellow fever, West Nile, Chikungunya, Zika 등 감염병, 타지역 풍토병의 한반도 유입 위험성이 증대할 것임
- 제주특별자치도는 한반도 최남단에 위치하여 아열대성 질병 국내 유입의 관문
- 대만까지 발생한 Dengue의 제주특별자치도 상륙은 시간 문제



(그림 7-2) 동아시아의 경우 Dengue는 대만까지 발생

- 동아시아의 경우 대만까지 Dengue·Chikungunya 환자가 발생 따라서 동아시아 지역에서 온난화가 지속이 된다면 Dengue와 같은 새로운 매개체 감염성 질병이 한반도(특히 제주특별자치도)에서 발생할 가능성 있음
- 2009년 12월 제주특별자치도 서귀포시에서는 열대 아열대지방 풍토병인 Dengue를 전파시키는 흰줄숲모기 유충(알)이 최초로 발견됨
- 2010년 질병관리본부 매개체 감시사업 결과 서귀포시는 흰줄숲모기가 영남, 호남(5월부터 10월)과 달리 4월부터 11월까지 발견됨
- 흰줄숲모기 유전자 분석결과 서귀포에서 분리된 모기 일부가 Dengue 호발지역인 베트남(호치민)에서 분리된 모기와 같은 유전자 가짐 → 베트남 지역 모기의 제주특별자치도 상륙 가능성 있음
- 2010년 질병관리본부 제주특별자치도 해역 특정 비브리오균종 집중분포와 지역 환경요인과의 관련성 연구(이근화 등)에서 비브리오 콜레라균의 정성분석결과 3월부터 12월까지 서귀포항, 천지연, 한림항, 제주항에서 균이 검출됨(여수지역은 5월부터 10월까지 비브리오 콜레라균의 검출됨)

<표 7-1> 제주 및 남해안(여수) 지역 특정 비브리오 균종 정성분석 결과

지역명		발생시기(月)									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
제주특별자치도	천지연(담수)										
	서귀포항 1										
	서귀포항 2										
	서귀포항 3										
	서귀포항 4										
	한림항 1										
	한림항 2										
	한림항 3										
	한림항 4										
	제주항 1										
	제주항 2										
	제주항 3										
	제주항 4										
	성산포항 1										
	성산포항 2										
	성산포항 3										
	성산포항 4										
여수	중앙동 1										
	중앙동 2										
	중앙동 3										
	중앙동 4										
	국동 1										
	국동 2										
	국동 3										
	국동 4										

주) V.C(Vibrio cholerae): V.P(Vibrio parahaemolyticus): V.V(Vibrio vulnificus):
 1-내항, 2-항 입구, 3-항500m, 4-항1000m

- 분리 비브리오 콜레라(독소 비보유)에 대한 유전자 분석결과 제주특별자치도 일부 분리주는 방글라데시, 방콕, 중국에서 분리된 균주와 같은 그룹
- 기후변화가 계속된다면 제주특별자치도에서 콜레라 같은 수인성 감염병의 창궐 가능성이 있음

○ 찰찰가무시병 현황 및 기후(환경)변화

- 찰찰가무시병은 원인체인 *Orientia tsutsugamushi*에 감염된 털진드기에 물렸을 때 발생하는 질환으로, 우리나라에서는 가을철에 호발하는 급성열성감염 질환임
- 찰찰가무시병은 한국뿐만 아니라 중국, 인도, 일본, 태국등 대부분의 아시아국가에서 발생하고 있으며, 연간 약 백만명의 환자가 발생하고 있는 것으로 추정되고 있으며, 이 지역에 거주하는 10억명 이상의 인구가 노출되어 있음(Watt and Parola, 2003)
- 국내의 경우 리케치아 질환인 찰찰가무시병이 2000년 이후 급속하게 증가하고 있으며, 제주특별자치도의 경우도 찰찰가무시병이 다른 지역에 비해서는 환자수는 작지만 2010년 이후 급속하게 증가하고 있음(제주특별자치도 보건위생과)
- Doxycycline이나 chloramphenicol등의 항생제 처방을 통해 쉽게 치료가 가능함(Watt et al., 2000)
- 찰찰가무시균 감염 질환의 급격한 증가는 기후(환경) 변화와 밀접한 연관이 있는 것으로 추정되고 있으며, 질병관리본부의 찰찰가무시증의 발생 통계자료에 따르면, 20명 이상 발생지역이 지난 10년 사이 점차 북상하고 있는 것으로 조사됨
- 한국보건사회 연구원의 “기후변화와 감염병 질병 부담 연구보고서”에 따르면 찰찰가무시병은 평균기온 1도 상승시 평균 발생 증가율이 6%에 이를 것으로 예측되었음
- 또한 발생 환자의 연령별 분포를 보면 55%이상의 환자가 60세 이상 노인인 것으로 나타나, 고령화 사회로 접어들고 있는 국내에서 향후 사회적 이슈로 자리매김할 가능성이 커지고 있음

<표 7-2> 찰찰가무시병 발생현황(제주)

구분	'01년	'02년	'03년	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년
인원	5	5	11	11	26	22	21	22	13	28	60

자료: 제주특별자치도 보건위생과

(3) 연차별 사업 내용

- 과제 항목을 ‘질병/상해 인자와 기후환경변화의 관련성’ 설문조사 결과에 의해 관련성 크기 순서로 나열함

<표 7-3> 기후변화와 감염병(매개체, 인수공통, 수인성 질병)에 의한 건강 취약성 연구 수행 단계

구분	1단계 (2013년~2014년)	2단계 (2015년~2016년)	3단계 (2017년)
매개체 전파 질병	<ul style="list-style-type: none"> 한반도 기후환경변화관련 감염병 매개체 발생 감시, 조기경보 및 예측 시스템 개발 매개체 전파 질병 원인규명, 진단 기술 및 예방법 고도화 매개체 전파 질병 재난에 대한 국제 협력 및 공동연구 	<ul style="list-style-type: none"> 매개체 유입 및 침투 가능한 시설에 대한 감시체계 및 공중보건 감시 인프라 구축 매개체 전파 질병 환자 발생 시 효과적인 의료시스템 및 종합정보관리 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 한반도 유입 가능성이 높은 매개체 전파 질병 백신 및 치료제 개발
인수공통 ¹⁸⁾ 감염병	<ul style="list-style-type: none"> 인수공통 감염병 전파 경로 감시, 조기경보, 예측 시스템 개발 및 공중보건 감시 인프라 구축 인수공통 감염병에 대한 국제협력 및 공동연구 	<ul style="list-style-type: none"> 한반도에 새로이 출현 가능성이 있는 바이러스 및 세균성 질환에 대한 감시 조사 인수공통 감염병의 원인 규명 및 진단 기술 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> 인수공통 감염병 환자 발생시 효과적인 의료시스템 및 종합정보관리 시스템 구축
수인성 및 식품매개성 질병	<ul style="list-style-type: none"> 한반도 기후환경변화(강수량 빈도 및 강도 증가 등)에 의한 수인성 및 식품매개 질병 확산 추세에 대한 연구 수인성 및 식품매개성 감염병에 대한 국제협력 및 공동연구 	<ul style="list-style-type: none"> 수인성 및 식품매개성 병원체가 인체에 미치는 영향(건강영향) 평가 기후환경변화관련 수인성 및 식품매개성 질병 조기경보 시스템 개발 수인성 및 식품매개성 질병 기전 규명과 예방관리 대책 	<ul style="list-style-type: none"> 수인성 및 식품매개성 질병에 대한 효과적인 의료시스템 및 종합정보관리 시스템 구축

(4) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
외래유입 아열대 감염성 질환 연구시 필요한 생물안전 밀폐연구실(BSL-3) 설치 및 운영비	국비	5	0.2	0.2	0.2	0.2	5.8
외래유입 매개체(모기) 감시 및 해외유입 병원체(아열대 질환) 조사, 연구	국비	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5
매개체성 아열대 질환에 대해서 진단 시약, 백신, 치료약 개발을 위한 면역 병인론 연구	국비	1	1	1	1	1	5
아열대질환자 발생에 대한 혈청학적 연구를 통한 역학 조사	국비	1	1	1	1	1	5
수인성 감염병(콜레라)질환) 조사, 연구 및 비브리오킨균에 대한 생태학적 연구	국비	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3
아열대기후로 바뀐 제주특별자치도 생태계(기상 및 해양환경)변화 조사	국비	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5
아열대 질환에 대한 정보 제공, 경보 발령 및 아열대 질환 연구코스개발을 통한 전문가(연구자, 치료 전문의) 육성, 정보제공시스템 구축	국비	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5
합계		10.5	5.2	5.2	5.2	5.2	31.3

18) 인수공통감염병은 야생동물에서 인체에 감염되는 병원체 부분이 포함되며, 이 부분에 대한 연구는 생태분야와 연계가 이루어져야 효과적임

(5) 기대 효과

- 한반도에서 기후변화가 가장 먼저 심하게 일어나는 지역인 제주특별자치도에서 기후변화(아열대 기후)에 의해서 ① 새로이 출현가능성이 있는 외래유입 매개체, ② 매개체에 의해서 전파되는 아열대 질환에 대한 체계적인 감시, 조사 및 연구 그리고 ③ 제주특별자치도의 기후변화(기상 및 해양)와 아열대 질환, 인수공통감염병 및 수인성 질환 발생사이의 상관관계에 대한 연구를 통하여 기후변화에 의해서 출현 가능성이 있는 아열대 질환의 대유행에 대한 조기경보체계(Climature-based early Warning System, CWS) 및 방어체계(Climature-based Defense System, CDS)를 구축하여 한반도 온난화시 문제가 되는 감염성 질환에 대해서 효과적으로 국민건강을 보호하고자함

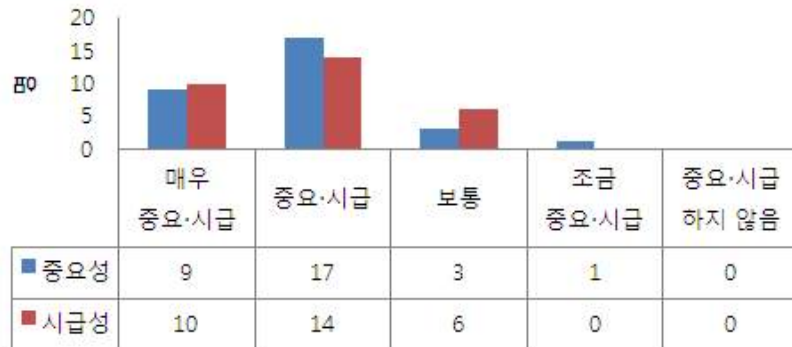
2) 기후변화와 삼나무 꽃가루병(호흡기 알레르기 질환)에 의한 건강취약성 연구

(1) 배경 및 필요성

- 전 세계적으로 증가하는 천식 발생이 기후변화와 간접적으로 연관되어 있을 것이라고 추정됨
- 다수의 호흡기 알레르기 질환은 계절성이고 기후에 민감한 요소들을 포함하는데, 기후변화는 이러한 알레르기성 질병들의 발생과 악화를 증가시킬 수 있음
- 기후변화에 의해 화분, 곰팡이 포자 등의 공기 중 알레르겐의 알레르기 유발 능력 및 오존, 미세먼지 농도 증가 등의 몇 가지 기전을 통해 공기 질에 영향을 미치게 됨
- 몇몇 오염원은 호흡기 질환의 직접적인 원인이 되거나 취약한 사람들에게서 호흡기 질환을 악화시킴
- 기온 증가와 이산화탄소 농도 증가에 의한 조기 개화는 식물 광합성과 대사에 의한 화분 등의 공기 중 알레르겐의 분포 시간에 영향을 받게 되며 곰팡이 포자 등의 강수량에 영향을 받는 알레르겐의 분포 양상에 영향을 받게 됨
- 천식, 호흡기 알레르기 질환 및 기도질환에 대한 현존하는 환경적 요소의 자극은 기후변화에 의해 증폭될 수 있으며, 이는 질병의 악화는 강도와 빈도의 증가 및 이러한 상태에 대한 전반적인 부담 증가로 이어짐
- 대기 중 알레르겐과 오염물질의 혼합물의 구성을 변경시킬 수 있는 기후변화의

영향, 그리고 이에 따른 건강에의 영향에 대한 연구는 필수적임

- ‘기후변화와 건강분야 전문가 설문조사시’ 천식의 유병률, 심각도, 악화와 꽃가루 및 알레르겐 수준의 관련성 연구’는 매우 중요 32%, 중요하다는 의견이 87%였으며 시급성에 있어서는 매우 시급이 33% 시급이 47%로 나타남(보건산업진흥원, 2011년 한반도 기후환경변화에 따른 건강위험대응기술개발)



(그림 7-3) 천식의 유병률, 심각도, 악화와 꽃가루 및 알레르겐 수준의 관련성 연구

(2) 현황 및 문제점

- 기후변화로 제주특별자치도 삼나무(Japanese cedar) 꽃가루 발생량이 증가로 계절성 알레르기 비염, 천식환자 급증 하였음
- 1998년 대비 2008년에 삼나무 화분의 피부감작률이 두 배 상승(도민의 18.2% 이환)으로 온난화로 인해서 제주특별자치도 아토피·천식환자가 급증했다고 볼 수 있음

<표 7-4> Korean J Asthma Allergy Clin Immunol

	1998	2008
Total No. (M/F)	1,035 (544/511)	1,060 (542/518)
Age (years), (range)	12.3 (7~16)	13.1(7~18)
Atopy prevalence	37.6% (390/1,035)	51.2% (543/1,060)
Allergen	Sensitization rates (%)	Sensitization rates (%)
Japanese cedar	9.7	18.2

자료: 제주대학교 의학전문대학원 환경보건센터, J Asthma Allergy Clin Immunol 1999;19:42-9, 2010;30:14-20

<표 7-5> 2010년 제주지역 초·중·고등학교 대상 삼나무 꽃가루 감작률 비교

지역구분	전체	일본삼나무(음성)		일본삼나무(양성)		P값	aOR(95% CI)
		n	%	n	%		
제주시	558	499	89.4	59	10.6	0.000	1
서귀포시	641	490	76.4	151	23.6		2.54(1.83-3.53)
계	1,199	989	82.5	210	17.5		

주) ^aOR: 성별, 나이 보정함

자료: 제주대학교 의학전문대학원 환경보건센터

- 서귀포지역(23.6%)이 제주시지역(10.6%)에 비해 삼나무 화분에 대한 피부감작률이 2.54배 높음
- 따라서 제주특별자치도의 꽃가루(특히 삼나무 꽃가루)에 의한 건강 취약성 연구, 즉 기후변화와 꽃가루에 의한 알레르기 질환(비염, 천식)과의 관련성 연구가 시급함

(3) 연차별 사업 내용

<표 7-6> 기후변화와 삼나무 꽃가루병(호흡기 알레르기 질환)에 의한 건강 취약성 연구 수행 단계

구분	1단계 (2013년~2014년)	2단계 (2015년~2016년)	3단계 (2017년)
·공중화분 (삼나무 화분) 에 의한 호흡기 알레르기 질환 (알레르기 비염, 천식)	· 삼나무 꽃가루(알레르겐) 수준(분포, 발생량)과 알 레르기 비염, 천식 심각 도, 유병률과의 관련성 연 구	· 삼나무 화분에 의한 알레 르기비염, 천식, 기도질환 과 관련성을 가지는 기후, 기상관련 지표 설정을 위 한 연구 및 삼나무 꽃가루 알레르기에 의한 호흡기 알레르기질환 취약성 관련 기후변화 대응 모델 개발	· 삼나무 꽃가루 알레르기 에 의한 호흡기 알레르기 질환(알레르기 비염, 천 식) 취약성 관련 기후변화 대응 모델 개발(계속) 및 조기경보 시스템 구축

(4) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
꽃가루(삼나무 화분)에 의한 건강 취약성 연구(개화기 모니터링 강화, 예측 모형 구축, 정보제공 시스템 구축)	국비	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3
합계		1	0.5	0.5	0.5	0.5	3

(5) 기대 효과

- 화분의 분포 및 발생은 기후변화(기온 증가와 이산화탄소 농도 증가)와 상관관계가 있는 것으로 알려져 있음
- 제주특별자치도는 삼나무 화분에 의한 계절성(3월에서 5월) 알레르기 비염, 천식의 유병율이 타시도에 비해서 높음
- 제주특별자치도는 꽃가루(삼나무 화분)에 의한 건강 취약성 연구가 필요하며 본 연구를 통하여 삼나무 꽃가루 알레르기 취약성 관련 기후변화 대응 모델(모델링)을 개발하여 꽃가루 예보제 실시 및 삼나무 화분증(알레르기 비염, 천식)에 대한 경보, 방제 시스템을 구축함

3) 기상·기후 연구와 연계한 한반도 기후변화에 따른 질병재난 연구 체계화

(1) 배경 및 필요성

- 제주특별자치도에 건립될 기후변화 건강재난 거점센터와 제주특별자치도에 위치한(할) 국립기상연구소, 국가태풍센터와 연계한 기후(환경)변화 건강재난 클러스터 구축으로 효과적으로 감시(조사), 경보시스템을 구축하는 연구가 필요함
- (체계화 및 집적화) 현재까지 분절적, 산발적으로 수행되고 있는 기후(환경)관련 질병재난 연구에 대해서 체계화 및 집적화하여 효과적으로 감시 및 조사할 필요성이 있음
- (인프라 구축) 기후(환경)변화에 따른 건강위험(특히 감염성, 알레르기질환 및 태풍에 대한) 대응 및 적응을 위한 효과적인 국가 대응 인프라(물적, 인적)를 구축하여 기후(환경)변화관련 질병재난 대응기술 확보 및 인적자원 육성 및 확보가 필요함
- (클러스터링) 인프라 구축을 통한 한반도 기후환경변화에 따른 주요 질병재난에 대해서 국가차원의 체계적이고 실효성 있는 조기, 실시간 감시, 경보, 예방, 연구개발 및 대응, 적응 체계를 구축하여 과학적이고 실질적인 대응을 위한 국가차원의 체계적인 조사, 감시망 구축 및 연구 개발 활성화 유도가 필요함

(2) 현황

- (거점센터 선정) 한반도에서 지정학적으로 기후환경변화 건강위험대응 연구의 최적지는 기후환경변화가 가장 먼저 그리고 심하게 오는 지역에 위치하며, 동아시아지역(한국, 중국, 일본, 대만) 기후환경변화 질병재난 연구의 중심지에 위치하고 있는 제주특별자치도임
- 제주특별자치도에는 국가태풍센터가 이미 위치하고 있으며 국립기상연구소가 2014년 이전이 예정되어 있음

(3) 사업 내용

- (거점센터 설치) 한반도 기후환경변화관련 질병재난 대응에 국가 차원의 컨트롤 타워 역할을 수행할 거점센터(기후환경변화 질병 대응센터, Center for Protection Health from Climate and Environment Change, 가칭) 설치 및 국립기상연구소, 국가태풍센터와 연계, 운용을 통한 조기 감시망을 구축함

(4) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
센터 설립(1개)	국비	83	83	83	83	83	415
거점별 포스트 설립(5개)	국비	13	13	13	13	13	65
환경성 질병/상해, 감염성 질병/상해 연구	국비	100	100	100	100	100	500
합계		196	196	196	196	196	980

(5) 기대 효과

- 제주특별자치도에 위치할 ‘기후환경변화 질병재난 거점센터’와 기후(상)관련 국가 연구소(국가태풍센터 및 국립기상연구소)와 기후의료클러스터를 구축하고, 한반도 기후환경변화에 의한 건강위험에 대해 효과적으로 감시, 경보 및 연구를 통하여 기후환경변화에 따라서 미래에 닥쳐올 건강재난에 대비함
- 한반도 기후(환경)변화 질병재난에 대해서 대응 및 적응 전략으로 국립기상연구소, 국가태풍연구소와 연계한 국가차원의 실시간 감시, 조기, 경보, 발령, 예방 및 연구 개발 추진으로 동아시아 지역 기후(환경)변화 질병재난 연구의 중심역할을 수행함

2. 산림 분야

1) 소나무 병충해 방제 및 모니터링

(1) 배경 및 필요성

- 소나무 병충해에 의한 소나무림의 피해가 확산되고 있음
 - 소나무 재선충 2004년 발생이후 꾸준히 확산
 - 잣나무털녹병, 잎떨림병 등 춥고 다습한 지역의 병해충이 감소
 - 푸사리움가지마름병, 피목가지마름병 등 아열대성 병충해가 증가
- 병해충 확산으로 인해 소나무림의 소멸 가능성이 우려됨
 - 제주에는 곰솔, 소나무, 리기다소나무, 테다소나무 등이 자생 또는 식재
 - 푸사리움가지마름병에 의한 리기다소나무의 소멸 가능
 - 소나무 재선충에 의한 개체수 대량 감소 우려
 - 침엽수의 뿌리에 침입하여 고사시키는 소나무리지나 뿌리썩음병 상륙 가능성

(2) 현황 및 문제점

- 푸사리움 가지마름병 - 제주의 리기다조림지에서 관찰됨
- 소나무재선충: 2004년 발병이후 발생범위가 확산되고 있음
- 소나무리지나 뿌리썩음병: 2004년에는 강릉에 상륙하였음
- 완전한 방제대책 미완: 소나무재선충, 푸사리움가지마름병 등은 아직 해결되지 않은 주요 산림병해임

(3) 사업 내용

- 소나무 재선충 등의 방제 및 모니터링
 - 현재 소나무재선충 및 솔잎혹파리 방제 총력
 - 소나무재선충 및 솔잎혹파리감염 지역 확산방지 총력
 - 소나무재선충 매개곤충 분포조사 및 감염여부 확인 모니터링

- 리기다소나무 식재지역 병해 방제 및 병해충 모니터링 강화
- 새로운 아열대성 병해충의 예찰 및 모니터링
 - 아열대 병충해에 대한 사전조사
 - 산림 공무원의 사전 병충해 교육을 위한 아열대 선진지역의 탐방 및 병충해 정보탐색
 - 태풍으로 인한 병충해 모니터링 연구(매개곤충 채집 및 분석)
 - 산림예찰 팀 태풍 등의 사후 모니터링 강화

(4) 그간 추진실적(2001)

- 소나무재선충병 방제 2,805ha
 - 나무주사 105ha, 항공방제 연 2,700ha, 고사목제거 2,683본
- 기타 돌발 해충방제 978ha
 - 솔나방 528ha, 기타병해충 450ha, 벚나무빛자루병 9,003본

(5) 연차별 사업 내용

- 산림병충해 예찰 강화
- 항공을 이용한 피해지역 및 인근지역 모니터링
- 방제약 살포 및 방제기술 확보

(6) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
소나무 병충해 방제 및 모니터링	국비	53	53	53	53	53	265
합계		53	53	53	53	53	265

(7) 기대 효과

- 기후변화에 따른 생태변화 지연 및 종보존 연구 기회를 마련함
 - 병해충에 의한 유전자 손실 방지
 - 아열대 병해충에 대한 연구 기회 및 적응력 강화
 - 기온상승에 따른 종의 적응력 강화
- 유전자원 보호를 통한 ABS 대응 자원을 체계적으로 보존함
 - 민족자원 소나무의 보호를 통한 향토자원 보존
 - 소나무의 역사성을 고려한 자원보전 가능
 - 소나무 이용 민족식물의 산업화 토대 마련

2) 제주서부지역 가뭄해소와 산불예방을 위한 저수지 개발

(1) 배경 및 필요성

- 제주 서부지역 연평균수량은 우리나라 평균이하임
 - 고산(1193.1), 한림(1266.2), 모슬포(1257.8), 서광(1480.3) 등 서부지역 해발 200m 까지 건조한 지역임
 - 강우는 여름철에 집중되며, 봄과 가을철에 가뭄이 집중됨
 - 제주특별자치도내 최근 산불은 쉼섬, 산방산,
 - 제주특별자치도 도서의 진화장비 전무한 상황 산불에 전혀 방비가 없는 상황
- 한라산 1400m이상 지역에 천이에 의한 역세의 유입 및 산불에 취약한 소나무의 이동이 나타나고 있음
 - 한라산 1400m이상 지역에 강수량이 많으나, 세계자연유산, 생물권보전지역 등의 유명세로 관광객 유입이 집중되고 있으며, 홍보를 통한 화기유입 등을 단속하고 있으나 관광객 인식이 아직 전환되지 않은 상황에서 산불의 위험을 항상 존재함

(2) 현황 및 문제점

- 제주의 산불은 초기진화가 대단히 중요함

- 2000년도 이후의 산불은 쏘섬(2000), 단산(2003), 산방산(2004), 지미봉인근(2005), 추자도(2007) 등 임
- 2009년도 초기진압으로 한라산 야영장 산불 예방
- 오름의 산불은 지형이 험난하여 현재의 산불진화 방법으로는 피해면적의 확대 뿐만 아니라 인명사고의 위험이 상존하고 있음
- 오름 경사면이 가파름으로 인해 산불진압과정에서 인명사고 발생빈번
- 제주 서부지역은 가뭄이 자주 오고, 바람이 강한 특성을 가지고 있어 산불발생시 초기진압이 매우 중요함

(3) 사업 내용

- 서부지역 화재진압용 및 가뭄해소를 위한 저수 시설 설치
 - 서부지역 사방댐 또는 저수지 건설을 통한 가뭄해소 및 산불진압용 수원확보
 - 서부지역 하천: 금성천, 창고천, 무명천 상류
- 산불 진화 및 인명구조용 헬기도입
 - 다목적 산불진화용 헬기 도입
 - 헬기의 역할: 산불진화, 산악인명구조, 제주 도서지역 산불 및 병충해 모니터링, 병충해 방제
 - 주 시찰 지역: 제주 문화제인 쏘섬, 문섬, 범섬을 비롯한 가파도, 마라도, 차귀도, 비양도, 우도 및 추자도

(4) 그간 추진실적(2011)

- 제주 동부지역 붉은오름 주변의 사방댐이 건설되었음
- 산불감시원, 초동진화체계 및 입산통제구역 설치·운영하고 있음
 - 산불감시원(123명) 및 입산통제구역 157개소(36,000ha)운영
 - 전문진화대 100명, 진화차량 확충
- 산림청 산불진화헬기 전진배치(한시적): 산불진화 헬기 계류장 시설(남원 수망리)

(5) 연차별 사업 내용

- 저수 입지 선정 및 설계, 헬기도입계획 수립
- 저수지 설치, 헬기 도입 운영
- 저수지 운영 및 활용(저수지를 활용한 진압훈련)

(6) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
저수지 확보 및 산불예방사업	국비	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	227.5
합계		45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	227.5

(7) 기대 효과

- 기후변화 특히 가뭄을 대비한 농업용수, 산불진화 수원 확보가 가능함
 - 집중호우 시 수량확보를 통한 가뭄 대책 마련
 - 잦은 집중호우에 의한 수해 예방 및 가뭄대책 마련
 - 한라산 서쪽지역의 가뭄대비 수원확보
- 다목적 헬기 상주를 통한 인명, 산불조기 진화로 피해를 최소화 함
 - 예측할 수 없는 가뭄 및 인명구조 대응
 - 서부지역의 가을, 겨울, 봄의 가뭄에 따른 산불 조기진화가능
 - 등산 등 겨울, 여름철의 인명 구조 활동 가능
 - 도서지역 산불에 대한 신속대응 가능

3) 수목의 변화에 따른 경제수종 선별사업

(1) 배경 및 필요성

- 제주에 식재되어 있는 대부분의 수종에서 생육 저하 현상이 나타남
 - 침엽수: 소나무, 잣나무, 리기다소나무, 소나무인공림

- 활엽수: 활엽수인공림, 밤나무, 포플러, 기타활엽수
- 제주에서 나타나는 대표적인 식생변화는 상록활엽수로 천이 중에 있음
 - 해발 600m 이하 지역은 종가시나무, 구실잣밤나무, 후박나무 등의 활엽수 천이 중
 - 경제수종으로서 붉가시나무, 개가시나무, 황칠나무 등이 개발 중
- 기후변화 협약에 따른 탄소배출권 확보를 위한 조림사업이 필요함
 - 개발논리에 따른 산림 훼손 등의 면적이 지속적으로 진행됨
 - 신규 조림 또는 재조림 등의 탄소 흡수원 조성이 시급

(2) 현황 및 문제점

- 기후변화에 따른 아열대 곤충 침입 및 기온상승에 따른 온대식물이 북상 중에 있음
 - 최근 제주 인근 부속섬에서 한국 미기록종인 아열대 나방류 확인
 - 태풍 등으로 인한 곤충이동이 감지되며, 기후변화에 따른 제주 서식 확인
- 제주의 기후에 맞는 식재종 개발이 부진한 실정임
 - 제주특별자치도의 식재된 종은 삼나무, 소나무, 리기다소나무 등으로 온대식물이 많음
 - 최근 산림청에서 종가시나무, 붉가시나무, 이나무, 황칠나무, 녹나무 등 산림자원 개발에 착수
 - 상록수 열매의 사용에 대한 연구 부족
- 기후변화 협약에 따른 탄소배출권 확보 노력이 필요함
 - 개발논리에 따른 산림 훼손 등의 면적이 지속적으로 진행됨
 - 신규 조림수종의 탄소 흡수 및 가꾸

(3) 사업 내용

- 상록수의 경제수림 및 조경수 대체
 - 속성수 및 경제적 가치가 있는 상록수의 선발

- 녹나무, 개가시나무, 붉가시나무, 참식나무 등 속성수 또는 통직성이 우수한 종을 선발하여 경제목으로 육성
- 담팔수나무, 후피향나무, 검은재나무, 붓순나무 등 조경수로가 가치 있는 종 선발
- 상록 유실수의 개발
 - 밤나무, 상수리나무를 대체할 상록수 발굴
 - 망고, 두리안, 구아바, 파파야, Pina, 블루베리 등이 노지 재배 가능
 - 소귀나무, 모새나무 등의 자생 유실수 개발

(4) 그간 추진실적(2001)

- 왕벚나무 단지 조성
 - 한라생태숲 내 10ha
 - 목련 등 희귀식물 및 특산식물 증식
- 탄소 흡수원 확충사업추진
 - 도시숲, 산림공원, 도심지 자투리 녹화

(5) 선진 사례

- 미국은 생태적 부분과 경제적 부분으로 구분하여 기후변화를 연구 중에 있음
 - 식물의 수종이 과거보다 북쪽과 높은 고도로 이동.
 - 기존의 생산지역은 감소하고 북쪽지방에서의 산림 수종 생산이 증가

(6) 연차별 사업 내용

- 제주 상록수 중 우수 종선발 조립
- 상수리나무 대체 상록활엽수 선발 및 조립
- 기후변화 대비 탄소 흡수원 확보를 위한 조립
- 도시숲 조성

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
경제수종 선별사업	국비	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	192.5
합계		38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	192.5

(8) 기대 효과

- 기후변화에 따른 자생식물의 자원화가 가능함
 - 자원화 되지 않은 자생식물 발굴
 - 화장품, 식품, 조경수, 조림수 등의 원료 등의 개발
- 새로운 산림소득작물로 활용할 수 있음
 - 아열대 식물의 유입등의 자원 교류를 통한 자원확보

4) 보전지역 산림 모니터링 강화

(1) 배경 및 필요성

- 제주의 산림 온도 상승에 의해 상록활엽수로 전환 중에 있음
 - 해발 600m 이하 지역이 현재 상록활엽수림지대임
 - 계곡을 따라 상록활엽수 해발 800m 까지 이동
- 보전지역의 산림 상록수로 대체됨에 따른 취약종 발생
 - 꽃자왈 지역의 풍혈현상으로 남아있는 북방계 식물이 상층의 상록활엽수림 대체에 따른 쇠퇴 가능성
 - 한라산 정상부위로의 소나무 이동 및 초지의 산림변화에 따른 초지식물 소멸 가능
- 수종의 적정생육 범위와 위치가 변화되고 있음
 - 소나무, 구상나무 생육범위 제주특별자치도에서 이탈 가능성 제기
 - 해발 600m 이하 낙엽수들이 상록수로 대체 가능
- 산림생태계의 기능이 교란되고 있음
 - 발아, 개화, 낙엽의 패턴변화

- 집중호우에 의한 양분의 유실, 유기물 분해 속도의 변화

(2) 현황 및 문제점

- 한라산 정상부의 식생변화
 - 한라산 1400m 이상에 억새, 소나무의 이동 강화
 - 구상나무의 고사목 증가
 - 정상부의 산사태로 인한 초지식물 및 수목의 이동경로 차단
- 꽃자왈 식생의 변화, 꽃자왈 매수 보존사업 실시
 - 꽃자왈 수림 내부에 상록수인 참식나무, 아왜나무, 새덕이 등이 우점도 강화
 - 꽃자왈내 송악, 마삭줄, 바위수국 등에 의한 수목의 피압을 상승에 따른 침엽수, 낙엽활엽수의 수세약화
 - 상록활엽수의 우점종인 종가시나무, 붉가시나무 등 참나무류의 이동 강화
- 희귀식물 등의 개화, 결실률 변화
 - 집중호우에 따른 토양이 유실 등으로 인한 생장저하
 - 개화기 결실기의 호우나 기온변화에 따른 매개곤충의 변화에 따른 결실률 저하

(3) 사업 내용

- 기후변화에 따른 종이 이동 모니터링
 - 구상나무, 소나무 등 특정식물의 개화, 결실 등에 대한 모니터링
 - 한라산 정상부 주변의 고위도 잔존식물의 개화, 결실, 매개곤충
 - 제주고유식물의 개화기, 결실기 매개곤충의 활동범위 등
- 산사태 등으로 인한 차단 이동경로 복구
 - 식물의 산포, 동물이동경로 차단 등
 - 도로개설 등에 의한 단절, 폭우 등에 쓸림현상 등 생육적지로의 이동경로 훼손 복구
 - 대형 건설사업의 공간 훼손 등에 의한 새, 노루 등 식물의 이동경로 차단에 따른 대체 통로 마련

- 꽃자왈 등 특이 지형에 맞는 관리기술개발
 - 특이지형의 무조건적 보호보다는 지형의 생육하는 식물의 생존이 가능토록 식물특성에 맞는 보호방안 마련
 - 식물 식생변화를 대비한 식물의 보존방안 마련

(4) 그간 추진실적(2011)

- 꽃자왈 지역 매입 - 150ha 매입
- 구상나무림구조 분석
- 생물권 보전지구, 세계자연유산 등 한라산의 보호가치 상승

(5) 선진 사례

- 오스트리아는 자연과 경관, 생물다양성 유지를 위한 관리 지침서를 만들어 관리함
 - 지침서는 관리 방안으로 중단기 목적으로 상황조사, 계획수립, 접근계획 등 각 사항별로 16개 부문별 항목으로 나누어 관리됨

(6) 연차별 사업 내용

- 보호연구지역 설정 및 희귀식물 식생 분포 파악 및 한라산 정상부위의 식물이동 파악
- 꽃자왈 지역의 북방계 식물 파악 및 모니터링 및 지속적 꽃자왈 매입
- 북방계식물 유지에 대한 연구수행

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
보호구역에 대한 모니터링	국비	35	35	35	35	35	175
	지방비	10	10	10	10	10	50
합계		45	45	45	45	45	225

(8) 기대 효과

- 기후변화에 따른 보호구역 관리 방안을 구축함
 - 수목 변화에 따른 수림내 희귀식물 등의 종다양성 확보 방안 마련
- 북방계 식물의 보호를 위한 정책 자료로 활용성이 높음
 - 국내 분포 북방계식물 보존의 실험무대
 - 곳자왈 지역은 현재 상록활엽수림대로 잔존 북방계 식물의 생존연구를 통한 기후변화에 따른 북방계 식물의 보존방안 확보

5) 한라산의 고도별 산림천이 연구

(1) 배경 및 필요성

- 한반도 소나무 생존지역 2060년 이후 강원도 이북에만 가능할 것으로 전망하고 있음
 - 한라산 소나무림 상류의 구상나무 소멸 가능
 - 한라산 정상지역의 고유종 소멸 가능
 - 난대성 기온이 전라, 경상도까지 상륙
- 한라산 소나무림의 쇠퇴 및 상록수림의 이동
 - 현재 해발 1400m 이상으로 소나무 이동
 - 600~1400m 지역 상록활엽수(구실잣밤나무, 종가시나무)로 대체 될 것을 추정

(2) 현황 및 문제점

- 소나무, 참억새 군락이 해발 1400m 이상 고지대로 이동하고 있음
 - 소나무림의 이동의 활발하고, 초지내의 참억새 이동이확인
 - 상록활엽수림의 곳자왈내 이동 활발
- 상록활엽수림이 증가하고 있음
 - 해안 및 계곡을 따라 상록활엽수 빠르게 증가

- 꽃자왈 내 상록활엽수림 증가
- 중산간 이상의 낙엽활엽수림 점차 한라산으로 이동

(3) 사업 내용

- GIS DB구축, 위성사진을 통한 모니터링(5년단위)
 - 현 식생에 대한 위성사진판독 등을 통한 GIS DB구축
 - 현장 조사 자료를 통한 위성사진 판독
 - 위성사진을 바탕으로 한 GIS DB 구축 및 모니터링

(4) 그간 추진실적(2011)

- 한라산 고도별 식물분포조사
 - 한라산 돈내코 계곡의 해발고별 식물군집분포 조사(2007)
 - 꽃자왈의 식생조사
 - 구상나무림의 식생조사
- 한라산은 국립산림과학원과 환경부의 장기생태모니터링 지역으로 선정되어 연구를 수행하고 있음

(5) 선진 사례

- 영국
 - 1992년 환경 기후 변화네트워크(ECN: Environment Change Network)를 구축하여 기후변화에 관한 장기적 모니터링 실시
 - 특히 임업과 생물다양성으로 산림 부문을 구분하고, 생물다양성 부분의 영향을 정량화에 하였으며, 저산성서식지와 수종이취약성을 예측
 - 육상 12개 하천 29개 호수 16개 지점 등 2008년 현재 생태계를 구성하는 물리, 화학, 생물 환경에 대하여 자료를 구축하고 있음
- 일본

- 장기생태연구 지소를 core-sites 16개소와 Associate-sites 28개소를 설치하여 장기생태연구를 수행 중

(6) 연차별 사업 내용

- 제주 산림의 분포조사
- 제주 조림 및 현존식생에 대한 위성 판독기술 접목
- 기존 조림에 따른 현존식생 판독
- 기후변화에 따른 식생변화 유추 및 기후변화 취약식물종 리스트 작성
- 취약식물의 매개곤충 및 종다양성 모니터링

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
산림천이연구 - GIS DB구축, 위성사진을 통한 모니터링	지방비	5	5	5	5	5	25
합계		5	5	5	5	5	25

(8) 기대 효과

- 기후변화에 따른 산림 이동 전진기지 역할을 수행함
 - 기후변화에 따른 산림의 이동에 대한 국내 분포 예측 모델
 - 한라산 수직분포에 따른 국내 산림의 변화 예측
 - 제주 산림의 변화에 따른 국내 후속림 조성 예측 가능
- 산림변화에 따른 희귀식물의 이동분석이 가능함
 - 희귀식물 및 매개곤충의 이동추이 관찰
 - 희귀식물의 이동예측모델 설정 가능

3. 물관리 분야

1) 기후변화에 따른 다목적 저류지 개발

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화 영향으로 인한 불확실성 증가 및 가뭄·홍수 등 양극화 현상이 발생하고 있어, 이에 대한 근본 대책 마련을 위한 새로운 개념의 수자원 시설(다목적 저류지)이 필요함
- 중·소규모 저수지를 개발하여 홍수 및 가뭄에 적극적으로 대처해야 함

(2) 현황 및 문제점

- 국지성 호우에 따른 돌발 홍수 등으로 하류지역 또는 저지대에 침수피해가 증가하고 있음
- 서부지역은 타 지역에 비해 강수량이 적고 하천 발달이 빈약하여 가을철 가뭄시 농업용수 부족 문제가 빈번하게 발생하고 있음

(3) 사업 내용

- 홍수대비 저류지 계획 후보지 선정 및 최근 홍수피해 지역을 고려한 치수 대책 사업 추진
- 가뭄대비 저류지 계획 후보지 선정 및 최근 가뭄피해 지역을 고려한 이수 대책 사업 추진
- 홍수피해 상황 및 수자원 여건 등을 종합적으로 고려한 우선순위에 따른 다목적 저류지 지속적 건설 추진

(4) 그간 추진실적(2011)

- 하천유역의 항구적인 수해방지를 위해 유역종합치수계획을 수립하고 추진하고 있음
- 최근 들어 다목적 저류지 개발에 의한 홍수피해 예방 및 극한 가뭄시 농업용수로 활용하기 위한 연구가 진행 중

(5) 선진 사례¹⁹⁾

- 일본에서는 토지의 이용을 규제함으로써 침수구역에 살지 않게 하거나 개발을 제한 또는 위험 구역내에서의 이전을 촉진하는 등의 형태로 운영되고 있음
 - 도시계획법에 의한 개발행위 등의 규제, 건축기준에 의한 재해 위험 구역의 지정, 택지개발지도 지침 등이 있음
- 미국의 홍수터 관리는 홍수소통 능력을 유지하면서, 자연적인 여건과 토지이용의 필요성에 맞도록 홍수터 개발을 지도하여 홍수로 인한 피해를 줄이고 있음
 - 상습 홍수피해 지역조사, 침식선의 결정, 홍수지역의 구분, 건축 규제, 홍수 방어 등이 포함됨
- 프랑스의 범람구역 토지이용 규제는 홍수터를 A, B 두 구역으로 구분하여, A구역에는 물의 흐름을 저해하는 것 등의 건설은 금지되고, 그 외측의 B구역에는 건설은 허가되나, 흐름에 평행하게 건설하여야 하고, 내수구조화가 필요함
- 영국에서는 하천의 유역 및 배수지역을 기본으로 나누어진 지역을 하나로 관할하는 물행정에 관한 전문적·종합적 행정조직인 물관리 기관이 홍수범람 구역을 지방계획기관에 통보하여 양자의 협력으로 범람원의 토지이용 규제가 이루어지고 있음
 - I 구역은 홍수가 보통의 경사 및 속도로 흐르는데 필요한 범람원부분으로 막대한 피해를 입을 위험이 있어, 이 지역의 개발은 허용되지 않음
 - II구역은 저류효과를 갖는 범람원 구역은 하류부의 수위가 내려가면 유출지역이 되는 구역으로 유수기능을 감소시키는 개발은 허용되지 않으나 공공 이용을 목적으로 하는 개발은 허용됨
 - III 구역은 범람이 거의 발생하지 않으나 특별히 큰 홍수로 인해 침수되는 범람원으로 내수 구조의 건물을 권장하고 있음

(6) 연차별 사업 내용

- 2012년 : 홍수·가뭄대비 저류지 후보지 선정
- 2013년~2016년 : 홍수피해 상황 및 수자원 여건 등을 고려한 다목적 저류지 건설

19) 국립방재연구소(2000), 수해지역 저류지 확보 및 활용방안 연구

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
다목적 저류지 개발	국비	5	50	50	50	50	205
	지방비	5	-	-	-	-	5
합계		10	50	50	50	50	210

(8) 기대 효과

- 홍수저류 공간 신설로 돌발 홍수 등 홍수피해 예방 가능 또한, 가뭄시 농업용수 공급이 가능한 비상용수를 확보함
- 기후변화에 따른 각종 수해로 인한 재난 피해를 최소화하고, 비상수원으로 활용이 가능함

2) 홍수에 강한 하천 적응능력 극대화

(1) 배경 및 필요성

- 하천정비 및 주변지역 개발 등 토지이용변화와 더불어 기후변화로 인해 빈번해질 것으로 예상되는 홍수 및 가뭄 피해에 대한 근본적인 대책마련이 필요함
- 최근 빈발하는 이상홍수에 대응할 수 있도록 과거 하천제방 위주의 일차원적인 홍수방어의 한계를 극복하기 위한 이차원적인 유역단위 방제 계획수립이 필요함
- 면적인 유역단위 치수대책 수립의 일관성을 유지하고 유역종합치수계획과의 연계성을 고려한 권역별 하천기본계획을 수립함
- 홍수의 규모 및 발생빈도가 급증함에 따라 인명 및 재산 피해를 최소화할 수 있는 홍수예보시스템 구축이 필요함
- 비구조적 홍수대책으로서 지역별 홍수위험지도를 제작하여 수리시설물을 통한 구조적인 수방대책의 한계를 극복하고, 홍수피해 최소화에 대한 요구가 증대함
- 상·하류 유역전체를 일괄한 홍수재난관리시스템 구축이 필요함

(2) 현황 및 문제점

- FTA 협상타결로 인해 과수지원 사업 등으로 인해 시설하우스는 지속적으로 증가하여 2009년 제주특별자치도내 비닐하우스 면적은 총 32.6km²로 제주특별자치도 면적의 1.8% 차지함
- 중소하천의 경우 홍수 예·경보 시스템 구축 및 운영이 필요한 실정이며, 강우 및 홍수 수문 분석을 위한 전문인력이 부족함
- 제주특별자치도는 1960년대에 비해 2000년 이후의 연평균 강수량이 165mm 증가했고, 100mm 이상 집중호우 발생일수 및 규모 또한 각각 0.5일, 41mm 증가하고 있음
- 태풍 ‘나리’ 내습시 2007년 9월 16일 하우 동안 한라산 윗세오름 563.5mm, 제주시 420mm, 서귀포시 265.5mm의 비가 내려 제주시의 4대 하천들이 모두 범람하여 인명피해 사망 13명, 부상 1명, 재산피해 1600억여 원에 이르고 있음

(3) 사업 내용

- 홍수관리와 전문적 홍수분석기술 구축
 - 상·하류의 홍수특성을 고려하여 전문기관에서 중·소 하천유역의 종합 홍수재난관리시스템을 구축·운영으로 신뢰성을 제고함
- 저류지와 연계한 홍수재난관리시스템 구축
 - ※ 중·소하천 홍수재난관리시스템 구축 Flow

수문정보관리→수문분석 시스템→홍수예측 시스템→홍수재해지도→의사결정시스템
- 지역별 홍수위험지도 제작

(4) 그간 추진실적(2011)

- 연차별 계획에 따라 유역별 하천기본계획 수립 추진
- 재난 예·경보체계 구축을 위한 종합계획 및 사업시행계획 수립

(5) 선진 사례

- (일본) 종합적인 하천관리 수문정보는 하천정보센터(FRICS)에서 총괄하고 지자체 재난관리사무소에서 수방 및 지역방재 업무를 수행함

- (미국) 기상청 및 물관리전문기관(COE, USBR, FEMA)에서 홍수 수문자료를 분석·제공하고 지자체 재난관리센터에서 지역방재업무를 담당함

(6) 연차별 사업 내용

- 2012~2013년 : 지역 홍수수문분석, GIS를 이용한 재해지도 작성
- 2014~2016년 : 첨단기술을 적용한 차세대 홍수예보시스템 구축, 홍수위험지도제작

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
저류지와 연계한 홍수재난관리시스템 구축	국비	5	5	20	20	20	70
합계		5	5	20	20	20	70

(8) 기대 효과

- 태풍, 집중호우 등 자연재난·재해에 신속히 대응할 수 있는 효율적 시스템 운영에 기여함. 또한 제방위주, 행정구역 중심의 치수대책에서 벗어나, 일관되고 지역별 특성에 적합한 치수대책 수립이 가능함
- 면적 및 공간단위 강우관측, 첨단기술을 활용한 홍수예보의 정확성, 신속성 확보로 홍수로 인한 인명과 재산피해를 경감함
- 침수우려지역에 대한 침수에·경보 및 수해방지대책 지원으로 인명 피해 최소화 및 재해 대응능력을 강화함

3) 지속가능한 수자원 확보

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화나 토지이용 변화 등 환경변화에 따른 수자원분야에서 가장 큰 이슈는 가용 수자원의 확보가 최대 현안임
- 기후변화에 따른 강우패턴 변화로 기상 및 수문상황(강수, 유출 등)이 변화하는 추세이며, 해수면 상승으로 인한 해수침투에 의해 가용 지하수량 감소가 예상됨

- 가뭄 발생시 단기적 대책으로 물 공급이 이루어짐에 따라 지하수자원의 보전 및 체계적 이용이 필요함
- 최근 기후변화로 인한 이상가뭄 등 재해에 대비하기 위해 수자원 확보 지역간 용수수급 불균형 해소 및 안정적 용수공급이 필요함
- 모든 용수를 지하수에 전적으로 의존하고 있는 제주특별자치도의 경우 토지이용 변화 등에 의한 지하수 함양지역의 개발로 인해 함양면적 감소로 안정적으로 지하수 함양을 담보하기 위한 지하수 인공함양 증대 사업을 확대하기 위한 노력이 필요함

(2) 현황 및 문제점

- 제주지역 수자원 함양량은 평년 1,653백만 톤에서 과우년(寡雨年) 1,010백만 톤으로 변동폭이 매우 큰 특징이 있음
- 2010년 12월말 현재 지하수 관정이 총 4,839공이 개발되어 있으며, 취수허가량은 1일 1,440천 톤으로 지하수 적정개발량 대비 81.4%에 해당함
- 모든 용수를 전적으로 지하수에 의존하고 있어 향후 지속적인 수자원을 이용하기 위한 대체수자원 개발 연구가 미흡한 실정임
- 기후변화로 인한 가뭄·홍수 등 기상 불확실성 증가로 인한 지하수 함양량 감소 및 지하수 사용량의 지속적으로 증가함
- 기후변화로 인한 해수면 상승으로 우리나라의 경우 연간 0.6cm가 상승하는 것으로 보고되고 있는데, 해수면이 상승하면 제주특별자치도와 같은 화산섬인 경우 해수침입이 발생하게 되어 가용 지하수량이 감소 및 적정개발량 감소가 예상됨

(3) 사업 내용

- 물부족 해소 및 안정적인 용수공급을 위한 급수체계 조정 및 시설확충
- 안정적 수자원 확보를 위한 지하수 함양량 증대 사업
 - 지하수 함양량 증대 사업 개발, 저류지를 활용한 지하수 인공함양 사업 확대
- 지하수 적정 개발량 및 이용 가능량 분석 기술 개발
 - 용수 수요량 및 이용량 분석 기법 개발

- 기후변화 및 환경변화에 대응하기 위한 지하수 함양량 분석 기술 기법 개발

(4) 그간 추진실적(2011)

- 도 전역 안정적 용수 공급기반 조성
- 안정 급수원 확보를 위한 고도정수처리시설 사업 추진
- 하천유출수 인공함양 시범연구

(5) 선진 사례

- 하와이주 오후우섬인 경우, 면적은 1,555km²이며 상주인구 약 80만명 정도로 제주 특별자치도보다 면적은 85% 정도 작고, 인구는 30만 명 정도 많음에도 불구하고 지하수 관정은 약 3,000여개 공에 불과함
- 캘리포니아의 Water Plan Update 2005에서 향후 발생할 물 사용량의 불확실성을 예측하기 위해 2030년에 발생 가능한 3개 예측 시나리오를 작성하여 안정적 용수 공급을 위해 노력하고 있음
- 스페인에서는 농업분야 수자원 이용이 집중적으로 이루어지고 있는데, 중·상류 역의 댐개발에 기인하는 것으로 나타남

(6) 연차별 사업 내용

- 2012년 : 물부족 해소 및 안정적인 용수공급을 위한 급수체계 조정 및 시설확충
- 2013년 : 지하수 적정 개발량 및 이용 가능량 분석 기술 개발
- 2014~2016년 : 안정적 수자원 확보를 위한 지하수 함양량 증대 사업

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
지속가능한 수자원 확보	국비	7	20	20	20	20	87
	지방비	-	10	10	10	10	40
합계		7	30	30	30	30	127

(8) 기대 효과

- 한정된 수자원의 효율적 이용, 지역간 용수수급 불균형 해소 및 안정적인 용수 공급, 이상 가뭄 등 자연재해에도 대응할 수 있는 용수공급체계를 구축함
- 지하수 인공함양 증대에 따른 지속가능한 지하수 자원 확보가 가능함
- 지하수의 개발·이용과 보전·관리 등으로 지하수 이용률을 저감함

4) 농업용수의 체계적 공급을 위한 스마트워터그리드 구축

(1) 배경 및 필요성

- 제주특별자치도 서부지역은 타 지역에 비해 강수량이 적고 하천 발달이 빈약하기 때문에 저류지 조성을 통한 농업용수 공급방안도 매우 어려운 실정임
- 제주특별자치도 서부지역은 타 지역에 비해 강수량이 가장 적은 지역이지만 농업용 지하수 관정은 타 지역보다 많이 개발되어 있지만 대다수 농가의 월동채소 파종 시기와 맞물려 작물 생육초기 농업용수로 인해 물 문제가 자주 발생하고 있음
- 가뭄시 농업용수 부족 원인을 분석을 통해 농업용수의 안정적 공급체계 방안을 마련할 필요가 있음

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도 해안지역의 연평균 강수량은 제주시 1497.6mm, 서귀포시 1923mm, 성산 1966.8mm, 고산 1142.8mm로 서부지역 강수량은 타지역 보다 600mm-700mm가 적음
- FTA 대응 기금으로 설치된 비닐하우스 면적은 2009년 말 18.3km²로 지속적인 증가와 함께 농업용수 수요량도 증가하고 있음
- 제주특별자치도는 1960년대에 비해 2000년 이후의 연평균 강수량이 165mm 증가했고, 100mm 이상 집중호우 발생일수 및 규모 또한 각각 0.5일, 41mm 증가하고 있음

(3) 사업 내용

- 농업용수의 체계적 공급시스템 개발을 위한 스마트워터그리드 구축
 - 스마트워터그리드는 농업용수 주공급원인 지하수에서 다양한 종류의 수자원을

활용한 농업용수 관리의 효율성 제고 및 체계적인 공급을 위해 첨단 정보통신 기술(ICT : Information and Communication Technologies)을 도입하는 차세대 물 관리 시스템으로 농업용수의 관리 시스템으로 농업용수의 생산과 수송, 각 작물別に 필요한 원단위 등 정보화와 지능화를 구현하기 위한 기술임

- 제주 서부지역 실증단지 구축
- 제주지역에 적합한 지능형 물 관리 구축
- 서부지역 가뭄해소를 위한 다목적 저류지 건설
 - 저수지, 양수장, 송수관 및 연결수로, 용수로

(4) 그간 추진실적(2011)

- 지능형 검침 인프라를 중심으로 한 상수도 관리 시스템, 스마트 전력 그리드를 이용한 물 관리시설의 에너지 사용 최적화, 수자원 및 수질관리를 위한 센서 네트워크 구축 등 국가 단위의 효율적 수자원 관리시스템 구축을 추진하고 있음
- 다목적 저류지 기본조사 지구선정 및 농촌용수 개발사업 예정지를 조사함

(5) 선진 사례

- 호주는 지역간의 물부족 문제를 해결하기 위하여 워터그리드의 개념을 최초로 도입하여 워터그리드 프로젝트를 진행하고 있음
- 이스라엘은 물이 매우 부족한 나라로 농업용수에 있어 스마트워터 개념을 적용하여 운영하고 있음

(6) 연차별 사업 내용

- 2012년: 제주특별자치도내 개발·이용되고 있는 농업용수 공급시설 현황분석 및 전망
- 2013년: 재배작물별 원단위 산정 및 토양통별 토양특성 분석 및 DB화, 스마트워터그리드 시범지구 선정 및 농업용수 급수구역도 파악 및 GIS 구축
- 2014~2016년 : 지능형 검침 인프라를 중심으로 한 농업용수 관리 시스템 구축

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
스마트워터그리드 구축	국비	3	37	60	200	130	430
	지방비	1	5	10	10	10	36
합계		4	42	70	210	140	466

(8) 기대 효과

- 제주지역에 적합한 지능형 물 관리 구축으로 가을철 가뭄시 빈번하게 발생하는 농업용수 해소 방안 마련
- 기존의 물관리 시설이 가지는 단점을 보완하고 농업용수에 대한 물 문제를 해결함

4. 생태계 분야

1) 귀화식물 및 환경유해 동·식물 모니터링사업

(1) 배경 및 필요성

- 도내 귀화식물 및 외래 동식물이 서식하며 이중 생태계 교란 종이 다수 분포함
 - 식물 250여종, 동물 10여종 등
 - 멧돼지, 까치, 뉴트리아 등 외래동물이 적응
 - 환경부지정 생태계교란 동물: 뉴트리아, 황소개구리, 붉은귀거북 등
 - 환경부 생태계교란식물: 애기수영, 서양금혼초, 가시박, 양미역취, 미국쑥부쟁이, 도깨비가지, 물참새피, 털물참새피, 서양등골나물, 돼지풀 등

(2) 현황 및 문제점

- 귀화 및 외래식물은 사람이 이동에 따라 지속적으로 한라산 정상으로 이동하고 있음
 - 서양금혼초는 해발 2000m까지 자랄 수 있는 식물로 한라산 정상까지 분포가능
 - 돼지풀, 애기수영, 양미역취 등 제주특별자치도 목초지 또는 훼손지에 분포
- 외래동물은 제주환경에 적응하여 개체수가 지속적으로 증가하고 있음
 - 뉴트리아, 대륙사슴(꽃사슴), 붉은사슴(엘크), 제주동쪽 중산간 오름지역에 서식하며 개체수 증가 추세
 - 탈출한 뉴트리아는 생태계 교란종으로 지정된 종이며, 번식력이 강한 종으로 구근식물의 위협요인으로 작용할 것으로 예상
 - 대륙사슴(꽃사슴), 붉은사슴(엘크) 등은 겨울철 나무껍질을 먹고 겨울을 나기 때문에 중산간 지역의 수목 생장에 큰 영향을 줄 것으로 예상
 - 들개, 멧돼지 등은 등산객에게 위협 가능성

(3) 사업 내용

- 귀화식물 모니터링 및 환경부 지정 생태계유해 식물의 제거 사업

- 귀화식물 모니터링
- 귀화식물의 동태 파악 및 분포 파악
- 식물의 유해성 파악 및 유해식물 지정(예: 가시비름- 목장 내 목초지 감소 및 동물에 상처유발)
- 생태계유해 식물의 제거
- 생태계 유해 식물의 분포 파악
- 식물의 개화기 전 식물의 제거
- 외래동물 제거 및 관리
 - 외래동물의 제거
 - 개체증식이 초기단계에서 생포 및 제거
 - 개체증식이 진행된 개체에 대한 모니터링 및 제거 방안 마련
 - 외래동물의 사육현황 파악 및 관리체계 점검
 - 현재 외래동물인 경우 사육 중 탈출한 개체들로서 자연번식이 가능한 상태임
 - 향후 탈출에 의한 외래동물 자연 유입에 대한 방지 및 관리소홀에 대한 책임 추궁

(4) 그간 추진실적(2011)

- 들개, 멧돼지 포획
 - 매해 포획 진행되고 있음: 2009년 들개 19마리, 멧돼지 6마리 포획
 - 2006년 제주특별자치도 외래식물 분포에 대한 조사(제주녹색환경지원센터, 국립 산림과학원)
- 한라산 국립공원내 도로변 귀화식물의 분포특성 조사(2007)
 - 제주특별자치도내 외래식물분포조사(2006)

(5) 선진 사례

- 환경유해 동·식물 발표 및 제거 사업추진
- 목장 내 소나 말에 유독한 식물에 대한 리스트 작성

(6) 연차별 사업 내용

- 귀화식물의 이동경로 파악
- 유해식물의 제거
- 유해식물을 제외한 귀화식물에 대한 산업화 연구
- 단기 산업화를 통한 귀화식물의 확산 방지

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
귀화식물 및 환경유해 동식물의 모니터링사업	국비	5	5	5	5	5	25
합계		5	5	5	5	5	25

(8) 기대 효과

- 외래 동물로부터 자생식물의 보호
 - 겨울철 먹이 부족으로 인한 수목의 피해 보호
 - 외래동물 및 들개로부터 인간의 보호
- 유해식물로부터 자생식물 및 피해 최소화
 - 알리지 유발 원인 식물의 제거를 통한 피해 최소화
 - 자생식물의 자생지 보호 및 화분 알리지 유발원 제거

2) 멸종 위기종 모니터링 및 유전자 다양성유지 사업**(1) 배경 및 필요성**

- 기후변화에 따른 북방계식물이 소멸 가능
 - 꽃자왈 지역 및 한라산 정상지역에 분포하는 생물종의 한라산에서 소멸 가능
 - 꽃자왈 내 북방계식물: 난티나무, 골고사리,
 - 한라산 정상부근 북방계식물: 시로미,

- 평균수온 및 기온의 상승에 따른 식물이 이동
 - 상록수의 이동이 해발 1000m에서 관찰 가능(굴거리나무, 팽팽나무 등)
 - 붉가시나무 계곡 중심으로 해발 800m까지 이동
- 계절의 변화가 모호해짐
 - 겨울, 봄과 가을이 짧아지고, 여름이 길어짐
 - 집중호우, 폭설 등 기상이변이 빈번해져 식물의 수정 등에 관여하는 곤충들이 활동 패턴이 바뀜
 - 고유식물 등이 자생지 내 번식률 감소

(2) 현황 및 문제점

- 천이에 의한 낙엽수림의 쇠퇴
 - 침엽수림의 아열대 병해충에 의한 쇠퇴
 - 낙엽활엽수림의 면적 감소 및 한라산 정상으로의 이동
- 소나무림이 한라산 1400m 이상으로 이동
 - 소나무의 이동 및 참억새의 이동으로 눈향나무, 시로미 등의 개체 감소
 - 구상나무의 고사목 지속적 증가
 - 절벽 등에 생육하는 종의 수림의 생장에 따른 개체 감소

(3) 사업 내용

- 희귀식물의 동태조사
 - 희귀식물 분포 및 GIS DB구축
 - 희귀식물에 대한 GIS 지리정보를 이용한 정보 확보 및 5년주기로의 이동정보 확보
 - 산림 유전자원의 집단간 유전적 변이 폭 규정
- 화분 매개체의 조사
 - 수분을 위한 매개곤충 조사 및 모니터링

- 대부분의 식물은 벌, 나비, 나방, 파리 등의 매개체로 수정하므로 희귀식물 주변에서 비디오, 곤충채집 트랩 등을 사용한 매개곤충 확인
- 매개곤충의 이동경로 파악 및 번식 유무의 파악
- 제주산림을 대표할 수 있는 박물관 조성
 - 산림박물관 조성
 - 제주의 산림의 전국의 약 1%에 해당되나 지리적 위치에 따른 산림 분포가 타 지역과 달라 이를 활용할 필요가 있으며, 기후변화에 따른 열대/아열대 식물의 전진기지로 활용
 - 제주 분포 열대/아열대 식물의 종파악 및 보존 관리

(4) 그간 추진실적(2011)

- 주요생물의 동태조사
 - 꽃자왈 지역의 식물, 곤충 조사
 - 한라산국립공원의 식물, 곤충, 동물상조사
 - 구상나무, 소나무, 시로미 등의 동태조사
- 한라생태숲 조성
 - 단풍나무, 암석원, 생태연못 등 조성
 - 희귀식물 종자, 삽목 등에 의한 증식

(5) 선진 사례

- 생태계의 먹이사슬이 변화 인지
 - 영국의 경우 기후변화에 따라 참나무 개엽시기가 빨라지고, 개구리 등의 양서류의 번식기가 빨라짐
 - 독일의 경우 철새의 최초 도래일이 빨라지거나 늦어짐을 확인
 - 미국의 미시건 주의 포유동물이 이미 북부지방으로 이동함을 확인

(6) 성과 지표

성과 지표	목표치					'16 목표치 산출근거	측정 방법	자료 출처
	'12	'13	'14	'15	'16			
	산림 박물관 건립	산림 박물관 건립	희귀 식물의 매개곤충 조사	근대 제주 산림기록 수집	식물자원 수집 및 보존			

(7) 연차별 사업 내용

- 제주산림박물관의 건립
- 기후변화에 따른 산림변화 연구(국내 기후변화의 전진기지)
- 근대 제주산림기록 수집 및 제주산림의 자원 전시
- 기후변화에 따른 산림생태계 변화 연구
- 제주 식물자원의 체계적 보존 및 유지 보호사업 수행

(8) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
멸종위기종 모니터링 및 유전자 다양성유지 사업	지방비	30	30	10	10	10	90
합계		30	30	10	10	10	90

(9) 기대 효과

- 산림천이 분석과 함께 ABS 대응 자료 확보
 - 생물자원 확보 및 이용에 대한 대응
 - 생물을 이용한 산업의 이익 공유에 대한 국가 이익 상승
 - 자원 확보 및 기후변화에 따른 생물자원 유지

3) 산림/생태계와 조류 군집의 동태 연구 및 지표종 선정

(1) 배경 및 필요성

- 온난화, 무분별한 포획과 채취, 외래종 이입, 서식지 파괴와 오염원의 증가 등으로 생물다양성의 감소가 급속도로 증가하는 추세에 있으며, 특히 기후변화는 특정 지역의 생물상 변화에 상당한 영향을 미칠 것으로 예측됨
- 이미 아열대성 조류의 출현을 포함하여 해수 수온과 해수면 상승으로 어류의 분포권 이동, 식물의 조기 개화, 한라산 고지대로의 소나무림 및 제주조릿대 군락의 확산 등 제주의 아열대성을 감지할 수 있는 생물학적 지표들이 확인되고 있으며, 그 변화의 폭은 점차 뚜렷해질 것으로 예상됨
- 기후변화 영향으로 감지되는 물뽕과 같은 아열대성 조류가 번식에 성공하는 사례가 생김. 특히 제주특별자치도는 섬과 한라산이라는 특수한 환경을 가지고 있어 그 어느 지역보다는 기후변화에 대해 취약성을 가지고 있기 때문에, 육상 산림 생태계의 조류 군집 구조에도 변화가 현실화될 것으로 전망됨

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도는 한반도 최남단에 위치해 있고, 철새들의 월동지, 번식지, 중간 기착지로서 이용되고 있기 때문에, 기후변화와 서식지 파괴에 의한 영향으로 추정되는 조류들의 서식지 이동을 모니터링할 수 있는 최적지가 될 수 있음
- 지금까지 발표된 제주특별자치도의 조류 목록을 보면, 1928년 120종(森爲三), 1980년 207종(Park and Won), 1985년 236종(박 등), 1995년 281종(박행신), 1998년 300종(박행신), 2001년 308종(김완병), 2006년 348종(김 등), 2009년 372종(강 등), 2010년 384종(김 등)으로 꾸준히 증가 추세에 있음
- 지정학적으로 철새들의 이동 경로상에 위치하고 있고, 태풍이나 기후변화의 영향으로 아열대성 조류의 출현도 한 요인이 되고 있음
- 최근 우리나라에서 물뽕, 검은이마직박구리 등 아열대성 조류들이 번식에 성공하였으며, 특히 제주에서는 물뽕, 붉은부리찌르레기, 붉은해오라기 등 3종이 번식에 성공함
- 또한 지난 10여 년간 제주에서 관찰된 아열대성 조류는 물뽕을 비롯하여 갈색얼가니새, 열대붉은해오라기, 검은해오라기, 검은등제비갈매기, 에위니아제비갈매

기, 밤색날개빠꾸기, 긴꼬리때까치, 대륙검은지빠귀, 파랑딱새, 잿빛쇠찌르레기, 붉은부리찌르레기, 부채꼬리바위딱새, 푸른날개팔색조, 작은빠꾸기사촌, 검은슴새, 긴꼬리도둑갈매기, 큰부리갈매기, 붉은가슴딱새, 얼룩무늬납부리새, 큰부리갈매기 등 20여종으로 늘어남

- 한편, 1989년 2월 한국에서 처음으로 제주특별자치도에서 기록된 흰점찌르레기는 20년이 지난 지금은 매년 겨울철에 100여 마리가 정기적으로 도래하는 겨울철새로 바뀜
- 그리고 과거에는 주로 이동시기에는 관찰되었던 황로와 흰날개해오라기도 드물지 않게 겨울철에도 관찰되며, 제주특별자치도에서는 번식하지 않지만 황로의 번식지는 점차 우리나라 중부 지방 이상으로 확장되고 있으며, 흰날개해오라기는 최근 처음 한국에서 시작하였으며, 멀지 않은 장래에 제주특별자치도가 주 월동지가 것으로 예상됨
- 과거 1980년대에 겨울철새로 알려졌던 가마우지와 논병아리가 이제 제주의 대표적인 텃새로 자리 잡았으며, 또한 이동 중에 드물게 관찰되었거나 여름철새로 알려진 쇠물닭, 흰물떼새, 노랑할미새, 알락할미새, 호랑지빠귀 등은 제주에서 번식도 하고, 겨울을 보내기도 하는 텃새로 바뀌어가고 있음
- 아직까지 기후변화에 의한 아열대성 조류의 출현과 관련하여 산림생태계와 조류 군집에 끼친 피해 사례는 없음

(3) 사업 내용

- 서식지별로 분포하는 제주특별자치도 조류 군집의 동태 조사
 - 꽃자왈, 한라산, 철새도래지, 도서 등 특정 서식지를 대상으로 텃새, 철새들의 도래시기, 군집분포, 번식밀도, 계절적 군집변화, 미기록종 출현, 식생 변화와의 관계, 식물피해 사례 등을 연구조사
- 아열대성 및 타 조류의 번식지 비교 연구
 - 물꿩, 붉은부리찌르레기, 붉은해오라기 등 아열대성 조류의 번식 도래시기, 번식 주기, 번식지 환경조사, 위협요인 등
 - 기존의 박새, 동박새, 휘파람새, 직박구리, 큰오색딱다구리 등의 텃새군과 팔색조, 긴꼬리딱새 등 여름철새들의 번식밀도, 번식지간의 환경 변화 조사연구

○ 기후변화 지표종 선정 및 중점 조사

- 2010년 10월 국립생물자원관에서 발표한 기후변화 지표생물종인 큰기러기, 박새, 동박새 등을 대상으로 개체수 증감, 도래시기, 분포범위, 밀도, 서식지 환경, 이동경로 등을 파악하여, 야생동물의 생태적 관리계획을 수립하고, 제주 지역에 맞는 기후변화 지표생물종 100종(타 생물종 포함)을 추가로 지정 필요

(4) 그간 추진실적

- 한라산 조류의 장기생태 모니터링을 실시하고 있음(환경부, 2008년부터 계속사업)
- 제주특별자치도 전 지역을 대상으로 한 자연환경조사(국립생물자원관)
- 제주특별자치도 전 지역(주로 해안변을 중심으로) 겨울철새 동시조사(국립생물자원관)
- 제주특별자치도 꽃자왈의 조류 조사(한라산연구소)

(5) 선진 사례

- 지난 2006년 WWF(세계자연보호기금)에서 발간된 「조류와 기후변화(Bird Species and Climate Change)」를 보면, 기후변화가 조류 생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다는 확실한 증거들을 제시하고 있음
- 기후 변화는 조류의 서식지 축소와 변동을 포함하여 이동과 분포, 번식 주기, 번식 실패 등에 영향을 미치고 있으며, 이산화탄소 배출량이 2배로 증가할 경우 새들의 이동과 분포, 개체수 감소, 멸종 등과 같은 조류 생태계는 심각한 타격을 받을 것으로 전망하고 있음
- 특히 유럽에 분포하는 조류의 번식지가 점차 북쪽으로 확산되고 있으며, 이러한 추세는 점점 증가할 것으로 예측하고 있음(Brian et al., 2007)
- 조류와 기후변화 보고서(2006, WWF)에 따르면 북극, 남극, 섬, 습지, 산, 바다새 등 특수한 환경을 요구하는 새들이 일반적 환경에 서식하는 종에 비해 멸종 위험이 더 높으며, 북극에서 번식하는 붉은가슴기러기는 이미 절종위기에 놓여 있는 종으로, 기후변화로 툰드라 번식지 99%가 사라짐
- 최근 국제조류보호협회(BirdLife International)의 후원으로 발간된 「유럽에서의 기후변화에 따른 번식조류의 분포도: A Climatic Atlas of European Breeding

Birds(2007)」에서는 유럽에서 번식하는 조류 431종이 기후변화로 인하여 바뀌게 될 번식지 분포도를 자세히 밝혀주고 있음

(6) 연차별 사업 내용

- 2012년: 서식지별로 분포하는 제주특별자치도 조류 군집의 동태 조사
- 2013년: 아열대성 및 타 조류의 번식지 비교 연구,
기후변화 지표종 선정 및 중점 조사
- 2014~2016년: 선행 제시 사업 지속적 수행

(7) 소요 예산

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
산림/생태계 및 조류 군집의 동태 연구 및 지표종 선정	국비	1	1	1	1	1	5
	지방비	1	1	1	1	1	5
합계		2	2	2	2	2	10

(8) 기대 효과

- 조류의 출현과 개체수 증감은 제주특별자치도의 산림 생태환경의 변화 정도를 감지하고 기후변화가 조류의 분포에 어느 정도 영향을 미치는지를 파악할 수 있는 지표가 되기 때문에, 향후 기후변화로 직면하게 될 제주특별자치도에 미칠 여러 영향들을 최소화하는데 적합한 대응 방안을 마련하는 데 기초가 될 수 있음
- 기후변화와 동물상의 변화는 산림생태계뿐만 아니라 지역의 문화적, 교육적, 경제적, 사회적 영향 지표를 설정하거나 기후변화 적응 모델을 위한 문화 콘텐츠를 개발하는 데 기초자료를 제공함

4) 곤충 조사 연구 및 기후변화 적응관측연구소 설립

(1) 배경 및 필요성

- 제주특별자치도는 중앙에 한라산(해발 1,950m)이 위치하고 있어 한반도와는 지리

적으로 다른 양상을 보이고 있으며, 또한 지리적 여건 등으로 인하여 곤충의 진화과정이나 기후변화 적응에 매우 밀접한 관계가 있는 지역임

- 우리 제주특별자치도는 곤충의 진화과정 뿐만 아니라 이상 기후 등의 변화에 따른 적응을 밝히기 위해서는 최적의 지역임
- 정기적인 곤충 모니터링과 곤충자원의 정확한 분포지도를 작성하여 향후 기후변화 적응 과정을 제시하고 곤충자원으로서 활용할 수 있도록 제공함
- 기후변화 적응 관측 연구소를 설립 운영하여 중추적인 곤충의 메카로서 육성 발전시킬 필요성이 있음

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도는 지리적 여건이나 곤충연구 인력과 곤충에 관심의 부족 등으로 인하여 종합적인 조사보다는 간헐적인 조사만 이루어지고 있는 실정임
- 최근 제주특별자치도 곤충에 대한 종합적인 조사는 1993년부터 1994년(2개년)까지 제주특별자치도 민속자연사박물관의 주관으로 제주특별자치도 곤충을 조사한 것으로서 당시 총 25목 301과 3315종을 기록한 것이 유일한 것으로 볼 수 있음
- 그 후 정세호(2004년)은 그간의 문헌 기록의 인용과 새로운 종들을 정리하여 총 26목 380과 4,361종을 기록하고 있음

(3) 사업 내용

- 제주특별자치도 곤충 모니터링 조사연구
 - 과거 기록된 제주특별자치도 곤충 총 26목 380과 4,361종에 대한 출현 여부 확인
 - 종합적인 모니터링 조사
- 제주특별자치도 곤충총서 발간
 - 출현 된 종에 대한 분포지도 작성
 - 과거 문헌 기록과 국내외 기관에 소장된 표본들에 대한 검정
 - 제주특별자치도 곤충 총서 발간
- '기후변화 적응' 관측연구소 설립운영

- 곤충자원의 활용방안 수립
- 곤충관련 기후변화 적응 관측연구소 설립운영
- 곤충관련 기후변화 적응 관측연구소 설립
 - 이상기온 등 기후변화 적응에 대한 모니터링 사업
 - 제주특별자치도 곤충자원 활용에 대한 학술적 자료 제시
 - 식물검역소 등과 연계한 외래해충 침입 방제
 - 제주특별자치도에 지정된 유네스코생물권보존지역, 세계자연유산, 세계지질공원
과 세계7대경관 선정 유지에 따른 곤충관련 학술적 연구

(4) 연차별 사업 내용

- 2012년: 제주특별자치도 곤충 모니터링 실시(조사단 구성; 10개 분야 30명 정도),
문헌조사, 국내외 소장기관 표본 검경
- 2013년: 제주특별자치도 곤충 모니터링 실시, 문헌조사, 국내외 소장기관 표본 검경
- 2014년: 제주특별자치도 곤충 모니터링 실시, 문헌조사, 국내외 소장기관 표본 검
경, 출현 곤충 분포지도 작성, 제주특별자치도 곤충총서 발간, 곤충자원
활용방안 수립, 곤충관련 기후변화 적응 관측연구소 설립 제안

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
곤충 조사 연구 및 기후변화 적응관측연구소 설립	국비	1.5	1.7	2.3	-	-	5.5
합계		1.5	1.7	2.3	-	-	5.5

(6) 기대 효과

- 기후변화 적응에 대한 제주특별자치도 곤충에 대한 체계적으로 관리함
- 정기적인 모니터링을 통한 출현 여부 확인 등으로 유네스코생물권보존지역, 세계
자연유산, 세계지질공원 지정과 더불어 세계7대자연경관 선정에 따른 제주특별자

치도 생물자원의 특이성을 규명함

- 제주특별자치도 곤충자원을 활용한 고부가가치 산업을 창출함
- 우리나라 곤충역사의 시발점인 제주를 곤충 메카 지역으로 육성시킬 '곤충관련 기후변화 적응 관측연구소'설립에 기여함

5) 거미류조사 및 생태지도 작성

(1) 배경 및 필요성

- 넓은 의미에서 거미는 거미류와 전갈류, 앓은뱅이류, 통거미류, 진드기류를 포함하는 분류군인데 사람들이 흔히 거미라고 지칭하는 것은 진정거미류를 말함
- 거미는 전 세계에 약 45,000여 종이 알려져 있는 주목받는 무척추동물 분류군이고 우리나라에서는 현재까지 약 700여 종(남궁 등, 2010, 김, 2011)이 기록되어 있음
 - 거미는 유사비행이라는 특징적인 이동방식으로 퍼져나가므로 전세계 공통종들이 많은데 특히, 우리나라에는 유럽을 포함하는 구북계와 러시아 동부, 몽고, 중국, 일본 등의 동북아시아계가 많이 분포하고 대만, 베트남 등의 남방계도 간혹 나타남
 - 정착한 환경에서의 적응과 진화는 일반적으로 정주성이든 배회성이든 토양성과 호암성 거미에게서 더 많이 나타나고 이동방식의 특성으로 인해 서식지가 광범위해지므로 조사에 따라 새로운 종이 계속 발견되며 기존에 기록된 종이 환경에 적응하지 못하고 없어지기도 함
- 거미류는 거미줄에 대한 지저분하다는 인식, 독거미에 대한 선입견 등에 의해 많은 사람들이 혐오동물로 인식하고 있는 반면 어떤 거미들은 애완용으로 길러지며 일본에서는 해마다 거미싸움 경기가 열리며 우리나라에서는 1975년부터 천연농약의 하나로 논거미에 대한 연구가 실시되었고 지금도 천적, 천연 방제자로서의 거미 연구가 계속되고 있음
- 일본에서는 가정에서 거미줄을 치지 않는 특정 거미를 이용해 바퀴벌레 등의 해충을 퇴치하기도 함
 - 거미는 천연 농약으로서, 또 중간 포식자로서 자연 생태계의 건전한 유지에 큰 역할을 담당하고 거미줄에 대한 공업용 연구, 거미의 독에 대한 생화학적 연구도 진행되고 있는 등 거미의 연구는 인간의 생활과 밀접한 관계가 있음
 - 또한 유사비행으로 도달한 지역이 환경적으로 맞지 않을 때는 결국 죽어버리는

데 새롭게 정착한 거미들을 분석하면 기후 변화에 의해 식생과 환경이 달라지는 것도 파악 할 수 있는 근거가 될 수 있고 곤충과 더불어 육상생태계에서 환경 지표종으로 활용가치가 높다고 할 수 있음

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도에는 1965년부터 남궁에 의한 거미상 조사가 시작되어 개인 차원의 산발적인 조사가 계속되었음
 - 최근 국립중앙과학관의 국립공원생물상 조사의 일환으로 한라산의 거미상(남궁 등, 2003)에 200여종을 기록하고 있는 실정임
- 제주특별자치도는 지리적 여건과 전문인력의 부족으로 인하여 종합적인 학술조사는 전무한 형편임

(3) 사업 내용

- 제주특별자치도 거미류 모니터링 조사연구
 - 과거 기록된 제주특별자치도 거미류 250여종에 대한 출현 여부 확인
 - 종합적인 모니터링 조사
- 제주특별자치도 거미류 생물자원 조사보고서 발간
 - 출현 된 종에 대한 생태 분포지도 작성
 - 과거 문헌 기록과 국내외 기관에 소장된 표본들에 대한 검경
 - 제주특별자치도 거미류 생물자원 조사보고서 발간
- 제주특별자치도 거미류 생물자원 활용방안 수립

(4) 연차별 사업 내용

- 1차년도 (2012년)
 - 한라산 및 주변 지역 중점 조사: 고도별, 계절별 조사 - 제주특별자치도 고유종 기록
 - 제주특별자치도 침입 외래종 파악

- 제주특별자치도 거미상 분포 지도 작성
- 2차년도 (2013년)
 - 기타(마라도, 가파도 등 부속 섬 포함) 지역 조사 - 제주특별자치도 고유종 기록
 - 생물지리학적 계통 분석 및 제주특별자치도산 거미상과 관련된 국외 종 연관 분석
 - 제주특별자치도에서 환경 친화적으로 이용 가능 종 파악
- 3차년도 (2014년)
 - 제주 농경지 및 미 채집지역 발굴조사 - 거미 종 기록 및 이용방안 강구
 - 제주특별자치도산 거미류 database: 웹상에서 전문가 및 일반인에 제공
 - 제주특별자치도 산림 및 농생태계 생물지표종 선발
 - 제주특별자치도 거미류 생태지도 작성: 관광지와 연계된 거미류 지도

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
거미류조사 및 생태지도 작성	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
합계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7

(6) 기대 효과

- 기후변화 적응에 대한 제주특별자치도 거미류 생물자원에 대한 체계적으로 관리함
- 정기적인 모니터링을 통한 출현 여부 확인 등으로 유네스코생물권보존지역, 세계 자연유산, 세계지질공원 지정과 더불어 세계7대경관 선정에 따른 제주특별자치도 생물자원의 특이성을 규명함
- 제주특별자치도 거미류 생물자원을 활용한 고부가가치 산업을 창출함
- 환경지표성 생물자원으로 활용함

6) 응애류 조사 및 생태지도 작성

(1) 배경 및 필요성

- 응애아강(Acari)은 절지동물문 거미강에 속하는 동물 분류군으로써, 곤충강 다음으로 높은 종다양성을 보임. 특히 토양서식성 응애류는 다양한 환경에 적응되어 있을 뿐 아니라 상대적으로 낮은 이동성을 바탕으로 지역 특이적 분포상을 형성함
- 응애아강은 크게 응애류와 진드기류로 구분할 수 있음
 - 응애류 중 식물과 직접 연관이 되어 있는 잎응애科, 혹응애상科는 주로 농업 해충으로 분류되며, 이리응애科는 잎응애, 혹응애 등의 중요한 포식자로서, 천적으로 활용됨
 - 대부분의 응애류 다양성은 토양 서식성 응애류임. 토양에 서식하는 날개응애류는 유기물을 직접 분해하거나 유기물 분해에 관여하는 곰팡이, 세균을 섭식하여 부식연쇄계의 핵심고리이며, 전기문응애류와 중기문응애류는 토양 서식성 곤충, 응애류, 선충 등을 포식하는 분류군임
- 또한 응애아강에 속하며 동물 기생성인 부류를 진드기(ticks)로 분류하고 진드기류는 크게 전기문응애목의 털진드기과와 중기문응애목 중 참진드기아목(또는 사기문응애목)으로 구분함
 - 털진드기는 인간에게 질병을 매개하는 등 위생적 측면에서 중요하며, 진드기는 각종 동물에 기생하기 때문에 축산 및 동물 건강의 중대한 위협요소임
- 제주특별자치도 응애류 연구 중요성
 - 지정학적 위치: 한반도와 일본 열도 사이의 해안에 위치하며, 아열대성 기후를 보임
 - 생태적으로 고립된 독특한 생태계 구성
 - 주봉인 한라산을 중심으로 수직분포 형성되어 있음
 - 이로 인한 제주특별자치도 응애류 종다양성이 상대적으로 평가 절하
 - 최근 기후온난화와 관련 한반도의 토양 응애상 변화의 지표 가능성

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도 응애류에 대한 조사연구는 연구 인력의 부족 등으로 인하여 매우 간헐적이고 단편적으로 이루어진 실정이기 때문에 일부 연구자의 토양 서식

성 응애류 연구 이외의 다양한 연구가 이루어지지 못함

<표 7-7> 우리나라 응애류 종다양성 현황

분류군	전세계	일본	우리나라	제주특별 자치도
날개응애	10,000	742	348	112
중기문응애	8000	300	101	12
이리응애과	800	74	28	4
잎응애과	1200	78	42	12
참진드기	1200	?	32	?
계	21,200	1,194	551	140

- 전세계의 응애류는 약 21,200여종이며, 이웃인 일본에는 약 1,194종, 한국은 551종을 기록하고 있지만 우리 제주특별자치도에서는 약 140종만이 기록하고 있는 실정임

(3) 사업 내용

- 제주특별자치도 응애류 모니터링 조사연구
 - 과거 기록된 제주특별자치도 거미류 140여종에 대한 출현 여부 확인
 - 종합적인 모니터링 조사
- 제주특별자치도 응애류 생물자원 조사보고서 발간
 - 출현 된 종에 대한 생태 분포지도 작성
 - 과거 문헌 기록과 국내외 기관에 소장된 표본들에 대한 검경
 - 제주특별자치도 거미류 생물자원 조사보고서 발간
 - 제주특별자치도 도서지역 응애류 종다양성 평가를 통한 도서생물지리학적 연구
- 제주특별자치도 거미류 생물자원 활용방안 수립

(4) 연차별 사업 내용

- 1차년도 (2012년)
 - 한라산 및 주변 지역 중점 조사: 고도별, 계절별 조사 - 제주특별자치도 고유종 기록

- 제주특별자치도 침입 외래종 파악
- 제주특별자치도 응애류 생태분포지도 작성
- 2차년도 (2013년)
 - 제주특별자치도 기타(마라도, 가파도 등 부속 섬 포함) 지역 조사 - 제주특별자치도 고유종 기록
 - 생물지리학적 계통 분석 및 제주특별자치도산 거미상과 관련된 국외 종 연관 분석
 - 제주특별자치도에서 환경친화적으로 이용 가능 종 파악
- 3차년도 (2014년)
 - 응애류 기록 및 이용방안 강구
 - 제주특별자치도산 응애류 database: 웹상에서 전문가 및 일반인에 제공
 - 제주특별자치도 산림 및 농생태계 생물지표종 선발
 - 제주특별자치도 응애류 생태지도 작성

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
응애류 조사 및 생태지도 작성	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
합계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7

(6) 기대 효과

- 제주특별자치도 응애류 생물다양성 확충
- 제주특별자치도 특이서식성 응애류 발굴
- 농업 및 축산 해충 구명 및 천적 개발 가능성 파악
- 지구 온난화의 적응적 연구를 통해 한반도 응애류 종다양성 변화 추적 지표 제시
- 환경지표성 생물자원으로 활용

7) 지령이 분포조사 및 생태지도 작성

(1) 배경 및 필요성

- 제주특별자치도는 중앙에 한라산(해발 1,950m)이 위치하고 있어 한반도와는 지리적으로 다른 양상을 보이고 있으며, 또한 지리적 여건 등으로 인하여 동물의 진화과정이나 기후변화 적응에 매우 밀접한 관계가 있는 지역임
- 환경지표종의 대표 종으로 다루는 지령이는 예부터 식·약용으로 이용, 농업에 이용 등 인간과 매우 밀접하게 관련되어 왔음
 - 제주특별자치도 지령이 생물자원을 신규 발견과 더불어 정기적인 지령이 모니터링을 실시하여 지령이의 정확한 생태분포지도를 작성하고 향후 기후변화 적응 과정을 제시함과 아울러 무한한 생물자원으로서 활용할 수 있게 함
- 또한 세계자연유산 지역에 맞는 친환경적 이미지 창출에 기여할 뿐만 아니라 국제 생태관광지역 제주특별자치도 생산 농산물 브랜드 가치 제고를 통한 농가 소득 증대를 통하여 지역경제 활성화에 이바지

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도는 지리적 여건이나 인력의 부족 등으로 인하여 종합적인 조사보다는 간헐적인 조사만 이루어지고 있는 실정임
- 제주특별자치도에서 지령이에 대한 연구는 일본인 Kobayashi (1937)가 *Drawida anchingiana* (제주염주위지령이) 등 4종을 시작으로, 송과 백(1966)2과 4속 11종을 보고 하였는데, 홍과 James (2001)는 총 3과 4속 14종으로 기록하고 있으며, 제주특별자치도 지령이는 우리나라에서 기록된 전체 종수의 약 11.5%이고 고유종 비율은 우리나라에서 기록된 75%에 비하여 약 2%로 매우 낮음
- 제주특별자치도 고유종 지령이로는 신종인 *A. seungpanensis* (성판지령이)과 *Amyntas yongshilensis* (영실지령이)가 있으며, 이 종들은 채집개체수가 갈수록 줄어들고 있어 보호대책이 절실한 종이라 연구가 필요한 종이라 할 수 있음
 - 연구자는 기회가 있을 때마다, 이 아름다운 ‘성판지령이’ 종을 멸종위기종으로 지정할 필요가 있다고 강조하고 있음
- 지금까지 보고된 제주특별자치도 지령이는 이는 제주특별자치도라는 섬의 특성, 그리고, 남한에서 가장 높은 고도, 다양한 식생대를 자랑하는 한라산이 있는데

비하여 매우 낮은 비율임

- 본 연구를 통하여 세밀한 조사가 이루어진다면 더 많은 귀중한 유전자원이 파악되어 확보되고, 그 분포상이 확인 될 것임
- 제주특별자치도 고유종의 비율은 최소한 육상의 고유종의 비율, 즉 10% 전후까지 밝혀지리라 추측됨

(3) 사업 내용

- 제주특별자치도 지렁이 모니터링 조사연구
 - 과거 기록된 제주특별자치도 지렁이 총 3과 4속 14종에 대한 출현 여부 확인
 - 새로운 지렁이생물자원 발굴
 - 종합적인 모니터링 조사
- 제주특별자치도 지렁이 생물자원 보고서 발간
 - 출현된 종에 대한 제주특별자치도 지렁이 생물자원 생태지도 작성
 - 제주특별자치도에서 이미 기록된 종과 본 연구에서 새롭게 채집, 확인되는 모든 종들에 대한 데이터베이스를 구축
 - 과거 문헌 기록과 국내외 기관에 소장된 표본들에 대한 검경
 - 제주특별자치도 지렁이 생물자원 보고서 발간
- 제주특별자치도 지렁이 생물자원 활용방안 수립
 - 제주특별자치도 지렁이생물자원 활용에 대한 학술적 자료 제시
 - 식물검역소 등과 연계한 외래 지렁이 침입 방제
 - 제주특별자치도에 지정된 유네스코생물권보존지역, 세계자연유산, 세계지질공원과 세계7대자연경관 선정 유지에 따른 지렁이생물자원 관련한 학술적 연구

(4) 선진 사례

- 기술적 측면
 - 최근 지렁이에 의한 농업생산성 증가는 생물학적으로 증명되었는데, 그 주된

원인은 지렁이가 심토와 표토의 순환을 매개하고, 토양의 함수성 및 통기성을 증가시키며, 고분자 유기물질 (식물의 잎, 줄기 및 뿌리 등)을 일차적으로 분해하고, 분변토에 식물이 직접 흡수할 수 있는 다량의 무기성 인과 질소를 포함하고 있기 때문으로 연구 결과 보고

- 또한 지렁이는 유기물이 풍부한 환경과 먹이를 좋아하기 때문에 유기성폐기물의 환경친화적 처리에도 유용하게 이용되고 있음
- 생체 지렁이를 이용한 유기성폐기물 처리 시스템을 개발하기 위한 연구가 진행 중임
- 지렁이의 환경공학적 이용 가능성은 국내외적으로 꾸준히 제시되어 오고 있으며, 주요 처리 대상은 음식물 찌꺼기를 비롯하여 하수슬러지, 인분슬러지, 축산 폐기물 등 매우 다양함

○ 경제, 산업적 측면

- 농림부는 2004년 2월, 축산법 시행규칙을 개정하여 가축의 종류에 '사육이 가능하며 농가의 소득 증대에 기여할 수 있는 동물'을 가축의 범위에 포함할 수 있도록 함에 따라 '지렁이'를 가축으로 지정, 고시함
- 산업이 다양화 되면서 이에 맞는 새로운 농업범위의 정립이 필요하고, 최근 지렁이를 이용한 사육업이 새로운 농가 소득원이 되고 있음
- 지렁이의 의약학적 이용은 수백 년 전부터 시작되었는데, 비교적 최근에 이 동물의 몇 가지 단백질 및 효소의 기능이 밝혀지면서 이를 개발하고 응용하기 위한 연구가 시도되고 있음
- 기능성 효소의 정제 및 특성 분석 등에 막대한 제조 원가와 예산이 소요되어 아직 실용화되지 못하고 있음
- 제주특별자치도 고유종 개발과 이에 대한 활용은 산업적 측면에서 시급함

○ 사회, 문화적 측면

- 현재까지의 기술개발 방향은 모두 지렁이 생체를 이용한 방법으로 사회적, 경제적 및 생물학적 관점에서 볼 때 비효율적 측면을 내포하고 있으며, 이용되고 있는 종들도 외국에서 쓰고 있는 종들을 여과 없이 받아들이고 있어서 우리 고유종의 개발과 활용이 더욱 절실하며, 특히 친환경적 이미지 제고가 필요한 제주특별자치도 고유종 발굴은 중요함
- 그러므로 이러한 비효율성을 지양하고 보다 고부가가치의 생명산업을 창출해 내

고 친환경농업을 통한 농가소득의 증대, 농업생태계 유지를 통한 환경의 질 향상으로 안전한 먹거리에 대한 소비자들에 대한 욕구 충족이 절실하게 필요한 시점

- 국가의 발전은 경제, 문화가 균형을 이루어 발전해야 세계적으로 그 가치가 인정되며, 특히 육지와 지리적으로 격리된 제주특별자치도 섬 지역 자연 환경 특성상 그에 상응하는 농생태계의 건전성을 통한 친환경농업의 발전이 또한 중요한 역할을 하게 될 것이므로, 이러한 측면에서 표준화, 세계화 노력은 첨단기술을 개발 하는 것과 더불어 매우 중요하다고 사료됨

(5) 연차별 사업 내용

○ 1차년도 (2012년)

- 한라산 및 주변 지역 중점 조사: 고도별, 계절별 조사 - 제주특별자치도 고유종 기록
- 제주특별자치도 침입 외래종 파악, 제주특별자치도 지령이 분포 지도 작성

○ 2차년도 (2013년)

- 제주특별자치도 기타 (마라도, 가파도 등 부속 섬 포함) 지역 조사 - 제주특별자치도 고유종 기록
- 생물지리학적 계통 분석 및 제주특별자치도산 지령이와 관련된 국외 종 연관 분석
- 제주특별자치도에서 환경 친화적으로 이용 가능 종 파악

○ 3차년도 (2014년)

- 제주 농경지 및 미 채집지역 발굴조사 - 농생태계 지령이 종 기록 및 이용방안 강구
- 제주특별자치도산 지령이 database: 웹상에서 전문가 및 일반인에 제공
- 제주특별자치도 산림 및 농생태계 생물지표종 선발
- 지령이 생태지도 작성: 관광지와 연계된 지령이 지도

(6) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
지령이 분포조사 및 생태지도 작성	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
합계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7

(7) 기대 효과

- 생태학적으로 인간과 밀접한 관련을 갖으면서 인간에게 무수히 많은 혜택을 주는 지렁이에 대한 본 연구 사업을 실시함으로써 얻어지는 결과는 생물자원으로서 제주특별자치도 고유종 유전자원의 확보, 친환경적 생태 관광도시 제주특별자치도 이미지 향상 추구
 - 제주 지렁이 고유종 유전자원의 확보: 신종/미기록종의 기재
 - 제주특별자치도산 지렁이 생태지도 작성 및 활용: 분포도
 - 제주특별자치도산 지렁이에 대한 목록과 검색표가 작성되어 분류에 활용
 - 제주특별자치도산 지렁이의 database화 - 전문가 및 일반인에게 제공
 - 환경보존을 위한 지표생물로써 가능한 종 확인 및 활용
 - 멸종 위기종이나 희귀종이 파악되어 생물다양성을 위한 보호대책 강구 필요성 제기
 - 외국의 관련학자 및 기관과 학술적 표본교류
 - 제주 자연사박물관 표본 및 자료 제공
- 교육적 활용
 - 제주특별자치도 지렁이 DB 구축으로 인한 이 분야에서의 활용은 다양할 것으로 사료. 특히 제주특별자치도산 지렁이의 DB구축이 지금까지 전무한 실정으로 본 사업으로 지렁이를 연구하는 일반학자 뿐 아니라, 지렁이를 사육하는 농민, 교육현장에 있는 사람, 호기심이 많은 청소년, 제주를 친환경적 관점에서 연구하고 활용하는 사람들에게 중요한 정보의 장이 됨
 - 아울러 토양환경 보존의 중요성과 관련된 다양한 콘텐츠를 구성하여 인터넷상에서 전문가뿐만 아니라 일반인들에게도 토양과 환경, 지렁이와의 관계 등 친환경인 제주특별자치도에 대한 이미지 제고를 위한 측면에서 중요한 자료로 제공함

8) 도롱뇽의 생활사 연구 및 모니터링 체제 구축

(1) 배경 및 필요성

- 야생동물이 기후 변화에 어떻게 반응을 보일 것인가에 대해 구체적으로 연구된 자료는 거의 없음. 특히 향온동물은 기상인자에 대하여 직접적인 영향을 받기 보다는 서식지의 변동과 먹이자원이 되는 다른 식물과 곤충 등의 변화에 크게

지배될 것이므로 2차적인 변화 특성을 보일 것이라 예측하고 있음

- 식물의 잎이 돌아나는 시기가 달라지고 곤충의 발생시기가 달라지는 것과 유사하게 양서·파충류, 조류, 포유류와 같은 야생동물들도 생활사 변동에 따른 결과가 관찰되고 있음
- 양서류를 대상으로 고도별, 서식환경별로 출현 시기, 산란 시기, 유생 기간, 초기 성장 패턴, 성장률과 성장률, 먹이 활동 등 생활사 전략을 조사하여 제주지역에서의 기후변화에 따른 양서류의 생물학적 변동 요인을 파악할 필요성이 있음

(2) 현황 및 문제점

- 지금까지 생태계의 변화에 대한 연구 방법은 단기간의 걸친 모니터링이 주를 이룸
 - 국외의 연구들은 장기적인 모니터링을 통해 얻은 자료를 바탕으로 하여 신뢰할 만한 결과를 얻고 있지만, 국내의 경우 생태계의 변화에 대한 연구를 시작하는 단계이기 때문에, 국외의 장기적인 모니터링을 통해 나온 결과의 신뢰도를 따라가기는 어려움
- 양서·파충류는 다른 동물에 비하여 환경변화에 민감하게 반응하는 분류군임
 - 제주특별자치도에서도 도로개발, 골프장 건설, 택지개발, 농약사용, 외래종의 도입 등 서식 환경변화의 영향으로 양서·파충류는 크게 줄어들고 있는 실정임
- 제주특별자치도통농은 제주특별자치도를 포함한 남부지역에 국한되어 분포하며, 보통 2월에서 4월에 산란함
 - 2-4월 평균기온은 10℃이상 차이가 있을 정도로 기온변화 폭이 크게 나타나며, 급격한 기온저하와 상승이 일어나기 때문에 제주지역에 서식하는 제주특별자치도통농은 기후변화에 대한 연구를 수행하기에 매우 적합한 종이라 할 수 있음

(3) 사업 내용

- 기후변화에 따른 제주지역 고등동물의 현황과 특성, 생태계 영향 조사 및 취약성을 조사 및 연구 분석하여 영향 평가 지표를 개발하고 모니터링 체계를 구축하는 데 필요한 방안을 제시
- 유생의 생존에 적합한 수온범위를 찾아내고 여러 수온 범위에서의 유생의 변화를 관찰하면서 제주특별자치도통농의 산란과 관련된 요인들을 분석하고, 유생들

의 생존생활사에 어떤 변화가 나타나게 될 것인지 예측

(4) 선진 사례

- 영국에서 이루어진 연구에 의하면 양서류가 17년 동안 연평균 기온이 1℃ 상승함에 따라 연못에 출현한 시기가 9일에서 10일 정도 빨라졌으며(Beebee, 1995), 조류의 부화일이 25년 사이에 9일 정도 빨라졌으며(Crick et al., 1997), 세가락갈매기(*Rissa tridactyla*)와 바다쇠오리(*Synthliboramphus antiquus*)에 대한 물새류 연구에서는 번식성공률 변화가 일어나고 있음(Dunn et al. 1999; Both et al. 2004; Brown et al. 1999; Frederiksen et al. 2004; Frederiksen et al. 2007)
- 스페인에서는 1943-2004년 사이의 꿀벌(*Apos mellifera*), 배추흰나비(*Pieris rapae*) 등 곤충의 첫 출현일을 조사하였는데, 상승하는 기후변화에 따라 첫 출현일이 점점 빨라지는 경향이 있는 것으로 보고한 바 있음(Gordo and Sanz 2005)
- 국내의 경우에는 곤충, 양서류, 조류 등에 대한 연구들이 보고된 바 있으나(이종구 등 2007; 권태성 2008; 김도성; 조영복 2009; 김지석 등 2010; 국립공원 2011), 국외의 연구 결과에 비해 연구기간이 짧아 단편적인 결과들만 보고되고 있는 실정임

(5) 연차별 사업 내용

- 기후변화에 따른 양서류의 변화 추이와 실태조사
 - 분포현황 및 생태적 특성을 파악하고 관리방안을 마련하기 위하여 출현 현황 및 영향 조사
 - 현지조사는 매월 실시하며, 자료를 파악하여 적용 가능한 방법 선택
 - 문헌조사와 현장조사를 통해 얻은 결과를 토대로 DB 자료 마련
 - 지표생물 종에 대한 생태 및 분포 특성 파악

(6) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
도룡농의 생활사 연구 및 모니터링 체계 구축	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
합계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7

(7) 기대 효과

- 연구에서 얻어진 자료는 추후 제주지역 기후변화와 영향 지표와 모니터링 체계를 구축하고 서식지 보전과 종 다양성 확보뿐만 아니라 기후변화 민감성을 연구하고 평가할 수 있는 모니터링 자료로 활용되어 앞으로 일어날 수 있는 생물 종 변화의 흐름을 파악하여 보존대책을 마련하는데 새로운 방법으로 활용

5. 농업분야

1) 농경지 토양침식 모니터링 및 중산간 농경지 지속농업 기반 구축

(1) 배경 및 필요성

- 기온이 1℃ 오르면 대체로 작물재배지는 위도로는 81km, 고도로는 154m 상승하는 것으로 알려져 있으며, 지구온난화가 지속됨에 따라 제주의 농업지대는 중산간 지역으로 확대될 것으로 예상됨
- 다른 측면에서는 지구온난화로 이상기상이 증가하면 농업생산의 불확실성이 증가(사례: 2011년 배추 파동)하여 새로운 농지의 개발이 촉발되고 중산간의 농경지 개발 압박이 심화될 것임
- 농업생산의 불확실성에 기인하여 집약농업으로 회귀하여 농약, 비료의 고투입 고비용 농업 생산체제가 고착됨에 따라 토양이용의 지속성 파괴될 수 있음
- 따라서 중산간 지역을 중심으로 토양유실 및 지속농업 기반구축을 위한 사업이 필요함
- 우리나라 밭 토양의 단위면적당 토양 유실량은 2003년 대비 7.6% 증가하고, 총 토양 유실량은 2003년 대비 12.9% 증가하는 것으로 예측되고 있음
- 제주특별자치도에서 토양침식에 취약한 밭 면적은 37,300 ha로 제주특별자치도 전체면적의 약 20%를 차지하고 있음

<표 7-8> 제주특별자치도 농업관련 토지이용 현황(단위: m²)

구 분	전(밭)	답(논)	과수원	목장용지	임야
합 계	369,246,483.5	7,364,461.0	165,335,861.0	164,644,557.0	890,023,789.0
제주시	212,274,555.5	2,877,160.0	60,649,871.0	105,993,470.0	453,420,021.0
서귀포	156,971,928.0	4,487,301.0	104,685,990.0	58,651,087.0	436,603,768.0

자료: 2010년 제주특별자치도 통계연보(2009. 12. 31 기준)

(2) 현황 및 문제점

- 중산간 지역에 감자, 콩, 당근 등 주요 작물이 재배되고 있으나, 이용현황에 대한 구체적 자료가 없는 실정임
- 1996년 제주특별자치도 중산간 이용현황조사(서울대 안동만 교수)가 이루어졌으

- 나 농경지에 대한 이용현황 조사결과는 찾아보기 어려움
- 중산간 농업경지 자료 부재로 토양침식 및 지속농업의 정책실행이 불가능한 상태임
- 제주특별자치도 토양침식 방지사업은 주로 사방공사에 치우쳐 있으며 농경지 침식대책은 없음
- 제주특별자치도 사방(침식방지 시설) 사업현황(2009년 사업비: 약 3억 7천 3백만 원)

<표 7-9> 제주특별자치도 사방(침식방지 시설) 사업현황

년도	산지 및 해안사방			야계(내천)사방		사방댐	
	면적 (ha)	식재본수 (천본)	공사비 (천원)	연 장 (m)	공사비 (천원)	개 소 (개)	공사비 (천원)
2005	2.0	-	157,174	-	-	-	-
2006	2.0	-	181,000	-	-	1	202,000
2007	2.0	-	181,000	-	-	-	-
2008	4.0	8,316	374,316	-	-	-	-
2009	5.0	6,130	373,022	-	-	-	-
제주시	3.5	2,660	235,822	-	-	-	-
서귀포시	1.5	3,470	137,200	-	-	-	-

자료: 2010년 제주특별자치도 통계연보(2009. 12. 31 기준)

- 밭 경작지 토양침식 방지 재배기술 연구
 - 제주특별자치도 농업기술원에서 피복재배, 이랑재배 등 토양침식을 방지하는 재배기술 연구를 수행하여 기초기술을 보급하고 있음
 - 현재는 연구 및 영농기술 측면에서 접근하고 있으며, 기후변화에 따른 토양침식 방지 및 농경지 지속기반 확립 측면의 정책은 없는 실정임
- 경관보전직접지불제(직불제)사업은 아름다운 농촌경관의 조성뿐만 아니라 농경지의 침식을 방지하고 지력을 향상시키는 등 기후변화에 대한 대응사업으로 가치가 있음
 - 경관보전직불제는 일반 소득 작물보다 소득이 낮은 작물을 재배해 아름다운 농촌경관을 조성할 경우 소득손실보전 차원에서 농가에 보조금을 지급하는 사업
 - 보조금 지원단가는 경관작물은 ha당 170만원, 준경관작물은 ha당 100만원이며, 마을경관보전활동비로 ha당 15만원 지원(서귀포시 감귤농정과)
 - 경관작물: 메밀, 코스모스, 해바라기, 달맞이꽃, 수선화, 목화, 유채, 라벤더 등
 - 준경관작물: 청보리, 밀, 보리, 이탈리아라이그라스, 호밀, 겉보리, 호떡

(3) 사업 내용

- 제주 중산간 지대 농지이용현황 및 지속농업 기반 구축
 - 중산간 지역 농지이용현황 및 토양침식 취약성 조사
 - 지역별 농지 이용현황, 재배작물 및 재배형태
 - 지구온난화에 따른 작물의 이동 가능성 시뮬레이션
 - 작물재배 형태에 따른 토양침식 취약성 분석
 - 농약·비료의 사용양상 및 유실, 수지연구
 - 주요 정점설정 및 토양침식 모니터링: 토양침식 취약시기 구명
 - 중산간 지역 농경지 경관보전직접지불제 실시
 - 경관작물(준경관작물)뿐만 아니라 침식방지 피복작물 재배에 대해서도 적용
 - 장마철 등 토양침식 취약시기에 피복될 수 있는 작물을 선택하여 재배하는 등 토양침식 재배방식 도입에 따라 직불제 보조금 지급
- 제주 주요 밭작물지대 토양침식 방지 기반 사업
 - 주요 밭작물지대별 토양침식 취약지구 구명
 - 지역분석 및 토양침식 모니터링을 통한 취약지구 구명
 - 토양침식 취약지구의 농로 및 밭둑의 피복재배 지원
 - 피복작물 종자, 피복재료 보조금 지원
 - 취약지역의 생태적 완충지 조성: 원형보전직불제 실시
 - 원형보전직접직불제 사업 개발: 경관작물을 조성하여 경관보전직접지불제를 실시하는 것과 유사한 형태로 경작지대에 생태적 완충역할을 할 수 있는 원형유지 비경작지를 조성하는 경우 직불금 지급(안)

(4) 연차별 사업 내용

<제주 중산간지대 농지이용 현황 조사 및 지속농업 기반 구축>

- 2012: 중산간 지역 농지이용 현황 조사
- 2013: 작물재배 형태에 따른 토양침식 취약성 분석

- 2014: 중산간 지역 농경지 경관보전직불제 실시
- 2015: 주요 정점설정 및 토양침식 모니터링
- 2016: 주요 정점 확충 및 유지관리 체계 확립

<제주 주요 밭작물지대 토양침식 방지 기반 사업>

- 2012: 지역별 밭토양 침식 취약지구 조사
- 2013: 토양침식 취약지구 선정 및 피복재배 지원
- 2014: 주요 정점설정 및 토양침식 모니터링
- 2015: 취약지역 생태적 완충지 조성
- 2016: 원형보전직접직불제 사업 및 주요정점 유지관리 체계 확립

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
농경지 토양침식 모니터링 및 중산간 농경지 지속농업 기반 구축	국비	3	15	20	25	30	93
합계		3	15	20	25	30	93

(6) 기대 효과

- 밭작물 기후변화 적응 시스템으로 농경지 면적 확보 및 농산물의 안정적 생산기반 조성
- 농업의 다원적 기능을 수행하고, 관광 자원으로 활용가능
- 중산간 지역 토양관리를 통해 환경보전 및 지하수 보존 기능 수행
- 다양한 재배환경 조성으로 품목별 재배 적지 재편 가능

2) 제주 비닐하우스 재배시설 내재해성 평가 및 보강 사업

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화에 따라 극단적인 기상현상의 빈도수가 증가함에 따라 농작물 피해의

취약성이 증가하고 있음

- 2000년 이후 기상요소의 변이가 심하고 극단적인 기상이 발생되고 있음
- 제주특별자치도 지역 태풍 및 호우 등 재해 내습현황(자료: 제주특별자치도 재난안전 대책본부)
 - '59년 이후(2010년 기준): 총 99회(태풍 50, 호우 31, 폭풍 11, 대설 6, 강풍1) 발생
 - 인명피해 :311명(사망 81, 실종 54, 부상 176), 재산피해: 342,755백만원
- 2010년 12월 중반이후 기온변화가 심하고 눈이 자주 내렸으며, 많은 적설이 기록되어, 서귀포, 성산, 고산의 12월 최심적설 최고값을 갱신하였음
- 12월 최심적설(最深積雪)(제주특별자치도 농업기술원 보도자료, 2011. 12. 27)

구 분	제 주		서귀포		성 산		고 산	
	2010년	1924년 이래	2010년	1961년 이래	2010년	1973년 이래	2010년	1988년 이래
최심 신적설(cm)	4.6 (12.31)	-	6.7 (12.31)	1위	14.9 (12.31)	1위	1.8 (12.31)	1위
최심적설 (cm)	5.5 (12.31)	-	10.6 (12.31)	1위	16.2 (12.31)	2위	2.0 (12.31)	1위

- 주요 작목별 이상기상으로 예상되는 피해(제주특별자치도 농업기술원 보도자료, 2011. 11. 24)

작목(시설)별	예상되는 재해
하우스시설 및 작목 (감귤, 만감류, 과채류, 화훼)	○ 대 설: 하우스 붕괴 ○ 저온피해: 정전에 의한 보온시설 작동 중지 ○ 돌 풍: 하우스시설 및 비닐 파손 ○ 일조부족: 감귤 및 채소, 화훼작물 곰팡이병 발생
노지감귤	○ 대 설: 수확중인 감귤 연피해 발생 ○ 한 파: 냉기류 침체지역 감귤나무 동해 ○ 한 풍 해: 방풍림 및 파풍망 설치가 없는 곳
키 위	○ 동 해: 가지가 무르고 봄순 발아가 늦고, 표피균열
밭 작 물 (맥류, 감자)	○ 대 설: 눈 녹은 물에 의한 보리 등 맥류작물 습해 ○ 한 파: 겨울감자 발아지연 및 가을감자(땅속감자) 동해 ○ 서 리 해: 겨울감자 서리(저온)피해 ○ 일조부족: 맥류 황화 현상, 흰가루병 조기발생
노지채소 (마늘, 양파, 무, 배추)	○ 대 설: 눈 녹은 물에 의한 채소류 습해 ○ 한 파: 무 동상 및 배추 통터짐 발생 ○ 일조부족: 황화현상, 세균성병 조기발생

- 대설, 돌풍 등으로 하우스시설의 붕괴와 파손의 취약성이 상존하고 있음

(2) 현황 및 문제점

- 2011년 기상재해 농작물 피해현황 및 복구비 (농축산식품국 보도자료, 2011. 8. 12)

<표 7-10> 제9호 태풍 무이파로 인한 비닐하우스 피해신고 현황(단위: 호, m²)

구 분	감 굴 하 우 스						채 소 하 우 스						기타시설	
	계		전 파		반 파		계		전 파		반 파			
	농가	면 적	농가	면 적	농가	면 적	농가	면 적	농가	면 적	농가	면 적	농가	면 적
합 계	28	57,593	16	24,915	12	32,678	28	62,347	14	25,772	14	36,575	38	52,986
제주시	14	12,787	7	2,787	7	10,000	14	9,161	7	5,000	7	4,161	2	8,750
서귀포시	14	44,806	9	22,128	5	22,678	14	53,186	7	20,772	7	32,414	36	44,236

- 제 5호 태풍 『메아리』에 의하여 침수·도복 등 피해가 발생한 감자, 밀, 기장 등 농작물의 농업재해 복구비 지원으로 398ha·699백만 원
- 제 5호 태풍 이후 이어진 장기간 호우로 중산간 지역의 사료작물과 호박, 단호박 등 농작물의 농업재해 복구비 지원으로 548ha·1,119백만 원으로써 농작물 피해복구비 946ha·1,818백만 원 전액이 중앙지원에 반영되었음
- 시설하우스에 대한 기상재해 대책은 피해복구비에 의존하고 있는 상태로 피해를 사전에 방지할 수 있는 시스템이 미흡함
- 제주지역 내재해 설계기준 적설심 및 풍속(농촌진흥청)
 - 풍속 설계 강도 기준은 40 m/s 초과로 설정되어 있는 상태로 최근 40 m/s를 초과하는 강풍(돌풍)의 빈도수가 증가하고 있기 때문에 피해증가가 예상됨
 - 적설 설계 강도 기준은 20~25cm 미만으로 설정되어 있는 상태로 해안지역에는 안전한 것으로 판단되나, 지구온난화로 중산간 지역으로 재배지역 이동시 피해가 예상됨
- 내재해형 하우스 교체를 통한 비닐하우스 피해 경감(농민신문 김태익 기자, 2011)
 - 전남: 2010년 12월 30일 폭설 피해는 도전체 4,792ha 가운데 25.9ha 484동에 걸쳐서 2005년 12월 폭설 당시 발생한 시설하우스 피해가 1,472ha에 2,000억 원과 비교하여 미미한 수준이었음
 - 전북: 파손된 하우스 5.85ha 중 92% 이상인 5.4ha가 일반 하우스가 많은 무주·진안·장수지역에 집중되었고, 반면 내재해형이 보급된 정읍·고창·부안지역의 피

해는 거의 없었음

- 제주특별자치도도 내재해형이 아닌 일반 하우스 중심으로 피해가 컸고, 향후 폭설/강풍에 대하여 취약함
- 시설원에 품질개선 사업으로 '17년까지 5천ha 시설에 대해 현대화를 지원하는 한편, 신규축사는 표준규격으로 설치를 유도하고 노후시설에 대해서는 개·보수 지원(국무총리실 보도자료, 2011 12. 8)

(3) 사업 내용

- 제주특별자치도내 농업용 비닐하우스 재배시설 내재해성 평가
 - 제주특별자치도 고도별 농업용 비닐하우스 설치현황 조사
 - 제주 지역 및 고도별 비닐하우스 현황파악: 폭, 높이 및 자재 규격
 - 지역 맞춤형 내재해성 규격 수립
 - 내재해성 정도 평가: 30년 평균 기상자료(기후자료) 및 이상기상 입력 민감도 분석
 - 태풍경로, 강풍, 폭설 등에 따른 모의실험: 적설심 및 풍속 지도 작성(GIS)
- 농업용 비닐하우스 보강 및 내재해형 규격의 시설교체 사업
 - 취약지구에 대한 기존 하우스 보강사업 실시
 - 연차별 내재해형 규격을 기준으로 시설교체

(4) 연차별 사업 내용

<제주특별자치도내 농업용 비닐하우스 재배시설 내재해성 평가 및 내재해형 규격 교체사업>

- 2012: 비닐하우스 재배시설 현황 및 내재해성 평가
- 2013: 지역맞춤형 내재해성 규격 수립
- 2014: 취약지구 기존하우스 보강사업
- 2015: 시설 보강 확대 및 교체사업
- 2016: 시설교체사업 확대실시

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
비닐하우스 재배시설 내재해성 평가 및 보강 사업	국비	5	5	42	83	124	259
합계		5	5	42	83	124	259

(6) 기대 효과

- 재해위험 분산을 통한 지역적 기후변화 위험방지 및 피해경감
- 극단적 기상이변에 대한 피해 예방 및 농가경영환경 조성
- 기존 시설 리모델링을 통한 저비용 고효율의 기후변화 적응방안
- 시설재배의 특징인 고비용·고부가가치를 안정적으로 수행

3) 발작물 가뭄대책 매뉴얼 작성 및 급수능력 확충 사업

(1) 배경 및 필요성

- 2011년 여름작물인 참깨, 콩은 이른 장마와 8월 안개, 가을가뭄의 영향으로 전·평년보다 약 수량이 감소하였음(제주특별자치도 농업기술원 보도자료, 2011. 12. 27)
- 서부지역 가을가뭄: 2011. 8. 27~10. 13(48일간), 강수량 3mm(고산기상대)

<표 7-11> 최근 30년간 제주특별자치도 가을가뭄 현황

연 도 별	'88	'97	'05	'11
기 간(일)	9. 6 ~ 12. 2(88)	8. 12 ~ 10. 29(68)	8. 25 ~ 10.3(40)	8. 27 ~ 10. 13(48)
강수량(mm)	14.6	17.7	10.9	3

- 서부중산간의 콩은 최근 5년 평균에 비해 10% 감소한 것으로 추정
- 관수시설이 부족한 서부 중산간지역 감자, 브로콜리, 양배추 등은 초기생육이 불량했음
- 제주특별자치도는 전통적으로 봄과 가을의 가뭄에 취약한 지역으로 항구적인 가뭄대책이 필요함

- 제주특별자치도내 농업용 관정은 공공 808개, 사설 1,982개로 총 2,759개가 존재하여 가뭄시 긴급사용이 가능하지만 가뭄이 지속되면 염분농도가 증가하여 사용할 수 없음
- 극심한 가뭄시 농업용수로 긴급사용할 수 있는 용천수 30개소를 조사한 결과 농업용수로 사용할 수 없는 염분농도가 높은 곳이 많았음(제주특별자치도 농업기술원 보도자료, 2005. 9. 2)
 - 기준농도인 250ppm을 초과 용천수: 애월읍 껍지 과물, 애월 하물, 금성 남당수, 한림읍 귀덕 큰이물, 구좌읍 하도 서느렁물, 성산읍 신산 만물
 - 가뭄이 지속되는 경우 염분농도가 더욱 증가하기 때문에 정상인 용천수도 농업용수로 사용할 없는 상태로 변화됨
- 제주특별자치도내 농작물의 가뭄 피해는 지역적으로 편중되어 나타나며, 수자원의 종합적인 관리와 배급(공급) 대책이 필요함

(2) 현황 및 문제점

- 중앙정부에서는 가뭄에 대비하여 가뭄우려 지자체에 지하수자원 지원 체계를 구축하고('12~'26년), 물공급 관리, 경보조치 등을 위해 가뭄정보센터 설치하여 운영하고 있음(국무총리실 보도자료, 2011. 12. 8)
 - 62개 시·군에 지하수 함양시설, 공공관정 등 지하수원 개발 지원
 - 빗물·하수처리수 재이용 활성화로 친환경 대체수자원을 확보하고, 물사용량표시제, 물절약투자대행업 도입 등 시민참여형 물관리 강화
 - 가뭄시 응급조치가 가능한 장비를 보유하고 있으니 염분 등으로 수자원 자체가 농업용수로 사용할 수 없는 상태에 직면하는 문제점 대두
 - 현재 한해대책은 주로 관정 및 양수능력 확충에 집중되어 있는 상태로 지역간 수자원의 편중현상을 완화할 수 있는 종합적인 행동계획(action plan)은 미흡함
 - 참고로 2011년 서부비역 가뭄 대책의 일환으로 제주특별자치도는 농식품부에 긴급하게 관정 12개공 추가 시설사업비(5,831백만 원)와 수중모터·물뺍·양수지 등 6종에 대한 관수장비 구입비(80백만 원), 농업용수관로 추가시설 사업비(200백만 원) 등 총 6,111백만 원의 지원을 요청하였음
- 관정 및 용천수 등 수자원 외에 빗물, 하수 재활용수 등 수자원의 이용체계는 미흡함

- 하수를 정화한 방류수와는 달리 재활용수는 먹는물 기준에 근접한 수질을 갖추고 있음
- 재활용수 시설은 한경면 판포처리장이 하루 5,000톤 생산능력을 갖추고 있으며, 월정 하수종말처리장 재활용 시설(2012년 5월 완공 예정)도 5,000톤의 능력을 갖추고 있음
- 재활용수에 대한 인식부족으로 농가들이 사용을 꺼리고 있는 상태로 불신해소와 이용을 제고를 위한 대책이 필요함
- 빗물이용 시설은 만감류(한라봉) 재배에는 일반화되어 있으나 밭작물에는 이용시설이 미약함

<표 7-12> 제주특별자치도 한해대책 장비보유 현황(2011. 7. 현재)

읍면동별	농업용 관정(공)			양수기(대)			급수탑 (개소)	물뺍 (개)	송수 호스 (km)
	계	공공	사설	계	공공	사설			
합 계	2,759	808	1,982	3,487	435	3,052	137	435	67.7
제주시	717	423	294	1,187	327	860	123	172	9.9
한림	106	69	37	214	25	189	20	9	1.5
애월	142	103	39	100	31	69	17	32	1.5
구좌	52	43	9	71	37	34	35	16	1.1
조천	129	38	91	180	45	135	17	29	0.8
한경	203	103	100	464	31	433	20	12	1.6
우도	-	-	-	6	6				-
동지역	85	67	18	152	152		14	74	3.4
서귀포시	2,042	385	1,688	2,300	108	2,192	14	263	57.8
대정	645	122	531	393	30	363		27	5
남원	774	66	716	233	13	220		60	11
성산	86	32	58	1,561	14	1,547	11	60	14.5
안덕	79	48	33	10	10		1	18	2.5
표선	382	33	350	79	17	62	2	90	16.2
동지역	76	84		24	24			8	8.6

자료: 제주특별자치도 농업기술원 보도자료(2011. 10. 6)

(3) 사업 내용

- 지역 수자원 능력 평가 및 맞춤형 종합대책 수립
 - 단위 지역별 가뭄단계별 급수능력 평가
 - 수자원 능력과 분배에 대한 종합적인 시뮬레이션
 - 관정, 용천수, 빗물 저수장, 물통, 물뺍, 급수차량, 소방차와 레미콘 동원 등
 - 종합적인 가뭄대책 매뉴얼 작성

- 지역 급수능력 확충 사업
 - 가뭄 취약지역 공동 빗물 저수장 설치
 - 가뭄시 긴급 투입할 수 있는 급수차량 확충(자체 급수차량)
- 재활용수를 이용한 농작물 관수 및 사용기준 확립
 - 재활용수를 이용한 농작물 재배 시범사업(전시포 운영)
 - 안전성 평가: 수질분석, 위생 안전성 평가, 글로벌-GAP 위생 적합성 검토 등

(4) 연차별 사업 내용

<지역 수자원 능력 평가 및 맞춤형 종합대책 수립>

- 2012: 단위 지역별 가뭄단계별 급수능력 평가
- 2013: 수자원 관리 시뮬레이션
- 2014: 가뭄대책 매뉴얼작성
- 2015: 가뭄대책 운영체계 확립
- 2016: 가뭄대책 운영체계 정도화 및 보완

<지역 급수능력 확충 및 재활용수 사용기준 확립>

- 2012: 가뭄취약지구 조사 및 선정
- 2013: 공동 빗물저수장 설치
- 2014: 공동 빗물저수장 확충 및 급수차량 지원
- 2015: 재활용수를 이용한 농작물 재배시범사업
- 2016: 재활용수 이용 지원사업

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
발작물 가뭄대책 매뉴얼 작성 및 급수능력 확충 사업	국비	4	25	50	55	60	194
합계		4	25	50	55	60	194

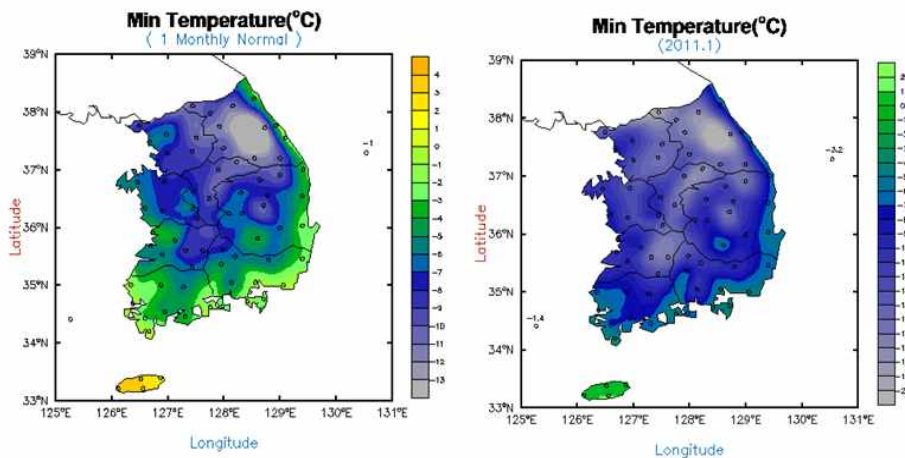
- 제주 '요주의' 병해충 5년새 23건 증가(한계레신문, 2010. 10. 19)하고 있는 상태로 돌발병해충에 대한 지속적인 모니터링이 필요함
- '최근 제주지역의 병해충 발생 상황 변화는 기후 등 환경변화와 이에 따른 농작물 재배의 변화, 대외 교역량 증가가 요인'이라며 "최근 겨울 기온이 따뜻해지면서 월동하는 열대해충이 늘어나고 있다"고 발표
- 크게 증가한 병해충: 감귤의 불록충채벌레나 귤녹응애, 양배추의 왕담배나방, 마늘의 세균성 점무늬병, 브로콜리의 도둑나방 등
- 제주 특별자치도 농업기술원 농작물 병해충 모니터링 결과 병해충 발생상이 변동되고 있음
 - 과거와 피해양상이 달라진 감귤해충 16종 중에서 증가한 해충은 귤녹응애, 이세리아각지벌레, 애넓적밑빠진벌레 등 13종, 감소한 해충은 귤응애, 꽃노랑총채벌레 등 3종으로 해충의 증가경향이 뚜렷하였음
 - 새롭게 발생한 해충은 머리귀뚜라미, 바퀴벌레 등 총 7과 10종이었음(제주농업기술원, 2011)
- 기상변화에 따른 감귤산업에 치명적인 그린병(green disease)에 대한 취약성이 증가하고 있음
 - 연평균온도 상승과 더불어 겨울철 온도상승은 감귤 그린병을 매개하는 나무이가 정착할 수 있는 환경조건 조성
 - 감귤 그린병은 감귤에 치명적인 병으로 나무이과 곤충인 *Diaphorina citri*(asian citrus psyllid, oriental citrus psyllid)가 매개하는 세균병임



(그림 7-5) 감귤 그린병 매개충인 *D. citri* (사진: Hong-Ji Su)

- 그린병은 1947년 남아공에서 처음 발견되었으나, 중국본토에서 1943년 유사증상이 보고되었고, 1951년 이후 대만에서 대발생하여 감귤산업 위협

- 매개충의 전파로 이 병은 1988년 일본 오키나와, 2003년 일본 가고시마, 2004년 브라질, 2005년 미국 플로리다 감귤에 발생이 확인되어 세계적으로 감귤산업을 위협하고 있음
- 아열대성 곤충으로 저온에서 생존하지 못하여 그 동안 분포의 확대가 지연되고 있었으나, 지구온난화 및 저온에 내성인 계통의 출현으로 분포가 확대되고 있음
- 최근 미국 플로리다 감귤나무이 개체군의 온도에 대한 내성은 $-5\sim-6^{\circ}\text{C}$ 에서 수 시간 노출되어도 생존하는 등 제주의 겨울철 최저온도에서 생존이 가능함(Hall et al., 2011)
- 비이상적으로 추웠던 2011년 겨울에도 제주지역에서는 감귤나무이의 생존이 가능한 것으로 판단됨



(그림 7-6) 우리나라 1월 최저기온 분포도(좌: 평년, 우 2011년: 기상청 자료)

- 기존 정착한 온대·아열대성 해충의 발생이 증가하고 있는 상태로 모니터링을 통한 방제대책 수립이 필요함
- 감자뽕나방은 1963~1964년에 일본에서 도입한 씨감자를 통해 제주특별자치도에서 처음 발견된 해충으로 연평균 기온 10°C 이상 되는 지역에서 정착이 가능하나, 2009년도 경기 남양주와 이천지역에서도 발생이 확인되고 있음
- 배추좀나방, 파밤나방 등은 내륙에서 월동태가 발견되지 않은 농작물의 중요한 해충으로 제주특별자치도에서 월동이 가능한 것으로 추정되고 있음
- 따라서 제주특별자치도에서 병해충모니터링은 우리나라 전체 농작물의 병해충 관리방안을 수립하는데 절대적으로 필요함

(2) 현황 및 문제점

- 국가적으로 식물방역법을 제정하고 농작물 병해충의 신속한 방제체계를 구축하고 있음
 - 식물방역법 개정·법률공포('11.7.14) 및 법률 시행예정('12.1.15)
 - 농촌진흥청에서는 '농작물 병해충 예찰·방제에 관한 규정'을 제정하고 병해충 예찰·대책본부를 운영하고 신속한 대처를 위하여 중앙병해충 예찰·방제단을 구성하고 있음
 - 지방정부에서는 도(특별자치도)예찰·방제단(시·군·구병해충예찰·방제단)을 운영해야 함: 2명 이상의 식물방제관과 1~2명의 예찰요원으로 구성
 - 식물방역법상의 예찰단은 최소한의 예찰업무를 규정하는 것으로써 제주특별자치도 전체의 돌발병해충 모니터링을 위해서는 인력과 예산이 부족함
- 제주특별자치도 농업기술원 및 중앙정부 농업연구기관의 돌발병해충 모니터링 역량
 - 제주특별자치도 농업기술원: 기관고유 연구사업으로 '기후온난화에 따른 병해충 발생 양상변화 연구(나방 월동양상조사/주요작물 해충분포조사)'와 공동연구사업으로 '돌발 및 주요 해충[병해] 국가 예찰망 구축 연구'를 수행하고 있음
 - 농촌진흥청 원예특작과학원 감귤시험장: '감귤 병해[해충]의 발생양상 조사' 연구사업으로 제주 동서남북 20여 지점에 대하여 정기적 정점조사를 실시하고 있음
 - 농촌진흥청 원예특작과학원 지구온난화대응농업연구센터: 기관 연구사업으로 '아열대작물 병해충 조사'를 실시하고 있음
 - 농림수산식품부 검역·검사본부(제주지원)에서는 아열대성 곤충에 대한 모니터링을 수행하고 있음
 - 이상과 같이 연구기관의 병해충 모니터링사업은 현황 파악을 위한 기초조사 또는 연구목적으로 실제 농가에 활용되기는 어려우며, 농업현장에 적용할 수 있는 모니터링 체계기반 구축이 요구됨

(3) 사업 내용

- 외래병·해충 민간 예찰단 운영 사업 지원
 - 농협/감협 등 생산자 단체에서 민간 예찰단을 운영하여 소속농가에 대한 정기

적 예찰을 실시하고 돌발 병해충발생 정보 서비스

- 농가 예찰뿐만 아니라 주요 작물 및 지역별 정점에 대한 돌발 병해충 모니터링 실시
- 도예찰·방제단과 유기적 협력체계를 구축하고 공동대응책 수립
- 예산지원: 정부(지방정부 포함)보조 50% + 자부담(농가자부담 포함) 50%
- 감귤 그린병 매개 동양굴나무이(가칭) 모니터링 및 대응체계 구축
 - 제주특별자치도 동양굴나무이 유사종(동일 속) 곤충의 기주 및 분포조사
 - 침입예상 종과 근연종의 나무이과 해충 분포여부 구명
 - 근연종의 기주식물 분포 조사
 - 감귤 그린병 매개 동양굴나무이의 비래 가능성 분석
 - 우리나라에 비래하여 해충의 비래유형 및 경로 분석: 벼멸구, 멸강나방 등
 - 해충비래와 관련된 기상요소 분석: 열대성 저기압, 기류, 태풍
 - 비래관련 기상요소의 발생 빈도에 따른 비래 예상 취약지역 분석
 - 감귤 그린병 매개 동양굴나무이 정기 모니터링
 - 항만지역, 감귤재배지 정기 정점조사
 - 기상상황에 따른 비래예상 구역 정밀조사

(4) 연차별 사업 내용

<외래병·해충 민간 예찰단 운영 사업 지원>

- 2012: 지역별 모니터링 체계 구축 및 예찰단 운영지원
- 2013: 모니터링 체계 고도화 및 예찰단 운영지원
- 2014: 민간 예찰단 운영지원
- 2015: 민간 예찰단 운영지원
- 2016: 민간 예찰단 운영지원

<감귤 그린병 매개충 모니터링 및 대응체계 구축>

- 2012: 매개충(침입예상종 및 근연종) 기주 및 분포조사

- 2013: 취약지역 선정 및 모니터링 체계 구축
- 2014: 모니터링 체계의 고도화 및 정밀조사
- 2015: 모니터링 체계 유지
- 2016: 모니터링 체계 유지

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
침입 외래해충 및 아열대성 돌발 병해충 모니터링 체계구축	국비	9	11	12	12	12	56
합계		9	11	12	12	12	56

(6) 기대 효과

- 교역확대에 따른 위험성증가와 기후변화에 따른 환경조성에 대한 적절한 대응
- 기후변화에 따른 농업분야 영향평가의 정밀화와 잠재적 위험성 감소
- 모니터링 체계를 기반으로 효율적인 병해충 방제체계 구축 가능

5) 실시간 농업 미기상정보에 기반한 농작물 병해충 예찰

(1) 배경 및 필요성

- 최근 기상·기후변화로 수년간 경험을 통해 정립된 생물기후가 혼란되어 기존 작물 재배력의 붕괴, 병해충 발생 양상 변화 및 병해충 방제력 불일치, 재배지 및 작부체계 변동이 나타나고 있는 상태로 대처 기술개발이 필요함
- 지구온난화에 따른 감귤 주요해충의 발생전망 예측(2009, 한국응용곤충학회 국제 심포지엄 자료)

<표 7-13> 주요 해충의 60년대 대비 2000년대 번식 가능기간 비교

학명	해충명	번식 최저 온도	번식 가능기간		
			1960s (A)	2000s (B)	차이 (B-A)
<i>Aculops pelekassi</i>	굴녹응애	6.7	243	274	31
<i>Panonychus citri</i>	굴응애	9.7	211	246	35
<i>Aphis citricola</i>	조팝나무진딧물	8.6	226	253	27
<i>Myzus persicae</i>	복숭아혹진딧물	6.3	243	276	33
<i>Aphis gossypii</i>	목화진딧물	9.0	214	252	38
<i>Unaspis yanonensys</i>	화살깍지벌레	12.2	178	208	30
<i>Pseudococcus cryptus</i>	굴애가루깍지벌레	6.5	243	273	30
<i>Scirtothrips dorsalis</i>	볼록총채벌레	9.3	210	242	32
<i>Frankliniella occidentalis</i>	꽃노랑총채벌레	12.4	172	208	36
<i>Phyllocnistis citrella</i>	굴굴나방	8.9	220	253	33
<i>Adoxophyes orana</i>	애모무늬잎말이나방	10.4	206	230	24
평균					31.7

- 감귤 주요해충의 번식가능 기간은 1960년대와 비교하여 2000년대 최고 38일 증가하였으며(목화진딧물) 평균 31.7일 증가하여, 해충피해의 취약성이 증가하였음
- 약 1개월 정도의 페놀로지 변동으로 기존에 수립된 경험적인 방제체계를 적용하기 곤란하기 때문에 발생예찰에 기반한 방제체계 재수립이 필수적임
- 기상변화 최근 제주지역에서 기상요인에 의한 병해충 피해 사례가 증가하고 있음
 - 제주 특별자치도 조사결과 과거와 피해양상이 달라진 감귤해충 16종 중에서 증가한 해충은 굴녹응애, 이세리아깍지벌레, 애넓적밑빠진벌레 등 13종, 감소한 해충은 굴응애, 꽃노랑총채벌레 등 3종으로 해충의 증가경향이 뚜렷하였음
 - 마늘 뿌리응애류 발생 증가(미디어제주, 2008. 11. 8)
 - 발생면적: 서귀포시의 마늘재배면적은 1,810ha(2008년 기준) 1665농가로 주요피해지역은 대정읍 영락리, 무릉 1리, 신평리, 구억리로 전체 재배면적의 17%내외인 300여ha로 추정
 - 방제비용: 5억4300만원, 제주특별자치도에 긴급 요청
 - 발생요인: 2008년 10월 이후 고온다습한 날씨로 인하여 증가
 - 뿌리응애는 11.8℃ 이상에서 발육이 가능하고 상대습도 100%에서 급속히 개체

군 밀도 증가

- 집중호우로 인한 단호박 역병 피해(2009년 7월)
 - 단호박 재배면적(제주시 지역): 273ha (231농가)
 - 발생정도: 발생필지율 51% (37필지 중 19필지에서 발생)
 - 증상: 줄기 지체부에 황갈색의 수침상 병반이 생기며 시들고 위조됨
 - 역병(단호박)은 빗물을 따라 전파되는 병해로 강우가 많아 고온다습한 조건이 지속되는 경우 다발생됨
- 감귤에서 아열대성 해충인 불룩충채벌레 피해증가
 - 2007년부터 발생면적이 증가하여 2008년 133ha 면적에서 피해발생
 - 감귤을 가해하여 갈변 및 콜크화 증상 유발, 과실 상품성 상실
 - 기후 및 기상변화에 따라 돌발성 병해충이 다발생하고 있는 상태로 병해충 다발생과 기상요인과의 상관관계 파악이 필요함
- 태풍 및 이상강우 현상으로 감귤 궤양병 다발생(2011년)
 - 궤양병은 70~80년대 많이 발생하다가 90년 이후로는 발생이 감소되어 보통 1% 미만으로 소발생되는 감귤의 병해임
 - 궤양병은 태풍 등으로 생긴 상처로 침입하는 병으로 2003년 다발생하였으며, 2011년 6월 강한 바람과과 긴 지속시간의 태풍의 영향으로 발생량은 잎 3.7%, 과실 1.5%로 평년 각각 0.3%와 0.1%에 비하여 크게 증가하였음(감귤시험장)
- 기후변화로 병해충 발생이 유리한 기상환경이 심화되고 있음

<표 7-14> 봄철 4월15일~6월15일 기간 강우지속시간의 길이 및 변이 비교

지 역	1990년대		2000년대	
	강우지속시간	변이계수(CV)	강우지속시간	변이계수(CV)
제 주	133.6 ± 25.0	18.7	145.4 ± 38.3	26.4
서귀포	168.6 ± 34.5	20.5	176.8 ± 47.3	26.7
성 산	127.7 ± 21.0	16.5	159.0 ± 54.1	34.0
고 산	121.4 ± 22.0	18.1	141.6 ± 37.1	26.2

자료: 제주지방기상청(2011), 제주특별자치도 감귤산업 지원을 위한 생물기후정보 개발

- 누적강우지속시간은 1990년 대비 2000년대 제주 11.8시간, 서귀포 8.2시간, 성산 31.3시간, 고산 20.2시간 각각 증가하여 더뎡이병에 대한 위험도가 증가하였음
- 연도간 편차를 나타내는 변이계수는 2000년대 모두 증가하여 강우의 비예측성이 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 더뎡이병에 대한 취약성이 증대되었다는 것을 의미함

<표 7-15> 여름철 6~8월 기간 강우지속시간의 길이 및 변이 비교

지 역	1990년대		2000년대	
	강우지속시간	변이계수(CV)	강우지속시간	변이계수(CV)
제 주	276.9 ± 85.4	30.8	290.8 ± 58.3	20.0
서귀포	312.9 ± 83.3	26.6	346.4 ± 69.1	20.0
성 산	228.1 ± 71.5	31.3	292.8 ± 77.3	26.4
고 산	217.6 ± 64.8	29.8	267.7 ± 64.9	24.2

자료: 제주지방기상청(2011), 제주특별자치도 감귤산업 지원을 위한 생물기후정보 개발

- 누적강우지속시간은 1990년 대비 2000년대 제주 13.9시간, 서귀포 33.5시간, 성산 64.7시간, 고산 50.1시간 각각 증가하여 흑점병에 대한 위험도가 증가하였음

<표 7-16> 제주 지역별 평균온도 8℃ 이상 일수의 시대별 변화

구분	제주		서귀포		성산		고산	
	일수	변화	일수	변화	일수	변화	일수	변화
1960s	282	0	295	0	-	-	-	-
1970s	283	+1	302	+7	280	0	-	-
1980s	282	0	301	+6	281	+1	297	0
1990s	298	+16	314	+19	287	+7	299	+2
2000s	299	+17	320	+25	293	+13	297	0

자료: 제주지방기상청(2011), 제주특별자치도 감귤산업 지원을 위한 생물기후정보 개발

- 해충이 발육 가능한 발육영점온도를 8℃로 가정했을 때, 평균온도가 8℃를 상회하는 일수는 모든 지역에서 증가하였음
 - 특히 서귀포 지역은 1960년대 대비 25일이 증가하였고, 제주지역은 17일 증가하였음
 - 해충이 발육할 수 있는 일 수가 증가했으므로, 결과적으로 최근에 해충피해에 취약해졌다는 것을 의미함
- 감귤산업(노지감귤)에서 병해충으로 인한 피해액 추정(2004~2009년 평균)

<표 7-17> 병해충 종류별 2004~2009년 기간 동안 평균 피해액 추정결과

병해충	평균 피해과율(%)	평균 생산량 (톤)	평균 단가 (원)	평균 피해액 (백만원)
해충	8.4	661,576	750.5	38,767
더듬이병	0.3			1,327
흑점병	7.1			32,639
궤양병	0.7			3,405
합계				76,138

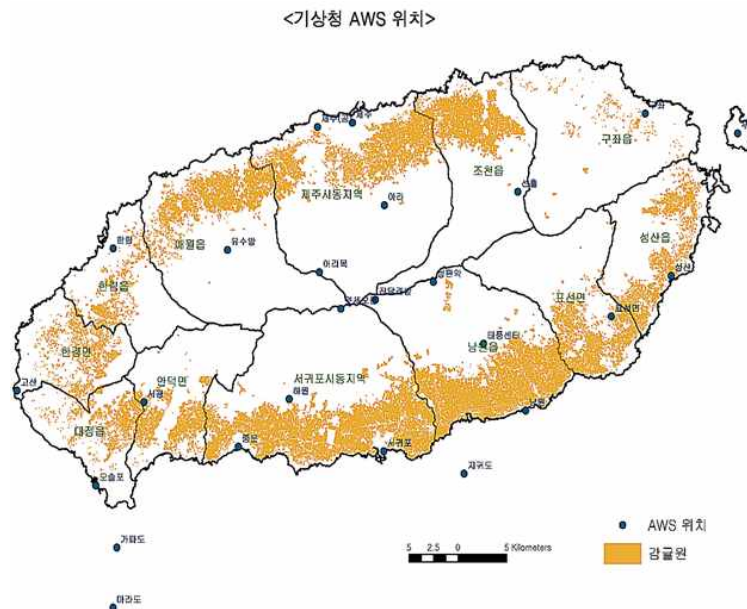
자료: 제주지방기상청(2011), 제주특별자치도 감귤산업 지원을 위한 생물기후정보 개발

- 감귤산업에서 병해충으로 인한 평균 연간 피해액은 해충피해액 약 388억 원을 비롯하여 흑점병 피해액 326억 원 등 총 761억 원을 추정됨
- 병해충 발생은 온도 및 강우 등 기상환경에 민감하고 기후변화에 따른 피해 취약성이 높기 때문에 선제적 대응 방안 수립이 필요함

(2) 현황 및 문제점

○ 제주특별자치도 기상측정망 현황 및 문제점

- 제주지방기상청 및 제주특별자치도에서 농업기상정보를 제공하고 있음



(그림 7-7) 제주지방기상청 기상측정지점과 감귤원 분포도

자료: 제주지방기상청 지역기후서비스, 지구온난화대응농업연구센터

- 제주지방기상청: 제주지방기상청, 서귀포기상대, 고산기상대, 성산기상대 등 4곳의 유인기상관서와 AWS(자동기상관측장비) 19개, 기타 USN(유비쿼터스센서네트워크) 장비를 운영하고 있음
- 기상청 기상자료는 해안 및 중산간 등에 설치되어 있어 농경지의 농업기상으로 활용하는 데는 한계가 있음
- 제주특별자치도 농업기술원에서는 감귤재배지역 13, 경종작물 5 등 총 22지점의 AWS 기상자료를 제공하고 있음
- 감귤과 경종작물(밭작물) 주요지역에 설치되어 중요한 농업기상정보를 생성하고 있으나, 제주특별자치도는 지형이 복잡하고 해안의 영향으로 지역간 기상의 편차가 심하여 정확한 농업미기상 정보를 제공하는 데는 제한적임
- 지속적인 농업기상정보를 생성하기 위해서는 AWS 장비 이상 작동시 즉각적인 조치가 필요하지만 전문 인력 및 예산의 부족으로 장비의 유지관리가 어려움
- 제주특별자치도 농작물의 병해충 예찰모형 개발현황 및 문제점

<표 7-18> 제주의 주요 작물별 병해충에 대한 예찰시스템 구축정도 및 기술수준

작물	병해충명	기술 분야			비고
		기본생태연구	예찰모형	예찰시스템	
감귤	화살깍지벌레	+++	+++	+++	농진청
	볼록총채벌레	+	++	+	농진청
	굴응애	++	+++	+	농진청
	궤양병	++	+	++	농업기술원
	더듬이병	++	++	++	농업기술원
	검은점무늬병	+++	++	++	감귤시험장
	굴굴나방	+	-	-	
감자	이세리아깍지벌레	+	-	-	
	더듬이병	+++	-	-	농진청
	역병	+	-	-	
	꽃마름병	+	-	-	
	오이총채벌레	+++	++	-	농진청
	왕담배나방	+	-	-	
마늘 (양파)	파밤나방	+++	+++	+	서울대
	고자리파리	+++	++	+	농업기술원
	뿌리응애	++	++	+	농업기술원
	잎마름병	+	+	+	농업기술원
	세균성점무늬병	+	+	+	농업기술원
양배추	탄저병	+	+	+	
	배추좀나방	+++	+++	-	농진청
	복숭아혹진딧물	++	++	-	
	부패병	+	-	-	
	무름병	++	-	-	

주) 기술수준: 매우 낮음(-), 낮음(+), 보통(++), 높음(+++), 매우 높음(++++)

- 제주특별자치도 농업기술에서는 ‘병해충방제정보시스템’을 개발하여 운영하고 있음
- 현재 감귤위주의 궤양병, 더듬이병, 검은점무늬병(흑점병), 화살까지벌레 등 4종에 대하여 AWS 기상자료를 이용한 예찰정보를 제공하고 있는 상태로 다른 주요작물 및 병해충에 대한 정보는 없는 상태임
- 또한 최종 클라이언트(농가)가 기상상황에 따라 방제 여부에 대한 의사결정을 내릴 수 있도록 콘텐츠의 개발과 개선이 필요함

(3) 사업 내용

- 농작물지대 농업미기상 정보 모니터링 기반 구축 사업
 - 제주특별자치도 주요 농경지역 자동기상관측장비(AWS) 확충
 - 현재(2011) 22지점에서 2016년까지 50개 지점으로 확대하여 주요작물 지대에 대한 미기상정보를 활용할 수 있도록 개선
 - 지형적으로 기상정보 취약지역 등에 우선적으로 배치하여 사업효과 극대화
 - 자동기상관측장비(AWS) 유지관리 능력 제고
 - 농업용 AWS 전담인력 확보 및 유지보수 관리 실현
 - 기상정보는 실시간 지속적으로 확보해야 만 활용이 가능하므로 장애없이 작동 되도록 하는 체계 수립(기상관련업체에 위탁관리방안 검토)
- 제주 주요 경제작물의 병해충 예찰모형 개발
 - 감귤 주요 병해충 예찰모형 개발
 - 기존 모형 개선: 화살까지벌레, 볼록총채벌레, 귤응애, 궤양병, 더듬이병, 흑점병
 - 신규 개발(우선순위): 이세리아까지벌레 > 귤굴나방
 - 감자 주요 병해충 예찰모형 개발
 - 해충(우선순위): 오이총채벌레 > 파밤나방 > 왕담배나방
 - 병해(우선순위): 역병 > 더듬이병 > 풋마름병
 - 마늘 주요 병해충 예찰모형 개발
 - 기존 모형 개선: 고자리파리, 뿌리응애

- 신규 개발(우선순위): 잎마름병, 세균성점무늬병, 탄저병
- 양배추 주요 병해충 예찰모형 개발
- 해충(우선순위): 배추좀나방 > 복숭아혹진딧물, 병해(우선순위): 부패병 > 무름병
- ※ 제주의 주요 작물별 병해충에 대한 예찰시스템 구축정도 및 기술수준에 따라 결정
- 제주 농작물지대 상세 전자기후도 작성
 - 산악 및 해안 지형을 감안하여 농작물 재배지에 적용할 수 있는 기후정보 체계수립
 - 기상 취약지구 농업기상정보 표출: 온도, 강우, 결로시간, 서리, 이슬, 안개, 가뭄 등
 - 농작물지대 특정지점에서 축출하여 이용할 수 있는 시스템 구축
- 제주농업기상정보 종합포털 시스템 구축
 - 웹기반 온라인 병해충예찰 정보시스템 구축
 - 기존 농업기술원 병해충방제정보시스템 개선 및 새로운 병해충 모형 추가
 - 기상관련 유관기관의 네트워크 협력체계 구축 및 종합적 농업기상정보 제공
 - 기상청 기상자료의 농업기상자료로 변환
 - 유관기관 기상측정자료의 종합적 관리체계 구축
 - 병해충예찰 정보시스템 및 전자기후도 연동체계 구축

(4) 연차별 사업 내용

<농작물지대 농업미기상 정보 모니터링 기반 구축 사업>

- 2012: AWS 5개소 확충
- 2013: AWS 5개소 확충 및 유지관리 체계 확립
- 2014: AWS 5개소 확충 및 유지관리 체계 개선
- 2015: AWS 6개소 확충 및 유지관리 체계 개선
- 2016: AWS 6개소 확충 및 유지관리 체계 개선

<제주 주요 경제작물의 병해충 예찰모형 개발>

- 2012: 기존 예찰모형 운영체계 개선

- 2013: 감귤 이세리아각지벌레 및 귤굴나방 예찰모형 개발
- 2014: 감자 주요 병해충 예찰모형 개발
- 2015: 마늘 주요 병해충 예찰모형 개발
- 2016: 양배추 주요 병해충 예찰모형 개발

<제주 농작물지대 상세 전자기후도 작성>

- 2012: 제주의 기상에 영향을 미치는 지형인자 분석
- 2013: 기존 경험적 기상자료의 종합 및 주요 매개변수 추정
- 2014: 기상취약 지구의 실측자료 확보 및 모델링
- 2015: 예비 전자기후도 작성 및 평가
- 2016: 제주 상세 농업전자기후도의 포장 적합력 검정

<제주농업기상정보 종합포털 시스템 구축>

- 2014: 개발된 병해충 예찰모형의 온라인 시스템화
- 2015: 농업 상세 전자기후도와 연동체계 구축
- 2016: 제주농업기상정보 종합포털 시스템 구축

(5) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
실시간 농업 미기상정보에 기반한 농작물 병해충 예찰	국비	3	7	10	15	18	53
합계		3	7	10	15	18	53

(6) 기대 효과

- 기후변화에 따라 심화되고 있는 제주지역 농업환경의 다양성 극복
- 기상환경에 민감한 병해충 페놀로지에 효과적인 적응
- 적기방제를 통한 방제비용 절감 및 지역적 위험방지를 통한 농가소득 안정화
- 기상이변에 따른 농업부분의 부정적 영향감소

6) 기후변화 대응 감귤분야 사업 추진

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화로 인한 생태계의 급속한 변화는 국가 및 지역의 환경·산업·문화·경제 분야는 물론 생활양식 변화에 이르기까지 그 파급효과가 광범위할 것으로 예상되고 있음
- 국제적으로 기후변화 문제가 유엔의 최우선 아젠다로 추진되고 있고, 우리나라에서도 기후변화 대응 종합계획이 마련되었음
- 제주특별자치도에서도 기후변화 문제에 효율적·체계적으로 대응하기 위한 분야별 종합대책이 수립(2010. 12)되었고, 세부실천과제가 일부 추진되고 있음
- 감귤은 제주의 생명산업으로 일컬어질 만큼 제주경제의 주축돌 역할을 하는 작물이기 때문에 기후변화에 대응할 방안마련이 단계적·구체적으로 이루어져야 함
 - 2010년 재배면적은 20,272ha, 생산량은 57만 톤, 농가 수는 36천 농가로 전국 1위 과수임
 - 2010년 조수입은 6,685억 원으로 제주지역 농축산업 조수입 21,985억 원의 약 30%, 축산물을 제외한 농산물 조수입 15,406억 원의 약 43%를 차지함

(2) 현황 및 문제점

- 우리나라 기후변화 현황 및 전망(제주특별자치도, 2010)
 - 지난 약 100년(1912~2008년) 간 평균기온은 1.5℃ 상승하였고, 강수량은 변동성이 매우 크고(712~1,929mm), 최근 10년 동안 20세기 초반 10년에 비해 약 19%(220mm)가 증가함
 - 한반도 전 지역에 대한 기후변화시나리오(AIB)에 따르면 20세기 말(1971~2000년)에 비해 21세기 말(2071~2100년)에는 평균기온이 약 4℃ 상승하고 강수량은 17% 증가할 것으로 전망하고 있음
- 제주지역 기후변화 현황 및 전망(제주특별자치도, 2010)
 - 1990년대의 제주의 연평균 기온은 1930년대에 비하여 1.5℃가 상승하였는데, 특히 겨울철 최저기온 상승이 평균기온을 올리는 것으로 나타나고 있음
 - 강수량은 증가하는 경향인데 강우일수는 줄고 강우강도는 강해지는 추세로 비

가 내리는 일수는 줄어들고 있지만 한번 비가 오면 단시간에 집중적으로 내리를 집중호우가 점점 많아지고 있음을 시사

- 앞으로 제주지역의 기후변화도 한반도 지역의 기후변화 범위에서 평균기온이 높아지고 강수량이 많아질 것으로 전망하고 있음
- 이러한 기후변화는 감귤 재배에 큰 영향을 미칠 것으로 전망하고 있음. 특히 아열대 과수인 감귤은 기후변화에 민감하여, 향후 기온상승이 이루어지는 경우 제주특별자치도의 감귤재배 면적이 크게 변화할 것으로 분석되고 있음
 - 지구온난화에 따른 기온상승으로 우리나라의 감귤재배지는 남쪽(제주특별자치도)에서 북쪽(육지)으로 점차 북상하고 재배지역이 확대될 것으로 전망(난지연, 2005)
 - 평균기온이 2.0℃ 상승하는 경우 남해안 도서지방, 전남 및 경남 평야지대까지 북상하여 재배적지가 약 30배 증가할 것으로 전망(난지연, 2005)
 - 제주지역에서 재배되는 감귤류가 기후변화에 따라 북상하고 있는데, 2010년 육지부 감귤재배면적은 약 92ha로 노지밀감 36ha 한라봉 등 만감류 56ha 등이며 시설재배(비닐하우스)를 하는 만감류는 충청북도 청주까지 확대된 상태임(제주특별자치도원, 2010)
- 기후변화 형태의 하나로 과거와 달리 봄철 서리피해가 나타나고 있음
 - 2009년 3월 26일 서리가 내려 시설재배 한라봉의 경우 15.5ha에서 새순과 일부 꽃눈이 저온피해로 말라죽거나 검게 변하여 수량이 감소하는 피해를 받았고, 중산간 지역 노지밀감에도 피해가 발생하여 20억 원 이상의 손실을 입힌 사례가 있음(제주특별자치도원, 2010)
- 과실 성숙기의 강수량 과다, 온도 상승으로 인하여 과실품질이 떨어지는 경우도 발생
 - 2007년 노지밀감의 당도 상승기인 7~10월 강수량이 많아(제주시 지역 1,582mm, 서귀포시 지역 1,163mm) 수확기 평균당도가 8.6°Bx에 지나지 않았음(제주특별자치도원, 2007)
 - 2011년산 만감류의 과피착색이 지연되거나 불량하고, 부피과 발생이 다소 많았던 것은 지난해 11월 이상고온 현상에 기인한 것으로 추정되고 있음
- 이러한 기후변화는 앞으로 감귤의 품질에도 다양하게 영향을 미칠 것으로 전망됨
 - 화아형성(꽃눈분화) 저해, 생리낙과 증가, 해거리(격년결과) 현상, 과피(껍질) 착색 불량 및 지연, 부피과(껍질 뜨는 현상) 다발, 과실의 연화 및 저장성 저하, 생리장해 과실 다발, 병해충 발생 패턴의 변화 등

(3) 사업 내용

- 기후변화에 선제적 대응을 위한 평가·예측기술 개발
 - 감귤류 품질영향 및 예측모형 개발
 - 노지밀감, 주요 만감류에 대한 생육, 작황, 품질 주기적 조사 및 평가
 - 이상기상 재해양상 및 피해기준 산정
 - 서리피해, 동해, 저온, 일조부족 등 이상기상에 대한 감귤류 생육 및 품질 반응 조사
 - 서리피해 등에 대한 피해 및 보상기준 마련
- 이상기상에 의한 재해경감 기술 개발
 - 기상재해 대응 기술 개발
 - 특이기상 조기경보 시스템 기반기술 구축: 기상청협조 자동 정보제공(SMS 활용 등)
 - 서리피해 최소화 방안기술 개발: 방상 쉼 등
- 감귤 품종육성 및 재배법 개발
 - 감귤 재배지 이동 대비 특화품종 육성
 - 온주밀감: 조기(9월) 출하 품종, 부피가 적고 당도가 높은 품종
 - 만 감 류: 노지 적응성, 년 내 출하형, 내병성, 고기능성 품종
 - 감귤유전자원 보존 및 수집 확대: 장기적으로 500품종 목표
 - 고품질 안정생산 기술 개발
 - 노지재배용 만감류 품종 선발 및 기술정립
 - 한라봉 노지재배 현장애로기술 개발: 수관확대, 수세유지, 월동방법
 - 감귤 대목을 활용한 품질향상 기술 정립: 왜성대목, 강세대목
- 기후변화에 따른 병해충 발생 양상 연구
 - 나방류 월동 및 발생양상
 - 귤굴나방 등 월동 및 발생양상
 - 해충종류 및 분포 변화
 - 총채벌레류, 응애류 등

- 감귤 바이러스 대책 연구
 - 주요 바이러스(CTV, CTLV, SDS, CiMV) 감염실태 및 발현양상 조사
 - 무독묘 생산 시스템 개발
 - 황룡병(HLB) 유입방지 대책 등

(4) 그간 추진실적(2011)

- 서리피해 최소화 방안 시범
 - 자동 경보발령 시스템(휴대전화 SMS 활용)
 - 서리피해 경감기술 시범: 방상 흰 설치
- 감귤품종 및 재배법 개발
 - 교잡육종: 21조합 4,400화 교배, 실생종자 1,200개 확보
 - 돌연변이육종: 15개체 신규 탐색, 우수 2개체 선발, 지속조사 22개체 선정
 - 감귤유전자원 보존: 197품종
- 기후변화에 따른 병해충 발생 양상 연구
 - 나방류 월동 및 발생양상, 해충종류 및 분포 변화

(5) 선진 사례

- 중 국
 - 지난 100년 동안 중국의 평균기온은 0.6~0.8℃ 상승하였고, 엘니뇨 현상으로 양자강 분지지역에서는 많은 강수량을 보이고 북지지역은 적은 편임. 2050년까지 평균기온은 2.3~3.3℃상승할 것으로 전망하고 있으며, 강수량은 남동부 해안지역을 중심으로 5~7% 늘어날 것으로 예상하고 있음
 - 기후변화에 따라 중국 남부지역에서는 고온피해가 증가하고 북부지역에서는 겨울철 동해피해가 적어질 것으로 예상하고 있으며, 남부지역에서는 홍수로 인한 뿌리썩음과 열과발생, 북부지역에서는 가뭄피해가 증가할 것으로 전망하고 있음
 - 평균기온 상승에 따라 감귤의 에이즈라고 불리는 황룡병(HLB) 감염 지역이 확대되고 있고, 확산 방지를 위한 연구에 몰두하고 있음

○ 일 본

- 지난 100년 동안 일본의 평균기온은 세계평균 0.74℃보다 0.33℃높은 1.07℃ 상승함
- 기온 상승에 따라 발아 불균일, 발아 및 개화기 빠름, 생리낙과 증가, 과실크기 증가, 산함량 감소, 과육의 연화, 일소과 증상, 착색 지연 등이 문제가 되거나 앞으로 문제점으로 대두될 것으로 예상하고 있음
- 기후변화에 따른 대응방안으로 단기적으로는 비정상적인 성숙 및 착색불량 등과 같은 현장애로기술 개발, 중장기적으로는 고온과 CO2 조건에서의 감귤생육 기작연구, 고온에 적응성 높은 품종개발에 역점을 두고 있음
- 현재 고품질 감귤 안정생산을 위해 생리낙과 억제 대책(GA 살포), 일소피해 경감대책(차광, 봉지씌우기, 상부적과), 토양피복 및 수분관리기술 마련, 부피과 경감대책(생장조정제 활용), 월동을 위한 봉지피복 기술 등이 개발 보급되고 있음
- 또한 중국과 마찬가지로 황룡병(HLB) 확산 방지를 위한 연구도 추진되고 있음

○ 미 국

- 플로리다에서는 황룡병(HLB)과 트리테자바이러스(CTV)가 확대되는 추세이며, 캘리포니아, 텍사스 등 감귤생산지에서는 겨울철 동해로 인한 생산량 감소가 문제로 대두되고 있음
- 황룡병과 바이러스 확산을 방지하기 위해 무병주 묘목 보급체계를 마련하고, 바이러스 저항성 대목의 개발, 관수 및 시비기술 등 재배기술의 개선 연구를 추진하고 있음

○ 인도네시아

- 자연재해에 취약한 인도네시아에서도 기후변화는 큰 관심임. 기후변화에 따라 기온의 상승, 우기의 시작 시기와 장마 기간의 변화에 영향을 미쳐, 남부지역에서는 강수량이 줄어들고 장마가 짧아지며, 북부지역에서는 강수량이 증가할 것으로 전망하고 있음
- 기후변화에 대한 연구는 식량작물에 초점이 맞추어져 있음
- 감귤은 개화시기 변동, 역병 증가, 재배 가능 지역의 감소 등이 예상되고 있으나 이에 대한 연구는 제한적으로 진행되고 있으며, 농업개발 정책은 자연현상의 부정적인 영향을 최소화하는데 중점을 두고 있음

(6) 성과 지표

성과지표	목표치					'16목표치 산출근거	측정 방법	자료 출처
	'12	'13	'14	'15	'16			
논문			1	1	1		투고건수	
정책제안					1		제안건수	
영농활용		1		1	1		활용건수	
세미나 개최	1		1		1		세미나건수	
홍보	2	2	2	2	2		홍보건수	
책자발간					1		발간건수	

(7) 연차별 사업 내용

- 노지밀감, 주요 만감류에 대한 생육, 작황, 품질 주기적 조사 및 평가(2012~2016)
- 이상기상 재해양상 조사(2012~2016)
- SMS 활용 특이기상 조기경보 체계 구축(2012~2015)
 - ※ 기상청협조 자동 정보제공
- 서리피해 등에 대한 피해 및 보상기준 마련(2013~2016)
 - ※ 감귤시험장과 공동연구
- 서리피해 최소화 방안기술 개발(2012~2014)
- 감귤품종 육성(2012~2016)
 - ※ 감귤품종 개발은 장기간(15년 내외) 소요되므로, 2012년 새롭게 착수하면 2016년에는 교잡실생 우수개체 선발시험 수행 단계까지만 도달됨
- 한라봉 노지재배 현장애로기술 개발(2012~2016)
- 감귤 대목을 활용한 품질향상 기술 정립(2012~2016)
- 나방류 월동 및 발생양상(2012~2013)
- 해충종류 및 분포 변화(2012~2013)
- 주요 바이러스감염실태 및 발현양상 조사(2014~2016)
- 무독묘 생산 시스템 개발(2014~2016)

(8) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
기후변화 대응 감귤분야 추진사업 - 노지밀감, 주요 만감류에 대한 생육, 작황, 품질 주기적 조사 및 평가, 이상기상 재해양상 조사, SMS 활용 특이기상 조기경보 체계 구축 등	국비	-	30	130	130	130	420
	지방비	140	140	270	270	270	1,090
합계		140	170	400	400	400	1,510

(9) 기대 효과

- 21C 감귤산업 Up-grade
 - 고품질 감귤 안정생산으로 농가소득 향상 및 경쟁력 제고
- 제주감귤의 공익적 가치 기능 지속 유지
 - 단일지역 감귤 주산지로서 자리매김, 관광자원 활용 등

6. 해양/수산 분야

1) 수산양식업의 취약성 대응을 위한 수온과 염분 변화 예보

(1) 배경 및 필요성

- 제주특별자치도 주변해역은 우리나라에서 기후변화의 영향을 가장 크게 받는 해역임과 동시에 우리나라 수산자원의 60-70% 차지하는 해역으로 기후변화에 따른 수산양식업의 취약성에 대응하기 위하여 해양환경변화 정보를 제공할 필요가 있음
- 특히 제주특별자치도 주변해역에는 여름철에 양자강 저염수가 유입되어 수산양식업을 위협하므로 저염수 이동정보를 제공할 필요가 있음

(2) 현황 및 문제점

- 수온과 염분의 변화에 따라 해양생태계가 변하고 어장과 산란장이 변하고 어업이 영향을 받고 있음
 - 최근 제주 해안에서는 기후변화에 따른 수온상승으로 어류의 산란장과 서식장의 역할을 하는 해조류 생산량 감소하고 있음(제민일보 2010-03-31)
 - 수온이 변할 경우 적절한 산란수온이 형성되지 않아 개체군의 산란기가 늦어지게 되고, 플랑크톤의 부족으로 산란량이 감소하게 되면 성장이 늦어지게 됨 (제민일보 2011-09-19)
 - 제주연안 이상저온으로 멸치 어획량 99% 감소(한라일보 2010-05-07)
 - 해양생태계의 변화로 유해생물(해파리와 가시파래) 대량 번식과 외래종의 유입으로 번식하여 수산업에 피해를 줌
 - 기후변화는 제주지역의 수산업 각 부분에 걸쳐 영향을 미치고 있으며, 향후에는 지금보다 더 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨(제민일보 2010-03-31)
- 양자강 저염수의 유입으로 이동하기 어려운 해저 어패류가 폐사할 위험이 항상 있음
 - 지난 1996년8월 중국의 대홍수로 양쯔강이 범람하면서 제주시 한경면과 서귀포시 대정읍 마을공동어장에 18.9~25.6psu의 저염분 물기둥이 몰려와서 당시 수심 5m 이내에 서식하던 전복, 소라, 성게, 오분자기 등 수산생물 184t이 폐사돼 59억 원 상당의 피해를 입었음
- 2011년과 같이 황해저층냉수가 발달할 경우 해수 상하층의 수온차이가 크며 양

식장에 유입하는 해수의 수온이 급격히 변하여 양식어류가 폐사하거나 성장에 피해를 줌

- 올해 황해저층냉수의 유입으로 8·9월 온도가 평년 보다 양식넙치의 성장기간 1~2개월 늦어져 출하에도 부정적 영향 초래하였음 (제민일보 2011-10-13)

- 기후변화로 인해 해류 패턴이 변하고 어류자원의 분포가 변할 수 있음

(3) 사업 내용

- 제주특별자치도 주변해역의 수온과 염분 변화를 예측하여 그 정보를 제공
 - 제주특별자치도 주변해역의 수온과 염분을 예측하여 제공함으로써 어장 선택과 선어(鮮魚) 수출 시기 선택 등에 활용하도록 함
- 양자강 저염수의 이동을 예측하여 그 정보를 제공
 - 양자강 저염수의 이동 정보와 염분 분포 정보를 제공함으로써 저염수에 의한 해저 어패류의 피해 예방에 활용하도록 함
- 제주특별자치도 해안지역의 수직수온 분포를 예측하여 그 정보를 제공
 - 제주특별자치도 해안지역의 수직수온 분포 정보를 제공함으로써 양식장 유입수 수온의 급격한 변화에 따른 피해를 예방하고 해안의 어패류 채취 시기 선택에 활용하도록 함

(4) 그간 추진실적(2011)

- 2011년에 제주특별자치도 주변해역의 해양예측 정보와 양자강 저염수 이동을 예측하고 그 정보를 제공하였음

(5) 선진 사례

- 미국, 유럽, 호주, 일본에서는 해양 정보를 제공하고 있음
- 이들 나라 중 아래는 미국과 호주에서 시행하고 있는 해양정보 제공에 관한 내용을 요약하였음

○ 미국

- 미국의 Integrated Ocean Observing System(IOOS)에서는 경제의 향상, 안전성 증가, 환경의 보호를 위해서 해양에서 실시간으로 관측되는 자료 및 해양모델을 통한 예측 자료를 제공하고 있음. 제공되는 관측 자료는 미국 남동부 해역이며 수온, 염분, 해류 자료 등을 제공하고 있음. 해양모델의 경우 광역 모델과 지역 모델로 나뉘어져 있으며 해수면 높이, 수온, 염분, 해류등의 정보를 수심에 따라 제공하고 있으며 3일 예보를 시행하고 있음(<http://secoora.org/about/ioos>)

○ 호주

- 호주 기상 사무국 홈페이지를 통해서 기상 및 해양의 정보를 제공하고 있으며, 이 곳의 장점은 해양 및 기상에 대한 정보를 일괄적으로 제공하고 있기 때문에 정보를 얻기 위해 이곳 저곳 방문할 필요가 없다는 것임.
- 제공되는 정보는 지역별 예측 바람, 파랑, 조석(해수면 높이), 수온, 염분, 해류, 수온의 평균과 경향성 등을 제공하며, 이 밖에도 태풍, 쓰나미, 농업을 위한 육상지역 날씨 예측, 자외선 지수등의 정보를 제공하고 있음(<http://www.bom.gov.au/marine/>)
- 호주 기상 사무국 홈페이지에서는 수치모델을 통한 예측 자료도 함께 제공하고 있으며, 제공되는 자료는 해수면 높이, 수온, 염분, 해류가 제공되고 있으며 6일 예보를 시행하고 있음 (<http://www.bom.gov.au/oceanography/forecasts/>)

(6) 성과 지표

성과지표	목표치					'16 목표치 산출근거	측정 방법	자료 출처
	'12	'13	'14	'15	'16			
수온염분 예측정보	70	75	80	85	90	정확성	관측자료와 비교	
양자강 저염수의 이동 예측정보	70	75	80	85	90	정확성	관측자료와 비교	
수직수온 예측정보	70	75	80	85	90	정확성	관측자료와 비교	

(7) 연차별 사업 내용

- 제주특별자치도 주변해역의 수온과 염분 변화를 예측과 정보 제공(2012 ~ 2016)
- 양자강 저염수의 이동을 예측과 정보 제공(2012 ~ 2016)
- 제주특별자치도 해안지역의 수직수온 분포를 예측과 정보 제공(2012 ~ 2016)

(8) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
기후변화에 따른 수산양식업의 취약성 대응을 위한 수온과 염분 변화 예보	국비	1	1	1	1	1	5
합계		1	1	1	1	1	5

(9) 기대 효과

- 기후변화에 따른 해양생태계 변화와 어장변화에 따른 대응
- 양자강 저염수 유입 시 저염수에 의한 해저 어패류의 피해 대책에 활용
- 양식장 유입수의 급격한 수온 변화에 따른 피해를 예방
- 해안의 어패류 채취 시기 선택 등에 활용
- 선어(鮮魚) 운반 시기 선택에 활용

2) 해수면 상승으로 인한 해일피해 예측

(1) 배경 및 필요성

- 해수면 상승은 만조와 해일이 겹칠 경우 연안지역에 막대한 피해를 줄 수 있음
- 특히 지구온난화로 상승한 수온이 태풍을 강하게 만들어 태풍해일과 파도가 매우 큰 경우가 발생할 수 있으므로 이에 대비할 필요성이 있음
- 태풍해일뿐만 아니라 지진해일도 예측하지 못한 상황에서 유입될 수 있으므로 대비할 필요성이 있음

(2) 현황 및 문제점

- 태풍해일의 피해는 설명할 필요가 없을 만큼 많으며 우리나라에는 2003년 태풍 매미에 의해 경남 해안에 막대한 피해가 있었고 세계적으로는 2005년 미국 남부 지역의 카트리나에 의한 피해가 유명함
- 해양조사원이 여수와 통영, 목호, 속초 등 4지점을 선정해 기상자료를 분석한 결과 해일고(실제 관측된 해수면 높이와 예측된 높이의 차이)가 10~30cm 증가했고,

연간 최대 해일고의 78%가 태풍에 의한 것으로 분석되었음

- 2011년 3월 일본 동북지방 지진으로 해일이 발생하였으며 지진해일로 후쿠시마 원전이 파괴되었음. 이때 우리나라에도 지진해일이 전파되어 왔으나 그 진폭이 작았음. 그러나 지진 발생 해역에 따라서는 우리나라에도 큰 진폭의 지진해일이 유입될 수 있음

(3) 사업 내용

- 지구온난화에 따른 제주특별자치도 주변해역의 해수면 상승 예측
- 제주특별자치도 해안에 유입된 태풍해일 분석
- 지구온난화에 따른 해수면 상승과 최대 태풍해일 유입 시 해수면 상승 예측
- 지구온난화에 따른 해수면 상승과 지진해일 유입 시 해수면 상승 예측
- 해수면 상승, 태풍해일, 지진해일에 의한 피해 예측

(4) 그간 추진실적(2011)

- 과거 제주특별자치도 주변해역의 해수면 상승 계산
- 과거 우리나라와 일본 해역의 해수면 상승 계산
- 2011년 3월 일본 동북지방 지진해일 유입 분석
- 과거 제주특별자치도 해안에 유입된 태풍해일 분석

(5) 선진 사례

- 해수면 상승과 태풍해일, 지진해일에 대한 연구는 많은 나라에서 하고 있는데 특히 태풍에 의한 피해가 크고 환태평양 지진대에 위치한 미국, 호주, 일본, 대만 그리고 필리핀에서 연구가 매우 활발함
- 미국(United states of America)
 - 국립해양대기청에서는 해양과 대기의 정보를 공개하여 제공하고 있음. 제공되는 정보는 현재 해양 및 대기에 대한 관측 및 단기예측, 과거 날씨 및 미래의 기후에 대한 장기예측 그리고 쓰나미 정보 등에 대하여 제공하고 있음(<http://www.noaa.gov/>)

- 해수면 자료에 대하여 전처리자료, 검증된 자료, 1분자료, 예측 조위자료, 조화 상수, 해수면의 변화 경향성 그리고 해수면의 극값 등을 관측되는 정점별로 제공하고 있음
- NOAA의 쓰나미 정보를 제공하는 웹페이지에서는 미국 뿐만 아니라 국제 쓰나미 관련 기구들이 모두 함께 링크되어 있기 때문에 쓰나미 관련 정보를 쉽게 얻을 수 있도록 되어있음. 미국 쓰나미 정보 센터에 접속하면 과거 쓰나미에 대한 자료 및 수치모델 분석 동영상등이 게재되어 있으며 쓰나미의 경고 및 예측은 어떻게 하는지에 대해 자세히 기록해 두었기 때문에 유사시 관련 정보를 많이 얻을 수 있음
- NOAA 쓰나미 센터에서는 2011년 3월 11일에 일본 후쿠오카 근해에서 발생한 쓰나미를 컴퓨터 시뮬레이션으로 예측하여 공개하였으며 이와 더불어 쓰나미로 인해 발생한 해양 쓰레기의 이동을 수치모델로 예측하고 그 결과를 공개하였음 (<http://nctr.pmel.noaa.gov/honshu20110311/>)

○ 호주(Australia)

- 호주 기상 사무국 홈페이지를 통해서 기상 및 해양의 정보를 제공하고 있으며, 본 웹사이트의 장점은 해양 및 기상에서 필요한 정보를 한 곳에서 확인이 가능하다는 점임
- 지역별 예측 바람, 파랑, 조석(해수면 높이), 수온, 염분, 해류, 수온의 평균과 경향성 등을 제공하며, 이 밖에도 태풍, 쓰나미, 농업을 위한 육상지역 날씨 예측, 자외선 지수 등의 정보를 제공하고 있음(<http://www.bom.gov.au/index.shtml?hdrc>)
- 메인 페이지에서 카테고리 별로 나뉘어져 있으며 해양 자료를 보기 위해서는 Marine and Ocean을 클릭하여 접속하며, 하위 카테고리인 Tides & Sea level에서는 한 지점을 선택하면 해당 지역의 향후 7일 동안의 해수면 예측 정보를 확인 할 수 있음
- 호주 기상 사무국에는 또한 쓰나미 경고 센터가 운영되고 있으며 이것은 2004년 인도네시아에서 발생한 지진해일 이후로 호주 정부가 대양 곳곳에 쓰나미발생을 감시하는 부위를 설치하는 것을 시작으로 이와 함께 쓰나미 경보 체계를 수립하여 운영 중에 있으며, 쓰나미 경보 체계는 가지 형식을 띄고 있는데 먼저 호주 지구과학회에서 쓰나미 경보를 내리면 호주 기상 사무국에서 각 지역 기상 사무국 및 호주 긴급 사태 경영진에게 연락이 전해지는 형식으로 시민들에게 알려짐

(6) 연차별 사업 내용

- 2012 : 지구온난화에 따른 제주특별자치도 주변해역의 해수면 상승 예측
- 2013 : 제주특별자치도 해안에 유입된 태풍해일 분석
- 2014 : 지구온난화에 따른 해수면 상승과 최대 태풍해일 유입 시 해수면 상승 예측
- 2015 : 지구온난화에 따른 해수면 상승과 지진해일 유입 시 해수면 상승 예측
- 2016 : 해수면 상승, 태풍해일, 지진해일에 의한 피해 예측

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
해수면 상승으로 인한 해일피해 예측	국비	1	1	1	1	1	5
합계		1	1	1	1	1	5

(8) 기대 효과

- 해수면 상승에 의한 기반시설/연안지역의 취약성 평가에 활용
- 연안침식 방지대책에 활용
- 해수에 의한 침수영향 평가에 활용

3) 외해가두리 산업 발전을 위한 아열대성 어류(참치 등)의 어획기술 개발**(1) 배경 및 필요성**

- 기후변화로 인한 수온상승으로 열대나 아열대해역의 회유성 어종이 청정한 제주 연안까지 회유해 오고 있음
 - 참치를 포함한 회유성 어종은 회유경로 특성상 제주연안까지 접근하고 있지만, 과거에는 생산량이 많지 않고 상품성을 가질만한 크기가 많이 어획되지 않아 어업인의 큰 관심을 받지 못하였음
 - 2005년부터 국립수산물과학원에서 시작된 외해가두리 양식은 연안환경을 보호하

- 고 건강한 양질의 단백질 공급원으로서 전 세계적으로 증가하고 있는 추세임
- 아열대성 어류 가운데 경제성이 있는 주요 종들에 대한 제주 연안으로 접근하는 회유경로의 정확한 파악과 안전한 어업기술을 적용한 상업성 어종의 포획기술 개발이 시급함
- 일정 규모로 어획된 아열대성 어종가운데 참다랑어, 코비아(날새기) 등 세계적으로 선호하는 어류를 양식품종으로 개발하여 외해가두리 양식에 적극 활용할 수 있는 기술개발이 필요함

(2) 현황 및 문제점

- 아열대성어류(참치 등)의 어획현황
 - 국립수산물과학원 제주수산연구소의 2009년 8~12월 제주 연근해에서 시험조업 결과, 추자연안과 제주 남동부 연안에서 참다랑어, 눈다랑어가, 추자도 연안과 제주특별자치도 전 연안에서 백다랑어와 점다랑어, 가다랑어, 물치다래, 뭉치다래가 다수 잡히는 등 제주 연안에서 7종의 참치가 회유하는 것으로 조사되었음
 - 미주에서 sport fishing과 품질로 선호되고 있는 코비아(국내명 날새기)는 제주 연안이나 이어도 해상 등에서 무리를 지어 활동하는 것이 관찰된 바 있음
- 외해가두리 양식현황
 - 외해가두리 양식산업은 연안환경을 보호하고 건강한 단백질 공급원으로서 전 세계적으로 증가하고 있는 추세임
 - 국립수산물과학원 등 외해가두리 양식을 연구하는 기관이나 업체에서는 다양한 경로를 통하여 참치 등 기존 국내 양식품종과 중복되지 않는 품종을 양식하기 위하여 많은 노력을 하고 있으나, 일본에서 참치난을 수입하여 부화하는 수준으로 현재로서 치어의 안정적인 공급에 어려움을 겪고 있음
 - 국내의 경우 외해가두리 양식이 시작된 이후 새로운 양식품종의 개발이 이루어지지 않아 기존 육상양식장 및 축양장 등에서 생산되는 양식품종과 같은 어종을 양식함으로서 과잉공급으로 인한 가격하락을 포함한 기존 양식업자들과의 마찰이 야기되기도 함

(3) 사업 내용

- 제주 연근해 아열대성 어류(참치 등) 포획 기술 개발
 - 아열대성 어류의 회유로 연구
 - 참치, 코비아 등 상업성 어종의 제주연안 회유경로 및 회유특성 파악
 - 회유성 어종의 생활사 및 생태학적 특성 연구
 - 양식목적의 아열대성 어류의 안전한 포획 기술 개발
 - 회유성 어종의 안전한 포획을 위한 선망 또는 연승어업 기술개발
- 외해가두리 적용기술 개발
 - 제주에 적합한 회유어종 양식을 위한 생태학적 외해가두리 개발
 - 회유어종의 먹이선호도를 고려한 먹이 개발
 - 태풍 등의 외력 작용시 회유어종의 행동연구를 통한 피해절감 방안
 - 참치 치어 등 안전한 수송기술개발

(4) 그간 추진실적(2011)

- 외해가두리 양식 초기부터 돌돔, 참돔, 고등어, 참복 등 양식품종에 대한 반복연구를 수행하였으며, 현재는 돌돔, 참돔이 주요 양식품종이며 일부에선 고등어를 시험어종으로 연구를 수행하고 있음
- 2009년부터 최근까지 제주 연안에서 참치 치어 1천400여 마리를 잡아 양식 시험연구를 하고 있으나 상품성이 있는 성어로의 양식성공은 불확실한 상태임
- 참치 치어의 포획후 외해가두리의 수송과 가두리 그물에 부딪히는 등의 행동으로 인한 피해방지 대책 부족으로 상당량 폐사됨

(5) 선진 사례

- 미국, 노르웨이, 포르투갈, 일본 등에서 해양환경과 양식 어종에 적합한 형태로 가두리를 설계 및 시설하여 운영하고 있음
- 미국은 1995년부터 외해수중가두리 기술 개발에 착수했으며, 현재는 푸에르토리

코, 뉴햄프셔, 하와이 등에 시설물 설치 및 운영을 통한 생산과 연구가 진행되고 있음

- 또한, NOAA를 중심으로 외해 양식을 수행하고 있으며, 가두리의 그물재료 및 구조 설계 기술에서 현재 최고 수준의 기술을 보유하고 있음
- 노르웨이에서는 피요르드 해안의 지형적 특성을 고려, 초기 내파성 가두리를 응용해 심층까지의 공간을 활용하는 가두리를 개발, 연어 등 어류 축양시설로 활용하고 있음
- 포르투갈의 양식업은 주로 연안에서 돔류, 조기류, 베스류 등 상업적인 가치가 높은 어종을 중심으로 행해지고 있음
- 대만에서는 해양바이오산업 육성정책의 일환으로 외해 양식산업을 육성하고 있으며 대만의 해양환경에 적합한 코비아 등의 어종을 대상으로 사육하고 있음

(6) 성과 지표

성과지표	목표치					'16목표치 산출근거	측정 방법	자료 출처
	'12	'13	'14	'15	'16			
논문 특허				1	1		투고건수 출원건수	
정책제안	1	1	1	1	1		제안건수	
현장활용	1	2	1	2	2		활용건수	
홍보	1	2	3	3	3		홍보건수	

(7) 연차별 사업 내용

- 2012-2014 : 아열대성 양식어종의 회유경로 연구
참치 치어의 포획기술 개발
- 2014-2016 : 아열대성 양식어종 포획 및 수송기술 개발
외해가두리 적용기술개발(먹이, 행동, 어획 등)
제주형 아열대성 양식을 위한 외해가두리 개발

(8) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
아열대성 어류(참치 등)의 어획기술 개발	국비	1	1	5	5	5	17
	지방비	1	1	5	5	5	17
합계		2	2	10	10	10	34

(9) 기대 효과

- 기후변화 적응 외해가두리 양식발전 및 아열대성 어류를 이용한 신소득원개발
- 제주에 적합한 외해가두리 설계·시설 등 자체기술 확보 및 안정적 운영모델 구축
- 외해수중가두리양식 대상품종 개발 및 확보

4) 제주연안 아열대화에 따른 수산생물질병 관리

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화로 인한 수온상승으로 열대 및 아열대해역의 수산생물이 제주연안에 유입되는 사례가 빈번하며, 고수온기에 활동성이 강한 질병에 대한 대책이 요구됨
- 수온이 상승하면서 고수온에 활동성이 강한 세균성 질병과 바이러스성 질병은 증가하고 있는 경향을 보이고 있음
- 제주 연안에는 육상양식장이 지역에 따라 다소 차이는 있지만 고밀도로 분포하는 해역의 경우 양식장을 통해 연안어장으로 유입되는 각종 세균과 바이러스에 의해 수산생물의 큰 피해가 발생할 수 있는 개연성이 매우 높음.
- 따라서 각종 양식장에 대한 질병감시 뿐만 아니라 양식장 주변에 서식하는 수산생물에 대한 질병유무에 대한 모니터링을 실시하여 새로운 질병의 발생을 미연에 방지할 필요가 있음

(2) 현황 및 문제점

- 지구 온난화에 따른 기후변화로 인해 어류의 질병 증가
- 국립수산물과학원 동해수산연구소에서 어류의 질병은 환경과 병원체, 항병력의 균

형이 파괴되면서 발생하는데, 질병에 의한 양식어류의 폐사율이 1990년대 5~10%에 불과하였으나 현재는 25~30%로 증가하였다고 밝힌바 있음

- 또한 1996년 양식어류 폐사율이 8.2%이던 것이 10년 후인 2006년에는 16.8%로 크게 증가했으며, 발생하는 질병도 과거에는 여름철 고수온기에 주로 세균성 질병이 발생했으나 현재는 바이러스성 질병이 연중 발생하였음
- 1996년에는 세균성 질병과 기생충성 질병의 단독감염이 93%를 차지했으나, 2006년에는 세균성 및 기생충성 질병의 단독감염이 42%로 크게 떨어진 반면, 세균과 기생충 혼합감염이 13.6%, 바이러스성 질병이 21.8%, 기타 영양성 질병이 20.7%로 나타났음
- 제주해역은 양식어류의 경우 해수면 증가와 기온 상승에 따라 비브리오균 등 미생물이 증식, 피해를 주고 있는 것으로 알려지고 있음

(3) 사업 내용

- 제주 연안 양식장의 질병감염 모니터링 강화
 - 어류, 패류 뿐만 아니라 해조류 등을 망라한 아열대성 질병유입파악
 - 질병발생원인 생물 연구 및 백신개발
 - 정기적 모니터링 실시
 - 신속한 질병진단법 개발
- 양식장 주변의 수산생물에 대한 질병 모니터링 실시
 - 토속종 및 외래 유입종에 대한 정기적 모니터링 실시
 - 질병원인 균에 대한 유입경로 연구
 - 외래 유입종에 의한 질병발생 연구
 - 신속한 질병진단법 개발

(4) 그간 추진실적(2011)

- 국립수산물과학원 수산질병관리센터 구축
 - 2000년 후반부터 전국 주요 양식장을 순회하며 수산질병감염 유무를 정기적으

로 모니터링

- 2010년 국가 기후변화대응 대책 수립 ; 해양/수산분야 2011-2015년간 수산생물 감염성 질병대책 수립

(5) 선진 사례

- 스페인은 유럽에서 터봇(turbot)을 가장 많이 생산하는 국가로 수산질병관리 시스템이 구축되어 해산 양식어의 백신 보급등이 체계적으로 이루어지고 있으며, 질병으로 인한 폐사율이 5% 이내로 유지되고 있음.
- 스페인 갈리시안 수산양식 테크놀로지 센터에서는 수산용 백신개발을 비롯한 질병관리 연구를 통해 40%대의 어류 질병 폐사율을 현재 5%대 이내로 유지하고 있음
- 스페인 갈리시안 수산양식 테크놀로지 센터는 주 정부의 질병 전문 연구센터로 현재 2002년도부터 백신개발을 본격화 하여 제주지역 등 국내에서 문제가 되는 양식질병 중 세균성 질병 뿐만 아니라 기생충성 질병에 대해서도 2006년도에 예방백신도 개발보급하여 질병피해를 예방하고 있음
- 갈리시안 수산양식 테크놀로지센터에는 37명의 전문연구원이 질병(백신)외에 어류건강관리를 위한 영양연구, 건강어류 생산을 위한 내병성 육종연구, 위생사육 관리를 위한 양식시설연구분야까지 폭 넓은 연구를 수행하고 있음
- 일본은 2008년 'Wise Adaptation to Climate Change - Report by the Committee on Climate Change Impacts and Adaptation Research'를 수행한 후 그에 따라 농림수산업, 자연생태계에 미치는 영향을 파악하고 각종 질병에 대한 정보체계 구축 계획을 세움
- 가미우라재배어업센터의 수산질병 센터는 바이러스에 감염되지 않은 친어를 사육하기 하기 위해 방역사육 시스템을 갖춰 친어 사육시설에서 부터 종묘생산 시설까지 방역차단 시스템을 구축하여 질병방제 연구를 수행중임
- 칠레의 경우 노르웨이와 더불어 세계 최대 연어 생산국이었으나 2007년부터 2009년 사이에 전염성연어빈혈증(ISA) 바이러스에 의해 무려 20억달러의 손실을 입은 바가 있어 25년 동안 이루어 놓은 양식기반이 무너질 위기에 처함
- 이에 대한 대책으로 연어양식협회에서는 44가지의 연어건강 관리 조치를 취하고 위기를 극복해 나가고 있음

- 영국은 기후변화 대응 질병관리를 위해 환경식품농무부(DEFRA: Department for Environment Food and Rural Affairs)에서 각종 예방 전략을 세우고, 이에 따른 Natioanl Service를 제공하고 있음
- 캐나다는 토론토에 기후변화에 따른 질병 확산을 막기 위한 조기경보체계인 'Extreme Cold Weather Alerts and Heat-Health Alerts' 설립 운영중임
- 이탈리아는 'Heatwave Warming Network', 프랑스는 'PLAN BLANC(백색경보)'을 구축하여 이상기온과 온난화에 따른 질병 관리 정보체계를 마련하고 있음
- WHO, FDA, EU등 국제기구들은 기후변화에 따른 동물의 질병 확산을 막기 위해 각종 감시체계, 발생원 감소, 방제, 담당자 교육 및 훈련, 정보제공 등을 위한 프로그램 개설 운영중임

(6) 성과 지표

성과지표	목표치					'16목표치 산출근거	측정 방법	자료 출처
	'12	'13	'14	'15	'16			
모니터링 보고서	1	1	1	1	1			
질병진단법	1	1	1	1	1			
정책제안	1	1	1	1	1			
홍보	1	1	1	1	1			

(7) 연차별 사업 내용

- 2012-2014 : 해외 아열대역 수산생물 질병현황 조사, 제주연안어장 수산생물 질병감염 현황조사, 외래 유입질병발생 연구, 질병 조기진단법 개발
- 2014-2016 : 기후변화대응 제주수산생물 질병관리센터 운영, 백신개발

(8) 소요 예산소요예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
제주연안 아열대화에 따른 수산생물질병 관리	국비	5	15	5	30	30	85
	지방비	5	15	5	30	30	85
합계		10	30	10	60	60	170

(9) 기대 효과

- 제주 연안해역의 환경변화에 따른 신종 유입 질병 발생 가능성에 대한 지자체의 선제적 대응체계를 구축
- 제주의 주력산업인 수산양식 분야의 안정적, 지속적 성장에 기여

5) 입체적 해조류 복원 및 대규모 해조장 시설 사업

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화로 인한 수온상승으로 제주 연안의 해조류는 급속한 감소를 나타내고 있음
 - 제주연안의 해조류는 과거 모자반속 해조류나 감태군락에 의해 선박의 접근이 어려울 만큼 해중림이 발달하였음
 - 최근 수온상승으로 모자반속과 같은 다년생 갈조류는 급감한 반면 석회성 조류(산호말류)는 수심 10m권의 연안 대부분을 덮고 있음
 - 제주연안에 적합한 해조류 복원방법을 개발하여 연안의 해조류 복원뿐만 아니라 바이오매스로서 해조류의 산업적 이용 및 활용할 수 있는 사업이 필요함
 - 세계 해양 바이오(해조류)산업의 시장 규모는 연간 30억달러 수준이나 매년 수 배씩 빠르게 증가하고 있음

(2) 현황 및 문제점

- 제주연안의 해중림 감소
 - 제주연안에서 가장 급격한 감소를 보인 해조류는 모자반속 대형 갈조류이나 어업인의 소득원으로서의 우뚝가사리(천초)의 감소를 들 수 있음
 - 우뚝가사리(천초)의 감소는 오분자기나 전복의 감소와도 밀접한 관련이 있는 것으로 조사됨
 - 제주연안의 수심 10m 미만의 낮은 수심대에는 석회성 조류의 서식이 매우 증가하여 다양한 생물의 서식지, 생육지, 은신처로서의 역할을 하는 해조류의 착생을 저해하고 수산자원생물의 감소를 초래하고 있음
 - 이로 인하여 제주 마을어장의 수입은 2008년부터 50%이상의 감소를 나타내고 있음

- 마을어장의 수입뿐만 아니라 다양한 어류의 감소로 바다를 생계수단으로 하는 모든 어업인이 고통받고 있는 실정임
- 최근 제주특별자치도내 해조류 관련산업은 감태를 중심으로 빠르게 성장하고 있으며, 가공 및 제품생산 기술 또한 전국에서 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, 다양한 경로를 통하여 수출도 증가하고 있는 실정임
- 국가 바다숲 사업의 목표달성
 - 2009년부터 2019년간 약 3,600억 원의 예산을 투입하여 실시하는 바다숲 사업의 최종목표인 연안 생태계 복원은 물론 해조류 바이오매스 산업과 연계할 수 있는 바다숲 조성이 절실함
 - 현재까지 바다숲이나 해조류 바이오매스 연구로 많은 예산이 투입되고 있지만 산업에 활용할 해조류 대상종은 물론 물량확보도 거의 안된 상태임

(3) 사업 내용

- 입체적 해조류 복원
 - 제주연안의 천해역의 과학적 복원기술을 적용한 복원
 - 낮은 수심에서부터 약 30m의 어장을 대상으로 각 해역의 수심과 생물분포에 맞는 입체적 해조류 복원 사업 실시
 - 갯녹음 어장의 생태학적 복원
 - 새로운 소득생물 이식 및 관리
- 입체적 해조류 복원시스템과 연계된 대규모 해조장 시설 및 운영
 - 고기능성소재 감태를 이용한 해조류 산업 활성화
 - 대규모 감태 해조장 조성
 - 양식감태를 이용한 고부가 가공기술 및 상품 개발
 - 마을어장 3차산업 창출을 통한 신소득원 개발

(4) 그간 추진실적(2011)

- 국립수산물과학원 해중림 및 바다숲 조성사업 실시

- 2004년과 2009년에 전국을 대상으로 해중립 사업과 바다숲 사업 실시
- 해중립 사업은 지자체 사업으로 실시하며 바다숲은 국가기관에 위탁하여 실시중
- 일부해역에서 해중립이나 바다숲 조성의 성공사례가 나타나고 있으나, 해조류 생산 규모 작아 해조류 바이오산업으로의 연계 불가능
- 남해 및 동해권에서 미역, 다시마 등 식용이나 양식생물의 먹이원으로 해조류 대규모 양식이 생산되나 1차산업의 수준이기 때문에 전반적인 수입원은 높지 않은 편임
- 2009-2011년간 해조류 바이오매스 대량생산 및 통합활용기술이란 과제를 수행하였으나 다시마 생산 및 이를 이용한 기능성 소재 연구에 불과한 미미한 성과를 나타내고 있음
- 제주에서는 감태의 종묘생산 기술이 확립되어 있고 다양한 제품개발로 이미 미국, 일본, 중국, 캐나다 등지에 수출이 되고 있기 때문에 국내 다른 지역에 비해 해조류 산업으로서는 선진지에 해당하며, 제주브랜드의 고기능성 소재인 감태는 전 세계적으로 식의약품, 건강기능성 소재로 인정을 받고 있는 유리한 기능을 보유하고 있음

(5) 선진 사례

- 전 세계적으로 해조류 생산은 1993년 700만톤에서 2003년 1,400만톤으로 증가하였고, 아시아권에서 대부분을 생산하고 있음. 중국, 인도네시아, 필리핀, 한국, 일본, 베트남의 순서로 해조류 대량생산을 하고 있으며 대부분 식용으로 이용하고 있음
- 최근 미국, 캐나다, 프랑스, 독일, 네덜란드, 덴마크 등에서 대규모 해조류 재배를 시도하고 있으며, 미국의 경우 Free-floating system으로 해조류(kelp) 대량생산을 연구중에 있고, 프랑스, 독일, 네덜란드 등 유럽권에서는 연근해 풍력발전기지를 이용한 해조류 생산을 연구하고 있음
- 유럽의 해조류의 산업적 이용은 카로티노이드, 화장품, 비료 등 가공산업과 식품 및 사료산업에 대부분 활용되고 있음
- 최근 일본은 아폴로-포세이돈 구상 2025를 수립하여 동해에 부유식으로 모자반류를 대량생산하여 희귀금속 추출과 바이오매스원으로 활용하고자 연구를 진행중임

- 세계기후변화 협약에 따른 온실가스 의무감축대상국이 확대될 전망이며, 해조류에 의한 이산화탄소의 고정량은 1헥타아르당 9~73톤으로 육상의 열대우림에 비해 2배 이상의 이산화탄소 흡수효과를 나타냄
- 선진국들은 단기적으로 이산화탄소 흡수하는 해조류 산업을 확대 증산하고 있으며, 해조류를 활용한 청정 대체에너지 개발을 위해 중장기 정책수립과 연구를 수행하고 있음
- 해조류의 바이오에너지 개발의 경우, 일본은 도쿄 해양대와 미쓰비시 종합연구소를 중심으로 석유 대체연료로서 바이오에탄올 대량생산을 위한 연구를 수행 중이며, 스웨덴의 칼머대(University of Kalmar), 미국 샌디아국립연구소(Sandia National Laboratories)에서는 해조류에서 거대한 양을 바이오디젤을 생산하기 위한 프로젝트를 수행중임
- 프랑스에서는 3년 동안 280만 유로의 예산을 프랑스 대학의 7개 연구팀으로 구성된 샤머시(Shamash)프로그램에 배정하여 해조류의 다각적 활용에 활발한 연구를 추진 중임

(6) 성과 지표

성과지표	목표치					'16 목표치 산출근거	측정 방법	자료 출처
	'12	'13	'14	'15	'16			
논문 특허 정책제안 현장활용 홍보	1	1 1 2 2 3	1 1 2 2 3	1 1 2 2 3	1 1 2 2 3		투고건수 출원건수 제안건수 활용건수 홍보건수	

(7) 연차별 사업 내용

- 2012-2014 : 해조류 대량생산 시스템 구축, 해조류 가공 및 상품 제조기술 개발, 연안 갯녹음 규모 및 복원기술 적용
- 2014-2016 : 해조류 대량생산 시스템 구축, 해조류 이식,수확,수송 등 처리기술 개발, 해조류 전문가 육성(사업 및 연구), 대량생산 시스템을 이용한 신소득원 사업 개발

(8) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
입체적 해조류 복원 및 대규모 해조정 시설 사업	국비	50	50	50	50	50	250
	지방비	10	10	10	10	10	50
	민간	1	1	1	1	1	5
합계		61	61	61	61	61	305

(9) 기대 효과

- 해조류 대량생산을 통한 국가 신소득원으로 개발함
 - 세계적 해조류 관련기술을 보유한 국내에서 해조류 대량생산체제가 구축되고 안정적인 원료공급으로 기능성 소재는 물론 해조류 바이오에너지 사업에 활력을 부여할 수 있음
 - 대기중 CO₂ 감소에 따른 온실가스감축효과 및 청정 제주이미지를 제고함
 - 연안생태계 복원과 새로운 수입원 창출로 살맛나는 어촌 등 지역활성화에 기여함
 - 갯녹음 및 해조류 복원과 관련된 해조류 전문인력의 지속적 연구를 통한 전문가를 육성함
 - 삶의질 향상에 적합한 해양 레저산업 육성에 기여함

6) 연안개발에 따른 해양생태계 복원 연구

(1) 배경 및 필요성

- 온난화에 따른 해양의 수온상승과 아열대화로 어획종의 교체가 발생하고, 하천정비에 의해 육수 유속의 가속화로 주변어장 확산
- 하천정비 등 연안역 개발에 따른 해양생태계 변동에 따른 오염원 등 영향요인별 모델링을 통해 연안 생태계 피해 저감방안 모색이 필요함

(2) 현황 및 문제점

- 하천정비에 의해 육수 유속의 가속화로 주변어장 확산

- 하천정비 계획 및 실적 ('99~2018년) : 140개소/536km, 119개소/225km
- 온난화에 따른 해양의 수온상승과 아열대화 → 어획종의 교체
 - 수온상승 : 1.2~1.5℃, 해수면상승 : 2.8cm(6mm/년) ⇒ 1970~2007년
 - 난류성 어종 증가 및 서식지 이동 : 아열대성 40%, 토착종 산란장 북상
- 하천정비 후 육상 오염원 정화능력 상실로 연안생태계 균형능력 훼손
 - 해양오염원의 구성 : 생활하수 및 농공업용 폐수, 기타유입 물질
 - 해양생태계 영향 : 수산생물의 번식저해 등 해양생물 재생산력 제한
- 하천정비 등 육역개발시 해양생태계 환경영향을 고려치 않음
 - 계획수립 단계에서 해양부분 전문가 참여 및 영향평가 항목이 없음

(3) 사업 내용

- 배수유입 저감방안 제시 및 생태계 영향 확산모델 개발
- 외부 환경요인에 대한 자연정화 능력을 갖는 적응생태계 조성

(4) 그간 추진실적(2012)

- 해양환경 기초조사(물리·화학적 요인) : 연중(분기별)
 - 조사항목 : 하천정비 구조, 연안 수질환경 정점조사
 - 조사권역 설정 : 6정점(제주생물권역에 따라 하천영향 중심 지정)
- 연안생물(조간대 중심) 분포 등 생태학적 연구
 - 생물분포구조, 1차생산력 변화 등 기초생태학적인 연구
- 외부물질 유입 및 확산범위 환경 기초자료 측정
 - 조사항목 : 육수의 연안역 확산 속도와 범위, 유입오염원분석

(5) 연차별 사업 내용

- 1차년도 : 연안역에 미치는 기초적인 환경인자 및 상관관계 분석

- 해양생물의 모태이자 생육장인 하구역 주변 조간대 생태 복원에 집중
- 2차년도 : 환경영향 확산 모델 및 저감시설 모델 개발
 - 생물환경요인별 영향범위 확산 예측
- 3차년도 : 자연정화 기능을 갖는 인공생태계 조성
 - 자연생산력 복원을 위한 해조류(alga-beds), 해초류(purify-belt)조립

(6) 소요 예산(연차별 공공부문(억원))

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
연안개발에 따른 해양생태계 복원연구	지방비	1	1	1	-	-	3
합계		1	1	1	-	-	3

(7) 기대 효과

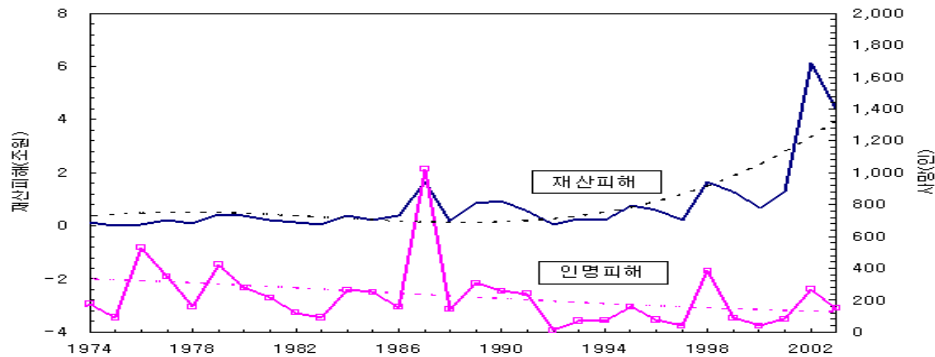
- 환경물질 유입 저감방안 모델제시 - 유입우수 어장 확산 최소화
- 외부 환경물질의 유입 저감을 통해 연안생태계의 안정 유지
- 인위적 생태계 조성을 통한 정화능력 등 자연적 기능회복

7. 재해 분야

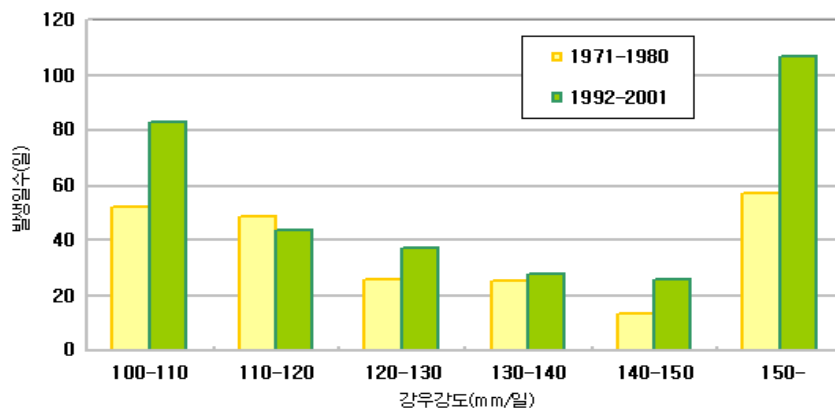
1) 식생 및 도로 분포 특성이 도심지 저지대 침수에 미치는 영향과 대책 연구

(1) 배경 및 필요성

- 최근 기후변화에 의한 집중호우와 태풍에 의한 강우강도가 강해짐에 따라 우수에 의한 배수가 원활하지 않아 도시 저지대의 침수 및 재산상의 피해가 점차적으로 늘어날 것으로 판단됨
- 특히 제주특별자치도의 경우 제주시 고산에서 최근 10년간 측정한 대기중 이산화탄소의 농도는 1991년 357.8ppm에서 2002년 373.6ppm으로 4.2% 증가하는 양상을 보이며, 제주특별자치도의 평균기온은 1924년부터 2005년까지 1.5℃ 상승했고, 제주의 해수면 높이는 1961년에서 2003년사이 22cm 높아졌으며, 이와 같은 지구 온난화에 의한 기상이변이 강해짐에 따라 제주특별자치도에 태풍과 국지성·계절성 호우의 빈도가 증가될 것으로 예측됨
- 이러한 온난화에 의한 집중호우가 증가되면서 침수피해가 증가할 것으로 판단되며, 특히 각종 개발사업 및 도로건설에 의하여 지면에 우수가 침투할 수 있는 능력이 감소함에 따라 고도가 낮은 하천변 및 해안변의 주택과 도로가 심각하게 침수되는 현상이 발생될 것으로 보임
- 즉 하천을 따라서 우수나 하천수가 흘러야 되나 지면이 낮은 도로에 우수가 집중되어 도로를 따라서 우수가 흘러 하류부 저지대 침수에 직접적인 영향을 줄 것으로 보임
- 특히 기후변화에 의하여 하계 집중호우와 폭우가 강해질 경우 인구가 밀집된 제주시의 도심부는 이러한 현상이 갈수록 심화될 것으로 판단됨
- 이러한 도로분포에 따른 침수 방지대책을 마련하기 위하여 제주특별자치도의 식생분류특성과 도로의 분포특성을 파악하여 제주특별자치도 도시의 우수배출 능력에 대한 평가를 실시하여 향후 발생하게 될 저지대 침수에 대한 방지계획 및 대책을 마련할 필요가 있음



(그림 7-8) 과거30년 간 인명 및 재산피해 현황



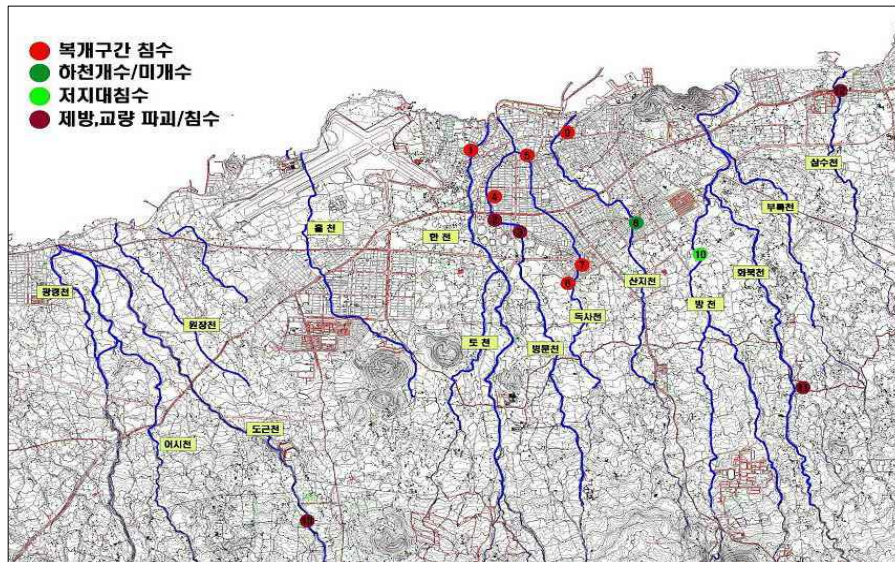
(그림 7-9) 최근 30년간 우리나라 강우강도의 변동

(2) 현황 및 문제점

- 기상청에 따르면 제주특별자치도에 최악의 피해를 준 태풍나리의 경우 2007년 9월 16일 하룻동안 내린 비는 554mm, 1927년 기상관측 이래 1일 강우량으로는 최고치다. 시간당 최고 96mm의 게릴라성 폭우가 제주전역에서 30~40m의 강풍(최대 풍속 52.1m/s)과 함께 몰아치면서, 도내 17만가구의 전기 공급이 중단됐고 일부지역에서 전화와 수도물이 끊기는 사태가 발생했음
- 도내 하천 상·하류간 경사가 급해 물이 빠르게 하류로 이동하고, 도로를 따라 우수가 하류쪽에 집중됨에 따라 상대적으로 완경사인 해안 도심으로 빗물이 집중됐음
- 그런데 이러한 빗물에 의한 하류부의 홍수는 제주특별자치도의 토지개발에 의하여 식생분포가 감소하면서 토양 침투률이 감소하고, 도로분포, 교량과 복개 구조

물로 도내 하천의 전반적 통수능력이 감소함에 따라 급진적으로 강해졌음

- 즉 하천 치수력을 약화시킨 가장 큰 원인은 도로의 건설, 목장초지 개발과 임야 개간으로 인한 곳자왓 훼손과 도심지역의 불투수층의 증가로 인해 집중호우에 따른 우수의 지면침투율이 감소함에 따라 도심지의 하부로 내려갈수록 도시하천으로 유입되는 유량이 급격하게 증가되었음



(그림 7-10) 태풍나리에 의한 제주시의 피해지역



(그림 7-11) 병문천 부근의 피해상황(태풍나리)

(3) 사업 내용

- 기후변화에 의한 제주특별자치도 강우량 및 강우강도 예측연구
 - 2007년 태풍나리와 같이 기후변화에 의하여 제주특별자치도에 발생될 급격한 강우량 증가와 더불어 집중호우가 강해질 것으로 예상되며, 이를 정확히 예측하기 위하여 과거와 현재의 기후변화자료 분석을 통하여 제주특별자치도 강우량의 증가와 강우강도의 예측에 대한 연구가 필요
- GIS를 이용한 제주특별자치도 토지이용현황 및 도로분포파악
 - 수치지도, 인공위성영상 등 제주특별자치도 GIS를 활용한 제주특별자치도의 지형적인 특성 파악 및 제주특별자치도의 도로분포특성에 대한 연구가 필요
- GIS를 활용한 제주특별자치도의 하천 및 유역현황 파악
 - 제주특별자치도 하천의 특성과 분포특성에 대한 연구를 토대로 제주특별자치도 하천의 유역현황, 하천현황, 방재시설현황 등에 대한 연구가 필요
 - 이러한 제주특별자치도의 유역파악 및 하천수의 파악을 통하여 하천의 배수용량과 침투량을 산정함에 따라 도시하류부분의 홍수량을 예측할 수 있음
- 도로의 등급/수준에 따른 우수 배수 능력향상을 위한 방지사설 연구
 - 도로의 특성 및 분포에 따른 배수능력 향상을 위하여 도로주변의 배수 및 통수능력 향상을 위한 토목투수시스템 구축 연구
 - 도로를 따라 흐르거나 도로나 도심부에서 직접적으로 하류천에 유입되는 유량을 감소시키기 위해 도로의 투수성포장, 도로 및 보도의 개보수 작업을 통해 도심지의 배수 및 투수능력 배양을 위한 가이드라인 연구
 - 자전거 도로 및 주차공간에 대한 투수성 향상을 위한 투수성 포장 확대
 - 도로변 토양트랜치 시스템 구축을 위한 연구
 - 상업지역내 지면 포장재 교체 및 식물식재 강화 방안 마련
- 하류지역 홍수방지를 위한 도심지 투수취약성 종합 계획 및 대책 마련
 - 강우량 증가에 따른 홍수피해를 최소화하기 위하여 도로에 대한 정보 뿐만 아니라 풍수해저감종합계획, 유역종합, 치수계획, 하천기본계획, 하수도정비, 기본계획

<표 7-19> 홍수관련 개별법에 의한 각종계획 현황

법규명 (관련주체)	계획명	계획의 주요내용
자연재해 대책법 (소방방재청)	풍수해저감 종합계획	<ul style="list-style-type: none"> - 유역현황, 하천현황, 기상현황, 방재시설현황 등 일반현황 - 풍수해위험시설·지구 현황 - 풍수해 발생현황, 복구현황 등 풍수해 특성 조사분석사항 - 사회·지리적여건, 피해원인, 피해빈도, 피해규모, 중점관리대상시설·지역 등 재해위험도 분석사항 - 풍수해저감사업계획(비예산사업을 포함) 및 투자우선순위 등
하천법 (국토해양부)	유역종합 치수계획	<ul style="list-style-type: none"> - 지역별 홍수분담량 배분과 하천 및 유역간 홍수량 배분 - 배분된 홍수량방어를 위한 홍수조절지, 저류지설치 등 홍수방어 시설 계획 수립 - 유역내 저류능력확대 및 유출저감을 위하여 토지이용계획 등 홍수방어 공간계획 수립 - 홍수방어 시설의 최적 연계운영계획 수립 - 유역하천관리협의회의 구성·운영
하천법 (국토해양부)	하천 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> - 하천의 개황관련 <ul style="list-style-type: none"> ·유역의 특성 등 일반현황 ·강우, 기상 및 수질 등 자연조건 ·수해 및 가뭄피해현황 ·하천 유수의 이용현황 ·하천유역의 지형·지물 등을 파악하기 위한 측량기준점에 관한 사항 - 하천공사의 시행관련 <ul style="list-style-type: none"> ·기본홍수량 및 이의 배분에 관한 사항 ·계획홍수량 ·계획홍수위 ·계획하폭의 경계 - 하천예정지·하천구역 및 연안구역의 지정을 위한 조사 - 그밖에 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항
하수도법 (환경부)	하수도정비 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> - 하수도의 정비에 관한 기본방침 - 하수도에 의하여 하수를 배제 또는 처리하는 구역에 관한 사항 - 하수도의 기본적인 시설의 배치·구조 및 능력에 관한 사항 ·하수도 정비사업의 실시순위에 관한 사항 ·하수종말처리시설에서 하수를 처리하는 과정에 발생한 오니의 처리계획 및 처리시설의 설치에 관한 사항 - 환경부장관이 하수도의 정비에 관하여 필요하다고 인정하여 고시하는 사항

(4) 그간 추진실적(2011)

- 기후변화에 따른 국내외 보고서 검토 및 연구
 - 기후변화에 따른 영향평가 및 적응모델 개발연구(2010, 제주특별자치도) 자료 분석
 - IPCC기후변화 보고서
 - 제주특별자치도 영향평가 및 적응모델 개발연구
 - 세계기상기구(WMO), 영국기상청 홍수위 계획서

(5) 선진 사례

- 영국의 홍수방지대책 및 계획

<표 7-20> 영국의 계획체계에서 홍수위험평가의 범위 및 담당기관

홍수위험 평가	광역적 홍수위험 평가	전략적 홍수위험 평가	개발대상지에 대한 홍수위험 평가
범위	·해당지역의 홍수위험 문제에 대하여 광범위한 조망 ·광역적 수준에서 홍수위험관리대책이 필요한 지역을 식별하고 개발지역의 공간적 배분에 영향을 미치기 위함 ·하위지역단위에서 보다 상세한 연구가 필요한 핵심지역을 부각시킴	·토지이용계획 결정에 정보를 제공하기 위해 모든 형태의 홍수위험을 평가 ·지방계획기관으로 하여금 순차검증(Sequential Test)을 적용하고, 개발을 위한 부지를 할당하며, 홍수위험을 감소시키기 위한 기회를 식별할 수 있도록 함 ·기후변화의 영향을 고려해야 함	·개별부지 또는 개별 개발사업에 대한 평가 ·당해 개발과 관련된 모든 형태의 홍수위험에 대해서는 세부적인 평가 수행 ·기후변화를 고려하고 잔존 위험에 대처함과 함께 적절한 수준에서의 위험관리방안이 제시되어야 함
담당기관	광역계획기구 또는 광역계획기구 등과 공동으로 실시	지방계획기구 또는 지방계획기구가 타 지방계획기구 등과 공동으로 실시	FRA를 요하는 신규개발사업자

- 영국의 홍수위험 관리는 회피/예방, 대책, 통제, 저감 등으로 나누어 관리하고 있음

<표 7-21> 계획과정을 고려한 홍수위험 관리 유형(영국)

홍수위험 관리 유형	설명	수단 및 대책의 예	핵심적인 담당기관
회피/예방 (avoidance/ prevention)	홍수위험이 최소화 되는 지역으로 개발을 입지시킴	광역홍수위험평가 (RFFRA: Regional Flood Risk Appraisal)	계획기구
대책 (substitution)	홍수위험과 불부합하는 개발유형에 대하여 보다 홍수에 덜 취약한 개발유형으로 대체	홍수위험평가 (FRA: Flood Risk Assessment) 순차적 입지검증 (Sequential Approach)	계획기구 및 개발사업자
통제 (control)	기존개발에 홍수빈도를 감소시키기 위한 대책을 시행	하천유역관리계획(River Basin Mgmt. Plans), 유역홍수관리계획(Catchment Flood Mgmt. Plans), 연안관리계획(Shoreline Mgmt. Plans), 홍수위험관리전략(Flood Risk Mgmt. Strategies), 홍수방어대책의 평가설계·시행	환경청(Environment Agency), 홍수방어시설관리기관, 개발사업자, 하수시설관리기관 등
저감 (mitigation)	잔존위험을 저감하기 위한 대책 시행	홍수위험평가, 홍수방어대책, 비상계획, 건축규제, 예경보 및 대피체계 등	계획기구, 개발사업자, 환경청, 홍수방어시설관리기관, 하수시설관리기관 등

(6) 연차별 사업 내용

- 2012 - 제주특별자치도의 토지이용현황 파악 및 도로분포 특성 파악
- 2013 - 하천의 분포특성, 강우강도, 예측우수 배출량 파악
- 2014 - 현황파악에 따른 방지대책 마련

(7) 소요 예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
식생 및 도로 분포 특성이 도심지 저지대 침수에 미치는 영향과 대책 연구	국비	1	2	5	5	5	18
합계		1	2	5	5	5	18

(8) 기대 효과

- 향후 기후변화에 의하여 태풍나리와 같은 강도의 집중호우 및 폭우에도 제주특별자치도 지지대의 침수 및 홍수방지 대책마련에 기여
 - 기후변화에 의하여 향후 예상되는 제주특별자치도의 강우강도 예측연구
 - 기후변화에 의한 제주특별자치도의 집중호우 및 폭우에 따른 대응정책마련
 - 홍수에 대비하기 위한 도심지의 토지이용현황 파악 및 경보시스템 구축에 기여
 - 향후 도로건설 및 자전거 도로, 보도 등 건설시 우수침투의 향상을 통한 지하수 공급에 기여
 - 폭우로 인한 오수의 집중적인 흐름방지대책에 따른 홍수방지 및 오폐수 방지에 기여
 - 강수량 및 빗물 침투율을 고려한 도심지 및 도시외곽지대의 토지개발을 위한 가이드라인 마련

2) 기후변화가 제주지역 재해재난에 미치는 영향 연구

(1) 배경 및 필요성

- 기후변화에 따른 전 세계 수온, 해수면, 해양의 산성도에 대한 연구결과를 보면, 수온상승은 1961~2003년까지 수심 700m까지의 평균수온상승은 0.1°C 이고 같은 기간 해양열함량은 $8.11 \pm 0.72 \times 10^{22}\text{J}$ 증가하였고 해수면은 20세기 동안 약 $0.17 \pm 0.06\text{mm}$ 증가하였음
- 전 세계의 자연재난 건수는 지진, 해일, 화산폭발 등은 기간에 따른 큰 변동이 없으나 폭풍, 홍수, 혹서(가뭄, 산불 등)에 의한 피해는 증가추세에 있음
- 이러한 자연재해재난의 발생증가의 주요 원인은 기온상승, 강수량증가, 빙하해빙과 해수의 열팽창에 의한 원인으로 보고 있음
- 우리나라의 평균기온과 강수량의 증가추세를 보면 온도와 평균 1.5°C 증가하였으며, 강수량도 지속적으로 증가하고 있음
- 또한 자연재해재난(태풍 포함)은 년차별로 지속적으로 증가추세에 있음
- 우리나라 근해의 표층수온은 1968~2004년까지 약 1.0°C 상승한 것으로 보고되고 있고 해수면은 1960~2006년 사이에 연간 $0.1 \sim 0.2\text{cm}$ 정도 증가하는 것으로 봄(국립수산과학원, 국립해양조사원)

(2) 현황 및 문제점

- 제주특별자치도의 기후변동은 평균기온변동은 38년간 크게 변동하는 양상을 보여주고 있지 않지만 1990년 이후에는 월평균 최저 기온이 5°C 이하로 내려가지 않음
- 30°C 이상의 최고기온도 1990년 이후에는 상대적으로 나타난 빈도수가 높음
- 제주시의 경우 월평균최저기온의 최고기온은 거의 38년 동안 25°C 의 범위에 있으나, 최저기온의 변동을 보면 1990년 이후에는 3°C 이하로 내려간 경우가 없음
- 기후변동을 살펴보면 제주시와 서귀포시의 지난 38년간의 평균기온, 평균최고기온, 평균최저기온변동을 살펴보면 1990년 이후에는 기후온난화와 관련하여 최저기온의 변동이 과거에 비하여 약 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 정도 증가하여 나타남
- 강수량의 특성을 보면 제주시의 경우 서귀포시에 비하여 월평균 강수량의 최대치가 약 200mm 정도 작게 나타남을 알 수 있음
- 주목되는 것은 제주시의 경우 1980년대 후반에 들어서 600mm 가까이 강한 강수량이 상대적으로 빈번하게 발생함

- 특히 2000년대 이후 태풍나리와 같은 대규모 태풍에 의한 강한 강수량이 발생되었음을 알 수 있음
- 서귀포시의 경우도 1980년대 이후에 강한 피크를 보이는 강수량이 발생함을 알 수 있음
- 이상의 결과를 보면 전체적으로 과거에 비하여 강수량이 점차적으로 증가되며 특히 특별히 강하게 나타나는 강수량이 빈번하게 발생됨을 알 수 있음
- 12시간 강우강도는 1990년 이후였지만 24시간은 1980년으로 공통적으로 1990년 이후부터는 12시간과 24시간 연속 최대강우량이 증가하고 있음을 알 수 있음
- 이러한 피해는 과도한 강수량 증가로 인한 빈번한 홍수 및 저지대 침수에 의하여 발생된 것으로 판단됨

(3) 사업 내용

- 도로, 하천, 시가지 주변의 수리수문학적 모니터링 체계 구축
 - 제주특별자치도의 경우 태풍 및 집중호우에 의한 도시침수, 염습현상에 의한 구조물 변위 등 홍수 및 도로변형에 따른 재해재난 방지대책이 필요한 사례조사 및 연구조사

조사방향	조사방법	조사내용
집중폭우에 의한 하천범람 및 유출 그리고 강우량에 따른 도로 및 시가지 지형 및 피해예측 조사	강우량 및 강우강도 조사 하천수위조사 도로 및 도심지 침수, 침식 및 퇴적조사 지형특성 조사	강우량, 하천수위변동, 하천, 도로, 시가지의 침식 및 퇴적정도 등을 파악하기 위한 예측모니터링을 위한 기본계획 수립
하천부근의 지형 및 피해상황 조사 및 도로변의 침수현상 조사를 위한 기기설치	강우량 모니터링기기설치준비 하천수위 모니터링 기기설치준비 하천의 침식 및 퇴적 모니터링 시스템 설치준비 도로의 침수 및 침식현상 조사	도로 및 하천주변의 강우강도 측정을 위한 우량계설치 하천의 수위 변위 모니터링 기기 설치 하천 및 도로주변의 침식 및 퇴적조사를 위한 GIS 시스템 구축
하천수위, 강우량, , 도로 및 도심지 침수, 침식 및 퇴적에 관한 모니터링 결과 수집	모니터링 결과의 분석 및 예측	모니터링한 결과를 분석하고 수치모델과 GIS구축결과와 비교검토하여 하천, 도로, 도심지 및 주변의 방재를 위한 예측 프로그램 구성
모니터링 결과의 최종분석 및 최종예측모델완성	모니터링 결과에 대한 전체적인 분석을 통하여 시가지 및 연안역 방재를 위한 시스템 특성 조사	모니터링 결과의 종합분석 및 예측모델과 비교하여 도로, 하천, 도심지 및 주변의 방재대책을 위한 예측 및 적응 시스템 개발 및 구축

○ 연안역 방재 모니터링 체계 구축

- 해수면 상승에 따른 지형변동, 퇴적 및 침식방지를 위한 사례조사 및 연구조사

조사방향	조사방법	조사내용
연안역 지형 및 피해상황 파악	해수면 변위지점설정 파고변위위치설정 침식 및 퇴적조사방법	해수면 변동에 의한 지형의 침식, 침몰 등에 대한 예측모니터링을 위한 기본계획 수립
연안역 지형 및 피해상황 조사를 위한 기기설치	해수면변위 모니터링기기설치준비 침식변위를 위한 지형도 작성	해수면 변위 및 지형변위를 위한 모니터링설치 침식 및 퇴적조사를 위한 GIS 시스템 구축
연안역 해수면, 침식 및 퇴적에 관한 모니터링 결과 수집	모니터링 결과의 분석 및 예측	모니터링한 결과를 분석하고 수치모델과 GIS구축결과와 비교 검토하여 연안역 방재를 위한 예측 프로그램 구성
연안역 해수면, 침식 및 퇴적에 관한 모니터링 결과 수집	모니터링 결과의 분석 및 예측	모니터링한 결과를 분석하고 수치모델과 GIS구축결과와 비교검토하여 연안역 방재를 위한 예측 프로그램 구성
모니터링 결과의 최종분석 및 최종예측모델완성	모니터링 결과에 대한 전체적인 분석을 통하여 연안역 방재를 위한 시스템특성 조사	모니터링 결과의 종합분석 및 예측모델과 비교하여 연안역 방재대책을 위한 연안역 예측 방재 시스템 개발 및 구축

(5) 연차별 사업내용

- 2012년 : 지역별 해수면 상승 취약지 및 수리수문 취약지 조사
- 2013년 : 해수면 상승 및 수리수문 취약지를 통합GIS자료 구축을 위한 기초조사
- 2014~2016년 : 선행 제시 사업 지속적 수행

각 부문별 연구항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
수리수문학적 모니터링 시스템 및 예측모델 개발	도로, 도심지, 하천 모니터링 사전조사	모니터링 시스템 설치	자료수집 및 분석	자료수집 및 분석	예측모델 개발
	모니터링 및 예측모델개발을 위한 항목설정: 강우량변동, 하천, 도로, 시가지 및 홍수 유출량측정, 침식, 퇴적, 침투율 등 항목설정과 모니터링 위치설정	1.모니터링을 위한 장비 설치 및 자료수집 2. 예측모델의 동기화 및 사전실험	1. 모니터링 결과분석 및 예측 2. 모델결과 분석 및 재검토	1. 모니터링 결과분석 및 예측 2. 모델결과 분석 및 재검토	모니터링한 결과에 대한 종합분석 및 결과에 근거한 예측모델의 파라미터결정 및 모델완료
해양방재 모니터링 시스템 및 예측모델 개발	모니터링 사전조사 및 예측모델개발	모니터링 시스템 설치	자료수집 및 분석	자료수집 및 분석	예측모델완성
	모니터링 및 예측모델개발을 위한 항목설정: 해수면변동, 파고, 침식, 퇴적, 수온, 염분 등 항목설정과 모니터링 위치설정	1.모니터링을 위한 장비 설치 및 자료수집 2. 예측모델의 동기화 및 사전실험	1. 모니터링 결과분석 및 예측 2. 모델결과 분석 및 재검토	1. 모니터링 결과분석 및 예측 2. 모델결과 분석 및 재검토	모니터링한 결과에 대한 종합분석 및 결과에 근거한 예측모델의 파라미터결정 및 모델완료

(6) 소요예산(억원)

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	합계
기후변화에 의한 제주특별자치도 재해재난에 미치는 영향 -도로, 하천, 시가지 주변의 수리수문학적 모니터링 체계 구축 -연안역 방재 모니터링 체계 구축	국비	1	2	2	2	2	9
	지방비	1	1	1	1	1	5
합계		2	3	3	3	3	14

(7) 기대효과

- 제주특별자치도 전반의 도로, 시가지, 하천, 해양 등 종합적인 수리수문학적 재해 종합경보시스템은 태풍예경보시스템, 강우예경보시스템, 폭풍성해일 예경보 시스템 구축을 통한 재해에 관한 종합적이고 체계적인 시스템을 구축함
- 기후변화에 따른 재해재난을 예측함으로써 향후 제주특별자치도의 경제적, 사회적 영향을 최소화할 수 있으며, 재해재난에 의하여 발생하는 경제적인 피해를 최소화 할 수 있음

제 8 장

추진계획

- ① 소요예산
- ② 분야별 집행계획
- ③ 추진체계

제 8 장 추진계획

1. 소요예산

- 본 연구의 시간적 범위인 2012년 ~ 2016년까지의 세부시행계획의 전체 소요예산은 5,678.6억 원임(국비: 4,172.6억 원, 지방비: 1,501억 원, 민자: 5억 원)
- 보건 분야는 전체 1,014.3억 원이 소요됨
 - 기후변화와 감염병(매개체, 수인성 질병)에 의한 건강 취약성 연구: 31.3억 원
 - 꽃가루(삼나무 화분)에 의한 건강 취약성 연구: 3억 원
 - 기상·기후 연구와 연계한 한반도 기후환경변화에 따른 질병재난 연구 체계화: 980억 원
- 산림 분야는 전체 935억 원이 소요됨(국비: 685억 원, 지방비: 250억 원)
 - 소나무 병충해 방제 및 모니터링: 265억 원
 - 저수지 확보 및 산불예방사업: 227.5억 원
 - 경제수종 선별사업: 192.5억 원
 - 보호구역에 대한 모니터링: 225억 원
 - 산림천이연구 - GIS DB구축, 위성사진을 통한 모니터링: 25억 원
- 물관리 분야는 전체 873억 원이 소요됨(국비: 792억 원, 지방비: 81억 원)
 - 다목적 저류지 개발: 210억 원
 - 저류지와 연계한 홍수재난관리시스템 구축: 70억 원
 - 지속가능한 수자원 확보: 127억 원
 - 스마트워터그리드 구축: 466억 원
- 생태계 분야는 전체 137.3억 원이 소요됨(국비: 42.3억 원, 지방비: 95억 원)
 - 귀화식물 및 환경유해 동식물의 모니터링사업: 25억 원
 - 멸종위기종 모니터링 및 유전자 다양성유지 사업: 90억 원
 - 산림/생태계 및 조류 군집에 미치는 영향: 10억 원
 - 제주특별자치도 곤충 조사 연구 및 기후변화 적응관측연구소 설립운영: 5.5억 원
 - 제주특별자치도 거미류조사 및 생태지도 작성: 1.7억 원

- 제주특별자치도 응애류조사 및 생태지도 작성: 1.7억 원
- 제주특별자치도 지렁이 분포조사 및 생태지도 작성: 1.7억 원
- 기후변화에 따른 양서류의 변화 추이와 실태조사: 1.7억 원
- 농업 분야는 전체 2,165억 원이 소요됨(국비: 1,075억 원, 지방비: 1,090억 원)
 - 농경지 토양침식 모니터링 및 중산간 농경지 지속농업 기반 구축: 93억 원
 - 비닐하우스 재배시설 내재해성 평가 및 보강 사업: 259억 원
 - 발작물 가뭄대책 매뉴얼 작성 및 급수능력 확충 사업: 194억 원
 - 침입 외래해충 및 아열대성 돌발 병해충 모니터링 체계구축: 56억 원
 - 실시간 농업 미기상정보에 기반한 농작물 병해충 예찰: 53억 원
 - 기후변화 대응 감귤분야 추진사업: 1,510억 원
 - 노지밀감, 주요 만감류에 대한 생육, 작황, 품질 주기적 조사 및 평가, 이상기상 재해양상 조사, SMS 활용 특이 기상 조기경보 체계 구축 등
- 해양/수산 분야는 전체 522억 원이 소요됨(국비: 362억 원, 지방비: 155억 원, 민자: 5억 원)
 - 기후변화에 따른 수산양식업의 취약성 대응을 위한 수온과 염분 변화 예보: 5억 원
 - 해수면 상승으로 인한 해일피해 예측: 5억 원
 - 아열대성 어류(참치 등)의 어획기술 개발: 34억 원
 - 제주연안 아열대화에 따른 수산생물질병 관리: 170억 원
 - 기후변화 대응 해조류분야(전문가 육성포함) 추진사업: 305억 원
 - 연안개발에 따른 해양생태계 복원연구: 3억 원
- 재해 분야는 전체 32억 원이 소요됨(국비: 27억 원, 지방비: 5억 원)
 - 제주특별자치도의 식생분포 및 도로의 분포특성이 도심지 저지대 침수에 미치는 영향과 대책에 관한 연구: 18억 원
 - 기후변화에 의한 제주특별자치도 재해재난에 미치는 영향: 14억 원
 - 도로, 하천, 시가지 주변의 수리수문학적 모니터링 체계 구축, 연안역 방재 모니터링 체계 구축

2. 분야별 집행계획

1) 보건분야

사업명		구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
기후변화와 감염병에 의한 건강 취약성 연구	외래유입 아열대 감염성 질환 연구시 필요한 생물안전 밀폐연구실(BSL-3) 설치 및 운영비	국비	5	0.2	0.2	0.2	0.2	5.8
	외래유입 매개체(모기) 감시 및 해외유입 병원체(아열대 질환) 조사, 연구	국비	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5
	매개체성 아열대 질환에 대해서 진단 시약, 백신, 치료약 개발을 위한 면역 병인론 연구	국비	1	1	1	1	1	5
	아열대질환자 발생에 대한 혈청학적 연구를 통한 역학 조사	국비	1	1	1	1	1	5
	수인성 감염병(콜레라)질환) 조사, 연구 및 비브리오 콜레라균에 대한 생태학적 연구	국비	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3
	아열대기후로 바뀐 제주특별자치도 생태계(기상 및 해양환경)변화 조사	국비	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5
	아열대 질환에 대한 정보 제공, 경보 발령 및 아열대 질환 연구코스개발을 통한 전문가(연구자, 치료 전문의) 육성, 정보제공시스템 구축	국비	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5
소계			10.5	5.2	5.2	5.2	5.2	31.3
꽃가루(상나무 화분)에 의한 건강 취약성 연구 (개화기 모니터링 강화, 예측 모형 구축, 정보제공 시스템 구축)		국비	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3
소계			1	0.5	0.5	0.5	0.5	3
기후환경 변화에 따른 질병재난 연구 체계화	센터 설립(1개)	국비	83	83	83	83	83	415
	거점별 포스트 설립(5개)	국비	13	13	13	13	13	65
	환경성 질병/상해, 감염성 질병/상해 연구	국비	100	100	100	100	100	500
소계			196	196	196	196	196	980
합계			207.5	201.7	201.7	201.7	201.7	1,014.3

2) 산림분야

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
소나무 병충해 방제 및 모니터링	국비	53	53	53	53	53	265
소계		53	53	53	53	53	265
저수지 확보 및 산불예방사업	국비	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	227.5
소계		45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	227.5
경제수종 선별사업	국비	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	192.5
소계		38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	192.5
보호구역에 대한 모니터링	국비	35	35	35	35	35	175
	지방비	10	10	10	10	10	50
소계		45	45	45	45	45	225
산림천이연구 - GIS DB구축, 위성사진을 통한 모니터링	지방비	5	5	5	5	5	25
소계		5	5	5	5	5	25
합계		187	187	187	187	187	935

3) 물관리 분야

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
다목적 저류지 개발	국비	5	50	50	50	50	205
	지방비	5	-	-	-	-	5
소계		10	50	50	50	50	210
저류지와 연계한 홍수재난관리시스템 구축	국비	5	5	20	20	20	70
소계		5	5	20	20	20	70
지속가능한 수자원 확보	국비	7	20	20	20	20	87
	지방비	-	10	10	10	10	40
소계		7	30	30	30	30	127
스마트워터그리드 구축	국비	3	37	60	200	130	430
	지방비	1	5	10	10	10	36
소계		4	42	70	210	140	466
합계		26	127	170	310	240	873

4) 생태계 분야

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
귀화식물 및 환경유해 동식물의 모니터링사업	국비	5	5	5	5	5	25
소계		5	5	5	5	5	25
멸종위기종 모니터링 및 유전자 다양성유지 사업	지방비	30	30	10	10	10	90
소계		30	30	10	10	10	90
산림/생태계 및 조류 군집에 미치는 영향	국비	1	1	1	1	1	5
	지방비	1	1	1	1	1	5
소계		2	2	2	2	2	10
제주특별자치도 곤충 조사 연구 및 기후변화 적응관측연구소 설립운영	국비	1.5	1.7	2.3	-	-	5.5
소계		1.5	1.7	2.3	-	-	5.5
제주특별자치도 거미류조사 및 생태지도 작성	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
소계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
제주특별자치도 응애류조사 및 생태지도 작성	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
소계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
제주특별자치도 지렁이 분포조사 및 생태지도 작성	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
소계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
기후변화에 따른 양서류의 변화 추이와 실태조사	국비	0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
계		0.4	0.45	0.85	-	-	1.7
합계		40.1	40.5	22.7	17	17	137.3

5) 농업분야

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
농경지 토양침식 모니터링 및 중산간 농경지 지속농업 기반 구축	국비	3	15	20	25	30	93
소계		3	15	20	25	30	93
비닐하우스 재배시설 내재해성 평가 및 보강 사업	국비	5	5	42	83	124	259
소계		5	5	42	83	124	259
발작물 가뭄대책 매뉴얼 작성 및 급수능력 확충 사업	국비	4	25	50	55	60	194
소계		4	25	50	55	60	194
침입 외래해충 및 아열대성 돌발 병해충 모니터링 체계구축	국비	9	11	12	12	12	56
소계		9	11	12	12	12	56
실시간 농업 미기상정보에 기반한 농작물 병해충 예찰	국비	3	7	10	15	18	53
소계		3	7	10	15	18	53
기후변화 대응 감귤분야 추진사업 - 노지밀감, 주요 만감류에 대한 생육, 작황, 품질 주기적 조사 및 평가, 이상기상 재해양상 조사, SMS 활용 특이 기상 조기경보 체계 구축	국비	-	30	130	130	130	420
	지방비	140	140	270	270	270	1,090
소계		140	170	400	400	400	1,510
합계		164	233	534	590	644	2,165

6) 해양/수산 분야

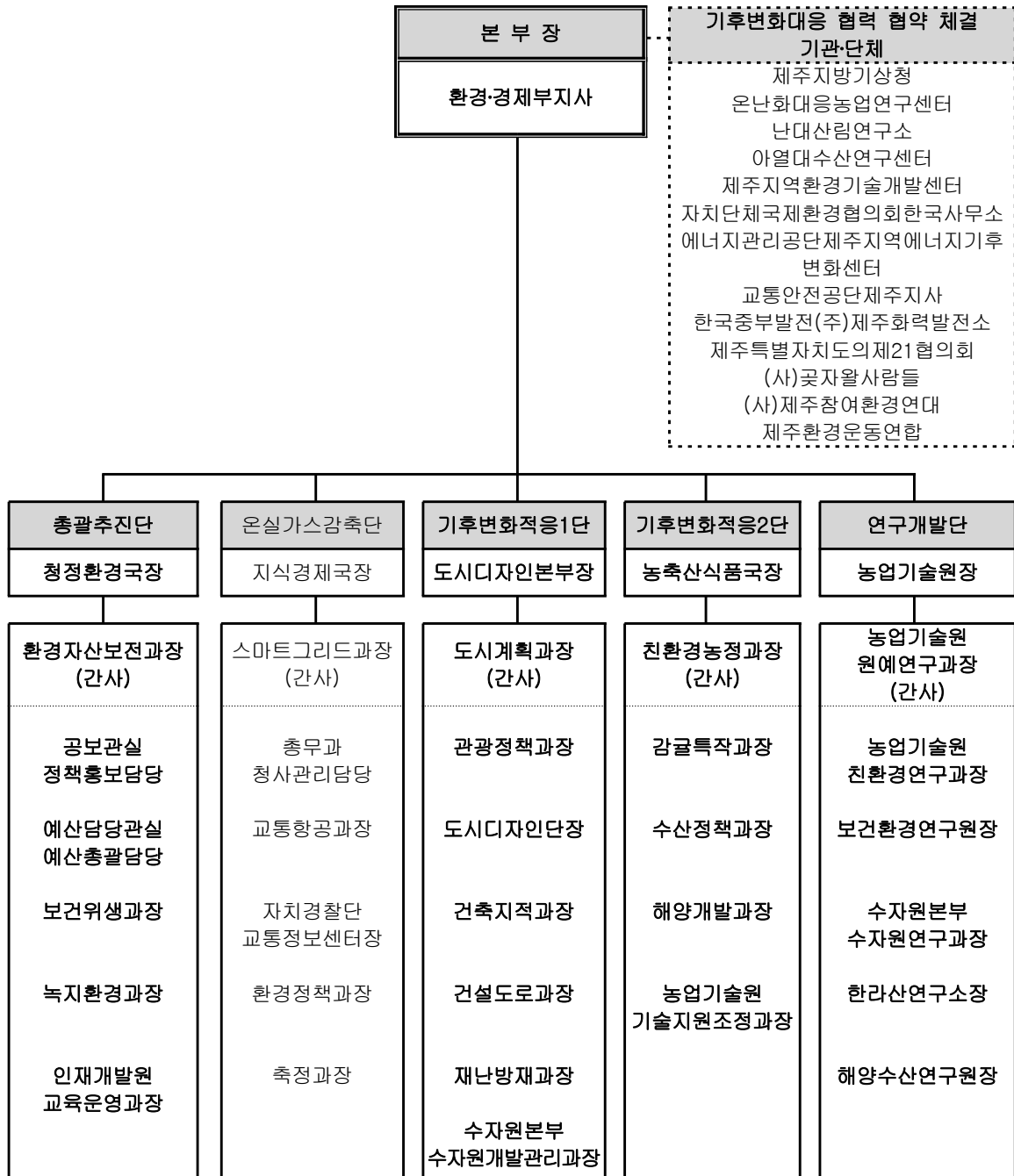
사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
기후변화에 따른 수산양식업의 취약성 대응을 위한 수온과 염분 변화 예보	국비	1	1	1	1	1	5
소계		1	1	1	1	1	5
해수면 상승으로 인한 해일피해 예측	국비	1	1	1	1	1	5
소계		1	1	1	1	1	5
아열대성 어류(참치 등)의 어획기술 개발	국비	1	1	5	5	5	17
	지방비	1	1	5	5	5	17
소계		2	2	10	10	10	34
제주연안 아열대화에 따른 수산생물질병 관리	국비	5	15	5	30	30	85
	지방비	5	15	5	30	30	85
소계		10	30	10	60	60	170
기후변화 대응 해조류분야(전문가 육성포함) 추진사업	국비	50	50	50	50	50	250
	지방비	10	10	10	10	10	50
	민간	1	1	1	1	1	5
소계		61	61	61	61	61	305
연안개발에 따른 해양생태계 복원연구	지방비	1	1	1	-	-	3
소계		1	1	1	-	-	3
합계		76	96	84	133	133	522

7) 재해분야

사업명	구분	2012	2013	2014	2015	2016	계
제주특별자치도의 식생분포 및 도로의 분포특성이 도심지 저지대 침수에 미치는 영향과 대책에 관한 연구	국비	1	2	5	5	5	18
소계		1	2	5	5	5	18
기후변화에 의한 제주특별자치도 재해재난에 미치는 영향 연구	국비	1	2	2	2	2	9
	지방비	1	1	1	1	1	5
소계		2	3	3	3	3	14
합계		3	5	8	8	8	32

3. 추진 체계

- 현재 제주특별자치도에는 ‘제주특별자치도 기후변화대응추진본부’가 구성되어 있음
 - ‘제주특별자치도 기후변화대응추진본부’는 제주의 효율적인 기후변화대응 업무 추진을 위해 부서별로 분산 추진되고 있는 기후변화대응 업무를 통합·조정하는 조직을 구성하고, 관련 사업을 체계적으로 추진하기 위한 것임
 - 또한 ‘제주특별자치도 기후변화대응추진본부 구성 및 운영규정’을 두어 현재 활동하고 있음
- 조직은 총괄 추진단, 온실가스감축단, 기후변화적응1단, 기후변화적응2단, 연구개발단으로 구성되어 있으며, 행정시와 공동으로 분기마다 기후변화 대응사업 추진 성과 보고서를 작성하고 있음
- 따라서 현재의 ‘제주특별자치도 기후변화대응추진본부’의 조직을 활용하여 기후변화 완화 및 적응과 관련된 세부시행계획의 수립·집행 등의 업무를 추진함
 - ‘제주특별자치도 기후변화대응추진본부 구성 및 운영규정’의 제3조(업무)에서 규정하는 업무는 다음과 같음
 - 기후변화대응 장·단기계획 수립·이행 및 평가
 - 온실가스 감축목표 달성을 위한 부문별 이행계획 수립 및 평가
 - 기후변화적응대책 세부시행계획 수립·이행 및 조정
 - 기후변화대응 업무관련 대 중앙정부와의 교섭 추진
 - 기후변화대응 협약 체결기관·단체와의 업무협력 추진
 - 기후변화 관련 민간조직과의 대외 협력



(그림 8-1) 제주특별자치도기후변화대응추진본부

참고문헌

1. 국내 문헌

- 강창완 · 강희만 · 김완병 · 김은미 · 박찬열 · 지남준(2009), 제주조류도감, 제주특별자치도 · 제주야생동물연구센터 · 국립산림과학원난대림연구소 · 제주지역환경기술개발센터.
- 건강보험정책연구원(2010), 2009년 주요 환경성 질환자 진료환자 분석.
- 국립방재연구소, 2000, 수해지역 저류지 확보 및 활용방안 연구.
- 국립환경과학원(2008), 기후변화 적응관련 자연생태계 연구 전략 수립.
- 기상청(2009), IPCC 기후변화협약 보고서.
- 기후변화과학대책과(2008), 선진국 기후변화 동향 보고서, 34p.
- 김완병(2001), 서귀포시지 - 척추동물, 서귀포시, pp, 442-457.
- 김완병 · 김영호 · 오홍식(2011), 제주도의 조류목록, 한국조류학회지 18(10): 93-113.
- 김완병 · 정세호 · 오장근(2006), 한라산 총서 10(한라산의 동물), 제주도·한라산생태문화연구소.
- 남궁준(1970), 제주도 용암동굴의 동물상, 문화공보부 문화재관리국, 한국의 동굴 1, 62-88.
- _____(1979), 우리나라 동굴자원의 보존과 관리, 자연보존, 28: 26-30.
- _____(1980), 한국산 동굴 거미의 연구 1, 한국산 동굴 거미의 연구사, 조사 동굴 및 거미목록, 한국식물보호학회지 19(2) : 113-114.
- _____(1981), 제주도 용암동굴군의 동물상과 환경, 한국동굴학회지 6(7): 17-21.
- _____(1986), 한국의 중요 동굴동물의 모식산지의 보존문제, 한국동굴학회지, 13: 49-67,
- _____(2001), 한국의 거미, 교학사, 647p.
- _____(2003), 한라산 국립공원의 거미상, 한라산국립공원 생태계 연구, 국립중앙과학관 학술총서 39: 110-147.
- 농진청(2011), World focus, vol, 10.
- _____(2011), World focus, vol, 7.
- _____(2011), 기후변화와 우리농업 33호.
- 대외경제정책연구원(2008), EU의 기후변화 대응정책과 시사점.

- 박용하 외(2010), “국가기후변화적응센터 발전방향 마련 연구”, 한국환경정책·평가연구원.
- 박행신(1995), 제주도 조류연구사에 관한 고찰, 제주대학교과학교육연구소과학교육 12: 11-33.
- _____(1998), 제주의 새, 제주대학교 출판부.
- 박행신·원병오·소대진(1985), 한라산천연보호지구학술조사보고서-제주도 조류의 개관, pp, 56-81, 제주도.
- 보건산업진흥원(2011), 2011년 한반도 기후환경변화에 따른 건강위험대응기술개발.
- 산림청(2009), 기후변화와 산림.
- 소방방재청(2009), 한파보고서.
- 손인석·남궁준·최용근·김정남(1999), 제주시일원 천연동굴 분포조사보고서, 89p.
- 원병오(1981), 한국동식물도감 제25권 동물편(조류생태), 문교부.
- 원종관·조규송·남궁준·최용근(2000), 천연기념물 공개동굴 실태조사 및 보존대책 연구보고서, 문화재청, 217p.
- 임문순·김승태(1999), 거미의 세계, 거미·거미줄 그리고 인간, 다락원, 239P.
- _____(2000), 한국거미 생태도감, 건국대학교출판부, 285p.
- 제주대학교 의학전문대학원 환경보건센터(2010), 삼나무분포현황 보고서.
- 제주도(1989), 빌레못동굴 학술조사 보고서, 180p.
- _____(2003), 제주도 자연유산지구 학술조사 보고서, 제주도·제주문화예술재단, 332p.
- _____(2007), 제주특별자치도 통계연보.
- 제주도·한국수자원공사(2003), 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(III).
- 제주도동굴연구소(2003), 제주도천연동굴일제조사보고서, 문화재청, 263p.
- 제주발전연구원(2011), 「JDI Focus 118호」.
- 제주지방기상청(2011), 제주특별자치도 감귤산업 지원을 위한 생물기후정보 개발.
- _____(2011), 지역기후변화보고서.
- 제주특별자치도 농업기술원(2011), 농촌지도사업보고서.
- 제주특별자치도 수산정책과(2010), 「2010 해양수산현황」.
- 제주특별자치도(2009), 「녹색성장 5개년 계획」.

- _____ (2009), 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발, 2008.
- _____ (2010), 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발, 2009.
- _____ (2010), 기후변화대응 종합계획.
- _____ (2010), 세계환경수도 조성 기본계획.
- _____ (2010), 「2010 통계연보」.
- _____ (2010), 「2015 제주특별자치도 도시관리계획」.
- _____ (2011), 기후변화대응사업 추진성과 보고서.
- _____ (2011), 제2차 제주국제자유도시종합계획.
- _____ (2011), 환경보전 중기기본계획.
- _____ (2011), 「2011년 주요행정총람」.
- 조규송 · 남궁준 · 최용근(2000), 천연기념물 공개동굴 실태조사 및 보존대책 연구보고서, 문화재청, p,142-145.
- 질병관리본부(2011), 2010년 질병관리본부 매개체 감시사업 결과(제주).
- _____ (2011), 2010년 질병관리본부 제주도 해역 특정 비브리오팀종 집중분포와 지역 환경요인과의 관련성 연구.
- 최성식(1996), 제주도 한라산의 토양미소절지동물에 관한연구 1, 산굼부리産 날개응애 4신중, 한국응용곤충학회지 35(4): 280-286.
- 최용근(2000), 제주도 동굴동물의 종의 조성과 생태적 특성, 제주도 동굴보전을 위한 제주화산동굴 학술발표회, (사)제주환경연구센터, p, 81-89.
- _____ (2005), 어둠을 정복한 동굴생물의 세계, 보림출판사, 208p.
- 최용근 · 남궁준(2002), 제주도 용암동굴의 동물상, 동굴연구 2: 31-51.
- 한국동굴협회(1970), 한국의 동굴 < I > 제주도용암동굴, 문화공보국, 문화재관리국, 125p, & 61map.
- 한화진 외(2007), 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 III, 경제 · 인문사회연구회 협동연구총서 07-24-01, 417p.
- 한화진 · 안소은 외(2006), 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 II, 경제 · 인문사회 연구회 협동연구총서 06-24-01, 390p.
- 환경부(2011), 2010 상수도 통계.
- _____ (2011), 2010 하수도 통계.

2. 국외문헌

- Anderson, T.J, and R,D, Adlard(1994), Nucleotide acid sequence of a rDNA internal transcribed spacer supports synonymy of *Saccostrea commercialis* and *S. glomerata*, J, Moll, Stud, 60: 196-197.
- Banks, M,A,, D, Hedgecok and C, Waters(1993), Discrimination between closely related Pacific oyster spp, (*Crassostrea*) via mitochondrial DNA sequences coding for large subunit rRNA, Mol, Mar, Biol, Biotechnol, 2: 129-136.
- Beddard, F,E(1895), A monograph of the order of Oligochaeta (Oxford).
- Brian, H, R, E, Green, E, G, Rhys, C, C, Yvonne and G, W, Stephen(2007), A climate atlas of European breeding birds, Durham University, The RSPB and Lynx Edicions, Barcelona.
- Choi, Y, G,, W, R, Kim & S, H, Yoo(2005), Habitat Change of the Cave Fauna in Relation to Changes of Environmental Factors in Caves: An Example from the Limestone Caves in Korea, *Jou, of the spel, Soc, of Japan* 30: 57-66.
- Darwin, C(1881), The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits, Londn.
- Easton, E,G(1979), *Pheretima* group (Megascolecidae: Oligochaeta): *Archipheretima*, *Metapheretima*, *Planapheretima*, *Pleionogaster* and *Polypheretima*, Bull, Br, Mus, nat, Hist, (Zool,) 35: 1-126.
- Edwards, C,A(1988), Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms, Agric, Ecosyst, Environ, 24: 21-31.
- Edwards, C,A, and J,R, Lofty(1977), Biology of earthworms, Chapman and Hall, London, England, 333 pp.
- Eisen, G(1874), New Englands och Canadas Lumbricider, Ofv, Vet,-Akad, Forh, Stockholm 31: 41-49.
- Gates, G,E(1975), Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae, XII, *Enterion mammale* Savigny, 1826 and its position in the family, Megadrilogica 2: 1-5.
- H, F, El Taj · Chuleui Jung(2011), Effect of temperature on the life-history traits of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Panonychus ulmi*, Exp Appl Acarol (2012) 56: 247 - -260.

- Hasan F, El Taj & Chuleui Jung(2011): A Korean population of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) that is non-diapausing, International Journal of Acarology, 37:5, 411-419.
- Hong, Y(2002), New earthworms of the genus *Drawida* Michaelsen, 1900 (Oligochaeta: Moniligastridae) from Korea, Rev, suisse Zool, 109: 475-482.
- _____(2007), Some new earthworms of the genus *Amyntas* (Oligochaeta: Megascolecidae) with male discs from Bogildo Island, Korea, Revue suisse de Zool, 114: 721-728.
- Hong, Y, and S,W, James(2001a), New species of Korean *Amyntas* (Oligochaeta, Megascolecidae) with two pairs of spermathecae, Rev, suisse Zool, 108: 65-93.
- _____(2001b), Five New Earthworms of the Genus *Amyntas* Kinberg (Megascolecidae) with Four Pairs of Spermathecae, Zool, Stud, 40: 269-275.
- Hong, Y, and T,H, Kim(2002), Four new earthworms of the genus *Amyntas* (Oligochaetae : Megascolecidae) from Korea, Korean J, Biol, Sci, 6: 195-199.
- _____(2002), Three new earthworms of the genus *Amyntas* (Megascolecidae) from Mt, Gyeryong, Korea, Rev, suisse Zool, 109: 483-489.
- Hong, Y, and W,K, Lee(2001), Description of three new Korean earthworms of the genus *Amyntas* Kinberg, 1867 (Oligochaeta, Megascolecidae) with multiple genital markings, Rev, suisse Zool, 108: 283-290.
- Hong, Y,, T,H, Kim and Y,E, Na(2001), Identity of two used in vermiculture and vermicomposting in Korea: *Eisenia andrei* and *Perionyx excavatus*, Korean J, Syst, Zool, 17: 185-190.
- Hong, Y,, W,K, Lee and T,H, Kim(2001), Four new species of the genus *Amyntas* (Oligochaeta, Megascolecidae) from Korea, Zool, Stud, 40: 263-268.
- IPCC(2001a), "Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability", 「Third Assessment Report」, McCarthy et al,(Eds), UK: Cambridge University Press.
- _____(2001b), "Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge: University Press.
- James, S,W(1990), Oligochaeta: Megascolecidae and other earthworms from southern and midwestern North America, p, 379-386, In: Dindal, D, L, (ed,) Soil biology guide, John Wiley and Sons, New York.
- James, S,W,, Y, Hong and T,H, Kim(2004), New earthworms of *Pheretima* and

- Pithemera* (Oligochaeta: Megascolecidae) from Mt, Arayat, Luzon Island, Philippines, *Revue suisse de Zool*, 111: 3-10.
- Jung Chuleui, Dong Hwan Kim and Myon ok Ryu(2006), A New Finding of a the Preadatory Mite, *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseiidae) in Jeju, Korea, *J, Asia-Pacific Entomol*, 9(4): 321-325.
- Kamita, T(1936), *Argiope amoena* L, Koch found in Korea, *Actg Arachnol*, 1: 135-136.
- Kim, C,B,, S,Y, Moon, S,R, Gelder and W, Kim(1996), Phylogenetic relationships of Annelids, Molluscs, and Arthropods evidenced from Molecules and morphology, *J, Mol, Evol*, 43: 207-215.
- Kishida, K(1937), A synopsis of the Japanese Spider of the genus *Gasteracantha* in broad sense, *Acta Arachnol*, 2: 138-149.
- Kobayashi, S(1934), Three new Korean earthworms belonging to the genus *Pheretima*, together with the wider range of distribution of *Pheretima hilgendorfi* (Michaelsen), *J, Chosen Nat, Hist, Soc*, 19: 1-11.
- _____(1936a), *Pheretima* (Ph.) *vittata* (Goto et Hatai) from Japan and Korea, *J, Chosen Nat, Hist*, 21, 52-57.
- _____(1937), On the Breeding Habit of earthworm without male pore (Isolating Experiment in *Pheretima hilgendorfi*), *Sci, Rep, Tohoku Imp, Univ, Biol*, 11: 4.
- _____(1938a), Earthworms of Korea I, *Sci, Rep, Tohoku Imp, Univ, Biol*, 13: 89-170.
- _____(1938b), Oligochaeta found in Saplingbeds in Korea, *J, chosen Nat, Hist*, 24: 6-18.
- _____(1941), Earthworms of Korea II, *Sci, Rep, Tohoku Imp, Univ, Ser, Biol*, 16: 147-156.
- Lee, B, H, & Y, G, Choi(2002), *Cave animals from Korea*, The Sustainable Management of Cave : “Academic and Policy Implications” Samcheok City & Kangwon Development Research Institute, 81-103.
- Lee, K,E(1985), Earthworms; their ecology and relationships with soils and land use, Academic Press, New York.
- Lipscomb, D,L(1992), Parsimony, homology and the analysis of multistate characters, *Cladistics* 8: 45-65.
- Maddison, W,P, and D,R, Maddison(1992), MacClade version 3,04, Sinaeur

- Associates, Sunderland, Massachusetts, 398 + xi p.
- Michaelsen, W(1900), *Oligochaeta*, *Das Tierreich* 10: 575 pp.
- Mitsuhiro KAWASHIMA and Chuleui JUNG(2010), Overwintering sites of the predacious mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) in satsuma mandarin orchards on Jeju Island, Korea *Appl, Entomol, Zool*, 45 (1): 191 - 199.
- Namkung et al(2009), Bibliographic Check list of Korean Spider (Arachnida: Araneae) ver, 2010, *J, K, N*, 2(3): 191-294.
- Namkung, J(1976), Supplemental list of Korean Spiders, *Korean J, Plant Prot*, 15(2): 83-87.
- Namkung, J., M, S, Im et S, T, Kim(1994), Two newly recorded Spiders of the genera *Araneus* Clerck and *Argiope* Audouin (Araneae: Agelenidae), *Korean Arachnol*, 10: 67-73.
- NWF(1998), Conclusions and Recommendations.
- Omodeo, P(1956), Contributo ala revisione dei Lumbricidae, *Archivo Zoologico Italaliano* 41: 129-212.
- Paik, K, Y(1953), A list o Spiders from Quelparten Isl, Korea, *Atypus* 4: 17-21.
- _____(1957), On fifteen unrecorded Spiders from Korea, *Korean J, Boil*, 2: 43-47.
- _____(1958), A new Spider of the genes *Neoantistea*, Thesis Coll, Kyungpook, Univ, 3: 283-292.
- _____(1965a), Korean Agelenidae of the gunus *Agelena*, *Korea, Korean J, Zool*, 8: 55-66.
- _____(1965b), Taxonomical Studies of Linyphiid Spiders from Korea, *Educat, J, Teacher's Coll, Kyungpook Univ*, 3: 58-76.
- _____(1965c), Five new Spiders of Linyphiid Spiders from Korea, *Educat, J, Teacher's Coll, Kyungpook Univ*, 9: 23-32.
- _____(1966a), Korean Amaurobiidae of generra *Amaurobius* and *Titaxoeca*, Thesis Coll, Kyungpook Univ, 10: 53-61.
- _____(1966b), Korean Spiders of genus *Cybaeus* (Araneae, Argyronetidae), *Korean J, Zool*, 9: 31-38.
- _____(1968), The Heteropodidae (Araneae) of Korea, *Kyungpook Nat, Univ, Theses coll*, 12: 167-185.

- _____(1968), The Heteropodidae (Araneae) of Korea, Thesis Coll, Kyungpook Univ, 12: 167-185.
- _____(1969a), The Pisauridae (Araneae) of Korea, Educat, J, Tjeacher's Coll, Kyungpook Univ, 10: 28-66.
- _____(1969b), The Oxypidae (Araneae) of Korea, Thesis Coll, Commen, 60th Birthday of Dr, In Suck, Yang, 105-129pp.
- _____(1970), Korean Spiders of genus *Cicurina* (Araneae: Agelenidae), Thesis Coll, Kyungpook Univ, 14: 97-106.
- _____(1971a), Korean Spiders of genus *Coras* (Araneae: Agelenidae), Korean J, Zool, 14(1): 7-18.
- _____(1971b), Korean Spiders of genus *Tegenaria* (Araneae: Agelenidae), Korean J, Zool, 14: 19-26.
- _____(1971c), Supplmental description of *Coelotes songminjae*, Educ, J, Teacher;s Coll, Kyungpook Univ, 13: 175-175.
- _____(1973), Korean Spiders of genus *Tmarus* (Araneae: Thomisidae), Thesis Coll, Grad, Sch, Educat, Kyoungpook Univ, 4: 19-89.
- _____(1974a), Korean Spiders of genus *Dxyptila* (Araneae: Thomisidae) Educ, J, Teacher's Coll, Kyungpook Univ, 14: 119-131.
- _____(1974b), Three new Spiders of genus *Coelotes* (Araneae; Agelenidae), Res, Rev, Kyungpook Univ, 18: 32-43.
- _____(1975), Korean Spiders of genus *Xysticus* (Araneae: Thomisidae), Educ, J, Teacher's Coll, Kyungpook Univ, 17 : 173-186.
- _____(1978), The Pholcidae (Araneae) of Korea Educat, J, *Kyungpook Nat, Univ*, 20: 113-135.
- _____(1978a), The Pholcidae of Korea, Educ, J, Kyungpook Univ, 20: 113-135.
- _____(1978c), Araneae, Illustr, Fauna Flora Korea 21: 1-548.
- _____(1979a), Four Spiders of genus *Thanatus* (Araneae: Thomisidae) from Korea, J, Grad, School Educ, Kyungpook Natn, Univ, 11: 117-131.
- _____(1979b), Korean Spiders of genus *Philodromus* (Araneae: Thomisidae), Res, Rev, Kungpook Natn, Univ, 27: 419-431.
- Paik, K, Y, et K, C, Kim(1956), A list of Spiders from Korea, *Korean J, Biol*, 1: 45-70.

- Paik, K, Y.,J, Namkung(1967), Korean Spiders of genus *Cybaeus* (Araneae, Argyronetidae) 2, Two new cave Spiders from Korea, *Korean J, Zool*, 10: 21-26.
- Paik, K,Y,, T, Yaginuma & J, Namkung(1969), Results of the Speleological Survey in South Korea 1966 XIX, Cave-dwelling Spiders from the Southern part of Korea, *Bull, Natn, Sci, Mus,, Tokyo*, 12(3): 607-613.
- Park, H, S, and B, O, Won(1980), A Survey of birds in Jeju (Quelpart) Island, *Yamashina Inst, Bull*, 12(1): 14-39.
- Pop, V(1941), Zur phylogenie und systematic der Lumbriciden, *Zoologische Jahrbucher (Systematik)* 74: 487-522.
- Reynolds, J,W, and D,G, Cook(1976), *Nomenclatura Oligochaetologica*, a catalogue of names, descriptions and type specimens of the Oligochaeta, Fredericton: Univ, of New Brunswick, 217 pp.
- Sanderson, M,J, 1996, How many taxa must be sampled to identify the root node of a large clade? *Syst, Biol*, 45: 168-173,
- Sims R,W, and E,G, Easton(1972), A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct, (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition, *Biol, J, Linn, Soc*, 4: 169-268.
- Smith, F(1917), North American earthworms of the family Lumbricidae in the collections of the United States National Museum, *Proc, U,S, Nat, Mus*, 52: 157-182.
- Song, M,J, and K,Y, Paik(1969), Preliminary survey of the earthworms from Dagelet Isl,, *Korea, Korean J, Zool*, 12: 13-21.
- _____(1970a), On a small collection of earthworms from Geo-je Isl,, Korea, *Korean J, Zool*, 13: 101-111.
- _____(1970b), Earthworms from Chejoo-do Isl,, *Korea, Korean J, Zool*, 13: 9-14.
- _____(1971), Earthworms from Mt, Jiri, Korea, *Korean J, Zool*, 14: 192-198.
- _____(1973), Earthworms from Mt, Sopaik, Korea, *Korean J, Zool*, 16: 5-12.
- Stephenson, J(1933), Descriptions of India Oligochaeta, II, *Rec, Indian Mus*, 33: 173-202.
- Ueno, S, I(1987), The Derivation of Terrestrial Cave Animals, *Depart, of Zoology*,

Nat, Sci, Mus, (Nat, Hist), 4(4): 593-606.

Wiley, E.O(1981), *Phylogenetic*, Wiley Interscience, New York.

World Wide Fund for Nature(2006), *Bird Species and climate Change*.

森爲三(1928), 濟州島の陸産動物概論, 文教の朝鮮: 55-60.

3. 기타 자료

국립해양대기청(<http://www.noaa.gov>)

기상청(<http://www.kma.go.kr>)

미국 오리곤주 온라인 병해충 예측 시스템(<http://pnwpest.org/wea>)

미국 질병관리본부(<http://www.cdc.gov>)

미국 해양 대기 관리처(<http://nctr.pmel.noaa.gov>)

수도권대기환경청(<http://www.me.go.kr/mamo>)

오스트레일리아 기상청(<http://www.bom.gov.au>)

일본 기상청(<http://www.jma.go.jp>)

일본 농림수산업성(<http://www.maff.go.jp>)

제민일보(<http://www.jemin.com/>)

제주매일(<http://www.jejumaeil.net/>)

제주일보(<http://www.jejunews.com/>)

질병관리본부(<http://www.cdc.go.kr>)

한라일보(<http://www.ihalla.com/>)

부록

- ① 자문회의·보고회 결과
- ② 세부추진과제(기존계획)

‘제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획’ 지원협의체 1차회의(연구진회의 포함)

- 일 시 : 2011년 11월 25일 14시
- 참석자 : 기후변화적응 지원협의체 중 7개 분야 위원(7개 분야: 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계), 연구진, 담당공무원
- 제주발전연구원 3층 회의실

■ 자문회의 내용

- 기후변화에 따른 7개 분야별 취약성 현황과 문제점 도출에 대한 작성 요령 설명
 - 세부항목 및 변수 검토, 취약성 및 취약성에 따른 문제를 구체적으로 제시하는데 필요한 자료, 또는 관련 자료의 출처표, 제주지역이 안고 있는 해당부문 취약성을 극복하기 위해 필요한 적응대책표 기입요령 설명 후 추후 작성 요청



‘제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획’ 지원협의체 2차 회의

- 일 시 : 2012년 1월 6일 15시
- 참석자 : 연구진, 기후변화적응 지원협의체 중 7개 분야 위원(7개 분야: 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계), 연구진, 담당공무원
- 제주발전연구원 3층 회의실

■ 자문회의 내용

자문 위원	자문내용
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대규모 개발사업 시 재해저감 시설 설치 의무화 - 신규 및 기존 도로, 일정규모 이상의 개발 사업 시 저류시설 등에 대한 재해저감시설 설치 의무화 ○ 저류시설에 대한 연구 - 저류지 등의 입지 등
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 대응 병해충·잡초 연구센터 설치 - 아열대성 병해충, 잡초 유입 등에 대한 예찰, 모니터링, 연구 등
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화로 인한 피해만 국한하지 않고 기회요인 발굴 ○ 탄산가스 배출 저감에 관한 연구 - 올렛길, 사려니 숲길 등 자연으로 유인 방안
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제주대 응용기상 관련 학과 신설 - 기상이변이 가장 많은 곳은 제주이므로 기상을 전문적으로 연구할 수 있는 학과 신설 필요
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기상학과 신설 문제는 장기적으로 검토해야 할 사항임 - 지속적으로 졸업인원이 늘어날 경우 인력의 배치 문제 등 ○ 현재 대학원 과정 중 기상학협동과정 있음
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 날씨별, 기온별, 계절별 등 기후변화와 건강의 연관성 연구 부족 ○ 건강에 취약한 인구에 대한 평가 및 대책 마련 필요

‘제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획’ 지원협의체

3차 ~ 9차 회의

- 일 시 : 2012년 2월 23일(목) ~ 24일(금)
- 장 소 : 제주발전연구원 3층 회의실, 상공회의소 4층 소회의실
- 참석자 : 연구진, 기후변화적응 지원협의체 중 7개 분야 위원(7개 분야: 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계), 연구진, 담당공무원
- 자문회의 내용
 - 취약성 평가를 위한 분야별 가중치 선정 및 조정 및 전문가 조사 대상자 추천
 - 세부추진사업 추가 발굴 논의

■ 자문회의 내용

분야	자문내용	조치결과
보건분야	○ 세부추진 사업으로 쓰쓰가무시병에 대한 연구 및 모니터링 추가 ○ 세부추진 사업 작성 시 전염병, 감염병 등의 실태 제시	○ 반영 ○ 반영
재해분야	○ 해수면 상승과 관련하여 해안가 주택 밀집 지역 추가 검토 (해발 10m 이하) ○ 전문가 조사 시 투수성 지질, 경사도 문항 추가 ○ 홍수라는 용어는 제주에 맞지 않는 경우가 있음으로 홍수(침수, 범람)로 표시 검토 ○ 수질오염 방지시설 삭제, 침수방지시설 추가 검토	○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
농업분야	○ 일반 농업과 감귤, 축산 분리 ○ 채배·사육시설을 재배시설, 사육시설로 분리 ○ 지역 특성으로 인해 사과, 벼에 대한 취약성 삭제 후 감귤 생산성에 대한 취약성 추가, 변수 검토 및 논의	○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
산림분야	○ 전체적인 변수 확인 및 검토	
생태계 분야	○ 변수 중 봄, 가을이 줄어드는 부분의 반영 여부 검토 ○ 수목생장과 관련된 변수 확인 ○ 생물리듬 : 노루의 일장주기 등 검토 ○ 세부추진사업 관련 양서류, 파충류 등 추가	○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
해양/수산분야	○ 변수 중 해상가두리, 축제식 등 삭제하고 육상 양식장 항목 추가 ○ 마을어장 관련 항목 추가(면적, 어가수, 생산량 등) ○ 세부추진과제 위생품질관리센터 추가(질병관리센터 포함)	○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
물관리 분야	○ 전문가 조사 문항 검토(하천개수율 → 하천정비율 등) ○ ‘이수의 취약성’ 중 공업용수사용량 삭제	○ 반영 ○ 반영

‘제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획’ 중간보고회

- 일 시 : 2012년 2월 3일 14시 ~ 16시
- 제주상공회의소 4층 중회의실

■ 중간보고회 자문 내용

자문 위원	자문내용	조치결과
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해조류 양식 부문: 해조류 양식은 해양서식 패류의 먹이원임으로 CO₂ 절감 방법을 본 연구와 연계 필요 ○ 어종의 이동: 수온상승으로 인한 가장 큰 변화는 어종의 이동임. 예로 동해안의 명태가 북상하고 있음. 따라서 수온상승으로 인한 제주수산업의 미래와 수온변화에 따른 어종변화 관련 연구 필요 ○ 수온 염분 예측: 수온 염분 자료 획득에 대한 고민이 필요하며, 이어도 해양과학기술지 자료 활용 방안 모색 필요 ○ 제주산 생물(해조류) 유전자원 확보대책: 유전자 은행설치가 필요하며, 제주산 생물의 생리활성 물질 이용방안 연구 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미반영(완화) ○ 반영 ○ 부분반영 ○ 부분반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저류지 재해 예방 및 지하수 함양측면 유효, 후보지 선정을 제안하고 있으나, 기존 저류지 효율적 활용방안 필요 ○ smart water grid 이용 농업용수 이용 방안(하수처리장 방류수 재활용, 빗물 이용 지하수 함양, 신규 수자원 이용 억제 등) ○ 오염원 관리 중요 - 기후변화로 인해 강수량 변화가 오고 토양이 침식이 됨으로 오염발생에 대한 연구 및 사업제시 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 미반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 계획 범률에 따른 계획의 목적 재검토 필요 ○ 산림과 생태계에 대한 분리 필요 - 산림분야 예시 구분 중 중앙정부의 기본계획에 포함되어 있지 않더라도 제주특성에 맞는 분야 필요 - 병해충에 의한 소나무 취약성 부문 대응변수 및 가중치 확인필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대응방안과 혼용되는 측면 검토 필요 ○ 분야별 현황 및 문제점 파악 추가 검토 ○ 기상·기후는 최근 3년간 평균기온으로 검토되었으나, 다년간 자료 보완 필요 - 언론에 보도된 5년간 피해사례 부문을 객관적인 자료 및 발표자료로 제시 필요 ○ 제주도가 시행하는 계획 및 새롭게 제시하는 계획 제주도와 특화된 계획이 필요하며, 분야 또한 서로 연계성이 있음으로 연계필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 취약성 평가가 위주임으로 대책 update(제주도 특성에 맞게) 필요 ○ 대책기간 5년 연동계획 ○ 농업분야는 미래를 내다보고 계획 설정 ○ 적응대책 제시 검토(기존 대책 전반적 검토, 신규대책 발굴, 분야별 목표, 비전, 비용) ○ 사업의 목표 키워드 - 관광산업 육성 기후변화와 어떻게 연계할 것인가? - R&D 사업 지속적 추진 필요 - 해외사례·사업검토, 대책 리스트 중 중점대책에 대한 비용편익 효과 필요 ○ 실과 협력방안 - 공무원의 적극적 참여 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 미반영 ○ 반영 ○ 반영

자문 위원	자문내용	조치결과
	<ul style="list-style-type: none"> - 협의체 강화(환경분야 실과만이 아닌 다른 부서와 협력관계 필요) ○ 중점분야 선정 - 우선순위의 선정(비용·예산 확보 및 사업시 용이한지?) - 공공적 입장인지 민간 입장인지(사업의 최대 수혜자는 누구인지?) 	○ 반영
000	○ 산림·생태계 분리 필요	○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발병감시는 제주도에서 가능하나 제주도 기후변화와 감염병에 의한 건강 취약성 연구 수행 단계는 정부차원에서 이루어져야 함 ○ 쯔쯔가무시병에 대한 사업 추가 검토 	○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 태풍·호우 등 재해중심으로 이루어져 있는데 농업현장에서는 예측 가능한 기상에 따른 농작물 피해에 따른 접근필요 ○ 병해충 - 농업 미기상 정보 모니터링 기반 구축 - 병해충 예찰 모형은 방제 대책시 시행하는 것임 	○ 반영 ○ 반영

‘제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획’ 최종보고회

- 일 시 : 2012년 4월 13일 14시 ~ 16시
- 제주특별자치도 제2청사 2층 세미나실

■ 최종보고회 자문 내용

자문 위원	자문내용	조치결과
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전반적으로 만족하지만 최종보고서에는 참고문헌 표시 필요 ○ 동식물명 등의 용어를 전문용어로 표기 ○ 세부사업 제시는 제주지역 특색에 맞게 제시되었는지 검토 ○ 해외사례 중 최근 동향 추가 검토 ○ 적응능력에 대한 검토(생태계분야의 적응능력이 가장 높게 나온 이유) ○ 제주지역 자료 관련 문헌 발췌 추가 검토(제주지역 녹색센터 등) ○ 지렁이, 웅애 관련 사업에 대한 검토(분야 등) ○ 야생동물 질환자 관련 제주에 가장 필요한 것은 아닌지? 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수산업은 마을어업, 양식업, 어선어업으로 나뉘는데 어선어업에 대한 사업 제시가 미흡 ○ 기존 사업이 신규사업과 유사한 면이 있어 서로 연계하여 제시하는 것을 검토 - 또한 기존사업의 효과 및 기여 등도 살펴볼 필요가 있음 ○ 예산부분에서 일부사업에 편중되어 있는 것에 대한 검토(예: 해조류 관련 사업의 사업비가 다른 사업에 비해 아주 큼) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 취약성 평가가 전체적으로 무리는 없으나 제주지역에 맞는 변수로 평가했는지 검토(다소 결과가 납득하기 어려운 부분이 있음) ○ 중점 추진분야(우선순위)는 취약성이 증가하는 항목이 우선적으로 선정되어야 되는 것이 아닌지 검토 - 반면 우선순위 제시가 반드시 필요한지? ○ 용어사용의 통일로 보고서 완성(모호하고 장황한 사업명, 비전 등) ○ 세부추진과제에서 중복되는 듯한 사업이 제시 검토(예: 저류지, 가뭄해소, 스마트워터 등) ○ 재해분야의 사업 제시가 미약한 것 같음 ○ 폭설에 대한 기반시설 내용 미흡하고, 하천 복개에 대한 저지대 침수 문제에 대한 사업 제시 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 계획은 법정계획으로서 매년 사업이 이뤄지는데 당해연도(2012년)는 체계구축을 중점으로, 이후 이행하는 것에 대한 검토(예산부분) ○ 제시된 사업의 우선순위 선정이 타당한가? - 취약성평가, 전문가의견, 공공성, 예산확보가능성 등을 고려하여 제시되었는지 검토 - 단계와 단계를 결정할 때 명확한 기준제시(중점추진분야, 세부사업 등) ○ 사업추진에는 후속연구가 지속적으로 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농지규모의 확장, 목장지대의 빈발 등 토양유실에 대한 대책 필요 - 예: 피복작물 등의 제시로 토양유실 등 방지 대책 ○ 기후온난화로 인한 작황시기에 대한 연구 및 지도 필요 - 작황시기와 태풍 도래 시기와 비슷해지는 경우 ○ 동부지역의 골프장 주변 농경지 등 농경지 슬립 및 침식에 대한 대책 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영 ○ 반영 ○ 반영
000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외사례 제시가 잘되어 있으나 제주지역에 적용 가능한 시사점 제시 등 보완이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영

□ 세부추진과제(기존계획)

■ 보건 분야

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
I-1-O	지역응급의료 계획	2011~2014 제5기 지역보건의료계획	보건위생과
I-2-O	감염병 예방사업	2011~2014 제5기 지역보건의료계획	보건위생과
I-6-O	환경성질환 예방을 위한 실천방안 마련 및 보급	환경보전중기기본계획 수립(2011)	환경정책과
I-7-O	아토피 예방관리 사업	2011~2014 제5기 지역보건의료계획	보건위생과

I-1-O. 지역응급의료계획(2011~2014)

(1) 배경 및 목적

- 단기적으로는 지역 내 홍보 등을 통해 응급의료정보센터의 활용을 높일 수 있도록 하고, 중장기적으로는 제주 권역에 권역응급의료센터와 함께 독립된 응급의료정보센터를 구축하여 지역 내의 정확한 정보를 실시간으로 제공

(2) 주요내용

- 다중 이용시설 홍보 강화
 - 공항, 터미널, 호텔 등 관광객의 수요가 예상되는 장소
 - 기타 지역 내 다중이용 시설 등
- 제주응급의료정보센터 설치 추진
 - 제주 권역응급의료센터 지정과 함께 연동

I-2-O. 감염병 예방사업(2011~2014)

(1) 배경 및 목적

- 지역 내 발생하는 각종 감염병 및 신종 또는 재출현 감염병 등을 효율적으로 예방 관리하기 위하여 감염병 발생 시 신속한 관리체계 확립 및 적기 예방접종을 통한 면역 인구 확대

(2) 주요내용

- 감염병 예방 홍보, 감염병 환자 발견 및 등록관리, 급성감염병 예방관리, 감염병 관리, 만성감염병 예방관리(AIDS, 한센병, 결핵 등), 예방접종

I -6-O. 환경성질환 예방을 위한 실천방안 마련 및 보급(2012~2015)

(1) 배경 및 목적

- 제주지역에 대한 대기오염과 환경성 질환의 관계에 대한 조사 연구 추진
- 환경성질환의 예방을 위한 도민 실천방안 등을 마련하여 보급
 - 어린이를 중심으로 급증하고 있는 아토피피부염·천식 등의 환경오염과의 인과 관계 규명 및 예방·관리 대책 마련 필요

(2) 주요내용

- 제주지역에 대한 대기오염과 환경성 질환의 관계에 대한 조사 연구 사업
- 환경성질환 예방 도민 실천 가이드라인 마련 및 보급

I -7-O. 아토피 예방관리 사업(2010~2014)

(1) 배경 및 목적

- 아토피 유발요인 노출 감소, 아토피 질환자에 대한 적절한 치료와 악화 인자의 예방관리를 통한 재발 방지 및 삶의 질 향상

(2) 주요내용

- 지역사회 아토피·천식 예방관리 홍보
- 아토피·천식 안심학교 운영
- 취약계층 지원사업(기초생활 수급자, 건강 보험료 하위 50% 이하자 및 맞춤형 방문건강관리 사업 대상자 중 아토피 질환자)

■ 산림 분야

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
II-1-O	산림재해 예방 및 훼손산림 복원	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	녹지환경과
II-2-O	자연재해 방지시설 및 지속적 모니터링 시스템 구축	제주국제자유도시 종합계획	녹지환경과
II-3-O	기존 임도망 재정비와 자연친화형 다목적임도시설 확충	제2차 제주국제자유도시 종합계획	녹지환경과
II-5-O	산불예방 및 방재관리시스템 구축	제2차 제주국제자유도시 종합계획	녹지환경과
II-7-O	산림병해충 예찰조사 기능 강화	제2차 제주국제자유도시 종합계획	녹지환경과
II-10-O	기후변화에 대응한 장기수 조림	제2차 제주국제자유도시 종합계획	녹지환경과
II-11-O	산림경영기반 구축 및 소득 지원	제5차 지역산림계획	녹지환경과
II-13-O	자연경관을 고려한 아름다운 숲 조성	제5차 지역산림계획	녹지환경과

II-1-O. 산림재해 예방 및 훼손산림 복원(2009~2012)

(1) 배경 및 목적

- 산림재해 예방과 국토보전, 자연경관 조성으로 공익적·경제적 기능 제고

(2) 주요내용

- 산불 방지 29종, 산림병해충 방제 89,728ha, 예방사방 : 8ha
- 해안방재림 : 16ha
- 오름트래킹, 야생화 및 곤충체험관 개설, 삼나무산림욕장 개설 등

II-2-O. 자연재해 방지시설 및 지속적 모니터링 시스템 구축(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 자연재해 또는 인위적 요인으로 인한 산림자원의 손실로 인한 산림 훼손 예방과 훼손 유형에 따른 복구 등 계획적인 산림관리 시스템 구축

(2) 주요내용

- 재해 발생예상지역의 GIS 시스템 구축, 지속적 모니터링 및 방지시설 구축
 - 집중 강우에 의한 오름 경사면 등의 산사태, 절벽의 붕괴, 해안 산림의 감소(해

안모래 침식 등) 등 예상 재해에 대응

- 제주 북동 지역의 바람에 의한 유실 정도 모니터링 및 모래 유실 방지림(까마귀 쪽나무, 우목사스레피나무, 돈나무 등) 조성

II-3-O. 기존 임도망 재정비와 자연친화형 다목적임도시설 확충(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 국내 임도는 2007년 기준 2.54 m/ha로 일본 5.4 m/ha, 미국 11.8 m/ha 등에 비해 낮은 실정으로 현지 여건에 맞는 자연친화적인 구조 개량 및 지속적인 임도의 보수 유지 관리가 필요

(2) 주요내용

- 제주지역 임도가 3.18 m/ha되기 위해서 매년 약 23 km 신규 건설
- 아름다운 임도시설 확충으로 산림 휴양문화 공간으로 활용

II-5-O. 산불예방 및 방재관리시스템 구축(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 산불위험예보, 산불확산 예측을 위한 예·경보시스템 구축, 예방활동 강화 필요

(2) 주요내용

- 건조주의보 등에 따른 산불감시요원 수시 활용 및 강수량이 적은 제주 서부지역의 감시 강화
- 감시초소에 온·습도계를 설치하여 건조시기, 우기 등 환경변화에 대한 지속적 모니터링 및 장기적 관리시스템 구축
- 한라산 둘레길 등 트레킹 코스의 수시 감시체계 구축
- 공중진화대(산불진화헬기 제주 상주) 및 지상진화대의 진화·안전장비 확충

II-7-O. 산림병해충 예찰조사 기능 강화(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 산림병해충 예찰팀을 보강하여 조기발견 및 적기방제 시스템 구축 필요

(2) 주요내용

- 산불진화헬기를 이용한 피해지역 모니터링 및 적재적소의 방제기능 확보
- 산림변화에 대한 주기적 조사 및 병해충 취약지역에 대한 산림 데이터베이스(DB) 구축
- 친환경 방제약제 보급 및 임분 개선을 통한 새로운 산림병해충 방제기술 개발
 - 취약산림에 대한 조사 및 혼효림 조성을 통한 산림병해충 번식기능 약화

II-10-O. 기후변화에 대응한 장기수 조립(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화 영향으로 인한 임상 및 산림자원 가치의 변화
 - 기후변화에 대응하고 지역특성에 적합한 경제수·향토수·특용수 중심의 지속 가능한 산림 조성 및 산지특성과 기능에 맞도록 수종 선정 등 산림자원 육성

(2) 주요내용

- 경제적·생태적 가치를 고려한 향토수 조립 확대
 - 기후변화에 대응하여 난대수종 및 종자 공급원 확보, 중·대묘 경제수 위주의 적지적수 조립
 - 소득자원으로 이용할 수 있는 동백나무(화장품, 식품원료), 붉가시나무(화장품원료), 황칠나무(식품 및 도료 원료) 등 경제수(특용수) 조립

II-11-O. 산림경영기반 구축 및 소득지원(2008~2017)

(1) 배경 및 목적

- 자연친화적인 임도시설 관리로 다목적 이용 극대화

(2) 주요내용

- 산지의 집약적, 효율적 이용을 위한 산림경영 기반 구축
- 집중호우로부터 안전하고 효율성 높은 임도시공 및 구조개량 확대

- 임도의 철저한 유지 보수 관리 체계구축으로 임도기능 이용률 향상
- 대상지 선정 및 현지여건에 알맞은 설계, 견실한 시공으로 사업실행

II-13-O. 자연경관을 고려한 아름다운 숲 조성(2008~2017)

(1) 배경 및 목적

- 생태적으로 안정되고 지속가능한 산림자원 조성 및 기능별 산림 관리 확립
- 기후변화 대응과 세계자연유산 지역에 걸맞는 수종 조림 추진
- 건전한 임목 성장을 위한 단계별 숲 가꾸기 체계적 추진
- 도로변 숲 경관조성을 위한 중점 숲 가꾸기 실행으로 아름다운 숲 관광 자원화
- 산지 수종별 목적과 기능에 맞는 산림자원 육성

(2) 주요내용

- 생태적으로 안정된 지속가능한 산림자원 조성
- 경제적 생태적 가치를 고려한 조림사업 지속적 추진
- 조림에서 벌채까지의 순환 시스템 구축
- 산림기능 구분 및 기능별 관리체계 확립
- 숲 가꾸기 확대실시로 산림의 가치제고
- 우량종자 공급과 건전한 양묘생산
- 유�휴토지 조림 및 지역특색 숲 조성
- 도로변 숲과 수목의 아름다운 경관 제고

■ 물관리 분야

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
III-2-O	제주형 지하수의 인공함양시설 설치 및 기술개발	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	환경자연연구원
III-3-O	강수패턴에 따른 수자원 연구	기후변화대응추진본부	수자원본부
III-4-O	지하수 적정개발 방향 및 이용 가능량 분석기술 개발	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	수자원본부
III-6-O	농촌용수 대체 수자원 개발	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	친환경농정과 (수자원본부)
III-7-O	제주의 생명수, 지하수의 질적·양적 보존	세계환경수도 조성 기본계획	수자원본부
III-8-O	상수관망 최적관리시스템 구축	세계환경수도 조성 기본계획	수자원본부
III-9-O	GIS 통합관리 및 공급시스템 구축	제2차 제주국제자유도시 종합계획	수자원본부
III-10-O	농업용수의 효율적 관리 및 공급체계 구축	제2차 제주국제자유도시 종합계획	수자원본부
III-11-O	지하수 오염 취약성 평가 및 오염저감 기술 개발	환경보전중기기본계획	수자원본부
III-12-O	수질보전을 위한 지하수 관정 정비 사업	제2차 제주국제자유도시 종합계획	수자원본부
III-13-O	수질보전을 위한 모니터링 시스템 구축	제2차 제주국제자유도시 종합계획	수자원본부
III-16-O	지하수의 효율적 관리를 위한 법·제도 개선	제2차 제주국제자유도시 종합계획	수자원본부

III-2-O. 제주형 지하수의 인공함양시설 설치 및 기술개발(2007~2011)

(1) 배경 및 목적

- 집중호우시 발생하는 하천유출수를 지하수로 인공함양시켜, 기후변화에 따른 극단적 가뭄과 용수수요 증가에 대비한 지하수의 안정적 이용기반을 구축함과 아울러, 제주지역에 적합한 지하수 인공함양 기술을 개발하고자 함
- 무의미하게 바다로 흘러가버리는 하천유출수나 빗물을 지하수로 인공함양시켜 지하수 지속이용 가능량을 유지 또는 확대할 수 있는 적극적인 수자원관리 기법 개발 요구되고 있음

(2) 주요내용

- 지하수 인공함양시설(인공함양정 40공, 관측정 7공) 설치
- 제주지역에 적합한 인공함양 기술 및 효과분석 방법 개발

III-3-O. 강수패턴에 따른 수자원 연구(2009~2015)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화에 따른 지하수위 변동연구가 필요

(2) 주요내용

- 제주형 지하수 인공함양시설 설치 및 기술 개발
- 강수량 변화에 따른 하천유출량 변동연구

III-4-O. 지하수 적정개발 방향 및 이용 가능량 분석기술 개발(2015~2021)

(1) 배경 및 목적

- 용수 수요량 증대 및 기후변화로 인한 지하수 함양량 및 가용 수자원량 변화
- 토지이용 변화 및 각종 개발사업 등으로 인한 지하수 함양량 감소
- 지속가능한 지하수 이용을 위한 지하수 의존율 완화

(2) 주요내용

- 생활용수 및 농업용수 수요량 및 이용량 분석 기법 개발
- 기후변화 및 환경변화에 대응하기 위한 지하수 함양량 분석 기술 기법 개발
- 제주형 지하수 유동 모델링 분석 기술 개발

III-6-O. 농촌용수 대체 수자원 개발(2003~2020)

(1) 배경 및 목적

- 지하수의 과다개발 억제로 수자원의 효율적 이용·관리
- 저수지 시설을 통한 농경지 및 주택침수 등 재해 사전예방
- 빗물·용천수 등 이용가능한 대체 수자원 적극적 개발·이용
- 지하수 일변도의 농업용수 공급 다원화로 지하수 적정관리 및 효율적 이용

(2) 주요내용

- 성읍지구 개발사업, 옹포지구 개발사업, 함덕지구 개발사업
- 중규모 농촌용수개발사업 신규지구 선정 및 착수

Ⅲ-7-O. 제주의 생명수, 지하수의 질적·양적 보존(2010~2020)**(1) 배경 및 목적**

- 지하수 관정의 효율적 관리체계 구축 및 지하수 오염 방지

(2) 주요내용

- 지하수 관정 이용실태 조사 및 관리 추진
- 지하수 방치 공 원상복구 추진
- 하수관거 정비사업 추진

Ⅲ-8-O. 상수관망 최적관리시스템 구축(2010~2020)**(1) 배경 및 목적**

- 수자원의 효율적 관리 및 용수의 효율적 공급

(2) 주요내용

- 급수구역 블록화 구축, 블록별 유량계 설치 및 누수탐사
- ‘상수관망 최적 관리 시스템 구축사업 기본계획’수립 및 계획에 의거한 실시 설계 및 관망 정비사업 추진

Ⅲ-9-O. GIS 통합관리 및 공급시스템 구축(2010~2020)**(1) 배경 및 목적**

- 수자원을 효율적으로 공급·관리하기 위해 IT 기술을 접목한 선진 관리시스템 구축

(2) 주요내용

- GIS 연계 지능형 관망 최적관리 시스템 구축
 - GIS를 이용한 상수도 관망 최적관리 시스템 구축
 - 지능형 검침인프라(AMI: Advanced Metering Infrastructure)를 중심으로 한 상수도 관리 시스템 구축
 - 수자원 및 수질관리를 위한 센서 네트워크 및 수원지 통합네트워크 구축
- 효율적인 상수도 공급시스템 구축
 - 노후수도관 교체 및 정비를 통한 유수율 제고
 - 스마트워터그리드 개념을 도입하여 차세대 수처리 재이용 등 수자원 및 상수도 관리의 효율성 제고 및 수원지 이용률 제고
 - 지역간 용수 공급 불균형 해소를 위한 기능형 상수도 공급시스템 구축

III-10-O. 농업용수의 효율적 관리 및 공급체계 구축(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 농업용수 수요량 산정 및 효율적 관리가 어려움으로써 농업용수 수요량의 체계적 산정 및 예측 등을 통한 권역별 농업용수 관리 및 공급체계 구축

(2) 주요내용

- 제주특성에 적합한 농업용수 수요관리 기법 개발
 - 작물생육기와 가뭄시에 농업용수 이용량이 상이함으로 용수수요 공급량 예측 시스템 구축
 - 집중호우나 장기적인 가뭄에 대응할 수 있는 제주형 농업용수 수요관리체계 구축
- 효율적 농업용수 공급체계 구축
 - 재배작물별 원단위 산정을 토대로 과학적인 농업용수 공급체계 구축
 - 권역별 농업용수 관리체제로 전환하고, 농업용수 개발·관리·운영을 전문기관에서 수행하는 전문 관리체제로 전환
 - 지하수의 수질 보전 및 이용효율을 증대하기 위한 대용량·군집 개발방식으로 전환
 - 하수 재처리수, 지표수, 용천수 등 대체 수자원 개발·이용 확대

Ⅲ-11-O. 지하수 오염 취약성 평가 및 오염저감 기술 개발(2012~2017)

(1) 배경 및 목적

- 기후 및 환경변화로 인한 지하수 수질변화가 예상되며, 잠재오염원에 의한 지하수오염에 대한 우려가 예상되므로, 잠재오염원으로부터 지하수 수질 보전을 위한 오염취약성 평가기법 및 오염저감 기술 개발
- 기후 및 환경변화에 의한 지하수 수질의 최적관리 방안 마련

(2) 주요내용

- 청정 지하수를 보전하기 위한 오염취약성 평가 기법 개발
 - 오염물질의 분포특성 및 원인분석을 위한 지하수 오염취약성 평가
 - 제주지역 지하수 특성에 적합한 오염취약성 평가 모델 개발
- 지하수 오염취약성 평가 기법을 활용한 오염저감 기법 개발
 - 중금속에 의한 지하수오염 가능성에 대한 지역별 지하수 취약성 평가에 따른 오염저감 기법 개발

Ⅲ-12-O. 수질보전을 위한 지하수 관정 정비 사업(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 미사용 및 노후된 지하수 관정으로 인한 수질 관리 어려움 초래 하여 오염취약성 평가를 통한 체계적인 지하수 관정 정비 사업 추진

(2) 주요내용

- 지하수 오염취약성 높은 관정 정비
 - 미사용 및 노후화 된 지하수 관정 정비
 - 오염취약성 평가를 토대로 감축 대상 관정에 대한 우선순위 선정 및 추진
- 지하수 적정관리를 위한 지하수 관정 감축 확대 실시
 - 대체수자원 개발·공급으로 사설 관정 단계적 감축
 - 제도 보완 및 인센티브 제공을 통한 자발적 정비 유도

Ⅲ-13-O. 수질보전을 위한 모니터링 시스템 구축(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 기후 및 환경변화로 인한 지하수 수질 변화로 수질보전을 위한 지하수 수질 모니터링 시스템 구축 필요

(2) 주요내용

- 지하수 오염취약성 높은 관정 정비
 - 미사용 및 노후화 된 지하수 관정 정비
 - 오염취약성 평가를 토대로 감측 대상 관정에 대한 우선순위 선정 및 추진
- 지하수 적정관리를 위한 지하수 관정 감측 확대 실시
 - 대체수자원 개발·공급으로 사설 관정 단계적 감측

Ⅲ-16-O. 지하수의 효율적 관리를 위한 법·제도 개선(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 지하수 관련 법제간 상충 및 부조화로 수자원 관리의 어려움 초래하여 제주지역 특성에 맞는 지하수관리를 위한 관련법 및 조례 정비
 - 조례에서 정하는 사항 중 특별법 및 타 조례와의 관계 정립이 필요

(2) 주요내용

- 수자원 관련 법률의 단계적 개정
 - 특별법과 지하수법, 먹는물관리법, 온천법 등의 부조화 및 상충되는 내용 개정
 - 수량·수질의 관리를 일원화 할 수 있는 부서간 협력체계 구축
- 물의 재이용과 관련된 법·제도 개선
 - 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 중 빗물, 방류수 재이용, 중수도 등에 관한 규정을 검토하고 물 재이용 활성화를 위한 조례개정 및 법·제도 개선
 - 용암해수 이용 등 물산업을 위한 산업단지를 조성하고, 민간기업의 참여를 통한 물산업 경쟁력을 강화하기 위한 제도개선 방안 마련

■ 생태계 분야

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
IV-4-O	유전자 다양성 보전 및 자원화 기반 마련	제2차 국제자유도시 종합계획	환경자산보전과
IV-5-O	생물종 다양성 보전 및 환경 친화적 활용	제2차 국제자유도시 종합계획	환경자산보전과
IV-6-O	외래종 유입 및 생태계 교란 동·식물의 예방 적·과학적 관리	제2차 국제자유도시 종합계획	환경자산보전과
IV-7-O	희귀·멸종위기 식물의 증식·복원으로 유전 자원 보전기능 강화	농·임·축·수·식품산업 발전계획	환경자산보전과
IV-8-O	기후변화대응 한라산 장기생태 연구	기후변화대응추진본부	한라산연구소

IV-4-O. 유전자 다양성 보전 및 자원화 기반 마련(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 멸종위기 야생 동·식물의 증가로 인해 서식지의 체계적 보전대책이 필요
 - 야생 동·식물 보호를 위한 효율적 관리시스템 구축
 - 야생 동·식물 보호에 대한 홍보 교육 활동 강화

(2) 주요내용

- 유전자원 수집을 위한 협력체계 구축
 - 제주특별자치도(한라산연구소, 민속자연사박물관, 한라산관리사무소), 도내 대학교, 산림과학원 난대림 연구소, 제주테크노파크, 생물종다양성 연구소 등의 협력 체계 구축 및 다양한 유전자원의 체계적 수집
- 유전자 다양성 보전을 위한 씨드뱅크(seed bank) 설립 및 그린 뱅크(green bank) 조성
 - 유전자 수집, 보전 및 활용을 위한 씨드뱅크(seed bank) 설립
 - 유전자 보전을 위한 시험재배 등을 수행하는 그린 뱅크(green bank) 조성
- 유전자원을 활용하기 위한 연구기반 구축
 - 유전자원 활용을 위한 기초 조사 및 분석을 위한 인프라 구축
 - 유전자원 보존 및 활용을 위한 인력 양성

IV-5-O. 생물종 다양성 보전 및 환경 친화적 활용(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 각종 개발로 인한 서식지 파괴 및 단절로 인한 생물종다양성 감소하기 때문에 동물 이동 통로에 대한 환경 민감 지역에 위치하는 도로 현황 및 정비·복원대상 조사하여 생태기능의 복원을 위한 정비계획 수립

(2) 주요내용

- 야생 동·식물의 안전한 서식지(자생지) 및 이동 통로 확보
 - 제주특별자치도 야생 동·식물 분포에 대한 정밀 조사·연구
 - 유해 야생 동·식물 및 특정 동·식물의 생물학적 관리
 - 생태·경관도로 정비·복원사업을 위한 실태조사
 - 환경 친화적 교통수단 도입
- 야생동식물 보호에 대한 홍보·교육활동 강화
 - 야생동식물 보호를 위한 교육·홍보 및 감시·구조 역량 강화
- 야생 동·식물보호를 위한 효율적 관리시스템 구축
 - 유관 기관 및 단체와의 유기적인 네트워크 구축
 - 동·식물자원을 활용한 생태관광 및 지역 경제 활성화

IV-6-O. 외래종 유입 및 생태계 교란 동·식물의 예방적·과학적 관리 (2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 외래 동·식물의 유입에 따른 고유종 감소 및 생태계 교란으로 생태계의 고유성·건전성을 위한 외래 동·식물 유입 차단을 위한 검역시스템 강화 필요

(2) 주요내용

- 생태계의 고유성과 건전성 보전을 위한 동·식물 검역체계 강화
- 생태계 교란 동·식물에 대한 증식억제 및 주기적인 제거 실시
- 생태계 교란 동·식물의 자원화 방안 연구

IV-7-O. 희귀·멸종위기 식물의 증식·복원으로 유전자원 보전기능 강화 (2012~2016)

(1) 배경 및 목적

- 희귀·멸종위기식물의 증식·복원 위한 시스템 구축
- 국제보호지역 권역별 생물자원 조사와 전산화 구축

(2) 주요내용

- 국제보호지역 별 통합 GIS 체계 구축
- 제주지역 희귀·특산식물의 보전 방안 연구
- 제주지역 희귀·특산식물의 자원화 방안 연구

IV-8-O. 기후변화대응 한라산 장기생태 연구(2008~2012)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화에 따른 한라산 및 꽃자왈 생태계 대응전략 수립 필요

(2) 주요내용

- 한라산, 꽃자왈 장기생태계 모니터링
- 생물다양성, 식생, 생물계절현상 등 조사
- 기후변화에 따른 생태계 영향분석 및 대응전략수립

■ 농업분야 세부추진과제

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
V-2-O	농업생산기반 정비사업	제2차 국제자유도시 종합계획	수자원본부
V-3-O	제주특별자치도 토양의 유실량 조사	환경보전중기기본계획	농업기술원
V-6-O	신품종 개발	농·임·축·수·식품산업 발전계획	농업기술원
V-7-O	선진 방역시스템 구축과 축산물 안전관리 강화	제2차 국제자유도시 종합계획	동물위생 시험소
V-8-O	제주특별자치도 지정 제주 고유가축 육종 개량 연구센터	농·임·축·수·식품산업 발전계획	축산진흥원
V-12-O	온난화에 따른 새로운 병·해충 대응 조기 방제기 술 개발지원	농·임·축·수·식품산업 발전계획	농업기술원
V-13-O	기후변화 대응 농작물 신품종 개발 및 이용촉진	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	농업기술원
V-14-O	친환경 유기농업 육성 녹색성장기반 조성	제주특별자치도 기후변화 대응 종합계획	친환경농정과
V-15-O	제주형 식물공장 시범사업 추진	제주특별자치도 기후변화 대응 종합계획	농업기술원
V-16-O	기후변화에 대비한 토양환경관리범위 확대	환경보전중기기본계획	환경정책과
V-17-O	외래위해식물 모니터링 시스템 구축 및 자원화 방안 추진	농·임·축·수·식품산업 발전계획	농업기술원

V-2-O. 농업생산기반 정비사업(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 양호한 농업생산기반의 구축, 태풍과 집중호우 등으로 인한 농작물의 침수방지, 농업 용수난 해소 등을 위해 농업생산기반 정비사업의 지속적인 추진 필요

(2) 주요내용

- 받기반 정비사업
 - 농업생산기반이 취약하고 개발여건이 양호한 농작물 주산단지 및 집단화된 받을 대상으로 용수개발, 농로 포장 등 생산기반을 지속적으로 구축
- 배수 개선사업
 - 태풍과 집중호우 등으로 침수피해를 입고 있는 저지대 농경지에 배수로와 저류지를 건설하여 농작물의 침수방지, 농업생산성 향상을 도모하기 위해 지속적 사업 추진
- 저수지 개발사업

- 가뭄 때마다 빗어지는 고질적인 농업 용수난을 해소하고, 지하수를 새로 개발하지 않고 지표수와 용천수를 활용함으로써 수자원을 보전하기 위해 지속적 사업 추진

V-3-O. 제주특별자치도 토양 유실량 조사(2011~2020)

(1) 배경 및 목적

- 제주도 토양에서의 유실에 대한 연구가 거의 없는 실정이고, 유실량 조사 및 토양보전 대책 수립 필요

(2) 주요내용

- 토지이용별 토양 유실량 조사 : 논, 밭, 과수원, 초지, 산림
- 경사도별 토양 유실량 조사 : 0-7%, 7-15%, 15-30%, 30-45%
- 주요 토양별 토양 유실량 조사 : Andisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols, Ultisols
- 토양보전 농법에 따른 토양유실 저감 효과 구명 : 부초, 초생대, 자갈대, 등고선 재배 등

V-6-O. 신품종 개발(2012~2016)

(1) 배경 및 목적

- 과실에 대한 소비시장 수요공급 패턴이 급격하게 변화되고 있음: 품질고급화, 안전성 중시, 수입과실류 급증 등
- 국제식물신품종보호동맹(UPOV) 대응 감귤 품종육성이 절실하며 도입품종 제주지역 적응성 검토가 필요함
- FTA, DDA에 따라 소비자가 선호하는 고품질 과수가 요구되고 있음
- 국제자유도시 조성에 따른 특화과수 품목다양화로 과실 선택 기회 확대
- 고품질 감귤 생산을 위한 토양피복재배 기술 등 농가현장 적응기술 개발이 필요함
- 만감류(한라봉 등)재배 확대에 따른 안정생산기술 개발 시급함

(2) 주요내용

- 국제식물신품종보호동맹(UPOV)에 대비한 로열티 경감, 수출확대 및 소비변화에 대응한 품종개발 필요

- 로열티 및 기후변화에 대응하기 위한 제주지역 특성에 적합한 품종 개발
- 온주밀감처럼 껍질 벗기기 쉽고 껍질을 벗길 때 향이 있으며, 당도가 높으면서 산이 낮은 감귤품종 육성

V-7-O. 선진 방역시스템 구축과 축산물 안전관리 강화(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 세계화와 관광산업 발달에 의한 사람과 물류이동 급증으로 악성 가축전염병 유입 가능성이 증대됨에 따라 이에 대한 강력한 대책 필요
- 가축사육 규모화 및 생산성 극대화 위주의 가축사육방식으로 가축질병확산 기회 증대에 따라 이에 대한 강력한 대책 필요
- 철저한 축산물 검사 및 위생관리를 통해 축산물 안전관리 강화 필요

(2) 주요내용

- 가축전염병 청정지역 유지를 위한 방역 시스템 구축
- 제주산 축산물 안전성 확보를 위한 검사체계 강화
- 축산농가에 대한 가축위생과 질병관리 예방 지원
- 반려동물, 농장동물복지 관련제도 조기정착 및 홍보 지원

V-8-O. 제주특별자치도 지정 제주 고유가축 육종 개량 연구센터(2012~2016)

(1) 배경 및 목적

- 향후 가축 종자 산업이 가금 한 종류만 3조원 시장, 반려견 시장은 10조 이상이 예상되지만 이러한 시장에 충분한 잠재성이 높은 제주견을 체계적으로 연구하고 육성할 연구 전담조직 전무
- 향후 종자확보 경쟁은 제주 축산의 사활이 걸린 문제이므로 축산진흥원의 직제 확대 개편으로 준비를 하거나 현실적으로 외부 연구(대학) 기관에 지정 연구센터로 하여금 연구를 전담하도록 지원하는 시스템 필요

(2) 주요내용

- 축산진흥원 확대 개편으로 연구기능 강화

- 인력 채용, 예산 등의 문제가 발생 시 외부 연구기관에 센터 지정을 통한 장기적 연구 체계 확립 필요

V-12-O. 온난화에 따른 새로운 병·해충 대응 조기 방제기술 개발지원 (2012~2016)

(1) 배경 및 목적

- 대부분 조기대응으로 많은 부분 방제가 가능하나 병·해충의 생육에 대한 연구가 안되어 조기 대응에 어려움이 많음
- 온난화에 따른 새로운 병·해충이 유입량이 많아지고, 유입시 천적, 농약 등 방제방법에 어려움이 있어 체계적인 연구가 필요함
- 제주는 청정 이미지로 농약사용에 어려움이 있어 친환경 자재를 통한 방제 연구가 필요함

(2) 주요내용

- 제주지역 발작물에 대한 사회학적 조사 실시
- 외래 병·해충이 유입되면 큰 피해를 줌으로 유입·병해충에 대한 예찰 시스템 구축
- 새로운 병·해충이 발작물의 생산과 관리에 미치는 영향을 연구
- 친환경 자재를 이용한 방제방법 연구

V-13-O. 기후변화 대응 농작물 신품종 개발 및 이용촉진(2009~2017)

(1) 배경 및 목적

- 지구온난화 등에 따라 제주지역이 아열대기후로 변화 추세
- 기후변화에 따른 제주지역에 알맞은 품종 및 재배기술 개발 필요

(2) 주요내용

- 감귤: 우량변이가치 찾기에 의한 품종육성 및 이용촉진
- 채소: 수입 의존율이 높은 주요채소 품종육성 및 이용촉진

- 화훼: 내수 및 수출가능 화훼류, 품종육성 및 이용촉진
- 식량특용작물: 고품질 병저항성 및 기능성 품종 개발
- 아열대과수: 기후변화에 따른 새로운 품목 도입 신소득원 창출

V-14-O. 친환경 유기농업 육성 녹색성장기반 조성(2010~2030)

(1) 배경 및 목적

- 청정제주 친환경농업시범도 완성을 위한 녹색성장의 메카 육성
- 전형적인 농어촌자원을 연계한 친환경 유기농 제주형 생태마을 조성

(2) 주요내용

- 친환경유기농과 연계한 제주형 Eco-village조성
- 친환경농업 기반시설, 판매장, 생태공원 조성, 체험농장 자연 순환 농법 실천 등
- 생태마을 부존·민속자원 활용 환경·생태·체험관광 기지화 등 환경 친화적인
신농촌 모델개발

V-15-O. 제주형 식물공장 시범사업 추진(2012~2016)

(1) 배경 및 목적

- 제주는 온난한 기후와 청정환경을 보유하고 있지만 급변하는 기후변화와 이상기후로 안정적인 친환경농산물 생산과 지역 관광연계 사업으로의 가능성이 높음
- 기후변화로 인한 안정적인 식량확보, 온실가스 저감, 농촌 고령화 대비, 농촌인구 유입 등 농촌문제 해결을 위한 방안 모색이 필요

(2) 주요내용

- 첨단과학 기술을 이용한 제주형 식물공장 건립 및 시범사업 추진
- 타당성 연구 및 운영에 대한 매뉴얼 개발, 장기적 시범단지 조성 추진
- 제주 MICE 산업과 연계한 관광상품화 연구 추진
- 스마트그리드 사업과 연계하여 생산비 저감 방안 수립
- 용암해수와의 연계를 통한 고부가가치화 추진

V-16-O. 기후변화에 대비한 토양환경관리범위 확대(2012~2015)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화가 토양 및 지하수 환경에 상당한 영향이 있을 것으로 예상되나, 이에 대한 실질적 연구는 미흡한 상황임
- 기온 상승으로 인한 지하수 수위의 변화를 가져올 뿐만 아니라 토양유실이 증가할 것으로 전망됨
- 토양의 물리·화학적 조성변화는 토양의 생물부양기능 저하, 생태계 서식지 파괴, 홍수발생 증가 등 다양한 환경문제를 초래

(2) 주요내용

- 토양오염관리 위주의 토양관리정책에서 양질의 표토를 보전하기 위해 표토보전 대책 수립
- 상수원 상류 및 수변구역 등에서 실시하는 건설공사에 대한 토양유실방지 기준 마련
- 기후변화에 따른 토양의 물리적·화학적 특성변화 및 토양생태계에 미치는 영향 등에 대한 연구 추진
- 기후변화로 인한 토양환경 변화에 적절하게 대처할 수 있는 관리 방안 마련

V-17-O. 외래위해식물 모니터링 시스템 구축 및 자원화 방안 추진(2012~2016)

(1) 배경 및 목적

- 제주지역에는 240여종의 귀화식물이 생태계 교란의 주범으로 밭에 침입하여 위해잡초로 생산량과 생육에 영향을 미치고 있으나 이에 대한 조사가 전무함
- 지역 이입을 통해 자생하는 외래식물들은 자생식물과 경합을 위해 특정 화학성분으로 타 식물과, 병·해충에 영향을 주어 제주의 자생식물보다 생육 우위에 있는 것으로 보아 친환경 농자재 등으로 활용가치 있음
- 육상 조사와 더불어 항공 예찰은 외래식물의 분포역을 보다 정밀하고 자세히 확인이 가능하며 손쉽게 지속적인 모니터링이 가능함(재선충 항공예찰 등)

(2) 주요내용

- 도내 주요 외래식물 조사 및 식물 사회학적 조사
- 외래식물의 생태계 교란 기작과 작물 생육에 미치는 영향 조사
- 항공예찰로 지속적인 모니터링 시스템 구축
- 유입된 외래식물의 자원화 연구

▣ 해양/수산분야 세부추진과제

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
VI-5-O	생분해성 어구 시범사업	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	수산정책과
VI-6-O	제주 연안어장 환경실태 조사	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	수산정책과
VI-7-O	어장 생태환경 모니터링 및 복원 연구	제주특별자치도 기후변화 대응 종합계획	해양수산연구원
VI-10-O	참다랑어 외해양식 산업화	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	수산정책과
VI-11-O	친환경 녹색성장 넙치양식산업 지원	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	수산정책과
VI-12-O	친환경 수산물 방역센터 지원	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	수산정책과
VI-13-O	연안퇴적파래 자원화 사업	제주형 저탄소 녹색성장 5개년 계획	해양개발과
VI-14-O	기후변화에 따른 해양생태계 변화 예측	환경보전중기기본계획	해양개발과

VI-5-O. 생분해성 어구 시범사업(2009~2014)

(1) 배경 및 목적

- 유실어구 및 폐어구로 인한 각종 환경오염 및 수산피해가 발생함에 따라 해양환경 및 수산자원 보호 등을 위해 수중에서 분해되는 친환경 어구의 사용 및 제도와 필요

(2) 주요내용

- 2009 ~ 2013년: 자망 5,700폭
- 2014년 이후 : 자망 11,400폭

VI-6-O. 제주 연안어장 환경실태 조사(2009~2013)

(1) 배경 및 목적

- 최남단 제주해역이 기후온난화에 가장 민감한 위치에 있음에도 연안 생태계 변화에 대한 체계적인 조사 등이 전무한 실정임
- 제주연근해를 중심으로 연안 생태계 변화조사를 통한 기후변화대응 모델 개발 및 자원회복 기초 자료로 활용

(2) 주요내용

- 마을어장별 갯녹음 현상, 해조류 종류 및 분포상황 등 조사

VI-7-O. 어장 생태환경 모니터링 및 복원 연구(2010~2030)

(1) 배경 및 목적

- 갯녹음 현상 등으로 황폐화되고 있는 마을어장의 해양생태계 복원

(2) 주요내용

- 마을어장 바다숲 조성 연구
- 어장 생태환경 모니터링 및 생태계 복원연구
- 제주연안 해양환경 변동 모니터링 연구

VI-10-O. 참다랑어 외해양식 산업화(2010~2019)

(1) 배경 및 목적

- 최근 기후온난화의 영향으로 참다랑어 등 고급 회유성 어종이 제주도 연근해에서 많이 잡히고 있고, 새로운 '비즈니스 찬스'로 부각
- 3년간('05~'09) 서귀포시 표선 앞바다에 외해양식 시험어업을 통해 시설의 안전성 및 경제성 입증 등 성공가능성확인
- 미래 新성장동력산업으로 생산+가공+유통(관광)을 포함하는 6차 산업형 『제주 바다 외해양식개발 프로젝트』 추진

(2) 주요내용

- 주요시설: 가두리시설, 종묘구입, 관리선 건조, 인공종묘생산 시설 등
- 넉치양식 중심에서 새로운 고부가가치 양식산업으로 전환
- 수산업의 세계적 개방화 추세에 따른 수출 전략품목으로 육성

VI-11-O. 친환경 녹색성장 넉치양식산업 지원(2009~2013)

(1) 배경 및 목적

- 넉치양식산업을 친환경 녹색성장산업으로 육성
- 무항생제 양식을 통한 건강하고 안전한 양식넉치 생산
- 넉치양식산업을 한·중·일 FTA 대비 친환경 녹색성장산업으로 육성하여 국제 경쟁력 제고
- 친환경 수산물 인증에 적합한 양식넉치 생산지원을 위한 면역 증강제 구입지원

(2) 주요내용

- 2009 ~ 2013년
 - NEW 양식산업 종합발전대책 수립 및 친환경 양식수산 선포식
 - 넉치 면역 증강제 지원사업 추진
- 2014년 이후
 - 전 양식수산물 친환경 수산물 인증제 추진
 - 양식어류 면역 증강제 지원사업 추진 확대

VI-12-O. 친환경 수산물 방역센터 지원(2009~2013)

(1) 배경 및 목적

- 양식수산물의 종묘단계에서부터 양성, 출하는 물론 식탁에 오르는 수산식품단계 까지 안전관리시스템 구축
- 친환경 양식산업을 녹색성장산업의 선도 성장산업으로 육성
- 양식수산물의 종묘단계에서부터 양성, 출하는 물론, 식탁에 오르는 수산식품단계 까지 안전관리시스템 구축으로 대외 이미지 제고

- 제수산 양식수산물의 차별화 전략 추진으로 대외경쟁력 강화

(2) 주요내용

- 2009 ~ 2013년
 - 조례개정 : 양식수산물방역및안전성검사에관한조례
 - 친환경 수산물 방역센터 건립 지원 및 업무추진
 - 주요업무 : 방역검사, 양식수산물 출하 전 안전성 검사, 어류질병 진단 및 치료, 품질검사, 유통수산물 안전성검사
- 2014년 이후
 - 친환경 수산물 방역센터 주요업무 추진

VI-13-O. 연안퇴적파래 자원화 사업(2009~2013)

(1) 배경 및 목적

- 연안에 다량 발생된 파래를 가공 사료 등 자원화
- 기후변화에 따라서 파래가 이상변식으로 해안가에 퇴적, 방치되는 등 청정바다 이미지 훼손
- 연안에 다량 발생된 파래 및 어패류 부산물을 가공 사료 등 자원화 함으로써 새로운 일자리 창출

(2) 주요내용

- 연안 퇴적 파래 등 어패류 부산물의 자원화로 해안변 경관 정비 및 제주 청정이미지 제고
 - 연간 처리량 6,000톤(20톤/일), 파래분 생산 연간 1,000톤

VI-14-O. 기후변화에 따른 해양생태계 변화 예측(2012~2020)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화에 따른 지구환경변화 및 생존환경의 변화는 현존하는 모든 생물들에게 큰 위협요인으로 작용하므로 이들 변화가 미치는 영향에 대해 과학적인 예측·

평가 마련이 시급

(2) 주요내용

- 장기해양생태연구(LTMER)를 위한 사이트 지정 및 운영
 - 인간에 의한 영향이 적은 육지에서 먼 도서 또는 해류의 영향이 직접적으로 미치는 정점을 대상으로 하여 사이트 지정
 - 양자강 담수 및 해류로 인한 해양환경변화 연구
- 기후변화에 따른 해양생태계 취약성 평가 및 대응방안 마련
 - 기후변화로 인한 장기적인 어류의 어획량과 채급군의 변동 양상을 파악하고 어종 교체 및 분포 변화에 대한 대책 마련, 수산자원 변동시나리오에 입각한 수산자원 관리방안 구축
 - 대기 기인 오염물에 의한 해양산성화는 해양생태계에 미치는 영향 산정 및 예측

■ 재해분야 세부추진과제

관리번호	사업명	관련계획	담당부서
VII-2-O	기상이변 대비 재난취약지역 예방대책	기후변화대응 종합계획	소방방재본부
VII-3-O	재난 예·경보 시스템의 과학화 및 현대화	제2차 국제자유도시 종합계획	소방방재본부
VII-4-O	기상이변 대비 재난취약지역 예방대책	기후변화대응 종합계획	소방방재본부
VII-5-O	하천정비 및 재해위험지구 관리대책	기후변화대응 종합계획	건설도로과 (소방방재본부)
VII-7-O	선제적 재난 예방·대비체계 구축	제2차 국제자유도시 종합계획	소방방재본부
VII-8-O	도민안전체험센터 건립 및 안전체험 교육 강화를 통한 안전문화 정착	제2차 국제자유도시 종합계획	소방방재본부
VII-9-O	u-IT 기술을 활용한 안전망 구축	제2차 국제자유도시 종합계획	소방방재본부
VII-10-O	u-Safe 재난관리시스템 개발·운영	제2차 국제자유도시 종합계획	소방방재본부

VII-2-O. 기상이변 대비 재난취약지역 예방대책(2010~2030)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화에 대응하기 위한 재난취약지역 재해 예방 사업으로 기후변화로 일어날

수 있는 자연재해로부터의 능동적인 대응

(2) 주요내용

- 재난예방 홍보물 제작
- 하천지장물 제거사업
- 자동음성통보시스템
- 하천수위감시용 카메라 설치
- 지진해일대비, 안내판, 하천위험경고판 정비·설치
- 재해문자 전광판 설치 등

VII-3-O. 재난 예·경보 시스템의 과학화 및 현대화(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 제주지역 실정에 맞는 재난 u-IT 기술 연구 및 개발을 통한 재난 예·경보 시스템의 과학화 및 현대화

(2) 주요내용

- 제주지역 실정에 맞는 재난 예·경보 시스템 구축
 - 태풍, 지진, 집중호우, 홍수, 강풍, 황사 등에 대한 제주지역 특성에 맞는 수치예보모델을 개발하여 기상이변에 대한 예측 능력 강화
 - 제주지역에 적합한 중소하천 홍수예보시스템 구축
 - GIS 및 첨단 기술을 활용한 공간단위 예보시스템 구축 및 운영
- 제주지역 풍수해 대응 시스템 구축
 - 제주지역 풍수해 피해예측 평가시스템 개발 및 구축
 - 제주지역 재난 유형별 풍수해 대응체계 표준화 기술 개발 필요

VII-4-O. 기상이변 대비 재난취약지역 예방대책 (2010~2030)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화에 대응하기 위한 재난취약지역 재해 예방 사업으로 기후변화로 일어날 수 있는 자연재해로부터의 능동적인 대응

(2) 주요내용

- 재난예방 홍보물 제작
- 하천 지장물 제거사업
- 자동음성통보시스템
- 하천수위감시용 카메라 설치
- 지진해일대비, 안내판, 하천위험경고판 정비·설치
- 재해문자 전광판 설치 등

VII-5-O. 하천정비 및 재해위험지구 관리대책(2010~2030)

(1) 배경 및 목적

- 기후변화에 따른 홍수 피해 사전억제 및 피해 최소화
- 상습침수지역 등 홍수로 인한 재해를 사전에 정비하여 주민 피해 최소화
- 침수 등 재해발생이 우려되는 지역을 재해위험지구로 지정하여 체계적인 정비계획에 계획에 의한 재해요인을 사전에 해소하여 도민의 행복지구 제고

(2) 주요내용

- 지방하천 및 소하천 정비사업
- 재해위험지구 정비사업

VII-7-O. 선제적 재난 예방·대비체계 구축(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 제주지역 재난특성에 맞는 제주맞춤형 재난관리시스템 구축 필요
 - 한반도 최남단 지역으로 잦은 태풍, 집중호우에 약한 지형구조 등 육지부와 다른 재난특성에 맞는 제주맞춤형 재난관리시스템 구축 필요
- 사후 복구중심에서 선제적 예방체제로의 전환 필요

- 사전 예방중심의 운영, 주요 방재시설 인프라 확충 등 예방 투자 확대를 통한 선제적 재난예방중심시스템 구축·운영

(2) 주요내용

- 미래통합형 재난관리조직 설계
 - 기후 변화 및 사회시스템의 변화에 따른 재난의 대형화·다양화에 대비하기 위한 제주특별자치도 특성을 살린 통합형 재난관리조직 설계
- 재난예방안전점검체계 강화
 - 「국가안전관리시스템」과 연계하여 각종 취약시설물에 대한 예방안전점검체계 관리 강화
- 실질적 예방 위주 방재시설 구조로 개편

VII-8-O. 도민안전체험센터 건립 및 안전체험 교육 강화를 통한 안전문화 정착 (2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 기상이변과 사회구조의 고도화에 따른 재난의 일상화에 효율적으로 대비하기 위해 도민안전체험센터 건립을 통한 종합적 안전체험 교육훈련 인프라 구축
- 국제자유도시 및 WHO제주안전도시에 걸맞는 안전체험센터 기반 구축으로 세계 평화의 섬 구현 및 안전제주 구현
- 재난대비 및 생활안전문화 정착, 사고 손상을 저감을 위한 실질적인 체험위주의 학습 및 훈련 필요

(2) 주요내용

- 재난 실제상황과 유사한 안전체험을 통해 안전의식을 고취하는 등 안전체험 프로그램 내실화
- 안전체험관을 포함하는 소방방재학교 설치(도민안전체험센터 건립)

VII-9-O. u-IT 기술을 활용한 안전망 구축(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 재난발생의 불확실성에 대응할 수 있는 u-IT기반 재난관리시스템 구축 필요
 - 미국·영국·호주·일본 등 주요 국가에서는 자연재해, 테러, 전염병 등 예기치 못한 사건·사고에 대응키 위해 정보시스템을 적극 활용하여 재난관리의 취약한 부분을 보강

(2) 주요내용

- 정보통신기술과 방재의 융합
 - 응용서비스별 콘텐츠 등의 고도화, 첨단화, 다양화되는 정보통신기술을 방재분야에 활용
 - IT 정보기술과 결합된 도시통합관제서비스를 제공하는 지역 안전망 구축
- 재난현장 방송 및 감시용 CCTV 설치
 - 재난현장에 대한 u-IT 기반 감시체계를 통해 예방 및 재난 피해 최소화 도모
 - 재난위험지역 등에 실시간 정보 제공을 위한 CCTV 설치 확대
- 예방 중심의 u-방재 시스템 구축
 - 재난발생 위험, 피해규모, 피해감소 능력 등에 기초한 안전도 진단

VII-10-O. u-Safe 재난관리시스템 개발·운영(2012~2021)

(1) 배경 및 목적

- 섬이라는 지리적 여건으로 한라산 등 세계자연유산 지역에 대형 산불 발생시 외부의 실질적 지원이 어려운 점 등을 감안할 때 산불에 대한 신속하고 효율적인 재난관리체계 수립 절실
- 산불 신고접수 및 진압지휘 체계의 이원화로 인한 비효율을 극복하기 위해서는 산불신고·진압지휘체계의 일원화 필요

(2) 주요내용

- 과학적인 재난관리시스템 구축
 - 첨단 IT 기술 등을 활용한 재난관리 시스템 구축
- 긴급 상황에 대응하는 통합시스템 및 사고지휘 체계 구축

- 효율적 긴급 상황관리를 위한 통합시스템 및 사고지휘체계 구축
- 산불 재난관리 및 진압지휘체계 일원화 필요
- 사고 종류에 관계없이 긴급전화번호를 일원화하여 신속한 대응체계 구축
- 재난출동에 관하여 소방, 경찰 동시지령, 동시출동시스템 구축(상황실 통합)

참여 연구진

연구책임

김 태 윤 제주발전연구원 선임연구위원
강 진 영 제주발전연구원 책임연구원

공동연구

강 승 진 제주발전연구원 연구위원
고 봉 현 제주발전연구원 책임연구원
김 동 순 제주대학교 생물산업학부 교수
박 원 배 제주발전연구원 선임연구위원
방 익 찬 제주대학교 지구해양과학과 교수
송 관 필 전 제주테크노파크 선임연구원
이 근 화 제주대학교 의학전문대학원 의학과 교수
이 병 걸 제주대학교 토목공학과 교수
조 성 환 (주)연안생태기술연구소 소장
최 영 근 제주발전연구원 초빙연구위원
고 인 중 제주발전연구원 위촉연구원
