



옥외 작업에서의 온열환경 평가 및 온열지수 비교

Evaluation of Heat Stress and Comparison of Heat Stress Indices in Outdoor Work

저자 (Authors)	김양호, 오인보, 이지호, 김재훈, 정인성, 임학재, 박정근, 박정선 Yangho Kim, Inbo Oh, Jiho Lee, Jaehoon Kim, In-Sung Chung, Hak-Jae Lim, Jung-Keun Park, Jungsun Park
출처 (Source)	한국환경보건학회지 42(2) , 2016.4, 85-91 (7 pages) Korean Journal of Environmental Health 42(2) , 2016.4, 85-91 (7 pages)
발행처 (Publisher)	한국환경보건학회 Korean Society of Environmental Health
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06664975
APA Style	김양호, 오인보, 이지호, 김재훈, 정인성, 임학재, 박정근, 박정선 (2016). 옥외 작업에서의 온열환경 평가 및 온열지수 비교. 한국환경보건학회지, 42(2), 85-91.
이용정보 (Accessed)	계명대학교 220.69.112.*** 2017/02/13 10:37 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

옥외 작업에서의 온열환경 평가 및 온열지수 비교

김양호·오인보*, 이지호·김재훈·정인성**, 임학재**, 박정근***, 박정선****†

울산대의대 울산대병원 직업환경의학과

*울산대의대 환경보건센터

**계명대의대 직업환경의학과

***한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

****대구가톨릭대학교 산업보건학과

Evaluation of Heat Stress and Comparison of Heat Stress Indices in Outdoor Work

Yangho Kim, Inbo Oh*, Jiho Lee, Jaehoon Kim, In-Sung Chung**,

Hak-Jae Lim**, Jung-Keun Park***, and Jungsun Park****†

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Ulsan University Hospital,
University of Ulsan College of Medicine, Ulsan, Korea*

**Environmental Health Center, University of Ulsan College of Medicine, Ulsan, Korea*

***Department of Occupational and Environmental Medicine, Dongsan Medical Center of Keimyung University,
Daegu, Korea*

****Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA, Ulsan, Korea*

*****Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Daegu, Korea*

ABSTRACT

Objectives: The objective of this study was to assess heat stress, compare heat stress indices, and evaluate the usefulness of wet bulb globe temperature (WBGT) among outdoor workers exposed to heat during the summer season.

Methods: WBGT, dry temperature, and heat index were measured using WBGT measurers (QUESTemp 32 model and QUESTemp 34 model, QUEST, WI, USA) by industrial hygienists from August 27 to September 16, 2015. Heat stress indices were measured at the workplaces of a shipbuilder in Ulsan and a construction site in Daegu. The dry temperature observed by the Automated Synoptic Observing System (ASOS) of the Korea Meteorological Administration was also compared.

Results: Dry temperature measured by WBGT is different from that by ASOS. The temperature obtained from ASOS was less than 33°C, above which point a heat wave is forecast by the Korea Meteorological Administration. A heat index above 32.8°C as a moderate risk was not observed during measurement. WBGT was consistently higher than 22°C, above which the risk of heat-related illness is increased in unacclimated workers involved in work with a high metabolic rate. WBGT was sometimes higher than 28°C, above which the risk of heat-related illness is increased in acclimated workers involved in work with a moderate metabolic rate in September.

Conclusion: According to the measurement of heat stress indices, WBGT was more sensitive than heat index and temperature. Thus, general measures to prevent heat-related diseases should be implemented in workplaces during the summer season according to WBGT.

†Corresponding author: Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Daegu, Korea. Tel: +82-10-2225-9908, E-mail: jsunpark@chol.com

Received: 21 December 2015, Revised: 9 March 2016, Accepted: 10 March 2016

Keywords: Heat, heat stroke, outdoor work, WBGT °C

I. 서 론

최근 지구온난화로 인한 폭염일수 빈도와 강도가 증가하고 있으며 장시간 옥외에서 작업하는 근로자에 대한 건강영향이 우려 되고 있다. 기상청의 한반도 기후변화 전망보고서는 최근 기후변화에 따라 폭염열대야와 같은 극한기상 발생빈도가 증가할 것으로 전망하고 있다.^{1,2)} 특히, 기후변화에 따라 극한기상기후의 발생빈도가 점차 증가하고 있는 추세이다.³⁾

산업재해보상보험 요양자료에 의하면, 2010년부터 2014년까지 5년간 산업재해보상보험 요양자로 승인된 사례 중 옥외작업 근로자의 고온에 의한 온열질환 사례는 모두 37명(남자 34명, 여자 3명)이었으며, 21명(56.8%)이 2013년에 발생한 사례였다. 연령별로는 20대가 2명, 30대가 3명, 40대가 10명, 50대가 14명, 60대가 7명, 70대가 1명으로 50대가 가장 많았다. 전체 37명중 24명(64.9%)이 건설현장의 근로자였으며, 그 다음으로 많은 직종이 농림업 근로자와 청소원 및 환경미화원으로 각각 4명이었다. 37명의 진단명은 열탈진 4명, 열실신 2명, 열경련 1명, 나머지 30명은 모두 일사병 또는 열사병이었다.⁴⁾

한편, 질병관리본부에서 2014년 6월 1일부터 9월 6일까지 운영한 폭염으로 인한 온열질환 감시체계 자료에 따르면, 2014년에 신고된 총 561명의 폭염으로 인한 온열질환자 중, 발생장소는 실외가 455명(81.1%)이며, 특히 작업장 172명(30.7%), 논밭 99명(17.6%), 길가 52명(9.3%) 순이었다. 옥외 작업장에서 발생한 온열질환자 172명중, 7월말과 8월초에 100여명이 집중 발생하는 같은 경향을 보였으나 6월에도 20여명, 9월초에도 온열질환자가 발생하였다.³⁾

온열환경지수중 주로 많이 사용되는 지수로는 기온(air temperature), 열지수(Heat Index/Humidex), 습구흑구온도(wet bulb globe temperature, WBGT)지수 등이 있다.⁵⁻⁷⁾ ‘기온’은 기상/기후 조건을 설명하는 가장 중요한 인자이며 온열질환 발생을 예측하는데 어느 정도 기여한다. 기상청에서는, 일 최고기준이 33°C 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 ‘폭염 주의보’를 내리고, 일 최고기준이

35°C 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 ‘폭염 경보’를 내리고 있다. ‘열지수’는 기온과 습도를 함께 고려한 지수로, 미국에서는 heat index, 캐나다에서는 humidex, 한국에서는 열지수라고 부르며, 나라에 따라 다른 계산법을 사용하고 있다.⁵⁾ WBGT는 흑구온도계, 자연습구온도계, 기온계(건구온도계)의 세 가지 온도계로 측정된다. WBGT 지수는 반(半)정량적이긴 하지만 기온, 상대습도, 복사열, 기류를 바탕으로 어느 정도 정확하게 종합적인 온열리스크를 평가하는 수법으로서 간편한 편이다. 또한 온열 기본 6요소(기온, 상대습도, 기류, 복사열, 육체노동강도, 의복의 열 저항)를 모두 고려한 것이므로 온열질환 발생을 잘 예측할 수 있는 지수라고 알려져 있다.⁵⁾

한편 온열질환에 대한 산업보건학적 예방조치는 실내 작업자에 대하여는 WBGT를 측정하여 조치를 하도록 산업안전보건법과 KOSHA Guide에 규정되어 있으나,^{8,9)} 실외 작업자에 대하여는 온열질환 예방조치가 법적으로 미비한 상태이다. 이에 따라 실내에서 일하는 근로자들과 달리 폭염에 노출되고 있는 옥외작업 근로자의 열중증 예방을 위한 기준 및 조치가 필요한 실정이다. 외국에서는 그나마 옥외 근로자의 고온스트레스 노출 실태 및 그 예방책을 찾아볼 수 있으나,¹⁰⁻¹⁵⁾ 국내 관련 연구는 드문 편이다.

따라서, 이 연구의 목적은 첫째, 옥외작업을 대상으로 하여 여러 가지 온열환경지수를 측정하여 온열환경을 평가하고, 둘째, 측정된 온열환경지수를 비교하여 WBGT 측정 필요성을 확인하는 것이다.

II. 연구 방법

측정 장소는 울산의 일개 조선소 작업현장과 대구의 일개 건설현장이었다. 조선소에서는 조선소 정문에서 매일 측정하였으며, 나머지 측정장소로는, 철구조물 용접취부사상작업장 10곳, 족장작업장 3곳, 탑재작업장 2곳이었고, 매일 장소를 바꾸어가며 측정하였다. 건설현장은 철골작업장, 형틀작업장, 자재준비작업장에서 각각 연속으로 1주일간 측정하였다. 측

정 시기는 본격적인 하절기가 끝날 무렵인 8월 27일부터 9월 3일까지 맑은 날씨에 울산에서 5일간, 9월 9일에서 9월 16일까지 대구에서 6일간, 매일 9시부터 4시 반까지 30분 간격으로 실시하였다. 측정 장비는 QUEST사의 QUESTTemp 32 model(WI, USA) 2기와 QUESTTemp 34 model(WI, USA) 2기를 사용하였으며, 그들이 지지 않는 곳에 삼각거치대를 설치하여 지상 1.5 m 높이에서 15분간 안정 후 실측을 하였다. 측정은 산업위생전문가에 의해 이루어졌다.

상기 WBGT지수 측정장비를 활용하여 측정된 항

목은 건구온도(dry temperature), 열지수, WBGT지수였다. 태양직사광선이 있는 옥외작업장에서 측정하였으므로, WBGT지수는 $0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.2 \times \text{흑구온도} + 0.1 \times \text{건구온도}$ 식으로 산출하였다.¹⁶⁾ 현장에서 장비로 측정된 건구온도 외에, ‘울산기상대와 대구기상지청(이하 ‘기상청’이라 함)’에 위치한 중관기상관측시스템(Automated Synoptic Observing System, ASOS)에서 관측된 1시간 간격의 기온(건구온도)자료도 이용하였다. 기상청 기온의 경우 도시를 대표하는 기온으로 볼 수 있으며, 일반적으로 지역 예보값과 대응될 수 있다.

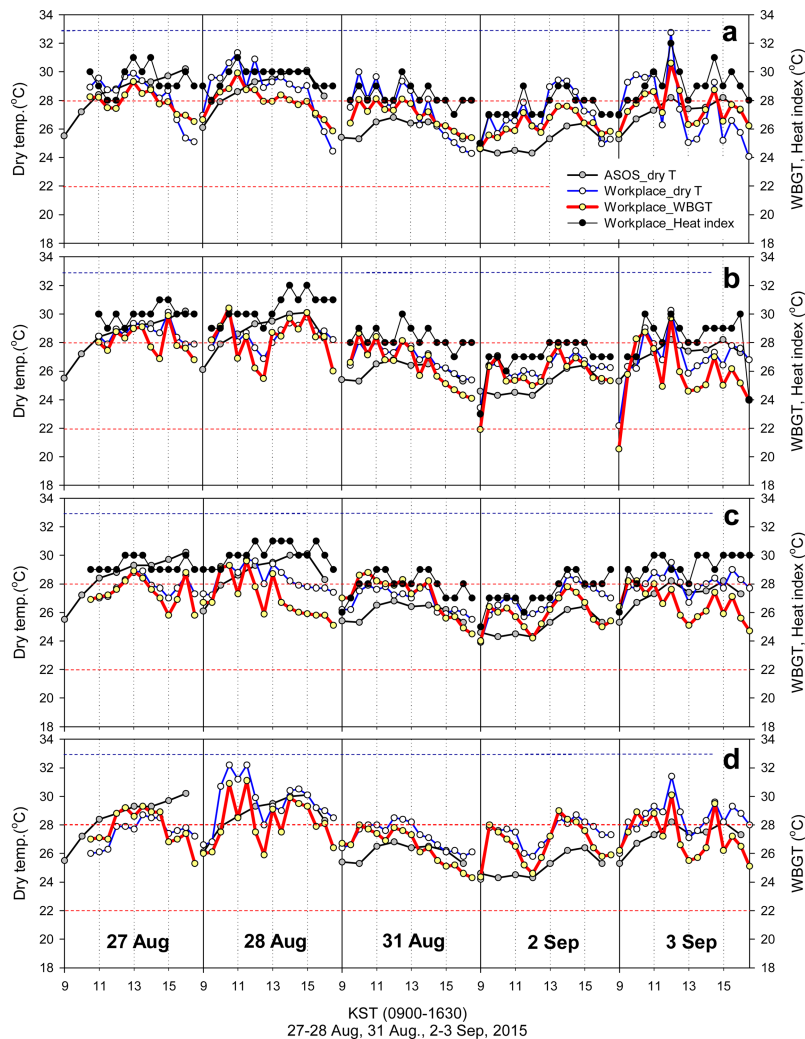


Fig. 1. Heat stress indices in a shipbuilding yard in Ulsan: dry temperatures, WBGT and heat index in a selected workplace (a) and different workplaces (b-d) during late summer. Heat indices in some workplaces (d) was not measured.

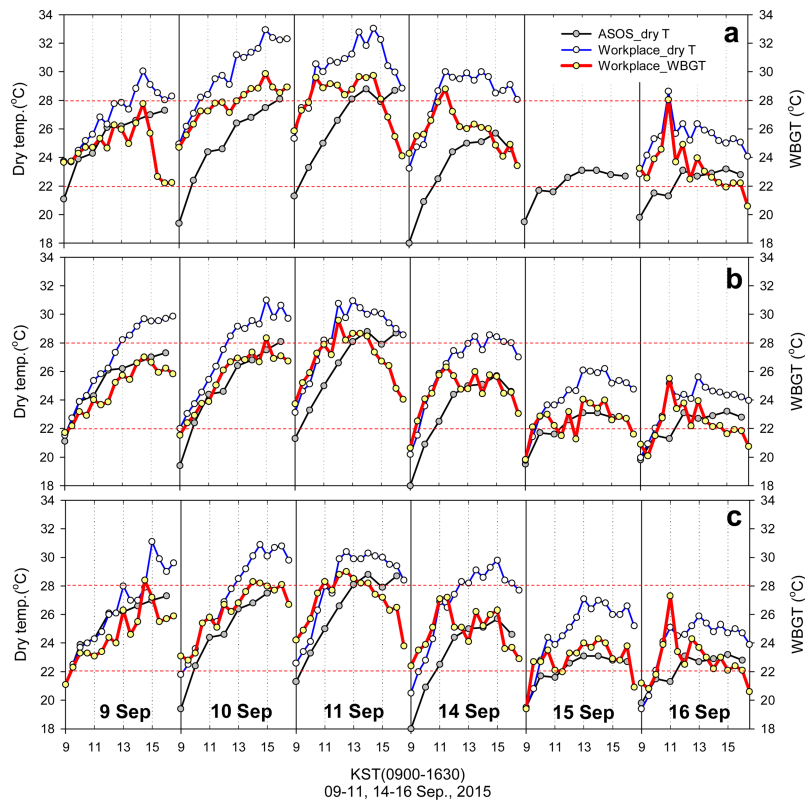


Fig. 2. Heat stress indices in a construction site in Daegu: dry temperatures and WBGT in three workplaces (a-c).

III. 결 과

Fig. 1과 Fig. 2는 각각 늦여름인 8월 말부터 9월 중순까지 조선소와 건설현장에서 실측한 WBGT, 기온, 열지수와 기상청 기온의 시간변화를 보여준다. Fig. 1a는 조선소 정문에서 연속으로 측정된 시계열 값들이고 Fig. 1b~1c는 조선소 내 다수의 다른 작업장에서 측정된 값들이다. Fig. 2a~2c는 대구의 한 건설현장 내 세 작업장에서 연속으로 측정된 값이다. Table 1은 현장에서 측정한 기온과 기상청 기온의 차이를 지역별로 보여준다.

조선소 및 건설현장에서 측정한 기온과 기상청 기온의 변화 경향은 유사하나 값의 차이는 상당히 있음을 알 수 있다(Fig. 1 & Fig. 2). 전반적으로 현장에서 측정한 기온이 기상청 값보다 높게 나타났고 특히 대구지역의 차이가 뚜렷하였다(최대 7.3°C)(Table 1). 같은 조선소 또는 건설현장 안이라도 개별 작업현장의 국소환경에 따라 기온 차이가 상당하였다.

Table 1. Difference between dry temperatures measured at ASOS and workplaces in Ulsan and Daegu

Statistics (°C) [†]	Region	
	Ulsan*	Daegu**
Mean	0.52	2.55
Standard deviation	±1.61	±1.49
Maximum	4.7	7.3
Minimum	-4.9	0.4

[†]Difference means the temperature at a workplace minus the one at ASOS. * $P < 0.05$, ** $P < 0.001$: differences between dry temperatures measured at ASOS and workplaces shows statistical significance. ASOS; Automated Synoptic Observing System

Table 2는 현장에서 측정한 기온, 기상청 기온, 열지수, WBGT지수의 하루 최대치의 분포 및 각 지표별 기준을 넘는 일수를 지역별로 보여준다. 울산이나 대구에서 기상청 기온 및 WBGT 건구온도가 폭염주의보 기준인 33°C를 넘는 날은 없었다(Table 2).

Table 2. Profile of daily maximum values of heat stress indices in Ulsan and Daegu

Statistics	Daily max. dry temperature (°C)		Daily max. Heat index (°C)	Daily max. WBGT (°C)
	ASOS (n=5/6)	Workplace (n=20/17)	(n=15/-)	(n=20/17)
Mean	28.3/26.0	29.5/29.4	30.1/-	28.9/27.3
Standard deviation	1.59/2.25	1.40/2.12	1.18/-	0.95/1.69
Maximum	30.2/28.8	32.8/32.9	32.0/-	30.6/29.9
Minimum	29.0/23.1	26.8/25.6	28.0/-	27.1/24.1
No. of days exceeding each standard value ^a	0/0	0/0	0/-	5/3

^aNumber of days exceeding each standard value (dry temperature: 33°C, heat index: 32.8°C, WBGT: 28°C). Numbers are data for Ulsan/Daegu. ASOS; Automated Synoptic Observing System, WBGT; wet bulb globe temperature

열지수는 울산에서만 측정하였으며, 조사기간 중 ‘위험수준 보통 이상’기준인 32.8°C⁹⁾를 초과하는 날은 없었다(Table 2, Fig. 1). WBGT지수는 하루온도, 습구온도, 건구온도로 구성되어 있으므로, 현장의 기온과 대체적으로 연동하였다. 하루 최대 WBGT 지수가 조사기간 내내 울산의 조선소 및 대구의 건설현장에서 22°C를 넘었는데(Table 2, Fig. 1 & Fig. 2), 이는 열순화가 되어 있지 않은 작업자가 통상적인 작업복을 입고 기류를 느낄 수 없는 작업장에서 힘든 노동을 하는 경우의 기준이다. 또, 조사기간 동안 28°C를 넘는 경우도 울산에서 5회, 대구에서 3회로 총 8회(22%) 있었는데(Table 2), 이는 열순화가 된 작업자가 통상적인 작업복을 입고 보통 수준의 육체노동강도로 작업을 하는 경우의 기준이다. 또한 조사기간 동안 하루 최대 WBGT지수의 평균치는 울산에서 28°C를 넘었다(Table 2).

IV. 고 찰

온열환경지수 중 ‘기온’은 기상기후 조건을 설명하는 가장 중요한 인자이며 온열질환 발생을 예측하는데 어느 정도 기여한다. 그러나 기온은 기본적인 한 요소일 뿐이고 온열질환 발생에 영향을 미치는 데에는 그 밖의 여러 가지 온열 스트레스 요인들의 영향이 크다. 즉, 기온이 폭염주의보 또는 경보 시와 같이 높지 않더라도 다른 온열스트레스 요인에 의하여 온열질환이 발생할 수 있는 것이다. ‘열지수’는 기온과 습도를 함께 고려한 지수로, 기온이 같더라도 상대습도가 낮으면 땀이 쉽게 증발하여 열을 낮추는 작용을 하게 되고 상대습도가 높으면 땀이 잘 증발하지 않으므로 열을 낮추는 작용이 줄어들게 된

다. 그러므로 기온과 상대습도를 고려한 열지수는 온열질환의 위험도를 추정하기 위하여 기온만을 사용하는 것보다는 더 좋은 지표이며, 또 그렇게 복잡하지도 않은 장점이 있다.⁵⁻⁷⁾ ‘WBGT지수’는 온열 기본 6요소(기온, 상대습도, 기류, 복사열, 육체노동강도, 의복의 열 저항)를 모두 고려한 것으로 온열질환 위험도와 상관성이 높은 지수라고 알려져 있다.^{5,16)} 또한 열순화 여부도 고려하고 있어, 열순화가 되어 있지 않은 작업자가 통상적인 작업복을 입고 기류를 느낄 수 없는 작업장에서 힘든 노동을 하는 경우에는 22°C, 열순화가 된 작업자가 통상적인 작업복을 입고 기류를 느낄 수 있는 작업장에서 힘든 노동을 하는 경우에는 26°C, 열순화가 된 작업자가 통상적인 작업복을 입고 보통 수준의 육체노동강도로 작업을 하는 경우에는 28°C에서 온열질환의 리스크가 증가한다.¹⁶⁾ 역사적으로, 미군이 기온 대신에 WBGT지수를 여름철 군사훈련의 중지여부 기준으로 사용하기 시작하였으며¹⁷⁾ 또한 캐나다,¹⁸⁾ 일본,¹⁹⁾ 국제표준기구(International Organization for Standardization; ISO),¹⁶⁾ 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)²⁰⁾ 등이 근로자의 온열질환 예방을 위하여 WBGT지수를 기준으로 사용하고 있다.

이 연구에서는 조선업 및 건설업 작업장에서 WBGT 지수를 중심으로 옥외작업자의 온열환경을 직접 측정하였다. 측정결과, 조사기간 내내 WBGT지수가 22°C를 넘었고, 한낮에는 28°C를 넘는 경우도 있어 온열질환 발생 위험도가 높은 날이 많았다. 그러므로 개인적인 위험 요인이 겹쳐진다면 한여름뿐만 아니라 늦여름에도 온열질환이 발생할 가능성이 있다는 것을 보여준다. 따라서 더위가 물러갔다고 생각

하는 8월말 9월초에도 작업관리 또는 개인적 위험 요인관리 등 온열질환대책이 수행되어야 함을 의미한다.¹³⁾ 실제로 산업재해보상보험 요양자료 및 질병 관리본부의 온열질환 감시체계자료에서도 8월말에서 9월초에도 온열질환자 발생이 보고되고 있어 이를 뒷받침하고 있다.^{3,4)}

온열질환에 대한 산업보건학적 예방조치는 실내 작업자에 대하여는 WBGT지수를 측정하여 조치를 하도록 한국을 포함한 대부분의 나라에서 규정되어 있으나,⁹⁾ 옥외 작업자에 대하여는, 아직 공감대가 이루어져 있지 않고, 개별 국가마다 다른 산업보건규정을 운영하고 있다. 즉, 미국의 캘리포니아 주는 옥외작업 근로자를 고온환경으로부터 보호하기 위한 주법에서 기온을 기준으로 제시하고 있다. 일본은 옥외작업 근로자(건설업 등) 건강보호 지침인 통달에서 WBGT지수를 사용하도록 하고 있다.²¹⁾ 캐나다에서도 대부분의 주에서 WBGT지수를 제시하고 있고 일부 주에서는 humidex를 사용하기도 한다.¹⁸⁾ 한편, 미국의 다른 대부분의 주나 연방정부, 프랑스, 독일, 호주에서는 옥외근로자의 온열질환예방을 위한 사업주의 의무에 대한 일반적인 원칙을 제시하고 있으나, 구체적인 온열지수를 제시하고 있지는 않다.²²⁾

이 연구에서는, WBGT지수로 온열질환 발생 위험도가 높은 날이 많았으나, 기상청 기온이나 현장의 건구온도가 폭염주의보 기준인 33°C를 넘는 날이 없었으며, 열지수를 기준으로 할 때도 보통 이상의 위험도를 보이는 날은 없었다. 따라서 기온 또는 열지수보다는 WBGT지수가 온열질환 발생 위험도를 더 민감하게 반영함을 확인할 수 있었다. 이 결과는 고온에 노출된 옥외작업장에서 humidex가 그 측정 및 해석의 편의성에도 불구하고, 작업장에서의 온열질환 발생 위험성을 과소평가할 수 있다는 d'Ambrosio Alfano 등¹⁰⁾의 연구와 맥락을 같이 한다. 특히 하절기에는 조선소나 건설업 같은 옥외작업장에서 복사열에 상당한 정도의 육체노동강도가 동반되므로, 기온이나 열지수는 온열질환의 위험성을 과소평가할 수 있다는 기존의 결과와도 정합성이 있다.^{11,13,15)} 그밖에 같은 조선소 또는 건설현장 안이라도 개별 국소환경에 따라 기상청 기온과 현장에서 직접 측정한 기온 간에 상당한 차이가 있다는 점도 간과해서는 안 된다.

이 연구는 국내에서는 처음으로 대표적인 옥외작

업장이라 할 수 있는 조선업 및 건설업 현장의 온열환경에 대해 직접 측정하였고 여러 온열지수를 비교 평가하였으며, 옥외작업장에서의 온열환경 관리 방안을 제시했다는 점에 의의가 있다. 그러나 이 연구의 제한점은 본격적인 폭염 시기에도 온열지수를 측정하여 비교할 수 없었다는 것과 울산과 대구를 동시에 측정하지 못한 점이다.

V. 결 론

더위가 물러가는 8월말과 9월초에도 온열질환 발생 위험이 높은 날이 있음을 확인하였으므로, 옥외작업 근로자를 대상으로 하는 온열질환 예방대책은 늦여름까지 수행될 필요가 있다. 그리고 가급적 옥외작업현장에서 직접 WBGT를 측정하여, 이를 기준으로 온열질환예방대책을 수행하는 것이 바람직하다.

감사의 글

이 연구는 산업안전보건연구원의 지원(2015-연구원-1081)에 의하여 이루어졌음

References

1. Korea Meteorological Administration. 2012 Workshop on National Climate Change Scenario; 2012.
2. Korea Meteorological Administration. 2015 Forum on Heat Wave: Still Killer, Current Status and Measures; 2015
3. Korean Center for Disease Control and Prevention. Report on Heat-Related Illness due to Heat Wave; 2014.
4. Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). Data base of industrial accident statistics; 2010-2014.
5. Sawada S. Current Status of Heat Illness and its Prevention. Tokyo: Kyorin Shoin; 2015.
6. Humidex group. Humidex. Available: <http://www.humidex.ca/> [accessed 21 November 2015]
7. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Using the Heat Index: A Guide for Employers. Available: https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/ [accessed 21 November 2015]
8. Jung EG. KOSHA GUIDE on Management of Work Environment Exposed to Heat (KOSHA

- GUIDE W-12-2012). KOSHA; 2012.6.
9. Korean Ministry of Employment and Labor. Threshold Limit Value of chemical and physical agents. 2016. Available: [www.moel.go.kr/download.jsp?type=/bbs/&file...No. 38\).hwp](http://www.moel.go.kr/download.jsp?type=/bbs/&file...No. 38).hwp) [accessed 21 January 2016]
 10. d'Ambrosio Alfano FR, Palella BI, Riccio G. Thermal environment assessment reliability using temperature-humidity indices. *Ind Health*. 2011; 49(1): 95-106.
 11. Pradhan B, Shrestha S, Shrestha R, Pradhanang S, Kayastha B, Pradhan P. Assessing climate change and heat stress responses in the Tarai region of Nepal. *Ind Health*. 2013; 51(1): 101-12.
 12. Nag PK, Dutta P, Nag A. Critical body temperature profile as indicator of heat stress vulnerability. *Ind Health*. 2013; 51(1): 113-22.
 13. Sheffield PE, Herrera JG, Lemke B, Kjellstrom T, Romero LE. Current and future heat stress in Nicaraguan work places under a changing climate. *Ind Health*. 2013; 51(1): 123-7.
 14. Heidari H, Golbabaie F, Shamsipour A, Rahimi Forushani A, Gaeini A. Outdoor occupational environments and heat stress in IRAN. *J Environ Health Sci Eng*. 2015; 13: 48.
 15. Venugopal V, Chinnadurai JS, Lucas RA, Kjellstrom T. Occupational heat stress profiles in selected workplaces in India. *Int J Environ Res Public Health*. 2015; 13(1): 89.
 16. ISO 7243 Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index 1989
 17. Yaglou CP, Minard D. Control of heat stress casualties at military training centers. *Arch Ind Health*. 1957; 16: 302-13.
 18. Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS). Working in Hot Environments: Health & Safety Guide. 1st edition; 2005
 19. Japanese Ministry of Health, Labor and Welfare. Administrative order on prevention of heat-related disease. 2009. Available: <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000029dal-att/2r98520000029dcb.pdf> [accessed 17 February 2016]
 20. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 7th ed. Cincinnati (OH): ACGIH; 2015.
 21. Cal/OSHA. Heat illness prevention. 2015. Cal/OSHA. Available: <http://www.dir.ca.gov/dosh/heatillnessinfo.html> ([accessed 17 February 2016])
 22. Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI). Occupational health protection strategies for outdoor workers exposed to heat, cold, and fine particles. OSHRI; 2015. (2015-OSHRI-1081)