



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

제주 지역별 기후 특성과  
건축물 에너지 절약설계에  
관한 연구

제주대학교 대학원

건축공학과

김 지 은

2023년 02월



# 제주 지역별 기후 특성과 건축물 에너지 절약설계에 관한 연구

지도교수 전 규 엽

김 지 은

이 논문을 건축공학 석사학위 논문으로 제출함

2022 년 11 월

김지은의 건축공학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장

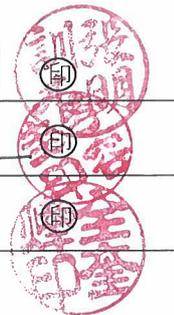
張明訓

위 원

李容圭

위 원

金奎燁



제주대학교 대학원

2022 년 11 월



# A Study on Climate Characteristics and Energy Efficient Building Design in Jeju.

Jieun Kim

(Supervised by professor Gyu-Yeob Jeon)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for  
the degree of Master of Architectural Engineering

2022. 11.

This thesis has been examined and approved.

Department of Architectural Engineering  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

국문초록 .....	vi
I. 서론	
1. 연구의 배경 및 목적 .....	1
2. 연구의 범위와 방법 .....	3
3. 선행연구 분석 .....	6
II. 제주 방위권역별 기후	
1. 지리적 특성과 기후환경 .....	8
1) 지리적 특성 .....	8
2) 기후환경 .....	10
2. 방위권역별 기후 특성과 기후변화 .....	14
1) 기후분석 개요 및 방법 .....	14
2) 방위권역별 기후 특성 .....	15
3) 방위권역별 기후변화의 비교 및 분석 .....	16
III. 제주 지역별 미기후 및 영향 요인	
1. 미기후 분석개요 및 방법 .....	22
1) 미기후 지점과 기후요소 선정 .....	22
2) 미기후 분류방법 .....	25
2. 지역별 미기후 분석 .....	26
1) 평균기온 .....	26
2) 평균상대습도 .....	28
3) 평균강수량 .....	30
4) 평균풍속 .....	32
5) 미기후권역 설정 .....	34

6) 미기후권역 도출 .....	36
3. 미기후 영향 요인 및 상관성 분석 .....	38
1) 분석 개요 및 방법 .....	38
2) 해발고도와 미기후 분석 .....	39
3) 해안선이격거리와 미기후 분석 .....	42
4) 경사면방향과 미기후 분석 .....	44
IV. 기후권역에 따른 에너지 분석 및 설계기준	
1. 건축물 에너지 분석 개요 .....	49
2. 방위권역별 에너지부하 .....	51
3. 미기후권역별 에너지부하 .....	57
4. 제주 기후환경을 고려한 친환경 건축 설계 기준 .....	60
1) 건축물 에너지절약설계기준의 세분화 .....	60
2) 녹색건축물 설계기준 항목별 제안 .....	61
V. 결론	
1. 연구 결과 .....	63
2. 연구의 한계와 향후 과제 .....	67
참고문헌 .....	68
Abstract .....	72

## 표 목 차

표 1. 기상청 및 농촌진흥청 기후자료 위치 .....	24
표 2. 평균기온 기후권역(하절기) .....	35
표 3. 평균상대습도 기후권역(하절기) .....	35
표 4. 기온 및 습도별 미기후 지점(하절기) .....	36
표 5. 미기후 요인 변수의 구성 및 분석방법 .....	38
표 6. 미기후 요인 회귀분석 범례 .....	39
표 7. 해발고도와 평균기온 간 상관분석 .....	40
표 8. 해발고도와 평균상대습도 간 상관분석 .....	41
표 9. 해안선이격거리와 평균기온 간 상관분석 .....	42
표 10. 해안선이격거리와 평균상대습도 간 상관분석 .....	43
표 11. 레퍼런스 건축물 외피 성능 .....	50
표 12. 건축물 에너지해석 조건 .....	50
표 13. 방위권역 난방부하 .....	51
표 14. 방위권역 냉방부하 .....	52
표 15. 방위권역 연간 1차에너지소요량 .....	56
표 16. 건축물의 에너지절약설계기준 세분화 .....	61
표 17. 녹색건축물 설계기준 제안 .....	62

## 그림목차

그림 1. 제주도 행정구역 지도 .....	3
그림 2. 연구흐름도 .....	5
그림 3. 제주도 지형의 등고선(20m/100m 간격) .....	9
그림 4. 제주도 지형의 경사도 .....	9
그림 5. 제주도 읍면동별 연평균기온(°C)/ 연강수량(mm) 분포도(2001~2010년) ...	10
그림 6. 제주도 연평균 최고, 평균, 최저기온 추세(1961~2018년) .....	11
그림 7. 제주도 연강수량 변화 .....	12
그림 8. 제주도 극한현상일수 변화 .....	13
그림 9. 방위권역 4개 지점 .....	14
그림 10. 1월 평균기온(동절기) .....	17
그림 11. 5월 평균기온(중간기) .....	18
그림 12. 8월 평균기온(하절기) .....	18
그림 13. 2월 평균상대습도(동절기) .....	19
그림 14. 5월 평균상대습도(중간기) .....	20
그림 15. 7월 평균상대습도(하절기) .....	21
그림 16. 행정구역별 기상청 및 농촌진흥청 기후정보 지점 .....	22
그림 17. 해발고도별 기상청 및 농촌진흥청 기후정보 지점 .....	23
그림 18. 1월 평균기온 IDW .....	27
그림 19. 5월 평균기온 IDW .....	27
그림 20. 8월 평균기온 IDW .....	27
그림 21. 1월 평균상대습도 IDW .....	29
그림 22. 5월 평균상대습도 IDW .....	29
그림 23. 8월 평균상대습도 IDW .....	29
그림 24. 1월 평균강수량 IDW .....	31
그림 25. 5월 평균강수량 IDW .....	31
그림 26. 8월 평균강수량 IDW .....	31

그림 27. 1월 평균풍속 IDW .....	33
그림 28. 5월 평균풍속 IDW .....	33
그림 29. 8월 평균풍속 IDW .....	33
그림 30. 평균기온 군집 동절기(좌), 하절기(우) .....	34
그림 31. 평균상대습도 군집 동절기(좌), 하절기(우) .....	34
그림 32. 복합기후를 적용한 미기후권역 지점 .....	37
그림 33. 복합 기후를 적용한 미기후권역 분포도 .....	37
그림 34. 제주도 경사면 방향 .....	44
그림 35. 경사면 방향별 평균기온(상) 및 평균상대습도(하) .....	45
그림 36. 경사면 방향(100m미만)별 평균기온(상) 및 평균상대습도(하) .....	46
그림 37. 경사면 방향(100~200m)별 평균기온(상) 및 평균상대습도(하) .....	48
그림 38. 에너지해석 레퍼런스 건축물 개요 .....	50
그림 39. 에너지샵(Energy#) 냉·난방부하 결과값 .....	51
그림 40. 에너지샵(Energy#) 냉·난방에너지 결과값 .....	53
그림 41. 방위권역 난방에너지요구량 변화 .....	53
그림 42. 방위권역 냉방에너지요구량 변화 .....	54
그림 43. 방위권역 냉방부하(현열/제습) .....	54
그림 44. 방위권역 냉·난방에너지요구량 비교 .....	56
그림 45. 미기후권역 냉·난방에너지요구량 .....	57
그림 46. 미기후권역 냉·난방에너지요구량 합계 .....	57
그림 47. 미기후권역 냉·난방 단위부하 .....	58
그림 48. 미기후권역 냉방부하(현열/제습) .....	58
그림 49. 미기후권역 연간 1차에너지소요량 .....	59

## 국문초록

기후변화를 극복하기 위한 탄소중립 중요성은 매년 강조되고 있다. 제주도는 다양한 기후가 존재하고, 지역별 차이를 상세 분석한 자료는 미비하다. 본 연구는 제주도의 지역별 기후차이와 기후변화추이를 분석하고, 이를 토대로 건축물 에너지요구량의 정량적 차이를 파악하고자 하였다. 그리고 지역별 차이가 적용된 건축물 에너지절약설계의 기준 및 방법 구축을 위한 기초자료를 제안함에 목적이 있다. 연구의 공간적 범위는 제주도 전역으로 설정하였고, 시간적 범위는 방위권역 지점의 경우 최근 30년간 5년 단위 통계로, 미기후권역 지점의 경우 최근 3년 단위 통계로 설정하였다. 연구의 방법은 기상청과 농촌진흥청의 기상자료를 추출·가공하여 방위권역별 4개 지점과 상세기후지역 68개 지점의 기후특성과 기후변화를 분석하였다.

기후분석의 첫 번째 과정으로, 평균기온과 평균상대습도를 1991년부터 2020년까지의 30년간 5년 단위로 산술평균하여 방위권역별 기후의 특성을 분석하고, 5년 단위별 기후변화 추이를 확인하였다. 평균기온의 경우 증가추세를 보였으며, 제주(시)는 중간기, 성산의 경우 30년간의 하절기 기온이 가장 큰 상승폭을 보여주고 있다. 상대습도는 하절기 성산과 서귀포에서 큰 폭의 상승을 보였다. 두 번째 과정으로, 상세 지역의 기후 비교와 분포를 확인하기 위해 ArcGIS 프로그램의 역거리 가중법(IDW)을 사용하여 기후요소별 분포도를 작성하였고, 복합기후를 적용한 미기후권역 분포도를 도출하였다. 그리고 미기후 요인을 분석하기 위하여 변수 간의 일반선형회귀분석(GLR)과 지리가중회귀분석(GWR)을 실시하여 결과값을 비교하였다. 미기후 요인으로는 해발고도가 가장 영향력이 크고, 다음으로 해안선이격거리로 나타났으며, 경사면 방향의 경우는 계절별로 각기 다른 영향을 보이는 것으로 나타났다.

건축물 에너지분석은 방위권역 4개 지점의 경우 30년간의 변화를 파악하는 통시적 관점에서 수행하였고, 도출된 미기후권역 중 5개 지점은 3년간 통계를 적용한 공시적 관점에서 수행하였다. 건축물 에너지해석은 에너지샵(Energy#2.5)에

지점별 기상정보를 입력하여 결과를 도출한 후 건축물 에너지요구량과 1차에너지소요량을 정량화하여 지점별로 비교하였다. 기후변화에 따른 에너지변화를 살펴보면 방위권역별 4개 지역 모두 최근 년도에 가까울수록 냉방에너지요구량은 증가하는 것으로 나타났고, 난방에너지가 감소되는 동시에 냉방에너지가 증가됨에 따라 1차에너지소요량의 변화는 미미하였다. 그리고 서귀포는 30년 전부터 지속적으로 냉방에너지가 난방에너지보다 높았으며, 최근 5년의 제주(시) 냉방에너지는 난방에너지보다 큰 값으로 나타났다. 미기후권역의 에너지분석 결과로, 냉방에너지는 H-h권역(조천)이 가장 높고 난방에너지는 L-h권역이 가장 높은 것으로 나타났다. 냉·난방에너지요구량의 합은 L-h권역(성판악)이 가장 높고, M-h권역(가시리), H-l권역(외도), H-h권역(조천), M-m권역(서광)의 순으로 낮아진다. 이러한 미기후권역별 에너지요구량의 차이에 따라 건축물의 에너지절약설계기준과 녹색건축물 설계기준의 세분화를 제안하였다. 에너지기준은 기후차이에 따라 3단계로 나누어 열관류율을 적용하였고, 녹색건축물 설계기준의 패시브 기술요소 항목 중 기밀, 차양, 환기 부분을 기후요소와 미기후권역에 따라 상세내용을 제안하였다.

본 연구는 기후분석과 미기후권역 도출, 에너지해석 등 일련의 과정을 통해 건축물 에너지절약설계기준과 녹색건축물 설계기준을 제안하여 미기후권역을 적용한 친환경 설계 방향을 제시함에 의의가 있다. 후속연구로 에너지절감을 위한 패시브기술요소를 방위·미기후권역별로 적용하여, 적용전·후의 정량적 차이를 분석할 수 있고, 권역 내의 공공기관, 마을시설 등에 대한 에너지사용량의 차이를 분석하고 절감방안을 제안할 수 있다. 제주 지역의 미기후를 적용한 친환경 설계 기초자료의 실무 적용을 통해 건축분야 탄소중립의 구체적이고 합리적인 실천을 지속할 수 있을 것이다.

주요어 : 제주, 기후변화, 미기후, 건축물 에너지절약설계

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

지구온난화의 영향으로 전국적으로 연평균기온이 상승하는 가운데, 제주도 지역 또한 눈에 띄는 기후변화가 진행되고 있다. IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체, Inter-government Panel on Climate Change) 보고서를 기반으로 작성한 「한국 기후변화 평가보고서」(2020, 기상청)에 따르면 평균지표기온은 꾸준히 상승하고 있고, 1973년 이후 도시화가 급격하게 진행된 도시들이 더 강한 온난화를 보이고 있다.

또한 산업화 이래 지속되는 지구온난화에 대응하여 정부에서는 2012년부터 녹색건축물 조성지원법에 의한 건축물에너지효율등급과 제로에너지건축물 인증제를 시행중이며, 2021년 10월에는 2050 탄소중립 시나리오를 제시하여 탄소배출량 감소와 에너지 전환에 대한 노력을 지속하고 있다.

이와 함께 제주특별자치도는 정부의 ‘2050 장기저탄소발전전략’과 연계하여 기존 ‘2030 온실가스 감축 로드맵’보다 더욱 강화된 온실가스 감축 전략인 ‘2050 탄소중립 도시 조성을 위한 제주특별자치도 기후변화 대응계획’을 2021년 4월 수립하였고, 2022년 11월, 제주도의 탄소중립과 기후위기 대응, 녹색성장의 추진을 위한 제주특별자치도 2050 탄소중립녹색성장위원회가 출범하였고, 5개의 분과위원회를 구성하여 분야별 세분화된 정책을 제시하기 위한 기초를 마련하였다.

이러한 제주도정의 노력에도 불구하고 제주의 자연환경은 다양한 미기후적 특성을 가지고 있어, 일편향적인 기준으로는 적절한 탄소중립 및 에너지 절감의 극대화를 추구하기가 어려운 지형적 조건을 검토할 필요가 있다. 우선 제주의 지리적 특징을 검토해보면, 제주도의 전체면적은 2021년 통계청 기준 약 1,850km<sup>2</sup>로 서울의 3배가 넘고, 사면이 바다로 둘러싸여 있으며, 한라산을 중심으로 해안선까지 경사 지형의 형태를 가지고 있다. 해양성 기후와 한라산, 다양한 오름 등의

자연적 환경에 의해 지역별로 다양한 기후 특성을 나타내고 있으며, 이러한 지역별 미기후에 관한 연구를 통해서야만 적절한 탄소배출 절감 및 에너지 효율방안을 마련할 수 있다. 그러나 현재의 제주관련 미기후 연구 사례는 많지 않으며, 건축환경에 적용할 수 있는 연구내용은 미약하다. 또한, 미기후 차이에 따른 건축물에너지요구량의 차이는 예측되지만, 그 차이를 정량화한 자료는 미비한 실정이다. 따라서 적절한 탄소배출 절감 및 지역 온난화에 따른 적절한 건축방향성 제고를 위해서는 제주 지역별 미기후에 대한 연구와 에너지 분석이 필요하다.

본 연구는 제주의 다양한 기후에 맞는 건축물 에너지 절약설계 방법을 도출하기 위한 기초자료를 구축함에 목적이 있으며, 향후 각 지역에 적합한 제주도내 녹색건축물의 확대와 실질적인 건축물 에너지 절감 방법에 활용될 수 있도록 제안하고자 한다. 이를 위해 먼저 제주도 지리적 특성을 고려한 다양한 기후를 보다 상세히 조사하여, 제주 방위권역별, 미기후권역별 특성을 비교·분석할 것이며, 다음으로 기후 권역별 에너지 분석을 수행하여 건축물 에너지 부하의 정량적 차이를 확인하고자 한다. 이와 같은 지역별 기후특성과 건축물 에너지 분석의 결과를 바탕으로 건축물 에너지 절약 설계에 관한 기준을 지역별로 세분화하여, 건축관련 실무에서 에너지 절약설계 기술요소를 지역별로 차등적용이 가능하도록 제안하고자 한다.

## 2. 연구의 범위와 방법

연구의 공간적 범위는 제주도 전역으로 설정하였다. 기상청과 농촌진흥청은 도내 다양한 지역의 기후정보를 실시간 관측하고, 그 값의 통계수치를 제공하고 있다. 두 기관에서 제공하는 관측 기후정보를 활용하여 도내 양 행정시와 읍면지역의 기후특성을 살펴보았다.



그림 1. 제주도 행정구역 지도

시간적 범위는 관측이 진행되고 있는 2022년 이전의 일정 기간을 선택하여 지점별로 기후정보를 분류하였다. 방위권역별 기후 특징과 기후변화 분석을 위한 4개 지역은 1991년부터 2020년까지의 30년간 자료를 5년 단위의 산술평균으로 적용하였다. 미기후 분석을 위한 68개 지역은 관측지점이 최근 생성된 곳이 있는 점을 고려하여 2019년부터 2021년까지의 3년간 관측자료의 산술평균을 이용하였다.

본 연구는 상기 설정한 범위 내에서 다음과 같이 진행하였다.

첫째, 제주도 관련 기후보고서 등의 고찰을 통해 제주도 전체 기후변화 양상을 파악하고, 기후와 건축물에너지 관련 선행연구를 검토하였다.

둘째, 제주도 방위권역별 기후특성과 기후변화를 비교·분석하였다. 기상관측자료 중 4개 방위권역의 기상정보를 이용하여 최근 30년간 5년단위의 기후특징과 기후변화추이를 분석하였다.

셋째, 지역별 미기후를 분석하기 위하여 68개 지역의 기후자료를 이용하여 기후분포도를 제작하고 군집양상을 분석하였다. 지역별 기후정보의 차이를 시각적으로 나타내기 위하여 ArcGIS 프로그램의 공간보간법 중 역거리 가중법(IDW: Inverse Distance Weighted)을 사용하여 기후요소별 분포도를 작성하고 미기후권역 분포도를 도출하였다. 그리고 미기후 요인을 분석하기 위하여 변수 간의 일반선형회귀분석(GLR, Generalized Linear Regression)과 지리가중회귀분석(GWR, Geographically Weighted Regression)을 실시하여 결과값을 비교하였다.

넷째, 방위권역과 미기후권역별 에너지 분석을 수행하여, 건축물 에너지요구량과 1차에너지소요량을 산정 후 그 차이를 정량화하였다. 건축물 에너지분석은 건축물에너지해석 프로그램인 에너지샵(Energy# v2.5)을 이용하였다.

마지막으로, 미기후권역별 에너지 분석을 바탕으로 현재 법령 기준인 「건축물의 에너지절약설계기준」(국토교통부고시 제2022-52호)과 「제주특별자치도 녹색건축물 설계기준」(제주특별자치도 고시 제2022-122호)에 제시된 제주도 에너지절약 기준의 내용을 보다 세분화하고, 지역별 중요항목을 판단하여, 에너지 절약설계 기준의 개선 방향을 제안하였다.

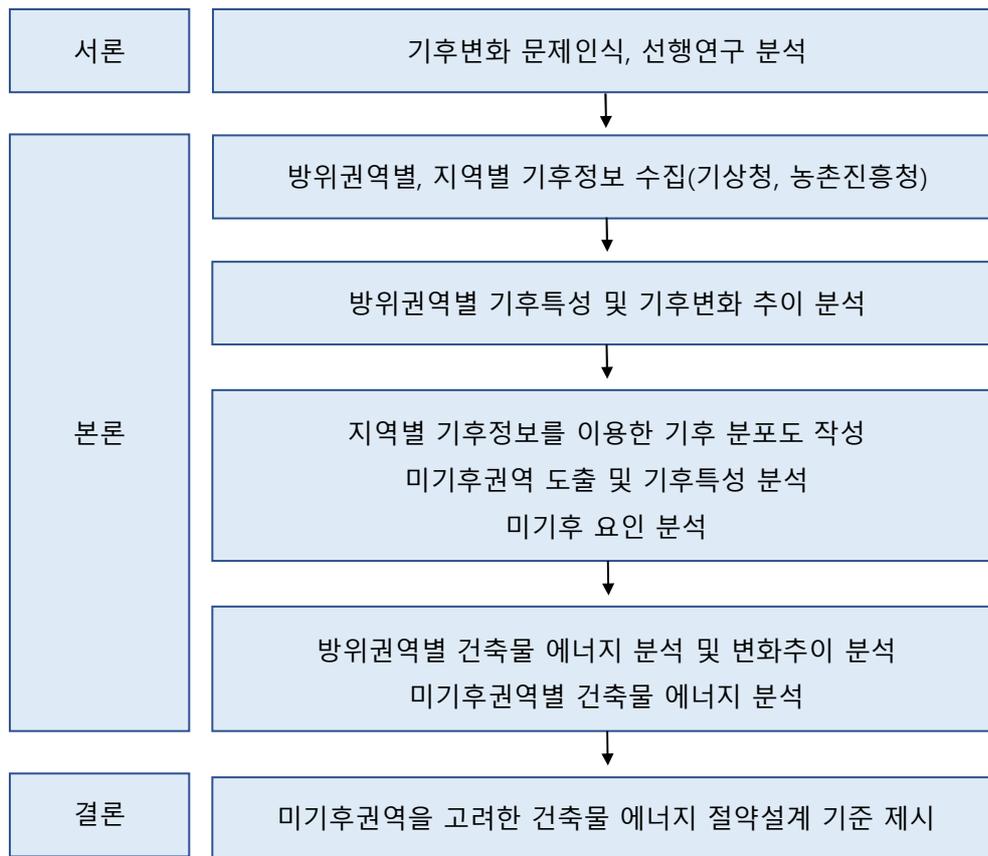


그림 2. 연구흐름도

### 3. 선행연구 분석

국내 지역 및 제주도 지역의 기후조건과 기후변화에 관한 각 분야별 선행연구에 대하여 조사하였다. 도시계획 및 방재관련 연구에서 기상청 3개 지역(제주, 서귀포, 성산)의 30년간의 기후자료를 이용하여 과거의 경향을 조사하고, 기후변화 시나리오를 이용하여 제주지역의 극한기후를 분석하여, 관측소별 기후 특성을 고려한 도시계획 및 방재대책에 대한 연구를 하였다.(정진우 외 2인, 2021)

건축분야에서는 제주 지역별 기후의 환경에 따른 민가의 특징을 분석하고 외피재료의 특성을 연구하였다.(이정준·전규엽, 2014) 해수면 상승 등의 기후변화에 따라 공공기관 건축물의 잠재적 위험 요소를 분석하였으며(최윤철·서광덕, 2017), 기후변화로 인한 이상기후의 피해가 우려되는 공동주택을 대상으로 하는 녹색건축 인증기준이 기후변화 대응에 미치는 영향을 분석하였다.(최준성·박천보, 2019)

기후관련 건축물에너지요구량 및 에너지해석에 관한 선행연구를 살펴보면, 미래기후 시나리오를 레퍼런스 건축물에 적용하여 에너지요구량의 변화분석과 그에 따른 대응방안을 제시하였고(이태규·김정욱, 2019), 국내 지역의 기후를 적용한 연간난방에너지요구량의 상관관계를 분석하여 지역별 기후특성 차이로 연간 에너지요구량이 큰 폭으로 변하는 자료를 제시하였다.(윤용상 외 3인, 2014)

에너지 해석 관련한 기존 연구는 국내 에너지해석프로그램 에너지샵(Energy#) 관한 설명(배성호, 2016) 및 동일 프로그램을 패시브하우스 에너지해석 적용사례를 제시한 연구가 있다.(배성호, 2018) 국내의 제로에너지 건축물 인증기준에 대한 연구에서는 국내지역을 기후조건에 따라 4개 지역으로 세분화하고, 건축물의 유형을 기존의 신축과 함께 리모델링 건축물에 대한 인증기준을 설정하여 개선안으로 제시하였다. (장성진 외 2인, 2020)

이어서 미기후 관련으로는 도시 및 건축요소들과 미기후와의 상호작용으로 건축물에너지 사용량에 영향을 미치는 연구로 미기후 요소들이 건축물 에너지 사용량을 결정하는 중요한 요소임을 설명한다.(이건원 외 3인, 2019)

공간보간법 관련연구로 여름철 기온자료의 상세화를 위하여 통계적 내삽 방법을 비교한 연구에서는 IDW와 크리깅, GPRM 방법 중 적합성을 비교하는 검토

를 하였다.(양호진 외 3인, 2019) 인천 송도지역의 지층분포 추정을 위해 크리깅과 역거리가중법을 적용하여 비교한 연구도 있었다.(김동휘 외 3인, 2010) IDW 내의 단계구분도에 관한 연구로 공간인접성 최적화 기법에 관한 연구에서 네츄럴브레이크의 안정적이고 효율적인 분류결과를 확인하였다. (손일, 2001)

기상데이터를 활용한 도시열섬 분포 및 강도를 군집분석으로 진행한 사례가 있었다. GIS 프로그램을 이용하여 열섬지도를 제작하고 공간보간법을 통해 취약지점을 도출하였다.(배응규·박세홍, 2021) 기후데이터의 군집분석 사례에서 K-means 기법을 이용하여 기후데이터를 지역적 특성에 따라 군집함으로써 날씨 마케팅에 적용하였다.(이양구 외 4인, 2005)

공간정보를 가진 데이터의 회귀분석인 GWR 지리가중회귀분석 연구사례는 다음과 같다. 도시와 기후특성이 지역에너지 사용량에 미치는 영향을 연구에서 일반회귀모형과 지리가중회귀모형 두 가지 방법을 사용하여 분석하였고, 지역정보가 있는 공간적인 특수성을 설명하는데 필요한 지리가중회귀모형에 대한 타당성을 설명하였다.(이동성·문태훈, 2017) 지리가중회귀분석의 접근법을 활용하여 부동산에 관한 연구에서 GWR의 실증분석과 한계를 설명하였다.(강창덕, 2010)

기존의 선행연구에서는 기상청의 기후자료를 한정된 도시지역 또는 제주를 제외한 전국의 지역을 대상으로 에너지사용량 또는 에너지요구량에 관한 연구, 그리고 제주지역의 기후와 도시계획 및 방재에 관한 연구를 진행하였다. 그리고 기후자료와 도시열섬 분포와 강도 등에 관한 건축분야보다 넓은 범위인 거시적인 관점에서의 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 도시지역 뿐만아니라 자연환경요소가 지배적인 비도시지역까지 확장한 제주도 전역의 기후를 분석하고, 건축물에너지요구량과의 관계를 규명함으로써 기존 연구에서 진행되지 않았던 제주도 상세 기후권역을 파악할 수 있도록 하여 차별화를 두었다. 그리고 지역별로 관측된 주요 기후정보를 직접 입력한 에너지해석을 수행하여 정량적 비교를 함으로써 매년 변화하고 있는 기후별 미시적 차이를 보다 명확히 파악할 수 있도록 함에 타 연구와 차별성을 가진다.

## II. 제주 방위권역별 기후

### 1. 지리적 특성과 기후환경

#### 1) 지리적 특성

대한민국 최남단에 위치한 제주도는 장축이 단축보다 긴 타원형의 형태이고, 장축이 북동방향으로 약 15도 기울어진 형태를 띠고 있다. 제주도는 약 120만 년 전부터 2만 5000년 전까지 4단계의 화산활동을 거쳐 현재의 형태로 만들어졌다. 남서측의 산방산과 월라봉 등이 형성된 1단계 화산활동을 시작으로 2단계 화산활동에서 한라산을 제외한 제주도의 전체적인 지형이 만들어졌고, 약 30만 년 전부터 10만 년 전 사이에 일어난 3단계 화산활동으로 영실 오백장군 기암 등이 만들어진 것으로 보고 있다. 약 10만 년 전부터 2만 5000년 전 사이의 기간에 마지막 4단계 화산분출에서 장축 방향의 기생화산들과 한라산 백록담이 형성되고, 현재 형태의 해안선이 형성된 것으로 추정하고 있다.(한국민족문화대백과사전) 이렇게 형성된 제주도의 지형은 한라산을 중심으로 동서사면은 약 3~5도, 남북사면은 약 5~10도 정도의 경사를 가지고 있다.(그림 3.)

해발고도 200m 이하 지역이 전체면적의 55.3%를 차지하고, 200~500m 중산간 지대는 전체 면적의 27.9%로 초지 등으로 구성되어 있다. (한국의 지역별 기후특성, 기상청)

그림 4.는 제주도 지형의 경사도를 표현한 것으로 완만한 해안가 지역과 상대적으로 급경사의 중산간 지역을 비교하여 확인할 수 있으며, 오름 등의 구릉지 등을 한눈에 파악할 수 있다.

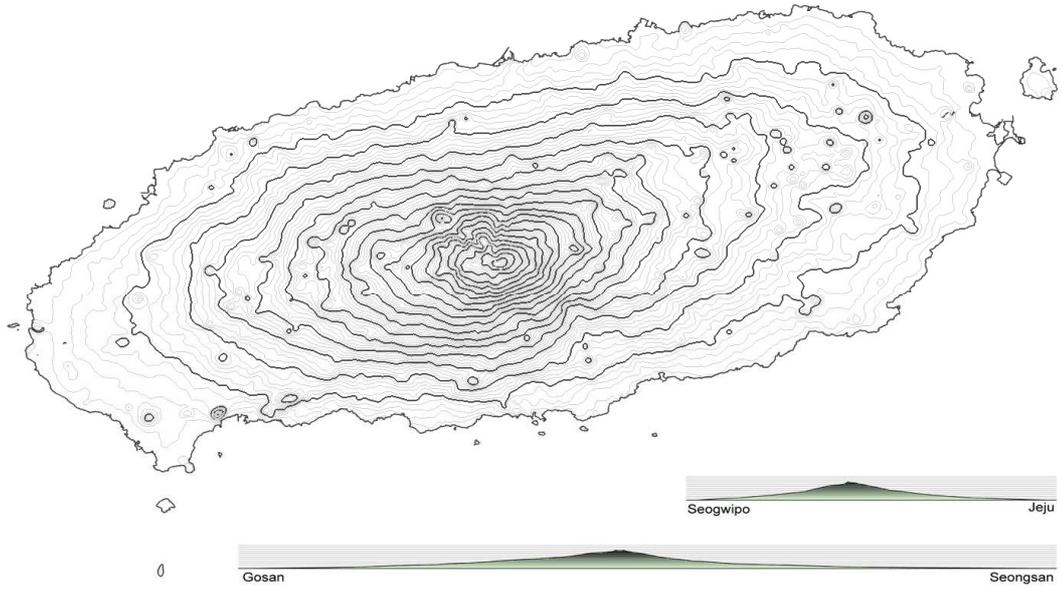


그림 3. 제주도 지형의 등고선(20m/100m 간격)

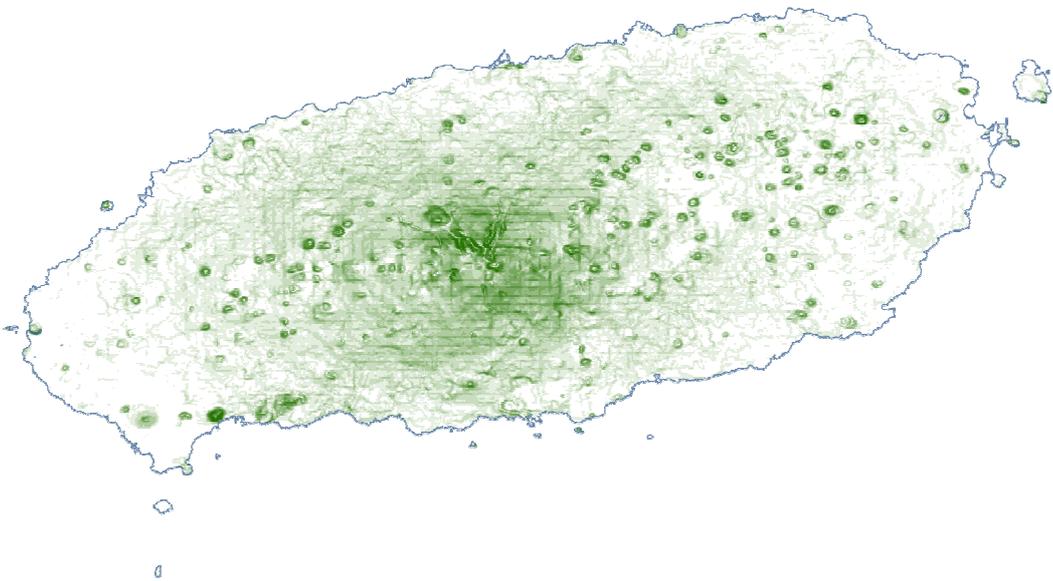


그림 4. 제주도 지형의 경사도

## 2) 기후환경

제주도의 중심에 높은 한라산이 위치하고 있어, 그의 영향으로 북측에 위치한 제주시와 주변지역은 편현상 등이 나타나는 등 남측의 서귀포 지역과는 다른 모습의 기후 환경을 가지고 있다. 또한 한라산을 기준으로 동서측의 지역도 지형, 토질 등, 각각 다른 특징을 보인다.

동경 126도 08분~126도 58분, 북위 33도 06분~34도 00분에 위치한 제주도는 국내의 타 지역에 비해 온난한 기후를 보이고 있는 지역이다. 목포에서 약 145km, 부산에서 268km 정도 떨어져 있는 온대기후에서 아열대기후로 전이되는 지대에 있다. 그리고 태양고도가 타지역보다 높아 복사에너지량 과잉지역이다.(한국의 지역별 기후특성, 기상청 날씨누리)

2021년 발표한 제주지방기상청의 신 기후평년값(1991~2020)에 따르면 제주도 연평균 기온은 16.5℃로 이전 평년값보다 0.3℃ 상승하였고, 제주(시)는 16.2℃, 서귀포는 16.9℃로 전국 주요 도시보다 높게 나타났다. 제주도 연 강수량은 1,746.0mm로 이전 평년(1,710.3mm)보다 35.7mm 증가하였다.(신(新)기후평년값이 보여준 기후변화, 제주지방기상청 보도자료, 2021)

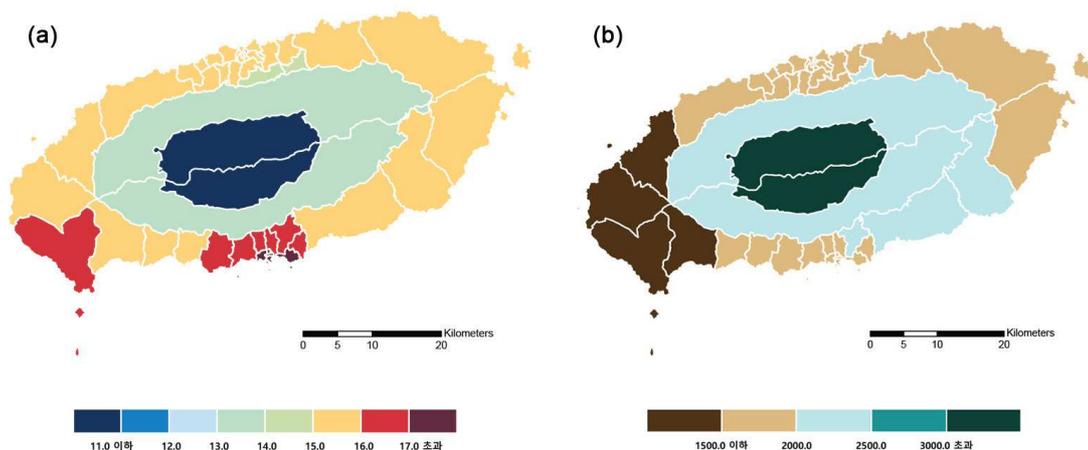


그림 5. 제주도 읍면동별 연평균기온(℃)/ 연강수량(mm) 분포도(2001~2010년)  
(제주특별자치도 기후변화 전망보고서, 2017)

「제주특별자치도 기후변화 전망보고서」(2017, 기상청)에서는 제주도를 읍면동별로 구분하여 10년간의 연평균기온과 연강수량 정보를 제공한다. 행정구역 내의 다양한 해발고도를 3단계로 구분하여 지역별 차이를 두었는데, 다소 넓은 경계로 구분이 되어 국지 기후를 확인하기 어려움이 있다.(그림 5.)

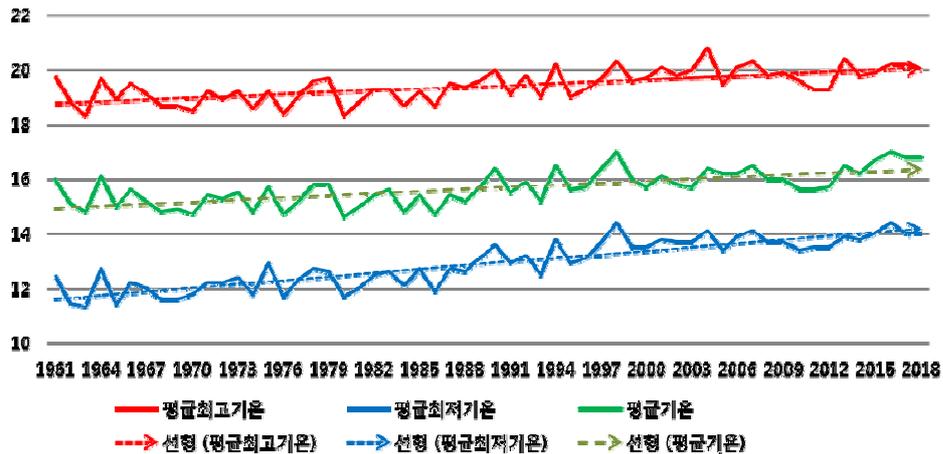
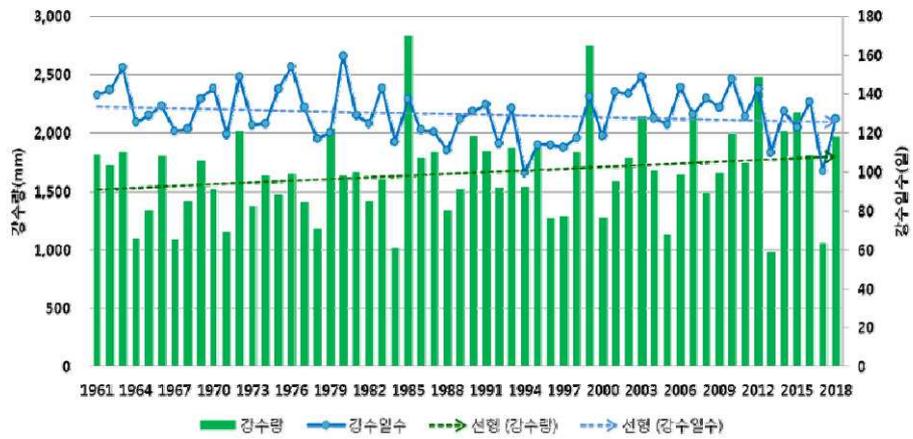


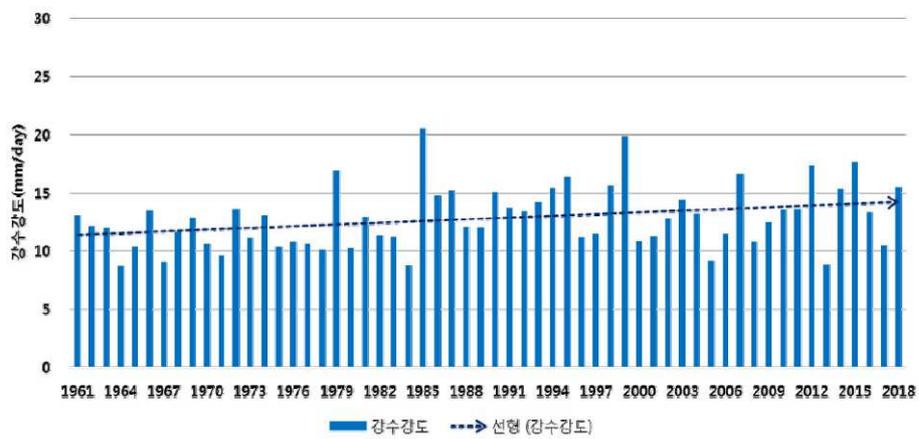
그림 6. 제주도 연평균 최고, 평균, 최저기온 추세(1961~2018년)  
 (제주도 기후변화 특성분석집, 2019)

제주지방기상청의 「제주도 기후변화 특성분석집」(2019, 제주지방기상청)에 따르면 지난 58년(1961~2018년)동안 제주도의 연평균기온은  $+0.29^{\circ}\text{C}/10\text{년}$  상승, 제주도의 연 강수량은  $+49.46\text{mm}/10\text{년}$ 으로 증가, 강수일수는  $-1.37\text{일}/10\text{년}$ 으로 감소, 모든 계절에서 강수가 증가하며, 가을에 가장 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다.(그림 5.) 그리고 지구온난화에 따라, 고온 극한현상일수는 증가, 저온 극한현상일수는 감소하는 모습을 보이고 있다. 고온 극한현상일수인 폭염일수는  $+1.5\text{일}/10\text{년}$ , 열대야일수는  $+5.2\text{일}/10\text{년}$ 으로 증가하였고, 저온 극한현상일수인 서리일수는  $-1.9\text{일}/10\text{년}$ , 결빙일수는  $-2.4\text{일}/10\text{년}$ 으로 감소하고 있다.(그림 6.)

(a)



(b)



(c)

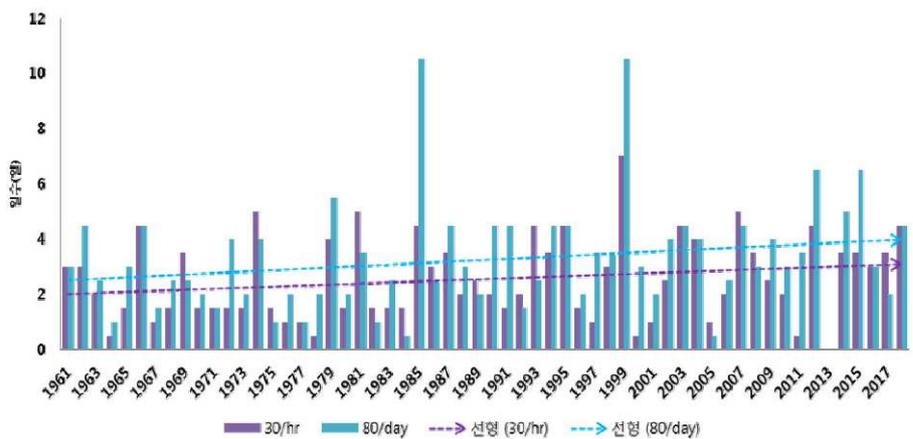
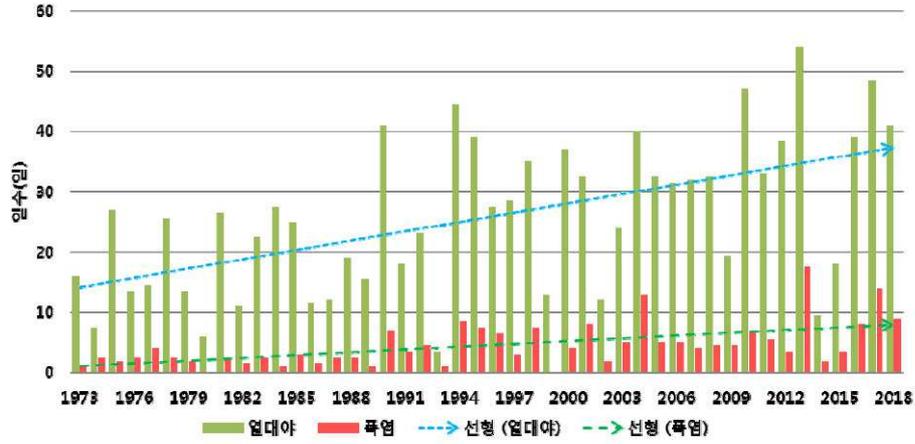


그림 7. 제주도 연강수량 변화

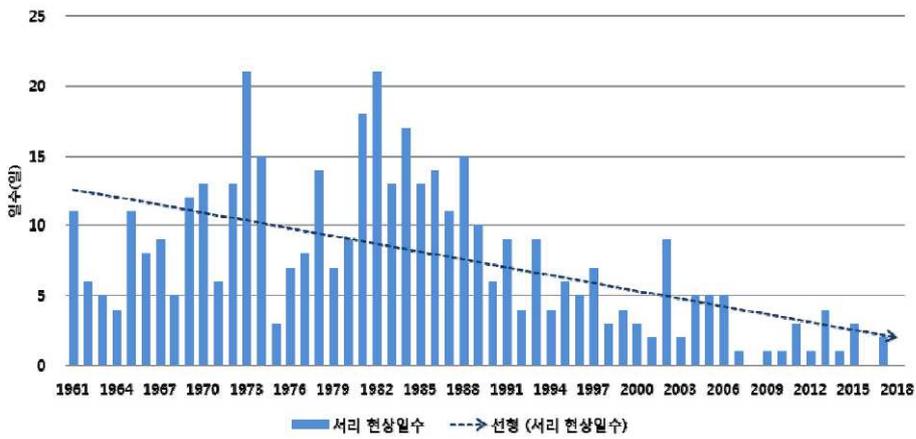
(a)연강수량, 연강수일수, (b)연강수강도, (c)호우일수의 변화(1961~2018년)

(제주도 기후변화 특성분석집, 2019)

(a) 열대야일수 및 폭염일수 (1973~2018)



(b) 서리일수



(c) 결빙일수

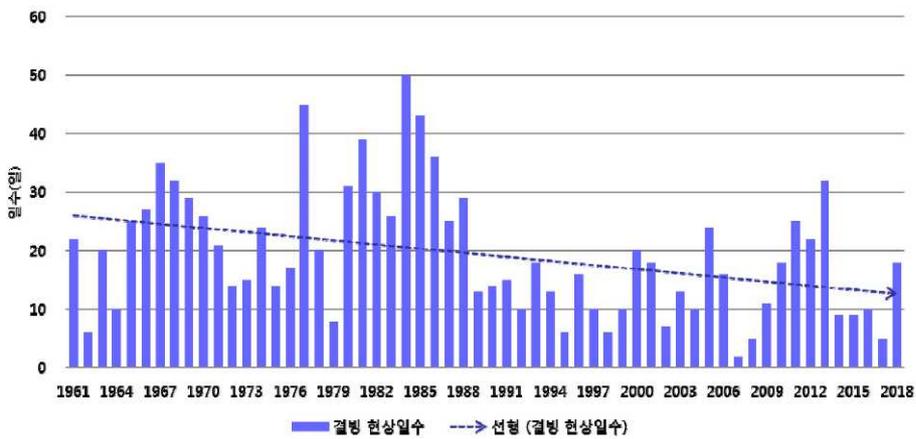


그림 8. 제주도 극한현상일수 변화

(a)열대야 및 폭염일수, (b)서리일수, (c)결빙일수의 변화(1961~2018년)

(제주도 기후변화 특성분석집, 2019)

## 2. 방위권역별 기후 특성과 기후변화

### 1) 기후분석 개요 및 방법

일반적으로 제주도는 방위 중심의 4개의 권역으로 기후환경을 구분해왔다. 본 연구에서도 방위권역별 기후분석을 위한 기초자료는 기상청의 종관기상관측정보(ASOS)를 활용하였다. 종관기상관측이란 정해진 시각의 대기 상태를 파악하기 위해 모든 관측소에서 같은 시각에 실시하는 지상관측을 말하며, 시정, 구름, 증발량, 일기현상 등 일부 목적 요소를 제외하고 종관기상관측장비(ASOS, Automated Synoptic Observing System)를 이용해 자동으로 관측하는 유인기상 지점이다. 자료형태는 분, 시간(매정시), 일, 월, 연이고, 관측 기간은 1904년부터 제공된다. 제공되는 기후요소로는 기온, 강수, 바람, 기압, 습도, 일사, 일조, 눈, 구름, 시정, 지면상태, 지면·초상온도, 일기현상, 증발량 등이다. 전국 약 103개 지점, 제주도는 제주(시), 고산, 성산, 서귀포 이렇게 4개 지점으로, 관측지점 해발 고도는 20~71m이며, 각각 동서남북 방향의 해안에 위치한다.(그림 9.)

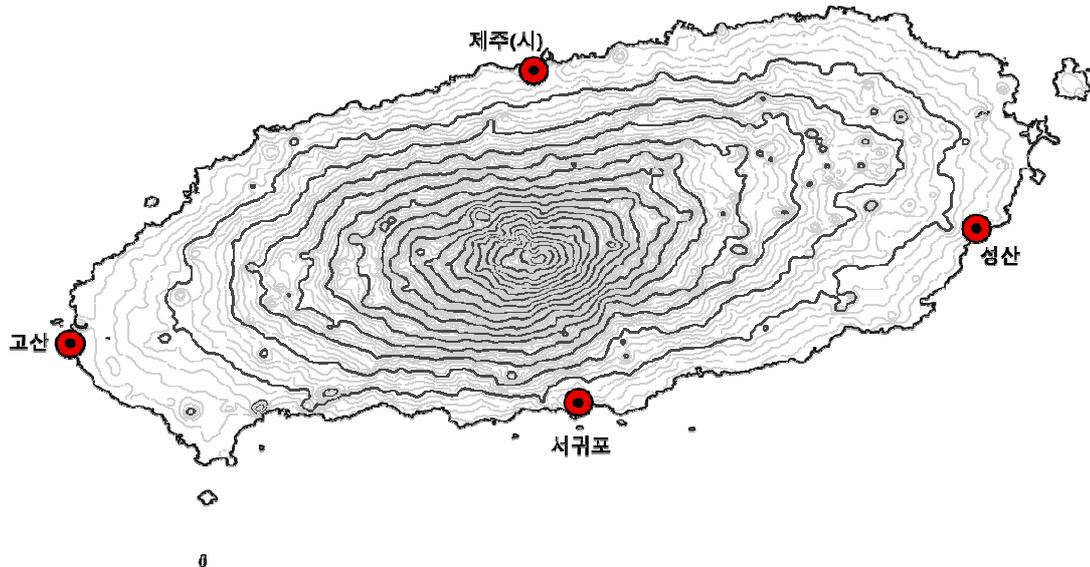


그림 9. 방위권역 4개 지점

방위권역별 기후분석을 위하여 4개 지역의 1991년부터 2020년까지 최근 30년간 기후데이터를 5년 단위로 평균값을 산출하였고, 각 지점의 평균기온 및 평균상대습도의 특징을 살펴보고, 권역 간 비교·분석도 함께 검토하였다.

평균기온분석 시기의 구분은 연중 최저기온을 기록하는 1월을 동절기로, 연중 최고기온의 8월을 하절기, 5월을 중간기로 설정하여 변화를 비교했다. 평균상대습도 비교를 위한 시기의 구분은 연중 최저습도를 기록하는 2월을 동절기로, 연중 최고습도를 기록하는 7월을 하절기로 설정했다. 중간기는 평균기온과 마찬가지로 5월의 값을 이용하였다.

## 2) 방위권역별 기후 특성

### (1) 제주(시)

제주(시)는 도내 북측에 위치하고 있는 인구가 밀집된 도심지역이다. 지난 95년(1924~2018년)동안 기온은 평균기온  $+0.23^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ , 연평균기온  $+2.2^{\circ}\text{C}$ , 최고기온:  $1.2^{\circ}\text{C}$ , 최저기온:  $2.8^{\circ}\text{C}$  상승했다. 연 강수량은  $+13.66\text{mm}/10\text{년}$ 으로 증가, 연 강수일수는  $-1.84\text{일}/10\text{년}$ 으로 감소 경향을 나타내고 있으며, 강수강도는  $+0.23\text{mm}/\text{일}$ 로 증가 경향을 보인다.(2019, 제주도 기후변화 특성분석집, 제주지방기상청)

30년간의 평균기온 통계를 살펴보면 동절기는 상승의 수준이 미미하다. 하지만 5월 중간기의 기온상승은  $1^{\circ}\text{C}$  이상 증가하는 가파른 상승 모습을 보이고 있으며, 하절기 또한 중간기 보다는 다소 상승폭이 약하지만 상승추세를 보이고 있다.

평균상대습도의 경우 동절기, 중간기, 하절기 모두 약한 하락세를 보이고 있음을 알 수 있다.

### (2) 고산

고산은 한경면 고산리 수월봉 내에 위치하고 있으며, 주변은 민가가 드문 자연환경으로 둘러싸인 제주도 서측에 있는 지역이다. 지난 31년(1988~2018년)동안 기온은 평균기온  $+0.12^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 연평균기온  $+0.4^{\circ}\text{C}$ , 최고기온  $+0.8^{\circ}\text{C}$ , 최저기온  $+0.3^{\circ}\text{C}$  상승했고, 연 강수량은  $+54.27\text{mm}/10\text{년}$ 으로 증가, 연 강수일수는  $+1.42\text{일}$

/10년으로 증가했으며, 강수강도는 +0.35mm/일로 증가했다.(2019, 제주도 기후변화 특성분석집, 제주지방기상청)

30년간의 평균기온은 고산 역시 중간기와 하절기에 꾸준히 상승하였다. 평균상대습도의 경우 타지역과는 달리 동절기 상대습도는 하락하는 추세를 보이고, 중간기와 하절기는  $R^2=0.015, 0.084$ 로 상승이 미미한 수준이다.

### (3) 성산

제주도 동측에 위치한 성산지역은 지난 46년(1973~2018년)동안 기온은 평균기온 +0.20℃/10년으로 상승 경향. 연평균기온 +0.9℃, 최고기온 +0.8℃, 최저기온 +1.8℃ 상승했고, 연 강수량은 +96.00mm/10년으로 증가, 연 강수일수는 +3.43일/10년으로 증가, 강수강도는 +0.37mm/일로 증가했다.(2019, 제주도 기후변화 특성분석집, 제주지방기상청)

30년간의 평균기온은 동절기, 중간기, 하절기 모두 상승을, 평균상대습도는 중간기와 동절기에 상승이 이루어짐을 알 수 있다.

### (4) 서귀포

서귀포는 한라산 남측의 도심지역이다. 지난 58년(1961~2018년)동안 기온은 평균기온 +0.32℃/10년, 최고기온 +0.27℃/10년, 최저기온 +0.49℃/10년으로 상승, 연평균기온 +1.9℃, 최고기온 +1.5℃, 최저기온 +2.8℃ 상승했다. 연 강수량의 경우 +73.60mm/10년으로 증가 경향이고, 연 강수일수는 -0.57일/10년으로 감소하고 있으며, 강수강도는 +0.63mm/일로 증가 경향을 보인다.(2019, 제주도 기후변화 특성분석집, 제주지방기상청)

30년간의 분석을 살펴보면, 서귀포는 높은 평균기온을 유지하고 있으며 중간기 하절기 상승하고 있으며, 평균상대습도는 동절기, 중간기, 하절기 모두 상승추세를 보이고 있다.

### 3) 방위권역별 기후변화의 비교 및 분석

#### (1) 방위권역별 평균기온

동절기(1월) 평균기온은 연도별로 큰 변화가 없는 것으로 보인다. 네 개의 지역 중에서 서귀포가 가장 기온이 높고 성산이 네 지역 중 1월 평균기온이 가장 낮은 것으로 나타났다. 제주와 고산은 성산보다는 1℃가량 높은 유사한 수준의 기온을 보이고 있다. 그리고 서귀포지역은 완만한 기온상승을, 제주와 고산지역은 완만한 기온하락을 보이는데 반해 성산지역은 타지역 대비 다소 가파른 기온상승을 나타내고 있음을 알 수 있다.(그림 10.)

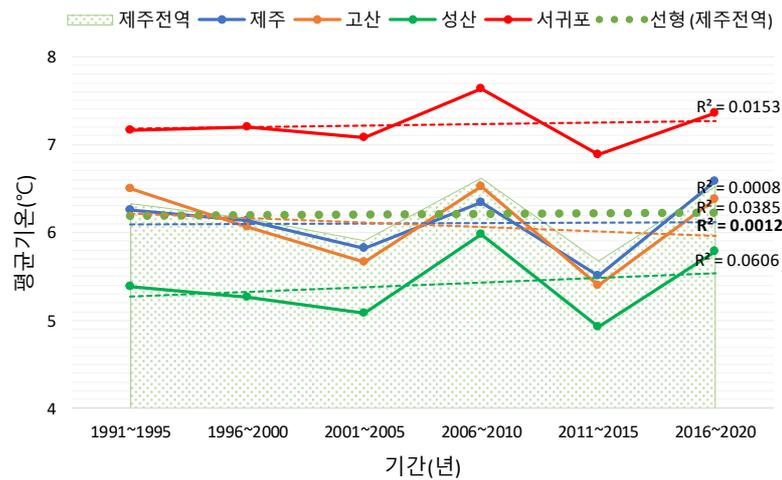


그림 10. 1월 평균기온(동절기)

중간기(5월)의 기온변화는 그림 11.과 같다. 네 개 지역 모두 동절기에 비해 눈에 띄는 상승을 보이며 추세선은 우상향을 하고 있음을 알 수 있다. 특히 제주 지역은 네 지역 중 기울기가 가장 가파른 상승을 보여주고 있고, 고산, 성산, 서귀포 지역 순으로 그 상승폭이 둔화된다. 동절기와는 다르게 성산지역이 고산지역보다 평균기온이 높게 나타나고, 제주의 평균온도가 최근년도에 가까울수록 서서히 높아져 서귀포의 평균기온 값에 근접하면서 2016년~2020년의 평균기온은 서귀포보다 높게 기록됨을 알 수 있다.

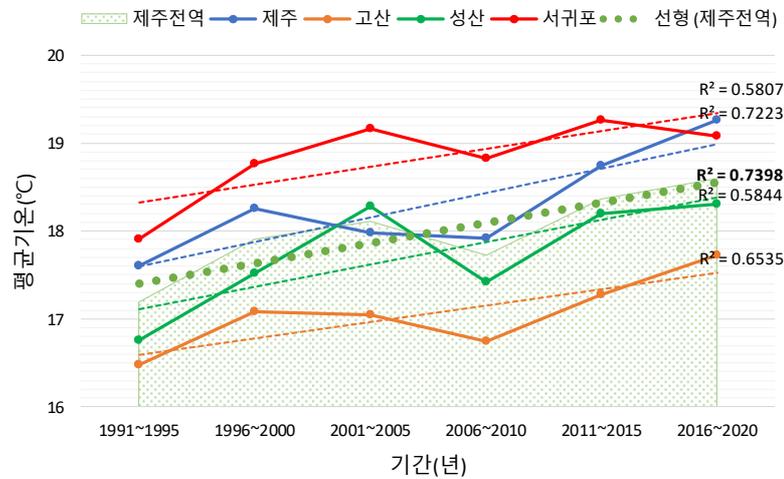


그림 11. 5월 평균기온(중간기)

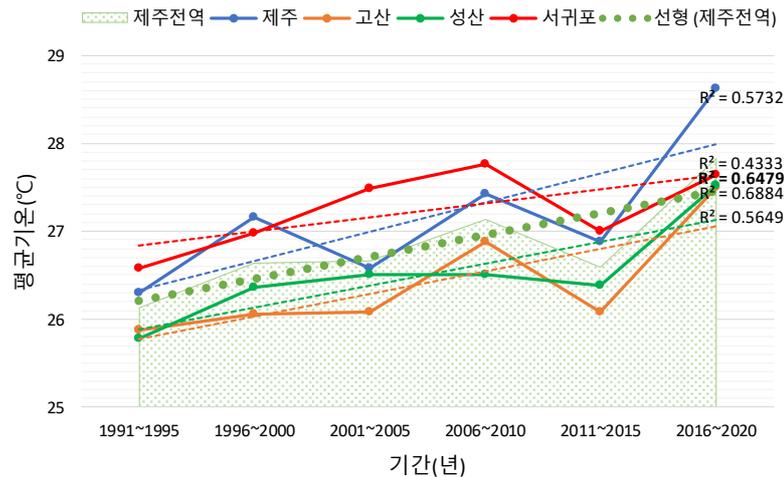


그림 12. 8월 평균기온(하절기)

하절기(8월)의 지역별 기온차는 중간기에 비해 다소 적은 것으로 나타났다. 평균기온 값은 최근년도에 가까울수록 상승하고 있음을 알 수 있다. 성산지역의 상승폭이 가장 크고 제주, 고산, 서귀포 순으로 점차 줄어든다.(그림 12.) 제주 지역은 중간기와 마찬가지로 최근년도의 평균기온이 타지역 대비 높게 기록이 되어, 도시의 확장과 인구 증가, 기후온난화로 인한 편현상의 극대화 등으로 인하여, 기온이 급격히 상승하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 동측과 서측 해안가

의 성산과 고산은 중간기에는 성산에 비해 고산이 다소 기온이 낮았으나, 하절기에는 지역 간 차가 작아지는 것으로 나타났다. 그리고 두 지역(성산, 고산) 모두 서귀포 지역과 1℃ 이상의 기온차이가 나타났으나 최근에는 그 차이가 거의 발생하지 않았던 것으로 분석되었다.

1991년부터 2020년까지 30년간의 제주도 전역의 평균기온을 비교해 보았다. 전반적으로 연중 4개 지역 모두 상승하는 추이를 보인다. 동절기인 1월의 평균기온이 상승폭에 0.2℃ 전후범위의 소폭상승 및 감소에 비해 하절기 8월의 상승폭은 1~2℃내외로 나타났다. 특히 서귀포지역을 제외한 나머지 세 지역은 8월 평균기온이 약 2℃ 전후 범위에서 상승하는 모습을 보여준다. 전 지역이 하절기 뿐만 아니라 중간기 또한 가파른 상승폭을 보이고 있어, 중간기가 짧아짐과 동시에 하절기의 기간이 점점 길어질 수 있음을 예측할 수 있다.

(2) 방위권역별 평균상대습도

2월의 평균 상대습도의 변화는 그림 13.에서 나타나듯이 네 지역 모두 전반적으로 온도상승폭 만큼의 큰 변화는 없는 것으로 나타났다. 다만 제주, 고산, 성산 지역이 완만한 감소세 또는 비슷한 수준을 보이는 반면 서귀포지역은 상대적으로 동절기 상대습도가 초기 5년 대비 8%가량 증가하고 있음을 알 수 있다.

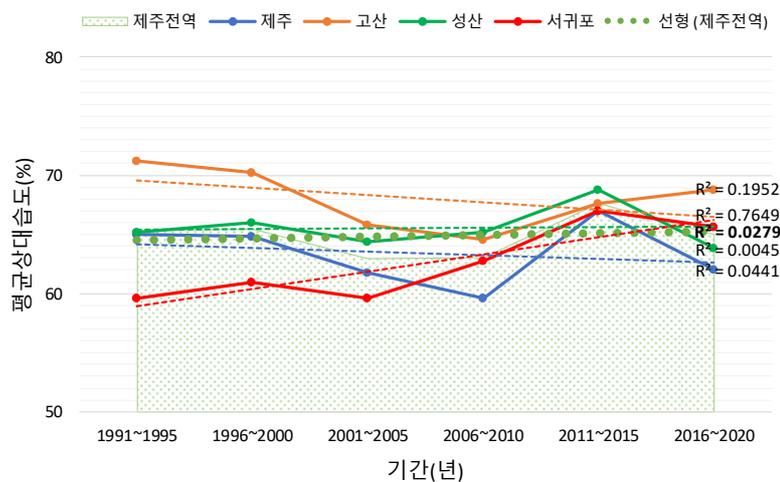


그림 13. 2월 평균상대습도(동절기)

높은 상대습도의 순서는 과거 고산, 성산, 제주, 서귀포 순이었으나, 최근 고산, 서귀포, 성산, 제주 순으로 바뀐 것으로 나타난다.

중간기인 5월의 평균 상대습도의 변화는 제주지역은 하락, 고산지역이 소폭 상승하는 모습을 보이고 있고, 서귀포지역은 동절기와 마찬가지로 상승폭이 타지역 보다 크고, 성산지역도 서귀포 다음으로 상승이 이루어지는 것을 알 수 있다. 동절기와 마찬가지로 상대습도는 고산지역이 2006~2010년을 제외한 전 기간 80%를 넘어서고, 과거 70% 전후를 기록하던 나머지 세 지역 중 서귀포는 가장 낮은 수치를 보였으나 최근 10% 가량의 상승폭을 보이며 고산지역 다음으로 높은 상대습도 수치를 기록하고 있다.(그림 14.)

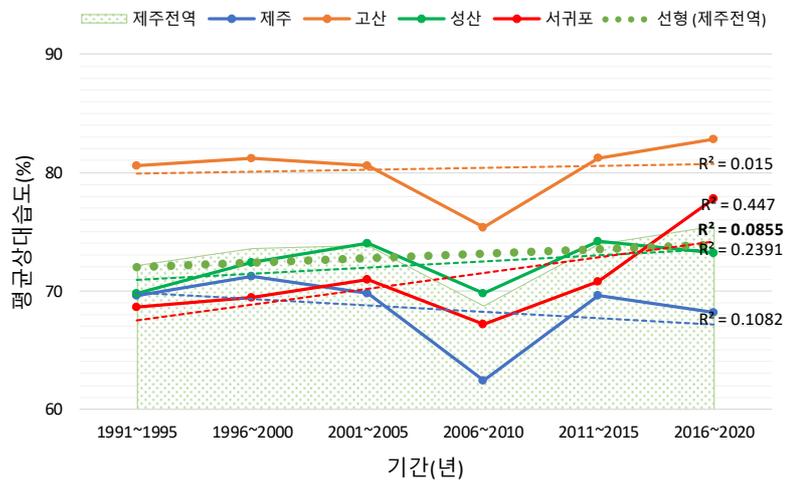


그림 14. 5월 평균상대습도(중간기)

하절기 7월의 상대습도 추이를 분석해보면, 역시 제주와 고산지역은 소폭의 완만한 상승 또는 정체를 보이는 반면 성산과 서귀포지역은 그 상승폭이 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 중간기와 하절기에 특징적으로 나타나는 모습은 제주와 성산지역의 최근 년도 상대습도가 5년 전 대비 수치에 비해 떨어진 반면 고산과 서귀포는 수치가 높아져 있어, 일관성 있는 모습의 변화보다는 지역별 상승과 하락의 패턴이 일정하게 보이지 않는 것으로 보아 위치와 기간에 따른 변동성이 크고, 기후변화에 대한 정확한 예측에 어려움이 있음을 판단할 수 있다.(그림 15.)

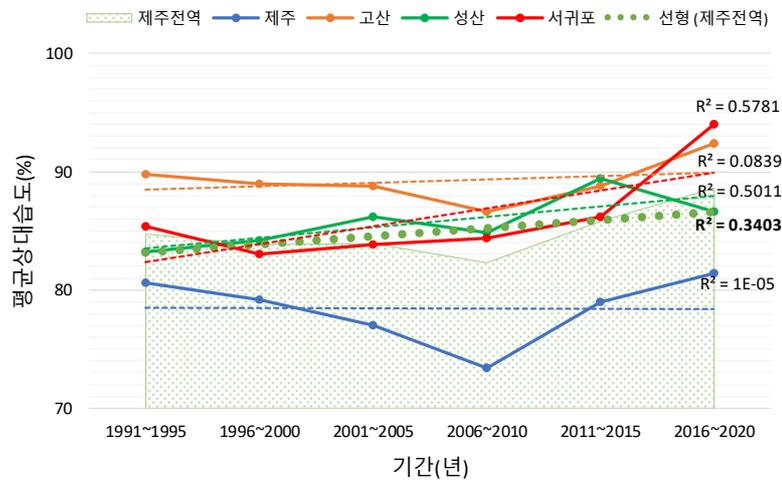


그림 15. 7월 평균상대습도(하절기)

전체기간의 전반적인 평균상대습도의 모습은 1991년~2005년 사이 높은 습도를 유지하다가 2006년~2010년 사이 약간의 하락을 거친 뒤 최근 10년간 다시 상승하는 추이를 보이고 있다. 연중 최저 상대습도를 기록하는 2월의 경우, 성산과 서귀포 지역은 소폭 상승, 제주와 고산 지역은 소폭 감소세를 나타내고 있고, 연중 최고 상대습도의 7월은 4개 지역 모두 전반적으로 상승, 특히 서귀포 지역은 여름철 상대습도의 상승폭이 과거 30년 전에 비해 10% 가까이 증가하였다. 이 결과로 제주도내 타지역에 비해 한라산 기준으로 남측지역에서 계절 구분없이 연중 습도상승이 지속적으로 이루어지는 것을 추정할 수 있다.

### Ⅲ. 제주 지역별 미기후 및 영향 요인

#### 1. 미기후 분석개요 및 방법

##### 1) 미기후 지점과 기후요소 선정

미기후 분석은 기상청의 종관기상관측(ASOS), 방재기상관측(AWS)와 농촌진흥청 및 농진청 내 국립원예특작과학원의 공개자료를 활용하였다. 종관기상관측의 방위별 4개 지점을 포함하여 제주도 전역에 걸친 범위로 확장된다.

방재기상관측(Automatic Weather System, AWS)이란 지진 · 태풍 · 홍수 · 가뭄 등 기상현상에 따른 자연재해를 막기 위해 실시하는 기상관측을 말하며, 관측 공백 해소 및 국지적인 기상 현상을 파악하기 위하여 전국 약 510여 지점에 자동기상관측장비(AWS)를 설치하여 자동으로 관측한다.

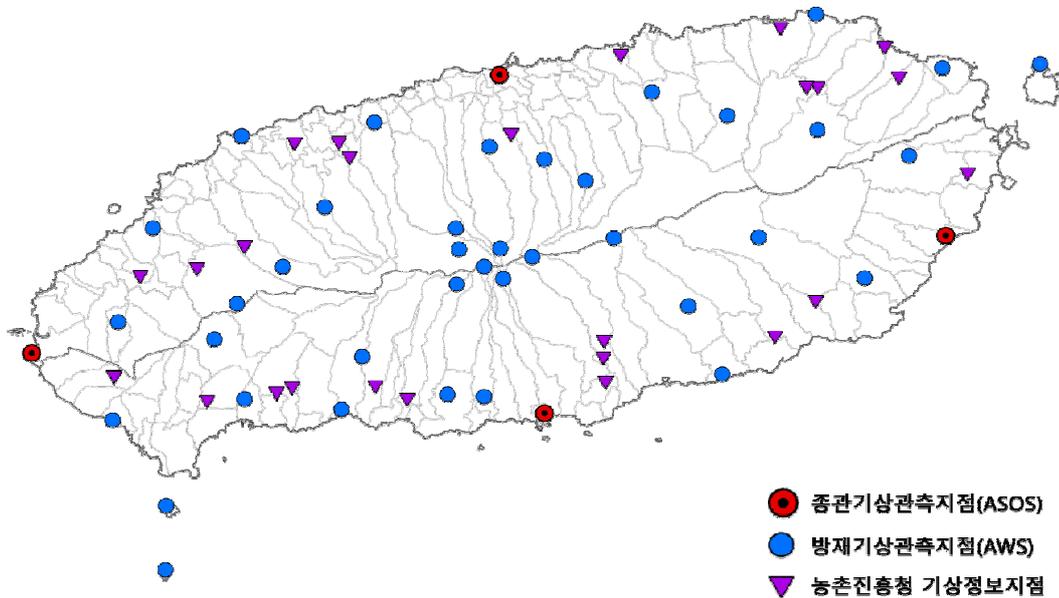


그림 16. 행정구역별 기상청 및 농촌진흥청 기후정보 지점

자료형태는 분, 시간(매정시), 일, 월, 연단위이고, 제공기간은 1997년부터이며, 제주도내 38개 지점(2022년 기준)이 있다. 제공되는 기후요소는 기온, 강수, 바람, 습도, 기압 등이다.(기상자료개방포털)

제주도내 총 25개의 지점이 있는 농업진흥청과 국립원예특작과학원의 기상정보 역시 기온, 강수, 바람, 습도 등의 기상자료와 일정 기간 통계자료를 제공하고 있다.(농업날씨 365) 농업지점은 대부분 해발고도가 0~200m 사이에 위치하는 특징을 가지고 있다.

기상청과 농촌진흥청에서 수집한 기상정보를 2019년에서 2021년까지의 1월, 5월, 8월의 기상데이터를 산술평균하여 3년 단위 평균값으로 미기후 분포도를 작성하였다. 기후요소로는 평균기온과 평균상대습도, 평균강수량, 평균풍속을 산술평균 하였으며, 기상데이터가 누락된 일부 부분은 데이터 수 만큼의 평균값을 산출해 보정하였다.

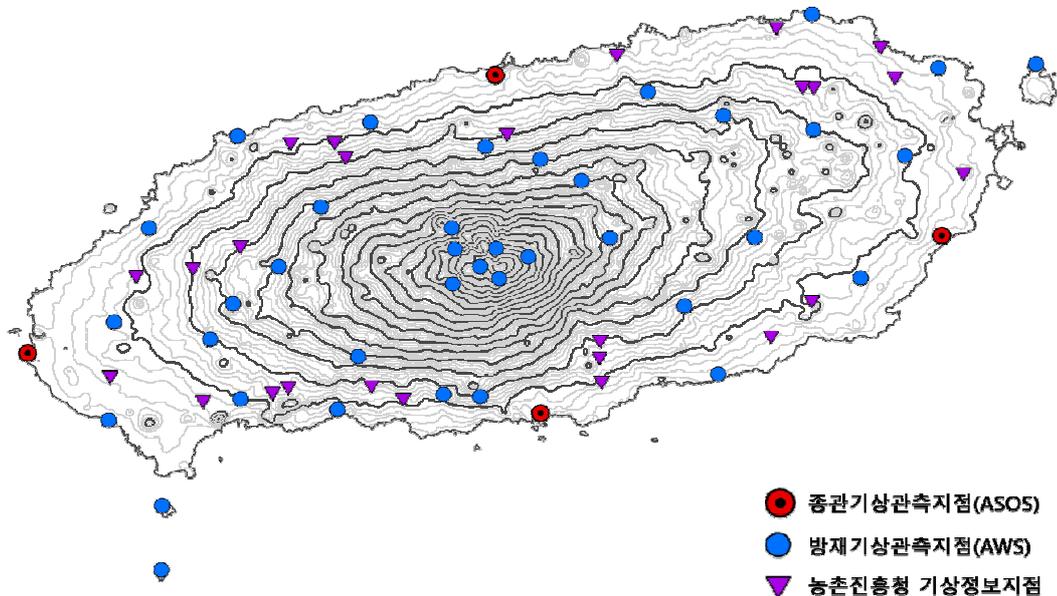


그림 17. 해발고도별 기상청 및 농촌진흥청 기후정보 지점

표 1. 기상청 및 농촌진흥청 기후자료 위치

구분	지점	주소	구분	지점	주소		
기상청 종관기상 관측지점 (ASOS)	제주(184)	제주시 일도일동 1186	기상청 방재기상 관측지점 (AWS)	제주가시리	표선면 가시리 산 45-4		
	고산(185)	한경면 고산리 3762		색달	서귀포시 색달동 산 50		
	성산(188)	성산읍 신산리 685-4		성산수산	성산읍 수산리 3039-1		
	서귀포(189)	서귀포시 서귀동 538		애월	애월읍 애월리 397-2		
기상청 방재기상 관측지점 (AWS)	중문	서귀포시 색달동 2101	농촌 진흥청	한라산남벽	서귀포시 토평동 산 15-1		
	산천단	제주시 아라일동 3-9		강정	서귀포시 강정동 3458		
	대흘	조천읍 대흘리 2778-30		안덕화순	안덕면 화순리 1961-1		
	우도	우도면 연평리 772-2		낙천	한경면 낙천리 1524-1		
	마라도	대정읍 가파리 584		농-감산리	안덕면 감산리 228-2		
	유수암	애월읍 유수암리 1206		농-중문동	서귀포시 중문동 912		
	선흘	조천읍 선흘리 1707		농-하례리	남원읍 하례리 1591-14		
	서광	안덕면 서광리 산 35-10		농-김녕리	구좌읍 김녕리 1892		
	어리목	제주시 해안동 산 220-13		농-덕천리	구좌읍 덕천리 154		
	한림	한림읍 명월리 1969		농-상귀길	애월읍 상귀리 173(상귀1)		
	제주남원	남원읍 남원리 2337-1		농-세화리	구좌읍 세화리 1703-29		
	구좌	구좌읍 하도리 2233-1		농-애월읍	애월읍 상귀리 940 (상귀2)		
	성판악	조천읍 교래리 산 137-24		농-월가로(봉성)	애월읍 봉성리 951-7		
	표선	표선면 하천리 1832-1		농-조천읍	조천읍 신촌리 715		
	대정	대정읍 일파리 1396-2		농-한동리	구좌읍 한동리 55-1		
	가파도	대정읍 가파리 373-1		농-한림읍(금농)	한림읍 금농리 350-4		
	월정	구좌읍 월정리 1544-13		농-남원읍	남원읍 하례리 1318		
	송당	구좌읍 송당리 1266-1		농-대정읍(무릉)	대정읍 무릉리 1485		
	외도	제주시 외도일동 1019		농-덕수리	안덕면 덕수리 2579-1		
	오등	제주시 오등동 1809		농-성산읍	성산읍 고성리 2559-1		
	한라생태숲	제주시 용강동 산 14-1		농-신효동	서귀포시 신효동 548-11		
	삼각봉	제주시 오라이동 산 107-20		농-신홍리	남원읍 신홍리 1437-12		
	사제비	애월읍 광령리 산 183-6		농-창천리	안덕면 창천리 183		
	영실	서귀포시 하원동 산 1-1		농-표선면	표선면 토산리 723-1		
	진달래밭	남원읍 하례리 산 1-7		농-하원동	서귀포시 하원동 1315		
	윗세오름	애월읍 광령리 산 183-6		농-구좌읍(덕천)	구좌읍 덕천리 278-6		
	금악	한림읍 금악리 81-11		농-금악리	한림읍 금악리 2159-2		
	새별오름	애월읍 봉성리 4554-22		농-신업리(용흥)	애월읍 신업리 1818-1		
	기상(파)	서귀포시 서호동 1508		농-오등동	제주시 오등동 125		
	태풍센터	남원읍 한남리 1622-1					
					국립원예 특작 과학원		

## 2) 미기후 분류방법

미기후 분석을 위한 기후 분포도 추출을 위해 지점별로 산정된 기후데이터를 ArcGIS 프로그램의 IDW 보간법(Inverse Distance Weighting, 역거리가중법)을 이용하여 기후요소별 단계구분도를 도출하였다. 기상청의 기온분석 분포도에서도 사용되고 있는 IDW 보간법은 관측지점에서 거리가 가까울수록 더 큰 가중값을 주어 보정하는 방법이며, 관측된 기후데이터를 이용하여 존재하지 않는 데이터값을 거리의 반비례 가중치를 할당하여 추정하는 방법이다. 공간정보 통계의 대표적인 공간분포 보간법으로 많이 쓰이고 있다. IDW 보간법의 식은 다음과 같다.

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}; W_i = 1 / d_i^p$$

$Z_p$ 는 데이터값이 존재하지 않는 부분의 추정값이고,  $Z_i$ 는 위치의 참조값,  $n$ 은 보간을 수행하는 데에 사용할 가장 가까운 입력 참조 개수이고 본연구에서는 12개로 설정하였다.  $W_i$ 는 거리에 따른 가중치이며,  $d_i^p$ 는 파워( $p$ )에 따른 추정지점과 관측지점의 거리이며 본 연구에서는  $p=2$ 로 설정하였다. 역거리 가중법은 거리가 가까울수록 가중치가 높아지는 거리에 반비례하는 방식으로 산출된다. IDW 보간법을 수행하여 작성한 단계구분도의 분류방법은 네츄럴 브레이크(Jenks) 방법을 채택하였다. 미국의 지도제작자 G. P. Jenks가 고안한 이 군집 방법은 집단 내의 평균 편차를 최소화하면서, 집단간의 편차는 최대화하는 방법으로 산정된다. Jenks는 ESRI사의 소프트웨어 ArcGIS에서 기본분류방법 중 하나인데, 단계구분도의 객관성을 확보하기 위한 연구에서 네츄럴 브레이크(Jenks)를 이용한 계급구간 분류의 경우 비교적 안정되고 효율적인 분류결과가 도출된다고 설명하였다.(손일, 2001). 네츄럴 브레이크(Jenks) 분류방법은 군집의 개수를 먼저 설정하면, 임의로 집단을 구분하고 각 집단의 평균(SDCM)에서 편차 제곱합과 분산적합도(Goodness of Variance Fit, GVF)를 계산한다. 그리고 하나 이상의 데이터값을 하나의 집단에서 다른 집단으로 이동하여 다시 계산하는 반복적인 프로세스를 진행하여, 집단 내 편차의 합이 최소값에 도달할 때까지 계산이 반복하여 군집을 결정하는 방식이다.

## 2. 지역별 미기후 분석

### 1) 평균기온

미기후 지점은 평균기온의 경우 기후지점 전체 67개 중 관측정보의 누락이 있는 지점을 제외하여 총 64개 지점을 선정하였다. 평균기온의 분포도는 전반적으로 해발고도선과 유사하게 나타난다.

동절기 1월의 평균기온은 해안가 지점의 방위에 관계없이 가장 높은 기온 군집을 형성하고 있다. 평균기온은 동절기, 중간기, 하절기 모두 제주도 전역이 해안가에 가까울수록, 해발고도가 낮을수록 높아지고, 해안가에서 멀어질수록 낮아짐을 알 수 있다. 1월에 평균기온이 가장 높은 지역 분포는 제주시 도심지역과 동북부 구좌지역, 서측 고산지역, 남측 중문지역에서 서귀포시, 남원지역까지 넓은 지역에 걸쳐 높은 평균기온을 보인다.(그림 18.)

중간기인 5월은 서귀포 남서측에 위치한 안덕지역부터 성산읍까지, 그리고 제주시 구좌읍, 조천읍, 제주시까지 가장 높은 기온을 보이고 있으며, 애월, 한림, 한경 지역은 최고기온에서 한단계 낮은 기온분포를 보이고 있다.(그림 19.)

하절기인 8월의 평균기온은 동서 지역에 넓은 분포로 높은 기온이 분포되고 있다. 전반적으로 해안가 전지역이 가장 높은 기온으로 측정된다. 특히 동쪽의 구좌, 성산, 표선면과 서쪽의 대정, 한경, 한림, 애월 지역은 동절기와 중간기 보다 고온의 분포가 타지역에 비해 넓게 퍼져 있음을 그림을 통해 알 수 있다.(그림 20.)

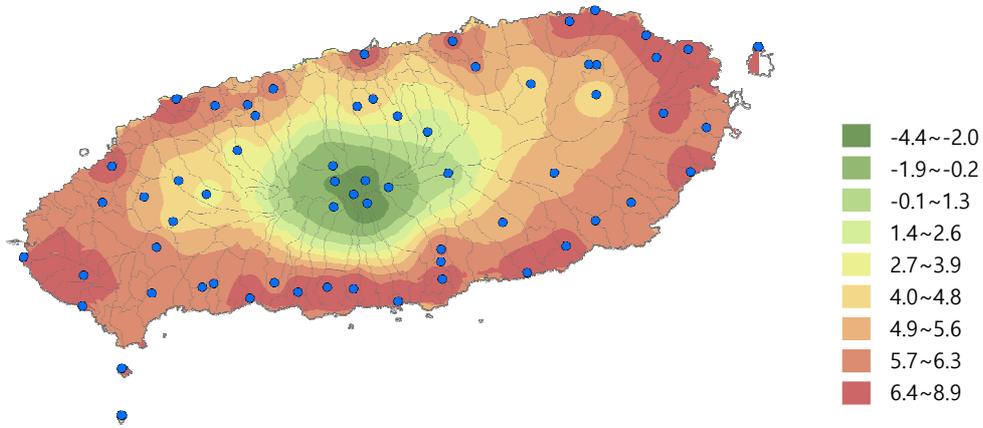


그림 18. 1월 평균기온 IDW

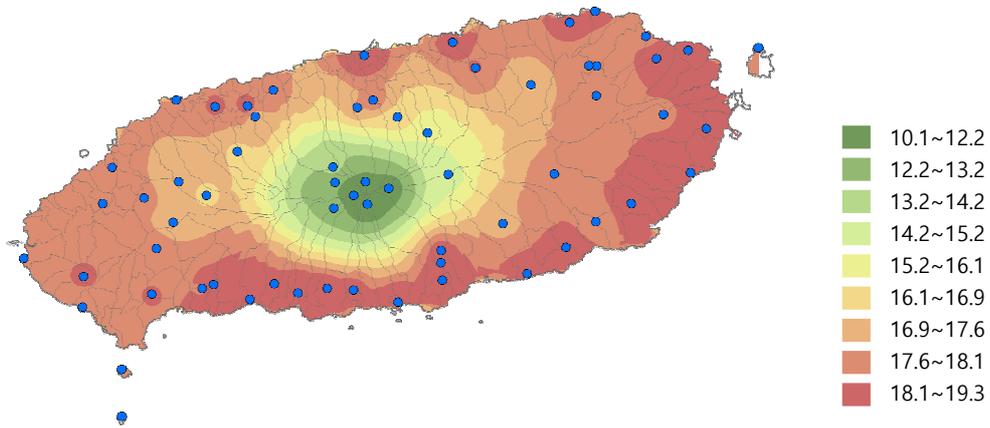


그림 19. 5월 평균기온 IDW

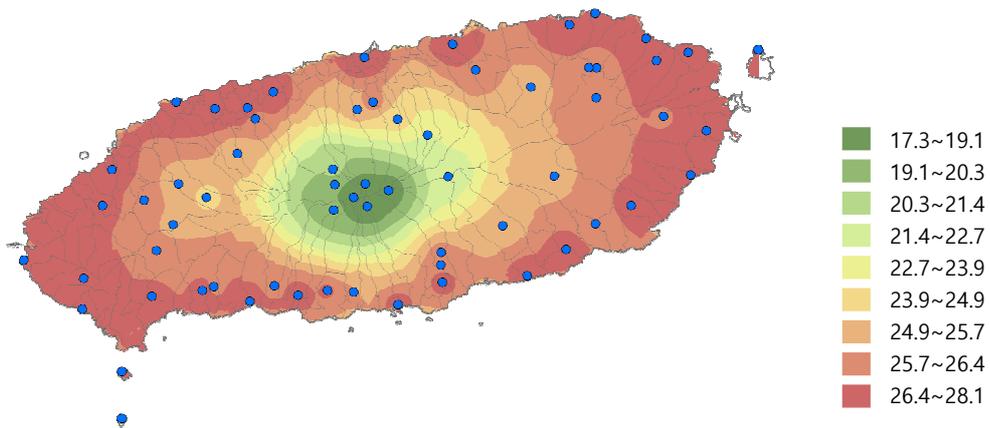


그림 20. 8월 평균기온 IDW

## 2) 평균상대습도

평균상대습도는 미기후 지점은 데이터가 누락된 지점을 제외한 60개 지점으로 선정하였다. 평균상대습도는 계절에 따라 군집의 형태가 평균기온과는 다소 다른 동서 방향의 분포 모습을 보인다.

동절기의 경우 동북부 중산간 지역의 습도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이 지역은 어리목, 한라생태숲, 성판악 등 한라산 고지대이며, 중산간의 표선면 가시리, 구좌읍 송당리, 해안가에서는 조천읍 신촌리, 구좌읍 하도리 순으로 높은 습도를 기록하고 있다. 낮은 습도를 보이는 곳은 제주시, 김녕, 월정, 성산, 남원, 중문, 대정의 해안가 지역이며, 산발적으로 분포되어 있다. (그림 21.)

중간기는 동부 및 서부 해안가지역과 동부 고지대의 습도가 상대적으로 높게 나타났다. 특히 동부지역은 비자림, 교래, 절물 등의 꽃자왈의 넓은 지역에 걸쳐 전반적으로 높은 습도가 나타남을 알 수 있다. (그림 22.)

하절기의 경우는 동절기와는 확연히 다른 분포를 보인다. 평균상대습도 90% 전후지역은 한라산 어리목, 사제비, 진달래밭, 성판악과 해안가인 조천읍 신촌리, 구좌읍 송당리와 덕천리가 가장 높은 습도를 기록하고 있고, 제주도 면적의 50% 이상이 평균상대습도가 85%를 넘는 다습지역임을 알 수 있다. 제주시 동지역부터 북서부 애월지역까지는 타지역에 비해 상대적으로 습도가 낮게 형성되고 있다. (그림 23.)

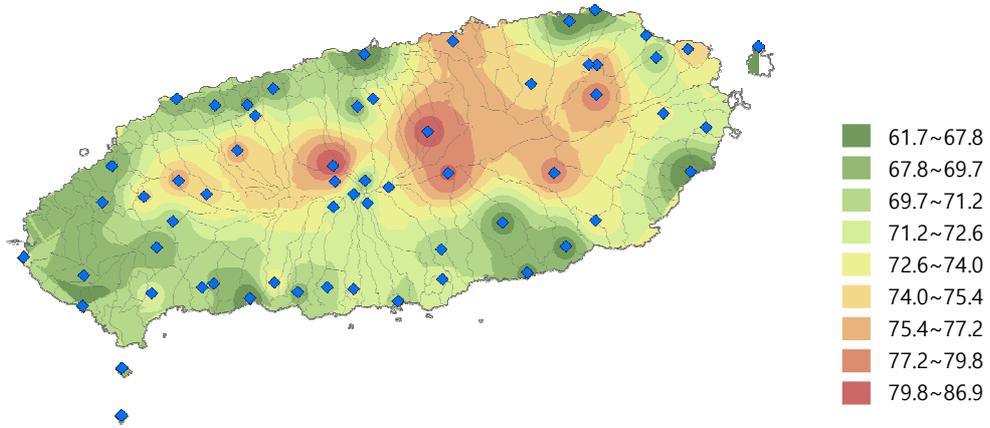


그림 21. 1월 평균상대습도 IDW

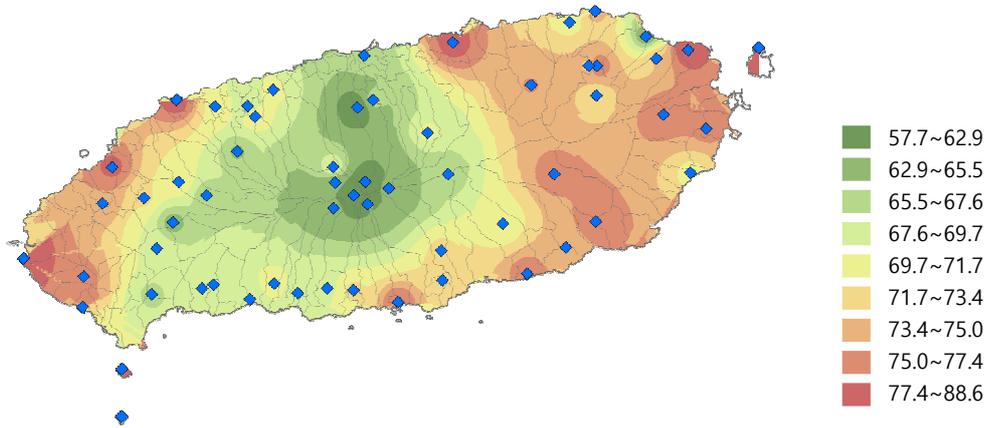


그림 22. 5월 평균상대습도 IDW

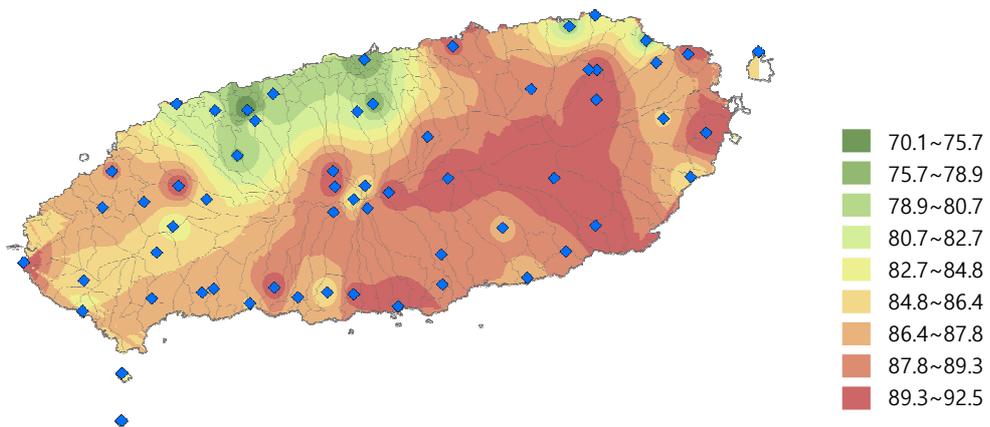


그림 23. 8월 평균상대습도 IDW

### 3) 평균강수량

63개 지점의 평균강수량은 모든 계절에 해발고도가 높은 지역부터 강수량이 많은 순으로 나타나고 계절별로 지역에 따라 강수량의 차이가 있다.

동절기는 가장 적은 지역은 서부지역과 동북부지역이 상대적으로 많은 강수량을 보인다. 남부와 북부지역이 중간값을 가지고, 해발고도가 높은 한라산 정상방향으로 갈수록 강수량이 많은 것으로 나타났다.(그림 24.)

중간기에는 한라산 지역과 남쪽지역이 강수량이 많았으며, 제주시와 애월지역 일대인 북측지역이 적은 강수량으로 나타났다.(그림 25.)

하절기에는 서쪽지역이 비교적 적은 강수량을 보이고 있다. 봄부터 장마가 시작되는 제주도의 특성을 고려하여 중간기 5월의 강수량이 상대적으로 많은 남부지역과 남동부 중산간지역, 한라산 지역은 많은 강수량이 측정되고 있다.(그림 26)

전체 계절의 평균강수량 분포는 동절기는 동서지역, 중간기는 북부지역, 하절기는 서부지역이 상대적으로 낮은 강수량을 보이고, 높은 해발고도의 한라산 지역은 연중 높은 강수량을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

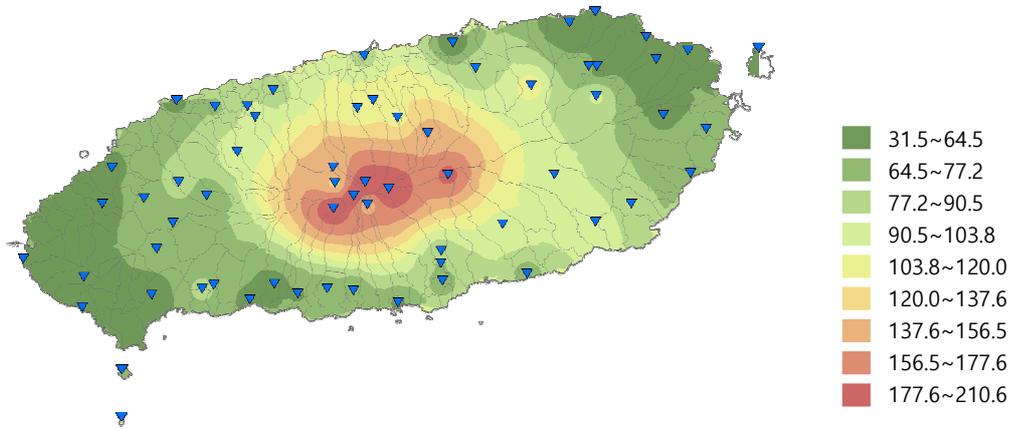


그림 24. 1월 평균강수량 IDW

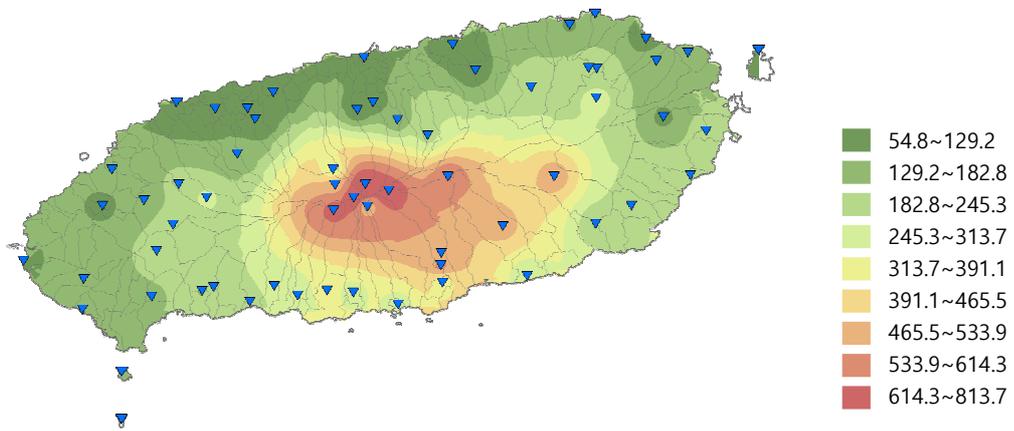


그림 25. 5월 평균강수량 IDW

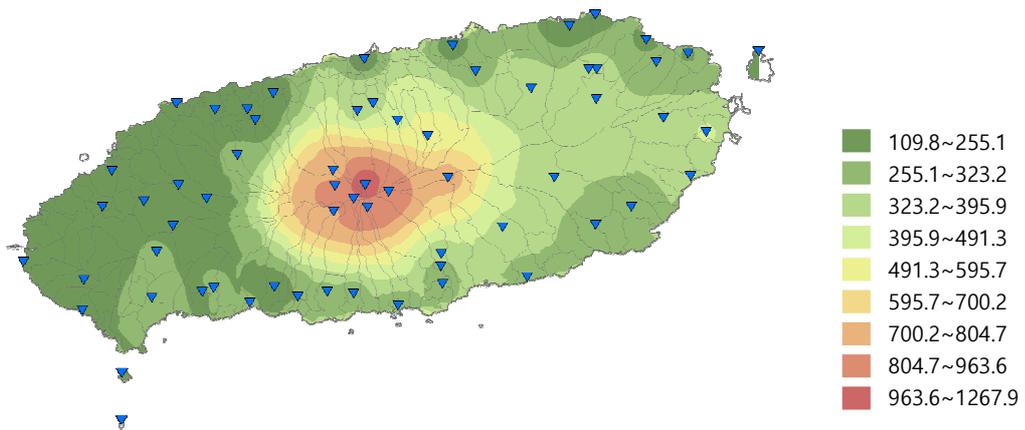


그림 26. 8월 평균강수량 IDW

#### 4) 평균풍속

평균 풍속의 경우 기상청과 농촌진흥청의 풍속 측정값이 유사 지역별 값이 큰 편차를 보이고 있어 측정방식의 차이가 있음이 추정되므로, 기상청의 종관기상관측과 방재기상관측 38개 지점을 이용하여 비교하였다. 평균풍속은 계절에 따른 지역별 차이가 있는 것으로 나타났다.

동절기는 한라산을 중심으로 남북의 지역은 비교적 풍속이 작은 반면, 동서방향의 지역에 풍속이 큰 것으로 나타나고 특히 서부 고산지역이 가장 큰 값이고, 그 다음이 동북부 구좌지역인 것을 알 수 있다. 반면 상대적으로 한라산을 중심으로 서측중산간 방향이 약한 것으로 나타났으며 가장 풍속이 약한 지역은 서귀포시 지역임을 알 수 있다. 동절기 기준으로 군집1-서부, 동북부 해안지역, 군집2-동서부 중산간 지역, 군집3-남부, 북부 지역으로 구분할 수 있다. (그림 27.)

중간기 풍속은 안덕지역부터 서귀포 동지역, 애월지역이 가장 약하고, 고산 새별오름, 구좌 한동리, 한라산지역 삼각봉 등이 강한 것으로 나타났다. 군집1-동북부 구좌지역 및 서부 고산지역 및 한라산 지역, 군집2-서부, 동부 중산간지역, 군집3-남부, 북부 중산간지역 및 해안지역으로 구분할 수 있을 것이다. (그림 28.)

하절기는 중간기와 마찬가지로 동북부 구좌, 서부 고산을 포함하여 한라산 지역이 강한 것으로 나타났다. 가장 약한 지역은 역시 남부 서귀포 지역과 애월, 외도지역, 북부 중산간 지역이다. 하절기는 중간기와 동일하게 3개의 군집으로 구분할 수 있다. (그림 29.)

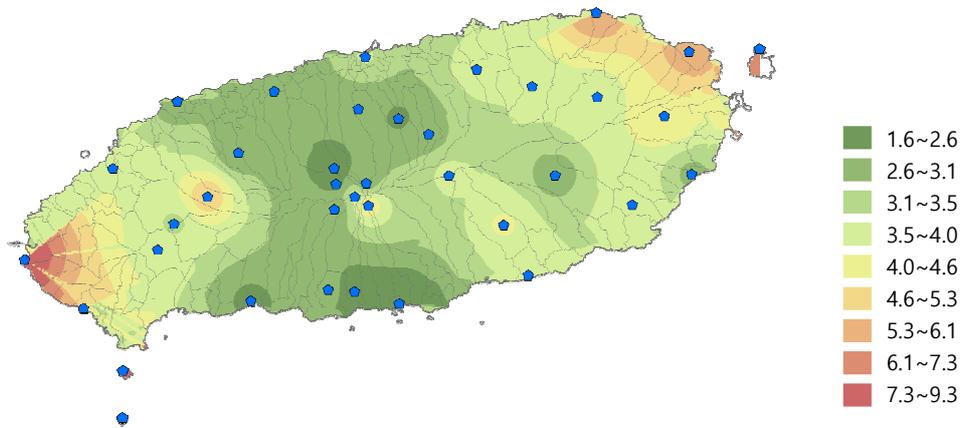


그림 27. 1월 평균풍속 IDW

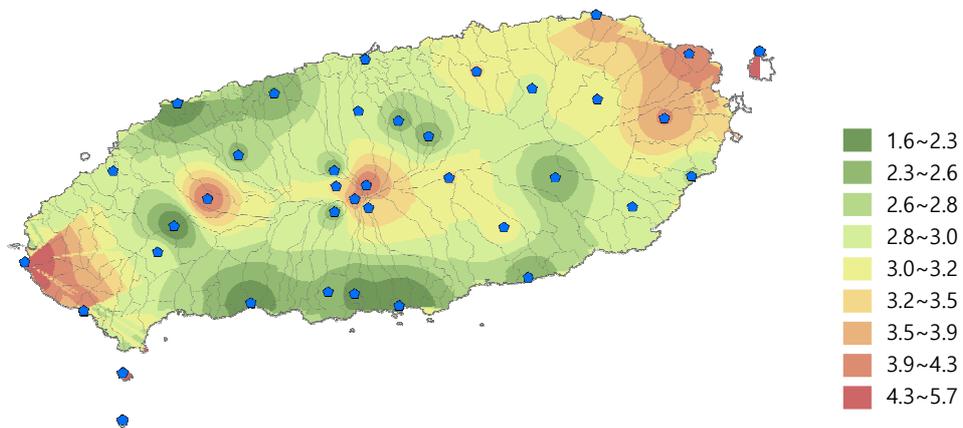


그림 28. 5월 평균풍속 IDW

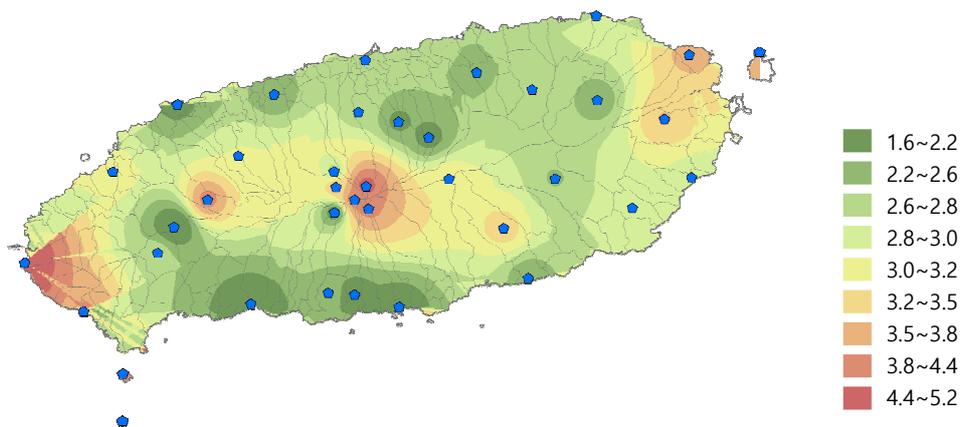


그림 29. 8월 평균풍속 IDW

## 5) 미기후권역 설정

추출된 미기후 지도를 살펴보면 기후요소에 따라 시기별 군집의 경향이 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 건축물의 에너지에 영향을 미치는 계절을 고려하여 군집의 설정을 동절기와 하절기로 구분하여 분류하였다.

냉방에너지 영향권인 동절기 평균기온 분포도는 1월 지도를 바탕으로 군집을 형성하였다. 최고기온-해안가 지역, 중간기온-중산간 지역, 최저기온-한라산 지역 이렇게 크게 3개의 권역으로 구분할 수 있다.

냉방에너지 영향권인 하절기 평균기온 분포도는 8월을 기초로 하였다. 남서, 남, 동, 북동부 해안가 지역이 가장 높은 기온을 기록하고 있으며, 전반적으로 동절기와 유사하나, 1월의 결과와 약간의 차이가 있다. 따라서 냉방에너지 군집의 경우는 동절기와 유사하지만 중산간 지역의 기온이 다소 상승하여 고온지역의 분포가 확장되었음을 알 수 있다.(그림 30.)

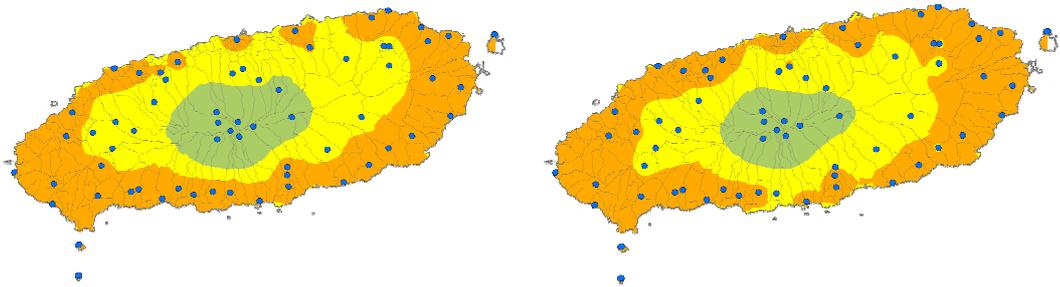


그림 30. 평균기온 군집 동절기(좌), 하절기(우)

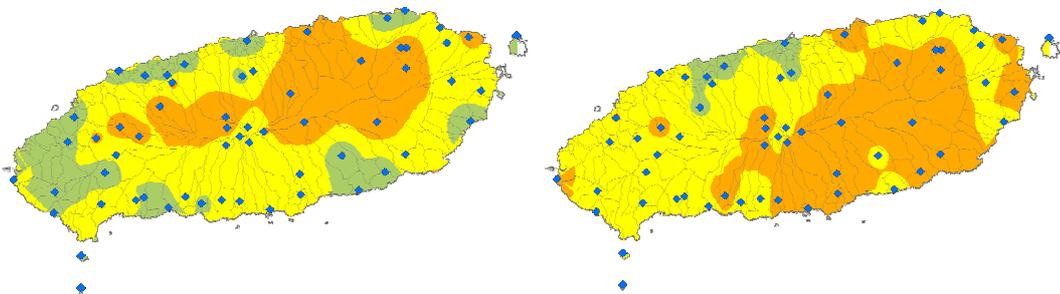


그림 31. 평균상대습도 군집 동절기(좌), 하절기(우)

평균상대습도 분포도의 경우 동절기와 하절기의 선형이 다소 큰 차이가 나타난다. 동절기의 경우 최고습도-동서북부 중산간, 중간습도-서북부 일부 및 남부 중산간, 표선, 최저습도-해안가로 구분이 가능하다. 하절기는 한라산을 중심으로 남측과 동측의 습도분포가 가장 높은 것으로 나타난다. 최고습도-한라산지역과, 남측, 동측으로, 중간습도는 남서측과 서측, 최저습도는 북측으로 구분하였다.(그림 31.)

표 2. 평균기온 기후권역(하절기)

기후권역	평균기온(℃)	세부지점명
고온지역 (H)	26.13~28.13	제주(184), 농-상귀길, 애월, 농-한동리, 농-김녕리, 농-조천읍, 마라도, 가파도, 농-신엄리(용흥), 한림, 농-대정읍(무릉), 구좌, 농-하원동, 월정, 외도, 성산(188), 제주남원, 고산(185), 대정, 농-세화리, 서귀포(189), 농-신흥리, 농-신희동, 농-성산읍, 중문, 농-한림읍(금능), 우도, 농-덕수리, 표선, 강정, 농-감산리, 농-하례리, 농-구좌읍(덕천), 농-창천리, 대흘, 성산수산, 농-오등동, 농-중문동, 농-금악리
중온지역 (M)	24.47~26.0	농-남원읍, 농-표선면, 농-애월읍, 송당, 농-덕천리, 서광, 기상(과), 오등, 금악, 제주가시리, 태풍센터, 농-월각로(봉성), 선흘, 유수암, 산천단, 새별오름
저온지역 (L)	17.33~22.63	한라생태숲, 성판악, 어리목, 영실, 사제비, 삼각봉, 진달래밭, 한라산남벽, 윗세오름

표 3. 평균상대습도 기후권역(하절기)

기후권역	평균상대습도(%)	세부지점명
다습지역 (h)	88.03~92.50	농-성산읍, 송당, 제주가시리, 농-덕천리, 성판악, 사제비, 서귀포(189), 농-월각로(봉성), 진달래밭, 농-중문동, 고산(185), 농-표선면, 어리목, 기상(과), 한라산남벽, 농-조천읍, 구좌, 영실, 농-신희동, 한라생태숲, 선흘, 마라도, 농-신흥리, 농-구좌읍(덕천), 한림, 농-남원읍
중습지역 (m)	81.31~87.73	농-창천리, 농-금악리, 태풍센터, 농-세화리, 농-덕수리, 농-한림읍(금능), 제주남원, 농-하원동, 서광, 농-감산리, 중문, 성산수산, 농-대정읍(무릉), 우도, 새별오름, 성산(188), 삼각봉, 강정, 농-애월읍, 가파도, 월정, 대정, 금악, 윗세오름, 애월, 농-신엄리(용흥), 오등
저습지역 (l)	70.05~79.93	외도, 농-김녕리, 농-한동리, 유수암, 농-오등동, 제주(184), 농-상귀길

6) 미기후권역 도출

평균기온과 평균상대습도의 값을 각각 3단계로 나누어 중복되는 지점을 다시 분류하여 최종 미기후권역을 도출하였다.(표 4.)

고온다습(H-h권역)은 조천 신촌리, 구좌 하도리, 고산, 서귀포 등이 해당된다. 고온중습(H-m권역)은 애월 신업리, 대정 무릉리, 하원동, 성산, 남원읍 남원리 등이 대표적 지역이다. 고온저습(H-l권역)은 제주시, 애월 상귀리 일부지역, 구좌 한동리 및 김녕리, 외도동, 오등동 일부지역이 이에 속한다. 중온다습(M-h권역)의 경우 남원 하례리, 표선 토산리 및 가시리, 구좌 송당리 및 덕천리, 서호동, 조천 선흘리이고, 중온중습(M-m권역)은 안덕 서광리, 애월 상귀리 일부지역, 한림 금악리, 남원 한남리, 애월 봉성리 새별오름 지역이다. 중온저습(M-l권역)의 지역은 애월 유수암리 한곳으로 추출되었다. 저온다습(L-h권역)은 해발고도가 높은 한라산 지점의 대부분인데, 한라생태숲이 있는 제주시 용강동과 성판악, 어리목, 영실, 사제비 등이 이에 속하고, 저온중습(L-m권역)은 삼각봉과 윗세오름 두 곳이다. 저온저습(L-l권역)은 60개 지점 중 해당되는 곳이 없는 것으로 나타났다.

표 4. 기온 및 습도별 미기후 지점(하절기)

평균기온 (°C) 평균상대 습도(%)	고온 지역(H) 26.13~28.13	중온 지역(M) 24.47~26.0	저온 지역(L) 17.33~22.63
다습지역(h) 88.03~92.50	H-h 권역 : 고온다습 농-조천읍, 마라도, 한림, 구좌, 고산(185), 서귀포(189), 농-신흥리 농-신희동, 농-성산읍 농-구좌읍(덕천2), 농-중문동	M-h 권역 : 중온다습 농-남원읍, 농-표선면 송당, 농-덕천리 기상(과), 제주가시리 농-월각로(봉성), 선흘	L-h 권역 : 저온다습 한라생태숲, 성판악 어리목, 영실 사제비, 진달래밭 한라산남벽
중습지역(m) 81.31~87.73	H-m 권역 : 고온중습 애월, 가파도, 농-신업리(용흥) 농-대정읍(무릉), 농-하원동, 월정 성산(188), 제주남원, 대정, 농-세화리, 중문, 농-한림읍(금농), 우도, 농-덕수리 강정, 농-감산리 농-창천리, 성산수산	M-m 권역 : 중온중습 농-애월읍, 서광 오등, 금악, 태풍센터, 새별오름	L-m 권역 : 저온중습 삼각봉 윗세오름
저습지역(l) 70.05~79.93	H-l 권역 : 고온저습 제주(184), 농-상귀길, 농-한동리, 농-김녕리, 외도, 농-오등동	M-l 권역 : 중온저습 유수암	L-l 권역 : 저온저습 -

복합기후를 적용한 미기후권역 지점과 분포도를 통해 제주도 지역간의 기후 특징과 차이를 직관적으로 파악할 수 있고, 지점별 평균기온과 평균습도의 각각의 비교도 가능하다.

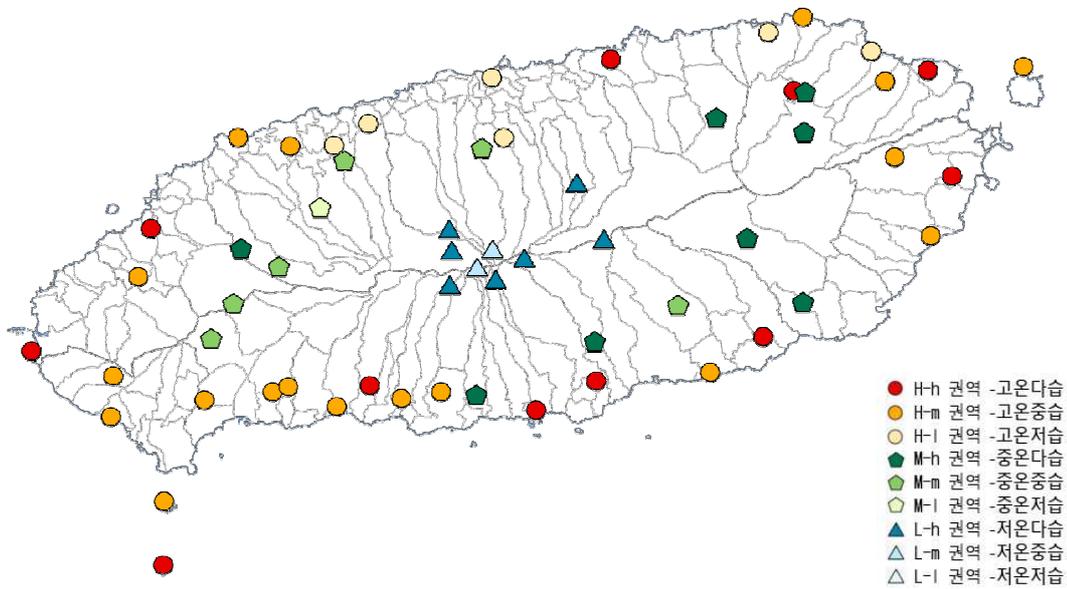


그림 32. 복합기후를 적용한 미기후권역 지점

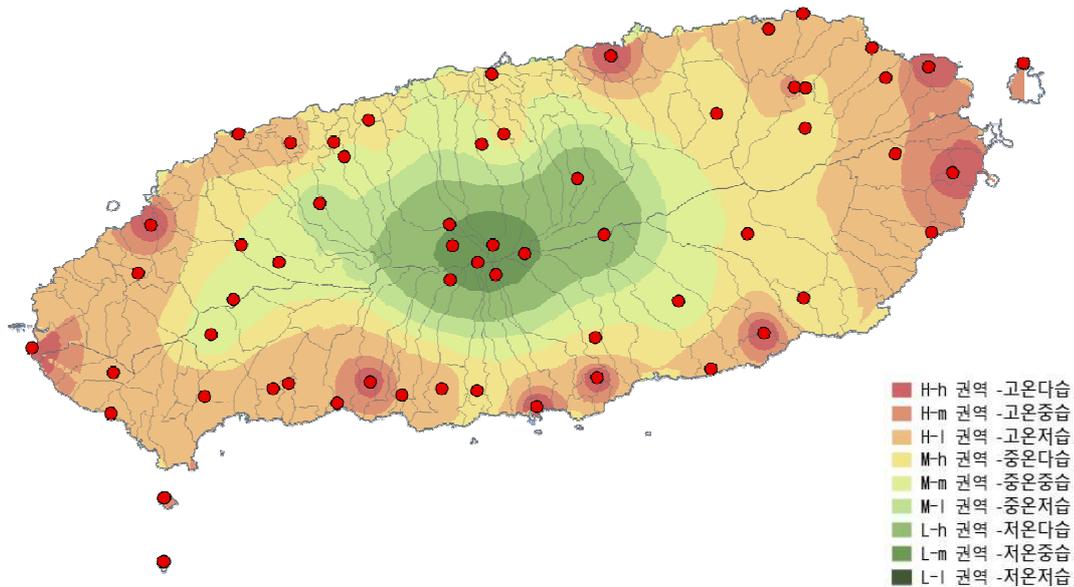


그림 33. 복합 기후를 적용한 미기후권역 분포도

### 3. 미기후 영향 요인 및 상관성 분석

#### 1) 분석 개요 및 방법

미기후에 영향을 미치는 요인을 확인하기 해발고도, 해안선이격거리, 경사면 방향 등, 3개 항목을 독립변수로 설정하였다. 그리고 1월 및 8월 평균기온, 1월 및 8월 평균상대습도를 종속변수로 설정하여 변수 간의 상관관계를 분석하였다.

표 5. 미기후 요인 변수의 구성 및 분석방법

구 분	변수 설명	상관분석 방법
종속변수	1월 평균기온(°C)	2019년~2021년 월별 데이터 3년 통계
	8월 평균기온(°C)	
	1월 평균상대습도(%)	
	8월 평균상대습도(%)	
독립변수	해발고도(m)	GWR/GLR 회귀분석
	해안선 이격거리(km)	해안선까지 최단수평거리 GWR/GLR 회귀분석
	경사면 방향	한라산 기준 6개 방위 로버스트 분석

상관관계 분석은 해발고도와 해안선 이격거리의 경우 GLR(Generalized Linear Regression, 일반선형회귀분석)과 GWR(Geographically Weighted Regression, 지리가중회귀분석)을 함께 수행하여 교차 확인하는 방법으로 진행하였고, 경사면 방향과 평균기온 및 평균상대습도의 관계는 같은 방향별 해발고도가 다양하게 존재하므로 극단값에 민감하지 않는 로버스트 통계방법인 상자수염(Box and

whisker plot) 그래프를 도출하여 분석하였다.

일반적인 선형회귀분석인 GLR은 독립변수와 종속변수의 상관성을 확인하기 위한 분석방법으로 많은 연구에서 활용되고 있다. 반면 GWR(지리가중회귀분석)의 경우 일반적인 선형회귀분석의 식에 위치 정보를 추가하여 가중치를 두는 방법으로 결과를 도출하기 때문에 위치 정보가 있는 변수의 경우 GWR을 수행하여 GLR보다 높은 설명력을 갖는 것으로 나타났다. (이동성·문태훈 2017)

GLR과 GWR의 분석수행 후 산포도와 회귀분석 결과지도 상의 각 지점은 표준편차를 나타내는 것으로 그 범례는 표 6.과 같다.

표 6. 미기후 요인 회귀분석 범례

	< -2.5 표준편차(V)
	-2.5 ~ -1.5 표준편차(V)
	-1.5 ~ -0.5 표준편차(V)
	-0.5 ~ 0.5 표준편차(V)
	0.5 ~ 1.5 표준편차(V)
	1.5 ~ 2.5 표준편차(V)
	> 2.5 표준편차(V)

2) 해발고도와 미기후 분석

해발고도와 평균기온의 경우 GLR과 GWR 모두 높은 상관성을 보이고 있으나 GWR의 값이 약간 높게 산출되는 것으로 보아 공간정보가 포함되었을 경우의 회귀분석이 보다 더 높은 상관성이 나타나는 것을 알 수 있다.(표 7.)

표 7. 해발고도와 평균기온 간 상관분석

해발 고도	GLR(선형회귀분석)	GWR(지리가중회귀분석)
1월 평균 기온	<p style="text-align: right;">- R2 = 0.93</p>	<p style="text-align: right;">- R2 = 0.93</p>
	<b>R2 0.9282 / adj R2 0.9270</b>	<b>R2 0.9835 / adj R2 0.9657</b>
8월 평균 기온	<p style="text-align: right;">- R2 = 0.98</p>	<p style="text-align: right;">- R2 = 0.98</p>
	<b>R2 0.9768 / adj R2 0.9764</b>	<b>R2 0.9923 / adj R2 0.9839</b>

표 8. 해발고도와 평균상대습도 간 상관분석

해발 고도	GLR(선형회귀분석)	GWR(지리가중회귀분석)
1월 평균 상대 습도		
	R2 0.0967 / adj R2 0.0811	R2 0.7097 / adj R2 0.4039
8월 평균 상대 습도		
	R2 0.0338 / adj R2 0.0172	R2 0.6810 / adj R2 0.3452

해발고도와 평균상대습도의 경우는 변수간의 인과성이 크게 나타나지 않았고, GWR 수행결과 완만한 우상향을 나타내고 있으며, GLR에 비해 상대적으로 높은 상관성을 보이고 있다.(표 8.)

3) 해안선이격거리와 미기후 분석

해안선이격거리와 평균기온의 상관관계는 해발고도와 마찬가지로 우하향하는 추세를 보이고 있고, GWR의 설명력이 GLR보다 다소 높은 것으로 확인되었다. (표 9.)

표 9. 해안선이격거리와 평균기온 간 상관분석

해안선 이격	GLR(선형회귀분석)	GWR(지리가중회귀분석)
1월 평균 기온		
	<b>R2 0.8148 / adj R2 0.8118</b>	<b>R2 0.9751 / adj R2 0.9464</b>
8월 평균 기온		
	<b>R2 0.7655 / adj R2 0.7618</b>	<b>R2 0.9759 / adj R2 0.9480</b>

표 10. 해안선이격거리와 평균상대습도 간 상관분석

해안선 이격	GLR(선형회귀분석)	GWR(지리가중회귀분석)
1월 평균 상대 습도	<p>R2 0.271306 / adj R2 0.258743</p>	<p>R2 0.6534 / adj R2 0.2530</p>
8월 평균 상대 습도	<p>R2 0.058866 / adj R2 0.042639</p>	<p>R2 0.6775 / adj R2 0.3047</p>

해안선이격거리와 평균상대습도의 경우 완만한 우상향 추세를 보이고, 해안선에서 멀어질수록 상대습도가 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 제주도 동, 서, 남부지역의 상관성이 북부지역보다 높은 것을 표준편차 지도를 통해 알 수 있다. (표 10.)

#### 4) 경사면 방향과 미기후 분석

제주도는 한라산을 기준으로 동서남북 각 방향으로 경사면을 형성하고 있다. 그림 34.를 살펴보면 제주도 전역의 경사면 방향을 한눈에 파악할 수 있으며, 크게 6개의 경사면 방향으로 나누어 방향별 평균기온과 평균상대습도의 차이를 알아보았다. 한라산이 중심이 되어 정북 0도를 기준으로 시계방향으로 방위각을 설정하였다. 방위각은 북부지역 330도~30도, 북동부 지역 30도~90도, 남동부 지역 90도~150도, 남부 지역 150도~210도, 남서부 지역 210도~270도, 북서부 지역 270도~330도로 구분하였다.

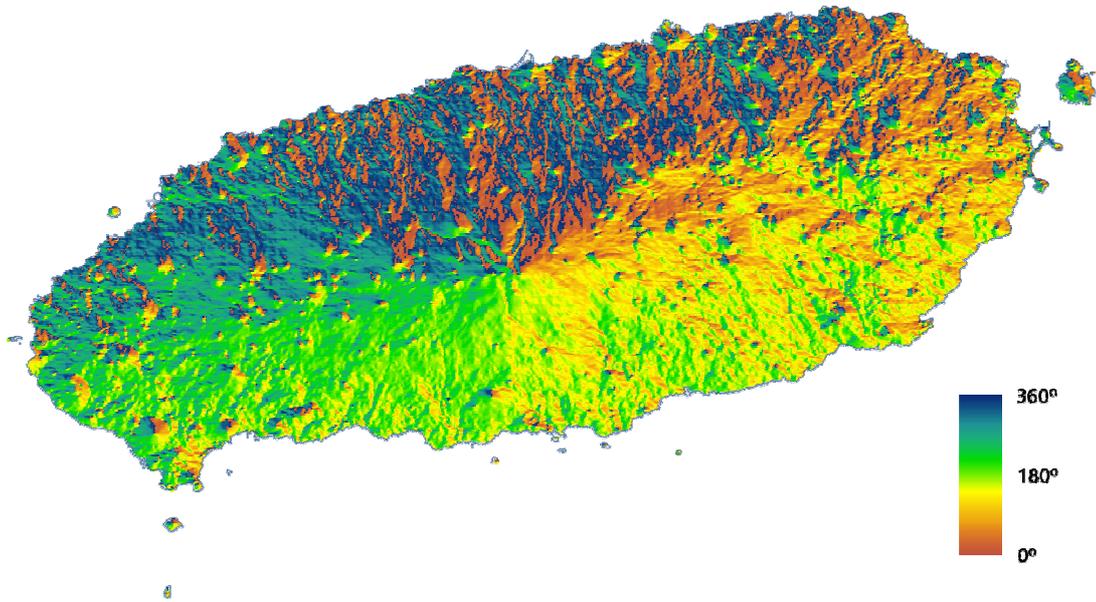


그림 34. 제주도 경사면 방향

경사면 방향에 따른 평균기온과 평균상대습도의 지점별 비교를 위해 상자수염 (Box and whisker plot) 그래프를 생성하였다. 상자수염 그래프는 극단적인 데이터 값이 존재할 때 산술평균에서의 평균값이 영향을 받아 통계분석의 어려움을 극복하기 위한 방법으로 로버스트(Robust) 통계방법 중 하나이다.

먼저 모든 해발고도가 포함된 전체 지점을 경사면 방향에 따라 구분하여 기후 정보를 입력하고 차트를 추출하였다. 경사면 방향에 따른 1월의 평균기온을 나타

넌 그림 35.에서는 남측, 남동측, 남서측 방향의 순서로 기온이 높게 분포함을 알 수 있다. 다음으로 북동측지역이 높은 기온값으로 나타났고, 북측과 북서측은 유사한 데이터로 가장 기온이 낮게 형성됨을 알 수 있다. 8월의 평균기온의 경우 북서측이 가장 높고 북동측, 북측이 상대적으로 높은 기온을 형성한다. 그리고 남서측, 남동측, 남측의 순으로 평균기온이 낮게 형성되고 있지만, 그 차이가 미미하다.

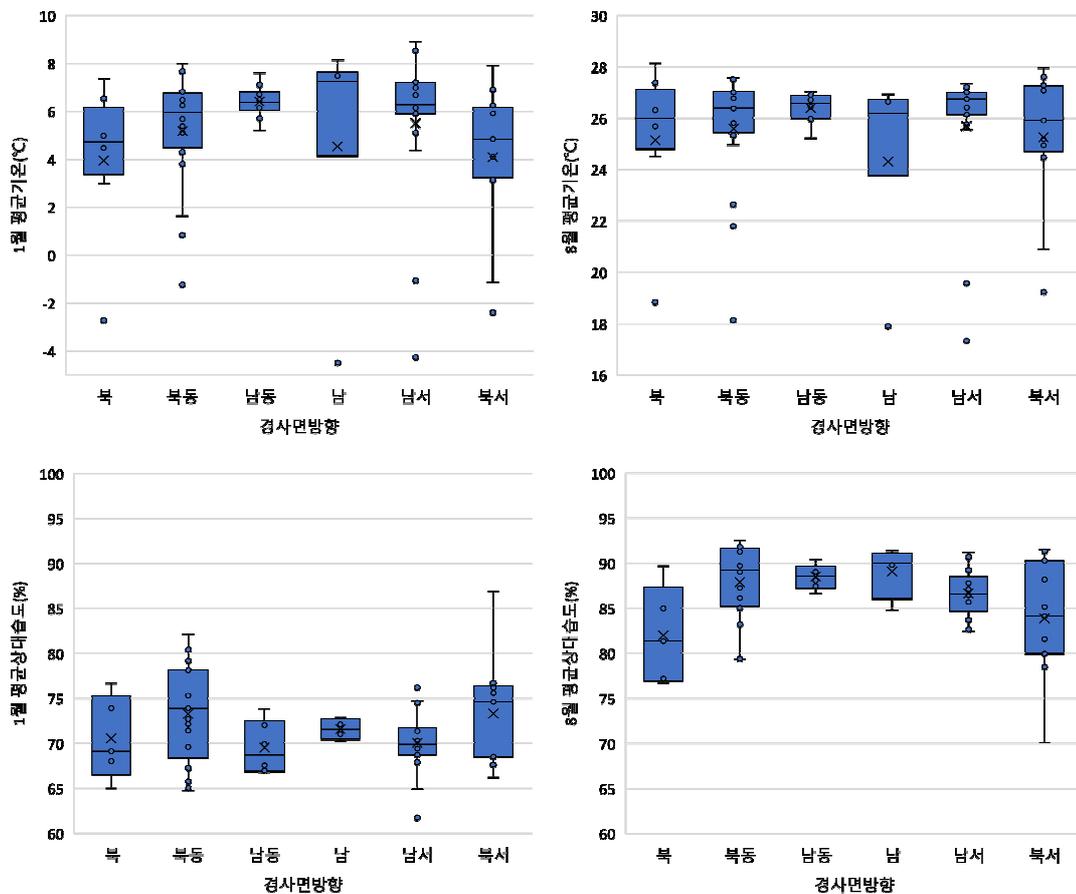


그림 35. 경사면 방향별 평균기온(상) 및 평균상대습도(하)

1월 평균상대습도의 경우 북동부 지역이 가장 높은 습도를 기록하고 있고, 북서부, 북부순으로 낮아짐을 알 수 있다. 남부지역의 경우 남부, 남동부 남서부 순으로 유사한 습도분포를 형성하고 있다. 동절기에 비해 상대적으로 높은 8월의

상대습도는 동절기와 유사하게 북동부지역이 가장 높은 습도를 기록하고 있고, 남부, 북서부, 남동부, 남서부 지역 순으로 낮아진다. 제주시가 속한 북부지역이 하절기의 습도가 가장 낮게 나타난다. (그림 35.)

상기 자료의 경우 모든 해발고도를 포함한 분석이므로 보다 더 정확한 분석을 위하여 데이터를 해발고도별로 분류하여 추가로 그래프를 비교해 보았다.

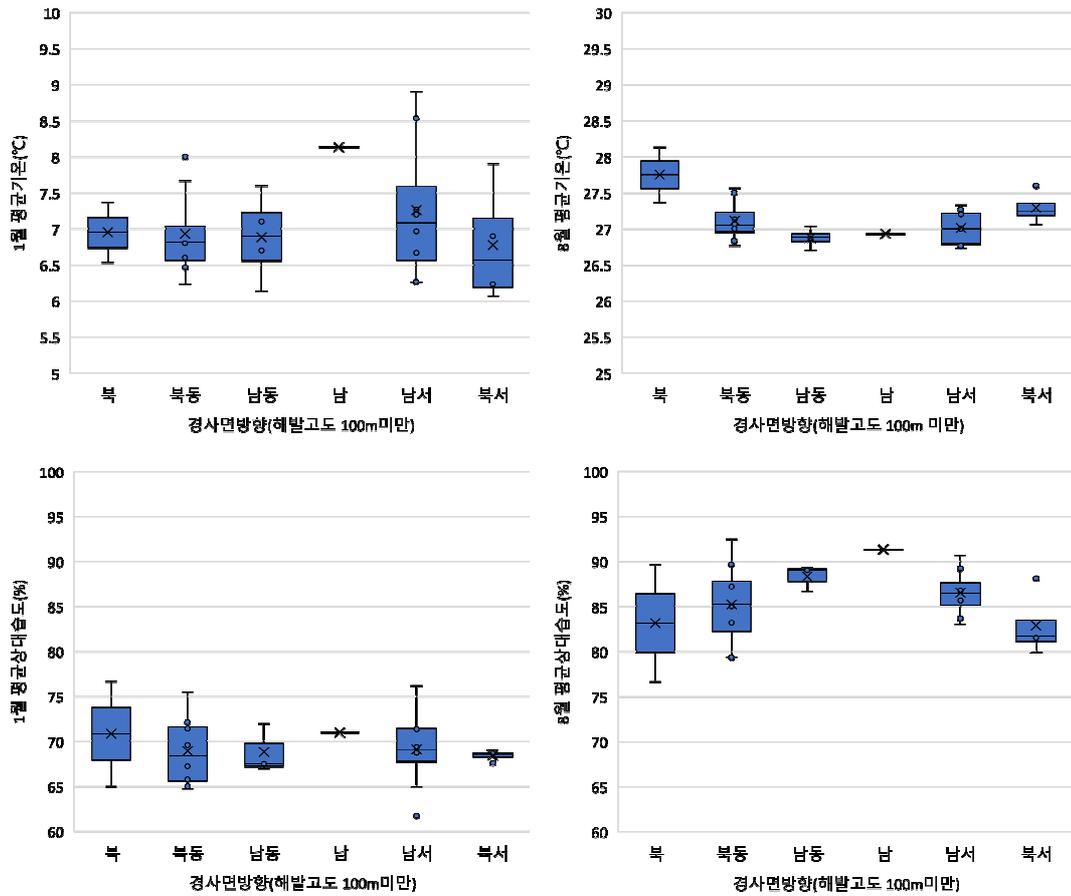


그림 36. 경사면 방향(100m미만)별 평균기온(상) 및 평균상대습도(하)

해발고도 100m미만 지역의 평균기온은 지역별 차이가 확연히 드러남을 그림 36.을 통해 알 수 있다. 동절기 1월의 경우 남측의 서귀포와 최남단지역인 가파도 및 마라도가 최고기온을 기록했다. 남동부 지역 역시 남서부 다음으로 기온이 높았으며 북부, 북동부, 북서부 순으로 기온이 낮게 분포한다. 북동부 지역의 경

우 월정이 가장 높은 기온을 기록하는 월정을 제외하면 비교적 낮은 온도를 보인다. 북서부는 외도가 가장 기온이 낮은 지점으로 나타났다. 하절기 8월은 동절기와 반대로 상대적으로 북부지역이 가장 높은 기온을 기록하고 있다. 북서, 북동, 남서, 남동, 남부 지역 순으로 기온이 낮아진다. (그림 36.)

1월 평균상대습도의 경우 각지역 모두 비슷한 수치를 기록하고 있는데, 상대적으로 북부와 북동부, 남부지역이 타지역에 비해 약간 높은 정도이고, 남서부 대정의 경우 타지역보다 낮은 습도를 보여주고 있다. 8월 평균상대습도는 남부 서귀포 지역이 가장 높은 습도를 보이고, 남동, 남서, 북동부 지역 순으로 습도가 낮아진다. 남부와 남동부지역은 85%를 넘는 높은 수준의 습도량이고, 가장 낮은 상대습도를 기록하는 곳은 제주(시) 지역으로 평균상대습도 값은 75%를 약간 넘는 수준이다.

해발고도 100m 이상 200m 미만의 경우는 경사면 방향에 따른 기온과 습도 분포는 그림 37.과 같다. 1월 평균기온은 남부 지역이 가장 높고 남동, 남서부 지역 순으로 높은 기온을 기록했다. 기온이 가장 낮은 지역은 북동부 송당과 북부 오등으로 타지역보다 상대적으로 해발고도가 높다. 북동부와 남서부 지역이 지역간 편차가 크게 나타났다. 8월은 평균기온이 가장 높은 북서부 지역을 제외하고 지역별 편차가 크지 않은 것으로 나타났다.

1월 평균상대습도는 북동부 지역이 가장 높은 습도를, 북서부 지역이 상대적으로 낮은 습도를 보이며 지역별 편차가 크지 않은 모습을 보인다. 반면 8월 평균상대습도는 가장 높은 지역인 북동부 송당과 낮은 지역인 북서부 상귀의 차이가 약 20% 정도로 크게 나타남을 알 수 있다.

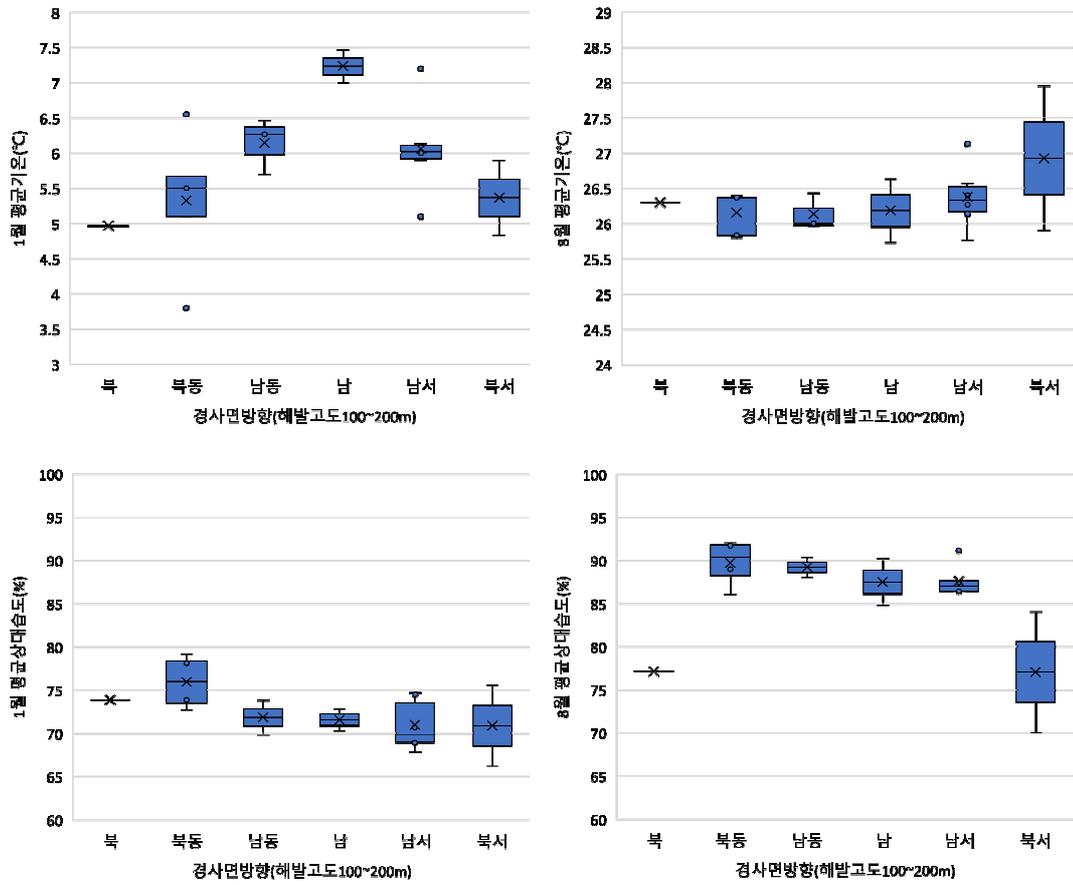


그림 37. 경사면 방향(100~200m)별 평균기온(상) 및 평균상대습도(하)

## IV. 기후권역에 따른 에너지 분석 및 설계기준

### 1. 건축물 에너지 분석 개요

방위권역별 지점의 에너지 분석에 필요한 기상정보는 기상청의 종관기상정보(ASOS) 4개 지점인 제주, 고산, 성산, 서귀포의 평균기온과 이슬점 온도를 1991년부터 2020년까지 30년간 자료를 5년 단위 평균값을 산정하여 에너지해석 프로그램에 입력하였다. 입력된 기상정보와 레퍼런스 건축물을 이용하여 건축물 에너지해석을 실시해 결과값을 도출하고 4개 방위권역의 건축물에너지요구량을 비교 분석하였다. 미기후권역의 에너지 분석을 위하여 3년간(2019년~2021년)의 평균기온, 평균상대습도를 산술평균하고, 평균상대습도로 이슬점온도를 추출하여 에너지해석을 수행하였다. 이 외의 일사량, 풍속, 강수량 등의 기후 데이터는 스위스 Meteotest사의 Meteonorm7.2를 이용하여 1991~2010년간의 기후 정보를 분석하여 지역별로 동일한 값으로 설정하였다.

기상청과 Meteonorm7.2의 기후정보를 바탕으로 건축물 에너지 해석 프로그램인 에너지샵(Energy# V2.5)를 통해 건축물의 에너지해석을 진행하였다. 에너지샵(Energy#)은 국내에서 개발된 ISO13790 기반 정적해석 프로그램으로 MS EXCEL을 이용하여 에너지해석을 수행한다. 미국 EnergyPlus, TRANSYS와 같은 동적해석 프로그램은 해석값은 정밀하지만, 다소 이용하기 까다롭고 계산과정에서의 주관적인 판단이 들어갈 수 있는 단점이 있는데 반해, 에너지샵은 입력변수가 표준화되어 있고, 빠른 시간 내에 계산이 가능한 특징이 있다. (배성호, 2016)

에너지해석에 사용된 레퍼런스 건축물은 그림 38.과 같이 외피길이 10m의 임의의 건축물로 지상 1층, 외피면적 100m<sup>2</sup>, 바닥면적 85.56m<sup>2</sup>으로 설정하였다. 건축물의 외피조건은 「건축물의 에너지절약설계기준」(국토교통부고시 제2022-52호)의 별표3을 적용하여, 단열재 외벽 나등급 90mm, 지붕외기직접 나등급

150mm, 바닥의 기간접 가등급 65mm로 설정하였고, 창호프레임 열관류율은 1.8(W/m<sup>2</sup>·K), 유리 열관류율은 1.2(W/m<sup>2</sup>·K)으로 설정하였다.(표 11.) 실내 기준 온도는 국제표준 ISO13790과 정부의 에너지 절약설계기준에서 기준값으로 제시하고 있는 난방 20℃, 냉방 26℃로 설정하였고, 평균상대습도는 제주지역의 상대습도가 타 지역에 비해 높은 기후특성을 반영하여 60%로 설정하였고 실내발열량은 설비발열량 2.17 W/m<sup>2</sup>, 인체발열량 2.21W/m<sup>2</sup>로 각각 설정하였다.(표 12.)

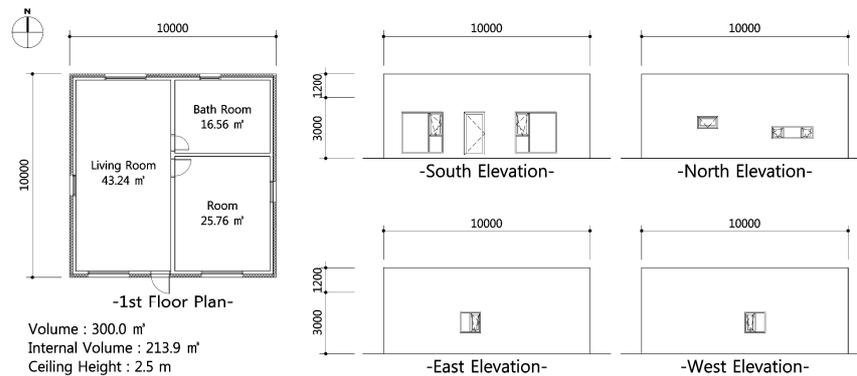


그림 38. 에너지해석 레퍼런스 건축물 개요

표 11. 레퍼런스 건축물 외피 성능

항목	두께(m)	열관류율 U-value(W/m <sup>2</sup> ·K)
외벽	0.240	0.41
지붕	0.300	0.25
바닥	0.555	0.26
항목	유형	U-value(W/m <sup>2</sup> ·K)/ G-value
창호-프레임	PVC	1.8 / -
창호-유리	복층유리	1.2 / 0.6

표 12. 건축물 에너지해석 조건

Type	Value	
난방 온도	20℃	
냉방 온도	26℃	
상대습도	60%	
실내발열	설비발열	2.17 W/m <sup>2</sup>
	인체발열	2.21 W/m <sup>2</sup>

## 2. 방위권역별 에너지부하

건축물 에너지 해석을 통해 도출된 방위권역별 냉난방부하는 표 13., 표 14.와 같다. 지역별로는 가장 최근 기간 (2016년~2020년)에 대한 난방부하가 큰 지역은 성산, 고산, 제주, 서귀포의 순으로 나타났으며, 냉방부하는 제주, 서귀포, 성산, 고산의 순으로 큰 것으로 분석되었다.

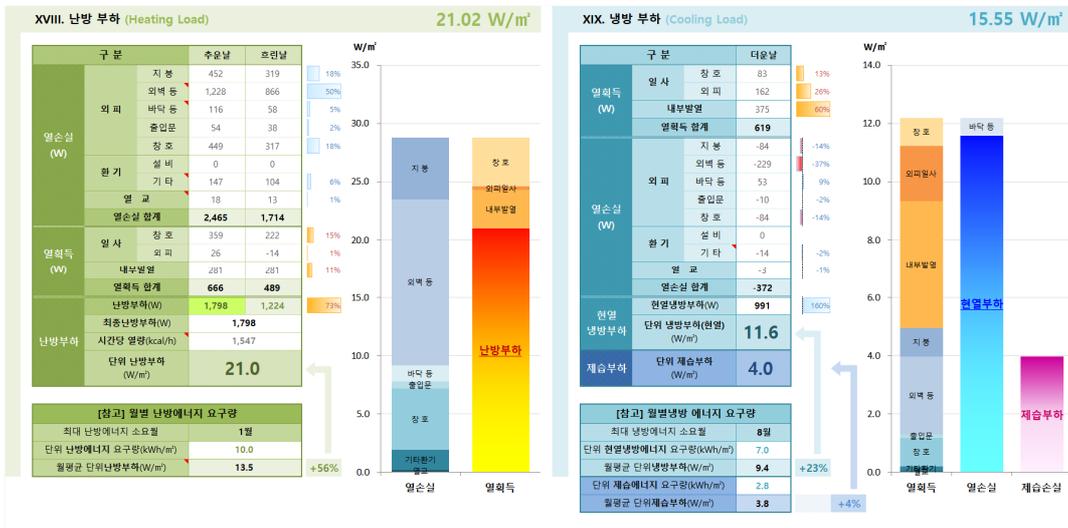


그림 39. 에너지샵(Energy#) 냉·난방부하 결과값

표 13. 방위권역 난방부하

기간(년)	단위 : W/m <sup>2</sup>			
	제주(시)	고산	성산	서귀포
1991~1995	21.3	21.1	23.0	20.2
1996~2000	21.6	22.7	23.2	20.0
2001~2005	21.8	22.8	23.2	19.5
2006~2010	20.8	20.2	21.9	19.2
2011~2015	22.1	22.8	23.4	20.6
2016~2020	21.0	21.7	22.0	19.5

표 14. 방위권역 냉방부하

기간(년)	단위 : W/m <sup>2</sup>			
	제주(시)	고산	성산	서귀포
1991~1995	13.1	12.1	11.8	13.4
1996~2000	14.0	12.3	12.7	13.8
2001~2005	13.4	12.2	13.4	14.7
2006~2010	13.9	13.1	12.8	14.8
2011~2015	14.3	12.6	13.3	14.2
2016~2020	15.5	14.3	14.3	14.7

기후 변화에 따른 냉난방 부하의 변화와 관련하여 난방부하의 경우 제주 서쪽에 위치한 고산지역만 소폭 상승한 것으로 나타났으며, 그 외의 다른 지역(제주, 성산, 서귀포)은 기후변화로 인해 다소 감소하는 것으로 나타났다. 평균기온 상승에 의한 연간난방부하의 변화폭은 1% 내외로 나타났다. 반면, 냉방부하의 경우 중간기와 하절기의 기온상승으로 인해 난방부하의 변화에 비해 상대적으로 큰 폭의 변화가 발생되었으며, 지역에 따라 10%~20%의 증가가 발생하는 것으로 분석되었다. 91~95년 대비 16~20년의 냉방부하의 상승률은 지역별로 제주 동쪽에 위치한 성산이 21.19%로 가장 높았으며, 제주 18.32%, 고산 18.18%, 서귀포 9.7% 순으로 나타났다. 과거 제주지역에서 가장 높은 평균기온을 보였던 서귀포 지역에 비해, 상대적으로 평균기온이 낮았던 성산과 제주지역은 중간기, 하절기의 상대적으로 높은 기온 상승으로 인해 평균기온의 증가율과 비슷한 20%내외의 높은 냉방부하 증가가 발생하는 것으로 분석되었다.

월별 평균기온의 상승으로 인한 연간 난방에너지요구량(그림 41.)은 4개 지역 모두 2020년에 가까울수록 감소하는 추세를 보이고 있다. 제주 동쪽에 위치한 성산지역의 난방에너지요구량 감소폭이 가장 크게 나타났으며, 제주, 서귀포, 고산 지역의 순으로 감소폭이 크게 나타났다. 난방에너지요구량이 가장 낮은 서귀포는 난방에너지요구량이 가장 높은 고산지역에 비해 30% 가량 낮게 나타났으며, 이는 난방부하에서의 10% 차이에 비해 3배가량 그 차이가 커짐을 알 수 있다.



그림 40. 에너지샤(energy#) 냉·난방에너지 결과값

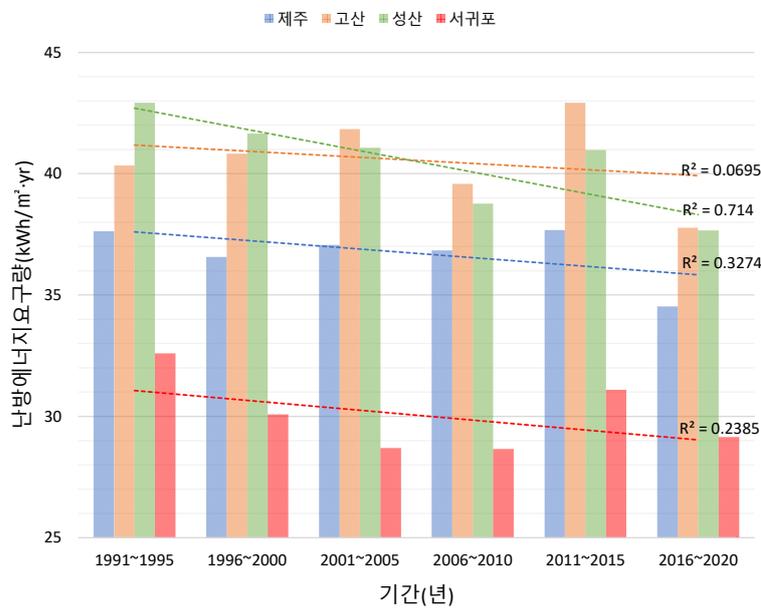


그림 41. 방위권역 난방에너지요구량 변화

한편 연간 난방에너지요구량(그림 42.)은 제주 4개 지역 모두 증가 추이를 나타내는 것으로 나타났으며, 난방에너지요구량 변화에 비해 상대적으로 큰 변화가 발생하는 것으로 분석되었다. 난방에너지요구량의 감소가 가장 크게 발생한 성산 지역의 난방에너지요구량 증가 비율이 가장 큰 것으로 분석되었으며, 성산, 제주, 고산 지역은 91~95년 대비 30% 전후의 난방에너지요구량 상승이 발생하는 것으로 분석되었다. 상대적으로 하절기 기후변화 폭이 작았던 서귀포시 지역은 10% 가량의 난방에너지요구량 증가가 발생되었다.



그림 42. 방위권역 냉방에너지요구량 변화

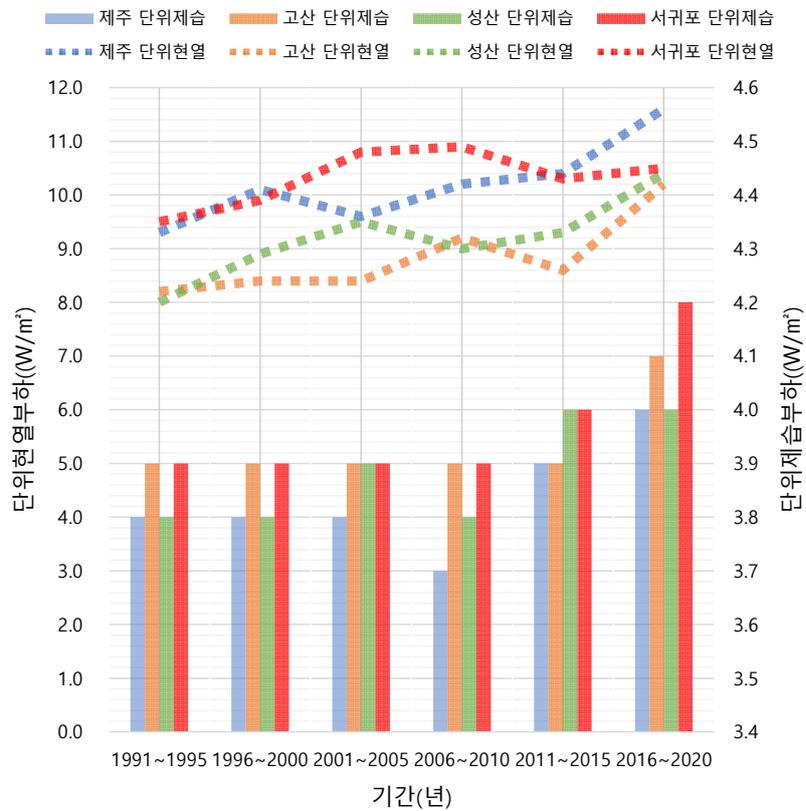


그림 43. 방위권역 냉방부하(현열/제습)

냉방에너지요구량의 단위현열 및 단위제습부하의 변화량을 살펴보면, 최근 5년의 단위현열부하는 지속적으로 상승하고 있다. 단위제습부하 역시 상승하였으나 단위현열의 상승폭에 비하면 상대적으로 제습 부하량이 적은 것으로 나타났다. (그림 43.)

제주시와 서귀포시 지역은 최근 5년의 기후조건에 대하여 냉방에너지요구량이 난방에너지요구량보다 많은 결과를 보여준다.(그림. 44.) 제주시 지역은 2011년 기점으로 냉방에너지요구량이 난방에너지요구량보다 크게 나타나고 있는데, 기온 상승과 동시에 최근 도시 과밀화에 의한 열섬현상의 영향으로 냉·난방에너지의 역전현상이 일어나는 것으로 사료된다. 서귀포시 지역은 상대적으로 온난한 기후로 과거부터 현재까지 냉방에너지요구량이 난방에너지요구량보다 큰 것으로 나타났으나 점차 그 차이가 커지고 있는 추세이다.

그림 44.에서 보는 것과 같이 1991년부터 2020년까지 제주의 4개 지역 간 냉·난방에너지요구량의 차이는 있지만, 지역별로 연도 및 기후변화에 따른 냉·난방에너지요구량을 합산한 값의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 냉방에너지요구량이 차지하는 비율이 점차 증가하는 것으로 나타났으며 냉방에너지요구량의 변화량은 최근 5년 기간에 가장 크게 증가하는 것으로 분석되었다. 도심 지역에 속하는 제주시와 서귀포시의 냉방에너지요구량이 비도시지역에 속하는 고산과 성산지역에 비해 크게 나타났다. 제주시, 고산, 성산지역은 기후변화에 따라 난방에너지요구량이 감소함에 따라 합산 에너지요구량 값은 소폭 하락하고 있음을 보여준다.

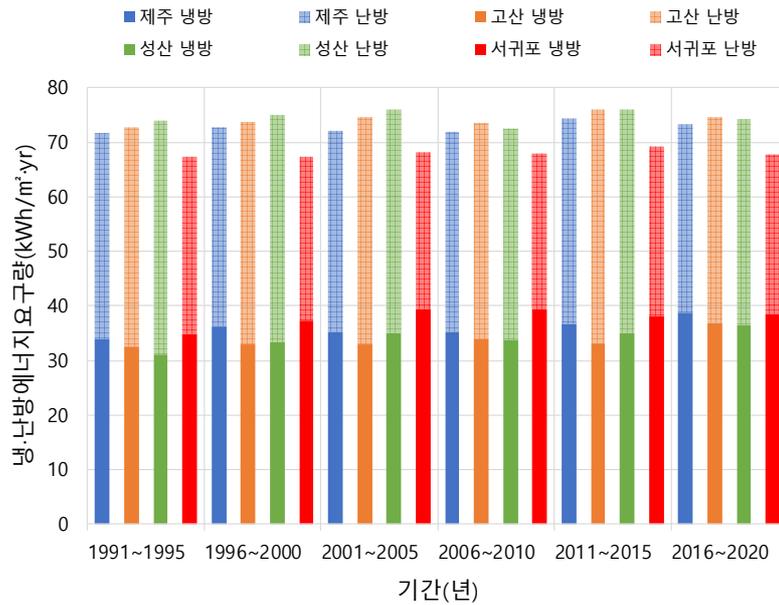


그림 44. 방위권역 냉·난방에너지요구량 비교

냉·난방에너지요구량에 설비손실을 합한 값인 1차에너지소요량의 값은 표 15.와 같다. 냉방에너지요구량이 증가함과 동시에 난방에너지요구량이 감소하게 되어 기간별 변동폭은 미미한 수준으로 나타나고 있다. 91~95년 대비 최근 북서측 지역인 제주시와 고산지역은 1.2% 증가하였고, 남동측지역인 성산, 서귀포시 지역은 각각 2.4%, 1.3% 감소하는 것으로 나타났다.(표 15.)

표 15. 방위권역 연간 1차에너지소요량

기간(년)	단위 : kWh/m²·yr			
	제주(시)	고산	성산	서귀포
1991~1995	81	85	86	76
1996~2000	82	86	86	75
2001~2005	82	87	87	75
2006~2010	81	85	83	75
2011~2015	84	89	87	77
2016~2020	82	86	84	75

### 3. 미기후권역별 에너지부하

3장에서 도출된 미기후권역 중 기온·습도의 강도별 대표지역을 선정하여 건축물 에너지해석을 실시하였다. 분석 대상은 H-h권역(고온다습), H-l권역(고온저습), M-m권역(중온중습), L-h권역(중온다습), L-m권역(저온중습)에 속하는 지점 중 비교가 명확하도록 고온다습의 경우 높은 값을 가진 지점을, 저온일 경우 집단 내 낮은 값을 가진 지점으로 선정하였다.

미기후권역별로 조천(H-h권역, 고온다습), 외도(H-l권역, 고온저습), 가시리(M-m권역, 중온다습), 서광(M-m권역, 중온중습), 성판악(L-h권역, 저온다습)을 선택하여 방위권역과 중복되지 않는 방향으로 진행하였다.

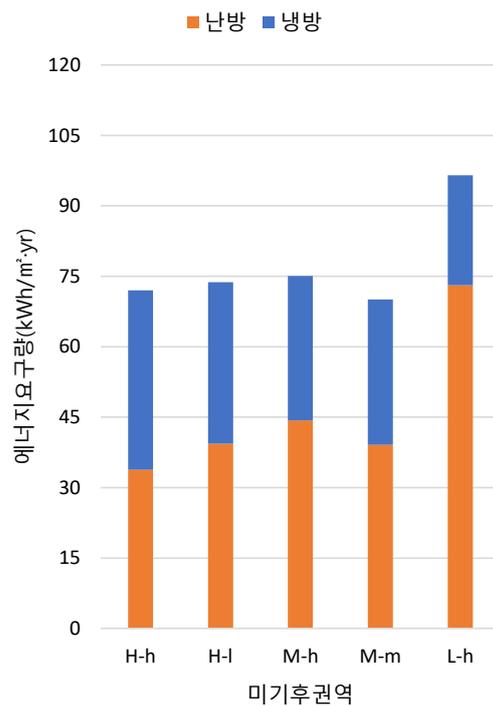
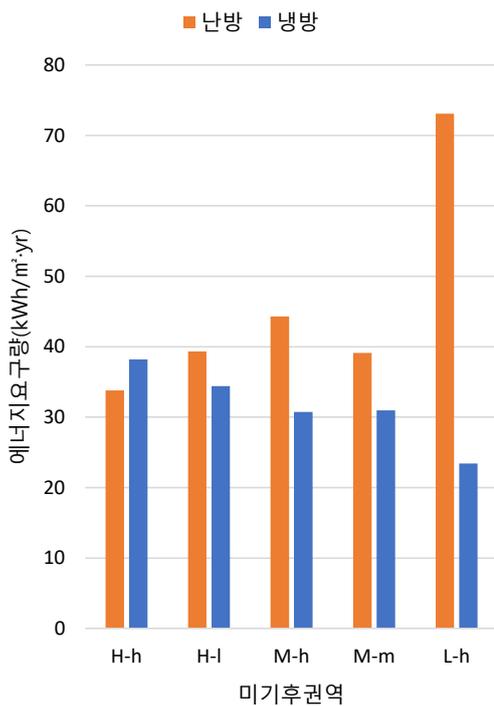


그림 45. 미기후권역 냉·난방에너지요구량      그림 46. 미기후권역 냉·난방에너지요구량 합계

난방에너지요구량의 경우 고온지역부터 저온지역으로, 냉방에너지요구량은 저온지역에서 고온지역으로 상승하고 있다.(그림 45.) 그리고 H-h권역(조천)은 냉

방에너지 요구량이 난방에너지요구량보다 13% 가량 높게 나타나 이는 방위권역별 지점 중 서귀포와 제주(시)지역 최근 경향과 유사한 지역으로 볼 수 있다.

연간 냉·난방에너지요구량 합계는 L-h권역(성판악)이 약 96.5kWh/m<sup>2</sup>·yr로 가장 높고, M-h권역(가시리) 75kWh/m<sup>2</sup>·yr, H-1권역(외도) 73.7kWh/m<sup>2</sup>·yr, H-h권역(조천) 72kWh/m<sup>2</sup>·yr, M-m권역(서광) 70kWh/m<sup>2</sup>·yr 의 순으로 낮아진다. 결과적으로 기온과 습도가 복합적으로 작용하여, 권역별 요구량이 차이가 남을 알 수 있다. (그림 46.)

냉·난방부하를 지역별로 비교해보면, 고온지역이 난방부하가 가장 낮고, 냉방부하가 가장 높은 것으로 나타났다. 냉방부하의 경우 반대로 저온지역은 고온지역의 부하량 비해 1/3가량의 가장 낮은 수치를 기록했다. (그림 47.)

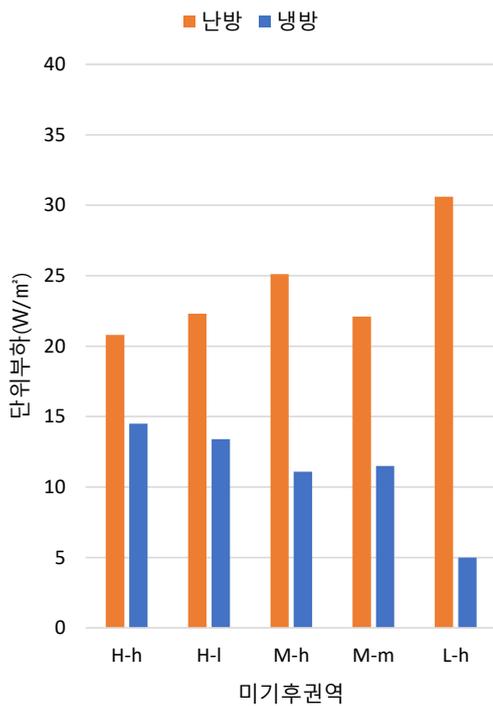


그림 47. 미기후권역 냉·난방 단위부하

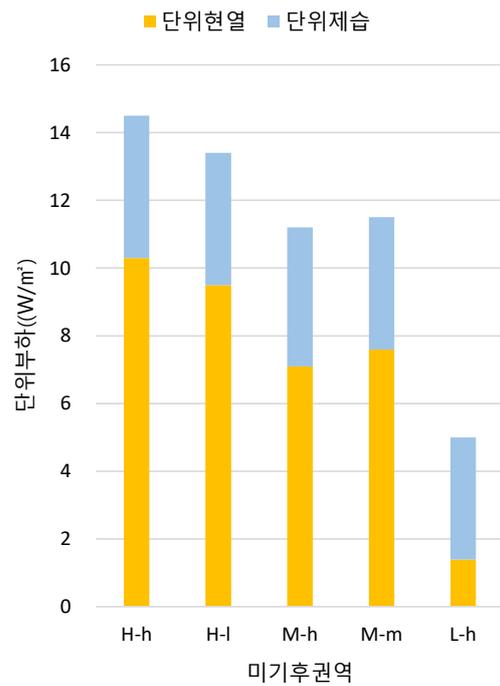


그림 48. 미기후권역 냉방부하(현열/제습)

전체 냉방부하 중 현열과 제습의 비율을 살펴보면 고온지역일수록 현열부하가 높은 것으로 나타났으며, 제습부하는 모든 지역이 비슷한 부하량을 보이고 있으

며, 전체 냉방부하 대비 20~30% 정도의 비율을 가지며, L-h권역은 현열냉방부하보다 2배 가량 높게 나타났다.(그림 48.)

미기후권역 연간 1차에너지소요량은 L-h권역(성판악)이 117kWh/m<sup>2</sup>·yr로 가장 높고, M-h권역(가시리) 87kWh/m<sup>2</sup>·yr, H-l권역(외도) 84kWh/m<sup>2</sup>·yr, M-m권역(서광) 81kWh/m<sup>2</sup>·yr, H-h권역(조천) 80kWh/m<sup>2</sup>·yr의 순으로 낮아진다. 한라산 지역을 제외하면 M-h권역(중은다습)이 가장 높고, H-h권역(고온다습)이 가장 낮다.(그림 49.)

앞서 산출한 방위권역별 4개 지점 1차에너지소요량(표 15.)은 서귀포를 제외하고 82~86kWh/m<sup>2</sup>·yr 이며, 이는 L-h권역을 제외한 나머지 4개의 권역과 유사한 수치를 보이고 있으므로, 한라산과 서귀포를 제외하면 전반적으로 1차에너지소요량은 대동소이함을 알 수 있다.

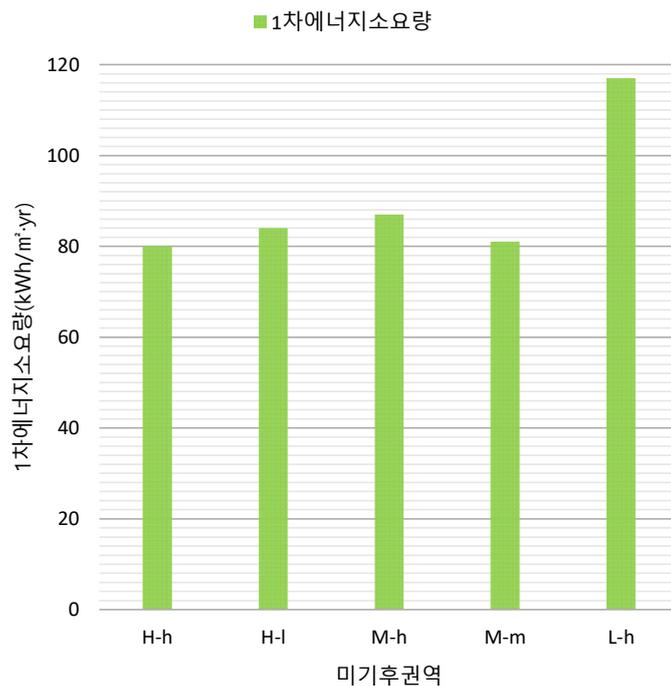


그림 49. 미기후권역 연간 1차에너지소요량

#### 4. 제주 기후환경을 고려한 친환경 건축 설계 기준

##### 1) 건축물 에너지절약설계기준의 세분화

기후분석을 통한 미기후권역 구분과 에너지해석 결과값의 차이에 따라 현재 「건축물의 에너지절약설계기준」(국토부고시 제2022-52호, 이하 에너지기준)의 세분화하여 제시하였다. (표 16.)

평균기온을 주요 기준으로 하여 한라산 지역, 중산간 지역, 해안가 지역 등 3개 권역으로 분류하고, 에너지기준 별표1의 단열재 세부기준, 창호의 열관류율 기준을 각각 다르게 설정하였다.

난방에너지와 연관 있는 동절기 1월 평균기온은 해발고도 588m인 한라생태숲이 1.63℃, 해발고도 968m의 어리목은 -1.13℃이다. 해발고도 1000m이상의 삼각봉, 사제비, 영실, 진달래밭, 윗세오름 지역은 모두 영하의 기온을 기록하고 있다. 이는 에너지기준 상의 지역별 건축물 부위 열관류율표 중 중부1지역에 해당하는 충북 제천과 경북 청송지역의 1월 평균기온과 유사하다. 그러므로 해발고도 500m이상의 지역은 L-m, L-h권역에 해당하는 한라산 지역으로 설정하고, 중부1 지역의 열관류율을 적용하는 것이 타당할 것으로 보인다.

M-h, M-l, M-m권역에 속하는 중산간 지역은 1월 평균기온이 3.0~4.1℃사이의 지역으로 해발고도 190m 이상이면서 위도 33.33 이상을 만족하는 지역 중 8개 지역으로, 에너지 기준상의 남부지역 중 남해안에 면한 경상남도 거제, 통영, 남해지역과 전라남도 진도 지역과 유사한 기온을 보이고 있어 남부지역으로 열관류율을 적용하였다. 상기 2개의 권역을 제외한 47개 지역은 국내의 1월 평균기온이 가장 높은 지역으로 기존의 기준인 제주도 지역에 포함하였다.

표 16. 건축물의 에너지절약설계기준 세분화

미기후 권역	위치	해발 고도	평균 기온 (°C)	세부 지점명	외기직접-공동주택의 적용 열관류율 외벽 / 창 (단위 : W/m <sup>2</sup> ·K)
L-m L-h 권역	한라산 지역	500m 이상	-4.5~1.63	어리목, 성판악, 한라생태숲, 삼각봉, 사제비, 영실, 진달래밭, 윗세오름, 한라산 남벽	중부1지역 0.17 / 1.3 이하
M-h M-m M-l 일부권역	중산간 지역	190m 이상 500m 미만	3~4.1	산천단, 유수암, 선흘, 송당, 오등, 금악, 새별오름, -월각로(봉성)	남부지역 0.31 / 1.8 이하
그외 권역	해안가 지역	190m 미만	4.3~	그 외 47개 지역	제주도 0.41 / 2.2 이하

2) 녹색건축물 설계기준 항목별 제안

미기후권역별 기후특성을 이용하여 「제주특별자치도 녹색건축물 설계기준」(제주특별자치도 고시 제2022-122호)의 항목을 분석하고 권역별 차등적용의 내용을 제안할 수 있다.

패시브 기술요소의 의무항목인 단열은 에너지기준(국토부고시)를 기준으로 3개 지역에 차등적용하여 해발고도가 높은 지역의 경우 중부1지역 또는 남부지역의 열관류율에 맞는 단열재의 두께를 선택할 경우 난방에너지 절감에 기여할 수 있다. 적정두께의 단열재 시공은 하절기 냉방에너지 절감도 가능하므로 녹색건축 구현을 위한 적절한 단열재의 선택이 필요하다.

패시브 기술요소의 권장항목에 해당하는 환기의 경우, 전열교환기는 하절기 제주도 전역의 높은 습도를 고려하여 습도회수율이 높은 환형(로터리형) 전열교환

기를 사용할 필요가 있다. 판형 전열교환기의 경우 열교환소자에서 습기 이동이 어려운 구조이므로, 외기습도가 높은 상태에서 전열교환기 가동시 잠열부하가 높아져 냉방에너지소비가 증가할 수 있다. 반면 환형(로터리형)의 경우 외기와 내기의 온도가 교환되면서 습도도 동시에 교환되는 방식이기 때문에 제주도에서의 방식은 환형 전열교환기가 적절할 것으로 판단된다.

권장항목인 차양의 경우도 하절기 기온이 높은 북부 제주도 지역과 남부 서귀포 지역에는 필히 외부에 설치하여 여름철 직달일사를 원천차단하여 실내 냉방에너지에 절감을 가져올 수 있다. 지구온난화로 인하여 지속적으로 중간기와 하절기의 기온이 상승함을 감안하여 이 외의 지역에도 차양설치는 필요하며, 향후 건축물 에너지 절감을 위하여 녹색건축물 설계지침 상 차양 부분을 의무화하는 방법도 고려할 수 있다.

타 시도에 비해 상대적으로 높은 풍속을 기록하는 제주도는 건축물의 기밀성능 역시 향상시킬 필요가 있다. 외부 풍압이 높을시 침기부분으로 공기 이동량이 증가하고, 온도저하로 결로 곰팡이 등을 야기시킬 수 있다. 현재 기밀시험이 녹색건축 설계시 권장사항으로 설정되어 있으나, 풍속이 높은 지역은 기밀성이 높아지도록 설계 및 시공하는 것이 바람직할 것이다. (표 17.)

표 17. 녹색건축물 설계기준 제안

패시브 기술요소	현행 기준	제안 기준	상세 제안 내용	적용지역 미기후권역
기밀	권장	조건부 권장	일정 풍속 이상의 지역은 기밀시험 n50 :1.5h <sup>-1</sup> 의무	환경면 고산리, 구좌읍 해안지역 한라산지역
차양	권장	의무	제주시 및 서귀포시 도심지역 남측면, 서측면 창호 차양 설치 의무	H-h H-m H-l 권역
환기	권장	권장	전열(현열 및 잠열)교환효율 70% 이상인 환형 열교환 환기장치 설치 권장	제주도 전역

## V. 결론

### 1. 연구 결과

본 연구에서는 제주도 전역의 기후데이터를 수집하여 방위권역별 기후의 분석과 미기후권역 도출을 진행하였고 방위권역과 미기후권역의 기후자료를 활용하여 건축물에너지 분석을 실행하였다. 그리고 에너지 분석 자료를 기반으로 미기후권역의 특성에 맞는 친환경 건축설계 기준을 제안하였다.

제주지역 기후연구의 첫 번째 과정으로 방위권역별 기후를 살펴보았다. 방위권역은 기상청의 중관기상관측정보의 4개 지점을 활용하였고, 인구밀도가 높은 도시지역이며 남북을 대표하는 지역인 제주시와 서귀포시, 그리고 한라산을 중심으로 동서방향의 양단에 위치한 고산과 성산지역의 기후 특성과 기후변화를 분석하였다. 1991년부터 2020년까지의 30년간의 평균기온과 평균상대습도를 5년 단위로 산술평균하여 권역별 기후의 특징을 분석하고, 기간별 기후변화 추이를 확인하였다. 기온의 경우 4개 지역 모두 중간기와 하절기에 최근 년도에 가까울수록 증가추세를 보였다. 특히 제주(시)는 중간기 상승폭이 가장 크게 나타났고, 최근 5년간의 하절기 상승폭이 크게 나타났으며, 성산의 경우 30년간의 하절기 기온이 4개 지역 중 가장 큰 상승폭을 보여주고 있다. 상대습도는 하절기 성산과 서귀포에서 큰 폭의 상승을 보였다.

기후연구 두 번째 과정으로 제주지역 전역을 대상으로 미기후 권역 분석을 수행하였다. 이를 위하여 공개된 기후자료의 68개 지점 중 기후 요소별로 60여개의 지점을 선택하여 다양하게 분포된 지역의 기후를 비교하고, 평균기온, 상대습도, 강수량, 풍속 등 4개의 기후요소에 관한 미기후 분포도를 동절기, 중간기, 하절기로 구분하여 도출하였다. ArcGIS 내의 역거리가중법(IDW)를 이용하여 도출된 분포도를 통해 기후별 유사지점을 파악하였다. 기온의 경우 해발고도의 영향으로 모든 계절의 기온 분포선이 등고선과 비슷하게 형성되었고, 상대습도의 경우, 동

절기에는 북부지역과 동북부 중산간 지역이, 중간기, 하절기에는 남부와 동부지역 전역이 가장 높게 나타났다. 평균강수량은 전 계절 모두 해발고도가 높은 한라산 지역이 가장 높고 해안가 지역이 가장 낮은 지역으로 확인되었다. 풍속은 서부 고산과 동북부 구좌지역이 가장 크고, 상대적으로 남서부, 북서부 지역이 약한 지역으로 나타났다.

분석한 자료 중 건축물의 에너지에 영향을 미치는 평균기온과 상대습도값을 이용하여 미기후권역을 설정하였다. 미기후권역을 분류하는 방법으로 크게 동절기와 하절기 각각 기온과 습도를 3단계로 구분하여 9개 항목에 해당하는 지역을 추출하였다. H-h권역(고온다습)은 조천 신촌리, 구좌 하도리, 고산, 서귀포 등이 해당된다. H-m권역(고온중습)은 애월 신엄리, 대정 무릉리, 하원동, 성산, 남원읍 남원리 등이 대표적 지역이다. H-l권역(고온저습)은 제주시, 애월 상귀리 일부 지역, 구좌 한동리 및 김녕리, 의도동, 오등동 일부 지역이 이에 속한다. M-h권역(중온다습)의 경우 남원 하례리, 표선 토산리 및 가시리, 구좌 송당리 및 덕천리, 서호동, 조천 선흘리이고, M-m권역(중온중습)은 안덕 서광리, 애월 상귀리 일부 지역, 한림 금악리, 남원 한남리, 애월 봉성리 새별오름 지역이다. M-l권역(중온저습)은 애월 우수암리 한곳으로 추출되었다. L-h권역(저온다습)은 해발고도가 높은 한라산 지점의 대부분인데, 한라생태숲이 있는 제주시 용강동과 성판악, 어리목, 영실, 사제비 등이 이에 속하고, L-m권역(저온중습)은 삼각봉과 윗세오름 두 곳이다. L-l권역(저온저습)은 60개 지점 중 해당되는 곳이 없는 것으로 나타났다.

기후요소와 미기후 요인 간의 상관분석을 위해 선형회귀분석((GLS)와 지리가중회귀분석(GWR)을 동시에 수행하여 결과값을 도출하였다. 기후요소 중 평균기온에 가장 큰 영향을 주는 요인으로는 해발고도와 해안선 이격거리이다. 해발고도와 평균기온은  $R^2$ 값이 0.9 이상인 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타났고, 해안선이격거리와 평균기온의 경우는 선형회귀분석의  $R^2$ 값 0.7~0.8보다 지리가중회귀분석  $R^2$ 값이 0.9 정도로 높게 산출되었다. 평균상대습도의 경우 상관성이 낮게 나타났고, 지리가중회귀분석에서만  $R^2$ 값이 0.6~0.7 사이로 산출되었다. 경사면 방향에 대한 상관분석은 로버스트 통계방식인 상자수염 그래프 도출로 각 방위별 기후요소 차이를 알아보았다. 전체해발고도를 기준으로 비교했을 경우 경사면

방향별 기후차이가 크지 않은 것으로 나타났으나, 해발고도를 100m 단위로 구분하여 분석하였을 경우 눈에 띄는 방향별 차이가 있었다. 100m 미만 8월 기온은 북쪽이 가장 높고 남동이 낮게 나타났다. 8월 상대습도는 남측과 남동측순으로 높게 나타났으며, 100~200m 사이의 8월 기온은 북서가 가장 높고 북동과 남동이 낮게 나타났다. 8월 습도는 기온과 반대로 북동이 가장 높고 북서가 가장 낮은 분포를 보였다.

방위권역별 건축물에너지 분석과 미기후권역별 건축물에너지분석의 결과는 다음과 같다. 방위권역 4개 지역의 냉난방부하 및 냉난방에너지요구량을 비교해보면, 평균기온과 평균상대습도의 상승으로 4개 지역 모두 냉방에너지요구량은 점차 증가하는 것으로 나타났다. 냉방에너지요구량의 증가와는 달리 난방에너지요구량은 점차 감소하는 것으로 분석되었고, 제주시 지역은 2011년 이후 연간 냉방에너지요구량이 난방에너지요구량보다 더 큰 값으로 산출되었다.

미기후권역별 건축물에너지 분석은 H-h권역(고온다습), H-l권역(고온저습), M-m권역(중온중습), M-h권역(중온다습), L-h권역(저온다습)에서 각각 한 지점을 추출해 총 5개 지점에 대한 에너지해석을 수행하였다. H-h권역의 냉방에너지요구량이 가장 크게 나타났으며, H-l, M-m, M-h권역의 순으로 냉방에너지요구량이 감소했다. 그리고 한라산 지역에 해당하는 L-h권역은 난방에너지요구량이 타지역에 비해 높게 나타났다. 연간에너지요구량의 합은 L-h권역이 가장 높고, 다음으로 M-h, H-l, H-h, M-m권역 순으로 낮다.

산정된 건축물에너지해석 결과값을 바탕으로 지역별 친환경 건축설계 기준을 제안하였다. 「건축물의 에너지절약설계기준」(국토부고시)의 경우 외기직접 외벽기준 적용 열관류율이 제주도 전역  $0.41\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  로 규정되어 있지만, L-h, L-m 권역인 한라산 지역의 경우는 국내 중부1지역의 1월 최저기온과 유사한 수치를 나타내고 있어, 중부1지역 기준인 열관류율을  $0.17\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 으로 적용 가능할 것이다. 그리고 M-h, M-m, M-l 일부 권역에 해당하는 중산간 지역의 경우도 최저기온이 낮게 나타나 국내 남부지역과 유사하게 나타나므로, 이에 맞는 적절한 열관류율을 적용할 수 있다. 다양한 미기후권역에 맞는 건축물 에너지 성능 구현을 위하여 외피재료 적용에 차등을 두는 등의 제주도 기후환경에 맞는 재료 선정이 필요할 것이다.

「제주특별자치도 녹색건축물 설계기준」(제주특별자치도 고시)의 패시브 기술 요소 항목을 분석해보면, 단열 항목은 의무사항인 데 반해, 기밀, 차양, 열회수환기장치 부분이 권장사항으로 규정되어 있다. 하절기 기온과 습도의 상승은 냉방 에너지요구량을 증가시키고, 증가폭을 줄이기 위해서는 외기에서 태양열을 차단할 수 있는 차양과 냉난방부하를 줄일 수 있는 열교환환기장치의 설치가 필수적이다. 하절기 높은 기온을 기록하고 있는 제주도는 외부의 직달일사를 차단할 수 있는 차양 설치를 하여 냉방에너지를 절감할 수 있다. 특히 서귀포시는 예전부터 냉방에너지요구량이 난방보다 큰 지역이었고, 제주시 또한 최근 10년 간의 기후 변화로 인해 연간 냉방에너지요구량이 난방에너지요구량보다 초과하는 상황이므로 외부차양설치는 향후 필수설치 항목으로 변경됨이 바람직하다. 그리고 제주도 전역이 타시도에 비해 높은 상대습도를 보이고 있어 실내에서 형성된 낮은 습도를 회수할 수 있는 환형(로터리형) 전열교환기를 선택하는 것이 권장된다. 특히 동부지역 전역은 가장 높은 습도를 기록하고 있어 습도회수를 필히 고려해야 할 것이다. 평균풍속은 북동부 구좌와 서부 고산지역이 높은 값을 가지므로 건축물의 기밀성능을 높이면 침기부위를 감소시켜 에너지 절감과 결로 곰팡이를 줄이는 등의 건축물의 건전성을 높일 수 있다.

본 연구를 통해 제주도 전역의 방위권역별 기후양상과 기후변화를 확인하였고, 미기후권역 분포도를 통해 유사 기후대의 군집 양상을 파악하였다. 그리고 에너지분석을 수행하여 방위권역별, 미기후권역별 지점의 건축물 에너지 성능을 비교하였다. 이를 바탕으로 에너지절약설계기준의 열관류율을 세분화하였고, 녹색건축물 설계기준의 상세내용을 제안하여 미기후권역을 적용한 친환경 설계 방안을 제시하였다.

## 2. 연구의 한계와 향후 과제

본 연구에서 수행하였던 기후자료의 수집과 통계를 위한 자동기상측정장치의 데이터 중 최근에 설치된 지점의 데이터량이 부족하여 이를 활용하기 어려움이 있었고 표본이 축소되었다. 향후 신설 지점에 대한 기후자료 통계를 추가하여 보다 상세한 미기후 권역을 도출할 수 있을 것이다. 그리고 제주도내 기후자료의 분석을 통해 미기후 지역을 선정하였으나, 미기후 요인에 관한 연구가 관측자료와 문헌자료에 의한 수치적 데이터에 한정되었다고 볼 수 있다. 향후 추가 연구를 통해 각 지점의 특성이 나타나는 오름, 건천 등의 자연환경요소와 건축물의 유무, 취약지구 조성 등의 사회환경요소를 조사, 분석하여 미기후가 발생하는 물리적 요인을 파악할 수 있을 것이다.

본 연구의 후속연구로 건축물의 에너지절약설계기준과 녹색건축물 설계기준의 세부사항을 적용하고 에너지해석을 수행하여 패시브기술요소의 적용유무에 따른 에너지요구량을 산출하여 미기후권역별 정량적 차이를 분석할 수 있을 것이다. 이 외에도 본 연구에서 다루지 못한 열교부분에 대한 시뮬레이션과 에너지절감 방안에 관한 연구 또한 진행가능하다. 그리고 본 연구에서 도출된 정량적 데이터를 기반으로 미기후권역의 공공건축물 등의 온열환경을 측정하여 지역별로 다양하게 나타나는 건축물의 온열 환경 분석과 기후와의 관계를 연구할 수 있고, 열쾌적성 평가를 통해 지역별 열환경의 개선방안에 관한 추가 연구가 가능할 것이다.

탄소중립의 실현은 건축 산업분야에서의 실질적인 에너지절감의 노력과 실천에서부터 시작할 수 있다. 녹색건축물과 제로에너지건축물의 확대를 위하여 지역 기후에 맞는 적절한 설계기준이 필요하다. 건축설계와 시공 현장에서의 법적 최소한의 기준 뿐만아니라 에너지성능의 향상을 위한 방안을 적극적으로 적용하는 건축물 에너지절감 노력이 지속적으로 필요할 것이다.

## 참고문헌

### <학위 논문>

1. 박세홍. (2022). 도시미기후 데이터를 활용한 취약지역 도출 및 토지이용 특성과의 상관성 분석. 국내석사학위논문, 중앙대학교 대학원.
2. 이나라. (2022). 미기후 실시간 실측 기상데이터를 이용한 도심 내 열섬 환경 분석. 국내석사학위논문, 전북대학교 일반대학원.
3. 이정준. (2015). 기후조건에 적합한 제주 민가건축의 환경개선 방안에 관한 연구, 국내석사학위논문, 제주대학교 대학원.

### <학술 논문>

1. 강정아, 문선혜, 신학중, 광영훈, 허정호. (2020). 에너지해석 틀에 따른 패시브 주택의 에너지 요구량 비교분석, 한국태양에너지학회 학술대회논문집, 2020.6, 26-26
2. 강창덕. (2010). GWR 접근법을 활용한 부동산 감정평가 모형 연구: 서울시 아파트를 사례로, 부동산연구, 20(2), 107-132
3. 기상청. (2021). 기후변화 2021 과학적 근거 -정책결정자를 위한 요약본-, 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 제6차 평가 주기(AR6) 제1실무그룹 보고서
4. 기상청, 국립기상과학원. (2021) 우리나라 109년(1912~2020년) 기후변화 분석 보고서
5. 기상청. (2020). 한국 기후변화 평가보고서 2020 - 기후변화 과학적 근거-
6. 기상청. (2017). 신기후체제 대비 제주특별자치도 기후변화 전망보고서
7. 김동휘, 류동우, 최영민, 이우진. (2010). 인천 송도지역 지층분포 추정을 위한 크리깅과 역거리가중치법의 적용, 한국지반공학회논문집, 26(1), 5-19
8. 김유림, 임정현, 이예지, 윤상후. (2017). 날씨를 고려한 제주도 관광지 추천 알고리즘 개발, Journal of The Korean Data Analysis Society, 19(6), 2999-3008

9. 도신영, 오은주, 이용준, 김사겸. (2018). 기후변화 및 단열 기준 강화 영향을 반영한 업무용 건물의 에너지 성능 변화에 관한 연구, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2018. 06, 685-688
10. 배성호. (2016). ISO 13790 기반 패시브하우스 에너지 해석 프로그램 에너지 샵(Energy#) 소개. 설비저널, 45(9), 56-64.
11. 배성호. (2018). 램다 패시브하우스를 통해 살펴본 Energy# 적용 사례. 태양 에너지, 16(1), 41-52.
12. 배응규, 박세홍. (2021). AWS 데이터를 활용한 도시열섬 분포 및 강도의 군집분석을 통한 취약지역 도출 - 2005.03~2020.02 사이의 서울시 및 주변 지역 43개 지점을 대상으로 -. 서울도시연구, 22(4), 43-63.
13. 손일. (2001). 단계구분도의 계급구간 설정을 위한 공간적 인접성의 최적화기법에 관해, 대한지리학회지, 36(4), 434-443.
14. 양호진, 이채연, 채여라, 박종철. (2019). 동네예보 여름철 기온 자료의 상세화를 위한 통계적 내삽 방법의 비교, 한국사진지리학회지, 29(4), 19-32.
15. 오금동, 이준호, 윤성환. (2019). ENVI-met를 이용한 중국 베이징 아파트 하절기 미기후 특성 분석, 대한건축학회 논문집 - 구조계, 35(8), 169-176
16. 이준호, 윤성환. (2020). 도시 열환경 분석을 위한 공간정보 빅데이터 구축, 대한건축학회 논문집 - 계획계, 36(5), 53-58
17. 윤용상, 김은진, 이성진, 심명희. (2014). 국내 지역기후와 연간 난방에너지요구량의 상관관계 분석 연구, 대한건축학회 논문집 - 계획계, 30(1), 209-216.
18. 이건원, 정윤남, 문윤덕. (2019). 도시, 건축형태 및 미기후로 인한 건축물군의 에너지 소비량의 관계, 예술인문사회 융합 멀티미디어 논문지, 9(10), 923-934
19. 이동성, 문태훈. (2017). 도시특성과 기후특성이 지역 에너지사용량에 미치는 영향에 관한 연구, 한국지역개발학회지, 29(1), 1-21
20. 이양구, 김원태, 정영진, 김광득, 류근호. (2005). 날씨 마케팅 적용을 위한 기후 데이터의 군집 분석, 한국공간정보시스템학회 논문지, 7(3),

132-152

21. 이정준, 전규엽. (2014). 제주 지역별 기후조건에 따른 민가의 건축 및 외피재료 특성에 관한 연구, 한국생활환경학회지, 21(1), 42-50
22. 이종신, 오명관. (2019). Landsat 8 위성영상과 AWS 데이터를 이용한 서울특별시의 지표면 온도 분포 분석, 한국산학기술학회 논문지, 20(1), 434-439
23. 이태규, 김정욱. (2019). 미래 기후에 의한 레퍼런스 건축물의 에너지 요구량 변화 분석과 대응 방안에 대한 연구, 한국건축친환경설비학회 논문집, 13(6), 456-472
24. 장성진, 최경석, 김수민. (2020). 기후조건 및 건축물 유형에 따른 국내 제로에너지 건축물 인증기준 개선 방안 연구, 설비공학논문집, 32(5), 205-214
25. 정진우, 정세진, 김병식. (2021). 기후변화시나리오와 ETCCDI지수를 이용한 제주지역의 극한기후 분석, 한국방재학회논문집, 21(4), 13-21
26. 제주지방기상청, 제주도 기후변화 특성분석집 (2019)
27. 제주지방기상청, 제주도 상세기후 특성집(2010)
28. 최윤철, 서광덕. (2017). 공공기관 건축물의 기후변화에 따른 위험요소 분석, 대한건축학회 논문집 - 구조계, 33(11), 11-18
29. 최준성, 박천보. (2019). 국내 공동주택 녹색건축 인증기준의 기후변화 대응영향에 관한 연구, 대한건축학회연합논문집, 21(3), 117-124
30. George F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. International Yearbook of Cartography, 7, 186-190.
31. Jiang, Bin. (2013). "Head/Tail Breaks: A New Classification Scheme for Data with a Heavy-Tailed Distribution" The Professional geographer, 65(3), 482-494.
32. M. A. North, (2009). "A Method for Implementing a Statistically Significant Number of Data Classes in the Jenks Algorithm," 2009 Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 35-38.

<기타 문헌>

1. 기상자료개방포털(기상청) <https://data.kma.go.kr/>
2. 농업날씨365(농촌진흥청) <http://weather.rda.go.kr/w/>
3. 국립원예특작과학원(농촌진흥청)  
<https://fruit.nihhs.go.kr/main/aws/awsRtMonitor.do>
4. 신(新)기후평년값이 보여준 기후변화, 제주지방기상청 보도자료, 2021
5. Wikipedia. (2022. May 23). Jenks natural breaks optimization.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Jenks\\_natural\\_breaks\\_optimization](https://en.wikipedia.org/wiki/Jenks_natural_breaks_optimization)
6. 「건축물의 에너지절약설계기준」 [시행 2022. 7. 29.] [국토교통부고시 제 2022-52호, 2022. 1. 28., 일부개정] 국토교통부(녹색건축과),  
<https://www.law.go.kr/행정규칙/건축물의에너지절약설계기준>
7. 「제2차 제주특별자치도 녹색건축물 설계기준」 [시행 2022. 5. 11.] [제주특별자치도 고시 제2022-122호, 2022. 5. 11., 일부개정]  
<http://www.jeju.go.kr/news/news/law/jeju.htm>

<학술성과>

1. 2021년 대한건축학회 제주지회 학술발표대회 논문 발표.  
김지은, 전규엽. (2021). 제주 지역별 기후변화에 따른 건축물 에너지 요구량에 관한 연구, 대한건축학회 제주지회 학술발표대회 논문집, 27-28.
2. 2022년 생활환경학회 논문 게재.  
김지은, 전규엽. (2022). 제주 지역별 기후변화 특성과 건축물 에너지 요구량에 관한 연구. 한국생활환경학회지, 29(4), 356-364.

## Abstract

The importance of carbon neutrality to overcome climate change is emphasized every year. Jeju Island has various climates, and data on detailed analysis of regional differences are insufficient. This study attempted to analyze the climate differences and climate change trends of Jeju Island by region and to identify quantitative differences in building energy requirements based on this. The purpose is to propose basic data for establishing standards and methods for energy-saving design of buildings to which regional differences are applied. The spatial scope of the study was set across Jeju Island, and the temporal range was set as a five-year statistic for the last 30 years for the defense area branch, and a three-year statistic for the U.S. climate area branch. The study method analyzed the climate characteristics and climate change of four points for each defense area and 68 points for detailed climate areas by extracting and processing weather data from the Korea Meteorological Administration and the Rural Development Administration.

As the first process of climate analysis, the average temperature and average relative humidity were calculated and averaged every five years for 30 years from 1991 to 2020, analyzing the characteristics of climate by defense zone, and confirming the trend of climate change by five years. The average temperature showed an increasing trend, and the mid-term temperature in Jeju (city) and the 30-year summer temperature in Seongsan showed the largest increase. Relative humidity showed a significant increase in Seongsan and Seogwipo during the summer. As a second process, a distribution chart for each climate element was prepared using the inverse distance weighting method (IDW) of the ArcGIS program to check the

climate comparison and distribution of detailed regions, and a distribution chart for the U.S. climate region was derived using a complex climate. In addition, in order to analyze microclimate factors, general linear regression analysis (GLR) and geo-weighted regression analysis (GWR) between variables were performed to compare the results. As a microclimate factor, altitude above sea level was the most influential, followed by coastline as a distance, and the direction of the slope was found to have different effects by season.

Building energy analysis was performed from a perspective of identifying changes over 30 years in the case of four defense areas, and five of the derived microclimate areas were performed from a public perspective applying statistics for three years. The building energy analysis was compared by branch by quantifying the building energy requirement and primary energy requirement after obtaining the results by entering the weather information for each branch in the energy shop (Energy#2.5). Looking at the energy change caused by climate change, the cooling energy demand in all four regions by defense area increased as the recent year approached, and the change in primary energy consumption was insignificant as the heating energy decreased and the cooling energy increased. In addition, Seogwipo has consistently had higher cooling energy than heating energy since 30 years ago, and Jeju (city) cooling energy for the last five years has been higher than heating energy. As a result of energy analysis in the U.S. climate region, the H-h region (Jocheon) was the highest in cooling energy and the L-h region was the highest in heating energy. The sum of the cooling and heating energy requirements is the highest in the L-h region (Seongpanak), followed by the M-h region (Kashi-ri), the H-l region (Outdo), the H-h region (Jocheon), and the M-m region (Seogwang). According to the difference in energy requirements by microclimate region, it was proposed to subdivide the energy-saving design standards of buildings and the design

standards of green buildings. The energy standard was divided into three stages according to climate difference, and the details of airtightness, shade, and ventilation among passive technical elements of the green building design standard were proposed according to climate factors and microclimate areas.

This study is meaningful in suggesting eco-friendly design directions that apply the U.S. climate zone by proposing building energy saving design standards and green building design standards through a series of processes such as climate analysis, U.S. climate zone derivation, and energy analysis. As a follow-up study, passive technology elements for energy reduction can be applied by defense and microclimate regions to analyze quantitative differences before and after application, analyze differences in energy use for public institutions and village facilities in the region, and propose reduction measures. Through the practical application of basic data on eco-friendly design applying microclimate in Jeju, specific and reasonable practice of carbon neutrality in the construction field can be continued.

#### Key Words

Jeju, Climate Change, Microclimate, Energy Efficient Building Design