

발간등록번호
11-1360169-000060-01

위험기상 특성분석을 통한
제주 예보구역 효율화 방안 기획연구
(Research on the planning to improve the efficiency
of the Jeju Forecast Area through the analysis
of dangerous weather characteristics)

2021년도

제주지방기상청
예보과

제 출 문

본 보고서를 “위험기상 특성분석을 통한 제주 예보구역 효율화 방안 기획연구” 최종보고서로 제출합니다.

□ 주관연구기관명 : (유)나노웨더

□ 연 구 기 간 : 2021. 3. 4. ~ 2021. 7. 1.

□ 주관연구책임자 : 허 모 랑

□ 참 여 연 구 원

– (유)나노웨더 김홍희

– (유)나노웨더 오지원

– (유)나노웨더 김홍중

– (유)나노웨더 오승혜

2021년 7월 1일

제주지방기상청장 귀중

목 차

요약문	ix
제1장 서론	2
1.1 연구 배경 및 목적	2
1.2 사업 범위 및 추진체계	8
제2장 최근 10년 간 제주지역 관측지점(강우량, 적설) 이력 현황 분석	10
2.1 ASOS, AWS 적설관측 지점 현황(신설, 폐쇄, 이전 등)	11
2.2 강우량, 적설 관측장비(센서) 변경 이력	11
제3장 관측자료 기반 위험기상 지역별 발생 현황 분석	17
3.1 관측지점별 관측자료 위험기상 발생 현황 조사	17
3.2 위험기상 지역에 대해 고도별, 예보구역별, 행정구역별 발생빈도 분석	24
제4장 관측자료 기반 위험기상 지역별 발생 현황 분석	30
4.1 위험기상 지역의 기상 특성분석	30
4.2 위험기상 지역의 지형, 기반시설 등을 반영한 공간적 특성분석	44
제5장 지자체 행정구역과 연계 방향 제시	50
5.1 예보구역과 관련하여 지자체 방재담당자 요구사항 설문 조사	50
5.2 위험기상 지역의 입체적 분석 등을 토대로 행정구역과의 연계 방안 분석	

제시	63
제6장 최적의 예보구역 운영방안을 위한 방향 제시	67
6.1 효율적인 예특보업무 수행과 지자체 방재업무 지원을 위한 최적의 예보구역 효율화 안 제시	67
6.2 최적의 예보구역 적용 시 효용성 분석	73
6.3 향후 예보구역 개편 추진 시 필요한 절차 제시	84
제7장 결론 및 제언	87
참고문헌	90

표목차

표 1.1 제주 관측지점의 1991년부터 2020년간 기후평년값(기온, 강수량 및 평균풍속)	3
표 2.1 제주지방기상청 관할의 종관기상 관측지점들의 예보구역 분류 및 관측개시일 (굵은 글씨는 종관관측지점)	12
표 3.1. 제주특별자치도의 레이저 적설계 지점명과 위치 정보	18
표 3.2. 적설 관측 지점의 품질관리 검토 내역	19
표 3.3 호우와 대설의 기상특보 발표 기준	20
표 3.4 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점의 호우특보 횟수	21
표 3.5 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점 및 제주특별자치도 운영 적설 관측의 대설특보 발생 횟수	22
표 3.6 제주도 육상국지예보 구역별 호우특보 년평균 발생 횟수(추자도 제외)	25
표 4.1 제주도 기상 관측 지점의 호우특보 발생 빈도, 년평균 강수량의 군집분석 결과(K-means cluster, k=4)	36
표 4.2 제주도 적설 관측 지점의 대설특보 발생 빈도, 년평균 적설량의 군집분석 결과(K-means cluster, k=4)	40
표 4.3 제주도 적설 관측 지점의 대설특보 발생 빈도, 년평균 적설량의 군집분석 결과(K-means cluster, k=5)	41
표 5.1 설문지의 설계	50
표 5.2 제주도에서 위험도가 높다고 생각하는 재해유형 전체 응답자 수(명)	52
표 5.3 현행 예보구역에 대한 만족도 정도(명,%)	53
표 5.4 방재업무 만족도(명,%)	54
표 5.5 방재업무 시 제공되는 기상특보 중, 개선이 필요한 부분에 대한 응답	55
표 5.6 중산간 지역(해발고도 200~600m 지역) 방재업무에 어려운 점에 대한 응답	56
표 5.7 현재 제주도 예보구역 개편 필요도 (명,%)	57
표 5.8 제주시와 서귀포시의 동·서부 구분 동의 (명,%)	58
표 5.9 상세 예보구역 구분 및 적용 동의 정도 (명,%)	59

표 5.10 예보구역 구분 기준 (방재유관기관, 명)	60
표 5.11 예보구역 구분 기준 (방재유관기관 외, 명)	60
표 5.12 예보구역 구분 기준 (전체응답자, 명)	60
표 5.13 예보구역 구분을 위한 기준항목(행정구역, 고도, 기후특성, 기타) 선택 이유 (명, %, 복수응답 문항)	61
표 5.14 예보구역 개편 시 필요한 절차에 대한 응답	61
표 5.15 재난안전법의 지역재난 안전대책본부에 관한 사항	64
표 6.1 예보구역 개편안의 구역별 행정동 및 특징	70
표 6.2 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점의 최고최저기온의 극값 및 최대풍속의 극값 발생일 (기간: 2017년1월1일~ 2020년 12월31일) [출처: 기상청 기상자료개방포털]	73

그림목차

그림 1.1 제주도 고도별 지형도(왼쪽), 제주도 위도 33.37N° 지점의 동-서 횡단면 해발고도 분포(오른쪽)	2
그림 1.2 1991년~2020년의 일 최대풍속의 바람장미 제주지점(왼쪽), 고산 지점(오른쪽)	3
그림 1.3 제주도 고도에 따른 지형 구분 (지질학회지, 2014)	4
그림 1.4 최근 10년간 제주특별자치도의 풍수해 재산 피해 현황(단위: 천원) [출처:국민재난안전포털]	5
그림 1.5 한파에 폭설...하늘·땅·바닷길 '공공'	5
그림 1.6 제주지방기상청 예보구역도 (https://www.kma.go.kr/jeju/html/info/business02.jsp)	6
그림 1.7 제주특별자치도의 행정구역도(읍,면,동)	7
그림 1.8 사업 추진전략	8
그림 2.1 제주도의 종관관측지점(빨간색), 방재기상관측지점(파란색)의 위치와	11
그림 3.1 제주특별자치도 재난안전대책본부 실시간 적설 정보 (https://bangjae.jeju.go.kr/realtimeinfor/snowfallinfo.htm)	18
그림 3.2 년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도북부, 추자도, 제주도남부)	25
그림 3.3 년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도서부, 제주도동부)	26
그림 3.4 년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도산지)	26
그림 3.5 해발고도 600m 이하의 관측지점 2017년~2020년간 대설특보 발생횟수	27
그림 3.6 2017년~2020년간 대설특보 발생횟수 (제주도산지)	28
그림 4.1 군집분석 방법의 모식도	32
그림 4.2 호우주의보(3시간) 발생횟수의 계통도	33
그림 4.3 호우주의보(12시간) 발생횟수의 계통도	33
그림 4.4 호우경보(3시간) 발생횟수의 계통도	34
그림 4.5 호우경보(12시간) 발생횟수의 계통도	34

그림 4.6	년평균 강수량의 계통도	35
그림 4.7	K-means 군집에 의한 호우특보 발생빈도의 분류, 회색선은 예보구역 구분, (a)호우주의보 발생횟수(3시간누적), (b)호우경보 발생횟수(3시간누적) (c)호우주의보 발생횟수(12시간누적), (d)호우경보 발생횟수(12시간누적) (e) 년평균 강수량	38
그림 4.8	대설주의보 발생횟수의 계통도	39
그림 4.9	대설경보 발생횟수의 계통도	40
그림 4.10	년평균 적설량의 계통도	40
그림 4.11	K-means 군집에 의한 대설특보 발생빈도의 분류(k=4),	43
그림 4.12	주요 시도 총 인구수 변화	44
그림 4.13	제주도 순 인구이동률	45
그림 4.14	1992년, 2001년, 2011년, 2020년 전체 읍면동 별 인구수(명)	46
그림 4.15	2000년부터 2020년까지 입도 관광객 수(명, 위) 및 입도 관광객 증감율(% 아래)	47
그림 4.16	제주도 풍수해위험지구 지도, 붉은색 점 (박창열, 2021)	48
그림 4.17	도시/농림지역 및 교통노드 자료 중첩, 붉은선은 해발고도	48
그림 5.1	방재업무 관련 수행경험 기간 별 응답자 수(명)	51
그림 5.2	직무 분야별 응답자 수(명)	52
그림 5.3	현행 예보구역에 대한 만족도 정도(%)	53
그림 5.4	방재업무 만족도 (%)	54
그림 5.5	현재 제주도 예보구역 개편 필요도 (%)	57
그림 5.6	제주시와 서귀포시의 동·서부 구분 동의 정도 (%)	58
그림 5.7	상세 예보구역 구분 및 적용 동의 정도 (%)	59
그림 5.8	행정시와 자치단체(도청)의 업무 분담	63
그림 5.9	제주도 현재 기후노출 취약성 공간 분포(왼쪽), 미래기후노출 취약성 분포(오른쪽) (박창열, 2021)	64
그림 5.10	제주시 재난안전대책본부 재난대응 절차 및 계획	65
그림 6.1	예특보 구역 개편 1안	68

그림 6.2 예특보 구역 개편 2안	69
그림 6.3 예특보 구역 개편 3안	69
그림 6.4 예보구역 개편안에 따른 호우주의보와 년평균 강수량의 군집 결과 비교 (a)1안, 호우주의보(3h), (b)1안, 년평균 강수량의 군집결과, (c)2안, 호우주의보(3h), (d)2안, 년평균 강수량의 군집결과, (e)3안, 호우주의보(3h), (f)3안, 년평균 강수량의 군집결과	71
그림 6.5 예보구역 개편안에 따른 대설주의보와 년평균 적설량의 군집 결과 비교 (a)1안, 대설주의보, (b)1안, 년평균 적설량의 군집결과, (c)2안, 대설주의보, (d)2안, 년평균 적설량의 군집결과, (e)3안, 대설주의보, (f)3안, 년평균 적설량의 군집결과	72
그림 6.6 예보구역 개편안에 따른 기온의 극값 발생 빈도(2017년~2020년) 비교 (a)1안, 일최고기온 33℃이상 35℃미만, (b)1안, 일최고기온 35℃이상, (c)2안, 일최고기온 33℃이상 35℃미만, (d)2안, 일최고기온 35℃이상, (e)3안, 일최고기온 33℃이상 35℃미만, (f)3안, 일최고기온 35℃이상	76
그림 6.7 예보구역 개편안에 따른 바람의 극값 발생 빈도(2017년~2020년) 비교, 일최대풍속 14m/s이상 21m/s미만(산지는 17m/s이상 24m/s) 강풍주의보, 일최대풍속 21m/s이상(산지는 24m/s) 강풍경보	77
그림 6.8 호우 특보사례① 2020년 5월 9일 06KST 3시간 누적강수(왼쪽), 09KST(오른쪽) 노란색 음영 구역은 대설경보, 하늘색 음영은 대설주의보 지역	78
그림 6.9 호우 특보사례② 2020년 7월 10일 06KST 3시간 누적강수(왼쪽), 09KST(오른쪽)	79
그림 6.10 태풍 마이삭의 이동 경로 (기상청, 2020)	79
그림 6.11 호우 특보사례③ 태풍 마이삭 2020년 9월 2일 14KST 3시간 누적강수 (a), (b)17KST 3시간 누적강수 (c)19KST 3시간 누적강수 (d)23KST 3시간 누적강수	80
그림 6.12 대설특보사례① (a) 2018.01.11.15KST (b) 2018.01.11.18KST (c) 2018.01.11.18KST 이상 정시관측 강수량 (d) 2018.01.10.15KST~2018.01.11.15KST, (e) 2018.01.11.15KST~2018.01.12.15KST 24시간 누적적설량	81
그림 6.13 대설특보사례② 2020년 2월 16일 20KST~18일 01KST (a) 2020.02.17.12KST (b) 2020.02.17.17KST (c) 2020.02.17.23KST 이상 정시관측 강수량 (d) 2020.02.17 01KST~18일 01KST, (e) 2020.01.17. 11KST~2020.01.17.11KST 이상 24시간 누적적설량	82

그림 6.14 대설특보사례③ 2020년 12월 29일 00KST~31일 13KST (a) 2020.12.29.17KST (b) 2020.12.29.23KST (c) 2020.12.30.20KST 이상 정시관측 강수량 (d) 2020.12.30.00KST~2020.12.31.00KST, (e) 2020.12.30.12KST ~2020.12.31.12KST 이상 24시간 누적적설량	83
그림 6.15 서울특별시 특보구역 세분화(2020년) 추진 과정	84

〈요약문〉

□ 연구배경 및 목적

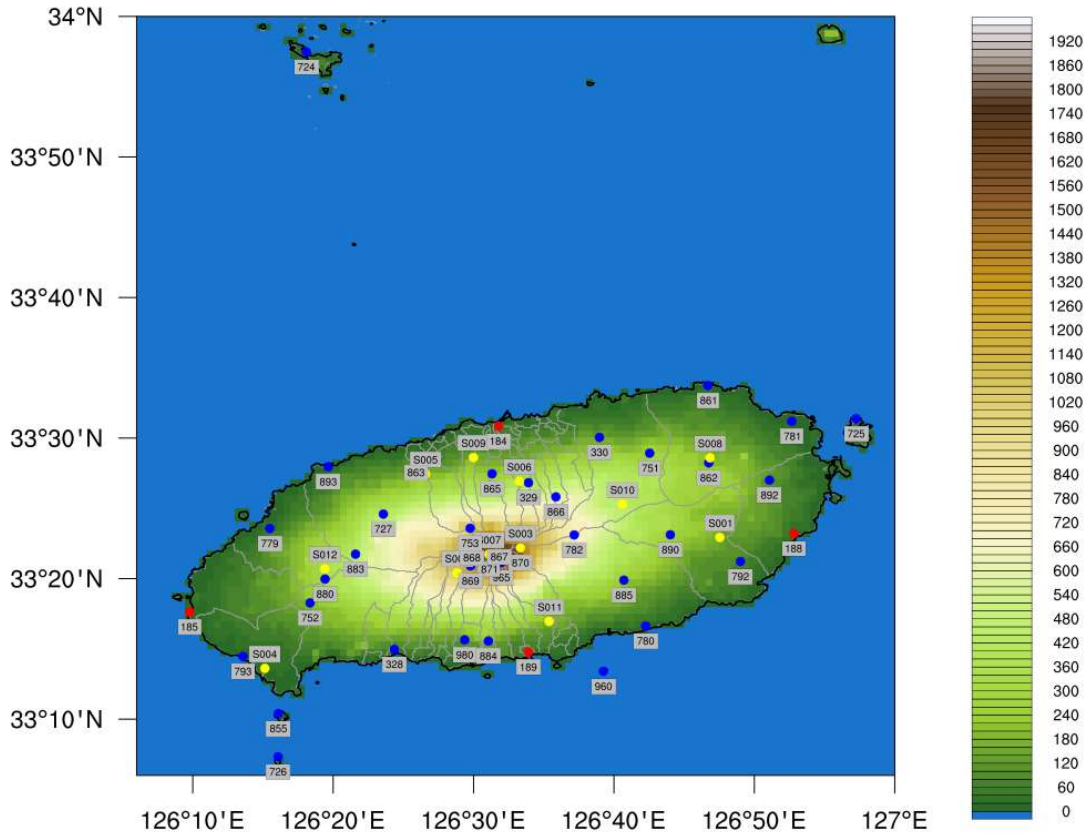
- 제주특별자치도(濟州特別自治道)는 제주도 본섬을 비롯하여 마라도, 우도, 추자군도 등을 포함한 유인도 8개, 무인도 55개로 구성되어 있고 추자도를 포함하면 면적은 약 1,889km²이고 한라산의 화산 활동으로 만들어져 섬의 중심에 남한에서 가장 해발고도가 높은 한라산(1,950m)이 자리 잡고 있음.
- 기상청 누리집 및 제주도 구조운동사(지질학회, 2014)에서는 제주도를 해발고도 분포에 따라 해발고도 200m 이하 해안지대, 200~500m 중산간 지대, 500m 이상을 산간으로 구분(지질학회지, 2014). 제주지방기상청은 육상예보구역을 동부, 서부, 남부, 북부, 해발고도 600m 이상의 산간으로 구분하여 운영 중
- 최근 10년간 제주도의 순이동 통계 결과 중산간으로 생활 권역이 확대되고 제주와 서귀포를 잇는 교통량이 많은 평화로도 중산간을 관통하고 있음
- 제주도 육상국지 예보구역의 동부와 서부는 행정구역상 제주시와 서귀포시가 같은 예특보 구역에 걸쳐져 있고, 제주도의 행정구역은 한라산을 중심으로 남북으로 길게 뻗은 지역이 많아 위험기상에 대한 예특보시 같은 기상현상에서 해안에는 비가 거의 오지 않고 중산간은 주의보 수준, 산지는 경보수준의 실황이 나타나는 경우가 있어 중산간에 위치한 마을 주민들과 이 구역의 관광소를 방문하는 국민이 체감하는 예보의 효용성이 떨어지고 있는 실정
- 제주도의 위험기상 특성분석과 재해기상의 공간적 분석 등을 통해 향후 방재 기상업무 시 이를 활용하고, 기상 예특보 구역 효율적 개편과 같은 제도개선 등 정책 발전 방안을 제안하고자 함

□ 최근 10년 간 제주지역 관측지점(강우량, 적설) 이력 현황 분석

- ASOS, AWS 적설관측 지점들의 신설, 폐쇄, 이전 현황
 - 최근 10년간 제주의 주요 기상관측 지점의 이동 및 신설 등 이력을 조사하여

호우와 대설의 위험기상의 지역별 발생 현황을 분석하였음.

- 제주도의 기상관측지점은 그림과 같이 4개 종관관측지점(붉은색 지점)과 37개 방재관측기상지점(파란색 지점) 그리고 노란색으로 표시된 레이저 적설계 들은 제주특별자치도청이 운영 중인 12개 지점으로 본연구의 대설특보 현황 집계에 포함되었음.



[그림] 제주도의 종관관측지점(빨간색), 방재기상관측지점(파란색)의 위치와 제주특별자치도 운영 레이저 적설계 관측지점(노란색)의 위치 및 지점고유번호
 ※ 제주특별자치도의 관측지점 번호는 구분을 위해 임의 지정

- 동서 73km, 남북 31km, 1833.2 km² 면적의 제주도에 약 6.7km마다 1개 지점 정도의 밀도로 기상관측 기기가 운영 중
- 가장 먼 거리를 이동한 지점은 2017년 수평 31km 이동한 대흘(#330) 지점으로 2001년 최초 관측시에는 관측 지점명이 하원으로 이후 총 3회 이동하였고 2017년 제주남부에서 제주북부로 특보 구역이 변경됨. 이 밖에 2002년부터 제주남부 서귀포W(월드컵경기장) 지점으로 설치된 #869지점은 2002년

1,260m 고지의 영실 지점으로 이동하여 해안지역에서 산지로 이동한 지점

○ 강우량, 적설 관측장비 변경 이력

- 2020년 12월을 기준으로 적설이 관측되는 지점은 총 14개 지점이며 목측으로 관측되던 종관관측 지점들도 2015년 고산과 성산, 2020년 제주와 서귀포까지 레이저 적설계 관측기기가 설치 운영 중이며(제주와 서귀포 지점은 목측과 레이저 적설계 병행) 추가로 2021년 6개 지점에 레이저 적설계가 추가 설치될 예정

□ 관측자료 기반 위험기상 지역별 발생 현황 분석

○ 호우특보의 관측지점별 발생빈도 및 예보구역별 특성

- 국가데이터센터에서 제공하는 제주도 각 관측지점의 2010년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지 정시 관측 강우량, 적설자료 및 제주특별자치도가 관리하는 12개 지점의 레이저적설계 관측자료를 연구에 활용하였음
- 기상청의 적설 관측지점의 공백을 보완하기 위해 사용된 제주특별자치도의 관측 정보는 기상청의 관측에 비해 누락되거나 기기 오류가 많아 품질 관리 수행 후 활용함
- 위험기상의 분류는 호우와 대설의 기상 특보 발효기준에 따르고 호우는 3시간 누적과 12시간 누적 호우특보를 분리하여 분석

[표] 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점의 호우특보 횟수

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	자료수집 기간 (년)
제주도 북부	제주	19	4	15	4	2010~2020
	산천단	47	17	31	13	2010~2020
	대흘	33	6	35	4	2010~2020
	유수암	34	8	26	6	2010~2020
	선흘	39	13	32	8	2010~2020

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	자료수집 기간 (년)
	외도	14	3	7	3	2015~2020
	오등	19	4	12	5	2015~2020
	새별오름	16	4	11	3	2015~2020
	애월	4	0	4	0	2019~2020
제주도 남부	서귀포	29	6	30	4	2010~2020
	중문	23	5	19	2	2010~2020
	서광	22	2	14	3	2010~2020
	제주남원	22	3	27	1	2010~2020
	기상(과)	22	4	26	2	2013~2020
	태풍센터	53	12	48	11	2010~2020
	강정	10	2	12	1	2010~2020
제주도 동부	성산	26	7	26	2	2010~2020
	우도	19	5	18	1	2010~2020
	구좌	16	3	18	1	2010~2020
	표선	23	6	28	2	2010~2020
	월정	11	2	8	1	2015~2020
	송당	21	6	18	4	2015~2020
	제주가시리	29	9	23	6	2015~2020
	성산수산	3	3	5	2	2019~2020
제주도 서부	고산	9	0	3	0	2010~2020
	마라도	15	0	9	2	2010~2020
	한림	10	1	10	0	2010~2020
	대정	22	1	16	1	2010~2020

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	자료수집 기간 (년)
	가파도	11	1	5	0	2010~2020
	금악	12	2	9	1	2016~2020
제주도 산지	어리목	82	32	61	22	2010~2020
	성판악	130	23	83	34	2010~2020
	한라생태숲	25	9	14	9	2015~2020
	삼각봉	66	42	43	31	2015~2020
	사제비	46	29	39	19	2015~2020
	영실	57	19	37	19	2010~2020
	진달래밭	142	64	119	42	2010~2020
	윗세오름	140	90	100	58	2010~2020
추자도	추자도	13	2	7	0	2010~2020

- 호우특보 발생횟수를 년평균 발생횟수로 계산하여 예보구역별로 위험기상 발생횟수의 특징을 보면 제주도 북부와 남부 그리고 동부의 3시간 호우주의보는 년평균 각 2.9회, 2.5회, 2.4회이고 호우경보 발생일수는 년평균 0.7회, 0.5회, 0.8회이다. 이에 비해 제주 서부는 년평균 1.4회, 0.1회 호우주의보와 경보가 관측되어 제주도 내 다른 지역과 비교하여 소우(小雨) 지역임
- 다만, 관측소의 고도별 위치를 살펴보면 제주도 북부 지역 관측소의 평균 해발고도가 200m 이상으로 중산간에 위치한 관측지점이 남부는 한 개(제주가 시리 275.2m)인 점을 감안하여 해안지점의 횟수만 비교하였을 때는 남부가 북부보다 특보 횟수는 많음.
- 제주 산지의 8개 관측지점의 년평균 특보횟수는 주의보 9.1회 경보 4.4회로 중산간 이하 지점들에 비해 월등히 많다. 또, 12시간 특보와 3시간 특보의 차이를 비교해보면 중산간 이하 지점들에서 비슷하거나 조금 적은데 비해 산지에서는 3시간 호우주의보 9.1회가 12시간 호우주의보 6.5회로 30% 정도 횟수가 줄어든다. 이는 산지의 호우가 단시간에 많은 비가 오는 빈도가 장시간

비가 오는 빈도보다 높은 특징임.

○ 대설특보의 관측지점별 발생빈도 및 예보구역별 특성

- 대설특보 발생횟수는 총 관측기간과 2017년부터 2020년까지의 4년간으로 분리하여 산출함. 대설 특보는 24시간 누적 적설량으로 계산되는데, 경보 기준이 해발고도 600m 이하는 20cm 이상, 산지의 대설경보는 30cm 이상임
- 중산간과 산지는 해안 지역과 비교하여 대설특보의 횟수가 급격히 증가
- 성산 지점은 최근 4년간 대설주의보 5회, 경보 1회 발생으로 주변 해안지역에 비해 두 배 이상 빈도가 높게 나타나며 윗세오름보다 고도가 낮은 진달래밭의 관측에서 대설경보의 발생 빈도가 월등히 높게 관측됨.
- 고도별로는 해발고도와 대설주의보의 발생빈도는 비례하여 증가하며, 700m 이상의 산지에는 연간 대설 특보발생의 횟수가 10회 이상임.

[표] 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점 및 제주특별자치도 운영 적설 관측의 대설특보 발생 횟수

구분	지점명	대설주의보 (전체기간)	대설경보 (전체기간)	대설주의보 (2017~2020년)	대설경보 (2017~2020년)	자료수집 기간(년)
제주도북부	제주	13	0	6	0	2010~2020
	산천단	28	2	15	1	2010~2020
	대흘	0	0	0	0	2010~2020
	유수암	16	0	16	0	2010~2020
	평화로입구(L)	6	0	4	0	2014~2020
	산천단(L)	19	1	16	0	2014~2020
	제방사	10	1	9	0	2016~2020
	삼다수공장(L)	29	2	20	1	2014~2020
제주도남부	서귀포	9	0	2	0	2010~2020
	서광	2	0	2	0	2010~2020
	강정	2	0	2	0	2010~2020
	토평감귤유통 센터(L)	4	0	2	0	2014~2020

구분	지점명	대설주의보 (전체기간)	대설경보 (전체기간)	대설주의보 (2017~2020년)	대설경보 (2017~2020년)	자료수집 기간(년)
제주도동부	성산	19	1	5	1	2010~2020
	표선	1	0	1	0	2010~2020
	성산수산	0	0	0	0	2019~2020
	번영로(L)	14	1	12	0	2016~2020
제주도서부	고산	1	0	0	0	2010~2020
	한림	0	0	0	0	2010~2020
	비자림(L)	7	0	4	0	2014~2020
	금악이시돌(L)	7	0	4	0	2014~2020
제주도산지	어리목	88	20	42	4	2010~2020
	영실(L)	31	0	19	0	2010~2020
	진달래밭(L)	51	14	49	14	2014~2020
	윗세오름(L)	58	4	56	4	2016~2020
추자도	추자도	2	0	2	0	2016~2020

□ 재해기상 지역의 입체적 특성분석

○ 위험기상 지역의 기상 특성분석 방법

- 호우와 대설의 사례들을 고도에 따른 특성을 분석하기 위해 비유사성에 근거하여 가까운 순서대로 군집화하는 탐색적인 통계 분석방법 (Exploratory Data Analysis, EDA)인 군집분석을 적용
- 계층적 방법인 Ward 방법을 적용하여 적절한 군집의 개수 k를 결정하고, 선정된 k개의 군집의 중심점을 계산하여 이를 K-Means 군집분석 방법을 적용

○ 호우의 발생빈도 군집분석 결과

- 호우특보의 군집분석은 2010년부터 2020년까지의 각 관측지점의 3시간 누

적 호우주의보와 호우경보, 12시간 누적 호우주의보와 호우경보의 횟수 조사, 그리고 같은 기간동안의 년강수량을 군집 분석의 객체로 사용하여 k를 4로 지정하는 K-means 군집분석을 수행

- 4개의 군집은 군집 빈도가 가장 높은 산지는 두 개의 그룹으로 나뉘어 분류되었고, 다음은 제주도 북부의 유수암과 서부의 금악 지역을 제외한 중산간 지역과 북부의 대흘과 남부 서광과 강정 지점, 동부 섬인 마라도, 산지로 분류된 지점 중 한라생태숲 지점은 고도 조정 후 588m 고도에 위치한 지점이 다음 빈도 그룹으로 나머지 해안지역이 빈도가 가장 낮은 그룹임.
- 제주도 남부와 동부의 지역이 제주도 서부와 북부의 해안 지역보다 비가 많이 오는 것으로 구분됨

○ 대설의 발생빈도 군집분석 결과

- 2017년부터 2020년까지 각 관측지점의 24시간 누적 적설량으로 산출됨.
- 대설주의보와 경보의 군집은 4개, 5개로 나뉘어지고 순서가 차이가 있으나, 군집 결과는 차이는 K-means 군집에서 산지 군집에 세분화와 해안 지점들 내의 제주도 동부와 북부의 일부 발생빈도가 많은 지점이 세분화되는 차이가 있었음.
- 빈도가 가장 높은 1번과 4번 군집 그룹은 산지의 관측지점들이며 다음으로 빈도가 높은 그룹은 3번 그룹으로 중산간과 영실지점이 이에 속한 그룹이고 나머지 해안 지점들은 빈도가 가장 낮은 지점임.

○ 위험기상 지역의 지형, 기반시설 등을 반영한 공간적 특성분석

- 제주도 행정 읍면동 경계를 넘어 제주도로 이동한 전입인구와 제주도 행정 읍면동 경계를 넘어 다른 지역으로 이동한 전출인구의 차이를 뜻하는 순이동 인구의 순이동률을 보면, 1992년 1,705명(0.3%)에서 증가와 감소를 반복하다 2010년 이후 국제학교 개교, 공공기관 이전 등 관광산업 활성화로 지속적인 증가 경향에 있음(2019년대비 2020년 순이동 3,378명 증가)
- 2020년에는 해안가에서 인구감소를, 중산간지역과 걸쳐있는 아라동에서 인구증가를 보인 것으로 제주도민들의 생활반경이 중산간 지역으로 확대
- 국가정보 오픈플랫폼의 지리통계정보를 이용하여 교통량과 생활권역의 분석

에서 제주시와 서귀포시 도시화가 진행 구역 지도 중첩에서 중산간까지 시가화가 진행되고 있으며 제주도의 인구 증가 및 도시화 진행으로 국민들의 입지 활용은 해안 중심에서 중산간 지역으로 생활권역이 확대 중임.

□ 지자체 행정구역과 연계 방향 제시

○ 예보구역과 관련하여 지자체 방재담당자 요구사항 설문 조사

- 제주지방자치단체들의 방재담당자의 의견을 위험기상 특보구역의 개선에 반영하고자 행정 현장의 담당자와 대면 및 비대면의 설문을 실시
- 총 응답자수는 51명으로, 응답자 중 방재유관기관 담당자(도청, 시청, 제주지방경찰청, 소방본부, 읍면사무소, 한라산국립공원, 제주농업기술원, 제주연구원 등)는 27명, 그 외 추가설문 응답자 (재난/재해, 기상/기후, 연구/사업, 기타) 24명이 설문에 참여
- 제주도에서 위험도가 높다고 생각하는 재해유형을 순위별로 묻는 질문에 대해, 방재유관기관 담당자는 태풍(24명), 호우(17명) 순
- 현행 예보구역에 대한 만족도와 관련한 질문에 대해, 방재유관기관 응답자 27명 중 33.3%에 해당하는 9명만 ‘매우만족~만족’이라고 응답하였고, 그 외 응답자 24명 중 45.8%인 11명이 ‘매우만족~만족’을 선택
- ‘행정구역 중복(서귀포시·제주시의 동/서부 포함)’과 이로인해 ‘비상근무 체계가 비효율적으로 운영’된다는 의견
- ‘제주도의 동서남북, 고도 등 지역마다 기후의 편차가 커 예보구역 내에서도 기상상황이 상이하다’는 의견

○ 위험기상 지역의 입체적 분석 등을 토대로 행정구역과의 연계 방안 분석 제시

- 제주도의 폭우로 인한 재해취약성 등급별 분포 분석에 따르면 현재도 산지를 비롯한 중산간은 2등급이며 상대적으로 비가 많이 오는 제주도 남부와 동부가 3등급으로 이러한 위협은 미래에는 산지와 제주도 동남부 지역이 1등급 지역으로 확대될 것으로 예상

- 제주시와 서귀포시의 방재업무체계는 각 시의 지역재난안전대책본부의 규정에 따르는데, 일선 담당자는 기상특보 구역이 제주도동부와 서부가 같이 행정시에 걸쳐있는 경우, 업무의 중복 및 방재 업무 범위의 규정이 곤란한 경우가 발생함. 이에 대한 대책으로 행정구역에 따른 예보 구역의 조정이 가능한지에 대한 검토가 필요함.

□ 최적의 예보구역 운영방안을 위한 방향 제시

- 효율적인 예·특보업무 수행과 지자체 방재업무 지원을 위한 최적의 예보구역 효율화 안은 표와 같음

[표] 예보구역 개편안의 구역별 행정동 및 특징

구 분	예보구역별 행정동	예보구역 개수	특 징
현재	①산지 ②제주도북부: 애월,제주,조천 ③제주도동부: 구좌,우도,표선,성산 ④제주도남부: 서귀포,남원,안덕 ⑤제주도서부: 대정,한경,한림 ⑥추자도	6	지형과 기상특성에 따라 구분
1안	①산지 ②중산간 북 ③중산간 남 (이하 해안지역) ④한경,한림 ⑤애월,제주,조천 ⑥구좌,우도 ⑦표선,성산 ⑧서귀포,남원,안덕 ⑨대정 ⑩추자도	10	- 중산간과 행정동의 구분 - 방재업무 지원을 위한 예보구역개편 최적화 - 예보구역 세분화에 따른 기술적 문제점 보완 필요
2안	①산지 ②중산간 북 ③중산간 남 (이하 해안지역)④한경,한림,애월 ⑤제주,조천,구좌,우도 ⑥표선,성산,서귀포,남원,안덕 ⑦대정 ⑧ 추자도	8	- 중산간과 행정동의 구분 - 호우와 대설의 기상현상에 따른 예보구역 최적화 : 예보구역 세분화 조정 - 방재업무 시 예보구역 재편에 따른 혼선방지 방안 필요
3안	①산지 ②중산간 북 ③중산간 남 (이하 해안지역)④제주도북부: 애월,제주,조천 ⑤제주도동부: 구좌,우도,표선,성산 ⑥제주도남부: 서귀포,남원,안덕 ⑦제주도서부: 대정,한경,한림 ⑧추자도	8	- 고도별 예보구역 구분 - 기상현상에 다른 예보구역 구분 유지 - 행정동의 구분에 따른 구역 재편은 현행 유지 - 예보구역개편의 혼선 최소화

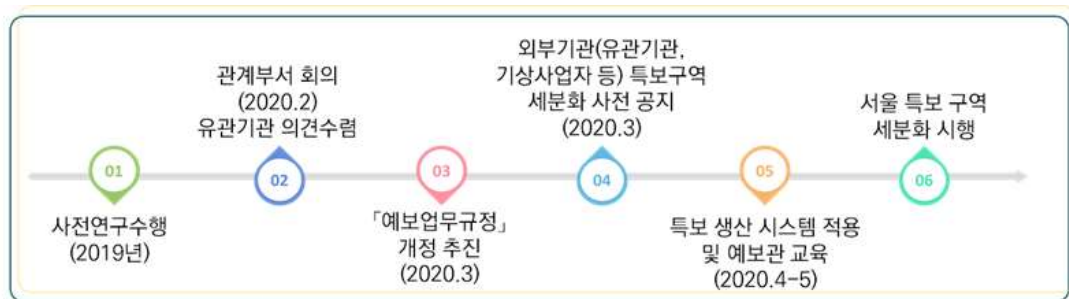
○ 최적의 예보구역 적용 시 효용성 분석

- 위험기상의 특보는 호우, 대설과 함께 폭염, 강풍, 한파등 다양한 기상 현상에 대하여 세분화됨.
- 예보구역 개편안이 이들 기상 요소들의 지역별 차이를 적절히 반영할 수 있을지 확인하기 위해 기온과 바람 요소에 대해 일 최고기온과 일최저기온으로 폭염주의보와 경보 기준인 33℃이상 35℃미만, 35℃이상의 극값 발생일수를 각 지점별로 추출하고 한파주의보의 기준은 영하 10℃이하로 일최저기온으로 일수를 자료 수집
- 기온의 극값은 도시화가 가장 많이 진행된 제주지점이 확연히 자주 발생하고 고도에 따라 발생빈도가 반비례하여 고도에 따른 극값 빈도의 변동은 유용한 것으로 분석함.
- 바람의 경우는 제주도의 산지 관측지점을 제외하면 모두 해안에 위치한 관측 지점이라 할 수 있어 관측기기의 위치와 사면에 따라 극심한 차이를 보임. 그러나, 섬의 특수성을 제외하면 한라산 정상의 관측지점들은 산악기상의 특성을 온전히 반영하므로 강풍의 특보가 고도에 따라 달라지고 있는 점이 확인됨.
- 위험기상의 특보 지역 구분의 타당성을 과거 사례에 적용하여 분석하기 위해 최근 3년 이내 호우와 대설의 각각 3개 사례를 선정하여 분석한 결과, 호우 예시들에서 산지에서 시작된 비가 중산간 전체 혹은, 중산간 남부로 확대되고 남동부 해안에만 비가 와서 동부에는 강수가 기록되지 않는 등 차이가 나타남.


○ 향후 예보구역 개편 추진 시 필요한 절차 제시

- 위험기상의 특보 발표는 예보업무규정(훈령)제17조~21조에 따라 육상국지에 보구역의 관할 예보관서가 시행함. 따라서, 예특보구역의 개편은 동 규정의 육상국지에보구역에 반영되어야 하는 사안임.
- 2020년 시행된 ‘서울특별시 특보구역 세분화’ 과정(아래 그림)과 같이 선행연구를 통해 서울지역의 강수 및 기온에 대한 기후특성 등 분석으로 특보구역의 4개 구역 세분화 방안 도출하고 이를 토대로 서울시와 행정안전부, 서울시의 교육부, 홍수통제소와 같은 유관 자치기구의 의견 수렴을 통해 특보 구역 세분화 계획을 설명하고 논의 과정을 거침.

- 예보업무 규정의 개정과 법규정 개정의 사전 공시를 통해 타 기관과 업계 등에 이를 알리고 반대 의견을 수렴
- 규정 개정 이후 기술적으로 예보업무에 적용하기 위한 준비과정으로 기상청의 특보 생산 시스템의 개선과 이를 활용하여 예보를 시행하는 예보관의 교육이 필요하였으며, 이후 2020년 5월 새로운 예특보구역 운영이 시행됨



[그림] 서울특별시 특보구역 세분화(2020년) 추진 과정



제1장

서론

- 1.1 연구 배경 및 목적
- 1.2 사업범위 및 추진체계

제1장 서론

1.1 연구 배경 및 목적

제주특별자치도(濟州特別自治道)는 제주도와 부속 섬들을 관할하는 특별자치도이다. 대한민국에서 가장 큰 섬인 제주도 본섬을 비롯하여 마라도, 우도, 추자군도 등을 포함한 유인도 8개, 무인도 55개로 구성되어 있다(위키백과). 또한 추자도를 포함하면 제주특별자치도의 면적은 약 1,889km²이고 한라산의 화산 활동으로 만들어져 섬의 중심에 남한에서 가장 해발고도가 높은 한라산(1,950m)이 자리 잡고 있다(그림 1.1). 한라산을 중심으로 동서사면은 3°~ 5°의 매우 완만한 경사이며, 남북사면은 5°정도로 약간 급한 경사를 이루고 있다. 가운데 한라산으로 인한 원추형태의 섬으로 고도별로 지점을 구분할 수 있는 제주도는 해발고도에 따라 아열대, 온대, 아한대 등 상이한 기후대가 좁은 지역에 함께 나타나는 특성을 보인다(제주지방기상청, 2018).

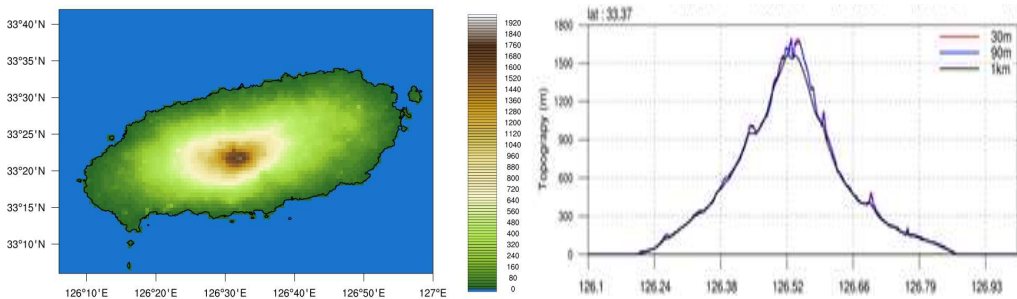


그림 1.1 제주도 고도별 지형도(왼쪽), 제주도 위도 33.37° 지점의 동-서 횡단면 해발고도 분포(오른쪽)

우리나라 최남단에 위치한 제주 지역은 겨울이 짧고 여름이 긴 편이고 겨울철에는 우리나라의 다른 지역과 같이 강한 북서 계절풍의 영향을 받으며, 여름철에는 남서·남동 계절풍의 영향을 받는다. 섬의 중앙에 한라산이 있어서 지역별로 기후의 특성에 미치는 영향이 크다. 사면에 따른 기후의 차이는 환경과 주민 생활에 큰 영향을 끼치고, 다양한 지리적 경관들을 관찰할 수 있다. 또한 제주도는 예로부터 바람이 많은 지역으로 유명하다. 연중 바람 부는 날의 빈도가 많을 뿐만 아니라 강풍의 빈도 또한 높다. 기상청의 2021년 발표된 우리나라 기후평년값(표 1.1)에 따르면 종관관측장비(ASOS: Automatic Synoptic Observing System) 운영 지점인 제주의 연평균 풍속은 3.9m/s이지만 고산은

6.8m/s이고(그림 1.2) 서귀포 2.5m/s, 성산의 3.1m/s에 비하면 한라산 북서사면이 훨씬 바람이 강하다(기상청 기상자료개방포털, <http://data.kma.go.kr>). 고산의 겨울철 평균 풍속은 9.4m/s에 이른다. 또, 우리나라의 대표적인 다우지역인 제주지점(#184)의 연평균 강수량은 1,502.3mm로 서귀포의 1,989.6mm와 성산의 2,030.0mm보다는 적다. 그러나 고산은 1,182.9mm로 제주지점 보다 매우 적은 양을 보여 지역 간 강수의 분포 차가 크게 나타나고 있다(표 1.1). 한편, 방재기상관측장비(AWS: Automatic Weather System) 운영 지점인 성판악(#782)은 해발고도 760.47m의 산지에 위치하고 있어 연평균 강수량의 평년값이 4381.0mm로 우리나라 종관관측 지점 중 최다우 지역에 해당되는 성산의 2배가 넘게 관측된다. 이로 미루어 고도에 따라 기온뿐 아니라 강수량의 차이가 크게 나고 있음을 확인할 수 있다.

표 1.1 제주 관측지점의 1991년부터 2020년간 기후평년값(기온, 강수량 및 평균풍속)

번호	지점명	기온 평년값 (단위 °C)			총강수량 (단위 mm)	평균 풍속 (단위 m/s)
		평균기온	평균 최고기온	평균 최저기온		
1	제주	16.2	19.3	13.4	1502.3	3.3
2	고산	15.7	18.6	13.2	1182.9	6.8
3	성산	15.6	19.2	12.1	2030.0	3.1
4	서귀포	16.9	20.3	13.9	1989.6	2.5
5	추자도	15.0	17.7	12.8	1127.7	4.0
6	성판악	10.9	14.6	7.6	4381.0	2.9

※ 굵은 글씨는 기후대표지점

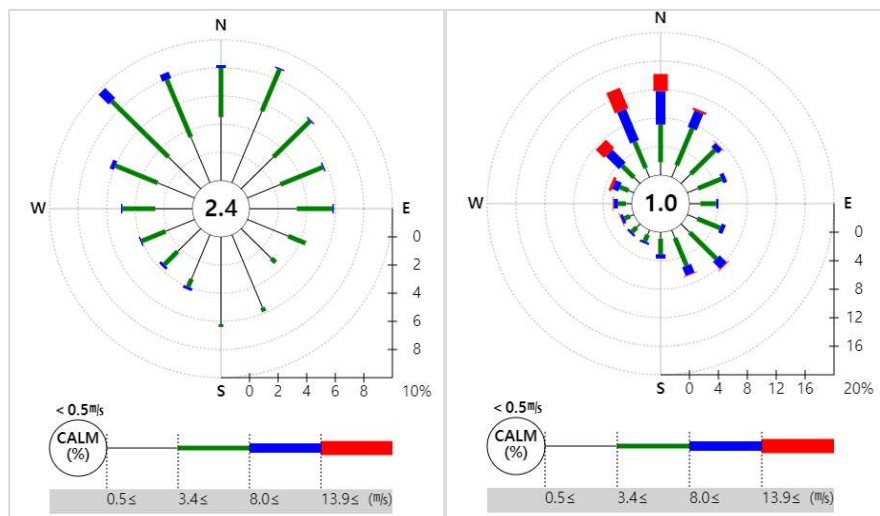


그림 1.2 1991년~2020년의 일 최대풍속의 바람장미 제주지점(왼쪽), 고산 지점(오른쪽)

기상청 누리집 및 제주도 구조운동사(지질학회지, 2014)에서는 제주도를 해발고도분포에 따라 해발고도 200m 이하 해안지대, 200~500m 중산간 지대, 500m 이상을 산간으로 구분하였다(그림 1.3). 해발고도 200m이하 지역은 제주도 전체면적의 55.3%로 해안지대이며, 고도 200~500m의 중산간 지대는 전체 면적의 27.9%로 목야지나 유희지로 되어있고, 고도 500~1000m지대는 제주도 전체 면적의 12.3%로 삼림이나 버섯재배로 이용하고 있으며, 고도 1000m 이상의 고산지대는 전체면적의 4.5%를 차지하고 있다(기상청 날씨누리). 중산간은 제주도의 남과 북을 오가는 주요 도로가 연결되어 있으며 주요 마을이 위치하고 있다. 제주도의 행정구역에는 없지만 제주도민이면 누구나 알고 있는 “중산간”은 제주 날씨의 특성을 그대로 반영한다. 특히 겨울철 해안지역에는 비가 내리지만 중산간부터 산지에는 폭설이 오는 경우, 여름철 지형고도의 영향으로 갑작스런 호우로 인해 기상 예특보가 발효되는 경우와 같이 일기현상의 동-서 차이와 더불어 고도별 일기현상의 급변은 드물지 않은 현상으로 제주를 찾는 관광객은 변화무쌍한 제주 날씨를 종종 경험하게 된다.

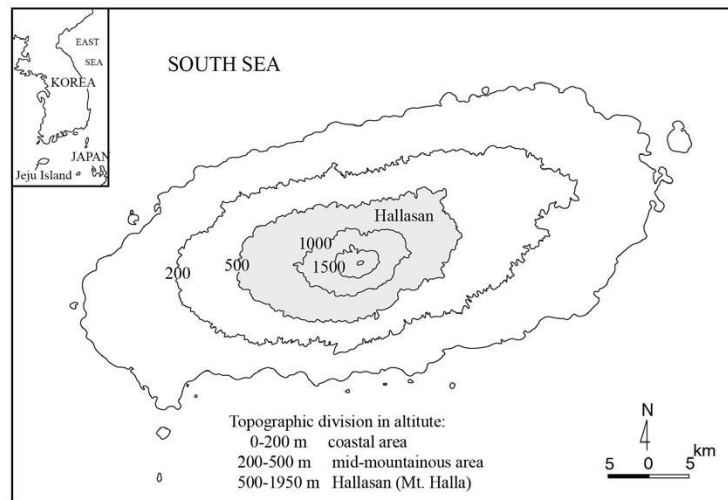


그림 1.3 제주도 고도에 따른 지형 구분 (지질학회지, 2014)

급변하는 기후 환경속에 제주도는 태풍이 북상하는 길목에 위치하여 태풍과 그에 동반한 호우 등 풍수해 피해를 매년 겪고 있으며 남한에서 가장 높은 한라산의 영향으로 대설에 의한 위험에도 대비하여야 한다. 그림 1.4의 최근 10년간 제주도의 풍수해 피해 현황에서 2016년 태풍 차바와 2012년 태풍 볼라벤과 같은 대형 태풍이 지나갈 때 집중적인 피해가 발생하였다. 2016년 연초의 한파로 제주 도심은 32년 만에 기록적인 폭설이 내리며 공항 운항이 마비돼 탑승객들의 발이 묶였다(그림 1.6). 이렇듯 풍수해의 위험에 대비한 방재업무는 국민의 재산과 인명을 보호하는 중요한 국가의 책무이다. 호우와 태풍, 대설의 방재 현

장에서 기상예특보 정보의 활용은 방재업무의 시작이므로 효율적인 위험기상의 예보는 제주도민과 여행객의 생활에 큰 도움이 될 것이다.

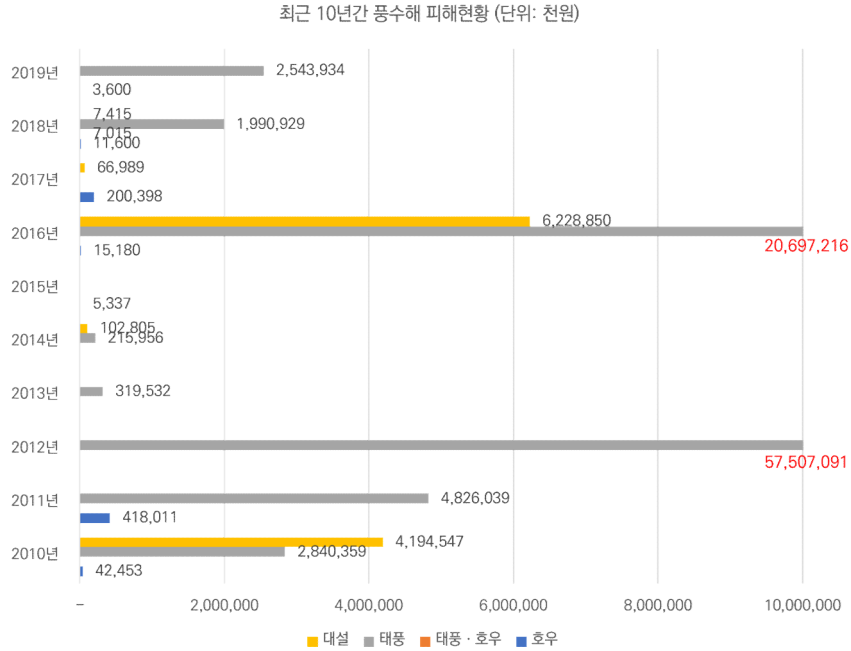


그림 1.4 최근 10년간 제주특별자치도의 풍수해 재산 피해 현황(단위: 천원)
[출처:국민재난안전포털]



그림 1.5 한파에 폭설...하늘·땅·바닷길 '꽁꽁'
[출처 : KBS NEWS (<https://news.kbs.co.kr/news>)]

제주지방기상청은 제주특별자치도의 기상예보, 위험기상 사전 대비를 위한 입체적인 기상관측망 운영과 보강 그리고 기후변화대응 기후서비스 업무를 수행

하고 있다. 통상 행정동의 구분에 따라 육상국지예보구역(기상법 예보업무규정)이 구획되어지는 것과는 달리 제주도의 육상예보구역은 동부, 서부, 남부, 북부, 해발고도 600m 이상의 산지로 구분하여 예보구역을 운영한다(그림 1.6). 따라서 예보구역의 동부와 서부는 행정구역상 제주시와 서귀포시가 같은 예특보 구역에 걸쳐져 있다. 또, 제주도의 행정구역(그림 1.7)은 제주시 아라동이나 조천읍, 서귀포시의 남원읍처럼 한라산을 중심으로 남북으로 길게 뻗은 지역이 많아 위험기상에 대한 예특보시 같은 기상현상에서 해안에는 비가 거의 오지 않고 중산간은 주의보 수준, 산지는 경보수준의 실황이 나타나는 경우가 있어 중산간에 위치한 마을 주민들과 이 구역의 관광소를 방문하는 국민이 체감하는 예보의 효용성이 떨어지고 있는 실정이다. 또, 위험기상의 방재기상업무는 지방자치단체를 비롯한 방재기관들의 기상 재해 대응과 관리 업무에 직접적인 영향을 끼치고 국민의 안전과 재산의 보호에도 직결되는 기상청의 핵심 소임이므로 기상예보 정보의 효율성 제고와 신뢰도 확보를 위해서는 효과적인 예특보 구역 운영을 통하여 국민이 체감하는 예보 서비스를 고도화하는 것은 매우 중요한 사안이다.



그림 1.6 제주지방기상청 예보구역도
 (<https://www.kma.go.kr/jeju/html/info/business02.jsp>)



그림 1.7 제주특별자치도의 행정구역도(읍,면,동)

우리나라 기상청은 2021년의 기상청 예산을 위험기상 예측역량 강화와 기후 변화 적응대책에 집중투자하기 위하여 △위험기상 예측역량 강화 및 대국민 전달체계 강화 △기후변화 정책지원 강화 및 미래 기상기술 개발 △위험기상 조기 탐지를 위한 지상·해양 등 기상관측망 확충 등에 중점적으로 편성하였다[출처: 대한민국 정책브리핑(www.korea.kr)]. 이를 통해 우리나라로 다가오는 위험기상 징후를 빠르게 파악하고 기후변화의 가속화로 찾아지는 이상기상현상과 자연재해에 사전대비하는 핵심 예보 역량을 고도화 하는데 집중하고 있다. 본 사업은 이러한 중점 투자 계획에 발맞춰 제주도의 위험기상 특성분석·재해기상의 공간적 분석 등을 통해 향후 방재 기상업무 시 이를 활용하고, 기상 예·특보 제도개선 등 정책 발전방안을 제안하는데 그 목적이 있다.

1.2 사업 범위 및 추진체계

본 연구에서는 최근 10년간 제주의 주요 기상관측 지점의 이동 및 신설 등 이력을 조사하여 호우와 대설 위험기상의 지역별 발생 현황을 분석한다. 또, 재해기상의 지역별 분포 특성을 입체적으로 분석하여 예보구역별 관측데이터 기반의 방재기상정보 서비스와 지방자치단체의 행정구역별 방재지원 업무 연계 방향을 제시한다. 이를 통해 최적의 예보구역 운영 효율화 방안을 제시하고자 한다. 본 사업의 사업 범위와 추진체계는 그림 1.8와 같다.

- 최근 10년간 제주지역 관측지점(강우량, 적설) 이력 현황 분석
- 관측자료 기반 위험기상(호우, 대설) 지역별 발생 현황 분석
- 재해기상 지역의 입체적 특성분석
- 지자체 행정구역과 연계 방향 제시
- 최적의 예보구역 효율화 안 제시



그림 1.8 사업 추진전략

제2장

최근 10년 간 제주지역 관측지점(강우량, 적설) 이력 현황 분석

- 2.1 ASOS, AWS 적설관측 지점 현황(신설, 폐쇄, 이전 등)
- 2.2 강우량, 적설 관측장비(센서) 변경 이력

제2장 최근 10년간 제주지역 관측지점(강우량, 적설) 이력 현황 분석

2.1 ASOS, AWS 적설관측 지점 현황(신설, 폐쇄, 이전 등)

제주지방기상청이 운영 중인 종관기상 관측지점 및 방재기상 관측지점의 현황 조사는 제주지방기상청으로부터 종관관측장비 운영 이력 및 적설 관측을 위한 초음파 관측기기, CCTV설치 지점들의 자체관리 문서를 제공 받았다. 또한 기상청 종합기상정보시스템 데이터베이스의 각 관측지점 이력 관리 내역을 포함하여 분석하였다. 연구를 위해 제공된 관측자료의 지점은 그림 2.1과 같이 4개 종관관측지점(붉은색 지점)과 37개 방재관측기상지점(파란색 지점) 그리고 노란색으로 표시된 레이저 적설계들은 제주특별자치도청이 운영 중인 12개 지점이다. 각 지점 번호로 표시된 그림 2.1의 상세 내역은 표 2.1와 같다. 2007년 폐쇄된 성산포(#265) 지점, 2017년까지 관측된 강정(#685) 지점을 제외하면 37개 방재기상관측 지점들에서 처음 관측이 시작된 이래 각 지점별로 명칭의 변경과 수차례의 수평, 수직 이동이 있었고 현재는 동서 73km, 남북 31km, 1833.2 km² 면적의 제주도에 약 6.7km마다 1개 지점 정도의 밀도로 기상관측 기기가 운영되고 있다. 우리나라 육상관측지점들의 거리 간격이 평균 약 14km인데 비하여 세밀한 관측이 이뤄지고 있다. 이들 관측 지점들의 위치는 좁은 지역에 수직 거리의 차가 심한 특성을 잘 반영하기 위해 2017년 학술연구용역 사업을 통해 방재관측지점의 균질한 분포 체계를 재점검하고 적설관측 지점 추가를 위한 조사·분석을 실시한 바 있다(제주지방기상청, 2017; 제주지방기상청, 2018). 표 2.1의 관측이동 내역은 관측지점 고유번호로 정리되어 명칭의 변경과 행정구역의 변경, 수직 수십 m 이내, 수평 500m 이하의 위치이동 내역은 생략되었다. 가장 먼 거리를 이동한 지점은 2017년 수평 31km 이동한 대흘(#330) 지점으로 2001년 최초 관측시에는 관측 지점명이 하원으로 이후 총 3회 이동하였고 2017년 제주남부에서 제주북부로 특보 구역이 변경되었다. 이 밖에 2002년 제주남부 서귀포월드컵경기장 지점으로 처음 설치된 #869지점은 2002년 1,260m 고지의 영실 지점으로 이동하여 해안지역에서 산지로 이동한 지점이다.

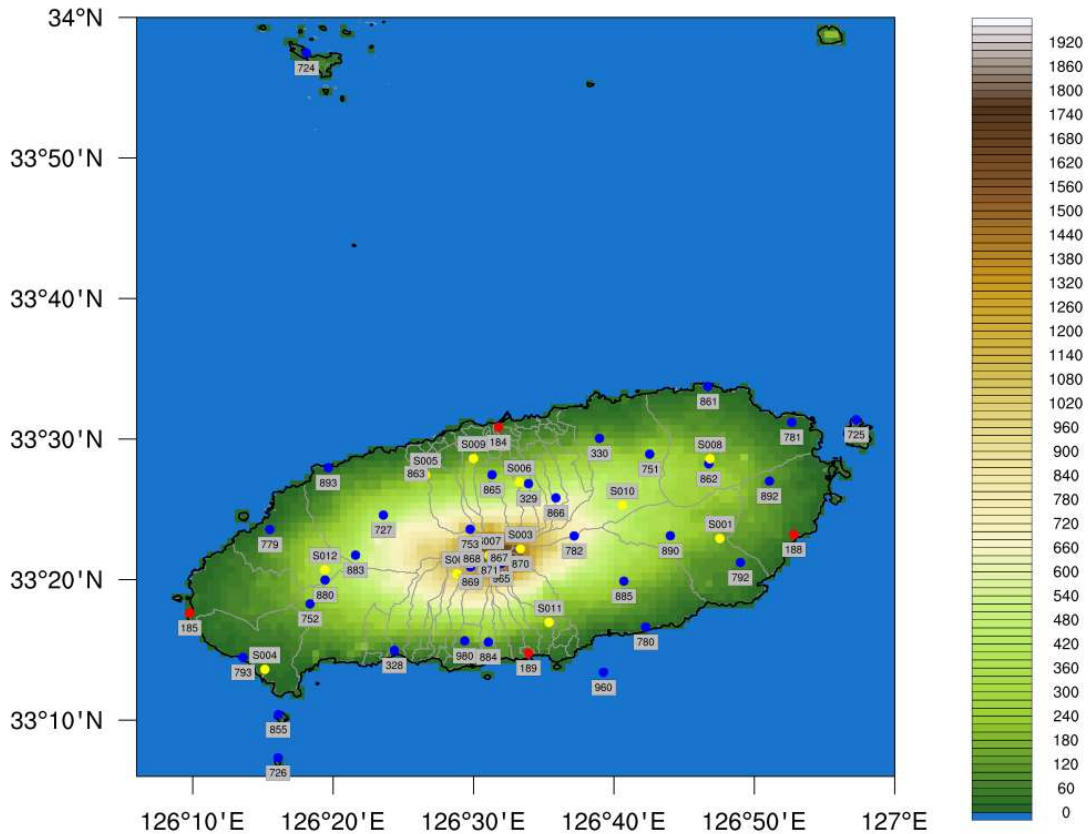


그림 2.1 제주도의 종관관측지점(빨간색), 방재기상관측지점(파란색)의 위치와 제주특별자치도 운영 레이저 적설계 관측지점(노란색)의 위치
 ※ 제주특별자치도의 관측지점 번호는 구분을 위해 임의 지정

2.2 강우량, 적설 관측장비(센서) 변경 이력

2020년 12월을 기준으로 적설이 관측되는 지점은 총 14개 지점이며 목측으로 관측되던 종관관측 지점들도 2015년 고산과 성산, 2020년 제주와 서귀포까지 레이저 적설계 관측기기가 설치 운영 중이며(제주와 서귀포 지점은 목측과 레이저 적설계 병행) 추가로 2021년 6개 지점에 레이저 적설계가 추가 설치될 예정이다(표 2.1). 최근 3년 이내 7개 방재기상관측 지점에서 강우량 관측장비 센서의 변경이 있었다. 한편, 어리목, 산천단, 봉성(초) 지점은 CCTV가 설치 운영 중으로 CCTV를 통한 적설도 관측이 이뤄졌으나, 본 연구에서는 CCTV 자료는 참고용으로 수집되었다.

표 2.1 제주지방기상청 관할의 종관기상 관측지점들의 예보구역 분류 및 관측개시일 (굵은 글씨는 종관관측지점)

구역	지점번호	지점명	관측개시일	해발고도 (단위 m)	관측이동 내역	강우센서 변경 이력 (최근3년 이내)	레이저적설계 설치일
제주도북부	184	제주	1923-05-01	20.79			2020-10-29
	329	산천단	2008-11-26	378.48	2008년 138m 수직 이동	강우감지계 (2019-10-15)	2017-09-27
	330	대흘	2001-10-23	144.41	2012년 -181m 수직 이동, 2015년 근거리 수직 이동 2017년 31km 수평이동 제주남부 → 제주북부		2019-09-20
	727	유수암	1998-05-01	425.21	1998년, 2010년 근거리 이동		2016-11-09
	751	선흘	1991-10-24	251.09	2014년 근거리 수직 이동		-
	863	외도	2015-12-01	52.65	2020년 근거리 수직 이동		-
	865	오등	2015-12-01	233.9	2015년 근거리 수직 이동		21년 설치예정
	883	새별오름	2017-10-30	435	2017년 5.3km 수평 이동 제주남부 → 제주북부		21년 설치예정
	893	애월	2019-08-09	5.24			-
제주도남부	189	서귀포	1961-01-01	51.86			2020-09-21
	328	중문	2001-10-23	63.64			21년 설치예정

구역	지점번호	지점명	관측개시일	해발고도 (단위 m)	관측이동 내역	강우센서 변경 이력 (최근3년 이내)	레이저적설계 설치일
	752	서광	1992-11-30	188.42	2013년 수직 이동, 2015년 근거리 이동		2019-09-20
	780	제주남원	1993-10-19	25.86	2016년 근거리 이동		-
	884	기상(과)	2013-12-19	173.45		강우감지계 (2020-11-11)	-
	885	태풍센터	2007-12-28	244.29			-
	960	지귀도	2004-12-10	18			
	980	강정	2013-10-02	141.84		강우감지계 (2019-09-23)	2019-09-20
제주도동부	188	성산	1971-01-01	20.34			2015-11-15
	725	우도	1993-01-01	9.23			-
	781	구좌	1993-10-21	17.18	1997년 수평 9km 이동, 2013년 수평 12km 이동		-
	792	표선	2009-06-17	80.47	2001년 근거리 이동, 2009년 수평 4.7km 이동	강수량계 (2019-06-17)	2019-09-20
	861	월정	2015-12-01	34		강우감지계 (2019-09-20)	21년 설치예정
	862	송당	2018-08-10	196.63	2016년 근거리 이동, 2018년 수평 6.5km 이동		-
	890	제주가시리	2020-11-27	275.2	2020년 수평 12km 이동		-

구역	지점번호	지점명	관측개시일	해발고도 (단위 m)	관측이동 내역	강우센서 변경 이력 (최근3년 이내)	레이저적설계 설치일
	892	성산수산	2019-06-20	102.47			2019-09-20
	185	고산	1988-01-01	71.39			2015-11-14
제주도서부	726	마라도	1990-06-03	11.58	2008년 수평 500m 이동 2016년 수평 500m 이동		-
	779	한림	1994-12-01	38.79	2016년 2.2km 수평 이동		2019-09-20
	793	대정	1999-01-13	2.64	2016년 3.5km 수평 이동	강우감지계 (2019-03-12)	-
	855	가파도	2002-01-21	4.25		강우감지계 (2020-11-10)	-
	880	금악	2015-12-01	319.78			-
		753	어리목	1992-11-30	967.83		
제주도산지	782	성판악	1998-05-14	760.47			-
	866	한라생태숲	2015-12-01	588.19			21년 설치예정
	867	삼각봉	2015-12-01	1499.4			21년 설치예정
	868	사제비	2015-12-01	1392.7			21년 설치예정
	869	영실	2002-03-05	1260.2	2002년 11.8km 수평 이동 고도 77m에서 1260.2m로 이동 제주남부 → 산지 변경		-

구역	지점번호	지점명	관측개시일	해발고도 (단위 m)	관측이동 내역	강우센서 변경 이력 (최근3년 이내)	레이저적설계 설치일
	870	진달래밭	2010-08-20	1488.6	2010년 1.6km 수평 이동		-
	871	윗세오름	2010-08-19	1665.7			-
	965	한라산남벽	2020-07-30	1576			-
추자도	724	추자도	2006-09-03	8.1	2005년, 2009년, 2016년 근거리 수직이동		2017-09-26

제3장

관측자료 기반 위험기상 지역별 발생 현황 분석

- 3.1 관측 지점별 관측자료 위험기상 발생 현황 조사
- 3.2 위험기상 지역에 대해 고도별, 예보구역별,
행정구역별 발생빈도 분석

제3장 관측자료 기반 위험기상 지역별 발생 현황 분석

3.1 관측지점별 관측자료 위험기상 발생 현황 조사

3.1.1 관측자료 수집

본 연구에 활용된 제주도의 강수량, 적설 관측자료는 국가데이터센터에서 제공하는 2010년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지의 정시 관측자료이다. 종관관측 지점의 강수량 관측은 4월부터 10월까지는 정시관측 시간당 총 강수량 관측이고 11월부터 다음 해 3월까지는 3시간 간격의 관측이다. 강수량은 0.1mm 단위로 기록된다. 이와 달리 방재기상관측 자료는 매 정시 기준의 강수량으로 0.5mm 단위의 관측 정보로 수집된다.

적설의 종관기상관측 자료는 매 정시 0.1cm 단위로 기록한다. 따라서 본 연구에서 누적 적설량 산출은 직전 시간의 적설 깊이와 해당 시각의 적설 관측의 차이를 구하여 신적설의 양을 구하고 위험기상의 특보 기준에 맞는 기간으로 시간 누적하여 산출하였다. 제주지점의 경우는 목측 관측 적설이며, 고산, 성산 지점은 2015년 4월까지 주간 목측 관측, 이후 레이저 적설계 관측으로 변경되었다. 서귀포 지점은 2015년 1월에서 4월까지는 목측으로 적설이 관측되었으나, 이후 목측이 중단되었다가 2018년 7월 이후 목측 관측이 재개되었다(제주지방기상청 내부자료 관측예보과-705(2015.4.15.) / 제주청 관측과-1489(2018.6.28.)). 제주지방기상청의 관측 이외 제주특별자치도가 운영 중인 레이저 적설계는 한라산 정상과 중산간의 적설을 실시간 감시하기 위해 운영 중이다(그림 3.1). 상세 위치 및 정보는 표 3.1이고 표 3.1의 비고 관측지점 연번은 그림 2.1의 노란색 적설관측 지점의 번호와 같다. 기상청의 적설 관측지점의 공백을 보완하기 위해 사용된 제주특별자치도의 관측 정보는 기상청의 관측에 비해 누락되거나 기기 오류로 판별되는 경우가 많아 품질 관리를 통해 관측의 정확도를 제고하였다. 관측은 매시간 0.1cm 단위의 적설 깊이로 기록되어 있으므로 직전 시간의 적설 깊이와 해당 관측시각의 적설 깊이의 차이를 적설량으로 산출하여 명백한 누락인 공란의 관측은 제거하고 직전 시간과 적설량의 차이가 $\pm 5\text{cm}$ 이상인 경우는 연속하여 해당일의 연속 관측자료를 검토하여 오류를 확인하였다. 그 결과 연속된 관측 기간 중 기기 오류로 누락되거나 명백하게 오류라고 판단되는 사례는; 예를 들어, 윗세오름의 2018년 2월 6일 00시의 관측은 140cm를 기록하였으나, 01시에는 2.6cm, 다시 03시에 145cm로 기록되는 경

우는, 주변 CCTV 관측자료와 같이 참고자료가 있는 경우 이를 보정하여 유의한 관측의 중간 관측 시간들에 선형보간하여 입력하였다. 이러한 연속 누락의 사례가 한달 이상 연속하여 존재하는 지점들은 별도로 표기하였다.



그림 3.1 제주특별자치도 재난안전대책본부 실시간 적설 정보
(<https://bangjae.jeju.go.kr/realtimeinfor/snowfallinfo.htm>)

표 3.1. 제주특별자치도의 레이저 적설계 지점명과 위치 정보

번호	지점명	관측개시일	위도 (단위 degree)	경도 (단위 degree)	해발고도 (단위 m)	비고
1	변영로	2014-2020	33.3821	126.7923	150	S001
2	영실	2014-2020	33.34013	126.48046	700	S002
3	진달래밭	2016-2020	33.36978	126.55574	1,489	S003
4	모슬포예비군 훈련장	2016-2020	33.2269	126.2522	160	S004
5	평화로입구	2014-2020	33.45741	126.44301	170	S005
6	산천단	2014-2020	33.44876	126.55433	350	S006
7	윗세오름	2016-2020	33.36224	126.5181	1,668	S007
8	비자림	2014-2020	33.47656	126.78072	170	S008
9	제방사	2016-2020	33.47698	126.49991	130	S009
10	삼다수공장	2014-2020	33.42147	126.67677	430	S010
11	토평감귤유통센터	2014-2020	33.28262	126.58967	200	S011
12	금악이시들	2014-2020	33.34486	126.32346	250	S012

표 3.2. 적설 관측 지점의 품질관리 검토 내역

관측구분	지점번호	지점명	검토내역
ASOS	184	제주	
	185	고산	목측(2010.01 ~ 2018.02) 수행 레이저 적설계로 교체
	188	성산	목측(2010.01 ~ 2018.02) 수행 레이저 적설계로 교체
	189	서귀포	목측(2010.01 ~ 2020.12) 수행 레이저 적설계로 교체, 2019년 눈 없음
AWS	329	산천단	
	330	대흘	
	724	추자도	
	727	유수암	누락자료 채워 넣기
	752	서광	
	753	어리목	누락자료 채워 넣기
	779	한림	
	792	표선	
	892	성산수산	
	980	강정	
CCTV	6014	어리목(C)	753지점 누락 부분 대체용
	6015	산천단(C)	329지점 누락 부분 대체용
	6302	봉성(초)	분석제외
레이저 적설계 (제주특별 자치도)	S001	번영로(L)	2019년, 2020년 눈 없음
	S002	영실(L)	
	S003	진달래밭(L)	2017.02.13., 2018.01.14, 2018.02.14. 관측값 제외 직전 관측값 누락으로 특보기준 판단 제외
	S004	모슬포예비군훈련장(L)	2017, 2019년 자료 누락
	S005	평화로입구(L)	

관측구분	지점번호	지점명	검토내역
	S006	산천단(L)	
	S007	윗세오름(L)	2018.02.15. 제외 직전 관측값 누락으로 특보기준 판단 제외
	S008	비자림(L)	
	S009	제방사(L)	
	S010	삼다수공장(L)	
	S011	토평감굴유통센터(L)	
	S012	금악이시돌(L)	

3.1.2 위험기상의 발생 현황 조사

본 연구에서 위험기상의 분류는 호우와 대설의 기상 특보 발표기준에 따른다(표 3.3). 1시간 누적 관측에서 비와 눈이 시작된 시각부터 특보 시간 동안 누적한 비의 양과 눈의 양을 계산하여 특보발표 기준에 해당되는 횟수를 산출했다. 이때 호우와 대설의 사상이 겹쳐지는 경우는 먼저 발생한 시각 이후에 다시 누적하도록 한다. 호우는 3시간 누적강우량을 기준으로 발생횟수를 산출하는 경우 관측일의 00시에 시작된 비가 02시까지의 누적 강수량이 60mm 이상인 경우 호우주의보 발생으로 분류되고 01시, 02시부터 누적되는 강수는 사상이 같으므로 횟수에서 제외한다. 호우특보의 누적 시간이 3시간, 12시간은 분리하여 특보 발생횟수를 산출하였다.

표 3.3 호우와 대설의 기상특보 발표 기준

종류	주의보	경보
호우	- 3시간 누적강우량이 60mm 이상 - 12시간 누적강우량이 110mm 이상 예상될 때	- 3시간 누적강우량이 90mm 이상 예상되거나 - 12시간 누적강우량이 180mm 이상 예상될 때
대설	- 24시간 동안 내려 쌓인 눈의 양이 5cm 이상 예상될 때	- 24시간 동안 내려 쌓인 눈의 양이 20cm 이상 예상될 때 - 다만, 산지는 24시간 동안 내려 쌓인 눈의 양이 30cm 이상 예상될 때

표 2.1의 ASOS, AWS 관측 지점중 2020년 7월 관측이 시작된 한라산 남벽 (#965) 지점과 관측이 누락된 지귀도(#960)를 제외한 39개 지점의 호우특보 발생 횟수의 집계 결과는 표 3.4이다.

표 3.4 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점의 호우특보 횟수

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	자료수집 기간 (년)
제주도 북부	제주	19	4	15	4	2010~2020
	산천단	47	17	31	13	2010~2020
	대흘	33	6	35	4	2010~2020
	유수암	34	8	26	6	2010~2020
	선흘	39	13	32	8	2010~2020
	외도	14	3	7	3	2015~2020
	오등	19	4	12	5	2015~2020
	새별오름	16	4	11	3	2015~2020
	애월	4	0	4	0	2019~2020
제주도 남부	서귀포	29	6	30	4	2010~2020
	중문	23	5	19	2	2010~2020
	서광	22	2	14	3	2010~2020
	제주남원	22	3	27	1	2010~2020
	기상(과)	22	4	26	2	2013~2020
	태풍센터	53	12	48	11	2010~2020
	강정	10	2	12	1	2010~2020
제주도 동부	성산	26	7	26	2	2010~2020
	우도	19	5	18	1	2010~2020
	구좌	16	3	18	1	2010~2020
	표선	23	6	28	2	2010~2020
	월정	11	2	8	1	2015~2020
	송당	21	6	18	4	2015~2020
	제주가시리	29	9	23	6	2015~2020
	성산수산	3	3	5	2	2019~2020

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	자료수집 기간 (년)
제주도 서부	고산	9	0	3	0	2010~2020
	마라도	15	0	9	2	2010~2020
	한림	10	1	10	0	2010~2020
	대정	22	1	16	1	2010~2020
	가파도	11	1	5	0	2010~2020
	금악	12	2	9	1	2016~2020
제주도 산지	어리목	82	32	61	22	2010~2020
	성판악	130	23	83	34	2010~2020
	한라생태숲	25	9	14	9	2015~2020
	삼각봉	66	42	43	31	2015~2020
	사제비	46	29	39	19	2015~2020
	영실	57	19	37	19	2010~2020
	진달래밭	142	64	119	42	2010~2020
	윗세오름	140	90	100	58	2010~2020
추자도	추자도	13	2	7	0	2010~2020

대설 특보의 발생횟수는 24시간 누적 적설량으로 계산되는데, 산지의 대설경보는 30cm 이상으로 경보 기준이 20cm인 해발고도 600m 이하와 구분되어 산출되었다(표 3.5). 단, 제주도청의 레이저 관측 중 2017년 2019년 장기간 관측이 누락된 모슬포예비군 훈련장은 분석에서 제외하였다.

표 3.5 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점 및 제주특별자치도 운영 적설 관측의 대설특보 발생 횟수

구분	지점명	대설주의보 (전체기간)	대설경보 (전체기간)	대설주의보 (2017년~2020년)	대설경보 (2017년~2020년)	자료수집 기간(년)
제주도북부	제주	13	0	6	0	2010~2020
	산천단	28	2	15	1	2010~2020
	대흘	0	0	0	0	2010~2020
	유수암	16	0	16	0	2010~2020

구분	지점명	대설주의보 (전체기간)	대설경보 (전체기간)	대설주의보 (2017년~2020년)	대설경보 (2017년~2020년)	자료수집 기간(년)
	평화로입구(L)	6	0	4	0	2014~2020
	산천단(L)	19	1	16	0	2014~2020
	제방사	10	1	9	0	2016~2020
	삼다수공장(L)	29	2	20	1	2014~2020
제주도남부	서귀포	9	0	2	0	2010~2020
	서광	2	0	2	0	2010~2020
	강정	2	0	2	0	2010~2020
	토평감귤유통 센터(L)	4	0	2	0	2014~2020
제주도동부	성산	19	1	5	1	2010~2020
	표선	1	0	1	0	2010~2020
	성산수산	0	0	0	0	2019~2020
	번영로(L)	14	1	12	0	2016~2020
제주도서부	고산	1	0	0	0	2010~2020
	한림	0	0	0	0	2010~2020
	비자림(L)	7	0	4	0	2014~2020
	금악이시돌(L)	7	0	4	0	2014~2020
제주도산지	어리목	88	20	42	4	2010~2020
	영실(L)	31	0	19	0	2010~2020
	진달래밭(L)	51	14	49	14	2014~2020
	윗세오름(L)	58	4	56	4	2016~2020
추자도	추자도	2	0	2	0	2016~2020

3.2 위험기상 지역에 대해 고도별, 예보구역별, 행정구역별 발생빈도 분석

3.2.1 호우특보

표 3.4의 호우특보 발생횟수를 년평균 발생횟수로 계산하여 고도별 예보 구역별로 그래프로 표시하면 그림 3.2-3.4이다. 추자도를 제외한 제주도의 특보구역별 위험기상 발생횟수의 특징은 제주도 북부와 남부 그리고 동부의 3시간 호우주의보는 년평균 각 2.9회, 2.5회, 2.4회이고 호우주의보 발생일수는 년평균 0.7회, 0.5회, 0.8회로 각각 집계되었다(표 3.6). 이에 비해 제주도 서부는 년평균 1.4회, 0.1회 호우주의보와 경보가 관측되어 동부와 남부와 비교하여 소우(小雨) 지역임을 알 수 있다. 다만, 관측소의 고도별 위치를 살펴보면 제주도 북부 지역 관측소의 평균 해발고도가 200m 이상으로 중산간에 위치한 관측지점이 남부는 한 개(제주가시리 275.2m)인 점을 감안하면 같은 해안지점의 횟수만 비교하였을 때는 남부가 북부보다 특보의 횟수는 많다고 해석되어 진다. 이승호(1999)는 제주도의 사면별 강수 분포 특성을 파악을 위해 기압배치와 상층 풍향별로 4개 종관기상관측소의 일별 강수량 자료를 분석하였는데, 제주도의 강수량은 북서사면보다 남동사면 쪽이 많고 대부분 온대성 저기압과 장마전선, 태풍에 의한 것이며, 앞의 두 경우는 남동사면, 태풍에 의한 것은 북사면에 많았다. 태풍에 의한 호우는 사면간의 강수량 차이가 적고, 저기압에 의한 것은 동서사면간, 장마전선에 의한 것은 남북사면간의 차이가 크다. 남서, 남동풍계가 우세한 여름에는 남사면 강수량이 많고, 북서와 북동풍계가 우세한 겨울에는 북사면이 많다. 호우특보의 동-서, 남-북의 차이는 이러한 선행연구와 일치하는 결과이다.

제주도 산지의 8개 관측지점의 년평균 특보횟수는 주의보 9.1회 경보 4.3회로 중산간 이하 지점들에 비해 월등히 많다. 또, 12시간 특보와 3시간 특보의 차이를 비교해보면 중산간 이하 지점들에서 비슷하거나 조금 적은데 비해 산지에서는 3시간 호우주의보 9.1회에 비해 12시간 호우주의보 빈도는 평균 6.5회로 30% 정도 횟수가 줄어든다. 이는 산지의 호우가 단시간에 많은 비가 오는 빈도가 장시간 비가 오는 빈도보다 높은 특징으로 분석된다.

행정구역별 발생의 빈도는 제주시의 관측소가 24개소이고 서귀포시가 15개소로 단순히 발생 횟수를 비교하기 어렵지만, 제주도 남부가 북부에 비해서는 강수량이 많고, 빈도가 높아 남북으로 구분된 제주도의 행정구역 구분에 따르면 제주시에 비해 서귀포시의 특보 빈도가 높을 것으로 추정된다.

표 3.6 제주도 육상국지예보 구역별 호우특보 년평균 발생 횟수(추자도 제외)

특보구역	호우주의보(3h)	호우경보(3h)	호우주의보(12h)	호우경보(12h)	관측지점 평균 해발고도
제주도북부	2.9	0.7	2.2	0.6	216.3m
제주도남부	2.5	0.5	2.4	0.3	127.1m
제주도서부	1.4	0.1	1.0	0.1	74.7m
제주도동부	2.4	0.8	2.4	0.4	91.9m
제주도산지	9.1	4.3	6.5	3.2	1202.9m

년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도북부, 제주도남부)

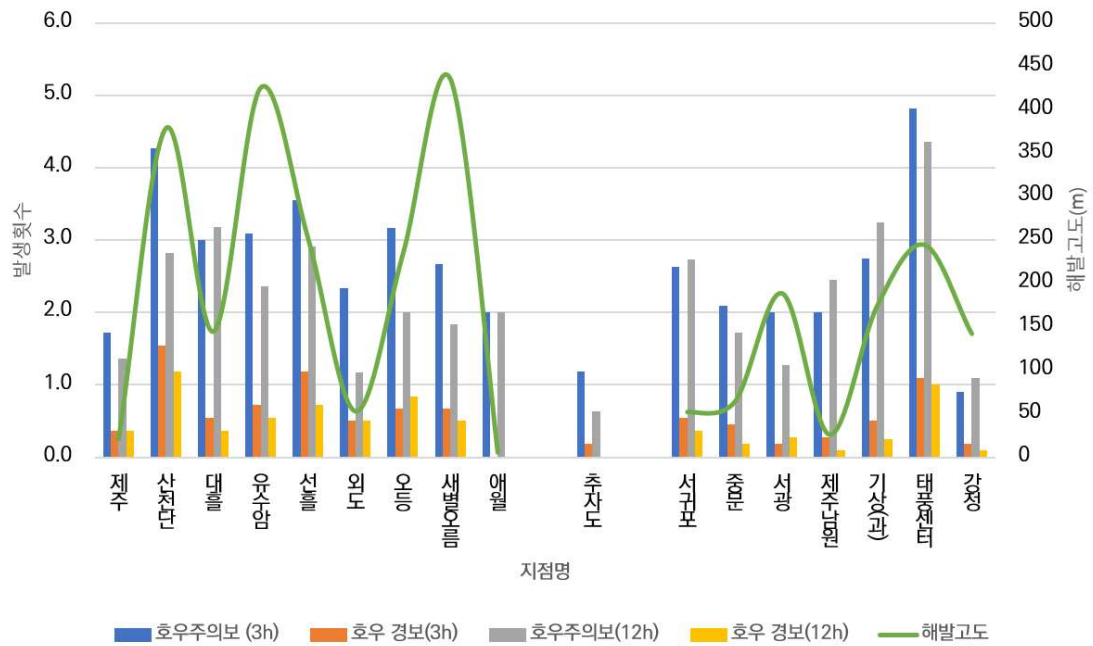


그림 3.2 년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도북부, 추자도, 제주도남부)

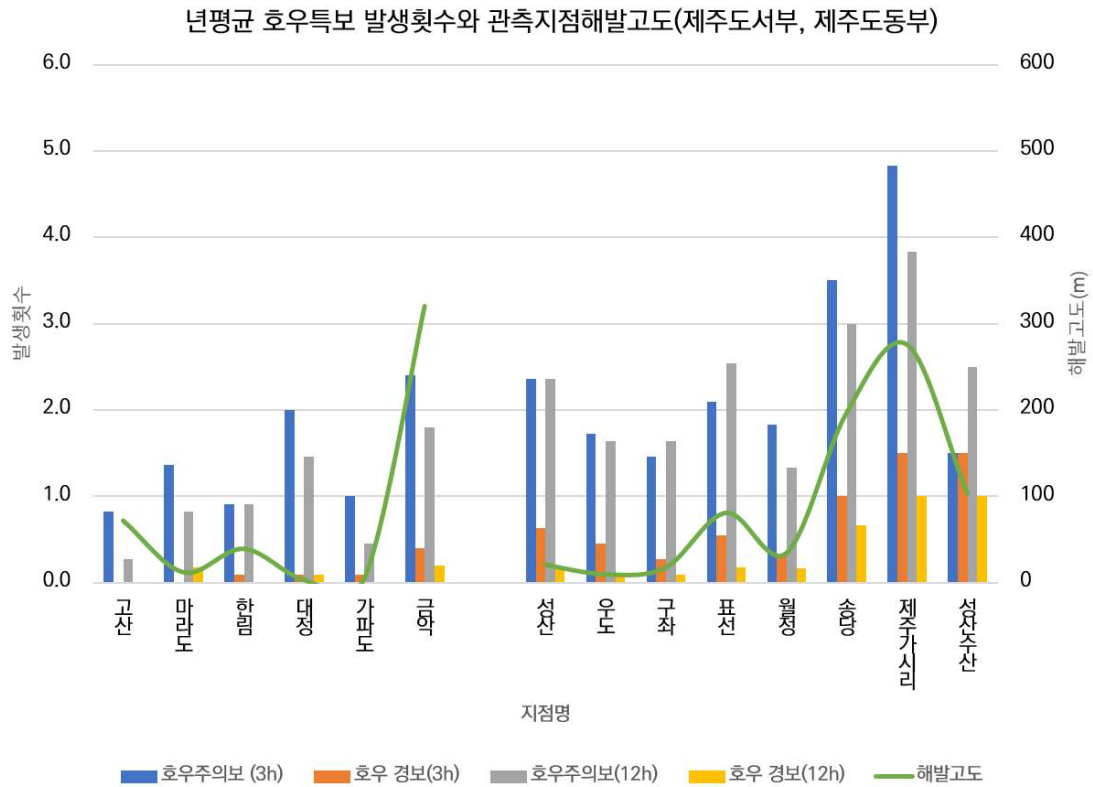


그림 3.3 년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도서부, 제주도동부)

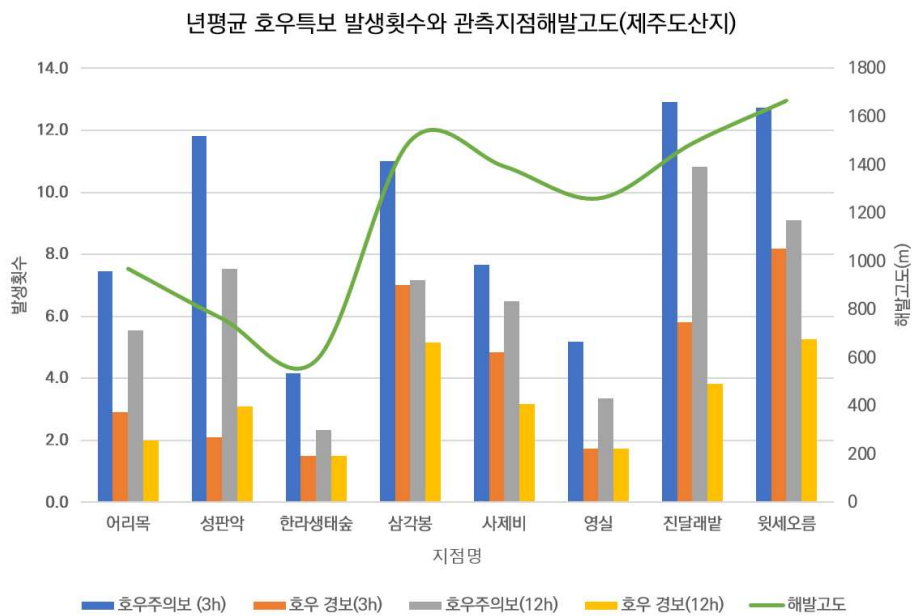


그림 3.4 년평균 호우특보 발생횟수와 관측지점해발고도(제주도산지)

3.2.1 대설특보

발생빈도의 지역별 특성을 살펴보기 위해 표 3.5의 대설특보 발생횟수는 총 관측기간과 2017년부터 2020년까지의 4년간으로 분리하여 산출하였다. 제주도 북부에는 중산간의 관측지점이 4개 지점이지만 남부, 동부와 서부는 한 곳도 설치되어 있지 않아 현재의 예보구역별 단순 횟수 비교는 의미가 없다(그림 3.5-3.6). 중산간과 산지는 해안 지역과 비교하여 대설특보의 횟수가 급격히 증가함을 확인할 수 있다. 그림에도 불구하고 성산 지점은 최근 4년간 대설주의보 5회, 경보 1회 발생으로 주변 해안지역에 비해 두 배 이상 빈도가 높게 나타난다. 또 윗세오름보다 고도가 낮은 진달래밭의 관측에서 대설경보의 발생 빈도가 월등히 높게 관측되었다. 고도별로는 해발고도와 대설주의보의 발생빈도는 비례하여 증가하며, 700m 이상의 산지에는 연간 대설 특보발생의 횟수가 10회 이상에 이른다.

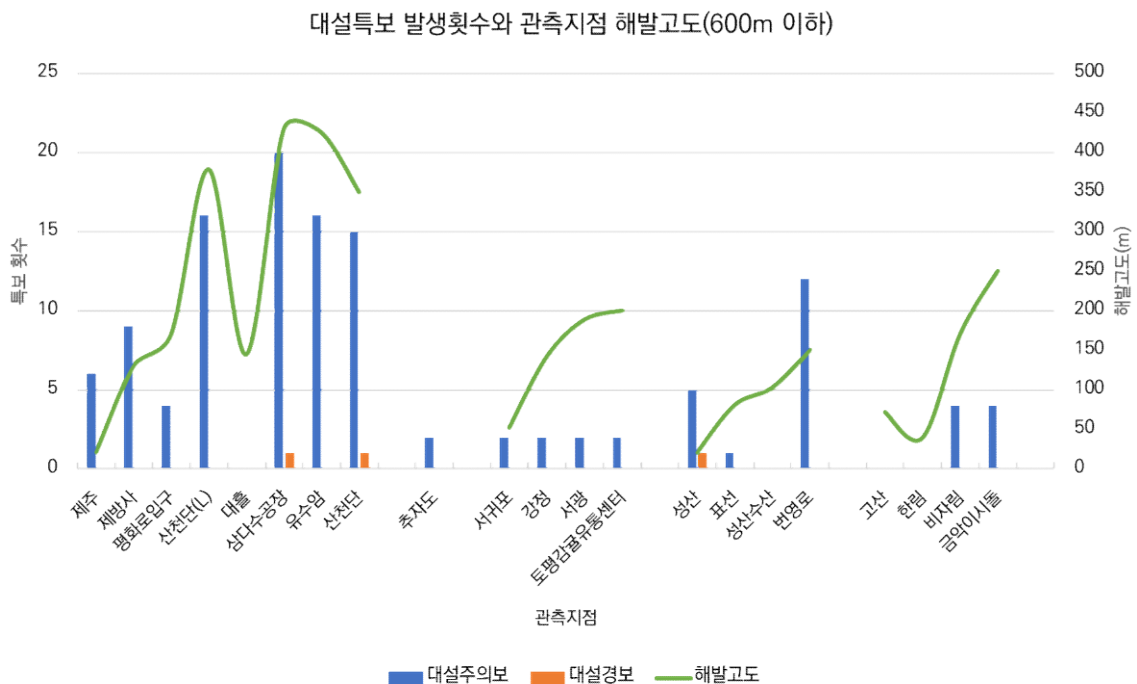


그림 3.5 해발고도 600m 이하의 관측지점 2017년~2020년간 대설특보 발생횟수

대설특보 발생횟수와 관측지점 해발고도(제주도 산지)

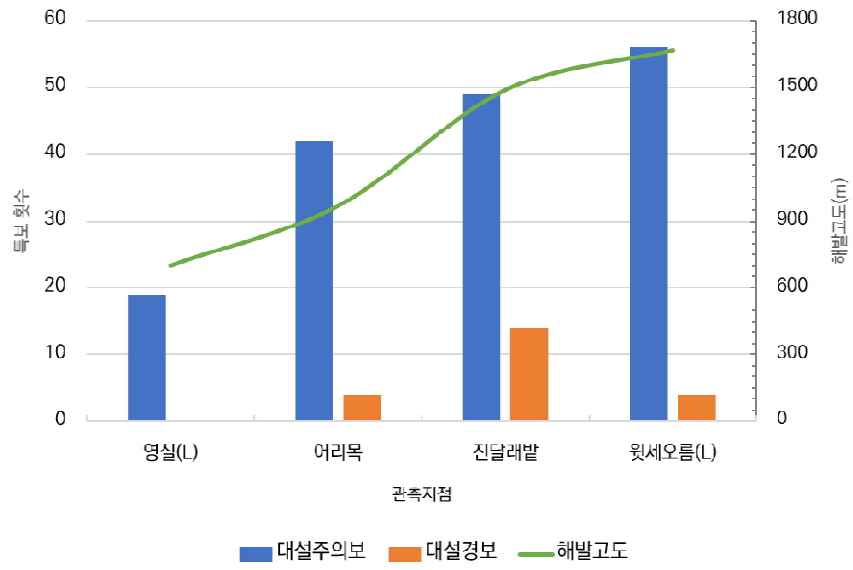



그림 3.6 2017년~2020년간 대설특보 발생횟수 (제주도산지)



제4장

재해기상 지역의 입체적 특성분석

4.1 위험기상 지역의 기상 특성분석

4.2 위험기상 지역의 지형, 기반시설 등을 반영한
공간적 특성분석

제4장 관측자료 기반 위험기상 지역별 발생 현황 분석

4.1 위험기상 지역의 기상 특성분석

4.1.1 선행연구

한반도 남단의 섬인 제주도는 습윤하고 따뜻한 수증기의 공급이 원활하여 강수시스템이 제주도를 지나갈 때 한라산의 영향으로 강제 상승에 의한 지형성 강수가 크게 발달하며 이때 풍상측과 풍하측의 강수량 차이도 크게 나타난다. 따라서 지역적인 강수량 분포의 차이가 존재하게 된다. 이러한 제주도의 지형성 강우 발달의 메커니즘에 대한 연구들은 레이더 관측자료를 활용한 사례연구로 수행된 바 있다(Lee et al, 2012). 또한, 우리나라의 강수와 기온 극값의 지역적인 변동에 대한 연구들은 꾸준히 수행되어 오고 있으나 우리나라 전체 육상관측 지점 또는 남한 전체의 수치모델 격자자료를 활용한 특성 연구들(Ha et al., 2007; 인소라 등, 2014; 최광용과 권원태, 2008; 최의수와 문일주, 2008)로 제주도는 해안지역으로 분류되어 일반화되거나 육지와 떨어진 섬으로 분석에서 배제되기도 한다. 제주도의 기상·기후에 관한 연구들은 기온과 강수의 평균값의 변동과 극값의 변화들을 현대 기상관측 이래 장기간 변화로 살펴본 보고(기상청, 2019)와 손태성(2011)과 서동일(2013)의 제주지역의 강수량 극값 변화 분석, 장·단기적 기온 및 강수량 변동특성 분석과 같이 종관기상분석지점의 관측자료에 의존한 분석에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 따라서 제주도 호우와 대설 현상의 고도별, 지역별 차이에 관한 연구는 수행된 바가 없다. 본 연구에서는 제주도의 위험기상 발생빈도를 종관기상관측과 방재기상관측 자료등 가용한 제주 전역의 관측자료를 활용하여 예보구역 나아가 행정구역별 특징으로 살펴보고 이를 토대로 효율적인 예보구역을 제안하고자 한다.

4.1.2 분석방법

앞의 3장에서 조사한 제주도의 관측지점 자료들을 제주도의 지역별 세분화를 위해 다변량 자료의 분류기법 중 하나인 군집분석(cluster analysis) 기법을 활용하여 분석하였다. 특히 호우와 대설의 사례들을 고도에 따른 특성을 분석하기 위해 비유사성에 근거하여 가까운 순서대로 군집화하는 탐색적인 통계 분석방법(Exploratory Data Analysis, EDA)인 군집분석을 적용하였다. (Anderberg,

1973; 김희경 등, 2017). 군집분석의 방법은 각 측정치 사이의 유사성의 척도로 사용되는 기준이 무엇이나에 따라 여러 가지로 분류될 수 있는데, 주로 각 측정치 사이의 상관계수와 변량의 거리가 있다. 이 유사성 척도에 기초해 집단내의 변량에 대한 집단간의 변량을 최소화시키는 방법에 따라 계층적(hierarchical) 방법과 비계층적(non-hierarchical) 방법으로 나뉜다. 먼저 계층적 군집분석은 n 개의 군집으로부터 시작하여 점차 군집의 개수를 줄여나가는 방법으로 관측자료에 적합한 군집의 개수를 결정하기가 용이하다. 계층적 군집 모형의 특징은 군집을 형성하는 매 단계에서 지역적(local) 최적화를 수행해나가는 방법을 사용하므로 그 결과가 전역적인(global) 최적해라고 볼 수는 없다[R, Python 분석과 프로그래밍의 친구 (by R Friend)]. 또, 한번 군집이 형성되면 군집에 속한 개체는 다른 군집으로 이동할 수 없다. 계층적 군집 방법의 하나인 Ward 연결법(Ward Linkage Method)은 군집내 거리의 제곱합 증분과 군집간 제곱합을 고려한 방법으로 군집간 정보인 편차제곱합 (error sum of squares; ESS)의 손실을 최소화하는 방법이다(Ward, 1963; Murtagh and Legendre, 2014). 다음으로 비계층적 군집분석은 n 개의 개체를 k 개의 군집으로 나눌 수 있는 모든 가능한 방법을 고려하여 최적의 군집을 형성하는 방법이다. 대표적으로 K-Means 방법이 있는데, 전체 개체를 k 개의 군집으로 나누는 계층적 군집 방법과는 달리 K-Means 방법은 처음 초기 군집의 수 k 를 규정하여 결정된 초기 군집에 각 개체들을 할당하고, 두 번째의 반복 부터는 군집의 일부 개체들 또는 전체를 기준에 따라 최적분리에 이를 때까지 해당하는 규칙에 따라 개체를 재할당하므로 한 개체가 속해 있던 군집에서 다른 군집으로 이동하는 재배치가 가능하다. 또한 거의 모든 형태의 자료에 적용이 가능하고 다른 변환이 필요하지 않아 적용하기 쉬운 장점이 있지만 K-Means 방법은 군집의 개수 k 와 초기값(seed values)에 의존하는 방법으로 사전에 정해져야 할 k 개의 군집 수에 대한 정보가 주어지지 않으면 군집의 중심인 초기값의 설정이 자료에 따라 군집을 형성하는데 있어 큰 영향력을 주는 경향이 있다. 잘못된 초기값의 설정은 올바른 군집들을 생성하게 된다 (Wagstaff, 2001). 군집방법에 대한 자세한 설명은 별첨 B에 수록하였다.

본 연구에서는 계층적 방법인 Ward 방법을 적용하여 적절한 군집의 개수 k 를 결정하고, 선정된 k 개의 군집의 중심점을 계산하여 이를 K-Means 방법을 적용시키기 위한 초기값(seed values)으로 사용하여 초기값에 따라 민감하게 군집분석 결과가 달라질 수 있다는 K-Means 방법의 단점을 보완하였다. 그림 4.1의 모식과 같이 관측지점의 호우특보와 대설특보 발생횟수를 개체별로 Ward 연결법을 적용하여 군집의 개수를 탐색하고 각 개체와 해발고도와 각 현상을 초기 객체로 설정할 때, 해발고도가 해안의 수 m 에서 1,600 m 이상까지 범

위가 넓고 중간값의 차이가 커서 0부터 1사이의 정규화된 값으로 전환하여 적용하였다(수식 4.1).

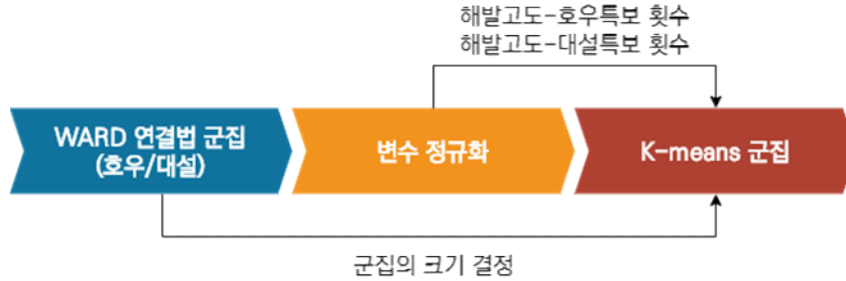


그림 4.1 군집분석 방법의 모식도

$$Z_i = \frac{Max_{obs} - H_i}{Max_{obs} - Min_{obs}} \quad \text{수식 (4.1)}$$

여기서 Z_i 는 i 번째 관측의 정규화된 고도, Max_{obs}, Min_{obs} 은 각각 관측 지점 중 최고고도, 최저고도이며, H_i 는 관측지점의 고도이다. 각 위험기상의 발생 횟수도 이와 같은 방법으로 정규화한 후 적용되었다.

4.1.3 군집분석 결과

(1) 호우특보의 군집분석 결과

호우 특보의 발생횟수는 표 3.4의 2010년부터 2020년까지의 각 관측지점의 3시간 누적 호우주의보와 호우경보, 12시간 누적 호우주의보와 호우경보의 횟수 조사, 그리고 같은 기간동안의 년강수량을 군집 분석의 객체로 사용하였다. 이때, 11년 미만 관측지점이 12개 지점으로 최대한 많은 관측지점을 활용하기 위해 년평균 발생횟수를 적용하였다. 호우 발생의 기상현상이 해마다 다른 양상을 띄고 있어 정확한 비교가 어려운 문제점이 생길 수 있으나, 중산간을 비롯한 관측의 공간적 균질성 확보에 필요한 중요 관측지점이 2015년 이후 추가 설치되었으므로 최대한 많은 관측 지점을 활용하기 위해 전체 지점을 적용하였다.

그림 4.2-4.6은 Ward 연결법에 의한 군집의 결과를 계통도(dendrogram)로 나타낸 결과이다. 각 군집의 가장 뚜렷한 구분은 산지의 관측점들과 중산간 이하가 구분되어지는 점이고 각 군집의 내용은 3시간 누적 호우주의보와 경보, 12시간 누적 호우경보는 비슷한 순서를 띄고 있으나, 12시간 누적 호우주의보

의 경우만 산지의 일부 관측지점이 세 번째 군집에서 나뉘어진 점이다. 군집의 개수도 12시간 누적 호우주의보의 경우를 제외하면 4개 혹은 5개의 군집 크기로 구분된다.

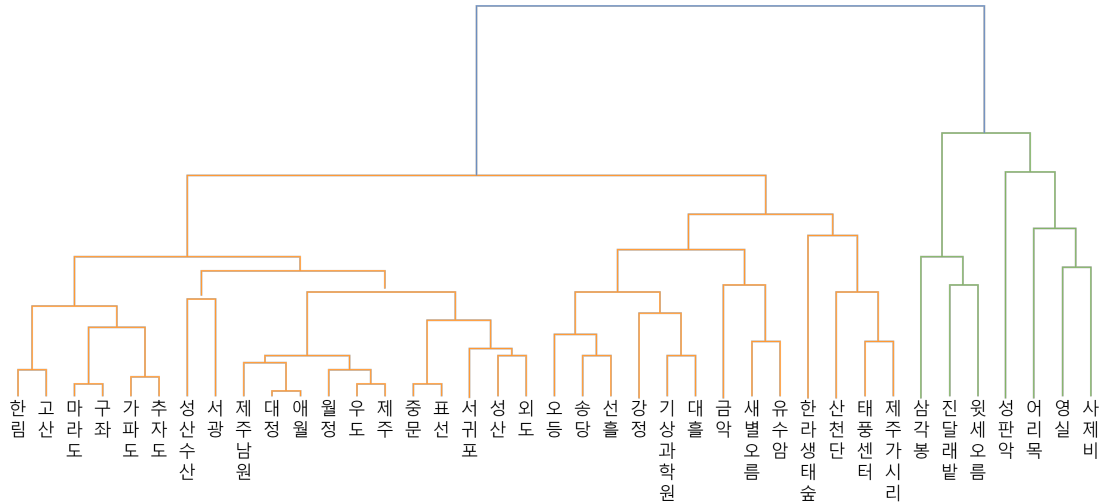


그림 4.2 호우주의보(3시간) 발생횟수의 계통도

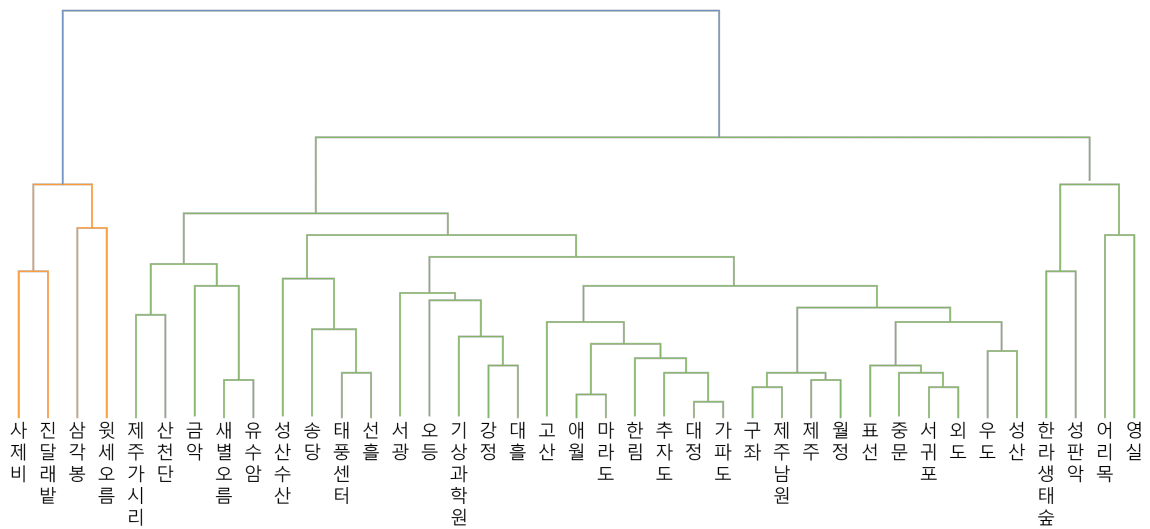


그림 4.3 호우주의보(12시간) 발생횟수의 계통도

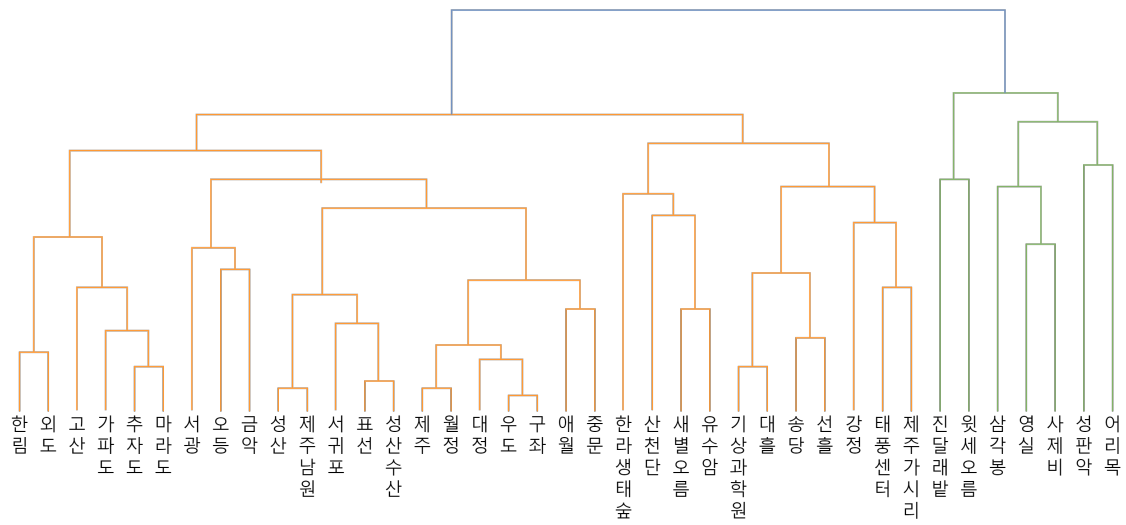


그림 4.4 호우경보(3시간) 발생횟수의 계통도

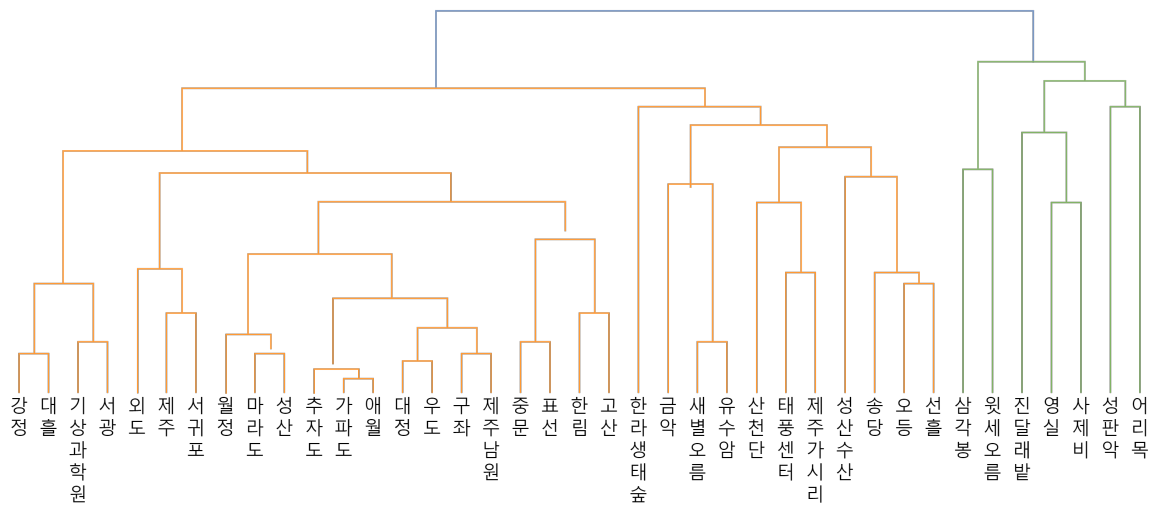


그림 4.5 호우경보(12시간) 발생횟수의 계통도

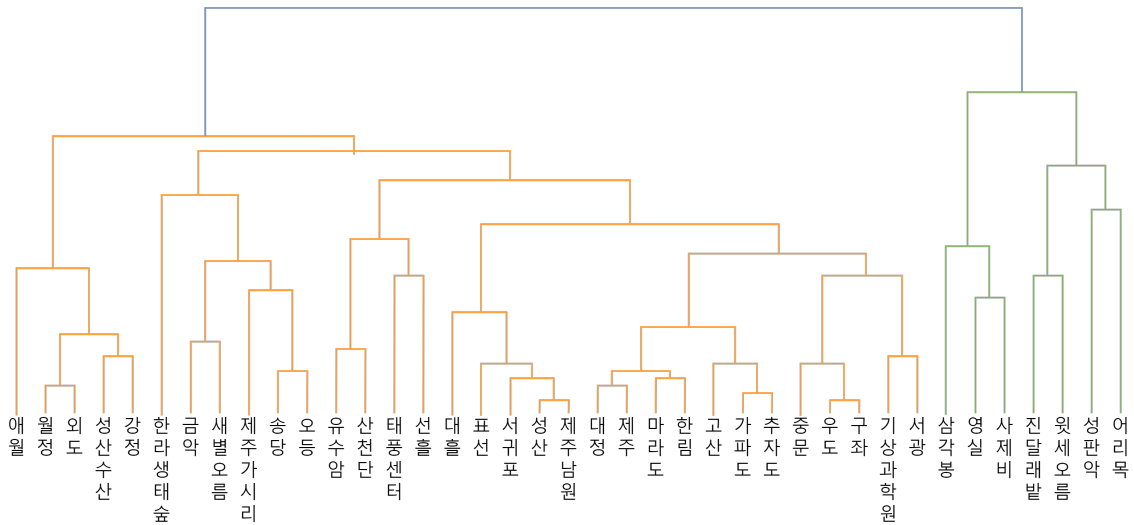


그림 4.6 년평균 강수량의 계통도

k를 4와 5로 지정하는 K-means 군집분석을 수행한 결과 4개의 군집과 5개의 군집 차이는 산지의 관측지점의 세분화 차이에서 나타났으므로 본 보고서에는 4개의 군집 크기로 분석한 결과를 수록하였다(표 4.1). 표 4.1에서 4개의 군집은 4번 군집이 빈도가 가장 높고, 1번, 3번의 순으로 특보 빈도가 높으며 2번 군집이 가장 빈도가 낮은 그룹이다. 앞의 계층적 군집 결과에서도 확인된 바와 같이 산지의 7개 관측지점과 나머지 관측지점들은 확연히 구분되는 특성을 가지고 있다. 중산간 지점만 굵은 글씨로 구분하였는데, 제주도북부의 유수암과 서부의 금악 지역을 제외하면 3번 군집 그룹에 모두 속한다. 3번 그룹에는 중산간 외 북부의 대흘과 남부 서광과 강정 지점, 동부 섬인 마라도와 산지로 분류된 지점 중 한라생태숲 지점은 고도 조정 후 588m 고도에 위치한 지점으로 중산간과 같은 그룹으로 군집되는 결과를 얻었다. 특보 빈도에서는 고도에 따라 뚜렷한 구분을 확인하였고 강수량 분포는 이와 좀 다른 특성을 보여서 제주도남부와 동부의 지역이 제주도서부와 북부의 해안 지방보다 비가 많이 오는 것으로 분류된다. 그림 4.7의 공간분포를 살펴보면 군집이 같은 지점들은 지점의 색으로 구분하였을 때, 3시간누적 강수를 기준으로 호우주의보와 경보 빈도의 지역적 특성은 일치하였고, 중산간과 산지, 해안지역으로 구분되었음을 알 수 있다. 다만, 제주도남부의 기상과학원과 강정, 제주도동부 성산 지점의 군집 특성이 달라지는 점은 제주도남부 두 지점의 강우 특성이 단시간에 많은 비가 오는 경우가 더 많을 것으로 추정되고 호우주의보와 경보가 다른 그룹으로 분류되는 지점이 있을 수 있으나 3시간누적 기준의 특보 빈도와 12시간 누적 특보 빈도는 일치하였다.

표 4.1 제주도 기상 관측 지점의 호우특보 발생 빈도, 년평균 강수량의 군집분석 결과(K-means cluster, k=4)

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	강수량
제주도 북부	제주	2	2	2	2	2
	산천단	3	3	3	3	3
	대흘	3	2	3	2	3
	유수암	3	3	3	3	3
	선흘	3	3	3	3	3
	외도	2	2	2	2	2
	오등	3	3	3	3	2
	새별오름	3	3	3	3	2
	애월	2	2	2	2	2
제주도 남부	서귀포	2	2	2	2	3
	중문	2	2	2	2	3
	서광	2	2	2	2	3
	제주남원	2	2	2	2	3
	기상(과)	3	2	3	2	2
	태풍센터	3	3	3	3	3
	강정	3	2	3	2	2
제주도 동부	성산	2	2	2	2	3
	우도	2	2	2	2	3
	구좌	2	2	2	2	3
	표선	2	2	2	2	3
	월정	2	2	2	2	2
	송당	3	3	3	3	2
	제주가시리	3	3	3	3	2
	성산수산	2	2	2	3	2
제주도 서부	고산	2	2	2	2	2
	마라도	2	2	2	2	2

특보구역	지점명	호우주의보 (3h)	호우경보 (3h)	호우주의보 (12h)	호우경보 (12h)	강수량
	한림	2	2	2	2	2
	대정	2	2	2	2	2
	가파도	2	2	2	2	2
	금악	3	3	3	3	2
제주도 산지	어리목	1	1	1	1	1
	성판악	1	1	1	1	4
	한라생태숲	3	3	3	3	2
	삼각봉	4	4	4	4	1
	사제비	1	4	1	1	1
	영실	1	1	1	1	1
	진달래밭	4	4	4	1	4
	윗세오름	4	4	4	4	4
추자도	추자도	2	2	2	2	2

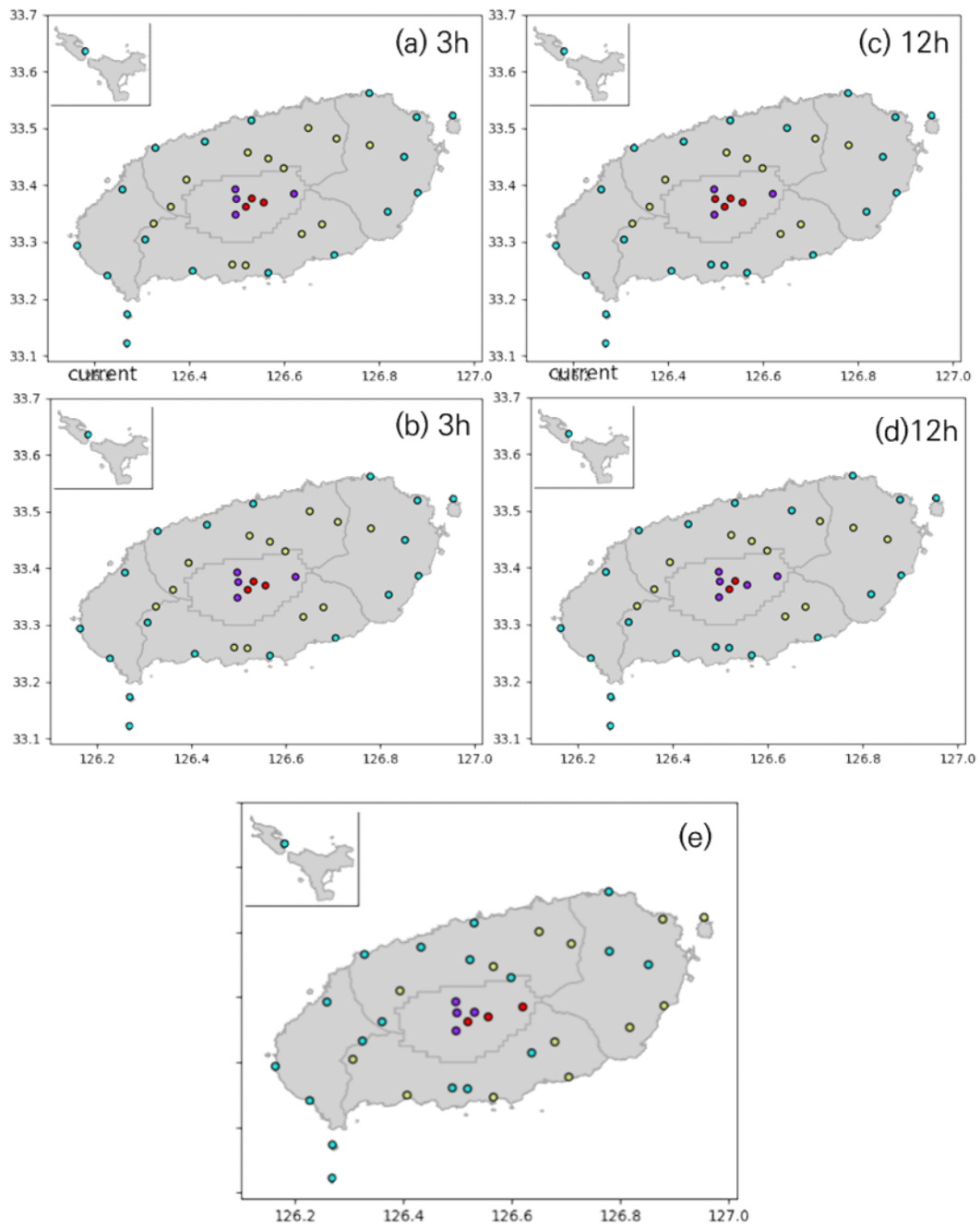


그림 4.7 K-means 군집에 의한 호우특보 발생빈도의 분류, 회색선은 예보구역 구분,
 (a)호우주의보 발생횟수(3시간누적), (b)호우경보 발생횟수(3시간누적) (c)호우주의보
 발생횟수(12시간누적), (d)호우경보 발생횟수(12시간누적) (e) 년평균 강수량

(2) 대설특보의 군집분석 결과

대설 특보의 발생빈도는 표 3.5의 2017년부터 2020년까지의 각 관측지점의 24시간 누적 적설량으로 산출되었다. 호우특보와 마찬가지로 계층적 군집 방법으로 군집의 개수를 탐색하였는데, 대설주의보와 경보의 군집은 4개, 5개로 나뉘어진다(그림 4.8~4.10). 대설특보의 빈도와 적설량의 군집의 특징은 일치하는 결과를 얻었다(그림 4.9, 4.10). 다만, 제주도동부와 남부 중산간에 적설 관측지점이 다른 지역에 비해 부족하여 군집분석 등에 어려움이 있었다.

k=4로 분석된 K-means 군집의 그룹 구분은 표 4.2에 정리되었다. 발생 빈도가 가장 높은 1번과 4번 군집 그룹은 산지의 관측지점들이며 다음으로 빈도가 높은 그룹은 3번 그룹으로 중산간과 영실(레이저)지점이 이에 속한다. 적설계 관측지점의 영실은 AWS 관측인 #869지점이 아닌 해발 700m 고도에 위치한 레이저 적설계 관측으로 산지로 분류되는 지점이나 한라산 동쪽의 소우 지역으로 중산간과 같은 그룹으로 분류된다. 또 제주도 서부의 금악이시돌 지점은 200m 보다 높은 고도에 있으나 해안과 같은 2번 군집 그룹에 속해 있다. 5개 군집으로 분석된 결과인 표 4.3을 살펴보면, 대설 주의보의 경우 해안에 위치한 제주도 북부의 제주와 제방사, 제주도 동부의 성산과 변영로가 5번째 그룹으로 별도로 분류된다. 4개의 군집과 구분되는 차이는 대설주의보이고, 대설경보와 적설량의 군집 결과는 산지의 지점들이 세분화되는 점이다. 그림 4.11은 4개 군집의 공간분포이다.

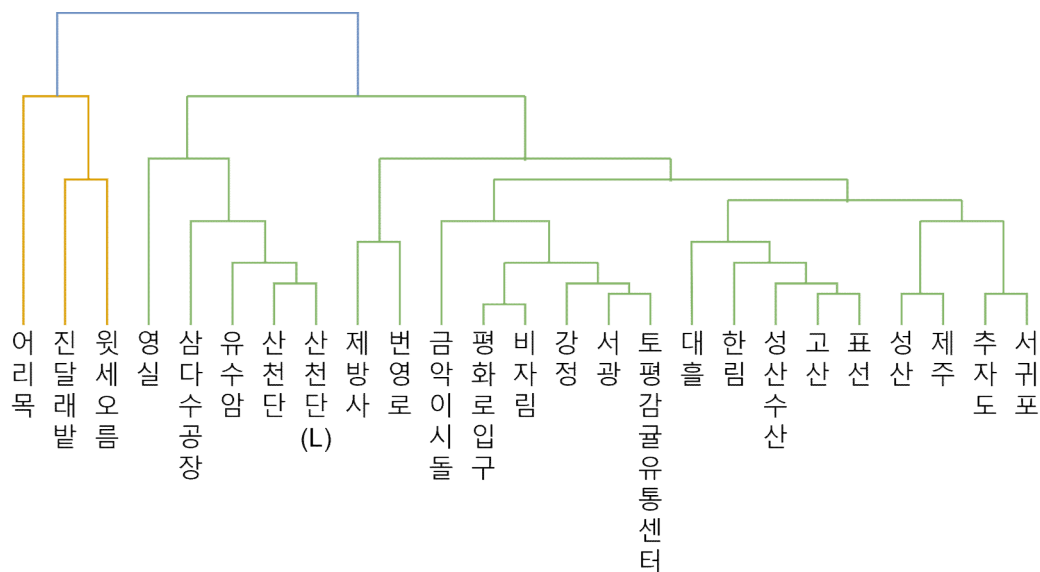


그림 4.8 대설주의보 발생횟수의 계통도

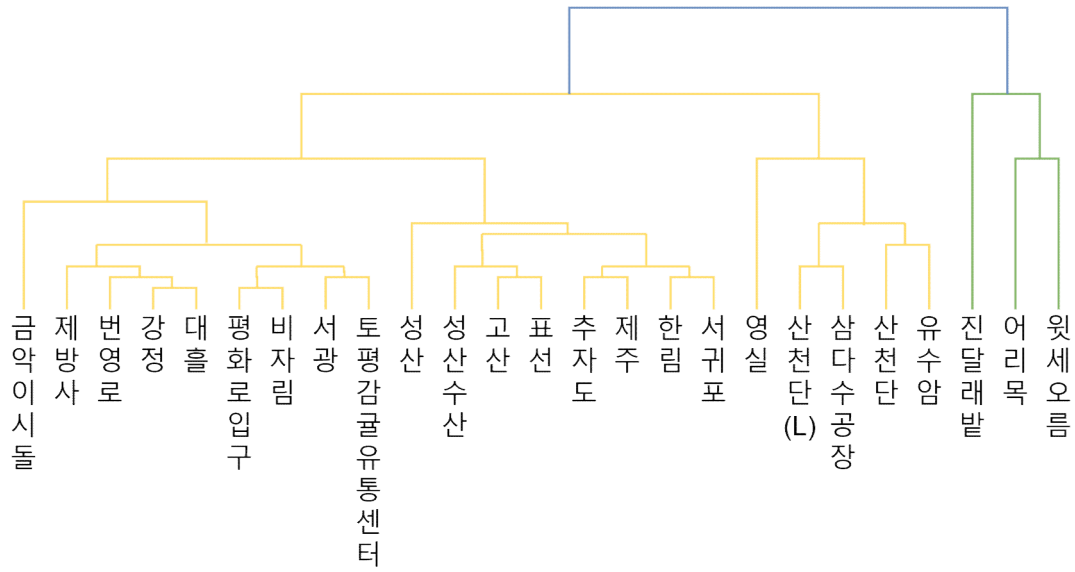


그림 4.9 대설경보 발생횟수의 계통도

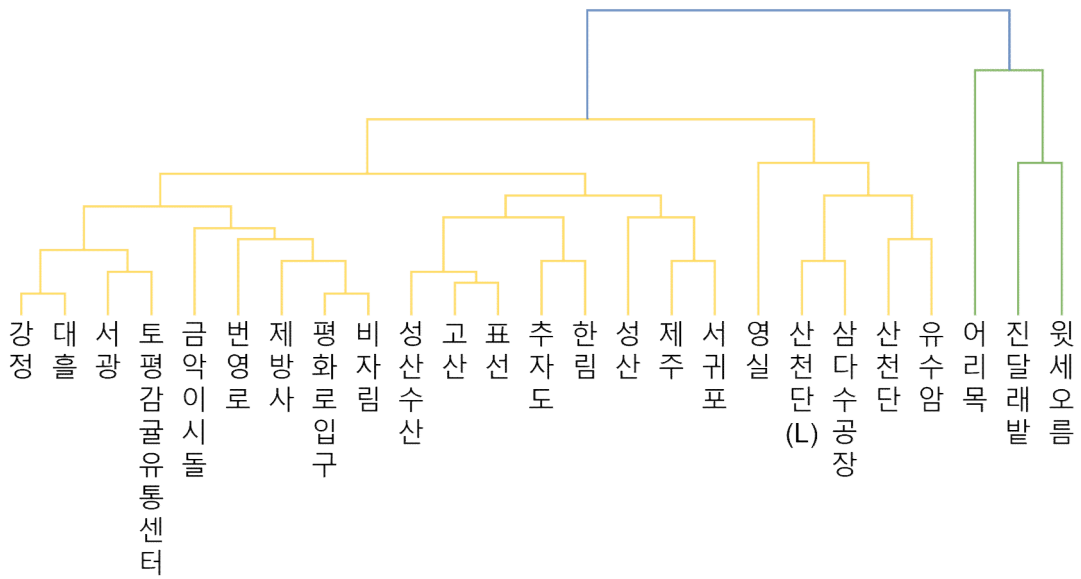


그림 4.10 년평균 적설량의 계통도

표 4.2 제주도 적설 관측 지점의 대설특보 발생 빈도, 년평균 적설량의 군집분석 결과(K-means cluster, k=4)

구분	지점명	대설주의보	대설경보	적설량
제주도북부	제주	2	2	2
	제방사	2	2	2
	평화로입구	2	2	2
	산천단(L)	3	3	3
	대흘	2	2	2
	삼다수공장	3	3	3
	유수암	3	3	3
	산천단	3	3	3
제주도남부	서귀포	2	2	2
	강정	2	2	2
	서광	2	2	2
	토평감귤유통센터(L)	2	2	2
제주도동부	성산	2	2	2
	표선	2	2	2
	성산수산	2	2	2
	번영로	2	2	2
제주도서부	고산	2	2	2
	한림	2	2	2
	비자림	2	2	2
	금악이시돌	2	2	2
제주도산지	영실(L)	3	3	3
	어리목	1	4	1
	진달래밭	4	1	4
	윗세오름(L)	4	4	4
추자도	추자도	2	2	2

표 4.3 제주도 적설 관측 지점의 대설특보 발생 빈도, 년평균 적설량의 군집분석 결과(K-means cluster, k=5)

구분	지점명	대설주의보	대설경보	적설량
제주도북부	제주	5	2	2
	제방사	5	2	2
	평화로입구	2	2	2
	산천단(L)	2	2	2
	대흘	3	3	3
	삼다수공장	3	3	3
	유수암	3	3	3
	산천단	3	3	3
제주도남부	서귀포	2	2	2
	강정	2	2	2
	서광	2	2	2
	토평감귤유통센터(L)	2	2	2
제주도동부	성산	5	2	2
	표선	2	2	2
	성산수산	2	2	2
	번영로	5	2	2
제주도서부	고산	2	2	2
	한림	2	2	2
	비자림	2	2	2
	금악이시돌	2	2	2
제주도산지	영실(L)	3	3	5
	어리목	1	5	1
	진달래밭	4	1	4
	윗세오름(L)	4	4	4
추자도	추자도	2	2	2

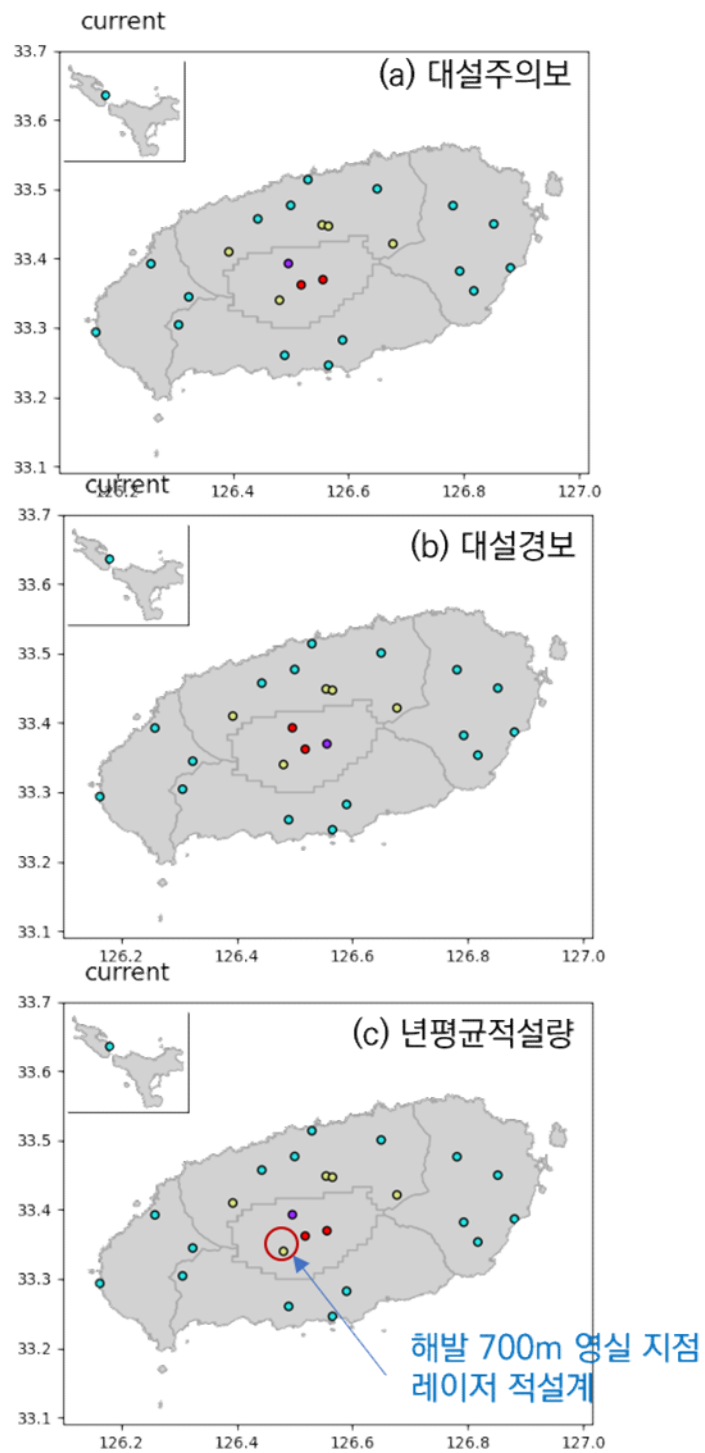


그림 4.11 K-means 군집에 의한 대설특보 발생빈도의 분류(k=4), 회색선은 예보구역 구분, (a)대설주의보 발생횟수, (b)대설경보 발생횟수 (c)년평균 적설량

4.2 위험기상 지역의 지형, 기반시설 등을 반영한 공간적 특성분석

4.2.1 제주도의 기본 통계정보

제주도 기본 통계정보는 KOSIS 국가통계포털(<https://kosis.kr>), 행정안전부의 주민등록인구현황, 제주통계청 자료를 활용하였고, 1992년부터 2020년까지의 자료를 활용하였다.

제주도 총 인구는 타 시도(서울, 부산, 경기도 등)에 비해 상대적으로 적으나, 인구 이동이 가장 많았고 1992년 506천명에서 2020년 675천명으로 169천명(33.4%) 증가하여 전국 총 인구수의 1.3%를 차지했다(그림 4.12). 그리고 제주도 행정 읍면동 경계를 넘어 제주도로 이동한 전입인구와 제주도 행정 읍면동 경계를 넘어 다른 지역으로 이동한 전출인구의 차이를 뜻하는 순이동 인구의 순이동률을 보면, 1992년 1,705명(0.3%)에서 증가와 감소를 반복하다 2010년 이후 국제학교 개교, 공공기관 이전 등 관광산업 활성화로 지속적인 증가를 보이면서 2016년 순이동 14,632명(2.3%)으로 최정점을 찍었다. 이후 2019년까지 약 3년간 순유출로 바뀐 경향을 보이다 2020년 순이동 3,378명 증가로 다시 순유입 경향으로 바뀌었다(그림 4.13).

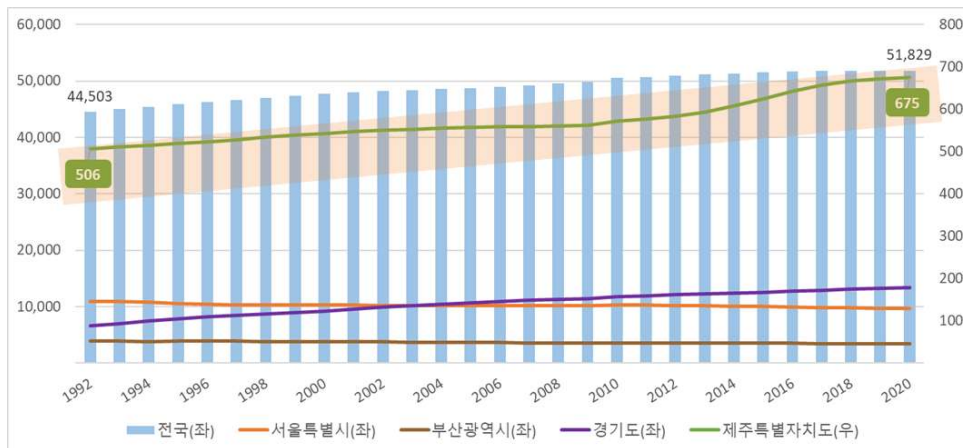


그림 4.12 주요 시도 총 인구수 변화

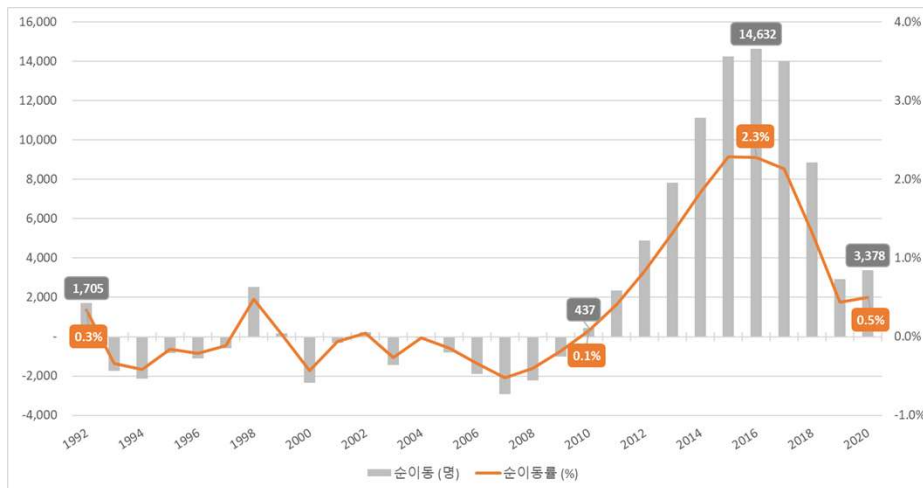


그림 4.13 제주도 순 인구이동률

제주도 읍면동 별 인구수 변화를 살펴보면(그림4.14), 지난 10년(2011~2020년)간 인구수 변화를 보면, 아라동(23,022명), 삼양동(14,829명), 오라동(9,216명), 애월읍(8,329명), 대천동(7,001명) 순으로 증가했고, 일도2동(-4,469명), 용담2동(-2,295명), 건입동(-1,711명), 삼도2동(-1,709명), 용담1동(-1,705명) 순으로 감소한 것을 알 수 있다. 또한 지난 20년간(2001-2020) 인구 증감을 보면, 아라동(25,177명), 노형동(23,565명), 삼양동(17,540명), 외도동(12,081명), 오라동(10,681명) 순으로 증가했고, 일도2동(-6,450명), 용담2동(-3,373명), 건입동(-2,678명), 일도1동(-2,637명), 용담1동(-2,342명) 순으로 감소했다. 통계 시작자료인 1992년부터 현재까지 약 29년간의 인구증감을 보면, 노형동(44,878명), 아라동(26,098명), 이도2동(21,812명), 삼양동(16,929명), 외도동(16,846명) 순으로 증가했고, 용담2동(-6,585명), 용담1동(-5,053명), 삼도2동(-5,015명), 일도1동(-4,738명), 건입동(-4,107명) 순으로 감소한 것을 알 수 있다(그림4.14). 그림4.14의 2020년 그림에서 하늘색 부분은 일도2동으로 지난 10년간 가장 많은 인구감소를 보인 지역이며, 빨간색 부분은 아라동으로 지난 10년간 가장 많은 인구증가를 보인 지역이다. 여기서, 1992년, 2001년, 2011년 등 해안가에서 높은 인구증가를 보였다면, 2020년에는 해안가에서 인구감소를, 중산간지역과 걸쳐있는 아라동에서 인구 증가를 보인 것으로 제주도민들의 생활환경이 중산간 지역으로 확대됨을 알 수 있다.

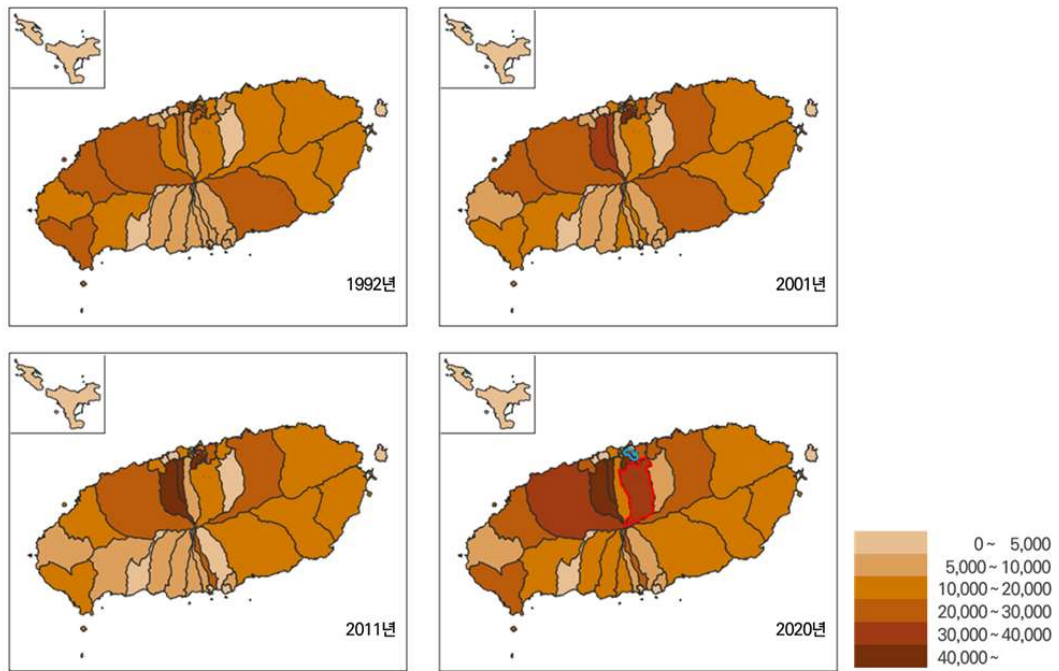


그림 4.14 1992년, 2001년, 2011년, 2020년 전체 읍면동 별 인구수(명)

다음은 제주도 입도 관광객 수의 통계자료이다. 그림 4.15를 보면, 2000년대 접어들면서 항공 운송편 급증으로 2000년 4,110천명대의 관광객수가 2019년 15,286천명으로 증가했었지만, 2020년 코로나바이러스감염증-19(COVID-19)의 영향으로 전년도 대비 5,049천명(49.3%) 감소한 10,236천명으로 집계되었다.

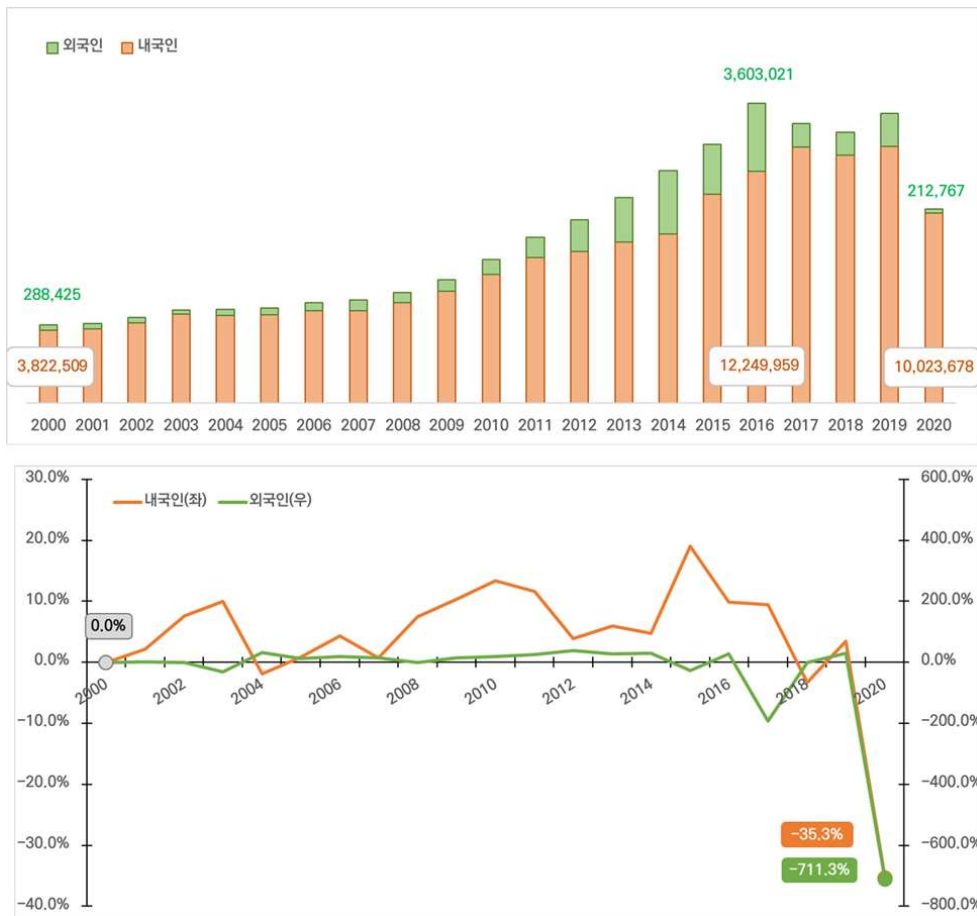


그림 4.15 2000년부터 2020년까지 입도 관광객 수(명, 위) 및 입도 관광객 증감율(% ,아래)

4.2.2 지리 공간정보를 활용한 공간적 특성분석

위험기상 발생 지역의 공간정보와 주민 생활권의 공간 특성을 파악하기 위해 도시/농림지역 및 교통노드 자료를 활용하여 분석해보았다. 해당 자료는 국가정보 오픈플랫폼 지도(<https://map.vworld.kr/map/ws3dmap.do#>)와 박창열(2021)의 자료를 활용하였다. 그림4.16에서, 고도 0m, 200m, 600m 기준의 선이 있고, 여기서 200m~600m는 중산간 지역으로 볼 수 있다. 풍수해위험지구 지도(그림 4.16)를 보면, 해안가를 중심으로 풍수해위험이 분포되어있는 것을 볼 수 있으며, 드물게 중산간 지역까지도 위험지구로 표시된 것을 볼 수 있다. 그림 4.17 중첩지도에서 연두색으로 넓게 분포된 부분은 농림지역, 제주시와 서귀포시 해안지역 부근의 빨간색 부분은 도시지역으로 도시화가 진행되는 구역이다. 최근의 개발진흥지구들이 중산간에 위치하고 있는 점도 눈에 띄는 점이다. 초록색의 점으로 표시된 부분은 표준교통노드 자료로, 교통정보의 수집·제공 및

도로운영 등에 활용하기 위해 전자교통지도로, 차량 이동이 많은 구역을 알 수 있다. 해당 교통노드는 제주시와 서귀포시를 잇는 평화로에서 눈에 띄게 많은 교통노드의 분포를 확인할 수 있으며, 중산간 지역의 도로를 이용하여 제주시와 서귀포시를 오가는 이용량이 많다는 것으로 해석할 수 있다. 이를 통해, 제주도의 인구 증가 및 도시화 진행으로 국민들의 입지활용은 해안 중심에서 중산간 지역으로 생활권역이 확대되어 방재 업무 수행 시 우선순위 결정이 필요하다고 할 수 있다.



그림 4.16 제주도 풍수해위험지구 지도, 붉은색 점 (박창열, 2021)

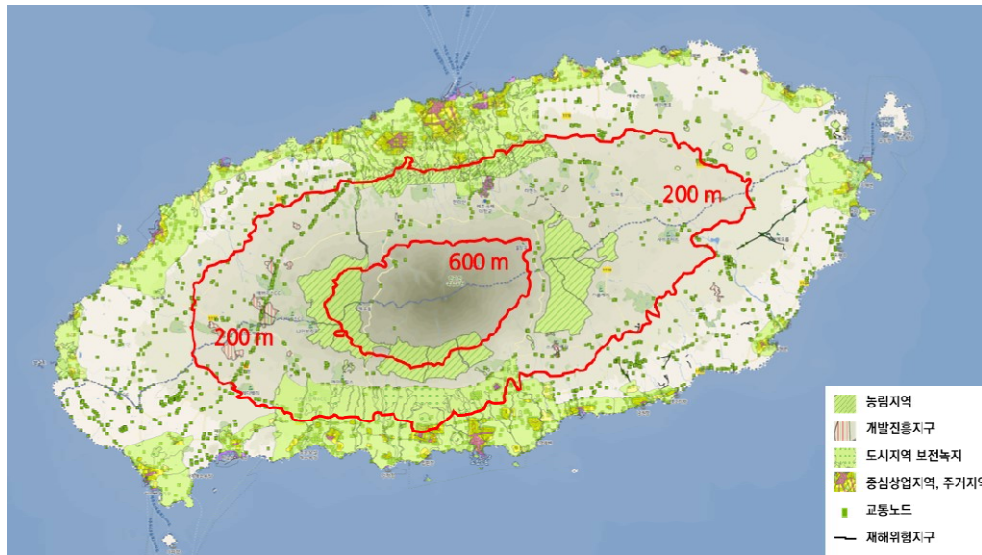



그림 4.17 도시/농림지역 및 교통노드 자료 중첩, 붉은선은 해발고도 [GIS 정보 출처: 국가정보 오픈플랫폼]



제5장

지자체 행정구역과 연계 방향 제시

- 5.1 예보구역과 관련하여 지자체 방재담당자
요구사항 설문 조사
- 5.2 위험기상 지역의 입체적 분석 등을 토대로
행정구역과의 연계 방안 분석 제시

제5장 지자체 행정구역과 연계 방향 제시

5.1 예보구역과 관련하여 지자체 방재담당자 요구사항 설문 조사

5.1.1 설문 개요

본 사업의 목적은 향후 방재 기상업무 시 활용, 기상 예·특보 제도개선 등 정책 발전방안을 마련하고자 함에 있다. 이를 위해서 제주지방자치단체들의 방재담당자의 의견을 위험기상 특보구역의 개선에 반영하고자 행정 현장의 담당자와 대면(별첨 C 참조) 및 비대면의 설문을 실시하였다.

- 조사 목적 : 제주도 예보구역 개편을 위한 의견 조사
- 조사 대상 : 방재유관기관 담당자 및 기상학회 회원 (총 51명)
- 조사 일시 : `21.05.13.-`21.06.21.
- 설문지 설계

본 설문지의 구성은 1) 응답자 일반현황 2) 방재업무 현황 관련 질문 3) 예보구역 개편에 대한 의견 관련 질문으로 세부항목 포함하여 총 14개 문항으로 구성하였다.

표 5.1 설문지의 설계

구분	문항	세부문항
응답자 일반현황	근무지	1
	방재업무 관련 업무수행 경험	1
	직무	1
	제주도 재해유형의 위험도 순위	1
방재업무 현황	현행 예보구역 만족도	1
	현행 예보구역 기준 방재업무 만족도	1
	기상특보 개선점	1
	중산간지역의 방재업무 문제점	1
예보구역 개편	예보구역 개편 필요 여부	1
	예보구역(동/서부) 중 제주시/서귀포시 구분 의향	1
	상세 예보구역 필요 의향	1
	예보구역 구분 기준 및 이유	2
	예보구역 개편 추진을 위한 절차	1
세부문항 합계		14

5.1.2 설문 결과

본 설문조사에 참여한 총 응답자수는 51명으로, 응답자 중 방재유관기관 담당자(도청, 시청, 제주지방경찰청, 소방본부, 읍면사무소, 한라산국립공원, 제주농업기술원, 제주연구원 등)는 27명, 그 외 추가설문 응답자 (재난/재해, 기상/기후, 연구/사업, 기타) 24명이 설문에 참여하였다.

방재유관기관 담당자 중, 방재업무 관련 수행경험 기간은 없음 11.1%, 1년 미만 14.8%, 1년이상~3년미만 29.6%, 3년이상~7년미만 3.3%, 7년이상 11.1%로 나타났고, 그 외 추가설문 응답자는 없음 41.7%, 1년 미만 12.5%, 1년이상~3년미만 0.0%, 3년이상~7년미만 12.5%, 7년이상 33.3%로 나타났다(그림 5.1). 응답자의 직무는 재난/재해분야 49.0%, 기상/기후분야(기상캐스터 등) 19.6%, 연구/사업분야(정책기획 등) 11.8%, 기타(제주도민, 일반사무 등) 19.6%로 나타났다(그림5.2).

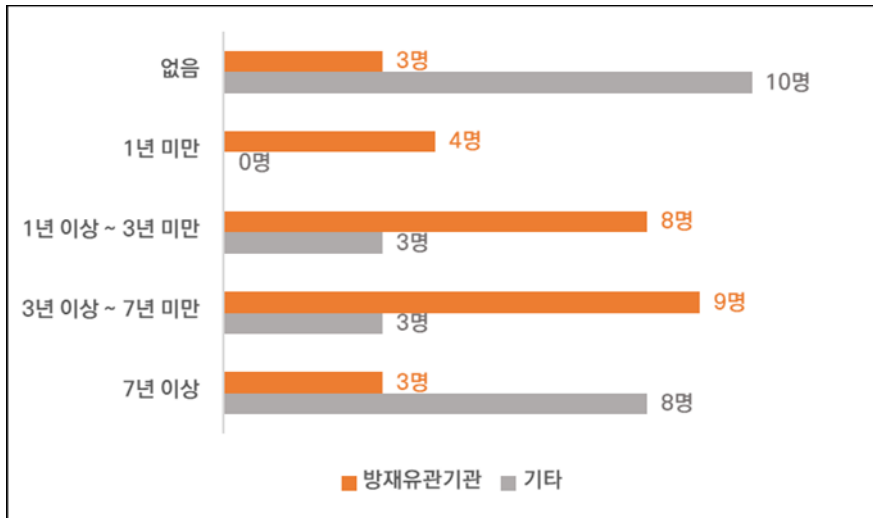


그림 5.1 방재업무 관련 수행경험 기간 별 응답자 수(명)

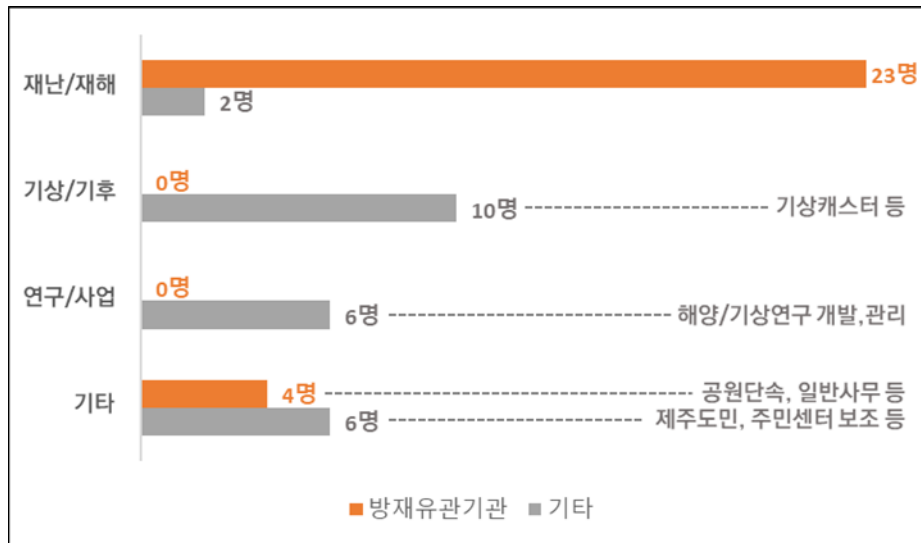


그림 5.2 직무 분야별 응답자 수(명)

응답자들에게 제주도에서 위험도가 높다고 생각하는 재해유형을 순위별로 묻는 질문에 대해, 방재유관기관 담당자는 태풍(24명), 호우(17명) 순으로 위험도가 높다고 답변했으며, 그 외 응답자는 태풍(18명), 강풍(10명) 순으로 위험도가 높다고 답변했다. 전체 응답자의 응답비율로 보았을 때, 태풍(82.4%), 호우(43.1%), 강풍(39.2%)로 나타났다. 기타 위험재해 유형으로는 안개, 폭풍해일, 지진, 가뭄의 의견이 있었다(표 5.2).

표 5.2 제주도에서 위험도가 높다고 생각하는 재해유형 전체 응답자 수(명)

구분	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위	6순위
태풍	42	3	2	3	1	0
대설	0	14	7	17	8	5
호우	5	22	13	8	1	2
강풍	1	10	20	16	4	1
풍랑	3	1	8	5	23	10
폭염	0	1	1	2	14	33
합계	51	51	51	51	51	51

현행 예보구역에 대한 만족도와 관련한 질문에 대해, 방재유관기관 응답자 27명 중 33.3%에 해당하는 9명만 ‘매우만족~만족’이라고 응답하였고, 그 외 응답자 24명 중 45.8%인 11명이 ‘매우만족~만족’을 선택하였다. 전체 응답자의 약 39.2%(20명)만이 ‘매우만족~만족’이라고 응답하였다[표 5.3, 그림 5.3].

표 5.3 현행 예보구역에 대한 만족도 정도(명,%)

구분	방재유관기관		그 외		전체	
	응답자수	백분율	응답자수	백분율	응답자수	백분율
매우만족	4	14.8	3	12.5	7	13.7
만족	5	18.5	8	33.3	13	25.5
보통	3	11.1	8	33.3	11	21.6
불만족	8	29.6	4	16.7	12	23.5
매우불만족	7	25.9	1	4.2	8	15.7
합계	27	100	24	100	51	100

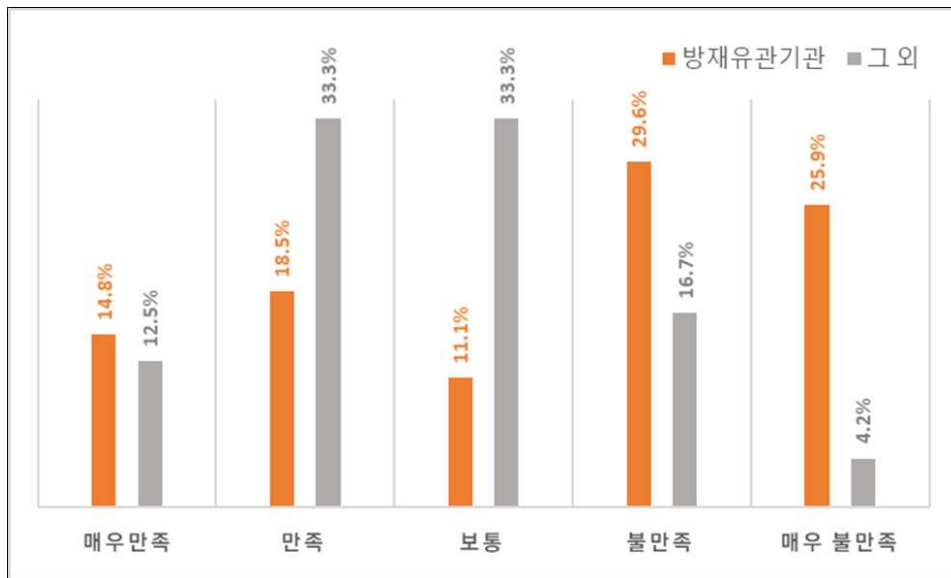


그림 5.3 현행 예보구역에 대한 만족도 정도(%)

또한, 현행 예보구역 기준 방재업무 만족도에 대한 설문에서, 방재유관기관 응답자 27명 중 15명은 '아니오'라고 응답했으며, 그 외 응답자 24명 중 9명이 '아니오'라고 응답했다. 방재유관기관 담당자들 중 '아니오'를 응답한 이유에 대해서는 '행정구역 중복(서귀포시·제주시의 동/서부 포함)'과 이로인해 '비상근무 체계가 비효율적으로 운영'된다는 의견이 있었고, '예보구역과 행정구역이 다르다'는 의견과, '제주도의 동서남북, 고도 등 지역마다 기후의 편차가 커 예보구역 내에서도 기상상황이 상이하하다'는 의견이 있었다. 그 외에는 '제주도 지형 특수성(원추형 한라산과 오름 등 지형과 연관된 기상현상 감시 부족 등) 반영이 어려워 예보구역이 조밀하게 분석이 필요하다'는 의견과, '예보가 지역별로 차이가 있어 방재업무도 원활히 이루어지지 않을 것'이라는 의견도 있었다[표 5.4, 그림 5.5].

표 5.4 방재업무 만족도(명,%)

구분	방재유관기관		그 외		전체	
	응답자수	백분율	응답자수	백분율	응답자수	백분율
만족함	16	59.3	15	62.5	31	60.8
만족하지 않음	11	40.7	9	37.5	20	39.2
합계	27	100	24	100	51	100

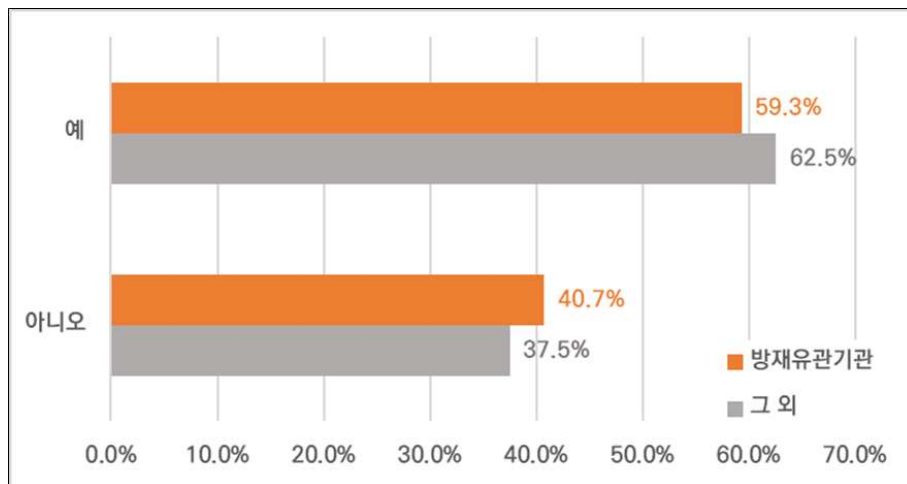


그림 5.4 방재업무 만족도 (%)

그리고, 방재업무 시 제공되는 기상특보 중, 개선이 필요한 부분은 무엇이라고 생각하는지를 묻는 질문에 대해, 아래 표 5.5와 같이 응답하였다.

표 5.5 방재업무 시 제공되는 기상특보 중, 개선이 필요한 부분에 대한 응답

구분	응답	
방재 유관기관	기상특보 자체의 불안정성	실제 기상상황과 일치하지 않음
	예·특보 구역의 세분화	해안, 산간, 중산간 지역 등 고도를 고려하여 기상예보 필요
		지역을 세분화하여 제주도 동/서부, 서귀포시 동/서부 구분 필요
		행정구역에 따른 강수, 적설차에 대한 세밀한 정보 제공 필요
		특보기준 개선 필요
	기타	태풍 진로에 대한 정확한 정보제공
순별 기상자료 정보 제공		
중산간 지역의 CCTV 설치 확대를 통한 실시간 상황 인지 필요		
그 외	바다, 한라산 등 지형 반영한 기상예보	어업시민, 산악 등산객 안전을 위한 예보 필요
		지역특성(유역 강수량, 적설차 등)에 따른 맞춤형 예경보 정보 제공
		움직임에 따라 변동이 큰 태풍, 호우 등 선제예보
	기타	풍랑/강풍주의보 등 특보에 대한 경고 강화
		재해 발생 확률 제공

마지막으로 중산간 지역(해발고도 200~600m 지역) 방재업무에 어려운 점을 묻는 질문에 대해, 아래 표 5.6와 같이 응답하였다.

표 5.6 중산간 지역(해발고도 200~600m 지역) 방재업무에 어려운 점에 대한 응답

구분	응답	
방재 유관기관	고도, 위치 등 지형적 영향	국지성 호우로 인한 예측 어려움
		현 기상예보 방식은 고도 영향을 고려하지 않아 주관적인 견해 포함 → 고도별로 재해 대응 전략/방법 차별화 필요
	정밀관측 통신망 구축	강수, 바람 등 기상편차가 심함
그 외	고도, 위치 등 지형적 영향	집중호우 및 대설 시 상황을 인지할 수 있는 CCTV가 없음
		제주 지역은 한라산 1950m 중심으로 오름이 400여개가 볼록 나와 있어 강수량 차이 큼
		해안지역과 강수 차나 가시거리 등 차이가 명확히 구분되지 않음
	빈번한 기상변화	풍계에 따른 현상 강도 변화
		갑작스러운 비, 안개, 태풍, 호우 등 기상변화가 빈번함
		예측 및 정확도 개선의 어려움
정밀관측 통신망 구축	방재업무 계획수립 및 대응 차질 발생	
	고분해능 재해 예경보 뒷받침 불가능	
		지형관련 관측값 부족 및 레이더 등 원격장비 사각 지대 발생

현재 제주도 예보구역을 개편할 필요가 있다고 생각하느냐는 질문에 방재유관 기관 응답자 27명 중 70.4%(19명)가 '예'를, 그 외 응답자 24명 중 66.7%(16명)가 '예'를 선택하였다. '예'를 선택한 이유는 일반 도민의 눈높이에 맞춰 행정 구역 단위의 개편이 필요하다는 의견이었고, '아니오'를 선택한 응답자들의 의견은 '현 예보구역과 시스템에 만족'한다는 의견과 '예보구역 문제보다 타분야 정보 과 연계하는 영향예보에 대한 전문성에 관련된 문제'라는 의견이 있었다(표 5.7, 그림 5.5).

표 5.7 현재 제주도 예보구역 개편 필요도 (명,%)

구분	방재유관기관		그 외		전체	
	응답자수	백분율	응답자수	백분율	응답자수	백분율
예	19	70.4	16	66.7	35	68.6
아니오	8	29.6	8	33.3	16	31.4
합계	27	100	24	100	51	100

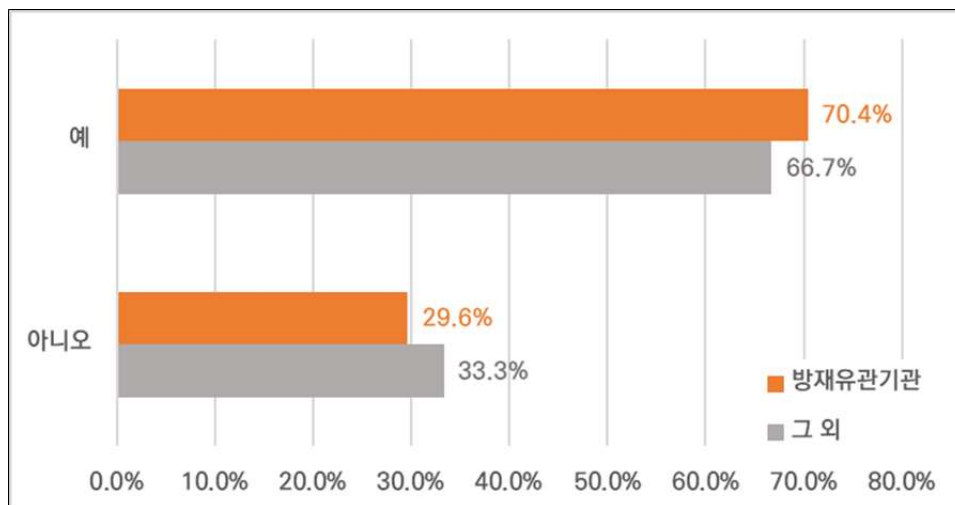


그림 5.5 현재 제주도 예보구역 개편 필요도 (%)

예보구역 개편 시, 제주시와 서귀포시의 동·서부의 구분에 대한 의향을 묻는 질문에서, 방재유관기관 응답자 27명 중 77.8%가 ‘매우그렇다~그렇다’로 응답했고, 그 외 응답자 24명 중 62.5%가 ‘매우그렇다~그렇다’로 응답했다[표 4.8, 그림 4.6].

표 5.8 제주시와 서귀포시의 동·서부 구분 동의 (명,%)

구분	방재유관기관		그 외		전체	
	응답자수	백분율	응답자수	백분율	응답자수	백분율
매우그렇다	16	59.3	7	29.2	23	45.1
그렇다	5	18.5	8	33.3	13	25.5
보통이다	2	7.4	4	20.8	7	13.7
그렇지않다	4	14.8	2	8.3	6	11.8
매우그렇지않다	0	0.0	2	8.3	2	3.9
합계	27	100	24	100	51	100

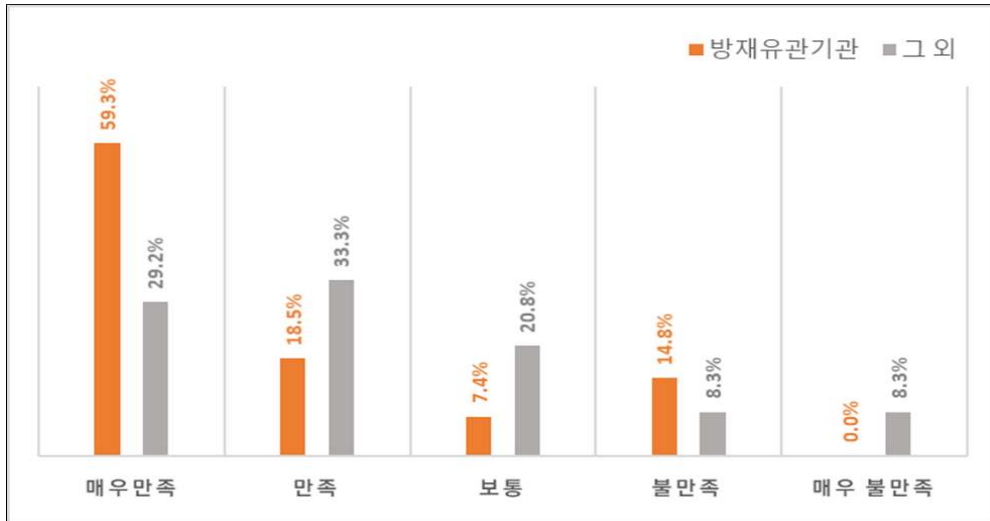


그림 5.6 제주시와 서귀포시의 동·서부 구분 동의 정도 (%)

현재 예보구역은 산지와 그 외 지역으로 운영되고 있다. 이에 예보구역 개편 시, 산지, 중산간, 해안 등 상세 예보구역 구분 및 적용과 관련한 의견을 묻는 질문에 대해, 방재유관기관 응답자 27명 중 92.6%, 그 외 응답자 24명 중 95.8%가 ‘예’라고 답했으며, ‘아니오’를 답한 응답자들의 의견은 ‘현행지속’, ‘산

간지역과 해안지역의 기상특성이 크게 다르지 않다고 생각’, ‘태풍 등 특별한 상황에 혼란이 예상되지 않는다면 예보구역을 나누는 것이 효율적일지 몰라도, 기상형태에 따라 구역 자체가 변경되면 혼란이 더 클 것’이라는 의견이 있었다[표 5.9, 그림 5.7].

표 5.9 상세 예보구역 구분 및 적용 동의 정도 (명,%)

구분	방재유관기관		그 외		전체	
	응답자수	백분율	응답자수	백분율	응답자수	백분율
예	25	92.6	23	95.8	48	94.1
아니오	2	7.4	1	4.2	3	5.9
합계	27	100	24	100	51	100

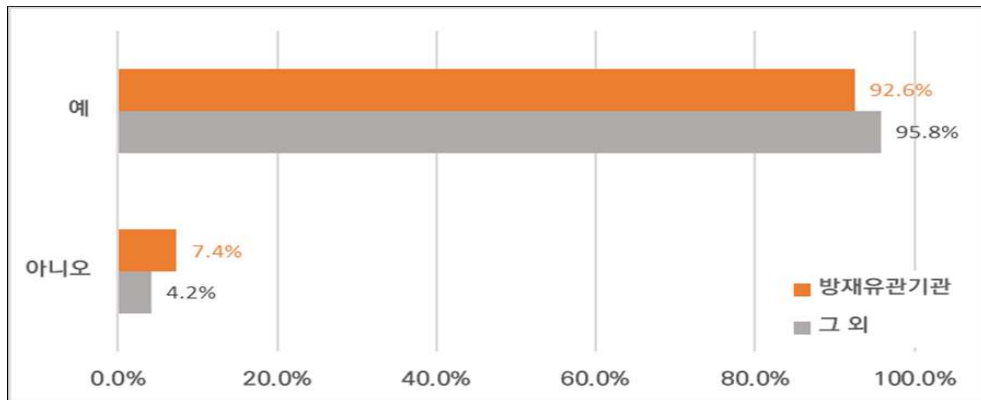


그림 5.7 상세 예보구역 구분 및 적용 동의 정도 (%)

예보구역 구분 시, 행정구역, 고도, 기후특성 중 어떤 기준에 따라 구분하는 것이 합리적인지 순서대로 나열하는 질문에 대해, 방재유관기관 담당자는 행정구역(18명) 기준으로 예보구역을 구분하는 것이 합리적이라고 답했으며, 그 외 응답자는 기후특성(17명)으로 방재유관기관 담당자들의 응답과 다른 결과가 나왔다. 전체 응답 기준으로 보았을 때, 행정구역이 27명으로 1순위였으며, 고도(30명), 기후특성(24명) 순서로 나타났다. 그 외 의견으로는 ‘인구밀도’가 있었다 [표 5.10, 표 5.11, 표 5.12].

표 5.10 예보구역 구분 기준 (방재유관기관, 명)

구분	1순위	2순위	3순위
행정구역	18	4	4
고도	7	16	5
기후특성	2	7	17
기타	0	0	1
합계	27	27	27

표 5.11 예보구역 구분 기준 (방재유관기관 외, 명)

구분	1순위	2순위	3순위
행정구역	9	5	9
고도	6	14	7
기후특성	12	5	7
기타	0	0	1
합계	24	24	24

* 기타 : 인구밀도

표 5.12 예보구역 구분 기준 (전체응답자, 명)

구분	1순위	2순위	3순위
행정구역	27	9	13
고도	10	30	12
기후특성	14	12	24
기타	0	0	2
합계	51	51	51

* 기타 : 인구밀도

위 표 5.10~표 5.12의 응답은 가장 높은 의견으로 선택된 항목은 ‘효율적인 방재업무 수행’(복수응답가능, 방재유관기관 및 그 외 응답자 집단에서 각각 66.7%, 79.2%로 전체 72.5% 해당)으로 나타났다[표 5.13].

표 5.13 예보구역 구분을 위한 기준항목(행정구역, 고도, 기후특성, 기타) 선택 이유 (명, %, 복수응답 문항)

구분	방재유관기관		그 외		전체	
	응답자수	백분율	응답자수	백분율	응답자수	백분율
효율적인 방재업무 수행	18	66.7	19	79.2	37	72.5
원만한 민원 해결	5	18.5	6	25.0	11	21.6
도민이 이해하기 쉬움	5	18.5	9	37.5	14	27.5
효율적이고 유연한 비상근무 가능	5	18.5	9	37.5	14	27.5

마지막으로, 제주지방기상청에서 예보구역 개편을 추진한다면 어떤 절차가 필요하다고 생각하느냐는 문항에는 표 5.14와 같은 답변이 있었다.

표 5.14 예보구역 개편 시 필요한 절차에 대한 응답

구분	응답
개편안 마련 후 의견 조회 및 수렴	설문조사, 사전공지, 공청회 개최 등 (도민, 지자체 방재담당 공무원, 유관기관 및 전문가 대상)
	재난 대응 매뉴얼에 새로운 기상예보 적용에 대한 논의 (행정안전부/지방자치단체 담당자 등)
	1)도민들의 민원조사 2)개선안 개발 3) 개선에 대한 선호도 조사 4)개선안 결정 및 시행 : 사전준비 사후평가에 시민 참여 : 지역전문가를 포함한 도민 설명회 : 지역사회 이해관계자 연대의 사회적 합의 선행
예보구역 개편의 필요성 안내	가까운 미래에 예상될 수 있는 복합재해 발생 가능성에 대한 검토
구역별 위험요소 차별화	예: 폭염, 강풍, 폭우, 안개 위험지역
특보 구역 상세화	동서남북부 구분이 비교적 광범위하기 때문에 지리적 기후적 특성에 맞게 상세히 구분 필요
그 외	교통과의 관련성 분석
	예보성능 검증
	재난안내문자를 받는 시민들의 편의를 생각하는 방향으로 개편 추진

5.1.3 설문 결과의 요약

방재유관기관 담당자 및 그 외 재난/재해, 기상/기후 등 분야에 속한 일반인과 제주도민을 대상으로 한 제주도 예보구역 개편을 위한 설문조사 분석 결과, 방재유관기관 응답자와 그 외 응답자들의 선호도 및 답변들은 몇몇 문항을 제외하고 대부분의 문항에서 유사한 비율의 동일한 응답을 보였다.

방재유관기관과 그 외 응답자들이 상이한 답변을 한 문항은, 현재 예보구역에 대한 만족도에 대한 문항에서 큰 차이를 보였는데, 방재유관기관 담당자 외 응답자들은 대부분 만족한다는 의견이었으나, 실제 현장에서 업무를 수행하는 방재유관기관 담당자들은 응답자의 절반 이상인 55.5%가 만족하지 못한다고 답했고, 이는 방재업무 시 행정구역 중복으로 비상근무 체계가 비효율적으로 운영되기 때문임을 알 수 있다.

실제 기상특보 자체의 불안정성 개선과 지형을 반영한 상세한 기상예보 제공 등이 방재업무 시 제공되는 기상특보 중 개선이 필요한 부분으로 나타났으며, 이는 중산간 지역의 방재업무의 어려움 역시 해소될 수 있을 것으로 분석된다. 방재유관기관과 그 외 응답자들의 절반 이상이 예보구역 개편이 필요하다고 응답했으며, 양쪽 집단 모두 제주시와 서귀포시의 동·서부 구분과 산지·중산간·해안 등으로 상세한 예보구역이 필요하다고 응답한 결과로 미루어보아, 효율적인 방재업무 수행을 위해 행정구역 중심의 예보구역개편과 현행 예보구역에서 중산간 지역의 예보구역이 추가되어야 할 필요성이 있다는 것으로 분석할 수 있다.

마지막으로 예보구역 개편 시 필요절차로는 민원/설문조사, 개선안 개발, 개선에 대한 선호도 조사, 유관기관과의 논의, 개선안 결정 및 시행 등의 의견이 있었다.

5.2 위험기상 지역의 입체적 분석 등을 토대로 행정구역과의 연계 방안 분석 제시

제주특별자치도는 제주시와 서귀포시로 행정구역이 나뉘어져 있다. 재난의 상황에 대한 방재업무는 평상시의 상시대비단계와 재난상황시 비상대비 단계로 나뉘어진다. 상시대비의 경우 여름철에 비가 집중되는 우리나라 기후의 특성상 호우에 대비한 방재기간이 정해져 있고 재난상황의 시작은 기상청의 기상특보 발표로부터 시작된다. 이에 따라 도청, 시청을 비롯한 경찰서와 소방서에까지 방재기간 동안 기상특보에 민감하게 행정과 인원이 배치되게 된다(그림 5.8). 제주도의 도청과 각 시청의 역할 분담은 그림 5.8의 모식도처럼 재난대비 정책의 수립과 재난시 상황 집계 및 복구현황 집계의 중앙 보고 등은 제주특별자치도가 맡고, 현장 상황 대책본부장은 재난안전법의 제16조에 따라 시장이 담당하며 방재 현장의 지휘 및 수습의 역할을 수행한다(표 5.15). 제주시와 서귀포시는 각각 시 조례 및 재난안전 업무규정에 따라 방재업무의 종류와 비상대처 매뉴얼을 운영중에 있다. 그림 5.10의 제주시의 예에서 예비특보의 발표시부터 재난 안전 대응업무가 시작되어 특보의 해제 시까지 비상업무가 이어지므로 설문 결과에서 보는 바와 같이 현장에서 기상정보에 따라 업무의 우선 순위가 결정 될 수 있다.

한편 제주도의 폭우로 인한 재해취약성 등급별 분포 분석에 따르면 현재도 산지를 비롯한 중산간은 2등급이며 상대적으로 비가 많이 오는 제주 남부와 동부가 3등급으로 이러한 위험은 미래에는 산지와 제주 동남부 지역이 1등급 지역으로 확대될 것으로 예상된다(그림 5.9). 따라서 현장 담당자의 예보구역의 고도별 구분의 요구는 실제 제주도에서 경험하는 기상현상의 전개 양상과 크게 다르지 않아 상세한 예보구역 분리가 현장의 업무 효율에는 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.



그림 5.8 행정시와 자치단체(도청)의 업무 분담

표 5.15 재난안전법의 지역재난 안전대책본부에 관한 사항

[재난 및 안전관리 기본법 (약칭: 재난안전법)]

제16조(지역재난안전대책본부) ① 해당 관할 구역에서 재난의 수습 등에 관한 사항을 총괄·조정하고 필요한 조치를 하기 위하여 시·도지사는 시·도재난안전대책본부(이하 “시·도대책본부”라 한다)를 두고, 시장·군수·구청장은 시·군·구재난안전대책본부(이하 “시·군·구대책본부”라 한다)를 둔다.

제주시와 서귀포시의 방재업무체계는 각 시의 지역재난안전대책본부의 규정에 따르는데, 일선 담당자는 기상특보 구역이 제주동부와 제주서부와 같이 행정시가 겹쳐있는 경우, 업무의 중복 및 방재 업무 범위의 규정이 곤란한 경우가 발생할 수 있다. 설문 조사 결과에서도 드러나듯이 행정동 단위와 맞지 않는 예보구역 범위로 인한 혼선에 대한 불편 의견이 다수 취합되었다. 이에 대한 대책으로 행정구역에 따른 예보 구역의 조정이 가능한지에 대한 검토가 필요하다. 다음 장에서 제시할 예보구역 효율화 안에서는 이를 고려한 조정안을 포함하여 제시하였다.

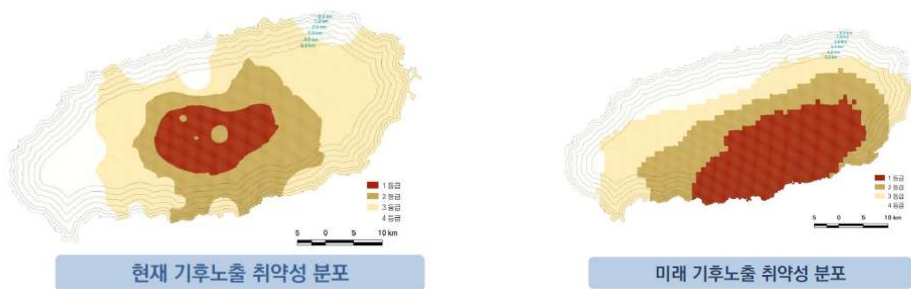


그림 5.9 제주도 현재 기후노출 취약성 공간 분포(왼쪽), 미래기후노출 취약성 분포(오른쪽) (박창열, 2021)

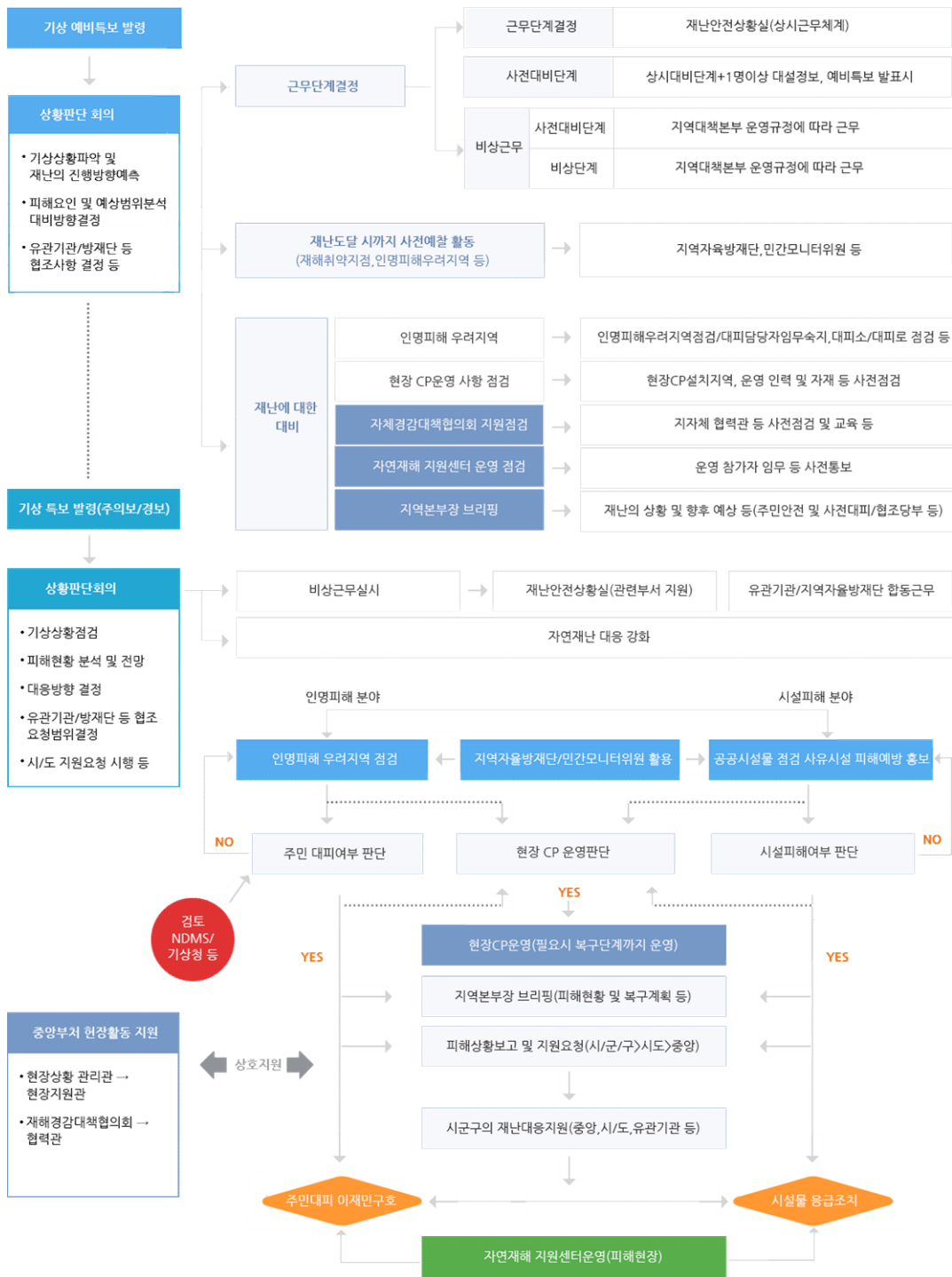


그림 5.10 제주시 재난안전대책본부 재난대응 절차 및 계획

제6장

최적의 예보구역 운영방안을 위한 방향 제시

- 6.1 효율적인 예·특보업무 수행과 지자체 방재업무 지원을 위한 최적의 예보구역 효율화 안 제시
- 6.2 최적의 예보구역 적용 시 효용성 분석
- 6.3 향후 예보구역 개편 추진 시 필요한 절차 제시

제6장 최적의 예보구역 운영방안을 위한 방향 제시

6.1 효율적인 예·특보업무 수행과 지자체 방재업무 지원을 위한 최적의 예보구역 효율화 안 제시

제주지방기상청은 1993년 제주도를 육상예보관할지역으로 북부, 동부, 남부, 서부 4개 구역으로 나누어 독자예보를 실시한 후, 1998년 제주도서부 지방에 속한 안덕면을 제주도남부로 편입하는 예보구역 조정이 시행되었다. 이때의 예보구역 개편으로 서귀포시 대정읍과 제주시 한경면, 한림읍이 제주 서부 구역으로 나뉘어 있다. 2000년에는 한라산의 영향으로 산악기상의 특징을 나타내는 산지를 예보구역에서 분리하였고 2015년부터 지금의 산지, 동, 서, 남, 북 그리고 추자도를 별도의 예보구역으로 하는 육상국지예보 구역을 유지 중이다. 현재의 예보구역은 제주도의 기후 및 기상현상의 특징으로 구분되어 행정구역을 따르는 육지의 예보구역보다 상세화 되어있는 구분이다. 그러나, 제주 지역의 특성상 지역에 따라 기상 변화가 극심하고 방재 업무의 효율을 저해하는 등의 문제점을 해소하고자 효율적인 예보구역의 재편안을 마련하고자 하였다.

본 연구에서 제시하고자 하는 제주도의 예보구역 효율화 안은 현재의 예보구역 유지를 제외한 3개의 방안이다. 첫째, 현재의 예보구역에서 중산간을 분리하고 제주시와 서귀포시의 행정구역에 따라 특보구역을 세분화하는 방안으로 총 10개의 예보구역으로 나뉜다(그림 6.1). 이 안은 기존의 동서남북에 따른 기후특성은 유지하되 중산간과 해안의 특보 현상을 분리하고 행정구역상 편의를 위해 제주시와 서귀포시의 경계에 따라 제주도 동부와 서부를 분리하였다. 이때 중산간을 하나의 예보구역으로 할 것 인가의 문제점을 고려하였을 때, 이승호(1999)의 연구에서 제시된 바와 같이 한라산의 사면에 따라 강수시스템의 발달 과정이 달라지므로 남북의 구역 구분은 필요할 것으로 판단되며 그의 근거는 다음 절의 사례 분석에서 제시하였다. 1안은 예보구역 개편에 의한 혼선을 최소화하면서 방재담당자들의 의견을 적극 반영하고자 제시되었으나, 중산간 분리에 따른 국지예보구역의 범위가 좁은 구역에 상세화하여야 한다는 예보의 기술적인 측면에서 검토가 필요하다.

두 번째로 그림 6.2의 2안은 1안의 10개 예보구역을 단순화하여 기존 예보구역의 제주시 (북부, 동부, 서부)와 서귀포시 (남부, 동부, 서부)로 구분하여 6개 인 해안 지역을 제주시 (동부, 서부)와 서귀포시 (동부, 서부) 구역으로 단순화한

제안으로 강우의 동-서, 남-북의 차이에 따른 예보구역을 구분하였다. 이렇게 조정하는 경우 기존 6개 예보구역이 8개의 예보구역으로 개편된다. 표 6.1에 각 개편안에 따른 행정동의 분류를 정리하였다. 이때, 강수의 빈도와 강수량의 분포 특성에 따라 구분된 안이지만, 예보구역 변화에 따른 혼선 발생이 우려되고 서귀포 서부의 경우, 대정읍 하나만 예보구역이 되므로 예보구역의 면적 차이가 크다.

마지막으로 세 번째 안은 기후특성에 따라 나뉜 기존 예보구역을 유지하되 중간산을 분리하여 고도에 따른 예특보를 분리하려는 제안이다(그림 6.3). 3안을 시행하는 경우 예보구역 변화에 따른 혼선 최소화하면서 위험기상관리를 위해 중간산을 특보 구분함으로써 방재 업무의 우선 순위를 판단하는 정보를 제공할 수 있다. 그러나, 많은 의견이 제기되고 있는 예보구역과 행정구역의 불일치에 대한 불편은 해소하지 못한다.

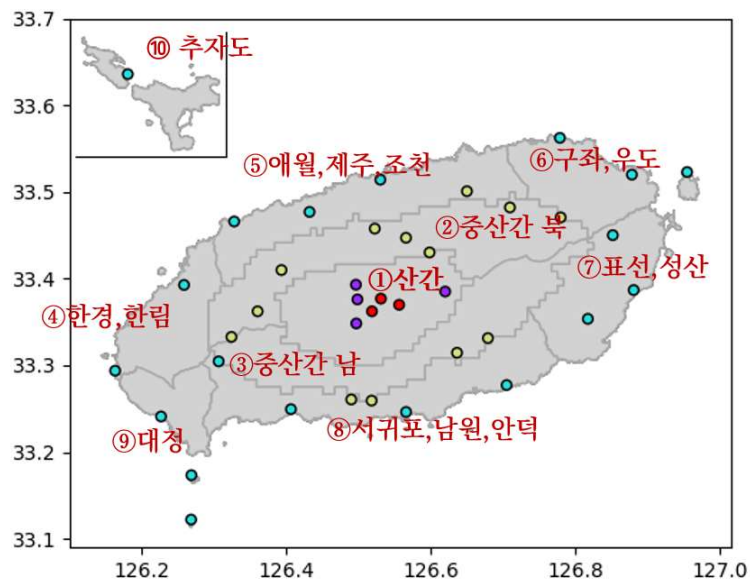


그림 6.1 예특보 구역 개편 1안

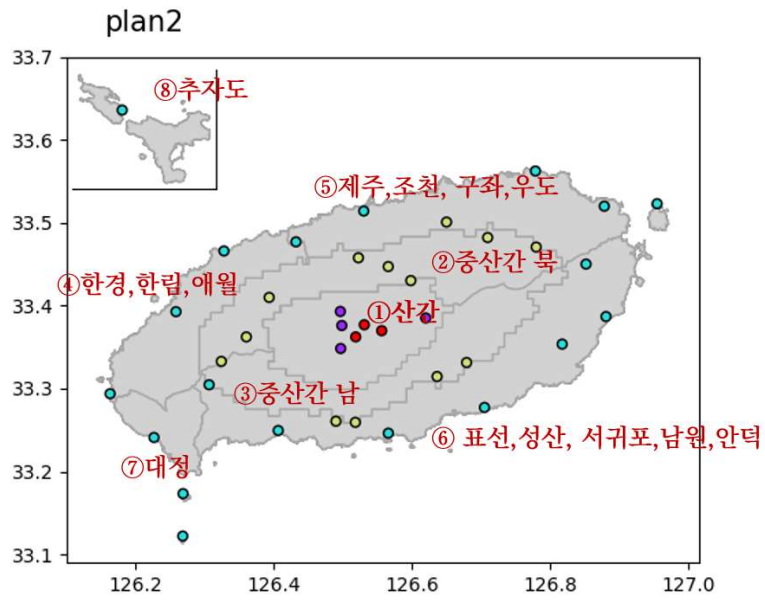


그림 6.2 예특보 구역 개편 2안

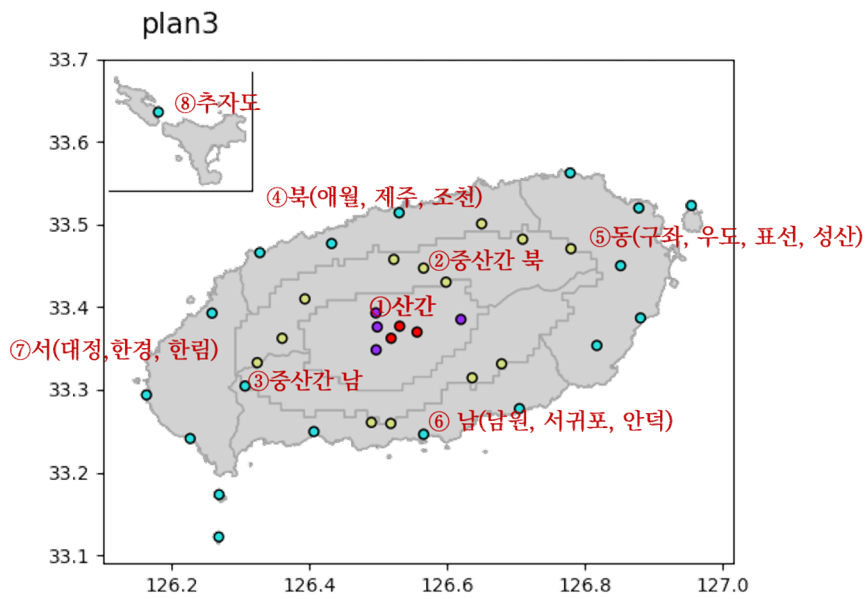


그림 6.3 예특보 구역 개편 3안

표 6.1 예보구역 개편안의 구역별 행정동 및 특징

구 분	예보구역별 행정동	예보구역 개수	특 징
현재	①산지 ②제주도북부: 애월,제주,조천 ③제주도동부: 구좌,우도,표선,성산 ④제주도남부: 서귀포,남원,안덕 ⑤제주도서부: 대정,한경,한림 ⑥추자도	6	지형과 기상특성에 따라 구분
1안	①산지 ②중산간 북 ③중산간 남 (이하 해안지역) ④한경,한림 ⑤애월,제주,조천 ⑥구좌,우도 ⑦표선,성산 ⑧서귀포,남원,안덕 ⑨대정 ⑩추자도	10	- 중산간과 행정동의 구분 - 방재업무 지원을 위한 예보구역개편 최적화 - 예보구역 세분화에 따른 기술적 문제점 보완 필요
2안	①산지 ②중산간 북 ③중산간 남 (이하 해안지역)④한경,한림,애월 ⑤제주,조천,구좌,우도 ⑥표선,성산,서귀포,남원,안덕 ⑦대정 ⑧ 추자도	8	- 중산간과 행정동의 구분 - 호우와 대설의 기상현상에 따른 예보구역 최적화 : 예보구역 세분화 조정 - 방재업무 시 예보구역 재편에 따른 혼선방지 방안 필요
3안	①산지 ②중산간 북 ③중산간 남 (이하 해안지역)④제주도북부: 애월,제주,조천 ⑤제주도동부: 구좌,우도,표선,성산 ⑥제주도남부: 서귀포,남원,안덕 ⑦제주도서부: 대정,한경,한림 ⑧추자도	8	- 고도별 예보구역 구분 - 기상현상에 다른 예보구역 구분 유지 - 행정동의 구분에 따른 구역 재편은 현행 유지 - 예보구역개편의 혼선 최소화

각 예보 구역 개편안에 따른 구역도와 호우주의보, 대설주의보의 균집을 공간적으로 비교한 결과는 그림 6.4와 그림 6.5이다. 3개의 안 모두 기상현상의 공간적 특성을 벗어나지 않는 구역의 구분으로 예보 기술적인 측면에서 고려해야 할 예보구역 세분화에 따른 문제점들과 방재 현장의 요구 반영이라는 서비스의 측면에서 편익을 따져야 할 필요가 있다. 본 연구에서 제시한 개편안의 반영은 다음 예보구역 개편 절차에 따라 추진하면서 보완 혹은 절충안을 찾을 수 있을 것으로 사료된다. 다음은 실제로 이러한 예보구역의 개편이 호우와 대설 뿐 아니라 폭염, 강풍 등 다른 기상요소도 반영 되어야 하며 호우와 대설 현상의 실제 사례에서도 구분이 가능한지를 살펴보기 위해 '6.2 최적의 예보구역 적용 시 효용성 분석' 절에서 과거 특보사례에 적용한 결과를 제시하였다.

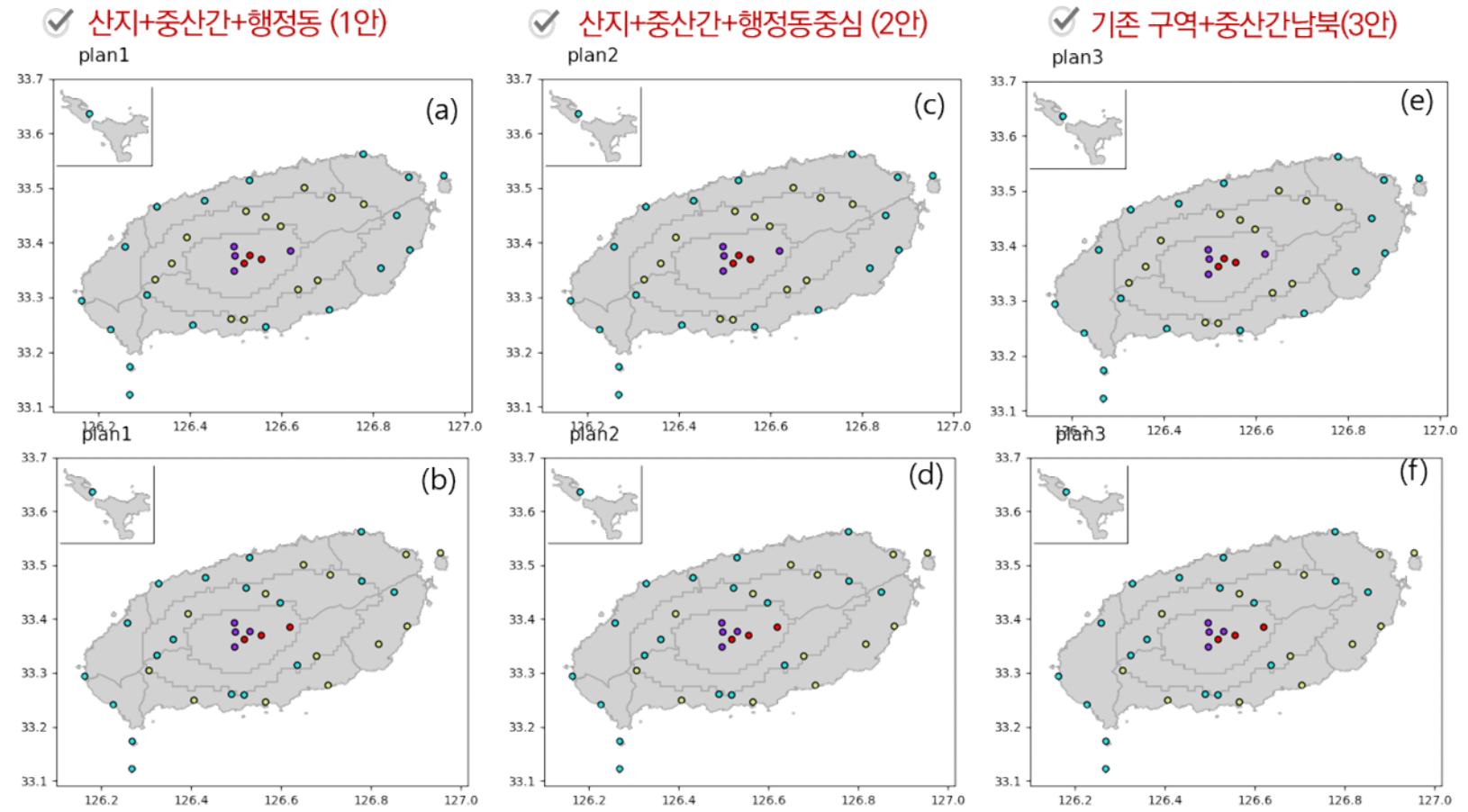


그림 6.4 예보구역 개편안에 따른 호우주의보와 년평균 강수량의 군집 결과 비교 (a)1안, 호우주의보(3h), (b)1안, 년평균 강수량의 군집결과, (c)2안, 호우주의보(3h), (d)2안, 년평균 강수량의 군집결과, (e)3안, 호우주의보(3h), (f)3안, 년평균 강수량의 군집결과

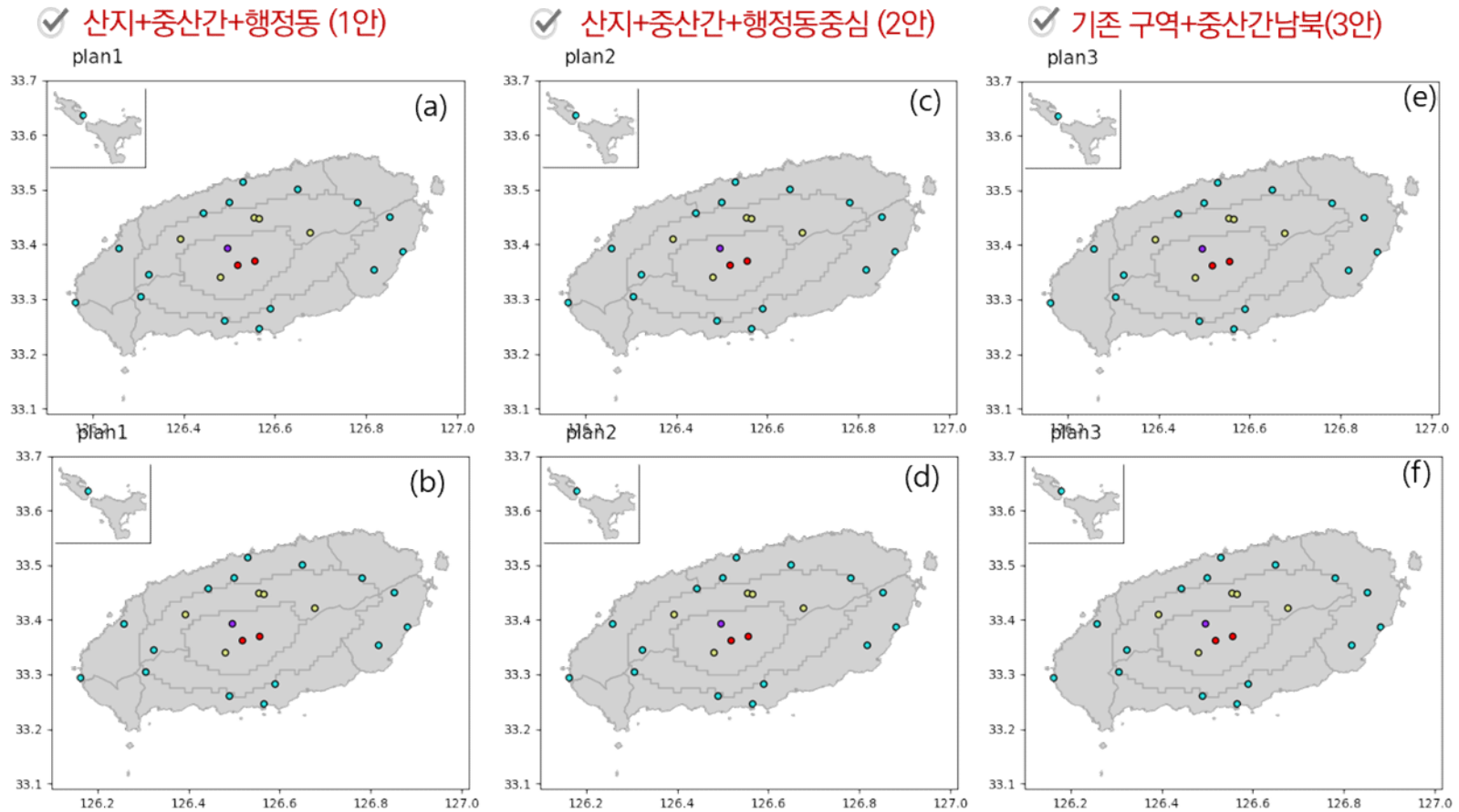


그림 6.5 예보구역 개편안에 따른 대설주의보와 년평균 적설량의 군집 결과 비교 (a)1안, 대설주의보, (b)1안, 년평균 적설량의 군집결과, (c)2안, 대설주의보, (d)2안, 년평균 적설량의 군집결과, (e)3안, 대설주의보, (f)3안, 년평균 적설량의 군집결과

6.2 최적의 예보구역 적용 시 효용성 분석

위험기상의 특보는 호우, 대설과 함께 폭염, 강풍, 한파등 다양한 기상 현상에 대하여 세분화되어 있다. 예보구역 개편안이 이들 기상 요소들의 지역별 차이를 적절히 반영할 수 있을지 확인하기 위해 기온과 바람에 대해 일 최고기온과 일최저기온으로 폭염주의보와 경보 기준인 33℃이상 35℃미만, 35℃이상의 극값 발생일수를 각 지점별로 추출하였다. 한파주의보의 기준은 영하 10℃이하로 일최저기온으로 일수를 자료를 수집했다. 또 강풍은 제주도가 바람이 많은 지역이므로 강풍주의보와 강풍경보의 기준값으로 기상청 기상자료포털에서 2017년부터 2020년까지 제주관측지점들의 기상 관측을 모두 수집하였다. 그 결과는 표 6.2이고 공간분포는 그림 6.6과 6.7이다.

기온의 극값은 도시화가 가장 많이 진행된 제주지점이 확연히 자주 발생하고 고도에 따라 발생빈도가 반비례하여 고도에 따른 극값 빈도의 변동은 유용한 것으로

폭염특보 기준에 해당하는 기온은 도시화가 가장 많이 진행된 제주지점이 확연히 자주 발생하고 고도에 따라 발생빈도가 반비례하여 고도에 따른 변동은 유용한 것으로 분석된다. 바람의 경우는 제주도의 산지 관측지점을 제외하면 모두 해안에 위치한 관측지점이라 할 수 있어 관측기기의 위치와 사면에 따라 극심한 차이를 보일 수 있다. 고산과 마라도 지점은 강풍특보 기준을 넘는 일 최대풍속이 200회와 300회가 넘게 관측되었다. 또 중산간에 위치한 관측지점들의 강풍 특보 빈도는 지점별로 인근의 관측소라도 극값 발생의 빈도 차이가 큰데 바람 변수의 특성상 빈도만으로 특징을 판단할 수는 없다. 그렇지만 섬의 특수성을 제외하면 한라산 정상에 위치한 관측지점들은 산악기상의 특성을 온전히 반영하고 있어 강풍의 특보가 고도에 따라 달라지고 있는 점은 확인된다.

표 6.2 제주지방기상청 ASOS, AWS 관측 지점의 최고최저기온의 극값 및 최대풍속의 극값 발생일 (기간: 2017년1월1일~ 2020년 12월31일) [출처: 기상청 기상자료개방포털]

특보구역	지점명	$33^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{max}} < 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{min}} \leq -10^{\circ}\text{C}$	$14\% \leq W_{\text{max}} < 21\%$ ($17\% \leq W_{\text{max}} < 24\%$)	$W_{\text{max}} \geq 21\%$ ($W_{\text{max}} \geq 24\%$)
제주도 북부	제주	45	13	0	5	1
	산천단	7	0	0	0	0
	대흘	12	0	0	6	0
	유수암	11	0	0	13	0

특보구역	지점명	$33^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{max}} < 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{min}} \leq -10^{\circ}\text{C}$	$14\% \leq W_{\text{max}} < 21\%$ ($17\% \leq W_{\text{max}} < 24\%$)	$W_{\text{max}} \geq 21\%$ ($W_{\text{max}} \geq 24\%$)
	선흘	2	0	0	2	0
	외도	36	8	0	3	0
	오등	18	2	0	7	0
	새별오름	8	0	0	61	2
	애월	-	-	-	-	-
제주도 남부	서귀포	5	3	0	0	0
	중문	10	2	0	1	0
	서광	13	1	0	5	0
	제주남원	29	0	0	7	0
	기상(과)	2	1	0	3	0
	태풍센터	3	0	0	5	0
제주도 동부	강정	20	3	0	2	0
	성산	20	0	0	11	2
	우도	4	0	0	49	2
	구좌	31	1	0	43	2
	표선	18	7	0	3	0
	월정	22	0	0	66	2
	송당	32	19	0	5	0
	제주가시리	16	0	0	0	0
제주도 서부	성산수산	3	0	0	13	2
	고산	16	2	0	221	51
	마라도	1	0	0	316	15
	한림	33	6	0	5	0
	대정	33	7	0	17	2
	가파도	6	0	0	163	6
	금악	7	0	0	2	0

특보구역	지점명	$33^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{max}} < 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{min}} \leq -10^{\circ}\text{C}$	$14\% \leq W_{\text{max}} < 21\%$ ($17\% \leq W_{\text{max}} < 24\%$)	$W_{\text{max}} \geq 21\%$ ($W_{\text{max}} \geq 24\%$)
제주도 산지	어리목	0	0	7	0	0
	성판악	0	0	2	5	0
	한라생태숲	1	0	0	1	0
	삼각봉	0	0	70	29	0
	사제비	0	0	52	18	0
	영실	0	0	23	0	0
	진달래밭	0	0	49	12	0
	윗세오름	0	0	114	9	1
추자도	추자도	1	0	0	26	1

☑ 산지+중산간+행정동 (1안)

☑ 산지+중산간+행정동중심 (2안)

☑ 기존 구역+중산간남북(3안)

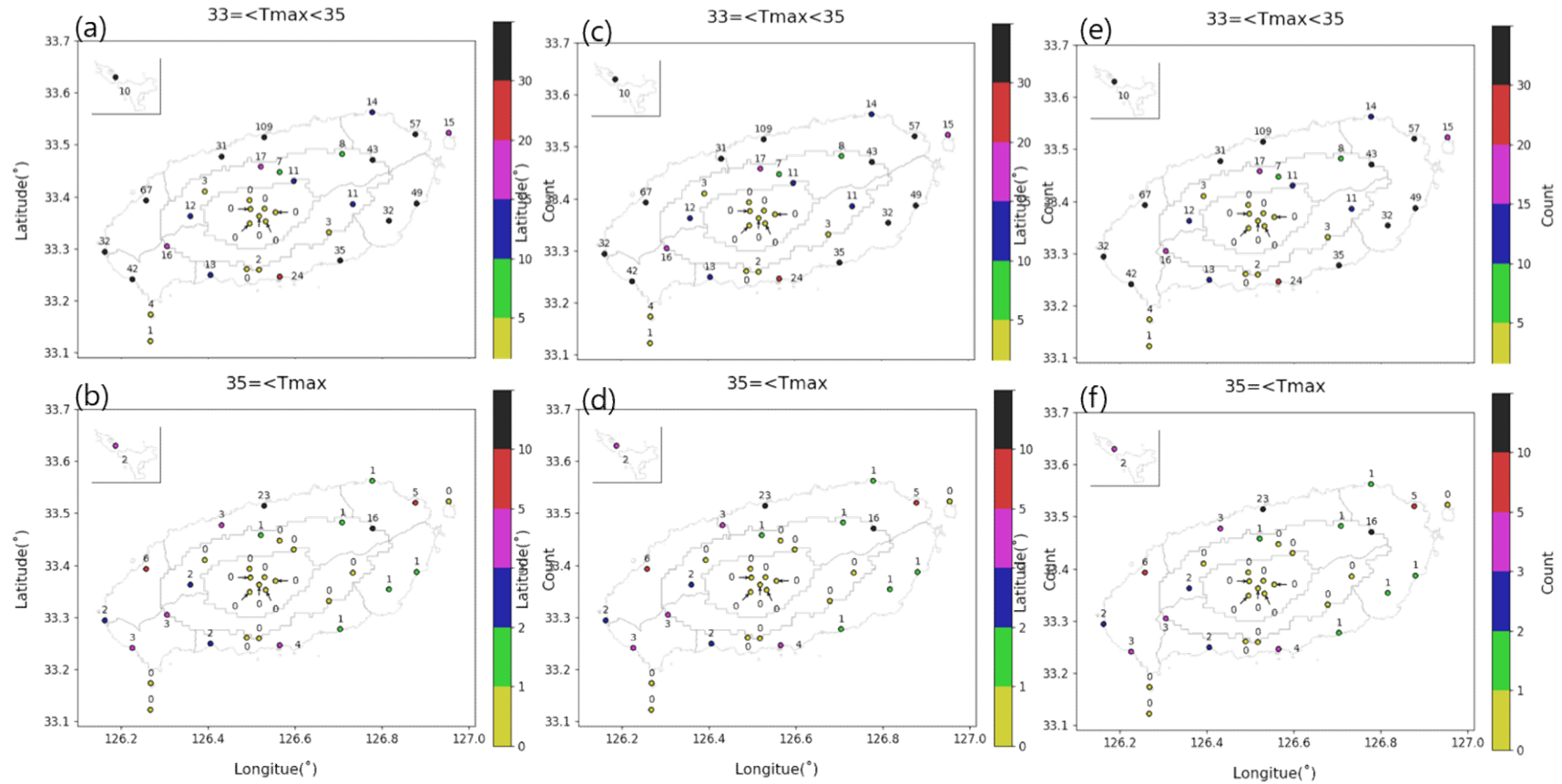


그림 6.6 예보구역 개편안에 따른 기온의 극값 발생 빈도(2017년~2020년) 비교 (a)1안, 일최고기온 33°C이상 35°C미만, (b)1안, 일최고기온 35°C이상, (c)2안, 일최고기온 33°C이상 35°C미만, (d)2안, 일최고기온 35°C이상, (e)3안, 일최고기온 33°C이상 35°C미만, (f)3안, 일최고기온 35°C이상

☑ 산지+중산간+행정동 (1안)

☑ 산지+중산간+행정동중심 (2안)

☑ 기존 구역+중산간남북(3안)

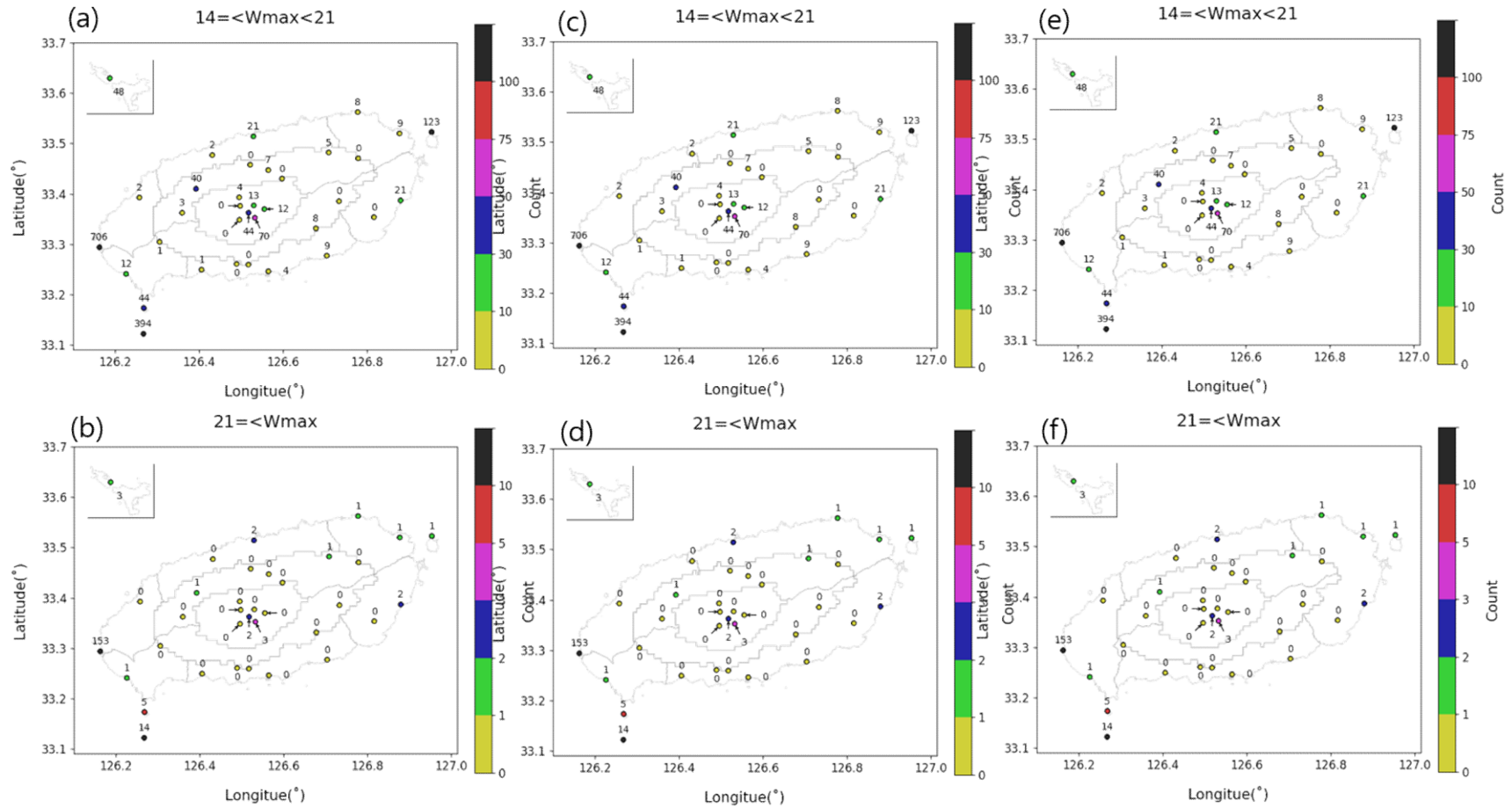


그림 6.7 예보구역 개편안에 따른 바람의 극값 발생 빈도(2017년~2020년) 비교, 일최대풍속 14m/s이상 21m/s미만(산지는 17m/s이상 24m/s) 강풍주의보, 일최대풍속 21m/s이상(산지는 24m/s) 강풍경보

(a)1안, 강풍주의보, (b)1안, 강풍경보, (c)2안, 강풍주의보, (d)2안, 강풍경보, (e)3안, 강풍주의보, (f)3안, 강풍경보

위험기상의 특보 지역 구분의 타당성을 과거 사례에 적용하여 분석하기 위해 최근 3년 이내 호우와 대설의 각각 3개 사례를 선정하였다. 각 사례는 특보 발효 지점이 광범위하고 최소 6시간 이상 현상이 지속되었던 사례를 선택하였다.

호우 특보의 사례는 각 ① 2020년 5월 9일 사례로 5월의 봄비이지만 산지에서는 시간당 20mm 이상의 비가 왔으며 04KST 산지에서 시작된 비가 중산간과 제주도 남부와 동부로 확대되었다. 강수 시작 시 특보 상황(그림 6.8a)과 3시간 이후의 그림 6.8b를 비교하면 안덕의 서광 지점이 제주도 남부와 같이 비가 많이 왔으며 제주 북부 해안은 거의 강수가 기록되지 않았으나, 남부 중산간과 동부 해안에 비가 집중되었다.

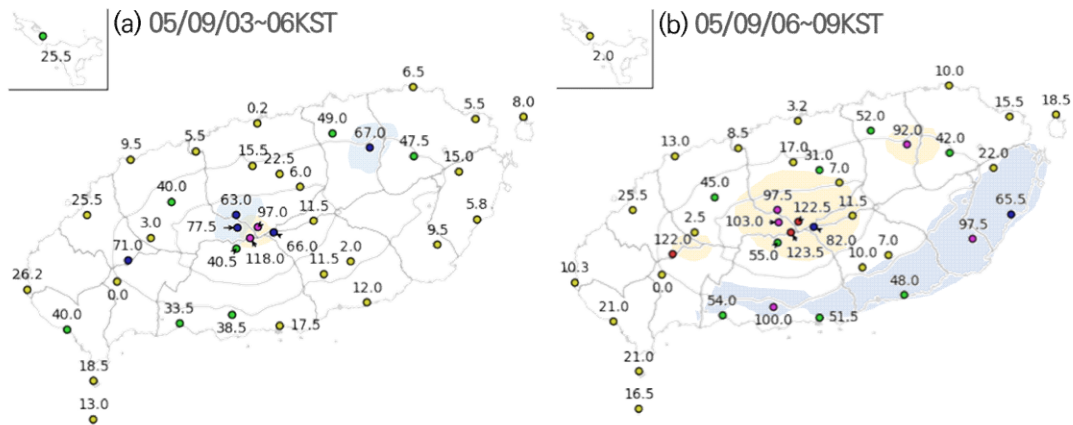


그림 6.8 호우 특보사례① 2020년 5월 9일 06KST 3시간 누적강수(왼쪽), 09KST(오른쪽) 노란색 음영 구역은 대설경보, 하늘색 음영은 대설주의보 지역

두 번째 호우 사례는 ② 장마 호우 특보 사례로 2020년 7월 호우 00KST에서 09KST 동안의 사례이다. 실제 이날 비는 특보 이전과 이후에도 간간히 이어졌으나, 강수가 집중된 시간을 중심으로 3시간 누적 강수량을 표시하면 그림 6.9이다. 7월 10일 03KST부터 집중된 비는 산지에 3시간 동안 100mm 이상, 남부 중산간은 50mm 이상의 비가 오기 시작했다. 같은 시각 중산간 북부는 상대적으로 30mm 미치지 못하는 비가 왔으며 남부 중산간의 비는 동부 해안으로 확대되었다.

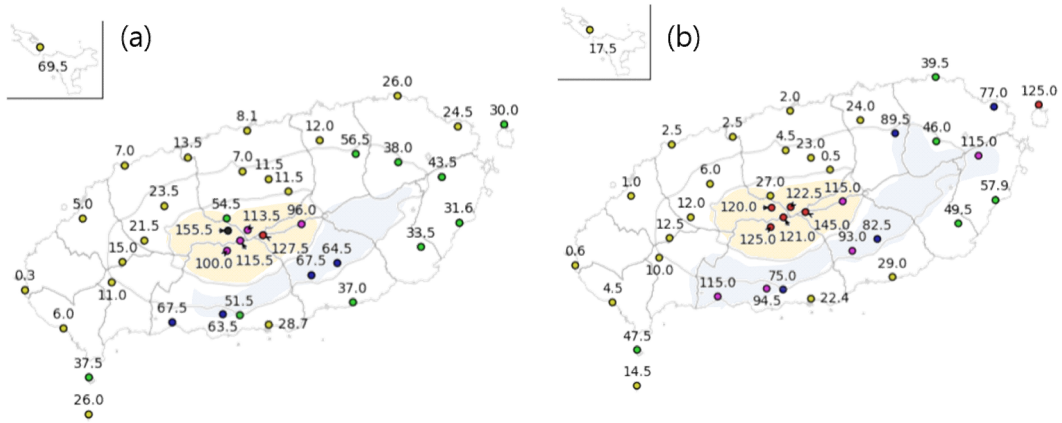


그림 6.9 호우 특보사례② 2020년 7월 10일 06KST 3시간 누적강수(왼쪽), 09KST(오른쪽)

세 번째 호우 사례는 2020년 가장 큰 비를 몰고 온 태풍 마이삭의 사례이다. 이날 제주도를 시작으로 전국은 많은 비 피해를 입었다. ③ 태풍 마이삭 사례는 8월 28일 발생한 태풍이 9월 2일부터 제주에 영향을 끼치기 시작하여 제주 동쪽 해상을 따라 북상하였다(그림 6.10). 그림 6.11에서 보는 것처럼 제주 전역에 비가 왔으나 지형적인 영향으로 산지와 중산간 위쪽으로 강수량이 집중되었다. 이때 태풍으로 인한 호우가 시작되는 시점부터 중산간에도 60mm 이상의 집중호우가 지속되고 있어 태풍의 경로에 따라 강우의 중심이 이동하는 육지와 구분되는 점이다.

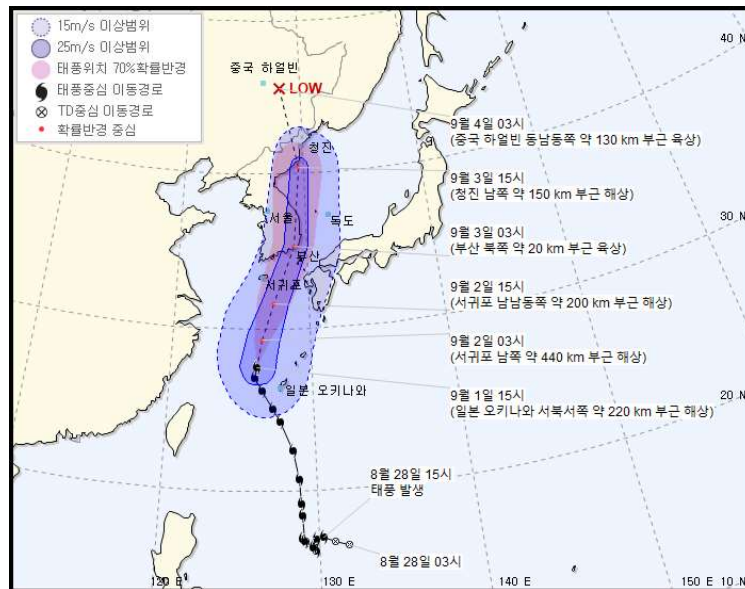


그림 6.10 태풍 마이삭의 이동 경로 (기상청, 2020)

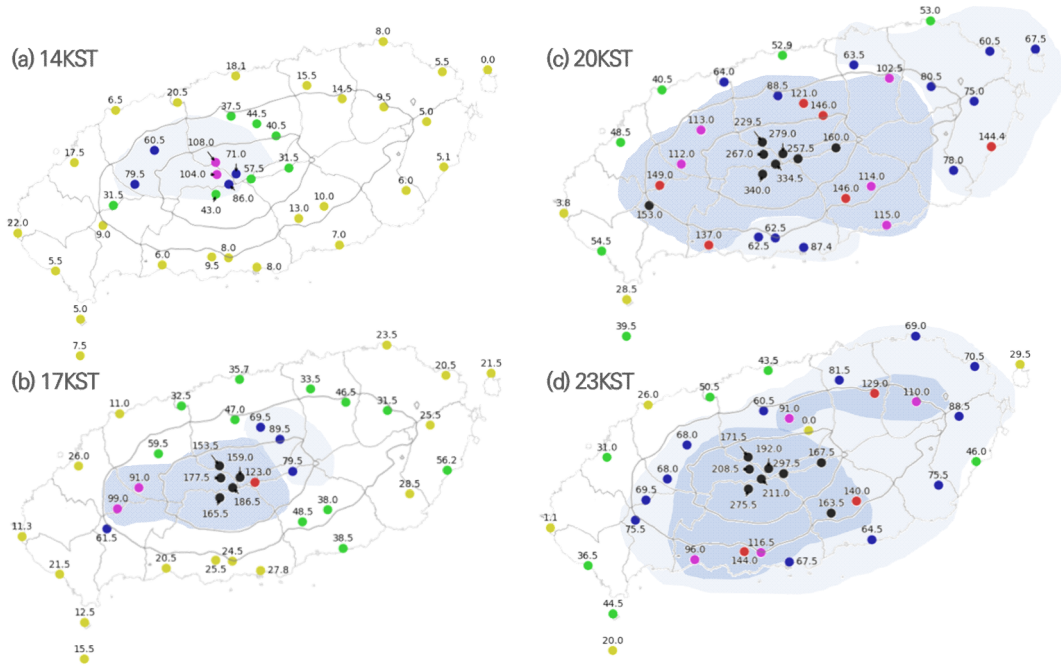


그림 6.11 호우 특보사례③ 태풍 마이삭 2020년 9월 2일 14KST 3시간 누적강수 (a), (b)17KST 3시간 누적강수 (c) 19KST 3시간 누적강수 (d) 23KST 3시간 누적강수

다음은 대설 특보의 사례 분석이다. 사례 ① 2018년 1월 10일 사례로 연초 공항을 이용하는 관광객들이 갑작스런 눈으로 인해 많은 불편을 겪어 언론의 관심을 받은 사례이다. 대설주의보는 24시간 누적 적설량으로 판단되므로 눈이 그쳤다가 다시 오거나 일부 지역은 눈이 아닌 강우가 기록될 수 있어 사례의 기간 동안 정시 강수량 관측 자료를 함께 제시하였다(그림 6.12). 이날 처음 대설주의보가 시작된 11일 15KST의 누적적설량과 11일 15KST~21KST의 정시 강수량 관측 분포를 비교하면 산지를 제외하면 제주 남동부 해안에 눈과 비가 왔을 것으로 보인다. 그러나 눈이 오기 시작할 때 제주 공항이 위치한 북쪽부터 눈이 시작되어 제주시의 불편이 가중되었다.

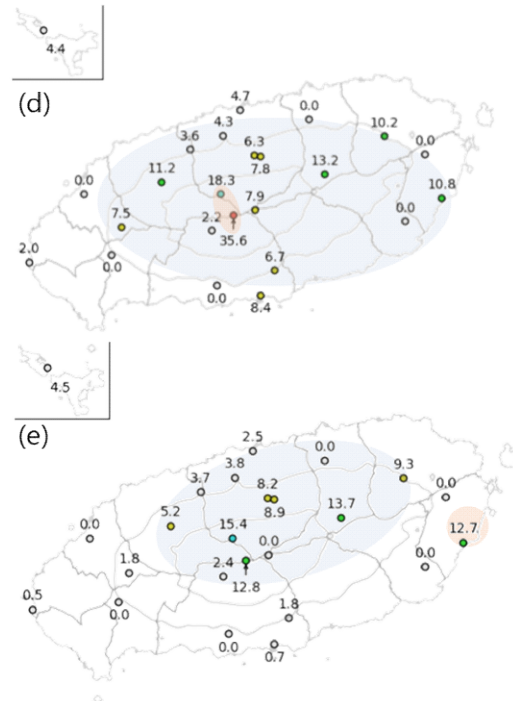
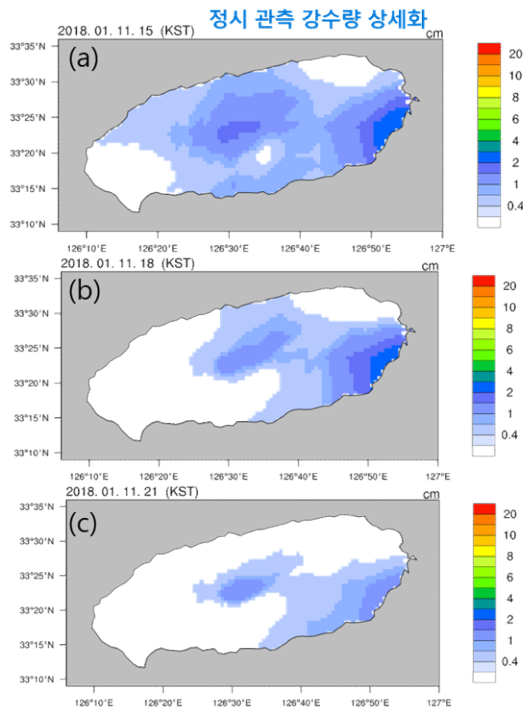


그림 6.12 대설특보사례① (a) 2018.01.11.15KST (b) 2018.01.11.18KST (c) 2018.01.11.18KST 이상 정시관측 강수량 (d) 2018.01.10.15KST~2018.01.11.15KST, (e) 2018.01.11.15KST~2018.01.12.15KST 24시간 누적적설량

대설사례 ② 2020년 2월16일부터 18일의 사례로 제주도 남부 서광 지점에서 시작된 대설주의보는 중산간과 산지, 5시간 후 남부 전역으로 확대되었다(그림 6.13). 이 사례에서 눈구름은 한라산 정상에서 좁은 띠의 형태로 발달하여 해안으로 확대 후 소산되는 제주도 눈구름의 전형적인 형태이다. 이날의 눈은 동서로 확장되어 마지막 시각 남부 강정 지점에 대설주의보가 발생하였다. 이때, 산지와 중산간은 대설특보 상황이었으나 해안지역은 눈이 오지 않고 강수도 관측되지 않은 곳이 많았다.

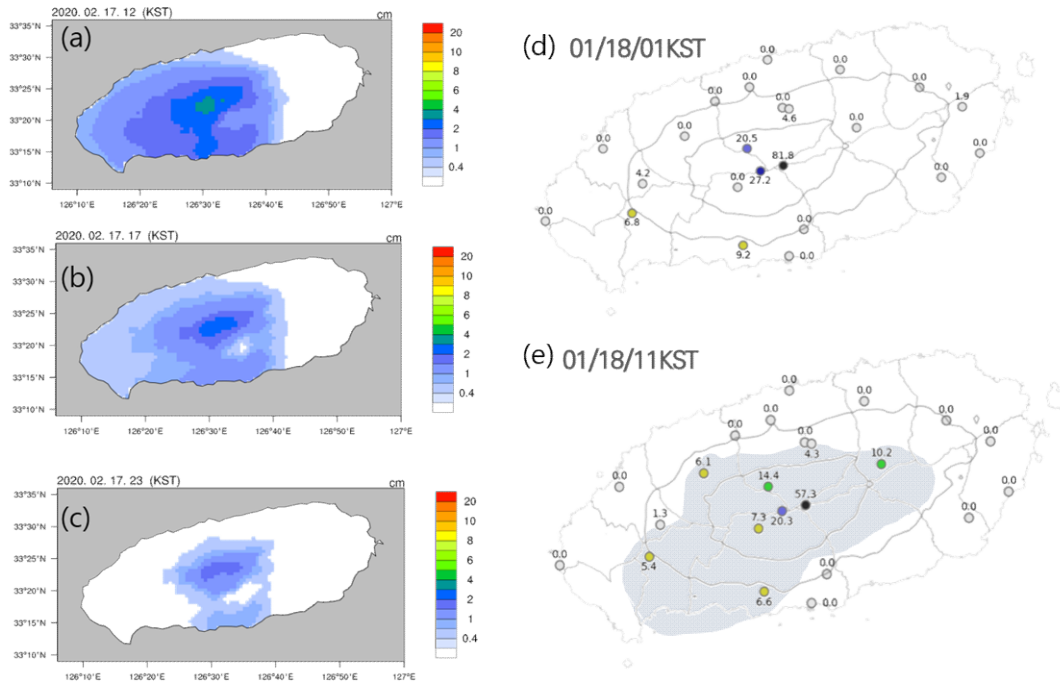


그림 6.13 대설특보사례② 2020년 2월 16일 20KST~18일 01KST (a) 2020.02.17.12KST (b) 2020.02.17.17KST (c) 2020.02.17.23KST 이상 정시관측 강수량 (d) 2020.02.17 01KST~18일 01KST, (e) 2020.01.17. 11KST~2020.01.17.11KST 이상 24시간 누적적설량

마지막으로 대설사례 ③ 2020년 12월 29일부터 31일의 사례는 연말부터 새 해 정초까지 수일 동안 이어진 눈으로 제주도 산지와 남부, 동부에 장시간 눈이 내린 사례이다(그림 6.14). 그러나 같은 기간 제주도서부 해안에는 눈이 거의 오지 않았다.

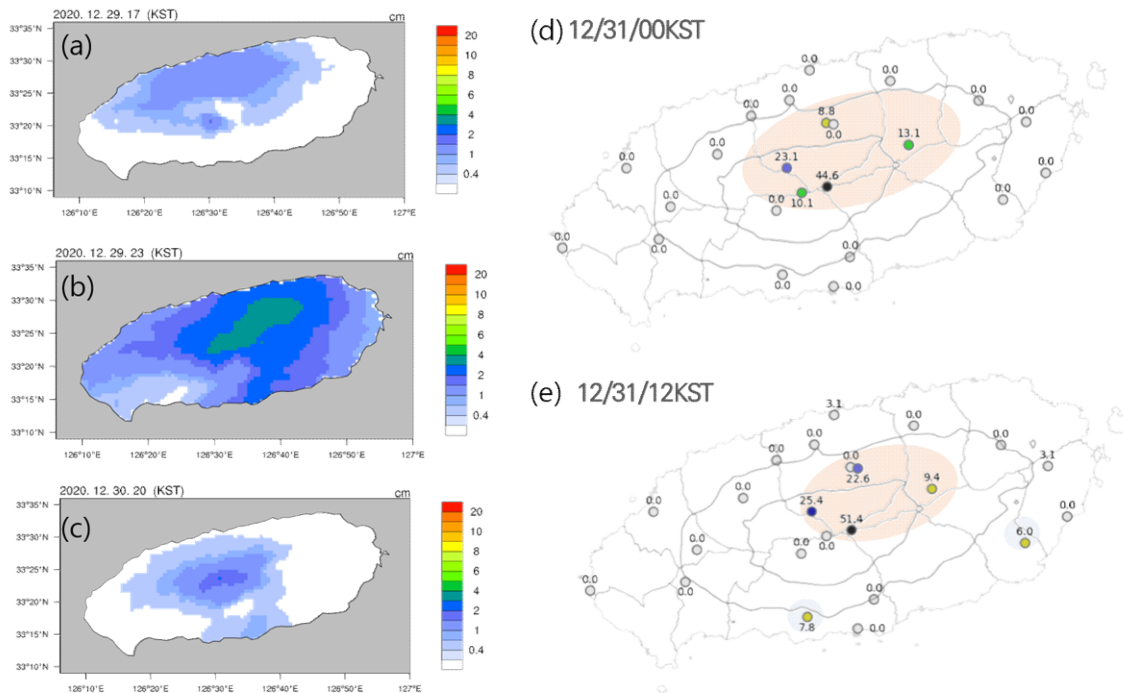


그림 6.14 대설특보사례③ 2020년 12월 29일 00KST~31일 13KST (a) 2020.12.29.17KST
 (b) 2020.12.29.23KST (c) 2020.12.30.20KST 이상 정시관측 강수량
 (d) 2020.12.30.00KST~2020.12.31.00KST, (e) 2020.12.30.12KST~2020.12.31.12KST 이상
 24시간 누적적설량

호우와 대설의 각 사례분석에서 고도에 따른 지형의 특성을 반영한 특보구역 조정은 효과가 클 것으로 판단된다. 또, 강수시스템의 이동 경로에 따라 차이가 있지만 제주도 동부와 남부가 비가 많이 오는 지역으로 각 개선안은 이를 잘 반영하고 있는 것으로 보인다. 중산간의 남북 구분은 많은 비가 오고 산지의 비가 확대되어 나갈 때, 산지와 가까운 중산간 전체에 확대되는 경향이 있으나, 대표적인 눈구름의 전개 모양에서 보듯이 좁은 띠모양으로 지나가는 경우, 한라산 남쪽으로 치우쳐 눈이 오고 있어 행정구역의 반영 뿐 아니라 강수시스템의 전개와도 관련한 구분으로 분석된다.

6.3 향후 예보구역 개편 추진 시 필요한 절차 제시

위험기상의 특보 발표는 기상법 제13조, 예보업무규정(훈령)제17조~21조에 따라 육상국지예보구역의 관할 예보관서가 시행한다. 따라서, 예특보구역의 개편은 동 규정의 육상국지예보구역(별첨 A)에 반영되어야 하는 사안이다. 이를 위해 사전 청내의 협의와 특보업무의 특성상 유관기관과 협의할 사항, 대국민 서비스에서 영향을 받는 분야의 시민 의견 청취등의 필요한 과정을 거쳐 시행되어야 한다. 본 연구에서는 가장 최근의 기상청 특보구역 변경 사례를 조사하고 제주도의 특보구역 세분화에 적합한 사례를 제시하고자 2020년 시행된 ‘서울특별시 특보구역 세분화’ 및 2021년 현재 진행 중인 ‘해상 예·특보체계 개선’의 추진 과정을 정리하였다.




그림 6.15 서울특별시 특보구역 세분화(2020년) 추진 과정

서울시의 특보구역 세분화는 서울시의 ‘폭염특보 발표기준 개선 검토 요청’으로 시작되었다. 기후변화에 따른 서울 내 국지적인 기상재해로 대규모의 피해가 발생하는 사례들에서 좀 더 자세한 기상예보의 수요가 증가하고 도시 행정의 측면에서는 서울지역 내 일부지역이 폭염특보 기준에 도달할 경우 서울시 전역에 폭염특보가 발표되고 있어 서울 폭염특보 운영에 대한 개선이 시급하여 이의 개선을 요청하였다. 기상청은 그림 6.15의 추진 과정을 통해 단일 특보구역으로 운영중이던 서울시를 4개의 구역으로 구분하는 개선안을 마련하고 2020년 5월부터 시행중이다. 먼저 2019년 1년 동안 국립기상과학원이 ‘서울 특보구역 세분화 가능성 연구’를 통해 서울지역의 강수 및 기온에 대한 기후특성 등 분석으로 특보구역의 4개 구역 세분화 방안 도출하고 이를 토대로 서울시와 행정안전부, 서울시의 교육부, 홍수통제소와 같은 유관 자치기구의 의견 수렴을 통해 특보 구역 세분화 계획을 설명하고 논의 과정을 거쳤다. 이후 예보업무 규정의 개정과 법규정 개정의 사전 공시를 통해 타 기관과 업계 등에 이를 알리고

반대 의견을 수렴하였다. 규정 개정 이후 기술적으로 예보업무에 적용하기 위한 준비과정으로 기상청의 특보 생산 시스템의 개선과 이를 활용하여 예보를 시행하는 예보관의 교육이 필요하였으며, 이후 2020년 5월 새로운 예특보구역 운영이 시행되었다.

해상 예특보구역의 개선은 2020년 정책연구를 시작으로 추진되어 2021년 예보업무규정을 추진 중이다. 동해남부 먼바다 예·특보구역 세분화 시행(2019년) 등 해상예보구역에 대한 개편은 수년에 걸쳐 점진적으로 개선되고 있다. 2019년 시행된 변경은 앞바다 경계선의 기준점 안쪽과 바깥쪽이 각각 앞·먼바다로 구분되어 정보 이용에 혼란을 야기하고 먼바다에 대한 특보와 실제 해상기상 상황의 불일치로 인한 불만 민원이 지속적으로 제기되었는데, 이는 어업인의 경제 활동인 출항 허가가 기상특보와 직결되어 있기 때문이다. 지난해 해상 예·특보구역 개선을 위한 정책 연구와 함께 기상청 내 관련 TF팀을 꾸려 개선방안에 대한 지방 기상청 등 관련부서 검토의견 수렴하고 해상 예·특보체계 개선관련 관계부처 설명회를 개최한 바 있다. 또 새로운 개선 대책을 대국민 홍보 및 신규 예·특보구역 명칭 대국민 의견 조사를 추진하는 안이 계획되었다. 이 밖에 행정구역의 개편에 따라 예특보 구역이 변경된 청주시의 경우가 최근 3년 이내 대표적인 특보구역 개편 현황이다. 이중 본 사업의 위험기상 분석을 통한 예특보구역의 개선 시도는 서울시의 사례를 참고할 만하다. 본 연구에서 제시된 개선 안의 한 개 혹은 그의 개선안이 제주도 유관기관 뿐 아니라 기상청 내의 의견을 충분히 반영하여 추진되어 국민 생활에 크게 도움을 줄 수 있기를 기대한다.



제7장

결론 및 요약

제7장 결론 및 요약

본 사업은 제주도의 위험기상 특성분석 및 재해기상의 공간적 분석 등을 통해 향후 방재 기상업무 시 이를 활용하고, 기상 예·특보 제도개선 등 정책 발전 방안을 제안하는데 그 목적이 있다. 최근 11년간 제주지역 관측지점(강수량, 적설) 이력 현황 분석을 위해 제주지방기상청 39개 관측지점 및 제주도청 레이저 적설계 관측 정보 수집 분석에 활용하였다. 태풍의 통로이며 바다를 건너온 저기압이 한라산에 부딪혀 많은 비가 내리는 제주도는 해발고도 600m 이상의 산지는 3시간 누적강수 관측자료를 기준으로 년평균 9회 이상 호우주의보와 4회 이상의 호우경보가 발생한다. 이에 비해 중산간은 년평균 3회 이상 5회 미만의 발생 빈도를 보이며 해안지역은 년 2회~3회 미만이며 제주도 동부와 남부, 북부와 서부는 빈도의 차이가 존재하였다. 대설특보는 고도에 따른 발생 빈도 차이가 확연하게 나타나는데, 이러한 특징을 호우와 대설의 발생 빈도를 군집분석으로 분석하였다.

재해기상 지역의 입체적 특성분석을 위해 K-means 군집분석을 통해 해발고도에 따른 각 관측지점의 위험기상 발생빈도를 유사한 지점끼리 그룹화한 결과, 호우 발생의 빈도는 산지와 중산간, 해안으로 구분되나 제주도 남부의 일부 지점은 강수량의 분포에서 중산간과 같은 그룹으로 분류되어 비가 많이 오는 곳으로 해석되며 제주도 서부의 지점들이 남부와 동부에 비하여 비가 적게 오고 있음을 알 수 있다. 대설 발생 빈도의 군집특성은 고도에 따라 구분되는 결과를 얻었으나, 산지이지만 한라산 서쪽에 위치한 영실(L) 지점이 중산간 지역으로 분류되어 산지보다는 눈이 적게 관측되는 것으로 판단된다. 요약하면 호우와 대설 특보 발생빈도와 강수량/적설량의 군집분석 결과, 고도별 유사성이 가장 크게 나타나며 비슷한 고도에서 한라산 동쪽이 서쪽보다 강수량이 많고 서귀포와 제주도 남부가 다우지역이다.

최근 제주도의 인구 증가 및 도시화 진행으로 중산간까지 생활권역이 확대되고 있는 추세이고 제주시와 서귀포시를 오가는 주요 도로인 평화로는 중산간을 가로질러 고도에 따라 급변하는 호우나 눈보라를 만나면 사고의 위험이 크게 높아지기도 한다. 일선 방재 행정기관들은 산지, 중산간, 해안지역의 각각 다른 기상현상으로 인해 업무 수행시 우선 순위 결정이 필요하다. 현재의 특보구역은 해안으로부터 산지까지 남북으로 긴 제주 행정구역의 지역적 특성상 방재담당자의 관할 구역 내에 다양한 기상 특보 상황이 존재하므로 효율적인 업무수행을

위해 이를 세분화하는 방안이 호응이 높은 것으로 조사되었다. 제주도청, 제주시 그리고 서귀포시의 방재담당자와 인터뷰 및 설문 결과 위험기상의 예특보 정보의 현장적용 효율화를 위해 고도에 따른 예보 구분이 현장에 도움이 된다는 의견과 현재, 제주 동부와 서부의 특보 구역이 행정구역과 다른 점에 대한 불편 호소가 많았다.

최적의 예보구역 운영방안을 위해 제주지방기상청의 예보구역에 대한 개편안을 3개 안으로 제시하였다. 추자도를 별도 예보구역으로 할 때, 제주도 본섬을 1안) 산지, 중산간, 행정구역 구분의 개선안은 행정구역에 따른 업무 편의와 고도별 위험기상 발생 특성을 반영하는 개선안으로 10개 특보구역으로 나뉜다. 이에 따라 세분화된 특보구역 운영에 대한 기술적 검토가 필요하며 예보관의 피로도 증가와 같은 문제점들이 발생할 수 있다. 2안) 산지, 중산간, 행정구역 중심의 동-서 구분 안은 1안의 세분화된 예보구역을 해안지역의 경우, 제주시의 동부와 서부, 서귀포시 동부와 서부로 일부 통합한 방안이다. 이 경우, 제주의 호우 패턴이 남부와 동부가 함께 비가 오는 경우가 많은 점등을 고려한 제안으로 중산간과 행정동의 구분 민원을 해소하고 호우와 대설의 기상현상에 따른 예보구역 최적화할 수 있으나 방재업무 시 예보구역 재편에 따른 혼선이 우려가 있다. 마지막으로 3안) 산지와 중산간은 분리하고, 제주도 동부, 북부, 서부, 남부의 구분은 현행 체계를 유지하는 안이다. 이 안은 고도별 예보구역 구분을 세분화하고 기상현상에 따른 예보구역 구분은 현행으로 유지하여 고도에 따른 기상현상의 특성을 반영하는 개선 효과가 있으나, 행정동에 따른 예보구역 재편 민원은 해소하지 못한다. 그러나 예보구역개편의 혼선을 최소화할 수 있는 이점이 있다.

또, 예특보 구역의 개편이 호우와 대설에만 국한되는 것은 아니므로 기온의 특보 사항인 폭염주의보와 경보 기준 최고기온 분포와 한파주의보 기준인 영하 10℃ 이하의 극값의 빈도, 바람의 특보 사항인 강풍 특보기준 극값의 발생빈도를 조사하여 개선안별로 비교하였다. 기온의 극값은 고도에 따라 구분되므로 개선안들의 적용에 무리가 없다. 바람의 경우 지점별 관측의 특성이 반영되므로 제주 동부와 서부의 구분과 같은 해석이 가능하지 않다. 다만 산지의 특성은 고도의 구분으로 해안과 구분되어 질 수 있다.

본 사업의 향후 추진 절차는 서울시 특보구역 세분화의 예를 따르는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 독자수치예보 모델을 보유하고 있는 우리나라 기상청의 예보 기술은 이미 상당한 수준에 이르렀으며, 넓지 않은 국토의 상세한 예보에 대한 수요는 나날이 증가하고 있다. 이에 발맞춰 예보구역 세분화에 대한 요

구는 다양한 형태로 제기될 가능성이 높다. 본 연구와 같이 예보구역의 세분화, 예특보 기준의 합리적인 적용, 기상요소별로 예보구역의 다양화와 같은 민원과 행정적인 편의를 위한 필요 수요는 증가할 것으로 예상되며 이를 시행할 기술적인 잠재력도 우리 기상청은 이미 확보하고 있을 것으로 판단된다. 다만, 기상예보를 생산하는 기상청과 소비하는 국민들의 정보에 대한 신뢰도에는 간격이 있는 실정이다. 이는 본 연구와 같이 기상청이 방재업무의 현장에 기상서비스를 고도화하기 위한 의견 수렴과 적극적인 소통을 통해 점차 개선할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 1) 「기상법」 제13조, 제14조, 제15조 및 같은 법 시행령 제8조, 제9조, 제12조에 따른 예보업무규정
- 2) 「기상청 데이터 관리 및 제공 규정」 제3장
- 3) 기상청. (2012). 서울·인천·경기도 기후변화 전망보고서
- 4) 기상청. (2017). 기후자료 통계의 종류 및 방법 기상청고시 제2017-2호.
- 5) 기상청. (2017). 제주도 특성에 맞는 최적 지상관측망 구성 및 안정적인 관측장비 운영방안 강구
- 6) 기상청. (2018). 제주지역 최적 적설 및 시정 관측망 운영 방안 강구
- 7) 기상청. (2019). 기후통계지침
- 8) 김희경, 김광섭, 이재원, 이영섭. (2017). 기온과 강수량의 수치모델 격자자료를 이용한 기상관측지점의 월별 군집화. 한국데이터정보과학회지, 28(5), 1133-1144.
- 9) 서동일. (2013). 기후변화에 따른 제주지역의 장·단기적 기온 및 강수량 변동특성 분석. 제주발전연구 제17호 2013. 12. pp. 49~77.
- 10) 손태성. (2011). 제주도의 강수량 및 계급별 발생일수 비교 분석을 통한 강우강도 변화 연구. 제주발전연구 제15호. 12. pp. 159~177.
- 11) 윤선, 정차연, 현원학, 송시태. (2014). 제주도 구조운동사. 지질학회지, 50(4), 457-474.
- 12) 이승호. (1999). 제주도 지역의 강수 분포 특성. 대한지리학회지, 34(2), 123 - 136
- 13) 인소라, 한상옥, 임은순, 김기훈, 심재관. (2014). 여름철 한반도 강수의 시·공간적 특성 연구. 대기, 24(2), 159-171.
- 14) 제주지방기상청. (2019). 제주도 기후변화 특성 분석집. 46pp
- 15) 최광용, 권원태. (2008). 현재와 미래 우리나라 겨울철 강수형태의 변화,

- 대한지리학회지, 43(1), 1-19.
- 16) 최광용. (2011). 한라산 사면 및 고도별 기온감률 변동성, 기후연구, 3(1), 171-186.
 - 17) 최광용. (2013). 한라산의 사계절 극한강수현상 발생 패턴, 기후연구, 8(4), 267-280.
 - 18) 최광용. (2016). 한라산 지역 열역학적 핀 현상 발생 시 종관 기후 패턴, 기후연구, 11(4), 313-330.
 - 19) 최광용. (2017). 고해상도 기후변화 시나리오를 활용한 한라산 지역 기온 및 기후대 변화 전망, 기후연구, 12(3), 243-257.
 - 20) 최광용. (2018a). 제주도 지역 체감온도의 시공간적 분포 특징과 장기간 변화 경향, 한국지리학회지, 7(1), 29-41.
 - 21) 최광용. (2018b). 제주도 지역 체감온도 극한현상 발생 시 종관 기후 패턴, 기후연구, 13(2), 87-104.
 - 22) 최의수, 문일주. (2008), 56년간 한반도 강수 및 풍속의 극값 변화. 대기, 18(4), 397-416.
 - 23) Anderberg, M. R. (1973). Cluster analysis for applications, Academic Press.
 - 24) Jung-Tae Lee, Kyeong-Yeon Ko, Dong-In Lee, Cheol-Hwan You, and Yu-Chieng Liou, 2018, Enhancement of orographic precipitation in Jeju Island during the passage of Typhoon Khanun. (2012). Atmospheric Research, Volume 201, Pages 58-71, ISSN 0169-8095.
 - 25) Murtagh, F. and Legendre, P. (2014). Ward's hierarchical agglomerative clustering method: Which algorithms implement Ward's criterion? Journal of Classification, 31, 247-295.
 - 26) Wagstaff, K., Cardie, C., Rogers, S. and Schroedl, S. (2001). Constrained K-means clustering with background knowledge. Proceed

ings of the Eighteenth International Conference on Machine Learning, 18, 577-584.

- 27) Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association, 58, 236-244.

참고사이트

- 1) 국가정보 오픈플랫폼 지도 : <https://map.vworld.kr/map/ws3dmap.do#>
- 2) 기상청 기상자료개방포털(<http://data.kma.go.kr>)
- 3) 기상청 기후감시전망시스템(<http://cpd.kma.go.kr>)
- 4) 기상청 홈페이지 제주지방기상청 (<https://www.kma.go.kr/jeju/html/info/business01.jsp>)
- 5) 기후자료 배포 및 활용 (https://blog.naver.com/kma_131/222152108757)
- 6) 박창열. (2021). 제주지역 재해취약 특성과 관리방안, 2021.04.28 제주연구원 책임연구원 박창열
- 7) 제주통계청, 제주인구이동연혁
- 8) 제주통계청, 제주 2020년 제 60 회 통계연보
- 9) 행정안전부, 주민등록인구현황(외국인제외)
- 10) R, Python 분석과 프로그래밍의 친구 (by R Friend) (<https://rfriend.tistory.com/227>)
- 11) KOSIS 국가통계포털, 행정구역 별 인구 수

별첨 A. 육상국지예보구역

표 A.1 기상법 예보업무규정 [별표 2] 육상국지예보구역(제9조제2호 관련) <개정 2019.9.9., 2020.7.30.>

구역 명칭	대상 지역	관할 예보관서
서울, 수원, 용인, 안성, 화성, 오산, 평택, 과천, 군포, 안양, 의왕, 안산, 성남, 이천, 여주, 광주, 양평, 하남, 파주, 고양, 양주, 의정부, 동두천, 포천, 가평, 연천, 구리, 남양주, 광명, 시흥, 김포, 부천	해당 특별시, 시·군	수도권기상청
인천	인천광역시(강화군, 옹진군 제외)	
서해5도	인천광역시 중 옹진군 백령도·대청도·소청도·연평도, 강화군 우도	
강화	인천광역시 강화군(우도 제외)	
옹진	인천광역시 중 옹진군(백령도·대청도·소청도· 연평도 제외)	
대전, 세종, 공주, 논산, 계룡, 금산, 천안, 아산, 예산, 보령, 서천, 청양, 부여, 서산, 태안, 당진, 홍성,	해당 광역시·특별자치시, 시·군	대전지방기상청
청주, 증평, 괴산, 진천, 충주, 음성, 제천, 단양, 옥천, 영동, 보은,	해당 시·군	청주기상지청
강릉, 속초, 고성, 양양, 동해, 삼척, 태백, 평창, 영월, 정선, 철원, 화천, 원주, 횡성, 춘천, 홍천, 인제, 양구	해당 시·군	강원지방기상청
광주, 나주, 담양, 화순, 장성, 함평, 영광, 고흥, 보성, 완도, 장흥, 강진, 해남, 진도, 순천, 곡성, 구례, 광양, 목포, 무안, 영암	해당 광역시, 시·군	광주지방기상청

구역 명칭	대상 지역	관할 예보관서
흑산도 · 홍도	전남 신안군 흑산면	
신안	전남 신안군(흑산면 제외)	
거문도 · 초도	전남 여수시 삼산면	
여수	전남 여수시(삼산면 제외)	
고창, 부안, 전주, 완주, 진안, 무주, 남원, 장수, 순창, 군산, 김제, 익산, 정읍, 임실	해당 시·군	전주기상지청
제주도북부	제주시(구좌읍 · 한림읍 · 우도면 · 한경면 · 제주도산지 · 추자면 제외)	제주지방기상청
제주도산지	제주특별자치도 중 산지 지역	
제주도서부	제주시 중 한림읍 · 한경면, 서귀포시 중 대정읍	
제주도남부	서귀포시(대정읍 · 성산읍 · 표선면 · 제주도 산지 제외)	
제주도동부	제주시 중 구좌읍 · 우도면, 서귀포시 중 성산읍 · 표선면	
추자도	제주시 추자면	
부산, 김해, 통영, 거제, 고성, 남해, 진주, 하동, 산청, 사천, 거창, 합천, 함양, 울산, 양산, 밀양, 창원, 함안, 창녕, 의령	해당 광역시, 시·군	부산지방기상청
대구, 고령, 청도, 경산, 구미, 김천, 칠곡, 성주, 군위, 포항, 경주, 영천, 상주, 문경, 영주, 예천, 영덕, 울진, 영양, 봉화, 안동, 의성, 청송,	해당 광역시, 시·군	대구지방기상청
울릉도 · 독도	경북 울릉군	

별첨 B. 군집분석

1. 계층적 군집

한 군집 내 포함되면, 다른 군집에 속하지 못하며, 덴드로그램(Dendrogram)으로 계층적 군집을 표현한다. 덴드로그램은 어떤 특정 단계에서 병합 혹은 분할되는 군집들 간 관계를 파악하고 전체 군집들 간의 구조적 관계를 살펴보는 데 사용되는 도표이다. 계층적 군집 방법에는 최단 연결법, 최장 연결법, 평균 연결법, 와드 연결법이 있으며, 본 연구에서는 군집의 개수를 결정하기 위해, 계층적 군집 방법 중 Ward 연결법(Ward Linkage Method)을 사용하였다. Ward 연결법은 Joe H. Ward가 제시한 방법으로, 최단 연결법, 최장 연결법, 평균 연결법이 '유클리드 제곱거리(euclidean squared distance)'를 사용하는 것과 달리, 두 군집 간의 유사성을 두 군집이 합쳐졌을 때의 오차 제곱합(Error sum of Squares, ESS)의 증가분에 기반하여 측정된다.

$$ESS = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^m (x_{ij} - \overline{x_{kj}})^2 \quad (\text{식 1})$$

$$d(G_1, G_2) = \frac{|\mu_1 - \mu_2|^2}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (\text{식 2})$$

변수의 수가 m 인 데이터에서 현 단계에 K 개의 군집이 있고, 각 군집에 n_i 개의 데이터가 있을 때, ESS는 식1과 같으며, 크기가 각각 n_1 과 n_2 인 두 군집 각 군집의 G_1 과 G_2 의 평균인 μ_1 과 μ_2 를 통해 두 군집간의 거리를 계산할 수 있다. 이를 통해 군집 평균간의 거리에 가중합을 부여하며 비슷한 크기의 군집끼리 병합하여 최종 군집을 확정한다 (<https://rfriend.tistory.com/227>).

2. 비계층적 군집

계층적 군집에서 군집의 개수가 정해졌다면, 비계층적 군집 방법인 K-means

클러스터링 방법을 진행하면 된다. K-means 클러스터링이란 사전에 결정된 군집 수에 기초하여 데이터를 상대적으로 유사한 군집끼리 모아 최종군집이 형성되는 것으로, 사전에 결정된 군집 수를 '클러스터 중심'이라고 했을 때, 이 중심을 기준으로 가까운 데이터끼리 군집되며, 해당 군집에 속한 데이터들의 평균으로 조정한다. 이후 더 이상 중심의 변동이 없을 때까지 반복하여 최종 군집을 결정한다.

$$Val = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n |x_j - \mu_i|^2 \quad (\text{식 3})$$

i 번째 클러스터의 중심을 μ_i , 군집에 속하는 점의 집합을 x_j 라고 했을 때, 식 (1)의 값인 Val 이 최소값을 가질 때 까지 반복계산한다. K-means 군집 방법은 빠르고 간단하게 군집화가 가능하지만, 군집갯수를 초기에 지정 후 진행되므로 적절한 군집수를 정하지 못하였을 경우, 좋지 않은 결과를 얻을 수 있다.

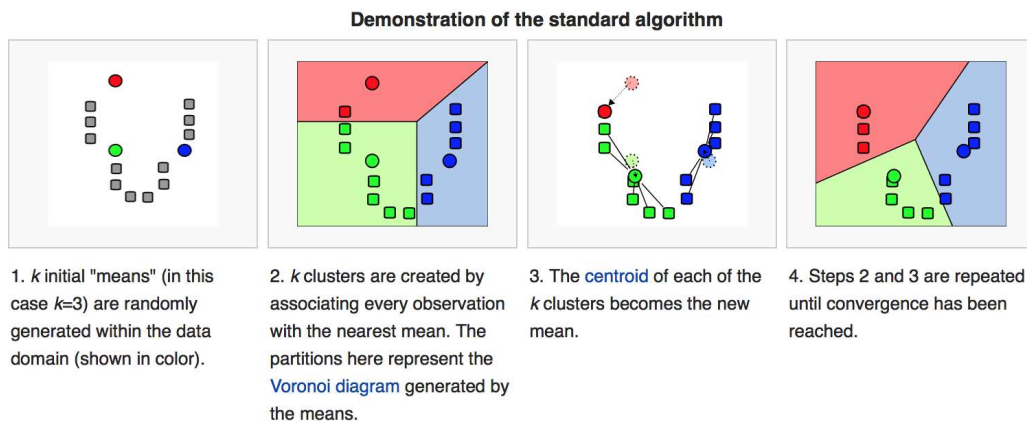


그림 B.2 K-means 클러스터 방법 모식도(출처 : <https://brilliant.org/wiki/k-means-clustering/>)

참고문헌

조민호. (2019). 「R 데이터 분석: 데이터 분석 전문가를 위한」, 정보문화사
k-means clustering, <https://brilliant.org/wiki/k-means-clustering/>

별첨 C. 설문지

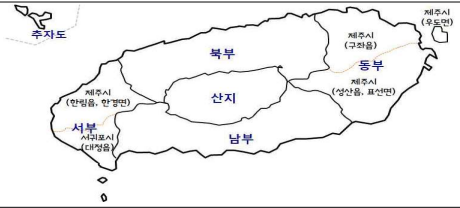
통계법 제33조(비밀의 보호)에 의해 응답내용은 통계작성 목적 외에는 사용하지 않습니다. 제주지방기상청 Nano C&W

제주 예보구역 효율화 방안 기획연구를 위한 설문조사

제주도는 섬 중앙에 한라산이 위치한 원추형 지형으로 고도별 국지적 기상특성이 다양하게 나타나고 있습니다. 겨울철 강설 시 산간에는 눈, 중산간에는 눈 또는 비, 해안지역은 비가 내리지만, 중산간의 눈으로 인해 해안지역을 포함하여 대설특보가 발표되기도 합니다. 또한, 예보구역이 행정구역으로 구분되어 있지 않아 동부, 서부는 제주시와 서귀포시가 함께 포함되어 있습니다. 이에, 제주도 위험기상의 공간적 특성 분석을 통해 향후 제주 예보구역 효율화 방안 마련을 위한 기획연구를 추진하고 있습니다. 여러분의 고견을 들어 정책 방향 설정에 활용하고자 하오니 협조 부탁드립니다. 감사합니다.

※ 제주지방기상청 육상예보구역

구역명칭	대상지역
제주도북부	제주시(한림읍.한경면.구좌읍.우도면 제외)
제주도남부	서귀포시(대정읍.성산읍.표선면 제외)
제주도동부	제주시 구좌읍,우도면, 서귀포시 성산읍,표선면
제주도서부	제주시 한림읍.한경면, 서귀포시 대정읍
제주도산지	제주도 중 산지 지역(해발고도 600m이상)
추자도	제주시 추자면



▷ 다음 문항은 귀하의 업무와 관련한 질문입니다.

1. 귀하의 현재 근무지는 어디입니까?

2. 방재업무 관련 업무수행 경험이 있습니까?

- ① 없음 ② 1년 미만 ③ 1년 이상 ~ 3년 미만 ④ 3년 이상 ~ 7년 미만 ⑤ 7년 이상

3. 본인의 직무를 간단히 작성해주세요.

4. 제주도에서 위험도가 높다고 생각하시는 재해유형을 순서대로 선택해주시시오.

(아래 순서는 자연재난상황통계 피해액 상위순서로 작성되었습니다.)

- ① 태풍 ② 대설 ③ 호우 ④ 강풍 ⑤ 풍랑 ⑥ 폭염 ⑦ 기타(_____)

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위	6순위	7순위
항목번호							

▷ 다음 문항은 방재업무 현황과 관련한 질문입니다.

1. 현재 제주도 예보구역은 북부, 동부, 남부, 서부, 추자도, 산지로 나누어져 있고, 이 지역을 대상으로 예·특보를 발표하고 있습니다. 현행 예보구역에 대한 만족도는 어떻게 되십니까?

- ① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

2. 현행 예보구역을 기준으로 방재업무가 원활히 이루어지고 있습니까?

- ① 예 ② 아니오 (이유 : _____)

3. 방재업무 시 제공되는 기상특보 중 개선이 필요한 부분은 무엇이라고 생각하십니까?

4. 중산간 지역(해발고도 200~500m 지역) 방재업무에 어려운 점이 있다면 작성해주세요.

▷ 다음 문항은 예보구역 개편에 대한 질문입니다.

1. 제주도 예보구역을 바꿀 필요가 있다고 생각하십니까?
① 예 ② 아니오 (이유 : _____)
2. 현행 예보구역 중 '동부와 서부'는 행정시(제주시·서귀포시)가 혼합되어 있어 구분해야 한다고 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다
3. 제주도 예보구역은 산지와 그 외 지역으로 운영되고 있습니다. 지역(예를 들어, 산지, 중산간, 해안 등)에 따라 예보구역을 상세히 나누어 적용되어야 한다고 생각하십니까?
① 예 (기상상황, 예보 위험도에 따라 예보구역은 다를 수 있다.)
② 아니오 (모든 예보구역은 동일해야 한다.)
→ 이유 : _____
4. 예보구역을 어떤 기준에 따라 구분하는 것이 합리적인지 순서대로 선택해주시시오.

- ① 행정구역 ② 고도 ③ 기후 특성 ④ 기타 (_____)

	1순위	2순위	3순위	4순위
항목번호				

5. 위와 같이 응답한 이유를 선택해주시시오.
① 효율적인 방재업무 수행
② 원만한 민원 해결
③ 도민이 이해하기 쉬움
④ 효율적이고 유연한 비상근무가 가능
⑤ 기타 (_____)
6. 제주지방기상청에서 예보구역 개편을 추진한다면 어떠한 절차가 필요하다고 생각하십니까?

♣ 이상으로 모든 문항이 끝났습니다. 본 설문에 응해주셔서 감사합니다. ♣

별첨 D. 지방자치단체 방문 질의 회의록

회의록

회의일시	2021년 5월 11일	장소	제주시청, 제주도청, 서귀포시청 방문 질의
참석자	(제주시청 안전총괄과·재난) ○○○ 주무관 (제주도청 재난대응과 자연재난팀) ●●● 주무관 (서귀포시청 안전총괄과 재난관리팀장) ◇◇◇ 팀장 (제주지방기상청) 고진영 (나노웨더) 허모람		
회의안건	1. 제주지역 위험기상 방재관리 체계와 기상정보 활용 현황 파악 2. 예·특보 구역 개선 방안에 대한 의견 수렴		
	내 용		
회의내용 1	<p>1. 제주시청 안전총괄과 재난팀(○○○ 주무관외)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 제주시의 기상예특보에 따른 방재업무는 '제주시 재난안전대책 본부·재난 및 안전관리 조례에 따른 ● 행정시와 자치단체(도청)의 업무 구분은 도청은 정책과 복구 현황 보고 집계를 재난 현장의 지휘와 수습은 시장이 대책분부를 가동함. ● 관련 법규 조항: 재난 및 안전관리기본법 제 16조 제 1항 및 동법 제3조 제1호의 규정에 의한 재난의 예 방, 대비, 대응, 복구 등에 관한 사항을 총괄, 조정하고 필요한 조치를 한다. <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>※ [재난 및 안전관리 기본법 (약칭: 재난안전법)] 제16조(지역재난안전대책본부) ① 해당 관할 구역에서 재난의 수습 등에 관한 사항을 총괄·조정하고 필요한 조치를 하기 위하여 시·도지사는 시·도재난안전대책본부(이하 "시·도대책본부"라 한다)를 두고, 시장·군수·구청장은 시·군·구재난안전대책본부(이하 "시·군·구대책본부"라 한다)를 둔다.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ● 제주시의 비상대책 근무는 산지의 특보를 제외하고 기상예특보에 따라 비상근무반이 가동됨 ● 기상예특보 상화는 제주기상청과 한계 가입된 band, FAX 등의 수신으로 수시로 확인 ● 가장 불편한 점은 서귀포시와 제주시가 혼재되는 동·서부지역이 행정구역과 예보구역이 불일치는 점 ● 설문 문구 수정 (이해 가능한 단어로 수정) <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>4. 예보구역을 어떤 기준에 따라 구분하는 것이 합리적인지 순서대로 선택해주십시오.</p> <p> <input type="checkbox"/> 행정구역 <input type="checkbox"/> 고도 <input checked="" type="checkbox"/> 기후특성 <input type="checkbox"/> 기타 (_____) </p> </div>		
회의내용 2	<p>2. 제주도청 재난대응과 자연재난팀 (●●● 주무관)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 중산간으로 세분화되는 예보는 민원 대응등에 도움이 될 것으로 기대 ● 행정관서의 비상 근무와는 무관하지만, 재해 대응 우선 순위 결정에는 도움이 될 것으로 예상하고 도청의 업무에서는 중산간에 대한 인지도 중요함 ● 행정의 측면에서 도·서 지역의 행정구역과 예보 구역 불일치는 혼란을 야기하고 있음 ● 기상정보의 모니터링 방법은 기상청 날씨누리과 새벽 4시 3일 특보를 기준으로 매일 자체 점검 계획함 ● 예측보 상황에서는 현황 파악이 NDMS(행안부)의 시스템과 연동됨 ● 개선된 날씨누리 앱의 1시간 강수 표현 방법에 오류 지적 <ul style="list-style-type: none"> ● 방재업무 재난 상황 2단계 이상에서 도청 지휘, 이외 시·군·구 단위의 현장 지휘 체계 		

회의내용 3

3. 서귀포시청 안전총괄과 (재난관리팀장 ◇◇◇ 팀장)

- 행정구역과 예보구역의 재정비가 가장 시급
- 중간간으로 세분화되는 예보는 도민 행정에 도움이 될 것으로 기대
- 제주 동부는 소우지역이라 덜하지만 서부와 남부는 다우 지역으로 행정 구역으로 예특보가 나뉘지지 않아 혼선이 있는 경우가 발생
- 기상 예특보시 비상 행정은 기상특보별 비상근무 규정에 따르고 서귀포 재난안전 대책본부 운영규정에 따르면 예보구역 개편으로 인한 지자체의 행정 조례 개편과는 무관함
- 현장 지휘의 효율화를 위한 세부 조정은 자체적으로 운영 가능

1. 준비단계

> 상시대비체계 기간근무

- 여름철의 경우: 매년 5월 15일 ~ 10월 15일
- 겨울철의 경우: 매년 12월 1일 ~ 다음 연도3월15일

2. 비상단계

> 기상특보별(주의보, 경보) 비상근무

- 상황 전개에 따라 준비, 비상 등 2단계로 구분 운영
- 필요시 유관기관과 합동근무

근무체계		기상상황
준비단계	상시대비체계	특별한 재난발생의 징후는 있으나 재난이 발생하는 경우 신속한 대응을 위하여 지속적인 상황관리가 필요한 경우
	사전대비체계	기상청에서 발표하는 기상종합정보중 예비특보 또는 주의보의 발령으로 재난에 대한 대비체제의 가동이 필요한 단계
비상단계		기상청에서 발표하는 기상 종합 정보 중 경보발령으로 전국 또는 지역적인 재난발생 위험이 상당한 수준에 이르러 지역대책본부의 재난대비체제를 비상근무체제로 전환하는 단계 또는 중앙본부장이 인정하는 이에 준하는 단계

[서귀포시 재난 방재체계]

참고자료

1. 제주특별자치도 재난 및 안전관리 조례



주 의

1. 이 보고서는 제주지방기상청에서 시행한 연구개발사업으로 “위험기상 특성분석을 통한 제주 예보구역 효율화 방안 기획연구” 정책용역과제 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 기상청에서 시행한 연구 개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개 하여서는 아니됩니다.
4. 이 보고서와 관련된 문의사항은 제주지방기상청 예보과로 하시면 됩니다.