

연구보고서

기온의 변화에 따른 근로자 건강영향 연구

윤민주 · 이경은 · 이완형 · 윤진하 · 강성규 · 최원준
함승헌 · 강모열 · 이준형 · 이용호 · 이은이 · 이미정

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요 약 문

연구기간

2020년 04월 ~ 2020년 11월

핵심 단어

기온변화, 근로자, 건강영향, 질환 위험요인

연구과제명

기온의 변화에 따른 근로자 건강영향 연구

1. 연구배경

기후변화는 지구 규모의 기후 또는 지역적 기후의 시간에 따른 변화를 의미하며, 지구온난화는 세계 여러 곳에서 물리적 및 생물학적 체계에 다양한 영향을 미치고 있다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 5차 보고서에 따르면 지난 20년간의 평균 기온을 분석한 결과, 21세기 말 경에는 온난일 및 온난야가 각각 현재(약 36일)보다 약 4.6배, 5배 증가하게 되는 반면, 한랭일 및 한랭야는 모두 감소하여 현재 약 36일에서 3일과 2.4일로 감소될 것으로 보고되었다.

기온 상승으로 인한 폭염의 증가는 인간의 질병발생과 사망위험에 영향을 미친다. 폭염으로 인한 감염병, 열관련 질환, 만성질환 등의 위험이 증가하고 있으며 2018년도에는 폭염으로 인한 사망자(열사병 추정)가 전년 대비 약 336% 증가하였다.

기온상승으로 인한 사회전반의 문제를 최소화하기 위하여 우리나라에서는 온열질환감시체계 운영, 취약계층 긴급구제 등의 대책을 운영하고 있으나, 기본적인 지침은 외부활동자제이다. 그러나 이러한 외부활동을 자제하기 어려운 대표적인 집단이 근로자이다. 대다수의 근로자들은 개개

인의 상황보다는 주어진 업무를 정해진 시간 및 장소에서 수행해야하므로 기온변화에 따른 건강보호가 필요한 집단이다. 2018년도 질병관리본부의 온열질환 감시체계 운영결과, 폭염 기간 동안 발생한 우리나라의 온열질환자 4,526명 중 1,274명(28.1%)이 실외작업자로 보고된 적이 있다. 또한 소규모 사업장에 속한 근로자들은 인력 및 장비 제한 등의 열악한 근무 조건으로 폭염으로 인한 건강위험을 즉각적으로 대처하기에 한계가 있다.

2018년도 우리나라에서는 1973년 이래 전국 평균 최고 기온 및 폭염일수를 기록하는 등의 극심한 폭염이 발생해 점점 기온변동의 폭이 크고 예측하기 어려워지고 있으며, 이상 기온에 따른 근로자 건강관리를 위한 방안마련이 요구되고 있다. 해마다 바뀌는 기상이변과 함께 직업적 특성으로 폭염 노출 위험이 높은 근로자들의 건강보호를 위한 선제적인 건강영향 연구기반의 건강관리 방안이 마련될 필요가 있다.

2. 연구방법

본 연구에서는 우리나라 일반 근로자 집단을 대상으로 대기온도의 특성에 따른 건강영향 분석과 특수건강진단 근로자 집단을 대상으로 온열질환 위험요인 분석의 두 가지 방향으로 진행하였다.

대기온도 특성에 따른 근로자 건강영향 분석을 위해 2018년도 한반도 기후변화 전망분석서를 고찰하며 우리나라 기온 변화의 특성 및 추세를 파악하였다. 자료구축은 기상자료 및 근로자 건강영향자료로 구분하여 2002-2015 자료를 기상청 측정소 기준으로 구축하였다. 기상자료는 최고기온, 평균기온, 열지수, 연속폭염일수를 주요 노출인자로 분석하였고, 풍속, 운량, 일조량, 습도를 보정변수로 활용하였다. 건강영향자료는 건강보험공단의 표본코호트 및 통계청 사망자료를 활용하여 치명건강영향(사망), 일반건강영향, 폭염관련 건강영향으로 구분하여 14가지 건강영향군을 구축 및 분석하였다. 분석은 시계열성 확인, 연관성 추정, 지연효과 확인 세 가지

방향으로 진행하였고 양-반응 관계를 확인하고 역치를 제안하기 위하여 모형적합성 평가를 활용해 최적모형을 선정하였다.

특수건강진단 근로자의 온열질환 위험요인 분석을 위해 연구대상을 2018년도 특수건강진단 근로자로 선정하였고, 이들 중 2018년도 한 해 동안 업종 및 직종 변경이력이 있는 사람 및 2018년도 이후 입사한 사람은 대상자에서 제외하였다. 추출된 연구대상자를 2018년도 한 해 동안의 온열질환 유무를 기준으로 나누어 환자-대조군 연구(Case-Control Study)를 수행하였다. 질환정보는 연구대상자를 기준으로 건강보험공단 맞춤형자료를 활용하여 온열질환 정보(온열질환 유무, 온열질환 종류, 온열질환 횟수) 및 과거력(뇌심혈관계, 비노생식기계)을 파악하였다. 작업환경정보는 작업환경측정자료(고열 유해인자)를 활용하여 고온노출의 초과여부를 확인하였다. 질환정보, 작업환경측정정보, 인구학적 특성 전체를 반영하여 로지스틱 회귀분석을 수행하였고, 최종적으로 온열질환의 잠재적 위험요인을 파악하였다.

3. 연구결과

우리나라 기후변화 특성을 파악한 결과, 폭염과 열대야가 증가하며 여름이 매우 길어질 것으로 예상된다.

대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석 결과, 치명건강영향의 경우 전체 사망이 최고기온과 연관성이 있고 옥외사망은 최고기온, 연속폭염일수와 연관성을 가진다. 일반건강영향에서는 감염성질환, 순환기계질환, 뇌심혈관계질환, 비노생식기계질환, 사고 및 손상이 대기온도 관련인자와 연관성이 확인되었다. 폭염관련 건강영향의 경우, 폭염질환은 일평균기온, 최고기온, 열지수, 연속폭염일수 모든 대기온도 지표와 연관성을 가진다.

특수건강진단 근로자의 온열질환 위험요인 분석 결과, 나이, 보험료분위,

직종, 사업장규모, 업종, 작업장 내 고온노출 초과여부, 과거질환(비뇨생식기계) 변수가 온열질환과 유의한 연관성을 보였다. 변수들을 보정한 후 오즈비를 산출한 결과에서는 여성, 업종 중 제조업, 건설업, 도소매업, 작은 사업장 규모, 작업장 내 고온노출 초과, 비뇨생식기계 과거 질환력 변수가 온열질환의 유의한 위험요인으로 확인되었다.

4. 연구 활용방안

지금까지 드물게 보고되었던 기온변화와 근로자 건강 관련 연구의 한계점을 극복하기 위해 국가에서 구축한 대표성 있는 자료들을 활용하여 실제 우리나라 근로자를 대상으로 폭염에 따른 건강영향과 위험요인을 파악하였다. 근로자 전반을 대상으로 폭염과 건강의 연관성을 선제적으로 고찰한 결과를 활용하여 향후 폭염에 따른 근로자 건강보호를 위한 역학적 근거 마련 및 취약집단의 건강보호 정책 수립에 뒷받침할 수 있을 것이라 기대된다.

5. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 윤민주 과장
 - Tel: 032-510-0756
 - E-mail: mjmj@kosha.or.kr

차례

I. 서론	1
1. 연구배경 및 필요성	1
2. 연구목표	6
1) 대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석	6
2) 특수건강진단 근로자의 온열질환 위험요인 분석	7
II. 대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석	9
1. 연구 방법	9
1) 문헌고찰	10
2) 대기온도 변화 특성	11
3) 자료 구축 및 분석	11
2. 연구 결과	13
1) 문헌고찰	13
2) 대기온도 변화 특성	20
3) 자료 구축 및 분석	31
4) 분석 결과	43
III. 특수건강진단 근로자의 온열질환 잠재적 위험요인 분석	89
1. 연구방법	89
1) 자료수집	89
2) 연구설계	93
2. 연구결과	96
1) 연구대상 특성	98

2) 온열질환 유무에 따른 연구대상자 특성	103
3) 연구대상자의 온열질환 관련 위험요인 분석	109
 IV. 고찰 및 결론	 115
 참고문헌	 121
 Abstract	 125

표 차례

〈표 1-1〉 연도별, 연령별 온열질환 발생현황 (2011-2018)	4
〈표 2-1〉 체계적 문헌고찰을 위한 임상적 질문	11
〈표 2-2〉 최종 선정 문헌 개요	14
〈표 2-3〉 우리나라의 미래 기후변화 전망	21
〈표 2-4〉 종관기상 관측요소	32
〈표 2-5〉 기상자료 구축 현황	36
〈표 2-6〉 통계청 사망자료 주요변수	41
〈표 2-7〉 표본코호트 민감상병 현황	42
〈표 2-8〉 주요 결과 정리	88
〈표 3-1〉 특수건강진단 자료 내 활용가능 변수 목록	90
〈표 3-2〉 온열질환 질병코드 및 질병명	94
〈표 3-3〉 고열의 측정방법	95
〈표 3-4〉 연구 대상자의 변수 빈도	100
〈표 3-5〉 연구대상자의 변수 유의성	103
〈표 3-6〉 온열질환의 위험요인에 관한 보정 전 오즈비(Crude OR)	110
〈표 3-7〉 온열질환의 위험요인에 관한 보정 후 오즈비(Adjusted OR)	112

그림 차례

[그림 1-1] 최고기온에 따른 100일 평균 감시체계 환자수 (2011-2016)	2
[그림 1-2] 최고기온에 따른 100일 평균 사망자수 (2005-2014)	2
[그림 1-3] 최고기온에 따른 100일 평균 환자수 (2004-2013)	2
[그림 1-4] 2018년도 발생장소 별 온열질환자 수	4
[그림 1-5] 열사병 사망자 수 및 비례사망률(10만명당), 전체 인구집단	5
[그림 1-6] 열사병 사망자 수 및 비례사망률(10만명당), 근로자 집단	5
[그림 1-7] 연구 수행체계	8
[그림 2-1] 연구 수행 개요	9
[그림 2-2] 분석 모형 개요	13
[그림 2-3] 한반도의 기온 및 강수량 전망	22
[그림 2-4] 지역별 연평균기온 전망	23
[그림 2-5] 지역별 연강수량 전망	24
[그림 2-6] 지역별 폭염일수 전망	25
[그림 2-7] 지역별 여름일수 전망	26
[그림 2-8] 지역별 한파일수 전망	27
[그림 2-9] 지역별 최대무강수지속기간 전망	28
[그림 2-10] 지역별 호우일수 전망	29
[그림 2-11] 지역별 연평균 일교차 전망	30
[그림 2-12] 기상 측정소의 지리적 위치	31
[그림 2-13] 열지수 공식	35
[그림 2-14] 월별, 요일별 전체 사망 현황	43
[그림 2-15] 기상 정보별 전체 사망과의 연관성	44
[그림 2-16] 기상 정보별 전체 사망의 지연효과	45

[그림 2-17] 전체 사망의 양반응관계 및 역치	46
[그림 2-18] 월별, 요일별 옥외 사망 현황	47
[그림 2-19] 기상 정보별 옥외 사망과의 연관성	48
[그림 2-20] 기상 정보별 옥외 사망의 지연효과	49
[그림 2-21] 기상 정보별 옥외 사망과의 양반응 관계 및 역치	50
[그림 2-22] 월별, 요일별 감염성 질환 현황	51
[그림 2-23] 기상 정보별 감염성 질환과의 연관성	52
[그림 2-24] 기상 정보별 감염성 질환의 지연효과	53
[그림 2-25] 기상 정보별 감염성 질환의 양반응 관계 및 역치	54
[그림 2-26] 월별, 요일별 내분비계 질환 현황	55
[그림 2-27] 기상 정보별 내분비계 질환과의 연관성	56
[그림 2-28] 월별, 요일별 정신 질환 현황	57
[그림 2-29] 기상 정보별 정신 질환과의 연관성	58
[그림 2-30] 월별, 요일별 순환기계 질환 현황	59
[그림 2-31] 기상 정보별 순환기계 질환과의 연관성	60
[그림 2-32] 기상 정보별 순환기계 질환의 지연효과	61
[그림 2-33] 기상 정보별 순환기계 질환의 양반응 관계 및 역치	62
[그림 2-34] 월별, 요일별 뇌심혈관계 질환 현황	63
[그림 2-35] 기상 정보별 뇌심혈관계 질환과의 연관성	64
[그림 2-36] 기상 정보별 뇌심혈관계 질환의 지연효과	65
[그림 2-37] 기상 정보별 뇌심혈관계 질환의 양반응 관계 및 역치	66
[그림 2-38] 월별, 요일별 호흡기계 질환 현황	67
[그림 2-39] 기상 정보별 호흡기계 질환과의 연관성	68
[그림 2-40] 월별, 요일별 소화기계 질환 현황	69
[그림 2-41] 기상 정보별 소화기계 질환과의 연관성	70
[그림 2-42] 월별, 요일별 피부 질환 현황	71

[그림 2-43] 기상 정보별 피부 질환과의 연관성	72
[그림 2-44] 월별, 요일별 근골격계 질환 현황	73
[그림 2-45] 기상 정보별 근골격계 질환과의 연관성	74
[그림 2-46] 월별, 요일별 비노생식계 질환 현황	75
[그림 2-47] 기상 정보별 비노생식기계 질환과의 연관성	76
[그림 2-48] 기상 정보별 비노생식기계 질환의 지연효과	77
[그림 2-49] 기상 정보별 비노생식기계 질환의 양반응 관계 및 역치	78
[그림 2-50] 월별, 요일별 사고 및 손상 현황	79
[그림 2-51] 기상 정보별 사고 및 손상과의 연관성	80
[그림 2-52] 기상 정보별 사고 및 손상의 지연효과	81
[그림 2-53] 기상 정보별 사고 및 손상의 양반응 관계 및 역치	82
[그림 2-54] 기상 정보별 폭염질환의 연관성	84
[그림 2-55] 기상 정보별 폭염질환의 지연효과	85
[그림 2-56] 기상 정보별 폭염질환의 양반응 관계 및 역치	86
[그림 3-1] 고온노출에서 온열질환까지의 도식도(박정선 등, 2015)	97
[그림 3-2] 연구대상자 선정 순서도	98
[그림 3-3] 특수건강진단자료 및 작업환경측정자료 연계	99
[그림 3-4] 온열질환 유무 별 나이 빈도	105
[그림 3-5] 온열질환 유무 별 보험료 분위 빈도	106
[그림 3-6] 온열질환 유무 별 직종 빈도	106
[그림 3-7] 온열질환 유무 별 사업장 규모 빈도	107
[그림 3-8] 온열질환 유무 별 업종 빈도	107
[그림 3-9] 온열질환 유무 별 고온노출 초과여부 빈도	108
[그림 3-10] 온열질환 유무 별 과거질환(비노생식기계) 빈도	108

I. 서론

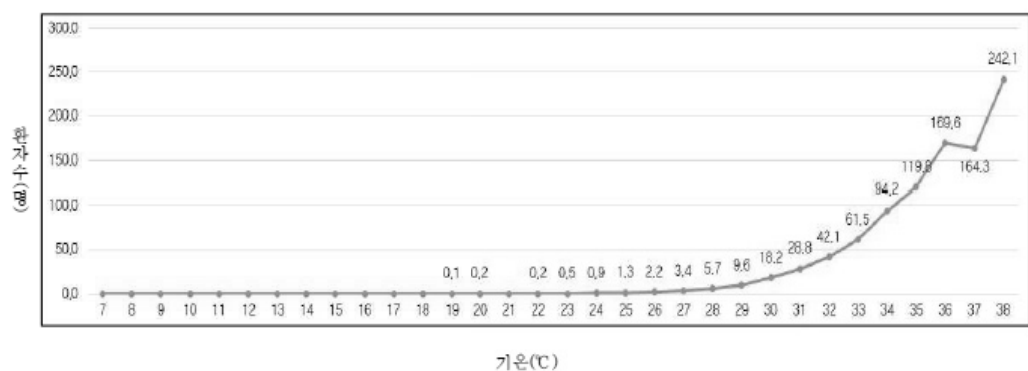
1. 연구배경 및 필요성

기후변화는 지구 규모의 기후 또는 지역적 기후의 시간에 따른 변화를 의미하며 일반적으로 수십 년 혹은 수백만 년의 기간 동안의 대기의 평균적인 상태 변화를 일컫는다. 이러한 기후변화는 세계 여러 곳에서 물리적 및 생물학적 체계에 다양한 영향을 미치고 있으며, 그 중 지구온난화는 대표적인 기온변화 문제로 대두되고 있다. 지구 온난화는 온실가스가 대기로 들어가 잔류하면서 생기는 온실효과로 인해 대류권의 기온이 상승하는 현상을 말하며, 최근 수십년간 지구 표면 부근의 대기와 바다의 평균온도가 높아지고 앞으로도 계속 높아질 것으로 예측되는 현상을 의미한다. 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC)에 따르면 지난 20년간의 평균 기온을 분석한 결과, 21세기 말이 되면 한랭일 및 한랭야가 현재(약 36일)보다 각각 3일, 2.4일로 감소하는 반면 온난일 및 온난화는 약 4.6배(36일→167일), 5배(36일→ 181일) 증가한다고 보고하였다.

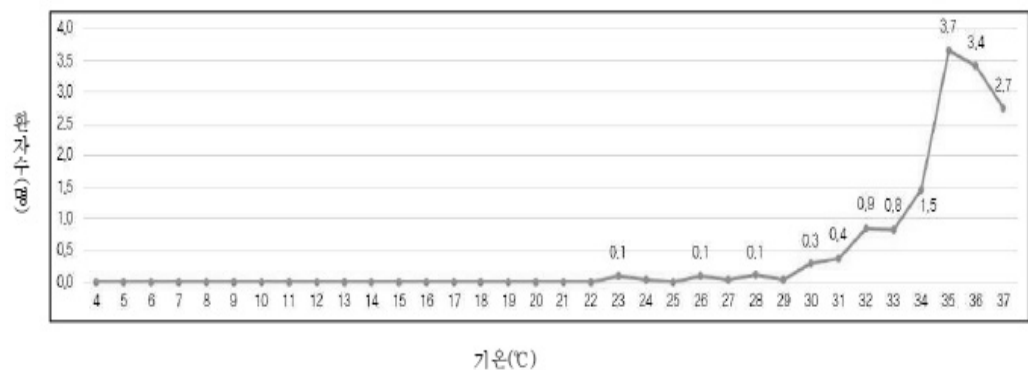
온난화의 지구 반응은 지형학적 영향을 크게 받으며, 중위도인 한국의 경우, 위와 같은 기온 상승이 세계 평균보다 40-50% 빠를 것으로 예측 된다. 특히, 우리나라의 21세기말의 폭염 및 열대야 일수가 현재 대비 매우 증가하는 것으로 추정된다. 최악의 경우에는, 우리나라의 부산에서 겨울이 사라지며, 일부 산맥 지형을 제외하곤 아열대 기후로 전환될 가능성이 높은 것으로 추정되었다.

기온 상승은 건강에 영향을 미친다. 질병관리청의 연구 보고¹⁾에 따르면, 최고기온에 따른 100일 평균 발생 환자수(온열질환 감시체계 신고자료), 사망자수(사망원인 통계), 보험 환자수(건강보험청구자료)는 다음 그림과 같다.

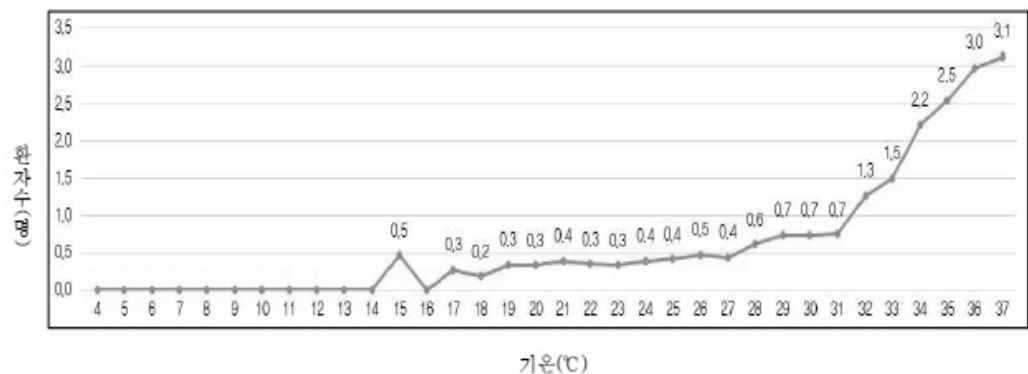
1) 이은일. 폭염 건강피해 예방을 위한 지수개발 및 서비스 개선연구. 질병관리청. 2016



[그림 1-1] 최고기온에 따른 100일 평균 감시체계 환자수 (2011-2016)



[그림 1-2] 최고기온에 따른 100일 평균 사망자수 (2005-2014)



[그림 1-3] 최고기온에 따른 100일 평균 환자수 (2004-2013)

기온이 상승함에 따라 온열질환, 사망, 병원 이용 모두 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 폭염 특보 중 낮은 단계인 폭염 주의보 (33℃ 이상인 상태가 2일 이상, 지속될 것으로 예상될 때) 이상의 온도에서부터도 사망이 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다.

이러한 기온 상승으로 인한 폭염의 증가는 인간의 질병 발생과 사망위험에 영향을 미친다. 국내의 기온변화로 우리나라에서는 온열질환의 위험이 증가하고 있다. 2018년도 질병관리본부의 온열질환 신고현황연보에 따르면 온열질환자 신고가 전년대비 188% 증가하였으며 그 중 열탈진이 55.3%, 열사병이 23.2%로 높은 비중을 차지하였다. 폭염으로 인한 사망자(열사병 추정) 역시 전년 대비 약 336% 증가하였다. 질병관리본부에서는 기후변화 관련 급·만성질환 건강기후도 개발(2015년)을 통해 우선순위 질환으로 온열질환, 급성심근경색, 뇌졸중을 선정하여 해당 질병을 대상으로 기상조건을 이용한 환자 발생 및 취약지역 등을 분석한 바가 있다. 이렇듯 기온상승으로 인한 사회전반의 문제를 최소화하기 위하여 우리나라에서는 온열질환감시체계운영, 취약계층 긴급구제, 기후변화 영향조사 및 시나리오 기반 전망정보 활용 등의 방안을 제시하고 있으나, 기본적인 지침은 외부활동자제이다.

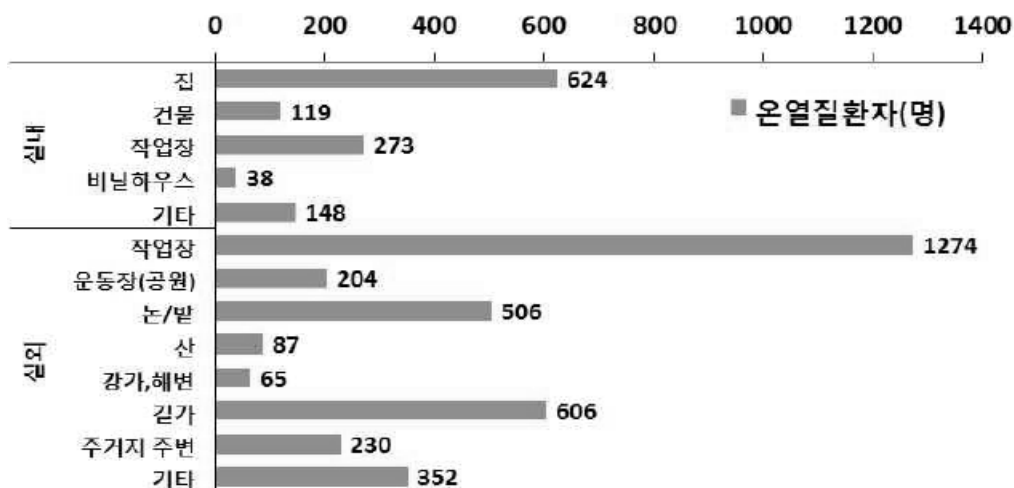
그러나 이러한 외부활동을 자제하기 어려운 대표적인 집단이 근로자 집단이다. 대다수의 근로자들은 개개인의 상황보다는 주어진 업무를 정해진 시간과 장소에서 수행해야 하는 특성이 있다. 근로자의 고온에 대한 건강 취약성은 다음과 같이 확인할 수 있다.

온열질환 신고현황연보(2018년)에 따르면 위와 같이 2011-2018년 모두 40-50대의 온열질환 발생자 수가 가장 높게 관찰됨을 알 수 있다. 일반적으로 연령이 높아짐에 따라 질병발생이 증가하는 것과는 다르게 온열질환에서는 다른 추세를 보인다. 즉, 젊은 층에 비해 상대적으로 신체기능이 떨어진 상태이나 아직 현직에 있는 중장년 층 근로자들이 고온에 취약할 수 있음을 간접적으로 파악

할 수 있다. 또한 발생장소 별 온열질환자 수를 확인해보면 실외에서는 작업장이 1,274명으로 제일 높은 수를 기록하였고 실내 기준으로는 집을 제외하고 작업장이 273명으로 두 번째 순위를 차지하였다. 실내/외 모두 작업장에서 발생한 온열질환자 수가 상당히 많으므로 작업장 근로자들의 폭염에 대한 취약성을 유추할 수 있다.

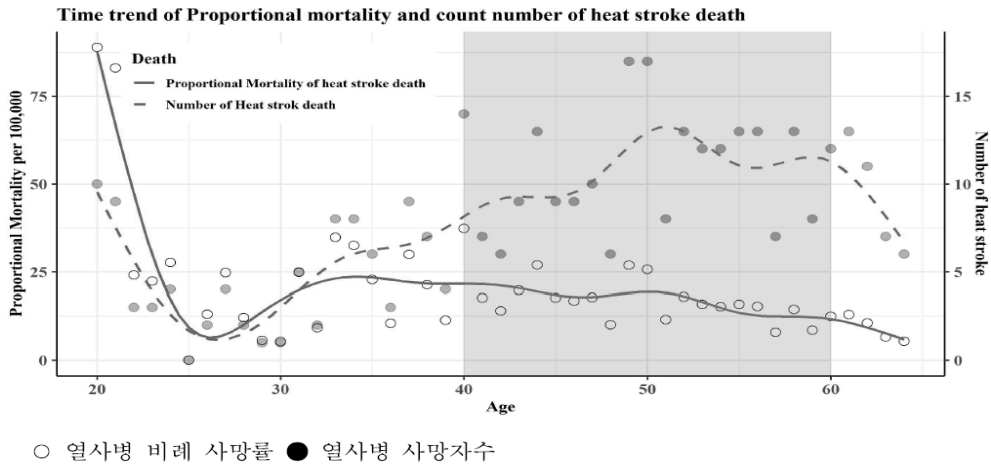
<표 1-1> 연도별, 연령별 온열질환 발생현황 (2011-2018)

구분	전체	0-19	20-39	40-59	60-79	80-
2011	443	41	105	162	109	26
2012	984	81	190	333	279	101
2013	1,189	94	243	472	285	95
2014	556	34	130	239	128	25
2015	1,056	84	222	386	268	96
2016	2,125	110	461	813	594	192
2017	1,574	90	332	630	405	117
2018	4,526	151	873	1,688	1,307	507
전체 (%)	12,453 (100)	685 (5.5)	2,511 (20.2)	4,723 (37.9)	3,375 (27.1)	1,159 (9.3)

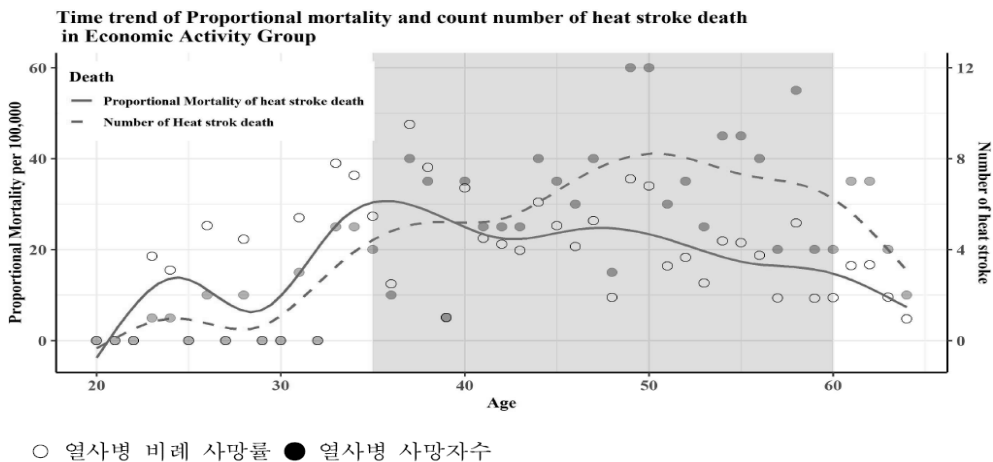


[그림 1-4] 2018년도 발생장소 별 온열질환자 수

폭염에 의한 사망은 근로자에게 가장 치명적인 건강영향으로 이완형 등 (2019) ‘기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구’에서 제시한 것과 같이, 전체 집단에서는 40대부터 일사병 사망위험이 증가하였으나 근로자 집단에서는 35세부터 급격히 증가하였다. 즉, 근로자 집단이 일반인 대비 젊은 나이에서부터 고온으로 인한 사망위험이 있음을 확인할 수 있었다.



[그림 1-5] 열사병 사망자 수 및 비례사망률(10만명당), 전체 인구집단



[그림 1-6] 열사병 사망자 수 및 비례사망률(10만명당), 근로자 집단

이렇듯 폭염은 근로자에게 부정적인 영향을 미치지만, 그 중에서도 개개인이 갖고 있는 여러 요인에 따라 질환의 영향력은 달라질 수 있다. 따라서 폭염에 의한 건강위험은 누구에게나 동일한 수준으로 적용되는 것이 아니라 고온에 대한 순화여부, 연령, 개인의 건강상태, 사회적 위치, 업무환경 등 개인 감수성 요인에 따라 달라질 수 있다.

지금까지 발표된 기존 연구는 폭염에 따른 건강영향을 주로 일반인구 대상의 결과 위주였고, 근로자 대상의 폭염과 건강영향 평가 연구는 설문 중심의 소규모로 진행된 경우가 대부분이었다. 때문에 근로자 전체 집단 및 근로자 개 개인의 감수성을 고려한 폭염에 대한 건강영향 연구는 현재로서는 부족한 실정이다. 따라서 우리나라의 기온변동의 폭이 점점 더 커지고 예측하기 어려워지고 있는 상황과 폭염에 의한 근로자 건강위험이 증가하고 있음을 반영하여 근로자 건강보호를 위한 선제적인 건강영향 연구가 마련될 필요가 있다.

2. 연구목표

본 연구에서는 기온변화에 따른 우리나라 근로자 집단의 건강영향을 분석하고 근로자의 폭염 관련 질환 위험요인을 파악하기 위해 국가 차원의 대용량 자료를 활용하여 객관적이고 대표성 있는 폭염에 따른 근로자 건강영향 분석을 진행하였다. 이를 통해 향후 폭염에 노출위험이 높은 근로자의 건강보호를 위한 과학적 근거를 제시하고자 한다.

1) 대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석

(1) 우리나라 대기온도의 변화에 대한 특성 및 추세를 파악하고 관련 문헌고찰을 수행한다.

(2) 국가 수준의 대용량 자료를 활용한 근로자의 건강영향 시범분석을

수행한다.

- 기상청, 통계청 사망자료, 건강보험공단 표본코호트 자료를 활용한다.
- 건강영향을 치명건강(사망), 일반건강, 폭염관련 질환으로 세분화하여 분석한다.

2) 특수건강진단 근로자의 온열질환 위험요인 분석

- (1) 특수건강진단 근로자들의 전체 특성 및 온열질환 유무 별 특성을 파악한다.
- (2) 특수건강진단 근로자의 온열질환 발생에 대한 잠재적 위험요인을 파악한다.
 - 특수건강진단자료, 작업환경측정자료(고열), 건강보험공단 자료를 활용한다.
 - 잠재적 위험요인을 인구학 및 작업환경 측면에서 다각도로 파악한다.

3. 연구내용 및 수행체계

본 연구는 산업안전보건연구원 기관생명윤리위원회에서 승인된 과제이며(승인번호: OSHRI-202003-HR-006) 개인식별은 불가능하도록 자료 처리를 진행한 후 연구를 수행하였다. 주요내용에 따른 수행체계는 다음과 같다.

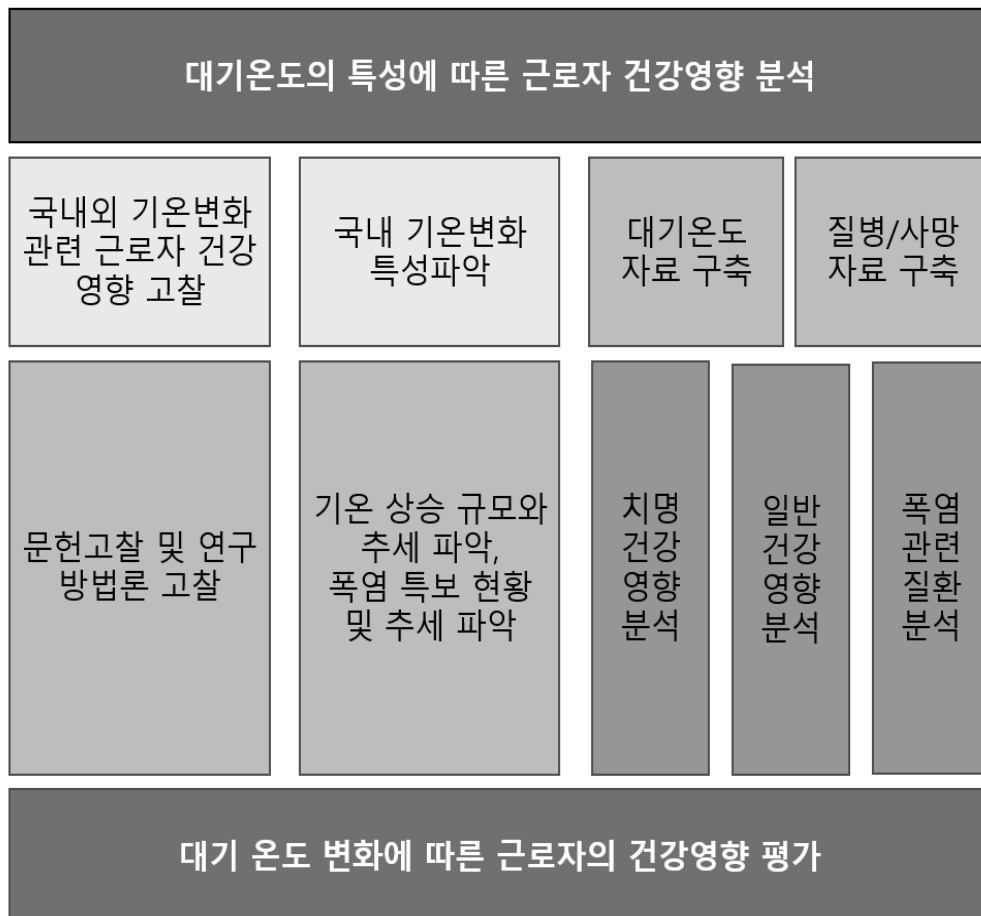
기온변화에 따른 근로자 건강영향 연구			
<ul style="list-style-type: none"> • 국내/외 기온변화 관련 근로자 건강영향 및 위험요인 문헌 고찰 • 우리나라 기온변화 특성 및 추세 파악 • 연구에 활용되는 분석대상, 기온정보, 건강영향 정의(우선순위 질환)를 설정 			
대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석		특수건강진단 근로자의 온열질환 위험요인 분석	
분석 대상	2002 - 2015년 건강보험공단 가입자 중 직장가입자	분석 대상	2018년 특수건강진단 근로자
자료 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 기상자료 <ul style="list-style-type: none"> - 기상청자료 • 치명 건강영향 <ul style="list-style-type: none"> - 통계청 사망자료 • 일반 건강영향 및 폭염관련 질환 <ul style="list-style-type: none"> - 건강보험공단 표본코호트 2.0 	자료 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 대상자 정보 <ul style="list-style-type: none"> - 특수건강진단 자료 내 사업장, 인적정보 • 질환 정보 <ul style="list-style-type: none"> - 건강보험공단 맞춤형자료 • 고온 노출작업장 정보 <ul style="list-style-type: none"> - 작업환경측정자료
시범분석	<ul style="list-style-type: none"> • 관심 건강영향 사건의 시계열적 특성 파악 및 결정인자 검토 • 통계적 분석모형 선정 및 적용 	시범분석	<ul style="list-style-type: none"> • 폭염관련 질환 유무에 따른 잠재적 요인 특성 파악 • 환자-대조군 분석법 적용

[그림 1-7] 연구 수행체계

II. 대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석

1. 연구 방법

이번 연구의 주요 흐름 및 개요는 아래의 그림과 같다.



[그림 2-1] 연구 수행 개요

먼저 대기온도의 특성에 따른 근로자의 건강영향 분석을 위해 국내외의 문헌 고찰을 수행하며 대기온도와 관련 있는 근로자의 건강 영향에 대한 역학적 및 의학적 근거 수준을 확인하였다. 문헌고찰을 통해 확인된 주요 건강영향을 바탕으로 이번 연구의 분석 대상 질환 선정에 활용하였다.

그 다음으로 국내의 기온변화 특성을 파악하고, 주로 예상되는 대기온도 변화 시나리오에 맞춰 분석 방향을 정립하였다. 이와 관련하여 기상 정보를 정의 내리고, 기상 자료를 확보하여 분석에 활용하였다. 또한 근로자의 질병 및 사망에 대한 자료를 확보하여 대기 온도와의 연관성에 대한 분석을 시행하였다..

이를 통해 확인된 대기온도에 따른 근로자의 건강영향을 바탕으로 근로자 건강보호를 위한 대안 모색에 활용하였다.

1) 문헌고찰

‘고온 및 폭염노출이 근로자의 건강상태에 주는 영향’을 중심으로 대기온도와 근로자 건강영향의 연관성을 파악하기 위하여 체계적 문헌고찰을 수행하였다. 대기정보에 대한 정의를 고찰하고 근로자 집단의 건강영향을 분석한 문헌을 갈무리하여 정리하였다. 주 관심집단을 근로자 대상, 혹은 근로자 대상결과로 삼고 고온, 폭염, 고열 등을 노출요인으로 지정하였다. 결과는 질병, 손상 및 사망으로 한정하였다. 충분한 문헌 확보를 위해 검색시작 기간은 지정하지 않고 종료기간을 2019년까지로 설정하였으며 PubMed 및 Google Scholar를 이용하였다. 검색어는 PubMed 기준으로 (((Hot Temperature[MeSH Terms]) OR (Extreme Heat[MeSH Terms])) OR (Heat Stress Disorders[MeSH Terms])) AND (worker*[Title/Abstract] OR occupation*[Title/Abstract])를 적용하였다. 국내 문헌의 경우, 폭염 및 대기온도에 따른 근로자의 건강영향에 대한 연구가 매우 드물어 제외하였다. Original article만 검색하고 인간대상연구, 언어는 영문을 적용하였다. 전체적인 문헌 고찰과정은 PRISMA (Preferred Reporting

Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)를 적용하였다.

<표 2-1> 체계적 문헌고찰을 위한 임상적 질문

구분	합계
P (Participant)	근로자 대상 또는 근로자 대상 결과
I (Intervention / exposure)	고온, 폭염, 고열
C (Control)	non-exposure group
O (Outcome)	질병, 손상, 사망

2) 대기온도 변화 특성

대기온도의 변화 특성은 지역별 또는 국가별로 차이가 있으며, 대기온도의 변화에 따른 근로자 건강영향 분석의 시작점을 제시한다는 점에서 중요하다. 대기온도의 변화는 기후변화의 한 부분으로 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 기후변화 특성을 파악하고, 예측되는 기후변화 특성에 대해 대기온도를 중심으로 파악하고자 한다. 이를 위해, 우리나라 유관기관의 대표성 있는 공식 보고서를 활용하였다. 이번 연구에서는 우리나라의 기후변화 현황 및 전망에 대해 기상청의 ‘한반도 기후변화 전망분석서 (2018)’의 주요 내용을 정리하였다.

3) 자료 구축 및 분석

우리나라의 기상정보는 기상청을 통해 지역별 중심 기상 측정소를 바탕으로 생성되고 활용된다. 따라서 기상 측정소에서 갈무리되는 기상정보를 확보하고 이번 연구에 필요한 정보를 최대한 추출하고 대기온도 특성을 정의하였다. 근로자의 건강영향을 평가할 수 있는 국가 차원의 공신력 있는 정보를 확인하고 자료를 구축하며, 치명 건강영향은 통계청의 사망자료, 일반건강영향 및 폭

염관련 질환에 대한 정보는 건강보험공단 표본코호트를 활용하였다. 자료구축을 통해 대기온도에 대한 정보와 근로자의 건강영향 정보의 연관성 분석을 시행하고, 기상 정보 및 질병의 특성을 반영하여 최적의 분석 모형을 결정하여 적용하고자 한다.

기본적인 분석의 흐름은 다음과 같다. 우선 관심 건강영향 사건의 시계열적 특성을 파악한다. 관심 시기를 여름철로 한정하지 않고 일단위로 연간 변화의 특성을 파악한다. 관심 있는 건강영향 사건이 여름철에 두드러지는지와 함께 시계열성이 있는지를 확인하고 여기에 미치는 시계열적 결정 인자 (주중/주말 여부, 계절 등)를 검토한다. 이렇게 확인된 건강영향의 시계열성을 결과로 선정하고, 대기온도의 특성인 기온 (평균, 최고), 열지수, 연속폭염일수를 주요 노출 인자로 선정한다. 시계열적 결정 인자와 대기의 상태 인자 (풍속, 운량, 일조량, 습도 등)를 보정하여 최적의 모델을 선정하여 분석을 진행한다. 분석 모형으로는 기상정보의 특성상 비선형성이 높고, 연구 특성상 예측보다는 연관성에 대한 검토가 중심이 됨을 고려했을 때 일반화가법 또는 일반화부가모형 (Generalized Additive Model, GAM)을 활용하기로 하였다. 또한 대기온도의 영향 특성에 대해 폭염이 미치는 건강 영향이 일정한 시간 이후 발현한다고 가정하여 지연 효과 (lag time effect) 역시 분석에 고려하였다. 이때의 지연 효과가 선형이 아니라 비선형적 모형을 가질 수 있으므로, 분산비선형지연모델 (Distributed Lag Non-Linear Model, DLNM)을 적용하여 효과 추정을 하였다. 위해도의 추정은 포아송 회귀분석을 이용하였다. 또한, 기상인자의 노출과 건강 영향에 대한 양-반응 관계(dose-response relationship)분석을 시행하였다. 이를 통해 기상인자가 근로자에게 건강영향을 나타내기 시작하는 역치(threshold)에 대한 추정값을 제시할 수 있다.

분석 시 근로자의 경우, 주중에 질병 및 사고의 위험이 높고 주말에는 병의원 휴업으로 인한 영향이 존재하기 때문에, 이러한 주중, 주말의 차이를 모형에 반영하였다.

분석기간은 여름철(7,8월)의 앞뒤 한 달을 포함하여 6 - 9월까지로 선정하였다. 노출변수 4가지와 결과변수 12가지에 대해 각각 분석모형을 구축하였으며, 기본 분석모형과 변수에 대한 설명은 다음 [그림 2-2]와 같다.

$$\begin{aligned}
 g(event) = & \beta_0 + f_1(exposure_{t-1}) \\
 & + f_2(Months_t) + f_3(Weeks_t) \\
 & + f_4(humidity_t) + f_5(cloud\ amount_t) + f_5(sunlight\ time_t) + f_6(wind_t) \\
 & + f_7(region_t)
 \end{aligned}$$

Event: 사망(전체/실외), 감염성 질환, 내분비 질환, 정신 질환, 순환계 질환 (전체/뇌심혈관계), 호흡계 질환, 소화계 질환, 피부 질환, 근골격계 질환, 비노생식계 질환, 사고 및 손상, 열관련 질환

Exposure: 일평균기온, 최고기온, 열지수, 연속폭염특보일수

Months: 계절별 의료기간 이용 및 관심 사건 발생 차이

Weeks: 요일별 의료기간 이용 및 관심 사건 발생 차이

Humidity: 평균습도

Cloud amount: 운량

Sunlight time: 일조시간

Wind: 평균 풍속

Region: 지역별 의료기간 이용 및 관심 사건 발생 차이

[그림 2-2] 분석 모형 개요

2. 연구 결과

1) 문헌고찰

문헌고찰 결과, 다음의 경우 문헌에서 제외하였다.

- (1) study participants were NOT working population
- (2) the main exposure was NOT high temperature
- (3) the effect was NOT human health
- (4) NOT the original article

(5) the research was NOT reported in English in a peer-reviewed journal.

그 결과 전체 459개의 문헌을 검토하였고, 그 중 질병, 손상, 사망과 관련이 없는 주제의 논문 등 348개를 제외하였다. 나머지 111개의 문헌에 대해서는 전문가 회의를 통해 문헌검토를 진행하였고 총 52개의 문헌이 선정되었다.

최종 선정된 52개의 문헌은 다음과 같이 분류되었다. 가장 많은 비중을 차지한 문헌은 고온 노출질환에 대한 내용이었으며, 총 17편이 확인되었다. 사망에 대한 문헌 6편, 사고 및 손상에 대한 문헌 10편, 비노신장기계에 대한 문헌 8편, 생식계에 대한 문헌 5편, 정신건강에 대한 문헌 3편, 기타 3편의 문헌으로 분류되었다. 전체 선정된 문헌에 대한 내용은 다음의 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 최종 선정 문헌 개요

번호	제목	출판 연도	주저자	분류
1	Mortality from cardiovascular diseases among potash miners exposed to heat	1995	Pascal Wild	사망
2	Heat-related fatalities in North Carolina	2005	Maria C. Mirabelli	사망
3	Characterizing occupational heat-related mortality in the United States, 2000-2010: an analysis using the Census of Fatal Occupational Injuries database	2014	Diane M. Gubernot	사망
4	Socioenvironmental factors associated with heat and cold-related mortality in Vadu HDSS, western India: a population-based case-crossover study	2017	Vijendra Ingole	사망

번호	제목	출판연도	주저자	분류
5	Heat Stress Impacts on Cardiac Mortality in Nepali Migrant Workers in Qatar	2019	Bandana Pradhan	사망
6	Analysis of Mortality Change Rate from Temperature in Summer by Age, Occupation, Household Type, and Chronic Diseases in 229 Korean Municipalities from 2007??016	2019	Jongchul Park	사망
7	Relationship between work-related accidents and hot weather conditions in Tuscany (central Italy)	2006	Marco MORABITO	사고 및 손상
8	Effect of summer outdoor temperatures on work-related injuries in Quebec (Canada)	2015	Ariane Adam-Poupart	사고 및 손상
9	A Case-Crossover Study of Heat Exposure and Injury Risk in Outdoor Agricultural Workers	2016	June T. Spector	사고 및 손상
10	The Impact of Heat Waves on Occurrence and Severity of Construction Accidents	2017	Rameez Rameezdeen	사고 및 손상
11	Association between high ambient temperature and acute work-related injury: a case-crossover analysis using workers' compensation claims data	2017	Judith A McInnes	사고 및 손상
12	Does hot weather affect work-related injury? A case-crossover study in Guangzhou, China	2018	Rongrong Sheng	사고 및 손상
13	The impact of sustained hot weather on risk of acute work-related injury in Melbourne, Australia	2018	Judith Anne McInnes	사고 및 손상
14	Air temperature exposure and agricultural occupational injuries in the Autonomous Province of Trento (2000-2013, North-Eastern Italy)	2018	MATTEO RICCÒ	사고 및 손상

번호	제목	출판 연도	주저자	분류
15	Nationwide epidemiological study for estimating the effect of extreme outdoor temperature on occupational injuries in Italy	2019	Alessandro Marinaccio	사고 및 손상
16	Heatwave and work-related injuries and illnesses in Adelaide, Australia: a case-crossover analysis using the Excess Heat Factor (EHF) as a universal heatwave index	2019	Blesson M. Varghese	사고 및 손상
17	Exposure to ambient heat and urolithiasis among outdoor workers in Guangzhou, China	2014	Haiming Luo	비뇨신장계
18	High kidney stone risk in men working in steel industry at hot temperatures	2004	LUIZATAN	비뇨신장계
19	Heat stress, dehydration, and kidney function in sugarcane cutters in El Salvador--A cross-shift study of workers at risk of Mesoamerican nephropathy	2015	RamónGarcía-Trabanino	비뇨신장계
20	Heat stress, hydration and uric acid: a cross-sectional study in workers of three occupations in a hotspot of Mesoamerican nephropathy in Nicaragua	2016	Catharina Wesseling	비뇨신장계
21	Heat strain, volume depletion and kidney function in California agricultural workers	2017	SallyMoyce	비뇨신장계
22	The impact of heat and impaired kidney function on productivity of Guatemalan sugarcane workers	2018	MirandaDally	비뇨신장계
23	Hydration Status, Kidney Function, and Kidney Injury in Florida Agricultural Workers	2018	JacquelineMix	비뇨신장계

번호	제목	출판연도	주저자	분류
24	Evaluation of heat stress and cumulative incidence of acute kidney injury in sugarcane workers in Guatemala	2019	JaimeButler-Dawson	비노신장계
25	Influence of occupation and living habits on semen quality in men (scrotal insulation and semen quality)	1988	JoopS.E.Laven	생식기계
26	Effect of male occupational heat exposure on time to pregnancy	1997	P.THONNEAU	생식기계
27	Spermatogenic arrest in men with testicular hyperthermia	2003	RimaDada	생식기계
28	Occupational exposures obtained by questionnaire in clinical practice and their association with semen quality	2009	GWENDOLINE DEFLEURIAN	생식기계
29	Physical and Organizational Job Stressors in Pregnancy and Associations With Primary Cesarean Deliveries	2017	Sylvia Guendelman	생식기계
30	The association between overall health, psychological distress, and occupational heat stress among a large national cohort of 40,913 Thai workers.	2010	Benjawan Tawatsupa	정신건강
31	The influence of occupational heat exposure on cognitive performance and blood level of stress hormones: a field study report	2017	Adel Mazlomi	정신건강
32	The effects of hydration on cognitive performance during a simulated wildfire suppression shift in temperate and hot conditions	2019	Michael A.Cvirn	정신건강
33	Eye problems among the workers in re-rolling mill exposed to high temperature	2013	R. Yasmin	기타

번호	제목	출판연도	주저자	분류
34	Dyslipidemia in industrial workers in hot environments	2006	Katia Vangelova	기타
35	Heat exposure, cardiovascular stress and work productivity in rice harvesters in India: implications for a climate change future	2013	Subhashis SAHU	기타
36	Mortality and Morbidity during Extreme Heat Events and Prevalence of Outdoor Work: An Analysis of Community-Level Data from Los Angeles County, California	2018	Kevin Riley	폭염관련 질환
37	Risk factors for heatstroke among Japanese forestry workers	2006	TakafumiMaeda	폭염관련 질환
38	Differences on the effect of heat waves on mortality by sociodemographic and urban landscape characteristics	2013	YihanXu	폭염관련 질환
39	Summer outdoor temperature and occupational heat-related illnesses in Quebec (Canada)	2014	ArianeAdam-Poupart	폭염관련 질환
40	Heat-related illness among Oregon farmworkers	2014	Jeffrey W. Bethel and Renee Harger	폭염관련 질환
41	Heat Illness Among North Carolina Latino Farmworkers	2015	ThomasA.Arcury	폭염관련 질환
42	Risk Factors for Heat-Related Illness in Washington Crop Workers	2015	JuneT.Spector	폭염관련 질환
43	Extreme heat and occupational heat illnesses in South Australia, 2001-2010	2015	JianjunXiang	폭염관련 질환
44	Risk and preventive factors for heat illness in radiation decontamination workers after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident	2015	Takeyasukakamu	폭염관련 질환

번호	제목	출판 연도	주저자	분류
45	Heat-related symptoms in sugarcane harvesters	2015	JenifferCrowe	폭염관련 질환
46	Occupational heat-related illness emergency department visits and inpatient hospitalizations in the southeast region, 2007-2011	2015	L.HarduarMorano	폭염관련 질환
47	A Comprehensive Evaluation of the Burden of Heat-Related Illness and Death within the Florida Population	2016	LaurelHarduar Morano	폭염관련 질환
48	Estimating the Prevalence of Heat-Related Symptoms and Sun Safety-Related Behavior among Latino Farmworkers in Eastern North Carolina	2016	GregoryD.Kearney	폭염관련 질환
49	Thermal Exposure and Heat Illness Symptoms among Workers in Mara Gold Mine, Tanzania	2018	E.B.Meshi	폭염관련 질환
50	Exertional heat illness: knowledge and behavior among construction workers	2018	DaliaA.El-Shafei	폭염관련 질환
51	Classification of Heat-Related Illness Symptoms Among Florida Farmworkers	2018	AbbyD.Mutic	폭염관련 질환
52	Heat-Related Illness in Midwestern Hispanic Farmworkers: A Descriptive Analysis of Hydration Status and Reported Symptoms	2019	KennithCulp	폭염관련 질환

문헌고찰을 진행한 결과, 일반인구 대상으로는 대기온도와 건강영향의 정보가 수만 건인 것에 비해 근로자 대상의 건강영향 문헌은 매우 적은 수를 차지했다. 그만큼 근로자 대상의 고온 노출과 건강영향 연구가 현재로서는 부족한 실정임을 알 수 있었다. 고온의 노출은 주의 집중력을 떨어뜨려 근로자의 사고 및 손상 위험을 높이는 것으로 보고되고 있다. 고온으로 인한 탈수 등은 체액의 불균형을 유발하여 신장 및 비뇨기계통의 부담을 증가시킨다. 고온 노출로 인해 다양한 순환 및 배설기계의 건강 악영향이 확인된다. 고온 노출로 인한 체액의 불균형은 생식기계에도 영향을 미치는 것으로 확인되며, 특히 고온에 만성적으로 노출되는 남성근로자에게서는 정자생성 능력 및 수정 능력 전반의 기능부전이 보고되고 있다. 고온의 노출은 간접적인 건강영향도 확인된다. 고온 노출 근로자는 우울증, 수면장애 등의 위험이 높은 것으로 나타나며, 주관적인 건강인식이 낮고, 통증 등에 민감해지는 경향이 확인된다. 즉, 높은 대기온도에 노출될 가능성이 있는 근로자는 여러 건강영향이 나타날 수 있음을 파악하였고, 이를 통해 우리나라 근로자 대상의 정밀한 건강영향 분석이 필요함을 알 수 있었다.

2) 대기온도 변화 특성

대기온도의 변화를 살펴보기 위해 한반도의 기후변화 시나리오를 활용하였다. 기상청은 IPCC의 대표농도경로(Representative Concentration Pathway, RCP)를 사용하여 온실가스 농도 전망을 기초로 전 지구 및 한반도 기후변화 시나리오 자료를 2011년부터 생산하고 있다. 시나리오 4종(RCP2.6/4.5/6.0/8.5)에 따른 우리나라의 미래 기후변화 전망은 다음 <표 2-3>과 같다.

[그림 2-3]을 통해 알 수 있듯이, RCP2.6 시나리오에서 한반도의 연평균기온이 현재 대비 21세기 전반기에 $+1.5^{\circ}\text{C}$, 중반기와 후반기에 $+1.8^{\circ}\text{C}$ 상승할 것으로 전망되며, 그 외 RCP 4.5 시나리오에서 전반기에 $+1.3^{\circ}\text{C}$, 중반기에 $+2.3^{\circ}\text{C}$,

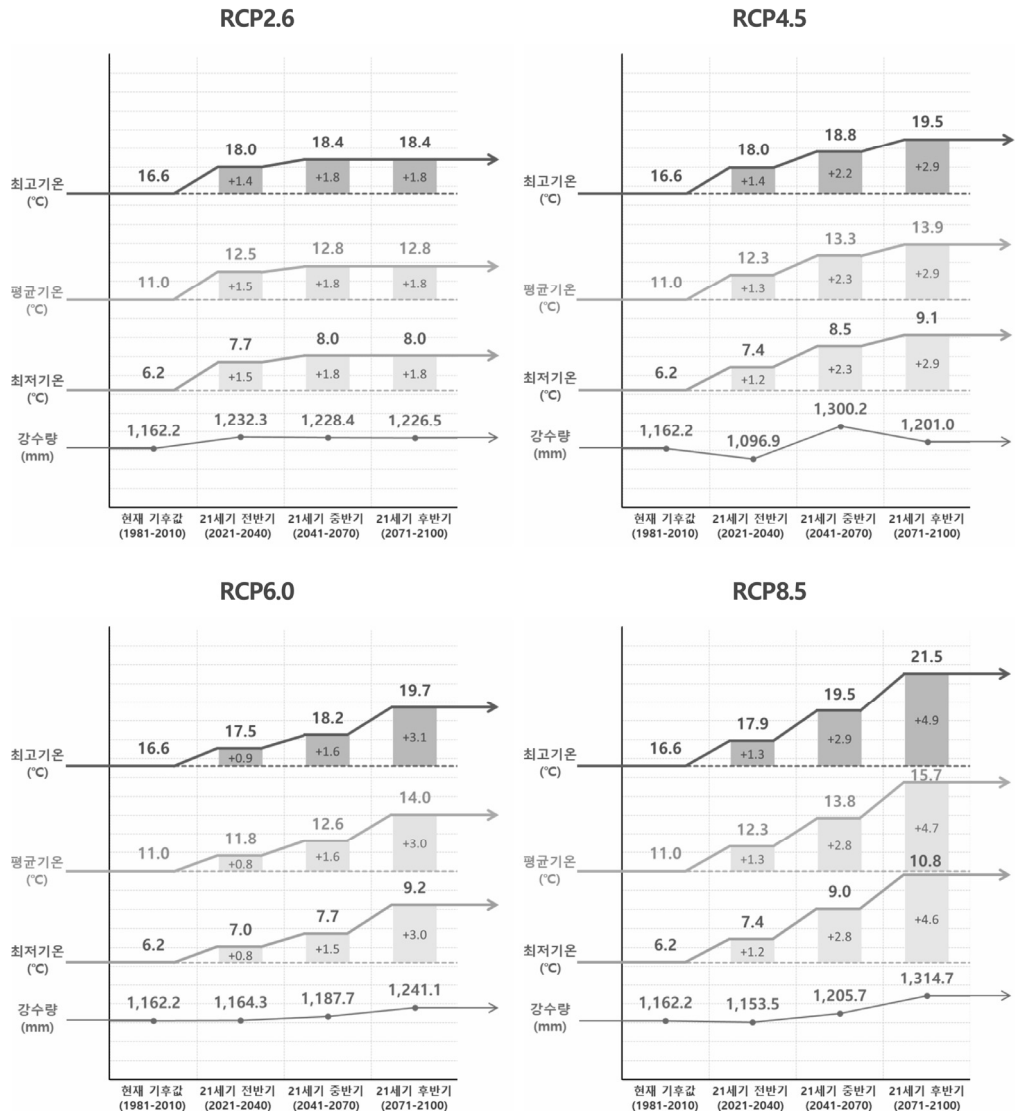
후반기에 +2.9℃ 상승, RCP 6.0 시나리오에서 전반기에 +0.8℃, 중반기에 +1.6℃, 후반기에 +3.0℃ 상승하여 온난화가 후반기까지 지속될 것으로 보인다. RCP 8.5 시나리오에서는 전반기 +1.3℃, 중반기 +2.8℃, 후반기 +4.7℃ 상승할 것으로 전망되며, 모든 RCP 시나리오에서 한반도 연평균기온은 전 지구 및 동아시아의 것에 비해 상승폭이 더 클 것으로 예측된다.

<표 2-3> 우리나라의 미래 기후변화 전망

시나리오	내용
RCP2.6	인간 활동에 의한 영향을 지구스스로 회복 가능한 경우 (미래 온실가스 증가가 2100년경 지구기후시스템에 2.6W/m ² (이산화탄소 농도 420ppm)의 직접적 온실효과 유발 가정)
RCP4.5	온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우 (미래 온실가스 증가가 2100년경 지구기후시스템에 4.5W/m ² (이산화탄소 농도 540ppm)의 직접적 온실효과 유발 가정)
RCP6.0	온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우 (미래 온실가스 증가가 2100년경 지구기후시스템에 6.0W/m ² (이산화탄소 농도 670ppm)의 직접적 온실효과 유발 가정)
RCP8.5	현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우 (미래 온실가스 증가가 2100년경 지구기후시스템에 8.5W/m ² (이산화탄소 농도 940ppm)의 직접적 온실효과 유발 가정)

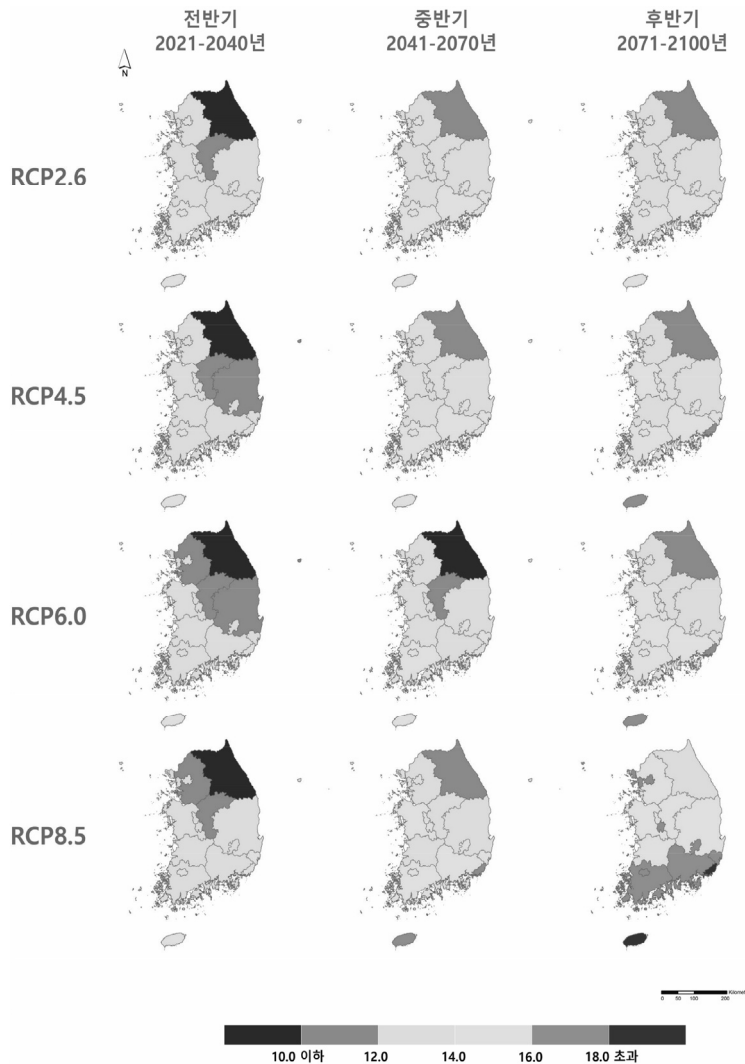
한반도의 연평균 최고기온 및 최저기온은 연평균기온과 유사한 변화경향을 보여 RCP2.6 시나리오에서는 21세기 중반기 이후 상승하지 않고, 나머지 RCP 시나리오에서 후반기까지 온난화가 지속될 것으로 전망된다. RCP2.6 시나리오에서 한반도의 연강수량이 현재 대비 21세기 전반기에 +6.0%, 중반기에 +5.7%, 후반기에 +5.5% 증가할 것으로 전망되며, RCP4.5 시나리오에서 전반기 -5.6%, 중반기 +11.9%, 후반기 +3.3%, RCP6.0 시나리오에서 전반기 +0.2%, 중반기 +2.2%, 후반기 +6.8%, RCP8.5 시나리오에서 전반기 -0.7%, 중반기 +3.7%, 후반기 +13.1%의 변화가 전망된다.

연강수량은 시나리오에 관계없이 21세기 중반기 및 후반기의 온난한 기후에서 현재와 비교하여 증가할 것으로 전망되고, RCP4.5를 제외한 나머지 시나리오에서 2세기 후반기 한반도의 연강수량은 전 지구 및 동아시아와 비교하여 더 큰 폭으로 증가할 것으로 보인다.



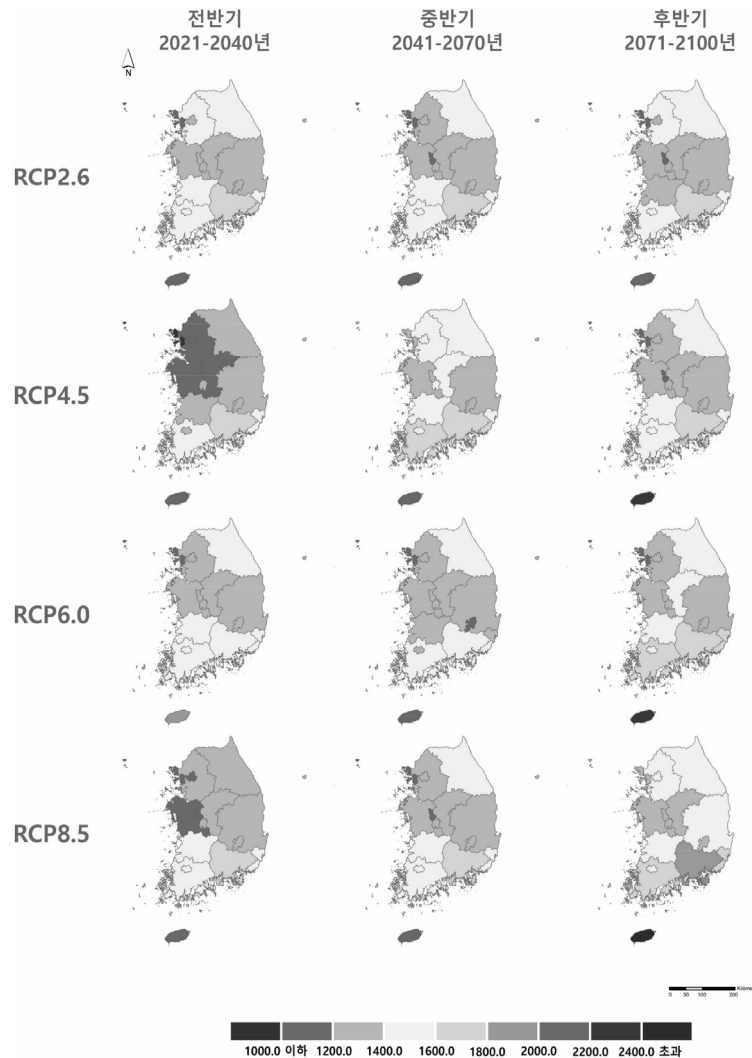
[그림 2-3] 한반도의 기온 및 강수량 전망

지역별로 살펴보면, 다음 그림과 같이 RCP 2.6/4.5/6.0 시나리오에서 21세기 후반기에 부산광역시와 제주특별자치도에서 연평균기온이 가장 높고, 강원도가 가장 낮을 것으로 전망되며, RCP8.5 시나리오에서 후반기에 부산광역시가 18.3℃로 가장 높고 강원도가 13.0℃로 가장 낮을 것으로 전망된다.



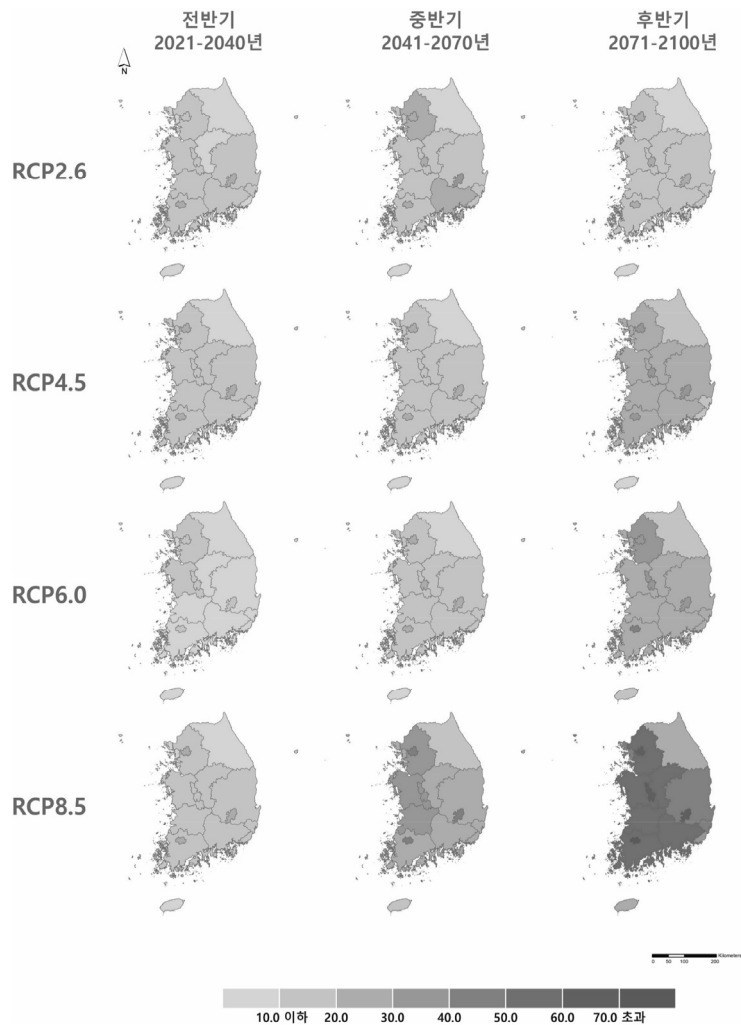
[그림 2-4] 지역별 연평균기온 전망

현재 기후값에서 연강수량은 제주특별자치도(2,168.9mm)에서 가장 많았고, 인천광역시(1,194.4mm)에서 가장 적게 나타났다. 모든 시나리오에서 21세기 후반기에 제주특별자치도에서 연강수량이 가장 많으며, 인천광역시에서 가장 적을 것으로 전망된다.



[그림 2-5] 지역별 연강수량 전망

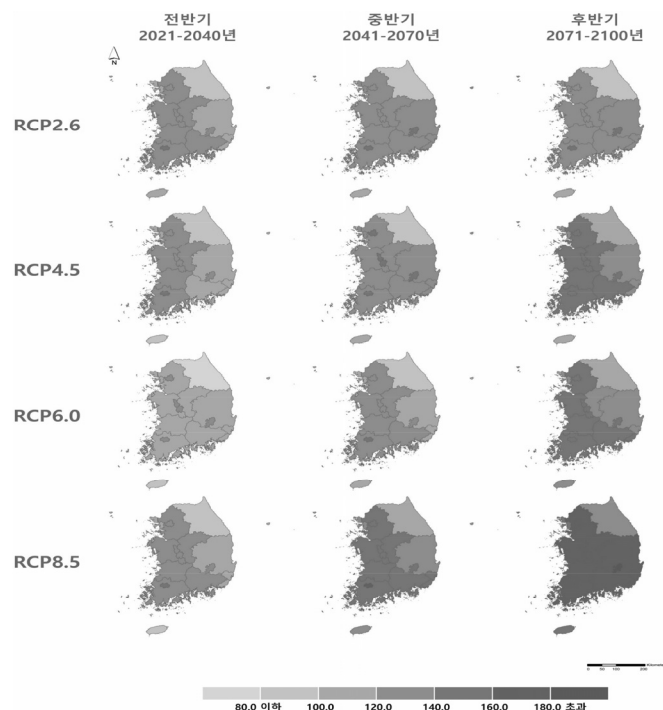
현재 기후값에서 폭염일수는 대구광역시(연간 21.9일)에서 가장 많았고, 제주특별자치도(연간1.7일)에서 가장 적었다. 모든 시나리오에서 후반기에 제주특별자치도가 가장 폭염일수가 적을 것으로 전망되며, RCP2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오에서 후반기에 각각 대구광역시(연간 28.8일), 서울특별시(연간 37.6일), 광주광역시(연간 42.0일), 광주광역시(연간 71.2일)로 높게 나타날 것으로 전망된다.



[그림 2-6] 지역별 폭염일수 전망

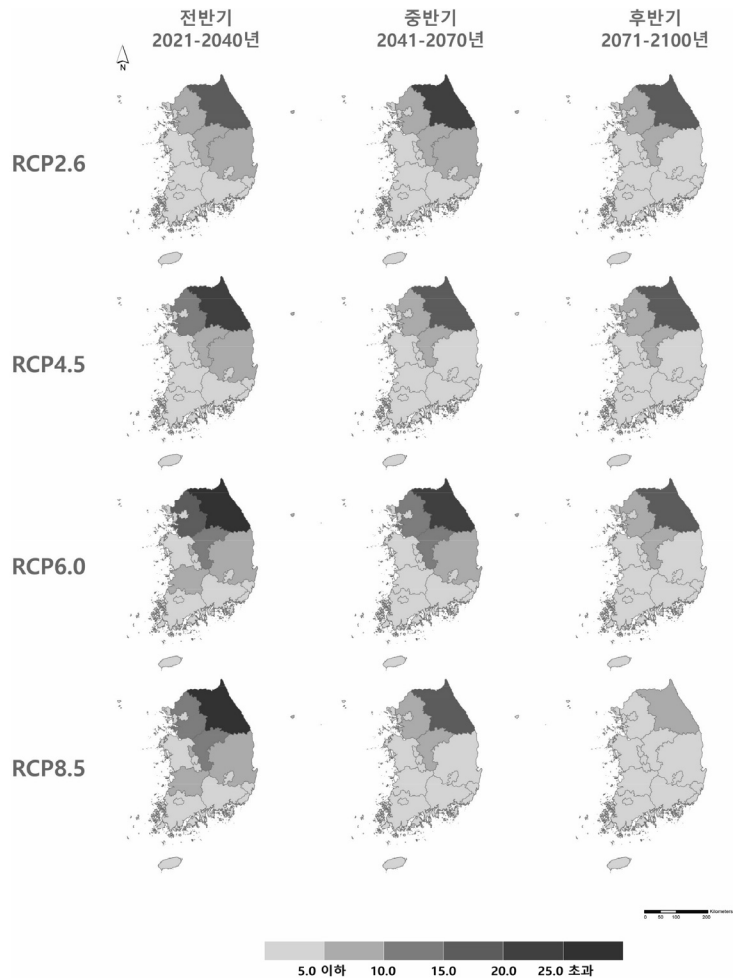
현재 기후값에서 열대야일수가 가장 많은 지역은 제주특별자치도(연간 9.5일), 가장 적은 지역은 강원도와 충청북도(연간 0.3일)였다. 모든 시나리오에서 후반기에 열대야일수가 강원도에서 가장 적을 것으로 전망되며, RCP2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오에서 후반기에 각각 제주특별자치도(연간 21.6일), 서울특별시(연간 30.4일), 광주광역시(연간 32.9일), 서울특별시(연간 60.9일)로 높게 나타날 것으로 전망된다.

현재 기후값에서 여름 일수는 광주광역시(연간 130.7일)에서 가장 많았고, 강원도(연간 74.6일)에서 가장 적었다. 모든 시나리오에서 후반기에 여름일수가 강원도에서 가장 적을 것으로 전망되며, RCP2.6/4.5/6.0 시나리오에서 후반기에 광주광역시(연간 146.7일, 157.7일, 158.7일)에서 가장 많을 것으로, RCP8.5 시나리오에서 대구광역시(연간 180.2일)에서 가장 많을 것으로 전망된다.



[그림 2-7] 지역별 여름일수 전망

현재 기후값에서 한파일수가 가장 많은 지역은 강원도(연간 31.8일)이며, 부산광역시(연간 0.1일)에서 가장 적었다. 모든 시나리오에서 21세기 후반기에 강원도(연간 18.7일, 15.1일, 15.4일, 7.5일)에서 한파일수가 가장 많을 것으로 전망된다.

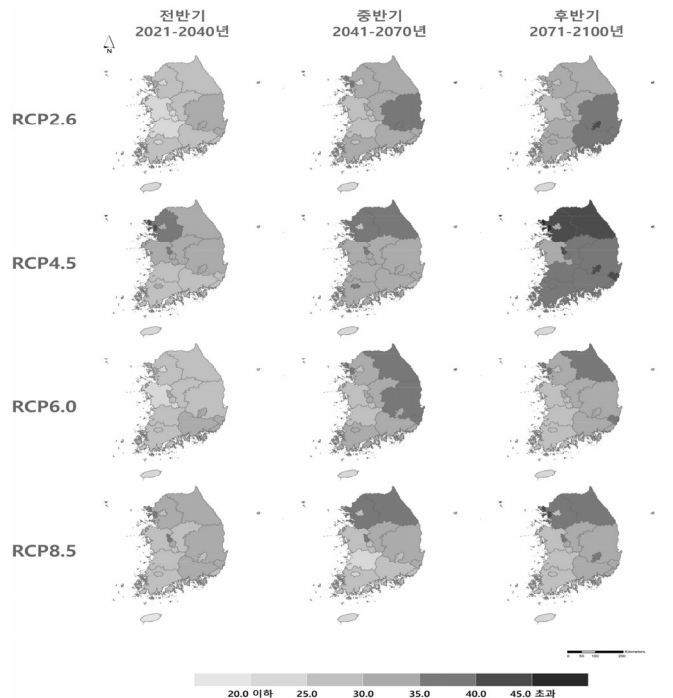


[그림 2-8] 지역별 한파일수 전망

현재 기후값에서 결빙일수가 가장 많은 지역은 강원도(연간 36.3일)이며, 부

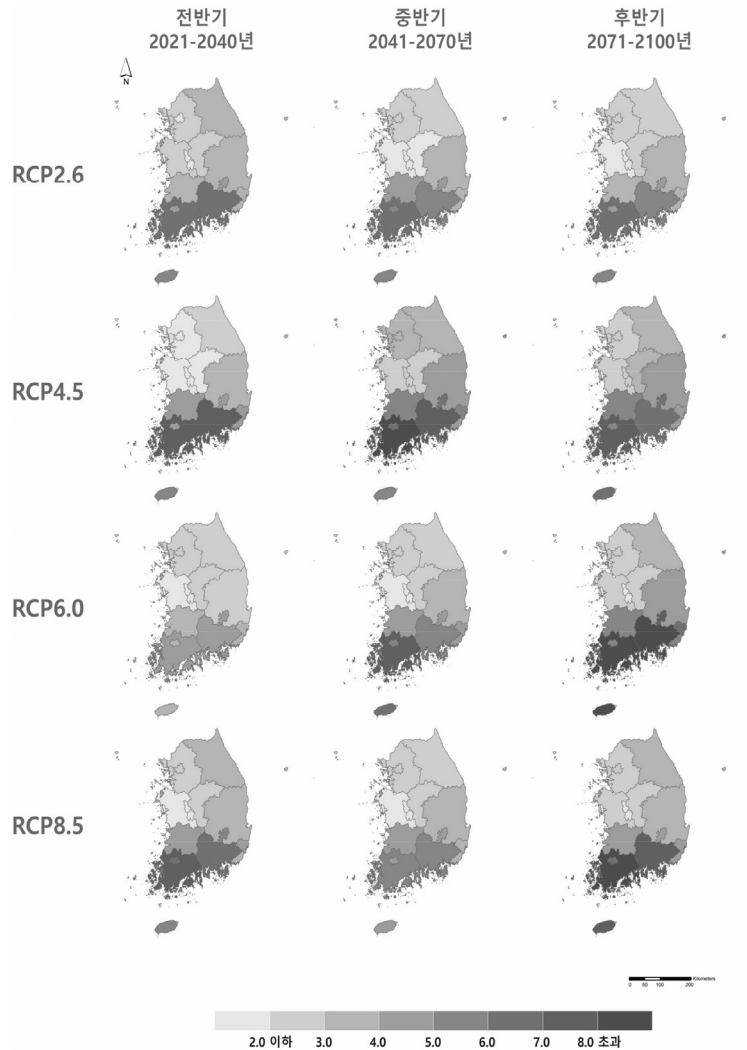
산광역시(연간 1.4일)에서 가장 적었다. 모든 시나리오에서 21세기 후반기에 강원도(연간 21.5일, 18.0일, 18.5일, 9.2일)에서 가장 많고, 부산광역시에서 가장 적거나 발생하지 않을 것으로 전망된다. 현재 기후값에서 서리일수가 가장 많은 지역은 강원도(연간 144.9일)이며, 제주특별자치도(연간 35.1일)에서 가장 적었다. 모든 시나리오에서 21세기 후반기에 강원도에서 가장 많고, 제주특별자치도에서 가장 적을 것으로 전망된다.

현재 기후값에서 최대무강수 지속기간이 가장 긴 지역은 대구광역시(연간 42.6일), 가장 짧은 지역은 제주특별자치도(연간 22.1일)였다. 모든 시나리오에서 21세기 후반기에 제주특별자치도에서 가장 짧을 것으로 전망되며, RCP2.6 시나리오에서 대구광역시, RCP4.5/6.0/8.5 시나리오에서 각각 인천광역시, 인천광역시와 강원도, 인천광역시에서 가장 길 것으로 전망된다.



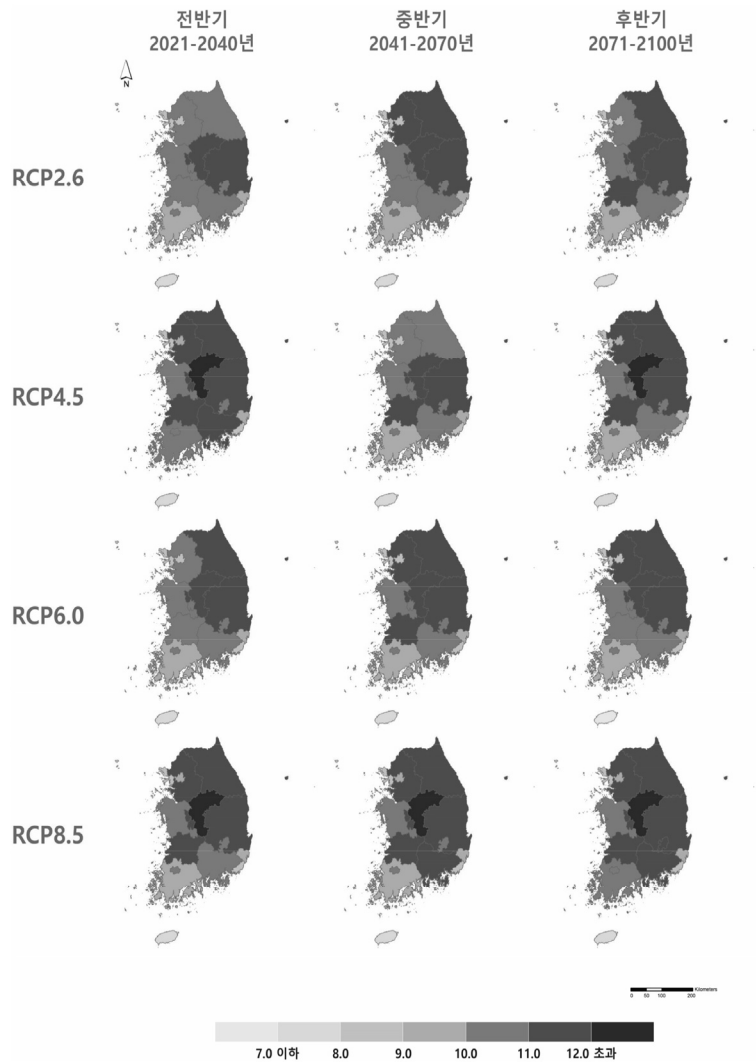
[그림 2-9] 지역별 최대무강수지속기간 전망

현재 기후값에서 호우일수는 제주특별자치도(연간 4.7일)에서 가장 많았고, 세종특별자치시(연간 1.5일)에서 가장 적었다. 21세기 후반기에 RCP2.6/4.5/8.5 시나리오에서 전라남도가 가장 많을 것으로, RCP6.0 시나리오에서 제주특별자치도에서 가장 많을 것으로 전망된다.



[그림 2-10] 지역별 호우일수 전망

현재 기후값에서 연평균 일교차는 충청북도(11.8℃)에서 가장 컸고, 제주특별자치도(7.1℃)에서 가장 작았다. 4종의 RCP 시나리오에서 21세기 후반기에 연평균 일교차는 현재 기후값과 동일하게 충청북도에서 가장 크며, 제주특별자치도에서 가장 작을 것으로 전망된다.

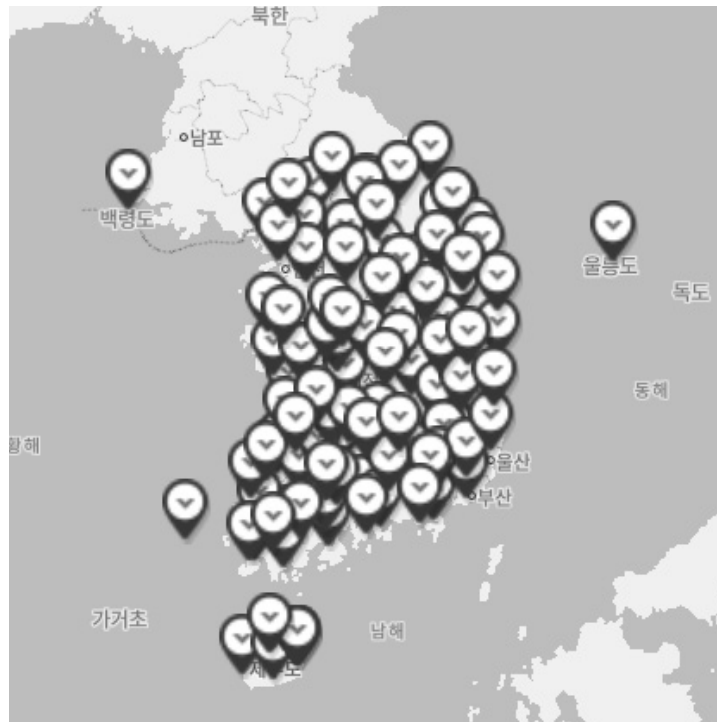


[그림 2-11] 지역별 연평균 일교차 전망

3) 자료 구축 및 분석

(1) 기상자료 구축

기상청에서 운영하는 전국 주요 거점 기상 측정소를 중심으로 기상관련 자료가 생성 및 운영되고 있다. 전국에 지리공간적 특성을 감안한 약 105개의 측정소가 운영 중에 있으며, 행정구역의 변동, 측정소별 세부 측정 목적의 차이 등으로 인해 기상 자료는 다양한 방식으로 생성되고 있으며, 기상청의 기상자료개방포털 사이트(<https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>)를 통해 공개하고 있다.



[그림 2-12] 기상 측정소의 지리적 위치

기본적인 기상정보는 종관기상관측을 통해 생성된다. 종관기상관측이란 정해진 시각의 대기 상태를 파악하기 위해 모든 관측소에서 같은 시가에 실시하는

지상관측을 의미한다. 시정, 구름, 증발량, 일기현상 등 일부 목측 요소를 제외하고 종관기상관측장비(ASOS, Automated Synoptic Observing System)를 이용해 자동으로 관측하여 갈무리된다. 종관 규모는 일기도에 표현되어 있는 보통의 고기압이나 저기압의 공간적 크기 및 수명을 말하며, 주로 매일의 날씨 현상을 의미한다. 자료는 시간단위 또는 일별로 갈무리된다. 주요 생성 기상 정보는 다음의 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 종관기상 관측요소

구분	기상관측요소
기온	평균기온(°C) - 대기온도지표
	최저기온(°C)
	최저기온 시각(hhmi)
	최고기온(°C) - 대기온도지표
	최고기온 시각(hhmi)
강수	강수 계속시간(hr)
	10분 최다 강수량(mm)
	10분 최다강수량 시각(hhmi)
	1시간 최다강수량(mm)
	1시간 최다 강수량 시각(hhmi)
	일강수량(mm)
풍속	최대 순간 풍속(m/s)
	최대 순간 풍속 풍향(16방위)
	최대 순간풍속 시각(hhmi)
	최대 풍속(m/s)
	최대 풍속 풍향(16방위)
	최대 풍속 시각(hhmi)
	평균 풍속(m/s) - 보정변수
	풍정합(100m)

구분	기상관측요소
습도	평균 이슬점온도(°C)
	최소 상대습도(%)
	최소 상대습도 시각(hhmi)
	평균 상대습도(%) - 보정변수
기압	평균 증기압(hPa)
	평균 현지기압(hPa)
	최고 해면기압(hPa)
	최고 해면기압 시각(hhmi)
	최저 해면기압(hPa)
	최저 해면기압 시각(hhmi)
	평균 해면기압(hPa)
일조	가조시간(hr)
	합계 일조 시간(hr) - 보정변수
	1시간 최다일사 시각(hhmi)
	1시간 최다일사량(MJ/m ²)
	합계 일사(MJ/m ²)
적설	일 최심신적설(cm)
	일 최심신적설 시각(hhmi)
	일 최심적설(cm)
	일 최심적설 시각(hhmi)
	합계 3시간 신적설(cm)
운량	평균 전운량(1/10) - 보정변수
	평균 중하층운량(1/10)

구분	기상관측요소
기타	평균 지면온도(°C)
	최저 초상온도(°C)
	평균 5cm 지중온도(°C)
	평균 10cm 지중온도(°C)
	평균 20cm 지중온도(°C)
	평균 30cm 지중온도(°C)
	0.5m 지중온도(°C)
	1.0m 지중온도(°C)
	1.5m 지중온도(°C)
	3.0m 지중온도(°C)
	5.0m 지중온도(°C)
	합계 대형증발량(mm)
	합계 소형증발량(mm)
	9-9강수(mm)
	안개 계속시간(hr)

대기온도의 특성을 반영하는 지표를 선정하기 위해 기존 문헌고찰 및 전문가 회의를 진행하였고, 그 결과 주요 기온정보로 평균기온(°C), 최고기온(°C)을 선정하였다. 기온정보만으로는 대기온도의 건강영향을 설명하기 어렵기 때문에, 평균 상대습도(%), 합계 일조 시간(hr), 평균 풍속(m/s), 평균 전운량(1/10)을 대기온도 특성에 영향을 미치는 인자로 선정하였다. 자료는 2000년부터 2019년까지 일별로 구축을 진행하였고 건강영향 분석 진행을 위하여 측정소의 행정적 위치를 중심으로 지역코드 (두자리)로 분류하였다.

본 연구에서는 기온(평균, 최고) 외에도 열지수(Heat Index) 정보를 대기온도

지표로 활용하였다. 기상 자료는 목적에 따라 새롭게 생성되어 활용되기도 하는데, 이렇게 생성된 기상 자료를 응용기상자료라고 한다. 열지수는 응용기상자료중 대표적인 것으로 기온과 습도에 따라 사람이 실제로 느끼는 더위를 지수화한 지표이다. 기온에 따른 인체의 건강영향을 확인하기 위해서는 사람의 실제 더위에 대한 분석이 병행될 필요가 있다. 또한 기상청 확인결과, 현재 기온 위주의 폭염 특보 발령기준을 열지수를 바탕으로 변경하는 과정에 있다는 것을 확인하였다. 따라서 앞으로의 기상정보 구축방향 변경에 대응하고, 인체의 더위 부담을 보다 잘 표현할 수 있는 열지수를 대기온도의 주요 특성 중 하나로 선정하였다. 열지수의 공식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{열지수} = & -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127R - 0.22475541TR - 6.83783 \times 10^{-3}T^2 - \\ & 5.481717 \times 10^{-2}R^2 + 1.22874 \times 10^{-3}T^2R + 8.5282 \times 10^{-4}TR^2 - 1.99 \times 10^{-6}T^2R^2 \\ & (T: \text{기온}(^{\circ}\text{F}), R: \text{상대습도}(\%)) \end{aligned}$$

[그림 2-13] 열지수 공식

기상자료개방포털에서 제공하는 열지수는 측정소의 관측값을 기반으로 산출되므로, 기상청의 생활과 산업열지수 예보값과는 차이가 있다. 대기온도 특성과 관련된 자료의 일관성 확보를 위해 측정소의 행정적 위치에 따라 지역코드 두 자리로 분류하였으며, 종관기상과 마찬가지로 2000년부터 2019년까지 일단위로 구축하였다.

또한 기상자료 정보 중 하나로 폭염특보를 고려하였다. 현재 폭염 노출 근로자의 건강보호 방안은 기상청의 폭염 특보를 기준으로 삼고 있다. 특보에는 주의보와 경보가 있으며, 폭염 특보는 ‘일 최고기온 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때’, 폭염 경보는 ‘일 최고기온 35℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때’행정지역 단위로 발령한다. 폭염특보의 주된 발효 목적은 연속된 무더위로 인한 온열질환을 대비하기 위함이다. 연속된 무더

위는 고온노출로 인한 인체의 부담을 급증하게 하는 주요 원인이다. 따라서 연속된 폭염일수는 인체의 부담을 나타내는 주요 지표일 뿐 아니라 현재 행정체계에서의 대응 지표가 된다. 따라서 대기온도의 주요 특성으로 지역별 폭염특보를 선정하고, 연속된 폭염을 추가로 구축하였다. 대기온도 특성과 관련된 자료의 일관성 확보를 위해 측정소의 행정적 위치에 따라 지역코드 두 자리로 분류하였으며, 종관기상과 마찬가지로 2000년부터 2019년까지 일단위로 구축하되, 연속된 폭염특보에 대해서는 ‘폭염 1일차=1’, ‘폭염 2일차=2’와 같이 추가로 코딩하였다.

따라서 기상자료 구축을 위하여 기본 기상정보인 종관기상에서 평균기온과 최고기온, 응용기상 중 열지수, 행정기상 중 연속폭염일수를 대기온도의 특성으로 정의하였다. 일조량, 풍속, 습도, 구름의 양 등은 대기온도에 따른 건강영향에 관여하는 인자로 보고 종관기상자료에서 보정 변수로 추출하였다. 이렇게 구축된 기상정보의 연도별, 지역별 구축현황은 다음과 같다.

<표 2-5> 기상자료 구축 현황

지역		측정소		종관기상	열지수	폭염특보
코드	이름	번호	이름			
11	서울	116	관악산	없음	없음	○
11	서울	108	서울	○	○	○
26	부산	159	부산	○	○	○
27	대구	143	대구	○	○	○
27	대구	176	대구(기)	13-14	10-19 (일부)	○
28	인천	201	강화	○	○	120827 없음
28	인천	102	백령도	○	00-09 (일부)	○
28	인천	112	인천	○	○	○
29	광주	156	광주	○	○	○
30	대전	133	대전	○	○	○
31	울산	152	울산	○	○	○
36	세종	239	세종	없음	19	○

지역		측정소		종관기상	열지수	폭염특보
코드	이름	번호	이름			
41	경기	98	동두천	○	○	○
41	경기	119	수원	○	○	○
41	경기	202	양평	○	○	○
41	경기	203	이천	○	○	○
41	경기	99	파주	01-19	00-09 (일부)	○
42	강원	105	강릉	○	○	○
42	강원	100	대관령	○	○	○
42	강원	106	동해	○	○	○
42	강원	104	북강릉	08-19	00-09 (일부)	○
42	강원	93	북춘천	○	10-19 (일부)	○
42	강원	214	삼척	없음	없음	○
42	강원	90	속초	○	○	○
42	강원	121	영월	○	○	○
42	강원	114	원주	○	○	○
42	강원	211	인제	○	○	○
42	강원	217	정선군	10-19	10-19 (일부)	○
42	강원	95	철원	○	○	○
42	강원	101	춘천	01-19	○	○
42	강원	216	태백	○	○	○
42	강원	212	홍천	○	10-19 (일부)	○
43	충북	226	보은	○	○	○
43	충북	221	제천	○	○	○
43	충북	131	청주	○	○	○
43	충북	135	추풍령	○	○	○
43	충북	127	충주	02-19	○	○
44	충남	238	금산	○	○	○
44	충남	235	보령	○	○	○
44	충남	236	부여	○	○	○
44	충남	129	서산	○	○	○
44	충남	232	천안	○	○	○
44	충남	177	홍성	15-19	○	○
45	전북	172	고창	○	○	○

지역		측정소		종관기상	열지수	폭염특보
코드	이름	번호	이름			
45	전북	251	고창군	07-19	10-19 (일부)	○
45	전북	140	군산	○	○	○
45	전북	247	남원	○	○	○
45	전북	243	부안	○	○	○
45	전북	254	순창군	08-19	00-09 (일부)	○
45	전북	244	임실	○	○	○
45	전북	248	장수	○	○	○
45	전북	146	전주	○	○	○
45	전북	245	정읍	○	○	○
46	전남	259	강진군	10-19	09-19	○
46	전남	262	고흥	○	○	120522, 120905 없음
46	전남	266	광양시	10-19	10-19 (일부)	○
46	전남	165	목포	○	○	○
46	전남	164	무안	00	00-09 (일부)	○
46	전남	258	보성군	10-19	10-19 (일부)	○
46	전남	174	순천	11-19	10-19 (일부)	○
46	전남	168	여수	○	○	○
46	전남	252	영광군	07-19	00-09 (일부)	○
46	전남	170	완도	○	○	190823, 190824 없음
46	전남	260	장흥	○	○	○
46	전남	256	주암	00-12	10-19 (일부)	○
46	전남	175	진도(침찰산)	01-19	10-19 (일부)	○
46	전남	268	진도군	14-19	10-19 (일부)	○
46	전남	261	해남	○	○	○
46	전남	169	흑산도	○	○	○
47	경북	283	경주시	10-19	○	○
47	경북	279	구미	○	○	○
47	경북	273	문경	○	○	○
47	경북	271	봉화	○	○	○
47	경북	137	상주	02-19	00-09 (일부)	○
47	경북	136	안동	○	○	○

지역		측정소		종관기상	열지수	폭염특보
코드	이름	번호	이름			
47	경북	277	영덕	○	○	○
47	경북	272	영주	○	○	○
47	경북	281	영천	○	○	110714 없음
47	경북	115	울릉도	○	○	○
47	경북	130	울진	○	○	○
47	경북	278	의성	○	○	○
47	경북	276	청송군	10-19	10-19 (일부)	○
47	경북	138	포항	○	○	○
48	경남	294	거제	○	○	○
48	경남	284	거창	○	○	○
48	경남	253	김해시	08-19	00-09 (일부)	○
48	경남	295	남해	○	○	○
48	경남	288	밀양	○	○	○
48	경남	255	북창원	09-19	00-09 (일부)	○
48	경남	289	산청	○	○	○
48	경남	257	양산시	09-19	00-09 (일부)	○
48	경남	263	의령군	10-19	10-19 (일부), 100621 없음	○
48	경남	192	진주	○	○	○
48	경남	155	창원	○	○	○
48	경남	162	통영	○	○	○
48	경남	264	함양군	10-19	10-19 (일부), 100621 없음	○
48	경남	285	합천	○	○	190902, 190903 없음
40/50	제주	185	고산	○	○	○
40/50	제주	189	서귀포	○	○	○
40/50	제주	188	성산	○	○	○
40/50	제주	187	성산	00-08	00-09 (일부), 080905 없음	○
40/50	제주	265	성산포	00-07	00-09 (일부)	○
40/50	제주	184	제주	○	○	○

(2) 건강영향 자료 구축

치명 건강영향은 사망으로 선정하였다. 통계청에서는 매년 우리나라의 해당 연도 확인된 사망 전수의 현황에 대해 갈무리하여 제공하고 있다. 여기에는 신고일자, 사망자의 주소, 성별, 사망 연월일시간, 사망 연령, 사망장소, 사망자 직업, 혼인상태, 교육정도, 사망원인, 사망자의 국적 등에 대한 정보가 포함되어 있다. 근로자는 사망자의 직업을 통해 확인되며, 사망자의 직업을 확인하기 어렵거나 결측값은 경우에는 근로자로 포함되지 않았다. 사망원인은 한국표준질병사인분류 코드 및 질병명을 기반으로 작성되었다. 근로자의 치명 건강영향은 사망이라는 사건자체이므로 사망전체(all-cause-mortality)를 추출하였다. 현재 자료는 1997년부터 2018년까지 공개되었으며, 해당 기간에 대해 근로자의 사망 현황에 대한 자료를 구축하였다.

일반건강영향 및 폭염관련 질환 자료 구축을 위해 건강보험공단의 표본코호트 2.0 자료를 활용하였다. 건강보험공단 표본 코호트는 우리나라의 의료이용 현황을 파악하기 위해 전인구에서 성별, 연령, 지역, 보험료 등을 기준으로 약 100만명을 표본 추출한 우리나라의 의료이용 대표 자료이다. 근로자는 가입 자격을 기준으로 선정하였다. 건강보험공단의 가입 자격은 건강 보험료 납입 주체로 구분하여 지역, 직장, 의료급여로 나뉘며, 이들은 각각 세대주/세대원 또는 가입자/피부양자로 나뉜다. 이 중에서 직장가입자를 근로자로 선정하였다. 여기에는 사업장의 근로자 및 사용자. 공무원 및 교직원 등이 포함되며, 지역가입자와 피부양자 또는 세대주인 근로자는 포함되지 않는다. 표본코호트를 통해 확인 가능한 변수는 인구사회학적 특성(성별, 연령, 거주지, 소득(보험료분위), 의료보장유형, 장애 등)과 의료이용(상병, 외래/입원, 처치 등)으로 2002~2015년까지 자료가 공개되어있다.

본 연구에서의 질병이나 손상 정보는 표본코호트의 진료내역 상의 한국표준질병사인분류 코드 및 질병명을 기반으로 작성된 주진단명을 활용하여 구축되었다. 표본코호트에서는 진료내역 중 민감한 진단명은 masking 처리하여 제공

하고 있다. 여기에는 전염성 질환 중 일부, 성매개 감염병, 기형이나 출산의 합병증, 중독, 자살 등 정신건강관련 질환 중 일부 등이 포함된다. 이러한 진단에 대해서는 표본코호트의 자료 특성으로 인해 분석 및 결과 해석이 제한된다. 구체적인 민감상병 현황은 <표 2-7>과 같다. 또한, 폭염관련 질환은 열 및 빛의 영향 (T67) 기준으로 설정하였고, 폭염관련 질환은 빈도가 매우 낮아 한국표준 질병사인분류 코드 및 질병명 4자리 코드 기반의 자료 추출은 제한하였다.

<표 2-6> 통계청 사망자료 주요변수

구분	항목명
문자	신고일자(년)
문자	신고일자(월)
문자	신고일자(일)
코드	사망자 주소(시도)
코드	성별
문자	사망연월일
문자	사망시간
숫자	사망연령(각세)
코드	사망장소
코드	사망자직업
코드	혼인상태
코드	교육정도
코드	사망원인1
코드	사망원인2
코드	사망원인 103항목 분류
코드	사망원인 56항목 분류
코드	사망자의 국적구분
코드	사망자의 (이전)국적

<표 2-7> 표본코호트 민감상병 현황

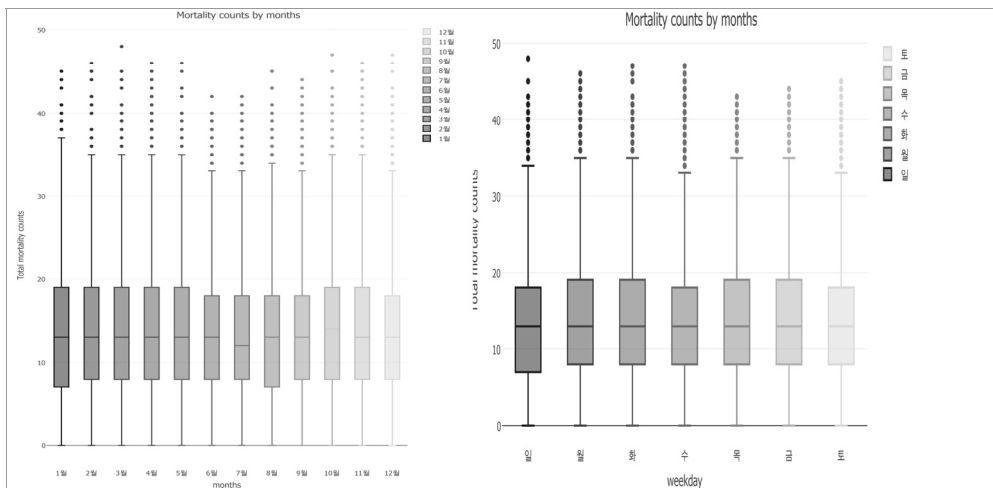
질환군 코드	진단명	개수
A, B	특정 감염성 및 기생충성 질환(A15-B92)	237
	A00-B99	479
C, D	신생물(C50-C639, D05-D076, D24-D299)	160
E	내분비,영양 및 대사질환(E280-E309)	16
F	정신 및 행동 장애(F00-F99)	467
G	신경계통의 질환(G40-G419)	37
	G000, G001, G020, G051	4
H	H131	1
I	순환계통의 질환(I861, I862, I863, I980)	4
	I301, I330	2
J	J028 - J2188	38
K	소화계통의 질환(K230, K671-K673, K930)	5
	K650	1
M	근골격계통 및 결합조직의 질환 (M011-M0119, M031-M0319, M490-M4909, M730-M9009)	66
	M001-M0089	22
N	비뇨생식계통의 질환(N290, N330, N43-N999)	280
O	임산 출산 및 산후기(O0-O998)	572
	O85	1
P	P236, P350, P358, P371, P373, P374	6
Q	선천기형, 변형 및 염색체 이상(Q00-Q999)	478
R	달리 분류되지 않는 증상, 징후와 임상 및 검사의 이상 소견 (R40-R488)	44
S, T	손상, 중독 및 외인에 의한 특정 기타 결과(S302-T749)	100
U	특수목적 코드(U220-U327, U843-U8439)	10
	U04, U049, U19, U199, U821, U8280, U830, U837, U8430, U8431	10
Z	건강상태 및 보건서비스 접촉에 영향을 주는 요인(Z111-Z392)	138
	Z21, Z220	2

4) 분석 결과

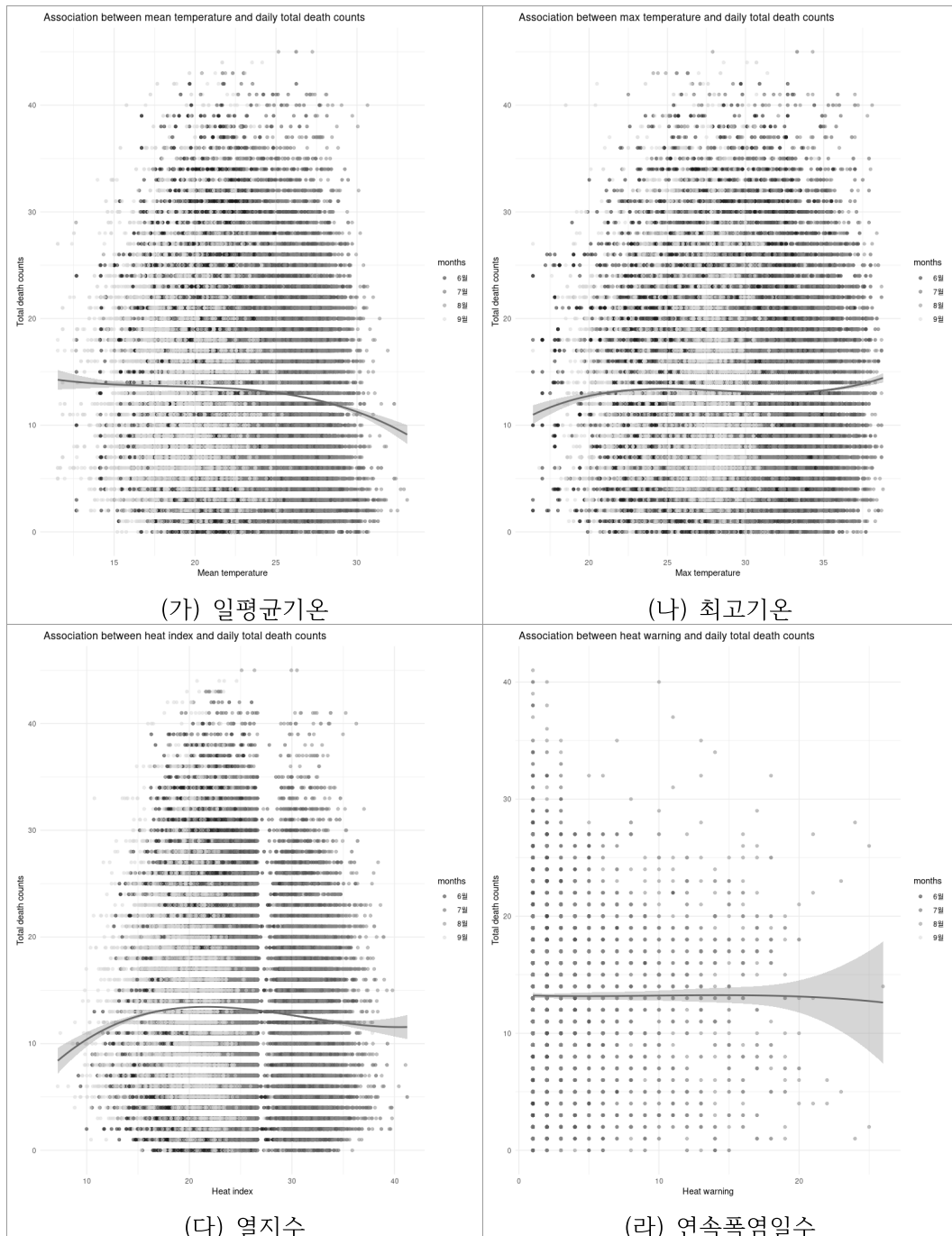
(1) 치명건강영향 (사망)

통계청 사망자료의 경우 기본적으로 전수조사이므로 건강보험공단의 표본코호트보다는 건강영향의 규모가 컸다. 통계청 사망 자료를 통해 추산된 근로자의 사망은 관찰기간동안 전체 4,735,892건이었다. 월별 사망자 및 요일별 사망자 현황은 [그림 2-14]와 같다. 월별, 요일별 전체 근로자의 사망에 큰 차이는 관찰되지 않으나, 환절기(가을)철과 주중에 다소 높은 것으로 확인된다. 이번 연구에서는 대기온도가 높은 경우인 고온의 건강영향을 분석하는 것이므로, 여름철과 앞뒤로 한 달을 포함한 6-9월까지를 분석 기간으로 한정하였다.

폭염 관련 기상 인자와 전체 사망과의 연관성은 [그림 2-15]와 같다. 이 중 통계적으로 유의미한 연관성은 최고기온에서 관찰되었다. 분석 모형 적용 결과, 최고기온이 1℃ 상승할 때마다 근로자 10만 명당 8,517건의 사망이 증가하는 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의하였다($P < 0.001$). 여기서 제시된 최고기온에 따른 사망발생의 연관성의 크기는 분석 모형에 따라 추산된 값이며, 실제 사망발생 규모를 직접적으로 의미하지는 않는다.

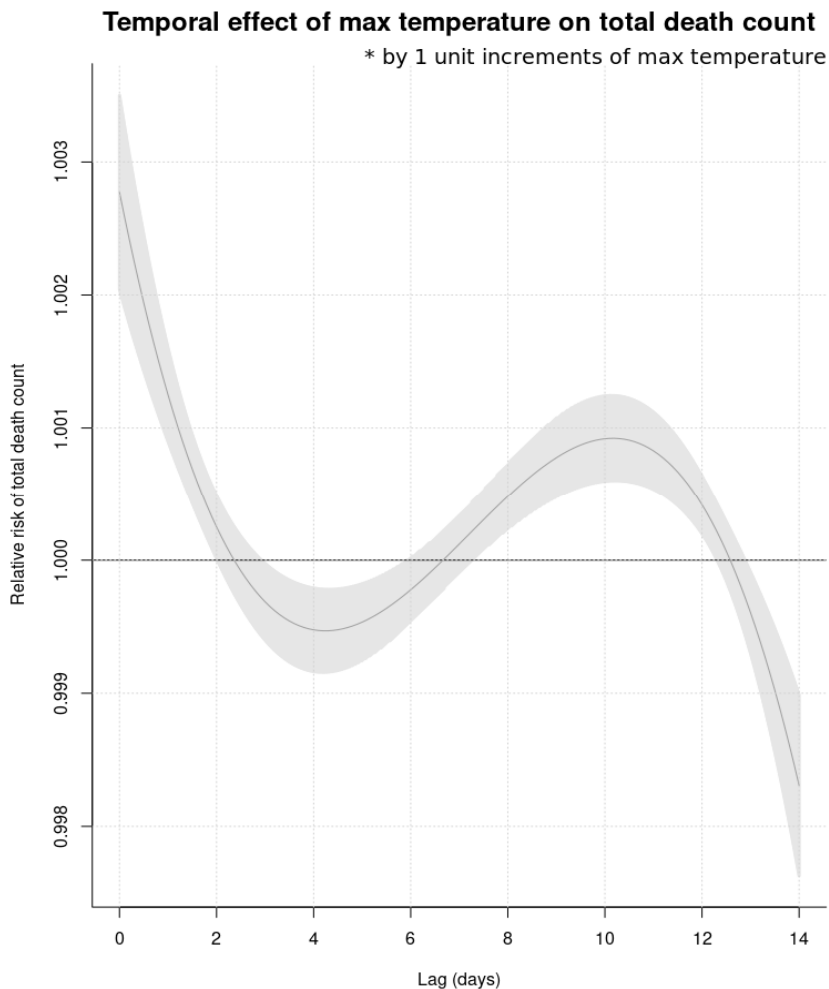


[그림 2-14] 월별, 요일별 전체 사망 현황



[그림 2-15] 기상 정보별 전체 사망과의 연관성

최고기온의 사망에 대해 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같이 지연 효과 분석을 통해 확인하였다. 특정일 최고 기온 노출 당일의 효과가 가장 크게 확인되었으며, 노출 이후 2일 (lag = 2)까지 통계적으로 유의하게 사망에 영향을 미치는 것으로 확인된다. 따라서 최고 기온에 연속적으로 높은 경우에는 근로자 사망의 위험이 누적되어 증가할 수 있으며, 높은 기온에 노출되고 수일이 지난 다음에도 건강영향이 나타날 수 있다는 것으로 해석가능하다.

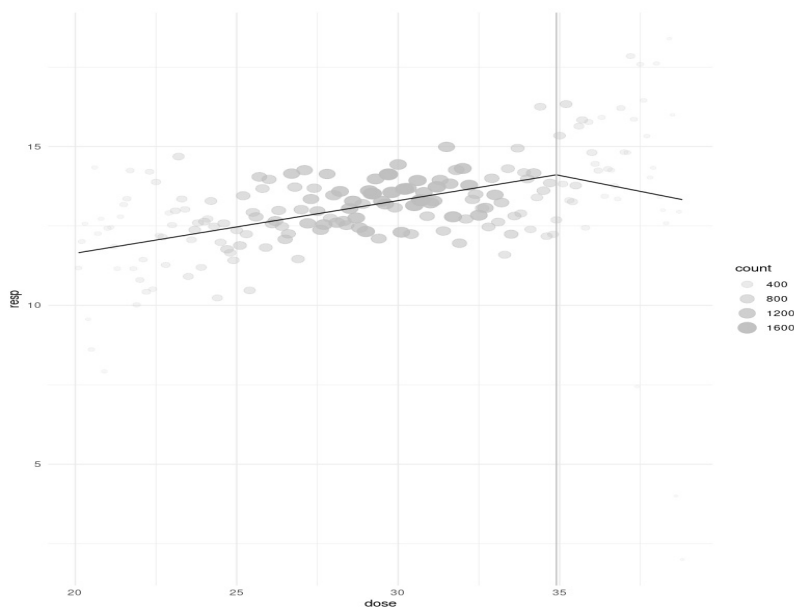


[그림 2-16] 기상 정보별 전체 사망의 지연효과

최고 기온과 근로자의 전체 사망과의 역치를 다음 그림과 같이 추정하였다. X-축은 최고기온을 나타내며, Y-축은 사망의 위험도를 나타낸다. 최고기온에 따른 사망발생량은 원형표로 표시하였으며, 원의 크기가 클수록 빈도가 높다는 것을 의미한다.

일반적인 경우와 다르게, 일정 온도 이상에서 반응이 급감하는 지점(34.9°C)이 확인된다. 이는 사망이라는 사건의 특성으로 확인되며, 일정 온도 이상이 되면, 업무 중단 및 휴식 등으로 인해 사망 발생이 감소하는 효과로 추정된다. 일정 온도 이상에서의 업무 중단 및 휴식 등은 근로자 사망을 예방할 수 있다는 점을 시사한다.

정리하면, 근로자 전체 사망의 경우, 최고 기온과만 연관성이 확인되었으며, 최고기온이 1°C 오를 때 마다 근로자 10만 명당 8,517건의 사망이 증가하는 것으로 추정된다. 또한 최고 기온에 노출된 이후 2일까지 영향을 미치며, 34.9°C 이상에서는 근로자의 사망이 둔화되는 양상이 관찰되었다.

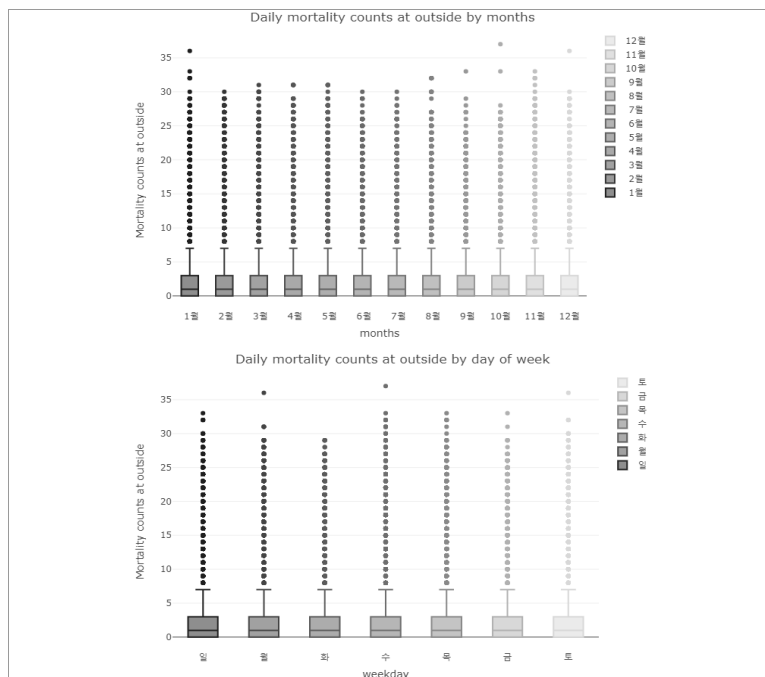


[그림 2-17] 전체 사망의 양반응관계 및 역치

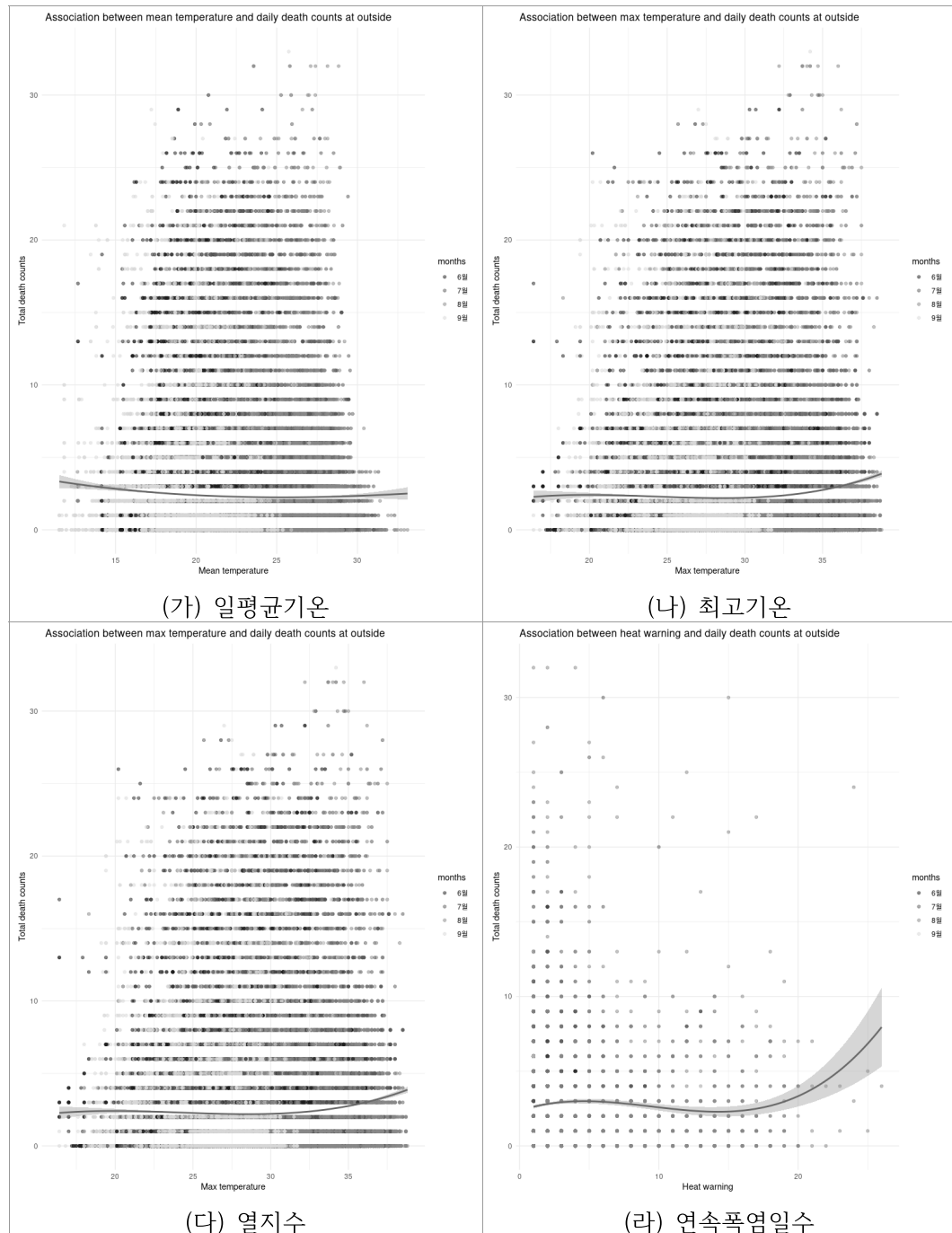
(2) 치명건강영향 (옥외 사망)

치명건강영향에서 사망의 경우, 사망 장소에 대한 정보를 바탕으로 근로자의 옥외에서 사망하는 경우를 대상으로 분석을 진행하였다. 근로자의 옥외 사망은 관찰기간동안 전체 836,189건으로 전체 근로자 사망자수 4,735,892건 대비 약 17.6%였다. 월별 옥외 사망자는 약 7만여 건으로 월별 차이가 크지는 않았으며, 요일별 옥외 사망자 현황도 큰 차이가 관찰되지는 않았다.

폭염 관련 기상 인자와 옥외 사망과의 연관성은 [그림 2-19]와 같다. 이 중 통계적으로 유의미한 연관성은 최고기온과 연속폭염일수에서 관찰되었다. 분석 모형 적용 결과, 최고기온 상승 1℃마다 근로자 10만 명당 6,905건의 옥외 사망이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P<0.001$). 연속폭염일수는 폭염 1일 증가시마다 근로자 10만 명당 4,663건의 옥외 사망이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P<0.001$).

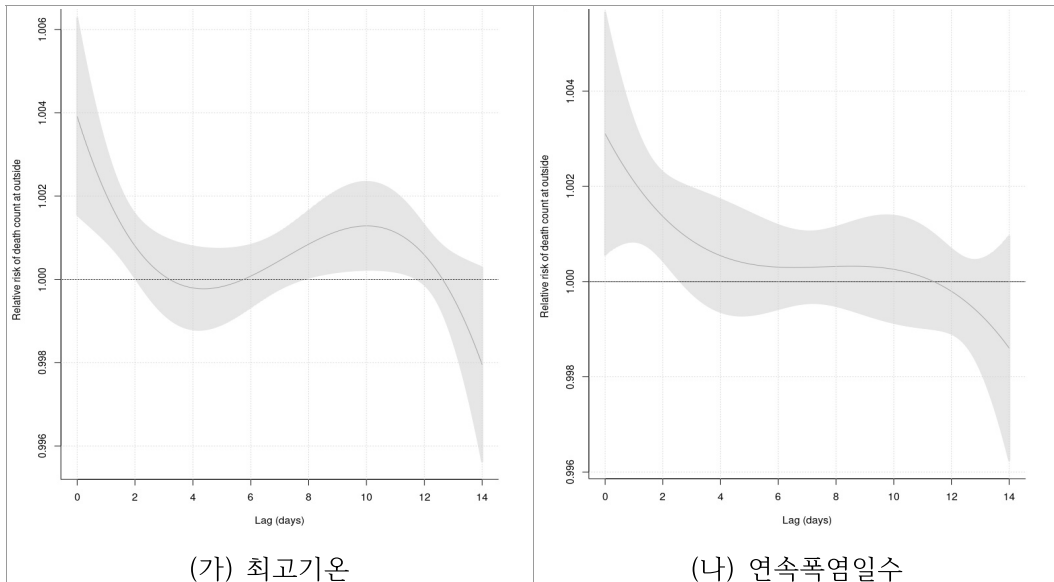


[그림 2-18] 월별, 요일별 옥외 사망 현황



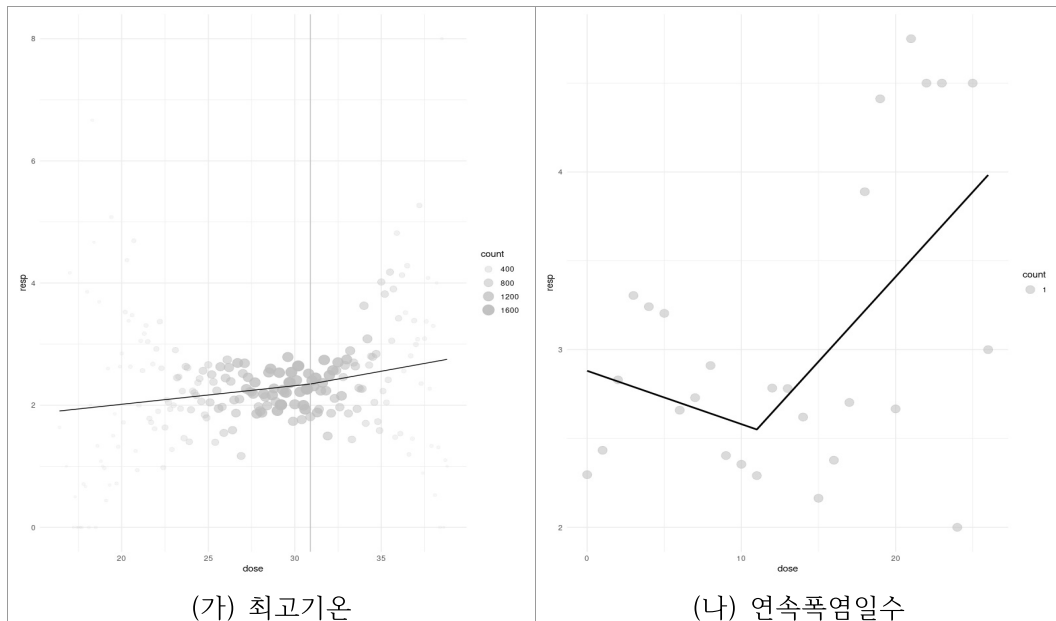
[그림 2-19] 기상 정보별 옥외 사망과의 연관성

옥외 사망에 영향을 미치는 최고기온과 연속폭염일수의 기간은 다음 그림과 같이 확인된다. 특정일 최고 기온 노출 당일의 효과가 가장 크게 확인되었으며, 노출 이후 2일 (lag = 2) 까지 통계적으로 유의하게 옥외 사망에 영향을 미치는 것으로 확인된다. 폭염일수의 경우 노출 당일의 효과가 가장 크게 확인되었으며, 노출 이후 2일 (lag = 2) 까지 통계적으로 유의미한 영향을 주는 것으로 확인 되었으며, 통계적으로 유의하지는 않았지만 11일 넘게 영향을 미치는 것으로 확인된다.



[그림 2-20] 기상 정보별 옥외 사망의 지연효과

최고 기온 및 연속폭염일수와 근로자의 옥외 사망과의 역치를 각각 추정하였다. 최고 기온의 경우 31.2℃부터 옥외 사망의 위험이 증가하게 되며, 연속폭염의 경우 11.4일부터 옥외 사망의 위험이 증가하게 된다. 옥외 사망의 경우, 전체 사망과 다르게 보다 낮은 최고 기온에서부터 사망의 위험이 크게 증가하는 것으로 확인되며, 연속되는 폭염 또한 옥외 사망의 위험을 증가시킨다는 것을 확인하였다.



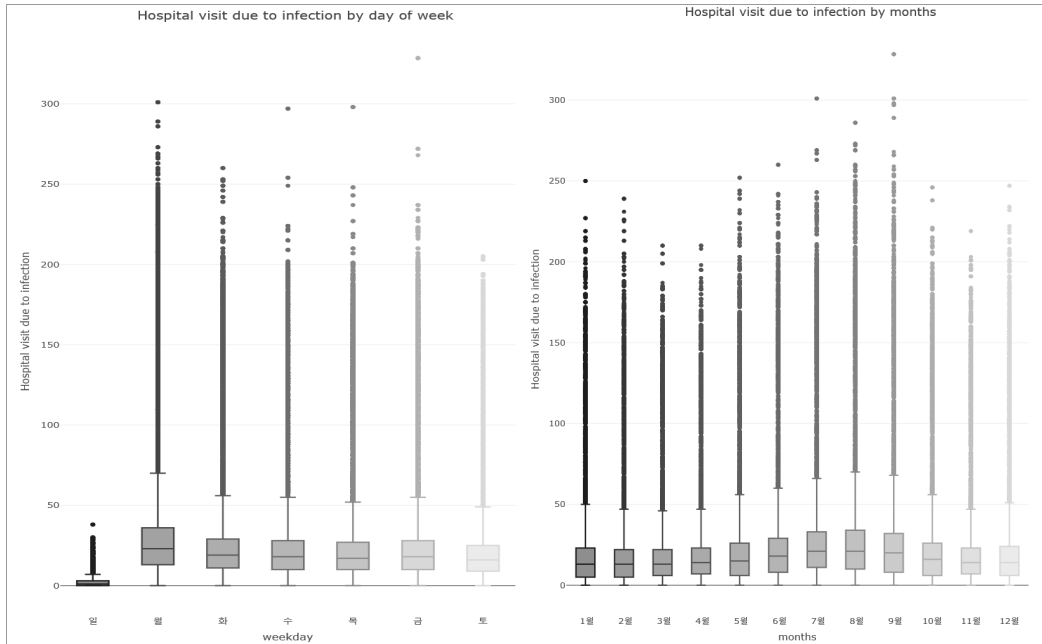
[그림 2-21] 기상 정보별 옥외 사망과의 양반응 관계 및 역치

정리하면, 근로자의 옥외 사망의 경우, 최고 기온 및 연속폭염일수가 통계적으로 유의미한 연관성을 나타냈다. 최고기온이 1℃오를 때 마다 근로자 10만 명당 6,905건 그리고 연속폭염일수 1일 증가마다 4,663건의 옥외 사망이 증가하는 것으로 추정된다. 또한 최고 기온에 노출된 이후 2일까지 영향을 미치며, 31.2℃를 넘게 되면 근로자의 옥외 사망이 증가하는 양상이 관찰되었다. 연속폭염의 경우, 폭염 노출 이후 2일까지 영향을 미치며, 잠재적으로는 10일까지 영향을 미치는 것으로 보인다. 연속 폭염 11.4일 이후부터 옥외 사망이 증가하였다.

(3) 일반건강영향 (감염성 질환)

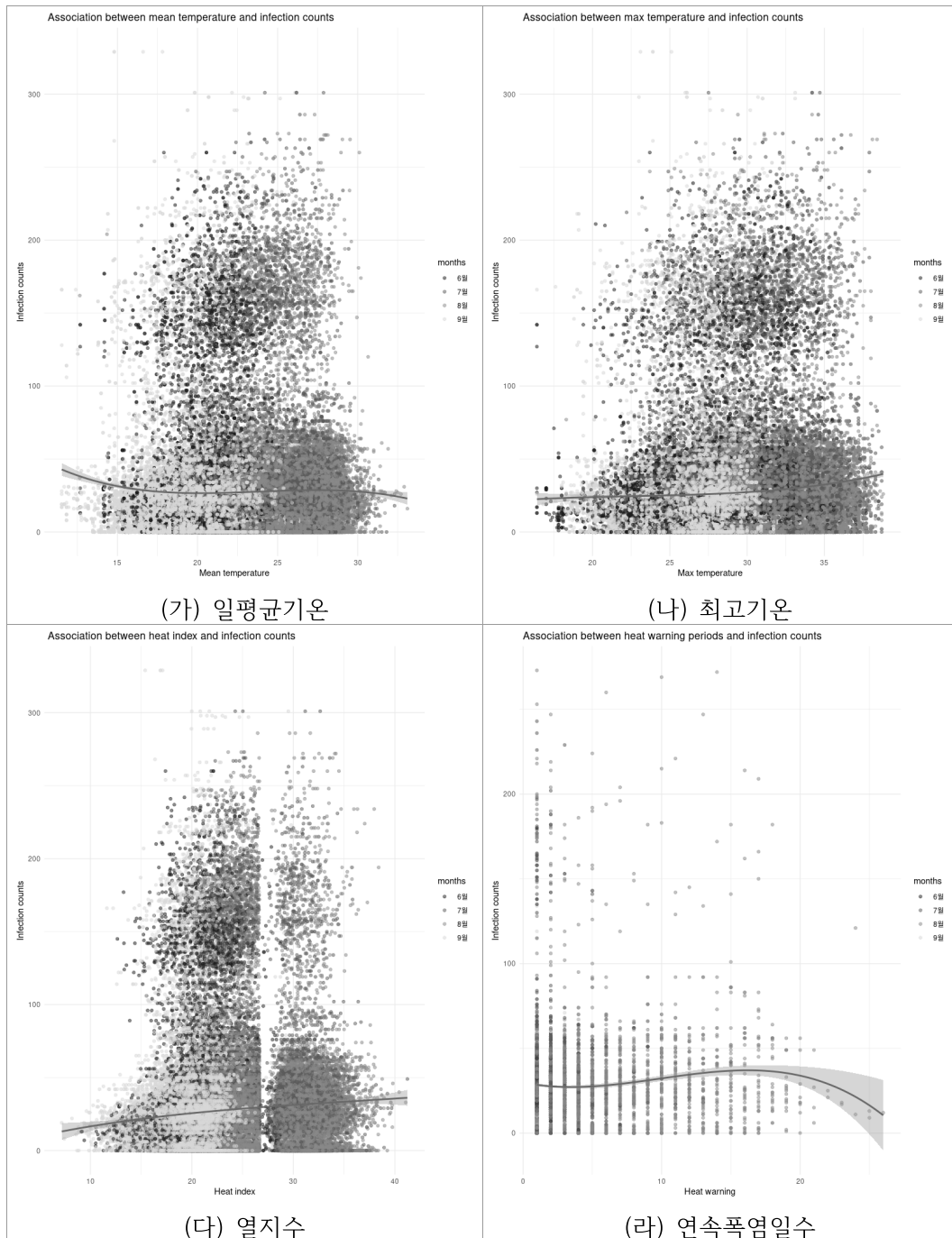
일반건강영향에서 감염성 질환은 표준 질병 분류상 ‘특정 감염성 및 기생충성 질환 (A00-B99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 대기 온도 변화에 따른 근로자의 감염성 질환의 영향을 분석하였다. 근로자의 감염성 질환은 관찰 기간 동안 전체 7,947,675건으로 나타났다. 월별로는 7, 8월에 감염성 질환의 빈

도가 가장 높았으며, 요일별로는 주중이 주말보다 높게 관찰되었으며, 월요일이 가장 높았다.



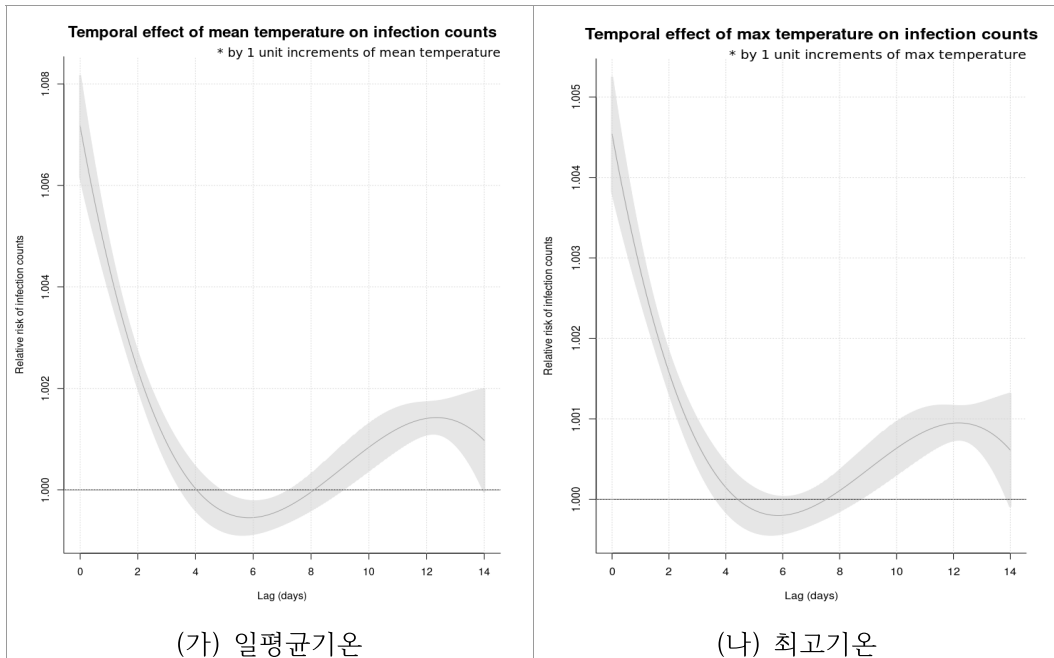
[그림 2-22] 월별, 요일별 감염성 질환 현황

폭염 관련 기상 인자와 감염성 질환과의 연관성은 다음과 같다. 이 중 통계적으로 유의미한 연관성은 평균기온과 최고기온에서 관찰되었다. 분석 모형 적용 결과, 평균기온은 1℃상승할 때 마다 근로자 10만 명당 42,636건의 감염성 질환이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P<0.001$). 최고기온은 1℃상승할 때 마다 근로자 10만 명당 519건의 감염성 질환이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P<0.001$).



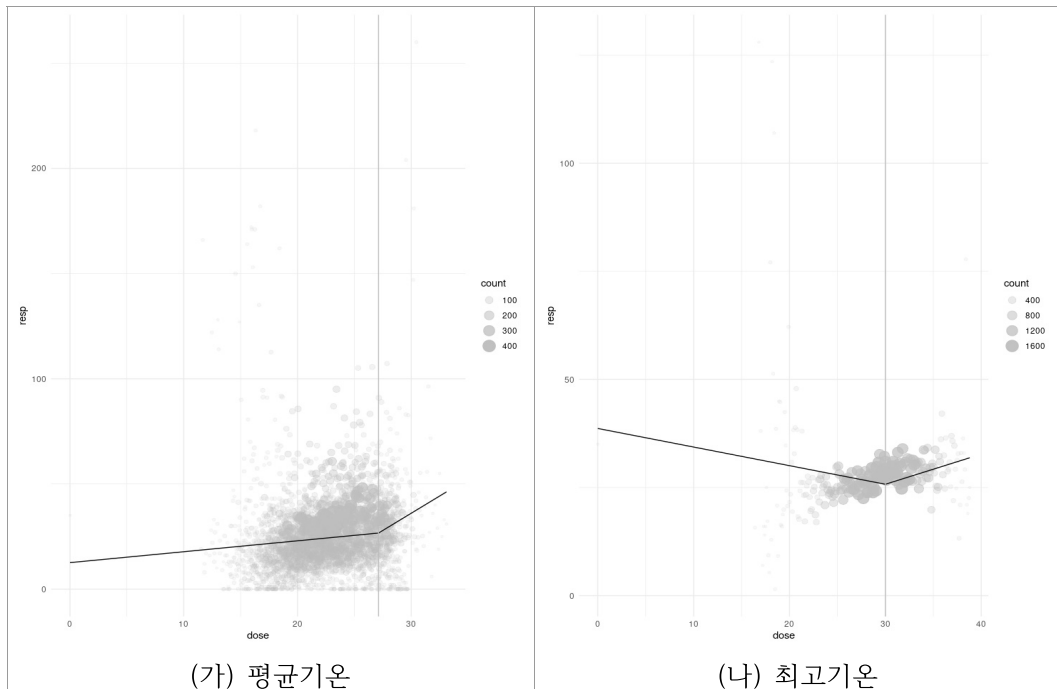
[그림 2-23] 기상 정보별 감염성 질환과의 연관성

평균 기온과 최고 기온이 감염성 질환에 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같이 확인된다. 특정일 평균 기온 노출 당일의 효과가 가장 크게 확인되었으며, 노출 이후 3.4일 (lag = 3.4) 까지 통계적으로 유의하게 영향을 미치는 것으로 확인된다. 최고 기온의 경우 노출 당일의 효과가 가장 크게 확인되었으며, 노출 이후 3.6일 (lag = 3.6) 까지 통계적으로 유의미한 영향을 주는 것으로 확인되었다. 통계적으로 유의하지는 않았지만 최고 기온이 평균 기온보다 더 길게 영향을 미치는 것으로 확인된다.



[그림 2-24] 기상 정보별 감염성 질환의 지연효과

평균 기온 및 최고 기온과 근로자의 감염성 질환과의 양-반응관계와 역치는 다음 그림과 같다. 평균 기온의 경우 27.1℃부터 감염성 질환의 위험이 증가하게 되며, 최고 기온의 경우 30.0℃부터 감염성 질환의 위험이 증가하게 된다.



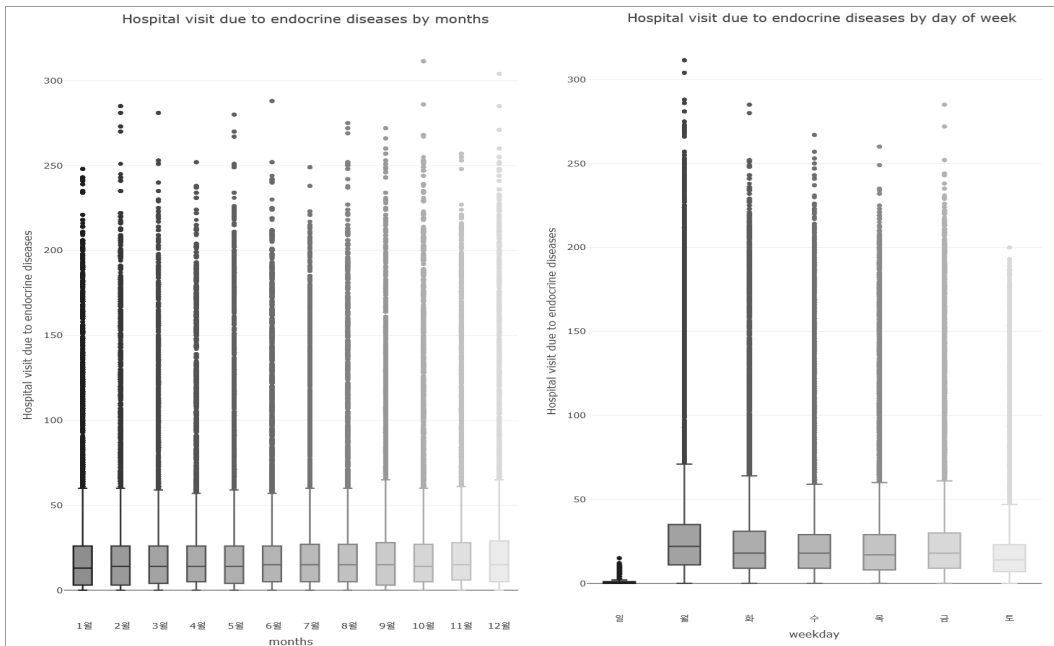
[그림 2-25] 기상 정보별 감염성 질환의 양반응 관계 및 역치

근로자의 감염성 질환의 경우, 평균 기온 및 최고 기온이 통계적으로 유의미한 연관성을 나타냈다. 평균 기온이 1℃ 오를 때 마다 근로자 10만 명당 42,636건, 그리고 최고 기온이 1℃ 오를 때 마다 519건의 감염성 질환이 증가하는 것으로 추정된다. 또한 평균 기온에 노출된 이후 3.4일까지 영향을 미치며, 27.1℃를 넘게 되면 근로자의 감염성 질환이 증가하는 양상이 관찰되었다. 최고 기온의 경우, 노출 이후 3.6일까지 영향을 미치며, 잠재적으로는 평균 기온보다 더욱 오랫동안 영향을 미치는 것으로 보인다. 감염성 질환은 대표적인 여름철 질환으로 이번 분석에서도 대기 온도와 높은 연관성이 확인되었다.

(4) 일반건강영향 (내분비계 질환)

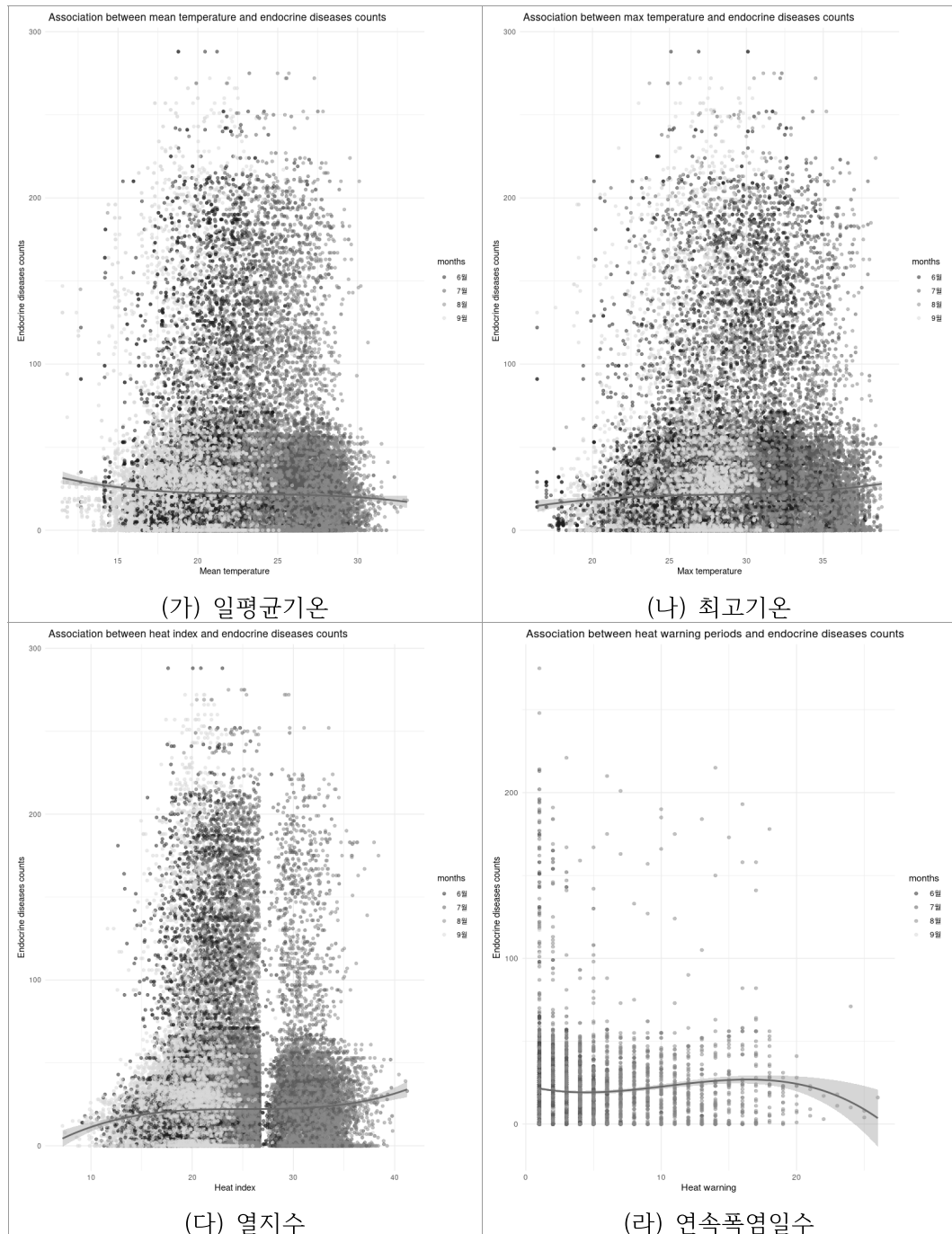
일반건강영향에서 내분비계 질환은 표준 질병 분류상 ‘내분비, 영양 및 대사

질환 (E00-E90)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 대기 온도 변화에 따른 근로자의 내분비계 질환의 영향을 분석하였다. 근로자의 내분비계 질환은 관찰 기간 동안 전체 7,593,852건으로 나타났다. 내분비계 질환으로 인한 병의원 이용은 월별로는 큰 차이가 확인되지 않았으며, 요일별로는 월요일이 가장 높았다.



[그림 2-26] 월별, 요일별 내분비계 질환 현황

폭염 관련 기상 인자와 내분비계 질환과의 연관성은 다음 그림과 같다. 최고 기온과 열지수 그리고 연속 폭염일수 중 일부에서 내분비계 질환과 양의 상관관계가 확인되나 통계적으로 유의미한 연관성은 확인되지 않는다.



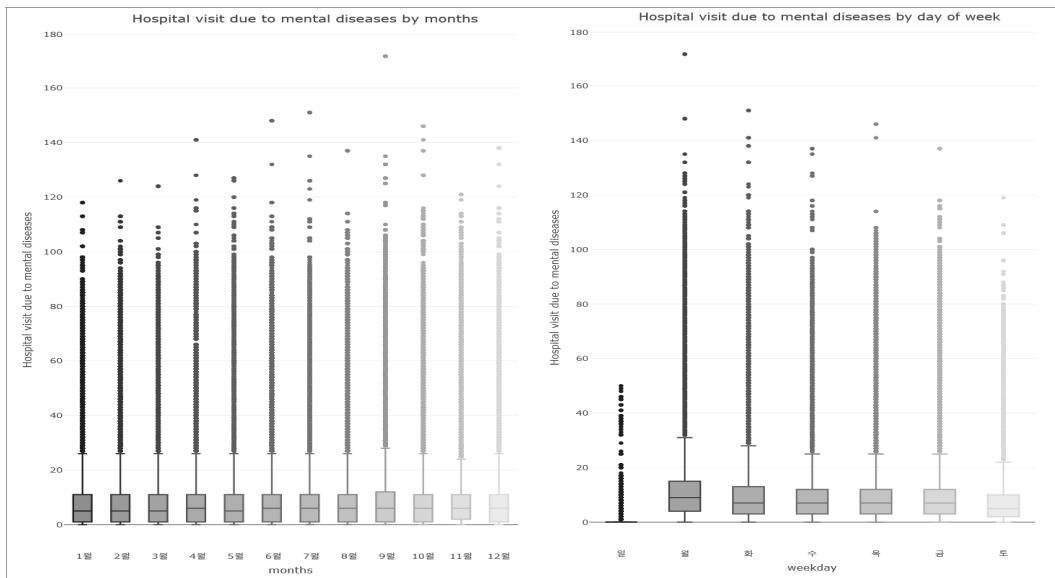
[그림 2-27] 기상 정보별 내분비계 질환과의 연관성

문헌고찰에서 이상지질혈증을 비롯한 일부 내분비계 질환이 더위와 연관이 있다는 보고가 있었으나 이번 연구에서는 확인되지 않았다. 이는 다양한 내분비계 질환의 그룹을 대상으로 분석하여 진행하였고, 의학적 검사 결과가 아닌 병의원 이용 자료를 바탕으로 분석했기 때문인 것으로 추정된다.

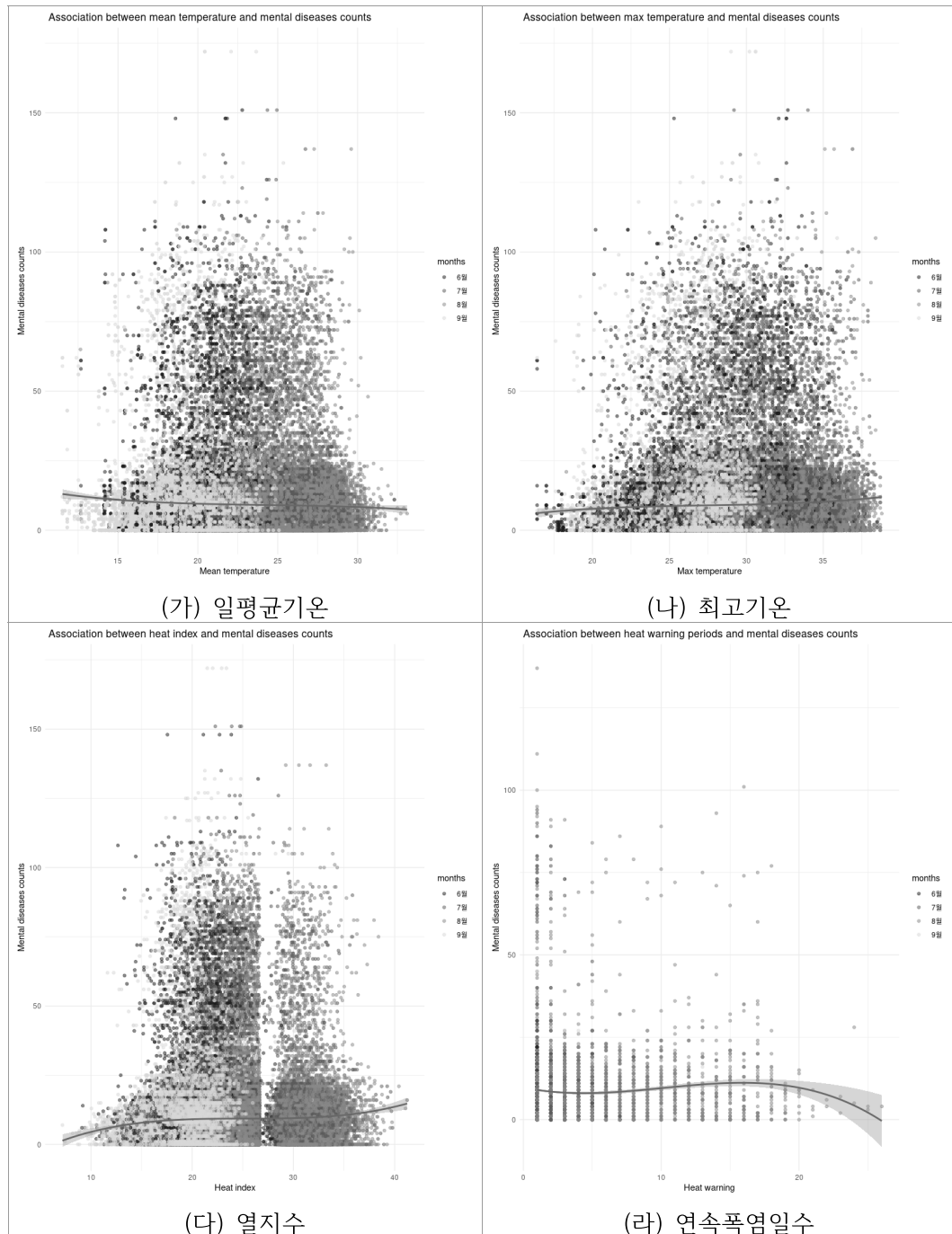
(5) 일반건강영향 (정신 질환)

일반건강영향에서 정신 질환은 표준 질병 분류상 ‘정신 및 행동장애 (F00-F99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 대기 온도 변화에 따른 근로자의 정신 질환의 영향을 분석하였다. 근로자의 정신 질환은 관찰 기간 동안 전체 3,176,853건으로 나타났다. 정신 질환으로 인한 병의원 이용은 월별로는 큰 차이가 확인되지 않았으며, 요일별로는 월요일이 가장 높았다.

폭염 관련 기상 인자와 정신 질환과의 연관성은 [그림 2-29]와 같다. 최고 기온과 열지수에서 정신 질환과 양의 상관관계가 확인되나 통계적으로 유의미한 연관성은 확인되지 않는다.



[그림 2-28] 월별, 요일별 정신 질환 현황



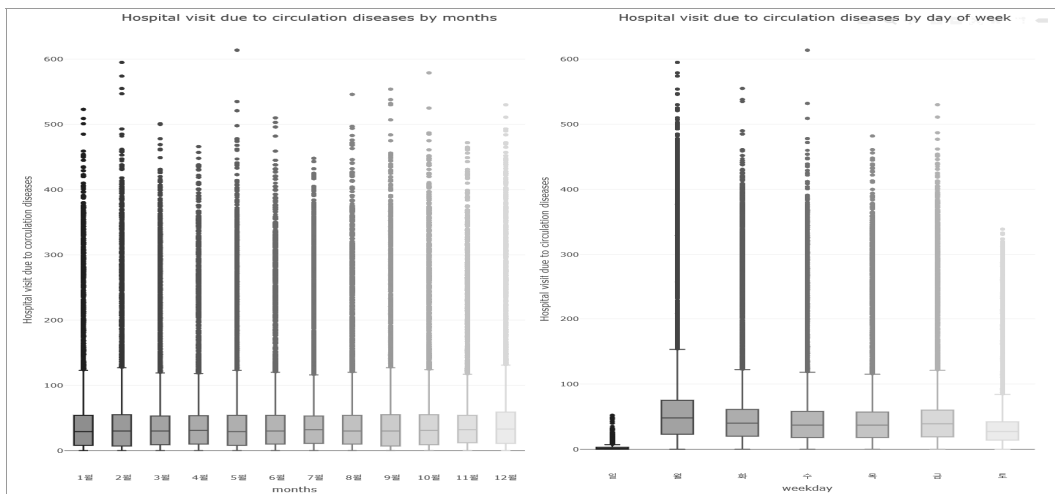
[그림 2-29] 기상 정보별 정신 질환과의 연관성

문헌고찰 및 전문가 의견에서 인지 기능 장애와 같은 일부 정신건강의학과 질환이 더위와 연관 있다는 것을 확인하였으나 이번 연구에서는 관찰되지 않았다. 이는 다양한 정신 질환의 그룹을 대상으로 분석하여 진행하였고, 인지기능 저하를 포함하여 많은 상병들이 민감 상병으로 분류되었으며, 의학적 검사 결과가 아닌 병원 이용 자료를 바탕으로 분석했기 때문인 것으로 추정된다.

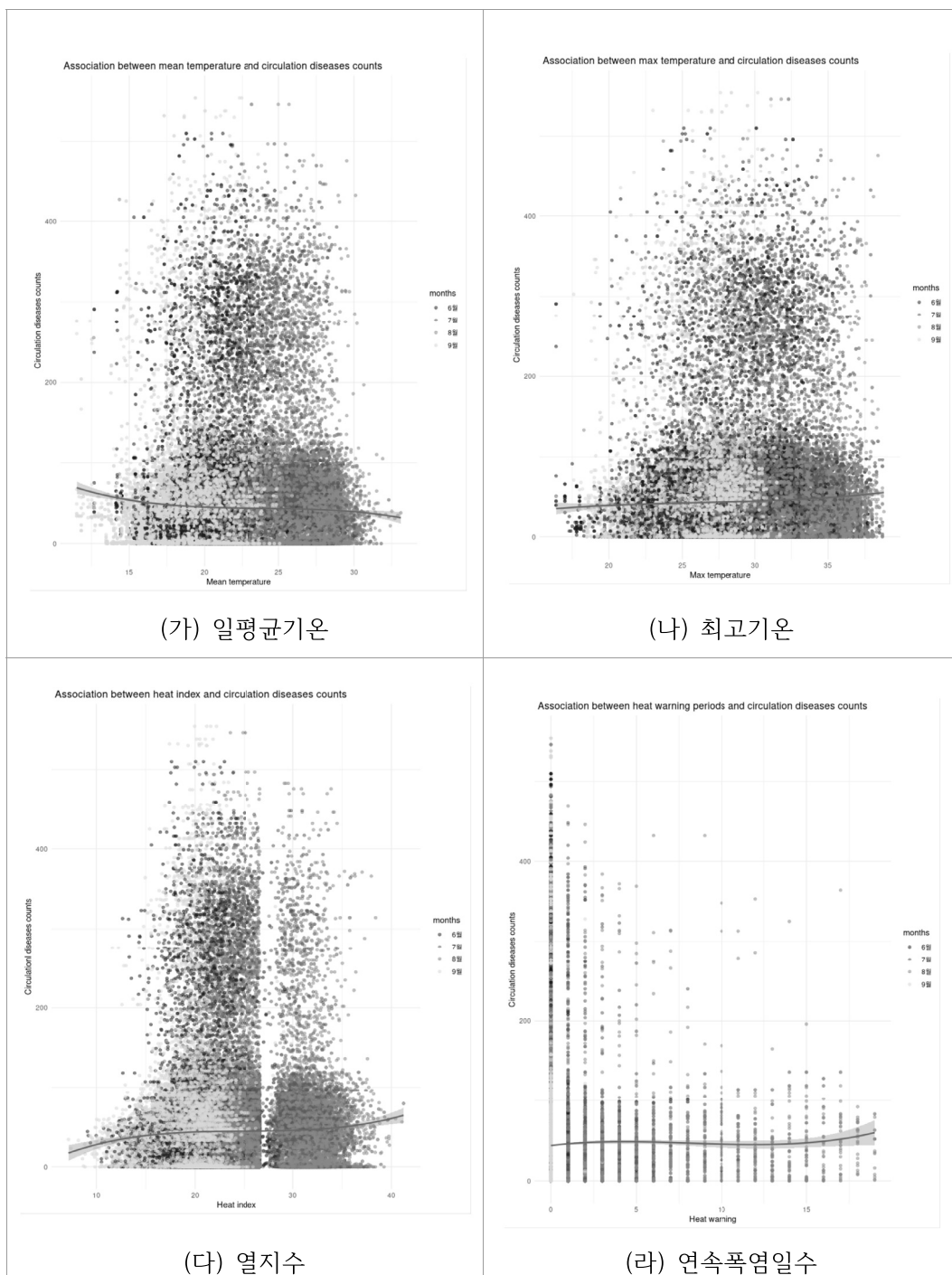
(6) 일반건강영향 (순환기계 질환)

일반건강영향에서 순환기계 질환은 표준 질병 분류상 ‘순환계통의 질환(I00-I99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 근로자의 순환기계 질환은 관찰 기간 동안 전체 4,203,093건으로 나타났다. 월별로는 겨울철에 빈도가 다소 높았으며, 요일별로는 주중이 주말보다 빈도가 높게 관찰되었으며, 월요일과 금요일에 빈도가 높았다.

폭염 관련 기상 인자와 순환기계 질환과의 연관성은 [그림 2-31]과 같다. 이중 통계적으로 유의미한 연관성은 연속 폭염 일수에서 관찰되었다. 분석 모형 적용 결과, 폭염이 연속적으로 1일씩 증가할 때마다 근로자 10만 명당 6,175건의 순환기계 질환이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P<0.01$).



[그림 2-30] 월별, 요일별 순환기계 질환 현황



[그림 2-31] 기상 정보별 순환기계 질환과의 연관성

연속폭염 일수가 순환기계 질환에 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같이 확인된다. 특정일 노출 이후 통계적으로 유의미한 지연 효과는 확인되지 않는다.

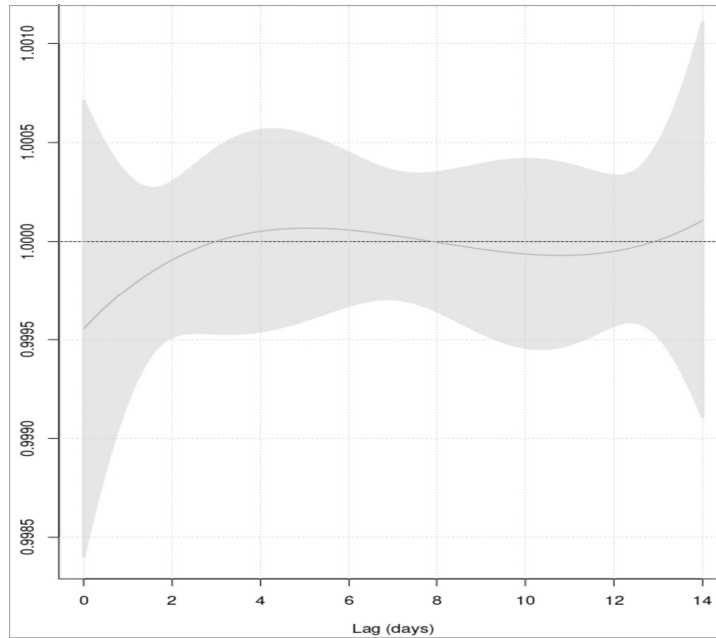
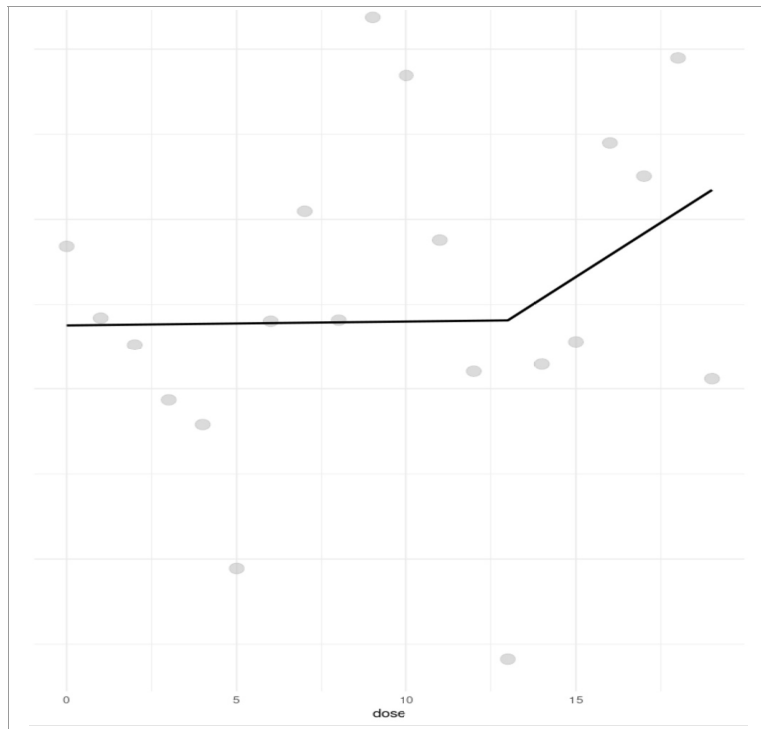


그림 2-32] 기상 정보별 순환기계 질환의 지연효과

연속 폭염 일수와 근로자의 순환기계 질환과의 양-반응관계와 역치는 다음 그림과 같다. 폭염이 연속적으로 12.7일 이상 지속되게 되면, 순환계 질환의 위험이 증가하는 것으로 관찰된다.

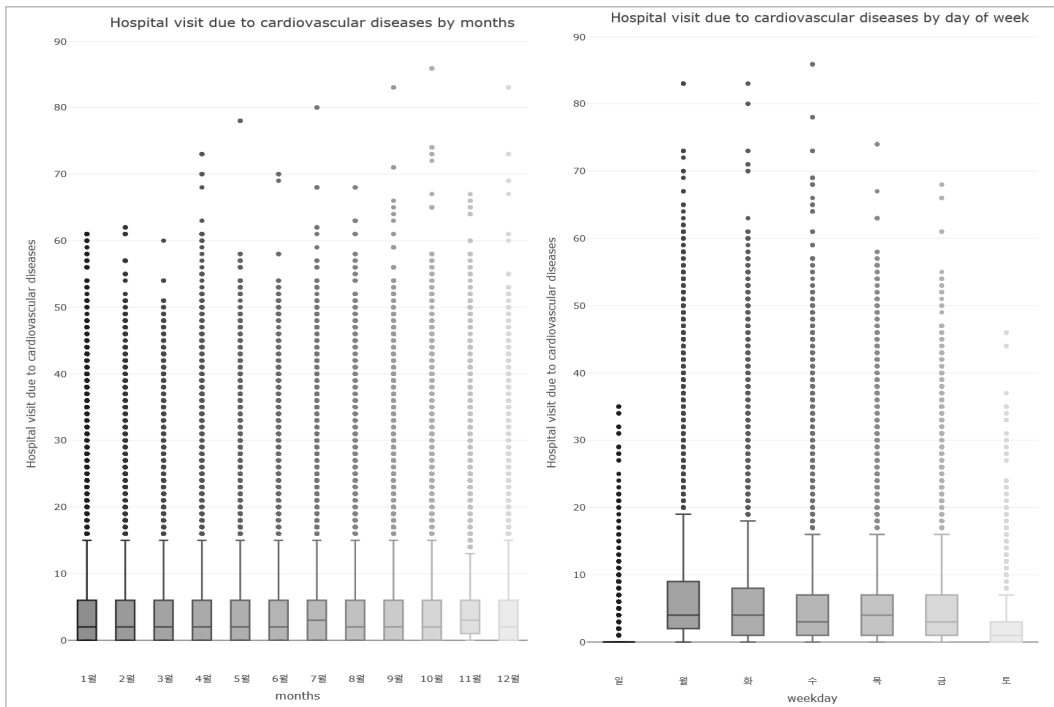
근로자의 순환기계 질환의 경우, 연속 폭염 일수가 통계적으로 유의미한 연관성을 나타냈다. 폭염이 연속되면 1일 증가할 때 마다 근로자 10만 명당 6,175건의 순환기계 질환이 증가하는 것으로 추정된다. 지연 효과는 의미 있게 확인되지 않았으며, 폭염이 연속적으로 12.7일이 넘게 되면 근로자의 순환계 질환이 증가하는 양상이 관찰되었다.



**[그림 2-33] 기상 정보별 순환기계 질환의 양반응
관계 및 역치**

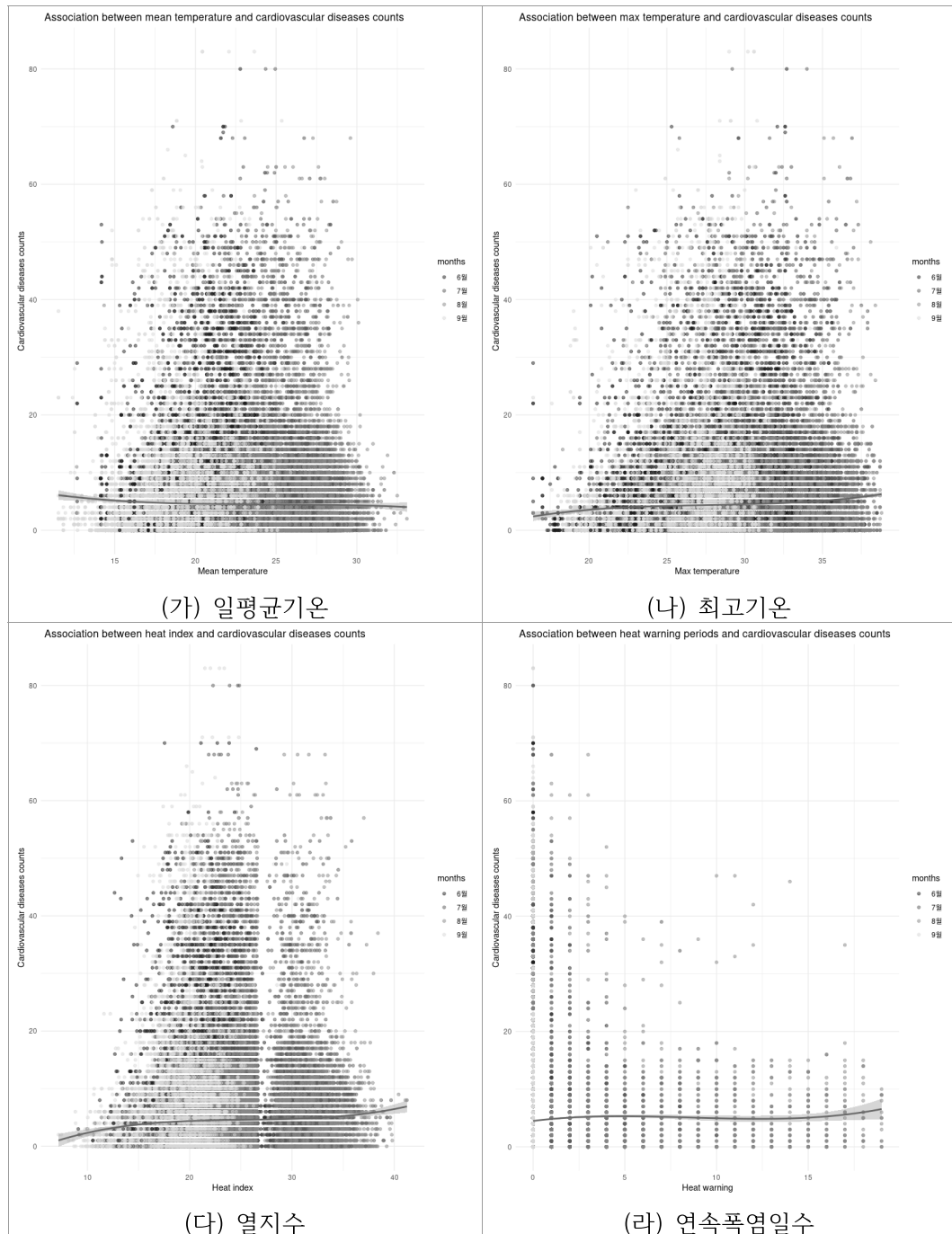
(7) 일반건강영향 (뇌심혈관계 질환)

일반건강영향에서 순환기계 질환 중 일부에 속하지만 뇌심혈관계 질환은 별도로 분류하여 분석하였다. 뇌심혈관계 질환은 표준 질병 분류상 ‘허혈심장질환 (I20-I25)’과 ‘뇌혈관질환 (I60-I69)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 근로자의 뇌심혈관계 질환은 관찰 기간 동안 전체 432,453건으로 나타났다. 월별로는 7월부터 12월까지 점차 증가하였으며, 요일별로는 주중이 주말보다 빈도가 높게 관찰되었으며, 월요일에 빈도가 높았다.



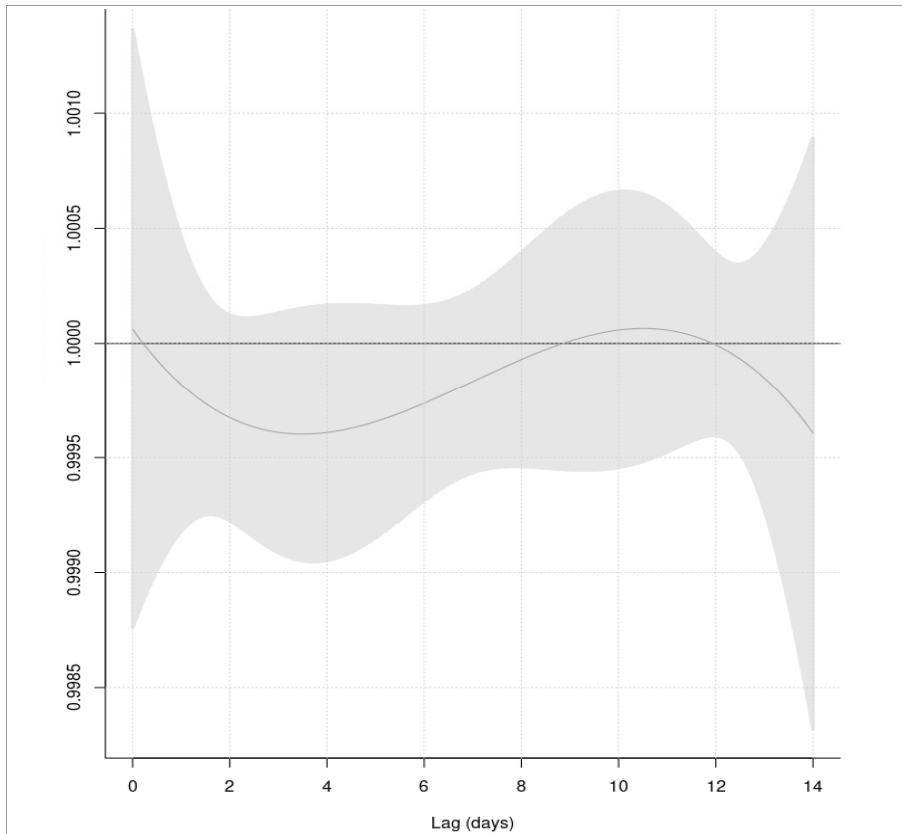
[그림 2-34] 월별, 요일별 뇌심혈관계 질환 현황

폭염 관련 기상 인자와 뇌심혈관계 질환과의 연관성은 다음 그림과 같다. 이 중 통계적으로 유의미한 연관성은 최고 기온에서 관찰되었다. 분석 모형 적용 결과, 최고 기온이 1℃ 증가할 때마다 근로자 10만 명당 3,127건의 뇌심혈관계 질환이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P < 0.001$).



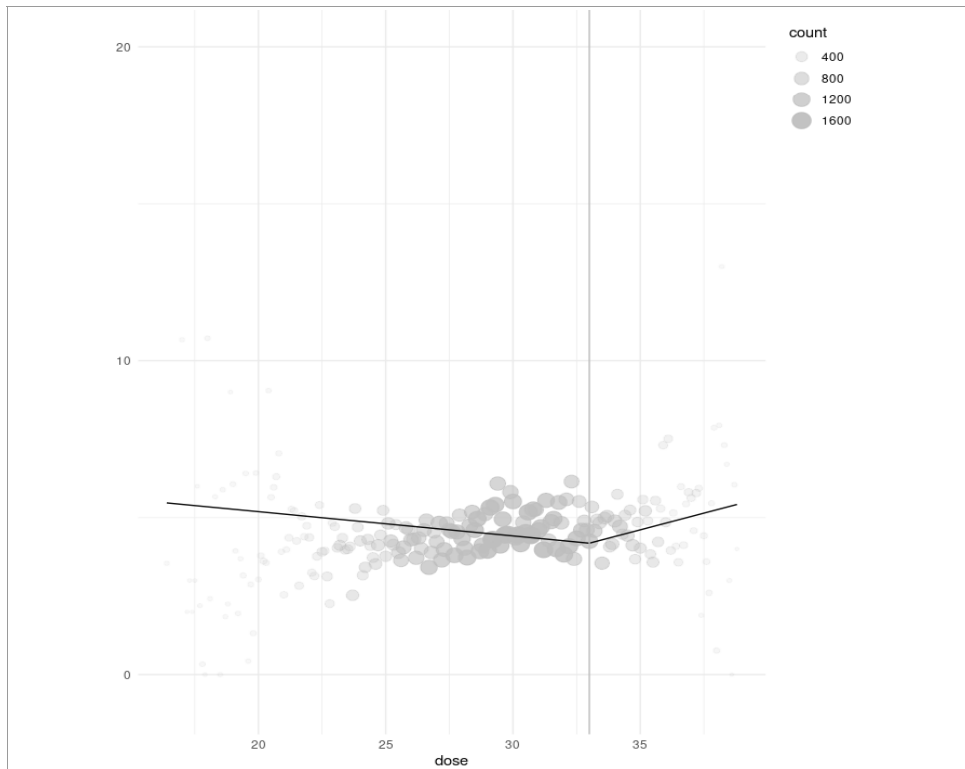
[그림 2-35] 기상 정보별 뇌심혈관계 질환과의 연관성

최고 기온 노출이 뇌심혈관계 질환에 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같이 확인된다. 특정일 노출 이후 통계적으로 유의미한 지연 효과는 확인되지 않는다.



[그림 2-36] 기상 정보별 뇌심혈관계 질환의 지연효과

최고 기온과 근로자의 뇌심혈관계 질환과의 양-반응관계와 역치는 다음 그림과 같다. 최고 기온이 32.8℃를 넘게 되면, 뇌심혈관계 질환의 위험이 증가하는 것으로 관찰된다.



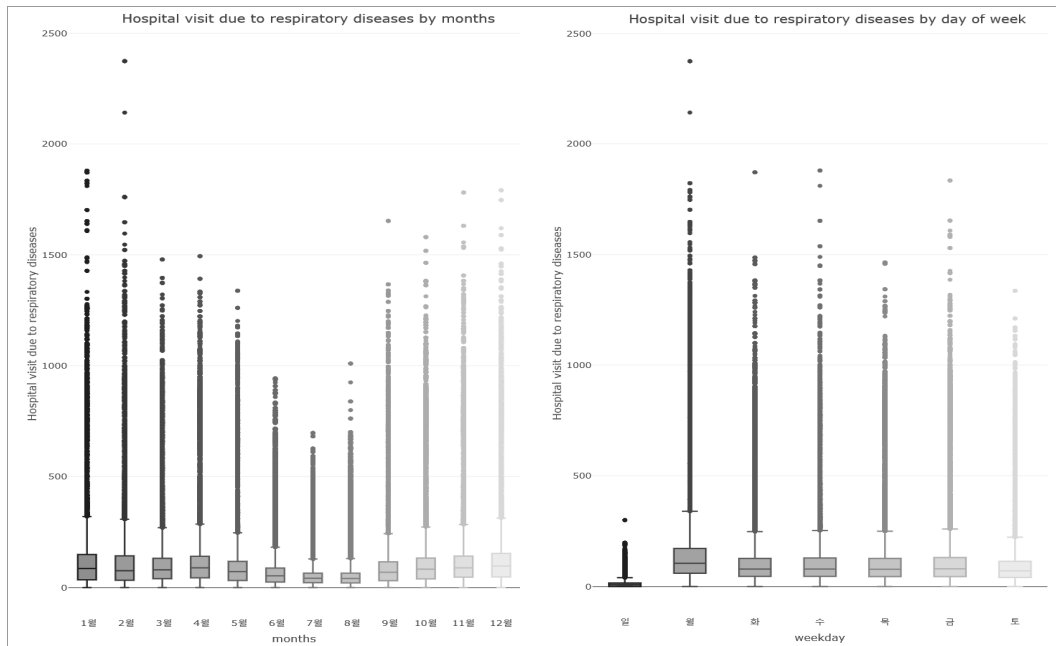
[그림 2-37] 기상 정보별 뇌심혈관계 질환의 양반응 관계 및 역치

근로자의 뇌심혈관계 질환의 경우, 최고 기온이 통계적으로 유의미한 연관성을 나타냈다. 최고 기온이 1℃ 증가할 때 마다 근로자 10만 명당 3,127건의 뇌심혈관계 질환이 증가하는 것으로 추정된다. 지연 효과는 의미 있게 확인되지 않았으며, 최고 기온이 32.8℃를 넘게 되면 근로자의 뇌심혈관계 질환이 증가하는 양상이 관찰되었다.

(8) 일반건강영향 (호흡기계 질환)

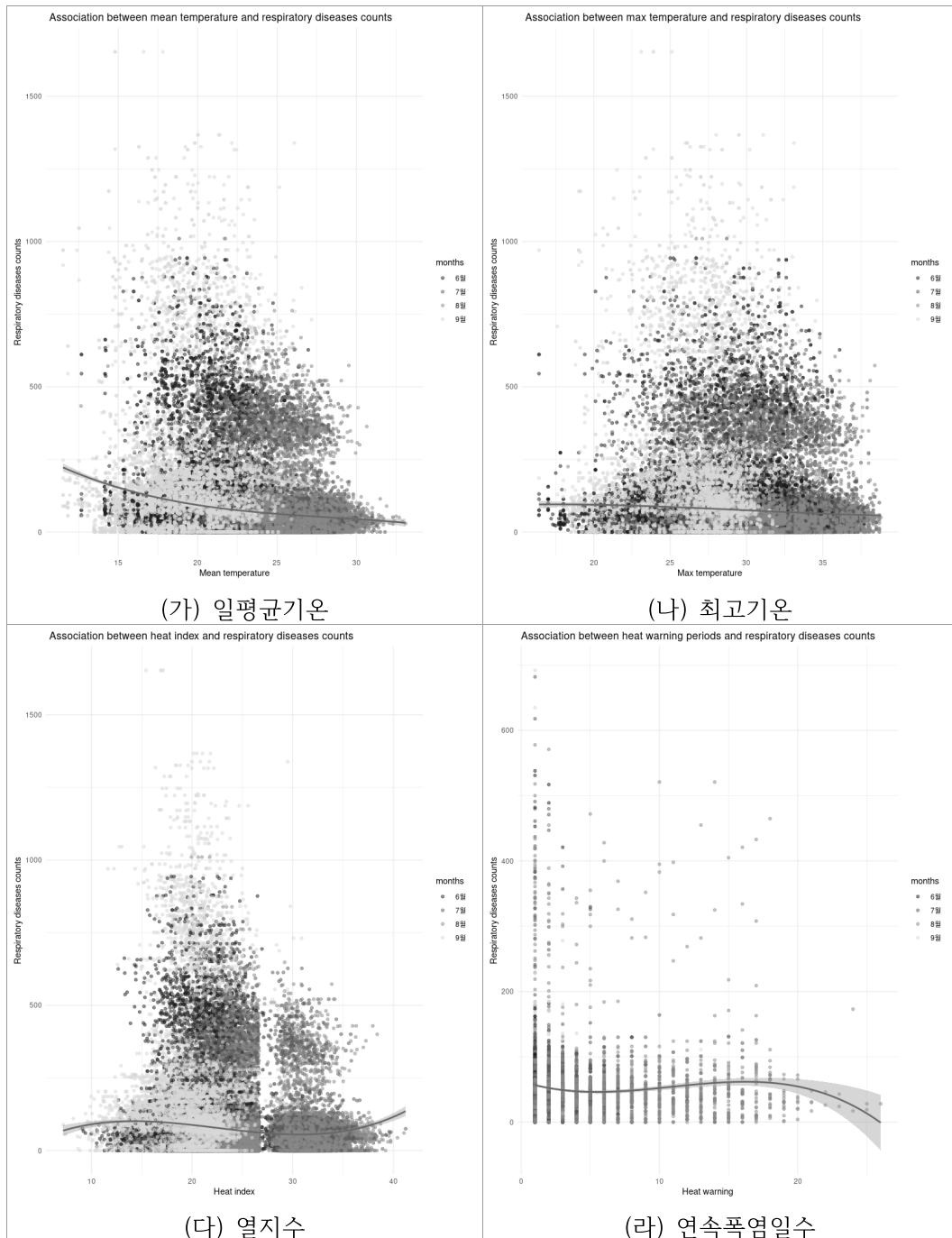
일반건강영향에서 호흡기계 질환은 표준 질병 분류상 ‘호흡계통의 질환(J00-J99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 호흡기계 질환은 통상 겨울철에 특징적으로 우세하게 나타나는 질환을 알려져 있다. 폭염과 관련하여 증

가하는 질환 뿐 아니라 감소할 것으로 예상되는 질환에 대한 고찰도 필요하다는 판단 하에 분석을 진행하였다. 분석 목적상 연관성의 확인까지만 수행하였다. 근로자의 호흡기계 질환은 관찰 기간 동안 전체 37,462,821건으로 나타났다. 월별로는 7월과 8월에 연중 가장 낮은 빈도를 나타냈다. 요일별로는 주중이 주말보다 빈도가 높게 관찰되었으며, 월요일에 빈도가 높았다.



[그림 2-38] 월별, 요일별 호흡기계 질환 현황

폭염 관련 기상 인자와 호흡기계 질환과의 연관성은 다음 그림과 같다. 이 중 통계적으로 유의미한 연관성은 일평균 기온과 최고 기온에서 관찰되었다. 분석 모형 적용 결과, 평균 기온이 1℃ 증가할 때마다 근로자 10만 명당 95,668건의 호흡기계 질환이 감소하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다 ($P<0.001$). 최고 기온이 1℃ 증가할 때마다 근로자 10만 명당 136,695건의 호흡기계 질환이 감소하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P<0.001$).



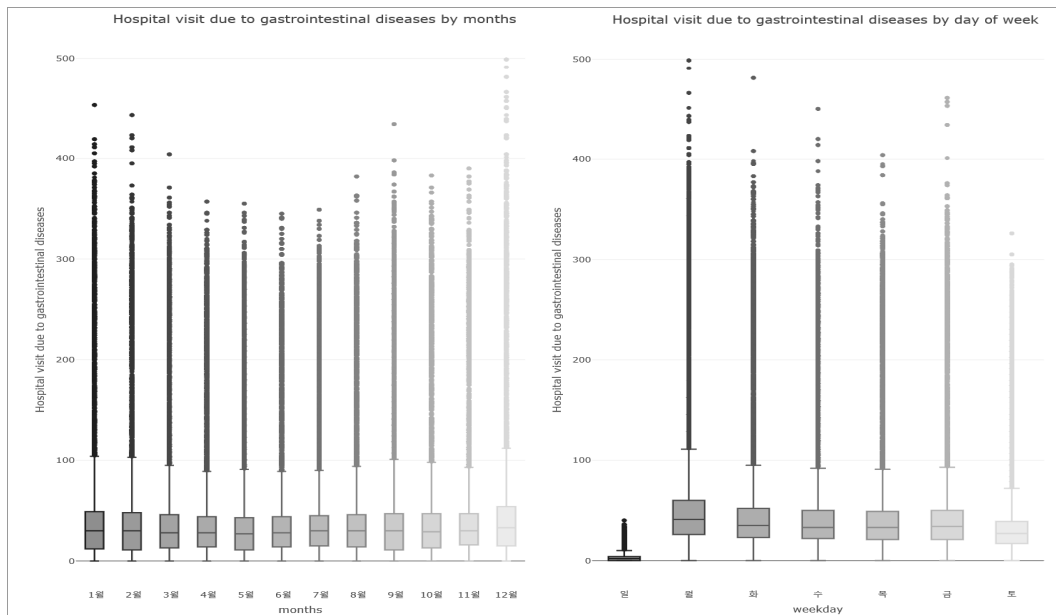
[그림 2-39] 기상 정보별 호흡기계 질환과의 연관성

근로자의 호흡기계 질환의 경우, 평균 기온과 최고 기온이 높아질수록 통계적으로 유의미하게 감소하는 것으로 확인되었다. 근로자의 호흡기계 질환의 경우 낮은 기온 노출과의 연관성에 대한 연구가 필요하다.

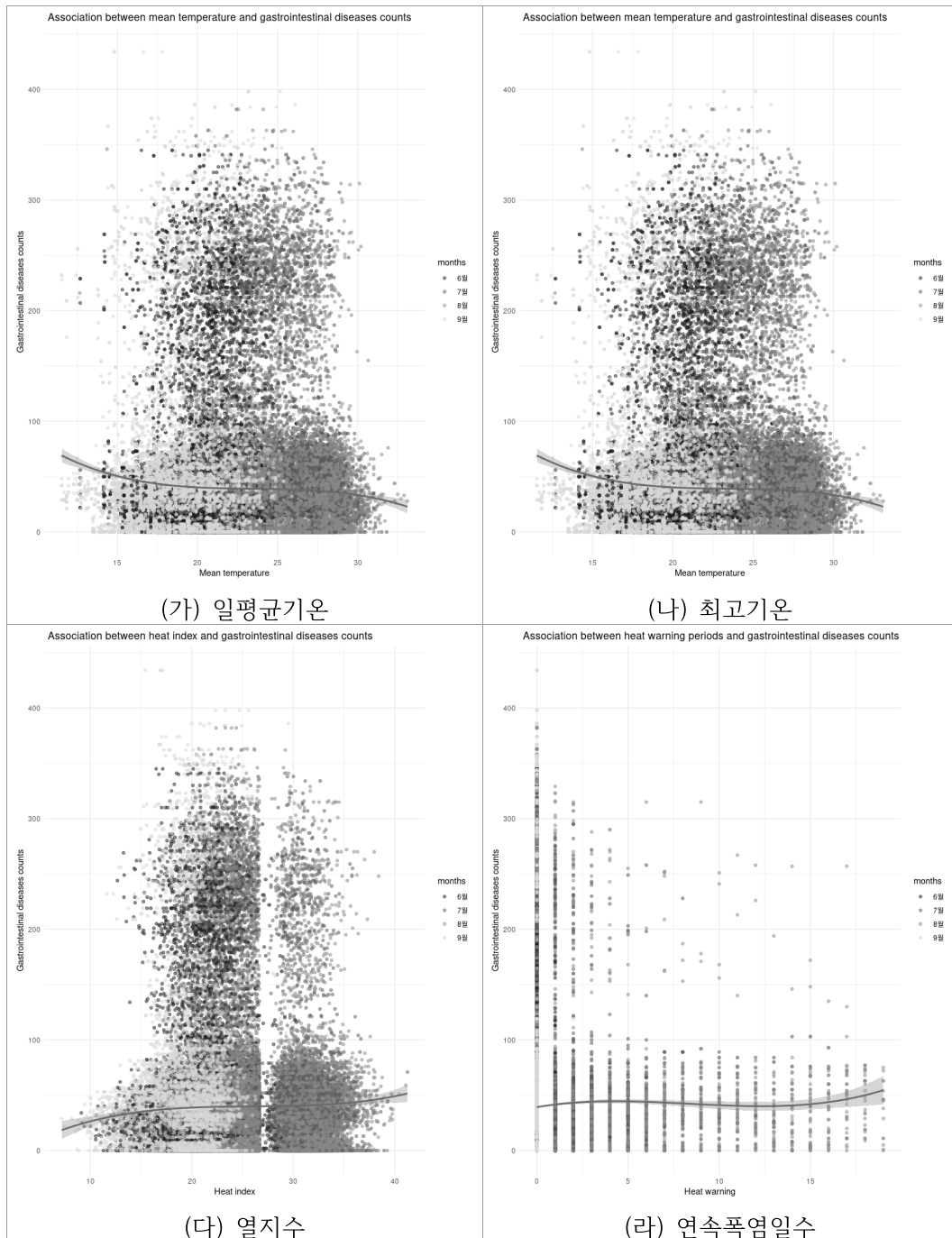
(9) 일반건강영향 (소화기계 질환)

일반건강영향에서 정신 질환은 표준 질병 분류상 ‘소화계통의 질환(K00-K93)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 근로자의 소화기계 질환은 관찰 기간 동안 전체 12,989,765건으로 나타났다. 소화기계 질환으로 인한 병의원 이용은 월별로는 큰 차이가 확인되지 않았으며, 요일별로는 월요일이 가장 높았다.

폭염 관련 기상 인자와 소화기계 질환과의 연관성은 [그림 2-41]과 같다. 열지수와 연속 폭염 일수에서 소화기계 질환과 양의 상관관계가 확인되나 통계적으로 유의미한 연관성은 확인되지 않는다.



[그림 2-40] 월별, 요일별 소화기계 질환 현황



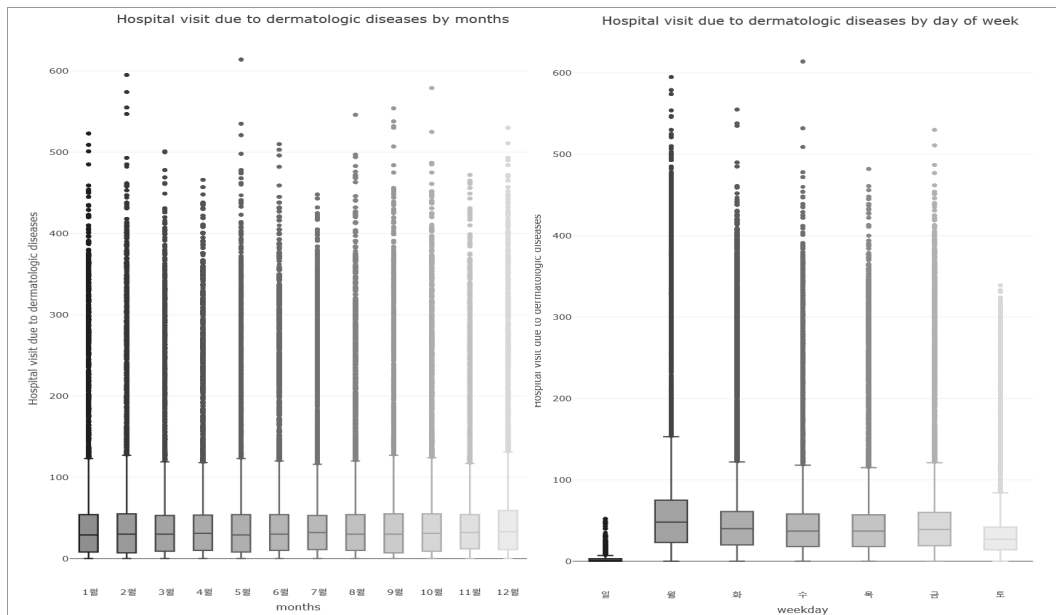
[그림 2-41] 기상 정보별 소화기계 질환과의 연관성

폭염과 연관된 근로자의 소화기계 질환에 대한 기존 문헌은 확인이 어려웠다. 이번 분석에서도 연관성은 관찰되지 않았다. 생리학적 기전 상 더위의 노출로 인한 체액의 변화는 소화기계에 영향을 줄 수 있는 가능성이 있는 만큼 추후 관심을 가지고 고찰해야 할 필요성은 있다.

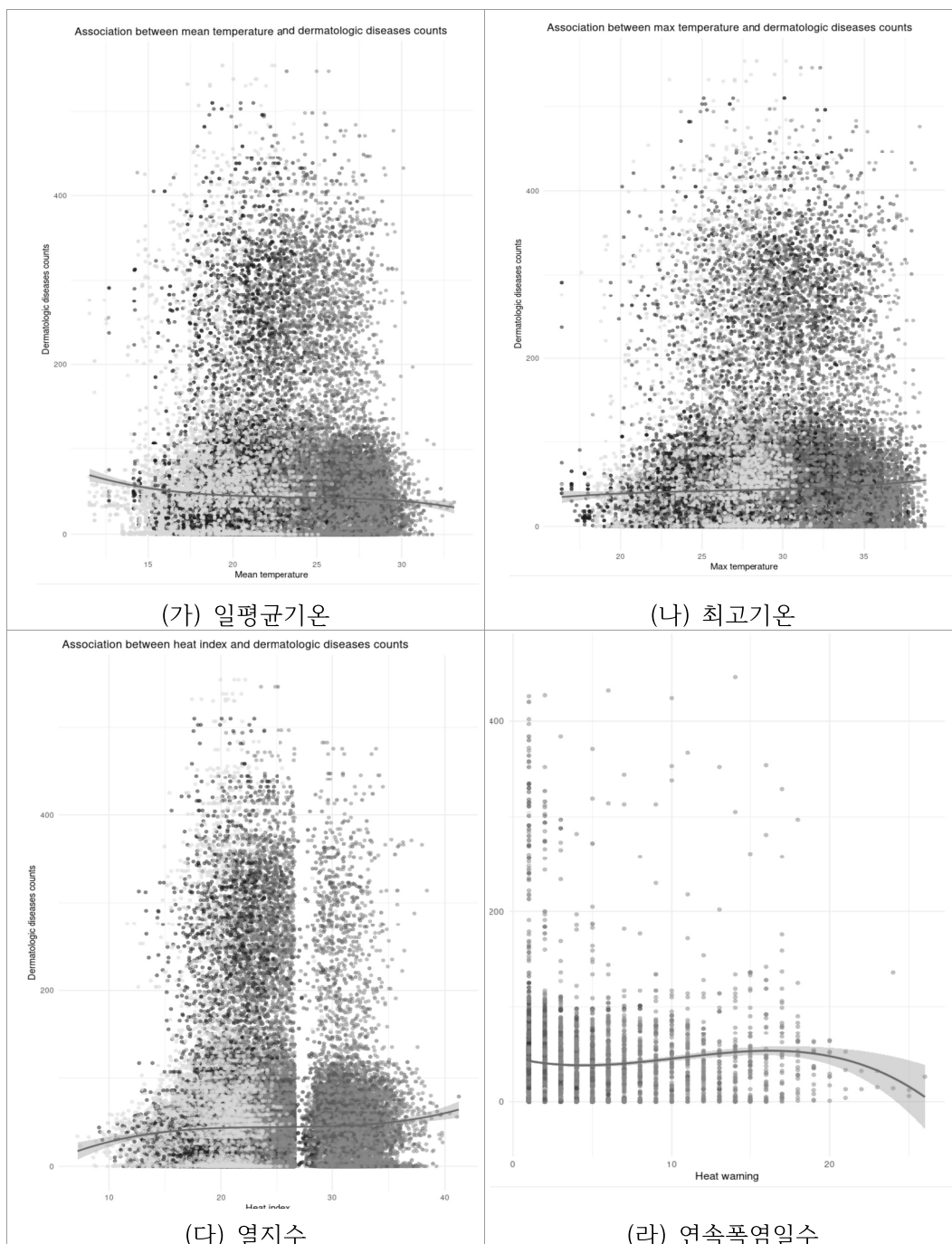
(10) 일반건강영향 (피부 질환)

일반건강영향에서 피부 질환은 표준 질병 분류상 ‘피부 및 피하조직의 질환 (L00-L99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 대기 온도 변화에 따른 근로자의 피부 질환의 영향을 분석하였다. 근로자의 피부 질환은 관찰 기간 동안 전체 15,440,482건으로 나타났다. 피부 질환으로 인한 병원 이용은 월별로는 큰 차이가 확인되지 않았으며, 요일별로는 월요일이 가장 높았다.

폭염 관련 기상 인자와 피부 질환과의 연관성은 [그림 2-43]과 같다. 통계적으로 유의미한 연관성은 확인되지 않는다.



[그림 2-42] 월별, 요일별 피부 질환 현황



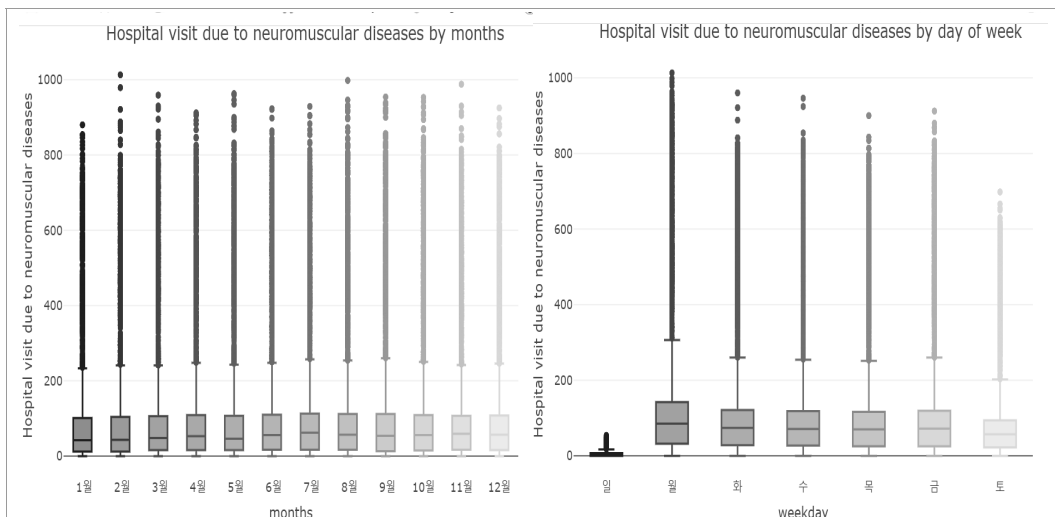
[그림 2-43] 기상 정보별 피부 질환과의 연관성

여름철에 호발 하는 피부 질환이 있으므로, 대기 온도와의 연관성이 높을 것으로 추정하였으나 통계적으로 의미 있는 연관성은 관찰되지 않았다. 환절기 및 겨울철에도 호발 하는 피부질환이 있으므로 더위와 관련된 기상 인자와의 연관성은 상대적으로 약하게 나타났을 것으로 추정된다. 여름철에 호발 하는 질환을 중심으로 추후 분석해볼 필요성이 있다.

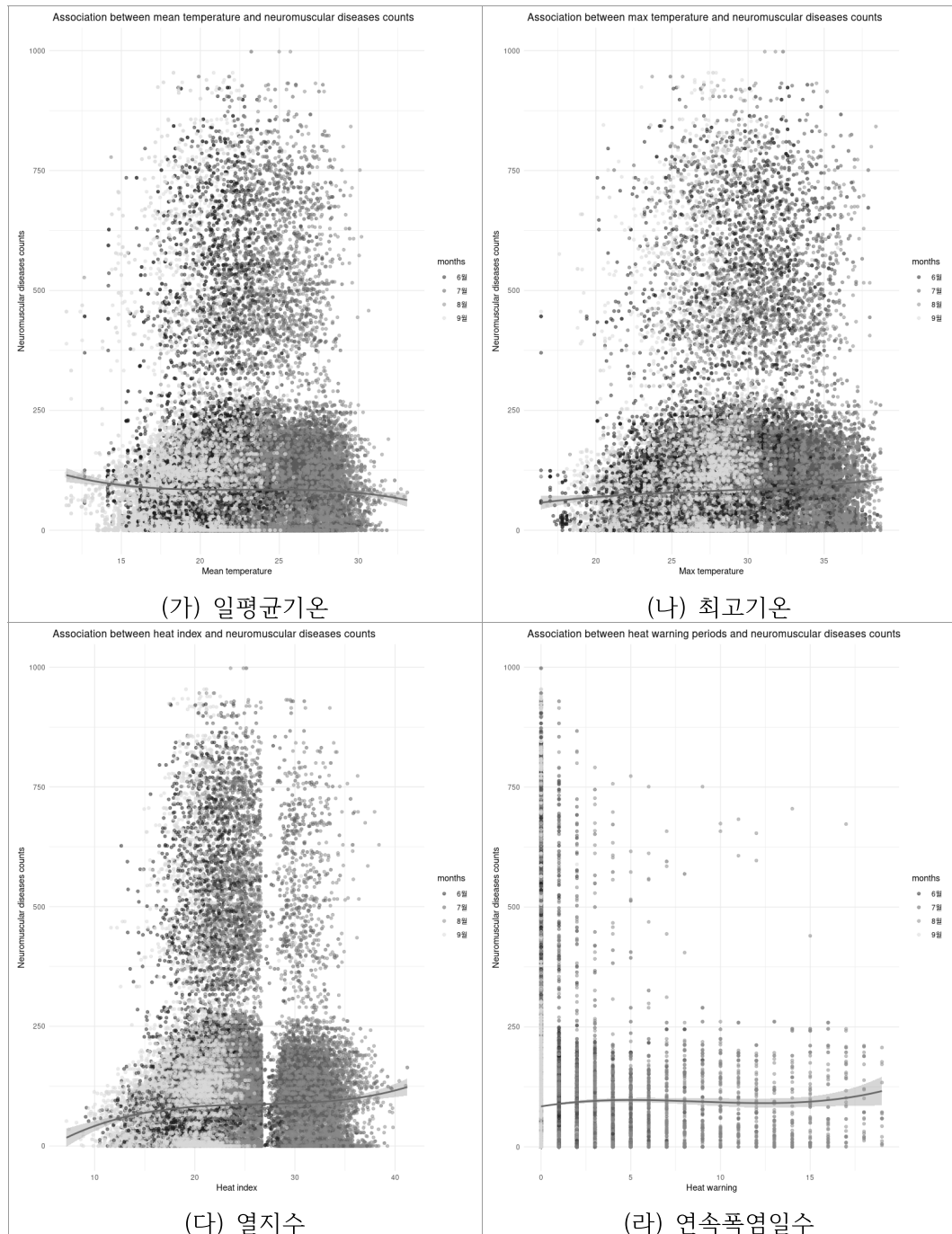
(11) 일반건강영향 (근골격계 질환)

일반건강영향에서 근골격계 질환은 표준 질병 분류상 ‘근골격계통 및 결합 조직의 질환 (M00-M99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 근로자의 근골격계 질환은 관찰 기간 동안 전체 28,609,277건으로 나타났다. 근골격계 질환으로 인한 병의원 이용은 월별로는 큰 차이가 확인되지 않았으나 7월과 8월에 다소 높게 관찰된다. 요일별로는 월요일이 가장 높았다.

폭염 관련 기상 인자와 근골격계 질환과의 연관성은 [그림 2-45]와 같다. 최고 기온과 열지수, 연속폭염일수에서 양의 상관관계가 확인되나 통계적으로 유의미한 연관성은 확인되지 않는다.



[그림 2-44] 월별, 요일별 근골격계 질환 현황

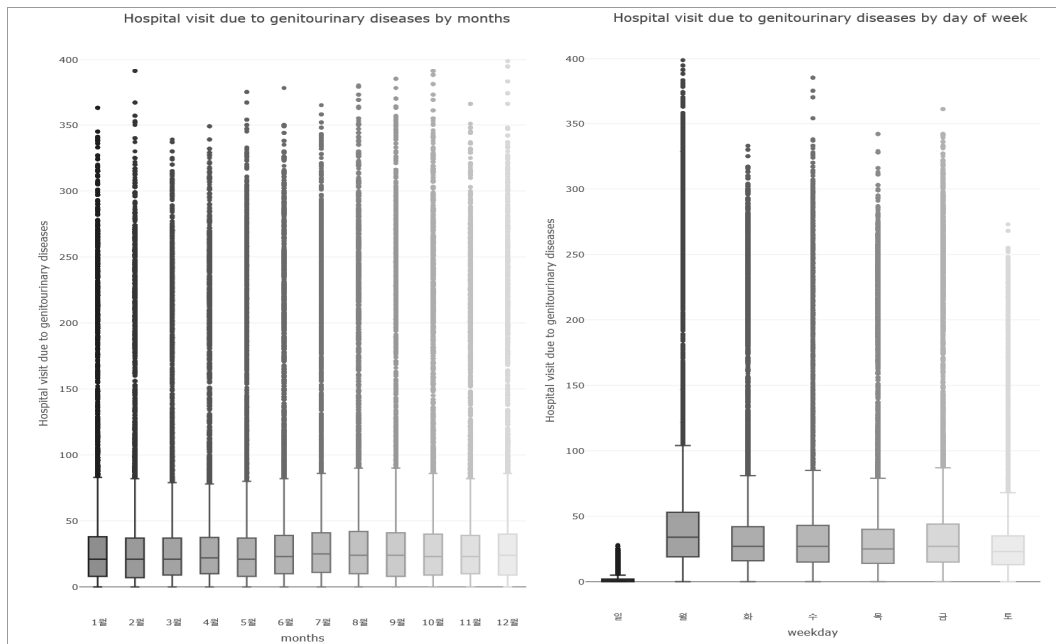


[그림 2-45] 기상 정보별 근골격계 질환과의 연관성

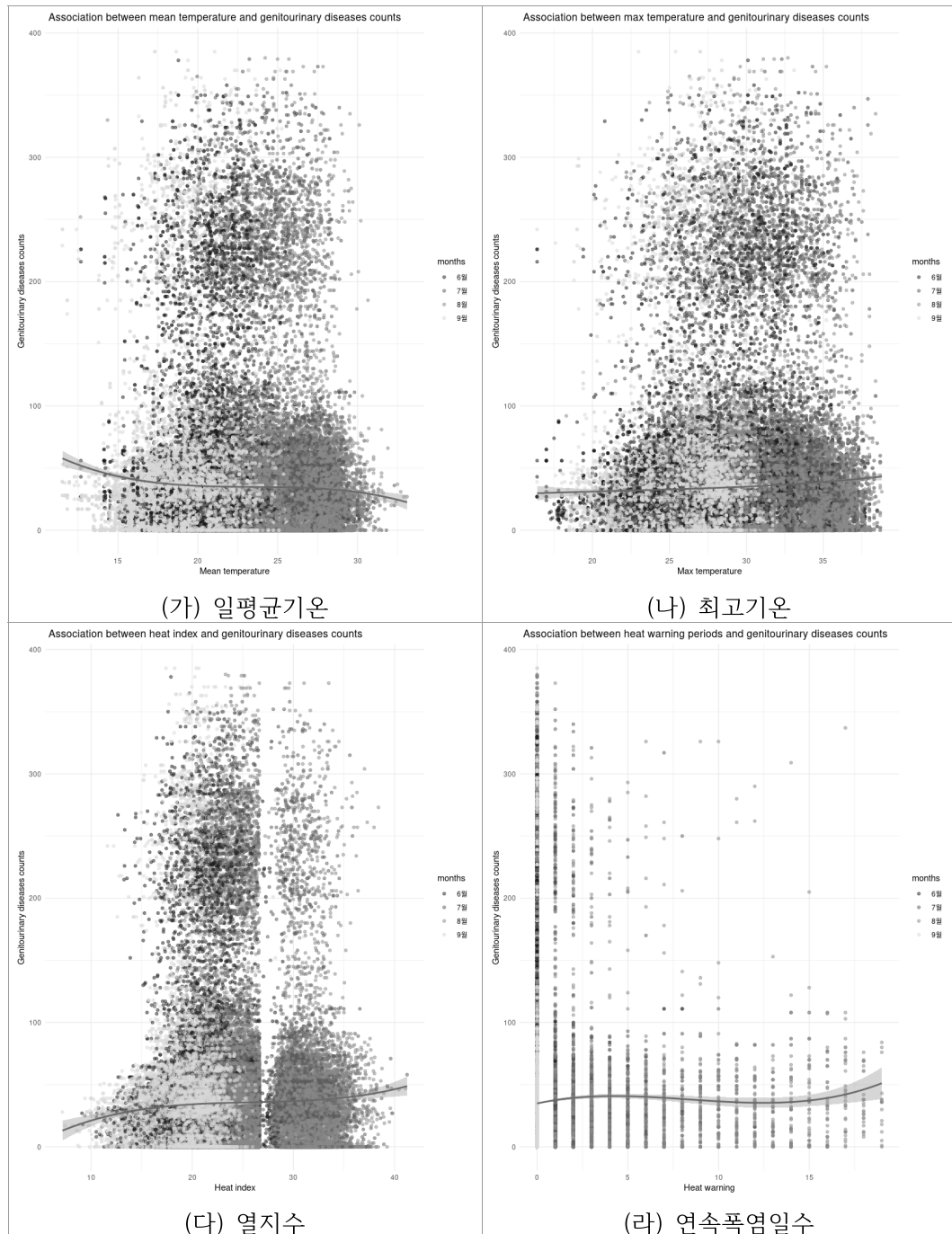
근로자의 근골격계 질환과 더위와의 연관성은 문헌고찰에서 확인되지 않는다. 이번 분석에서도 둘 사이의 연관성은 관찰되지 않았다. 병의원 이용 현황을 유병율이 아닌 발생률로 정리할 경우 의미 있는 결과가 도출될 가능성이 있다. 또한 여름철에는 사고 및 손상의 위험은 높은 것으로 알려져 있다. 이와 연관된 근골격계 질환은 추후 확인해볼 필요가 있다.

(12) 일반건강영향 (비뇨생식기계 질환)

일반건강영향에서 비뇨생식기계 질환은 표준 질병 분류상 ‘비뇨생식계통의 질환 (N00-N99)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 근로자의 비뇨생식기계 질환은 관찰 기간 동안 전체 11,800,634건으로 나타났다. 월별로는 7월부터 10월까지가 다른 월에 비해 비뇨생식기계 질환의 빈도가 높았다. 요일별로는 주중이 주말보다 높게 관찰되었으며, 월요일과 금요일에 높았다.



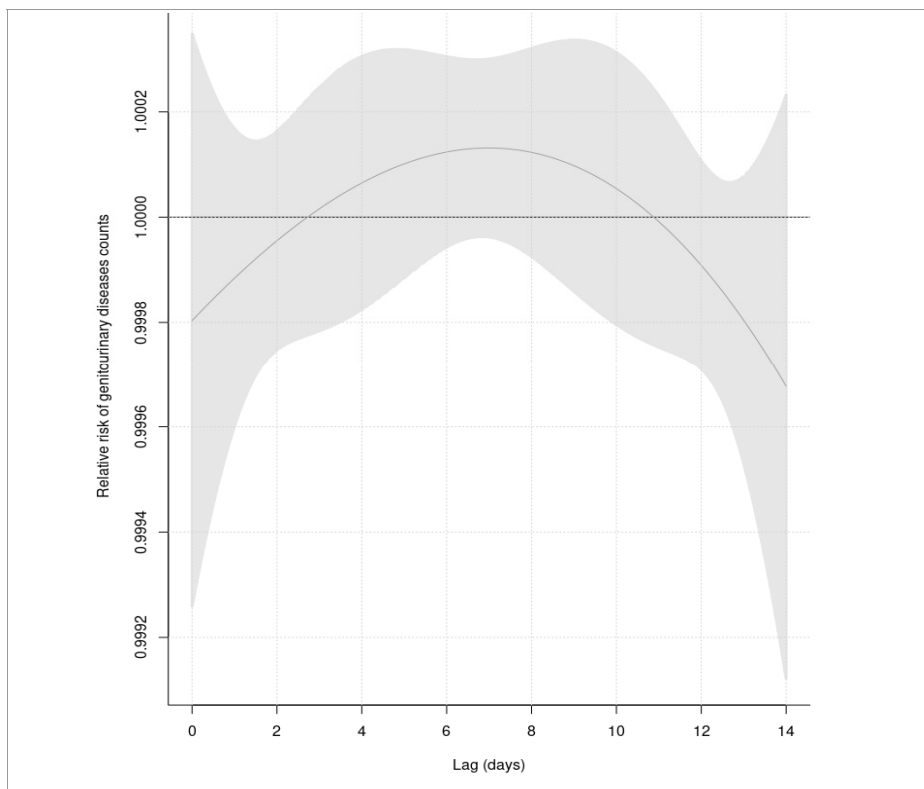
[그림 2-46] 월별, 요일별 비뇨생식계 질환 현황



[그림 2-47] 기상 정보별 비요생식기계 질환과의 연관성

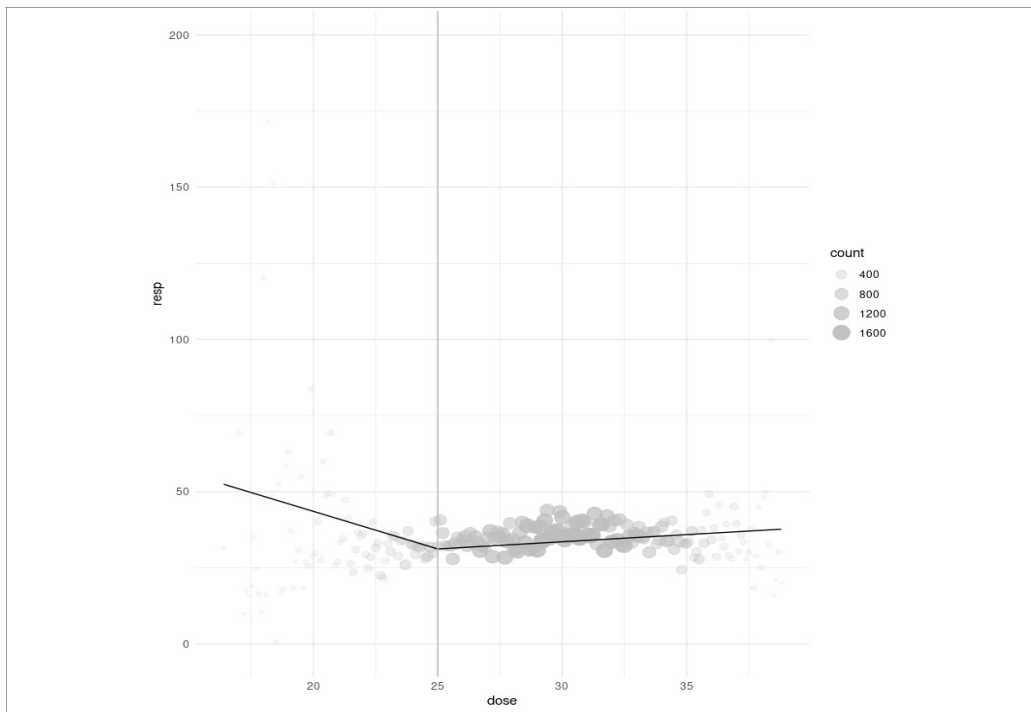
폭염 관련 기상 인자와 비뇨생식기계 질환과의 연관성은 [그림 2-47]과 같다. 최고 기온, 열지수, 연속폭염일수 모두 비뇨생식기계 질환과 양의 상관관계를 나타냈으나, 통계적으로 유의미한 연관성은 최고 기온에서 관찰되었다. 최고 기온이 1℃ 상승할 때 마다 근로자 10만 명당 1,260건의 비뇨생식기계 질환이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였다($P=0.0156$).

최고 기온이 비뇨생식기계 질환에 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같다. 통계적으로 유의한 지연 효과는 관찰되지 않는다.



[그림 2-48] 기상 정보별 비뇨생식기계 질환의 지연효과

최고 기온과 근로자의 비노생식기계 질환과의 양-반응관계와 역치는 다음 그림과 같다. 최고 기온의 경우 25.1℃부터 비노생식기계 질환의 위험이 증가하게 된다.



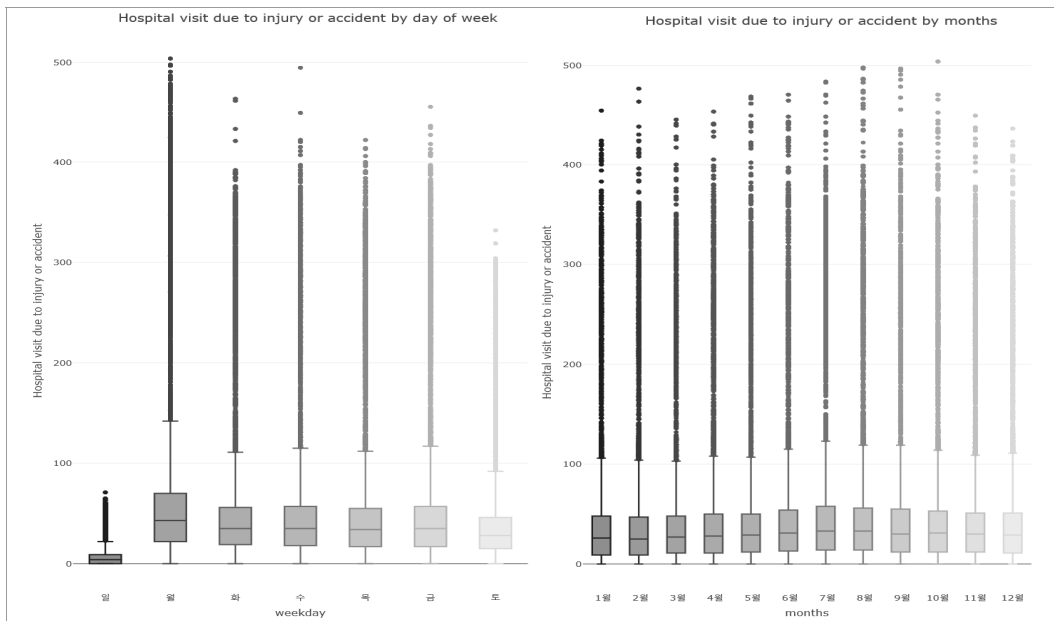
[그림 2-49] 기상 정보별 비노생식기계 질환의 양반응 관계 및 역치

근로자의 비노생식기계 질환의 경우, 최고 기온과의 연관성이 통계적으로 유의미했다. 최고 기온이 1℃ 오를 때 마다 근로자 10만 명당 1,260건의 비노생식기계 질환이 증가하는 것으로 추정된다. 노출 이후의 지연효과는 길게 작용하는 것으로 관찰되나 통계적 유의성은 확인되지 않았다. 최고 기온이 25.1℃를 넘게 되면 근로자의 비노생식기계 질환의 위험이 증가하는 양상이 관찰되었다. 근로자의 비노생식기계 질환의 경우 기대보다 낮은 수준의 최고 기온에서부터 건강영향을 나타내는 것을 확인되었다.

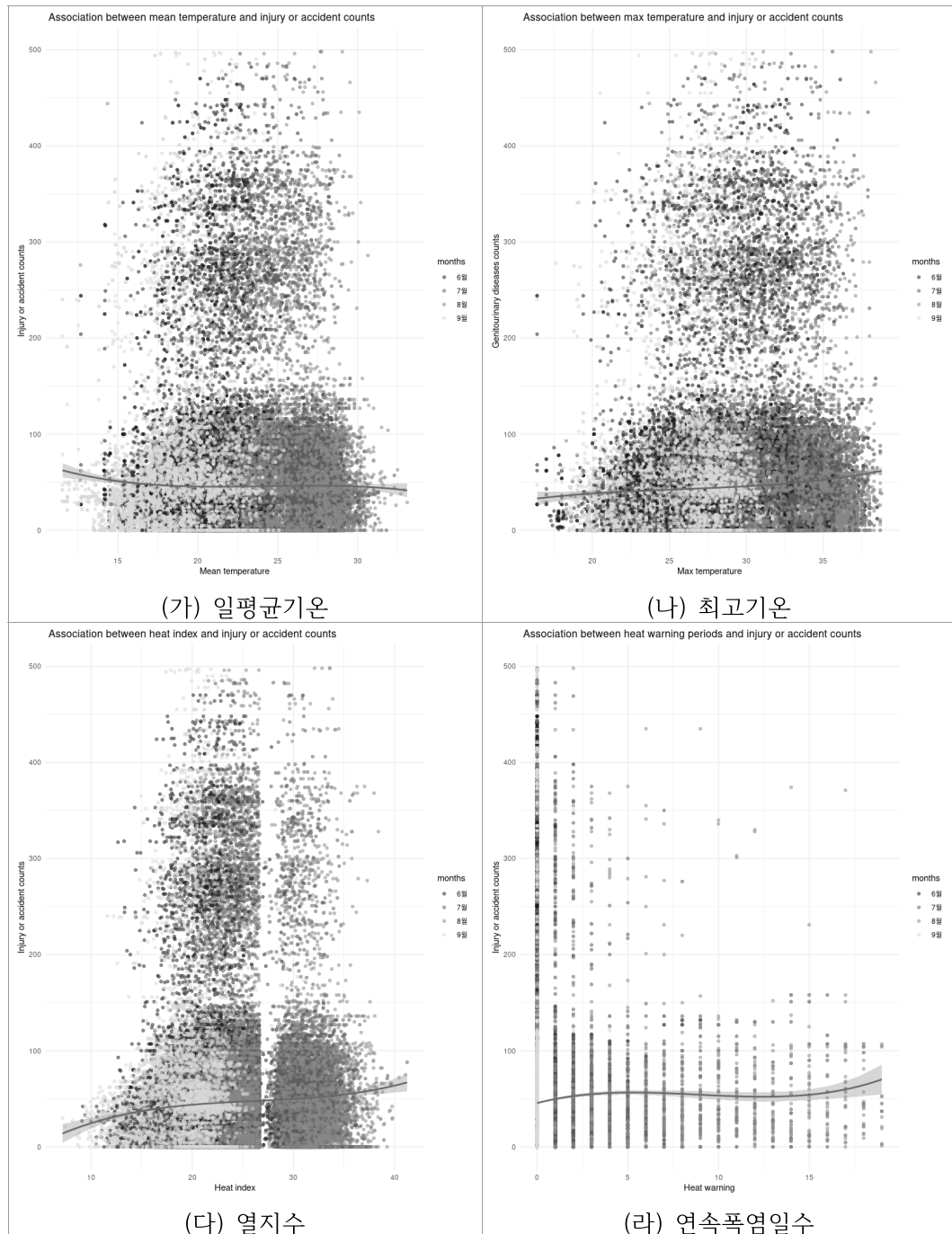
(13) 일반건강영향 (사고 및 손상)

일반건강영향에서 사고 및 손상은 표준 질병 분류상 ‘손상, 중독 및 외인에 의한 특정 기타 결과 (S00-T98)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 근로자의 사고 및 손상은 관찰 기간 동안 전체 14,888,037건으로 나타났다. 월별로는 7월이 다른 월에 비해 사고 및 손상의 빈도가 높았다. 요일별로는 주중이 주말보다 높게 관찰되었으며, 월요일에 높았다.

폭염 관련 기상 인자와 사고 및 손상의 연관성은 [그림 2-51]과 같다. 최고 기온, 열지수, 연속폭염일수 모두 사고 및 손상과 통계적으로 유의미한 연관성을 나타냈다. 최고 기온이 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 3,097건의 사고 및 손상이 증가하는 것으로 확인되며 통계적으로도 유의하였으며 ($P<0.001$), 열지수가 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 2,821건의 사고 및 손상이 증가하는 것으로 확인되었다($P<0.001$). 연속폭염의 경우 1일 증가할 때마다 사고 및 손상은 11,357건이 증가하는 것으로 나타났다($P<0.001$).

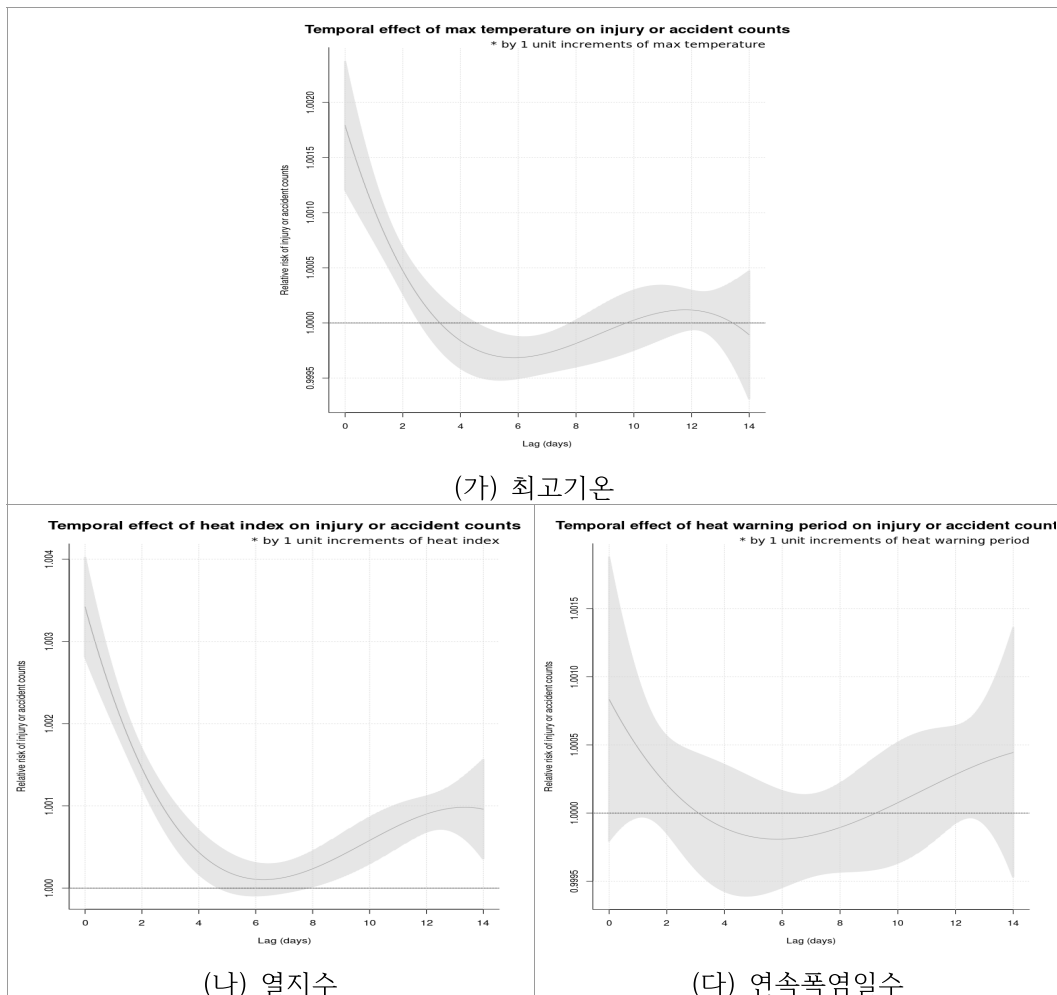


[그림 2-50] 월별, 요일별 사고 및 손상 현황



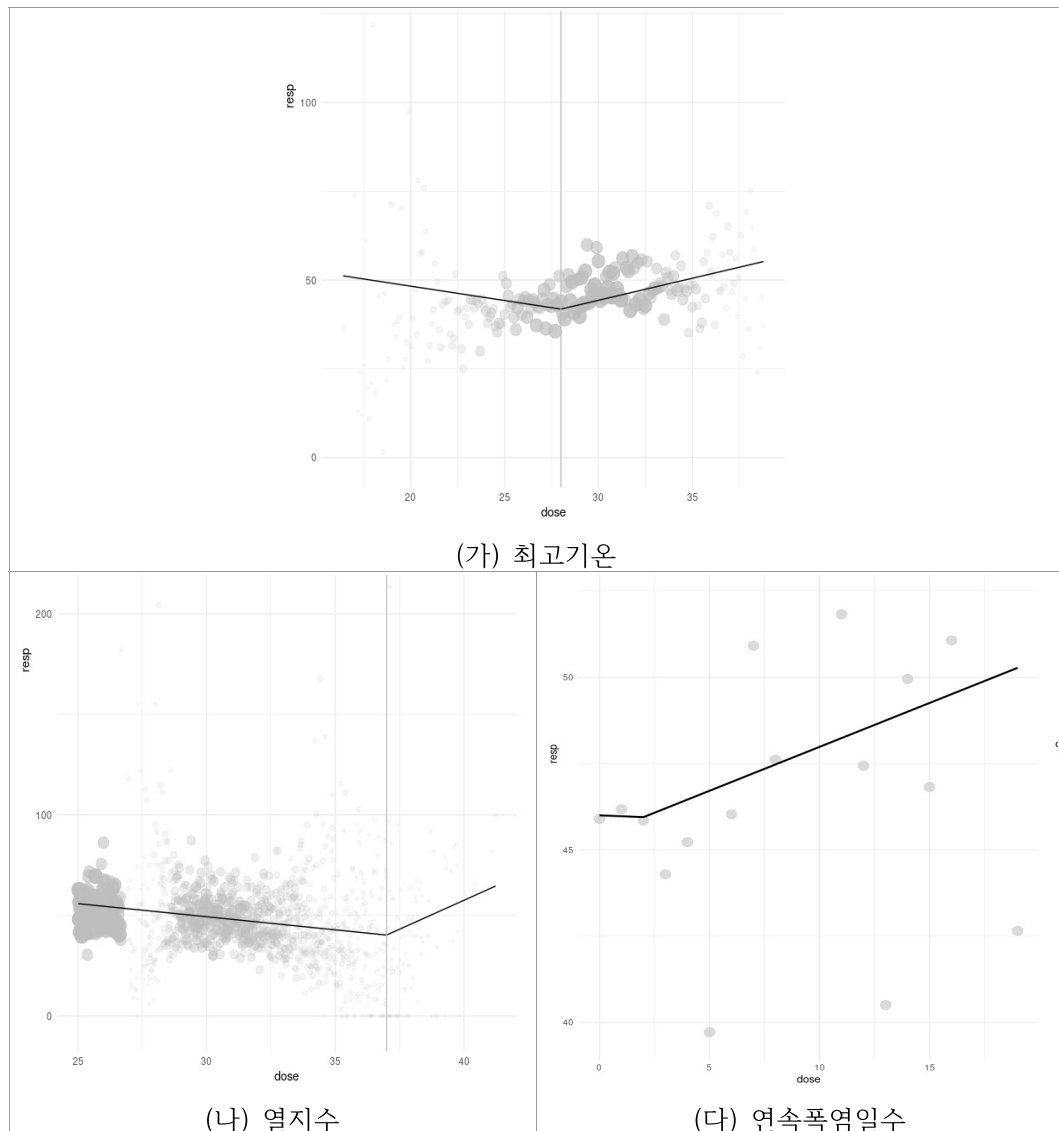
[그림 2-51] 기상 정보별 사고 및 손상과의 연관성

최고 기온, 열지수, 연속폭염일수가 사고 및 손상에 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같다. 최고 기온의 경우 노출당일의 효과가 가장 컸으며, 노출 이후 2.3일까지 사고 및 손상에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 확인된다. 열지수의 경우 노출당일의 효과가 가장 컸으며, 노출 이후 4.2일까지 사고 및 손상에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 확인된다. 연속폭염일수의 경우 통계적으로 유의한 지연효과는 확인되지 않는다.



[그림 2-52] 기상 정보별 사고 및 손상의 지연효과

최고 기온, 열지수, 연속폭염일수와 근로자의 사고 및 손상과의 양-반응관계와 역치는 다음 그림과 같다. 최고 기온의 경우 27.9℃부터, 열지수의 경우 37.4℃부터, 폭염의 경우 연속 2.5일부터 사고 및 손상의 위험이 증가하게 된다.



[그림 2-53] 기상 정보별 사고 및 손상의 양반응 관계 및 역치

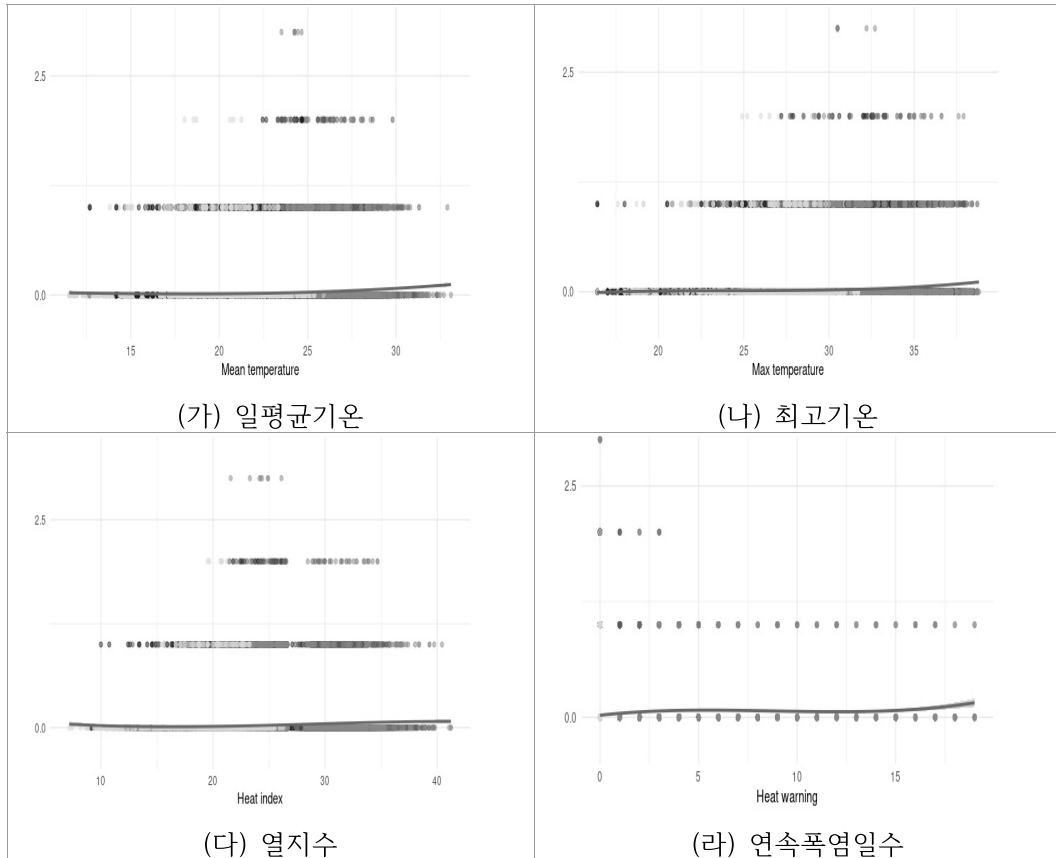
근로자의 사고 및 손상의 경우, 대부분의 기상 인자와 연관성이 통계적으로 유의미하게 나타났다. 최고 기온이 1℃ 오를 때마다 근로자 10만 명당 3,097건, 열지수가 1℃ 오를 때마다 근로자 10만 명당 2,821건, 폭염이 연속될 때마다 11,357건의 사고 및 손상이 증가하는 것으로 추정된다. 노출 이후의 지연효과는 열지수에서 가장 길게 작용하는 것으로 관찰되었다. 최고 기온이 27.9℃부터, 열지수의 경우 37.4℃부터, 폭염의 경우 연속 2.5일부터 사고 및 손상의 위험이 증가하는 것으로 확인된다. 근로자의 손상 및 사고는 폭염관련 기상 정보와 밀접한 연관이 있는 것으로 확인되었다.

(14) 폭염관련 건강영향 (폭염질환)

폭염관련 건강영향은 표준 질병 분류상 ‘열 및 빛의 영향 (T67)’으로 병의원을 이용한 경우를 의미한다. 폭염질환은 폭염관련 기상과 당연히 밀접한 연관성이 있을 것으로 추정된다. 이번 분석은 대기 인자별로 폭염질환에 미치는 효과의 크기와 영향력을 미치는 기간, 역치에 대한 고찰을 목적으로 수행하였다. 근로자의 폭염질환은 관찰 기간 동안 전체 5,342건으로 다른 질환보다 빈도가 낮았다. 월별로는 8월이 1,091건으로 가장 많았다. 폭염질환의 월별, 요일별 현황 그림은 빈도가 매우 낮아 표현하기 어려워 제외하였다.

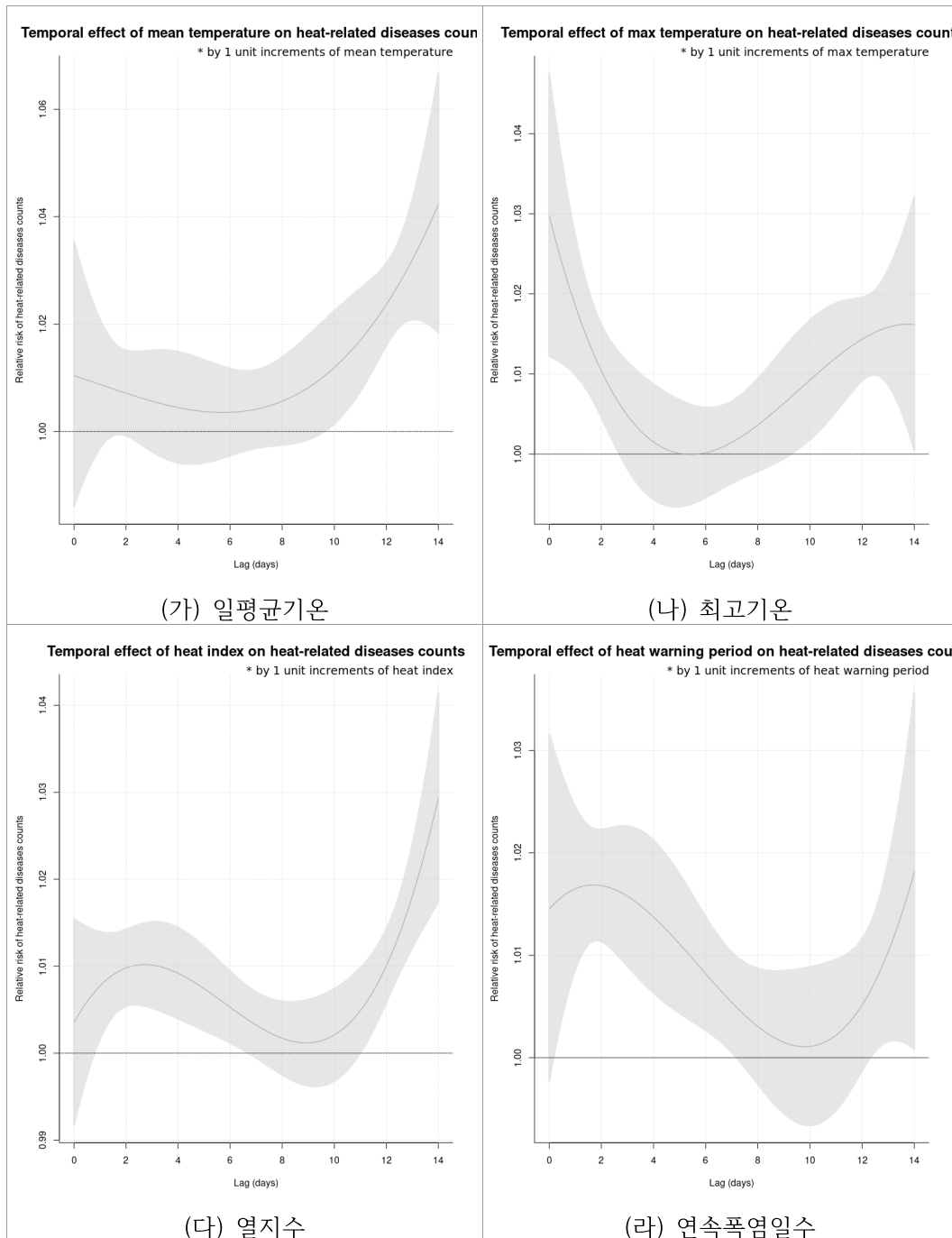
폭염 관련 기상 인자와 폭염질환의 연관성은 다음 그림과 같다. 평균기온, 최고 기온, 열지수, 연속폭염일수 모두 폭염질환과 통계적으로 유의미한 연관성을 나타냈다. 평균 기온이 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 60,677건, 최고 기온이 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 24,075건, 열지수 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 49,862건, 폭염이 연속될 때마다 42,086건의 폭염질환이 증가하는 것으로 확인되며, 모두 통계적으로 매우 유의하였다 ($P < 0.001$). 여기서 제시된 기상 인자와 건강영향 사건의 발생의 연관성의 크기는 분석 모형에 따라 추산된 값이며, 실제 발생 규모를 직접적으로 의미하지는 않는다. 특히 샘플 추출자료인 건강보험공단의 표본코호트를 분석한 경우에는 전수 조사인 통계청의

사망자료와 달리 추산된 값과 실제 질병의 발생 규모와의 차이가 더욱 클 수 있다.



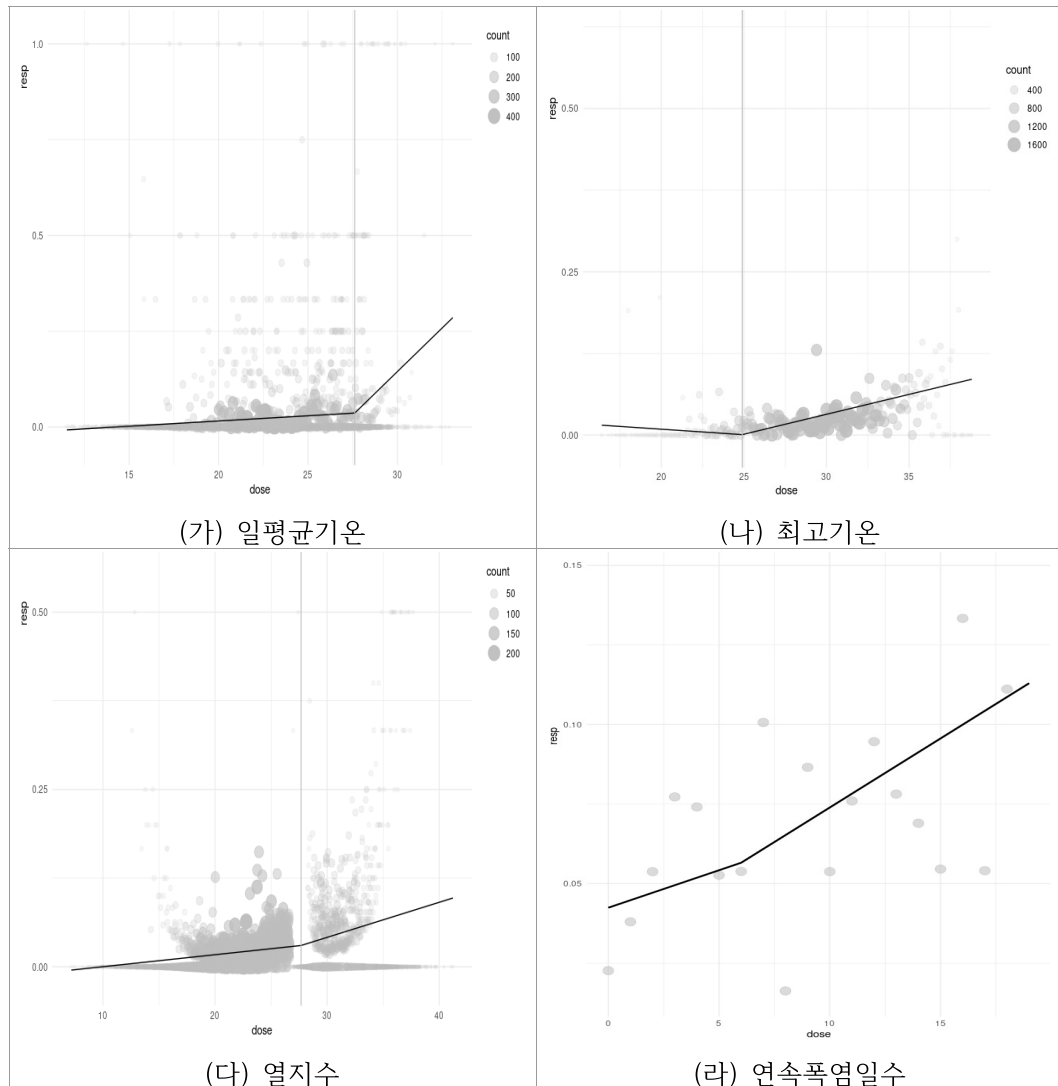
[그림 2-54] 기상 정보별 폭염질환의 연관성

폭염 관련 기상 인자가 폭염질환에 영향을 미치는 기간은 다음 그림과 같다. 최고 기온의 경우 노출당일의 효과가 가장 컸으며, 노출 이후 2.2일까지 사고 및 손상에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 확인된다. 열지수의 경우 노출 이후 6.8일까지, 연속폭염일수의 경우 7일까지 통계적으로 유의한 지연효과가 확인된다. 평균기온의 경우 통계적으로 유의한 지연효과는 관찰되지 않는다.



[그림 2-55] 기상 정보별 폭염질환의 지연효과

최고 기온, 열지수, 연속폭염일수와 근로자의 사고 및 손상과의 양-반응관계와 역치는 다음 그림과 같다. 일평균 기온 26.2℃부터, 최고 기온의 경우 24.8℃부터, 열지수의 경우 28.3℃부터, 폭염의 경우 연속 6일부터 폭염질환의 위험이 증가하게 된다.



[그림 2-56] 기상 정보별 폭염질환의 양반응 관계 및 역치

근로자의 폭염질환은, 이번 분석에 적용된 모든 기상 인자와 연관성이 통계적으로 유의미하게 나타났다. 효과의 크기도 다른 질환에 비해 매우 크게 확인되어 평균 기온이 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 60,677건, 최고 기온이 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 24,075건, 열지수 1℃상승할 때마다 근로자 10만 명당 49,862건, 폭염이 연속될 때마다 42,086건의 폭염질환이 증가하는 것으로 추정된다. 노출 이후의 지연효과는 연속폭염일수에서 가장 길게 작용하는 것으로 관찰되었다. 일평균 기온 26.2℃부터, 최고 기온의 경우 24.8℃부터, 열지수의 경우 28.3℃부터, 폭염의 경우 연속 6일부터 폭염질환의 위험이 증가하는 것으로 관찰된다. 근로자의 폭염질환은 평균기온의 상승과 가장 연관성의 크기가 크게 확인되었으며, 본격적으로 여름이 시작되기 이전의 기상에서도 위험이 증가하는 것이 확인되었다.

지금까지의 결과를 정리하면 다음 <표 2-8>과 같다.

<표 2-8> 주요 결과 정리

건강영향		평균기온	최고기온	열지수	연속폭염
치명 건강 영향	전체 사망	연관성 없음	$\beta=0.008517$ L=2.0 T=34.9°C	연관성 없음	연관성 없음
	옥외 사망	연관성 없음	$\beta=0.004663$ L=2.0 T=31.2°C	연관성 없음	$\beta=0.004663$ L=2.4 T=11.4일
일반 건강 영향	감염성 질환	$\beta=0.042636$ L=3.4 T=27.1°C	$\beta=0.042636$ L=3.6 T=30.0°C	연관성 없음	연관성 없음
	내분비계 질환	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음
	정신질환	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음
	순환기계 질환	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음	$\beta=0.006175$ L=none T=12.7일
	뇌심혈관계 질환	연관성 없음	$\beta=0.003127$ L=none T=32.8°C	연관성 없음	연관성 없음
	호흡기계 질환	음의 상관관계	음의 상관관계	연관성 없음	연관성 없음
	소화기계 질환	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음
	피부 질환	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음
	근골격계 질환	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음	연관성 없음
	비뇨생식기계 질환	연관성 없음	$\beta=0.001260$ L=none T=25.1°C	연관성 없음	연관성 없음
	사고 및 손상	연관성 없음	$\beta=0.003097$ L=2.3 T=27.9°C	$\beta=0.002821$ L=4.2 T=37.4	$\beta=0.011357$ L=none T=2.5일
폭염 관련 건강 영향	폭염 질환	$\beta=0.060677$ L=none T=26.2°C	$\beta=0.024075$ L=2.2 T=24.8°C	$\beta=0.049862$ L=6.8 T=28.3	$\beta=0.042086$ L=7 T=6일

통계적으로 유의한 결과만 제시

L: 지연효과 (lag time), 단위(일)

T: 역치 (threshold)

*연관성의 크기(β)는 모델에 적용하여 추산된 값이며, 실제 건강영향의 규모와 다를 수 있음.

Ⅲ. 특수건강진단 근로자의 온열질환 잠재적 위험요인 분석

1. 연구방법

1) 자료수집

본 연구는 특수건강진단자료, 작업환경측정자료, 건강보험공단 청구자료를 연계하여 분석을 진행하였다.

(1) 특수건강진단 자료

특수건강진단은 산업안전보건법 제 43조 제1항에 따라 특수건강진단 유해인자에 노출될 위험이 있는 근로자 혹은 근로자 건강검진 실시결과 직업병 유소견자로 판정받은 후 작업을 전환하거나 작업장소를 변경하고 직업병 유소견 판정원인이 된 인자에 대한 검진이 필요하다는 의사 소견을 받은 근로자를 대상으로 실시하는 건강진단을 의미한다.

특수건강진단을 통해 수집되는 자료에는 근로자 인적정보를 비롯하여 사업장정보, 유해인자 노출정보, 검사결과 등이 포함된다. 특수건강진단자료는 근로자의 업무공정, 사업장 특성 등의 정보를 포괄하고 있다는 점에서 작업장에 근무하는 근로자의 특성을 파악하는 데 매우 유용하다. 분석에 활용될 수 있는 변수는 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 특수건강진단 자료 내 활용가능 변수 목록

테이블명	변수명	변수설명
사업장 정보	SLNS_MNG_SN	특검일련번호
	SLNS_YEAR	특검사업년도
	HOS_CODE	검진측정기관코드
	INDDIS_NO	산재번호
	INDOPEN_NO	개시번호
	INDDIS_NO_SEQ	순번
	BIZ_ZIP	사업장 우편번호
	BIZ_INDUTY	사업장 업종코드
	TOT_NMPR_MALE	총 남자 인원
	TOT_NMPR_FEMALE	총 여자 인원
	BIZ_NM	사업장명
	BIZ_SCALE	사업장 규모
인적정보	INSPTN_MNG_SN	특검인적일련번호
	SLNS_MNG_SN	특검일련번호
	SLNS_YEAR	특검사업년도
	HOS_CODE	검진측정기관코드
	INSPTN_IHIDNUM	개인식별번호
	SEX	성별
	AGE_6	주민번호 앞 여섯 자리
	AGE_4	출생년도
	FRST_SLNS_DT	최초 검진일
	JSSFC_SSBYP	직종형태
	ECNY_DT	입사일자
	TRNSFRN_DT	전입일자
	DAY_EXPSR_TIME	1일 폭로시간
	PROCS_CD	공정코드
	JSSFC_CD	직종코드
	INSPTN_ZIP	우편번호

테이블명	변수명	변수설명
판정내역(유해물질)	HRMFLNS_FACTR_CD	유해물질
	TARGET_INORG_CD	표적 장기 코드
	INSPTN_MNG_SN	특검인적일련번호
	SLNS_MNG_SN	특검일련번호
	SLNS_YEAR	특검사업년도
	HOS_CODE	검진측정기관코드
	SLNS_SCD_CD	검진 1,2차 구분
	OPIN_CD	소견코드
	JDGMNT_CD	판정코드
	DISS_CD	질병코드
검사결과	SLNS_KND	1,2차 구분
	INSPCT_CD	검사항목 코드
	INSPTN_MNG_SN	특검인적일련번호
	SLNS_MNG_SN	특검일련번호
	SLNS_YEAR	특검사업년도
	HOS_CODE	검진측정기관코드
	INSPCT_RESULT	결과
	INSPCT_RESULT_CD	결과코드
	INSPCT_RESULT_JDGMNT	결과판정(1.정상, 2.비정상)
	RESULT_TY_CD	결과값 유형코드

(2) 작업환경측정 자료

특수건강진단자료의 유해물질 대상에는 화학적인자 162종, 분진 7종, 물리적인자 8종, 야간작업 2종의 유해인자 정보를 포함한다. 그러나 사업장의 고온노출에 대한 내용은 특수건강진단 항목에 포함하고 있지 않아 사업장의 고온 환경 정보를 알기 위해서는 작업환경측정²⁾ 자료원으로 보완할 필요가 있다.

2) 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따르면 제6장 온도, 습도에 의한 건강장해의 예방의

산업안전보건기준에 관한 규칙에 따르면 작업환경측정대상 유해인자 고열작업은 다음의 장소에서 행해지는 작업을 의미한다.

- ① 용광로·평로·전로 또는 전기로에 의하여 광물 또는 금속을 제련하거나 정련하는 장소
- ② 용선로(鎔銑爐) 등으로 광물·금속 또는 유리를 용해하는 장소
- ③ 가열로(加熱爐) 등으로 광물·금속 또는 유리를 가열하는 장소
- ④ 도자기 또는 기와 등을 소성(燒成)하는 장소
- ⑤ 광물을 배소(焙燒) 또는 소결(燒結)하는 장소
- ⑥ 가열된 금속을 운반·압연 또는 가공하는 장소
- ⑦ 녹인 금속을 운반 또는 주입하는 장소
- ⑧ 녹인 유리로 유리제품을 성형하는 장소
- ⑨ 고무에 황을 넣어 열처리하는 장소
- ⑩ 열원을 사용하여 물건 등을 건조시키는 장소
- ⑪ 갱내에서 고열이 발생하는 장소
- ⑫ 가열된 로를 수리하는 장소
- ⑬ 그밖에 법에 따라 노동부장관이 인정하는 장소, 또는 고열작업으로 인해 근로자의 건강에 이상이 초래될 우려가 있는 장소

‘고열’은 열에 의하여 근로자에게 열경련, 열탈진 등의 건강장해를 유발할 수 있는 더운 온도를 말하며, 이때의 온도 단위는 습구흑구온도지수(Wet-Bulb Globe Temperature; WBGT, °C)를 기준으로 한다. WBGT는 근로자가 고열환경에 종사함으로써 받는 열 관련 건강장해를 평가하기 위한 도구로써, 기온, 습도, 복사열 등을 종합적으로 고려한 지표를 의미한다. 고열측정은 6개월 1회 이

제1절 제559조 고열작업 및 제3절 제562조 고열장해 예방조치에서 고온노출작업을 명시하고 있음

상 정기적으로 WBGT를 측정³⁾해야 하고 만약 근로자가 열경련, 열탈진 등 온열질환 증상을 호소하거나 고열작업으로 인한 건강장해가 우려되는 경우 수시로 측정을 실시할 수 있다.

(3) 건강보험공단 자료

근로자의 건강정보는 특수건강진단, 작업환경측정 자료만으로는 명확히 설명하기 어려우므로 의료수진관련 정보 및 자격정보를 담고 있는 건강보험공단의 청구자료로 보완하여 활용하였다. 본 연구에서는 특수건강진단 근로자들을 대상으로 해당 대상자들에 대한 자격 및 보험료, 진료내역 등을 담고 있는 보험 청구자료에 대한 맞춤형자료를 사용하였다. 국민건강보험 맞춤형자료는 건강보험 표본코호트(전 인구에서 성별, 연령, 지역, 보험료 등을 기준으로 약 100만명 표본 추출한 자료)가 아닌 특수건강진단 대상자 집단의 전수 자료라는 측면에서 차이가 있다.

2) 연구설계

(1) 연구대상

본 연구의 분석대상은 2018년도 특수건강검진을 수검한 근로자 집단이다. 연구대상자로 선정한 이유는 2018년도가 최근 우리나라에서 제일 폭염이 심각했던 해였다는 점과 노출물질 추적이 가능하고 인적정보와 더불어 사업장 정보를 포괄하고 있는 특수건강진단 자료의 특성을 반영하였기 때문이다.

연구 대상자는 2018년도 특수건강진단 근로자로 2018년도 이후 입사자, 2018년 한 해 동안 업종 및 직종의 변경이력이 있는 사람은 제외하였다.

3) * 옥외(태양광선이 내리쬐는 장소) $WBGT(^{\circ}C) = 0.7 * \text{자연습구온도} + 0.2 * \text{흑구온도} + 0.1 * \text{건구온도}$

* 옥내 또는 옥외(태양광선이 내리쬐지 않는 장소) $WBGT(^{\circ}C) = 0.7 * \text{자연습구온도} + 0.3 * \text{흑구온도}$

가) 환자집단

건강보험공단 진료내역에서 파악할 수 있는 온열질환은 다음의 <표 3-2>와 같이 제시할 수 있다. 환자집단은 연구대상자 중에 한 해 동안 온열질환에 해당하는 질병코드(T67)에 한번이라도 걸린 적이 있는 경우로 설정하였다.

<표 3-2> 온열질환 질병코드 및 질병명

질병코드	질병명
T67.0	열사병 및 일사병 (Heatstroke and sunstroke), 열 졸중 (Heat apoplexy), 열발열(Heat pyrexia), 일사병(Siriasis), 열사병 (Thermoplegia)
T67.1	열실신(Heat syncope)/열허탈(Heat collapse)
T67.2	열경련(Heat cramp)
T67.3	탈수성 열탈진(Heat exhaustion, anhydrotic), 수분 상실에 의한 열허탈(Heat prostration due to water depletion)
T67.4	염분 상실에 의한 열탈진(Heat exhaustion due to salt depletion), 염분(및 수분) 상실에 의한 열허탈(Heat prostration due to salt and water depletion)
T67.5	상세불명의 열탈진(Heat exhaustion, unspecified), 열허탈(Heat prostration)
T67.7	열성 부종(Heat oedema)
T67.8	기타 열 및 빛의 영향(Other effects of heat and light)
T67.9	상세불명의 열 및 빛의 영향(Effect of heat and light)

나) 대조군 집단

대조군 집단은 2018년 한 해 동안 온열질환에 노출되지 않은 경우를 대상으로 설정하였다.

(2) 활용변수

가) 과거질환력

대상자 집단의 과거질환력을 파악하기 위하여 온열질환 발생 조사년도인 2018년도를 기준으로 이전 3년(2015-2017년)동안의 기저질환 여부를 확인하였다. 기저질환에는 뇌심혈관계 및 비뇨생식기계 질환을 시범분석에 반영하였다. 앞 장에서 수행한‘대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석’ 결과를 반영하여 최고기온과 통계적 유의성이 있으면서 기저질환의 특성을 담고 있는 경우로 뇌심혈관계 및 비뇨생식기계 질환을 과거질환력으로 고려하였다. 주상병 코드에서‘허혈심장질환(I20-I25), 뇌혈관질환(I60-I69)’기록이 있을 경우 뇌심혈관계 질환으로, ‘N00-N99’로 수진한 진료내역이 있을 경우 비뇨생식기계 질환으로 과거 질환력 여부를 정의하였다.

나) 사업장 고온노출

작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시(2020년 개정본)에 따르면, 고열의 노출기준은 산업안전보건법 제39조제2항에서 정한 작업환경평가 기준에 따라 정해진 온도이며 사업장은 노출 수준을 허용기준 이하로 유지되어야 한다.

<표 3-3> 고열의 측정방법

고열의 측정방법(고시 제31조)	
1	측정은 단위작업 장소에서 측정대상이 되는 근로자의 주 작업위치에서 측정한다.
2	측정기의 위치는 바닥 면으로부터 50센티미터 이상, 150센티미터 이하의 위치에서 측정한다.
3	측정기를 설치한 후 충분히 안정화 시킨 상태에서 1일 작업시간 중 가장 높은 고열에 노출되는 1시간을 10분 간격으로 연속하여 측정한다.

<표 3-3>의 고열의 측정방법을 통해 고열 측정결과들은 하루 중 가장 고열에 노출될 가능성이 높은 시간대에 측정된 값들임을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고열노출 초과 기준을 측정결과들 중 한번이라도 최고온도가 기준 온도 이상을 넘었을 때로 정의하였다.

다) 그 외 조사변수

과거질환력 및 사업장 고온노출 정보 이외에 활용한 변수로 온열질환 유무를 비롯하여 온열질환 종류, 온열질환 횟수의 빈도를 파악하였다. 또한 연구 대상자의 인적정보인 나이, 성별, 경제적 수준과 근로정보인 직종, 업종, 종사하는 사업장 규모를 조사변수로 활용하였다.

(3) 분석방법

앞서 제시한 연구대상자에서 2018년도 이후 입사자, 2018년 한 해 동안 업종 및 직종의 변경이력이 있는 사람은 제외하였다. 제외한 이유는 입사 이전에 질환에 걸릴 가능성, 한 해 동안 여러 차례의 변경이력으로 분석결과에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 해당 대상자들의 인구학적 특성, 사업장 특성, 질환특성을 파악하고, 2018년 한 해 동안의 온열질환을 진단 받은 진단자와 비진단자로 나누어 환자-대조군 연구(Case-Control Study)를 진행하였다. 분석모형은 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression)을 활용하였다.

2. 연구결과

폭염 관련 건강영향에 관한 문헌고찰 결과, 온열질환을 비롯하여 사망, 사고 및 손상, 비뇨신장기계 질환, 생식계통 질환, 순환기계 질환, 정신질환, 뇌심혈관계 질환 등이 주요 고온노출 질환으로 파악되었다. 일반 인구에서도 해당 질환의 위험은 높으나, 근로자의 경우 개개인이 갖고 있는 인구학적 특성을 비롯

해 작업환경요소까지 질환발생에 영향을 미칠 수 있다. 김은아 등(2015)에서는 5인 이상과 5인 미만 제조업에서 근무하는 여성근로자 집단 모두 고열이 영향력 있는 작업환경 노출 유해인자임을 제시하였다. 김기선(2019)에서는 폭염에 의한 근로자 건강위험은 중점적으로 다루어야 할 사항이며 특히 열에 취약할 가능성이 높은 고연령대, 소득 및 신분상의 불안정으로 고온 환경에서 일하는 것을 감내해야 할 수밖에 없는 취약근로자들의 건강침해가 심각함을 시사하고 있다. 박정선 등(2015)에서는 고온스트레스 요인(온열질환을 발생시킬 가능성이 있는 요인)이 고온스트레인 및 온열질환발생으로 이어지기 까지는 개인적인 감수성(susceptibility)이 영향을 미친다고 제시하였다. 다음의 [그림 3-1]을 통해 고온 노출에서 질환 발생까지의 스펙트럼을 확인할 수 있다.



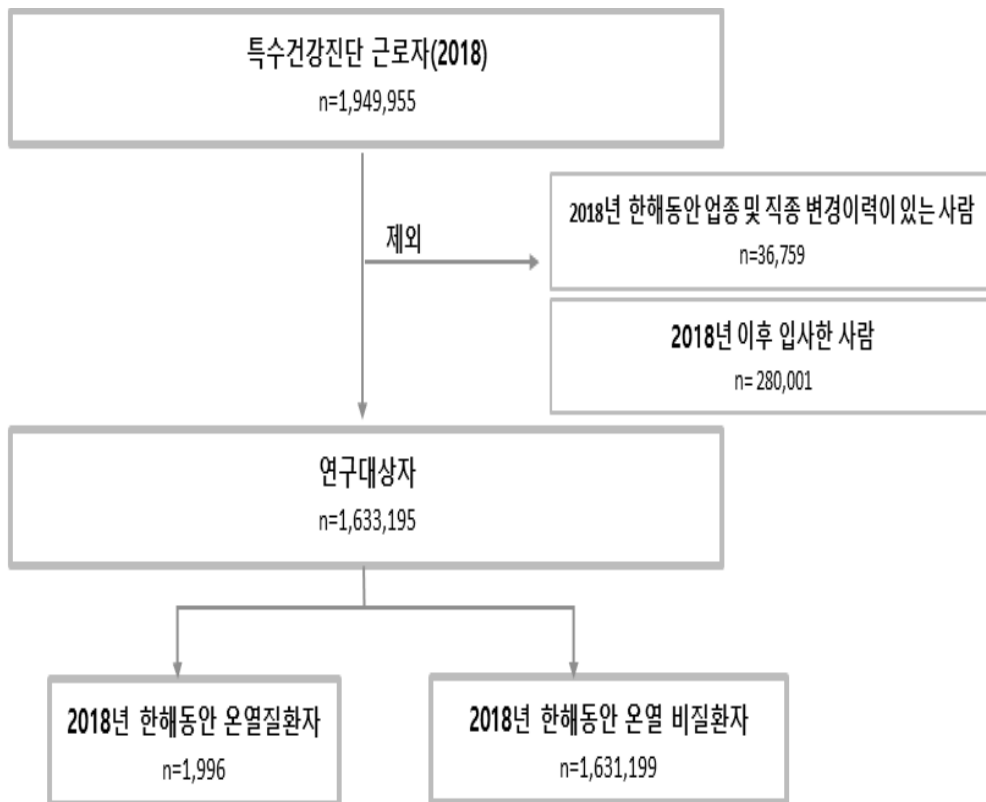
[그림 3-1] 고온노출에서 온열질환까지의 도식도(박정선 등, 2015)

고온 스트레스(Heat stress)는 외부적인 열 노출을 의미하며 해당 요인에는 기온, 상대습도, 기류, 복사열, 작업강도, 작업시간 등이 있다. 고온 스트레인(Heat strain)은 인체가 보여주는 내부적인 생리적 반응(response)이고, 체온, 맥박, 체중감소 등으로 표현될 수 있다. 고온스트레스가 고온스트레인으로, 나아가 온열질환까지 진행되는 데에는 개인 감수성 요인, 즉 고온순화여부, 연령, 탈수정도, 기존질환 유무, 일반적인 신체 상태 등이 영향을 미친다. 이를 통해 근로자의 온열질환을 예방 및 관리하기 위해서는 고온스트레스 요인 및 개인감수성 요인 등을 고려하여 실제 근로자 데이터 활용을 통해 온열질환에 취약한

근로자 집단의 특성을 파악하는 것이 필요하다.

1) 연구대상 특성

먼저 본 연구의 대상자가 선정된 순서도(Flow chart)는 다음과 같다.

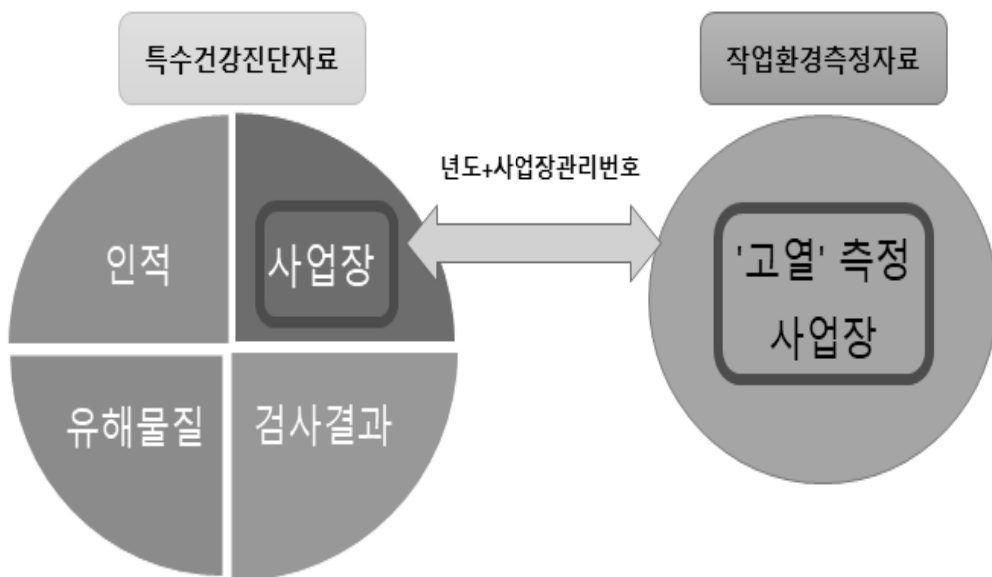


[그림 3-2] 연구대상자 선정 순서도

진단의 기준은 앞서 제시한 바와 같이 질병코드가 ‘T67’로 주상병, 부상병 중 한번이라도 내역이 있는 경우 온열질환자로 분류하였다. 또한, 여름철을 제외하더라도 실내에서 작업하는 근로자의 경우 충분히 고열에 노출될 가능성이 있기 때문에 진단 시점을 여름철이 아닌 2018년도 한 해로 설정하였다. 순서도에

따르면 2018년도 특수건강진단 근로자 수는 1,949,955명으로 여기에 제외조건을 적용한 후 선정된 연구대상자 수는 총 1,633,195명이 선정되었다. 이 중 2018년 한 해 동안 온열질환을 진단받은 근로자는 1,996명, 비질환자는 1,631,199명으로 관찰된다.

특수건강진단자료와 작업환경측정자료를 연계한 결과는 다음과 같다. 두 자료를 연결한 키는 이상길 등(2019) ‘빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트 운영’에서 제시한 방법을 바탕으로 년도와 사업장관리번호를 활용하였다. 2018년도 특수건강진단 근로자가 근무하는 사업장 수는 총 79,440개이고 ‘고열’을 측정한 사업장 수는 3,313개가 산출되었으며, 이 중 2,752개의 사업장이 연계되었다. 작업환경측정자료 기준으로 보았을 때 약 83%가 연계된 것으로 볼 수 있다.



[그림 3-3] 특수건강진단자료 및 작업환경측정자료 연계

<표 3-4> 연구 대상자의 변수 빈도

	N	%
나이(세)		
20-29	227,034	13.9
30-39	454,133	27.81
40-49	398,557	24.4
50-59	384,930	23.57
60≥	168,541	10.32
성별		
남자	1,256,522	76.94
여자	376,673	23.06
보험료분위		
상위 25%	535,717	33.13
25-50%	573,826	35.48
50-75%	361,518	22.36
하위 25%	146,070	9.03
결측	16,064	
직종		
사무직	17,247	1.06
비사무직	1,615,948	98.94
사업장 규모		
50인 미만 사업장	482,894	29.56
50 - 300인 미만 사업장	596,878	36.55
300인 이상 사업장	553,423	33.89
업종		
정보통신업	13,558	0.83
제조업	952,387	58.55
전기,가스, 증기 및 공기 조절 공급업	19,097	1.17
수도, 하수,폐기물 처리, 원료 재생업	12,013	0.74
건설업	58,159	3.58
도소매	31,584	1.94
운수 및 창고업	90,749	5.58
숙박 및 음식	11,871	0.73

	N	%
업종		
부동산업	27,418	1.69
전문 과학 및 기술 서비스업	33,065	2.03
사업시설 관리, 사업지원 및 임대서비스업	110,625	6.81
교육, 보건업 사회복지, 여가관리 서비스업	207,700	12.78
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	36,222	2.23
사회보장 행정업	20,615	1.27
결측값	8,132	
고온노출 초과여부		
해당없음*	1,450,083	88.79
초과안함	182,004	11.14
초과함	1,108	0.07
온열질환 유무		
없음	1,631,199	99.88
있음	1,996	0.12
온열질환 횟수		
0회	1,631,199	99.88
1회	1,676	0.1
2회 이상	320	0.02
온열질환 종류		
없음	1,631,199	99.88
열사병	301	0.02
열사병 외 온열질환	1,695	0.1
과거질환(뇌심혈관계)		
없음	1,615,447	98.91
있음	17,748	1.09
과거질환(비뇨생식기계)		
없음	1,428,865	87.49
있음	204,330	12.51

* 해당없음: 작업환경측정 결과에서 고열을 취급하지 않는 사업장

위의 <표 3-4>는 연구 대상자의 인구학적 정보, 직종 및 업종 등의 업무환경 정보, 질환정보 등의 빈도를 제시하였다. 분석 결과, 30 - 50대의 근로자들이 75.78%로 제일 높은 비율을 차지했고, 남성에서 76.94%로 여성보다 높은 비율을 보였다. 직종에서는 비사무직이 대부분이었으며, 업종에서는 제조업이 50% 이상의 비율을 차지했다. 고온노출 초과여부는 특수건강진단자료와 작업환경측정자료(고열)를 연계하여 산출된 고열측정 사업장에서 근무하는 근로자들 대상으로 근로자의 사업장 측정결과들 중 한번이라도 최고온도가 기준온도를 넘은 경우를 ‘초과함’, 넘지 않은 경우를 ‘초과안함’으로 정의하였다. 그 밖에 두 자료가 연계되지 않은 경우를 작업환경측정 결과에서 고열을 취급하지 않는 경우인 ‘해당없음’으로 정의하였다. 고온노출 초과여부에서는 ‘해당없음’의 비중이 제일 컸다. 질환정보를 보았을 때, 온열질환에 진단받은 근로자는 약 0.12%였고, 온열질환 횟수에서는 1회가 0.1%, 2회 이상이 0.02%를 차지했다. 온열질환 종류에서는 열사병이 0.02%, 열사병 외 온열질환이 0.1%를 차지했다. 과거 질환에서는 뇌심혈관계 질환의 경우가 1.09%를 차지한 반면, 비노생식기계는 12.51%로 상대적으로 높은 과거질환 비율을 보였다.

2) 온열질환 유무에 따른 연구대상자 특성

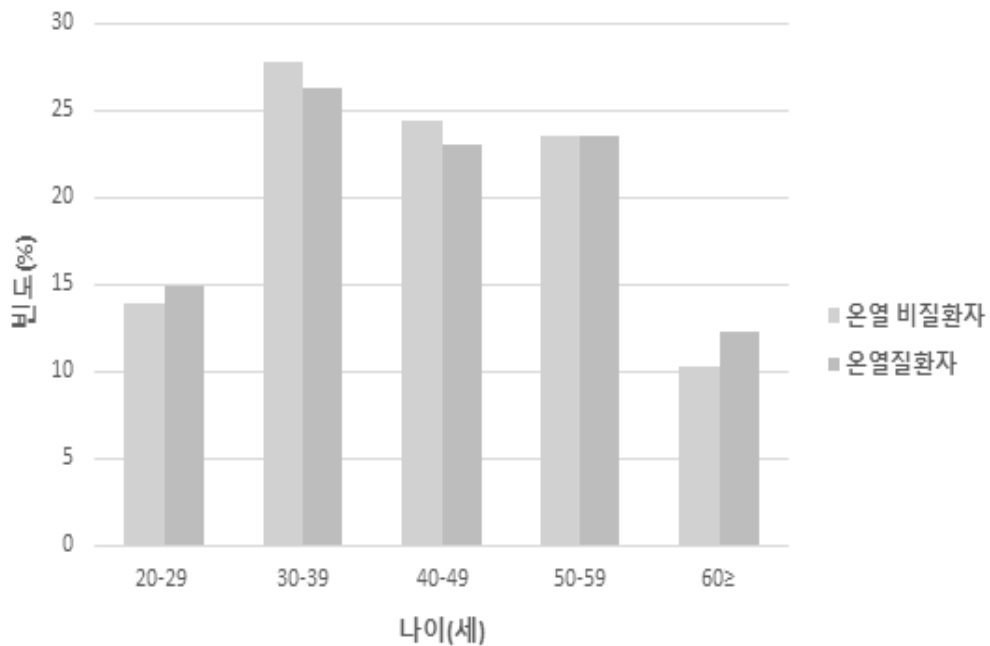
<표 3-5> 연구대상자의 변수 유의성

	온열 비질환자		온열질환자		p-value
	(N= 1,631,199)		(N= 1,996)		
	N	%	N	%	
나이(세)					
20-29	226,736	13.90	298	14.93	0.013
30-39	453,609	27.81	524	26.25	
40-49	398,098	24.41	459	23.00	
50-59	384,461	23.57	469	23.50	
60≥	168,295	10.32	246	12.32	
성별					
남자	1,254,993	76.94	1,529	76.6	0.724
여자	376,206	23.06	467	23.4	
보험료분위					
상위 25%	535,174	33.13	543	27.47	<.0001
25-50%	573,025	35.48	801	40.52	
50-75%	361,060	22.35	458	23.17	
하위 25%	145,895	9.03	175	8.85	
직종					
사무직	17,230	1.06	17	0.85	<.0001
비사무직	1,613,969	98.94	1,979	99.15	
사업장 규모					
300인 이상 사업장	552,935	33.9	488	24.45	<.0001
50 – 300인 미만 사업장	596,085	36.54	793	39.73	
50인 미만 사업장	482,179	29.56	715	35.82	

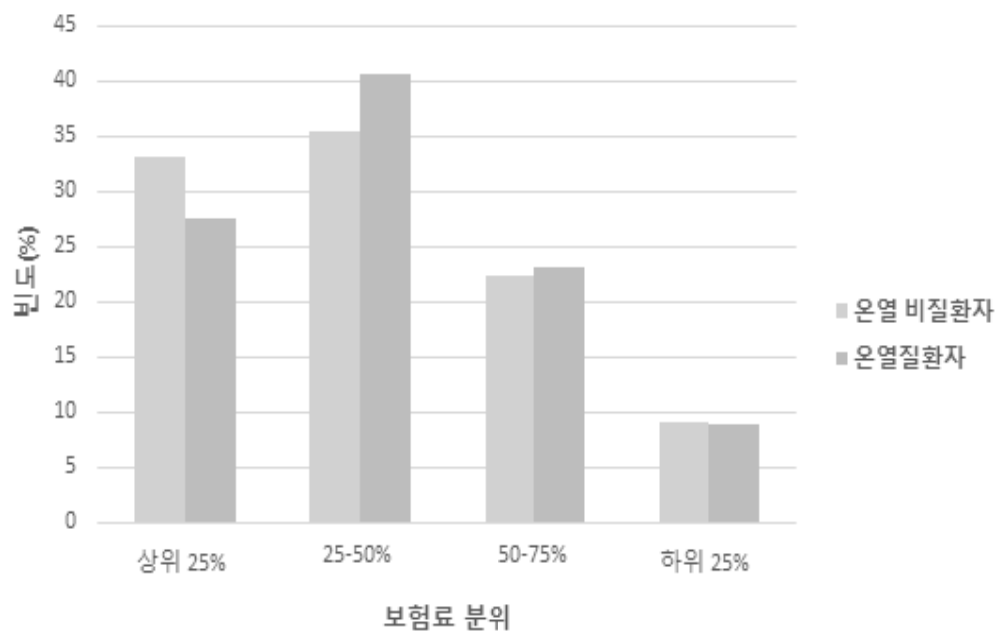
	온열 비질환자		온열질환자		p-value
	(N= 1,631,199)		(N= 1,996)		
	N	%	N	%	
업종					
정보통신업	13,549	0.83	9	0.45	<.0001
제조업	951,101	58.60	1,286	64.88	
전기,가스, 증기 및 공기 조절 공급업	19,078	1.18	19	0.96	
수도, 하수,폐기물 처리, 원료 재생업	11,993	0.74	20	1.01	
건설업	58,024	3.57	135	6.81	
도소매	31,540	1.94	44	2.22	
운수 및 창고업	90,680	5.59	69	3.48	
숙박 및 음식	11,852	0.73	19	0.96	
부동산업	27,393	1.69	25	1.26	
전문 과학 및 기술 서비스업	33,033	2.04	32	1.61	
사업시설 관리, 사업지원 및 임대서비스업	110,521	6.81	104	5.25	
교육, 보건업 사회복지, 여가관리 서비스업	207,541	12.79	159	8.02	
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	36,185	2.23	37	1.87	
사회보장 행정업	20,591	1.27	24	1.21	
고온노출 초과여부					
해당없음*	1,448,314	88.79	1,769	88.63	<.0001
초과안함	181,784	11.14	220	11.02	
초과함	1,101	0.07	7	0.35	
과거력_뇌심혈관계					
없음	1,613,471	98.91	1,976	99.00	0.715
있음	17,728	1.09	20	1.00	
과거력_비뇨생식기계					
없음	1,427,176	87.49	1,689	84.62	0.0001
있음	204,023	12.51	307	15.38	

* 해당없음: 작업환경측정 결과에서 고열을 취급하지 않는 사업장

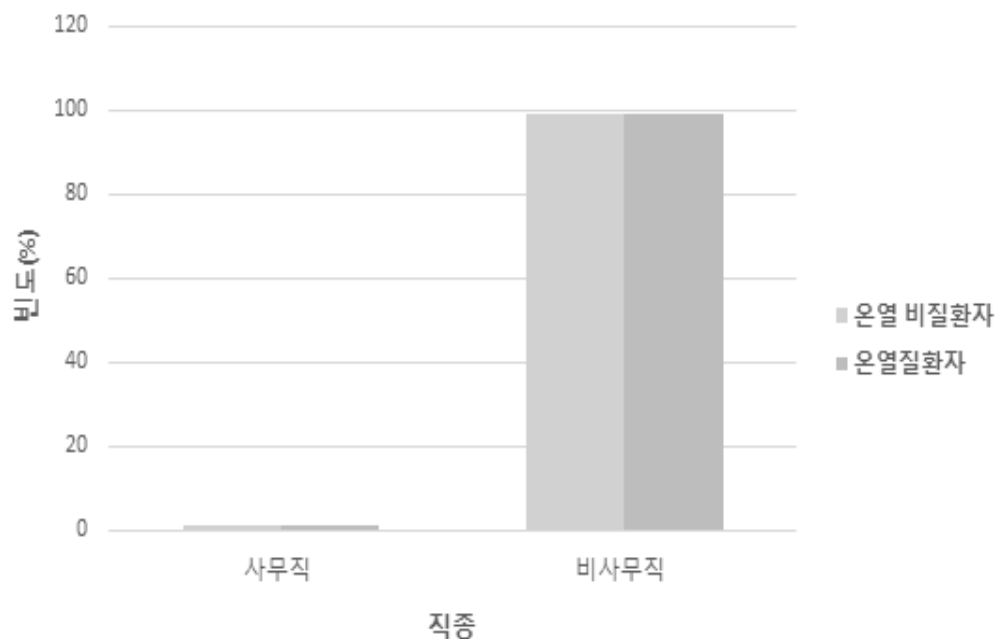
위의 표는 온열 비질환자와 질환자 간의 변수 빈도를 파악하고 카이제곱 검정을 통해 유의성을 판별한 결과이다. 분석 결과, 나이, 보험료분위, 직종, 사업장 규모, 업종, 고온노출 초과여부, 과거력(비노생식기계) 변수에서 유의한 결과를 보였다. 유의한 변수들을 대상으로 온열비질환자 및 온열질환자 간 분포를 그래프로 확인하면 다음과 같다.



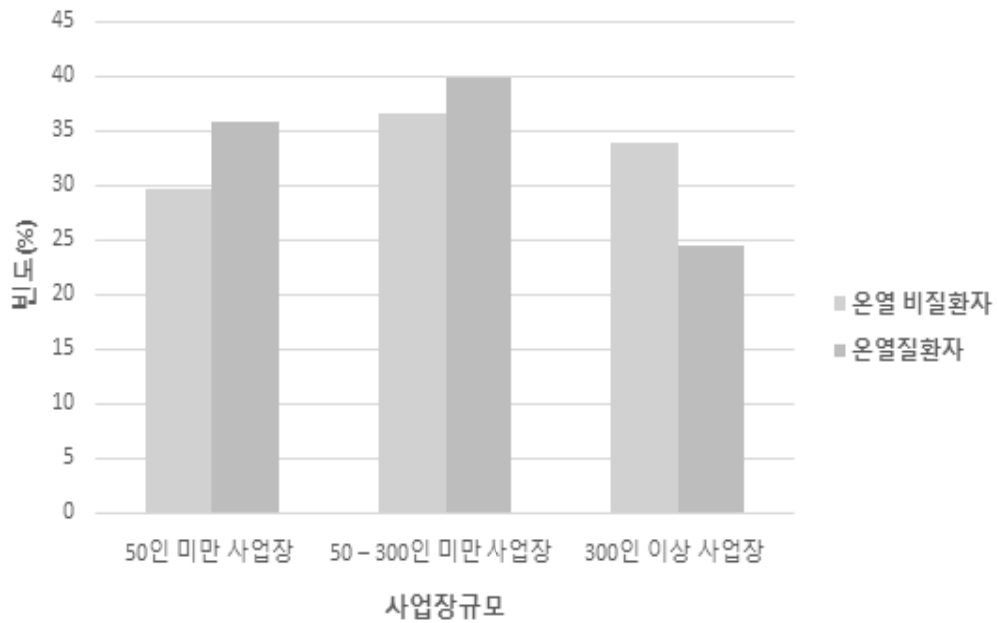
[그림 3-4] 온열질환 유무 별 나이 빈도



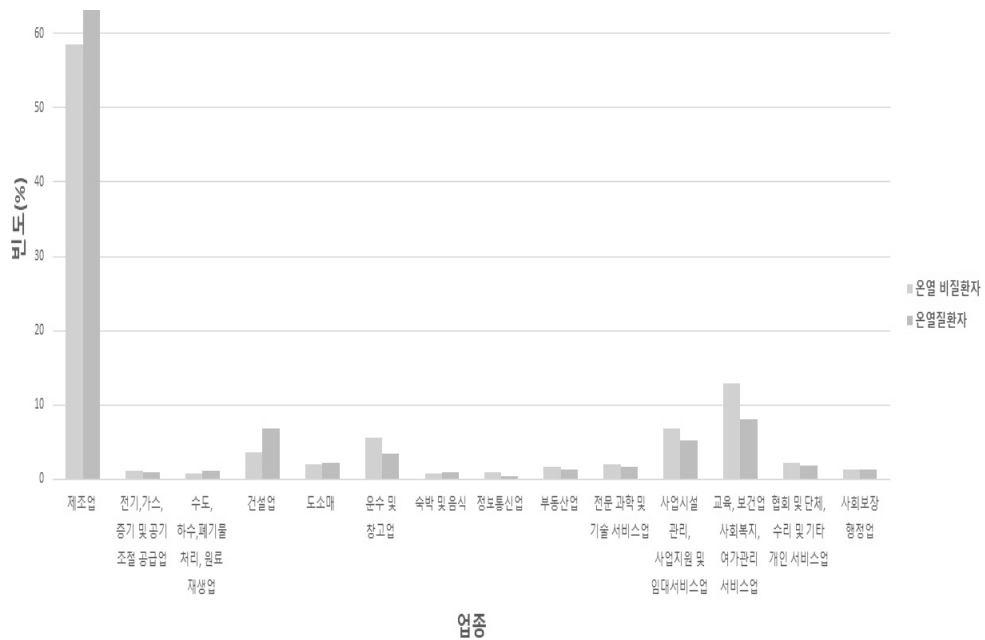
[그림 3-5] 온열질환 유무 별 보험료 분위 빈도



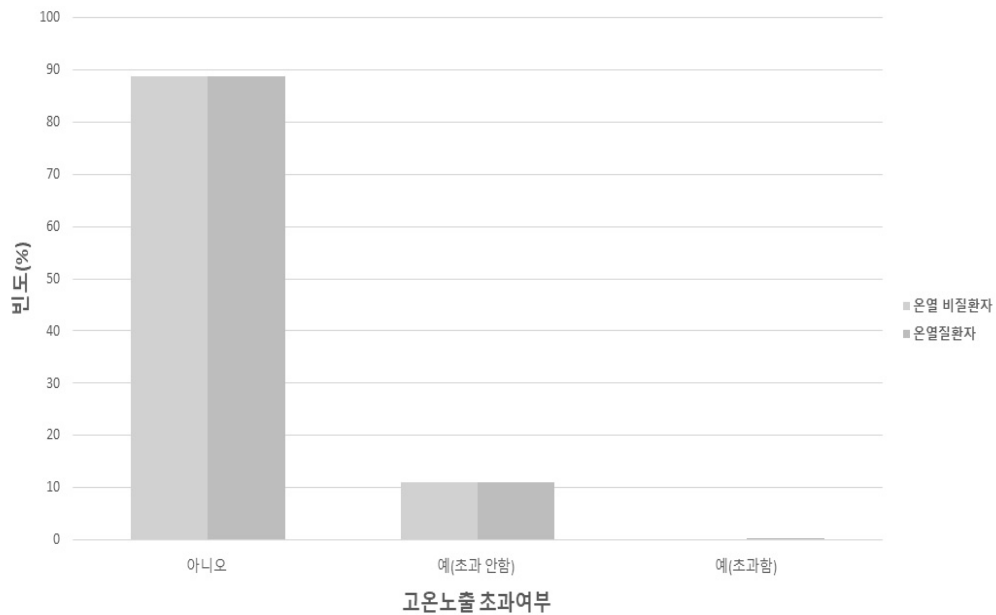
[그림 3-6] 온열질환 유무 별 직종 빈도



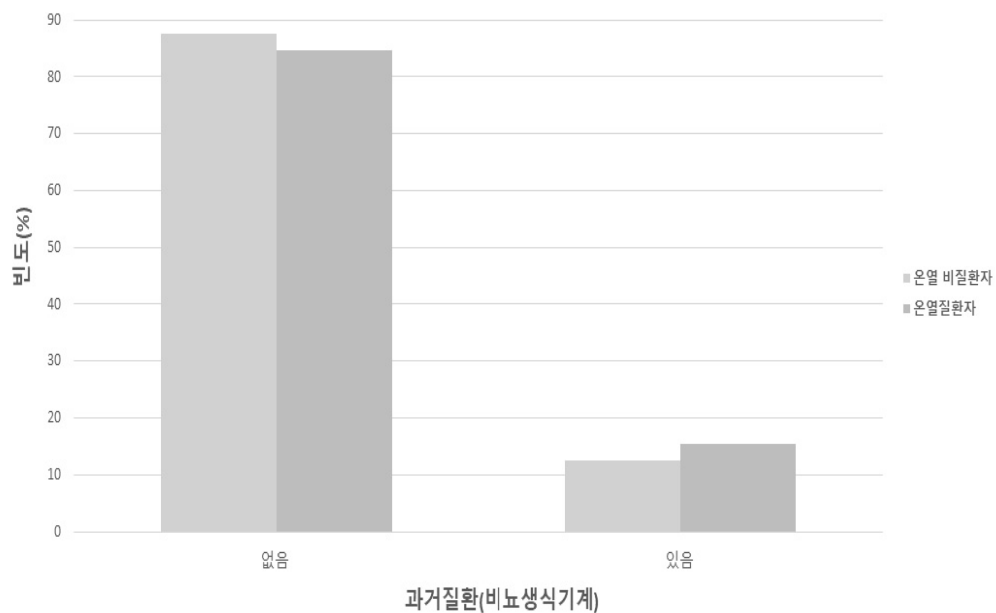
[그림 3-7] 온열질환 유무 별 사업장 규모 빈도



[그림 3-8] 온열질환 유무 별 업종 빈도



[그림 3-9] 온열질환 유무 별 고온노출 초과여부 빈도



[그림 3-10] 온열질환 유무 별 과거질환(비노생식기계) 빈도

유의한 변수들의 분포를 살펴보면 비온열질환 집단 대비 온열질환자 집단에서 나이가 60세 이상인 경우가 더 많았고, 소득수준이 더 낮은 분포를 보였다. 직종에서는 두 집단 모두 비사무직의 비율이 높으나, 온열질환 집단에서 비사무직의 비중이 더 크게 차지했다. 사업장 규모에서는 온열질환 집단에서 300인 미만 사업장이 더 많이 분포함을 확인할 수 있었으며, 비온열질환 집단이 상대적으로 더 큰 규모의 사업장에 종사함을 알 수 있었다. 업종별로 살펴보았을 때, 온열질환 집단과 비온열질환 집단 모두 제조업이 가장 높은 비율을 차지했으나 온열질환 집단이 더 높은 비중을 보였다.

그 밖에 건설업에서도 온열질환 집단의 비율이 더 높았던 반면, 서비스업 분야에서는 비온열질환 집단의 비율이 더 높은 것을 알 수 있었다. 고온노출 초과여부에서는 두 집단 모두 ‘해당없음’의 비율이 제일 높았으나, 비온열질환 집단이 ‘해당없음’, ‘초과안함’의 비중이 큰 반면 온열질환 집단에서 ‘초과함’의 비중이 더 큼을 확인하였다. 과거질환(비뇨생식기계)에서는 비온열질환 집단에 비해 온열질환 집단에서 과거력으로 비뇨생식기계 질환에 걸린 경우가 더 많음을 알 수 있었다.

3) 연구대상자의 온열질환 관련 위험요인 분석

온열질환 유무에 따른 위험요인을 파악하기 위하여 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression)을 수행한 결과는 다음과 같다. 분석 결과는 변수 보정 전 오즈비(Crude Odds ratio)와 변수들을 보정하여 산출한 오즈비(Adjusted Odds ratio)를 제시하였다.

<표 3-6> 온열질환의 위험요인에 관한 보정 전 오즈비(Crude OR)

	Crude OR	95% CI	
		Lower	Upper
나이(세)			
20-29	1.00		
30-39	0.88	0.76	1.01
40-49	0.88	0.76	1.02
50-59	0.93	0.80	1.07
60≥	1.11	0.94	1.32
성별			
남자	1.00		
여자	1.02	0.92	1.13
보험료분위			
상위 25%	1.00		
25-50%	1.38	1.24	1.54
50-75%	1.25	1.10	1.42
하위 25%	1.18	1.00	1.40
직종			
사무직	1.00		
비사무직	1.24	0.77	2.00
사업장 규모			
300인 이상 사업장	1.00		
50 – 300인 미만 사업장	1.51	1.35	1.69
50인 미만 사업장	1.68	1.50	1.89
업종			
정보통신업	1.00		
제조업	2.04	1.06	3.92
전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	1.50	0.68	3.32
수도, 하수,폐기물 처리, 원료 재생업	2.51	1.14	5.52
건설업	3.50	1.78	6.88
도소매	2.10	1.03	4.30
운수 및 창고업	1.15	0.57	2.30
숙박 및 음식	2.41	1.09	5.34

	Crude OR	95% CI	
		Lower	Upper
업종			
부동산업	1.37	0.64	2.94
전문 과학 및 기술 서비스업	1.46	0.70	3.06
사업시설 관리, 사업지원 및 임대서비스업	1.42	0.72	2.80
교육, 보건업 사회복지, 여가관리 서비스업	1.15	0.59	2.26
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	1.54	0.74	3.19
사회보장 행정업	1.76	0.82	3.78
고온노출 초과여부			
해당없음*	1.00		
초과안함	0.99	0.86	1.14
초과함	5.21	2.48	10.97
과거질환(뇌심혈관계)			
없음	1.00		
있음	0.92	0.59	1.43
과거질환(비노생식기계)			
없음	1.00		
있음	1.27	1.13	1.44

* 해당없음: 작업환경측정 결과에서 고열을 취급하지 않는 사업장

분석 결과, 보험료 분위 상위 25%에 비해 25-50%(OR=1.38(95%CI:1.24 - 1.54)), 50-75%(OR=1.25(95%CI:1.10 - 1.42)), 하위 25%(OR=1.18(95%CI:1.00 - 1.40)) 모두 오즈비가 높았다. 사업장 규모의 경우, 300인 이상 사업장에 비해 50-300인 미만 사업장의 오즈비가 1.51(95%CI: 1.35 - 1.69), 50인 미만 사업장의 오즈비가 1.68(95%CI: 1.50 - 1.89)로 산출되었다. 업종에서는 정보통신업 대비 제조업에서의 오즈비가 2.04(95%CI: 1.06 - 3.92), 수도, 하수폐기물 처리, 원료재생업에서의 오즈비가 2.51(95%CI: 1.14 - 5.52), 건설업에서의 오즈비가 3.50(95%CI: 1.78 - 6.88), 도소매에서의 오즈비가 2.10(95%CI: 1.03 - 4.30), 숙박 및 음식업에서의 오즈비가 2.41(95%CI: 1.09 - 5.34)로 확인되었다.

고온노출 초과여부에서는 예(초과함)에서 오즈비가 5.21(95%CI: 2.48 - 10.97), 과거질환(비뇨생식기계)에서 과거력이 있는 경우 오즈비가 1.27(95%CI: 1.13 - 1.44)로 유의한 결과가 나왔다.

<표 3-7> 온열질환의 위험요인에 관한 보정 후 오즈비(Adjusted OR)

	Adjusted OR	95% CI	
		Lower	Upper
나이(세)			
20-29	1.00		
30-39	0.84	0.73	0.98
40-49	0.84	0.72	0.98
50-59	0.88	0.76	1.03
60≥	1.12	0.94	1.34
성별			
남자	1.00		
여자	1.16	1.02	1.31
보험료분위			
상위 25%	1.00		
25-50%	1.18	1.04	1.33
50-75%	1.05	0.90	1.22
하위 25%	1.06	0.87	1.29
직종			
사무직	1.00		
비사무직	1.06	0.66	1.72
사업장 규모			
300인 이상 사업장	1.00		
50 – 300인 미만 사업장	1.46	1.28	1.65
50인 미만 사업장	1.57	1.36	1.80
업종			
정보통신업	1.00		
제조업	2.03	1.05	3.91
전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	1.58	0.71	3.49

	Adjusted OR	95% CI	
		Lower	Upper
업종			
수도, 하수,폐기물 처리, 원료 재생업	2.19	0.99	4.81
건설업	3.21	1.63	6.31
도소매	2.04	1.00	4.18
운수 및 창고업	1.09	0.54	2.20
숙박 및 음식	1.88	0.83	4.27
부동산업	1.14	0.53	2.46
전문 과학 및 기술 서비스업	1.46	0.69	3.05
사업시설 관리, 사업지원 및 임대서비스업	1.28	0.65	2.53
교육, 보건업 사회복지, 여가관리 서비스업	1.00	0.51	1.96
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	1.35	0.65	2.80
사회보장 행정업	1.66	0.77	3.59
고온노출 초과여부			
해당없음*	1.00		
초과안함	1.09	0.94	1.27
초과함	4.53	2.15	9.56
과거질환(뇌심혈관계)			
없음	1.00		
있음	0.91	0.58	1.42
과거질환(비뇨생식기계)			
없음	1.00		
있음	1.40	1.23	1.60

* 해당없음: 작업환경측정 결과에서 고열을 취급하지 않는 사업장

변수들을 보정 후 산출한 오즈비는 다음과 같다. 분석 결과, 나이가 들수록 온열질환의 걸릴 확률이 증가하지만 유의한 결과는 보이지 않았다. 성별에서는 남자에 비해 여자가 온열질환에 걸릴 오즈비가 1.16(95%CI: 1.02 - 1.31)로 유의했으며 보험료 분위에서는 25-50%(OR=1.18(95%CI:1.04 - 1.33))에서 유의한 결과가 나왔으나 그 외 집단에서의 경향성은 보이지 않았다. 사업장 규모의 경우,

300인 이상 사업장에 비해 50-300인 미만 사업장의 오즈비가 1.46(95%CI: 1.28 - 1.65), 50인 미만 사업장의 오즈비가 1.57(95%CI: 1.36 - 1.80)로 유의했다. 업종에서는 정보통신업 대비 제조업에서의 오즈비가 2.03(95%CI: 1.05 - 3.91), 건설업에서의 오즈비가 3.21(95%CI: 1.63 - 6.31), 도소매에서의 오즈비가 2.04(95%CI: 1.00 - 4.18)로 유의한 업종으로 확인되었다. 고온노출 초과여부에서는 ‘초과함’에서 오즈비가 4.53(95%CI: 2.15 - 9.56), 과거질환(비뇨생식기계)에서 과거력이 있는 경우 오즈비가 1.40(95%CI: 1.23 - 1.60)로 유의한 결과가 나왔다.

위의 변수 보정 후 분석결과를 통해 온열질환에 영향을 미치는 위험요인으로 성별, 사업장 규모, 업종, 고온노출 초과여부, 과거질환(비뇨생식기계)이 확인되었다.

IV. 고찰 및 결론

본 연구는 크게 일반 근로자 집단에서의 대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향과 특수건강진단 근로자 집단에서의 온열질환 위험요인 두 가지 방향으로 수행하였다.

각 연구수행에서는 일반근로자 집단을 대상으로 대기온도 지표를 활용해 건강위험을 파악할 수 있다는 장점이 있고, 특수건강진단 근로자 집단을 대상으로 실외 뿐 만 아니라 실내 고열 사업장에서 근무하는 근로자들의 건강위험까지 분석함으로써 폭염에 취약한 근로자 집단을 세부적으로 파악할 수 있다는 장점이 있다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

대기온도의 특성에 따른 건강영향 분석 결과를 통해 노출인자로 선정된 일반 기상 정보인 최고기온, 평균기온, 응용 기상 정보인 열지수와 연속폭염일수 중 근로자의 건강 영향과 연관성이 가장 높은 지표는 최고 기온이었음을 확인하였다. 또한 전체 14가지의 건강영향에서 절반인 7가지 건강영향이 최고 기온과 통계적으로 의미 있는 연관성이 확인되었다. 연속폭염일수의 경우 4가지의 건강영향, 열지수와 일평균기온은 각각 2가지의 건강영향과 연관성을 보였다.

특수건강진단 근로자들의 온열질환 위험요인 분석 결과를 통해 여성근로자, 작은 사업장 규모, 제조업/건설업/도소매 업종, 작업장 내 고온노출 초과, 과거 질환(비노생식기계)인 경우가 온열질환과 유의한 연관성이 있음을 확인하였다. 즉, 남성근로자에 비해 여성근로자가 온열질환에 진단받을 가능성이 더 높으며 사업장 규모가 작을수록 질환 위험성이 높아짐을 알 수 있었다. 또한 제조업, 건설업, 도소매 업종에 근무하는 경우 상대적으로 온열질환에 노출될 가능성이

높으며, 고온노출 환경 사업장의 근로자 중 근무하는 사업장의 고온노출 값이 기준점보다 초과된 적이 있는 경우 온열질환에 더 진단될 가능성이 높다고 볼 수 있었다. 마지막으로 지난 3년간 과거질환으로 비뇨생식기계 질환을 진단받은 경험이 있는 경우 온열질환에 걸릴 확률이 높음을 알 수 있었다. 뇌심혈관계 질환은 유의하지 않은 반면에 비뇨생식기계 질환이 유의한 이유는 상대적으로 중증이 아닌 질환들이 포함되어 있어 반복적으로 질병에 노출될 가능성이 크기 때문이라고 생각된다. 연령에서는 나이가 들수록 온열질환에 걸릴 가능성은 올라가는 것으로는 보이지만 유의성은 관찰되지 않았고, 보험료분위에서는 유의한 경향성이 보이지 않았다.

연구결과 해석 시 주의해야할 점은 통계적 유의성에 대한 해석이다. 본 연구에서는 대기인자와의 연관성이 유의하게 확인된 질병군과 온열질환과의 연관성이 파악되는 잠재적 위험요인들을 통계적인 방법으로 확인하였다. 통계적 유의성은 연관성 고찰 부분에 있어서 중요한 역할을 하지만, 일반화하기 위해서는 추가적인 접근이 필요하다. 즉, 사람 대상의 질환을 파악하는 연구에서는 생리학적인 기전이나 질병의 병태생리, 또는 의학적 발병 기전 등을 종합하여 연관성에 대한 결론을 지어야 한다. 이번 연구에서는 대기인자에 따른 근로자의 건강영향과 특수건강진단 근로자의 온열질환 위험요인에 대해 통계학적인 접근으로 결과를 제시한 것이므로, 추후 의학적, 생리학적, 또는 역학적 연구 등을 통한 종합적인 고찰이 병행되어야 한다.

본 연구에서는 기상정보, 건강영향정보, 특수건강진단 및 작업환경측정 자료 연계 등 자료의 이용 측면에서 한계점을 갖고 있다. 기상정보의 경우 기상 측정소를 바탕으로 갈무리된 정보를 활용하였는데, 건강영향이 행정구역으로 정리되어 있는 것을 고려해 기상 정보를 행정구역 기준으로 변환하여 적용해야 했다. 특정 지표의 기상 정보를 인접 지역의 대푯값으로 적용하는 방법은 환경역학 분야에서 주로 사용되는 방법이긴 하지만, 결과 해석 시 이를 감안해야 한다. 또한 본 연구에서는 구름의 양, 일조 시간, 습도 및 풍속 등 다양한 기상

정보를 고려하여 연관성 분석을 시행하였다. 그러나 인체에 영향을 주는 것으로 여겨지는 일교차, 열대야, 대기오염 등은 반영하지 못하였으므로 국소 대기의 상태를 보다 면밀하게 반영하는 자료의 구축 및 활용이 필요하다. 때문에 향후 연구에서는 건강장해에 영향을 줄 수 있는 대기오염 및 기타 대기온도 요인 등을 보정한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 건강 영향 정보의 경우, 건강보험공단의 자료는 병의원 이용 당시의 현황을 반영하는 의료 이용 정보이므로 병의원 이용 시점이 질병 및 손상이 발생한 시점과 반드시 일치하지는 않는다. 따라서 사망과 같은 급성 치명 질환의 경우 이러한 질병 발생 시점과 병의원 이용 시점과의 차이가 적은 편이지만, 만성 일반 질환의 경우 차이가 발생한다. 특수건강진단 및 작업환경측정 자료의 경우, 두 자료를 연계하는 연결키는 사업장정보를 이용해야 하므로, 고열을 유해인자로 취급하는 사업장에 근무하는 근로자가 고열노출 위험군이라고 단정 짓기에는 무리가 있다. 때문에 본 연구에서는 고열노출 기준을 근로자가 근무하는 작업장에서의 고열노출 초과여부를 파악하는 정도로 마무리하였으며 추후 근로자 개개인의 고온순화여부와 의복상태 등을 반영한 실제 고열노출 위험근로자를 파악하는 것이 필요하다. 또한 본 연구에서는 근로자 개개인의 인구학적 특성을 비롯해 직업환경, 건강정보 등을 고려하여 분석하였는데, 자료의 한계로 예방조치 관련 부분(온열조건 하의 근무 및 휴게시간 등)과 약물(진정제 및 정신과적 약물 등)에 대한 정보를 보정하지는 못하였다. 향후 연구에서 추가적으로 고려가 필요한 변수들을 반영하여 보다 다양한 위험요인들을 판별할 수 있을 것이라 생각된다.

위의 한계점에도 불구하고 본 연구의 의의는 다음과 같다.

지금까지 기온과 근로자의 건강에 미치는 영향을 중심으로 한 연구 및 보고는 매우 드물었고, 연구가 활발하지 못한 이유는 대부분 자료의 활용 및 하드웨어 측면에서의 한계 때문이었을 것으로 생각된다. 이번 연구에서도 자료의 한계 등 몇 가지 제한점이 있었지만, 그럼에도 국가에서 구축한 대표성 있는 자료를 활용하여 실제 우리나라 근로자를 대상으로 선제적으로 건강영향 및 온

열질환 위험요인의 연관성을 고찰하였다는 점에서 의미가 크다.

한반도는 기후변화의 영향으로 연평균 기온의 상승, 폭염의 증가, 여름일수의 증가 등 결국 무더위가 증가할 것으로 꾸준히 일관적으로 예측되고 있다⁴⁾. 이미 연평균 폭염일수의 증가가 발생하고 있으며, 유례 없는 폭염이 2016년과 2018년에 극심하게 나타났다. 그러므로 더위에 노출 되는 근로자의 건강보호를 위한 예방 노력이 시급하다. 이를 위해서는 정확한 기상정보, 건강정보 등의 자료 확보, 대기온도에 따른 건강영향에 대한 위험도 전파, 신속한 대응체계를 구축해야 한다. 특히 지난 옥외작업자 대상의 건강보호 종합대책 마련 연구⁵⁾에 따르면, 실제 예보된 기온보다 작업 현장의 특성(그늘여부, 바람이 통하는 지 여부 등)에 따라서 훨씬 가혹한 기상 조건이 발생할 수 있다는 것을 보고하였다. 따라서 모든 사업장에서 당장 시행하기는 어려운 점이 있더라도, 온열질환에 취약한 근로자가 근무하는 작업장, 일정 규모 이상의 건설현장 등에서의 국소 기상 정보를 확인하는 것이 중요하다. 또한 기상정보 외에도 근로자 개개인이 노출되어 있는 인구학적, 업무환경적, 과거질환별 특성들을 반영하여 온열질환에 취약한 근로자 건강예방을 위한 대책을 마련하는 것이 중요하다. 이는 대기온도의 영향을 크게 받은 취약 근로자를 보호하기 위한 첫걸음이 될 수 있다.

현재 기상청에서는 ‘폭염영향예보 정규서비스’등을 통해 주요 기상 정보와 함께 건강영향의 위험도를 전파하고 있다. 때문에 폭염의 심각성을 근로자에게 신속하게 전파하는 것이 중요하므로, 근로자 개개인에게 사업장의 특성과 근로조건을 반영한 폭염의 건강영향 위험을 쉽고 직관적으로 확인할 수 있는 정보를 일과시작 전에 제공해야 한다. 아울러, 근로자 개개인이 지닌 잠재적 위험요인을 미리 파악하여 온열질환의 예방에 대비할 수 있도록 노력해야 한다. 따라

4) 한반도 기후변화 보고서, 기상청 (2012, 2017, 2018)

5) 이완형, 윤진하, 강성규 등. 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구. 산업안전보건연구원 연구보고서. 2019. 부록 6.

서 폭염을 예방하기 위해서는 치명적인 질병 혹은 사망으로의 이환을 막기 위한 신속한 조치와 더불어 근로자 개인의 감수성을 미리 인지하고 있는 것이 중요하다. 현재의 온열질환 대응체계는 일반인구를 대상으로 한 응급조치를 준용하고 있으며, 근로자의 경우 단독으로 작업하는 경우도 있기 때문에 주변에 물을 구하기 어려운 작업환경 등과 같이 폭염에 취약할 수밖에 없는 환경에 노출될 가능성이 크다. 그러므로 다양한 작업조건 및 개인의 감수성을 고려한 시나리오를 구축하고 이에 대한 대응 체계를 개발하고 전파해야 한다.

참고문헌

- 건강보험자료 공유서비스. 건강보험공단. <https://nhiss.nhis.or.kr>
- 기상자료개방포털. 기상청. <http://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>
- 기상청. 한반도 기후전망 보고서. 기상청 보고서. 2018
- 이완형, 윤진하, 강성규 등. 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구. 산업안전보건연구원 연구보고서. 2019.
- 임연희, 이경신, 한창우 등. 취약계층 맞춤형 폭염피해 위험 진단기술 개발: 온열·한랭질환 피해위험 예측 기술개발. 국립재난안전연구원 연구보고서. 2018
- 질병관리본부. 폭염으로 인한 온열질환 신고현황 연보. 질병관리본부 보고서. 2018
- 김은아 등. 근로자 생식보건 역학연구(I). 2015
- 박정선 등. 유해작업 휴식 등 근로조건 개선조치에 대한 법적근거 및 시행방안 마련연구(옥외작업을 중심으로). 2015
- 고열작업환경 관리지침. 2017
- 한지현 등. 우리나라 상세 기후변화 시나리오의 지역별 기온 전망 범위. 2018
- 김기선. 폭염 그리고 기후변화, 일하는 사람의 건강을 위협하다. 2019
- Adam-Poupart A, Smargiassi A, Busque M-A, et al. Summer outdoor temperature and occupational heat-related illnesses in Quebec (Canada). Environ Res. 2014;134:339-44.
- Arcury TA, Summers P, Talton JW, et al. Heat illness among North Carolina Latino farm workers. J Occup Environ Med. 2015;57(12):1299.

- Bethel JW, Harger RJJoer. Heat-related illness among Oregon farmworkers. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(9):9273-85.
- Crowe J, Nilsson M, Kjellstrom T, et al. Heat Related symptoms in sugarcane harvesters. *American J Ind Med*. 2015;58(5):541-48.
- El-Shafei DA, Bolbol SA, Allah MBA, et al. Exertional heat illness: Knowledge and behavior among construction workers. *Environ Sci Pollution Res*. 2018;25(32):32269-76.
- García-Trabanino R, Jarquín E, Wesseling C, et al. Heat stress, dehydration, and kidney function in sugarcane cutters in El Salvador - a cross-shift study of workers at risk of Mesoamerican nephropathy. *Environ Res*. 2015;142:746-55.
- Gasparrini A, Ben A, Mike G. K. Distributed lag non linear models. *Stat Med*. 2010;29:2224-2234.
- Harduar Morano L, Bunn T, Lackovic M, et al. Occupational heat related illness emergency department visits and inpatient hospitalizations in the southeast region, 2007 - 2011. *American J Ind Med*. 2015;58(10):1114-25.
- Kearney GD, Hu H, Xu X, et al. Estimating the prevalence of heat-related symptoms and sun safety - related behavior among Latino farm workers in Eastern North Carolina. *J Argomed*. 2016;21(1):15-23.
- Maeda T, Kaneko S-y, Ohta M, et al. Risk factors for heatstroke among Japanese forestry workers. *J Occup Health*. 2006;48(4):223-29.
- Marinaccio A, Scortichini M, Gariazzo C, et al. Nationwide epidemiological study for estimating the effect of extreme outdoor temperature on

- occupational injuries in Italy. *Environ Int.* 2019;133:105176.
- Mutic AD, Mix JM, Elon L, et al. Classification of Heat Related Illness Symptoms Among Florida Farmworkers. *J Nurs Scholar.* 2018;50(1):74-82.
- Rameezdeen R, Elmualim AJJoer, health p. The impact of heat waves on occurrence and severity of construction accidents. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(1):70.
- Riley K, Wilhalme H, Delp L, et al. Mortality and morbidity during extreme heat events and prevalence of outdoor work. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(4):580.
- Spector JT, Bonauto DK, Sheppard L, et al. A case-crossover study of heat exposure and injury risk in outdoor agricultural workers. *PLoSone.* 2016;11(10):e0164498.
- Varghese BM, Hansen A, Nitschke M, et al. Heatwave and work-related injuries and illnesses in Adelaide, Australia: a case-crossover analysis using the Excess Heat Factor (EHF) as a universal heatwave index. *Int J Occup Environ Health.* 2019;92(2):263-72.
- Xiang J, Hansen A, Pisaniello D, et al. Extreme heat and occupational heat illnesses in South Australia, 2001 - 2010. *Occup Environ Med.* 2015;72(8):580-86.
- Xu Y, Dadvand P, Barrera-Gómez J, et al. Differences on the effect of heat waves on mortality by sociodemographic and urban landscape characteristics. *J Epi Community Health.* 2013;67(6):519-25.

Abstract

Objectives:

Climate change in Korea is expected to increase significantly in yearly average temperature with longer summer duration. Workers need health protection, however, they have to work regardless of the temperature and are easily exposed to the high temperature. It is necessary to understand the main characteristics of climate change in Korea and to consider the health impact of workers according to the temperature changes.

Methods:

This study conducted review of trend of climate change in Korea and the literature on air temperature and health effects of workers. We investigated the analysis of health effects of general workers according to the air temperature, and identified the potential risk factors of heat-related disease for workers with special health examination. The daily average and maximum temperature, heat index, and heat wave warning periods were selected as ambient temperature related factors. The health impacts of workers were selected through literature review, and approached in three categories; fatal health effects, general health effects, and heat wave-related health effects. The observation period was from 2002 to 2015 and the association between each of the four ambient temperature related factors and fourteen health effects were estimated using generalized additive models and distributed lag non-linear models.

Targeting the workers enrolled in special health examination in 2018, we divided into case and control groups according to a presence of heat disease. Logistic regression model was conducted for the analysis.

Results:

Summers are expected to be very long and yearly average temperature are highly increased after 50 years in Korea. It has been reported that the risks of death, accidents and injuries, genitourinary disorders, and mental disorders were increased among workers who were exposed to high ambient temperatures. In fatal health effects, it was observed that all cause mortality and deaths at outside were closely related with high ambient temperatures. In general health effects, infectious diseases, circulatory system diseases, cerebral cardiovascular diseases, genitourinary system diseases, accidents and injury were associated with ambient temperature related factors. Heat waves related health effect were related to daily average temperature, maximum temperature, heat index, and continuous heat wave warning periods. In potential risk factors of heat disease in workers with special health examination, sex, industry types, workplace size, excessive high temperature exposure in the workplace, and history of genitourinary disease were identified as significant factors.

Conclusions:

Health effects according to the ambient temperature related factors and risk factors of heat-related disease were found among workers in Korea. It is necessary to protect workers who are easily exposed to high temperature.

Key words:

climate change, air temperature, health effect, heat disease risk factors

〈〈연 구 진〉〉

연 구 기 관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 윤민주 (직업건강연구실, 과장)

연 구 원 : 이경은 (직업건강연구실, 선임연구위원)

연 구 기 관 : 가천대학교

연구책임자 : 이완형 (가천대학교, 조교수)

연 구 원 : 윤진하 (연세대학교, 부교수)

강성규 (가천대학교, 교수)

최원준 (가천대학교, 부교수)

함승헌 (가천대학교, 조교수)

강모열 (가톨릭대학교, 조교수)

연구보조원 : 이준형 (가천대학교 길병원, 연구원)

이용호 (가천대학교 길병원, 연구원)

이은이 (가천대학교 길병원, 연구원)

이미정 (가천대학교 길병원, 연구원)

〈〈연 구 기 간〉〉

2020. 4. ~ 2020. 11.

본 조사에서 ‘대기온도의 특성에 따른 근로자 건강영향 분석’ 부분은 위탁조사로 수행되었습니다.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

기온의 변화에 따른 근로자 건강영향 연구

(2020-산업안전보건연구원-940)

발 행 일 : 2020년 12월

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고재철

연구책임자 : 직업건강연구실 과장 윤민주

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : (032) 510-0756

팩 스 : (032) 510-0759

누 리 집 : <http://oshiri.kosha.or.kr>
