

## 화력발전소의 고열 작업환경 고찰과 근로자 고열 스트레스 경험에 관한 연구

심형태 · 장성은 · 김화일\*

부산가톨릭대학교 안전보건학과

## High-Temperature Work Environments in Thermal Power Plants and Workers' Experiences of Heat Stress

Hyeong-Tae Shim · Seong-Eun Jang · Hwa-Il Kim\*

Department of Safety and Health, Catholic University of Pusan

### ABSTRACT

**Objectives:** This study aims to analyze the working environment of thermal power plant maintenance workers and their awareness of heat illnesses in order to propose heat prevention measures for this high-heat environment in order to improve their working environment and health status.

**Methods:** Using the data of heat dissipation measurement and working environment measurement of units 3~6 of A power plant, we explored the seasonal fluctuations of the heat index and conducted a survey using the Ministry of Employment and Labor's self-diagnosis checklist for 143 workers. We examined how pre-work physical condition and heat illness vulnerability checks affect the experience of heat stress. The survey data were analyzed using logistic regression, independent samples t-test, and ANOVA.

**Results:** 64% of the survey respondents reported experiencing heat stress, with 18.2% reporting a very strong experience. Worker factors were associated with a 33% increase in the likelihood of experiencing heat stress among those aged 50 or younger and a 1.081-fold increase in the likelihood of experiencing heat stress among those with 10 or more years of work experience. The factors of heat awareness, heat wave awareness, and management support have a negative but insignificant effect on heat illness experience, while worker job characteristics have a positive effect.

**Conclusions:** Depending on job characteristics, even healthy workers are more likely to experience heat illness symptoms and have a basic awareness of the risks and heat illnesses due to heat prevention efforts. Furthermore, preventive measures for working environments that affect the experience of heat stress are suggested, such as continuous measurement of heat index, accurate estimation of work metabolism, and continuous risk assessment system based on WBGT.


**Key words:** thermal power plant, heatwave awareness, heat index, heat stress, work characteristics


### I. 서 론


최근 지구온난화와 기후변동성의 증가로 인해 이상기후 현상이 빈번하게 발생하고 있으며, 특히 폭염을 동반한 기온 상승이 매년 증가하고 있다. 이는 일반 국민

들의 일상생활에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 고열 작업 환경에 종사하는 근로자들의 온열질환 발생 위험을 증가시키고 있다. 영국 국제개발환경연구소(IIED, 2024)의 분석에 따르면, 지난 30년간 전 세계에서 일 최고기온이 35도를 초과하는 '폭염일수'는 1994~2003년

\*Corresponding author: Hwa-Il Kim, Tel: 051-510-0632, E-mail: hikim@cup.ac.kr  
Catholic University of Pusan, Health Sciences Building 405, 9 Bugok 3-dong, Geumjeong-gu, Busan  
Received: December 3, 2024, Revised: January 20, 2025, Accepted: March 4, 2025

 Hyeong-Tae Sim <https://orcid.org/0009-0009-2655-665X>

 Seong-Eun Jang <https://orcid.org/0000-0001-8702-0378>

 Hwa-Il Kim <http://orcid.org/0000-0002-7826-1951>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

4,755일이 2014년~2023년 6,488일로 꾸준히 증가하였고, 이 중 서울은 7,360%로 가장 가파른 폭염일수 증가세를 보였다. 또한 한국의 폭염 추세는 급격한 변동을 보이며, 지난 30년간의 폭염일수 총 84일 중 60%가 최근 6년 이내에 발생한 것으로 나타났다(Lee, 2024).

이러한 기후변화의 영향으로 우리나라 날씨는 4월 중순에 이미 초여름의 이상고온이 나타나고, 예년보다 이른 7월 상순에 일 최고기온 35℃~38℃의 폭염과 열대야가 발생하였다. 이로 인해 폭염으로 인한 건강피해자가 지속 증가하고 있으며, 이러한 폭염 추세는 앞으로도 지속될 것으로 예상된다(KMA, 2022). 또한, 질병관리청의 2023년 온열질환 응급실 감시 결과에 따르면, 온열질환자는 총 2,818명(추정 사망자 32명 포함)으로, 2022년의 1,564명 대비 80.2%가 증가한 것으로 나타났다. 폭염으로 인한 일일 사망자 수는 7명으로, 온열질환 감시가 시작된 이후 가장 많은 수치이며, 연도별 사망자 수로는 2018년의 48명 이후 두 번째로 많았다. 발생 장소는 작업장이 약 39.4%로 가장 많았고, 논밭이 약 15%로 두 번째로 많았다(KCDC, 2024). 한편, 고용노동부는 2022년 6월에 온열질환 자가진단 체크리스트를 개발하여 근로자들이 자발적으로 작업환경 점검, 개인 건강 상태 점검, 예방조치 이행 등을 통해 온열질환 예방에 필요한 조치를 취하도록 지원하고 있다(MoEL, 2022).

이처럼 폭염 위험이 빠르게 증가함에 따라 다양한 감시체계 운영과 통계자료 분석, 예방대책 등이 시행되고 있으며, 정책의 실효성을 높이기 위한 다양한 연구도 진행되고 있지만, 사회적 재난 차원에서 노인, 저소득층, 농업 종사자, 옥외 근로자 등 사회적 취약계층을 대상으로 한 피해사례 연구가 대부분이다. 온열질환자가 가장 많이 발생하는 작업장을 대상으로 한 특정 사업장별 고온 작업환경 종사 근로자에 대한 작업특성 및 예방행동 등을 연구한 사례는 많지 않다.

본 연구의 대상인 화력발전소에 대한 미국 산업안전보건연구소(NIOSH, 2016)와 호주안전청(SWA, 2022)의 연구에 따르면, 특정 작업구역에서 기계장비 및 열 발생 장비로 인해 온도가 상승하고, 특히 여름철 외부 온도 상승으로 인해 내부 작업장 온도가 40℃를 초과하는 심각한 상황에 이르게 된다. 이러한 환경에서 근로자들은 열탈진 및 열사병의 위험에 크게 노출된다는 결

과가 발표되었다. 그러나 화력발전소의 고온 환경에서 근로자를 대상으로 한 작업 특성, 고열 스트레스 인지 및 예방에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 화력발전소에서 고열 작업환경이 형성되는 구조적 특성과 발생 수준을 고찰하고자 한다. 또한, 화력발전소의 정비업무 종사 근로자를 대상으로 온열질환 자가진단 체크리스트를 활용하여 작업 전 개인의 컨디션 및 온열질환에 대한 취약도를 사전에 점검하며, 휴식 등 필요한 조치를 취하는 정도가 고열 스트레스 경험에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

우리나라 남부권 소재 A 발전본부의 3~6호기 보일러 구역 및 터빈 구역 등 발전소 빌딩 내부를 작업환경 연구 대상으로 하였다. 본 연구에서는 발전소 내부에서 직접 정비업무를 수행하는 근로자와 미화 근로자 총 143명을 대상으로 고열 스트레스 경험 및 인식에 관한 설문조사를 실시하였다. 이들은 A 발전본부와 경상정비계약을 체결한 5개 협력사의 정규직 직원으로, 기계설비, 전기설비, 제어설비의 정비 및 설비 주변 환경미화 업무를 수행하고 있다.

### 2. 연구 방법

먼저 고열 작업환경 형성 연구를 위한 기초 자료로 A 발전본부의 3~6호기에서 발생하는 고열 기계장비들의 표면온도와 주변온도를 측정된 방산열 측정 데이터 3회분과 정기 작업환경 측정 데이터(2021~2023년) 5회분을 분석하였다. 더불어, 정기 측정 대상 구간은 아니지만 특별한 경우 근로자가 작업을 수행할 가능성이 있는 고온 영역에 대해 폭염 대책 기간 중 WBGT(wet bulb globe temperature) 온열지수를 직접 측정하여 계절 변화에 따른 온열지수의 변화를 조사하였다.

근로자의 개인적 폭염 위험 인식, 예방활동, 그리고 관리 조직의 안전 지원 활동이 고열 작업 환경에서 근로자들의 고열 스트레스 경험을 경감시킬 수 있다는 가설을 검증하기 위해, 고용노동부와 행정안전부의 온열질환 예방 자가진단 체크리스트를 재구성한 설문지를 개발하여 타당도 검증을 실시하였다. 이 설문지는 정비 작업에 종사하는 143명의 근로자에게 배포하여 분석하

였다. 설문 항목은 폭염 기후 인식에 관한 4문항, 온열 질환 인식에 관한 10문항, 관리조직의 지원에 관한 5문항, 작업환경 특성에 관한 8문항 등 총 26문항으로 구성되었으며, 리커트 4점 척도를 사용하여 측정하였다.

### 3. 자료 분석

수집된 데이터는 IBM SPSS(29.0)를 활용하였다. 통계적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였으며, 먼저 로지스틱 회귀분석을 통해 고열 스트레스 경험과 관련된 근로자 요인을 분석하였다. 이후, 고열 스트레스 경험에 차이를 보인 근로자 연령과 경력에 따라 폭염 위험 인식과 예방 활동의 차이(독립표본 t검정)를 검토하였다. 또한, 근로자가 고열 스트레스를 경험하는 요인별 영향도(판별분석)를 확인하였고, 마지막으로 고열 스트레스 경험과 직접적으로 관련된 작업 특성에 대해 경험 집단과 미경험 집단의 인식(ANOVA)을 고찰하였다.

## III. 결 과

### 1. 화력발전소 보온과 환기 설계

화력발전소의 보온 및 환기 시스템은 기기의 보호, 열 손실 방지, 그리고 운전원의 안전을 확보하기 위해 보온재와 환기장치가 설치된다. 설계 온도 기준은 별도로 정해져 있지 않으며, 각 국가의 환경 조건 및 설치된 기기의 용량 등을 고려하여 결정된다. 각 국가별 프로젝트 설계기준은 Table 1 및 2와 같다.

### 2. 발전소 빌딩 내부 표면온도, 주변온도

각종 설비에서 발생하는 열로 인한 기기 표면온도의 최고치는 90℃였고, 이에 따른 주변 온도의 최고치는 50℃로 나타났다. 이로 인해 외기온도의 설계기준인 40℃를 초과하는 곳은 보일러 구역에서 13.1%, 터빈 구역에서 55.4%로 확인되었다(Table 3). 보일러 구역

**Table 1.** Thermal insulation design for power plant equipment

	Domestic	Vietnam PJT*	Saudi PJT
External temp.(℃)	60 or below	55 or below	60 or below
Ambient temp.(℃)	40 or below	—	35 or below

\* PJT(Project) : Unit plant construction project abbreviations

**Table 2.** Ventilation design for power plant buildings

	Domestic	Vietnam PJT	Saudi PJT
Design temp. (℃)	50 or below	Outside air+5	Outside air(47)+6
Ventilation method	Natural, forced ventilation		

**Table 3.** Temperature rise caused by radiated heat(℃)

		N	Min.	Max.	Mean
Boiler	Surface	252	30	81	50.3
	Ambient	252	23	50	33.3
Turbine	Surface	184	38	90	59.0
	Ambient	184	31	50	41.3

**Table 4.** Correlation between surface and ambient temperature in the boiler area (\*\* $p < 0.01$ )

		Surface	Ambient
Surface	Pearson	1	.469**
	N	252	252
Ambient	Pearson	.469**	1
	N	252	252

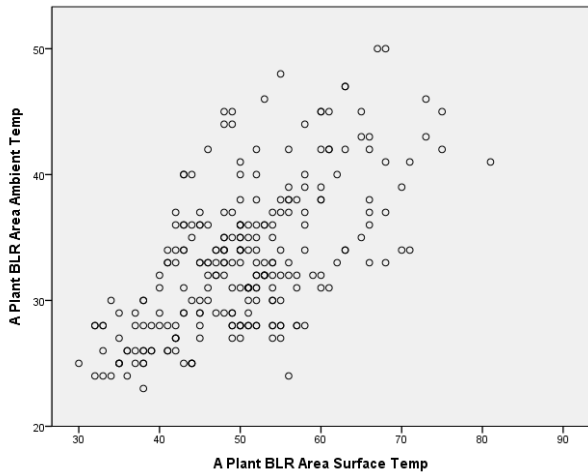


Figure 1. Surface and ambient temperature in the boiler area

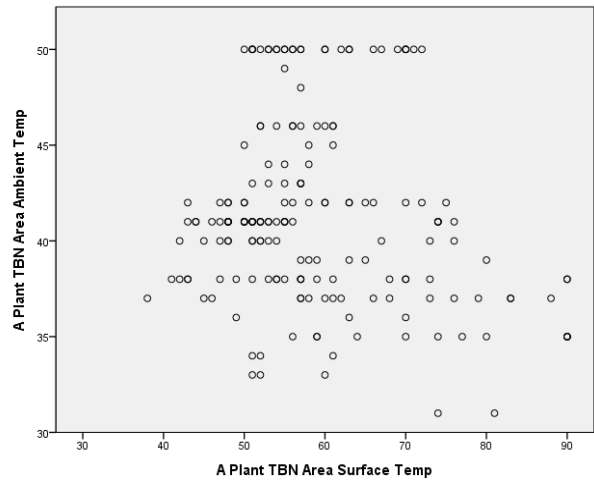


Figure 2. Surface and ambient temperature in the turbine area

은 넓은 구조로 인해 외기 환기가 원활하게 이루어지는 반면, 터빈 구역은 좁은 내부에 다수의 설비가 설치되어 있어 환기가 부족하여 온도 분포가 고르지 않으며, 특정 구간에서 정체 및 재순환 현상이 발생하는 것으로 관찰되었다(Figure 1, 2). 따라서 표면온도와 주변온도 간의 상관관계는 보일러 구역에서만 통계적으로 유의미하게 나타났다( $p<0.01$ )(Table 4).

### 3. 발전소 빌딩 내부 온열지수

발전소 빌딩 내부의 온열지수(WBGT)는 계절과 관계없이 전국적으로 기온이 10℃ 이하로 떨어지는 늦가을 및 겨울철에도 상시 26℃ 이상의 고열 환경을 형성하고 있으며, 특히 최근 폭염 대책 기간인 5~9월 사이에 측정된 온열지수는 최고 온도가 30℃를 초과하는 곳이 다수 존재함을 보여준다(Table 5).

상대적으로 환기가 원활한 지상층은 대기 온도와 유사한 값을 보였고, 고온의 공기가 상승하고 머무는 보일러실의 밀폐공간과 터빈의 고층부에서는 최대온도가 나타났다(Figure 3, 4).

한편, 정기적으로 작업환경을 측정하는 구역 외에 고온 발생 구간에서 온도 특성과 계절 변화에 따른 온열지수의 변동을 알아보기 위해 폭염 대책 기간 동안 고온의 표면온도와 주변 온도가 최대치로 측정된 20개소 41개 포인트에 대해 WBGT를 직접 측정한 결과, 보일러 구역의 최대값은 38.6℃, 터빈 구역의 최대값은 31.5℃로 높게 나타났다(Table 6).

### 4. 고열 스트레스 경험요인 설문

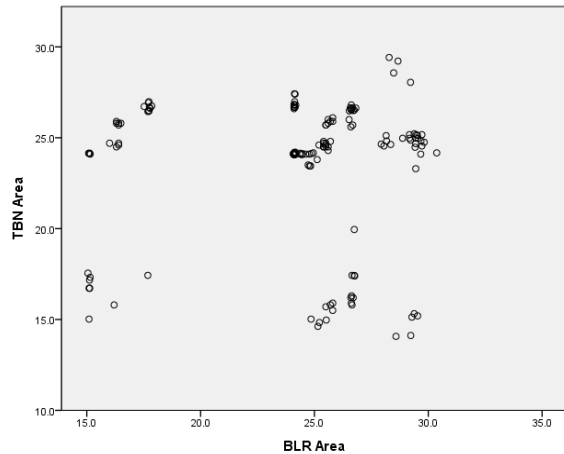
작업 전 근로자의 개인적 폭염 위험 인식, 예방 활동, 그리고 관리조직의 안전 지원 활동이 고열 작업환경에서

Table 5. Comparison of thermal indices over the seasons (WBGT, °C)

Type	N	Min.	Max.	Mean	SD	
Boiler area	'21.12	32	16	25.8	22.7	4.4
	'22.11	32	15.1	24.2	21.3	4.2
	'22.07	32	17.5	26.9	23.9	4.2
	'23.09	32	27.9	30.4	29.1	0.6
	'24.05	27	26.8	38.6	29.4	3.2
Turbine area	'21.12	40	15.5	26.1	22.9	4.1
	'22.11	40	14.1	24.2	21.7	4.0
	'22.07	40	16.7	27.4	24.4	4.1
	'23.09	40	28.1	30.3	29.1	0.6
	'24.05	14	25.4	31.5	28.5	1.8

**Table 6.** Status of thermal indices in power plant buildings (WBGT, °C)

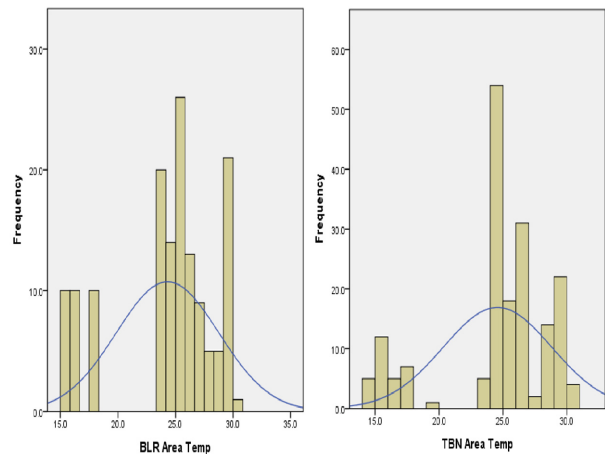
		N	Min.	Max.	Mean
Regular monitoring	Boiler	144	15.1	30.4	24.3
	Turbine	180	14.1	30.3	24.6
Special monitoring	Boiler	27	26.8	38.6	29.4
	Turbine	14	25.4	31.5	28.5

**Figure 3.** Distribution of WBGT in boiler and turbine areas

근로자들의 고열 스트레스 경험을 경감시킬 수 있다는 가설을 검증하기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문에 참여한 총인원은 143명이었으며, 결측 데이터 7명을 제외한 136명의 응답을 분석하였다. 설문의 Cronbach's  $\alpha$  값은 0.718이었다.

#### 1) 근로자 요인분석

고열 스트레스를 경험한 근로자 요인에 대한 이항 로지스틱 회귀분석 결과, 연령( $p<0.05$ )과 근무 경력( $p<0.05$ )이 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 50대 이하의 연령대에서 고열 스트레스를 경험할 확률이 33% 증가하며, 근무 경력이 10년 이상인 집단에서

**Figure 4.** Frequency of WBGT in boiler and turbine areas

는 고열 스트레스를 경험할 확률이 1.081배 증가하는 것으로 나타났다(Table 8).

#### 2) 근로자의 연령과 경력에 따른 폭염 인식

기상정보에 대한 관심과 인식도는 연령대별로 유의미한 차이를 보이지 않았으나( $p>0.05$ ), 조사 대상 전체의 인식도 평균이 3.2 이상으로 높게 나타났으며, 50대 이상의 연령대에서 기상 정보에 대한 관심과 인식 수준이 전반적으로 더 높은 것으로 확인되었다(Table 9). 경력별 인식도는 “체감온도를 안다”, “폭염특보 발효 기준을 안다”, “현장에 온습도계를 비치하고 주기적으로 확인한다”는 질문에 대한 응답에서 유의한 차이( $p<0.05$ )를

**Table 7.** Demographic characteristics of survey participants

Type (Total 143)		Mechanical maintenance	Electrical maintenance	Control maintenance	Cleaning staff
Gender	Male	62	30	30	
	Female				21
Age	20~30s	25	14	18	
	40~50s	34	13	11	3
	60s	3	3	1	18
Work experience	<10 years	47	20	17	14
	≥10 years	15	10	13	7
Total		62	30	30	21

**Table 8.** Binary logistic regression analysis of worker factors

Dependent variable	Independent variable	$\beta$	p	Exp(B)
Experience of heat stress	Ages (<50s)	-1.108	0.045	0.33
	Work experience ( $\geq 10y$ )	0.078	0.006	1.081
	Work type		0.691	
	Work shift		0.982	
	Intercept	0.109	0.788	1.116

**Table 9.** T-tests and descriptive statistics for independent samples (Control 1)

	Control group	N	t	p
Perception of apparent temperature	<50s	89	-0.706	0.481
	$\geq 50s$	47		
Perception of heat wave warnings	<50s	89	-0.124	0.902
	$\geq 50s$	47		
Checking temperature via media	<50s	89	0.836	0.405
	$\geq 50s$	47		
Checking the placement of thermohygrometers	<50s	89	0.733	0.156
	$\geq 50s$	47		

**Table 10.** T-tests and descriptive statistics for independent samples (Control 2)

	Control group	N	t	p
Perception of apparent temperature	<10y	85	-2.639	0.01
	$\geq 10y$	51		
Perception of heat wave warnings	<10y	85	-2.639	0.01
	$\geq 10y$	51		
Checking temperature via media	<10y	85	0.619	0.54
	$\geq 10y$	51		
Checking the placement of thermohygrometers	<10y	85	-2.252	0.03
	$\geq 10y$	51		

보였으며, 근무 경력 10년 이상 집단에서 기후 정보 관심과 인식도가 더 높게 나타났다(Table 10).

### 3) 근로자의 연령과 경력에 따른 온열질환 인식

온열질환에 대한 인식 및 사전 조치의 정도는 “물과 식염 포도당을 주기적으로 섭취한다”는 응답에서 유의미한 차이를 보였으며( $p < 0.05$ ), 50대 이상 집단에서 온열질환에 대한 인식 평균값이 상대적으로 높게 나타났다(Table 11).

근무경력에 따른 인식 차이는 “더위를 먹는 것은 질병이다”, “더위 질병 시 병원 진료를 받는다”는 응답에서 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 보였으며, 근무 경력 10년

이상 집단은 더위를 질병으로 인식하는 응답이 낮았지만, 더위 질병 발생 시 병원 진료를 받는 것과 병원 진료 외 회복법에 대한 인식이 높아, 온열질환에 대한 적극적인 대응 인식이 나타났다(Table 12).

### 4) 고열 스트레스 경험요인 영향도 분석

고열 스트레스 경험에 영향을 미치는 요인의 정도 파악을 위해 판별분석한 결과, 작업 특성 요인이 강한 양(+)의 영향을 미치고, 폭염 위험 인식, 온열질환 인식, 관리지원 요인은 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 요인 간의 영향도를 표준화된 정준 판별함수 계수와 구조 행렬값을 참조할 경우, 고열 스트레스 요인 함



**Table 11.** T-tests and descriptive statistics for independent samples (Control 1)

	Control group	N	t	p
Consuming water and glucose	<50s	89	-2.541	0.01
	≥50s	47		
Heat-related illnesses as medical conditions	<50s	89	0.608	0.54
	≥50s	47		
Medical consultation for heat-related conditions	<50s	89	-1.388	0.17
	≥50s	47		
Non-hospital recovery methods	<50s	89	-0.60	0.55
	≥50s	47		

**Table 12.** T-tests and descriptive statistics for independent samples (Control 2)

	Control group	N	t	p
Consuming water and glucose	<10y	85	-1.358	0.177
	≥10y	51		
Heat-related illnesses as medical conditions	<10y	85	2.019	0.045
	≥10y	51		
Medical consultation for heat-related conditions	<10y	85	-2.029	0.044
	≥10y	51		
Non-hospital recovery methods	<10y	85	-1.796	0.075
	≥10y	51		

수는 다음과 같다.

$$D = -0.158 \times X_1 - 0.074 \times X_2 + 1.049 \times X_3 + 0.507 \times X_4$$

$$\begin{cases} X_1 = \text{폭염인식}, X_2 = \text{온열인식} \\ X_3 = \text{작업특성}, X_4 = \text{관리지원} \end{cases}$$

따라서 작업특성(0.937), 온열인식(-0.184), 폭염인식(-0.078), 관리지원(-0.018) 순서로 영향도가 나타난다(Table 13, 14).

#### 5) 작업 특성 요인 심층분석

고열 스트레스 경험 요인 중 가장 중요한 변수로 확인된 작업 특성 요인을 심층적으로 분석하기 위해 고열 스트레스 경험 유무 그룹 간 일원배치 분산분석(ANOVA) 실시하였다. ANOVA 검정 결과, ‘고온 작업장’, ‘작업 시 휴식 여유’, ‘작업 조절’, ‘연속 작업’, ‘작업복 제한’ 등의 작업 특성 요인에서 유의미한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ )(Table 15).

Scheffe 사후분석을 통해 세부적인 집단 간 차이를

**Table 13.** Test for homogeneity of group means

	Wilks	F	Degrees of freedom 1	Degrees of freedom 2	p
Perception of heat waves	0.999	0.076	1	134	0.784
Perception of heat	0.997	0.423	1	134	0.517
Work characteristics	0.925	10.942	1	134	0.001
Management	1	0.004	1	134	0.950

**Table 14.** Structural matrix and group median

F	Work characteristics	Perception of heat	Perception of heat waves	Management	Group median	
					Experience	Inexperienced
1	0.937	-0.184	-0.078	-0.018	0.23	-0.39

**Table 15.** ANOVA of heat stress-experienced groups

	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean square	F	p
Intergroup	5.552	3	1.851	7.826	0.00
Intragroup	31.217	132	0.236		

**Table 16.** Scheffe post-hoc analysis in ANOVA

Experience of heat stress	N	Subset at significance level $\alpha = 0.05$	
		1	2
Not at all	18	1.903	
Somewhat disagree	33	2.265	2.265
Somewhat agree	60		2.354
Strongly agree	25		2.620
p		0.055	0.063

**Table 17.** ANOVA of work characteristics in the experienced group

		Sum of squares	F	p
Working in a high-temperature environment	Intergroup	13.304	5.841	0.001
	Intragroup	100.225		
No time to rest during work	Intergroup	7.548	4.074	0.008
	Intragroup	81.511		
Difficulty in adjusting work during heat waves	Intergroup	8.913	4.562	0.004
	Intragroup	85.962		
Continuous work for more than 2 hours even in summer	Intergroup	15.028	5.912	0.001
	Intragroup	111.847		
Restrictions on work clothing	Intergroup	11.428	4.766	0.003
	Intragroup	105.513		

분석한 결과, “매우 그렇다”라고 응답한 집단의 작업 특성 경험값은 2.62로 “그렇지 않다”라고 응답한 집단의 경험값인 1.90보다 높게 나타났다. 이는 고열 스트레스를 경험한 집단이 경험하지 않은 집단에 비해 작업환경을 더 열악하게 인식하고 있음을 의미한다 (Table 16, 17).

#### IV. 고 찰

본 연구는 화력발전소에서 고열 작업환경이 형성되는 구조적 특성과 그 발생 수준에 대해 분석하고, 정비 업무 근로자들이 작업 전 자신의 신체 상태와 온열질환에 대한 취약성을 사전에 점검하며, 필요한 조치를 취하는 정도가 고열 스트레스 경험에 미치는 영향을 조사하였다.

화력발전소의 빌딩은 최초 설계 시 기기 표면온도를

60℃ 이하, 터빈 구역 주변온도를 50℃ 이하, 보일러 구역 주변온도를 40℃ 이하로 설정하여 다소 높은 온도로 건설되었으며, 이로 인해 작업환경 측정의 온열지수 WBGT는 계절 관계없이 상시 26℃ 이상으로 고열 환경을 형성하고 있다. 빌딩 내부의 온도상승은 공기 순환과 밀접한 상관관계를 가지며, 고온의 공기가 체류하는 보일러실 밀폐공간과 터빈 구역의 고층부는 환기팬을 가동하더라도 지속적인 높은 온도를 기록하는 구조적 특성을 보인다.

화력발전소 고열 환경에서의 작업 노출과 관련된 선행연구에 따르면, NIOSH와 SWA는 여름철 외부온도가 상승할 경우, 내부 온도가 40℃를 초과하는 심각한 상황에 도달하며, 이러한 환경에서 근로자들이 열탈진 및 열사병의 위험에 크게 노출된다고 보고하였다. Bae (2019)와 Jeong(2019)은 화력발전소 빌딩 내부 온도 저감 연구에서 환기장치의 공기 순환량 증대 방안을 제



시하였고, Baek & Lee(2024)는 일평균 풍속이 낮고 고온에서 이동평균 기간이 길어질수록 온열 환자 수가 증가하는 연구 결과를 통해 화력발전소의 작업장 관리에 중요한 시사점을 제공하였다.

본 연구 또한 선행연구와 유사한 경향을 보였으며, 발전소 빌딩 내부 온도 관리에 보온과 환기가 중요한 요소임을 재확인하였다.

고열 스트레스 경험에 대한 설문조사에서는 64%의 응답자가 고열 스트레스를 경험하였고, 18.2%는 매우 강한 경험을 하였다고 응답하였다. 이는 Lee et al. (2020, 2021)의 연구에서 일반인 참여자의 온열 증상 경험 응답이 18%, 건설 노동자의 온열 증상 경험 응답이 36%인 것에 비해 매우 높은 수치로, 상시 고열 환경이 고열 스트레스 경험에 미치는 영향인 것을 시사한다. 근로자 요인별 분석에서는 연령과 근무 경력이 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 근무 경력이 10년 이상인 집단에서 경험 가능성이 1.081배 증가하고, 50대 이하 연령층에서 경험 가능성이 33% 증가하는 것으로 분석되었다.

Devine & Arkush(2019), Arbury et al.(2016) 등의 많은 연구에서 기후변화에 따른 근로조건의 악화로 인해 고열 스트레스에 취약한 계층인 야외근로자, 고령 근로자, 신입 근로자들의 위험성을 강조하고 있으나, 50대 이하의 연령층과 10년 이상의 경력을 가진 근로자 집단에서 고열 스트레스 경험이 높게 나타난 것은 흥미로운 결과로 판단된다. 이는 화력발전소의 업종과 작업 특성이 관련이 있을 것으로 추정된다. 발전소는 여름철 전력수요가 집중될 때 설비 고장이 발생하면 긴급 복구작업이 빈번하게 이루어지며, 이때 경험이 풍부한 젊은 직원들이 정비업무에 많이 투입된다. 따라서 긴급 작업시간과 휴게시간의 부족이 고열 스트레스 경험 가능성을 증가시킨다.

Kwon et al.(2023)은 화력발전소 작업자의 고온 노출에 관한 연구에서 작업자가 29℃를 초과하는 장소에서 1시간 중 45분 이상 작업하는 경우 미국산업위생전문가협회(ACGIH)의 권고기준을 초과하여 고열 스트레스에 노출될 수 있다고 보고하였다.

한편, 폭염 위험 인식 및 온열질환 인식에 대한 조사에서는 체감온도에 대한 이해도가 높았으며, 폭염특보와 기상 상황을 앱 등을 통해 확인하고, 물과 식염 포도당을 주기적으로 섭취하는 등의 조치에 대한 응답이 높았다. 이는 폭염과 온열질환에 대한 위험정보가 다양하

게 제공되고 있어 온열질환에 대한 인식도가 전반적으로 높게 나타나는 것으로 판단되며, 정기적인 교육과 캠페인, 관리자 등의 관심이 인식도 향상에 긍정적으로 미친 것으로 조사되었다. 그러나 온열 증상을 경미 질병으로 간주하여 병원을 방문하지 않는다는 응답도 많아, 이러한 인식은 교육을 통해 개선되어야 한다.

마지막으로, 고열 스트레스 경험 발생 영향도 분석에서는 작업 특성이 집단 간 유의한 차이를 보이는 양(+)의 영향을 나타냈다. 반면, 폭염 위험 인식, 온열질환 인식, 관리조직 지원은 집단 간 유의한 차이를 보이지 않으나 음(-)의 영향을 나타낸다. 이는 작업 특성에 따라 경험하는 고열 체감이 근로자의 인식에 직접적으로 영향을 미친다는 점을 근거한다. 폭염 위험 인식, 온열질환 인식, 관리조직 지원 요인에서 유의한 차이를 보이지 않는 것은 근로자가 고온 스트레스 경험에 상관없이 폭염 위험성과 온열질환에 대한 기본적인 인식이 이미 형성되어 있고, 회사나 조직 차원에서 제공되는 지원이 모든 근로자에게 유사하게 이루어지고 있음을 시사한다. 근로자가 체감하는 작업 특성의 세부 요인으로 고열 작업장에서 근무한다는 응답 외에도 폭염 예보에도 작업량 조절이 어렵고, 하절기에도 2시간 이상 연속 작업을 하는 경우와 작업복에 제약이 있다는 응답이 주요 원인으로 나타나 작업 특성에 대응하는 체계적인 관리대책 마련이 필요하다.

## V. 결 론

본 연구는 일반적으로 인식되는 인구 사회학적 관점과는 달리, 근로자의 작업 특성에 따라 건강한 계층으로 분류되는 근로자도 폭염 증상에 취약성을 보인다는 점을 확인하였다. 또한, 폭염대책 기간 운영 및 폭염경보 안내 문자서비스 등 여름철 폭염 예방을 위한 다양한 노력이 이루어지고 있으며, 이로 인해 근로자들이 고온 스트레스를 경험하든 아니든 간에 폭염의 위험성과 온열질환에 대한 기본적인 인식이 이미 형성되어 있다는 확인은 의미 있는 성과로 평가될 수 있다. 따라서 본 연구에서 설정한 가설인 근로자들이 작업 전 자신의 컨디션과 온열질환 취약도를 사전에 점검하고, 휴식 등 필요한 조치를 취하는 정도가 고열 스트레스 경험에 중대한 영향을 미치는가에 대한 결론은 예방에 효과는 있으나 절대적이지 않으며, 오히려 작업 특성에 따른 요인들이 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

결론적으로, 폭염으로 인한 근로자의 고열 스트레스 예방대책으로 고열 작업 위험성 평가 강화를 제안한다. Kim et al.(2016)은 개별 국소환경에 따라 기상청에서 발표하는 체감온도와 현장에서 직접 측정되는 WBGT 간에 상당한 차이가 있음을 보고하였고, Kim & Lee (2015)는 기후변화에 따른 근로 손실을 연구하면서 업종별 작업대사량의 표준화 필요성을 강조하였다. 고열 작업환경에서 근로자의 고열 노출한계는 환경적 요인과 근로자 요인에 따라 다양하게 나타나므로, 위험성의 빈도와 강도를 적절히 평가하는 것은 무엇보다 중요하다. 이를 위해 작업장별로 연 2회 정기 작업환경측정 외에도 온열 지수 측정 횟수를 늘려 근로자에게 적극적으로 기상정보를 제공하고, 아울러 근로자의 작업강도를 측정하여 직무별 작업대사량을 표준화하는 것이 필요하다. 온열 지수를 상시 측정하고, 정확한 작업대사량을 추정하며, 두 가지 핵심 요인에 대한 적절한 위험성 평가는 폭염으로 인한 근로자의 고열 스트레스 예방에 중요한 대책이 될 것으로 판단된다.

## References

- Arbury S, Lindsley M, Hodson M. A critical review of OSHA heat enforcement Cases: Lessons learned. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2016;58:359-363. Available from URL: <http://bit.ly/2NooKA6>
- Bae BY. A Study on the Ventilation Optimization for the Reduction of Temperature in the Boiler Building. Master's thesis. Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Keimyung University, Daegu, South Korea. 2019 (In Korean)
- Baek JH, Lee SS. Impact of heatwave persistence and wind speed on heat-related illness. *J Wind Eng* 2024;28(1):11-17 <https://doi.org/10.37109/weik.2024.28.1.11>
- Devine S, & Arkush D. Climate warming and U.S. working conditions and heat mitigation measures. *International Labour Brief* 2019 17;8:9-22
- International Institute for Environment and Development (IIED). Global Analysis of Extreme Heat Events and Urban Resilience [Internet]. London: IIED; 2024. [cited 2024 Nov 27]. Available from: URL: <https://www.iied.org>
- Jeong KH. A Study on Temperature Reduction Measures through Heat Flow Analysis in the Turbine Building of a Thermal Power Plant. Master's thesis. Department of Mechanical Engineering, Keimyung University, Daegu, South Korea. 2017 (In Korean)
- Kim D, Lee J. Estimation of work capacity reduction and spatial clustering of workers in high-temperature environments caused by climate change. Basic Research Report. Korea Environment Institute; 2015
- Kim Y, Oh I, Lee J, Kim J, Chung IS et al. Evaluation of heat environment and comparison of heat indices in outdoor work. *J Environ Health Sci* 2016;42(2): 85-91 <https://doi.org/10.5668/JEHS.2016.42.2.85>
- Korea Centers for Disease Control and Prevention (KCDC). In-depth Study on Health Effects of Heatwave 2019. Available from: URL:<https://www.kdca.go.kr>
- Korea Meteorological Administration(KMA). 2022 Abnormal Climate Report [Internet]. Seoul: Korea Meteorological Administration; 2022. [cited 2024 Nov 27]. Available from: URL: <https://www.kma.go.kr>
- Kwon JW, Jang GM, Kim SD, Jang MY, Ro JW et al. Evaluation of occupational exposure to noise and heat stress in coal-fired power plants. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2023;33(4):464-470 <https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2023.33.4.464>
- Lee HG. Seoul Experiences 7360% Increase in Heatwave Days: Worst among Global Cities. *Kyunghyang Shinmun* [Internet]. 2024 Jun 28 [cited 2024 Nov 27]. Available from: <https://www.khan.co.kr/>
- Lee JY, Lee JY, Lee SS. Analysis of influential factors on heat wave disease. *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineers Conference* 2021 2021; 10:392-393
- Lee JY, Lee SS. The experience and psychological characteristics of thermal diseases from the heatwave of construction workers. *J Korean Soc Disaster Inf* 2020;16(4):747-757 <https://doi.org/10.15683/kosdi.2020.12.31.747>
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Guidelines for Implementing the Three Key Measures to Prevent Heat Stroke Caused by Heat Waves. MoEL, 2022. Available from URL:[https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs\\_seq=20220501306](https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs_seq=20220501306)
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Self-Diagnosis Checklist for Heat-Related Illnesses. MoEL, 2022. Available from URL:<https://www.moel.go.kr>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a Recommended standard: Occupational exposure to heat and hot environments

(NIOSH Publication No. 2016-106). Centers for Disease Control and Prevention, 2016. Available from URL: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/>  
Safe Work Australia(SWA). Managing risks of working in heat fact sheet. Safe Work Australia, 2022. Available from URL: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/>

**<저자정보>**

심형태(석사), 장성은(석사과정), 김화일(교수)