

연구보고서

기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구

이완형 · 윤진하 · 강성규 · 최원준 · 함승헌
김의진 · 이준형 · 이은이 · 이미정

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2019 년 10 월

연구기관: 가천대학교 산학협력단

연구기간: 2019.04.11.~ 2019.10.31.

연구책임자: 이완형 (가천대학교 의과대학 교수)

공동연구원: 윤진하 (연세대학교 예방의학과 교수)

공동연구원: 강성규 (가천대학교 의과대학 교수)

공동연구원: 최원준 (가천대학교 의과대학 교수)

공동연구원: 함승헌 (가천대학교 의과대학 교수)

요 약 문

연구기간

2019. 04. 11. ~ 2019. 10. 31.

핵심 단어

기후변화, 건강보호 가이드라인, 옥외작업자, 폭염, 한랭, 먼지

연구과제명

기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책
-마련 연구

1. 연구배경

- 우리나라의 기후변화는 예측의 불확실성이 크며, 국민 건강에 다양하고 지대한 영향을 미침.
- 기후변화에 따른 건강보호의 기본 대응 방침은 야외활동 자제가 대부분임.
- 옥외작업자의 경우, 기후와 상관없이 야외에서 근로해야한다는 점에서 건강보호가 취약한 근로자 집단임.
- 우리나라 기후변화의 주된 특성인 폭염, 한랭, 먼지에 대해 옥외작업자의 건강보호를 위한 종합적인 대책을 마련할 필요가 있음.

2. 주요 연구내용

- 연구결과

- 우리나라의 옥외작업자 규모를 추정하였음. 2015년 인구센서스 분석결과 전체 근로자 23,590,570명 중 야외작업현장에서 근무하는 근로자는 10.1%인 2,379,367명, 여기에 근무 장소가 운송수단인 근로자를 포함하면 14.1%인 3,319,217명임.
- 기후변화의 건강영향을 분석하였음. 온열질환감시체계 분석결과 폭염일수에 따라 온열질환이 증가하였으며, 연령별로는 40대와 50대, 시기별로는 7월 말과 8월초에 집중되었음. 한랭질환 감시체계에서는 평균 최저기온이 낮을수록 한랭질환자가 증가하였음. 먼지로 인한 산업재해는 주로 호흡기 질환과 암이 승인받았으며, 뇌심혈관계 질환과 피부질환 등이 확인됨.
- 기후변화에 따른 근로자 건강영향에 대한 문헌고찰을 수행함. 122개 문헌 중 16개 문헌에 대해 고찰함. 기후변화는 근로자의 건강, 생산성, 보건 및 안전에 영향을 미치고 있으며, 중요성이 커지고 있다는 것을 확인함.
- 현재의 옥외작업자의 건강보호 가이드를 고찰하고 개선안을 제시함. 폭염의 위험단계에 대해 근로환경 맞춤형 기상 정보가 필요하다는 원칙을 확인함.

- 기상청의 정보 중 ‘폭염영향예보’와 ‘더위체감지수’를 활용한 위험단계 기준을 제시함. 단계별 행동요령과 의학용어를 정리하고 최신화함.

- 시사점

- 우리나라의 옥외작업자 규모와 기후변화로 인한 옥외작업자의 건강영향에 대한 현황을 확인하였음.
- 옥외작업자의 건강보호 대책의 필요성을 확인하고, 구체적인 대응 방안을 제시함.

3. 연구 활용방안

- 기후변화로 인한 옥외작업자의 건강보호를 위한 대책 수립의 근거 및 건강보호 가이드라인에 활용
- 우리나라의 옥외작업자 현황 및 건강영향에 대해 대한직업환경의학회 학술대회 발표 및 관련 분야 연구 논문 출판

4. 연락처

연구책임자: 가천대학교 의과대학 교수 이완형

연구상대역: 산업안전보건연구원 직업환경연구실 정은교

- ☎ 052) 7030-901
- E-mail: jungek60@kosha.or.kr

차례

I. 서론	1
1. 연구목적 및 필요성	1
2. 연구 목표	7
1) 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 대책 마련	7
2) 옥외작업자 건강보호 가이드 보완	7
II. 연구 방법	8
1. 연구 방법 개요	8
2. 국내외 옥외작업자 건강보호 방안 고찰	9
3. 기후변화에 따른 건강 영향 문헌 고찰	9
4. 국내 옥외작업자 현황 파악	11
1) 인구주택총조사를 통한 옥외작업자 규모 추정	11
2) 근로환경조사를 통한 옥외작업자 규모 추정	17
5. 기후변화로 인한 건강영향 고찰	20
6. 옥외작업자 건강보호 가이드 보완 및 증상기 대책	20
III. 연구 결과	22
1. 우리나라의 폭염 현황 및 건강영향	22
1) 폭염으로 인한 온열질환 감시체계 개요	22
2) 온열질환자 발생 현황	24

3) 폭염으로 인한 사망 현황	28
4) 통계청 사망자료 분석을 통한 폭염의 치명 건강영향	30
5) 온열질환 산업재해 현황	36
2. 우리나라의 한랭 현황 및 건강영향	37
1) 한파의 정의와 우리나라 기상청의 관리 조건	37
2) 국내 겨울철 기온 변화 추이	37
3) 한랭질환자 발생 현황	42
4) 통계청 사망자료 분석을 통한 한랭의 치명 건강영향	43
5) 한랭질환 산업재해 현황	47
3. 우리나라의 먼지 현황 및 건강영향	48
1) 우리나라의 (미세)먼지 현황	48
2) 먼지 노출의 인체 건강 영향	52
3) (미세)먼지로 인한 산업재해 현황	55
4. 기후변화에 따른 근로자 건강영향 문헌고찰	56
5. 인구주택총조사를 활용한 옥외작업자 규모추정	76
1) 전체 경제활동인구에서 옥외작업자 규모 추정	76
2) 임금근로자에서 옥외작업자 규모 추정	83
6. 근로환경조사를 활용한 옥외작업자 규모추정	89
1) 근로환경조사 분석 개요	89
2) 옥외작업자 규모 추정	90
3) 고온노출 근로자 규모 추정	98
4) 저온노출 근로자 규모 추정	106
5) 분진노출 근로자 규모 추정	114
6) 옥외작업자 및 고온, 저온, 분진 노출 근로자 규모 추정	122
7. 국외 옥외작업자 건강보호방안 및 제도 고찰 (폭염)	123

1) 고온 노출로 인한 건강관리 방안 수립시 확인사항	123
2) 미국 직업안전보건청	125
3) 미국 직업안전보건연구원	134
4) 미국 산업위생전문가협회	147
5) 싱가포르	150
6) 일본 후생 노동성	156
8. 국외 옥외작업자 건강보호방안 및 제도 고찰 (한랭)	163
1) 미국 직업안전보건청	163
2) 미국 직업안전보건연구원	166
3) 미국 산업위생전문가협회	168
9. 국외 옥외작업자 건강보호방안 및 제도 고찰 (먼지)	170
1) 주요 국가의 먼지 관리 기준	170
2) 세계보건기구	171
3) 태국의 미세먼지 관리 제도	174
10. 옥외작업자 건강보호 가이드 보완	177
1) 기존 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)	177
2) 옥외작업자 건강보호 가이드 개선안 (폭염)	183
3) 옥외작업자 건강보호 가이드 및 개선안 (한랭)	205
4) 옥외작업자 건강보호 가이드 및 개선안 (먼지)	213
11. 옥외작업자 건강보호 증장기 종합대책 및 제언	218

IV. 결론 및 고찰 221

V. 참고 문헌 224

IV. 부록	231
부록1 옥외작업자 건강보호 가이드(폭염) 개선안 1	231
부록2 옥외작업자 건강보호 가이드(폭염) 개선안 2	239
부록3 ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 계획	247
부록4 온열질환 응급조치 흐름도	248
부록5 온열질환의 종류와 응급조치	249
부록6 옥외작업 온열지수(WBGT) 평가 사례	251

표 차례

<표 2-1> 체계적 문헌고찰의 PICO 접근법	10
<표 2-2> 연도별 인구총조사 마이크로데이터 현황	14
<표 2-3> 인구총조사 주요 변수 및 내용	15
<표 2-4> 근로환경조사 주요 조사 항목	17
<표 3-1> 연도별 온열질환 및 폭염일수 현황 (2011-2018)	24
<표 3-2> 연도별 온열질환별 발생 현황 (2011-2018)	26
<표 3-3> 연도별 연령별 온열질환 발생 현황 (2011-2018)	26
<표 3-4> 사망원인 통계 자료 설계서	30
<표 3-5> 연도별, 업종별 온열질환 산업재해 발생현황	36
<표 3-6> 한파주의보 및 한파경보 기준 (기상청)	37
<표 3-7> 연도별 한랭질환자 및 사망자 현황	42
<표 3-8> 연도별, 업종별 한랭질환 산업재해 발생현황	47
<표 3-9> (미세)먼지로 인한 업무상질병 산재현황 (2014-2018)	55
<표 3-10> 기후변화의 근로자 건강 문헌고찰 최종 선정 문헌	57
<표 3-11> 기후변화의 근로자 건강 문헌고찰 주요 결과	60
<표 3-12> 근로장소별 옥외작업자 현황	76
<표 3-13> 전체 경제활동 종사자에서 옥외작업자 추정 규모	81
<표 3-14> 임금근로자에서 옥외작업자 추정 규모	87
<표 3-15> 성별에 따른 옥외작업자 규모	91
<표 3-16> 옥외작업자 추정 규모 정리	94
<표 3-17> 산업규모별 옥외작업자 추정 규모	96

<표 3-18> 성별에 따른 고온 노출 근로자 규모	99
<표 3-19> 고온 노출 근로자 추정 규모	102
<표 3-20> 산업분류별 고온 노출 근로자 추정 규모	104
<표 3-21> 성별에 따른 저온 노출 근로자 규모	107
<표 3-22> 저온 노출 근로자 추정 규모 정리	110
<표 3-23> 산업규모별 저온 노출 근로자 추정 규모	112
<표 3-24> 성별에 따른 분진 노출 근로자 추정 규모	115
<표 3-25> 분진 노출 근로자 추정 규모 정리	118
<표 3-26> 산업규모별 분진 노출 근로자 추정 규모	120
<표 3-27> 옥외작업자 및 고온, 저온, 분진 노출 근로자 규모	122
<표 3-28> 국가별 고온 기준 적용 방법 및 경보 체계	123
<표 3-29> 열지수 및 위험도별 예방대책	129
<표 3-30> 기후적응 근로자 생리학적 모니터링 권장 빈도	131
<표 3-31> Protective measures to take at each risk level	133
<표 3-32> 온도와 업무강도별 휴식 시간 및 수분 공급 필요량	137
<표 3-33> 보통 복장 근로자 온도 업무강도별 휴식 시간	139
<표 3-34> 화학물질 방호복 근로자 업무강도별 휴식시간	140
<표 3-35> 열 스트레스 및 열변형을 조절하기 위한 대책	142
<표 3-36> TLV and action limits of ACGIH (2017)	148
<표 3-37> Metabolic Work Rates of ACGIH (2017)	149
<표 3-38> Clothing adjustment factors for clothing ensembles	153
<표 3-39> 의류의 종류에 따른 WBGT 추가 보정 값	157
<표 3-40> 대사율 수준에 따른 WBGT 기준치	158
<표 3-41> WBGT 값과 온도, 상대 습도와의 관계	162
<표 3-42> 한랭시 근무 및 휴식스케줄, (AGCIH)	169

<표 3-43> 주요 국가의 먼지 노출 기준 (대기)	170
<표 3-44> 미세먼지 연평균 농도의 단계별 목표 기준	172
<표 3-45> 미세먼지 일평균 농도의 단계별 목표 기준	173
<표 3-46> 태국의 PM _{2.5} 농도에 따른 대응 방안	176
<표 3-47> 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)	178
<표 3-48> 폭염영향예보 위험수준 및 단계별 기준, 판단근거	185
<표 3-49> 최근 3년간 폭염영향예보 정규서비스 적용 결과	189
<표 3-50> 더위체감지수 ‘매우 위험’ 단계 기준	191
<표 3-51> 최근 3년간 폭염영향예보에 상대습도 적용 결과	193
<표 3-52> 더위체감지수 계산식	194
<표 3-53> 국제표준기구(ISO)의 온열지수(WBGT)	194
<표 3-54> 일본 환경성의 폭염 예보기준	196
<표 3-55> 더위체감지수 월별 대상별 분포	197
<표 3-56> 한랭질환 가이드라인에서의 용어 정의	205
<표 3-57> 주요 한랭질환 정의, 원인 및 증상	208
<표 3-58> 옥외작업 건강보호 가이드 요약 (먼지)	214
<표 3-59> 대기정보 예보 등급별 기준 및 행동요령	215

그림 차례

[그림 1-1] 연간 황사 발생 빈도	2
[그림 1-2] 우리나라의 연도별 미세먼지 경보 발령현황	3
[그림 1-3] 폭염특보 발령 추이	4
[그림 1-4] 한파특보 발령 추이	4
[그림 1-5] 한파로 인한 한랭 질환	5
[그림 2-1] 연구 내용 및 흐름	8
[그림 2-2] 옥외근로자 규모 추정을 위한 인구주택총조사 구조	11
[그림 2-3] 인구주택총조사 원시자료 추출과정	13
[그림 2-4] 먼지, 고온, 저온 노출추정 위한 근로환경조사 구조	19
[그림 3-1] 발생주별 온열질환 신고현황 (2011-2018)	25
[그림 3-2] 연도별 시간별 온열질환 신고현황 (2011-2018)	27
[그림 3-3] 발생 시간별 폭염으로 인한 사망 발생현황 (2018)	28
[그림 3-4] 발생 장소별 폭염으로 인한 사망 발생현황 (2018)	29
[그림 3-5] 일사병 사망자 수 및 비례사망률, 전체 인구 집단	32
[그림 3-6] 일사병 사망자 수 및 비례사망률, 직업군	33
[그림 3-7] 계절에 따른 일사병 발생 및 비례사망률 (전체 집단)	34
[그림 3-8] 계절에 따른 일사병 발생 및 비례사망률 (직업군)	34
[그림 3-9] 직업군별 계절적 비례사망률 현황	35
[그림 3-10] 1981~2010년 /2004~2014년 겨울철 평균 기온 비교	38
[그림 3-11] 1981~2010년 /2004~2014년 겨울철 최저 기온 비교	38
[그림 3-12] 춘천 및 대관령 영하 5도, 10도 이하 일수	39

[그림 3-13] 춘천 및 대관령 오전 평균 기온과 한파발생일	40
[그림 3-14] 30년간의 전국 평균 한파발생일 (1988~2017)	41
[그림 3-15] 한랭질환 응급실감시체계 신고현황 (2017~2019)	42
[그림 3-16] 동상과 동창 사망자 수 및 비례사망률 (전체 집단)	43
[그림 3-17] 동상과 동창 사망자 수 및 비례사망률 (근로자군)	44
[그림 3-18] 동상과 동창 사망 발생 및 비례사망률 (전체 집단)	45
[그림 3-19] 동상과 동창 사망 발생 및 비례사망률 (직업군)	45
[그림 3-20] 직업군 별 계절적 비례사망률 현황: 동상과 동창	46
[그림 3-21] 대기오염도 실시간 공개 시스템	48
[그림 3-22] 우리나라의 연도별 PM ₁₀ 평균 농도	49
[그림 3-23] 우리나라의 연도별 PM _{2.5} 평균 농도	50
[그림 3-24] PM ₁₀ 및 PM _{2.5} 연평균 농도 분포, 2017	51
[그림 3-25] 국가별 대기오염으로 인한 사망자 수 (WHO, 2012)	53
[그림 3-26] 먼지 노출로 인한 조기사망 (OECD, 2016)	54
[그림 3-27] 경제활동인구에서 옥외작업자 규모	77
[그림 3-28] 경제활동인구에서 성별에 따른 옥외작업자 규모	78
[그림 3-29] 경제활동인구에서 연령에 따른 옥외작업자 규모	79
[그림 3-30] 경제활동인구에서 교육수준에 따른 옥외작업자 규모	80
[그림 3-31] 임금근로자에서 옥외작업자 규모	83
[그림 3-32] 임금근로자에서 성별에 따른 옥외작업자 규모	84
[그림 3-33] 임금근로자에서 연령에 따른 옥외작업자 규모	85
[그림 3-34] 임금근로자에서 교육수준에 따른 옥외작업자 규모	86
[그림 3-35] 옥외작업자 규모	90
[그림 3-36] 연령에 따른 옥외작업자 규모	91
[그림 3-37] 교육 수준에 따른 옥외작업자 규모	92

[그림 3-38] 종사상 지위에 따른 옥외작업자 규모	93
[그림 3-39] 산업분류별 옥외작업자 추정 규모	97
[그림 3-40] 고온 노출 근로자 규모	98
[그림 3-41] 연령에 따른 고온 노출 근로자 규모	99
[그림 3-42] 교육 수준에 따른 고온 노출 근로자 규모	100
[그림 3-43] 종사상 지위에 따른 고온 노출 근로자 규모	101
[그림 3-44] 산업분류별 고온 노출 근로 추정 규모	105
[그림 3-45] 저온 노출 근로자 규모	106
[그림 3-46] 연령에 따른 저온 노출 근로자 규모	107
[그림 3-47] 교육 수준에 따른 저온 노출 근로자 규모	108
[그림 3-48] 종사상 지위에 따른 저온 노출 근로자 규모	109
[그림 3-49] 산업분류별 저온 노출 근로 추정 규모	113
[그림 3-50] 분진 노출 근로자 규모	114
[그림 3-51] 연령에 따른 분진 노출 근로자 규모	115
[그림 3-52] 교육 수준에 따른 분진 노출 근로자 규모	116
[그림 3-53] 종사상 지위에 따른 분진 노출 근로자 규모	117
[그림 3-54] 산업분류별 분진 노출 근로 추정 규모	121
[그림 3-55] Heat index (Fahrenheit with Celsius)	126
[그림 3-56] 열지수 수치별 위험도와 보호전략	129
[그림 3-57] OSHA Vital sign checklist	132
[그림 3-58] QUICK CARD protecting workers from cold stress	165
[그림 3-59] WHO의 PM ₁₀ 및 PM _{2.5} 권고안	171
[그림 3-60] 태국의 공기질 모니터링 결과 (2018)	174
[그림 3-61] 태국의 연도별 PM _{2.5} 평균 농도 (2011-2018)	175
[그림 3-62] 태국의 연도별 PM ₁₀ 평균 농도 (2011-2018)	175

[그림 3-63] 폭염영향예보 정규서비스 예시	186
[그림 3-64] 최근 3년간 폭염영향예보 적용 시뮬레이션	188
[그림 3-65] 더위체감지수 단계 판별 기준	190
[그림 3-66] 최근 3년간 폭염영향예보에 상대습도 적용 결과	192
[그림 3-67] 최고기온에 따른 100일 평균 감시체계 환자수	202
[그림 3-68] 최고기온에 따른 100일 평균 사망자수	203
[그림 3-69] 최고기온에 따른 100일 평균 보험환자수	203
[그림 3-70] 기온과 풍속에 따른 체감온도 산출표	206
[그림 3-71] 체감온도 지수에 따른 분류 및 주의사항	207
[그림 3-72] 기온에 따른 예방단계별 사업주 조치사항	210

I. 서론

1. 연구목적 및 필요성

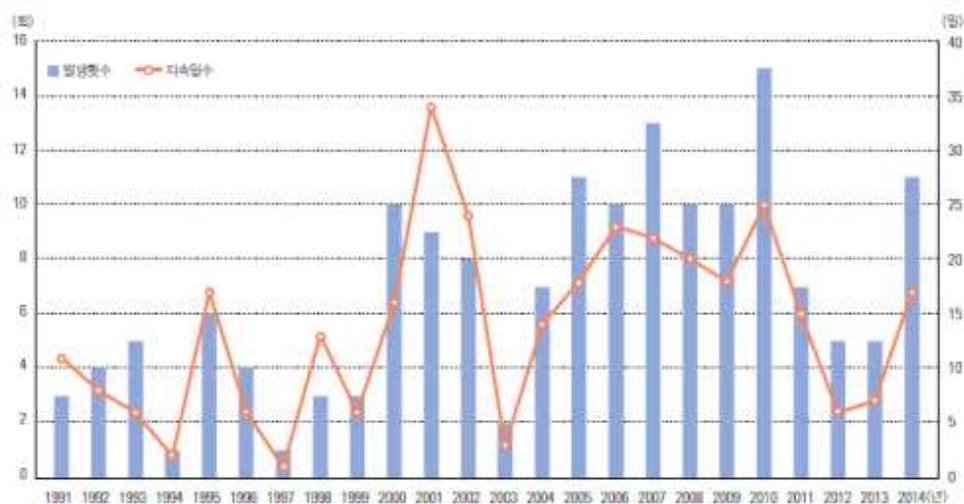
기후변화는 지구 규모의 기후 또는 지역적 기후의 시간에 따른 변화를 말하며 일반적으로는 10년에서부터 수백만 년의 기간 동안의 대기의 평균적인 상태 변화를 의미한다. 이러한 변화 중 우리의 관심과 염려의 대상이 된 것은 지구 온난화의 문제이다. 지구 온난화는 최근 수 십년간 지구 표면 부근의 대기과 바다의 평균온도가 높아지고 앞으로도 계속 높아질 것으로 예측되는 현상을 말한다.

이러한 지구 온난화는 특히 CO₂를 방출하는 화석연료의 사용으로 대기 중에 열을 가두게 되는 온실효과가 생기는 것이 주원인으로 알려져 있다. 그런데 현재 CO₂ 방출은 지속적으로 늘어나고 있고, 우리나라도 기후 변화의 영향에서 벗어날 수가 없다. 오히려 우리나라의 경우, 국토면적에 비해 지형의 기복이 심하며, 주변 대륙 및 바다의 영향을 강하게 받는 반도에 위치한다는 점, 계절 변화가 뚜렷한 위도에 위치한다는 점에서 기후변화의 영향력은 매우 큰 지역에 속한다.

지구온난화의 영향은 비단 평균 기온의 상승으로 나타나지 않는다. 전 지구적인 관점에서의 기온 상승과 그로인한 해수면의 상승은 위도나 지형에 따라 홍수, 태풍, 가뭄, 흑한, 한랭 등의 다양한 형태로 나타난다. UN 기구인 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Changes)는 수차례 보고서를 통해 기후 변화의 건강 영향을 설명하고 있다. 이 보고서에 따르면 기후변화는 결국 인간의 건강에 대한 위협을 증가시킬 것으로 예상하며, 특히 직접적으로 사망 위험을 높이기도 하며, 대기질, 식량 생산 등에 간접적으로 영향을 미치는 방식으로 피해를 야기한다.

우리나라의 경우, 기후변화의 주된 특성은 황사, 미세먼지, 폭염, 혹한으로 대표된다. 과거에는 한여름의 무더위와 한겨울의 한파에 대한 관심이 주였으나 최근에는 황사뿐 아니라 미세먼지의 영향력이 커지면서 관심이 높아지고 있다. 또한 연도에 따라 폭염 및 한파의 정도나 황사 및 미세먼지 수준의 기복이 심해 일선에서 예측 및 관리에 어려움이 많다.

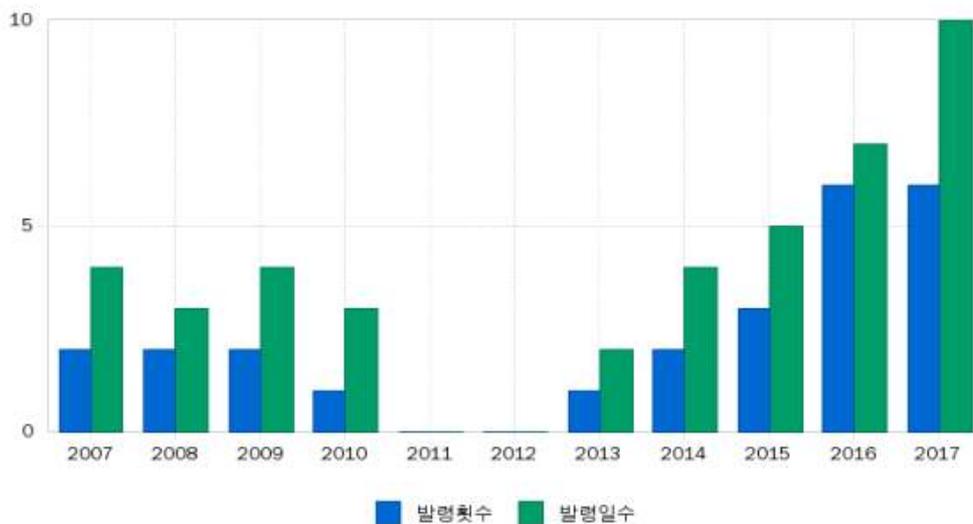
우리나라의 황사 발생횟수와 지속일수는 다음 그림과 같이 연도별로 차이가 있으나 발생일수와 지속일수 모두 전반적인 추세는 상승곡선을 보이고 있다. 실제로 서울의 황사 관측일수는 2012년 1회, 2013년 3회, 2014년 10회, 2015년 15회로 뚜렷한 증가추세를 보이고 있다.



[그림 1-1] 연간 황사 발생 빈도 (1991-2014, 국가기후데이터센터)

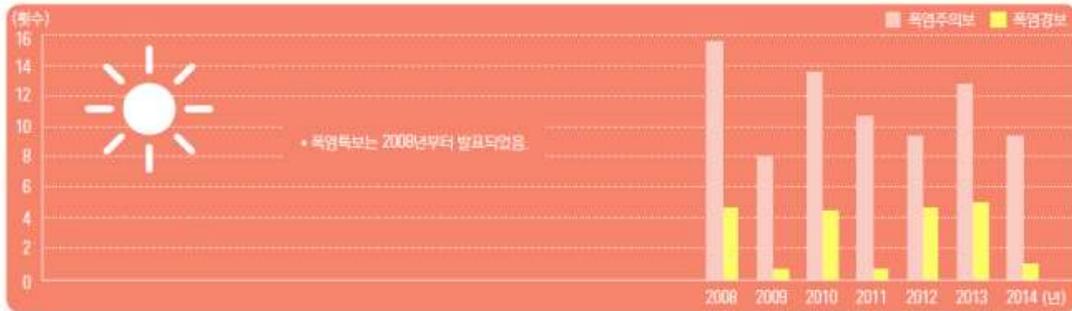
황사주의보가 발령되지 않을 때도 미세먼지가 중국으로부터 유입되거나 국내의 다양한 발생원에서 배출되고 있다. 우리나라의 연평균 미세먼지 농도는 주기의

적으로 오름과 내림을 반복하다가 최근에는 지속적으로 높아지고 있는 추세이며, 이에 따라 다음 그림처럼, 미세먼지 경보발령 횟수와 발령일수 모두 눈에 띄게 증가하는 양상을 나타내고 있다.



[그림 1-2] 우리나라의 연도별 미세먼지 경보 발령현황 (서울시 대기환경정보)

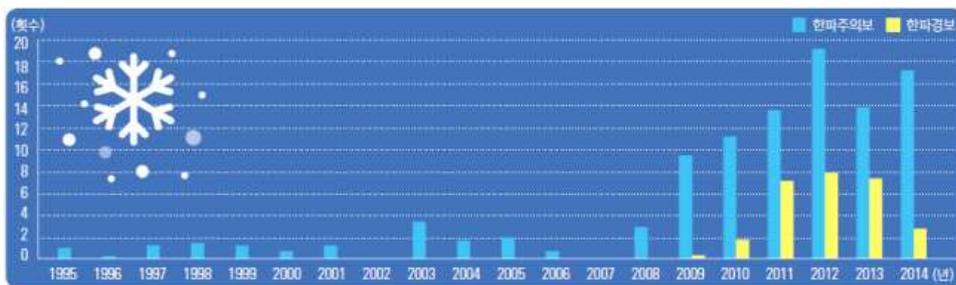
폭염은 온도 또는 열적 스트레스 지수가 어떠한 기준치 또는 임계치를 초과하는 경우나 초과하는 날의 수로 정의된다. 폭염특보는 폭염주의보와 폭염경보로 구분된다. 폭염주의보는 일최고 기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때, 폭염경보는 일최고 기온이 35℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 발령된다. 폭염으로 인한 건강 장애는 열사병, 열탈진, 열경련 등이 대표적이다. 그림 3과 같이 연도에 따라 폭염의 정도와 규모는 가변적이며, 건강영향 또한 해마다 폭염의 특성에 따라 달라질 수 있다. 따라서 폭염으로 인한 건강영향은 지속적인 관심과 즉각적인 조치를 요구한다는 특성이 있다.



[그림 1-3] 폭염특보 발령 추이 (2008-2014, 기상청)

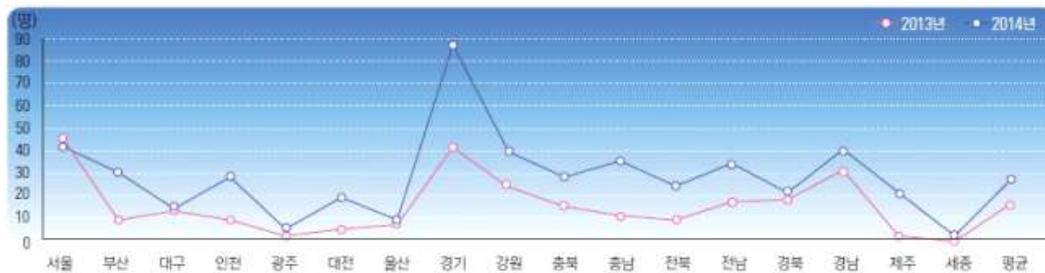
한파는 온도에 따라 한파주의보와 한파경보로 구분된다. 한파주의보는 아침 최저 기온이 전날보다 10℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때, 아침 최저 기온이 -12℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때, 급격한 저온 현상으로 중대한 피해가 예상될 때 발령된다.

한편, 한파경보는 아침 최저 기온이 전날보다 15℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때, 아침 최저 기온이 -15℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때, 급격한 저온 현상으로 광범위한 지역에서 중대한 피해가 예상될 때 발령된다. 그림 1-4와 같이, 우리나라의 한파는 점점 길어지고 잦아지고 있다.



[그림 1-4] 한파특보 발령 추이 (1995-2014, 기상청)

그림 1-5처럼 한파로 인한 한랭질환의 경우도 연도에 따라 대부분 도시에서 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 한파에 의한 건강 영향에 대한 관심도 높아지고 있다.



[그림 1-5] 한파로 인한 한랭 질환 (2013-2014, 질병관리본부)

황사, 미세먼지, 폭염, 혹한의 공통적인 대응책은 외부활동 자제이다. 실제로 국가 차원의 기후변화에 대한 우선 대응책으로 외부활동 자제를 권고하고 있다. 그러나 기후에 상관없이 외부활동 자제가 불가능한 집단이 있다. 바로 옥외작업자다.

옥외작업자는 옥외작업장에서 일하는 사람을 의미하며, 옥외작업장은 옥내작업장을 제외한 곳을 말한다. 여기서 옥내작업장은 천장과 2면 이상의 벽면을 갖추고 자연통풍을 저해할 정도의 밀폐된 작업장을 말하며 갱내, 터널 등을 포함한다. 이러한 옥외작업자는 옥외에서 일하는 시간, 계절, 지역, 일의 종류에 따라 다양한 유해인자에 노출된다. 옥외작업자는 위에서 언급한 기후변화의 특성인 황사, 미세먼지, 폭염, 한랭에 고스란히 노출되게 되고, 따라서 기후변화로 인한 건강장해가 심각하게 우려되는 건강 취약집단이 될 수 있다.

우리나라에서 공식적으로 옥외작업자의 규모나 특성을 파악한 자료는 아직 부

족한 실정이다. 김승원 등의 연구에 따르면, 통계청의 산업분류자료나 표준직업 분류 등으로 파악한 옥외작업자는 2014년 기준 140만에서 230만명 정도로 추산하고 있다. 여기에는 경찰, 운전원, 청소부, 스포츠 관련 근로자, 건설업, 농림어업 등이 포함된다.

이들 옥외작업자를 보호하기 위해 정부에서는 ‘옥외작업자 건강보호 가이드’를 제공하고 있다. 황사, 미세먼지, 폭염, 한랭의 단계에 따라 단계별 예방조치를 제안하고 있으며, 근로자와 사업주의 역할에 대한 권고와 의무를 포괄하여 제시하고 있다.

옥외작업자의 건강보호를 위해, 우리나라의 황사, 미세먼지, 폭염, 한랭의 규모와 특성을 파악하고 이로 인한 건강장해 수준을 평가해야 한다. 옥외작업자 규모와 특성을 파악하고, 옥외작업자 건강보호를 위한 현행 법령 및 제도를 고찰하여, 효율적이고 일관된 보호대책을 마련할 필요가 있다.

2. 연구 목표

1) 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호를 위한 종합대책 마련

- (1) 국내의 옥외작업자 규모 추정
- (2) 기후변화에 따른 건강장해 현황 파악
- (3) 국내외의 옥외작업자 보호 제도 고찰

2) 옥외작업자 건강보호 가이드 보완

- (1) 기존 옥외작업자 건강보호 가이드 검토
- (2) 옥외작업자 건강보호 가이드 보완 제시 (폭염)

II. 연구 방법

1. 연구 방법 개요

이번 연구의 주요 흐름 및 개요는 아래의 그림과 같다.



[그림 2-1] 연구 내용 및 흐름

국내외의 옥외작업자 관련 제도 및 문헌 고찰을 시행하며, 이를 통해 국내 적용방안을 모색한다. 또한 국내 옥외작업자의 규모를 추정하고 인구학적 특성, 산업별 특성을 파악한다. 우리나라의 폭염, 한랭, 먼지의 현황을 파악하고 이로 인한 건강영향을 확인한다.

이를 통해 기존 옥외작업자 건강보호 가이드라인 적용 방안을 모색하여 보완 제시한다.

2. 국내·외 옥외작업자 건강보호 방안 고찰

문헌 고찰 및 해외 전문가를 활용하여 국외의 옥외작업자 건강보호 방안에 대한 제도 및 관련 규정을 고찰한다. WHO, NIOSH, CDC 등 기후변화 및 옥외작업자와 관련된 주요 국제/선진국 기관의 보고서를 검토하고 국내 적용 가능성을 모색한다.

일본, 싱가포르 등 아시아 주요 국가의 기후변화로 인한 옥외작업자의 건강보호 방안에 대해 고찰한다. 또한 일본, 태국 등 전문가 자문을 통해 기후변화 현황과 근로자 건강관리 방안을 고찰하고, 국내 적용 방안을 논의한다.

전문가 (직업환경의학, 산업위생, 보건 전문가 및 산업안전보건공단 등) 및 관련자 (사업주 대표, 근로자 대표 등) 회의를 통해 현행 옥외작업자 건강보호 가이드를 고찰하고 보완방안을 모색한다.

3. 기후변화에 따른 근로자 건강 영향 문헌 고찰

기후변화와 근로자의 건강영향에 대해 체계적 문헌 고찰을 진행하였다. 검색어 선정에 앞서 사전 문헌 검토에서 적용된 가설을 바탕으로 다음과 같은 임상적 질문을 검색식 제작에 적용하였다. 검색어 선정 전 제기한 임상적 질문은 다음과 같다. 기후변화의 현황은 어떠하며, 근로자의 건강에 미치는 영향은 어느 정도인가? 이에 대한 대책은 무엇인가?

체계적 문헌 고찰에서 연구주제 즉, 주요 연구질문(key question)의 기본 형식으로 널리 사용되는 PICO (Patient, Intervention or exposure, Comparison, Outcome) 접근방법을 이용해 검색 전략을 세웠다. 본 연구에서 사용한 문헌고찰의 PICO접근법은 아래 표와 같다.

<표 2-1> 체계적 문헌고찰의 PICO 접근법

분류	상세
P (Patient)	기후변화에 영향을 받는 근로자, 옥외작업자
I (Intervention or exposure)	기후변화, 고온, 저온, 먼지
C (Comparison)	일반인구 또는 실내작업자
O (Outcome)	유병율, 발생율, 위험, 현황

검색기간은 별도로 한정하지 않았으며, 검색엔진은 Web of Science와 Google Scholar를 이용하였다. 검색어는 (“climate change” or “hot temperature” or “cold temperature” or “dust”) AND (work* OR occupation* OR industr* OR employ* OR “outdoor worker*”)를 적용하였다.

1차로 제목 및 초록 검토, 2차로 전문 검토를 진행하였다. 결과는 요약과 주요 결과 정리를 병행하였다.

4. 국내 옥외작업자 현황 파악

1) 인구주택총조사를 통한 옥외작업자 규모 추정

국내 옥외작업자 규모 추정을 위해 인구주택총조사(census)를 이용하였다.

The image displays a sample of the 2015 Population and Housing Census questionnaire. It is divided into three main sections:

- Section 20: Business Information**
 - Question: "What is the name of the business (company) you work for?"
 - Instructions: Provide the name of the business. If it's a small business, provide the name of the establishment. Do not include the name of the branch.
 - Form fields: "Business Name", "Business Address", "Business Type", "Business Name", "Business Address".
- Section 21: Workplace and Job**
 - Question: "What is the name of the workplace and the job title (or occupation) you work for?"
 - Instructions: Provide the name of the workplace and the job title. If the job title is not applicable, provide the name of the branch.
 - Form fields: "Workplace Name", "Job Title", "Current Workplace", "Job Title", "Current Workplace".
- Section 22: Current Work**
 - Question: "Are you currently working?"
 - Instructions: If currently working, provide the duration of work and the main workplace.
 - Form fields: "Duration of Work", "Main Workplace".

[그림 2-2] 옥외근로자 규모 추정을 위한 인구주택총조사 구조

인구주택총조사는 우리나라의 모든 사람과 주택의 규모 및 그 특징을 파악하기 위한 국가기본통계조사로서, 근대적인 조사인 1790년 미국 최초 실시 이후, UN에서 자료를 취합하며 현재 214개국에서 실시하여 전세계 인구의 93%가 조사되었다. 국가기본 통계 조사의 하나로 국가 영토 내의 사람과 거쳐 전체(완전성)

를 대상으로, 일시 (동시성)에, 각각 개별적(개별성)으로, 일정한 주기(주기성)를 갖고 실시하고 있다. 이를 통해 국가기관, 개인기업, 학술단체 및 일반 대중의 정책입안, 계획수립, 연구 및 평가 등을 포함한 각종 분야의 기초자료로 활용되며, 모든 사회분야 통계의 기준(benchmark) 통계로서, 각종 가구 표본조사의 모집단 및 표본틀로 제공된다.

우리나라의 경우, 2015년부터 전수항목은 등록센서스(주민등록부, 건축물대장 등 행정자료를 이용하여 인구·가구·주택에 대한 통계를 생산하는 방식)으로 진행되며, 전수조사에서 파악되지 않는 인구, 가구, 주택의 특성은 전국 가구의 20% 가구를 표본으로 선정한 현장조사를 통해 인구주택총조사를 시행하고 있다.

조사항목은 국제비교, 시계열 유지, 사회경제 변화상의 반영, 조사 가능성, 응답자 편의 등을 고려하여 선정되며, 2015년 기준, 전수조사항목 12개, 중복을 허용한 표본조사 항목으로 52개를 선정하여, 전체 53개의 조사항목으로 구성된다.

구체적으로는 UN의 권고항목 28개, 고유 항목 12개로, 인구 (35개), 가구 (12개), 주택 (6개)로 구성된다. 이 중, 직업과 관련된 조사항목으로 경제활동상태, 종사상지위, 산업, 직업, 근로 장소가 UN 권고항목이자, 표본항목으로 선정되어 있다.

이번 연구를 통해 국내 옥외작업자 규모 추정을 위해, 2015년 인구주택총조사 자료를 이용하였다. 2015년 인구주택총조사 자료를 한국통계청에서 관리하는 공공 마이크로데이터 공개 서비스에서 목적에 맞게 추출/다운로드가 가능하다. 추출 방법은 아래의 그림과 같다. 추출을 위해서는 조사영역 선택, 항목선택, 추출 실행, 다운로드의 과정을 거친다.



[그림 2-3] 인구주택총조사 원시자료 추출과정

해당연도별 전수/표본조사 현황, 지역별 추출률, 조사항목(인구, 가구, 주택), 표본 추출방법 등이 있다. 구체화 되어 있다. 전체 인구의 20% 표본자료에서 변수를 조사할 1%를 구축하고 여기에 독립적인 1%를 추가로 구축하여 총 2%의 표본조사자료를 구축한다.

기존 2% 자료에서 집단가구 제외, 사후 가중값 작성의 오류값을 정리하여 제공한다. 최종적 2% 표본조사 자료는 전국민 20% 표본자료에서 5% 읍면동별 비례 추출이 2회 이루어지고, 가중치를 이용하여 전국민을 대변할 수 있도록 구성 되어 있다. 조사구 특성, 거처 종류, 가구원수, 성, 연령, 혼인상태, 교육정도를 고려하여 균형표본 (Balanced sample) 추출이 시행되었다.

가중값은 읍면동별 조사구 추출률의 역수를 기본가중치로 부여하였다. 일반가구 및 일반가구원에 대한 전수 집계결과를 모수로 사용하고, 지역별, 가구 및 인구의 기준변수에 대한 사후 가중값 조정을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 인구 부분은 지역별, 성별, 연령구간별(5세 간격) 인구 수를 이용하였고, 이후 집계상의 편의를 위해 사후가중값이 정수로 변환된 값을 사용하였다.

추가로 연도별 인구센서스 마이크로데이터 현황은 아래의 표와 같다. 본 연구에서는 이중 가장 최근 자료인 2015년 자료를 이용하였다.

<표 2-2> 연도별 인구총조사 마이크로데이터 현황

연도	인총 표본조사(long-form)			마이크로데이터 표본(1%, 2%)		
	전수/표본	조사구	표본추출	보조변수	표본추출	공표단위 (설계요인)
2005	전수, 10%	60가구	조사구		계통추출	시군구 (전국 1.4)
2010	전수, 10%	60가구	조사구	조사구 특성 거처종류 가구원수 점유형태	계통추출	시군구 (전국 1.4)
2015	전수, 20%	30가구	조사구	거처종류 가구원수 점유형태 성, 연령 혼인상태 교육정도	균형표본 추출 (cube method)	시군구 (전국 1.2)

총 99개의 변수가 있으며, 가구 및 인구학적 변수, 거주, 가족, 보건, 노동, 고령화 변수가 존재한다. 이를 정리하면 아래의 표와 같다. 본 연구에서는 일하는 사람 모두를 위해 경제활동종사자 모두에 대한 야외근로 여부, 임금 근로자에서 야외근로 여부로 나누어 분석하였다.

<표 2-3> 인구주택총조사 변수 및 내용

변수	변수 내용	변수	변수 내용	변수	변수 내용
C1	가구일련번호	C34	활동제약-언어장애	C67	혼인상태
C2	행정구역(시도)코드	C35	활동제약-치매	C68	초혼연령
C3	행정구역(시군구)코드	C36	활동제약-뇌졸중(중풍)	C69	남아출산수
C4	읍면동부코드	C37	활동제약-걷기, 계단오르기, 들고 운반하기 등에 어려움이 있는 육체적 제약	C70	여아출산수
C5	조사구특성코드	C38	활동제약-지적, 자폐성 장애	C71	남아사망수
C6	가구원번호	C39	활동제약-정신적 질환 등 정신적 제약	C72	여아사망수
C7	성별	C40	활동제약-제약없음	C73	추가계획자녀여부
C8	만나이	C41	일상생활 및 사회활동제약-배우기, 기억하기, 집중하기	C74	추가계획자녀수
C9	가구주와의 관계	C42	일상생활 및 사회활동제약-웃입기, 목욕하기, 밥먹기, 집안돌아다니기	C75	결혼 전 취업여부
C10	출생시국적(대한민국여부)	C43	일상생활 및 사회활동제약-장보기, 병원가기, 집밖돌아다니기	C76	경력단절여부
C11	현재국적(대한민국여부)	C44	일상생활 및 사회활동제약-(16세이상)취업활동	C77	사회활동-사회분야단체
C12	종교유무	C45	일상생활 및 사회활동제약-제약없음	C78	사회활동-경제분야단체
C13	교육정도(학력)	C46	통근통학여부	C79	사회활동-문화분야단체
C14	교육정도(상태)	C47	통근통학장소	C80	사회활동-정치분야단체
C15	출생지	C48	통근통학 다른 시도	C81	사회활동-종교분야단체
C16	출생지 다른 시도	C49	이용교통수단-걸어서	C82	사회활동-지역단체
C17	1년 전 거주지	C50	이용교통수단-승용차, 소형승합차	C83	사회활동-친목단체
C18	1년 전 거주지 다른 시도	C51	이용교통수단-시내, 좌석, 마을버스	C84	사회활동-교육단체
C19	5년 전 거주지	C52	이용교통수단-통근, 통학버스	C85	사회활동-기타
C20	5년 전 거주지 다른 시도	C53	이용교통수단-고속, 시외버스	C86	사회활동-없음
C21	아동보육-부모	C54	이용교통수단-전철, 지하철	C87	고령자 생활비 원천-본인, 배우자의 일, 직업
C22	아동보육-조부모(친가,외가)	C55	이용교통수단-기차	C88	고령자 생활비 원천-예금, 적금

16...기후 변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구

C23	아동보육-기타 가족 또는 친인척	C56	이용교통수단-택시	C89	고령자 생활비 원천-공적연금
C24	아동보육-가사도우미, 이웃사람	C57	이용교통수단-자전거	C90	고령자 생활비 원천-개인연금
C25	아동보육-유치원	C58	이용교통수단-기타	C91	고령자 생활비 원천-부동산
C26	아동보육-어린이집, 놀이방	C59	통근통학소요시간(시간)	C92	고령자 생활비 원천-주식, 펀드, 채권 등
C27	아동보육-기타 보육시설	C60	통근통학소요시간(분)	C93	고령자 생활비 원천-함께 사는 자녀
C28	아동보육-방과 후 학교	C61	경제활동상태	C94	고령자 생활비 원천-따로 사는 자녀
C29	아동보육-학원(예체능 포함)	C62	종사상지위	C95	고령자 생활비 원천-친척, 인척
C30	아동보육-혼자 또는 아동끼리 지냄	C63	산업대분류	C96	고령자 생활비 원천-국가 및 지방자치단체의 보조
C31	아동보육-기타	C64	직업대분류	C97	고령자 생활비 원천-이웃, 종교단체, 사회단체의 보조
C32	활동제약-시각장애	C65	현직업근무연수	C98	고령자 생활비 원천-기타
C33	활동제약-청각장애	C66	근로장소	C99	인구가중차;

야외 근로여부는 근로장소에 대한 설문 결과를 이용하여 정의하였다. 근로장소는 사업장, 자기집, 남의 집, 거리, 야외 작업 현장, 운송 수단, 기타로 나뉘며, 여기서 [거리, 야외작업현장, 운송수단]을 야외 근로자로 정의하였다.

2) 근로환경조사를 통한 옥외작업자 규모 추정

근로환경조사는 1991년부터 매 4~5년마다 진행된 유럽의 취업자 근로환경 조사(European working condition survey, EWCS)의 내용을 참고하여 우리나라 전국의 취업자를 대상으로 근로환경을 조사하여 직업 및 업종별 위험요인에의 노출 정도 내지 고용형태별 위험요인에의 노출 정도 등을 파악하고자 기획되었다.

근로환경조사의 목표모집단은 “조사시점 현재 대한민국에 거주하는 모든 가구 내의 만 15세 이상 취업자”로 정의할 수 있다. 최종 조사대상자는 표본 가구 내 상주하는 만 15세 이상 취업자로 취업자 기준은 <유럽근로환경조사>나 통계청 <경제활동인구조사>와 동일하게 “조사대상 시점을 기준으로 지난 1주간 ‘수입’을 목적으로 1시간 이상 일한 자”로 정의하였다. 전국의 만 15세 이상의 취업자를 대상으로 근로형태, 고용형태, 직종, 업종, 위험요인 노출, 고용안정 등의 업무환경을 전반적으로 파악하였으며, 약 50,000명의 근로자들 대상으로 조사되었다.

근로환경조사의 주요 설문구성은 아래의 표와 같다.

<표 2-4> 근로환경조사 주요 조사 항목

항목	내용
작업환경	물리적 작업위험요인에 노출되는 시간, 근골격계 부담요인에 노출되는 근무시간, 안전보건정보제공여부
작업특징	작업장소, 컴퓨터 활용여부, 감정노동 노출에 관한 질문
작업조직	반복작업주기, 작업속도, 일하는 속도 결정요인, 일을 멈추어야 하는 경우, 일의 중단이 미치는 영향, 업무 재량권, 직무내용
작업시간	1주일 근무시간, 근무일수, 출퇴근시간, 근무 패턴, 불규칙한 근무시간
조직의 의사소통	작업환경 등에대한 근로자의 참여, 직속상관 성별 등
사회심리적요인	폭력, 차별에 관한 질문
건강영향지표	직업으로 인한 건강영향 증상, 일에 의한 작업손실에 관련된 문항
직업에 대한 만족도	일자리 지속성, 경력개발, 임금 등에 대한 만족도
인구학적 특징	월평균 소득, 급여체계, 학력, 직업이외의 활동에 관련된 질문

작업환경, 작업특징, 작업조직, 작업시간, 조직의 의사소통, 사회심리적요인, 건강영향지표, 직업에 대한 만족도, 인구학적 특징 등의 변수를 포함하고 있다. 이번 연구에서는 근로환경조사 4기의 자료를 활용하여, 옥외작업자 규모 추정을 하였다.

근로 장소에 관한 질문인 “귀하가 주로 일하는 장소는 다음 중 어디입니까?”라는 질문에 답변한 내용을 바탕으로 옥외작업자를 정의하였다. 구체적으로는 고용주의 사업장(사무실, 공장, 점포, 학교 등), 고객의 사업장(사무실, 공장, 점포, 학교, 가정 등), 자동차 등 교통수단 내, 실외(건설현장, 농/밭/과수원/비닐하우스/축사 등, 거리), 내 집, 기타로 나뉘며, 해당 질문에 실외(건설현장, 농/밭/과수원/비닐하우스/축사 등, 거리)에서 일한다고 답변한 사람을 옥외근로자로 정의하였다.

또한 우리나라 기후변화의 주요 인자인 고온, 저온, 먼지에 노출되는 근로자의 규모 추정도 함께 시행하였다. 작업 환경에 대한 설문 항목 중 물리적 작업위험에 노출되는 시간에 대한 설문을 활용하였다.

“일을 하지 않을 때조차 땀을 흘릴 정도의 높은 온도”는 “고온 노출”로, “실내/실외에 관계없이 낮은 온도”는 “저온 노출”로, “연기, 흙, 가루나 먼지 등의 흡입”은 “먼지 노출”로 정의하였으며, “근무시간의 절반 이상 노출된다”고 답변한 사람들을 노출 근로자로 정의하였다. 구체적인 설문의 구조는 아래의 그림과 같다.

Q23. 귀하가 일을 할 때 다음과 같은 요인에 어느 정도 노출되십니까?

면접원 : [보기카드] 제시 후 각 항목마다 한 가지만 고르게 하여 표시.
 응답자 개인에 대한 질문으로 응답자가 일하는 작업장 전체에 대한 질문이 아님.
 로테이션 실시 : '로테이션' 열 중 한 칸에 'X' 표시를 하고, 해당 칸부터 순서대로 질문.
 예) 항목 C에 X표시를 할 경우, C→D→E→F→G→H→I→A 순으로 질문

로테이션	문항	근무 시간 내내	거의 모든 근무 시간	근무 시간 3/4	근무 시간 절반	근무 시간 1/4	거의 노출 안됨	절대 노출 안됨	모름/무응답	거절
Q23.a	A. 수공구, 기계 등에 의해 발생하는 진동	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.b	B. 다른 사람에게 말할 때 목청을 높여야 할 정도의 심한 소음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.c	C. 일하지 않을 때조차 맘을 흔들 정도로 높은 온도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.d	D. 실내/실외에 관계없이 낮은 온도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.e	E. 연기, 흙(용접흄 또는 배기가스), 가루나 먼지(목분진, 광물 분진 등) 등의 흡입	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.f	F. 신너와 같은 유기용제에서 발생한 증기 흡입	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.g	G. 화학제품/물질을 취급하거나 피부와 접촉함	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.h	H. 다른 사람이 피는 담배연기	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Q23.i	I. 폐기를, 체역, 실험물질 같이 감염을 일으키는 물질을 취급하거나 직접적으로 접촉함	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

[그림 2-4] 먼지, 고온, 저온 노출량 추정을 위한 근로환경조사 구조

옥외작업자 규모 추정과 고온, 저온, 먼지 노출 근로자의 규모 추정 모두 인구주택총조사와 같이 성별, 나이, 교육수준, 종사상 지위, 국적, 출퇴근시간 등을 기준으로 세부 현황 분석을 수행하였다. 근로환경조사의 경우, 위의 내용과 함께 산업분류별 옥외작업자 및 고온, 저온, 먼지 노출 근로자 규모를 추가로 분석하였다.

5. 기후변화로 인한 건강영향 고찰

우리나라의 기후변화 현황에 대해 분석하였다. 기상청의 특보 자료를 토대로 우리나라의 폭염, 한파, 황사 및 먼지 현황을 확인하였다.

또한, “통계청 사망자료”, “응급실감시체계” 결과를 분석하여, 기후 변화로 인한 건강영향 규모를 파악하고자 하였다. 주요 질환 위주로 건강영향의 현황, 발생 시간, 연령 성별 특성 등을 파악하였다. 또한 국내 미세먼지 현황과 이로 인한 건강영향에 대한 고찰을 진행하였다.

국내 산업재해 자료를 확인하여, 산업재해로서의 기후변화의 영향을 고찰한다. 기후변화의 주요 영향은 폭염, 한랭, 먼지로 선정하였으며, 이에 대한 다년간 산업재해 현황 분석을 시행하였다.

기후변화에 대응하는 인체의 기전을 의학적 시각에서 고찰하고, 근로자의 특성을 감안한 건강영향을 고찰한다.

6. 옥외작업자 건강보호 가이드 보완 및 중장기 대책

현재의 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 방안(폭염)의 건강보호 가이드 보완한다. 문헌고찰, 옥외작업자 현황파악, 건강영향 확인, 기후에 따른 인체 적응 기전 고찰, 전문가 및 관계자 의견 수렴의 과정을 통해 옥외작업자의 건강보호를 위한 가이드 개선 방안을 모색한다.

기후변화에 대응하는 주요 국가의 대응을 고찰하고, 국내의 기후변화 특성을 파악한다. 또한, 중장기 국가 기후변화 대응 전략을 검토하여, 이를 바탕으로 옥외작업장의 건강 보호를 위한 중장기 대책을 제안한다.

III. 연구 결과

1. 우리나라의 폭염 현황 및 건강영향

1) 폭염으로 인한 온열질환 감시체계 개요

우리나라 질병관리본부에서는 폭염에 따른 건강피해를 실시간 모니터링하고, 국민들에게 온열질환 발생현황 정보를 제공하여 폭염에 대한 주의 환기와 예방 활동을 유도하여 건강피해를 최소화하기 위해 폭염으로 인한 온열질환 감시체계를 운영하고 있다.

폭염으로 인한 온열질환 감시체계는 전국 응급실 운영 의료기관을 중심으로 이루어지고 있으며, 2013년 국가지정 응급의료기관 436개소에서 2017년 응급실 운영의료기관 529개소로 확대되었다.

온열질환에 합당한 임상적 특징을 나타낸 경우가 신고대상이다. 다음과 같은 경우 신고 대상이 된다.

- (1) 온열질환자를 진단 또는 치료하는 경우
- (2) 다른 의료기관에서 진단받거나 치료하던 환자가 해당 기관으로 옮겨 치료하는 경우
- (3) 온열질환자 및 의심자의 사체를 검안(檢案)한 경우
- (4) 온열질환자 및 의심자가 사망한 경우
- (5) 질병명
 - 가) T67.0 열사병 및 일사병 (Heatstroke and sunstroke), 열 졸중 (Heat apoplexy), 열 발열(Heat pyrexia), 일사병(Siriasis), 열사병 (Thermoplegia)
 - 나) T67.1 열실신(Heat syncope)/열허탈(Heat collapse)

- 다) T67.2 열경련(Heat cramp)
- 라) T67.3 탈수성 열탈진(Heat exhaustion, anhydrotic), 수분 상실에 의한 열허탈(Heat prostration due to water depletion)
- 마) 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)
- 바) T67.5 상세불명의 열탈진(Heat exhaustion, unspecified), 열허탈(Heat prostration) NOS
- 사) T67.7 열성 부종(Heat oedema)
- 아) T67.8 기타 열 및 빛의 영향(Other effects of heat and light)

- 자) T67.9 상세불명의 열 및 빛의 영향(Effect of heat and light)

2) 온열질환자 발생 현황

우리나라의 폭염으로 인한 건강장해 현황 및 특성을 파악하기 위해 2011년부터 2017년까지 온열질환자 발생 현황을 확인하였다. 주요 결과는 다음 표와 같다.

<표 3-1> 연도별 온열질환 및 폭염일수 현황 (2011-2018)

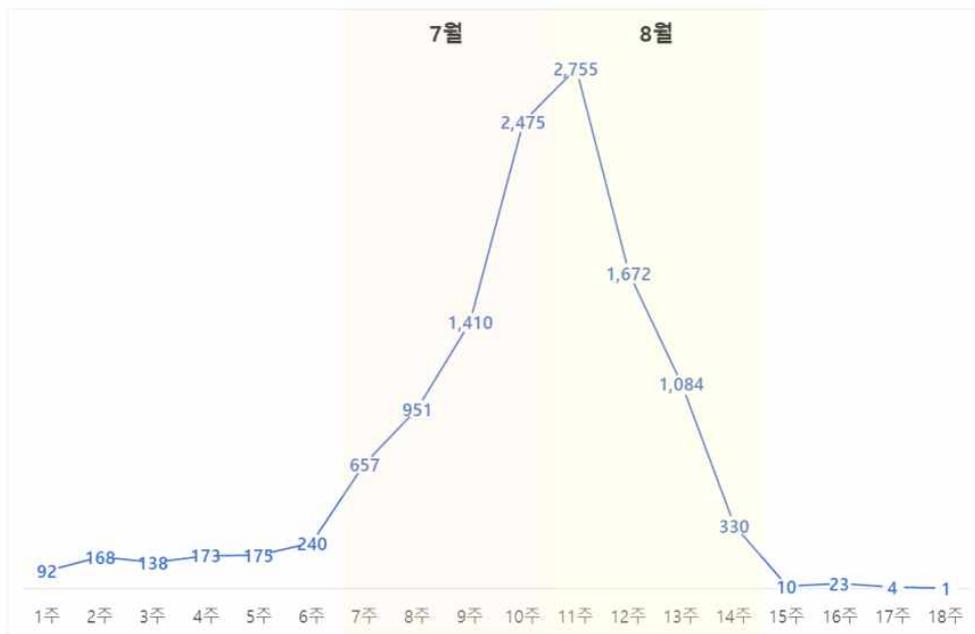
구분	신고 (명)	사망 (명)	평균 폭염일수* (일)
2011	443	6	7.5
2012	984	15	15.0
2013	1,189	14	18.5
2014	556	1	7.4
2015	1,056	11	9.7
2016	2,125	17	22.4
2017	1,574	11	14.4
2018	4,526	48	31.4
평균폭염일수와의 선형회귀분석결과 Beta(P value)	148.31 (0.0009)	1.58 (0.0013)	-

*폭염일수: 일 최고기온 33.0℃이상인 날의 일수(기상청)

폭염의 강도에 따라 온열질환자 발생 수에 차이가 확인된다. 폭염이 심했던 해(2012년, 2013년, 2015년, 2016년, 2017년)에는 약 1,000명이상의 온열질환자와 10명 이상의 사망자가 발생하였다. 특히 2016년은 1994년 이후 최대 폭염으로 온열질환자 2,125명, 사망 17명이 발생하였으며, 2018년에는 2016년보다 증가하여 폭염일수 31.4일, 신고건수 4,526건, 사망 48건으로 보고되었다. 폭염이 적었던 2011년과 2014년의 경우 각각 443명, 539명의 온열질환자와 6명, 1명의 사망자가 각각 발생한 것으로 확인된다. 평균 폭염일수와 신고건수, 사망건수의 회귀분석 결과에서 보듯이, 평균 폭염일수가 증가할수록 신고건수와 사망 각각 증가하는 경향

을 확인할 수 있다.

2011년부터 2018년 까지의 온열질환 신고건을 발생 주별로 분석한 표는 다음과 같다. 전체 12,453건의 온열질환 신고현황을 보면, 7월 첫째 주부터 신고가 증가하기 시작하여, 7월 마지막 주와 8월 첫째 주에 가장 높은 신고 현황이 확인된다.



[그림 3-1] 발생주별 온열질환 신고현황 (2011-2018)

동일 기간에 확인된 연도별, 온열질환별 발생현황은 다음 표와 같다. 2011년부터 2018년까지 전체 12,453건의 온열질환 중 열탈진이 6,533건으로 가장 많았고, 열사병이 3,054건으로 다음 순서였다. 열경련은 1,518건, 열신실은 1,014건, 열부종은 9건이었다.

<표 3-2> 연도별, 온열질환별 발생현황 (2011-2018)

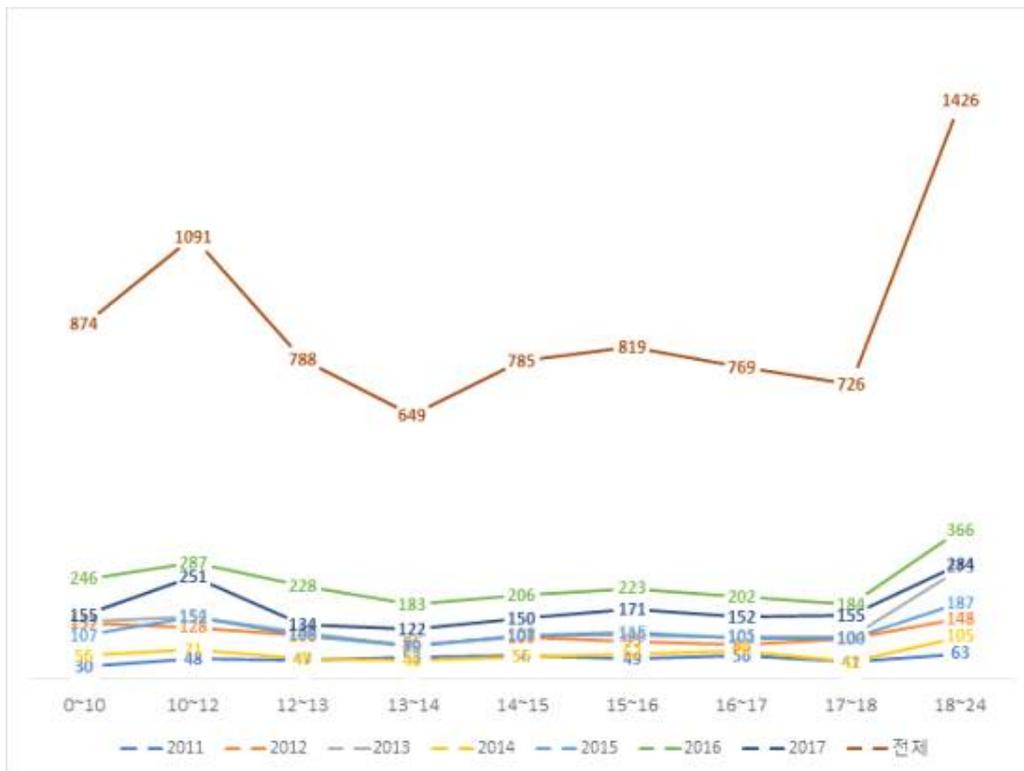
구분	전체	열사병	열탈진	열경련	열실신	열부종	기타
2011	443	61	234	83	65	-	-
2012	984	317	386	128	151	2	-
2013	1,189	351	554	147	136	1	-
2014	556	140	277	69	50	1	19
2015	1,056	307	576	101	65	1	6
2016	2,125	492	1,123	266	151	3	90
2017	1,574	336	881	206	82	1	68
2018	4,526	1,050	2,502	518	314	-	142
전체	12,453	3,054	6,533	1,518	1,014	9	325

다음 표는 연도별, 연령별 온열질환 발생현황을 나타내고 있다. 40세부터 59세까지의 연령군에서 4,723건으로 가장 높은 온열질환 발생이 확인되며, 그 다음으로 60세부터 79세 연령군에서 3,375건이 확인된다. 20세부터 39세 연령군은 2,511건, 19세 미만 연령군은 685건, 80세 이상 연령군은 1,159건으로 확인된다.

<표 3-3> 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)

정오 이후 시간에 따른 온열질환 발생 현황을 살펴보면, 점심시간 직후인 13시부터 16시까지 지속적으로 온열질환 발생이 증가하는 경향을 보였다. 특히 14시부터 15시, 그리고 15시부터 16시 사이의 시간대에서 온열질환 발생이 급증하는 경향이 확인된다.

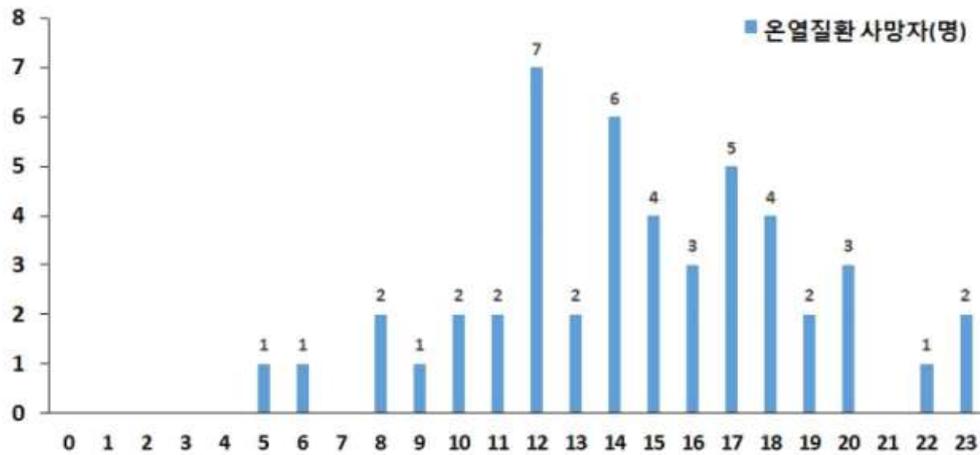


*증상발현시간 미확인인 경우 내원시간 기준

[그림 3-2] 연도별, 시간별 온열질환 발생현황 (2011-2018)

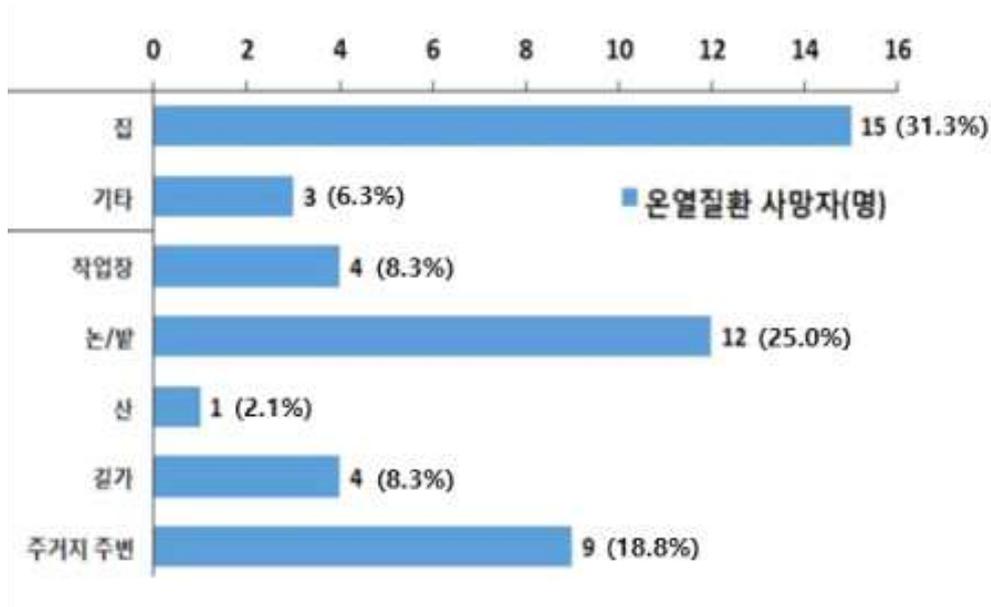
3) 폭염으로 인한 사망 현황

폭염으로 인한 사망이 가장 많이 발생하였던, 2018년 우리나라에서는 온열질환 감시체계에서 신고된 사망 사례는 총 48명이었다. 이 가운데 65세 이상이 전체의 70.8%인 34명이었으며, 고령일수록 인구수 대비 높은 비율을 나타냈다. 사망의 주요 원인은 모두 열사병으로 추정되었다.



[그림 3-3] 발생 시간별 폭염으로 인한 사망 발생현황 (2018)

발생 시간별 폭염으로 인한 사망 발생 현황은 낮 시간대인 12시부터 17시 사이에 45.8%가 발생하였으며, 직업별로는 무직이 가장 많은 25건이었다.



[그림 3-4] 발생 장소별 폭염으로 인한 사망 발생현황 (2018)

폭염으로 인한 사망이 발생한 장소별 분포에 따르면 실내인 ‘집’에서 가장 많은 15건이 보고되었으며, 그 다음으로 실외인 ‘논이나 밭’에서 12건이 보고되었다. ‘작업장’ 및 ‘길가’에서는 각각 4건이 보고되었다.

4) 통계청 사망자료 분석을 통한 폭염의 치명 건강영향

우리나라 통계청에서는 우리나라 국민의 사망에 대해 국가차원에서 통계학적으로 갈무리하며, 매년 사망원인통계를 발표하고 있다. 이번 연구에서는 통계청의 사망자료를 원시자료 형태로 1993년부터 2017년까지 분양 받아 분석에 활용하였다. 통계청의 사망 자료에는 사망자에 대한 여러 가지 변수가 있는데, 이 중에 사용된 변수는 사망원인, 사망 년, 월, 일과, 사망 당시의 직업이다.

<표 3-4> 사망원인 통계 자료 설계서

항목명		코드	코드명
주소지(시도)			시도국가 시트참조
성별		1	남자
		2	여자
사망	년		○○○○년
	월		○○월
	일		○○일
	시간		○○시
사망장소		1	주택
		2	의료기관
		3	사회복지시설(양로원, 고아원 등)
		4	공공시설(학교, 운동장 등)
		5	도로
		6	상업.서비스시설(상점, 호텔 등)
		7	산업장
		8	농장(논밭, 축사, 양식장 등)
		9	병원 이송 중 사망
		10	기타
		99	미상
사망자직업			[직업코드표 참조]
혼인상태		1	미혼
		2	배우자있음

	3	이혼
	4	사별
	9	미상
교육정도	1	무학
	2	초등학교
	3	중학교
	4	고등학교
	5	대학이상
	6	대학(교)
	7	대학원 이상
	8	중·고등학교
	9	미상
사망원인1		국제사인분류, 별도화일 (질병사인분류코드5차-2010년 이전 질병사인분류코드 6차 - 2011년 이후)
사망원인2		
사망시 연령		○○○세(미상은 999)
국적구분	1	출생한국인
	2	귀화한국인
이전국적명		시도국가 시트참조

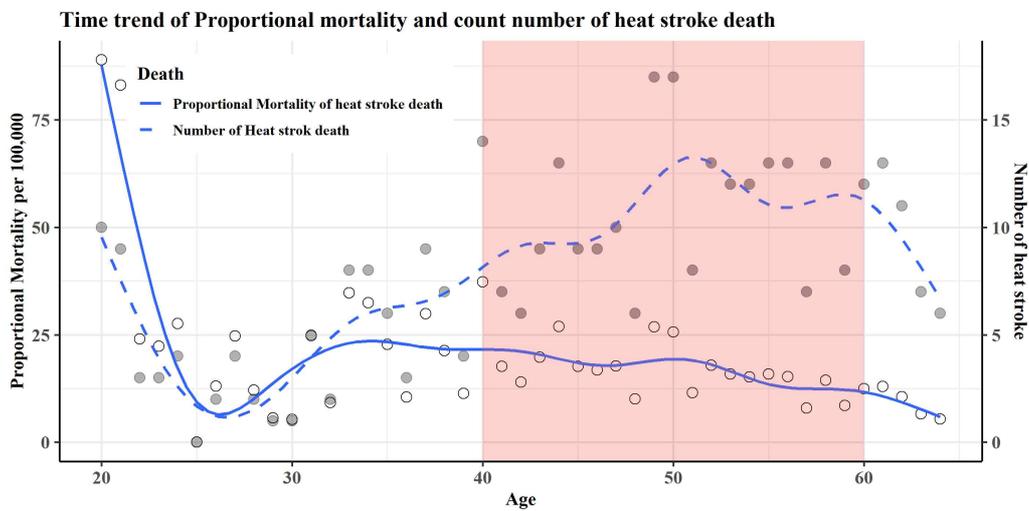
사망원인은 국내표준(KCD)을 따르고 있으며 이는 국제표준(ICD-10)과 동일한 구조이다. 열사병은 T67로 코딩되어 있어, 이를 이용하였다.

연구 대상은 20에서 65세로 하였고, 직종은 사무직, 서비스판매직, 농림어업인, 기술육체노동직, 육체노동직으로 구분하였다.

질병 통계 대푯값은 빈도 (사망자수)와 비례사망률(Proportional mortality)을 이용하였다. 비례사망률은 분모의 정보가 정확하지 통계청사망자료 등에 사용되는 방식이다. 통계청 사망자료는 모수가 사망자이므로 특정 집단의 전체 사망 원인 중에 관심 사망 원인 자수의 비로 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 특정 연령, 특정 시기, 특정 직업군에서 전체 사망원인 자 수 중에 열사병으로 사망한 자 수의 비를 의미한다. 예를 들어 사무직은 여름에 10명이 여러 이유로 사망하였는데 그 중에 열사병 사망자 수가 1명이라면 1/10, 즉 10%가 비례사망률이다. 농업인

은 20명이 사망하였는데 이 중에 5명이 일사병으로 사망하였다면, 5/20, 즉 25%가 비례사망률이다. 본 보고서에서는 10만명당 비례사망률을 구하였다.

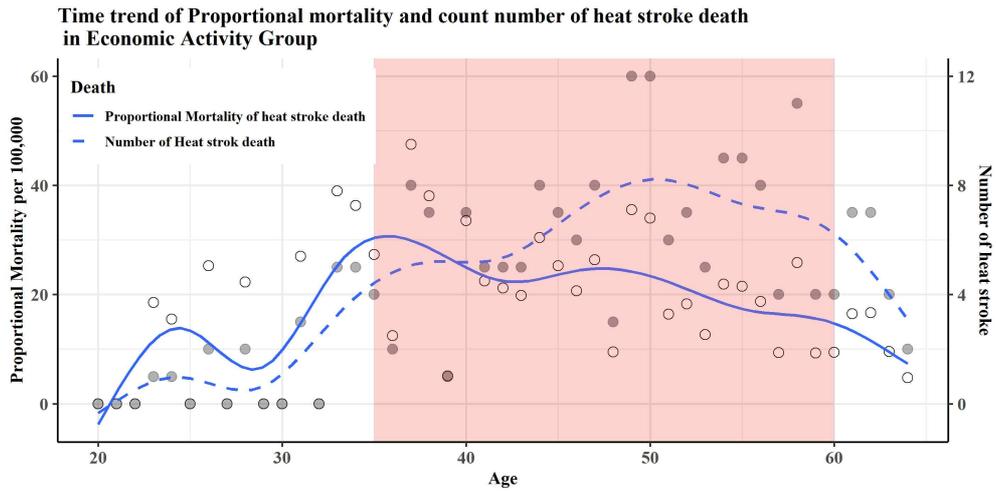
연령에 따른 일사병 사망자 수는 20대에 비해 20대 중반에서 감소하다가, 40대 부터 급격하게 증가하여 60대 까지 지속되는 양상을 보였다. 비례사망률은 20대에 십만명당 50명 이였고, 점차 감소하는 추세를 보였다. 다음 그림의 결과는 연령별 추세를 비교하기 위해 비 직업군을 포함한 전체 자료이다.



○ 열사병 비례 사망률 ● 열사병 사망자수

[그림 3-5] 일사병 사망자 수 및 비례사망률(10만명당), 전체 인구 집단

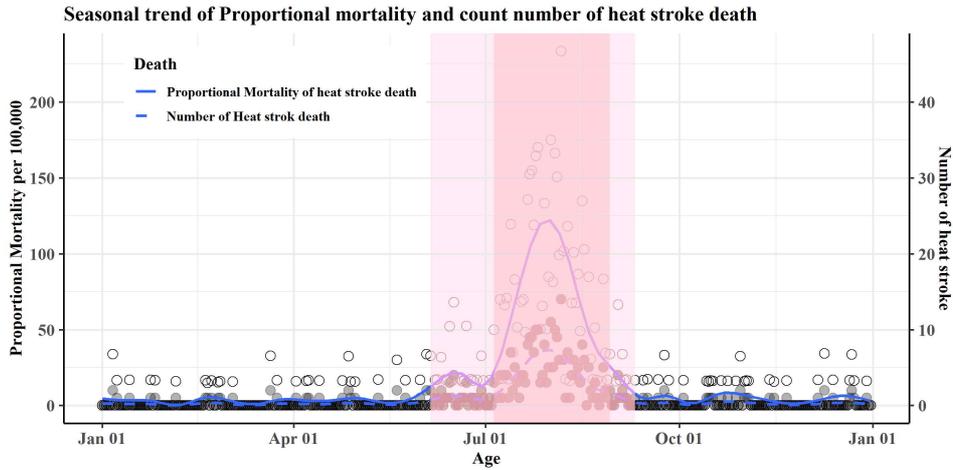
이에 비해 다음 그림은 직업군만을 대상으로 분석하였다. 전체 집단에서는 40대부터 일사병의 위험이 증가하였으나, 직업군에서는 35세부터 급격하게 증가한 것을 볼 수 있다. 연령이 증가하면서 체온 조절 기능이 취약해져 고령자는 취약 집단으로 분류할 수 있는데, 직업군은 일반인 보다 젊은 나이에서부터 예방 활동이 이루어져야 한다는 것을 제언 할 수 있다. 즉, 직업군에 대한 옥외 근로자 예방은 일반 국민 보다 더 강화하여 예방할 필요가 있다.



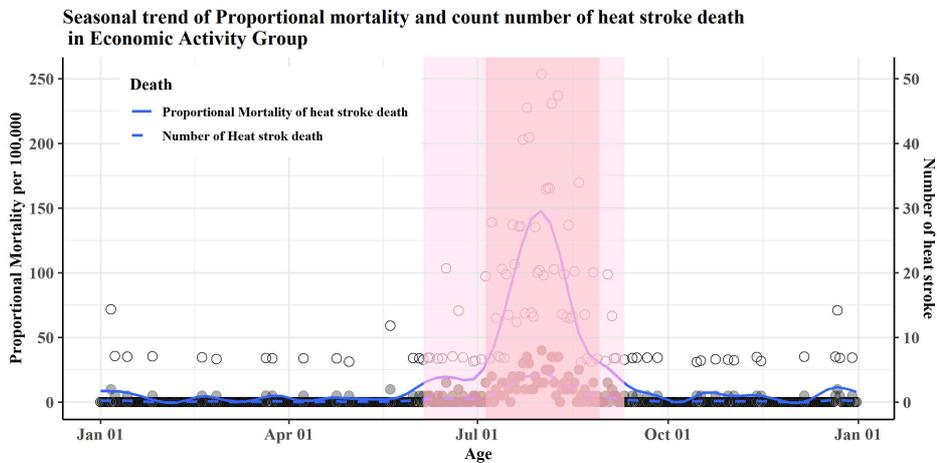
○ 열사병 비례 사망률 ● 열사병 사망자수

[그림 3-6] 열사병 사망자 수 및 비례사망률(10만명당), 직업군

계절별 위험도는 전체 인구 집단이나, 직업군 집단 모두 유사하게 6월 중순부터 9월 중순까지 급격히 높아지고 있다. 따라서, 6월 전부터 옥외근로자 건강 예방 사업을 진행하여 근로자를 보호할 필요가 있다. 9월 이후 기온이 다소 감소하더라도, 9월 중순까지는 근로자 보호에 만반을 다해야 할 것으로 판단된다.



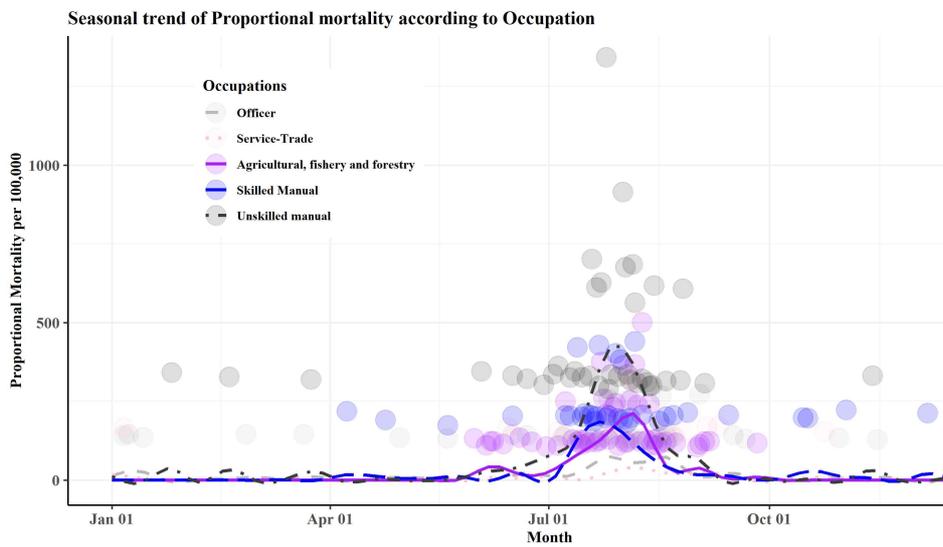
[그림 3-7] 계절에 따른 일사병 발생 및 비례사망률 (전체 집단)



[그림 3-8] 계절에 따른 일사병 발생 및 비례사망률 (직업군)

마지막으로 직업군을 사무직, 서비스판매직, 농림어업인, 기술육체노동자, 비기술육체노동자로 구분하여 분석하였다. 가장 높은 비례사망률을 보인 집단은 비기술육체 노동자이며, 일용직, 건설업 노동자 등이 포함되는 직업군이다. 특히 8월에는 보통 때의 수배 이상으로 사망률이 증가하므로 각별히 주의해야 한다. 전체

적으로는 6월 중순부터 9월 중순까지에 일사병이 발생하고 있다. 다만, 농림어업인과 기술육체노동자를 비교해 보면, 기술육체노동자는 좀더 7월과 8월에 농림어업인은 8월과 9월에 일사병 사망이 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서, 직종별 예방활동을 하는 경우 기술육체 노동자는 좀 더 빠르게 예방 활동을 시작하고, 농림어업인은 9월 이후 까지도 예방활동 지속할 필요가 있다.



[그림 3-9] 직업군 별 계절적 비례사망률 현황

통계청 사망자료를 분석한 결과 일반 인구에 비해 직업군은 보다 젊은 연령에서부터 일사병이 발생하고 있으며 35세부터 급격히 증가하고 있다. 계절적으로는 6월 중순부터 9월 중순에서 집중적으로 일사병 사망이 증가함을 볼 수 있다.

직업별로는 단순노무직과 건설업 종사자들이 분포하고 있는 비기술 육체노동자의 비례사망률이 가장 높았다. 기술육체노동자는 타 직업군 보다 계절적으로 좀더 빠르게 사망자가 증가하며, 농림어업인은 증가된 사망률이 8월말 9월초까지 지속되는 것으로 나타났다. 따라서, 예방사업을 진행하는 경우 연령과 직종에 따라 세분화된 접근이 필요할 것이다.

5) 온열질환 산업재해 현황

우리나라의 연도별, 업종별 온열질환과 관련된 산업재해 발생 현황은 다음 표와 같다. 2014년부터 2018년까지 전체 146건의 온열질환이 산재로 승인(2019년 6월 기준)되었으며, 이 중 사망은 25건이었다. 연도별로는 폭염일수가 가장 길었던 2018년이 온열질환 70건, 사망 13건으로 가장 많았으며, 업종별로는 건설업이 전체 온열질환 중 47.9%로 가장 높게 나타났다.

<표 3-5> 연도별, 업종별 온열질환 산업재해 발생현황 (2014-2018)

구분	업종별, 재해자수(사망자수)							
	합계	건설업	서비스	농업	운수, 창고 및 통신업	임업	제조업	금융업
계	146 (25)	70(16), 47.9%	40(3), 27.4%	4(1), 2.7%	5(1), 3.4%	6(2), 4.1%	20(1), 13.7%	1(1), 0.7%
2014	5	4	-	-	-	-	1	-
2015	6(1)	4(1)	2	-	-	-	-	-
2016	38(7)	15(4)	11(1)	2(1)	2	1	6	1(1)
2017	27(4)	12(4)	9	2	-	2	2	-
2018	70(13)	35(7)	18(2)	-	3(1)	3(2)	11(1)	-

※ 2019년 6월 산재승인 기준

2. 우리나라의 한랭 현황 및 건강영향

1) 한파의 정의와 우리나라 기상청의 관리 조건

한파(Cold wave)는 겨울철 나타날 수 있는 이상기후 현상으로, 기상청은 “뚜렷한 저온의 한랭기단이 위도가 낮은 지방으로 몰아닥쳐 급격한 기온의 하강을 일으키는 현상”으로 정의하고 있다.

기상청은 한파 발생이 예상될 시 한파주의보 및 한파경보를 발령하고 있으며, 그 기준은 아래와 같다.

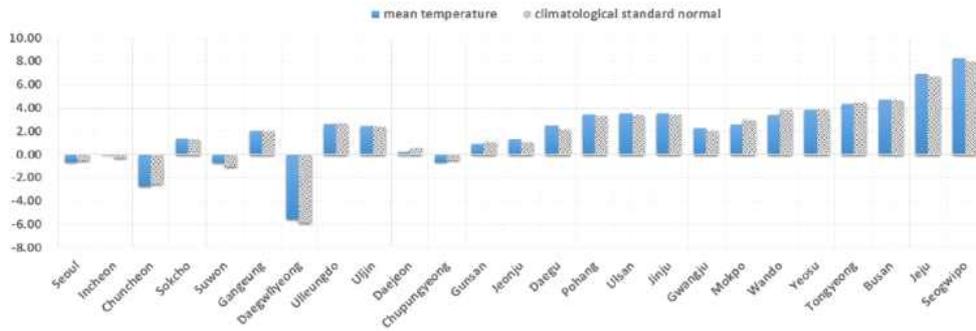
<표 3-6> 한파주의보 및 한파경보 기준 (기상청)

한파주의보	한파경보
10월-4월에 다음 중 하나에 해당하는 경우 ① 아침 최저기온이 전날보다 10℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때 ② 아침 최저기온이 -12℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 ③ 급격한 저온현상으로 중대한 피해가 예상될 때	10월-4월에 다음 중 하나에 해당하는 경우 ① 아침 최저기온이 전날보다 15℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때 ② 아침 최저기온이 -15℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 ③ 급격한 저온현상으로 광범위한 지역에서 중대한 피해가 예상될 때

2) 국내 겨울철 기온 변화 추이

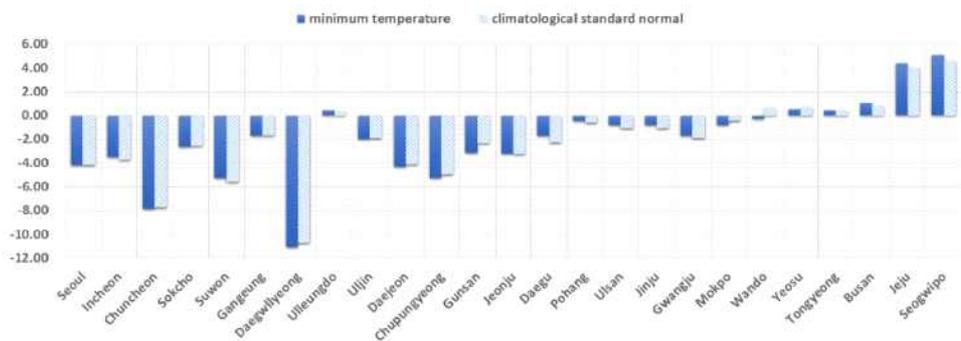
국내 25개 관측소에 수집된 기상청 기온 데이터를 이용해 1981년부터 2010년까지의 기온 대비 2004년부터 2014년까지의 겨울철 기온 변화를 분석한 연구(전미정 외, 2015)에 의하면 2004년부터 2014년까지의 겨울철 평균기온(mean temperature)와 1981년부터 2010년까지의 겨울철 평년값(climatological standard

normal)은 거의 비슷한 추세로 큰 차이는 확인되지 않았다.



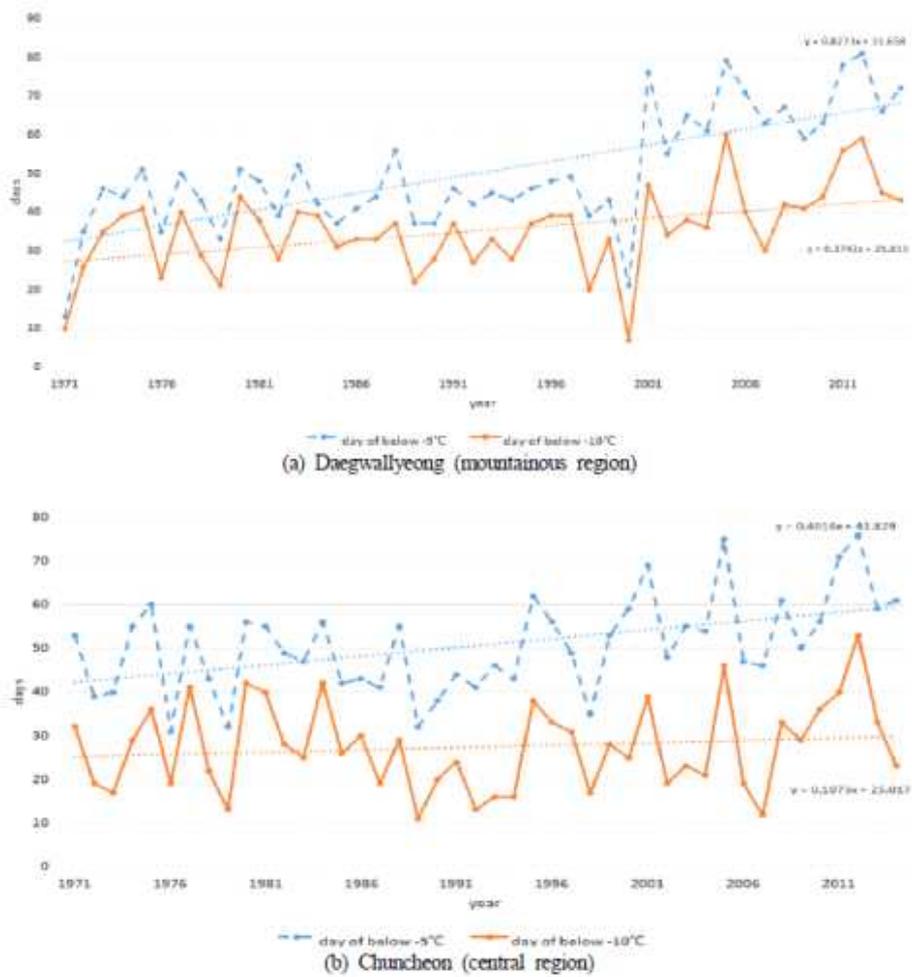
[그림 3-10] 1981~2010년 /2004~2014년 겨울철 평균 기온 비교

2004년부터 2014년까지의 겨울철 평균 최저기온(mean temperature)와 1981년부터 2010년까지의 겨울철 평년값(climatological standard normal)은 아래 그림과 같다.



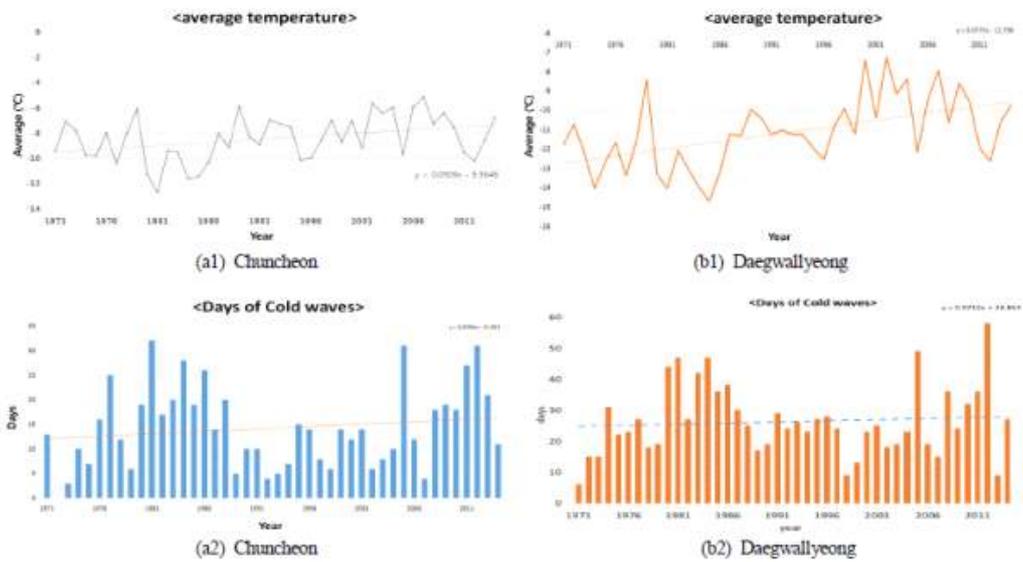
[그림 3-11] 1981~2010년 /2004~2014년 겨울철 최저 기온 비교

겨울철 최저 기온이 가장 낮게 나타나는 지역인 대관령과 춘천에서 영하 5도 이하, 영하 10도 이하의 기온이 나타나는 경향을 분석한 결과는 아래와 같다. 전체적으로 둘 모두 증가하는 경향을 보이고 있었다.



[그림 3-12] 춘천 및 대관령 영하 5도, 10도 이하 일수 (1971-2014)

춘천 및 대관령지역의 아침 평균기온 및 한파 발생의 경향 분석 결과는 아래 그림과 같다. 전체적으로 아침 평균기온은 상승하고 있으나, 2000년대 들어 연 한파일수가 증가하고 있는 경향을 확인할 수 있다.



[그림 3-13] 춘천 및 대관령 오전 평균 기온과 한파발생일. 1971~2014

기상청의 기후통계자료에 따르면 1988년부터 2017년까지 30년간 전국 45개 지점에서 기온을 측정한 결과 30년간 전국 평균 한파일수는 3.7일이었고, 그 중 2010년이 8.2일로 가장 많았다. 2012년은 8.0일, 2017년은 6.7일로 그 뒤를 이었다.



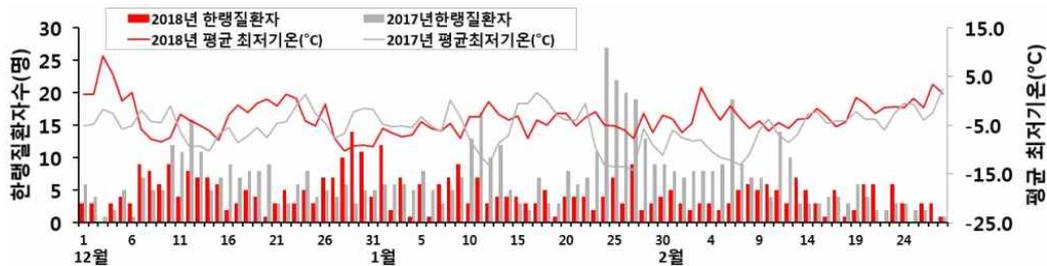
[그림 3-14] 30년간의 전국 평균 한파발생일 (1988~2017)

3) 한랭질환자 발생 현황

우리나라는 전국 응급실 중 515개의 협력 기관을 통해 한랭질환자의 현황을 파악하고 있다. 날씨는 기온과의 비교를 위해 내원당시가 아닌 증상 발생일을 기준으로 한랭질환 발생 시점을 정의한다. 한랭질환자수에는 사망자수가 포함되어 있으며, 질병의 경과에 따라 일부 수치는 변동 가능한 잠정통계이다. 다음표와 그림은 2017년부터 2019년 상반기까지의 한랭질환자 발생 현황을 나타낸다.

<표 3-7> 연도별 한랭질환자 및 사망자 현황

구분	2017-2018년 발생		2018-2019년 발생	
	한랭질환자수	사망자수	한랭질환자수	사망자수
합계	631	11	404	10



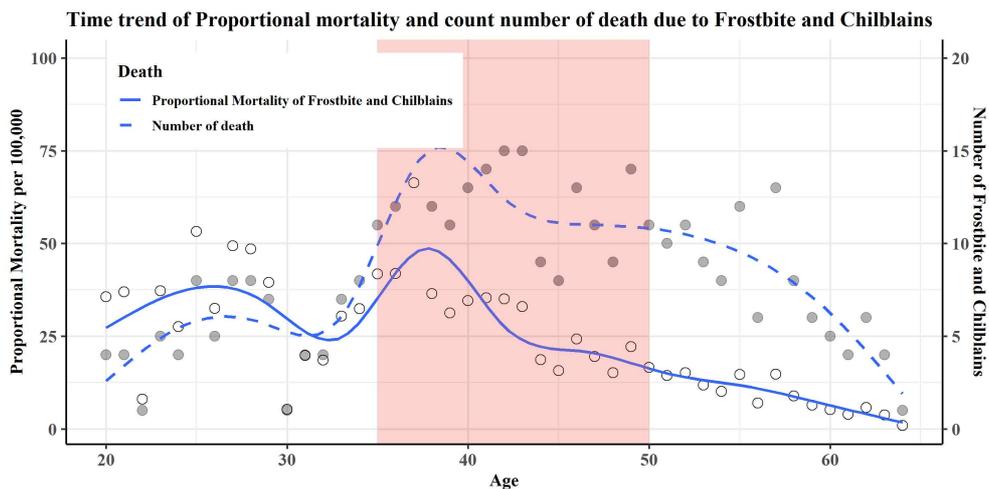
[그림 3-15] 한랭질환 응급실감시체계 신고현황 (2017~2019)

보고에 따르면, 평균 최저 기온이 낮았던 2017년에 한랭질환자가 다수 발생하였다. 날짜로는 2017년 한랭질환자의 경우는 1월 말경에, 2018년 한랭질환자의 경우는 12월 말에 보고가 집중되어 있으며, 이 시기는 평균최저 기온이 가장 낮은 시점과 유사하다.

4) 통계청 사망자료 분석을 통한 한랭의 치명 건강영향

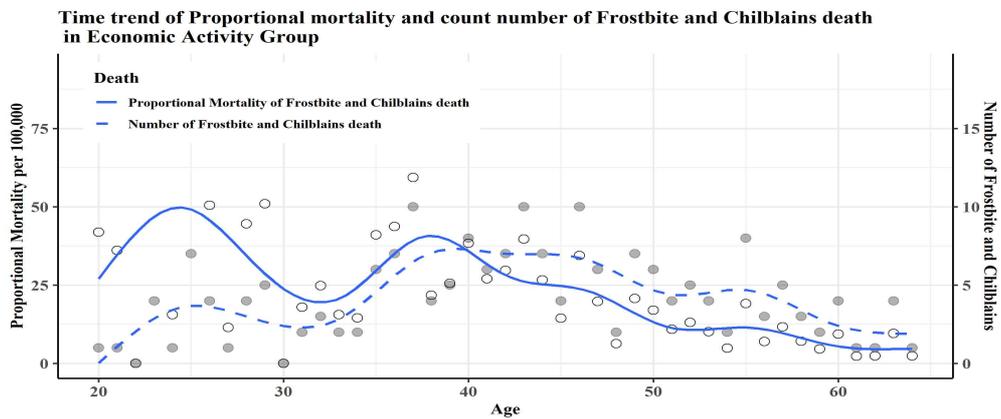
폭염의 치명건강과 동일한 방법으로 한랭의 치명 건강영향을 분석하였다. 통계청의 사망자료를 원시자료 형태로 1993년부터 2017년까지 분양 받아 사망원인, 사망 년, 월, 일과, 사망 당시의 직업을 활용하였다 사망원인은 국내표준(KCD)을 따르고 있으며 사망의 원인에 동상(T33-T35)과 동창(T69.1)이 명시된 것을 한랭의 치명 건강영향으로 정의하였다. 연구 대상은 20에서 65세로 하였고, 직종은 사무직, 서비스판매직, 농림어업인, 기술육체노동직, 육체노동직으로 구분하였다. 질병 통계 대푯값은 빈도 (사망자수)와 10만명 당 비례사망률(Proportional mortality)을 이용하였다.

1993년부터 2017년 사이에 총 379명이 사망하였다. 연령에 따른 동상 사망자수는 35대부터 급격하게 증가하여 50대 까지 지속되는 양상을 보였다. 비례사망률은 35세에 십만명당 50가까이 증가하였다가 점차 감소하는 추세를 보였다. 아래의 그림은 연령별 추세를 비교하기 위해 비 직업군을 포함한 전체 결과이다.



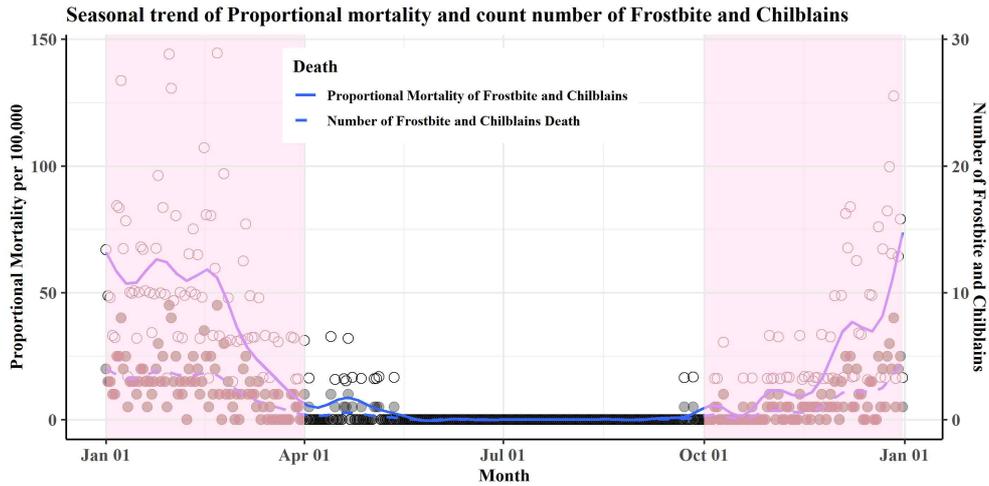
[그림 3-16] 동상과 동창 사망자 수 및 비례사망률 (전체 집단)

이에 비해 다음 그림은 직업군만을 대상으로 분석하였다. 직업군에서는 동일 기간 동안 총 189명이 사망하였다. 전체 집단에서는 30대 후반에서 위험이 증가 하였으나, 직업군에서는 연령별 차이가 크지 않았다. 다만, 20대와 30대 후반 부분에서 다소 증가가 보였다.

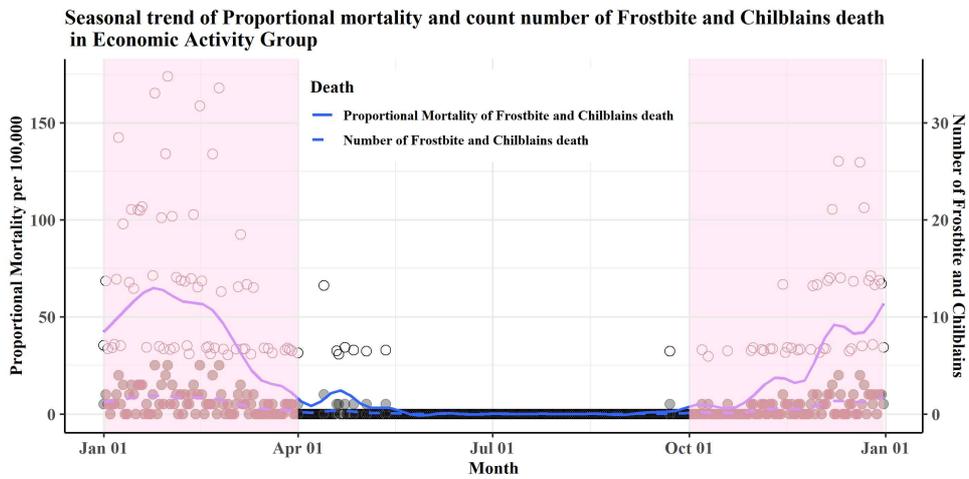


[그림 3-17] 동상과 동창 사망자 수 및 비례사망률 (근로자군)

계절별 위험도는 전체 인구 집단이나, 직업군 집단 모두 동일하게 10-4월까지 발생하고 있다. 따라서, 10월부터 시작해서 4월까지의 한랭에 의한 사망에 주의를 두어야 한다.



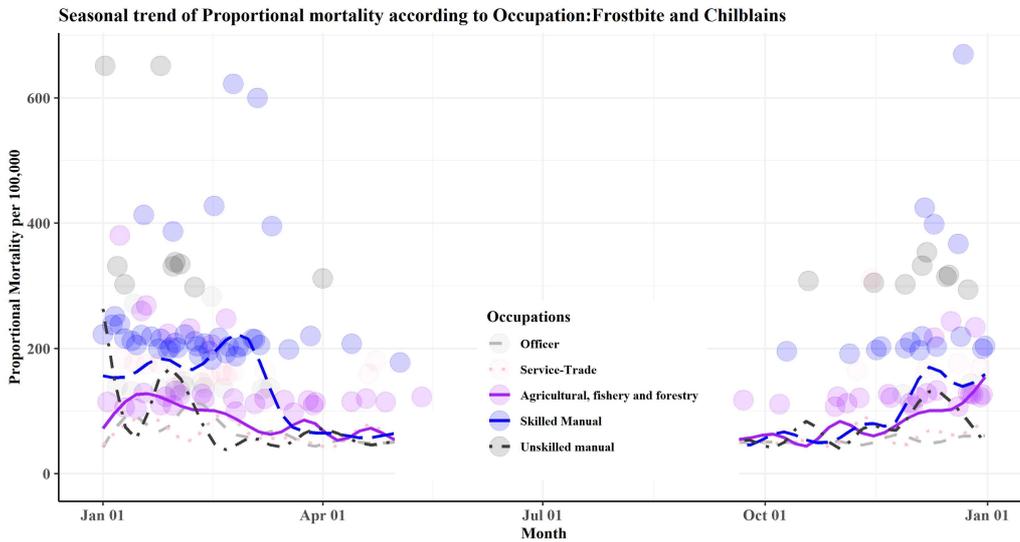
[그림 3-18] 계절에 따른 동상과 동창 사망 발생 및 비례사망률 (전체 집단)



[그림 3-19] 계절에 따른 동상과 동창 사망 발생 및 비례사망률 (직업군)

마지막으로 직업군을 사무직, 서비스판매직, 농림어업인, 기술 육체 노동자, 비기술 육체 노동자로 구분하여 분석하였다. 가장 높은 비례사망률을 보인 집단은 기술 육체 노동자와 비기술 육체 노동자였다. 전체적으로는 12월부터 3월까지

지에 동상과 동창으로 인한 사망이 발생하고 있다. 다른 직종이 3월이 되면서 상
기 사망이 감소하였지만, 기술 육체 노동자는 3월까지도 높은 사망 위험을 보이
고 있다. 따라서, 직종별 동상/동창 예방에는 각기 다른 접근이 필요하다고 판단
된다.



[그림 3-20] 직업군 별 계절적 비례사망률 현황: 동상과 동창

동상과 동창은 전 연령에서 고르게 나타나며, 20대와 30대에 다소 증가된 양상
이 보인다. 계절적으로는 10월부터 4월까지 발생하고 있다. 직업별로는 비기술 육
체 노동자와 기술 육체 노동자에서 높게 나타났다. 기술 육체 노동자는 타 직업
군보다 3월까지도 동상/동창 사망위험이 지속되는 것을 보이고 있다.

따라서, 예방사업을 진행하는 경우 동상/동창에 따른 특성을 고려하고, 연령과
직종에 따라 세분화된 접근이 필요할 것이다.

5) 한랭질환 산업재해 현황

우리나라의 연도별, 업종별 한랭질환과 관련된 산업재해 발생 현황은 다음 표와 같다. 2014년부터 2018년까지 전체 38건의 한랭질환이 산재로 승인되었으며, 재해자는 모두 동상이었다. 그 중 손이나 손가락은 27명, 발이나 발가락은 11명이 동상으로 확인된다. 연도별로는 2014년부터 3건에서 7건 수준으로 확인되다가 2018년에는 17건으로 가장 높게 확인되었다. 업종별로는 기타의 사업과 청소업에서 전체의 52.6%인 18건이 있었으며, 건설업에서는 15.8%인 6건이 발생하였다.

<표 3-8> 연도별, 업종별 한랭질환 산업재해 발생현황 (2014-2018)

구분	업종별						
	계	건설업	기타	농업	운수 창고 및 통신업	임업	제조업
계	38	6	11	9	5	4	3
재해비율 (사망비율)	-	15.8%	28.9%	23.7%	13.2%	10.5%	7.9%
2014	5	-	3	-	2	-	-
2015	3	1	1	-	-	-	1
2016	6	-	2	3	-	-	1
2017	7	-	2	-	2	2	1
2018	17	5	3	6	1	2	-

※ 최근 5년간 손(손가락) 27명 및 발(발가락) 11명 동상

3. 우리나라의 먼지 현황 및 건강영향

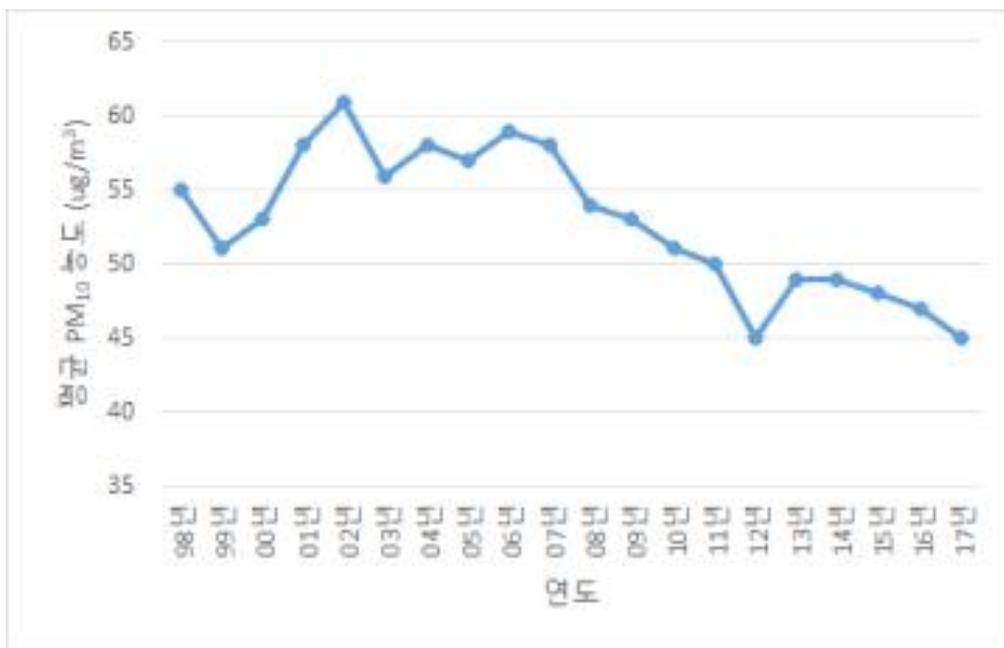
1) 우리나라의 (미세)먼지 현황

우리나라의 지역별 미세먼지 농도는 대기오염도 실시간 공개 시스템(www.airkorea.or.kr)을 통해 확인할 수 있다. 해당 사이트는 실시간 미세먼지 농도뿐만 아니라 미세먼지 측정 장소별, 시도별 미세먼지 예보 및 경보상황, 미세먼지 통계 보고서 등 또한 제공한다.



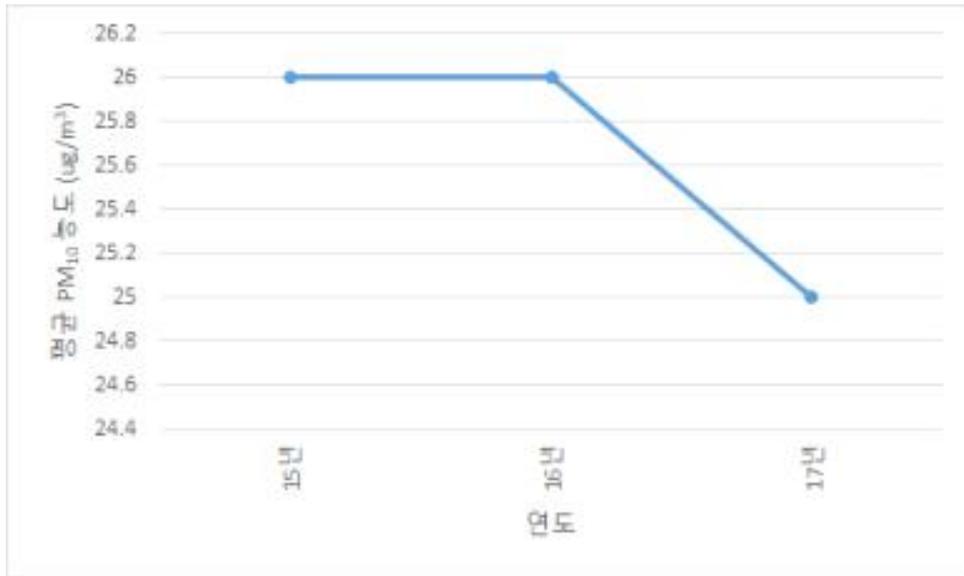
[그림 3-21] 대기오염도 실시간 공개 시스템

다음 그림은 PM10 및 PM2.5의 연도별 평균 농도를 나타낸다. PM10은 1998년부터 2006년까지 51-61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 사이로 증가와 감소를 반복하다가 2007년부터 감소하기 시작하여 2012년에는 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 크게 낮아졌다. 이후 2013년, 2014년에는 다소 증가한 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타냈다. 2015년 이후 매년 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 씩 감소하여 2017년에는 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준으로 확인 되었다.



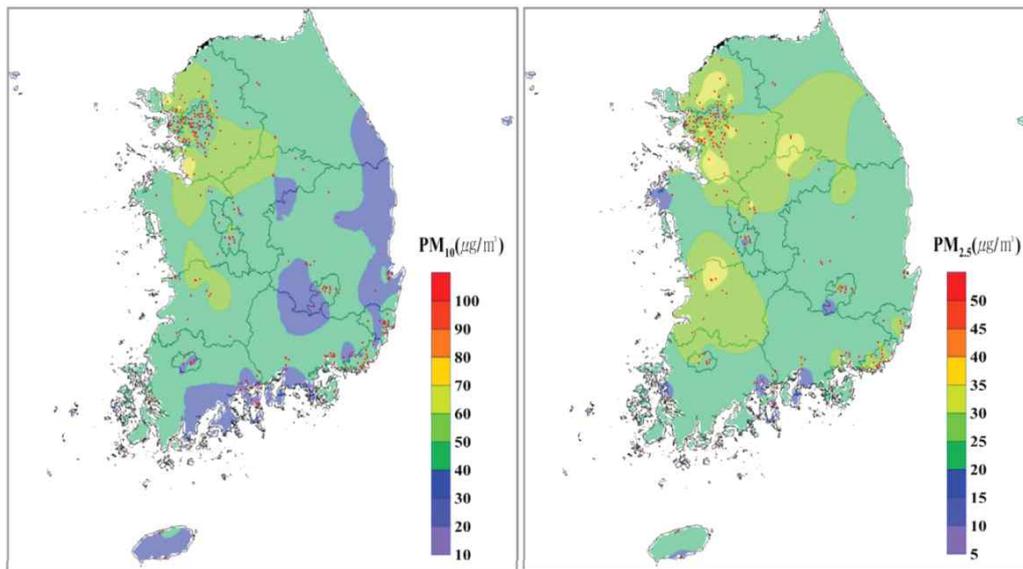
[그림 3-22] 우리나라의 연도별 PM₁₀ 평균 농도

PM2.5는 2015년 1월부터 대기환경기준이 시행된 이래로 매년 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 일정한 농도 수준을 유지하다가 2017년 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 유사한 수준으로 확인된다.



[그림 3-23] 우리나라의 연도별 PM_{2.5} 평균 농도

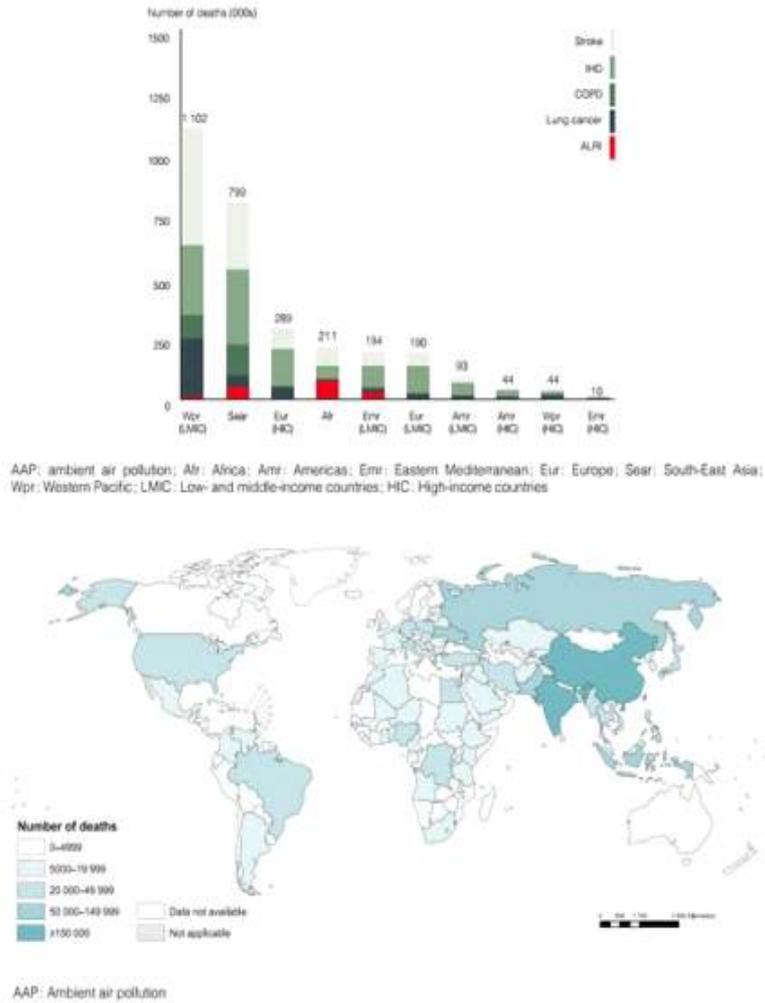
다음 그림은 PM10 및 PM2.5의 지역별 2017년 연평균 농도 분포를 나타낸다. PM10은 경기도 북부 및 남동 지역과 강원영서, 충북 북부지역이 다른 지역보다 높은 농도를 나타내고, PM2.5의 경우 측정소가 미설치된 지역이 많지만, 수도권을 비롯하여 강원 영서, 충북 북부 지역과 전북 남서 지역이 높게 나타났다.



[그림 3-24] PM₁₀ 및 PM_{2.5} 연평균 농도 분포, 2017

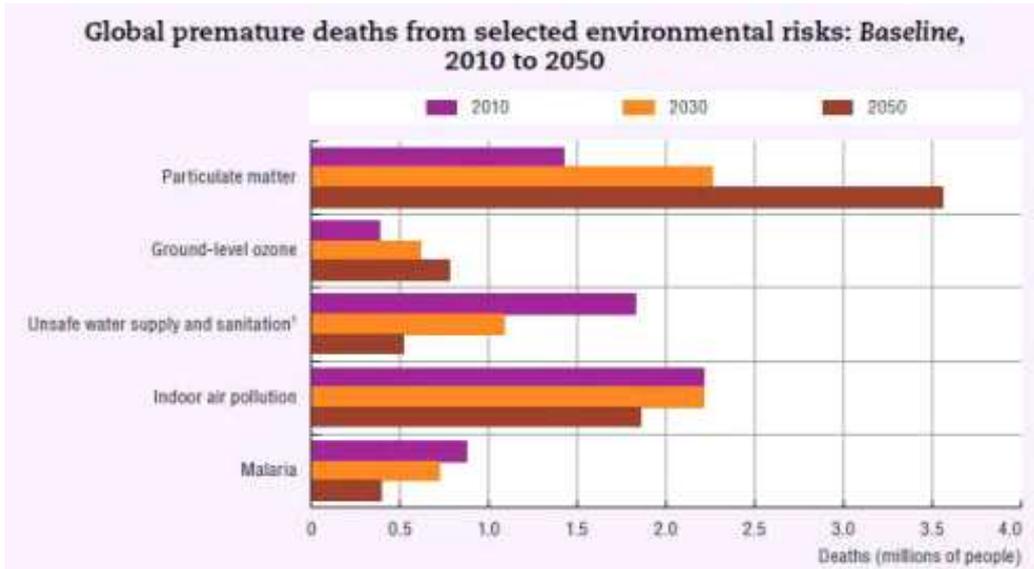
2) 먼지 노출의 인체 건강 영향

먼지의 노출은 다양한 사망원인과 질병의 발생 원인과 연관되어 있지만 특히 심혈관계 및 뇌혈관계 사망과 큰 연관이 있다고 보고되고 있으며, 실외 대기오염과 실내 공기오염이 심혈관계 질환 사망률의 각각 80%와 60%를 차지하는 것으로 추정하였다(WHO, 2012). WHO의 International Agency for Research on Cancer (IARC)에서는 대기의 먼지를 포함한 오염에의 인체 노출을 발암물질로 평가하였고 특히 폐암 유발에 가장 밀접한 영향을 미친다고 발표하였다. 또한 이러한 대기의 먼지 노출로 인한 사망자는 서태평양과 동남아시아 지역에서 각각 1,100,000명과 799,000명, 사하라 사막 이남지역의 아프리카에서는 211,000명, 지중해 동부지역에서는 194,000명, 유럽에서는 190,000명 그리고 아메리카 대륙에서는 93,000명이었다. 특히, 유럽지역의 고소득 국가에 사는 289,000명, 아메리카는 44,000명, 서태평양은 44,000명 그리고 지중해 동부지역에서는 10,000명이라고 보고하였다.



[그림 3-25] 국가별 대기오염으로 인한 사망자 수(WHO, 2012)

2016년 OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)는 2050년 까지 환경요인으로 인한 경제적 피해를 추정한 결과를 보고하였으며 OECD의 환경 베이스라인 시나리오 구축 프로젝트에서는 전 세계적으로 새로운 정책이나 규제에 관한 제도가 시행되지 않으면 지속적으로 대기질이 악화될 것이라고 전망했다.



[그림 3-26] 먼지 노출로 인한 조기사망 (OECD, 2016)

2050년까지 환경성 질환으로 인한 사망을 추정하였을 때 대기오염의 기여도가 점차 증가할 것이며, 대기오염 노출로 인한 조기 사망자 수를 추정하였을 때 전 세계적인 도시화의 증가와 인구의 고령화로 2배에서 3.6배로 상당 수준 증가할 것이라고 추정하였다. 중국과 인도의 경우 인구밀도가 상대적으로 높고 연평균 미세먼지의 농도가 다른 국가와 비교하였을 때 평균 이상인 것을 고려하였을 때, 우리나라의 미세먼지 노출로 인한 조기사망은 전 세계적으로 높은 편에 속한다.

또한 WHO는 대기오염으로 인한 우리나라 초과 사망자수를 인구 10만 명당 24명으로 추산하였는데 이는 조사대상 12개국 중 중국에 이어 두 번째로 높은 수준이라고 제시하였다(환경부, 2010).

3) (미세)먼지로 인한 산업재해 현황

우리나라의 미세먼지로 인한 업무상 질병 신청 및 승인 현황은 다음 표와 같다. 2014년부터 2018년까지 전체 131건의 미세먼지와 관련된 업무상 질병으로 신청된 것으로 확인된다 (재해경위상 ‘(미세)먼지’가 포함된 건 추출). 이 중 40건이 미세먼지로 인한 업무상 질병으로 승인되었다. 호흡기 질환과 직업성 암이 각각 15, 17건으로 가장 많았으며, 안질환, 피부질환, 뇌심혈관계 질환이 각각 1, 2, 3건 씩 업무상질병으로 승인 받았다. 또한 기타로 난청, 안면신경마비, 신부전, 위염 등이 업무상 질병으로 신청되었으며, 이 중 신부전, 어지럼증이 각각 1건씩 승인되었다.

<표 3-9> (미세)먼지로 인한 업무상질병 산재현황 (2014-2018)

구분	계		2014년		2015년		2016년		2017년		2018년	
	승인	불승인	승인	불승인	승인	불승인	승인	불승인	승인	불승인	승인	불승인
계 (건)	40	91	8	19	4	20	6	12	13	14	9	26
호흡기질환	15	41	4	9	2	7	3	9	2	6	4	10
직업성 암	17	22	3	4	2	8	2	2	9	5	1	3
안질환	1	5	1	1	-	2	-	-	-	1	-	1
피부질환	2	6	-	1	-	-	-	-	1	1	1	4
뇌심혈관계질환	3	10	-	4	-	1	1	1	-	-	2	4
기타*	2	7	-	-	-	2	-	-	1	1	1	4

※ 재해경위상 ‘(미세)먼지’가 포함된 건 추출

* 난청, 안면신경마비, 신부전, 위염 등 (기타 승인건은 신부전, 어지럼증)

4. 기후변화에 따른 근로자 건강영향 문헌고찰

기후변화와 근로자의 건강영향에 대해 체계적 문헌 고찰을 진행하였다. 검색어 선정에 앞서 사전 문헌 검토에서 적용된 가설을 바탕으로 다음과 같은 임상적 질문을 검색식 제작에 적용하였다. 검색어 선정 전 제기한 임상적 질문은 다음과 같다. 기후변화의 현황은 어떠한가, 근로자의 건강에 미치는 영향은 어느 정도인가? 이에 대한 대책은 무엇인가?

검색기간은 별도로 한정하지 않았으며, 검색엔진은 Web of Science와 Google Scholar를 이용하였다. 검색어는 (“climate change” or “hot temperature” or “cold temperature” or “dust”) AND (work* OR occupation* OR industr* OR employ* OR “outdoor worker*”)를 적용하였다.

전체 112개의 문헌이 확인되었으며, 중복을 제외한 98개의 문헌을 1차로 제목 및 초록을 바탕으로 검토하였다. 근로자가 대상이 아니거나 코멘터리, 레터 등, 보건학 및 직업환경의학 분야가 아닌 54개의 논문을 제외하였다. 나머지 45개의 문헌에 대해서는 3인의 전문가가 전문을 동일한 기준으로 각자 검토하고 고찰하는 방식으로 2차 고찰을 진행하였다. 그 결과, 종설, 근로자 대상 연구를 중심으로 한 ‘public health & occupational and environmental medicine’ 분야에 속한 16개의 논문이 최종 선정되었다.

<표 3-10> 기후변화의 근로자 건강 문헌고찰 최종 선정 문헌

번호	제목	연도	저자	논문	주요결과
1	Social impacts of occupational heat stress and adaptation strategies of workers: A narrative synthesis of the literature	2018	Nunfam VF, et al.	Sci Total Environ. 2018 Dec 1;643:1542-1552.	직업성 열 스트레스에 대한 인식, 직업성 열스트레스의 사회적 영향, 기후변화로 인한 직업성 열스트레스에 대한 근로자 적응
2	Impact of climate change on occupational health and productivity: a systematic literature review focusing on workplace heat.	2018	Levi M, et al.	Med Lav. 2018 Apr 24;109(3):163-79.	Mesoamerican 신장질환 문제
3	Assessing Heat Stress and Health among Construction Workers in a Changing Climate: A Review.	2018	Acharya P, et al.	Int J Environ Res Public Health. 2018 Feb 1;15(2). pii: E247.	건설업에서 건설근로자의 열 스트레스, 위험요인, 열 관련 질병 및 동반질환, 취약계층, 예방대책 시행 노력에 의해 받는 영향의 심각성
4	Occupational heat stress assessment and protective strategies in the context of climate change.	2018	Gao C, et al.	Int J Biometeorol. 2018 Mar;62(3):359-371.	기상 데이터, 지역 직장 환경, 신체 열 생성 및 보호복 사용과 관련한 장단점
5	Climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention.	2016	D'Ovidio MC, et al.	Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):406-414.	기후 관련 직업 알레르기의 관리

58...기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구

6	Climate change, vector-borne diseases and working population.	2016	Vonesch N, et al.	Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):397-405.	유럽의 매개체 전염병에 대해 기후 변화가 미치는 영향에 관한 증거
7	Climate change and safety at work with ionizing radiations.	2016	Contessa GM, et al.	Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):386-396.	기후변화로 인한 자연 원인 관련 외부 사고의 위협
8	Climate change: the potential impact on occupational exposure to pesticides.	2016	Gatto MP, et al.	Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):374-385.	지구 기후 변화(GCC)가 작업장 내 살충제(PPP) 노출에 미치는 영향
9	Impact of climate change on occupational exposure to solar radiation.	2016	Grandi C, et al.	Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):343-356.	직업상 태양 광선에의 노출
10	Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity.	2016	Marchetti E, et al.	Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):338-342.	건강 및 업무 생산성과 관련하여 기후 변화가 근로자에게 미치는 영향
11	Heat, Human Performance, and Occupational Health: A Key Issue for the Assessment of Global Climate Change Impacts.	2016	Kjellstrom T, et al.	Annu Rev Public Health. 2016;37:97-112.	기후변화에 따른 인적 성능 및 작업능력에의 영향
12	An Overview of Occupational Risks From Climate Change.	2016	Applebaum KM, et al.	Curr Environ Health Rep.2016Mar;3(1):13-22.	대기 및 기상조건의 변화로 인한 직업적 영향

13	The epidemiology of occupational heat exposure in the United States: a review of the literature and assessment of research needs in a changing climate.	2014	Gubernot DM, et al.	Int J Biometeorol. 2014 Oct;58(8):1779-88.	근로자의 환경 열에 대한 노출
14	Climate change and Occupational Health and Safety in a temperate climate: potential impacts and research priorities in Quebec, Canada.	2013	Adam-Poupart A, et al.	Ind Health. 2013;51(1):68-78.	기후 변화가 산업 보건 및 안전에 미치는 잠재적 영향
15	Effects of heat stress on working populations when facing climate change.	2013	Lundgren K, et al.	Ind Health. 2013;51(1):3-15.	기후 변화와 관련하여 열 스트레스가 근로 인구에 미치는 영향
16	Climate change and farmers' mental health: risks and responses.	2011	Berry HL, et al.	Asia Pac J Public Health. 2011 Mar;23(2 Suppl):119S-32.	기후 변화가 시골지역 농민들의 정신 건강에 미칠 수 있는 영향

<표 3-11> 기후변화의 근로자 건강 문헌고찰 주요 결과

번호	1
저자	Nunfam VF, et al.
출판	Sci Total Environ. 2018 Dec 1;643:1542-1552.
제목	Social impacts of occupational heat stress and adaptation strategies of workers: A narrative synthesis of the literature
중심어	Adaptation policies, Literature review, Work-related heat stress, Social well-being, Synthesis, Workers
내용	<p>근로자의 건강과 안전, 생산성 및 사회 복지에 미치는 기후 변화로 인한 직업 열 스트레스의 위험 및 영향의 크기는 상당하다. 하지만 아직까지 근로자의 열 스트레스 영향과 적응 전략을 관리하는 정책 개발과 의사 결정에 대한 체계적인 검토는 없었다.</p> <p>이번 연구는 직업 열 스트레스의 사회적 영향과 근로자의 적응 전략에 대한 근거를 종합하였다.</p> <p>기존 문헌을 검토 한 결과, (1) 직업 열 스트레스에 대한 인식, (2) 직업 열 스트레스의 사회적 영향, (3) 기후 변화로 인한 직업 열 스트레스에 대한 근로자 적응의 3 가지 집단으로 분류하였다.</p> <p>근로자들의 직업 열 스트레스에 대한 인식이 다양하였으며, 사회적 영향으로는 근로자의 건강과 안전, 생산성 및 사회 복지와 관련이 있었다.</p> <p>기후 변화로 인한 직업 열 스트레스에 대한 지속 가능한 적응을 위해서는 지원 체계가 중요하였다. 전지구적 온도 상승의 위협에 대처하기 위한 정책을 개발하고 실행하기 위해서는 적절한 투자와 연구가 필요하다. 기후 변화로 인한 근로자의 적응 능력을 향상시키고 탄력성 및 지속 가능성을 높이기 위한 투자가 필요하다.</p>
주요 결과	<pre> graph TD A[Systematic review and narrative synthesis of social impacts (Occupational heat stress): 25 studies] --> B[Varied awareness of occupational heat stress] A --> C[Social impacts: Heat-related illness, injuries, & deaths. Productivity losses & inadequate social well-being] A --> D[Adaptation & social protection strategies. Workers' implementation barriers] B --> E[Policy decisions to improve occupational heat stress management] C --> E D --> E </pre>
번호	2

저자	Levi M, et al.
출판	Med Lav. 2018 Apr 24;109(3):163-79.
제목	Impact of climate change on occupational health and productivity: a systematic literature review focusing on workplace heat.
중심어	climate change, occupational injury, occupational diseases, heat-related illness, vector-borne infectious diseases, productivity
내용	<p>배경: 기후 변화로 연평균 기온이 점점 더 상승하고 있으며, 극한 기후 현상은 세계 대부분 지역에서 점점 더 흔해질 것이다.</p> <p>목표: EU가 지원하는 HEAT-SHIELD 프로젝트의 일환으로 지구 온난화 관련 열 노출이 근로자의 건강과 생산성에 미치는 영향의 역학 증거를 요약하기 위해 체계적 검토를 실시했다.</p> <p>방법: i) 열 관련 질환(HRI), 심혈관, 호흡기 및 신장 질환, ii) 외상성 부상, iii) 매개 질병 또는 매개 분포 세 가지를 중심으로 각각 PubMed에서 검토했다. 또한 EMBASE는 기후 변화의 건강 영향에 중점을 둔 관련 연구를 검토하기 위해 자문을 받았다. PubMed와 SCOPUS 데이터베이스에서는 작업 생산성에 미치는 영향을 평가하기 위한 네 번째 검토 계획을 진행했다.</p> <p>결과: 상당수의 연구에서 Mesoamerican 신장질환 문제에 관한 결과가 보고되었다. 이는 특히 청년 및 중년의 남성 사탕수수 근로자들 사이에서 만성 신장 질환의 통상적인 위험 요인 없이 발생하는 질병이다. 부상의 경우, Tmax와 전반적인 일일 부상 보고 사이의 역U자형 노출-반응 관계가 나타난다. 높은 대기 온도와 현재/미래의 매개 서식지 확장 사이에 상관관계가 관찰되기 때문에 실외 근로자들의 매개 감염성 질병 위험이 증가하고 있다. 생산성 측면에서는 농업과 건설이 가장 많이 연구된 분야로, 기온이 32°C를 초과하는 날은 야외 노출 분야 작업의 일일 노동 공급량이 최대 14%까지 감소한다.</p> <p>결론: 본 연구는 기후변화에 따른 작업장의 열 영향으로부터 근로자를 보호하는 것과 관련하여 EU 내외의 추가 연구 및 관련 보건 정책 개발에 정보를 제공할 것이다.</p>
주요 결과	<pre> graph TD subgraph Hazard_Exposure [Hazard/Exposure] A[Increased ambient temperatures] B[Extreme weather] C[Vector-borne diseases and expanded habitats] end subgraph Occupational_effect [Occupational effect] D[Heat stress Fatigue CVD Kidney diseases Respiratory diseases] E[Productivity] F[Injuries Acute death] G[Infectious diseases] end A --> D A --> E B --> F C --> G </pre>

번호	3
저자	Acharya P, et al.
출판	Int J Environ Res Public Health. 2018 Feb 1;15(2). pii: E247.
제목	Assessing Heat Stress and Health among Construction Workers in a Changing Climate: A Review.
중심어	climate change, construction workers, heat-related illness, heat stress
내용	<p>건설 근로자는 작업의 격렬함, 고온의 작업 조건 및 기후 변화로 인해 열 스트레스의 위험이 높다.</p> <p>건설 수요의 증가와 그 수요를 충족시키기 위해 미국, 중동, 아시아로 유입되는 수많은 이민 노동자들로 인해 산업 성장이 가속화되면서 점점 더 많은 근로자들이 위험에 처해 있다.</p> <p>이러한 근로자들을 보호하기 위한 규정은 거의 없거나 시행되지 않기 때문에 열 관련 질병의 위험은 더욱 증가한다.</p> <p>이 검토는 미국 및 국제간 역학 연구를 요약하여 문제를 인식했다.</p> <p>이 연구들은 건설근로자가 건설업에서의 열 스트레스, 위험요인, 열 관련 질병 및 동반질환, 취약계층, 예방대책 시행 노력에 의해 받는 영향의 심각성을 평가하였다.</p>
주요 결과	<ul style="list-style-type: none"> ● 28.5 °C-WBGT: 120 min of work followed by a 5-min break ● 28.9 °C-WBGT: 90 min of work followed by a 10-min break ● 29.7 °C-WBGT: 60 min of work followed by a 15-min break ● 31.6 °C-WBGT: Self pace
번호	4
저자	Gao C, et al.
출판	Int J Biometeorol. 2018 Mar;62(3):359–371.
제목	Occupational heat stress assessment and protective strategies in the context of climate change.
중심어	Global warming, Meteorological data, Occupational and environmental health, Heat stress index, Heat strain, Protection.
내용	<p>지구 온난화는 더운 기후 지역 내, 지금도 더운 직장에서 일하는 사람들에게 열 영향을 증가시킬 것이 명백하다. 이러한 환경적 건강 위험의 유행이 증가함에 따라 기상 데이터와 관련된 평가 방법의 개선이 필요하다. 이런 새로운 방법은 문제의 크기를 밝히고 개인, 직장 및 사회 수준에서의 적절한 개입을 설계하는 데 도움이 될 것이다.</p> <p>직업 열 스트레스에 대한 평가는 4가지 열 기후 요인(공기 온도, 습도, 공기 속</p>

	<p>도 및 열 복사)을 측정해야 한다. 이용 가능한 기상 관측소 데이터는 측정 목적으로 제공될 수 있다. 그러나 기상 관측소가 통상적으로 태양 복사와 같은 일부 중요한 기후 요인을 직접 측정하지 않기 때문에 직업 열 스트레스 평가를 위한 기상 데이터의 사용은 제한적이다. 또한 지역 열원, 인체 내 대사열 생산, 의류 특성과 같은 지역 직장 환경의 조건 모두 신체와 환경 간 열 교환에 영향을 미친다. 강력한 직업 열 스트레스 지수는 이러한 모든 요인을 적절히 다루어야 한다.</p> <p>본 논문은 선택된 열 스트레스 지수를 검토하고 강조하여 기상 데이터, 지역 직장 환경, 신체의 열 생산 및 보호복 사용과 관련한 장단점을 나타낸다. 이러한 열 스트레스와 열 변형률 지수에는 습구흑구온도, 불쾌 지수, 예측 열 변형률 지수 및 범용 열 기후 지수가 포함된다. 경우에 따라 노출 전과 노출 중의 생리적 측정 및 의료 감독을 통해 개인 열변형 여부를 관찰할 수 있다. 열변형 완화를 위한 관련 보호 및 예방 전략도 검토되어야 한다.</p>																										
<p>주요 결과</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Work intensity</th> <th rowspan="2">Metabolic rate (M in $W m^{-2}$)</th> <th colspan="2">WBGT reference value ($^{\circ}C$)</th> </tr> <tr> <th>Acclimatized person</th> <th>Not acclimatized person</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resting</td> <td>$M < 65$</td> <td>33</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>$65 < M < 130$</td> <td>30</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>Moderate</td> <td>$130 < M < 200$</td> <td>28</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>$200 < M < 260$</td> <td>25 (26)*</td> <td>22 (23)*</td> </tr> <tr> <td>Very high</td> <td>$M > 260$</td> <td>23 (25)*</td> <td>18 (20)*</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*Values in brackets refer to sensible air movement; values without brackets refer to no sensible air movement (modified from ISO 7243; Parsons 2013; ISO 8996)</small></p>	Work intensity	Metabolic rate (M in $W m^{-2}$)	WBGT reference value ($^{\circ}C$)		Acclimatized person	Not acclimatized person	Resting	$M < 65$	33	32	Low	$65 < M < 130$	30	29	Moderate	$130 < M < 200$	28	26	High	$200 < M < 260$	25 (26)*	22 (23)*	Very high	$M > 260$	23 (25)*	18 (20)*
Work intensity	Metabolic rate (M in $W m^{-2}$)			WBGT reference value ($^{\circ}C$)																							
		Acclimatized person	Not acclimatized person																								
Resting	$M < 65$	33	32																								
Low	$65 < M < 130$	30	29																								
Moderate	$130 < M < 200$	28	26																								
High	$200 < M < 260$	25 (26)*	22 (23)*																								
Very high	$M > 260$	23 (25)*	18 (20)*																								
<p>번호</p>	<p>5</p>																										
<p>저자</p>	<p>D'Ovidio MC, et al.</p>																										
<p>출판</p>	<p>Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):406-414.</p>																										
<p>제목</p>	<p>Climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention.</p>																										
<p>중심어</p>	<p>climate change, allergy, biological products, worker, air pollution</p>																										
<p>내용</p>	<p>기후 변화, 대기 오염, 기온 상승 및 기타 환경 변수들이 대기 질을 변화시키고 있어 알레르기성 호흡기 질환 유병 증가의 한 원인이 되고 있다. 알레르기는 개인별 민감성, 면역 조절에 대한 반응 및 물리적, 화학적, 생물학적 작용 물질에 대한 환경 노출 사이의 다단계 상호 작용을 특징으로하는 복잡한 질병이다. 직업성 알레르기는 생활 환경에서 실내와 실외 모두에 작업상 노출을 추가함으로써 이러한 관계를 더욱 복잡하게 만든다.</p> <p>본 논문은 이러한 측면에서 문헌자료가 미흡한 환경 및 직업건강에 영향을 미치는 기후관련 알레르기를 살펴보고, 생물학적 오염의 경우 노출 및 예방에 대한 세부사항을 가지고, 이러한 위험의 관리모형을 다학제적 접근을 바탕으로 제시하는 것을 목적으로 한다.</p>																										

	<p>기후 관련 직업 알레르기의 관리는 예방 보건 전략, 환경, 공공 및 직업적 개입을 고려해야 하며, 변화하는 기후 조건에서 근로자의 건강을 보호하는 지침과 표준을 개발, 구현, 평가 및 개선해야하며 지역 조건에 기반한 새로운 수단 및 전략이 개발되어야 한다.</p> <p>산업 보건 및 안전의 범위에 대한 유용한 정보를 도출하기 위해 환경 및 개인 데이터의 실험적 연구 및 획득을 조화시켜야 한다.</p>																																																				
<p>주요 결과</p>	<p>An overview of some institutional links regarding climate change, air pollution, public health and occupational health</p> <table border="1" data-bbox="432 645 1114 1187"> <thead> <tr> <th>Institution</th> <th>Link</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA)</td><td>web-sites</td></tr> <tr><td>Associazione Italiana di Aerobiologia (AIA)</td><td>www.ipolline.it</td></tr> <tr><td>Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)</td><td>www.cmcc.it</td></tr> <tr><td>Centers for Disease Control and Prevention (CDC)</td><td>www.cdc.gov</td></tr> <tr><td>Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia (CIBIC)</td><td>www.cibic.unifi.it</td></tr> <tr><td>Centro nazionale per la prevenzione e il Controllo delle Malattie (CCM)</td><td>www.ccm-network.it</td></tr> <tr><td>Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)</td><td>www.cnr.it</td></tr> <tr><td>Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente (ENEA)</td><td>www.enea.it</td></tr> <tr><td>European Center for Disease Prevention and Control (ECDC)</td><td>http://ecdc.europa.eu</td></tr> <tr><td>European Environment Agency (EEA)</td><td>www.eea.europa.eu</td></tr> <tr><td>Global Framework for Climate Services (GFCS)</td><td>http://gfcs-climate.org</td></tr> <tr><td>Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)</td><td>www.ipcc.ch</td></tr> <tr><td>International Labour Organization (ILO)</td><td>www.ilo.org</td></tr> <tr><td>Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)</td><td>www.inail.it</td></tr> <tr><td>Istituto Superiore di Sanità (ISS)</td><td>www.iss.it</td></tr> <tr><td>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)</td><td>www.isprambiente.gov.it</td></tr> <tr><td>Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare</td><td>www.minambiente.it</td></tr> <tr><td>Ministero della Salute</td><td>www.salute.gov.it</td></tr> <tr><td>National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)</td><td>www.osha.gov</td></tr> <tr><td>Occupational Exposure to Hazards Agents (HhazMap)</td><td>http://hazmap.nlm.nih.gov</td></tr> <tr><td>Occupational Safety and Health Administration (OSHA)</td><td>www.osha.gov</td></tr> <tr><td>United Nations Framework Convention Climate Change (UNFCCC)</td><td>www.unfccc.int</td></tr> <tr><td>World Allergy Organization (WAO)</td><td>www.worldallergy.org</td></tr> <tr><td>World Health Organization (WHO)</td><td>www.who.int</td></tr> <tr><td>World Meteorological Organization (WMO)</td><td>www.wmo.int</td></tr> </tbody> </table>	Institution	Link	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA)	web-sites	Associazione Italiana di Aerobiologia (AIA)	www.ipolline.it	Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)	www.cmcc.it	Centers for Disease Control and Prevention (CDC)	www.cdc.gov	Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia (CIBIC)	www.cibic.unifi.it	Centro nazionale per la prevenzione e il Controllo delle Malattie (CCM)	www.ccm-network.it	Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)	www.cnr.it	Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente (ENEA)	www.enea.it	European Center for Disease Prevention and Control (ECDC)	http://ecdc.europa.eu	European Environment Agency (EEA)	www.eea.europa.eu	Global Framework for Climate Services (GFCS)	http://gfcs-climate.org	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	www.ipcc.ch	International Labour Organization (ILO)	www.ilo.org	Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)	www.inail.it	Istituto Superiore di Sanità (ISS)	www.iss.it	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)	www.isprambiente.gov.it	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare	www.minambiente.it	Ministero della Salute	www.salute.gov.it	National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	www.osha.gov	Occupational Exposure to Hazards Agents (HhazMap)	http://hazmap.nlm.nih.gov	Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	www.osha.gov	United Nations Framework Convention Climate Change (UNFCCC)	www.unfccc.int	World Allergy Organization (WAO)	www.worldallergy.org	World Health Organization (WHO)	www.who.int	World Meteorological Organization (WMO)	www.wmo.int
Institution	Link																																																				
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA)	web-sites																																																				
Associazione Italiana di Aerobiologia (AIA)	www.ipolline.it																																																				
Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)	www.cmcc.it																																																				
Centers for Disease Control and Prevention (CDC)	www.cdc.gov																																																				
Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia (CIBIC)	www.cibic.unifi.it																																																				
Centro nazionale per la prevenzione e il Controllo delle Malattie (CCM)	www.ccm-network.it																																																				
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)	www.cnr.it																																																				
Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente (ENEA)	www.enea.it																																																				
European Center for Disease Prevention and Control (ECDC)	http://ecdc.europa.eu																																																				
European Environment Agency (EEA)	www.eea.europa.eu																																																				
Global Framework for Climate Services (GFCS)	http://gfcs-climate.org																																																				
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	www.ipcc.ch																																																				
International Labour Organization (ILO)	www.ilo.org																																																				
Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)	www.inail.it																																																				
Istituto Superiore di Sanità (ISS)	www.iss.it																																																				
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)	www.isprambiente.gov.it																																																				
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare	www.minambiente.it																																																				
Ministero della Salute	www.salute.gov.it																																																				
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	www.osha.gov																																																				
Occupational Exposure to Hazards Agents (HhazMap)	http://hazmap.nlm.nih.gov																																																				
Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	www.osha.gov																																																				
United Nations Framework Convention Climate Change (UNFCCC)	www.unfccc.int																																																				
World Allergy Organization (WAO)	www.worldallergy.org																																																				
World Health Organization (WHO)	www.who.int																																																				
World Meteorological Organization (WMO)	www.wmo.int																																																				
<p>번호</p>	<p>6</p>																																																				
<p>저자</p>	<p>Vonesch N, et al.</p>																																																				
<p>출판</p>	<p>Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):397-405.</p>																																																				
<p>제목</p>	<p>Climate change, vector-borne diseases and working population.</p>																																																				
<p>중심어</p>	<p>climate change, vector-borne diseases, human health, occupational health</p>																																																				
<p>내용</p>	<p>기후 변화와 관련된 위험은 전 세계적으로 증가하고 있으며 전지구적 영향에는 날씨와 강수 패턴의 변화, 기온 상승 등이 포함된다. 인간의 건강은 이에 직간접적으로 영향을 받을 수 있다.</p> <p>이 논문은 기후 변화, 매개체 전염병과의 상호작용 및 노동인구에 미치는 영향에 관한 문헌을 개관한 것이다.</p> <p>매개체 전염병 동인으로서의 기후 변화 및 직업 사례의 증거에 관한 기사가 공공데이터뱅크에 의해 수집되었다.</p> <p>유럽의 매개체 전염병에 대해 기후 변화가 미치는 영향에 관한 증거가 제시되었다.</p> <p>기후에 민감한 매개체 전염병은 공공 및 직업 건강에 영향을 미치는 기후 변</p>																																																				

	<p>화로 인해 발생할 가능성이 높다. 그러나 여행과 무역의 증가, 삼림 벌채와 산림 개간, 토지 이용의 변화, 도시화와 같은 다른 환경 및 인위적인 동인은 그들의 확산에 영향을 미칠 수 있다. 인간의 건강을 보호하기 위한 적응 전략의 구현과 현상에 대해 이해를 높이기 위한 추가 연구가 필요하다.</p>
<p>주요 결과</p>	
<p>번호</p>	<p>7</p>
<p>저자</p>	<p>Contessa GM, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):386-396.</p>
<p>제목</p>	<p>Climate change and safety at work with ionizing radiations.</p>
<p>중심어</p>	<p>climate change, occupational health, safety management, Fukushima nuclear accident, emergencies</p>
<p>내용</p>	<p>도쿄전력(TEPCO's)의 후쿠시마 제1원전(NPP) 사고는 원자력 안전의 주요 화두 중 하나로, 자연 원인 관련 외부 사고로 인한 원자력 발전소 사고에 새로운 관심을 불러일으켰다. 기후변화는 새로운 위험을 증가시켰고 이에 극단적인 외부 사고가 발생할 확률이 높아지면서 원자력 분야 근로자들의 사고노출과 취약성이 증가했다. 그러나 극단적인 자연 현상은 원자력 발전소 뿐만 아니라 방사성 물질을 취급하는 모든 시설에 위협이 되며, 긴급 상황에서는 안전 장치 및 절차의 효과와 구현에 영향을 미칠 수 있으며 또한 통신도 방해해 대응 준비가 지연될 수 있다. 기후변화에 대처하기 위한 적응전략이 필요하며, 내부뿐만 아니라 외부 요인에 의해 시작된 사고를 해결하는 새로운 원자력 안전문화가 성장하고 있다.</p>

<p>주요 결과</p>	
<p>번호</p>	<p>8</p>
<p>저자</p>	<p>Gatto MP, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):374-385.</p>
<p>제목</p>	<p>Climate change: the potential impact on occupational exposure to pesticides.</p>
<p>중심어</p>	<p>climate change, global warming, pesticides, occupational exposure</p>
<p>내용</p>	<p>본 연구는 지구 기후 변화(GCC)가 작업장 내 농약(PPP) 노출에 미치는 영향을 조사했다.</p> <p>지구 온난화가 농약의 향후 사용에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 강조하고 작업자의 노출에 관련된 발현 가능 결과들을 검토함으로써 GCC와 농약에 대한 직업상 노출 사이의 주요 잠재적 관계를 평가했다.</p> <p>지구 온난화는 잡초의 공간적·시간적 분포와 번식, 이미 존재하는 해충과 병원균의 영향, 새로운 오염 종의 도입에 영향을 주어 고량, 투여량 및 적용되는 유형에 따른 살충제의 사용을 변화시킬 수 있으므로 농업 활동 중 농약에 대한 인간의 노출에 영향을 미친다.</p> <p>GCC, 특히 폭염은 농약 흡수에 대한 근로자의 민감성에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있다.</p> <p>살충제의 사용 증대가 예상되므로 작업장 건강 예방 정책은 현재의 위험과는 다른, 직업상 살충제 노출로 인한 새로운 위험을 다룰 준비가 되어 있어야 한다.</p>

<p>주요 결과</p>	<pre> graph TD Fumigants --> Fumigants_Box["Produce vapors or gases to control air- or soil-borne insects and diseases Phosphine Ethylene dibromide Dibromochloropropane"] Fungicides --> Fungicides_Box["Destroy fungi that infect plants, animals or people Hexachlorocyclopentadiene Permethrin Phthalanilates Oxycarboxamides"] Herbicides --> Herbicides_Box["Kill weeds and other plants that are growing or competing with a desired species Nipyrifol Phosphorylcholine atrazin Chlorambenilol Chlorophenoxypyridine Compounds"] Rodenticides --> Rodenticides_Box["Kill mice, rats and other rodents Zinc Phosphide Fluoroacetate Derivatives or modified Fluoroacetate Anticoagulants"] Insecticides --> Anticholinesterases Insecticides --> Avermectins Insecticides --> Botanicals Insecticides --> Organochlorines Insecticides --> Pyrethroids Insecticides --> Others Anticholinesterases --> Anticholinesterases_Box["Organophosphates Carbamates"] Avermectins --> Avermectins_Box["Avermectin"] Botanicals --> Botanicals_Box["Nicotine Rotenone"] Organochlorines --> Organochlorines_Box["Cyfluthrin Deltamethrin Cypermethrin Chlorpyrifos Carbofenthrin"] Pyrethroids --> Pyrethroids_Box["Permethrin (Type I) Cypermethrin Deltamethrin (Type II)"] Others --> Others_Box["Nicotinic Glycane Chlorpyrifos Phenylpyrazole"] </pre>
<p>번호</p>	<p>9</p>
<p>저자</p>	<p>Grandi C, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):343-356.</p>
<p>제목</p>	<p>Impact of climate change on occupational exposure to solar radiation.</p>
<p>중심어</p>	<p>climate change, solar radiation, ozone depletion, occupational exposure, outdoor workers</p>
<p>내용</p>	<p>직업상 태양 광선에의 노출은 피부와 눈에 급성, 장기 영향을 유발할 수 있다. 개인 노출은 환경, 조직 및 개별 요인에 따라 다르기 때문에 정확하게 평가하기가 매우 어렵다.</p> <p>성층권 오존 역학과 상호작용하는 지속적인 기후 변화는 태양 복사에 대한 직업상 노출에 영향을 미칠 수 있다.</p> <p>또한, 태양 복사와 상호작용하는 대류권의 환경 오염물질의 정도는 기후 역학에 의해 변화될 수 있으므로, 태양 복사에 대한 전반적인 노출에 영향을 미치는 또 다른 변수가 도입될 수 있다.</p> <p>기후변화에 따른 태양광 노출 변화 방향의 불확실성을 감안할 때, 야외 근로자의 보호 조치 준수와 적절한 건강 관찰이 중요하다.</p> <p>동시에 더 건강한 생활습관 증진 및 교육과 훈련이 가장 중요하다.</p>

<p>주요 결과</p>	
<p>번호</p>	<p>10</p>
<p>저자</p>	<p>Marchetti E, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Ann Ist Super Sanita. 2016 Jul-Sep;52(3):338-342.</p>
<p>제목</p>	<p>Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity.</p>
<p>중심어</p>	<p>climate change, occupational health, heat stress disorders, hot temperature, body temperature regulation</p>
<p>내용</p>	<p>기후변화는 인간의 건강과 직업안전에 영향을 미치는 세계적인 비상사태다. 환경의 기온 및 습도 상승을 특징으로하는 지구 온난화는 인간의 건강에 직접적인 영향을 미치고 체온 조절을 악화시켜 탈수증, 피로, 열사병 및 심지어 사망에까지 이르는 심각한 결과를 초래한다.</p> <p>몇몇 연구는 실외 및 비냉방 실내 작업장과 관련하여 기후 변화가 작업 인구에 미치는 부정적인 영향을 다양한 작업장에서 입증했다.</p> <p>더운 계절에 주로 중노동과 관련된 작업을 하는 열대 및 아열대 국가의 야외 근로자들이 위험에 가장 취약했다.</p> <p>따라서 건강상의 증상이 없더라도 업무 생산성을 줄임으로써 근로자에 관한 많은 결과가 가능하다.</p> <p>이 연구의 범위는 건강 및 업무 생산성과 관련하여 기후 변화가 근로자에게 미치는 영향을 조사하는 것이다.</p> <p>이 연구는 최근의 국제 문헌을 분석했다.</p> <p>기후 변화가 근로자에게 미치는 부정적인 영향을 줄이기 위해서는 건강 위험을 제한하면서 업무 생산성을 향상시키는 다원적 전략으로 예방 조치를 시행하는 것이 필수적이다.</p>

<p>주요 결과</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Characteristic</th> <th>No.</th> <th>References</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>68*</td> <td>MHWIR Report 2008 [25]</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Industry category</td> </tr> <tr> <td>Crop production</td> <td>52</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vegetable and melon farming</td> <td>15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fruit and tree nut farming</td> <td>11</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Other crops</td> <td>19</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Other/unspecified</td> <td>7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Support activities</td> <td>16</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Professional sportsmen</td> <td>Mc Ardle et al. 2015 [19]</td> </tr> <tr> <td>Football players</td> <td>> 100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Unspecified</td> <td>49</td> <td>IRISST Report 2013 [28]</td> </tr> </tbody> </table> <p>*Per 100,000 workers.</p>	Characteristic	No.	References	Total	68*	MHWIR Report 2008 [25]	Industry category			Crop production	52		Vegetable and melon farming	15		Fruit and tree nut farming	11		Other crops	19		Other/unspecified	7		Support activities	16		Professional sportsmen		Mc Ardle et al. 2015 [19]	Football players	> 100		Unspecified	49	IRISST Report 2013 [28]
Characteristic	No.	References																																			
Total	68*	MHWIR Report 2008 [25]																																			
Industry category																																					
Crop production	52																																				
Vegetable and melon farming	15																																				
Fruit and tree nut farming	11																																				
Other crops	19																																				
Other/unspecified	7																																				
Support activities	16																																				
Professional sportsmen		Mc Ardle et al. 2015 [19]																																			
Football players	> 100																																				
Unspecified	49	IRISST Report 2013 [28]																																			
<p>번호</p>	<p>11</p>																																				
<p>저자</p>	<p>Kjellstrom T, et al.</p>																																				
<p>출판</p>	<p>Annu Rev Public Health. 2016;37:97-112.</p>																																				
<p>제목</p>	<p>Heat, Human Performance, and Occupational Health: A Key Issue for the Assessment of Global Climate Change Impacts.</p>																																				
<p>중심어</p>	<p>human heat exposure, climate change, health impacts, work capacity, productivity, socioeconomic effects</p>																																				
<p>내용</p>	<p>대기중 열 노출은 열대 및 아열대 지역의 이미 흔한 열 수준에서도 인적 성과와 작업 능력을 감소시키는 잘 알려진 건강 위협이다. 여러 가지 건강상의 문제가 보고되었고 매년 가장 더운 계절에 열 노출이 증가하는 것이 지구 기후 변화의 핵심 특징이다. 기후 변화 건강 영향 분석에서 열 탈진 및 인적 성능 저하가 간과되는 경우가 많다. 금세기 말, 전세계의 더운 지역에 살고 있는 40억 인구 중 많은 사람들이 기후 변화로 인해 작업 능력이 현저히 저하될 것이고 일부 지역에서는 연간 일광 시간의 30-40%에 해당하는 시간 동안 너무 높은 기온으로 인해 일을 할 수 없을 것이다. 2100년까지 세계 국내총생산(GDP) 손실이 20%를 넘는 등 사회적, 경제적 영향이 상당할 것이다. 지금까지의 분석은 단편적이어서 기후 변화와 관련된 직업 건강 영향 평가에 대한 더 많은 분석이 필요하다.</p>																																				

<p>주요 결과</p>	<pre> graph LR A[External heat exposure] --> B[Heat stress] C[Internal heat production] --> B B --> D[Heat strain: physiological changes] B --> E[Heat strain: psychological changes] D --> F[Clinical damage to organ function] E --> G[Diminished human performance capacity] F --> H[Acute heat stroke] F --> I[Subacute or chronic disease e.g. kidney disease] G --> J[Reduced physical activity capacity] G --> K[Increased accident risk] G --> L[Reduced work capacity] H --> M[Heat stroke disease and death] I --> N[Disease and premature death due to long-term excessive heat exposure] J --> O[Prolonged time for housework tasks less time to care for dependents] K --> P[Reduced travel by "active transport" or exercise increased obesity risk] L --> Q[Occupational and other injuries] L --> R[Reduced work productivity and individual economic output] M --> S[Negative impact on the population health status] N --> S O --> S P --> S Q --> S R --> T[Negative impact on the community economy] S --> T </pre>
<p>번호</p>	<p>12</p>
<p>저자</p>	<p>Applebaum KM, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Curr Environ Health Rep. 2016 Mar;3(1):13-22.</p>
<p>제목</p>	<p>An Overview of Occupational Risks From Climate Change.</p>
<p>중심어</p>	<p>Occupational risks, Climate change, Heat, Ozone, Polycyclic aromatic hydrocarbons, Other chemicals, Pathogenic microorganisms, Vector-borne diseases, Violence and wildfires</p>
<p>내용</p>	<p>대기와 온도의 변화는 극한의 더위 발생에서 세계 대기 질에 이르기까지 여러 가지 환경 지표에 영향을 미치고 있다. 근로자들은 기후변화에 의한 고유의 영향을 받게 될 것이며, 대기 및 기상조건의 변화로 인한 직업적 영향에 더 큰 주의가 필요하다.</p> <p>기후변화와 관련된 노출은 미국 및 전세계 근로자에게 열, 오존, 다주기 방향족 탄화수소, 기타 화학 물질, 병원성 미생물, 매개체 전염병, 폭력, 산불 등이 포함된 다양한 영향을 미칠 수 있다. 관련 역학 증거는 온도와 사망률 사이의 U자형, J자형 또는 V자형 관계를 나타낸다.</p> <p>열 관련 질병 및 사망 위험은 농업에서 가장 두드러지지만 건설, 운송, 조경, 소방 및 기타 비상 대응 업무적 등 다른 많은 실외 직업 분야 역시 위험에 처해 있다.</p> <p>화학 물질, 특히 살충제와 오존의 경우 고열의 조건에서 독성이 변한다. 화학 물질의 운송과 유통에 있어 기후 관련 변화와 결합 등 상호작용은 특히 근로자에게 고유의 건강 위험이 된다.</p> <p>폭력을 포함한 열과 대인 갈등의 연관성은 응급의료, 평화유지, 인도주의적인 구호, 공공 안전 전문가에게 위협이 되므로 주의를 요한다.</p> <p>미국 근로자들이 기후변화에 어떻게 가장 취약할지를 예측하기 위한 권고안에</p>

	<p>는 농업 근로자를 위한 공식 모니터링 시스템, 홍수/ 산불/화학 유출 등 극한 기후 재난의 직업적 영향에 초점을 맞춘 모델링 시나리오, 기후변화에 대한 직업적 민감성의 통제와 완화에 초점을 맞춘 국가 연구 의제 설정이 포함된다.</p>																																																																																
<p>주요 결과</p>	<p>Table 1 Potential effects of global climate change on occupational sectors by exposure source</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Contaminant type</th> <th>Occupative sectors most likely to be affected</th> <th>Exposure route</th> <th>Exposure knowledge level</th> <th>Health effects</th> <th>Evidence level</th> <th>US control</th> <th>Suspected to increase because</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pesticides</td> <td>Agriculture, landscape</td> <td>Dermal, inhale, ingest</td> <td>High</td> <td>Numerous</td> <td>Inconclusive</td> <td>High</td> <td>Increase in plant diseases</td> </tr> <tr> <td>Veterinary medicines</td> <td>Veterinary, agriculture</td> <td>Dermal, inhale</td> <td>Low</td> <td>Antimicrobial resistance</td> <td>Limited</td> <td>Low</td> <td>Intensification of livestock production</td> </tr> <tr> <td>Ozone</td> <td>Construction, transportation, energy, agriculture</td> <td>Inhale</td> <td>Medium</td> <td>Asthma, COPD, cardiopulmonary</td> <td>Inconclusive</td> <td>Low</td> <td>Increased temperature</td> </tr> <tr> <td>PAHs</td> <td>Construction, transportation, energy, agriculture</td> <td>Inhale</td> <td>Low</td> <td>Cardiopulmonary, carcinogenic</td> <td>Inconclusive</td> <td>Low</td> <td>Increased dust, forest fires</td> </tr> <tr> <td>Pathogenic microorganisms</td> <td>Fishing, agriculture, sanitation, most outdoor work</td> <td>Dermal, ingest, inhale</td> <td>Medium</td> <td>Infectious disease</td> <td>Inconclusive</td> <td>Low</td> <td>Increased flooding and contamination of soil and water</td> </tr> <tr> <td>Vector-borne infectious agents</td> <td>Food-animal production, most outdoor work</td> <td>Dermal</td> <td>Medium</td> <td>Infectious disease</td> <td>Limited</td> <td>Low</td> <td>Increased range of vectors</td> </tr> <tr> <td>Soil dust</td> <td>Agriculture, most outdoor work</td> <td>Inhale, ingest</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Low</td> <td>Drier conditions</td> </tr> <tr> <td>Industrial processing chemicals</td> <td>Chemical manufacture, emergency response operations</td> <td>Dermal, inhale, ingest</td> <td>Medium</td> <td>Numerous</td> <td>Inconclusive</td> <td>Variable</td> <td>Floods/wildfires</td> </tr> <tr> <td>Wildfire smoke</td> <td>Fire service</td> <td>Inhale</td> <td>High</td> <td>Respiratory</td> <td>Inconclusive</td> <td>Low</td> <td>Drier conditions</td> </tr> </tbody> </table> <p>Adapted with permission from Balbus et al. [58*]</p>	Contaminant type	Occupative sectors most likely to be affected	Exposure route	Exposure knowledge level	Health effects	Evidence level	US control	Suspected to increase because	Pesticides	Agriculture, landscape	Dermal, inhale, ingest	High	Numerous	Inconclusive	High	Increase in plant diseases	Veterinary medicines	Veterinary, agriculture	Dermal, inhale	Low	Antimicrobial resistance	Limited	Low	Intensification of livestock production	Ozone	Construction, transportation, energy, agriculture	Inhale	Medium	Asthma, COPD, cardiopulmonary	Inconclusive	Low	Increased temperature	PAHs	Construction, transportation, energy, agriculture	Inhale	Low	Cardiopulmonary, carcinogenic	Inconclusive	Low	Increased dust, forest fires	Pathogenic microorganisms	Fishing, agriculture, sanitation, most outdoor work	Dermal, ingest, inhale	Medium	Infectious disease	Inconclusive	Low	Increased flooding and contamination of soil and water	Vector-borne infectious agents	Food-animal production, most outdoor work	Dermal	Medium	Infectious disease	Limited	Low	Increased range of vectors	Soil dust	Agriculture, most outdoor work	Inhale, ingest				Low	Drier conditions	Industrial processing chemicals	Chemical manufacture, emergency response operations	Dermal, inhale, ingest	Medium	Numerous	Inconclusive	Variable	Floods/wildfires	Wildfire smoke	Fire service	Inhale	High	Respiratory	Inconclusive	Low	Drier conditions
Contaminant type	Occupative sectors most likely to be affected	Exposure route	Exposure knowledge level	Health effects	Evidence level	US control	Suspected to increase because																																																																										
Pesticides	Agriculture, landscape	Dermal, inhale, ingest	High	Numerous	Inconclusive	High	Increase in plant diseases																																																																										
Veterinary medicines	Veterinary, agriculture	Dermal, inhale	Low	Antimicrobial resistance	Limited	Low	Intensification of livestock production																																																																										
Ozone	Construction, transportation, energy, agriculture	Inhale	Medium	Asthma, COPD, cardiopulmonary	Inconclusive	Low	Increased temperature																																																																										
PAHs	Construction, transportation, energy, agriculture	Inhale	Low	Cardiopulmonary, carcinogenic	Inconclusive	Low	Increased dust, forest fires																																																																										
Pathogenic microorganisms	Fishing, agriculture, sanitation, most outdoor work	Dermal, ingest, inhale	Medium	Infectious disease	Inconclusive	Low	Increased flooding and contamination of soil and water																																																																										
Vector-borne infectious agents	Food-animal production, most outdoor work	Dermal	Medium	Infectious disease	Limited	Low	Increased range of vectors																																																																										
Soil dust	Agriculture, most outdoor work	Inhale, ingest				Low	Drier conditions																																																																										
Industrial processing chemicals	Chemical manufacture, emergency response operations	Dermal, inhale, ingest	Medium	Numerous	Inconclusive	Variable	Floods/wildfires																																																																										
Wildfire smoke	Fire service	Inhale	High	Respiratory	Inconclusive	Low	Drier conditions																																																																										
<p>번호</p>	<p>13</p>																																																																																
<p>저자</p>	<p>Gubernot DM, et al.</p>																																																																																
<p>출판</p>	<p>Int J Biometeorol. 2014 Oct;58(8):1779-88.</p>																																																																																
<p>제목</p>	<p>The epidemiology of occupational heat exposure in the United States: a review of the literature and assessment of research needs in a changing climate.</p>																																																																																
<p>중심어</p>	<p>Occupational health, Heat exposure, Heat illnesses, Worker safety, Climate change</p>																																																																																
<p>내용</p>	<p>최근 몇 년간 미국은 기록적인 여름 더위를 경험했다. 기후 변화 모델들은 앞으로 미국의 기온이 상승하고 더 자주 폭염이 일어날 것으로 예측하고 있다. 환경 열에 대한 노출은 특징 분석이나 연구가 제대로 이루어지지 않은, 중요하지만 간과되는 작업장의 위험이다. 직업 기능, 나이, 체력 수준, 그리고 열과 관련된 질병의 위험 요소 측면에서 노동 인구는 다양하다. 그러나 직업상 열 관련 질병률과 사망률을 조사하거나 특성화한 연구는 거의 없다. 작업자를 환경 열 노출로부터 보호하기 위한 연방규제 표준도 없다. 기후변화가 열 관련 장애의 적응과 예방을 위한 동인으로 작용하면서, 실내외 근로자의 직업상 열 스트레스를 특성화하고 예방하기 위한 정책수립은 합리적, 실용적 방향으로 점점 필수가 되고 있다.</p>																																																																																

Table 1 Occupational heat morbidity and mortality studies performed in the United States. <i>HRI</i> Heat-related illnesses, <i>IDR</i> incidence density rate, <i>RR</i> rate ratio, <i>OR</i> odds ratio, <i>WBGT</i> wet bulb globe temperature, <i>MSHA</i> mine safety and health administration, <i>ACGIH</i> American conference of government industrial hygienists, <i>BMJ</i> body mass index						
Study	Study design/date	Population	HRI morbidity/mortality	Case descriptions	Other findings	
Florida Department of Health (2011)	• Descriptive case series • Workers' compensation records • 2005-2009	• Workers in Florida treated for HRI in hospitals and emergency departments • N=2,198 HRI cases	• Age adjusted HRI rate 3.7/100,000 • 3 deaths	• 87 % male • Median age 36 years • Highest rate in 25-29 age group	• Highest rates in rural counties	
King and Gibbins (2011)	• Case study/health hazard evaluation • Unified Area Command illness and injury data • 23 April-27 July 2010	• Workers involved in the Deepwater Horizon Response • N=2,130 total illnesses • N=192 HRI cases	• ≥5 hospitalized for HRI • 192 (9 %) of illnesses diagnosed HRI • 169 cases with general symptoms associated with HRI	N/A	• Ambient temperatures often >90° and high relative humidity	
Bonato et al. (2010)	• Descriptive case series • Workers' compensation records • 2000-2009	• Workers treated for HRI in Washington State • N=483 HRI cases	• 483 HRI cases • HRI incidence rate 3.1/100,000	• 80.3 % male • Median age 34 years	• US \$3,682 average claim • 6 days median time loss from work • Highest rates for roofing contractors, conservation programs, site preparation industry sectors	
Luginbuhl et al. (2008)	• Descriptive case series • Census of fatal occupational injuries database • 1992-2006	• US workers • N=423 HRI deaths	• 423 HRI deaths • Average annual fatality rate 0.02/100,000	• Nearly 100 % male* • 54 % in the 35-54 age group	• 102 (24 %) in agriculture/forestry • Crop workers highest rate • 59 % in July • 29 % in California	
National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) (2006)	• Case study/health hazard evaluation • Targeted investigation • Palm Beach International Airport, Florida • 28-31 August 2004	• Acclimatized workers • N=23 participants	• 8 (35 %) cases showed signs of heat strain • 1 core body temp >101.3° • 10 cases heart rate exceeded ACGIH criteria	N/A	• Outdoor WBGT range 77.5°-83.9°	
Carter et al. (2005)	• Descriptive case series • Total Army injury health outcomes database • 1980-2002	• US Army personnel • N=5,246 HRI hospitalizations • N=37 HRI deaths	• 60 % reduction in hospitalization rates but 5-fold increase in heat stroke hospitalization rates	• Higher rates among women (1.18 IDR) • Higher rates of hospitalization of recruits from northern states (1.69 IDR)	• Heat stroke cases were associated with dehydration (17 %), rhabdomyolysis (25 %), and acute renal failure (13 %)	
Mimbelli and Richardson (2005) *	• Descriptive case series	• North Carolina residents	• 25 % of HRI deaths were work-related	• 100 % male • 58 % black	• 45 % farm laborers	

주요
결과

번호

14

저자

Adam-Poupart A, et al.

출판

Ind Health. 2013;51(1):68-78.

제목

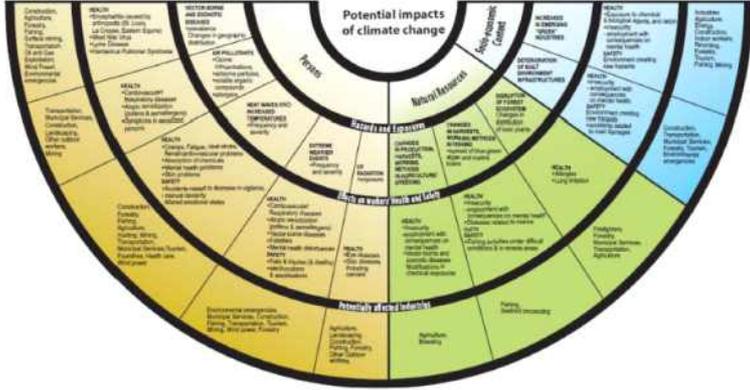
Climate change and Occupational Health and Safety in a temperate climate: potential impacts and research priorities in Quebec, Canada.

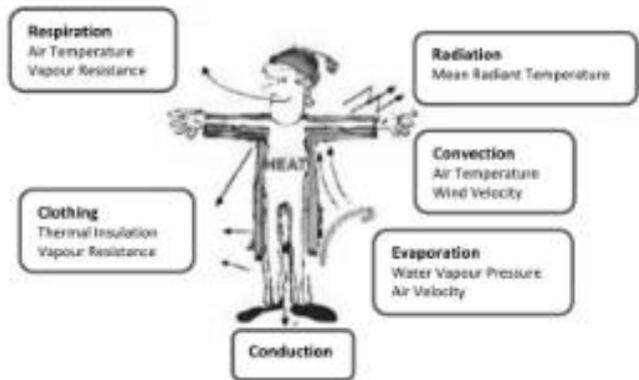
중심어

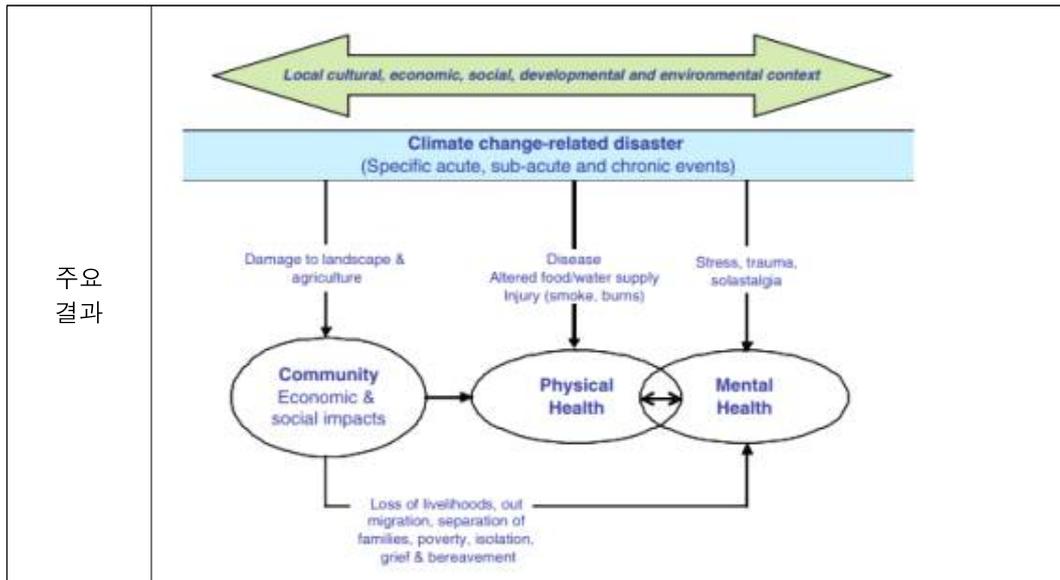
Climate change, Occupational health and safety, Research priorities, Northern industrialized country, Delphi method

내용

기후 변화(CC)가 산업 보건 및 안전(OHS)에 미치는 잠재적 영향은 열대지방 국가에서 약간 연구되었지만, 온대 기후의 북부 산업 국가에서는 주목을 받지 못했다. 이 연구는 그러한 국가들에서 CC와 OHS 사이의 잠재적 연관성에 대한 개요를 확립하고 캐나다 퀘벡의 연구 우선순위를 결정하는 것을 목표로 했다. 2010년 워크숍에서 과학 문헌(2005 - 2010)에 대한 서술적 검토가 국내외 전문가 및 이해관계자 실무그룹에 제시되었다. 실무그룹을 초청하여 지식 격차를 확인하였고, 수정된 델파이 방식은 연구방안의 우선순위를 정하는 데 도움이 되었다. 이 과정은 북부 산업화 국가의 OHS에 영향을 미칠 가능성이 있는 다섯 가지 범주의 위험원, 즉 폭염/상승된 기온, 대기오염물질, UV방사선, 극한 기후 재난, 매개체/동물원성 감염증 질환 등을 강조하였다. 이러한 위험원은 천연 자원(예: 농업, 어업 및 임업)과 관련된 작업 활동에 영향을 미치고 사회경제적 맥락(건축 환경 및 친환경 산업)에 영향을 미쳐 간접적으로 OHS를 수정할 수 있다. 이 일차된 접근방식에서 세 가지 범주의 연구가 확인되었다.

	<ol style="list-style-type: none"> 1) 위험원, 대상 집단 및 적응 방법에 대한 지식 습득 2) 질병/사고/직업적 위험의 감시 3) 새로운 직업 적응 전략의 개발.
<p>주요 결과</p>	 <p>The diagram is a circular infographic titled "Potential impacts of climate change". It is divided into several concentric rings and segments, each representing a different sector or impact area. The central part is labeled "Potential impacts of climate change". The outer rings are labeled "Human health", "Ecosystems", and "Societal systems". The segments include "Agriculture", "Industry", "Urban areas", "Coastal and low-lying areas", "Water resources", "Energy", "Transportation", "Health", "Ecosystems", and "Societal systems". Each segment contains text describing the specific impacts and potential adaptation strategies for that sector.</p>
<p>번호</p>	<p>15</p>
<p>저자</p>	<p>Lundgren K, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Ind Health. 2013;51(1):3-15.</p>
<p>제목</p>	<p>Effects of heat stress on working populations when facing climate change.</p>
<p>중심어</p>	<p>Heat stress, Occupational health, Climate change, Developing countries</p>
<p>내용</p>	<p>지구의 기후 변화는 가속화되고 있으며, 이미 인간의 건강과 환경에 미치는 영향이 문서화되어 있다.</p> <p>이 문헌 검토에서는 기후 변화와 관련하여 열 스트레스가 근로 인구에 미치는 영향에 대한 기존 연구 결과의 개요를 제공한다.</p> <p>기후 변화 적응에 비추어 볼 때, 문헌 연구의 목적은 직업 환경에서 인간의 열 스트레스 영향에 대한 최근 및 이전 연구를 탐구하는 것이었다.</p> <p>작업장에서의 열 스트레스는 과거에 광범위하게 연구되었지만, 기후 변화의 현대적 맥락에서는 그 범위와 함축성에 대한 정보가 부족하다.</p> <p>현재와 미래의 작업장에서 열 스트레스를 악화시키는 주요 요인은 도시 '열섬 효과', 물리적 작업, 개인차, 기술적 해결 방법이 적용되지 않는 개발도상국 환경이다.</p> <p>고령자나 임산부 등 취약계층에 미치는 영향에 대한 정보도 부족하다.</p> <p>기온이 증가하면 업무 생산성이 감소하므로, 세계 경제 생산성은 응축되어 열대 기후 지역의 개발도상국들에게 불균형적으로 영향을 미칠 수 있다.</p> <p>향후 연구에서는 사회, 경제, 환경, 기술적인 측면을 포함한 학제적 접근이 필요하다.</p>

<p>주요 결과</p>	
<p>번호</p>	<p>16</p>
<p>저자</p>	<p>Berry HL, et al.</p>
<p>출판</p>	<p>Asia Pac J Public Health. 2011 Mar;23(2Suppl):119S-32.</p>
<p>제목</p>	<p>Climate change and farmers' mental health: risks and responses.</p>
<p>중심어</p>	<p>mental health, climate change, farmers, rural, Australia, adaptive strategies</p>
<p>내용</p>	<p>기후 변화가 가뭄, 화재 및 홍수와 같은 더 빈번하고 심각한 기상 관련 재해에서 기후 변동성을 악화시키고 있다는 것이 분명히 나타나고 있다.</p> <p>기후 변화가 시골지역 정신 건강에 미칠 수 있는 영향에 대해 알려진 대부분은 장기간의 가뭄과 관련이 있다.</p> <p>가뭄이 불균형적이고 일반적인 스트레스 요인이라고 알려져 있지만, 혼합된 증거 탓에 결정적인 사실은 아니다.</p> <p>시간이 흐르면서 가뭄과 같은 다른 날씨 관련 재난이 농경 사회가 의존하는 사회 경제적 기반을 침식할 수 있다.</p> <p>사회경제적 불이익에 의해 정신건강 문제에 대한 시골지역의 취약성이 크게 증가한다.</p> <p>지역사회가 쇠퇴함에 따라 의료서비스에 대한 접근성이 낮아지고 도움을 구하는 것을 방해하는 "stoical" 문화와 같은 관련 요소들이 복합적으로 작용할 수 있다.</p> <p>호주는 세계에서 가장 가변적인 기후를 가지고 있으며 세계적인 농업 생산국이다. 이 검토의 목적은 기후 변화와 관련된 요인들이 호주의 농민 정신 건강에 어떻게 영향을 미칠 수 있는지를 다른 나라에 알리기 위한 것이다. 이 정보는 적응력 있는 전략을 식별, 선정 및 평가하여 불리한 정신 건강 결과의 위험을 줄이기 위한 전제 조건이다. 저자들은 증가하는 기후 변화와 관련된 기상 역경 증가에 직면한 농민들의 정신 건강에 대한 체계적인 역학의 필요성을 확인했다.</p>



5. 인구주택총조사를 활용한 옥외작업자 규모 추정

1) 전체 경제활동인구에서 옥외작업자 규모 추정

본 연구에서는 일하는 사람을 경제 활동 종사자 모두에 대한 야외근로 여부, 임금 근로자에서 야외근로 여부로 나누어 분석하였다.

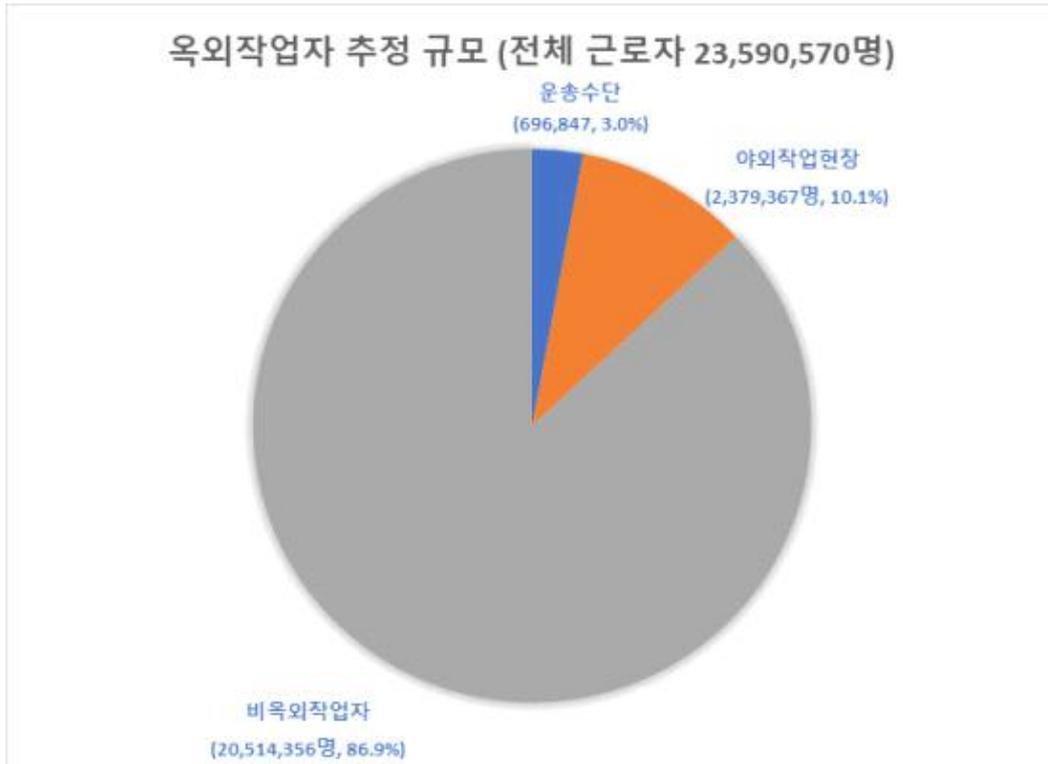
야외 근로여부는 근로장소에 대한 설문 결과를 이용하여 정의하였다. 근로장소 여부는 사업장, 자기집, 남의 집, 거리, 야외 작업 현장, 운송 수단, 기타로 나뉘며, 여기서 [거리, 야외작업현장, 운송수단]을 야외 근로자로 정의하였다.

<표 3-12> 근로장소별 옥외작업자 현황 (인구센서스)

근로장소	빈도	백분율
① 사업장(건물 및 땅)	19,899,769	84.35%
② 자기 집	31,981	0.14%
③ 남의 집	339,032	1.44%
④ 거리	243,003	1.03%
⑤ 야외 작업 현장	2,379,367	10.09%
⑥ 운송 수단	696,847	2.95%
⑦ 기타	571	0.0%

2015 인구 총조사 원시 자료는 총 927,843명이 조사되었고 가중치의 합은 48,339,559였다. 가중치의 평균은 50.1였고 표준 편차는 18.3이었다. 이후 분석 결과는 가중치를 적용한 결과로 표시하였다.

전체 경제활동 종사자는 총 23,490,570명이었고, 야외작업현장과 운송수단을 포함하면 14.1%인 3,319,217명이, 야외 작업 현장만을 포함할 경우 10.1%인 2,379,367명이 야외 근무를 하고 있었다.



[그림 3-27] 전체 경제활동인구에서 옥외작업자 규모

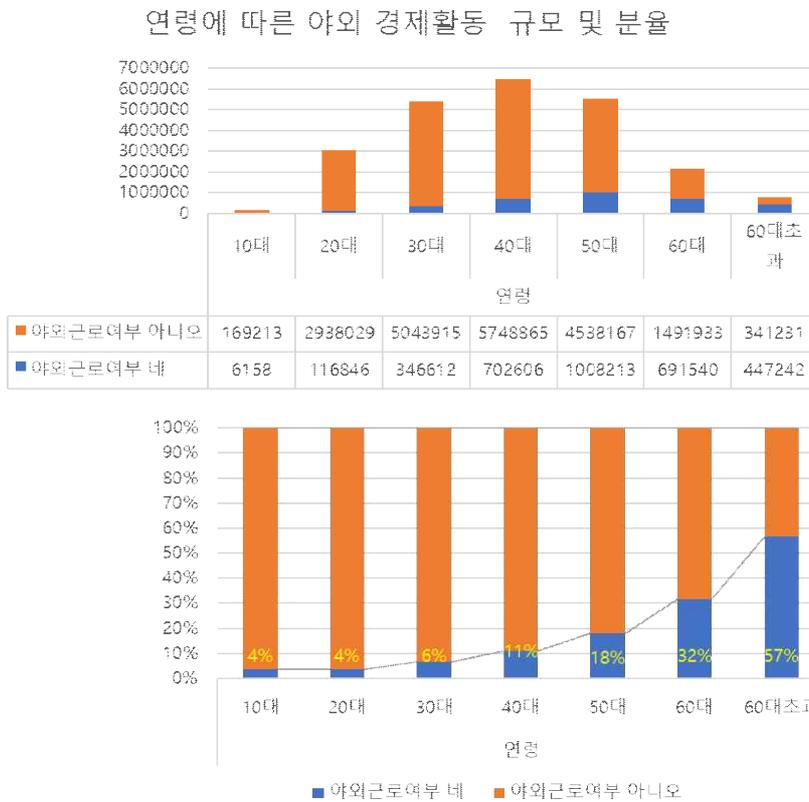
이중 임금근로자는 17,040,344명, 고용원이 없는 자영업은 3,928,492명, 고용원이 있는 자영업은 1,587,723명, 무급 가족 종사자는 1,034,011명이었다. 첫번째로, 전체 경제활동 종사자에 대해서 두번째로 임금근로자만을 대상으로 분석결과를 논의하면 다음과 같다.

전체 경제활동 종사자 중에 야외근로자 명수를 남녀에 따라 구분하였다. 남자는 18.3%인 2,535,886명이, 여성의 경우는 8.0%인 78,331명이 야외에서 경제활동을 하고 있었다.



[그림 3-28] 전체 경제활동인구에서 성별에 따른 옥외작업자 규모

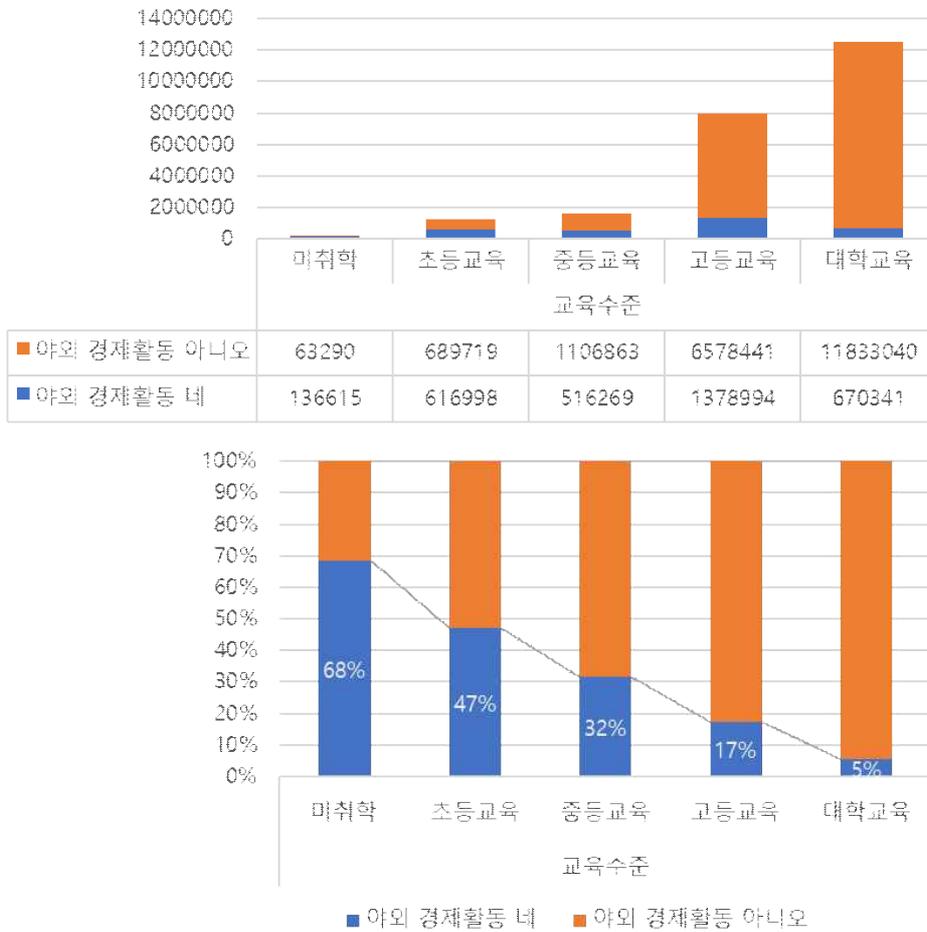
연령 별로는 50대가 1,008,213명으로 가장 많은 야외 근로자 규모를 보였다. 분포를 기준으로는 연령이 증가할수록 각 연령내에서 야외근로자의 분율은 증가하였다. 10대, 20대는 4%, 60대는 32%, 60대초과는 57%가 야외에서 경제활동을 하였다.



[그림 3-29] 전체 경제활동인구에서 연령에 따른 옥외직업자 규모

교육 수준에 따른 야외 경제활동 규모 및 분율을 보면 다음 그림과 같다. 규모로는 고등교육자가 1,378,994명으로 가장 많았고, 분율은 교육수준이 올라갈수록 낮아졌다. 미취학인 경우 68%가 야외 경제활동을 하였고, 초등이 47%, 중등이 32%, 고등이 17% 그리고 대학교육이 5%의 분율을 보였다.

교육 수준에 따른 야외 경제활동 규모 및 분율



[그림 3-30] 경제활동인구에서 교육수준에 따른 옥외작업자 규모

교육 수준에 따라서는 임금근로자에서 1,436,174명이 야외 경제활동을 하였다. 분율로는 무급 가족종사자가 39%, 고용원이 없는 자영업이 35%, 임금근로자가 8%, 고용원이 있는 자영업이 7%로 야외 경제활동의 분포를 보였다.

상기 결과 및 기타 국적과 통학에 따른 분포는 아래의 표와 같다. 위에서 논의한 것 외에도 출퇴근 시간이 15분 이내에서는 20%가 야외 경제활동을 하였고, 이후 출퇴근 시간이 늘어날수록 야외 경제활동의 분율을 줄어 들다가 (1시간 출퇴근에 10%), 다시 증가하여 출퇴근 시간이 2시간을 초과하면 13%가 야외에서 경제활동을 하였다. 국적은 한국이 14.1%, 외국이 13.0%로 야외 경제활동을 하였다.

<표 3-13> 전체 경제활동 종사자에서 옥외작업자 추정 규모

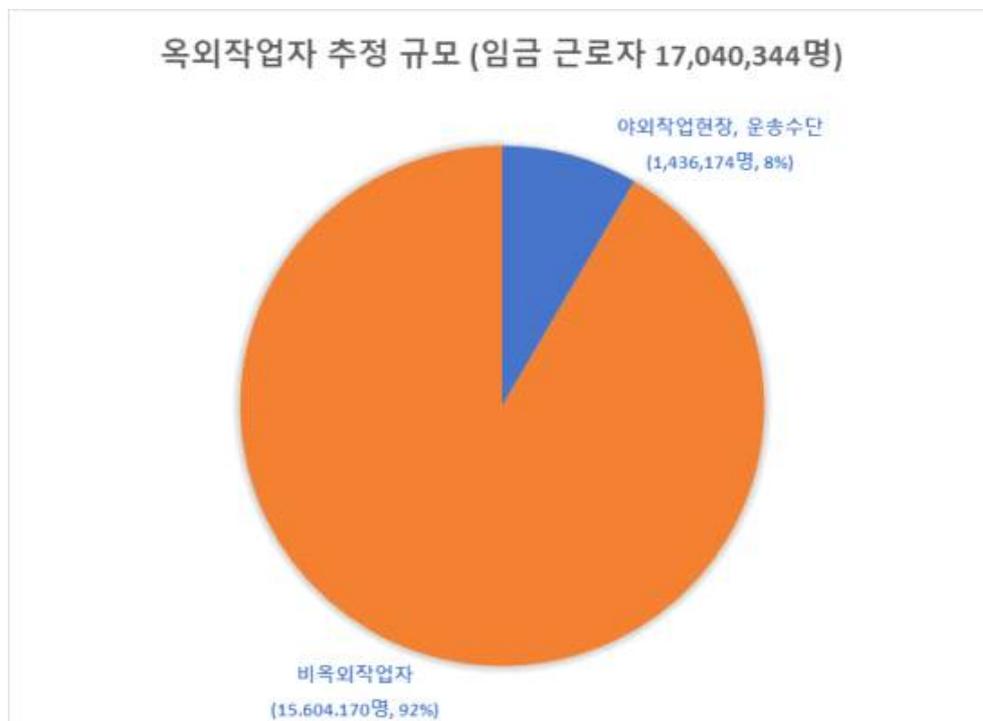
		야외 근무 여부				전체
		네		아니오		
		n	(%)	n	(%)	
전체		3,319,217	(13.1)	20,271,353	(86.9)	23,590,570
성별	남성	2,535,886	(18.3)	11,311,843	(81.7)	13,847,729
	여성	783,331	(8)	8,959,510	(92)	9,742,841
연령	10대	6,158	(3.5)	169,213	(96.5)	175,371
	20대	116,846	(3.8)	2,938,029	(96.2)	3,054,875
	30대	346,612	(6.4)	5,043,915	(93.6)	5,390,527
	40대	702,606	(10.9)	5,748,865	(89.1)	6,451,471
	50대	1,008,213	(18.2)	4,538,167	(81.8)	5,546,380
	60대	691,540	(31.7)	1,491,933	(68.3)	2,183,473
	60대 초과	447,242	(56.7)	341,231	(43.3)	788,473
교육수준	미취학	136,615	(68.3)	63,290	(31.7)	199,905
	초등교육	616,998	(47.2)	689,719	(52.8)	1,306,717
	중등교육	516,269	(31.8)	1,106,863	(68.2)	1,623,132
	고등교육	1,378,994	(17.3)	6,578,441	(82.7)	7,957,435
	대학교육	670,341	(5.4)	11,833,040	(94.6)	12,503,381
국적	한국	3,296,299	(14.1)	20,118,577	(85.9)	23,414,876

82...기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구

	외국	22,918	(13)	152,776	(87)	175,694
종사형태	임금근로자	1,436,174	(8.4)	15,604,170	(91.6)	17,040,344
	고용원없는 자영업	1,375,252	(35)	2,553,240	(65)	3,928,492
	고용원있는 자영업	108,534	(6.8)	1,479,189	(93.2)	1,587,723
	무급 가족 종사자	399,257	(38.6)	634,754	(61.4)	1,034,011
출퇴근 거리	15분 이하	1,553,915	(20.2)	6,144,170	(79.8)	7,698,085
	30분 이하	1,056,957	(12.7)	7,293,186	(87.3)	8,350,143
	45분 이하	204,260	(8.8)	2,129,327	(91.2)	2,333,587
	1시간 이하	354,566	(10.3)	3,081,331	(89.7)	3,435,897
	2시간 이하	138,021	(8.2)	1,549,122	(91.8)	1,687,143
	2시간 초과	11,498	(13.4)	74,217	(86.6)	85,715

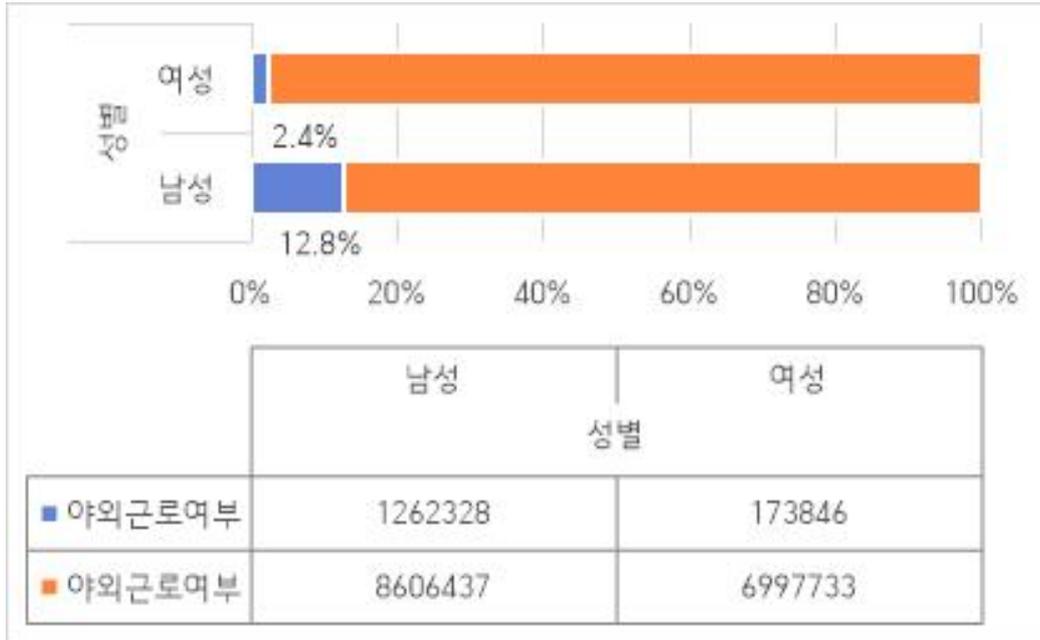
2) 임금근로자에서 옥외작업자 규모 추정

총 17,040,344명의 임금 근로자 중에서 야외작업장과 운송수단을 합할 경우, 8%인 1,436,174명이 옥외 작업자로 추정된다. 전체 근로자를 대상으로 하였을 경우인 13.1%와 차이가 있었으며, 이 차이는 임금근로 형태가 아닌 자영업이나 무급가족종사자 등에서 옥외작업자의 비율이 상대적으로 크기 때문인 것으로 확인된다(표 3-13 참조).



[그림 3-31] 임금근로자에서 옥외작업자 규모

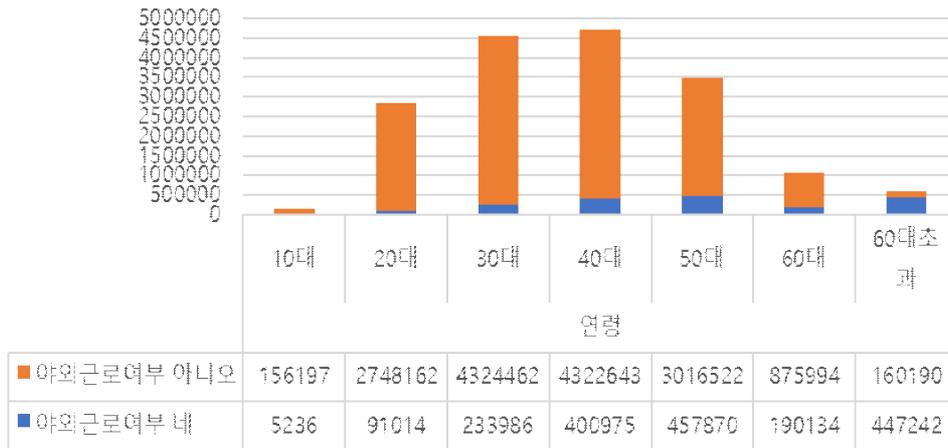
전체 임금 근로자 중에 야외근로자 명수를 남녀에 따라 구분하였다. 남자는 12.8%인 1,262,328명이, 여자는 2.4%인 173,846명이 야외에서 근로를 하였다.



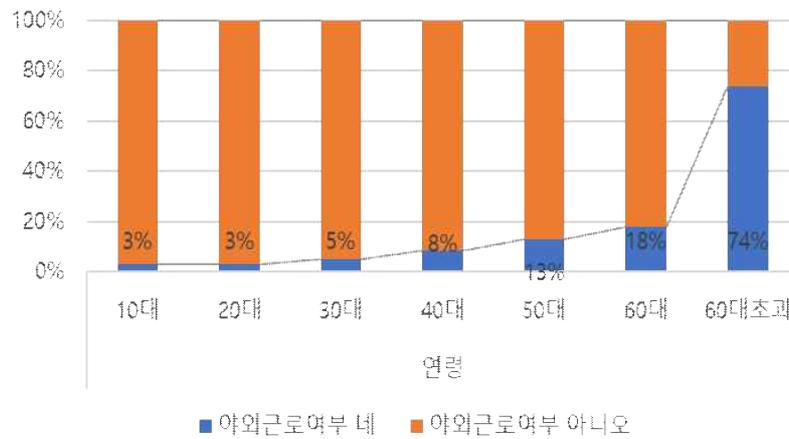
[그림 3-32] 임금 근로자에서 성별에 따른 옥외작업자 규모

연령별로는 50대가 457,870으로 가장 많은 야외 근로자 규모를 보였다. 분률을 기준으로 연령이 증가할수록 각 연령내에서 야외근로자의 분률은 증가하였다. 10대, 20대는 3%가 야외근로자 였지만, 60대는 18%가, 60대초과는 74%가 야외에서 근로활동을 하였다.

연령에 따른 야외 근로자 규모

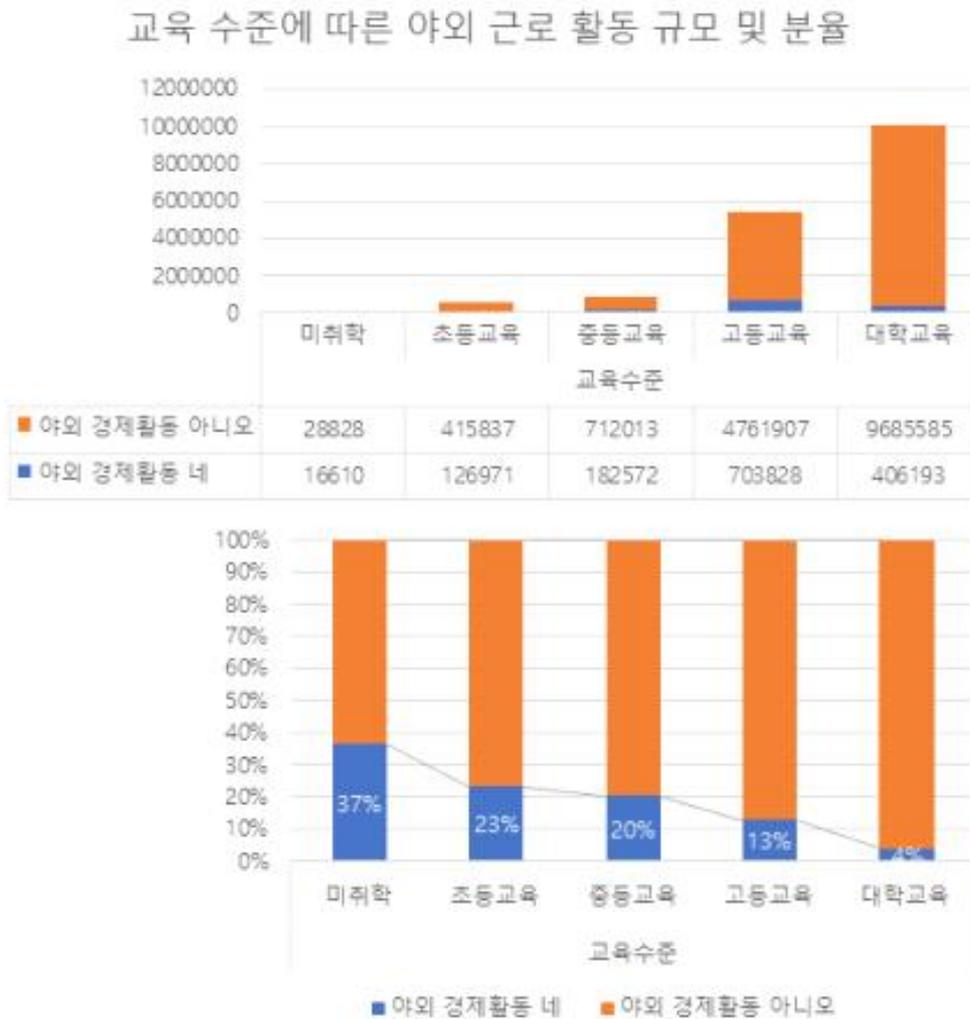


연령에 따른 야외 근로자 비율 (%)



[그림 3-33] 임금 근로자에서 연령에 따른 옥외작업자 규모

교육 수준에 따른 야외 근로활동 규모 및 분율을 보면 아래 그림과 같다. 규모로는 고등교육자가 703,828명으로 가장 많았고, 분율은 교육수준이 올라갈수록 낮아졌다. 미취학인 경우 37%가 야외 경제활동을 하였고, 초등이 23%, 중등이 20%, 고등이 13% 그리고 대학교육이 4%의 분율을 보였다.



[그림 3-34] 임금 근로자에서 교육에 따른 옥외작업자 규모

상기 결과 및 기타 국적과 통학에 따른 분포는 아래의 표와 같다. 위에서 논의한 것 외에도 출퇴근 시간이 15분 이내에서는 9.2%가 야외 경제활동을 하였고, 이후 출퇴근 시간이 늘어날수록 야외 경제활동의 분율을 줄어 들다가 출퇴근 시간이 2시간이 초과하면서 11.6%가 야외에서 근로 활동을 하였다. 국적은 한국이 8.4%, 외국이 9.3%로 야외 경제활동을 하였다.

<표 3-14> 임금근로자에서 옥외작업자 추정 규모

		야외 근무 여부				전체
		네		아니오		
		n	(%)	n	(%)	
전체		1,436,174	(8.4)	15,604,170	(91.6)	17,040,344
성별	남성	1,262,328	(12.8)	8,606,437	(87.2)	9,868,765
	여성	173,846	(2.4)	6,997,733	(97.6)	7,171,579
연령	10대	5,236	(3.2)	156,197	(96.8)	161,433
	20대	91,014	(3.2)	2,748,162	(96.8)	2,839,176
	30대	233,986	(5.1)	4,324,462	(94.9)	4,558,448
	40대	400,975	(8.5)	4,322,643	(91.5)	4,723,618
	50대	457,870	(13.2)	3,016,522	(86.8)	3,474,392
	60대	190,134	(17.8)	875,994	(82.2)	1,066,128
	60대 초과	56,959	(26.2)	160,190	(73.8)	217,149
교육수준	미취학	16,610	(36.6)	28,828	(63.4)	45,438
	초등교육	126,971	(23.4)	415,837	(76.6)	542,808
	중등교육	182,572	(20.4)	712,013	(79.6)	894,585
	고등교육	703,828	(12.9)	4,761,907	(87.1)	5,465,735
	대학교육	406,193	(4)	9,685,585	(96)	10,091,778
국적	한국	1,422,661	(8.4)	15,472,440	(91.6)	16,895,101
	외국	13,513	(9.3)	131,730	(90.7)	145,243
출퇴근거리	15분 이하	406,493	(9.2)	3,992,379	(90.8)	4,398,872
	30분 이하	558,576	(8.7)	5,829,435	(91.3)	6,388,011
	45분 이하	130,522	(6.9)	1,750,781	(93.1)	1,881,303

	1시간 이하	230,753	(8.2)	2,588,892	(91.8)	2,819,645
	2시간 이하	101,078	(6.8)	1,375,746	(93.2)	1,476,824
	2시간 초과	8,752	(11.6)	66,937	(88.4)	75,689

야외근로자 규모를 추산하기 위해 전국민 2% 표본추출 센서스자료를 이용하였다. 이후 전국민을 추정할 수 있는 가중치를 적용하여 분석하였다. 야외작업현장, 거리, 운송 수단이 근로장소인 경우 야외 근로자로 정의하였다. 총 경제활동자에서 야외 경제활동 여부를, 임금 근로자에서 야외 근로활동 여부를의 규모 및 분율을 조사하였다.

총 경제활동 종사자 중에는 14%인 3,319,217명 야외에서 경제활동을 하고 있었다. 임금 근로자에서는 8%인 1,436,174명이 야외에서 근로활동을 하였다.

특징으로는 남성에서, 연령이 높을 수록, 교육 수준이 낮을 수록 야외에서 경제활동과 근로활동을 하는 분율이 높았다. 60대 초과 연령에서는 과반수 이상이 야외 경제활동을, 26%가 야외 근로활동을 하였다. 미취학의 경우 68%가 야외 경제활동을, 23%가 야외 근로활동을 하였다.

인구학적, 직업보건적 특성에 따라 야외근로자 분포가 달랐므로 이를 반영한 연구 및 정책 개발이 필요하겠다.

6. 근로환경조사를 활용한 옥외작업자 규모 추정

1) 근로환경조사 분석 개요

제4차 한국근로환경조사를 사용하여 옥외작업자 규모를 추정하였다. 한국근로환경조사(Korean Working Condition Survey, KWCS)는 산업안전보건공단과 산업안전보건연구원에서 한국 근로자의 근무환경 조사를 바탕으로 산업안전보건정책 수립에 활용하기 위해 유럽근로환경조사(Europe Working Condition Survey, EWCS)를 벤치마킹하여 시행하고 있는 설문조사이다. 전국의 만 15세 이상의 취업자를 대상으로 근로형태, 고용형태, 직종, 업종, 위험요인 노출, 고용안정 등의 업무환경을 전반적으로 파악하기 위한 조사로, 약 50,000명의 근로자들 대상으로 조사되었다.

근로환경조사의 목표모집단은 “조사시점 현재 대한민국에 거주하는 모든 가구 내의 만 15세 이상 취업자”로 정의할 수 있으나 조사의 현실적인 측면을 고려하여 섬, 기숙시설, 특수사회시설, 관광호텔 및 외국인 조사구를 제외한 인구주택총조사 상의 아파트 조사구 및 일반조사구 내의 가구를 조사모집단으로 하였으며, 표본으로 추출된 가구 내에서 ‘취업자’ 기준에 부합되는 적격 대상자를 최종 조사대상자로 선정하여 조사를 진행하였다. 취업자 기준은 유럽근로환경조사나 통계청의 경제활동인구조사와 동일하게 “조사 대상 시점을 기준으로 지난 1주간 ‘수입’을 목적으로 1시간 이상 일한 자”로 정의하였다. 연령, 경제활동 여부, 휴직 여부, 무급가족종사자 여부를 바탕으로 50,000명의 대상자가 선정되었다.

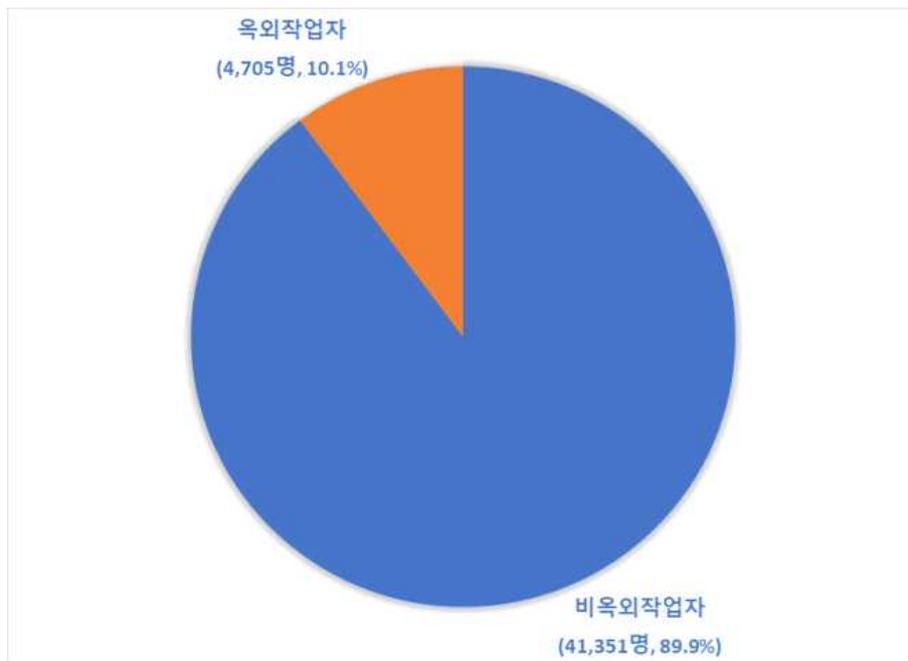
작업환경, 작업특징, 작업조직, 작업시간, 조직의 의사소통, 사회심리적요인, 건강영향지표, 직업에 대한 만족도, 인구학적 특징 등의 변수를 포함하고 있다. 근로장소의 특성은 “귀하가 주로 일하는 장소는 다음 중 어디입니까?” 라는 질문에 답변한 내용을 바탕으로 정의하였다. 고용주의 사업장(사무실, 공장, 점포, 학교 등), 고객의 사업장(사무실, 공장, 점포, 학교, 가정 등), 자동차 등 교통수단 내, 실

외(건설현장, 농/밭/과수원/비닐하우스/축사 등, 거리), 내 집, 기타로 나뉘며, 해당 질문에 실외(건설현장, 농/밭/과수원/비닐하우스/축사 등, 거리)에서 일한다고 답변한 사람을 옥외근로자로 정의하였다.

2) 옥외작업자 규모 추정

4차 근로환경조사는 50,007명이 조사되었다. 성별, 나이, 교육수준, 종사상 지위, 국적, 출퇴근시간, 옥외근로 여부, 고열작업 노출 여부 관련 변수에 답변하지 않은 3,951명을 제외한 46,056명을 대상으로 분석을 시행하였다.

전체 근로자는 46,056명이었고, 실외와 교통수단을 포함할 경우 4,705명(10.1%)이 옥외근로자에 해당하였다.



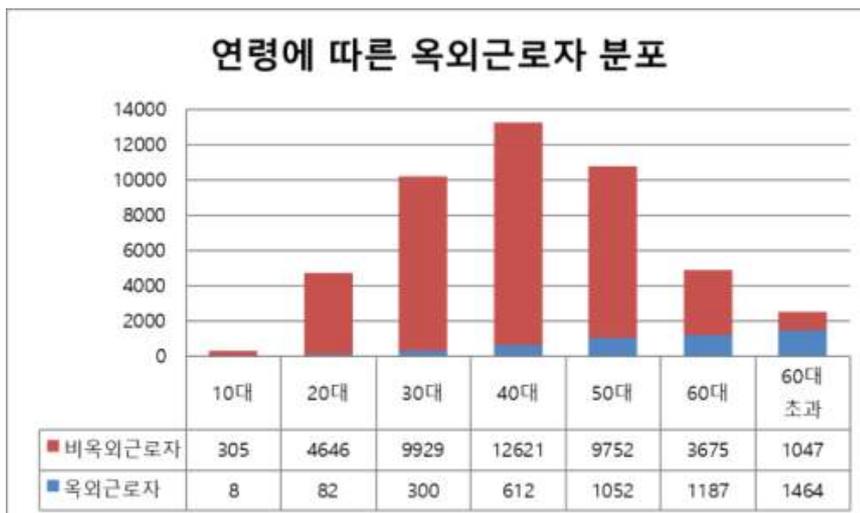
[그림 3-35] 옥외작업자 규모

전체 근로자 중 옥외근로자 비율을 성별에 따라 구분하였다. 남성 전체 23,532명 중 11.6%인 2,740명, 여성 전체 23,148명 중 8.5%인 1,966명이 옥외근로자에 해당하였다.

<표 3-15> 성별에 따른 옥외작업자 규모

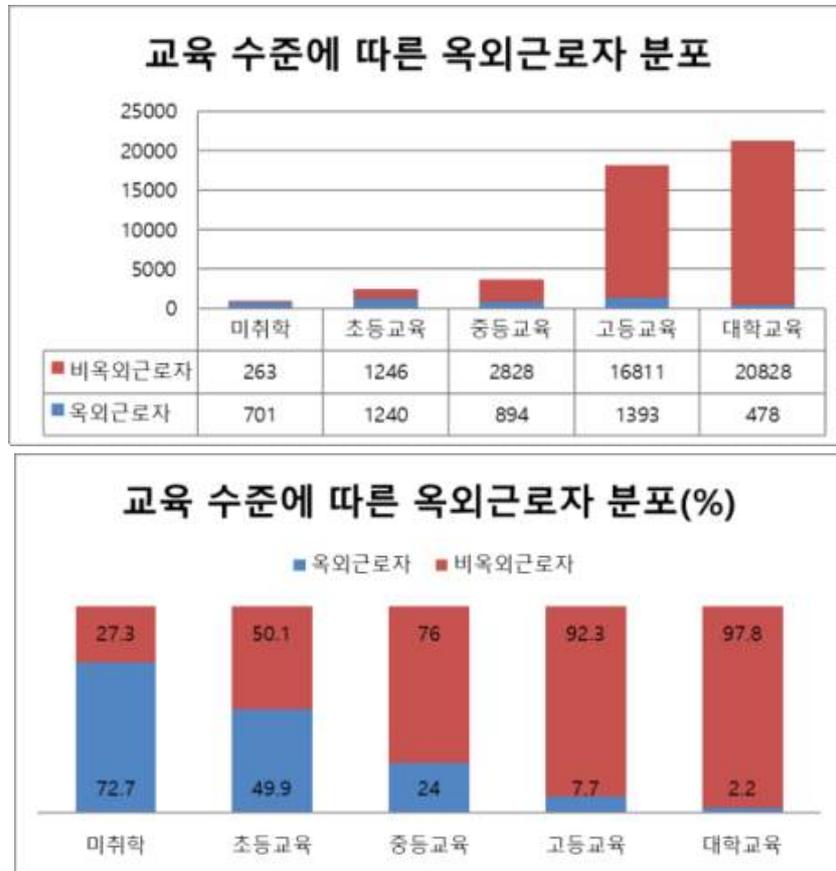
	남성		여성	
	옥외작업자	2,740	11.6%	1,966
비옥외작업자	20,793	88.4%	21,182	91.5%

연령별로는 60대 초과에서 1,464명(58.3%), 60대에서 1,187명(24.4%), 50대에서 1,052명(9.7%), 40대에서 612명(4.6%), 30대에서 300명(2.9%), 20대에서 82명(1.7%), 10대에서 8명(2.6%)로 10대가 20대보다 옥외근로자가 많은 것을 제외하면 연령이 증가할수록 각 연령대에서 옥외근로자의 비율이 증가하는 경향이 있었다.



[그림 3-36] 연령에 따른 옥외작업자 규모

교육 수준에 따른 옥외근로자의 분포는 다음 그림과 같다. 규모는 대학교육 이상을 이수한 자가 가장 많았고, 옥외근로자 비율은 교육수준이 낮을수록 많은 경향이 있었다. 미취학자의 경우 964명 중 72.7%인 701명, 초등교육까지 이수한 자는 2,486명 중 49.9%인 1,240명, 중등교육까지 이수한 자는 3,722명 중 24.0%인 894명, 고등교육까지 이수한 자는 18,204명 중 7.7%인 1,393명, 대졸 이상의 학력자는 21,306명 중 2.2%인 478명이 옥외근로자에 해당하였다.



[그림 3-37] 교육수준에 따른 옥외작업자 규모

종사상 지위에 따라 분류하면 임금근로자가 가장 많았고, 고용원 없는 자영업자, 고용원 있는 자영업자, 무급가족종사자 순으로 많았다. 옥외근로자는 무급가족종사자가 가장 많았고, 고용원 없는 자영업자, 임금근로자, 고용원 있는 자영업자 순으로 많았다. 무급가족종사자는 2,061명 중 40.6%인 837명, 고용원 없는 자영업자는 6,794명 중 23.3%인 1,584명, 임금근로자는 34,961명 중 6.2%인 2,177명, 고용원 있는 자영업자는 2,854명 중 3.6%인 104명이 옥외근로자에 해당하였다.



[그림 3-38] 종사상 지위에 따른 옥외작업자 규모

성별, 연령, 교육 수준, 종사상 지위 등의 상기 결과 및 출생국과 출퇴근 시간에 대한 분포는 아래의 표와 같다. 출퇴근 시간이 15분 이내인 사람들의 옥외근로자 비율이 24.5%로 가장 높았다. 또한, 한국 출생자보다 이외의 국가 출생자들이 옥외근로를 하는 비율이 더 높았다.

<표 3-16> 옥외작업자 추정 규모 정리

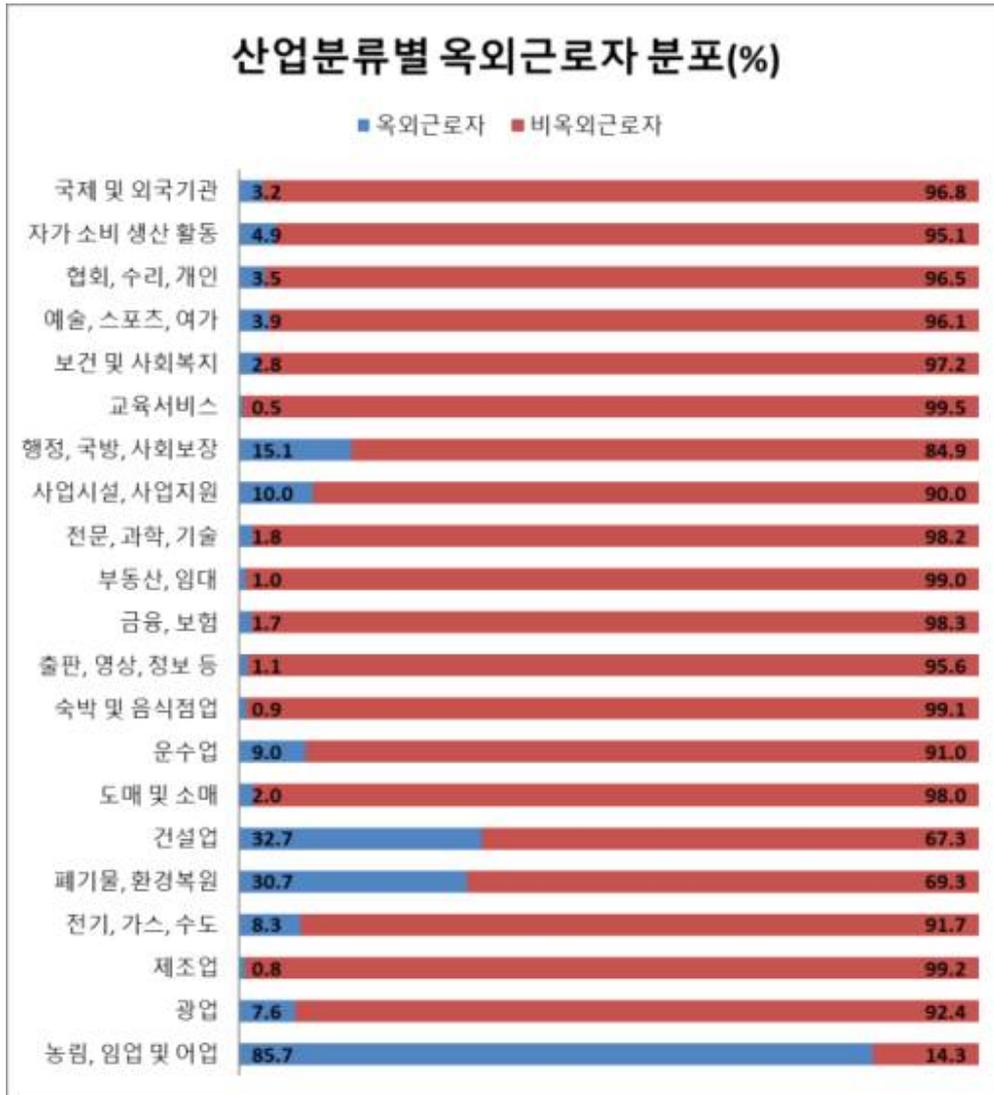
		야외 근무 여부				전체
		네		아니오		
		n	(%)	n	(%)	
전체		4,705	10.1	41,351	10.1	46,056
성별	남성	2,740	11.6	20,793	88.4	23,533
	여성	1,966	8.5	21,182	91.5	23,148
연령	10대	8	2.6	305	97.4	313
	20대	82	1.7	4,646	98.3	4,728
	30대	300	2.9	9,929	97.1	10,229
	40대	612	4.6	12,621	95.4	13,233
	50대	1,052	9.7	9,752	90.3	10,804
	60대	1,187	24.4	3,675	75.6	4,862
	60대 초과	1,464	58.3	1,047	41.7	2,511
교육수준	미취학	701	72.7	263	27.3	964
	초등교육	1,240	49.9	1,246	50.1	2,486
	중등교육	894	24.0	2,828	76.0	3,722
	고등교육	1,393	7.7	16,811	92.3	18,204
	대학교육	478	2.2	20,828	97.8	21,306
국적	한국	2,177	6.2	32,784	93.8	34,961
	외국	1,584	23.3	5,210	76.7	6,794
종사형태	임금근로자	104	3.6	2,750	96.4	2,854
	고용원없는 자영업	837	40.6	1,224	59.4	2,061
	고용원있는 자영업	4,678	10.1	41,811	89.9	46,489
	무급 가족 종사자	28	14.5	164	85.5	192

출퇴근 거리	15분 이하	1,606	24.5	4,957	75.5	6,563
	30분 이하	1,767	10.5	15,003	89.5	16,770
	45분 이하	474	5.6	8,039	94.4	8,513
	1시간 이하	523	6.2	7,870	93.8	8,393
	2시간 이하	292	5.2	5,275	94.8	5,567
	2시간 초과	43	5.0	831	95.0	874

산업 분류별로 옥외작업자 비율을 산출하였고 그 결과는 아래 표와 같다. 농림, 임업 및 어업 종사자 총 2,627명 중 2,251명(85.7%)이 옥외근로자로 분류되어 가장 많았고, 건설업(3,032명 중 992명, 32.7%) 및 폐기물, 환경복원(552명 중 169명, 30.7%)이 그 뒤를 이었다. 가장 옥외근로자 비율이 적은 직종은 교육서비스 종사자였다.

<표 3-17> 산업분류별 옥외작업자 추정 규모

	야외 근무 여부				전체
	네		아니오		
	n	(%)	n	(%)	
전체	4,705	10.1	41,975	89.9	46,680
농림, 임업 및 어업	2,251	85.7	376	14.3	2,627
광업	5	7.6	63	92.4	68
제조업	63	0.8	7,424	99.2	7,487
전기, 가스, 수도	63	8.3	698	91.7	761
폐기물, 환경복원	169	30.7	383	69.3	552
건설업	992	32.7	2,040	67.3	3,032
도매 및 소매	142	2.0	6,879	98.0	7,021
운수업	148	9.0	1,503	91.0	1,651
숙박 및 음식점업	32	0.9	3,719	99.1	3,751
출판, 영상, 정보 등	46	1.1	1,005	95.6	1,051
금융, 보험	40	1.7	2,366	98.3	2,406
부동산, 임대	9	1.0	920	99.0	929
전문, 과학, 기술	19	1.8	1,032	98.2	1,051
사업시설, 사업지원	171	10.0	1,537	90.0	1,708
행정, 국방, 사회보장	299	15.1	1,682	84.9	1,981
교육서비스	18	0.5	3,495	99.5	3,513
보건 및 사회복지	77	2.8	2,696	97.2	2,773
예술, 스포츠, 여가	26	3.9	637	96.1	663
협회, 수리, 개인	110	3.5	2,998	96.5	3,108
자가 소비 생산 활동	25	4.9	495	95.1	520
국제 및 외국기관	1	3.2	28	96.8	29

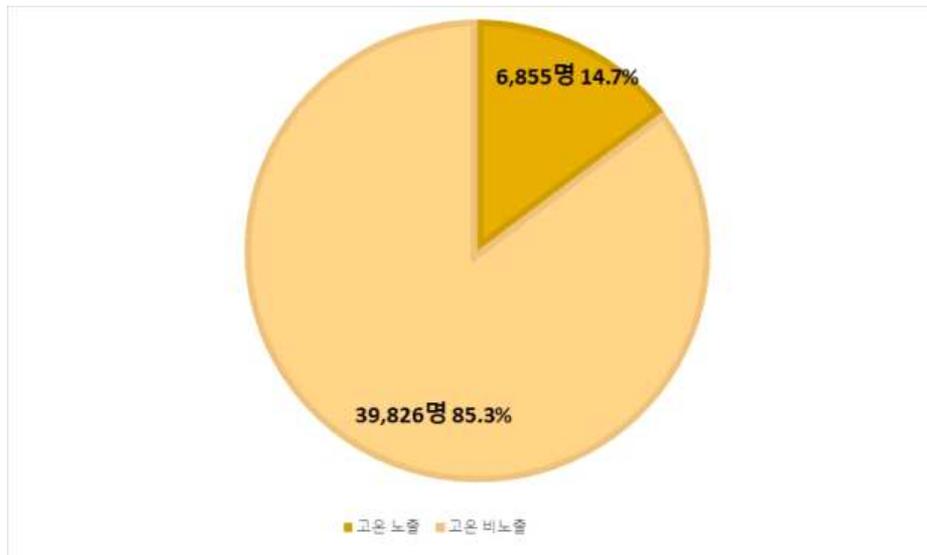


[그림 3-39] 산업분류별 옥외작업자 추정 규모

3) 고온노출 근로자 규모 추정

전체 근로자 중 고온에 노출되는 근로자의 규모와 특성을 분석하였다. “귀하가 일을 할 때 일하지 않을 때조차 땀을 흘릴 정도로 높은 온도에 어느 정도 노출되십니까?” 라는 질문에 근무시간의 절반 이상 노출된다고 답변한 사람들을 고온노출 근로자로 정의하였다.

성별, 나이, 교육수준, 종사상 지위, 국적, 출퇴근시간, 옥외근로 여부, 고온노출 여부 관련 변수에 답변하지 않은 3,326명을 제외한 46,681명을 대상으로 분석을 시행하였다. 전체 근로자는 46,681명이었고, 이 중 6,855명(14.7%)이 근무 중 고온에 노출되었다.



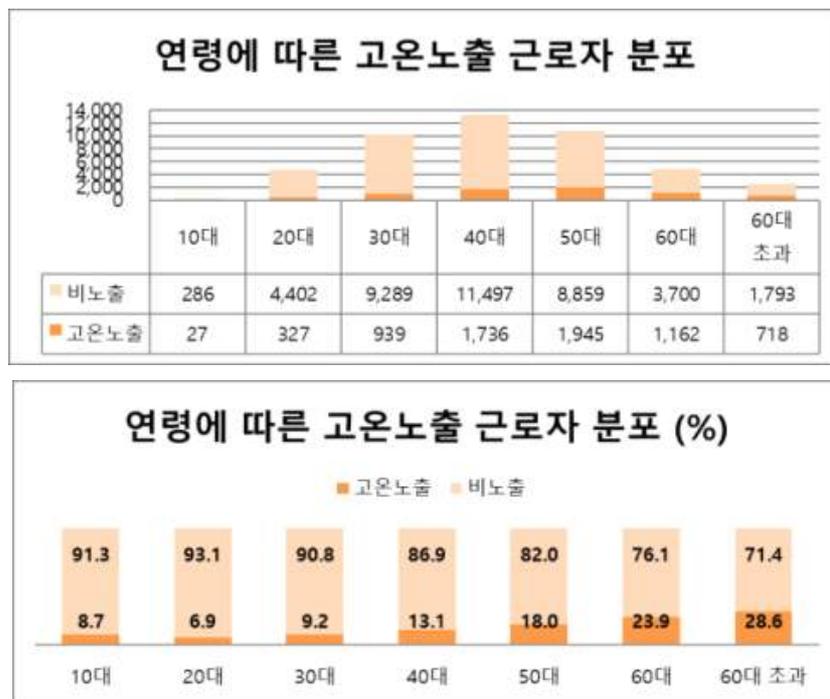
[그림 3-40] 고온 노출 근로자 추정 규모

전체 근로자 중 고온노출 근로자 비율을 성별에 따라 구분하였다. 남성 전체 23,532명 중 19.2%인 4,340명, 여성 전체 23,148명 중 14.2%인 2,514명이 근무 중 고온에 노출되었다.

<표 3-18> 성별에 따른 고온노출 근로자 규모

	남성		여성	
	고온노출근로자	4,340	19.2%	2,514
비고온노출근로자	19,192	80.8%	20,634	85.8%

연령별로는 60대 초과에서 718명(28.6%), 60대에서 1,162명(23.9%), 50대에서 1,945명(18.0%), 40대에서 1,736명(13.1%), 30대에서 939명(9.2%), 20대에서 327명(6.9%), 10대에서 27명(8.7%)으로 전체적으로 연령이 증가할수록 각 연령대에서 고온노출 근로자의 비율이 증가하는 경향이 있었다.



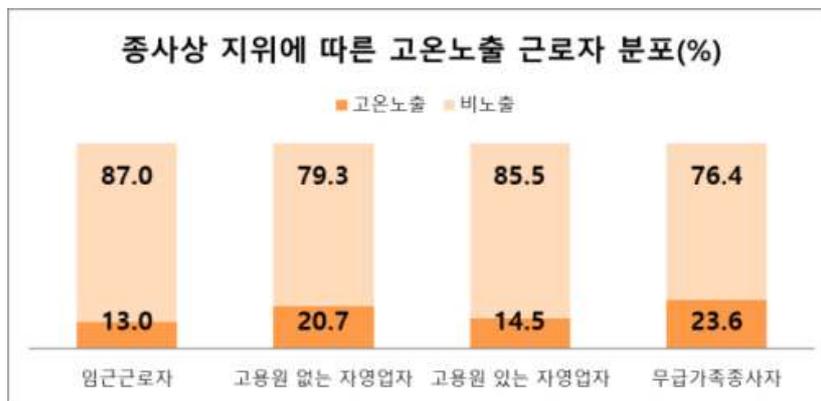
[그림 3-41] 연령에 따른 고온 노출 근로자 규모

교육 수준에 따른 고온노출 근로자의 분포는 그림 10과 같다. 규모는 대학교육 이상을 이수한 자가 가장 많았고, 고온노출 근로자 비율은 교육수준이 낮을수록 많은 경향이 있었다. 미취학자의 경우 964명 중 33.4%인 322명, 초등교육까지 이수한 자는 2,485명 중 30.7%인 762명, 중등교육까지 이수한 자는 3,722명 중 28.2%인 1,048명, 고등교육까지 이수한 자는 18,204명 중 18.5%인 3,374명, 대졸 이상의 학력자는 21,306명 중 6.3%인 1,349명이 고온노출 근로자에 해당하였다.



[그림 3-42] 교육수준에 따른 고온 노출 근로자 규모

종사상 지위에 따라 분류하면 임금근로자가 가장 많았고, 고용원 없는 자영업자, 고용원 있는 자영업자, 무급가족종사자 순으로 많았다. 고온노출 근로자는 무급가족종사자가 가장 많았고, 고용원 없는 자영업자, 고용원 있는 자영업자, 임금근로자 순으로 많았다. 무급가족종사자는 2,061명 중 23.6%인 487명, 고용원 없는 자영업자는 6,795명 중 20.7%인 1,406명, 고용원 있는 자영업자는 2,854명 중 14.5%인 413명, 임금근로자는 34,961명 중 13.0%인 4,547명이 고온노출 근로자에 해당하였다.



[그림 3-43] 종사상 지위에 따른 고온 노출 근로자 규모

성별, 연령, 교육 수준, 종사상 지위 등의 상기 결과 및 출생국과 출퇴근 시간에 대한 분포는 아래의 표와 같다. 출퇴근 시간이 15분 이내인 사람들의 고온노출 근로자 비율이 19.1%로 가장 높았다. 또한, 한국 출생자보다 이외의 국가 출생자들이 고온에 노출되는 비율이 더 높았다.

<표 3-19> 고온노출 근로자 추정 규모 정리

		고온 노출 여부				전체
		네		아니오		
		n	(%)	n	(%)	
전체		6,855	14.7	39,826	85.3	46,681
성별	남성	4,340	19.2	19,192	81.6	23,532
	여성	2,514	14.2	20,634	89.1	23,148
연령	10대	27	8.7	286	91.3	313
	20대	327	6.9	4,402	93.1	4,729
	30대	939	9.2	9,289	90.8	10,228
	40대	1,736	13.1	11,497	86.9	13,233
	50대	1,945	18.0	8,859	82.0	10,804
	60대	1,162	23.9	3,700	76.1	4,862
	60대 초과	718	28.6	1,793	71.4	2,511
교육수준	미취학	322	33.4	642	66.6	964
	초등교육	762	30.7	1,723	69.3	2,485
	중등교육	1,048	28.2	2,674	71.8	3,722
	고등교육	3,374	18.5	14,830	81.5	18,204
	대학교육	1,349	6.3	19,957	93.7	21,306
국적	한국	4,547	13.0	30,414	87.0	34,961
	외국	1,406	20.7	5,389	79.3	6,795
종사형태	임금근로자	413	14.5	2,441	85.5	2,854
	고용원없는 자영업	487	23.6	1,574	76.4	2,061
	고용원있는 자영업	6,788	14.6	39,692	85.4	46,480

	무급 가족 종사자	66	34.4	126	65.6	192
출퇴근 거리	15분 이하	1,250	19.1	5,311	80.9	6,561
	30분 이하	2,631	15.7	14,136	84.3	16,767
	45분 이하	1,192	14.0	7,320	86.0	8,512
	1시간 이하	1,079	12.9	7,314	87.1	8,393
	2시간 이하	605	10.9	4,959	89.1	5,564
	2시간 초과	96	11.0	776	89.0	872

산업분류별로 고온노출 근로자 비율을 산출하였고 그 결과는 아래 표와 같다. 농림, 임업 및 어업 종사자 총 2,625명 중 1,655명(63.0%)이 고온노출 근로자로 분류되어 가장 많았고, 건설업(3,033명 중 1,043명, 34.4%) 및 폐기물, 환경복원(551명 중 151명, 27.4%)이 그 뒤를 이었다. 가장 고온노출 근로자 비율이 적은 직종은 국제 및 외국기관 종사자였다.

<표 3-20> 산업분류별 고온노출 근로자 추정 규모

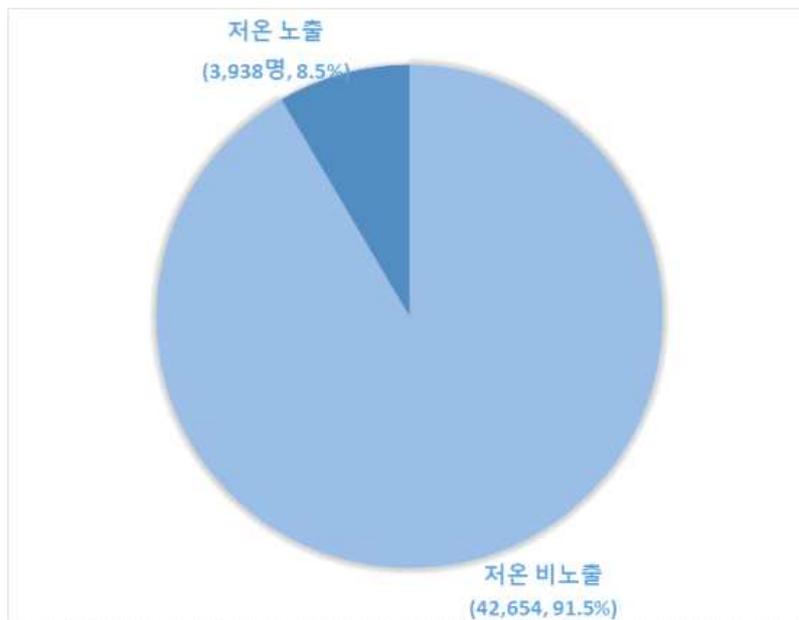
	고온 노출 여부				전체
	네		아니오		
	n	(%)	n	(%)	
전체	6,854	14.7	39,817	85.3	46,671
농림, 임업 및 어업	970	37.0	1,655	63.0	2,625
광업	13	19.1	55	80.9	68
제조업	1,370	18.3	6,117	81.7	7,487
전기, 가스, 수도	163	21.4	598	78.6	761
폐기물, 환경복원	151	27.4	400	72.6	551
건설업	1,043	34.4	1,990	65.6	3,033
도매 및 소매	595	8.5	6,425	91.5	7,020
운수업	242	14.7	1,408	85.3	1,650
숙박 및 음식점업	740	19.7	3,011	80.3	3,751
출판, 영상, 정보 등	46	4.4	1,004	95.6	1,050
금융, 보험	48	2.0	2,357	98.0	2,405
부동산, 임대	43	4.6	885	95.4	928
전문, 과학, 기술	70	6.7	981	93.3	1,051
사업시설, 사업지원	253	14.8	1,454	85.2	1,707
행정, 국방, 사회보장	197	9.9	1,783	90.1	1,980
교육서비스	139	4.0	3,372	96.0	3,511
보건 및 사회복지	140	5.0	2,633	95.0	2,773
예술, 스포츠, 여가	50	7.5	614	92.5	664
협회, 수리, 개인	499	16.1	2,609	83.9	3,108
자가 소비 생산 활동	82	15.7	439	84.3	521
국제 및 외국기관	0	0.0	28	100.0	28



[그림 3-44] 산업분류별 고온 노출 근로자 규모

4) 저온노출 근로자 규모 추정

전체 근로자 중 저온에 노출되는 근로자의 규모와 특성을 분석하였다. “귀하가 일을 할 때 실내/실외에 관계없이 낮은 온도에 어느 정도 노출되십니까?” 라는 질문에 근무시간의 절반 이상 노출된다고 답변한 사람들을 저온노출 근로자로 정의하였다. 성별, 나이, 교육수준, 종사상 지위, 국적, 출퇴근시간, 옥외근로 여부, 저온노출 여부 관련 변수에 답변하지 않은 3,415명을 제외한 46,592명을 대상으로 분석을 시행하였다. 전체 근로자는 46,592명이었고, 이 중 3,938명(8.5%)이 근무 중 저온에 노출되었다.



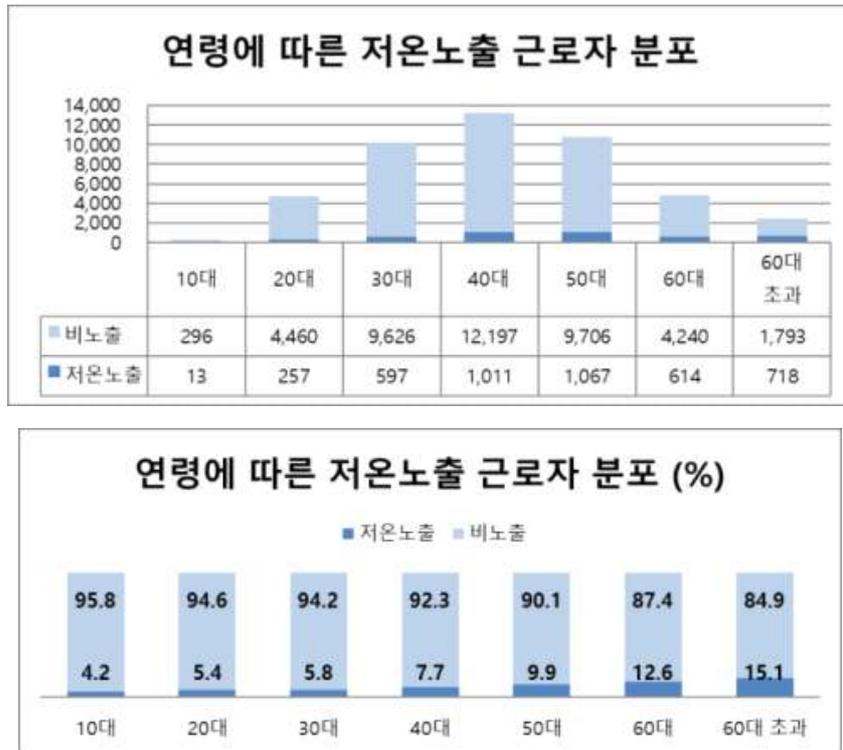
[그림 3-45] 저온 노출 근로자 추정 규모

전체 근로자 중 저온노출 근로자 비율을 성별에 따라 구분하였다. 남성 전체 23,467명 중 10.5%인 2,456명, 여성 전체 21,642명 중 6.4%인 1,482명이 근무 중 저온에 노출되었다.

<표 3-21> 성별에 따른 저온노출 근로자 규모

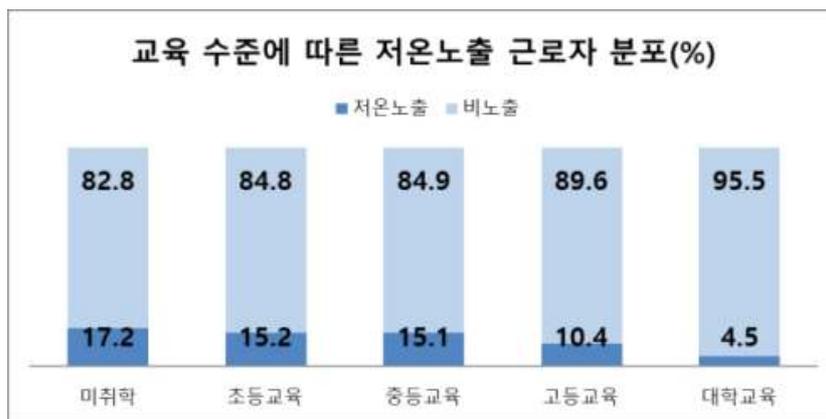
	남성		여성	
	저온노출근로자	2,456	10.5%	1,482
비저온노출근로자	21,011	89.5%	21,642	93.6%

연령별로는 60대 초과에서 718명(28.6%), 60대에서 1,162명(23.9%), 50대에서 1,945명(18.0%), 40대에서 1,736명(13.1%), 30대에서 939명(9.2%), 20대에서 327명(6.9%), 10대에서 27명(8.7%)으로 전체적으로 연령이 증가할수록 각 연령대에서 저온노출 근로자의 비율이 증가하는 경향이 있었다.



[그림 3-46] 연령에 따른 저온노출 근로자 규모

교육 수준에 따른 저온노출 근로자의 분포는 다음 그림1과 같다. 규모는 대학 교육 이상을 이수한 자가 가장 많았고, 저온노출 근로자 분율은 교육수준이 낮을 수록 많은 경향이 있었다. 미취학자의 경우 961명 중 17.2%인 165명, 초등교육까지 이수한 자는 2,480명 중 15.2%인 378명, 중등교육까지 이수한 자는 3,711명 중 15.1%인 560명, 고등교육까지 이수한 자는 18,147명 중 10.4%인 1,882명, 대졸 이상의 학력자는 21,293명 중 4.5%인 954명이 저온노출 근로자에 해당하였다.



[그림 3-47] 교육수준에 따른 저온 노출 근로자 규모

종사상 지위에 따라 분류하면 임금근로자가 가장 많았고, 고용원 없는 자영업자, 고용원 있는 자영업자, 무급가족종사자 순으로 많았다. 저온노출 근로자는 고용원 없는 자영업자가 가장 많았고, 무급가족종사자, 고용원 있는 자영업자, 임금근로자 순으로 많았다. 고용원 없는 자영업자는 6,781명 중 12.0%인 811명, 무급가족종사자는 2,056명 중 11.5%인 237명, 고용원 있는 자영업자는 2,853명 중 8.8%인 251명, 임금근로자는 34,902명 중 7.6%인 2,640명이 저온노출 근로자에 해당하였다.



[그림 3-48] 종사상 지위에 따른 저온 노출 근로자 규모

성별, 연령, 교육 수준, 종사상 지위 등의 상기 결과 및 출생국과 출퇴근 시간에 대한 분포는 아래의 표와 같다. 출퇴근 시간이 15분 이내인 사람들의 저온노출 근로자 비율이 9.8%로 가장 높았다. 또한, 한국 출생자보다 이외의 국가 출생자들이 저온에 노출되는 비율이 더 높았다.

<표 3-22> 저온노출 근로자 추정 규모 정리

		저온 노출 여부				전체
		네		아니오		
		n	(%)	n	(%)	
전체		3,938	8.5	42,654	91.5	46,592
성별	남성	2,456	10.5	21,011	89.5	23,467
	여성	1,482	6.4	21,642	93.6	23,124
연령	10대	13	4.2	296	95.8	309
	20대	257	5.4	4,460	94.6	4,717
	30대	597	5.8	9,626	94.2	10,223
	40대	1,011	7.7	12,197	92.3	13,208
	50대	1,067	9.9	9,706	90.1	10,773
	60대	614	12.6	4,240	87.4	4,854
	60대 초과	379	15.1	2,129	84.9	2,508
교육수준	미취학	165	17.2	796	82.8	961
	초등교육	378	15.2	2,102	84.8	2,480
	중등교육	560	15.1	3,151	84.9	3,711
	고등교육	1,882	10.4	16,265	89.6	18,147
	대학교육	954	4.5	20,339	95.5	21,293
국적	한국	2,640	7.6	32,262	92.4	34,902
	외국	811	12.0	5,970	88.0	6,781
종사형태	임금근로자	251	8.8	2,602	91.2	2,853
	고용원없는 자영업	237	11.5	1,819	88.5	2,056
	고용원있는 자영업	3,907	8.4	42,498	91.6	46,405

	무급 가족 종사자	31	16.7	155	83.3	186
출퇴근 거리	15분 이하	640	9.8	5,902	90.2	6,542
	30분 이하	1,482	8.8	15,266	91.2	16,748
	45분 이하	702	8.3	7,797	91.7	8,499
	1시간 이하	683	8.1	7,702	91.9	8,385
	2시간 이하	380	6.8	5,169	93.2	5,549
	2시간 초과	52	6.0	818	94.0	870

산업분류별로 저온노출 근로자 비율을 산출하였고 그 결과는 아래 표와 같다. 건설업 종사자 총 3,025명 중 569명(18.8%)이 저온노출 근로자로 분류되어 가장 많았고, 농림, 임업 및 어업 종사자(2,620명 중 474명, 18.1%) 및 폐기물, 환경복원(549명 중 99명, 18.0%) 종사자가 그 뒤를 이었다. 가장 저온노출 근로자 비율이 적은 직종은 국제 및 외국기관 종사자였다.

<표 3-23> 산업분류별 저온 노출 근로자 추정 규모

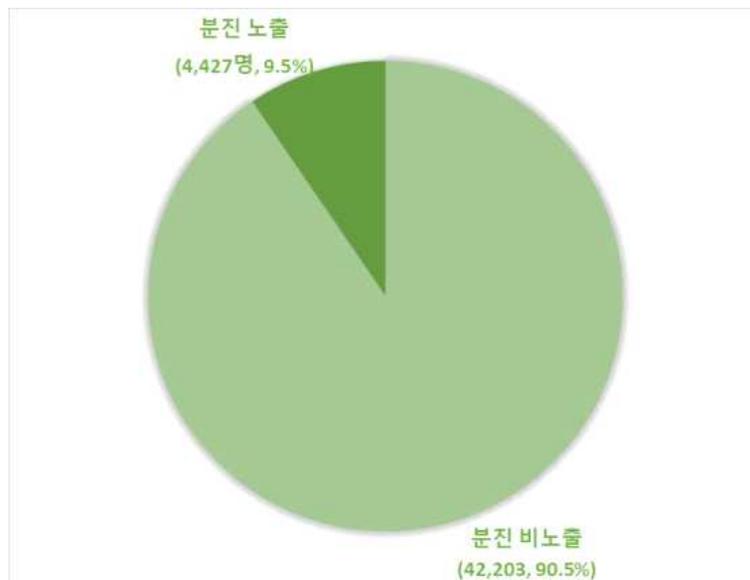
	저온 노출 여부				전체
	네		아니오		
	n	(%)	n	(%)	
전체	6,854	14.7	39,817	85.3	46,671
농림, 임업 및 어업	474	18.1	2,146	81.9	2,620
광업	10	14.7	58	85.3	68
제조업	703	9.4	6,764	90.6	7,467
전기, 가스, 수도	97	12.8	662	87.2	759
폐기물, 환경복원	99	18.0	450	82.0	549
건설업	569	18.8	2,456	81.2	3,025
도매 및 소매	451	6.4	6,561	93.6	7,012
운수업	160	9.7	1,485	90.3	1,645
숙박 및 음식점업	310	8.3	3,429	91.7	3,739
출판, 영상, 정보 등	39	3.7	1,009	96.3	1,048
금융, 보험	85	3.5	2,321	96.5	2,406
부동산, 임대	38	4.1	891	95.9	929
전문, 과학, 기술	46	4.4	1,005	95.6	1,051
사업시설, 사업지원	168	9.9	1,535	90.1	1,703
행정, 국방, 사회보장	114	5.8	1,861	94.2	1,975
교육서비스	112	3.2	3,396	96.8	3,508
보건 및 사회복지	96	3.5	2,678	96.5	2,774
예술, 스포츠, 여가	33	5.0	629	95.0	662
협회, 수리, 개인	293	9.4	2,810	90.6	3,103
자가 소비 생산 활동	41	7.9	479	92.1	520
국제 및 외국기관	1	3.6	27	96.4	28



[그림 3-49] 산업분류별 저온 노출 근로자 규모

5) 분진노출 근로자 규모 추정

전체 근로자 중 분진에 노출되는 근로자의 규모와 특성을 분석하였다. “귀하가 일을 할 때 연기, 흙, 가루나 먼지 등에 어느 정도 노출되십니까?” 라는 질문에 근무시간의 절반 이상 노출된다고 답변한 사람들을 분진노출 근로자로 정의하였다. 성별, 나이, 교육수준, 종사상 지위, 국적, 출퇴근시간, 옥외근로 여부, 먼지노출 여부 관련 변수에 답변하지 않은 3,377명을 제외한 46,630명을 대상으로 분석을 시행하였다. 전체 근로자는 46,630명이었고, 이 중 4,427명(9.5%)이 근무 중 분진에 노출되었다.



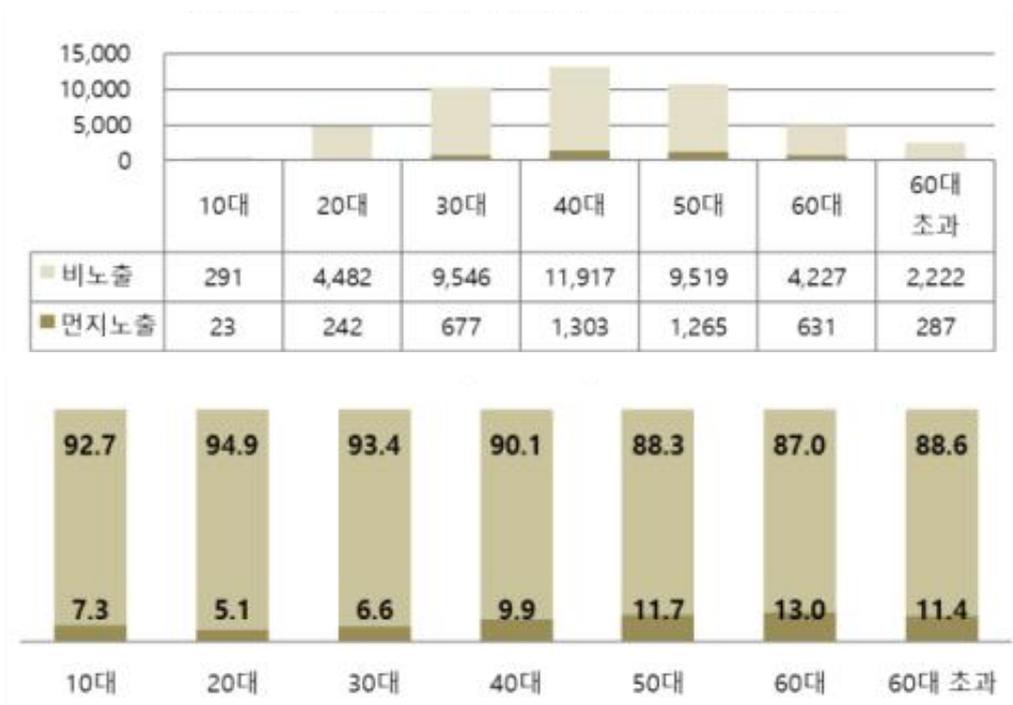
[그림 3-50] 분진 노출 근로자 추정 규모

전체 근로자 중 분진노출 근로자 비율을 성별에 따라 구분하였다. 남성 전체 23,467명 중 13.8%인 3,245명, 여성 전체 22,642명 중 5.1%인 1,182명이 근무 중 분진에 노출되었다.

<표 3-24> 성별에 따른 분진 노출 근로자 규모

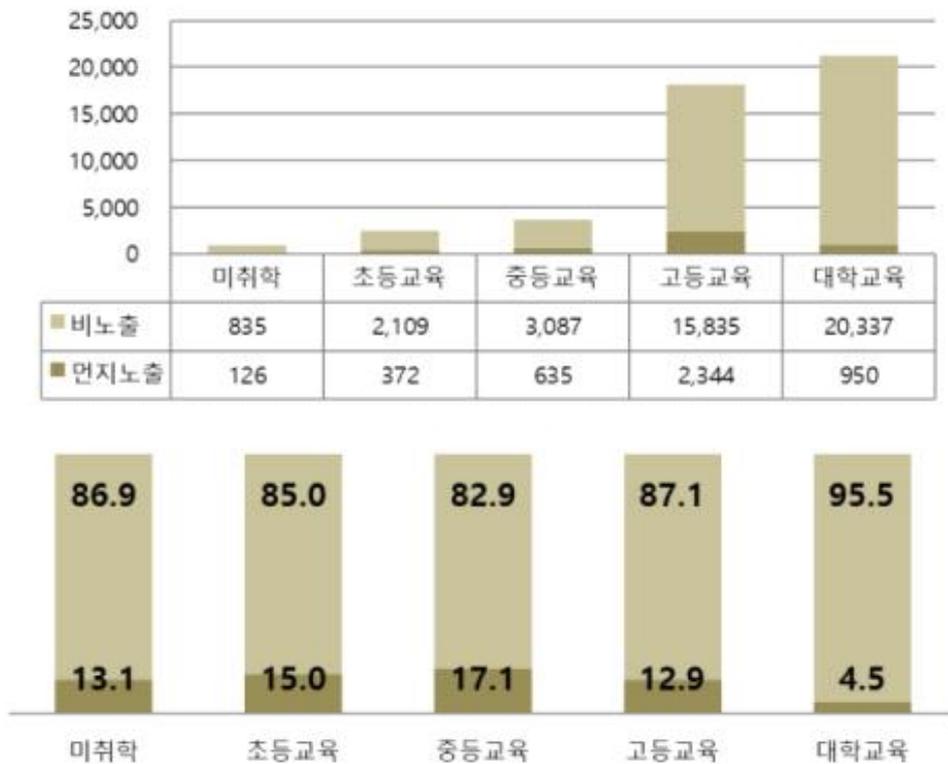
	남성		여성	
	인원	비율	인원	비율
분진 노출 근로자	3,233	13.8%	1,182	5.1%
분진 비노출 근로자	20,234	86.2%	21,462	94.9%

연령별로는 60대 초과에서 287명(11.4%), 60대에서 631명(13.0%), 50대에서 1,265명(11.7%), 40대에서 1,303명(9.9%), 30대에서 677명(6.6%), 20대에서 242명(5.1%), 10대에서 23명(7.3%)으로 전체적으로 연령이 증가할수록 각 연령대에서 분진 노출 근로자의 비율이 증가하는 경향이 있었다.



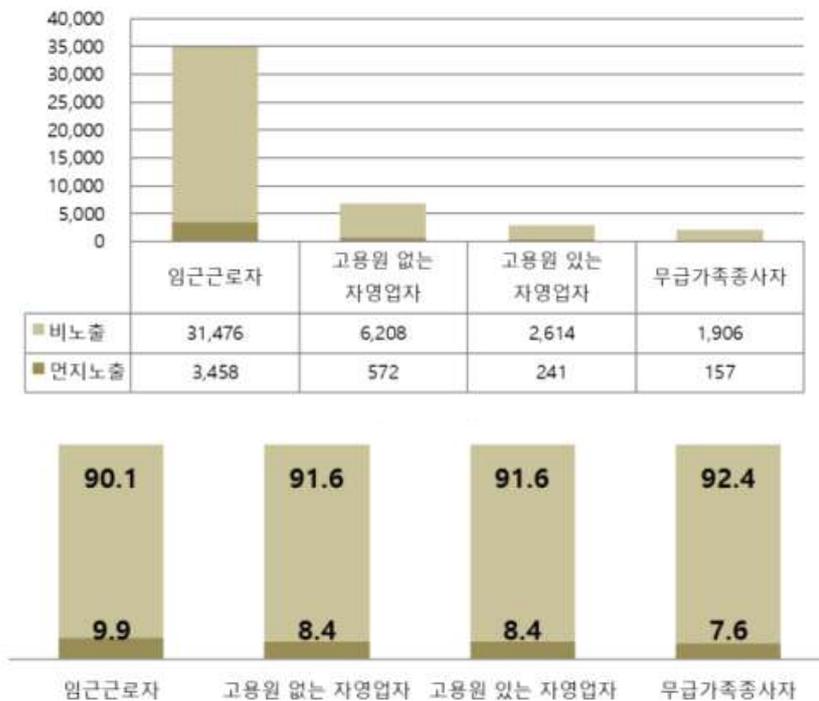
[그림 3-51] 연령에 따른 분진 노출 근로자 규모

교육 수준에 따른 분진노출 근로자의 분포는 다음 그림과 같다. 규모는 대학교육 이상을 이수한 자가 가장 많았다. 미취학자의 경우 961명 중 13.1%인 126명, 초등교육까지 이수한 자는 2,481명 중 15.0%인 372명, 중등교육까지 이수한 자는 3,722명 중 17.1%인 635명, 고등교육까지 이수한 자는 18,179명 중 12.9%인 2,344명, 대졸 이상의 학력자는 21,287명 중 4.5%인 950명이 분진노출 근로자에 해당하였다.



[그림 3-52] 교육 수준에 따른 분진 노출 근로자 규모

종사상 지위에 따라 분류하면 임금근로자가 가장 많았고, 고용원 없는 자영업자, 고용원 있는 자영업자, 무급가족종사자 순으로 많았다. 먼지노출 근로자는 임금근로자가 가장 많았고, 고용원 있는 자영업자, 고용원 없는 자영업자, 무급가족종사자 순으로 많았다. 임금근로자 34,934명 중 9.9%인 3,458명, 고용원 있는 자영업자는 2,855명 중 8.4%인 241명, 고용원 없는 자영업자는 6,780명 중 8.4%인 572명, 무급가족종사자는 2,063명 중 7.6%인 157명이 분진노출 근로자에 해당하였다.



[그림 3-53] 종사상 지위에 따른 먼지 노출 근로자 규모

성별, 연령, 교육 수준, 종사상 지위 등의 상기 결과 및 출생국과 출퇴근 시간에 대한 분포는 아래의 표와 같다. 출퇴근 시간이 2시간 초과인 사람들의 분진노출 근로자 비율이 12.8%로 가장 높았다. 또한, 한국 출생자보다 이외의 국가 출생자들이 분진에 노출되는 비율이 더 높았다.

<표 3-25> 분진노출 근로자 추정 규모 정리

		분진 노출 여부				전체
		네		아니오		
		n	(%)	n	(%)	
전체		4,427	9.5	42,203	90.5	46,630
성별	남성	3,245	13.8	20,234	86.2	23,479
	여성	1,182	5.1	21,969	94.9	23,151
연령	10대	23	7.3	291	92.7	314
	20대	242	5.1	4,482	94.9	4,724
	30대	677	6.6	9,546	93.4	10,223
	40대	1,303	9.9	11,917	90.1	13,220
	50대	1,265	11.7	9,519	88.3	10,784
	60대	631	13.0	4,227	87.0	4,858
	60대 초과	287	11.4	2,222	88.6	2,509
교육수준	미취학	126	13.1	835	86.9	961
	초등교육	372	15.0	2,109	85.0	2,481
	중등교육	635	17.1	3,087	82.9	3,722
	고등교육	2,344	12.9	15,835	87.1	18,179
	대학교육	950	4.5	20,337	95.5	21,287
국적	한국	3,458	9.9	31,476	90.1	34,934
	외국	572	8.4	6,208	91.6	6,780
종사형태	임금근로자	241	8.4	2,614	91.6	2,855
	고용원없는 자영업	157	7.6	1,906	92.4	2,063
	고용원있는 자영업	4,362	9.4	42,076	90.6	46,438
	무급 가족 종사자	65	33.9	127	66.1	192
출퇴근 거리	15분 이하	568	8.7	5,988	91.3	6,556
	30분 이하	1,516	9.0	15,240	91.0	16,756
	45분 이하	758	8.9	7,745	91.1	8,503
	1시간 이하	876	10.4	7,508	89.6	8,384
	2시간 이하	597	10.7	4,963	89.3	5,560
	2시간 초과	112	12.8	760	87.2	872

산업분류별로 분진노출 근로자 비율을 산출하였고 그 결과는 아래 표와 같다. 건설업 종사자 총 3,025명 중 569명(18.8%)이 분진노출 근로자로 분류되어 가장 많았고, 농림, 임업 및 어업 종사자(2,620명 중 474명, 18.1%) 및 폐기물, 환경복원(549명 중 99명, 18.0%) 종사자가 그 뒤를 이었다. 가장 분진노출 근로자 비율이 적은 직종은 국제 및 외국기관 종사자였다.

<표 3-26> 산업분류별 분진 노출 근로자 추정 규모

	분진 노출 여부				전체
	네		아니오		
	n	(%)	n	(%)	
전체	6,854	14.7	39,817	85.3	46,671
농림, 임업 및 어업	268	10.2	2,354	89.8	2,622
광업	15	22.1	53	77.9	68
제조업	1,261	16.9	6,219	83.1	7,480
전기, 가스, 수도	95	12.5	666	87.5	761
폐기물, 환경복원	136	24.6	417	75.4	553
건설업	920	30.3	2,114	69.7	3,034
도매 및 소매	287	4.1	6,728	95.9	7,015
운수업	292	17.7	1,357	82.3	1,649
숙박 및 음식점업	210	5.6	3,534	94.4	3,744
출판, 영상, 정보 등	52	5.0	997	95.0	1,049
금융, 보험	18	0.7	2,384	99.3	2,402
부동산, 임대	18	1.9	911	98.1	929
전문, 과학, 기술	47	4.5	1,001	95.5	1,048
사업시설, 사업지원	155	9.1	1,552	90.9	1,707
행정, 국방, 사회보장	123	6.2	1,855	93.8	1,978
교육서비스	96	2.7	3,414	97.3	3,510
보건 및 사회복지	88	3.2	2,682	96.8	2,770
예술, 스포츠, 여가	21	3.2	643	96.8	664
협회, 수리, 개인	306	9.9	2,793	90.1	3,099
자가 소비 생산 활동	20	3.8	500	96.2	520
국제 및 외국기관	0	0.0	28	100.0	28



[그림 3-54] 산업분류별 분진 노출 근로자 규모

6) 옥외작업자 및 고온, 저온, 분진 노출 근로자 규모 추정

옥외작업자의 규모와 유해인자(고온, 저온, 분진)에 노출되는 근로자의 규모는 다음 표와 같이 정리된다. ‘옥외작업장 근로자 미세먼지 노출실태 및 건강보호 방안 마련 연구, 산보연 (2016)’에 의하면 산업분류를 활용하여 경찰, 운전원, 청소부, 건설업, 농림어업 등 종사자들을 옥외작업자로 분류하였으며, 그 규모는 140만에서 230만 명으로 추정하였다. 이번 연구에서는 인구센서스, 근로환경조사 등을 이용하여 작업장소를 확인하였으며, 전체 근로자 중에서 10.1%에서 14.1%정도로 추정되었다. 작업장소에서 유해인자에 노출되는 근로자의 규모는 고온의 경우 14.7%, 저온의 경우 8.5%, 분진의 경우 9.5%로 추정된다.

<표 3-27> 옥외작업자 및 고온, 저온, 분진 노출 근로자 규모

		주요 결과	방법	
(기존연구) 옥외작업장 근로자 미세먼지 노출실태 및 건강보호 방안 마련 연구, 산보연 (2016)		옥외작업자 140만-230만 명	산업분류활용	
이 번 연 구	옥외작업자 (운송수단 근무 포함)	3,319,217명 (전체 경제활동 인구 중 14.1%)	인구센서스 (2015)	
		10.1% (응답자 중)	근로환경조사 (2014)	
	유해인자	고온		14.7% (응답자 중)
		저온		8.5% (응답자 중)
분진		9.5% (응답자 중)		

7. 국외 옥외작업자 건강보호 방안 및 제도 고찰 (폭염)

1) 고온 노출로 인한 건강관리 방안 수립시 확인사항

WHO는 Heatwaves and health (2015)를 통해 세계 각국의 고온에 의한 건강 정보 체계를 소개하고 있다. 이에 따르면 국가별로 고온에 대한 다양한 정의를 적용하고 있으며, 경보 발생의 기준 또한 다양하다.

<표 3-28> 국가별 고온 기준 적용 방법 및 경보 체계

국가	기준	사망 위험 기준 적용	사망 위험 경보	고열 기간	계절성 경보	지역별 기준 적용	전문가 참여
호주 (퀸즈랜드)	열지수			2일		○	○
벨라루스	기온						
벨기에	최고기온			3일			
캐나다(토론토)	기단	○	○	○	○	○	○
중국 (상하이)	기단	○	○	○	○		○
프랑스	최고기온	○		3일		○	○
독일	체감기온			2일	○	○	○
그리스	최고기온			○			
이탈리아	기단	○	○	○	○	○	
한국	기단	○	○	○	○	○	○
네덜란드	최고기온			○			
포르투갈	최고기온	○	○	○		○	○
스페인	최고기온	○				○	○
영국	최고기온			○		○	
미국	기단	○	○	○	○	○	○

한국의 경우, 기단(airmass)를 고온의 경보 기준으로 삼고 있으며, 미국과 유사한 고온 경보 체계를 구축하고 있다.

이러한 고온의 경보 체계 구축시 아래와 같은 사항을 반영할 것을 권고하고 있다.

명료성 (Simplicity)

이해가 쉽고 적용이 빠른 간단명료한 체계를 구축해야 한다. 이를 위해서는 경보를 발령하는 정보의 형태, 대상자 규모, 체계 유지의 소요시간, 경보 발령까지의 소요시간 등을 고려해야 한다.

적응성 (Acceptability)

개인이나 기관이 받아들이기 용이해야 한다. 이를 위해서는 관계기관끼리의 협동, 한 번의 경보에 대한 반응보다는 지속적인 반응, 참여자의 반응 종결 확인 등이 필요하다.

시기적절성 (Timeliness)

경보발령의 시기적절성 확보가 중요하며, 경보의 수준에 따라 적절한 대응이 있어야 한다. 그리고 경보발령까지의 시간지연 요인을 제거해야 한다.

민감도 (Sensitivity)

경보의 민감도는 기본적으로 경보가 발현되고 예측된 고온 조건이 실제로 발생한 횟수를 의미한다. 그러나 실제 적용에서는 고온이 발생하였으나 경보가 발생하지 않은 경우를 확인하도록 한다.

특이도 (Specificity)

전반적인 경보의 특이성은 반드시 평가되어야 한다. 고온에 의한 사망과 같이

특수한 경우에 대한 특이도 역시 평가가 필요하다. 이를 통해 경보의 신뢰성을 확인할 수 있다.

고온 노출로 인한 건강관리 방안은 기상의 지역별 특성 등에 따라 다양한 방식이 존재할 수 있다. 따라서 이에 대한 예방 활동 역시 각 국가나 지역의 우선 순위에 따라 매년마다 바뀔 수 있다. 고온 노출로 인한 질병이나 사망은 인과관계가 구체적이지 않은 경우가 많아 식별이 어렵다. 결국 고온 노출로 인한 건강관리 방안은 결과 측면에서의 평가를 지양해야 하며, 국가나 지역의 특성에 맞는 다양한 평가 방식을 도입해야 한다.

2) 미국 직업안전보건청

(1) 개요

미국 직업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 고온으로 인한 근로자 보호 가이드는 Using the heat index: A guide for employers (2015)가 대표적이다.

이 가이드에 의하면, 덥고 습한 환경에서 근무하는 야외 근로자는 고열과 관련한 질환의 발생률이 더 높아지며, 갑자기 기온이 올라가 변화한 온도에 적응할 시간을 갖지 못할 때 더욱 많이 발생한다는 점을 지적하고 있다.

(2) 열지수(Heat index)

고온 노출에 의한 온열 질환의 발생은 예방 가능하며, 이를 위한 객관적인 지표로 열지수(Heat index)를 사용할 것을 제안하고 있다. 열지수는 온도와 습도를 함께 고려한 지표다. 땀은 증발하며 체온을 낮춰주는 역할을 하는데, 습도가 높을 때는 땀이 쉽게 증발하지 못하므로 고온 작업자에게 온열 질환이 발생할 위험은 더 커지게 된다. 따라서 습도를 반영한 열지수가 온열 질환 예방을 위해 기온보

다 더 나은 측정지표라고 볼 수 있다. 이러한 열지수는 미 해양대기국(The U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration, NOAA)가 개발한 지표다. 기온과 습도의 조합을 통해 하나의 숫자로 나타나는 지표로 수치에 따라 caution, extreme caution, danger, extreme danger로 나타난다. 그 배치는 아래와 그림과 같다.

Temperature Relative humidity	80 °F (27 °C)	82 °F (28 °C)	84 °F (29 °C)	86 °F (30 °C)	88 °F (31 °C)	90 °F (32 °C)	92 °F (33 °C)	94 °F (34 °C)	96 °F (36 °C)	98 °F (37 °C)	100 °F (38 °C)	102 °F (39 °C)	104 °F (40 °C)	106 °F (41 °C)	108 °F (42 °C)	110 °F (43 °C)
40%	80 °F (27 °C)	81 °F (27 °C)	83 °F (28 °C)	85 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	91 °F (33 °C)	94 °F (34 °C)	97 °F (36 °C)	101 °F (38 °C)	105 °F (41 °C)	109 °F (43 °C)	114 °F (46 °C)	118 °F (48 °C)	124 °F (51 °C)	130 °F (54 °C)	136 °F (58 °C)
45%	80 °F (27 °C)	82 °F (28 °C)	84 °F (29 °C)	87 °F (31 °C)	89 °F (32 °C)	93 °F (34 °C)	96 °F (36 °C)	100 °F (38 °C)	104 °F (40 °C)	109 °F (43 °C)	114 °F (46 °C)	119 °F (48 °C)	124 °F (51 °C)	130 °F (54 °C)	137 °F (58 °C)	
50%	81 °F (27 °C)	83 °F (28 °C)	85 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	91 °F (33 °C)	95 °F (35 °C)	99 °F (37 °C)	103 °F (39 °C)	108 °F (42 °C)	113 °F (45 °C)	118 °F (48 °C)	124 °F (51 °C)	131 °F (55 °C)	137 °F (58 °C)		
55%	81 °F (27 °C)	84 °F (29 °C)	86 °F (30 °C)	89 °F (32 °C)	93 °F (34 °C)	97 °F (36 °C)	101 °F (38 °C)	106 °F (41 °C)	112 °F (44 °C)	117 °F (47 °C)	124 °F (51 °C)	130 °F (54 °C)	137 °F (58 °C)			
60%	82 °F (28 °C)	84 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	91 °F (33 °C)	95 °F (35 °C)	100 °F (38 °C)	105 °F (41 °C)	110 °F (43 °C)	116 °F (47 °C)	123 °F (51 °C)	129 °F (53 °C)	137 °F (58 °C)				
65%	82 °F (28 °C)	85 °F (29 °C)	89 °F (32 °C)	93 °F (34 °C)	98 °F (37 °C)	103 °F (39 °C)	108 °F (42 °C)	114 °F (46 °C)	121 °F (49 °C)	128 °F (53 °C)	136 °F (58 °C)					
70%	83 °F (28 °C)	86 °F (30 °C)	90 °F (32 °C)	95 °F (35 °C)	100 °F (38 °C)	105 °F (41 °C)	112 °F (44 °C)	119 °F (48 °C)	126 °F (52 °C)	134 °F (57 °C)						
75%	84 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	92 °F (33 °C)	97 °F (36 °C)	103 °F (39 °C)	109 °F (43 °C)	116 °F (47 °C)	124 °F (51 °C)	132 °F (56 °C)							
80%	84 °F (29 °C)	89 °F (32 °C)	94 °F (34 °C)	100 °F (38 °C)	106 °F (41 °C)	113 °F (45 °C)	121 °F (49 °C)	129 °F (54 °C)								
85%	85 °F (29 °C)	90 °F (32 °C)	96 °F (36 °C)	102 °F (39 °C)	110 °F (43 °C)	117 °F (47 °C)	126 °F (52 °C)	135 °F (57 °C)								
90%	86 °F (30 °C)	91 °F (33 °C)	98 °F (37 °C)	105 °F (41 °C)	113 °F (45 °C)	122 °F (50 °C)	131 °F (55 °C)									
95%	86 °F (30 °C)	93 °F (34 °C)	100 °F (38 °C)	108 °F (42 °C)	117 °F (47 °C)	127 °F (53 °C)										
100%	87 °F (31 °C)	95 °F (35 °C)	103 °F (39 °C)	112 °F (44 °C)	121 °F (49 °C)	132 °F (56 °C)										

Key to colors: Caution Extreme caution Danger Extreme danger

[그림 3-55] Heat index (Fahrenheit with Celsius)

상대습도는 공기 중 수분의 양을 측정한 것으로, 습도와 온도가 동시에 높은 날에는 피부에서 땀이 제대로 증발하지 않아 자연적인 체온 조절이 어렵고 더욱 더위를 느끼게 된다. 반대로 습도가 낮은 것도 문제가 될 수 있는데, 사막과 같이 극도로 고온건조한 기후에서 일하는 옥외작업자의 경우 땀이 너무 빠르게 증발하여 심각한 탈수가 발생할 수 있다.

또한 열지수는 그늘지고 가벼운 바람이 부는 상황을 가정하고 고안된 것으로, 직사광선에 노출되는 경우 열지수는 15도(화씨 기준)까지 증가할 수 있다. 이런 환경에서는 추가적인 보호조치를 고려할 필요가 있다.

(3) 옥외작업자(Outdoor worker)

옥외작업자는 외부에서 상당히 오랜 시간을 근무하는 모든 근로자를 말하며, 건설업 종사자, 농업 종사자, 수하물 운반원, 전기설비 관리자, 조정 유지보수 종사자 등이 포함된다. 이들이 근무할 때는 열지수가 낮은 상태라도 아래와 같은 사항을 고려해 방침을 결정한다.

- 직사광선 노출시 열지수가 15도까지 증가 가능
- 장시간, 혹은 격렬한 작업 여부
- 무거운 보호복이나 환기가 잘 되지 않는 복장 여부

(4) 생리학적 모니터링(Physiological monitoring)

고온 작업장에서 일하는 근로자들의 위험도를 평가하기 위해 생리학적 모니터링이 필요할 수 있다. 권장하는 모니터링 지표는 심박수, 구강 내 체온, 체수분 소모이며 기온 및 근로자의 복장에 따라 작업중 측정 빈도가 달라진다. 자세한 내용은 하단 관리 기준 및 대책 항목에 기술하였다. 심박수, 구강 내 체온, 체수분 이외에도 과거 온열질환 발생의 과거력, 체중, 혈압, 분당 호흡수, 의식수준(Alertness) 등을 평가할 수 있다.

NIOSH/OSHA/USCG/EPA Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities, Chapter 8(1985)에서는 고온 사업장에서 근무하는 작업자를 위한 생리학적 모니터링 기준을 제시하고 있으며 본 가이드라인의 기준 또한 이에 근거한다. 온열질환을 예방하기 위한 평가 인자로는 휴식시 심박수(30초 측정), 구강 내 체온, 체수분 소모량 등을 제시하고 있으며 측정 빈도는 온도와 작업복의 종류에 따라 달라진다. 상세한 내용은 관리 기준 및 대책 항목에 기술하였다.

고용주는 이외에도 온열작업 측정에 특화된 센서나 개인 모니터를 사용하는

대안을 선택할 수 있으며, 온열질환 발생 과거력, 혈압, 체중, 호흡수, 의식수준 등을 고려할 수 있다. 이런 생리학적 모니터링 측정 기준들은 주로 활력징후에 기반하고 있다. 열탈진, 열경련, 열사병 등의 온열질환을 가장 빠르게 효과적으로 평가할 수 있는 기준이 활력징후이기 때문이다.

OSHA 가이드에서는 활력징후 평가를 위한 체크 리스트로 Best Practices for Hospital-Based First Receivers of Victims from Mass Casualty Incidents (OSHA document 3249)에 제시된 것을 권장하고 있다. 이 체크리스트는 무거운 보호장구를 착용한 근로자가 화학물질에 응급 노출된 상태에서 모니터링에 활용하기 위해 고용주들에 의해 고안된 것으로, 혈압, 심박수, 호흡수, 구강 내 체온, 체중, 피부 증상, 의식수준, 의학적 과거력 등을 포함하고 있다.

작업환경에 따라 모니터링 결과가 달라질 수 있으므로 해석에는 전문가의 판단이 필요하며, 이 때 어떤 평가기준을 활용해야할지를 알고 있어야 한다. 특히 근로자가 고열작업으로 복귀할 수 있는 상황인지 업무적합성을 평가하기 위해서는 더욱 그러하다. 본 가이드라인에서는 이 경우 미국 화재예방협회(National Fire Protection Association, NFPA)의 기준을 사용할 것을 제안하고 있다.

(5) 열지수를 기반으로 한 관리 기준 및 대책

열지수 수준에 따라 위험도는 Lower(Caution), Moderate, High, Very high to extreme의 네 종류로 분류되고, 열지수가 상승할수록 온열질환 예방을 위한 더 많은 조치가 시행되어야 한다. 해당 기준은 근로자를 기준으로 하였고, NOAA가 제시한 일반인을 위한 기준과는 다르게 설정된 것이다. 자세한 분류 및 대책은 아래와 같다.

Heat Index	Risk Level	Protective Measures
Less than 91°F	Lower (Caution)	Basic heat safety and planning
91°F to 103°F	Moderate	Implement precautions and heighten awareness
103°F to 115°F	High	Additional precautions to protect workers
Greater than 115°F	Very High to Extreme	Triggers even more aggressive protective measures

[그림 3-56] 열지수 수치별 위험도와 보호전략

각각의 보호전략으로는 A) 적절한 양의 물과 휴식장소 등 보급품의 제공. B) 응급상황 발생시 대책 마련 및 투입인력 확보, C) 근로자 기후적응(Acclimatization). D)근무스케줄 변경. E) 온열질환(Heat-related illness)예방 교육. F) 생리학적, 시각적, 언어적 모니터링을 들 수 있다. Lower (Caution) risk에 서는 근무스케줄 변경 및 생리학적 모니터링은 생략할 수 있다. 자세한 내용은 부록2에 수록하였다. 각각의 위험도 수준에 따라 시행할 수 있는 예방 전략의 상 세는 아래 표와 같다.

<표 3-29> 열지수 및 위험도별 예방대책

Heat index	Risk level	Protective Measures
<91°F (<33°C)	Lower (Caution)	음료수 제공 제공 가능한 의료수단 확보 더위가 심화되었을 때를 대비한 계획 수립(근로자 교육 포함) 자외선 차단제 사용 장려 기후적응(Acclimatization) 무거운 보호구 착용자, 업무 강도가 높은 자, 직사광선 노출자 에게 추가 대책 제시
91-103°F (33-39°C)	Moderate	수분공급 장려(시간당 4컵) *시간당 6컵 이상 마시면 생산성저 하가 발생할 수 있음 온열질환 발생시 대처법 및 예방법에 대한 재교육 시행 그늘진 곳에서 자주 쉴 수 있도록 근무스케줄에 반영 기후적응(Acclimatization) 2인조 구성(buddy system) 및 근로감독자의 모니터링 시행 무거운 보호구 착용자, 업무 강도가 높은 자, 직사광선 노출자 에게 추가 대책 제시

<p>103-115°F (39-46°C)</p>	<p>High</p>	<p>근로자에게 온열질환 발생의 고위험 상황임을 알림 수분공급 장려(시간당 4컵) *시간당 6컵 이상 마시면 생산성저하가 발생할 수 있음 기계적 들어올림 등의 물리적 작업 제한 온열질환에 대한 전문가를 배치해 스케줄 반영시 참여하도록 함 근무 및 휴식스케줄을 재설정하고 반드시 시행하도록 강조 작업내용의 조정(작업일정 변경, 작업속도 조절, 교대근무 시행) 냉각 기술 사용 가능하다면 열지수가 하락할때까지 업무스케줄을 조정해야 함</p>
<p>>115°F (>46°C)</p>	<p>Very high to extreme</p>	<p>열지수가 하락할때까지 필수적이지 않은 활동을 제한함. 필수적인 활동은 가장 시원한 시간에 시행하도록 하고, 오전 및 야간 근무를 시행하도록 함. 격렬한 활동과 바람이 통하지 않는 무거운 보호구를 입는 작업은 이 시기에 시행하지 않아야 함. 온열질환 위험도가 가장 높은 상태임을 직원들에게 경고함 수분공급 장려(시간당 4컵) *시간당 6컵 이상 마시면 생산성저하가 발생할 수 있음 근무 및 휴식스케줄을 재설정하고 반드시 시행하도록 강조 맥박수와 체온 등 생리학적 모니터링의 시행 필수적인 예방 대책들이 부적절하거나 사용 불가능한 경우 작업을 중단해야 함</p>

근로자에 대한 교육은 본격적인 더위가 시작되기 전에 진행해야 한다. 온열질환의 징후와 증상 및 예방방법을 교육하고, 증상이 있는 경우 대처법에 대해 교육해야 한다. 더운 날에는 교육을 강화한다. 매일 작업장의 날씨를 파악하고 근로자의 위험도 평가를 시행해야 한다. 작업활동 중의 온도변화에 대해 감지하고, 해당 정보를 바탕으로 예방대책을 수립한다. 직사광선, 그늘, 바람의 여부 등 작업장 환경과 작업량, 보호복의 유형에 따라 위험수준을 조절하도록 한다.

(6) 생리학적 모니터링 시행기준 및 대책

심박동수는 가능한 한 휴식시간 시작 직후 30초간 측정하도록 한다. 이 때 심박수가 분당 110회를 초과하게 되면 다음 작업주기를 1/3로 줄이고, 그 이후에는 동일하게 유지한다. 그 다음 휴식시간에도 심박수가 분당 110회를 초과한다면 다

음 작업주기도 1/3로 단축한다.

임상 체온계를 혀 밑에 대고 3분간 구강 내 온도를 측정한다. 휴식시간 시작 후 음료수를 마시기 전에 측정해야 한다. 구강 온도가 37.6°C(99.6°F)를 초과하는 경우 휴식시간은 그대로 유지하고 다음 작업시간을 1/3로 줄인다. 다음 휴식 시간에도 구강 온도가 37.6°C를 초과하면 그 다음 작업시간도 1/3로 줄인다. 구강 온도가 38.1°C(100.6°F)를 초과하게 되면 환기가 되지 않는 작업복을 착용해야 하는 작업을 시행하지 않아야 한다.

가능하다면 체수분 손실량을 측정해야 한다. 탈수를 예방할 수 있을 만한 충분한 양의 음료를 섭취하고 있는지를 확인하기 위해 매일 근무의 시작과 종료시의 근로자의 체중을 측정한다. 체중계의 오차는 이상적으로 0.25파운드(약 0.11kg) 이하여야 한다. 땀에 젖은 옷을 입고 측정할 시 오차가 커질 수 있다. 체수분 손실량은 체중의 1.5%를 초과해서는 안 된다. 기온과 작업복의 상태에 따른 생리학적 모니터링의 시행빈도는 아래 표와 같다.

<표 3-30> 기후적응 완료 근로자의 생리학적 모니터링 권장 빈도*

Adjusted Temperature**	Workers with normal clothes***	Workers wearing impermeable clothes
90°F(32°C) or above	After each 45mins of work	After each 15mins of work
87.5-90°F(30-31°C)	After each 60mins of work	After each 30mins of work
82.5-87.5°F(28-30°C)	After each 90mins of work	After each 60mins of work
77.5-82.5°F(25-28°C)	After each 120mins of work	After each 90mins of work
72.5-77.5°F(23-25°C)	After each 150mins of work	After each 120mins of work

* 작업량을 시간당 250kcal(중간수준 작업량)으로 가정한 수치임. 중작업의 경우 빈도를 늘려야 함

** Adjusted temperature = air temperature + (13 x % sunshine)

- air temperature는 전구빛을 차단한 상태에서 표준 온도계로 복사열을 측정해 얻는다.

- % sunshine값은 구름 및 그림자의 양을 고려하여 계산한다. 100% sunshine = 구름이 없는 상태에서 뚜렷한 그림자가 확인되는 경우. 0% sunshine = 그림자가 없는 경우.

*** 일반적인 작업복은 면으로 된 긴소매 및 바지를 의미한다.

*Appendix I:
Vital Signs and PPE Donning Checklists*

Example 1. Vital Signs and PPE Checklist
(Central Arkansas Veterans Healthcare System)

NAME _____

DATE _____

>> INSPECT condition of ALL PPE prior to use <<

*Medical Exclusion

Employee ID#: _____			
	PRE	POST	
BLOOD PRESSURE: *Diastolic > 105			PAPR-COMBINATION CARTRIDGES..... <input type="checkbox"/>
HEART RATE: * > [70% (220 - Age)] *Any irregular rate or rhythm			PAPR FLOW CHECKED..... <input type="checkbox"/>
RESPIRATION: * > 24 / min			REMOVED SHOES, JEWELRY, ETC..... <input type="checkbox"/>
TEMPERATURE: * > 99.5 deg F oral			INNER NITRILE GLOVES..... <input type="checkbox"/>
WEIGHT:			INNER SUIT..... <input type="checkbox"/>
SKIN: *Open sore, large rash or sunburn			GLOVES & NECK TAPED..... <input type="checkbox"/>
HYDRATION:			OUTER SUIT..... <input type="checkbox"/>
MENTAL STATUS: Alert; oriented to time & place; clear speech; normal gait			BUTYL HOOD..... <input type="checkbox"/>
MEDICAL HISTORY: *Any meds last 72 hours _____ *Alcohol past 24 hours _____ *New meds Rx / diagnosis last 2 weeks _____ *Symptoms fever, NV, diarrhea, cough in past 72 hours _____ *Pregnant _____ *Prior heat stress or exhaustion _____			INNER SHROUD TUCKED INSIDE
NOTES:			GLOVES & NECK TAPED..... <input type="checkbox"/>
CHECKED BY: _____			OUTER GLOVES..... <input type="checkbox"/>
			BOOTS..... <input type="checkbox"/>
			SUIT TAPED OVER BOOTS <input type="checkbox"/>
			CHECKED BY: _____
			TIME IN SUIT: _____
			TIME OUT: _____

Source:
Central Arkansas Veterans Healthcare System



[그림 3-57] OSHA Vital sign checklist

<표 3-31> Protective measures to take at each risk level

Plan Element	Heat Index Risk Level			
	Lower (Caution)	Moderate	High	Very High/Extreme
Supplies (ensuring adequate water, provisions for rest areas, and other supplies)	✓	✓	✓	✓
Emergency planning and response (preparing supervisors and crews for emergencies)	✓	✓	✓	✓
Worker acclimatization (gradually increasing workloads; allowing more frequent breaks as workers adapt to the heat)	✓	✓	✓	✓
Modified work schedules (establishing systems to enable adjustments to work schedules)		✓	✓	✓
Training (preparing workers to recognize heat-related illness and preventive measures)	✓	✓	✓	✓
Physiological, visual, and verbal monitoring (using direct observation and physiological monitoring to check for signs of heat-related illness)		✓	✓	✓

3) 미국 직업안전보건연구원

열에 대한 직업적 노출은 부상, 질병, 생산성 감소, 사망을 유발할 수 있다. 미국의 직업안전보건연구원 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)는 이를 해결하기 위해 열 스트레스 및 고온 환경에 대한 과학적 데이터를 평가하고, 고온 환경의 직업적 노출에 대한 권고 표준을 개정하였다. 많은 근로자들, 특히 적도 근처 인구 밀집지역에 위치한 근로자들에게 열 스트레스는 점점 큰 문제가 되고 있다. 이 개정판에는 열 스트레스로 인한 생리적 변화, 카페인 사용과 같은 관련 연구, 열사병 및 관련 증상을 재정의하는 근거, 열 스트레스를 조절할 수 있는 생리적 모니터링 및 개인 보호 장비와 의복에 관한 개정된 정보를 포함하고 있다.

극도의 고온에 노출되거나 고온 환경에서 일하거나 격렬한 신체활동을 하는 근로자들은 열 스트레스를 받을 위험이 있다. 극도의 고온 노출은 열사병, 열탈진, 열실신, 열경련, 열발진, 사망을 포함한 직업적 질환을 유발할 수 있다. 고온은 또한 땀으로 젖은 손바닥, 안경 김서림, 어지럼, 뇌기능 저하 등을 유발하여 근로자들의 부상 위험을 높일 수도 있다. 또한 뜨거운 표면, 증기 또는 불과의 접촉으로 화상과 같은 다른 고온 손상이 발생할 수도 있다. 열 스트레스를 받을 위험이 있는 사람들은 옥외근로자와 소방관, 제빵사, 농민, 건설 노동자, 광부, 보일러실 근로자 및 공장 근로자와 같은 고온 환경의 근로자를 포함한다.

온열질환의 위험 요소에 대한 새로운 지식이 확립되었다; 60세 이상의 사람들은 열 질환 겪을 위험이 있다; 임신이 열 스트레스 저항성에 미치는 영향 및 고온 환경에서 땀에 의해 유발된 전해질 손실 및 전신 발한 반응의 성별에 따른 차이에 대해 추가적 연구가 시행되었다; 비만 및 과체중인 사람에서 마른 사람보다 열 질환이 더 빈번히 발생한다; 코카인, 알코올, 약, 카페인 사용이 온열질환 발생에 영향을 미칠 수 있다. 카페인은 이노작용을 촉진하여 열에 노출되는 동안 심

혈관계 질환을 일으킬 수 있어 오랫동안 사용이 반대되었지만, 최근의 연구들은 카페인이 열 저항성에 미치는 영향이 알려진 것보다 훨씬 적다고 보고하였다.

열 스트레스는 대사 열 생산을 조정하거나 대류, 복사 및 증발로 인한 열교환을 통해 감소시킬 수 있다. 제한된 환경에서 대류, 복사, 증발은 환기 증가, 시원한 외부 공기 유입, 복사열 공급원의 온도 감소, 근로자 차폐 및 공조 장비 사용과 같은 기계적 제어를 통해 조정될 수 있다. 열 스트레스는 또한 노출 온도나 노출 시간(예: 작업 또는 휴식 스케줄 조정)을 제한하고, 대사 열 부하를 감소시키고, 내열성을 향상시킴으로써 통제될 수 있다. 대부분의 건강한 근로자는 일정 기간 동안은 고온에 순응할 수 있지만 일부 근로자는 고온을 견딜 수 없을 수 있다. 열 저항성 테스트를 통해 특히 열탈진이나 열사병을 겪은 적이 있는 사람들의 열 저항성을 평가할 수 있다. 열 스트레스에 대한 또 다른 예방 전략에는 예열 프로그램 수립 및 신체 냉각 및 보호복(예: 수냉 의류, 공냉식 의류, 냉각 조끼 및 젖은 옷) 제공이 있다.

고용주는 온열질환을 예방하고, 관련 징후를 조기에 확인하기 위한 의료 모니터링 프로그램을 마련해야 한다. 고온 환경에서 일하기 전 근무자 및 감독자에게 안전 교육이 필요하다. 안전 교육에는 온열질환의 증상을 파악하는 방법; 적절한 수분 공급(예: 15-20 분마다 1컵(8온스)의 물 또는 다른 액체를 마시는 것)(표 8-1); 열 보호복과 장비 관리 및 사용; 열 저항성 대한 다양한 인자(예: 약물, 알코올, 비만 등)의 영향; 열 순응의 중요성, 증상 보고, 적절한 응급 처치 제공에 대한 정보가 포함되어야 한다. 또한 감독자는 기상 통보 및 기상 통보를 관찰하는 방법에 관한 적절한 훈련을 받아야 한다.

NIOSH는 고용주가 고온 환경에 노출된 근로자의 건강을 보호하기 위한 조치를 취할 것을 권고한다. 고용주는 근로자들의 권장 경고 제한(Recommended

Alert Limits, RAL) 및 권장 노출 제한(Recommended Exposure Limits, REL)보다 큰 열에 노출되지 않도록 해야 한다. 또한 고용주는 환경적 열을 모니터링하고, 근로자들이 생산하는 대사적 열을 알아내야 한다. 근로자를 열 스트레스로부터 보호하기 위해 근로자 건강 중재나 보호 장비 및 의복 제공과 같은 추가적 조정이 필요할 수 있다. 고온 환경에서는 의료 검진과 생리 모니터링이 권장된다.

순응도 부족은 근로자들의 온열질환 또는 사망의 주요 요인으로 나타났으므로, 고용주는 신입 및 복귀 근로자를 위한 순응 계획을 수립해야 한다. NIOSH는 고용주가 적절한 수분 공급 수단을 제공하고, 근로자가 작업장 근처에서 이용 가능한 15 °C (59 °F) 이하의 물을 음용하도록 권고한다. 열 노출이 2시간 미만이고, 중간 강도의 업무를 하는 근로자는 15-20분마다 1컵의 물을 마셔야 하지만, 몇 시간 동안 발한이 지속될 시 균형 잡힌 전해질을 함유한 스포츠 음료를 마셔야 한다. 또한 고용주는 근로자가 휴식을 취하고 회복할 수 있도록 업무 및 휴식 일정을 수립하고 시원한 장소(예: 냉난방 시설 또는 음영 시설)를 제공해야 한다. 이는 다양한 고온 환경에서 열 스트레스로부터 근로자의 건강을 보호하기 위한 것이다.

<표 3-32> 온도와 업무강도별 업무/휴식 시간 및 수분 공급 필요량

WBGT index (°F)	Easy work (250 W)		Moderate work (425 W)		Hard work (600 W)	
	Work/Rest (min)	Water intake (qt·h ⁻¹)	Work/Rest (min)	Water intake (qt·h ⁻¹)	Work/Rest (min)	Water intake (qt·h ⁻¹)
78-81.9	Unlimited	0.5	Unlimited	0.75	40/20	0.75
82-84.9	Unlimited	0.5	50/10	0.75	30/30	1.0
85-87.9	Unlimited	0.75	40/20	0.75	30/30	1.0
88-89.9	Unlimited	0.75	30/30	0.75	20/40	1.0
90+	50/10	1.0	20/40	1.0	10/50	1.0

*Fluid needs can vary on the basis of individual differences (± 0.25 qt·h⁻¹) and exposure to full sun or full shade (± 0.25 qt·h⁻¹). Fluid intake should not exceed 1.5 qt·h⁻¹; daily fluid intake generally should not exceed 12 quarts. This is not to suggest limiting fluid intake by highly conditioned persons, who may require greater than 12 quarts daily.

Note: Rest = sitting or standing, in the shade if possible.

Adapted from DOD [2007].

2. 관리 근거

1) 위험도 계산

열 스트레스 상황에서 근무할 때의 건강 요인에 관하여 세계 보건기구(WHO)는 "일과 중 장기간 동안 과중한 노동에 노출될 때 심부 체온이 38°C를 초과하는 것은 바람직하지 않다"고 결론 내렸다. 엄격히 통제된 조건에서, 심부 체온은 39°C까지 상승할 수 있다. 근로자의 직장 체온이 38°C 또는 39°C까지 상승하여도 열사병이 발생하지 않을 수도 있다.

열 스트레스에 대한 생리적 반응은 사람마다 매우 다양하다. 사실 많은 아마추어 달리기 선수들이 마라톤 주행을 직장 체온이 41°C까지 상승한 상태에서 완료한 사례들은 잘 알려져 있다. 또한 축구 선수의 경우 신체 증상이나 후유증 없이 직장체온 41.9°C까지 측정되었지만, 40°C 미만의 중심 체온에서 열사병이 발생하거나 사망하는 사람들도 있다. 따라서 온열질환은 중심체온뿐만 아니라 증상에 의해서도 결정된다. 일반적으로 38°C를 초과하면 열사병의 위험이 증가한다. 나

뿐 순응도, 탈수, 알코올, 온열질환 과거력, 나이, 약물 사용과 같은 비-열적 요인 또한 열사병의 위험도를 평가할 때 고려되어야 한다.

2) 노출과 효과의 상관 관계

통제된 실험 연구 및 작업장에서의 열 스트레스에 관한 연구에서 발표된 방대한 데이터는 열 스트레스가 증가할수록 열변형(heat strain)이 증가한다는 사실을 지지한다. 이는 일반적으로 열 순응도, 성별, 나이, 개인의 신체적 용량이나 열 저항성에 따라 다르게 적용된다. 하지만 개개인의 차이는 과도한 열 스트레스로 생리적 조절을 위한 신체 시스템의 한계에 도달하면 줄어든다.

평균 근로자가 예측할 수 있는 열변형 요인은 심박수, 신체 및 피부 온도, 땀 생성 및 증발, 피부 습윤도, 노출 시간, 생산성 및 휴식이다. 교란변수로는 입고 있는 옷의 양, 착용감, 단열 정도 및 수분 투과도와 육체노동량, 신체의 수분 및 열 순응이 포함된다.

3) 열변형의 생리학적 모니터링

열 노출 근로자의 심박수는 심부 체온과 같은 생리학적 모니터링은 고온 작업장에서 일하는 모든 근로자를 보호하는데 도움이 된다. 현장 조사에서 근로자가 30초에서 1분 (P1), 1.5-2분 (P2) 및 2.5-3분 (P3) 의 작업주기 종료 후 회복 심박수가 측정되었다. 경구 온도는 4분 동안 설하 체온계로 측정하였다. P1 회복 심박수가 124bpm 이하일 때 측정 시간의 95%에서 구강 온도가 37.5°C 이하였고, P1 회복 심박수가 145bpm 이하일 때 측정 시간의 50%에서 구강 온도가 37.5°C 이하였다. 이 관계로부터 열변형을 평가하고 개선 조치를 제안하기 위한 표가 개발되었다. P3 심박수가 90bpm보다 낮으면 열 스트레스 조건이 성립된다. P3 심박수가 약 90bpm이고 P1과 P3 심박수의 차이가 약 10 bpm이면 작업 수준은 높지만 체온은 거의 상승하지 않고, 회복이 일어나지 않음을 의미한다. 즉 이 경우 열 스

트레스가 허용 수준을 초과하고 열 손상이나 질병을 예방하기 위해 조치를 취해야 한다.

4. 관리 기준 및 대책

<표 3-33> 보통 복장의 근로지에서 온도와 업무강도별 업무/휴식 시간

Adjusted temperature (°F) [†]	Light work (minutes work/rest)	Moderate work (minutes work/rest)	Heavy work (minutes work/rest)
90	Normal	Normal	Normal
91	Normal	Normal	Normal
92	Normal	Normal	Normal
93	Normal	Normal	Normal
94	Normal	Normal	Normal
95	Normal	Normal	45/15
96	Normal	Normal	45/15
97	Normal	Normal	40/20
98	Normal	Normal	35/25
99	Normal	Normal	35/25
100	Normal	45/15	30/30
101	Normal	40/20	30/30
102	Normal	35/25	25/35
103	Normal	30/30	20/40
104	Normal	30/30	20/40
105	Normal	25/35	15/45
106	45/15	20/40	Caution [‡]
107	40/20	15/45	Caution [‡]
108	35/25	Caution [‡]	Caution [‡]
109	30/30	Caution [‡]	Caution [‡]
110	15/45	Caution [‡]	Caution [‡]
111	Caution [‡]	Caution [‡]	Caution [‡]
112	Caution [‡]	Caution [‡]	Caution [‡]

[†]With the assumption that workers are physically fit, well-rested, fully hydrated, under age 40, and have adequate water intake and that there is 30% RH and natural ventilation with perceptible air movement.

[‡]Note: Adjust the temperature reading as follows before going to the temperature column in the table:

Full sun (no clouds): Add 13°

Partly cloudy/overcast: Add 7°

No shadows visible/work is in the shade or at night: no adjustment

Per relative humidity:

10%: Subtract 8°

20%: Subtract 4°

30%: No adjustment

40%: Add 3°

50%: Add 6°

60%: Add 9°

[‡]High levels of heat stress; consider rescheduling activities.

Adapted from EPA [1993].

<표 3-34> 화학물질 방호복을 입은 근로자의 온도, 업무강도별 휴식 시간

Air Temp (°F)	Light work			Moderate work			Heavy work		
	Full sun	Partly cloudy	No sun ¹	Full sun	Partly cloudy	No sun ¹	Full sun	Partly cloudy	No sun ¹
75	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	35/25 ²	Normal	Normal
80	30/30	Normal	Normal	20/40	Normal	Normal	10/50	40/20	Normal
85	15/45	40/20	Normal	10/50	25/35	Normal	Caution ³	15/45	40/20
90	Caution ³	15/45	40/20	Caution ³	Caution ³	25/35	Stop work	Caution ³	15/45
95	Stop work	Stop work	15/45	Stop work	Stop work	Stop work	Stop work	Stop work	Stop work

¹With the assumption that workers are heat-acclimatized, under the age of 40, physically fit, well-rested, fully hydrated, and wearing Tyvek coveralls, gloves, boots, and a respirator. Cooling vests may enable workers to work for longer periods. Adjustments must be made when additional protective gear is worn.

²No shadows are visible or work is in the shade or at night.

³35 minutes work and 25 minutes rest each hour.

⁴High levels of heat stress; consider rescheduling activities.

Adapted from EPA [1993].

1) 기계적 조절

(1) 대류 열 조절

대류 열교환 향상을 위한 엔지니어링 접근법은 공기 온도와 공기 이동을 조절하는 것으로 제한된다. 공기의 건구온도(t_a)가 피부의 온도(t_{sk})보다 낮으면, 환기를 증가시켜 피부의 공기 이동을 증가시킨다면, 신체의 열손실 속도가 증가할 것이다. t_a 가 t_{sk} 보다 클 경우에는 때 더 시원한 외부 공기를 도입하거나 증발 또는 냉각에 의해 t_a 가 감소되어야 한다. 또한 t_a 가 t_{sk} 를 초과하는 동안 공기 속도는 땀이 자발적으로 증발할 수 있는 수준으로 떨어져야 하지만, 이는 대류로 인한 열 이득을 감소시킨다(표 6-1). 개별 작업자의 국소적 냉각은 대류 열교환을 제어하는 효과적인 방법이 될 수 있다. 특히 이는 전체 공간을 냉각하는 데 드는 비용이 많이 드는 대규모 작업장에서 효과적이다. 그러나 현장 냉각기 또는 송풍기는 독성 화학 제제를 통제하는 데 필요한 통풍 시스템을 방해할 수 있다.

(2) 복사 열 조절

복사열 이득을 제어하는 엔지니어링 접근 방식은 복사열을 줄이거나 복사열 공급원에서 작업자를 보호하는 것뿐이다. 차폐 없이 직접 근로자가 노출하는 물

체의 온도를 줄이려면 (1) 일반적으로 제조 공정의 온도 요구 사항에 부합하지 않는 공정 온도 감소; (2) 열원의 재배치, 단열 또는 냉각; (3) 열원과 근로자 사이 에 복사 광선 차폐; (4) 물질을 코팅하여 뜨거운 표면의 열 방사를 감소가 필요하다. 이중, 복사 광선 차폐는 일반적으로 설치가 쉽고 비용이 가장 적게 든다. 차폐는 복사열 부하를 80 %에서 85 %까지 줄일 수 있다. 차폐물을 배치할 때 작업에 지장을 주지 않아야 한다.

(3) 증발 열 조절

땀이 피부 표면에서 증발하면 신체에서 열이 손실된다. 증발의 속도와 양은 피부 위의 공기 이동 속도와 상온에서의 공기의 수증기압과 젖은 피부의 수증기압의 차이의 함수이다. 모든 공기 대 피부의 증기 압력 차이에서 공기 속도가 높을 수록 증발은 증가한다. 낮은 공기 속도에서의 증발 열 손실은 환기(공기 속도 증가)를 향상시킴으로써 크게 증가 될 수 있다. 높은 풍속(2.5m/s 또는 500 fpm)에서는 착용된 의복이 피부를 통한 공기 이동을 방해할 때를 제외하고는 환기는 추가적 효과가 없다.

증발 냉각의 엔지니어링 제어는 두 가지 방법으로 수행할 수 있다. (1) 공기 이동을 늘리거나 (2) 주변 수증기 압력을 낮춘다. 이중 팬이나 송풍기를 사용하여 공기 이동을 증가시키는 것이 가장 간단하고 일반적으로 증발 열 손실 속도를 높이는 가장 저렴한 방법이다. 대기 중 수증기 압력을 낮추려면 일반적으로 공조 장비(냉각 압축기)가 필요하다. 경우에 따라 에어컨 설치, 특히 국소 에어 컨디셔닝은 낮은 기류로 인해 환기가 잘되는 것보다 비용이 적게 든다. 작업장 공기의 증기압은 든 유입 및 재순환 공기의 습도가 조절되는 경우를 제외하고는 일반적으로 외부 대기 공기의 증기압과 동일하다. 수증기의 원천인 주변 공기 이외에도, 증기 밸브 및 증기 라인의 유출 및 젖은 바닥에서의 증발로 제조 공정에서 수증기가 추가될 수 있다. 추가적인 수증기를 없애면 공기 중 전체 증기압을 낮추고

피부에서 땀이 증발하는 속도를 촉진시켜 기화열 손실을 증가시킬 수 있다.

<표 3-35> 열 스트레스 및 열변형을 조절하기 위한 대책

Item	Actions for consideration
1. Engineering Controls	
Body heat production of task (M)	<ul style="list-style-type: none"> Reduce physical demands of the work; use powered assistance for heavy tasks
Radiative load (R)	<ul style="list-style-type: none"> Interpose line-of-sight barrier; use furnace wall insulation, metallic reflecting screen, heat reflective clothing; cover exposed parts of body
Convective load (C)	<ul style="list-style-type: none"> If air temperature is above 35°C (95°F), reduce air temperature, reduce air speed across skin, wear clothing If air temperature is below 35°C (95°F), increase air speed across skin and reduce clothing
Maximum evaporative cooling by sweating (E_{max})	<ul style="list-style-type: none"> Increase cooling by decreasing humidity and/or increasing air speed Decrease clothing
2. Administrative Controls	
Acclimatization	<ul style="list-style-type: none"> Gradually increase exposure time in hot environmental conditions over 7-14 days For new workers, the schedule should be no more than 20% of the usual duration of work in the hot environment on day 1 and no more than 20% increase each day For workers with experience with the job, the regimen should be no more than 50% of the usual duration of work in the hot environment on day 1, 60% on day 2, 80% on day 3, and 100% on day 4
Work schedule	<ul style="list-style-type: none"> Shorten duration of each exposure; more-frequent short exposures are better than fewer long exposures Schedule very hot jobs in cooler parts of day when possible
Hydration	<ul style="list-style-type: none"> Encourage water intake at frequent intervals to prevent dehydration (1 cup every 15-20 minutes)
Rest and recovery	<ul style="list-style-type: none"> Shaded and/or air-conditioned space nearby
Extreme heat event (e.g., heat wave)	<ul style="list-style-type: none"> Heat alert program

2) 제도적 조절

(1) 노출 시간 및 온도 제한

(2) 신진 대사 열 부하 감소

대부분의 작업 상황에서 신진 대사 열은 총 열 부하의 주요 부분이 아니다. 그러나 대사 열은 순환계에 대한 추가 부하를 나타내기 때문에 높은 열 노출에서 중요한 구성 요소가 될 수 있다. 과중한 신진 대사는 상당한 휴식 기간을 필요로 한다(표 2, 3). 신진 대사 열 생산량은 다음 전략에 따라 감소시킬 수 있다.

- 작업의 물리적 구성 요소 기계화
- 작업 시간 단축 (근로일 감소, 휴식 시간 증가, 2교대 제한), 정해진 근무 시간
- 노동력 증가

(3) 열 저항성 강화

인간의 열 적응 메커니즘을 자극하면 열에 의한 작업을 견딜 수 있는 능력이 크게 향상될 수 있다. 그러나 열에 적응하는 능력이 사람들마다 다르다는 것을 고려해야 한다.

적절하게 설계되고 적용된 열 순응 프로그램은 뜨거운 일자리에서 일하는 근로자의 능력을 향상시키고 온열질환 및 위험한 행동을 감소시킨다. 열 순응은 대개 7일에서 14일 동안의 뜨거운 일자리 노출로써 유도될 수 있다. 경험이 있는 근로자의 경우, 순응도 요법은 1일째에는 더운 환경에서 평상시 근무 시간의 50% 이하, 2일째에는 60%, 3일째에는 80%, 4일째에는 100% 근무해야 한다. 신입 사원의 경우, 하루 1시간씩 뜨거운 환경에서 평상시 근무 시간의 20%를 넘지 않아야 하며 매일 20% 이상 증가하지 않아야 한다. 신체적으로 적합하지 않은 사람은 신체적으로 적합한 사람보다 열 순응을 향상시키는 데 약 50%의 시간이 더 필요하다.

(4) 보건 및 안전 교육

고용주는 열 스트레스 교육 프로그램을 제공하여 다음과 같은 사실에 대해 모든 근로자와 감독자를 교육시켜야 한다.

- 열경련, 열탈진, 열발진 및 열사병과 같은 다양한 종류의 온열질환 및 증상에 대한 인식 및 응급 처치

- 충분한 수분 섭취 및 소변의 색과 양 모니터링과 같은 온열질환을 최소화하는 절차.

- 열 보호복 및 장비의 올바른 관리 및 사용과 운동, 의복 및 개인 보호 장비로 인해 발생 가능한 추가적인 열 부하.

- 약물, 알코올, 비만 등 비직업적 요인이 직업 열 스트레스에 대한 내성에 미치는 영향.

- 본인 또는 동료의 열과 관련된 증상 또는 징후를 감독자에게 즉시 보고하는 것의 중요성.

- 필요시 가능한 온열질환의 증상에 대응하고, 응급 의료 서비스에 연락하기 위한 고용주의 절차

(5) 열 저항성 검진

건강한 개인의 열 저항성에 대한 의료 검진에는 이전의 온열질환의 기록이 포함돼야 한다. 온열질환력이 있는 근로자는 열 저항성이 떨어질 수 있다. Moran은 직장체온 및 심박수를 이용한 열 저항성 시험에 관한 연구에서 열탈진 또는 열사병 발생 후 6~8 주 이내에 열 저항성 시험을 실시하여야 하고, 열 저항성 진단을 평가하기 위해 4~8 주 후에 시험을 반복해야 한다고 주장했다. 그러나 심장 박동수는 인구 집단마다 다르기 때문에, 열 저항성을 평가하기 위해 심박수를 신중하게 사용해야 한다.

3) 개인 보호복 및 보조 신체 냉각

보조 냉각 시스템은 의류 밑에 얼어 붙은 물질을 도포하는 것과 같은 간단한 방법부터 냉각 된 옷과 같은 더 복잡한 방법까지 다양하다. (1) 수냉식 의류, (2) 공랭식 의류, (3) 냉각 조끼 및 (4) 젖은 의류 4가지 보조 냉각 방식이 평가되었다. 이 보조 냉각 방법은 특정 작업장 환경에서 심한 열 스트레스의 위험을 완화하는 데 사용될 수 있다.

(1) 수냉식 의류

수냉식 의류는 전신 또는 옷의 일부 부위에 분산된 튜브의 네트워크가 피부와 튜브 사이의 전도성 열 교환을 통해 피부를 차갑게 한다. 수냉식 의류에는 배터리, 순환 펌프, 열 교환기, 유체 용기 및 제어 패드와 같은 외부 장치들이 필요하다. 장치의 무게와 부피는 착용자의 움직임을 방해하고 중량을 가중할 수 있다. 이는 작업의 성격 및 환경 조건과 함께 수냉 의류의 유효 사용 시간을 결정한다. 또한, 이슬점 이하의 온도에서는 튜브 근처에서의 수증기 응축이 피부의 열 손실을 증가시킬 수 있다.

(2) 공랭식 의류

공랭식 의류는 피부에 냉각 공기를 공급한다. 냉각 공기가 공랭식 의류에 공급될 때 완전하게 땀에 젖은 피부에서 총 열교환은 냉각 공기 온도와 냉각 공기 유량에 의해 변한다. 전체 열 교환 및 냉각 정도는 공기 흐름 속도에 따라 증가하고 공기의 온도 증가에 따라 감소한다.

냉각 공기를 공급하기 위해 소용돌이 튜브는 다양한 작업 환경에서 이용 가능합니다. 근로자에게 부착된 소용돌이 튜브에는 호스를 통해 압축된 공기를 공급하는 소스가 필요하다. 소용돌이 튜브를 압축 공기 공급원에 연결하는 호스는 근

로자가 일하는 공간을 제한한다. 하지만 근로자가 이동할 필요가 없다면, 공랭식 의류는 소음이 있긴 하지만 간단한 냉각 공기 공급원이 될 수 있다.

(3) 냉각 조끼

냉각 조끼는 얼음 또는 상변화 물질로 만들어진 72개의 냉각 팩을 장착할 수 있다. 냉각은 접촉 시간과 신체 표면과의 접촉 압력, 의류 및 더운 환경의 가열 효과에 따라 달라진다. 냉각 조끼는 일반적으로 약 2~3시간 동안은 효과적인 냉각을 제공할 수 있고, 상대습도 85% 기온 29.4°C, 상대습도 62% 기온 35°C인 환경에서 냉각 조끼는 최대 4시간 동안 냉각을 제공할 수 있다. 그러나 상대습도 25%, 기온 51.7°C의 환경에서는 약 3시간 후에는 효과가 거의 없어진다. 조끼에 있는 냉각 팩의 60%로는 2시간 동안만 효과가 있다. 냉각 조끼는 사용 시간이 일정하지 않고, 정해진 양의 냉각을 제공하지 않기 때문에 뜨거운 환경에 노출되면 보조 냉각 팩으로 2~4시간 마다 교체해야 한다. 하지만 냉각은 소음이 없고, 근로자의 이동을 제한하는 전력장치나 호스가 없다. 또한 냉각 조끼는 다른 냉각 방법보다 상대적으로 저렴하단 장점이 있다.

(4) 젖은 의류

젖은 의류는 불투과성 옷과 함께 사용하면 간단하고 효과적인 보조 냉각 방법이 될 수 있다. 기온, 상대습도 및 풍속 수치를 통해 보충 냉각 및 최소 수분 요구량을 예상할 수 있다. 젖은 의류로부터 수분이 증발할 수 있는 낮은 습도 및 고온의 환경에서, 젖은 의류 사용은 간단하고, 저렴하며 효과적이다.

(5) 실제 적용 및 한계

상기한 냉각 방법은 모두 작업 환경에서 상당한 제한점이 있다. 이를 테면, 냉각 조끼는 저렴하지만 조끼의 온도를 조절할 수 없고, 실용적일 정도로 시원하지 않을 때가 있다. 실제로 냉각 시스템이 너무 차가우면 혈관이 수축하여 신체로부

터의 열 발산이 감소된다. 수냉 시스템의 경우에는 근로자가 물을 순환시키는 시스템 안에 있어야 하며, 너무 무거워서 작업 시 실용성이 떨어질 수 있다.

중심 체온은 상대적으로 천천히 변하고, 힘든 일을 중단하는 것만으로는 중심 체온이 즉시 감소하지 않는다. 냉각 시스템은 중심 체온을 낮추고, 단순한 휴식 시간 보다 신속하게 몸을 회복시킨다. 따라서 냉각 시스템을 통해 중심 체온을 낮추고, 열 손상 위험을 줄일 수 있다.

4) 미국 산업위생전문가협회

미국의 산업위생전문가협회 (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)는 근로자의 열 스트레스에 대한 관리 목표를 거의 모든 근로자의 건강에 악영향을 주지 않고 반복적으로 노출 될 수 있는 열 스트레스 조건을 지키는 것에 두고 있다.

열 스트레스의 Threshold limit value (TLV) 목표는 심부 체온을 정상의 $+1^{\circ}\text{C}$ (37°C) 이내로 유지하는 것이다. ACGIH는 열 스트레스 및 근로자에 대한 위험을 평가할 것을 제안하고 있다. 이에 따르면, 이 (1) 열에 순응되었으며, 적절한 수분 공급이 되었으며, 과거력이 없는 (2) 건강한 근로자가 건강에 부정적인 영향을 주지 않고 반복적으로 노출 될 수 있다는 전제에 근거하고 있으며, (3) 행동 제한 지침은 순응되지 않은 근로자를 보호하는 것을 목표로 하였다.

열에 대한 내성이 더 높고 적절한 의료적 조치가 준비된 근로자들은 TLV를 초과하는 열 스트레스 조건에서 작업 할 수 있지만 심부 체온이 38°C (100.4°F) 한계를 초과하지 말 것을 권장한다. 그러나 열에 순응된 근로자는 38.5°C (101.3°F)를 초과하지 않는 범위 하에서 작업 할 수 있다. 근로자의 허용되는 열 스트레스의 환경 요인은 아래의 표와 같이 WBGT로 표시된다.

<표 3-36> TLV and action limits of ACGIH (2017)

고온 순화된 근로자의 TLV (WBGT in °C)				
Allocation of Work in a cycle of work & rest	Light	Moderate	Heavy	Very heavy
75% to 100% work	31.0	28.0	-	-
50% to 75% work	31.0	29.0	27.5	-
25% to 50% work	32.0	30.0	29.0	28.0
0 to 25% work	32.5	31.5	30.5	30.0
고온 순화되지 않은 근로자의 Action limits (WBGT in °C)				
Allocation of Work in a cycle of work & rest	Light	Moderate	Heavy	Very heavy
75% to 100% work	28.0	25.0	-	-
50% to 75% work	28.5	26.0	24.0	-
25% to 50% work	29.5	27.0	25.5	24.5
0 to 25% work	30.0	29.0	28.0	27.0

이러한 TLV와 action limits은 근로자의 신체 대사율(Metabolic Rate (Watts))을 기반으로 계산되었으며, 자세한 기준은 다음 표와 같다. 근로자의 신진 대사열 생산량은 작업량 범위로 표시하여 가벼운 작업 ≤ 180 kcal/h; 중간 정도의 작업 = 180 - 300 kcal/h; 힘든 작업 = 300 - 415 kcal/h; 그리고 매우 힘든 작업 ≥ 520 kcal/h이 된다.

<표 3-37> Metabolic Work Rates of ACGIH (2017)

Work Category	Metabolic Rate (Watts)	Examples
휴식 (Rest)	115	앉기
가벼운 작업 (Light)	180	앉기, 서기, 가벼운 팔(손) 작업, 일상 걸음
중간 작업 (Moderate)	300	평상시 걸음, 중간 정도의 들기
힘든 작업 (Heavy)	415	무거운 물체를 다룸, 빠르게 걷기
매우 힘든 작업 (Very Heavy)	520	곡괭이나 삽으로 하는 작업

ACGIH는 작업 형태가 다양하거나 작업 및 휴식 환경이 다른 경우 TWA를 별도로 계산할 것을 권고한다. 또한, WBGT계산시 감안해야 할 요소에 의류 조건을 두어 현장의 상황에 맞게 적용하도록 제시하였다. 주요 모니터링 지표로는 심박수, 심부 체온, 관련 증상, 심한 발한 및 체중 감량을 권고하고 있다.

5) 싱가포르

싱가포르는 Workplace Safety and Health Guidelines: Managing Heat stress in the Workplace (2012) 라는 보고서를 기반으로 고온에 노출되는 근로자의 건강 보호에 적용하고 있다. 이 가이드는 싱가포르 사업장안전보건위원회 (Workplace Safety and Health(WSH) Council)에서 제작되었다.

(1) 가이드 개요

싱가포르는 덥고 습한 지역으로, 지구온난화 및 기후변화로 인해 기온이 점점 증가하는 상황에 있다. 이에 싱가포르 자국 내 고온 환경에서 근무하는 작업자의 열로 인한 질환을 예방하기 위해 구성된 가이드라인이다. 작업장에서 위험도 평가를 시행하고, 위험도에 따른 예방대책을 시행하는 것을 골자로 하고 있으며 예방 대책에는 작업 전 근로자들이 기상조건에 순응하는지를 확인하는 과정이 포함되어 있다.

(2) 열 스트레스(Heat stress)

열은 신체뿐만 아니라 외부 환경에서도 가해진다. 항상성이 정상적으로 작동하면 신체는 추울 때 는 몸을 떨어 열을 내고, 더울 때는 땀을 분비해 증발을 통해 열을 내린다. 열 스트레스는 열 축적량이 열 제거능력을 초과할 때 발생하고, 이 한계를 벗어난 장기는 부전에 빠져 심하게는 사망에 이를 수도 있다.

가장 중요한 고열에 대한 반응은 땀의 증발로, 습도가 높으면 증발이 잘 일어나지 않아 더 위험할 수 있다. 강한 강도의 육체노동을 시행하면 시간당 1리터 이상의 물이 소모될 수 있으며, 탈수가 발생하면 혈액순환 및 체온조절 장애가 발생할 수 있다. 따라서 수분 보충은 최적의 항상성을 유지하는데 가장 중요하다. 열 조절에 실패하면 열경련, 열탈진, 열사병 등의 온열질환이 발생할 수 있다.

(3) 열 스트레스에 영향을 미치는 인자

열 스트레스에 영향을 미치는 작업장 인자로 근로자 개인요소(Personal worker factors), 작업 유형 및 특성(Type/Nature of work), 작업환경(Work environment)이 있다.

근로자 개인요소에는 기후적응(Acclimatization), 물공급(hydration) 및 과거력(illness)이 있다. 예를 들어 추운 국가에서 온 근로자는 싱가포르의 고온 환경에 적응할 필요가 있으며, 이를 기후적응이라고 한다. 작업자가 물을 충분히 마실 수 있도록 격려해야 하며, 과거 온열질환 과거력이 있었던 경우 열사병 발병 위험이 더 크므로 주의가 필요하다. 또한 면역억제상태, 고령, 당뇨, 비만, 알코올 섭취 및 특정 약물 복용자는 열사병 발생 확률이 더 높다.

작업 부하, 작업 속도, 작업 유형, 작업복 종류 등의 작업 유형 및 특성도 열 스트레스에 영향을 미칠 수 있다. 고용주는 전반적인 일의 양을 파악하고 인력과 자원을 적절하게 배분해야 하고, 충분한 휴식시간을 주어야 한다.

작업환경은 작업장의 온도, 습도 및 환기상태를 의미한다. 고용주가 통제하기는 어려운 인자지만 작업환경을 고려해 스케줄을 조정해야 한다. 가장 강도가 높은 작업은 가장 더운 시간에 배치하지 않도록 하고, 좁은 공간에서 일하는 근로자에게는 적절한 환기시설을 제공해야 한다.

(4) 관리 근거

WSH 법(WSH act)은 최고경영자부터 최전선 노동자에 이르기까지 작업장의 모든 근로자의 안전과 건강을 보장하기 위해 모든 개인에게 안전 습관을 교육하는 것을 목적으로 하며, 이를 위해 합리적으로 실행 가능한 모든 조치를 취하도록 하고 있다. 고용주는 근로자의 건강에 위협이 없고, 합리적으로 일할 수 있는 환경을 조성하도록 해야 하며 근로자는 자신의 건강뿐만 아니라 동료 근로자들의 건강까지 돌볼 의무가 있다. 해당 규정에 따라 작업장 환경을 규제하고 있는

데, 예를 들어 터널 작업과 같은 압축공기 환경에서는 온도는 29°C, 상대습도는 85%를 초과하지 않도록 하고 있다.

WSH 위험 관리 규정(WSH risk management regulation)에 따라 작업장 환경에 영향을 받는 근로자들의 안전을 보호하기 위해 위험도 평가가 수행되어야 하는데, 위험도 평가는 작업과 관련된 안전 및 건강 위해 파악과 분석, 관련된 위험의 평가, 위험을 통제하고 줄이기 위한 우선순위 결정을 시행하여야 한다. WSH 규정에 따라 공장 뿐만 아니라 모든 작업장에서 수행되는 일상적이거나, 일상적이지 않은 모든 작업에 대한 위험 평가를 시행해야 한다.

(5) 관리 기준

환경요인, 작업요인, 작업자요인을 측정하여 열지수를 산출할 수 있으며 열지수를 기반으로 온열질환에 대한 예방대책을 세울 수 있다. 열지수는 여러 가지가 개발되어 있으며, 습구흑구온도(Wet Bulb Globe Temperature, WBGT) 및 열 스트레스 지수(Heat stress index)를 사용할 수 있다. 싱가포르 국가 환경청(National Environment Agency, NET)은 60개 이상의 온라인 자동 관측소를 통해 24시간 간격으로 열 스트레스 지수를 업데이트하고 있다.

WBGT를 이용한 위험도 평가에는 아래와 같은 기준을 사용한다.

- * WBGT < 31°C: Low risk
- * WBGT 31-31.9°C: Moderate risk
- * WBGT > 32°C: High risk

WBGT의 허용치는 작업의 신진대사 요구량과 작업과 휴식 주기에 따라 달라지는데, 두 변수에 따라 ACGIH가 지정한 TLV 값을 적용하였다. ACGIH의 TLV 값은 기후순응이 완료되고 충분한 물을 섭취하는 근로자 기준으로 반복 노출되어도 나쁜 건강 영향이 발생하지 않는다고 생각되는 조건으로, 심부 체온을 38°C

를 초과하지 않도록 하는 것이 목적이다. WBGT 업무 상한(Action limit)은 기 후적응이 되지 않은 근로자를 보호하기 위한 기준으로, 온열질환에 대한 예방대책을 고려해야 하는 조건을 의미한다.

위 기준은 긴팔 셔츠 및 바지를 기준으로 한 것이며, 일반적이지 않은 복장을 착용한 경우에는 아래 표를 바탕으로 보정이 필요하다.

<표 3-38> Clothing adjustment factors for some clothing ensembles

Clothing type	Addition to WBGT(°C)
Work clothes (Long-sleeved shirt & pants)	0
Cloth (woven material) coveralls	0
Double-layer woven clothing	3
SMS polypropylene coveralls	0.5
Polyolefin coveralls	1.0
Limited-use vapour-barrier coveralls	11.0

열지수(heat index)에는 열 스트레스 1(Heat stress 1) 및 열 스트레스 2(Heat stress 2)가 있는데, 열 스트레스 1은 환기가 잘 되고 그림자가 진 곳에서 사용하는 지수이며 열 스트레스 2는 환기가 잘 되는 햇빛 아래 야외에서 사용하는 지수이다. 싱가포르에서는 열 스트레스 2를 제공하는 스테이션이 5개, 열 스트레스 1를 제공하는 스테이션이 17개 있다.

가이드에서는 싱가포르 국내에서 인터넷을 통해 열람 가능한 이 열지수를 참고하여 아래와 같은 온열질환 예방대책을 수립하도록 설명하고 있으나, 위험도를 구분하는 기준에 대한 언급이 없으며 위험도에 따라 예방대책을 구분하고 있지 않다. 습구흑구온도(WBGT)의 계산과 이를 활용한 위험도 평가 및 대책에 대해서는 부록을 통해 언급하고 있다.

(6) 대책과 대응

열적응(Heat acclimatization)

추운 기후에서 온 근로자는 더운 날씨에 순응하도록 해야 한다. 새로운 근로자는 근무지역의 기상 조건 및 작업량에 적응하기 위해 최소 1주에서 2주가 필요하며, 배치 즉시 더운 환경에서 작업을 시작해서는 안 된다. 근로자들은 근무 배치 후 2주간 14일간의 열적응 프로그램을 받아야 하며, 최대 14일동안 열에 노출되는 시간을 점차적으로 늘리는 방식으로 시행하면 된다. 예를 들어 첫 2일 동안은 가장 더운 시간인 오전 11시부터 오후 3시까지 직사광선 배치를 하지 않고 근무 3일째부터 첫날에 비해 열 노출을 1시간씩 증가시키는 방안이 있다.

열적응 기간 동안 근로자에 대한 감독이 면밀하게 이루어져야 하며 필요할 경우에 휴식시간을 늘리거나 적응기간을 연장할 필요가 있다. 열적응을 수행하고 있는 근로자에게 밴드나 헬멧 끈리표를 부착해 식별을 용이하게 할 수 있다.

적절한 양의 수분 섭취

소변이 투명하거나 밝은 황색이 유지되도록 갈증을 해소하기에 충분한 수분을 섭취하도록 권장해야 한다. 더운 환경일 경우 각 근로자가 매 시간 500mL의 물을 섭취할 수 있도록 권장할 필요가 있다. 단단한 플라스틱 병을 사용하는 것이 좋으며, 일회용 플라스틱 병을 재사용할 경우 위험이 있을 수 있다. 시원한 물을 가까운 곳에 둘 수 있도록 하면 좋다.

작업스케줄 조정 및 보조장비 제공

격한 신체작업이나 직사광선 아래에서의 작업은 오전 일찍이나 오후 늦게 시행하도록 한다. 25분 작업 후 5분 휴식 등의 방식으로 근무스케줄을 조정하고, 온열작업 위험도가 심각한 상황에서는 휴식시간을 더 길게 적용한다. 리프팅 장비나 전동 공구등을 도입해 신체 부담을 줄여주는 것도 좋은 방안이다.

근무장소 및 휴식장소에 차양막 제공

직사광선 아래에서 일하는 근로자를 위해 차양막을 제공하면 도움이 된다. 가능한 모든 곳에 설치하면 좋으며, 음료수를 비치하면 더욱 도움이 된다.

의류의 선택

뜨거운 환경에서 일할 경우 옷을 헐렁하게 입는 것이 도움이 되며, 일부 환경에서는 모자를 착용하는 것이 도움이 될 수 있다.

근로자 교육 및 보고

모든 근로자에게 온열질환의 위험성, 위험요인, 증상 및 중증도 평가, 시행할 수 있는 예방조치에 대한 교육이 이루어져야 하며, 근무 중 불쾌감이나 이상증상을 감지할 경우 근로감독자에게의 즉각적인 보고가 이루어지도록 해야 한다. 근로자들끼리 서로 짝을 이루어 동료의 상태를 평가할 수 있도록 하면 좋다.

업무적합성 평가

근로자들은 취업 전 건강검진을 시행받아야 한다. 건강 상태가 좋지 못한 근로자는 출근 전 감독자에게 보고하고, 의사에게 진찰을 받고 업무적합성을 평가받아야 한다. 작업 현장에서 코막힘, 기침, 인후통, 두통 등 독감 증상을 보이는 근로자에게는 의료적 처치가 필요하다. 또한 근로자들이 평소에 적합하고 건강한 식단을 유지하고 적절한 양의 수면을 취하고, 커피와 술을 과도하게 섭취하지 않도록 지도해야 한다.

6) 일본 후생 노동성

직장에서 열사병의 예방에 대해

당뇨병, 고혈압 등이 일반적으로 열사병의 발병 리스크를 높이는 가운데 건강 진단 등에 의거 하여 조치를 더욱 철저히 해야 하는 상황에 처해 있으므로 아래와 같이 직장에서 열사병 예방에 관한 사업의 실시 할 것을 권고한다.

(1) WBGT 값 (더위 지수)

WBGT는 혹서 환경에 의한 열 스트레스 평가를 실시 더위 지수이며, 다음과 같이 정의한다.

실내의 경우와 야외에서 태양이 없는 경우

$$\text{WBGT 값} = 0.7 \times \text{자연 습구 온도} + 0.3 \times \text{흑구 온도}$$

야외에서 태양이 있는 경우

$$\text{WBGT 값} = 0.7 \times \text{자연 습구 온도} + 0.2 \times \text{흑구 온도} + 0.1 \times \text{건구 온도}$$

단, 아래의 표에 열거 된 의류를 착용하고 작업을 하는 경우에 있어서는, 산출 된 WBGT 값에 각각의 보정 값을 추가 할 필요가 있다.

<표 3-39> 의류의 종류에 따른 WBGT 추가 보정 값

의류의 종류	WBGT 추가 보정 값 (°C)
작업복 (긴팔 셔츠와 바지)	0
천(직물)으로 만들어진 작업복	0
두겹의 천(직물)으로 만들어진 의류	3
SMS 폴리 프로필렌으로 만들어진 작업복	0.5
폴리올레핀 천 소재로 만들어진 작업복	1
제한된 용도의 증기 스며 들지 않는 작업복	11

참고) 보정 값은 일반적으로 레벨 A라는 완전히 스며 들지 않는 보호복에 사용 하여서는 안 된다. 또한 겹쳐 입은 옷의 경우 개별 보정 값을 추가하여 전체의 보정 값이 될 수 없다.

신체 작업 강도 등에 따라 WBGT의 기준을 다르게 적용할 수도 있으며, 그 기준은 아래의 표와 같다.

<표 3-40> 대사율 수준에 따른 WBGT 기준치

구분	신체 작업 강도 (대사율 수준)의 예	WBGT 기준치			
		열에 순응하는 사람 ℃		열에 순응하지 않는 사람 ℃	
0 안정	안정	33		32	
1 저 대 사 율	편안하게 앉은 자세: 가벼운 수작업 (쓰기, 타이핑 그리기, 바느질 등): 손과 팔로 하는 작업 (작은 공구 점검, 조립 및 가벼운 소재 구분) 팔과 다리작업 (보통상태에서 차량의 운전, 발 스위치와 페달의 조작 작업). 서있는 자세; 코일감기; 적은 힘이 들어가는 도구 기계; 약간 걸기((속도 3.5 km / h)	30		29	
2 중 정 도 대 사 율	계속해서 머리와 팔의 작업 (못질, 흙쌓기); 팔과 다리의 작업 (트럭 오프로드 조종, 트랙터 및 건설 차량); 팔과 몸통의 작업 (해머 작업, 트랙터 조립 석고 색칠, “중”정도의 무게의 재료를 간헐적으로 하는 작업, 잡초, 과일과 야채를 다듬); 가벼운 손수레를 밀고 당기는 작업; 3.5 ~ 5.5km / h의 속도로 걸기	28		26	
3 고 대 사 율	강도가 있는 팔과 몸통의 작업; 무거운 재료를 운반; 삽을 사용; 대형 해머 작업; 톱질; 단단한 나무에 대패질을 하거나 끌로 파기; 깎고; 파고; 5.5 ~ 7 km / h의 속도로 걸기. 무거운 짐을 카트와 손수레를 밀고 당기는 작업; 주물을 날카롭게; 콘크리트 블록 쌓기등.	기류를 느끼지 않을 때	기류를 느낄 때	기류를 느끼지 않을 때	기류를 느낄 때
		25	26	22	23

4 극 고 사 율	최대 속도의 속도로 매우 격렬한 활동; 도끼로 찍기; 격렬하게 삽을 사용하여 땅을 파기; 오르기, 달리기 7 km / h보다 빠른속도로 걷기.	23	25	18	20
-----------------------	--	----	----	----	----

일본 공업 규격 Z 8504 (인간 공학 -WBGT 지수에 따른 작업자의 열 스트레스의 평가 - 혹서 환경) 부록A "WBGT 열 스트레스 지수의 기준치 표"를 바탕으로 동표 에 나타내는 대사율 수준을 구체적인 예에 대체하여 만든 것.
열 순응하지 않는 사람은 "작업하기 1주일 전에 매일 열에 노출되지 않은 사람"을 말한다.

WBGT 값이 기준치를 초과하거나 초과 할 우려가 있는 경우에는 냉방 등에 의해 해당 작업장의 WBGT 값의 저감을 도모하는 신체 작업 강도 (대사율 수준) 가 낮은 작업으로 변경하고, WBGT 기준치보다 낮은 WBGT 값 인 작업 장소에서 작업을 변경하는 등의 열사병 예방 대책을 작업 상황 등에 따라 실시하도록 노력해야 한다.

그럼에도 불구하고, WBGT 기준치를 초과하거나 초과 할 우려가 있는 경우에는 제 2의 열사병 예방 대책의 철저를 도모 해, 열사병의 발생 위험 감소를 도모 해야 한다. 상기 외 열사병이 발병 할 위험이 있는 경우에는 필요에 따라 제 2의 열사병 예방 대책을 실시하는 것이 바람직하다.

(2) 제 2 열사병 예방 대책

가) WBGT 값의 감소

- 작업장에 발열체와 노동자 사이에 열을 차단 할 수 있는 차폐물 등을 설치.
- 야외 고온 다습 작업 장소에서는 직사광선 및 주위의 벽면 및 바닥에서 반사를 차단 할 수있는 간단한 지붕 등을 설치.

나) 휴식 장소의 정비 등

- 냉방을 갖춘 휴식 공간 또는 그늘 등의 시원한 휴식 장소를 마련할 것.
- 작업 장소 또는 그 부근에 얼음, 차가운 물수건, 물 목욕, 샤워 등 몸을 적당히 식혀 수 있는 물품 및 시설을 설치할 것.
- 수분 및 염분의 섭취를 정기적이고 용이하게 실시 할 수 있도록 배치.

다) 작업 관리

- 작업 시간의 단축: 작업 중단 시간 및 휴식 시간을 확보하고, 장시간의 작업을 할 경우 작업 위치를 변경하는 등 열사병 예방 대책을 작업 상황 등에 따라 실시하도록 노력할 것.
- 고온 순응: 노동자를 계획적으로 열에 순응 기간을 둘 것.
- 수분 및 염분의 섭취: 순찰의 확인 등을 통해 정기적인 수분 및 염분의 섭취를 철저히 도모할 것. 특히 노화와 질병에 의해 탈수도 자각 증상이 부족한 경우가 있는 것에 유의한다. 또한, 염분 등의 섭취가 제한되는 질환을 가진 근로자에 대해서는 주치의 산업의 등에 상담하는 것.
- 복장: 통기성이 좋은 옷을 착용 할 것. 또한 직사 광선 아래에서는 통기성이 좋은 모자 등을 착용 할 것.
- 작업중인 순찰: 정기적인 수분 및 염분의 섭취에 관한 확인을 실시하고, 노동자의 건강 상태를 확인하고 열사병을 의심하게하는 증상이 나타난 경우에 즉시 작업 중단 하고 필요한 조치를 취할 것.

라) 건강 관리

- 건강 진단 결과에 따른 대응: 열사병의 발병에 영향을 줄 수 있는 질환의 치료 중등 노동자에 대해서는 의사 등의 의견을 듣고 감안하여 필요하다고 인정할 때에는 사업주는 취업 장소의 변경, 작업

- 전환 등의 적절한 조치를 철저히 도모하는 것.
- 일상의 건강 관리: 일상의 건강 관리에 대한 교육을 실시하고, 필요에 따라 건강 상담을 실시.
 - 노동자의 건강 상태 확인: 작업 시작 전에 노동자의 건강 상태를 확인, 작업하는 동안 순찰을 자주하고, 말을 거는 등 근로자의 건강 상태를 확인한다. 또한 여러 노동자들의 작업에서는 노동자끼리 서로의 건강 상태에 유의할 것.
 - 신체 상태의 확인: 휴식 장소에 체온계, 체중계 등을 갖추고, 필요에 따라 신체 상태를 확인할 것.

마) 보건 교육

다음 사항에 대해 보건 교육을 실시한다.

- 열사병의 증상
- 열사병 예방 방법
- 긴급 응급 조치
- 열사병의 사례

(3) 관련 근거

가) WBGT 값의 측정 방법 등은 2005년 7월 29일자 기준 제 0729001 호 「열사병 예방 대책의 WBGT의 활용에 대해」에 의한 것.

나) WBGT 값의 측정이 이루어지고 있지 않은 경우에는 아래의 표 “WBGT 값과 온도 상대습도와의 관계”를 열 스트레스 평가를 실시할 때에 참고한다.

<표 3-41> WBGT 값과 온도, 상대 습도와의 관계

氣 溫(℃) (乾球溫度)		相 對 濕 度(%)																
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	
37	27	28	29	29	30	31	32	33	35	35	36	37	38	39	40	41		
36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	39	
35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38	
34	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37	
33	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	
32	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	
31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34	
30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33	
29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32	
28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31	
27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	
26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29	
25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	
24	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	
23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	
22	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	
21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24	

WBGT值

危 險 31℃以上
嚴重警戒 28~31℃
警 戒 25~28℃
注 意 25℃未満

注 危険、嚴重警戒等の分類は、日常生活の上での基準であって、労働の場における熱中症予防の基準には当てはまらないことに注意が必要であること。

※(주의) 위험, 엄중 경계 등의 분류는 일상 생활 기준이며, 노동 현장에서 열사병 예방의 기준에 맞지 않는 것에 주의가 필요함.

참조: X축: 상대 습도(%), Y축: 기온(℃), WBGT 값 위험/엄중 경계/경계/주의

8. 국외 옥외작업자 건강보호방안 및 제도 고찰 (한랭)

1) 미국 직업안전보건청

미국의 직업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)에서는 한랭 노출 작업자에 대해 폭염 노출 근로자에 대한 것처럼 별도의 가이드라인을 배포하고 있지는 않으나, 홈페이지를 통해 추운 환경에서 장기간 일하는 근로자들이 유의해야 할 질환과 근로자의 행동수칙 등을 소개하고 있다.

(1) 추위의 정의

극한의 추위에 대한 정의는 국가에 따라 다를 수 있다. 예를 들어 겨울이 없는 국가에서는 물이 어는 정도가 극한의 추위로 정의될 수도 있다. 생리학적으로 사람의 신체가 체온을 유지하기 위해 더 많은 에너지를 소비하게 되는 상황을 극한의 추위라고 할 수 있으며, 실제 인체의 반응은 풍속을 반영한 체감온도로 판단하는 것이 적합하다. 추위에 노출되었을 때 적절한 조치를 취하지 않으면 피부의 온도가 감소하고 나아가 심부 체온의 감소로 이어지게 되고, 이는 조직손상 및 사망으로 이어질 수 있다.

(2) 한랭 스트레스(Cold stress) 발생의 위험인자와 인체의 반응

습기 및 젖은 옷, 탈진, 부적절한 복장, 고혈압, 갑상선기능저하증, 당뇨병, 건강하지 못한 신체상태 등이 위험인자가 한랭 스트레스 발생의 위험인자이며, 이런 환경에서는 대부분의 신체 에너지가 심부 체온을 따뜻하게 유지하는데 사용하게 되고 이에 신체는 손, 발, 팔, 다리의 혈류를 흉부와 복부로 이동시키게 되고, 이 현상이 지속되면 동상과 저체온증이 발생할 위험이 있으며 축축한 환경에 있다

면 참호족이 발생할 수도 있다.

(3) 한랭질환 발생시 조치사항

저체온증, 동상, 참호족이 발생하였을 때 필요한 조치사항에 대해 언급하고 있는데, 저체온증 의심 환자 발생시 즉시 응급의료체계를 가동하고 환자를 따뜻하고 건조한 곳으로 이동시키고, 옷이 젖었을 경우에 벗기고 담요를 씌우며 얼굴은 가리지 않게 하고, 따뜻한 음료를 마시게 하되 알코올은 피하고 의식이 없는 경우에는 마시지 않도록 하며 심정지 등 이상상황이 발생시에는 응급의료진의 전화지시에 따르도록 하는 등 고용노동부가 발행한 한랭질환 예방 가이드라인과 거의 동일한 내용으로 구성되어 있다.

(4) 한랭시 고용주 조치사항

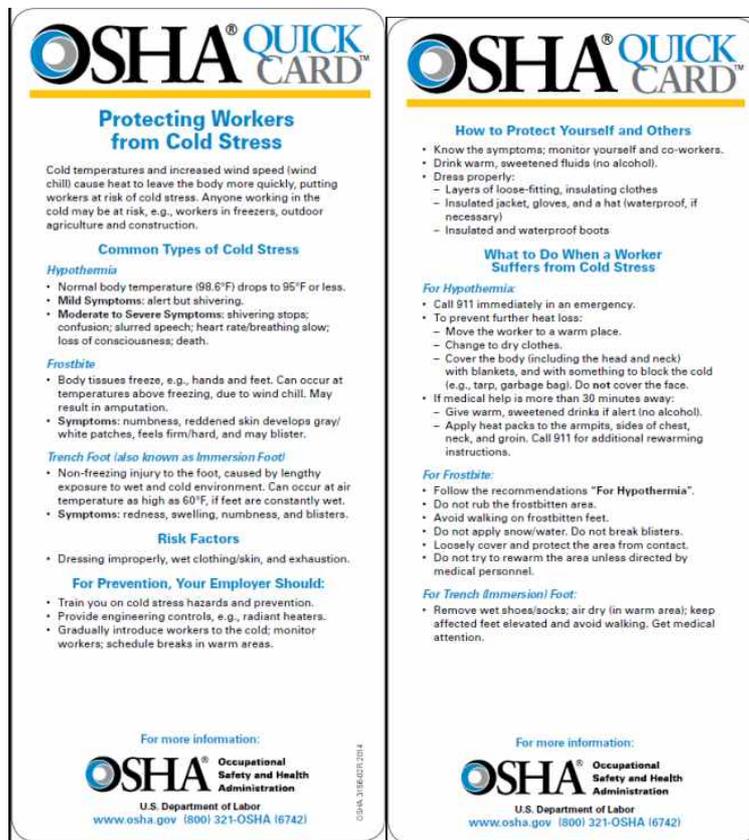
한랭시 고용주는 근로자의 한랭스트레스 발생을 인지하고 예방하는 방법에 대해 근로자를 교육해야 하며, 해당 내용에는 개인 보호장비 착용과 작업 방식 변경에 대한 내용이 포함되어야 한다. 또한, 고용주는 라디에이터 등의 장비를 이용해 근로자들의 체온을 유지할 수 있도록 해야 하며, 통풍구의 바람이 근로자에게 직접 닿지 않도록 하는 등 근무환경의 공학적 설계에 주의를 기울여야 한다. 마지막으로 근로자들에게 한랭 환경에서 신체를 보호하기 위해 적절한 근무 시스템을 제공해야 하는데, 알코올을 제외한 따뜻한 음료를 제공하고, 중작업은 하루 중 가장 따뜻한 시기에 시행하며, 근로자들이 짝을 이루어 서로의 건강상태를 확인할 수 있도록 하고, 더 잦은 휴식을 제공해야 한다고 언급하고 있다. 또한, 3겹의 옷 착용과 마스크 등의 추가적인 복장을 제공하여야 한다.

(5) 한랭시 근로자 안전수칙 제공

고용주가 근로자에게 한랭 스트레스에 대한 정보를 제공하여야 한다는 사실을 인지하고, 본인 및 동료의 신체상태를 주기적으로 확인하여야 한다. 적절한 복장을 갖추고 신체를 건조하게 유지하도록 하고, 옷이 젖을 때를 대비해 여분의 옷을 준비하여야 하며 술이 아닌 다른 따뜻한 음료를 섭취하여야 한다.

(6) OSHA Quick card

OSHA는 위 내용을 요약하여 한랭스트레스에 대한 정보를 함축한 quick card를 제공하고 있으며, 그 내용은 아래와 같다.



[그림 3-58] OSHA QUICK CARD for protecting workers from cold stress

2) 미국 직업안전보건연구원

미국의 직업안전보건연구원 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 극한의 추운 날씨가 노출되는 야외 근로자 등의 건강상의 위험을 초래할 수 있다고 경고하고 있다. 별도의 가이드라인은 제공하고 있지 않으며, 이들의 건강보호를 위해 극심한 추위에 노출되거나 추운 환경에서 일하는 근로자의 저온 스트레스에 대한 기본적인 관리 방안을 제시하고 있다. 추위의 정도는 국가에 따라 다르며, 온도가 일정 수준 이하로 떨어지고 풍속이 증가함에 따라 인체의 체온 손실이 급격히 일어날 수 있다. 이러한 추위와 관련된 기상 상태는 심각한 건강 문제를 유발할 수 있다. 이를 예방하기 위해 고용주와 근로자는 아래의 사항을 준수해야 한다.

(1) 고용주 조치 사항

고용주는 한랭 스트레스로부터 근로자를 보호하기 위해 다음의 사항에 대해 조치 할 것을 권고하고 있다.

- 한랭 관련 질병 및 부상을 예방, 인식 및 치료할 수 있도록 감독자와 근로자 교육
- 추운 환경에서의 근로시간 단축
- 근로자의 신체적 부담 줄이기 (예 : 장시간의 까다로운 작업을 위해 추가 근로자 배치)
- 따뜻한 장소와 젖은 옷을 갈아입을 수 있는 장소 제공
- 근로자들의 휴식 확대 권장
- 추운 환경에서의 근로자 건강 모니터링 및 상호확인(buddy) 체계 구축
- 응급 처치 대비 인력 및 장비 준비
- 정기적 산업안전관리 회의
- 추운 환경에서의 작업을 위해 적절한 보온 장비 (모자, 장갑 및 부츠 등) 제

공

- 풍속에 따라 방풍복 제공
- 한랭 관련 질병이나 부상의 징후를 보이는 근로자에게 즉각적인 치료 제공

(2) 근로자 조치 사항

근로자는 한랭 스트레스로부터 스스로를 보호하기 위해 다음의 사항에 대해 조치 할 것을 권고하고 있다.

- 체온 유지를 위해 정기적으로 휴식을 취할 것
- 자신의 신체 상태와 동료의 건강 상태 모니터링
- 물을 많이 마시면서 수분을 유지 (따뜻한 음료 등)
- 탄수화물 함량이 높은 간식으로 영양 공급
- 맨손으로 차가운 금속이나 젖은 표면을 만지지 말 것
- 한랭 관련 질병 및 부상의 징후 및 증상은 감독자와 의료진에게 즉시 보고
- 작업복이 젖을 경우를 대비하여 옷을 갈아입는 등의 추운 날씨에 대비한 추가 장비 휴대
- 느슨한 옷을 여러겹 겹쳐 입을 것 (땀을 흘리기 시작하면 옷을 갈아입고 안쪽은 양모 또는 합성 직물, 바깥쪽은 방풍 및 방수 소재가 적합)
- 젖은 옷을 입지 말 것
- 모자, 장갑, 양말 및 부츠를 착용하여 귀, 얼굴, 손 및 발 보호

(3) 옥외 작업자 추가 조치 사항

옥외 작업환경에서 일하는 근로자를 보호하기 위해서는 아래의 조치가 추가로 필요하다.

- 기온 하락 또는 풍속 증가와 같이 급격한 날씨 변화로 인한 작업장 위험에

대한 평가 및 행동 계획을 수립

- 일정 조정 등을 통하여 추운 지역에서의 유지 보수 및 수리 작업은 상대적으로 따뜻한 계절에 시행
- 추가적인 한랭 대비 장비 (예 : 비상 통신 장비 등) 제공

3) 미국 산업위생전문가협회

국가에 따라 추운 환경에서 작업하기 위한 노출 제한의 규제는 다르지만, 많은 국가에서 미국 산업위생전문가협회(The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)의 기준을 따르고 있다. ACGIH는 영하 이하의 온도에서 작업하는 방한의류를 입은 근로자에 대한 한랭 스트레스의 노출 한계를 나타낸다. 이에 따르면 기본적으로 4시간씩의 순환근무를 권고하며, 기온 및 풍속에 따라 휴식의 빈도를 규정하고 있다. 자세한 기온과 풍속은 다음 표와 같다.

ACGIH의 권고에 따르면, 응급적인 작업 외에는 작업을 중단할 것을 고려하는 방안을 담고 있다. 영하 32-34℃ 이면서 풍속이 32km/h 넘을 경우, 영하 35-37℃ 이면서 풍속이 24km/h 넘을 경우, 영하 38-39℃ 이면서 풍속이 16km/h 넘을 경우, 영하 40-42℃ 이면서 풍속이 8km/h 넘을 경우 등이 해당된다.

<표 3-42> 한랭시 근무 및 휴식스케줄, (AGCIH)

기온 (쾌청시)	바람 없음		풍속 8km/h		풍속 16km/h		풍속 24km/h		풍속 32km/h	
	작업 시간	휴식 횟수								
26 - 28	정상 근무	1	정상 근무	1	75분	2	55분	3	40분	4
29 - 31	정상 근무	1	75분	2	55분	3	40분	4	30분	5
32 - 34	75분	2	55분	3	40분	4	30분	5	비응급 작업 중단	
35 - 37	55분	3	40분	4	30분	5	비응급 작업 중단			
38 - 39	40분	4	30분	5	비응급 작업 중단					
40 - 42	30분	5	비응급 작업 중단							
43도 이하	비응급 작업 중단									

1. 4시간 동안의 중등도(moderate) 혹은 중작업(heavy)의 육체노동에 적용
2. 휴식시간(Warm-up break)는 따뜻한 환경에서 10분간 유지해야 함
3. 정상근무는 2시간 근무 후 휴식을 의미함
4. 이 지침은 젖지 않은 옷을 입고 있는 근로자 기준
5. 신체 활동이 제한적인 경우에 1단계 더 높은 기준을 적용

9. 국외 옥외작업자 건강보호방안 및 제도 고찰 (먼지)

많은 국가에서 먼지 노출에 대한 대기기준과 실내기준을 구분하지 않고 있으며, 일부 국가에서만 다중이용시설 등의 실내 공기질 권고 기준을 제시하고 있다. 따라서, 국외의 먼지 노출로 인한 옥외작업자 건강보호를 위한 건강보호 방안 및 제도 수립 역시 활발히 진행되고 있지는 않다.

1) 주요 국가의 먼지 관리 기준

먼지의 노출 기준에 대해서는 국가에 따라 매우 다양한 범위로 설정되어 있다. 이러한 국가별 먼지 노출 기준 차이는 현재의 먼지 수준이나 건강영향에 대한 근거를 기반으로 하고 있다. 주요 국가의 대기 노출 기준은 24시간 평균, 연평균으로 제시되는 경우가 대부분이었으며, 일부 국가는 1시간 평균을 적용하고 있다. 대부분의 국가는 WHO에서 제시한 미세먼지 노출 권고 기준을 준용하고 있으며, 몇몇 국가의 경우, 자국의 미세먼지 농도수준 및 건강 영향 등을 감안하여 WHO 기준보다 강화된 기준을 적용하고 있다.

<표 3-43> 주요 국가의 먼지 노출 기준 (대기)

항목	기준 시간	한국	미국	일본	EU	영국	호주	홍콩	중국
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1시간			200					
	24시간	100	150	100	50	50		180	150
	연평균	50			40	40	50	55	100
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간	50	35	35			25		75
	연평균	25	12	15	25	25	8		75

출처:옥외작업장 근로자 미세먼지 노출실태 및 건강보호 방안 마련 연구 (산보연, 2016)

2) 세계보건기구

세계보건기구 (World Health Organization, WHO)는 2005년 WHO 공기질 가이드라인(WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide)을 발표했다. 해당 가이드라인에서는 PM_{2.5}은 연평균 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 24시간 평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하를 권고하고 있고, PM₁₀은 연평균 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 24시간 평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하를 권고하고 있다.

Guidelines	
PM _{2.5} :	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ annual mean 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-hour mean
PM ₁₀ :	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ annual mean 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-hour mean

[그림 3-59] WHO의 PM₁₀ 및 PM_{2.5} 권고안

WHO 미세먼지 가이드라인에서는 권장하는 미세먼지의 농도뿐만 아니라, 미세먼지가 아주 높을 경우 점진적으로 감소시킬 수 있도록 목표가 되는 농도 (Interim target, IT)까지 제시하고 있다.

다음의 표는 미세먼지 연평균 농도의 단계별 목표 기준을 나타낸다. PM_{2.5}의 첫 번째 연평균 농도의 목표치는 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 이는 장기 건강 영향 연구에서 보고된 최고 평균 농도에 해당하며, 선진국에서 상당한 사망률과 관련된 수치이다. 이 수치 이상의 미세먼지 농도에 장기노출될 경우, 공기 질 권고안(10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이하의 미세먼지 농도에 노출되었을 때보다 사망률이 15% 높았다. 두 번째 연평균 농도 목표치는 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 이 수치는 장기 노출 및 사망률 연구에 의하여

정해진 값으로, 이 값을 달성할 경우 첫 번째 목표치만 달성했을 때보다 조기사망률이 6% (95% 신뢰구간 2-11%) 감소하였다. PM_{2.5}의 세 번째 연평균 농도 목표치는 15 µg/m³이다. PM_{2.5}의 연평균 농도가 세 번째 목표치를 달성할 경우, 두 번째 목표치만 달성했을 때보다도 사망률이 추가로 6% (95% 신뢰구간 2-11%) 감소한다. PM₁₀의 목표치는 단계별로 각각 70, 50, 30 µg/m³이며, 같은 구간에서는 PM_{2.5}의 농도를 먼저 줄이는 것을 추천한다.

<표 3-44> 미세먼지 연평균 농도의 단계별 목표 기준

	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	Basis for the selected level
Interim target-1 (IT-1)	70	35	These levels are associated with about a 15% higher long-term mortality risk relative to the AQG level.
Interim target-2 (IT-2)	50	25	In addition to other health benefits, these levels lower the risk of premature mortality by approximately 6% [2-11%] relative to the IT-1 level.
Interim target-3 (IT-3)	30	15	In addition to other health benefits, these levels reduce the mortality risk by approximately 6% [2-11%] relative to the IT-2 level.
Air quality guideline (AQG)	20	10	These are the lowest levels at which total, cardiopulmonary and lung cancer mortality have been shown to increase with more than 95% confidence in response to long-term exposure to PM _{2.5} .

일반적으로 미세먼지의 연평균 농도의 평균값을 먼저 줄이는 것이 우선시되지만, 미세먼지의 하루 농도 평균값을 줄이려 하면 매우 큰 건강영향을 끼치는 최악의 미세먼지 농도의 발생을 예방할 수 있다.

29개의 유럽 도시와 20개의 미국 도시에서 실시된 연구에 의하면 PM₁₀의 24시간 평균 농도가 10 µg/m³ 증가할수록 단기사망률은 0.62% 및 0.46% (Katsouyanni 등, 2001; Samet 등, 2000) 상승하였다. 서유럽과 북미 이외 지역에 위치한 29개 도시의 데이터를 이용한 메타분석 결과 하루 평균 농도가 10 µg/m³ 증가할 때마다 사망률이 0.5% 증가하였으며(Cohen 등, 2004), 아시아 도시의 경우에도 비슷한 사망률 증가를 나타냈다(0.49%/(10 µg/m³) (HEI 국제 감독 위원회, 2004).

위에 결과에 의하면, PM₁₀의 농도가 10 µg/m³ 증가할 때마다 사망률은 선진국이나 개발 도상국과 상관 없이 약 0.5% 증가할 것으로 예상된다. 따라서 PM₁₀의 하루 평균 권고 농도인 50 µg/m³ 보다 100 µg/m³ 높은 150 µg/m³의 PM₁₀ 농도에서는 권고 농도일 때보다 일일 사망률이 대략적으로 5% 증가한다고 예상할 수 있고, 이는 즉각적인 조치가 필요하다 할 수 있다. 두 번째 목표치인 100 µg/m³에서는 하루 사망률이 약 2.5% 증가하고 세 번째 목표치인 75 µg/m³에서는 하루 사망률이 1.2% 증가한다.

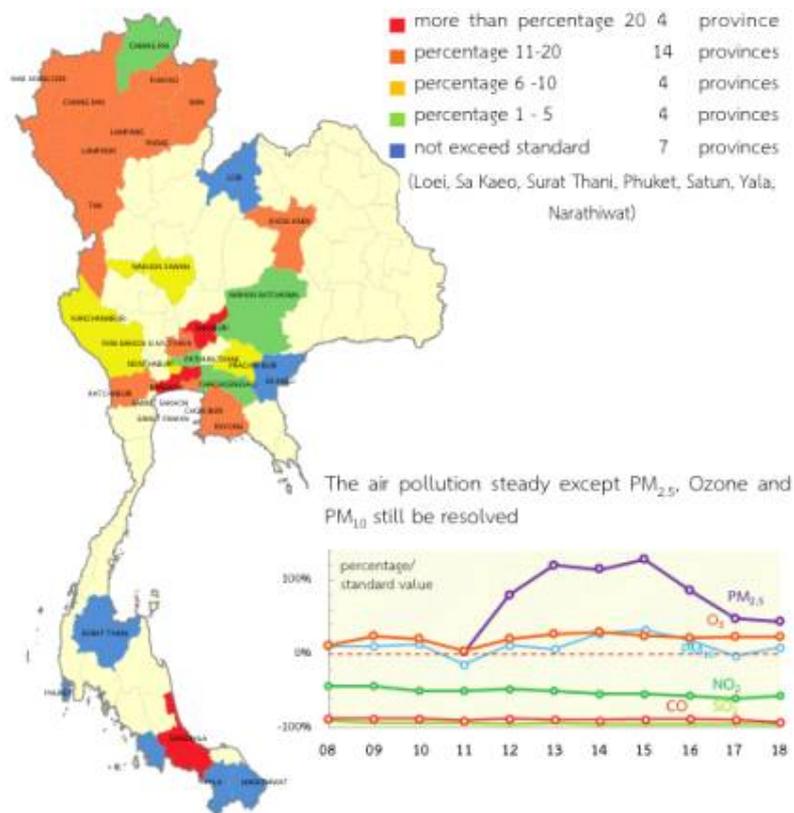
<표 3-45> 미세먼지 일평균 농도의 단계별 목표 기준

	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	Basis for the selected level
Interim target-1 (IT-1)	150	75	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 5% increase of short-term mortality over the AQG value).
Interim target-2 (IT-2)	100	50	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 2.5% increase of short-term mortality over the AQG value).
Interim target-3 (IT-3)*	75	37.5	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 1.2% increase in short-term mortality over the AQG value).
Air quality guideline (AQG)	50	25	Based on relationship between 24-hour and annual PM levels.

3) 태국의 미세먼지 관리 제도

태국의 먼지에 대한 공기 관리 기준은 WHO의 권고 사항에 비해 완화된 형태다. PM_{2.5}의 연평균 기준은 WHO 권고보다 2.5배 높은 25 µg/m³이다. 하루 평균 기준은 50 µg/m³로, WHO의 두 배이다. 마찬가지로 PM₁₀의 경우 태국의 연간 표준은 WHO 권고 20 µg/m³보다 2.5배 큰 50 µg/m³이며 하루 평균 기준은 WHO의 50 µg/m³에 비해 2.4배 큰 120 µg/m³이다. WHO의 공식 측정 결과, 많은 도시에서 이렇게 완화된 기준을 넘고 있다.

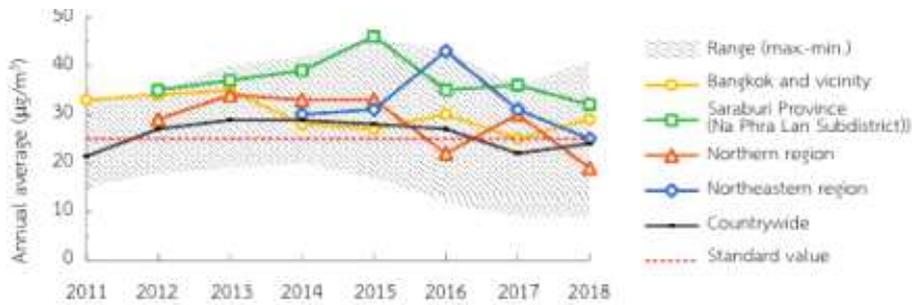
2018년의 태국의 먼지 농도 현황은 다음의 그림과 같다.



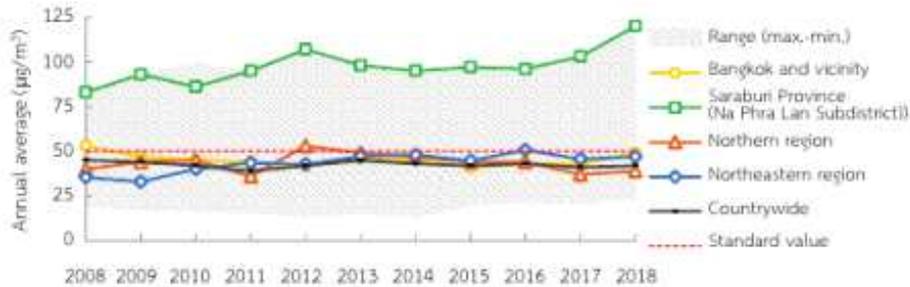
[그림 3-60] 태국의 공기질 모니터링 결과 (2018)

2018년 기준 태국 내의 33개 주 가운데서 7개 주만이 먼지 노출 기준을 초과하지 않았으며, 대부분의 주에서 노출기준을 초과하였다.

다음 그림은 태국의 2011년부터 2018년까지의 PM_{2.5}와 PM₁₀의 평균 농도를 보여주고 있다. 연도에 따라 평균 농도가 줄어드는 경향은 확인되지 않으며, 인구밀집지역인 방콕, 공업도시인 사라부리와 북쪽 지역에서 특히 높은 먼지 농도가 확인되었다.



[그림 3-61] 태국의 연도별 PM_{2.5} 평균 농도 (2011-2018)



[그림 3-62] 태국의 연도별 PM₁₀ 평균 농도 (2011-2018)

태국은 날로 심해지는 먼지 노출 환경에 대응하기 위해, 2018년부터 2037년을 목표로 국가차원에서 공기질 개선 20년 계획을 시행하고 있다. 특히 자국내 공업지대가 몰려있고 주변국가의 공업지대 또한 밀집해있는 북부 지역을 관리 중점 지역으로 선정하였다.

특히, PM_{2.5}의 노출 수준이 높다고 보고, PM_{2.5}의 농도에 따른 대응책을 구체화 하였다.

<표 3-46> 태국의 PM_{2.5} 농도에 따른 대응 방안

Level	PM _{2.5} 평균 농도 (µg/m ³)	대응책
1	<50	유관 기관의 책임과 규정 준수
2	50-75	시장의 통제에 따라 유관 기관의 책임과 규정에 따른 조치 시행
3	75-100	지역 환경오염관리 위원회 개시 공공 보건법 및 예방법에 의거 오염원 제거 시행
4	≥100	국가 환경위원회 개시 시장이 직접 총리에게 대응 방안 및 경과 보고 농작물 태우기 금지, 도로 청소 강화, 자동차 매연 검사 강화 등

10. 옥외작업자 건강보호 가이드 보완

1) 기존 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)

고용 노동부가 2018년 6월 발표한 옥외작업자 건강보호 가이드는 옥외작업자를 다음과 같이 정의하였다. 옥외작업자는 건설·조선·항만 노동자, 도로정비 노동자, 환경미화원, 우편배달부, 전기통신 노동자 등 주로 실외 작업공간에서 일하는 노동자를 말하며, 실내라 하더라도 창문 등을 열고 작업함으로써 실외의 미세먼지가 그대로 유입되는 공간에서 작업하는 노동자를 포함한다.

가이드의 목적은 미세먼지, 폭염, 한파 등에 장시간 노출되는 옥외작업자의 건강보호를 위해 사업주가 조치하여야 할 사항을 규정하고 이를 권고하기 위해서라고 밝히고 있다.

이 중 폭염 노출에 대한 옥외작업자 건강보호 가이드를 요약하면 다음과 같다.

<표 3-47> 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)

구분	기준	예방조치
사전준비단계	더위체감지수 ‘높음’ 이상	민감군 확인 연락망 구축 휴게공간 마련 작업스케줄 등 관리계획 마련 안전보건교육
폭염예비단계	기온 31℃ 이상	폭염 정보 제공 휴식 민감군 등에 대한 추가조치 음료수 제공 동료 작업자 간 상호관찰
주의보 단계	기온 33℃ 이상	폭염 정보 제공 고온 환경 적응 프로그램 운영 휴식 민감군 등에 대한 추가조치 가장 더운 시간대의 작업 조절 음료수 제공 동료 작업자 간 상호관찰
경보 단계	기온 35℃ 이상	폭염 정보 제공 고온 환경 적응 프로그램 운영 휴식 민감군 등에 대한 작업제한 가장 더운 시간대의 작업 조절 음료수 제공 동료 작업자 간 상호관찰

구체적인 단계별 예방조치는 다음과 같다.

(1) 사전준비단계

사전준비단계는 더위체감지수가 ‘높음’ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) 민감군 확인: 당뇨병, 낭포성섬유증 및 갑상선 기능항진증 등 개인질환이 있는 사람, 고령자 등(이하 ‘민감군’이라 함) 폭염에 노출되었을 경우 건강 영향을 받기 쉬운 노동자를 미리 확인

(나) 연락망 구축: 폭염 특보에 따른 작업제한을 통보하거나 건강이 상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비

(다)휴게공간의 마련: 옥외작업자가 직사광선을 피해 쉴 수 있는 휴게공간을 마련

(라) 작업스케줄 등 관리계획 마련: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 계획, 작업시간 단축에 따른 시간활용 방안 등을 마련

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 열사병 등의 종류와 증상, 응급 조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(2) 폭염예비단계

폭염예비단계는 폭염 영향예보 기준으로 기온이 31℃ 이상인 경우부터 적용하며, 폭염특보 기준이 아님에 유의한다.

(가) 폭염 정보의 제공: 폭염 예비단계가 발표되면 노동자에게 관련 사실 및 조치사항 등의 정보를 제공

(나) 휴식: 평소보다 휴식시간을 더 자주, 더 길게 갖도록 조치

(다) 민감군 등에 대한 추가조치: 민감군, 불침투성 작업복(화학물질 보호복 등)을 입고 작업하는 노동자, 중작업 수행 노동자 등에 대해서는 휴식시간을 추가로 배정

(라) 음료수 등의 제공: 옥외작업자가 수시로 시원한 물을 마실 수 있도록 조치

(마) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치할 수 있도록 배치

(3) 폭염주의보단계

폭염주의보단계는 기온이 33℃ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) 폭염 정보의 제공: 폭염 예비단계가 발표되면 노동자에게 관련 사실 및 조치사항 등의 정보를 제공

(나) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온 환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(다) 휴식: 평소보다 휴식시간을 더 자주, 더 길게 갖도록 조치

(다) 민감군 등에 대한 추가조치: 민감군, 불침투성 작업복(화학물질 보호복 등)을 입고 작업하는 노동자, 중작업 수행 노동자 등에 대해서는 휴식시간을 추가로 배정

(라) 가장 더운 시간대의 작업 조절: 가장 더운 시간대인 2-5시 사

이에는 작업을 피하거나 줄임.

(마) 음료수 등의 제공: 옥외작업자가 수시로 시원한 물을 마실 수 있도록 조치

(바) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치할 수 있도록 배치

(4) 폭염경보단계

폭염경보단계는 기온이 35℃ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) 폭염 정보의 제공: 폭염 예비단계가 발표되면 노동자에게 관련 사실 및 조치사항 등의 정보를 제공

(나) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온 환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(다) 휴식: 평소보다 휴식시간을 더 자주, 더 길게 갖도록 조치

(다) 민감군 등에 대한 추가조치: 민감군, 불침투성 작업복(화학물질 보호복 등)을 입고 작업하는 노동자, 중작업 수행 노동자 등에 대해서는 휴식시간을 추가로 배정

(라) 가장 더운 시간대의 작업 조절: 가장 더운 시간대인 2-5시 사이에는 작업을 피하거나 줄임.

(마) 음료수 등의 제공: 옥외작업자가 수시로 시원한 물을 마실 수 있도록 조치

(바) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치할 수 있도록 배치

2) 옥외작업자 건강보호 가이드 개선안 (폭염)

폭염에 대한 옥외작업자 건강보호 가이드 개선을 위해 주요 요소인 단계별 구분 및 기준, 예방조치, 그리고 기타 사항으로 나누어 진행하였다. 이를 조합하여 여러 가지 개선안 선정이 가능하며, 다양한 의견 수렴 및 정책적 결정에 활용될 수 있다.

(1) 단계별 구분 및 기준

기상청의 기상 정보는 주요 측정 거점을 중심으로 예보되며, 측정 거점이 확보되지 않은 지역의 경우, 산출 식을 통한 추정값으로 기상 정보를 생산하여 제공한다. 따라서 실제 작업 현장에서의 기상과 예보된 기상과는 차이가 있을 수 있으며, 이는 이번 연구의 작업장의 WBGT 측정 결과(부록 6 참조)에서도 확인되었다.

가장 바람직한 폭염 노출 옥외작업자의 건강 보호 대책은 실제 작업장의 국소 기상에 대한 정확한 평가를 바탕으로 논의 되어야 한다. 특히 고열 스트레스의 건강영향은 기온이 높을수록 습도가 높을수록 커지는 경향이 있으므로, 폭염 정보는 기온과 습도를 모두 반영한 WBGT가 적합하다.

실제 작업장의 WBGT 측정 및 정보 공유 방안이 마련되어야 하며, 이는 근로자 건강과 안전 보호의 책임이 있는 관련 정부 부처와 사업주가 능동적으로 관여하여, 정확한 기상정보 획득을 보장하고 기상정보를 과소 또는 과대평가하거나 오용하는 것을 예방하여야 한다.

옥외 작업장의 WBGT의 측정은 비용이나 인력운영 측면에서 용이하다는 점, 실시간으로 확인이 가능하므로 현장 상황에 맞는 시기적절한 대응이 가능하다는 점, 작업장의 다양한 조건(직사광선 유무, 작업장의 높이, 주위의 발열기관 여부 등)을 반영할 수 있다는 점 등에서 옥외 작업자의 건강보호를 위한 대책의 기준

선정에 가장 적합하다.

다만, 시설, 인력, 장비 등이 제한되는 소규모 사업장이나 단기간의 임시 작업장의 경우 해당 지역의 기상 정보를 활용하되, 이 경우에도 폭염 정보의 전달과 활용에 대해서 관련 정부 부처와 사업주가 능동적으로 관여해야 한다.

연구진은 실제 작업장의 WBGT 측정을 통한 기상 정보를 기준으로 한 옥외 작업자 건강보호 방안 적용이 가장 타당하는 것을 원칙으로 하되, 이번 연구에서는 기상청의 폭염 정보를 활용하여 옥외 작업자 건강을 보호하는 방안을 구체화 하였다.

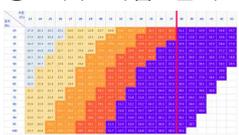
기존의 옥외작업자 건강보호 가이드에서 단계별 구분의 기준은 ‘더위체감지수’, ‘폭염영향지수’, ‘폭염 특보’가 혼합사용 되었다. 이러한 이질적인 기준을 적용한 이유는 폭염 특보의 기준을 준용하되, 산업 현장에 적용 가능하도록 ‘사전준비단계’를 편성하기 위해 더위체감지수 및 폭염영향지수가 단계별로 적용되었기 때문이다.

산업현장에서 쉽게 접근 및 해석이 가능하도록 하기 위해 통일된 기준을 적용할 필요가 있다. 첫 번째 적용 가능한 기준은 ‘폭염 영향예보’이다. 폭염영향예보는 폭염으로 인한 사회, 경제적 재해 리스크 경감을 도모하고, 방재 업무의 실효적 지원을 위해, 2019년 6월 1일부터 기상청에서 정규서비스로 제공된다. 기상청은 폭염영향예보 정규서비스를 위해 2018년 시범운영을 시행하였다.

이를 통해, 수요자 맞춤형 폭염영향과 대응요령 생산 및 제공, 그리고 위험수준에 대한 표현의 일관성과 차별화된 폭염 정보를 제공 가능성을 확인하였다. 특히, 특보와 더위체감지수 위험수준을 반영한 영향정보의 생산 및 제공을 중심으로 하였다. 또한, 방재기관(폭염 관련부처 및 지자체 현장 대응팀) 및 행정안전부의 「폭염 재난위기 관리 표준메뉴얼」 제정에 반영하기로 하였으며, 지자체에서는 취약계층 생활관리사, 농어촌 이장단 등 현장관리자 활용이 가능하도록 하였다.

구체적인 폭염영향예보의 위험수준과 단계별 정의 및 판단 근거는 아래의 표와 같다.

<표 3-48> 폭염영향예보 위험수준 및 단계별 기준, 판단근거

수준	기준	위험 수준 판단 근거
 관심	일최고기온 31℃ 이상 3일 지속 예상 시	① 「Quantification of heat-stress related mortality hazard, vulnerability and risk in Berlin, Germany」(Scherer et al., 2013) - 폭염 이벤트를 '기온이 특정 임계 기온을 연속으로 초과하는 날들'로 정의하고, 3일 이상의 폭염 이벤트만 분석에 사용 ※ 3일 이상일 때 기온에 의한 초과사망률의 증가가 통계적으로 유의미함 ② 「응용기상기술 지원 및 활용 연구-생명기상기술개발」(국립기상과학원, 2017) - 선행연구(Scherer et al., 2013)의 폭염 이벤트(3일 이상) 기반 위험성 평가를 활용하여 초과사망률과의 상관성이 높은 임계값 산출 ※ (분석기간/지역) '00~'13년/서울 ▪ 기상자료: 서울관측소 일 최고기온(Tmax, 지점번호 #108) ▪ 사망자자료: 서울 일별사망자자료 ▪ 인구자료: 서울 연앙인구자료(통계청) (방법) 임의의 임계온도(T)에 따른 폭염사례 규모(누적 온도)와 폭염사례~최대지연일수(Lmax) 기간 동안의 평균 총 사망률을 이용하여 선형회귀 분석, 결정 계수(r2)와 유의성 (p-value<0.05, N≥10)을 고려하여 회귀모델 결정 - 일최고기온 임계값을 31℃(3일)로 설정하였을 때 초과 사망률과의 상관관계를 가장 잘 보임
 주의	일최고기온 33℃ 이상 2일 지속 예상 시	폭염주의보 발표 기준과 동일
 경고	일최고기온 35℃ 이상 2일 지속 예상 시	폭염경보 발표 기준과 동일
 위험	일최고기온 38℃ 이상 2일 지속 예상 시	· 더위체감지수 단계 판별 시 일반적인 습도범위 내에서 항상 '매우 위험' 단계로 설정되는 기온을 임계값으로 선정  ※ 더위체감지수 위험수준 분포도



[그림 3-63] 폭염영향예보 정규서비스 예시

기상청의 폭염영향예보를 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)의 단계별 기준으로 적용할 경우 다음과 같은 장점이 있다.

- 국가 중앙부처 및 지자체와 공통된 기준의 적용이 가능하다. 이를 통해, 일관성 있는 가이드 생산 및 적용이 가능하고 부처간 협력이 용이해진다.

- 발령 단위가 시군구 단위로 확인가능하여, 산업현장과의 현장 밀착성이 좋다.
- 발령시점이 전일 오전 11시 30분으로 일선에서 미리 인지하고 대응하기에 용이하다.
- 픽토그램 위주의 정보전달 체계이므로, 옥외작업자의 대부분인 저학력군에게 전달이 쉽다.
- 폭염영향예보는 홈페이지, 모바일, 앱, 문자 등 다양한 매체로 전달된다. 전달 범위가 넓고, 전달의 제약이 적으며, 속도가 빠르다는 장점이 있다.
- 예보의 기본 구조가 기온에 지속일수를 반영한 것으로 별도의 계산이나 변형없이 직관적으로 이해가능하다는 편리성이 있다.

기상청의 폭염영향예보를 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)의 단계별 기준으로 적용할 경우, 발령 기준이 높아 실제 산업현장에서 가장 관리가 필요한 4단계의 적용이 제한된다는 단점이 있다. 다음의 표는 기상청의 폭염영향예보 정규 서비스를 최근 3년간의 7, 8월에 적용한 결과이다. (단, 서울시 기준이며, 기온만을 반영함. 2일 또는 3일 이상의 연속 기온 상승 반영하지 않아 실제보다 크게 추산됨.)

최고기온	2016		2017		2018	
	7월	8월	7월	8월	7월	8월
1일	26.6	32.4	30.7	33	22.8	35.9
2일	27.7	31.1	26.8	33	25.3	37.9
3일	26.8	34.2	27.4	33.9	32.6	37.9
4일	24.1	35.7	31.6	35.3	31.8	34.9
5일	24.8	36	32.6	34.8	29	33.9
6일	26.9	34	34.6	34	27.1	35.9
7일	28.5	35	28.4	34.4	29.2	35.9
8일	32.4	35.5	27.6	31	28.1	35.3
9일	32.7	33.6	30.3	32	24.2	32.5
10일	33.1	34.8	25.4	26.3	26.5	36.8
11일	33.4	36.4	30.9	32.4	29.5	36
12일	30.9	35.9	31.1	32.6	28.2	35.3
13일	29.5	35.1	32.1	28.4	30.9	34.4
14일	32.4	31.8	33	27.1	31.9	37.2
15일	29.2	34	27.3	24	33.2	35.9
16일	23.8	34.9	28.8	26.8	34	35.6
17일	23.1	34.7	29	27.7	32.1	33.8
18일	28.4	34.3	30.7	30.6	33.2	32.1
19일	32.4	33.2	34.1	28.7	34.1	34.4
20일	32.9	34.9	34.9	25.8	34.7	33.3
21일	32.2	36.6	32.4	29.2	36.9	31
22일	34.1	36.3	32.5	31.5	35.2	37.6
23일	31.6	33	28.1	30.2	35.7	32.2
24일	30.1	32.9	27.3	28.1	36.8	26.3
25일	31.4	32.2	35.4	30.6	34.1	29.3
26일	31.9	28.2	32.8	29.2	33.7	29
27일	28.9	29.7	29.7	26.7	35.4	24.9
28일	30.5	24.5	26.9	26.5	35.2	26.1
29일	26.4	27.1	30.1	24	36.7	27.4
30일	33	24.5	32.6	23.9	36.9	28.2
31일	32.8	19.2	27.1	27.6	35.3	30.3
평균	29.8	32.6	30.4	29.7	32.1	33.3

[그림 3-64] 최근 3년간 폭염영향예보 적용 시뮬레이션

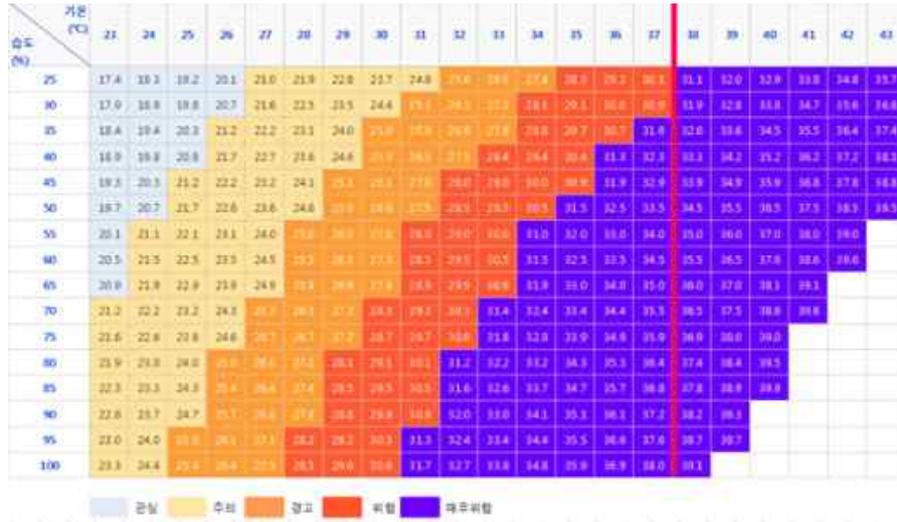
<표 3-49> 최근 3년간 폭염영향예보 정규서비스 적용 결과

	2016	2017	2018
관심	12	12	8
주의	15	10	11
경고	9	2	20
위험	0	0	4

위의 표와 그림처럼, 가장 높은 수준인 ‘위험’ 단계의 경우 가장 더웠던 2018년에 4회가 해당되며, 2016, 2017년에는 하루도 해당되지 않는다. 연속 일수를 반영하면 실제 ‘위험’단계가 발령되는 날짜는 더욱 적으로 것으로 추정된다. 따라서 이를 그대로 옥외작업자 건강보호 가이드(폭염)에 적용할 경우, 매우 완화된 관리 기준이 적용된다. 이에 대한 보완이 요구된다.

폭염영향예보 보완 방법 중 하나는 상대 습도를 반영하는 것이다.

폭염영향예보에서 위험 단계의 판단 근거는 더위체감지수의 단계 판별시 일반적인 습도내에서 항상 ‘매우 위험’ 단계로 설정되는 기온을 임계값으로 선정한 것이다. (임계온도: 아래 그림의 빨간선)



[그림 3-65] 더위체감지수 단계 판별 기준

더위체감지수의 ‘매우위험’은 폭염으로 인한 건강이 가장 우려되는 지점이므로 이를 모두 반영하기 위해서는 현재 기온중심의 폭염영향예보와 더불어 상대습도의 적용이 필요하다.

더위체감지수의 ‘매우위험’은 기온 31도부터 적용되며, 기온별 상대 습도 기준은 아래의 표와 같다.

<표 3-50> 더위체감지수 ‘매우 위험’ 단계 기준

폭염영향예보 단계 (기온 기준)	기온 (°C)	상대습도 (%)
관심	31	95
	32	80
주의	33	70
	34	55
경고	35	50
	36	40
	37	35

폭염영향예보의 ‘위험’ 단계에 상대습도를 반영하여, 더위체감지수 ‘매우 위험’을 포함하는 개념으로 확장할 경우, 아래와 같이 강화된 ‘위험’단계 적용이 가능하다. (단, 서울시 기준, 연속 기온 일수 반영안함.)

상대습도(%)	2016		2017		2018	
	7월	8월	7월	8월	7월	8월
1일	45.8	55.1	51.8	57.2	50.4	58.5
2일	38.3	57.3	37.4	59.1	44.5	75.2
3일	48.1	57.4	44	57.5	35.4	57.4
4일	51.8	55.1	35.9	74.2	50.1	58.0
5일	47.3	59.9	31.3	59.1	50.5	57.8
6일	49.1	57.1	39	57.2	60.9	57.5
7일	65.5	57.3	39.4	59.9	69.3	57.2
8일	65.9	57.3	67.3	63.3	68	57.2
9일	58.5	64.3	69.8	57.1	60.6	57.9
10일	60.9	59.9	46.8	56.5	59.9	57.2
11일	57.2	57.2	58.8	57.2	67.3	57.2
12일	79.4	57.2	45.5	75.9	65.5	57.2
13일	70.5	57.1	63	71	64	57.2
14일	60.5	66.9	62	68.4	74.9	57.1
15일	81.8	60	60.4	58	60.8	57.2
16일	73.5	57.2	55.8	60.4	59.3	61.2
17일	63.1	47.2	62.3	77.3	66.9	66.5
18일	58	57.1	50	60.6	54.9	64.8
19일	64.5	57.2	50.9	71.4	57.2	57.2
20일	66	57.2	43.4	68.1	58	62.6
21일	60.1	57.2	52.6	73.1	57.2	58.6
22일	57.1	57.2	57.3	75.8	57.2	57.2
23일	71	57.2	53	69.5	57.2	58.8
24일	75.8	77.5	60.4	60.3	57.2	59.5
25일	63.1	75.3	57.2	64.1	57.2	66.3
26일	58.4	69	70.5	56.6	57.2	66.8
27일	55.5	76.4	67.5	61.5	57.2	69.3
28일	61.1	70.6	63.5	60.1	57.2	77.1
29일	58	60.3	64.8	72.3	57.2	50.4
30일	57	73.5	65.8	64.4	57.2	50.9
31일	62.9	72.1		60.3		60.5
평균	60.9	72.9	58.6	77.2	63	67.5

[그림 3-66] 최근 3년간 폭염영향예보에 상대습도 적용 결과

<표 3-51> 최근 3년간 폭염영향예보에 상대습도 적용 결과

	2016		2017		2018	
	기존	상대습도 적용시	기존	상대습도 적용시	기존	상대습도 적용시
관심	15	13	12	10	8	7
주의	15	3	10	3	11	4
경고	9	0	2	0	20	0
위험	0	23	0	11	4	32

폭염영향예보의 기준을 준용하되, ‘위험’ 단계의 기준인 더위체감지수 ‘매우 위험’을 아우르기 위해 상대습도를 적용할 경우, 위의 그림과 표처럼 ‘위험’의 단계가 확대 적용된다. 온열질환이 가장 많은 7월 마지막 주와 8월 첫째 주 중심으로 상향된 단계 적용이 가능하다는 장점이 있다. 적극적인 근로자 건강보호가 가능하다는 점 또한 장점이다.

그러나 상대습도 적용이라는 단계가 추가됨으로서 현장에서 직관적인 이해와 적용이 어렵다는 단점이 있다. 기상청의 폭염영향예보에 산업 분야만 별도의 기준을 적용하게 되므로 부처간 일관성 확보가 어렵다는 단점이 있다.

두 번째 첫 번째 적용 가능한 기준은 ‘더위체감지수’다.

더위체감지수는 기상청의 생활기상지수 중 하나로, 인체가 느끼는 더위를 기온만이 아니라 습도, 햇볕(일사량)의 영향을 반영한 지수이다. 같은 기온에서도 습도가 높고 일사량이 강한 환경에서는 온열질환 발생 가능성이 커지는 것을 반영하였다. 더위체감지수는 기온처럼 섭씨(°C)를 이용해 표현하지만 습도와 일사량 요소를 조합해 산출되는 지수다. 구체적으로 ‘더위체감지수’는 열 스트레스 지수 중 가장 광범위하게 사용되는 지수인 온열지수(Wet Bulb Globe Temperature, WBGT)를 기반으로 개발되었으며 대상과 환경에 따라 차별화된 더위 위험도와 그에 따른 제공방법을 제공하는 지수이며, 구체적인 계산식은 아래의 표와 같다.

<표 3-52> 더위체감지수 계산식

$$\begin{aligned} \text{더위체감지수} = & -0.24418 + 0.553991T_w + 0.455346T_a - 0.00217 \cdot (T_w^2) + 0.002782T_wT_a \\ & T_w = T_a \cdot \arctan(0.151977 \cdot (RH + 8.313659)^{1/2}) + \arctan(T_a + RH) - \arctan(RH - 1.676331) \\ & + 0.00391838 \cdot (RH^2) \cdot \arctan(0.023101 \cdot RH) - 4.686035 \\ & (T_a : \text{건구온도}, T_w : \text{습구온도}, RH : \text{상대습도}(\%)) \end{aligned}$$

더위체감지수는 ‘관심’-‘주의’-‘경고’-‘위험’-‘매우위험’의 5단계로 구분되며 단계별 기준값은 아래의 국제표준기구(ISO) 온열지수(WBGT) 노출기준 및 일본 환경성의 폭염 예보기준을 토대로 설정되었다.

<표 3-53> 국제표준기구(ISO)의 온열지수(WBGT)

구분 (대사율)	육체노동강도에 따른 작업 예	WBGT 지수 노출기준 (°C)	
		열에 순화된 사람	열에 순화되지 않은 사람
휴식	휴식	33	32
저 대사율	<가벼운 작업> 편안하게 앉은 자세, 가벼운 손 작업(글쓰기, 키보드작업, 그림그리기, 바느질, 부기), 손 및 팔 작업(작은 도구 사용하기, 검사하기, 가벼	30	29

	운 자재 조립 또는 분류), 팔과 다리 작업(보통 상태에서의 차량 운전, 발 스위치나 페달조작) 선 자세(standing), 드릴(작은 부품), 밀 링작업(작은 부품), 코일 감기, 작은 전 기선 감기, 힘이 적게 드는 도구 사용, 조금 걷기(속도 3.5 km/h이하)				
중 대사율	<보통 작업> 지속되는 손과 팔의 작업 (못 박기, 쇠줄작업), 팔과 다리의 작업 (대형트럭, 트랙터 및 건설차량의 오프 로드 운전, 팔과 몸통 작업(압축공기용 해머작업, 트랙터 조립, 미장, 중등도 무게 재료를 간헐적으로 드는 작업, 제 초, 팽이질, 과일이나 야채 따기, 가벼 운 카트나 손수레를 밀거나 당기기, 3.5~5.5 km/h의 속도로 걷기, 단조작업	28		26	
고 대사율	<힘든 작업> 힘든 팔과 몸통 작업, 무 거운 물건 옮기기(carrying heavy material); 삽을 사용, 큰 망치질, 톱질하 기, 단단한 나무 대패질하거나 끌로 파 기, 손으로 풀베기, 땅 파기, 5.5~7 km/h의 속도로 걷기 짐이 무거운 카트나 손수레를 밀거나 당기기, 주물 깎기, 콘크리트 블록 쌓 기, 비연속적인 힘든 조립작업, 밀거나 당기면서 무거운 물건을 간헐적으로 드는 작업	기류가 느껴지지 않을 때	기류를 느낄 때	기류가 느껴지지 않을 때	기류를 느낄 때
		25	26	22	23
최고 대사율	<매우 힘든 작업> 속도가 빠르고 매우 격렬한 활동, 도끼질, 힘들게 삼질하거 나 땅파기, 작은 보폭으로 빨리 걷기, 사다리, 램프, 계단을 수직으로 오르기, 달리기(running), 7 km/h 보다 빠르게 걷기	23	25	18	20

<표 3-54> 일본 환경성의 폭염 예보기준

단계	예보발령기준 (WBGT, °C)	단계별 건강위험 및 대응방안
거의 안전	< 21	일반적으로 열사병 위험은 작지만 적절한 수분 염분의 보급 필요함
주의	21-25	심한 운동이나 격렬한 노동시 열사병에 의한 사고가 발생할 가능성이 있음
경계	25-28	열사병의 위험이 증가하므로 운동이나 격렬한 작업할 때 정기적으로 충분히 휴식을 취할 것
매우 경계	28-31	열사병의 위험이 높음. 심한 운동이나 격렬한 작업은 피할 것
운동 중지	≥31	열사병의 위험이 매우 높음. 고령자는 휴식상태에서도 열사병이 발생할 위험이 큼. 외출은 가급적 피하고 서늘한 실내로 이동할 것

기상청의 더위체감지수를 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)의 단계별 기준으로 적용할 경우 다음과 같은 장점이 있다.

- 더위체감지수는 건강보호를 목적으로 제공된다. 옥외작업자 건강보호 가이드의 근로자 건강보호라는 목적과 일치한다.
- 제공 대상 및 대응 요령이 차별화 되어 있다. 대상의 경우, 농촌, 비닐하우스, 실외작업장 (도로, 건설현장, 조선소)이 포함되어 다양한 근로환경이 반영되었다.
- 육체노동강도가 반영되어 근로자 건강보호에 적용하기 용이하다.
- 발령시점이 매일 2회 (06시, 18시)로 현장적용이 용이하다.
- 더위체감지수는 홈페이지, 모바일, 앱, 문자 등 다양한 매체로 전달된다. 전달 범위가 넓고, 전달의 제약이 적으며, 속도가 빠르다는 장점이 있다.
- 취약 계층과 시기에 적절한 단계의 더위체감지수가 제공된다. 아래의 그림은 최근 5년간(2011-2016년) 서울지역의 월별 더위체감지수를 산출한 결과이다. 즉,

다양한 대상별 더위체감지수가 고르게 적용되어 효율적인 근로자 건강보호에 도움이 된다.

<표 3-55> 더위체감지수 월별 대상별 분포

월	대상별 더위체감지수 분포
7월	
8월	

기상청의 더위체감지수를 옥외작업자 건강보호 가이드 (폭염)의 단계별 기준으로 적용할 경우, 중앙부처 및 지자체의 폭염 대응 기준과의 일관성이 떨어진다는 단점이 있다. 현재 폭염영향예보는 방재기관(폭염 관련부처 및 지자체 현장 대응팀) 및 행정안전부의 「폭염 재난위기 관리 표준메뉴얼」의 기준으로 활용되고 있다. 산업분야만 별도의 폭염 관리 기준을 적용하게 된다.

더위체감지수의 많은 장점에도 불구하고, 가장 큰 단점중의 하나는 지수는 추정된 값이라는 점이다. 흑구온도의 관측은 물리적, 비용적 문제로 인해 측정소의 설치율은 아직까지 미미한 수준이다. 결국 일부 측정지점의 흑구온도 관측값을

활용하여, 인근 지역의 습도를 적용하여 더위체감지수를 추산하여 제공한다. 이 경우, 작업장의 지정학적 위치와 실제 예보에 차이가 발생할 가능성이 있다.

(2) 고열이 인체에 미치는 영향

고열이 인체에 미치는 영향에 대한 기존의 용어와 대응에 대해 의학적인 검토를 진행하였다. 검토는 주요 내과학 및 응급의학 분야에서 가장 널리 쓰이는 교과서를 활용하였다. (Harrison's internal medicine 20th ed, Disorders associated with Environmental Exposures, chapter 455. Heat-related illness, Tintinalli's emergency medicine manual 8th ed. chapter 119. Heat emergencies)

(기존) “열사병(Heat stroke)”이라 함은 땀을 많이 흘려 수분과 염분손실이 많을 때 발생한다. 갑자기 의식상실에 빠지는 경우가 많지만, 전구증상으로서 현기증, 악의, 두통, 경련 등을 일으키며 땀이 나지 않아 뜨거운 마른 피부가 되어 체온이 41℃ 이상 상승하기도 한다. 응급조치로는 옷을 벗어 나체에 가까운 상태로 하고, 냉수를 뿌리면서 선풍기의 바람을 쏘이거나 얼음 조각으로 맞사지를 실시한다.

(수정) “열사병(Heat stroke)”이라 함은 인체가 열을 조절하는 능력을 상실했을 때 발생하는 질환을 말한다. 심부체온이 40.5℃를 초과하고, 심장, 뇌, 신장의 손상이 발생하는 것이 특징이다. 신경조직, 간세포, 신사구체의 손상이 일어난다. 신경계 손상으로 혼란, 불안, 이상행동, 운동실조를 일으키고 심하면 경련 및 의식소실이 발생한다. 다른 증상으로는 구토, 과호흡, 설사, 땀노가 발생할 수 있다. 열사병이 의심될 시 즉시 의료기관에 연락하고, 시원한 곳으로 옮겨 조이는 옷을 풀고 냉수나 얼음조각을 뿌리면서 선풍기를 켜도록 한다. 호흡이나 맥박이 없으면 응급의료 전문가의 지시대로 즉시 심폐소생술을

실시하여야 한다.

(기존) “열탈진(Heat exhaustion)”이라 함은 땀을 많이 흘려 수분과 염분손실이 많을 때 발생하며 두통, 구역감, 현기증, 무기력증, 갈증 등의 증상이 나타난다. 심한 고열환경에서 중등도 이상의 작업으로 발한량이 증가할 때 주로 발생한다. 고온에 순화되지 않은 근로자가 고열환경에서 작업을 하면서 염분을 보충하지 않은 경우에도 발생한다. 응급조치로는 작업자를 열원으로부터 벗어난 장소에 옮겨 적절한 휴식과 함께 물과 염분을 보충해 준다.

(수정) “열탈진(Heat exhaustion)”이라 함은 땀을 많이 흘려 수분과 염분손실이 많을 때 발생하며, 열사병과의 주된 차이점은 중추신경계 기능과 열조절이 아직 정상적인 상태라는 것이며, 체온은 대개 40.5℃를 초과하지 않는다. 두통, 구역감, 현기증, 운동실조, 판단장애, 현기증, 근육 경련이 발생할 때 의심할 수 있다. 열탈진이 의심되는 경우 즉시 수분과 염분을 보충해 주어야 하며, 열사병으로 진행하지 않도록 즉시 시원한 곳으로 옮겨 휴식을 취하도록 해야 한다. 열탈진이 발생한 환자는 시원한 곳으로 옮겨진 뒤에도 열사병으로 진행할 가능성이 있어 면밀한 주시가 필요하다.

(기존) “열경련(Heat cramps)”이라 함은 고온환경 하에서 심한 육체적 노동을 함으로써 수의근에 통증이 있는 경련을 일으키는 고열장해를 말한다. 다량의 발한에 의해 염분이 상실되었음에도 이를 보충해 주지 못했을 때 일어난다. 작업에 자주 사용되는 사지나 복부의 근육이 동통을 수반해 발작적으로 경련을 일으킨다. 응급조치로는 0.1 %의 식염수를 먹여 시원한 곳에서 휴식시킨다.

(수정) “열경련(Heat cramps)”이라 함은 고온환경 하에서 심한 육체적 노동을 한 이후 발생하는 골격근의 고통스럽고 비자발적인 경련성 수축을 의미

한다. 옥외작업자, 소방관, 군인, 운동선수, 제철업 근로자등에 주로 발생하며, 땀을 많이 흘려 염분이 소실되었을 때 이를 충분히 보충해 주지 못했을 때 주로 작업에 사용하던 근육에서 발생한다. 심각하지 않은 열경련은 시원한 곳으로 옮겨 0.1%의 식염수를 먹이면 회복된다. 탈수가 심각한 것으로 판단되면 의료조치가 필요하다.

(기준) “열허탈(Heat collapse)”은 고온 노출이 계속되어 심박수 증가가 일정 한도를 넘었을 때 일어나는 순환장애를 말한다. 전신권태, 탈진, 현기증으로 의식이 혼탁해 졸도하기도 한다. 심박은 빈맥으로 미약해지고 혈압은 저하된다. 체온의 상승은 거의 볼 수 없다. 응급조치로는 시원한 곳에서 안정시키고 물을 마시게 한다.

(4) “열허탈(Heat collapse)”은 장시간 고열에 노출되거나, 고열에 노출된 상태에서 갑자기 일어설 때 발생한다. 노인이나 지구력이 필요한 작업을 수행하는 사람이 열허탈에 취약하다. 그 기전은 심박수 증가와 말초혈관 확장으로 인한 순환장애로, 무력감 및 현기증이 발생하고 의식 소실되기도 한다. 시원한 곳으로 옮기고 물을 마시게 하면 대개 즉시 회복되나, 기저질환을 동반한 노인의 경우 다른 심뇌혈관질환에 대한 감별이 필요하므로 의료기관 방문이 필요하다.

(기준) “열피로(Heat fatigue)”는 고열에 순화되지 않은 작업자가 장시간 고열 환경에서 정적인 작업을 할 경우 발생하며 대량의 발한으로 혈액이 농축되어 심장에 부담이 증가하거나 혈류분포의 이상이 일어나기 때문에 발생한다. 초기에는 격렬한 구갈, 소변량 감소, 현기증, 사지의 감각이상, 보행곤란 등이 나타나 실신하기도 한다. 응급조치로는 서늘한 곳에서 안정시킨 후 물을 마시게 한다.

(수정) 열피로(heat fatigue) 삭제: 현재 열탈진(heat exhaustion)과 열피로는 국내에서 같은 뜻으로 혼재해 사용되고 있다. OSHA에서는 아직 사용되고 있으나, 내과학과 응급의학 두 분야 모두 heat fatigue라는 진단명은 사용하고 있지 않다. 열탈진 항목과 내용 및 증상도 유사하여 오히려 일선에 혼란이 있을 수 있으므로 삭제를 고려해야 한다. 또한 문헌 검색에서도 (Google scholar) “Heat exhaustion”은 2,500,000건, “Heat Fatigue”는 약 5%인 148,000건 만이 확인된다.

(기존) “열발진(Heat rashes)”은 작업환경에서 가장 흔히 발생하는 피부장해로서 땀띠 (prickly heat)라고도 말한다. 땀에 젖은 피부 각질층이 떨어져 땀구멍을 막아 한선 내에 땀의 압력으로 염증성 반응을 일으켜 붉은 구진(papules)형태로 나타난다. 응급조치로는 대부분 차갑게 하면 소실되지만 깨끗이 하고 건조시키는 것이 좋다.

(수정) “열발진(prickly heat)”은 옷에 닿는 신체부위에서 주로 발생하며, 흔히 땀띠라고 한다. 가려움증을 동반한 붉은 발진이 생기는 것이 특징이다. 피부 각질층이 떨어져 땀구멍을 막아 염증이 발생하는 것으로 깨끗하고 헤파한 복장을 입으면 예방 가능하다. 시원한 곳으로 옮기고 몸을 건조하게 하면 호전되며, 항히스타민제 복용이나 클로르헥시딘 크림을 도포하면 호전에 도움이 된다.

(3) 예방조치

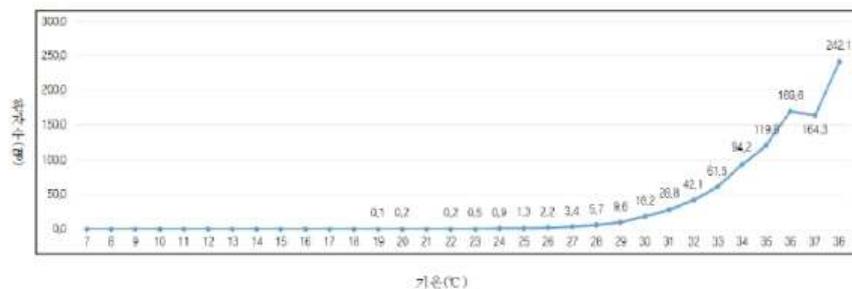
예방조치에 기존에 별도로 제공되었던, 열사병 예방 기본수칙을 포함하였다. 열사병 예방 3대 기본수칙은 ‘물, 그늘, 휴식 이행 가이드’라고 제공되었다. 이를 옥외작업자 건강보호 가이드(폭염)에 적용하여 한번에 확인할 수 있게 하였다.

휴식 시간의 경우, 폭염의 단계에 따라 더 자주, 더 길게 갖는 것을 기본으로 하였다. 특히 취약군이나 보호구 착용 등으로 인해 실제 폭로되는 폭염 수준이 높을 것으로 판단되는 근로자의 경우 휴식 시간을 더욱 늘리는 방안을 적용하였다.

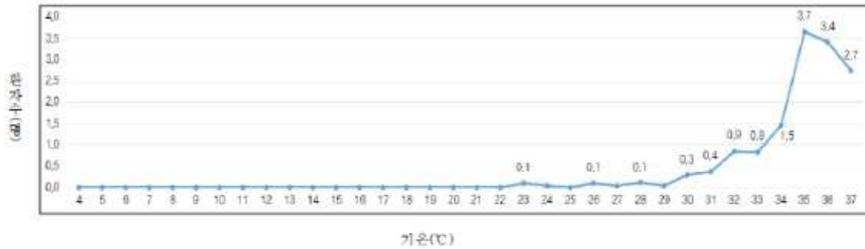
연구진과 관련 전문가 회의를 통해 논의한 폭염 노출로 인한 작업 중지 기준이나 적용에 대해서는 노동계와 경영계의 입장 차이가 있었다. 경영계에서는 폭염으로 인한 근로자 건강 보호를 위한, 작업 중지의 강제 적용에 대해 필요성은 공감하나 모든 산업 분야에 일괄적으로 적용하기 어렵다는 의견이 있었다. 노동계에서는 폭염으로 인한 작업 중지의 권고로는 실제 현장에서 작업 중지로 이어지지 않으므로, 강제성이 반드시 필요하다는 의견이 있었다.

이번 연구에서는 폭염 노출 근로자의 건강보호를 위한 가이드 개선안을 제시하는 것이므로 작업 중지 기준에 대한 근거를 수립하고, 적용하는 것을 목적으로 하였다.

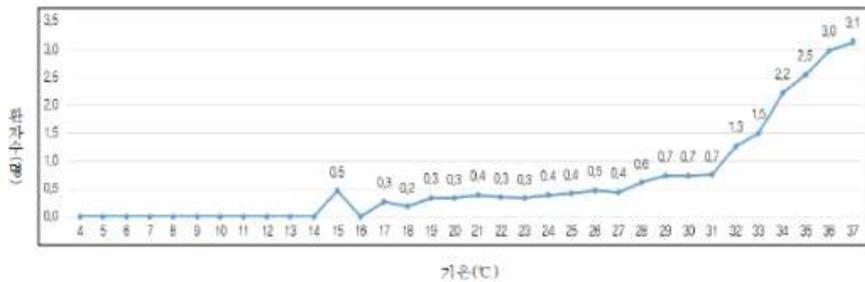
작업 중지의 기준은 실제 폭염으로 인해 질환이나 사망과 같은 건강영향이 실제 발생하는 임계 수준을 확인해야 한다. 2016년 질병관리본부의 연구 보고(폭염 건강피해 예방을 위한 지수개발 및 서비스 개선연구)에 따르면, 최고기온에 따른 100일 평균 발생 환자수(온열질환 감시체계 신고자료), 사망자수(사망원인 통계), 보험 환자수(건강보험청구자료)는 다음 그림과 같다.



[그림 3-67] 최고기온에 따른 100일 평균 감시체계 환자수 (2011-2016)



[그림 3-68] 최고기온에 따른 100일 평균 사망자수 (2005-2014)



[그림 3-69] 최고기온에 따른 100일 평균 보험환자수 (2004-2013)

위의 결과를 종합하며, 최고기온 33도에서 폭염으로 인한 사망자수는 급격히 늘어나며, 온열질환자는 31도부터 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 결과는 고령자를 포함한 우리나라 전체 인구를 포함한 자료를 분석한 것으로 근로자 집단에 바로 적용하여 해석하는 것은 제한되며, 연속 폭염일수 등이 반영되지 않아 해석에 제한사항이 있지만, 작업중지를 고려하는 임계점을 검토하는데 활용될 수 있다.

작업 중지의 시간 및 적용 대상에 대해서는 이번 연구의 분석결과를 적용하였다. 점심시간 직후인 13시부터 16시까지 지속적으로 온열질환 발생이 증가하는 경향을 참조하였으며, 특히 14시부터 15시, 그리고 15시부터 16시까지의 시간대에서 온열질환 발생이 급증하는 점을 고려하였다. 따라서, 작업중지의 시간은 오

후 2시부터 5시가 적용된다. 또한 건설업의 작업 일정 조정과 맞물려 새벽 5시 또는 6시에 작업을 시작하여 오후 2시에 작업이 종료되는 현실을 반영하였다.

폭염으로 인한근로자 사망의 경우는 대부분 단순노무직과 건설업에 해당되는 점을 고려하였으며, 농림어업인의 경우 9월까지도 사망이 확인된다는 점을 반영하였다.

사업장 청결관리, 산업안전보건교육, 긴급연락망, 응급상황대비 체계, 동료간의 상호 관찰의 경우 내용 및 범위를 구체화 하였다.

(3) 기타 사항

옥외작업자 건강보호 가이드(폭염)의 대상 근로자군 정의가 필요하다. 현재 우리나라의 옥외작업자의 건강(폭염 노출)에 대한 관리와 고열작업 근로자에 대한 관리방안이 이원화되어있다. 폭염으로 인한 옥외작업자의 건강보호를 위한 접근은 가이드를 기반으로 하고 있으며, 고열작업에 대해서는 <산업보건기준에 관한 규칙> 제108조에 13가지로 정의 내리고 온습도 조절(제109도), 환기장치의 설치 등(제110조), 고열장해예방 조치(제111조) 등으로 관리하고 있다. 이번 연구에서는 옥외작업자를 대상으로 하는 기존의 폭염 대응 가이드를 개선하는 것을 목표로 한다.

민감군 및 취약군에 대한 적극적인 관리가 필요하다. 동일 기온 및 습도라고 하더라도 이에 대한 인체 반응은 다를 수 있다. 따라서 폭염에 민감하거나 취약한 근로자군에 대한 대응 단계 상향 방안을 적용하였다.

근무 환경 및 작업 형태를 구체화하여 반영하였다. 모든 근로 환경과 작업 형태를 반영하기는 현실적으로 어렵지만, 보호 장비의 착용여부, 직사광선의 유무 등 다양한 근무 환경과 작업 형태를 반영하여 개선하였다.

(4) 옥외 작업자 건강보호 가이드 (폭염) 개선안 [부록 1, 2] 참조

3) 옥외작업자 건강보호 가이드 (한랭)

우리나라에서는 한파 혹은 그에 준하는 추위 환경에서 근무하는 사람들의 건강보호를 도모하기 위해 2018년 김원술 등에 의한 ‘옥외작업자 건강보호 방안(Ⅱ)-한랭작업을 중심으로’ 연구(2018-연구원-907)로 최근 논의되었다. 해당 가이드라인에서는 기온을 기준으로 하여 한파 관심, 한파주의보, 한파경보로 단계를 구분해 조치사항을 제시하고 있다.

(1) 용어의 정의

<표 3-56> 한랭질환 가이드라인에서의 용어 정의

용어	정의
한파	겨울철에 저온의 한랭 전선이 위도가 낮은 지역으로 이동하여, 갑자기 기온이 급격하게 하강을 일으키는 현상
한랭	옥외작업자에게 저체온증과 동상 등의 건강장해를 유발할 수 있는 차가운 온도
한랭질환	강한 추위에 노출되어 발생하는 건강장해로 중심체온이 35℃이하로 내려가는 저체온증, 손·발 등 국소 부위가 얼어붙는 동상, 동창, 참호족 등이 있음
체감온도	외부에 있는 사람이 바람과 한기에 노출된 피부로부터 열을 빼앗길 때 느끼는 추운 정도를 나타낸 지수로 옥외작업자가 실제 느끼는 온도

(2) 체감온도 산출표

체감온도는 기온과 풍속의 조합에 따라 산출되는 지수로, 기상청 날씨누리 홈페이지에서 11월부터 3월까지의 기간 동안 매일 3시간 간격으로 전국 읍면동 단위로 정보를 제공하고 있다. 기온과 풍속에 따른 체감온도 산출표는 아래와 같다.

• 체감온도 산출표

■ 관심 ■ 주의 ■ 경고 ■ 위험

기온 (°C)	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20
풍속 (m/sec)											
1.4	-1.6	-3.9	-6.1	-8.4	-10.7	-13.0	-15.2	-17.5	-19.8	-22.0	-24.3
2.8	-3.3	-5.7	-8.1	-10.5	-12.9	-15.3	-17.7	-20.1	-22.5	-24.9	-27.2
4.2	-4.4	-6.9	-9.4	-11.8	-14.3	-16.8	-19.2	-21.7	-24.2	-26.6	-29.1
5.6	-5.3	-7.8	-10.3	-12.8	-15.4	-17.9	-20.4	-22.9	-25.5	-28.0	-30.5
6.9	-5.9	-8.5	-11.0	-13.6	-16.2	-18.7	-21.3	-23.9	-26.4	-29.0	-31.6
8.3	-6.5	-9.1	-11.7	-14.3	-16.9	-19.5	-22.1	-24.7	-27.3	-29.9	-32.5
9.7	-7.0	-9.6	-12.2	-14.9	-17.5	-20.2	-22.8	-25.5	-28.1	-30.7	-33.4
11.1	-7.4	-10.1	-12.7	-15.4	-18.1	-20.8	-23.4	-26.1	-28.8	-31.5	-34.1
12.5	-7.8	-10.5	-13.2	-15.9	-18.6	-21.3	-24.0	-26.7	-29.4	-32.1	-34.8
13.9	-8.1	-10.9	-13.6	-16.3	-19.0	-21.8	-24.5	-27.2	-30.0	-32.7	-35.4
15.3	-8.5	-11.2	-14.0	-16.7	-19.5	-22.2	-25.0	-27.7	-30.5	-33.2	-36.0
16.7	-8.8	-11.5	-14.3	-17.1	-19.9	-22.6	-25.4	-28.2	-30.9	-33.7	-36.5

[그림 3-70] 기온과 풍속에 따른 체감온도 산출표

체감온도 지수에 따라 관심, 주의, 경고, 위험의 4단계로 분류하고 있다. 각각의 체감온도 지수범위에 대해 주의사항 및 대응지침을 제공하고 있으며, 그 내용은 아래와 같다.

단계	지수범위	주의사항
 위험	-15.4 미만	<ul style="list-style-type: none"> • 장시간 옥외작업 시 저체온증과 더불어 동상의 위험이 있음 • 실내에 머무르며, 옥외에 있을 경우 지속적으로 몸을 움직이도록 함 • 피부가 바람에 직접 노출되지 않도록 함 • 방풍기능이 있는 겹옷을 입고, 안에 겹겹이 옷을 입어야 함 • 방한모, 장갑, 목도리, 마스크, 방수 신발 등을 착용함 • 옥외 작업 시 땀 흡수가 잘 되는 내복을 입도록 함 • 옷이나 신발 등이 젖지 않도록 하고, 젖은 즉시 갈아입음
 경고	-15.4이상 -10.5미만	<ul style="list-style-type: none"> • 노출된 피부에는 매우 찬 기운이 느껴짐 • 방한용품 없이 장기간 피부 노출 시 저체온증의 위험이 있음 • 야외에 있을 경우 지속적으로 몸을 움직이도록 함 • 방풍기능이 있는 겹옷을 입고, 안에 겹겹이 옷을 입어야 함 • 방한모, 장갑, 목도리, 방수 신발 등을 착용함 • 옥외 작업 시 땀 흡수가 잘 되는 내복을 입도록 함 • 옷이나 신발 등이 젖지 않도록 하고, 젖은 즉시 갈아입음
 주의	-10.5이상 -3.2미만	<ul style="list-style-type: none"> • 추위를 느끼는 정도가 증가함 • 옷을 따뜻하게 입고 방한모, 장갑, 목도리 등을 착용함 • 옷이나 신발 등이 젖지 않도록 함
 관심	-3.2 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 추위가 느껴지기 시작함 • 옷을 따뜻하게 입음 • 옷이나 신발 등이 젖지 않도록 함

[그림 3-71] 체감온도 지수에 따른 분류 및 주의사항

(3) 한랭질환

가이드라인에서는 주요 한랭질환 4가지로 저체온증, 동상, 참호족, 동창을 소개하고 있으며 각각의 정의와 원인, 증상은 아래와 같다.

<표 3-57> 주요 한랭질환 정의, 원인 및 증상

한랭질환	정의	원인	경고증상
저체온증 (hypothermia)	몸의 중심체온이 35℃ 이하로 내려간 상태	저온 노출	심한 떨림
동상 (Frostbite)	심한 추위에 의해 피부 및 피하조직이 얼어붙은 상태	영하 2℃ 이하의 온도에 장시간 노출	피부가 따끔거림 저린감 가려움
참호족 (Trench foot)	발을 차가운 물속에 오래 담고 있거나 습하고 낮은 온도에 장기간 노출되어 발생한 손상	습하고 저온인 환경에 젖은 발이 노출	붉은 피부 따끔거림 저린감 무감각함
동창 (Chilblains)	빙점 이상의 한랭 환경에서 손과 발이나 귀, 코 등에 생기는 말초혈류장애에 의한 피부와 피하조직의 이상	추위로 인한 피부 모세혈관의 손상	빨갳게 된 피부

저체온증이 의심되는 경우 즉시 119에 연락하고 의심환자를 따뜻한 장소로 이동시키고 옷이 젖었을 경우 벗겨주도록 하고, 얼굴을 제외한 신체를 담요로 감싸주도록 한다. 응급의료체계의 연결이 지연될 경우에는 술이 아닌 따뜻한 음료를 마시도록 하고, 핫팩 등으로 체온을 증가시킬 수 있도록 해야 한다.

동상이 의심되는 경우 저체온증의 권고 조치사항을 취함과 동시에 동상부위를 문지르거나, 눈이나 물이 닿지 않게 주의하도록 하며 물집이 발생한 경우 터트리지 않도록 한다. 손상부위에 열을 가해서도 안 된다.

참호족이 발생한 것으로 의심되는 경우 젖은 신발이나 양말을 벗도록 하고, 따뜻한 장소에서 발을 건조하게 말려야 하며 발을 높이 올려놓도록 할 필요가 있

다.

동창 발생 의심시 가렵더라도 긁지 않도록 하고 피부를 서서히 따뜻하게 해주도록 하며 물질이나 궤양이 발생한 부위가 청결하게 유지될 수 있도록 한다.

또한, 한파시 가려움, 피부발진, 피부염 등의 피부질환이 발생할 수 있으며 저온에 의한 알레르기 반응이 생길 수 있다는 점을 명시하고 있으며, 낮고 건조한 공기 때문에 호흡기 저항력이 떨어져 감기에 걸리기 쉽다는 점도 알리고 있다.

추가적으로 추운 날씨에서 뇌혈관이나 관상동맥에 손상이 발생해 뇌경색, 뇌출혈 등의 질환이 발생하기 쉽다는 점을 알려주고 있으며 고혈압, 당뇨, 비만, 이상지질혈증, 현재 흡연 등의 위험인자를 가지고 있는 근로자는 특히 해당 질환 발생에 유의해야 한다는 점을 강조하고 있다.

(4) 한파시 사업주 및 근로자 조치사항

사업주는 체감온도가 아닌 온도기준에 따라 아래와 같은 지침을 지켜 작업자들에게 조치를 취할 것을 권고하고 있다.

단계	온도기준	조치사항
일상적 관리	0°C 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 주·일간 작업계획 및 휴식시간 배분계획을 수립하세요. • 건강진단 결과에 따라 작업에 적합한 인력을 배치하세요. • 민감군*을 확인하세요. • * 고혈압, 당뇨병, 감상선 기능저하자, 뇌심혈관질환자, 고령자 등 • 예방교육을 실시하세요. • 비상연락망을 구축하세요. • 휴게공간을 마련하세요.
한파 관심	영하 6°C 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 기상상황 및 예방조치사항 정보를 제공하세요. • 추운시간대에 휴게시간을 배치하세요. • 따뜻하고 깨끗한 물을 제공하세요.
한파 주의보	영하 12°C 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 기상상황 및 예방조치사항 정보를 제공하세요. • 특보상황 및 작업환경에 따른 적절한 휴게시간을 배정하세요. • 따뜻하고 깨끗한 물을 제공하세요. • 젖은 옷을 갈아입을 수 있는 장소와 휴식을 취할 수 있는 따뜻한 장소를 제공하세요. • 작업자들끼리 서로 짝을 지어 상대방의 한랭질환 경고증상을 관찰하고 조치할 수 있도록 하세요. • 한랭질환 경고증상을 호소하는 작업자 스스로 작업을 중지하고 쉴 수 있도록 조치하세요. • 징계나 처벌 등의 불이익이 없도록 하세요.
한파 경보	영하 15°C 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 기상상황 및 예방조치사항 정보를 제공하세요. • 특보상황 및 작업환경에 따른 적절한 휴게시간을 추가로 배정하세요. • 민감군 및 중작업(重作業) 수행 작업자에 대한 작업관리를 실시하세요. • 따뜻하고 깨끗한 물을 제공하세요. • 젖은 옷을 갈아입을 수 있는 장소와 휴식을 취할 수 있는 따뜻한 장소를 제공하세요. • 필요 시 작업자에게 핫 팩을 제공하세요. • 작업자들끼리 서로 짝을 지어 상대방의 한랭질환 경고증상을 관찰하고 조치할 수 있도록 하세요. • 한랭질환 경고증상을 호소하는 작업자 스스로 작업을 중지하고 쉴 수 있도록 조치하세요. • 징계나 처벌 등의 불이익이 없도록 하세요.

※ '중작업'은 에너지 소비가 많은 작업으로서 중량물 옮기기, 삼질, 해머질, 톱질, 단단한 나무 대패질 또는 끌로 파기, 콘크리트 블록 쌓기 등이 있다. 단기적으로는 육체활동에 의해 발생된 체온으로 추위를 이겨낼 수 있으나 시간이 길어질수록 에너지 소모가 많아지게 되며, 땀 발생에 따른 체온손실이 많아질 가능성이 높으므로 주기적인 휴식시간이 필요합니다.

[그림 3-72] 기온에 따른 예방단계별 사업주 조치사항

가이드라인에서는 사업주의 조치사항 뿐만 아니라 한파시 작업자가 준수해야 할 사항도 지적하고 있다. 먼저 안층, 중간층, 바깥층을 나누어 3겹 이상의 옷을 입고 옷이 젖었을 경우 즉시 갈아입어야 하며, 작업환경에 따라 옷 이외에도 모자, 두건, 마스크, 장갑, 신발 등의 방한장구를 착용하고, 지속적으로 따뜻한 물을 섭취하고 무리한 운동은 삼가는 선에서 스트레칭을 시행하도록 하며 맨손으로 차가운 금속을 만지지 않도록 교육한다. 작업속도와 작업량을 조절하고 따뜻한 곳에서 중간중간 휴식을 취하도록 하며 손이나 귀, 발가락과 같은 말단부의 감각을 체크하고 동료 근로자들의 상태를 관찰하고, 이상증상 발생시 즉시 보고하도록 권고하고 있다.

(5) 옥외작업자 건강보호 가이드 개선안 (한랭)

한랭의 기준에 대한 보완이 필요하다. 현재는 기온 위주의 기상 특보를 중심으로 옥외작업자 건강보호 가이드가 운영되고 있다. 한랭의 건강영향은 체온 손실이 주된 기전이다. 따라서 기온뿐 아니라 체온 손실을 일으키는 주요 환경인자인 바람(풍속)의 영향을 고려할 필요가 있다.

현재의 기준은 온도 기준으로 일상적 관리 (0℃ 이하), 한파 관심 (영하 6℃ 이하), 한파 주의보 (영하 12℃ 이하), 그리고 한파 경보 (영하 15℃ 이하)로 구분되어 있다.

체감온도의 경우는 관심, 주의, 경고, 위험의 네 단계로 나누어져 있으며, 각 단계 별로 기온과 풍속을 고려하여 체감온도 지수를 결정한다. 체감온도지수에 따라 -3.2 이상인 경우 관심, -3.2미만부터 -10.5이상은 주의, -10.5미만부터 -15.4이상은 경고, -15.4미만은 위험으로 구분된다.

예를 들어 영하 10℃인 경우 체감온도지수는 풍속에 따라 4.2m/sec를 넘을 경우 3번째인 경고단계에서 4번째 가장 높은 위험단계로 넘어가게 되어 적극적인 보호 대책을 적용하게 되지만, 기온만을 기준으로 삼을 경우, 두 번째 단계인 한

과 관심단계만이 적용된다.

이 경우, 실제 한랭 스트레스가 인체의 건강에 영향을 미치는 정도는 낮게 평가하는 상황이 발생할 수 있다. 이는 한파에 치명적으로 노출되는 옥외 작업자의 건강보호를 위한 대책으로는 매우 소극적인 접근방식이 된다.

따라서 가장 이상적인 한랭 스트레스로부터 옥외작업자의 건강을 지키는 대책은 작업장의 국소 기상에 대한 정확한 평가가 선행되어야 한다. 폭염 노출 옥외 작업자의 건강보호 대책과 마찬가지로 옥외작업자가 실제로 근무하는 작업장의 기온과 풍향을 측정하여 이를 기준으로 적절한 근로자 보호 대응 방안을 적용해야 한다. 국소 작업장의 실제 기상 측정 및 정보 공유 방안이 우선되어야 한다. 다만, 시설, 인력, 장비 등이 제한되는 소규모 사업장이나 단기간의 임시 작업장의 경우 해당 지역의 기상 정보를 활용하되, 이 경우에도 기온 뿐 아니라 풍향을 반영한 지표를 반영하도록 해야 한다.

작업장 기상정보의 측정 및 공공 기상정보의 전달과 활용에 대해서는 관련 부처가 적극적으로 관여하여, 정확한 기상정보 획득을 보장하고 기상정보를 과소 또는 과대평가하거나 오용하는 것을 예방하여야 한다.

또한, AGCIH의 한랭 스트레스에 대한 근로자 보호 방안 권고사항처럼, 우리나라의 기상 특성을 반영하여 일정 수준 이상의 한랭 스트레스가 예상되는 경우, 작업 중지 및 제한 등의 적극적인 옥외 근로자 보호 방안이 논의 되어야 한다.

현재의 한랭에 대한 옥외작업자 건강보호 가이드에는 한랭질환 경고 증상을 호소하는 근로자가 스스로 선택하여 작업을 중지하고 휴식을 취하도록 되어있다. 이러한 대응 방안은 작업 중지에 대한 정보가 근로자들에게 부족할 수 있다는 점, 작업 중지를 선택하는 과정에 대한 논의가 부족하다는 점, 근로자 건강과 안전의 관리와 감독의 주체인 고용주에게 한랭 질환 예방에 대한 의무를 소극적으로 적용한다는 점 등에서 개선이 필요하다.

4) 옥외작업자 건강보호 가이드 (먼지)

(1) 기존의 옥외작업자 건강보호 가이드 개선안 (먼지)

우리나라의 옥외작업자 미세먼지 대응 건강보호 가이드는 2016년 김승원 등에 의한 옥외작업장 근로자 미세먼지 노출실태 및 건강보호 방안 마련 연구 (2016-연구원-762)로 최근 논의되었다.

해당 가이드에 의하면, 먼지 노출에 대한 단계별 구분 기준은 대기환경보전법 시행규칙 제 14조(대기오염경보 단계별 대기오염물질의 농도기준) 별표7을 근거로 한 환경부의 미세먼지 경보 발령 기준을 이용하였다. 해당 기준에 따라 일정 수준 이상의 미세먼지가 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때 경보 및 주의보가 발령된다.

옥외작업자를 위한 미세먼지 대응 건강보호 가이드는 사업장에서 미세먼지 농도에 대해 준비할 수 있도록 미세먼지 농도에 따른 단계별 예방조치 또한 마련하고 있다. 미세먼지 주의보 단계에서는 미세먼지 주의보 발령사실 및 주의보 조치 사항에 대한 정보를 옥외작업자에게 제공하고, 옥외작업자들에게 마스크를 지급하고 착용하게 한다. 이때 마스크는 안전보건공단 인증(2급 이상) 방진마스크 또는 식약처 인증(KF80 이상) 보건용 마스크가 준비되어야 하며, 1회용이므로 작업내용과 사용시간 등을 고려하여 교체하여 사용할 수 있도록 충분한 수량이 준비되어야 한다. 마지막으로 옥외작업자 중 폐질환이나 심장질환이 있는 사람, 고령자, 임산부와 같이 미세먼지에 노출되었을 경우 건강영향이 발생할 확률이 높은 ‘민감군’에 대해선 가능한 중작업을 줄이거나 자주 휴식할 수 있도록 한다.

미세먼지 경보 단계에서는 미세먼지에 대한 정보와 마스크를 제공하여 착용할 수 있도록 한다. 또한 휴식시간을 자주 갖도록 조치하며 모든 옥외작업자로 하여금 가능한 중작업은 다른 날에 하도록 일정을 조정하거나 불가피한 경우 중작업 작업량을 줄여야 한다. ‘민감군’에 대해서는 작업량을 줄이고 휴식시간을 추

가로 배정하여 ‘민감군’에게 미세먼지에 의한 건강영향이 일어날 가능성을 취소화한다.

옥외 작업 중 호흡곤란이나 그 밖의 미세먼지에 의한 건강이상 증상을 느끼는 노동자에 대해서는 정해진 휴식 시간과 상관 없이 스스로 작업을 중단하고 쉴 수 있도록 하고, 필요시 의사의 진료를 받을 수 있도록 해야 한다.

<표 3-58> 옥외작업 건강보호 가이드 요약 (먼지)

	사전준비	주의보	경보
기준		PM2.5 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 또는 PM10 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상	PM2.5 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 또는 PM10 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상
예보기준	~나쁨	매우나쁨	
조치사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 민감군 사전확인 <ul style="list-style-type: none"> • 폐질환자나 심장질환자, 고령자, 임산부 등 ■ 비상연락망 구축 ■ 유해성 주지 및 마스크 착용 교육훈련 ■ 미세먼지 농도 수시 확인 <ul style="list-style-type: none"> • TV, 라디오, 인터넷 • 모바일앱(우리동네 대기정보) ■ 마스크 비치 (자율착용) (※예보기준 '나쁨' 단계 이상) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 미세먼지 농도 정보 제공 ■ 마스크 지급 및 착용 ■ 민감군에 대해 중작업(重作業) 단축 또는 휴식시간 추가 배정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 미세먼지 농도 정보 제공 ■ 마스크 지급 및 착용 ■ 적절한 휴식 <ul style="list-style-type: none"> • 휴식하면서 깨끗한 음료섭취 ■ 중작업(重作業) 일정 조정 또는 단축 ■ 민감군 작업단축 또는 휴식시간 추가 부여
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 이상 징후자에 대해서는 스스로 작업을 중단하고 휴식하거나 의사의 진료를 받도록 조치 		

환경부에서는 대기오염으로 인한 국민 건강 피해를 최소화하기 위해 대기환경 보전법을 근거법령으로 하여 대기오염 농도를 예보하고 있다. 미세먼지 농도 구간은 좋음, 보통, 나쁨, 매우나쁨의 4단계이며 각 단계의 기준 및 단계별 행동요령은 국립환경과학원에서 2014년 작성한 대기질 예·경보 도입에 따른 통합대기환경지수 개선 최종보고서를 근거로 한다. 매일 4회 (오전 5시, 오전11시, 오후5시, 오후 11시) 전국의 지역별 대기오염 농도 등급을 예측하여 예보하고 있고, 미세먼지 경보의 단계별 예방조치처럼 대기정보 예보 또한 민감군과 일반인을 구분하여 행동요령을 안내한다. 옥외작업자 가이드와 달리 예보 대상이 전국민이므로, 민감군은 어린이, 노인, 폐질환자 또는 심장질환자로 확장된다.

<표 3-59> 대기정보 예보 등급별 기준 및 행동요령

예보구간		등급			
		좋음	보통	나쁨	매우나쁨
예측농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1일)	PM ₁₀	0-30	31-80	81-150	151 이상
	PM _{2.5}	0-15	16-35	36-75	76 이상
예측농도 (ppm, 1시간)	O ₃	0-0.030	0.031-0.090	0.091-0.150	0.151 이상
행동요령 (미세먼지)	민감군		실외활동 시 특별히 행동에 제약을 없으나 몸 상태에 따라 유의하여 활동	장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 특히 천식환자는 실외활동 시 흡입기를 더 자주 사용할 필요가 있음	가급적 실내활동만 하고 실외활동 시 의사와 상의
	일반인			장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 특히 눈이 아프거나, 기침이나 목의 통증으로 불편한 사람은 실외활동으로 피해야 함	장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 기침이나 목의 통증 등이 있는 사람은 실외활동을 피해야 함
행동요령 (오존)	민감군		실외활동 시 특별히 행동에 제약을 받을 필요는 없지만 몸 상태에 따라 유의하여 활동	장시간 또는 무리한 실외활동 제한	가급적 실내활동
	일반인			장시간 또는 무리한 실외활동 제한 특히 눈이 아픈 사람은 실외활동을 피해야 함	실외활동을 제한하고 실내생활 권고

(2) 옥외작업자 건강보호 가이드 개선안 (먼지)

먼지 노출의 확정적 건강영향에 대해서는 아직 논의가 진행되고 있다. 기존의 먼지에 노출되는 옥외작업자 건강보호 가이드의 경우, 개기의 기상정보를 바탕으로 제안된 일반인구의 건강보호 방안을 응용하여 적용하였다. 일반인구대상의 대응 방안은 기상 예보의 나쁨 단계부터 민감군뿐만 아니라 일반인도 야외활동 자체를 권고하고 있으나, 현행 옥외작업자 건강보호 가이드(먼지)의 경우, 기상예보의 매우나쁨 단계에서야 민감군의 휴식 부여를 대안으로 제시하고 있다. 일반인에 대비해 매우 낮은 단계의 보호 방안이 적용되는 것이다.

실제로 2018년 1월부터 12월까지, 서울지역을 기준으로 총 6건의 미세먼지 경보가 발령되었으며, 그 중 경보가 1번, 주의보가 5번이었다. 발령 시간은 가장 짧은 경우 1시간, 가장 긴 시간은 17시간이었으며, 평균 5.8시간동안 경보가 발령되었다. 따라서 미세먼지 경보가 발령되는 단계 이전부터 적극적인 옥외 작업자 건강 보호 대책이 적용되어야 하며, 경보가 발령될 경우 현행 가이드보다 강화된 근로자 보호 대책이 적용되어야 한다.

특히, 우리나라에서는 고농도 미세먼지가 발생할 경우 범국가적인 대책으로 7가지 대응 요령을 제시하고 있는데 그 중 한 가지는 대기오염이 심한 곳에서의 활동 자제이며, 예시로 공사현장을 들었다. 또 다른 한 가지는 대기오염 유발행위 자체로서 차량 운행 제한 등을 국가차원의 대응 요령으로 제시하고 있다.

결국 공사현장을 포함한 다양한 옥외 작업장의 경우, 대기의 먼지 이외에도 자체적으로 분진이 발생할 수 있다는 점, 미세먼지 배출이 많은 대형 작업 차량의 통행이 빈번할 수 있다는 점 등에서 미세먼지 노출에 취약할 뿐 아니라 미세먼지 악화 요인이 될 수 있다. 따라서 근로자의 건강보호 측면에서 뿐만 아니라 미세먼지 악화의 예방을 위해서라도 적극적인 미세먼지 대책이 적용되어야 한다.

현재의 먼지에 대한 옥외작업자 건강보호 가이드에는 한랭 대응요령에서와 같이 먼지 노출로 인한 이상증상 호소 근로자가 스스로 선택하여 작업을 중지하고

휴식을 취하도록 권고 하고 있다. 이러한 대응 방안은 작업 일선에서 실제로 작동하기 어려운 보호 방안일 수 있으며, 미세먼지로 인한 건강영향에 대한 증상을 특정하기 어려운 경우가 많은 만큼 이에 대한 개선이 필요하다.

11. 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 중장기 대책 제언

전 지구적인 기후 변화는 예측부터가 매우 어려운 영역이다. 서두에 밝혔듯이 우리나라의 경우, 지정학적 특성상 기후 변화의 예측이 매우 어려운 국가 중의 하나이다. 우리나라의 국가기후변화적응정보포털(<https://kaccc.kei.re.kr>)에 의하면, 동아시아 및 한반도의 기후변화는 다음과 같이 예상된다. 21세기말 평균기온은 1986-2005년에 비해 2.4℃ 상승하고, 강수량은 7% 증가할 것으로 전망된다. 여름 강수량은 증가하고, 해안에 상륙한 태풍으로 인한 극심한 강우가 증가하며, 온대성 저기압의 억제로 한겨울이 감소할 것으로 전망된다. 또한 21세기말 지구의 평균기온은 1986-2005년에 비해 5.9℃ 로 상승할 것으로 전망된다. 특히 폭염과 열대야 등 기후관련 극한지구는 기후변화에 따라 더 극적으로 증가할 것으로 전망되며, 폭염 일수는 현재 한반도 전체평균 7.5일에서 온실가스 배출량이 높아지게 되면 21세기 후반에 31.9일로 한 달 가량 발생할 것으로 전망된다.

우리나라에서는 기후변화에 효율적으로 적극 대응하기 위해 2016년 ‘기후변화 대응 기본계획’을 수립하였다. 이에 따르면, 온실가스 감축, 기후변화 적응, 국제 협력을 주요 목표로 다음과 같은 핵심 과제를 선정하였다.

신재생에너지 보급 및 청정연료 발전 확대, 에너지효율 향상, 탄소 흡수원 기능 증진, 탄소시장 활용 등 경제적 온실가스 감축수단을 활용하고, 저탄소 시대의 새로운 성장 동력인 10대 기후기술 투자를 확대하고, 에너지 신산업을 적극 육성, 기후변화 복합위성 등 과학적 위험관리체계를 도입 등이 그것이다.

이번 연구를 통해 추정한 우리나라의 옥외작업자는 전체 경제활동인구 23,490,570명 중 14.1%인 3,319,217명이었다. 옥외작업자는 고온, 저온, 먼지 등 열악한 외부 환경에 매우 높은 수준으로 노출되고 있었으며, 결국 기후변화로 인한 건강 및 안전에 대한 우려가 높은 취약집단이다. 이들의 건강 보호를 위해서는 기후 변화의 영향에 대한 대응에 필요한 활동의 범위 선정 및 목표 수립은 매우

중요하다. 그러나 기후 변화에 대한 유엔 프레임 워크 협약과 같은 적응 촉진 전략에도 불구하고 전반적인 목표에 대한 국제적인 여론은 아직 없다. 그러나 유력 연구자들(Merylyn McKenzie Hedger(2008), Beaulieu(2007))은 기후변화 대응책을 당사자 간의 협력을 통해 이루어지는 대화 활성화, 지식 생산, 유망한 적응옵션 조성 등과 같이 3가지로 구분하였다. 이를 참고하여, 기후변화에 따른 옥외작업자의 건강보호를 위한 중장기 대책 수립에 적용하였다.

첫째, 이해 당사자 간의 대화 활성화(Dialogue facilitation)가 필요하다. 이는 기후 변화에 대응하기 위한 다자간 협의와 결과 토의 및 전략 조정을 위한 정기적인 모니터링과 평가 회의를 기반으로 한다. 기후변화에 대응하기 위한 전략 수립을 위해 관련 집단(노사정 포함)의 대화 활성화를 구체화해야 한다. 특히, 이미 확인된 결과(기후변화로 인한 사망, 산업재해 등)에 대한 해석을 관련 집단이 함께 진행하여, 공감대를 형성해야 한다. 또한 구체적인 기후변화의 노출 수준과 근로자의 건강과 안전에 대한 모니터링을 강화하는 전략이 필요하다.

둘째, 지식 생산(knowledge generation)이다. 문헌 검토 등을 통해 기후변화에 대한 폭넓은 시각을 가져야 하며, 다양한 접근 방식으로 옥외작업자의 건강과 안전에 대한 근거를 확보해나가야 한다. 기후는 온도와 습도, 물질의 농도 등으로 표현되기도 하지만 기본적으로 주관적인 경험이다. 아직까지 우리나라에서는 대기의 상태로 더위와 추위, 먼지를 정의내리고 있다. 더위를 예로 들면, 영국의 Health and Safety Executive에서는 더위에 대한 정보로 주관적인 안락함을 평가하고 관련 정보를 모으고 있다 (Thermal comfort checklist). 기후변화에 따른 옥외작업자의 건강보호를 위해서는, 대기의 수치적인 상태뿐 아니라 옥외작업자가 느끼는 더위, 추위, 먼지 수준, 그리고 실제 건강영향에 대한 지식의 생산 및 활용이 반드시 필요하다.

셋째, 활동의 강화(Fostering experimentation) 전략이다. 기후변화에 대한 대응 목표는 현재 수준의 기후 관련 위험 유지, 위험을 받아들일 수 없는 경우 현재 수준에서 위험 감소, 가장 취약한 인구의 취약성 최소화와 같이 여러 수준으로 정의될 수 있다. 이번 연구를 통해 확인했듯이, 우리나라의 옥외작업자의 경우, 기후변화로 인해 건강 및 안전이 위협받고 있는 상황이다. 따라서 현재의 상황을 그대로 유지하는 것은 좋은 목표가 될 수 없다. 현재 위험 수준보다 위험을 감소시키고, 기후변화에 취약한 집단인 옥외작업자의 건강 및 안전 취약성을 줄이기 위해서는 활동의 강화가 필요하다. 필요하다면, 치명적인 건강영향이 나타날 것으로 예상되는 시간과 장소, 그리고 대상들의 모든 옥외 기후 노출을 중지해서라도 건강과 안전을 보호 하겠다는 강력한 활동 의지가 동반되지 않는다면, 앞으로 더욱 혹독할 것으로 예상되는 기후 변화에 적절하게 대응하기 어려울 것이다.

IV. 결론 및 고찰

우리나라의 옥외 작업자는 규모를 추정하였다. 인구센서스를 활용하여 분석한 결과, 우리나라의 전체 경제활동인구 23,590,570명중에서 작업현장이 야외인 근로자는 10.1%인 2,379,367명으로 추정되었으며, 야외 운송수단에서 일하는 근로자를 포함하면 14.1%인 3,319,217명으로 추정되었다.

옥외작업자는 외부의 기상에 직접 장시간 노출된다는 점에서 기후 변화에 영향을 크게 받는 집단이다. 우리나라의 주요 기후 변화의 특성은 폭염, 한랭, 먼지로 파악된다. 이에 대한 건강영향을 각각 확인해 보았다. 2011년부터 2018년까지의 폭염으로 인한 온열질환 감시체계 분석결과 폭염일수가 온열질환 및 사망의 증가와 관련성이 높은 것으로 확인된다. 온열질환은 주로 7월 말과 8월 초에 집중되어 있었으며, 40대에서 50대의 인구가 가장 많은 비율을 차지하였다. 통계청의 사망자료 분석 결과 일반인구보다 근로자 집단은 평균 사망 나이가 5살 정도 빠른 35세부터 온열로 인한 사망이 뚜렷하게 증가한 것을 확인 할 수 있었다. 한랭질환 감시체계 분석결과, 최저 기온이 낮을 수록 한랭 질환의 발생이 증가하는 경향이 있었으며, 통계청 사망자료 분석 결과 한랭으로 인한 사망은 비기술 육체노동자인 것으로 확인된다. 미세먼지로 인한 산업재해의 신청과 승인 현황은 다음과 같았다. 2014년부터 2018년까지 전체 131건의 미세먼지와 관련된 업무상 질병으로 신청되었으며, 이 중 40건이 미세먼지로 인한 업무상 질병으로 승인되었다.

기후변화로 인한 옥외작업자의 건강영향에 대한 문헌고찰을 시행하였다. 전체 112개의 문헌이 확인되었으며, 중복제거 및 전문가 검토 등을 통해 최종 16개의 문헌을 고찰하였다. 기후 변화가 산업 보건 및 안전에 미치는 잠재적 영향, 근로자의 기후에 대한 노출, 대기 및 기상조건의 변화로 인한 직업적 영향 등을 다룬 문헌이 있었다. 종합하면, 전지구적인 기후변화는 예측 불가능성이 커지고 있으

며 이에 따라 근로자의 건강영향의 위험도 커지고 있으므로, 옥외작업자의 건강 보호를 위한 다각적인 노력이 필요하다는 점을 시사하고 있다.

국외의 옥외작업자 건강보호 대책을 고찰하였다. 각 국가의 기후 특성을 반영한 옥외작업자 건강보호 대책이 있는 국가가 있었고, 옥외작업자의 건강 보호를 위한 별도의 대책이 없이 일반적인 더위, 추위, 먼지 노출에 대한 대책이 있는 국가도 있었다. 폭염에 대해서는 폭염의 기준을 기온과 습도를 모두 반영하는 기상 지표를 기준으로 하는 국가가 대부분이었으며, 작업의 형태와 강도 및 복장을 반영한 대응 기준을 적용하였다. 근로자 보호를 위한 방안과 폭염을 낮추기 위한 방안을 모두 적용하는 국가도 있었다. 한랭에 대해서는 기온과 풍속을 감안한 지표를 근로자 건강보호 대책의 기준으로 정한 국가가 많이 있었다. 한파의 단계에 따라 휴식시간이 늘어났으며, 한파가 매우 심한 경우의 기준을 선정하여, 필수적인 업무를 제외하고는 제한하는 것을 권고하였다. 먼지 노출의 근로자 건강에 대한 결정적 영향에 대해서는 의견이 통일되지 않았으므로, 국가간 관리 기준과 체계가 다른 인자보다 큰 것을 확인할 수 있었다. 먼지 노출의 기준을 실외와 실내로 나누어 접근하는 국가가 있었으며, 주로 WHO의 기준을 준용하는 국가가 다수였다. 먼지 노출로 인한 구체적인 근로자 보호 방안은 아직 준비되지 않은 국가가 많았다.

위에서 고찰한 기후변화에 따른 옥외작업자 건강 현황 분석과 국외 대책 고찰, 문헌 고찰, 전문가 회의 등을 통해 기존의 옥외작업자 건강보호 가이드를 점검하고 개선안을 도출하였다.

폭염의 경우, 실제 작업장의 기온과 습도 측정을 통한 WBGT 정보 생산이 선행되어야 하며, 이를 기준으로 단계별 대응을 시행해야 한다. 직접 기상 정보의 측정 및 활용이 제한될 경우, 기상청의 기상정보를 활용해야 하며, 이때는 폭염영향예보 또는 더위체감지수를 활용하는 것을 개선안으로 제시하였다. 이를 2016, 2017, 2018년의 실제 기상 정보에 따라 발령 수준과 보호 수준을 시뮬레이션하여 현황 평가를 하였다. 여기서 확인된 내용을 기반을 각각의 장단점 및 보완대책에

대해 제시하였다. 민감군과 취약군을 정의하여 이들에 대한 적극적인 보호가 가능하도록 권고하였으며, 작업일정 조정과 작업 제한 및 중지에 대한 논의 및 관련 근거 고찰을 진행하였다.

한랭에 대해서는, 기온 중심의 현행 기준은 풍속이 반영되지 않았으므로, 풍속을 반영한 한랭 평가가 필요하다는 점, 실제 작업 현장의 기상 정보 생산 및 활용이 선행되어야 한다는 점, 매우 심한 한파의 경우 작업 제한 등의 적극적인 대책을 고려해야 한다는 점 등을 가이드 개선방안으로 제안하였다.

먼지의 경우, 가이드가 일반인구에 비해 낮은 단계의 보호안을 제안한다는 점, 근로자가 알아서 스스로 휴식을 갖도록 하는 대안이 현실성이 부족하므로 보완이 필요하다는 점, 먼지가 발생하는 현장의 관리도 필요하다는 점 등을 가이드 개선방안으로 제안하였다.

사계절이 뚜렷한 우리나라는 지정학적 특성으로 인해 기후변화의 정도가 더욱 심해지고 예측이 어려울 것으로 평가된다. 이에 따라 근로자의 건강 영향도 예측하기 어려운 다양한 형태로 나타날 수 있다는 점을 인식해야 한다. 관련 부처의 정확한 상황 인식과 개선 의지, 전문가들의 적극적인 연구와 관심이 필요하다.

V. 참고문헌

고용노동부. 옥외작업자 건강보호가이드; 2018

고용노동부. 겨울철 한파로 인한 한랭질환 예방가이드 이행매뉴얼; 2018

기상자료개방포털. 기상청. <http://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>

산업안전보건연구원. 옥외작업자 건강보호방안 (II) - 한랭작업을 중심으로; 2018

산업안전보건연구원. 옥외작업장 근로자 미세먼지 노출실태 및 건강보호 방안 마련 연구; 2016

전미정, 조용성. 우리나라의 겨울철 기온 변화 및 한파 발생빈도 분석. *Journal of Climate Change Research* 2015;6(2):87-94

질병관리본부. 폭염으로 인한 온열질환 신고현황 연보; 2018

질병관리본부. 미세먼지 건강영향 감시체계 구축(안) 연구; 2018

厚生労働省労働基準. 職場における熱中症の予防について. 2007.

Acharya, P., Boggess, B., & Zhang, K. Assessing heat stress and health among construction workers in a changing climate: A review. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(2):247.

Adam-Poupart, A., Labreche, F., Smargiassi, A., et al. Climate change and occupational health and safety in a temperate climate: potential impacts and research priorities in Quebec, Canada. *Industrial health* 2013;51(1):68-78.

Applebaum, K. M., Graham, J., Gray, G. M. et al. An overview of occupational risks from climate change. *Current environmental health reports* 2016;3(1):13-22.

Beaulieu, N Beaulieu. Monitoring and evaluation in the CCA programme: guidelines for project teams, programme officers and supporting evaluators; 2007.

Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, et al., Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect.* 2008;116(2):196-202.

Contessa, G. M., Grandi, C., Scognamiglio, M., et al. Climate change and safety at work with ionizing radiations. *Annali dell'Istituto superiore di sanita,* 2016;52(3):386-396.

Gao, C., Kuklane, K., Östergren, P. O. et al. Occupational heat stress assessment and protective strategies in the context of climate change. *International journal of biometeorology.*2018;62(3):359-371.

Gatto, M. P., Cabella, R., & Gherardi, M. Climate change: the potential impact on occupational exposure to pesticides. *Annali dell'Istituto superiore di*

sanita.2016;52(3):374-385.

Grandi, C., Borra, M., Militello, A. et al. Impact of climate change on occupational exposure to solar radiation. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 2016;52(3):343-356.

Gubernot, D. M., Anderson, G. B., Hunting, K. L. The epidemiology of occupational heat exposure in the United States: a review of the literature and assessment of research needs in a changing climate. *International journal of biometeorology* 2014;58(8):1779-1788.

International Oversight Committee. Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: a literature review. Boston, MA, Health Effects Institute (Special Report No.15); 2005.

Infrastructure Health & Safety Association. Construction Health and Safety Manual. Available from URL:https://www.ihsa.ca/resources/health_safety_manual.aspx

Katsouyanni Kl. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001;12:521 - 531.

Kjellstrom, T., Briggs, D., Freyberg, C. et al. Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annual review of public health* 2016;37:97-112.

Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, et al., Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society linking particulate air pollution and mortality. *Res Rep Health Eff Inst.* 2009;140:5-114.

Levi, M., Kjellstrom, T., & Baldasseroni, A. Impact of climate change on occupational health and productivity: A systematic literature review focusing on workplace heat. *La Medicina del lavoro.* 2018; 109(3), 163-179.

Lundgren, K., Kuklane, K., Gao, C., et al. Effects of heat stress on working populations when facing climate change. *Industrial health,* 2013;51(1):3-15.

North Carolina Department of Labor, Occupational Safety and Health Division. *A guide to Preventing Heat Stress and Cold Stress.* 2012.

Nunfam, V. F., Adusei-Asante, K., Van Etten, E. et al. Social impacts of occupational heat stress and adaptation strategies of workers: A narrative synthesis of the literature. *Science of the total environment* 2018;643:1542-1552.

Occupational Safety and Health Administration. *Using the Heat Index: A Guide for Employers* 2015 Available from URL: http://osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/.

Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, et al., Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002;287(9):1132-1141.

Research Reports of the Health Effects Institute. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States.2000;94:5 - 70.

U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. Cold Stress Guide. <https://www.osha.gov/SLTC/emergencypreparedness/guides/cold.html>

World Health Organization. Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva;2004,p.1353 - 1434.

World Health Organization Regional Office for Europe. Air quality guidelines: global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen. 2006. Available from URL: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>

Vonesch, N., D'Ovidio, M. C., Melis, P., Remoli, M. E., grazia Ciufolini, M., & Tomao, P. Climate change, vector-borne diseases and working population. Annali dell'Istituto superiore di sanita,2006;52(3):397-405.

Research for the outdoor workers' health management related with climate change

Objectives

Climate change in Korea has a large amount of uncertainty in forecasting and has various and profound effects on public health. The basic policy for health protection against climate change is to refrain from outdoor activities. Outdoor workers are a group of workers who are vulnerable to health care in that they must work outdoors regardless of the climate.

Methods

We estimated status of Korean outdoor workers. We conducted review for literature and domestic policy and case focused on outdoor workers health management. Outdoor workers health status and risk from climate were analyzed in Korea.

Results

The size of outdoor workers in Korea was estimated. According to the 2015 Census Analysis, 10.1% of the 23,590,570 workers were 2,379,367. The health effects of climate change were analyzed. According to the analysis of the thermal disease surveillance system, thermal diseases increased according to the number of heatwave days. In the cold disease monitoring system, the lower the average minimum temperature, the more cold disease patients increased. Industrial accidents caused by dust were mainly approved for respiratory diseases and cancer, and cerebral cardiovascular diseases and skin diseases were identified. The current guides for outdoor workers were reviewed and suggested for improvement. We identified the principle that weather conditions tailored to the working environment are needed for the risk stage of heat waves. Step by step tips and medical terms were summarized and updated.

Conclusion

The size of outdoor workers in Korea and the current status of health effects of outdoor workers due to climate change were checked. We identified the necessity of health protection

230...기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구

measures for outdoor workers and suggested concrete countermeasures.

Key words: climate change, outdoor workers, heat stress, cold stress, dust

[부록 1] 옥외작업자 건강보호 가이드(폭염) 개선안 1

(1) 폭염 단계 및 기준: 폭염영향예보 적용

폭염영향예보 기준

수준	기준
	일최고기온 31℃ 이상 3일 지속 예상 시
	일최고기온 33℃ 이상 2일 지속 예상 시 (폭염주의보 발효 기준과 동일)
	일최고기온 35℃ 이상 2일 지속 예상 시 (폭염경보 발효 기준과 동일)
	일최고기온 38℃ 이상 2일 지속 예상 시

폭염영향예보는 폭염 위험수준을 신호등 색깔 (△초록-관심 △노랑-주의 △주황-경고 △빨강-위험)로 표현하고 대응요령을 함께 전달한다. 또한, 폭염 영향예보는 종합적인 상황을 고려하여 폭염특보와 연계하여 기상정보로 제공된다. 제공 시기는 폭염 영향이 예상될 때, 하루전날 오전 11시 30분에 제공한다.

폭염의 단계는 폭염영향예보와 마찬가지로 폭염 관심 단계, 폭염 주의 단계, 폭염 경고 단계, 폭염 위험 단계의 4단계로 제공하며, 이때의 구체적인 예방조치는 다음과 같다.

(2) 폭염 관심 단계

폭염 관심 단계는 폭염영향예보가 ‘관심’ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 및 수시확인

(나) 민감군 및 취약군 확인: 과거온열질환 경험자, 만성질환, 내분

비 질환 등 개인질환이 있는 사람, 고령자 등(이하 ‘민감군’이라 함) 과 직사광선에 노출되는 근로자, 불침투성 작업복(화학물질 보호복 등)을 입고 작업하는 노동자, 고 대사율 (힘든 팔과 몸통 작업, 무거운 물건 옮기기, 삽을 사용, 큰 망치질, 톱질하기, 단단한 나무 대패질하거나 끌로 파기, 손으로 풀베기, 땅 파기, 5.5~7 km/h의 속도로 걷기, 짐이 무거운 카트나 손수레를 밀거나 당기기, 주물 깎기, 콘크리트 블록 쌓기, 비연속적인 힘든 조립작업, 밀거나 당기면서 무거운 물건을 간헐적으로 드는 작업, 짐이 무거운 카트나 손수레를 밀거나 당기기, 주물 깎기, 콘크리트 블록 쌓기, 비연속적인 힘든 조립작업, 밀거나 당기면서 무거운 물건을 간헐적으로 드는 작업 등), 최고 대사율 (속도가 빠르고 매우 격렬한 활동, 도끼질, 힘들게 삽질하거나 땅파기, 작은 보폭으로 빨리 걷기, 사다리, 램프, 계단을 수직으로 오르기, 달리기(running), 7 km/h 보다 빠르게 걷기 등)의 노동강도 근로자 등(이하 ‘취약군’이라 함) 폭염에 노출되었을 경우 건강영향을 받기 쉬운 노동자를 미리 확인.

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상,

응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(3) 폭염 주의 단계

폭염 주의 단계는 폭염영향예보가 ‘주의’ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 및 수시확인: 휴식시간은 시간당 10분 이상 제공

(나) 민감군 및 취약군 확인 및 옥외작업 제한: 민감군, 취약군 근로자 휴식시간 추가배정 및 옥외작업 중지

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상(부록 6), 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(바) 무더위 시간대 (오후 2시-5시) 옥외작업 자재

(사) 작업스케줄 등 조정 고려: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 계획 등 조정 고려

(아) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(자) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치하도록 구성 (2인 1조, Buddy system 등)

(4) 폭염 경고 단계

폭염 경고 단계는 폭염영향예보가 ‘경고’ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 및 수시확인: 휴식시간은 시간당 15분 이상 제공

(나) 민감군 및 취약군 확인 및 옥외작업 제한: 민감군, 취약군 근로자 휴식시간 추가배정 및 옥외작업 중지

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기

등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상, 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(바) 불가피한 경우를 제외하고 무더위 시간대 (오후 2시-5시) 옥외 작업 중지

(사) 작업스케줄 등 조정: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 등 조정

(아) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(자) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치하도록 구성 (2인 1조, Buddy system 등)

(5) 폭염 위험 단계

폭염 위험 단계는 폭염영향예보가 '위험' 이상인 경우부터 적용한다.

(가) ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 및 수시확인: 휴식시간은 시간당 20분 이상 제공

(나) 민감군 및 취약군 확인 및 옥외작업 제한: 민감군, 취약군 근로자 휴식시간 추가배정 및 옥외작업 중지

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상, 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(바) 폭염과 관련된 긴급조치 작업 외 무더위 시간대 (오후 2시-5시) 옥외작업 중지

(사) 작업스케줄 등 조정: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 계획 등 조정

(아) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(자) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치하도록 구성 (2인 1조, Buddy system 등)

폭염 위험단계별 대응요령

위험 단계	기준	대응요령
	일최고기온 31℃ 이상 3일 지속 예상 시	-물, 그늘, 휴식 제공 -온열질환 민감군 및 취약군 사전 확인 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)
	일최고기온 33℃ 이상 2일 지속 예상 시 (폭염주의보 발효 기준과 동일)	-물, 그늘, 휴식 제공 (시간당 10분 이상) -온열질환 민감군 및 취약군 휴식시간 추가 배정 및 옥외작업 중지 -옥외작업 자재 (오후 2-5시) -옥외작업시 보냉장구 지급 -동료간 상호 관찰 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)
	일최고기온 35℃ 이상 2일 지속 예상 시 (폭염경보 발효 기준과 동일)	-물, 그늘, 휴식 제공 (시간당 15분 이상) -온열질환 민감군 및 취약군 휴식시간 추가 배정 및 옥외작업 중지 -불가피한 경우 제외 옥외작업중지 (오후 2-5시) -옥외작업시 보냉장구 지급 -동료간 상호 관찰 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)
	일최고기온 38℃ 이상 2일 지속 예상 시	-물, 그늘, 휴식 제공 (시간당 20분 이상) -온열질환 민감군 및 취약군 휴식시간 추가 배정 및 옥외작업 중지 -긴급조치 작업 제외 옥외작업중지 (오후 2-5시) -옥외작업시 보냉장구 지급 -동료간 상호 관찰 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)

[부록 2] 옥외작업자 건강보호 가이드(폭염) 개선안 2

(1) 폭염 단계 및 기준: 더위체감지수 적용

더위체감지수 기준

수준	기준 (실외 작업 환경)
주의	더위체감지수 30이상
경고	더위체감지수 28-30
위험	더위체감지수 25-28
매우 위험	더위체감지수 21-25

더위체감지수는 기존의 WBGT(Web-bulb globe temperature)라는 폭염관련 지수를 기반으로 농촌, 비닐하우스, 실외작업장 (도로, 건설현장, 조선소)로 세분화하여 대응요령을 함께 전달한다. 제공 시기는 폭염 영향이 예상될 때, 당일 오전 6시, 오후 6시 두 차례에 걸쳐 제공된다.

폭염의 단계는 관심, 주의, 경고, 위험, 매우 위험의 5단계로 제공되나 주의 이상 단계부터 주의-노랑, 경고-주황, 위험-빨강, 매우 위험-보라로 적용되며, 이때의 구체적인 예방조치는 다음과 같다.

(2) 폭염 주의 단계

폭염 주의 단계는 더위체감지수가 '주의' 이상인 경우부터 적용한다.

(가) '물', '그늘', '휴식' 제공 및 수시확인

(나) 민감군 및 취약군 확인: 과거온열질환 경험자, 만성질환, 내분비 질환 등 개인질환이 있는 사람, 고령자 등(이하 ‘민감군’이라 함) 과 직사광선에 노출되는 근로자, 불침투성 작업복(화학물질 보호복 등)을 입고 작업하는 노동자, 고 대사율 (힘든 팔과 몸통 작업, 무거운 물건 옮기기, 삽을 사용, 큰 망치질, 톱질하기, 단단한 나무 대패질하거나 끌로 파기, 손으로 풀베기, 땅 파기, 5.5~7 km/h의 속도로 걷기, 짐이 무거운 카트나 손수레를 밀거나 당기기, 주물 깎기, 콘크리트 블록 쌓기, 비연속적인 힘든 조립작업, 밀거나 당기면서 무거운 물건을 간헐적으로 드는 작업, 짐이 무거운 카트나 손수레를 밀거나 당기기, 주물 깎기, 콘크리트 블록 쌓기, 비연속적인 힘든 조립작업, 밀거나 당기면서 무거운 물건을 간헐적으로 드는 작업 등), 최고 대사율 (속도가 빠르고 매우 격렬한 활동, 도끼질, 힘들게 삽질하거나 땅파기, 작은 보폭으로 빨리 걷기, 사다리, 램프, 계단을 수직으로 오르기, 달리기(running), 7 km/h 보다 빠르게 걷기 등)의 노동강도 근로자 등(이하 ‘취약군’이라 함) 폭염에 노출되었을 경우 건강영향을 받기 쉬운 노동자를 미리 확인.

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상, 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(3) 폭염 경고 단계

폭염 주의 단계는 더위체감지수가 '경고' 이상인 경우부터 적용한다.

(가) '물', '그늘', '휴식' 제공 및 수시확인: 휴식시간은 시간당 10분 이상 제공

(나) 민감군 및 취약군 확인 및 옥외작업 제한: 민감군, 취약군 근로자 휴식시간 추가배정 및 옥외작업 중지

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상 (부록 6), 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용

요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(바) 무더위 시간대 (오후 2시-5시) 옥외작업 자재

(사) 작업스케줄 등 조정 고려: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 계획 등 조정 고려

(아) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(자) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치하도록 구성 (2인 1조, Buddy system 등)

(4) 폭염 위험 단계

폭염 주의 단계는 더위체감지수가 '위험' 이상인 경우부터 적용한다.

(가) '물', '그늘', '휴식' 제공 및 수시확인: 휴식시간은 시간당 15분 이상 제공

(나) 민감군 및 취약군 확인 및 옥외작업 제한: 민감군, 취약군 근로자 휴식시간 추가배정 및 옥외작업 중지

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼

가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상, 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(바) 불가피한 경우를 제외하고 무더위 시간대 (오후 2시-5시) 옥외 작업 중지

(사) 작업스케줄 등 조정: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 등 조정

(아) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(자) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치하도록 구성 (2인 1조, Buddy system 등)

(5) 폭염 매우 위험 단계

폭염 주의 단계는 더위체감지수가 ‘매우 위험’ 이상인 경우부터 적용한다.

(가) ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 및 수시확인: 휴식시간은 시간당 20분 이상 제공

(나) 민감군 및 취약군 확인 및 옥외작업 제한: 민감군, 취약군 근로자 휴식시간 추가배정 및 옥외작업 중지

(다) 질병예방(식중독 등)을 위한 사업장 청결관리: 조리원의 손 상처, 종기, 설사 등의 질병이 있을 때 조리 금지, 식품에 대한 유통기한 확인, 식중독 발생이 우려되는 음식(샐러드, 생굴 등 어패류) 삼가, 작업복 청결, 손 씻기 수칙 준수, 가능한, 물은 꼭 끓여서 먹기 등

(라) 긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 계획 운영: 폭염영향예보에 따른 작업 일정 조정 등을 통보하거나 건강이상자에 대한 신속한 보고 등을 위해 연락망을 구축하거나 정비하고 응급상황에 대한 대비 계획을 점검.

(마) 안전보건교육: 옥외작업자에게 주요 온열질환의 종류와 증상, 응급조치 요령, 기상청 정보의 활용방법, 적절한 의복착용 요령, 이상자 발견 시 연락방법 등에 대하여 교육

(바) 폭염과 관련된 긴급조치 작업 외 무더위 시간대 (오후 2시-5시) 옥외작업 중지

(사) 작업스케줄 등 조정: 시원한 시간대에 작업하기 위한 주간·일간 작업계획, 휴식시간 배분 계획 등 조정

(아) 고온환경 적응 프로그램 운영: 신규입사자 또는 휴가 복귀자가 고온환경에 적응할 수 있도록 점진적으로 작업량을 늘려가는 고온환경 적응 프로그램을 운영

(자) 동료 작업자 간 상호관찰: 작업자들끼리 짝을 지어 서로 상대방의 이상 징후를 모니터링하고 조치하도록 구성 (2인 1조, Buddy system 등)

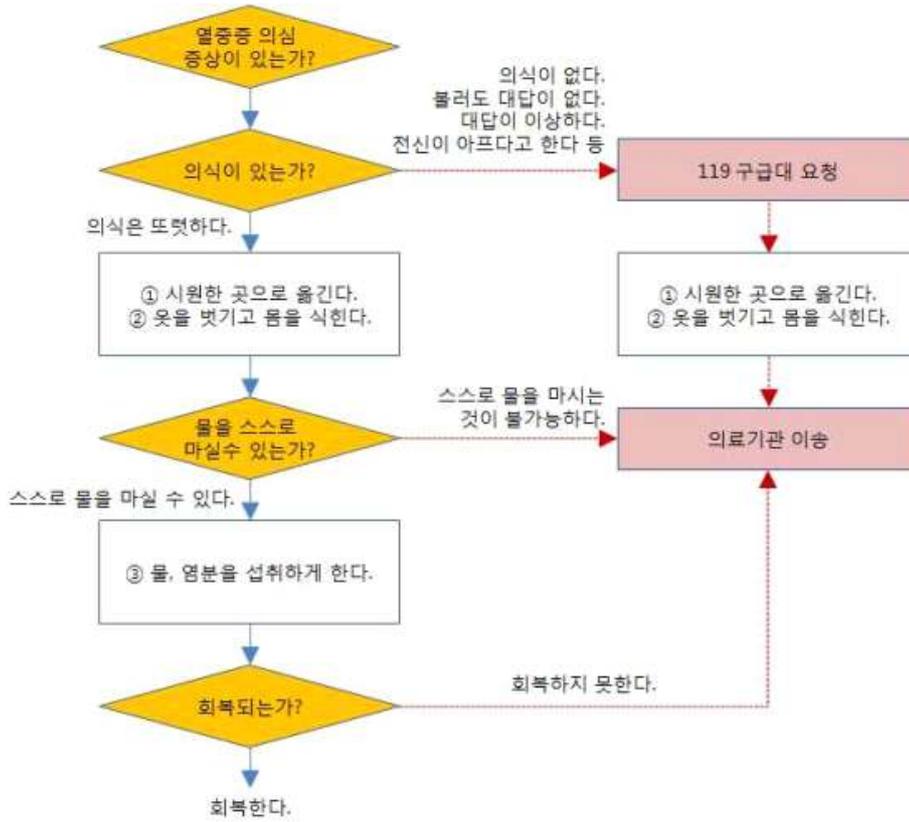
폭염 위험단계별 대응요령

위험 단계	기준	대응요령
주의	더위체감지수 '주의'	-물, 그늘, 휴식 제공 -온열질환 민감군 및 취약군 사전 확인 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)
경고	더위체감지수 '경고'	-물, 그늘, 휴식 제공 (시간당 10분 이상) -온열질환 민감군 및 취약군 휴식시간 추가 배정 및 옥외작업 중지 -옥외작업 자제 (오후 2-5시) -옥외작업시 보냉장구 지급 -동료간 상호 관찰 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)
위험	더위체감지수 '위험'	-물, 그늘, 휴식 제공 (시간당 15분 이상) -온열질환 민감군 및 취약군 휴식시간 추가 배정 및 옥외작업 중지 -불가피한 경우 제외 옥외작업중지 (오후 2-5시) -옥외작업시 보냉장구 지급 -동료간 상호 관찰 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)
매우 위험	더위체감지수 '매우 위험'	-물, 그늘, 휴식 제공 (시간당 20분 이상) -온열질환 민감군 및 취약군 휴식시간 추가 배정 및 옥외작업 중지 -긴급조치 작업 제외 옥외작업중지 (오후 2-5시) -옥외작업시 보냉장구 지급 -동료간 상호 관찰 -사업장 청결관리 -긴급 연락망 구축 및 응급상황 대비 체계 운영 -안전보건교육(열사병 예방, 안전사고 예방 등)

[부록 3] ‘물’, ‘그늘’, ‘휴식’ 제공 계획

구분	내용
물	시원하고 깨끗한 물 제공 규칙적으로 마실 수 있도록 제공
그늘	일하는 장소에서 가까운 곳에 그늘진 장소 마련 그늘막이나 차양막은 햇빛을 완전히 차단할 수 있는 재질을 선택 시원한 바람이 통할 수 있도록 마련 쉬고자 하는 근로자를 충분히 수용할 수 있도록 마련 의자나 돛자리, 음료수대 등 적절한 비품 비치 소음, 낙하물, 차량통행 등 위험이 없는 안전한 장소에 설치
휴식	민감군 및 취약군 근로자의 경우 휴식시간 추가 부여 휴식은 작업의 종단이 아닌 경미한 작업 및 실내 작업 등 부담이 적은 작업으로의 전환을 의미.

[부록 4] 온열질환 응급조치 흐름도



[부록 5] 온열질환의 종류와 응급조치

온열질환	증상	응급조치
열발진	· 다발성 붉은 뾰루지 또는 소수포 · 목, 가슴 상부, 서혜부, 유방밑, 팔꿈치 안쪽	· 시원하고 건조한 장소로 옮김 · 소수포 등이 난 부위는 건조 하게 유지 · 살포제(dusting powder) 사용
열성부종	· 발이나 발목의 부종	· 시원한 장소에서 발을 높은 자세로 휴식
열실신	· 실신(일시적 의식소실)/어지럼증	· 시원한 장소로 옮겨 평평한 곳에 눕힘 · 물, 스포츠 음료나 주스 등을 천천히 마심
열경련	· 근육경련 : 팔, 다리, 복부, 손가락	· 서늘한 곳에서 휴식 · 스포츠 음료나 주스(투명과즙) 등을 마심 ※ 0.1% 식염수(물 1ℓ에 소금1 티스푼 정도 섞음) 마심 · 경련이 일어난 근육을 마사지 ※ 경련이 멈추었다고 해서 바로 다시 일을 시작하면 안됨 · 바로 응급실에 방문을 해야 하는 경우 - 1시간 넘게 경련이 지속 - 기저질환으로 심장질환이 있는 경우 - 평상 시 저염분 식이요법을 한 경우
열탈진	· 땀을 많이 흘림(과도한 발한) : 차고 젖은 피부 · 극심한 무력감과 피로 · 창백함, 근육경련 · 오심 또는 구토, 혼미, 어지럼증(현기증) · 체온은 크게 상승하지 않음.	· 시원한 곳 또는 에어컨 있는 장소에서 휴식 · 스포츠 음료나 주스(투명과즙) 등을 마심 ※ 0.1% 식염수(물 1ℓ에 소금1 티스푼 정도 섞음) 마심 · 시원한 물로 샤워를 하거나 목욕 · 증상이 한 시간 이상 되거나 회복되지 않을 경우는 의료기관 진료 - 병원에서 수액을 통해 수분과 염분을 보충
열사병	· 40℃가 넘는 체온(직장 온도) · 땀이 나지 않아 건조하	· 119에 즉시 신고하고 기다리는 동안 다음과 같은 조치 시행 · 환자를 시원한 장소로 옮김

	<p>고 뜨거운 피부</p> <ul style="list-style-type: none"> · 중추신경 기능장애 : 혼수상태, 헛소리 · 오한, 심한 두통 · 빈맥, 빈호흡, 저혈압 · 합병증 : 뇌병증, 횡문근 용해증, 신부전, 급성 호흡부전 증후군, 심근손상, 간손상, 허혈성 장손상, 체장손상, 범발성 혈관내 응고장애, 혈소판감소증 등 	<ul style="list-style-type: none"> · 환자의 옷을 시원한 물로 적시고 몸을 선풍기 등으로 바람을 불어줌 ※ 이때 환자의 체온이 너무 떨어지지 않도록 주의 ※ 의식이 없는 환자에게 음료를 마시도록 하는 것은 위험하니 절대 금지
--	--	--

[부록 6] 옥외작업 온열지수(WBGT) 평가 사례

(1) 측정 목적

옥외작업자의 작업 현장의 고온 노출 현황을 파악하기 위해 작업환경 측정을 시행하였다. 폭염에 노출되는 수준을 측정하기 위하여 더위지수(Wet Bulb Globe Temperature, WBGT)를 측정 및 산출하였다.

측정 대상은 다양한 실제 근무 형태 및 옥외의 작업환경을 반영할 것을 목표로 선정하였으며, 시점은 폭염이 연속적일 것, 시간은 더위가 본격화되는 시간대를 선정하였다. 구체적인 측정 개요는 다음과 같다.

(2) 측정 개요

1) 측정대상

주차관리 옥외근로자 (가천대학교 길병원 주차타워)

2) 측정일시

2019년 08월 05일 13:00-16:00

3) 측정장비

- WBGT 측정기

- ① QUESTemp 32(TSI, USA)
- ② SATO(SK-180GT, SATO, Japan)
- ③ Tenmars(TM-118D, Tenmars, Taiwan)

- 일반 온도계

- ④ TandD(TR-72wf, TandD, Japan)

4) 측정방법

작업이 수행되는 작업공간 중 작업자 근무위치를 확인하여 작업장

바닥면으로부터 150 cm위치에서 측정하였다. 지역측정을 기본으로 하고, 고열측정기준에 의거하여 고열에 노출되는 1시간을 10분 단위로 분할하여 6회 측정하는 방식으로 각 Position 별 18회 (3시간 연속) 측정하였다.

5) 측정위치

① A: 주차장 입구 바깥쪽 (직사광선 노출)

※ 주차장 입구에서 1 m 떨어진 위치이며 근무자 이동 동선中 직사광선의 영향이 가장 큰 장소

② B: 주차장 안내소 (그늘)

※ 주차장 건너편 주차안내 장소로 직사광선을 차단하기 위한 차양막이 설치되어 있음.

③ C: 주차장 입구 안쪽 (그늘 + 실외 냉풍기)

※ 직사광선의 영향이 적고 냉풍기가 가동되는 장소



A 주차장 입구 바깥쪽 (직사광선 노출)



B 주차장 안내소 (그늘)



C 주차장 입구 안쪽 (그늘+냉풍기)

(3) 측정 결과

1) A (주차장 입구 바깥쪽) (단위: °C)

측정 시간	QUESTemp 32				SATO	평균	Tenmars	평균	TandD	평균
	Indoor	평균	Outdoor	평균						
13:10	32.3	33.9	31.6	32.9	32.1	32.9	31.2	31.2	35.3	38.5
13:20	32.7		32.0		32.3		31.8		37.7	
13:30	35.3		34.0		33.7		31.4		38.9	
13:40	34.8		33.7		33.6		31.7		40.4	
13:50	35.5		34.2		34.1		31.1		40.2	
14:00	32.7		32.0		31.4		29.8		38.5	
14:10	31.0	30.8	30.7	30.6	30.4	30.1	29.7	29.3	36.4	34.8
14:20	31.0		30.8		30.4		29.5		36.1	
14:30	31.0		30.9		30.4		29.8		35.2	
14:40	30.5		30.4		30.1		29.4		34.5	
14:50	30.5		30.4		30.0		29.1		33.6	
15:00	30.5		30.4		29.3		28.6		33.0	
15:10	29.8	31.0	29.7	30.7	29.3	30.5	28.9	29.9	32.8	34.0
15:20	30.2		30.0		29.5		29.3		33.2	
15:30	30.6		30.5		30.4		29.8		33.8	
15:40	31.2		30.9		30.7		30.2		34.0	
15:50	31.8		31.4		31.0		30.3		35.0	
16:00	32.5		31.9		31.8		30.7		35.4	

※ 14:30-15:20 우천으로 인하여 측정위치를 "A" → "C"로 이동하여 측정함.

2) B (주차장 안내소) (단위: °C)

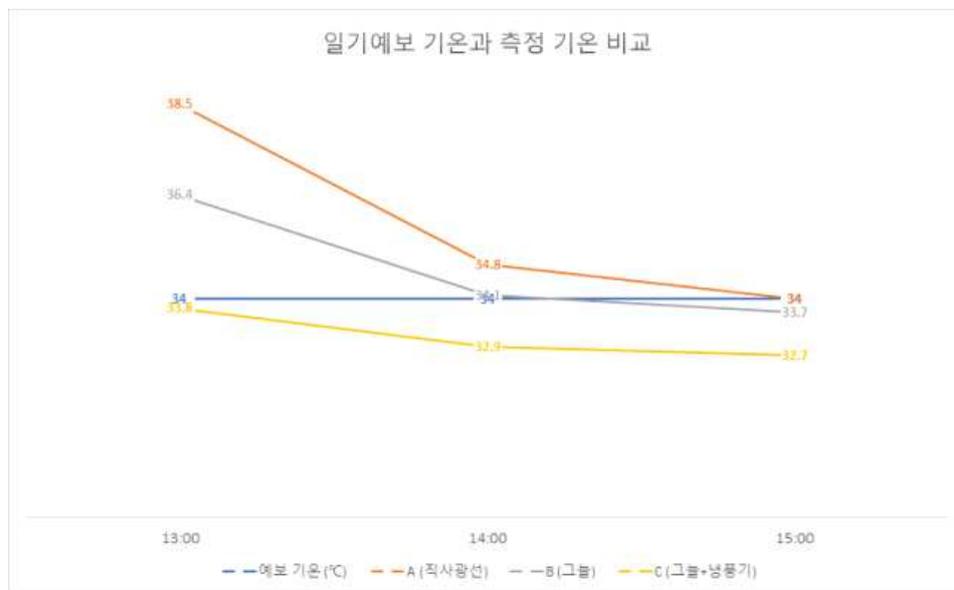
측정 시간	QUESTemp 32				SATO	평균	Tenmars	평균	TandD	평균
	Indoor	평균	Outdoor	평균						
13:10	30.2	31.2	29.9	30.7	30.2	30.8	29.9	30.1	35.2	36.4
13:20	30.7		30.3		30.6		30.2		36.2	
13:30	31.9		31.4		31.1		30.2		36.5	
13:40	31.1		30.7		30.7		30.4		36.7	
13:50	31.7		31.1		31.2		30.4		37.1	
14:00	31.4		31.0		30.8		29.6		36.8	
14:10	30.1	29.9	29.9	29.8	29.9	29.7	29.3	29.1	35.5	34.1
14:20	29.9		29.8		29.7		29.3		35.4	
14:30	30.3		30.2		30.1		29.3		34.6	
14:40	30.1		30.0		29.7		28.9		33.5	
14:50	29.7		29.6		29.6		28.9		33.0	
15:00	29.5		29.4		29.1		28.8		32.5	
15:10	29.6	30.2	29.6	30.0	29.2	29.8	29.1	29.5	32.9	33.7
15:20	29.7		29.6		29.4		29.2		33.1	
15:30	30.1		30.0		30.0		29.5		33.6	
15:40	30.4		30.3		29.9		29.7		33.8	
15:50	30.3		30.1		29.9		29.7		34.4	
16:00	30.8		30.5		30.2		29.9		34.7	

3) C (주차장 입구 안쪽) (단위: °C)

측정 시간	QUESTemp 32				SATO	평균	Tenmars	평균	TandD	평균
	Indoor	평균	Outdoor	평균						
13:10	29.0	29.5	29.0	29.4	29.1	29.5	29.4	28.9	33.2	33.8
13:20	29.3		29.2		29.3		29.5		34.0	
13:30	29.8		29.5		29.6		28.9		34.4	
13:40	29.8		29.8		29.9		28.7		33.8	
13:50	29.5		29.4		29.6		28.6		33.4	
14:00	29.3		29.2		29.6		28.5		33.9	
14:10	29.2	29.4	29.1	29.3	29.4	29.5	28.2	28.2	34.0	32.9
14:20	29.5		29.3		29.5		28.6		33.8	
14:30	29.9		29.7		29.7		28.5		33.5	
14:40	29.2		29.0		29.6		28.3		32.6	
14:50	29.5		29.2		29.3		27.9		32.1	
15:00	29.3		29.2		29.2		27.8		31.4	
15:10	28.5	29.3	28.4	29.2	29.0	29.6	27.8	28.5	31.7	32.7
15:20	29.2		29.2		29.1		28.3		31.7	
15:30	28.9		28.8		29.8		28.6		32.7	
15:40	29.8		29.7		29.8		29.1		32.7	
15:50	29.6		29.4		29.9		28.5		33.8	
16:00	29.6		29.4		29.8		28.8		33.2	

(4) 주요 결과 및 시사점

이번 측정 자료와 동일 지역 (인천 남동구 구월동), 동일 시간에 예보된 기상청의 자료를 비교하였다. 기온의 경우 일기예보에서는 34°C로 예보하였으나 실제 측정한 결과에서는 그늘과 냉풍기가 제공된 C 측정 지점을 제외하곤 대부분 더 높게 측정되었다, 특히 직사광선에 노출되는 장소인 측정장소 A의 경우, 측정 중간에 약한 비의 영향으로 장소를 옮겼던 점을 감안하면 예보된 기온보다 매우 높은 기온을 나타낸 것을 확인할 수 있었다.



WBGT의 경우도 예보된 WBGT와 옥외작업자(주차 관리자)의 근무 장소와 더위를 대비하기 위한 장치의 유무에 따라 실제 측정결과에 차이가 있었다. 그늘과 냉풍기가 제공된 근무 장소인 C의 경우 측정값 대부분이 예보의 WBGT 보다 낮았으며, 그늘만 제공된 B 지점의 경우도 낮은

경우가 대부분이었다. 직사광선에 그대로 노출되는 A 지점의 경우 우천시를 제외한 대부분의 측정 시점에서 예보된 더위체감지수보다 높은 것을 확인 할 수 있었다.



이번 측정으로 인해 옥외작업자의 더위 노출 정도는 더위 대응 대책이 다양하게 제공될수록 줄어든 것을 확인 할 수 있었다. 또한 더위에 대한 대비책이 전혀 없는 곳에서 근무할 경우, 일기 예보보다 더욱 높은 수준의 더위에 노출될 수 있으므로, 이들 근로자에 대한 대책은 일반적인 옥외작업자의 폭염 대책보다 한층 강화된 대응책이 필요하다는 점을 시사한다.

이번 기온 및 WBGT 측정은 측정 시간에 우천이 있었다는 점, 자동차의 정체 및 통행이 빈번하여 국소 기온에 영향을 미칠 수 있었다는 점, 한 개 지역을 측정하였다는 점에서 해석에 주의가 필요하다. 그럼에도 다양한 옥외작업자의 근무장소 형태와 더위에 대응 방안을 적용하였다는 점, 널리 쓰는 측정 장비를 포함하여 다양한 측정 장비를 이용하여 동시에 측정했다는 점 등에서 의미가 있다.

〈〈연 구 진〉〉

연구 기관 : 가천대학교 산학협력단

연구책임자 : 이 완 형 (조교수, 보건학박사, 가천대학교)

연구원 : 윤 진 하 (조교수, 의학박사, 연세대학교)
강 성 규 (교수, 의학박사, 가천대학교)
최 원 준 (부교수, 의학박사, 가천대학교)
함 승 현 (조교수, 보건학박사, 가천대학교)

연구보조원 : 김 의 진 (연구원, 가천대학교 길병원)
이 준 형 (연구원, 가천대학교 길병원)
이 은 이 (연구원, 가천대학교 길병원)
이 미 정 (연구원, 가천대학교 길병원)

연구 상대역 : 정 은 교 (선임연구위원, 직업환경연구실)

〈〈연 구 기 간〉〉

2019.04.11 ~ 2019.10.31.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2019년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구

(2019-연구원-1428)

발 행 일 : 2019년 10월 31일
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고 재 철
연구책임자 : 가천대학교 교수 이 완 형
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
전 화 : (052) 7030-901
F A X : (052) 7030-337
Homepage : <http://oshiri.kosha.or.kr>

[비매품]