

労災疾病臨床研究事業費補助金

屋内作業に適した職場における熱中症予防方法等  
に関する研究

(210601-01)

令和3年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 堀江 正知

令和4年(2022年)3月

## 目 次

### I 総括研究報告

屋内作業に適した職場における熱中症予防方法等に関する研究 .....	1
研究代表者 堀江 正知	

### II 分担研究報告

1 WBGT 計等を用いた調理場における暑熱リスクの評価 .....	7
研究協力者 嶋崎 優	
2 屋内作業場における WBGT 値による暑熱リスクの評価.....	18
研究協力者 藤原 みさ	
3 高齢者介護福祉施設内の調理場における環境測定 .....	32
研究分担者 永野 千景、宮内 博幸	
4 WBGT 計等を用いたリネン室における暑熱リスクの評価 .....	48
研究協力者 嶋崎 優	
5 IoT システムによる熱中症リスク低減の有効性についての研究 .....	57
研究分担者 宮内 博幸	
6 屋内作業場における暑熱環境の実態と対策 .....	66
研究分担者 永野 千景、研究協力者 嶋崎 優	
7 屋内作業に適した職場における熱中症予防についての専門家による意見 (第一次職場改善策検討会開催報告) .....	72
研究分担者 永野 千景	
8 休業 4 日以上熱中症による労働災害に関する検討 .....	76
研究協力者 前田 妃	
9 屋内熱中症事例に関する文献調査 .....	87
研究協力者 嶋崎 優、前田 妃	
10 屋内作業場における暑熱環境下作業時の生体データ測定 .....	92
研究分担者 丸山 崇	
11 屋内事業場における熱中症予防対策のアンケートによる実態調査アンケートの作成 .	103
研究協力者 藤原 みさ	
12 屋内・屋外暑熱職場における暑熱データ実測値と気象官署データの比較 .....	108
研究協力者 田中 里穂	

III 研究成果の刊行に関する一覧表.....	118
-------------------------	-----

## 研究代表者

堀江 正知 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学

## 研究分担者

宮内 博幸 産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学  
丸山 崇 産業医科大学 医学部 第一生理学  
真船 浩介 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業精神保健学  
永野 千景 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学

## 研究協力者

田中 里穂 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学  
嶋崎 優 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学  
前田 妃 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学  
藤原 みさ 産業医科大学 産業医実務研修センター

## I 総括研究報告

### 屋内作業に適した職場における熱中症予防方法等に関する研究

研究代表者 堀江 正知

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 教授

#### 研究要旨

本研究は、屋内作業場における温熱条件を客観的に把握して、発熱源、熱上昇気流、服装、人的密集等の熱中症のリスク要因を分析し、屋内暑熱職場の WBGT を合理的に推定する方法や屋内作業場の特性に応じて実現可能な熱中症予防対策を提案することを目的とした。調理場、食堂、リネン室、介護福祉施設等においてフィールド調査を実施して、屋内作業場における WBGT 等の暑熱指標と熱中症のリスクを評価し、「第一次職場改善策検討会」を開催し、置換換気や大型扇風機の導入等による職場環境改善、人的密集の解消等の作業方法改善、電動ファン付き作業服等の保冷用品利用といった観点から実現可能な職場改善策が提案された。休業 4 日以上となる熱中症による労働災害の分析によって、休業 14 日以上となる要因として高年齢であることが環境要因よりも大きなリスクであることが明らかとなった。北海道から福岡までの 6 事業場における暑熱データ実測値と最寄りの気象官署データを比較した結果からは、屋内では、午後に太陽照射により温められた屋根と壁からの輻射熱があること、夜間に屋根によって放射冷却が妨げられること、直射日光が当たる場所では黒球温度が上昇すること、屋外では、午後には建物の近くで WBGT が高くなる傾向があることが明らかとなった。

宮内 博幸

産業医科大学 産業保健学部

作業環境計測制御学 教授

丸山 崇

産業医科大学 医学部 第一生理学

准教授

真船 浩介

産業医科大学 産業生態科学研究所

産業精神保健学 講師

永野 千景

産業医科大学 産業生態科学研究所

産業保健管理学 助教

#### A. 研究目的

業務上疾病としての熱中症は屋内でも多数発生していることから、屋内作業場における熱中症のリスク要因を整理して、WBGT を実測できない小規模事業場等においても実効性が期待できる対策を検討する必要がある。

本研究は、屋内作業場における温熱条件を客観的に把握して、発熱源、熱上昇気流、服装、人的密集等の熱中症のリスク要因を分析し、屋内暑熱職場の WBGT を合理的に推定する方法を開発し、屋内作業場の特性に応じて実現可能な熱中症予防対策を

提案することを目的とした。

第1年度(令和3年度)は、屋内作業場における暑熱な職場や作業の実態を把握し、先行研究の知見を整理し、WBGTを屋内外で実測して最寄りのアメダス測定点と比較することを目的とした。

第2年度(令和4年度)にかけて、WBGTの実測値、換算値、気象観測値との差が生じる原因を探究して、発熱源の種類、熱上昇気流や人的密集の程度その他の温熱条件に基づく職場特性を類型化して、合理的なWBGT推定表を作成するとともに、職場特性に応じた職場環境改善、作業方法改善、保冷用品利用のうち実現可能な職場改善対策(発熱源の除去、輻射の遮断、熱風の排出、作業の遠隔化、人的密集の緩和、局所冷却設備・冷却用保護具の活用、大型送風機の活用等)を提案する予定である。

## B. 研究方法

まず、屋内温熱環境調査及び服装調査として、調理場、食堂、リネン室、介護福祉施設等において、作業時の服装を調査し、WBGT計、赤外線温度計、気流計を用いて温熱条件を調査し対策を検討した。具体的には、「WBGT計等を用いた調理場における暑熱リスクの評価」では、令和3年の梅雨期間中、梅雨明け後～8月上旬、8月中旬以降の3期間に各2～5日間、調理場において気温、調理機器・設備の表面温度、調理場上部空間の温度、相対湿度、WBGT、風速、気流等の温熱指標を連続測定して、実態を把握した。「屋内作業場におけるWBGT値による暑熱リスクの評価」では、本研究は

複数の業種の屋内作業場において、梅雨、梅雨明け後～8月上旬、8月中旬以降の3期間、WBGT計を用いた環境測定を実施し、暑熱環境の実態を把握した。

「高齢者介護福祉施設内の調理場における環境測定」では、高齢者介護福祉施設の環境測定と作業状況についての実態調査を行った。また、「WBGT計等を用いたリネン室における暑熱リスクの評価」では、リネン室における温熱環境調査を行った。「IoTシステムによる熱中症リスク低減の有効性についての研究」では、厨房において、気温、相対湿度の計測データをモバイルネットワークによりインターネットへ接続して管理できるシステムを利用してリアルタイムで一元管理する方法の効果について検討した。

次に、「屋内作業場における暑熱環境の実態と対策」では、「職場における熱中症予防基本対策要綱(令和3年4月20日付け基発0420第3号、同年7月26日一部改正)」に記された職場環境改善、作業方法改善、保冷用品利用等について、屋内作業場において実施可能な事項を網羅的に整理した。

そして、「屋内作業に適した職場における熱中症予防についての専門家による意見」では、労働衛生コンサルタント(労働衛生工学)及び屋内空調設備専門家(高砂熱学工業株式会社技術責任者)を招聘して「第一次職場改善策検討会」を開催し、職場環境改善、作業方法改善、保冷用品利用などの観点から、発熱源の種類、熱上昇気流の存在、人的密集の有無、その他の温熱

条件に応じて実現可能な職場改善策を探索した。

そして、「休業4日以上の中熱症による労働災害に関する検討」では、厚生労働省労働基準局が把握している2016年から2020年の全国における中熱症による休業4日以上又は死亡の労働災害3,944事例を分析し、それらと発生時点の最寄りの気象官署における測定データを突合して、発生場所、業種、温熱条件、被災者の性・年代等による解析を行った。

「屋内の中熱症事例に関する文献調査」では、屋内の中熱症に関する文献を、屋内、調理場、倉庫などの16ワードと、中熱症、体温上昇、意識障害などの19ワードとを組み合わせて検索し、文献を抽出した。

「屋内作業場における暑熱環境下作業時の生体データ測定」では、厨房で調理作業を行う健康成人男性3名に対し、ポータブル温熱計によるWBGT、温度、相対湿度、心拍数、胸部体表温を計測した。また、主観的な作業負荷と暑熱負荷を尋ね、作業内容と主観的作業負荷を経時的に記録させた。このうち2名に対して中熱症予防対策としてポータブルファンを使用した際の計測を行った。

そして、「屋内事業場における中熱症予防対策のアンケートによる実態調査」では、屋内作業場における中熱症対策の現状を把握するためのアンケート調査の内容について検討した。

最後に、「屋内・屋外暑熱職場における暑熱データ実測値と気象官署データの比較」では、北海道室蘭市、群馬県太田市、神奈川県横浜市、大阪府堺市、福岡県北九

州市の合計6事業場において、梅雨期間中、梅雨明け後・盆前、8月中旬以降に、事業場の屋内外でWBGTを2～5日間にわたり24時間連続測定し、最寄りの気象観測地点における測定値（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition System：自動気象データ収集システム、以下、アメダス値）と比較した。

### C. 研究結果

まず、「WBGT計等を用いた調理場における暑熱リスクの評価」では、調理器具のほか、食器洗浄機、配膳車等が熱源となってWBGTが上昇すること、調理や洗浄等の作業において水蒸気への曝露があること、スポットクーラーや全体換気等の設置や稼働状況に課題があること等を観察した。WBGTの実測値と最寄りの気象官署データの値とを比較したが、両者の関連性は低かった。「屋内作業場におけるWBGT値による暑熱リスクの評価」では、屋内作業の業種によって熱源や全体空調・風通しの有無、作業着や保護具の着用状況、身体作業強度といった中熱症のリスク因子は大きく異なっていた。「高齢者介護福祉施設内の調理場における環境測定」では、調理場での調理作業や浴場での介助作業等の身体負荷の高い作業で中熱症発生リスクが存在すると推測された。「WBGT計等を用いたリネン室における暑熱リスクの評価」では、プレス機や配管からの輻射熱が観察された。「IoTシステムによる中熱症リスク低減の有効性についての研究」では、クラウドサービスを使用してリアルタイムで

観察し自動的に記録し、スマホやPCの画面にて全てのデータを確認できた。たとえば、厨房内配膳室と厨房内のスープ・ケトル調理位置における気温の上昇を確認した。また、設定値を越えた状態が続いた場合はメールでアラートが通知されるシステムが提案された。

次に、「屋内作業場における暑熱環境の実態と対策」では、WBGT値の低減や休憩場所の整備等の作業環境管理、作業時間の短縮、暑熱順化、水分及び塩分の摂取、服装の改善、作業中の巡視等の作業管理、健康診断結果に基づく対応や日常の健康状態の確認等の健康管理、労働衛生教育、救急処置に関して屋内作業場でも実施可能な事項を整理した。

そして、「屋内作業に適した職場における熱中症予防についての専門家による意見」で実施した「第一次職場改善策検討会」では、食品業では窯の近傍は暑熱リスクが高いこと、害虫や埃への対策、温水の使用などが課題となるなど作業環境管理及び作業管理の点から熱中症予防と食品衛生の両立が困難な実態があることが指摘された。施設や設備の対策が可能であれば、置換換気方式を導入することがWBGTを低減させるうえで有効であることが指摘された。また、神奈川県及び埼玉県における調理職場の事例として、大型扇風機の導入、設定温度の調整、調理師への教育、電動ファン付き作業服の導入などを検討した。倉庫業や製造業では屋外環境とのレイアウト上の関係性や建築物の構造上の特性、作業者の配置や作業負荷の変動制から、

暑熱リスクは高いが対策が不十分となりやすいといった課題が挙げられた。

そして、「休業4日以上の中熱症による労働災害に関する検討」では、休業日数が14日以上となる要因として高年齢であることが環境要因よりも大きなリスクであることがわかった。

そして、「屋内の中熱症事例に関する文献調査」では、屋内の中熱症に関する文献を収集し、作業環境、作業時間、冷却用保護具等の熱中症予防対策に関する知見を整理した。

そして、「屋内作業場における暑熱環境下作業時の生体データ測定」では、作業内容を「調理」「配膳」「片付け（洗浄）」「休憩」に分けた場合、特に調理作業において、一時的にWBGTが30℃を超える作業があり、体表温、心拍数が上昇する傾向が見られ、自覚的にも暑熱負荷、作業負荷が増大していた。休憩時には、心拍数は低下し、身体負荷の低減が行われていた。ポータブルファンを使用した際の計測では、明らかな負荷軽減は認めなかった。

そして、「屋内事業場における熱中症予防対策のアンケートによる実態調査」では、第2年度に様々な業種を対象に実施する予定のアンケートの調査票を作成した。

最後に、「屋内・屋外暑熱職場における暑熱データ実測値と気象官署データの比較」では、太陽照射により温められた屋根及び壁からの暑熱曝露によって、午後に、室内実測値が最寄のアメダス地点の公表値より上昇する時間帯があること、放射冷却が妨げられた夜間は一貫して実測値がアメダス値よりも高いことを明らかにし

た。晴天の屋外ではアメダス値と実測値はほぼ一致していたが、雨天で WBGT 機器が雨水に濡れた後は黒球温度が一定期間低くなる傾向を認めた。また、7・8月の午後には屋外の建物近くで WBGT 実測値が高くなる傾向を認めた。屋内の測定点であっても直射日光が当たる場所では黒球温度が急激に上昇した。屋内の測定点では WBGT のピークが発生する時刻が実測値のほうがアメダス値より遅延する傾向を認めた。

#### D. 考察

調理場、理念室、介護福祉施設、倉庫等の屋内作業場における WBGT 上昇の要因として、熱源の状況、作業者の密集状況、作業内容が大きく影響していると考えた。WBGT 値の低減対策としては、気流の確保、熱源からの隔離の確保、作業服の見直し等が提案できる可能性があると考えた。また、倉庫等で窓が少ない施設においては、窓から差し込む直射日光の影響を考慮する必要性が少なくなるが、建物全体の屋根や壁面の保温状態からの輻射熱による影響を考慮する必要があると考えた。実際の対策としては、作業環境面や作業管理上の対策が困難なことに加え、雇用形態や事業場の規模、労働者の背景も多様であることも考慮したうえでの対策を検討することが重要と考えた。特に、調理場では、HACCP に沿った衛生管理が求める滅菌設備との両立が重要であった。施設や設備の対策が可能であれば、置換換気方式を導入することで WBGT を低減させることが効果的であると考えた。スポットクーラー

や送風機付き作業服を活用する際にも室内の気流を留意することが重要と考えた。これらの対策の効果を検証するうえで、環境計測データや生体モニタリングデータを通信方式によりリアルタイムで管理する方法は有効であると考えた。

休業 4 日以上の中熱症による死傷者の解析結果によれば、環境要因の影響が統計上有意ではなかったが、屋外の事例に限定し、性・年代を調整したうえで評価するなどさらなる解析を行う必要があると考えた。また、できれば休業 4 日未満の事例も調査対象に含めて解析することが望ましいと考えた。

気象官署データから WBGT を予測するうえでは、屋内では、午後に太陽照射により温められた屋根と壁からの輻射熱があること、夜間に屋根によって放射冷却が妨げられること、直射日光が当たる場所では黒球温度が上昇することに留意する必要があると考えた。また、屋外では、午後には建物の近くで WBGT が高くなる傾向があることに留意する必要があると考えた。

#### E. 結論

屋内作業場における WBGT の低減対策として、置換換気設備の導入、窓から差し込む直射日光の遮断、気流の確保、熱源からの隔離の確保、作業服の見直し等が提案できる可能性がある。また、午後に建物全体が蓄熱することの影響を考慮した作業計画が重要である。また、スポットクーラーや送風機付き作業服を導入する際は、作業場の特性に合わせて留意すべき事項を整理する必要がある。

**F. 健康危険情報**

なし

**G. 研究発表**

(各章に記載)

**H. 知的財産権の出願・登録状況**

なし

**I. 引用文献**

(各章に記載)

## II 分担研究報告

### 1 WBGT 計等を用いた調理場における暑熱リスクの評価

研究協力者 嶋崎 優

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 産業医学修練医

#### 研究要旨

食品業における代表的な暑熱職場と考えられる調理場において、2021年の梅雨期間中、梅雨明け後～8月上旬、8月中旬以降の3期間に、気温、調理機器・設備の表面温度、調理場上部空間（天井付近）の温度、相対湿度、WBGT、風速、気流等の温熱指標を各2～5日間、測定した。このうち、WBGTについては屋内調理場での実測値、同調理場での気温・相対湿度から得られるWBGT換算・推定値、最寄りの屋外観測点における気象官署データによって得られた値とを比較し、調理場における暑熱リスクを推測できるかを検討した。その結果、調理場のWBGT実測値は、気象官署データとは関連性が低かった。理由として、調理場の温熱指標の変動は、屋外の環境よりも、調理場内の熱源の稼働状況や作業者の密集状況、作業内容により影響を受けている可能性が考えられた。このことより、WBGT値を低減対策として、適切な気流の確保や熱源からの隔離、作業服の見直し等が提案できると考えた。

#### A. 研究目的

熱中症は屋外だけでなく、屋内環境での発生例が少なくない。屋内環境においては、熱源近くの環境や高温多湿と考えられる環境で多く発生している。これらに該当する調理職場のうち、集団給食施設では、HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Point）に基づく衛生管理が行われている。調理工程の中で洗浄や殺菌は頻回に行われており、大量の水が使用される。発熱源からの熱気を含む室内上昇気流に加え、作業員には保護衣の着用が義務づけられていることから、作業員への熱ストレスはかなり高いことが推定される。

本研究では、調理職場における温熱条件を客観的に把握し、発熱源や気流等の暑熱リスクを評価することを目的とした。

#### B. 研究方法

WBGT計（AD-5695DL, A&D社製）を用いて、2021年6～9月のうち、①梅雨期間、②梅雨明け～8月上旬、③8月中旬以降の3期間で各5日間（24時間、1分毎）、WBGT等を測定した。測定データは各時刻の0～9分時点での数値の平均を時間値とし、1測定箇所につき1日で24個、1期間で120個、3期間で360個のデータを集約した。測定場所として、某医療機関における調理場（図1）を選定した。調理場では、1食あたり約450人分を調理しており、稼働時間は平日、土日祝ともに2時30分～15時頃であり、中でも2時30分～4時、7～9時、12～14時頃は稼働がピークに達する。空調として全体空調、独立空調、スポットクーラー、換気扇が導入

されていた。全体空調は 24 時間稼働しており、22℃に温度設定されていた。独立空調は 20℃に温度設定されていた。排水方法は、床に設けた排水溝に間接排水するウェット方式が採用されていた。

図 1 の通り、コンロ、配膳車、盛り付けコンベア、熱風消毒保管庫等、炊飯器の熱源付近に前述の WBGT 計を設置して測定を行った。スポットクーラーや換気扇付近では、純水ミスト発生器による気流測定と、放射温度計 (AD-5616, A&D 社製)、赤外線サーモグラフィカメラ (R450Pro、日本アビオニクス(株)社製) による表面温度の測定を行った (図 2)。各測定箇所における WBGT 値を用い、測定箇所から 4km 地点に位置する地域気象観測所における観測値 (以下、アメダス観測値) との比較や、熱源や空調の有無による比較を行った。

### C. 研究結果

各測定箇所の①梅雨期間、②梅雨明け～8月上旬、③8月中旬以降の3期間におけるそれぞれの WBGT 値のグラフを図 3 に示す。消毒保管庫付近では、WBGT 値が 30℃を超える時間帯も見られた。

各測定箇所における日内変動を見るために、5 日分の WBGT 値の時間値を平均し、これを測定期間ごとに比較した結果を図 4 に示す。コンロ付近では、3 時、11～13 時頃の調理のピーク時間帯に WBGT 値が上昇する傾向が見られた (図 4-1)。配膳車と盛り付けコンベア付近では、朝食、昼食、夕食の配膳時間帯である 6 時、11 時、17 時頃に WBGT 値が上昇する傾向が見られた。配膳時間帯には、従業員がコンベアに集まり、食事の盛り付けと配膳車へ

の運搬を行っており、人の密集も認められた (図 4-2、4-3)。熱風消毒保管庫付近では、2 時、11 時、15 時、21 時頃の稼働のピーク時間帯に WBGT 値が上昇する傾向が見られた。炊飯器付近では、WBGT 値は日中には大きな変化は見られず、20 時頃に下がる傾向が見られた。

赤外線サーモグラフィカメラによる表面温度測定の結果を図 6 に示す。コンロ付近では、稼働時の表面温度は 60℃程度であった。回転釜付近では、回転釜の表面温度は 50℃程度、配管の表面温度は 60℃程度であった。

調理場における気流測定では、スポットクーラーの気流が作業者に届いていない箇所が見られた (図 6-1)。管理者および作業者にヒアリングを行ったところ、配膳車エリアのスポットクーラーは、人に対してではなく、機械のオーバーヒートを防ぐことを目的として配膳車に対して風を当てているとのことだった。また、スポットクーラーと換気扇の位置が近い箇所では、換気扇周囲の気流の滞留が見られた (図 6-2)。スポットクーラーの吹き出し口の表面温度を放射温度計で測定したところ、大半の吹き出し口では気流が 24～26℃程度に冷却されていたが、一部で 30℃近くを示した箇所も見られた (図 6-3)。

### D. 考察

調理場における各測定箇所の WBGT 値の日内変動は、アメダス観測値とは関連性が低いと考えられた。その理由として、測定箇所が全て屋内であることや、熱源の稼働状況や人の密集などの作業内容が影響している可能性が考えられた。

WBGT 値が上昇した要因や対策について、適切な気流の確保、熱源からの隔離、作業服の見直しの3点についてそれぞれ考察する。

### 1 適切な気流の確保

今回の測定では、作業員までスポットクーラーの気流が十分に届いていない箇所を数か所認めた。配膳車エリアでは、天井に設置されているスポットクーラーの気流は、作業員の頭の高さまでは十分に届いていなかった。スポットクーラーは、本来、作業員の体温上昇の防止のために使用されるものであるため、設置方法や場所の見直しが必要であると考えた。また、スポットクーラーと換気扇が近接している場所では気流の滞留が見られたことや、一部のスポットクーラーでは気流の冷却が不十分であった箇所も見られた点からも、配管の見直しが必要であると考えた。さらに設備面として、調理場の排水方式は、床下にピットを設置し、シンクや回転鍋から直接ピットに排水するドライ方式と、床に設けた排水溝に間接的に排水するウェット方式がある(図7)。ウェット方式は床の排水溝より蒸気が上がり、作業区域の温度や湿度が上昇する傾向がある。今回、測定を行った調理場ではウェット方式が採用されており、排水方式をドライ方式へ転換することも作業環境改善策の一つであると考えた。

### 2 熱源からの隔離

調理の工程上、大半の場所で熱源から作業員を隔離するのは難しいが、その中でも配膳車エリアのレイアウトの見直しについて考察した。配膳作業では、配膳準備の時間

帯に配膳車を図1の通り、1か所に集めて、稼働を開始する。配膳車内は保冷・保温機能が備わっているが、放射温度計で測定した配膳車の表面温度は42℃程度であり、一部の熱が外気に漏れ出ていることが示唆された。これにより配膳車付近のWBGT値が一過性に上昇した可能性がある。配膳車の待機エリアを作業場から遠ざけるなどの対策が必要であると考えた。

### 3 作業服の見直し

建設業や製造業の作業場では、電動ファン付き作業服の使用が普及しているが、調理場では、衛生面の観点から作業服に制限がある場合が多い。そのため、洗濯が可能で、袖口部分に絞りがついている電動ファン付き作業服が上市されており、それらの導入が期待される。

## E. 結論

調理場においてWBGTを用いた環境測定を実施した。これらの実測値は、屋外の気象官署データとは関連が低かったが、調理設備等の熱源の稼働状況や人の密集などの作業内容といった要因に影響を受けており、これらを踏まえた改善対策を提案できると考えた。

## F. 健康危険情報

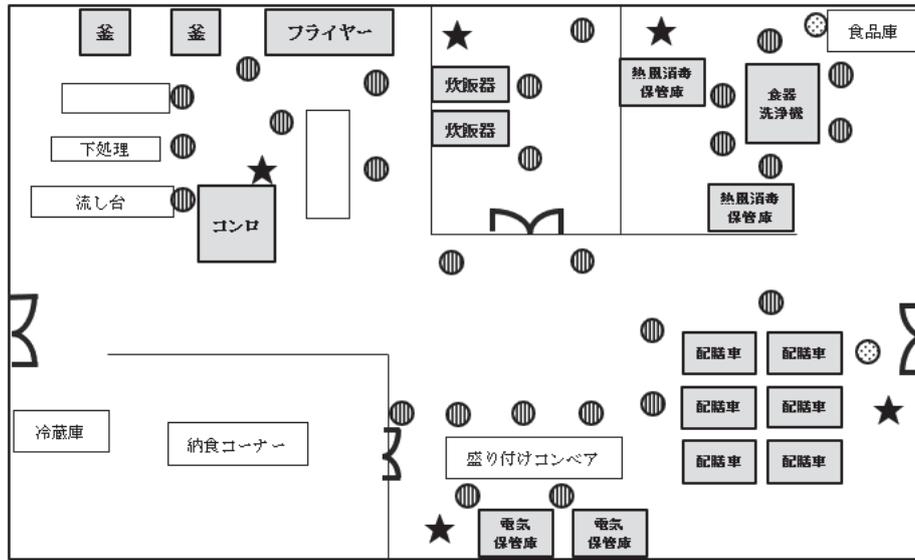
なし

## G. 研究発表

The 33<sup>rd</sup> International Congress on Occupational Health, ICOH, in Melbourne-Rome global digital congress, 6-10 February, 2022

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし



- ★ : 測定箇所
- : 熱源
- ⊖ : スポットクーラー
- ⊖⊖ : スポットクーラー (7/29より増設)

図1 調理場の見取り図



図2 測定風景

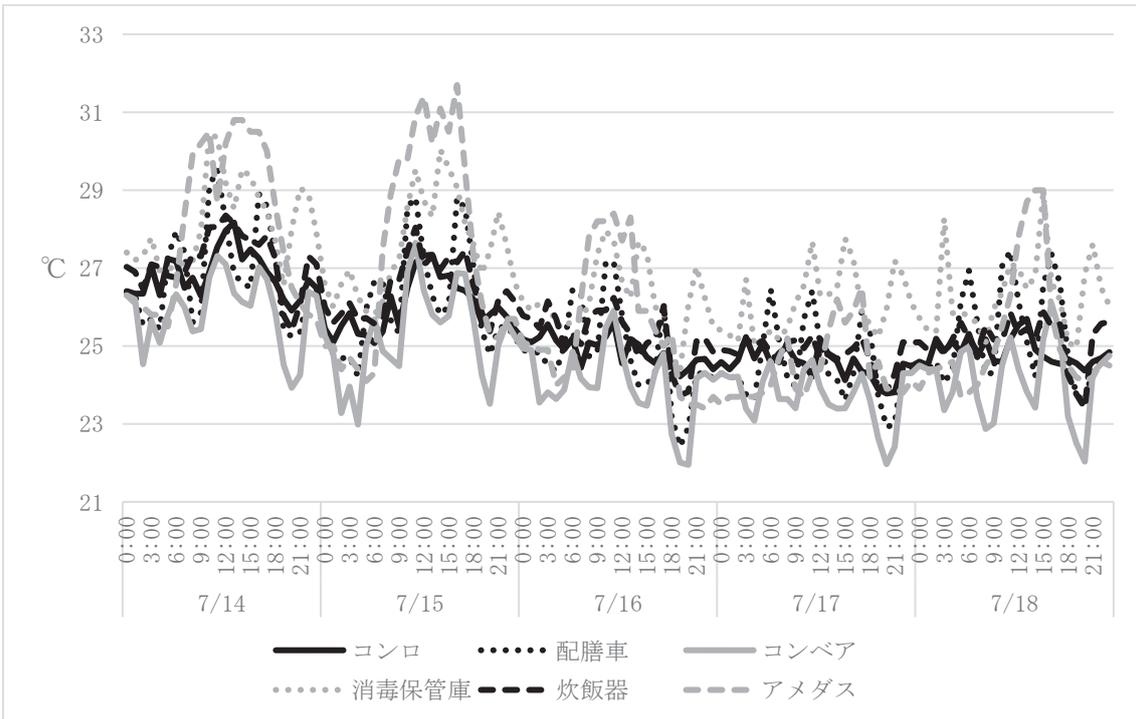


図 3-1 梅雨期間における各測定箇所の WBGT 値

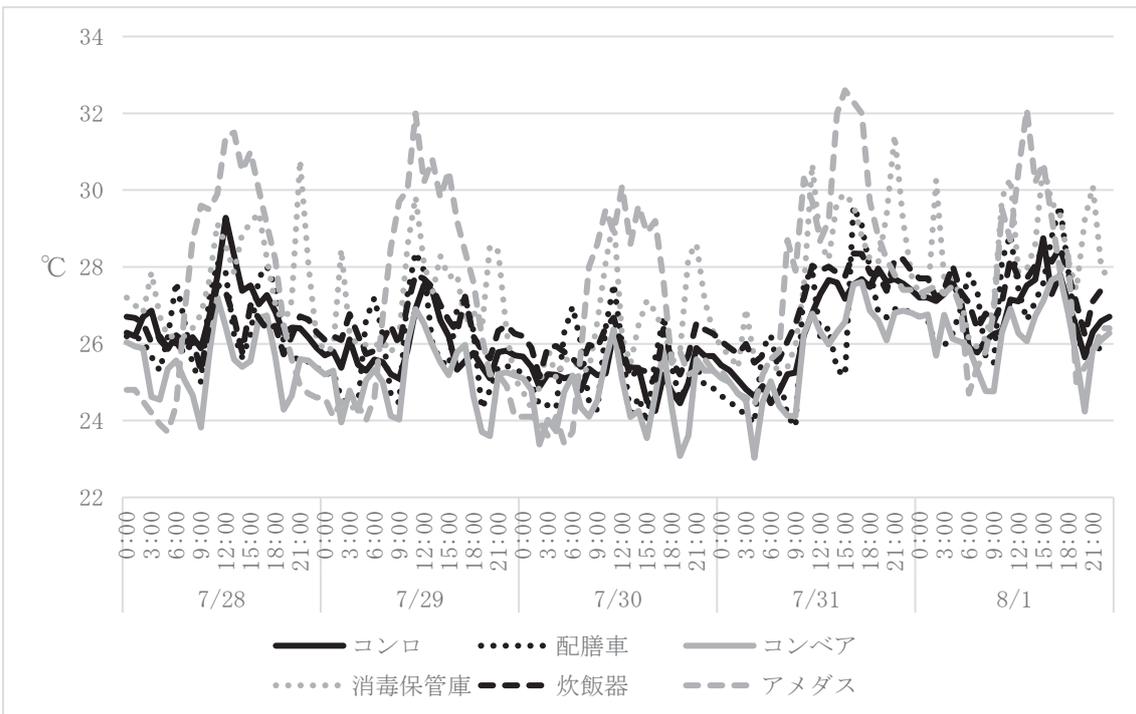


図 3-2 梅雨明けの期間における各測定箇所の WBGT 値

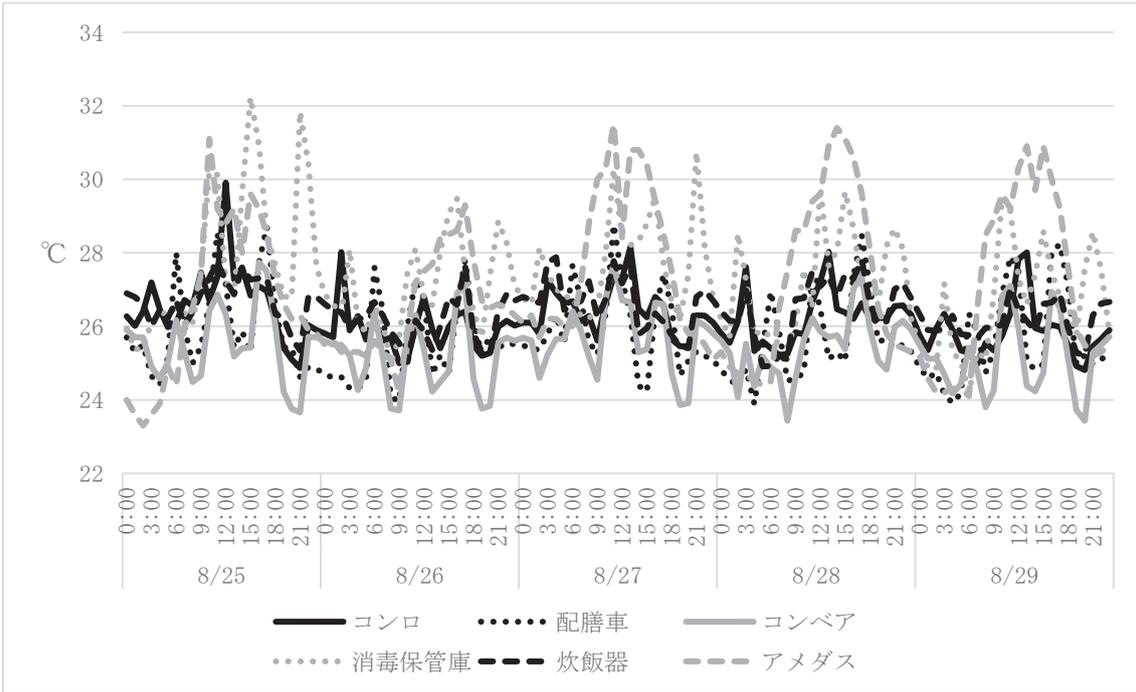


図 3-3 8月中旬以降の期間における各測定箇所の WBGT 値

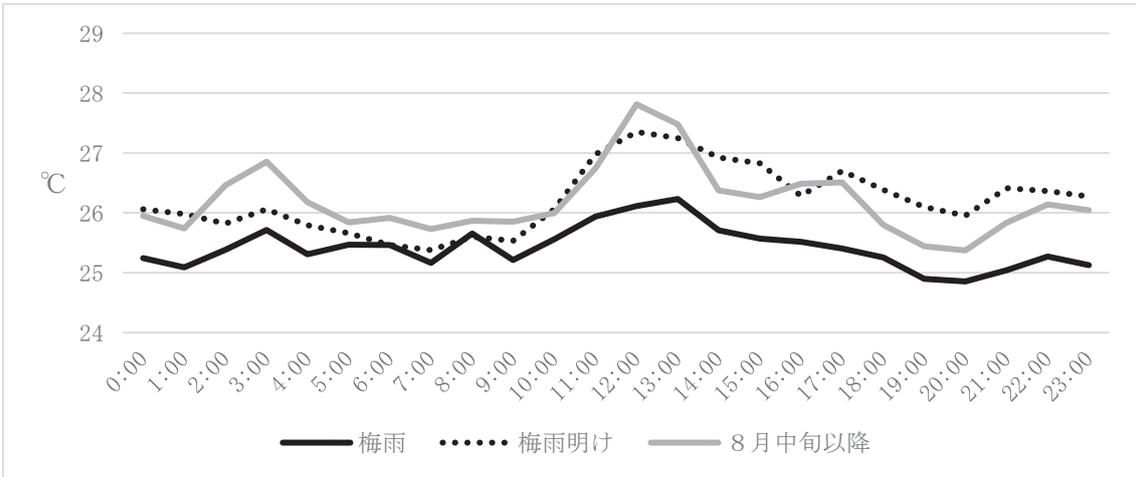


図 4-1 コンロ付近の WBGT 値の日内変動

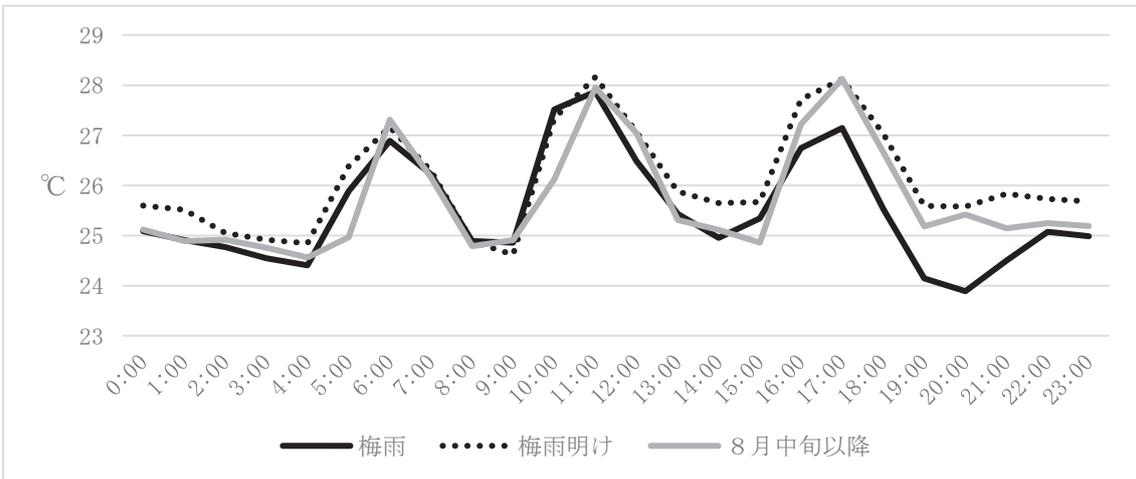


図 4-2 配膳車付近の WBGT 値の日内変動

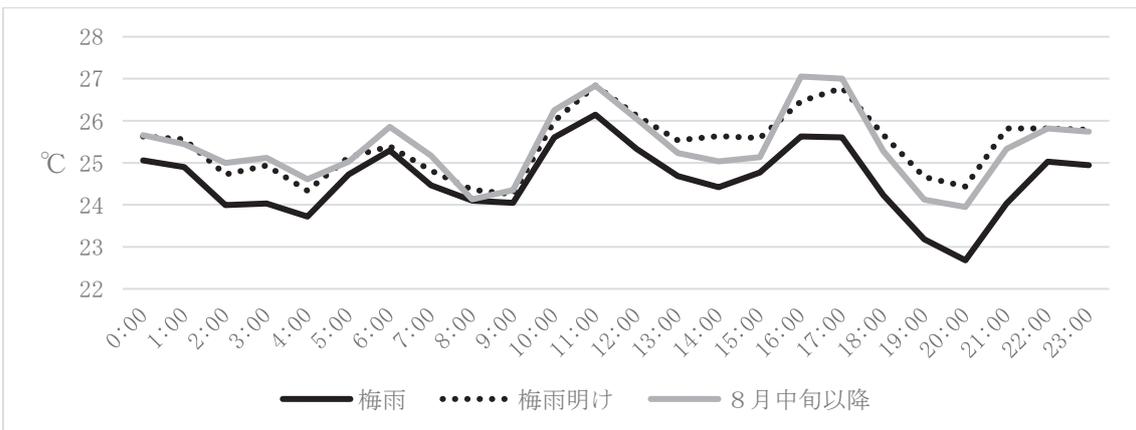


図 4-3 コンバエ付近の WBGT 値の日内変動

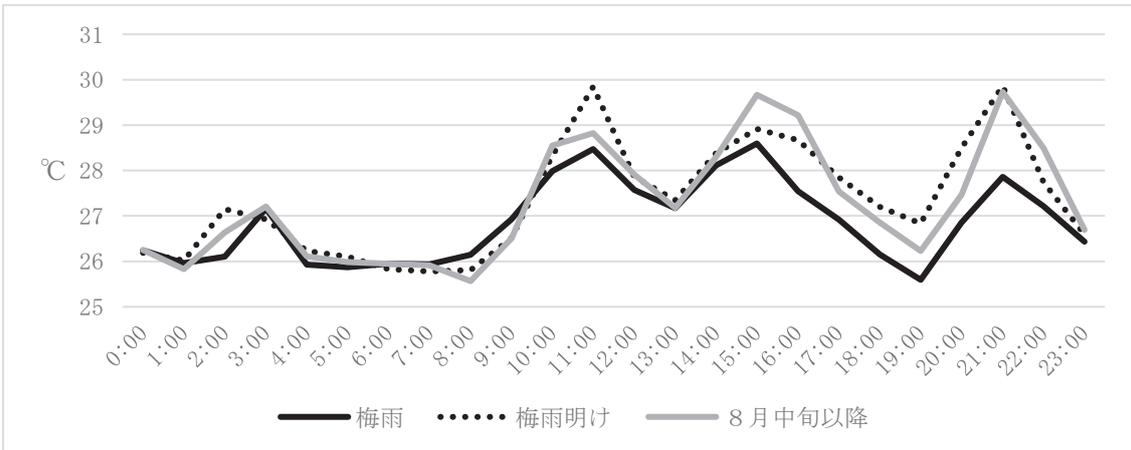


図 4-4 消毒保管庫付近の WBGT 値の日内変動

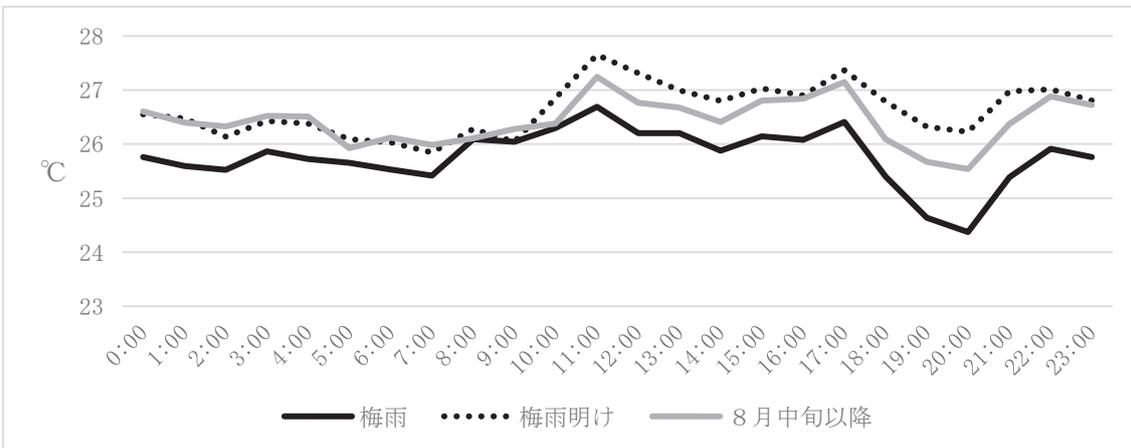


図 4-5 炊飯器付近の WBGT 値の日内変動

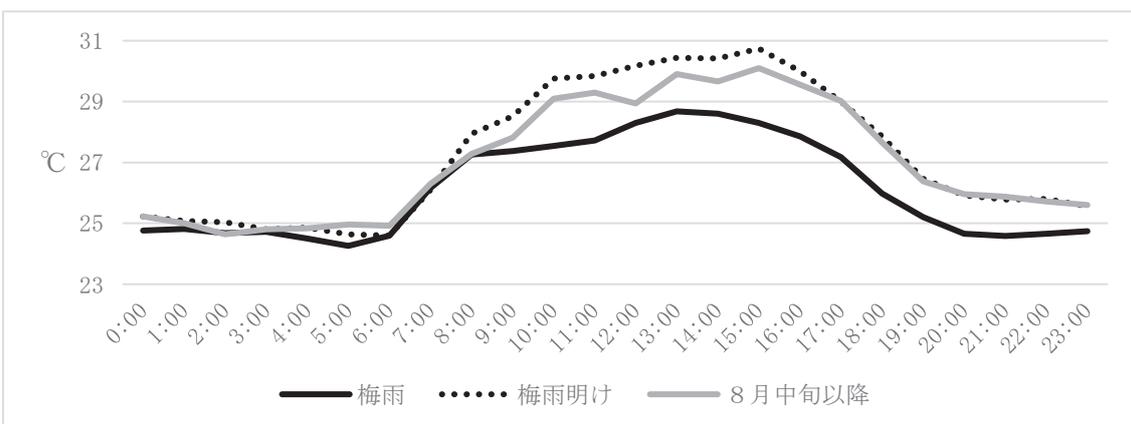


図 4-6 アメダスによる WBGT 値の日内変動

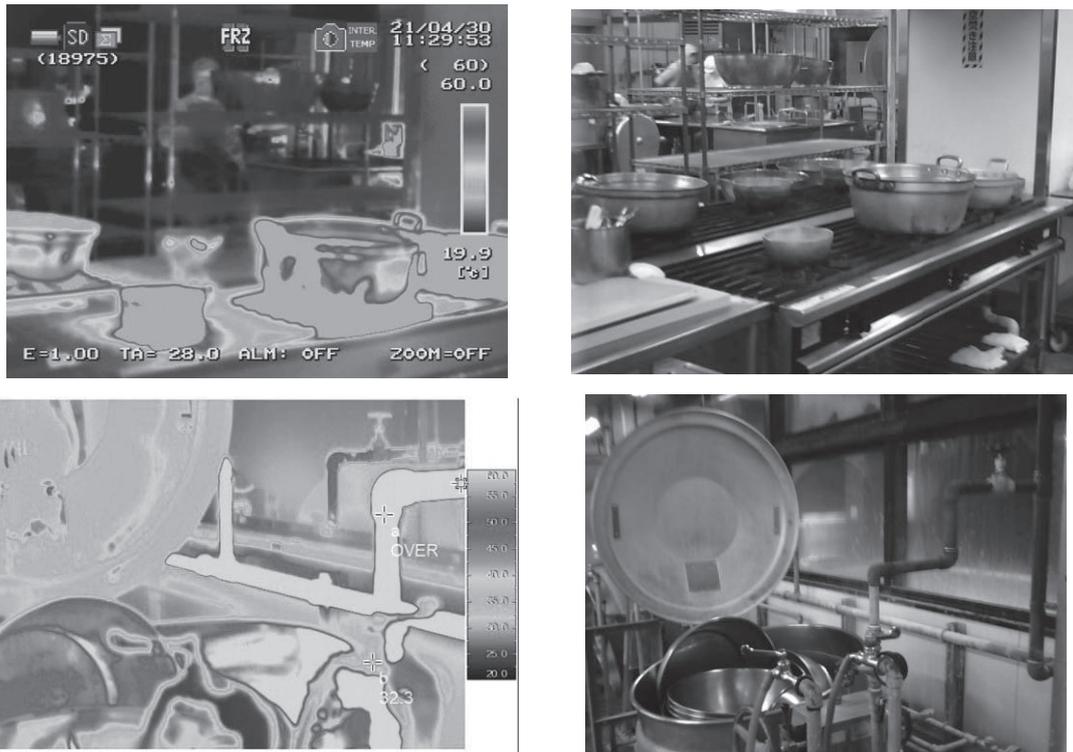


図 5 赤外線サーモグラフィカメラによる表面温度測定

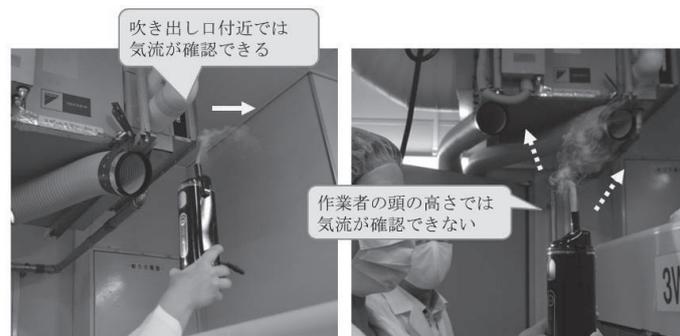


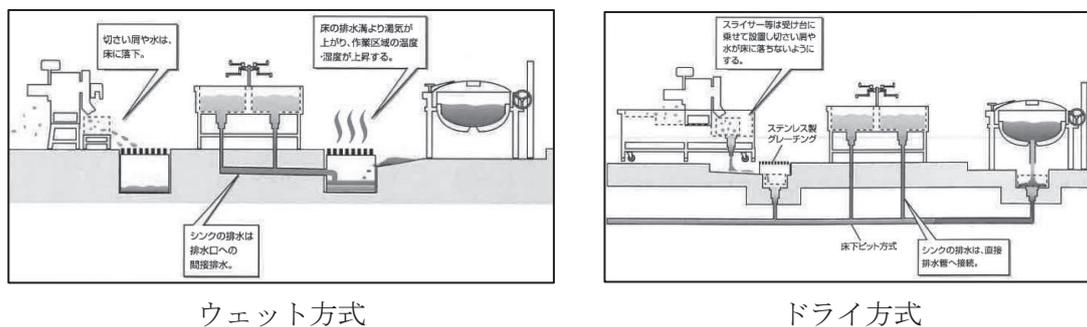
図 6-1 配膳車付近での気流測定



図 6-2 換気扇付近の気流測定



図 6-3 スポットブLOWER吹き出し口付近の表面温度測定



ウェット方式

ドライ方式

図 7 排水方式

## 2 屋内作業場における WBGT 値による暑熱リスクの評価

研究協力者 藤原 みさ

産業医科大学 産業医実務研修センター 産業医学修練医

### 研究要旨

職場における熱中症は屋外作業だけでなく屋内作業においても多く報告されているが、業種によって熱源や全体空調・風通しの有無、作業着や保護具の着用状況、身体作業強度といった熱中症のリスク因子は大きく異なる。また、これまで屋内作業場を対象に環境測定を実施した研究は乏しく、その暑熱環境の実態は明らかでない。そこで、複数の業種の屋内作業場における暑熱環境の実態を把握することを目的として、梅雨、梅雨明け後～8月上旬、8月中旬以降の3期間、WBGT計を用いた環境測定を実施した。その結果、ほとんどの事業場で熱源や空調の有無によらず身体作業強度に応じた WBGT 値の基準を超える時間帯が多く発生しており、屋内作業場においても屋外作業場と同様に積極的な熱中症予防対策が望ましいと考えた。

### A. 研究目的

本研究は、屋内作業場において環境測定を行い、暑熱環境の実態を把握することを目的とする。

### B. 研究方法

1 プラスチック容器製造業1事業所、粉体加工業1事業所、倉庫業1事業所、鋳鉄製造業1事業所、食品製造業2事業所の計6事業所における屋内作業場で環境測定を行った。

2 期間①：梅雨、期間②：梅雨明け後～8月上旬、期間③：8月中旬以降の各期間3日間程度、WBGT計（AD-5695DL, A&D社製）を用いて黒球温度・相対湿度・WBGT値の連続測定を行った。WBGT計は三脚を用いて床上50～150cmの高さに固定した。設置場所は作業に支障を与えない場所とし

た。熱源がある事業所の場合は可能な限り熱源に近い場所へ設置した。

3 各事業所の実測値と、各事業所の最寄りの気象官署（アメダス地点）において測定された黒球温度・WBGT計を比較した。

4 測定作業場の作業着、保護具、身体作業強度を聴取し、衣服によるWBGT値の補正值、身体作業強度に応じたWBGT値基準値を推定した。

#### 1) 作業着

作業着は引用文献1に基づき、以下の通りIL1～4に分類し、衣服によるWBGT値の補正值を検討した。

IL1：Tシャツと短パンに相当する衣服

IL2：半袖作業着と薄手の長ズボンに相当する衣服

IL3：長袖上着と厚手の長ズボンに相当する衣服

IL4：化学防護服に相当する衣服

## 2) 身体作業強度

身体作業強度引用文献 2 を参照し、

ML1～4 に分類し、これらに応じた WBGT 基準値を検討した。

ML1：座作業

ML2：歩行程度の作業

ML3：速歩程度の作業

ML4：会話をしながらでは不可能な作業

## C. 研究結果

6 事業所の概要と環境測定結果及び各事業所の実測値と最寄りの地域気象観測システム（アメダス）観測地点における気象官署データ（以下、アメダス値）の測定値とを比較した結果を以下に示す。測定地点周囲の写真は公開することについて承諾が得られた事業所 4、事業所 5 についてのみ掲載する。

### 1 事業所概要

#### 事業所 1

- ・事業所概要：食品用プラスチック容器の製造
- ・測定作業場：ローラーによる資材運搬（熱源なし・空調なし）
- ・1 階建て建物の 1 階
- ・稼働：24 時間
- ・外気の交通：なし
- ・作業着：IL2  
衣服による WBGT 値補正值：0
- ・保護具：ヘルメット
- ・身体作業強度：ML3

- ・身体作業強度に応じた WBGT の基準値（暑熱順化者）：28

#### 事業所 2

- ・事業所概要：塊状の化学物質等を大型機械で粉状に加工する
- ・測定作業場：小型機械を用いた開発試験場（熱源なし・空調なし）
- ・2 階建て建物の 2 階
- ・稼働：24 時間
- ・外気の交通：窓を通じてわずかにあり
- ・作業着：IL3  
衣服による WBGT 値補正值：3
- ・保護具：ヘルメット、化学防護手袋
- ・身体作業強度：ML2
- ・身体作業強度に応じた WBGT の基準値（暑熱順化者）：28

#### 事業所 3

- ・事業所概要：産業用電子機器の製造・製品の保管（倉庫業）
- ・測定作業場：資材納入・製品の保管（熱源なし・空調なし）
- ・1 階建て建物の 1 階
- ・稼働：24 時間
- ・外気の交通：シャッターを通じてあり
- ・作業着：IL2  
衣服による WBGT 値補正值：0
- ・保護具：作業帽、静電手袋
- ・身体作業強度：ML3
- ・身体作業強度に応じた WBGT の基準値（暑熱順化者）：28

#### 事業所 4

- ・事業所概要：鋳鉄製造

- ・測定作業場：加熱された鉄ロールを大型の炉で焼入れする  
(熱源あり・空調なし)

※焼入れ終了後、炉が開口し鉄ロールが炉外へ出てくる際に最も熱気が生じる

- ・1階建て建物の1階
- ・稼働：24時間(熱源使用は断続的)
- ・外気の交通：なし
- ・作業着：IL4  
衣服による WBGT 値補正值：12
- ・保護具：ヘルメット、保護メガネ、化学防護手袋、長靴
- ・身体作業強度：ML3~4
- ・身体作業強度に応じた WBGT の基準値(暑熱順化者)：25

#### 事業所 5

- ・事業所概要：麺類の製造・加工
- ・測定作業場：調理釜による惣菜調理  
(熱源あり・空調あり)
- ・1階建て建物の1階
- ・稼働：24時間(熱源使用は断続的)
- ・外気の交通：なし
- ・作業着：IL3、フードあり  
衣服による WBGT 値補正值：1
- ・保護具：なし
- ・身体作業強度：ML3~4
- ・身体作業強度に応じた WBGT の基準値(暑熱順化者)：25

#### 事業所 6

- ・事業所概要：弁当製造
- ・測定作業場：調理釜による惣菜調理  
(熱源あり・空調あり)
- ・3階建て建物の2階
- ・稼働：7:00~15:00、20:00~7:00

(熱源使用は断続的)

- ・外気の交通：なし
- ・作業着：IL3、フードあり  
衣服による WBGT 値補正值：1
- ・保護具：なし
- ・身体作業強度：ML3~4
- ・身体作業強度に応じた WBGT の基準値(暑熱順化者)：25

## 2 環境測定結果

### 事業所 1

黒球温度、WBGT 値ともに、実測値は外気温の変化に応じてなだらかに上下した。また、日中は実測値のピークがアメダス値のピークよりやや遅れ、夜間はアメダス値より高くなる傾向が見られた(図1)。

3期間いずれも WBGT 値の実測値は身体作業強度の基準値以下で推移した(衣服による WBGT 値補正值：0)。期間②、期間③との間に WBGT 値の差異はなかったが、期間①から期間②にかけて、最低値で+5℃、最大値で+3℃程度の変化が見られた。

### 事業所 2

実測値は降雨のあった8月17日を除き、外気温の変化に応じて上下した(図2)。また、黒球温度、WBGT 値ともに、日中は実測値のピークがアメダス値のピークよりやや遅れる傾向があった。

3期間いずれも WBGT 値の実測値は身体作業強度の基準値以下で推移したが、衣服による補正值(+3℃)を考慮すると、日中は身体作業強度に応じた基準を上回る時間帯もあった。梅雨を想定して

測定した期間①に降雨がなく、期間③に降雨があった影響により各期間の比較が困難であるが、期間①から期間②にかけて、最低値で+5℃、最大値で+2.5℃程度の変化が見られた。

### 事業所 3

2 地点で測定を行った。測定地点の位置関係を図 3-1 に示す。なお、事業所 3 は期間②・期間③のみの測定となっている。

#### ・測定地点 1

黒球温度、WBGT 値ともに、実測値は外気温の変化に応じてなだらかに上下した。また、日中は実測値のピークがアメダス値のピークと比較してやや遅れていた。夜間について、黒球温度は実測値の方が高くなっていたが、WBGT 値はアメダス地点の方が高くなっていた (図 3-2)。

期間②に降雨があった影響により各期間の比較が困難であるが、WBGT の実測値は概ね同等で推移し、身体作業強度の基準値以下で推移した (衣服による WBGT 値補正值 : 0)。

#### ・測定地点 2

黒球温度、WBGT 値ともに、実測値は外気温の変化に応じてなだらかに上下した。また、日中は実測値のピークがアメダス値のピークと比較して同等～やや遅れていた。夜間について、黒球温度は実測値の方が高くなっていたが、WBGT 値はアメダス地点の方が高くなっていた

(図 3-3)。シャッターや扉を通じて外気の交通が盛んで、屋外との距離が近い測定地点であったが、WBGT 値の実測値は

屋外 (アメダス地点) より約 3~4℃低下していた。

期間②に降雨があった影響により各期間の比較が困難であるが、WBGT の実測値は概ね同等で推移し、身体作業強度の基準値以下で推移した (衣服による WBGT 値補正值 : 0)。

#### ・測定地点 1 と測定地点 2 の比較

黒球温度、WBGT 値ともにほぼ一致し、測定地点の違いによる差は見られなかった。

### 事業所 4

熱源である炉が非常に高温なため、黒球温度、WBGT 値の実測値は外気温の変化と無関係に変動し、日中、夜間問わず急峻なピークが見られた (図 4)。この急峻なピークは炉で焼き入れされた鉄ロールが炉外へ出てくる時間と推測する。

梅雨を想定して測定した期間①の降雨に乏しく、期間③にやや降雨があった影響により各期間の比較が困難であるが、WBGT 値は期間①から期間②にかけて最低値で+5~7℃、最高値で+5~8℃程度の変化が見られた。3 期間のうち最も低い値で推移した期間①の WBGT 値は 20~25℃であるが、衣服による補正值

(+12℃) を考慮すると、身体作業強度に応じた基準値を大きく上回る結果であった。

### 事業所 5

測定地点付近の状況を図 5-1 に示す。調理釜という熱源の影響により黒球温度、WBGT 値ともに小刻みな変動はあるものの、大きくは外気温の変化に応じて

上下した。また、日中は実測値のピークがアメダス値のピークよりやや遅れ、夜間はアメダス値より高くなる傾向が見られた（図 5-2）。

WBGT 値の実測値は期間②で最も高く、期間①から期間②にかけて最低値で+2℃、最高値で+3℃程度の変化があり、期間②から期間③にかけては最低値で-2℃、最高値で-5℃程度の変化が見られた。衣服による補正值（+1℃）を考慮すると、いずれの期間も身体作業強度に応じた基準を上回る結果となった。

#### 事業所 6

調理釜という熱源の影響により黒球温度、WBGT 値ともに小刻みな変動はあるものの、大きくは外気温の変化に応じて上下した。また、夜間はアメダス値より高くなる傾向が見られた（図 6）。

3 期間いずれも降雨があり、想定していた気候条件下での測定ではないが、WBGT 値は期間②で最も高く、期間①から期間②にかけて最低値で+5℃、最高値で+5℃程度の変化があり、期間②から期間③にかけては最低値で-2℃、最高値では-0～3℃程度の変化が見られた。衣服による補正值（+1℃）を考慮せずとも、全期間身体作業強度に応じた基準を上回る結果となった。

#### D. 考察

熱源や空調の有無、作業着や身体作業強度等が異なる複数の屋内事業所において環境測定を行った。事業所 1 と事業所 3 を除き、衣服による WBGT 値の補正值を考慮すると身体作業強度に応じた WBGT 値

の基準を超える時間帯が多く発生しており、屋内作業場においても積極的な熱中症予防対策の重要性が示された。特に事業所 4 のように熱源が非常に高温である場合は 1 日を通じて WBGT 値が身体作業強度に応じた基準値を超えているにも関わらず、防火服に近い作業着のために発汗による体温低下が困難な状態かつスポットクーラー等の冷風の効果も得られにくいことから、より厳格な対策が必要であると考えられる。今回、期間②・期間③については晴れた日に測定することを期待していたが、実際には降雨の見られた測定地点が多く、晴れの場合には WBGT 値はさらに高くなることが予想される。また、事業所 5 と事業所 6 については、熱源である調理釜からやや離れた場所での測定となっていることから、調理釜から発せられる熱や蒸気の影響を十分反映できておらず、作業者周囲の WBGT 値はより高い可能性がある。

熱源や空調の有無によらず、事業所 1、事業所 5、事業所 6 の WBGT 値に共通して見られた傾向が 2 つある。1 点目は日中のピークがアメダス地点のピークよりもやや遅れていたこと、2 点目は夜間の WBGT 値がアメダス地点よりも高くなっていたことである。1 点目については外環境により建物の屋根や壁が温められることによる輻射熱の影響が、2 点目については建物の壁や屋根により放射冷却が妨げられる影響が考えられる。一般的に気温のピークは 14 時頃とされているが、屋内はそれに 1 時間程度遅れてピークを迎えていた。これらの傾向は建物の材質や風通しの有無、日当たり等の違いによっても変化する可能性がある。多くの場合、熱中症予

防に関する注意は日中に払われ、外気温が最も低くなる夜間は疎かになることから、特に夜間の WBGT 値が外環境よりも高くなる場合がある点については今後周知すべきであると考え。

本研究の限界として、測定した事業所数が少なく、また、作業場の規模、空調や風通しの有無といった要因が事業所により大きく異なることから、各業種で得られた結果が一般化できると限らないこと、熱源のある事業所を 3 か所測定したが、推定される熱源の温度が事業所 4 (数百℃) と事業所 5 や事業所 6 (100℃前後) とで大きく異なり、どの程度の熱源の場合に外環境の変化と無関係な値の変動となるかを明確にできないことの 2 つがあげられる。

## E. 結論

屋内作業場における温熱環境の実態を把握することを目的に、6 事業所を対象に環境測定を行い、暑熱環境の実態を把握した。熱源や空調の有無によらず身体作業強度に応じた WBGT 値の基準を超える時間帯が多く発生しており、屋内作業場においても屋外作業場と同様に積極的な熱中症予防対策が求められる。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I. 引用文献

- 1 衛生管理者のためのリスクアセスメント. 中央労働災害防止協会. 2016
- 2 職場における熱中症予防対策マニュアル. 職場における熱中症予防対策マニュアル作成委員会. 厚生労働省. 2020

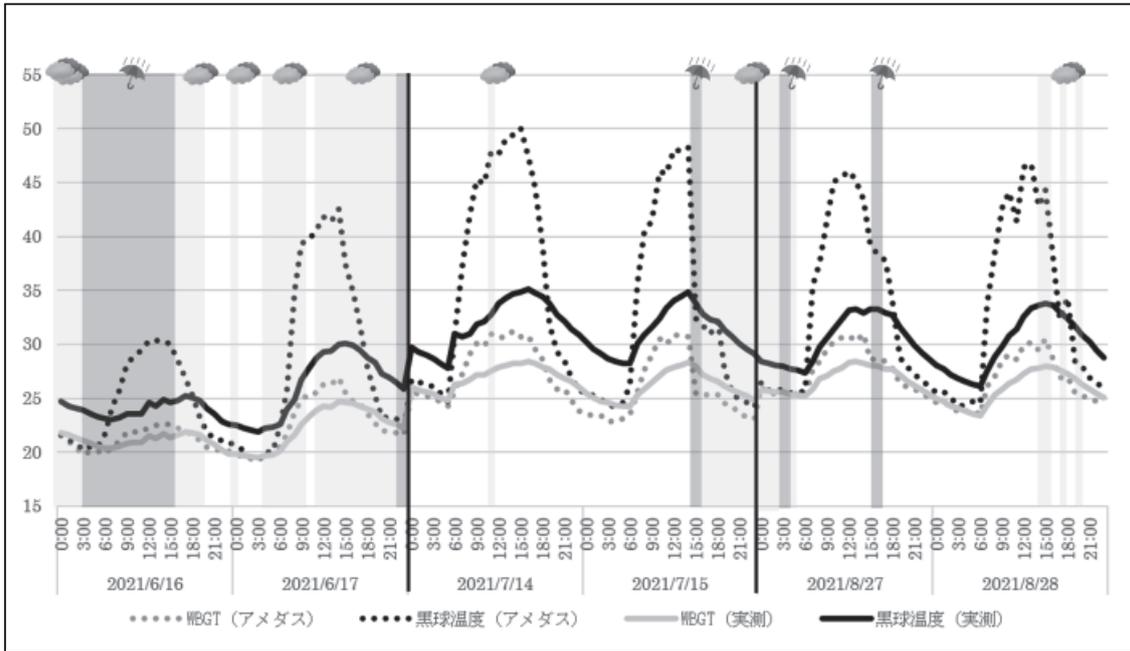


図1 事業所1の黒球温度とWBGT値（最寄りのアメダス地点との比較）

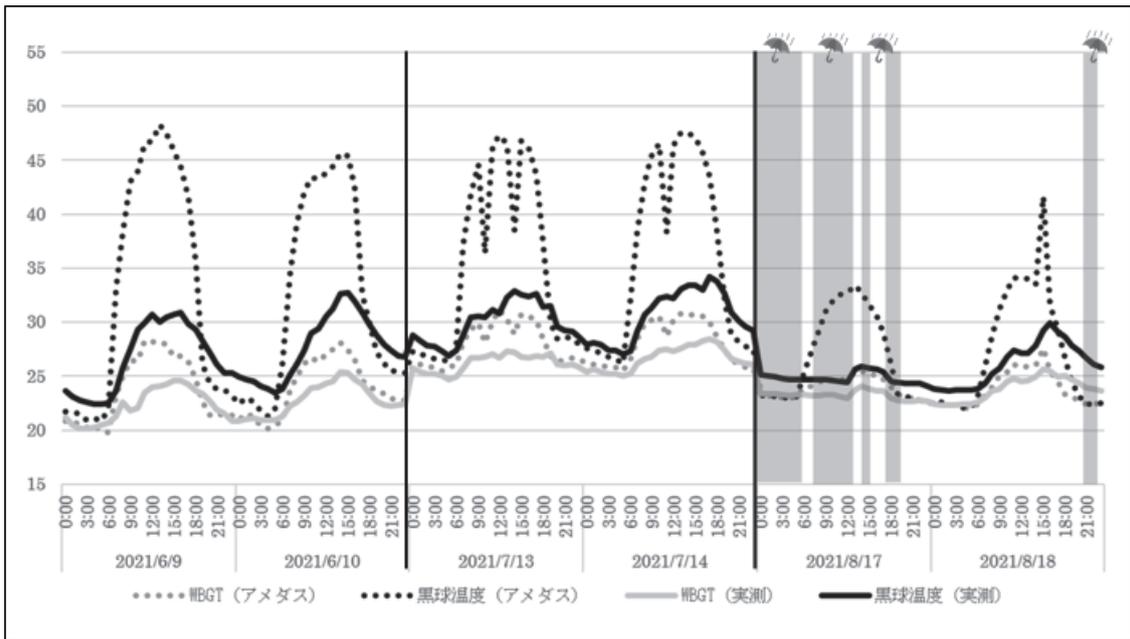


図2 事業所2の黒球温度とWBGT値（最寄りのアメダス地点との比較）

※最寄りのアメダス地点に天気の記載が無かったため、降雨の有無のみ記載している

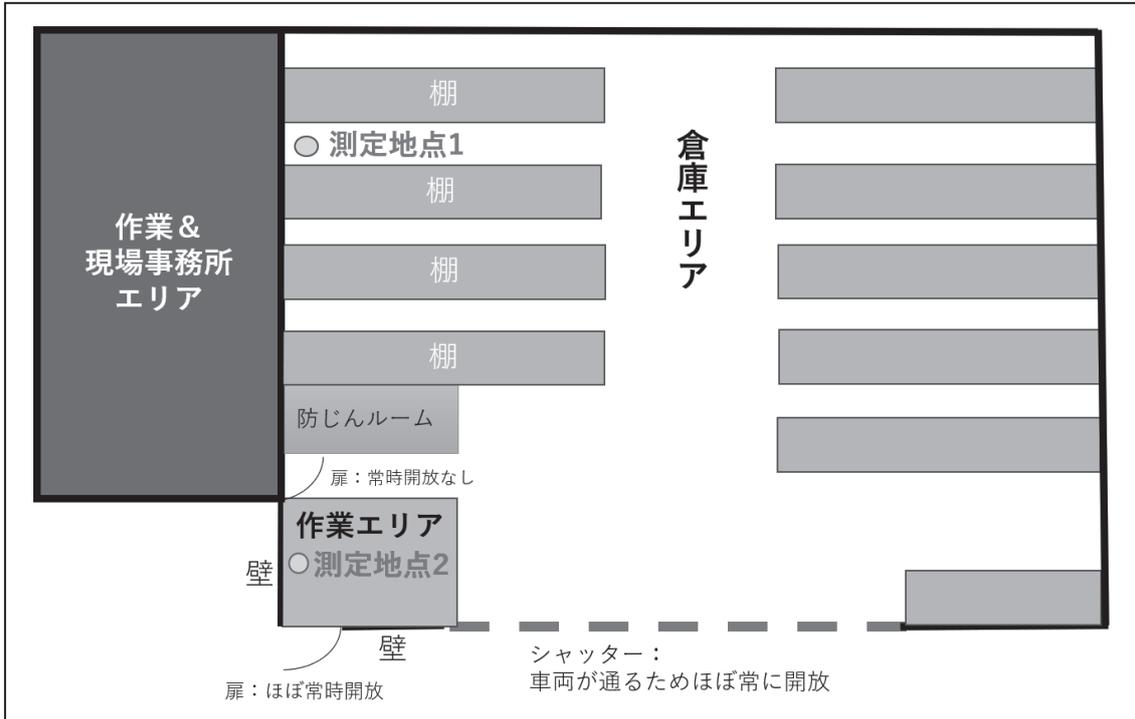


図 3-1 事業所 3 測定地点

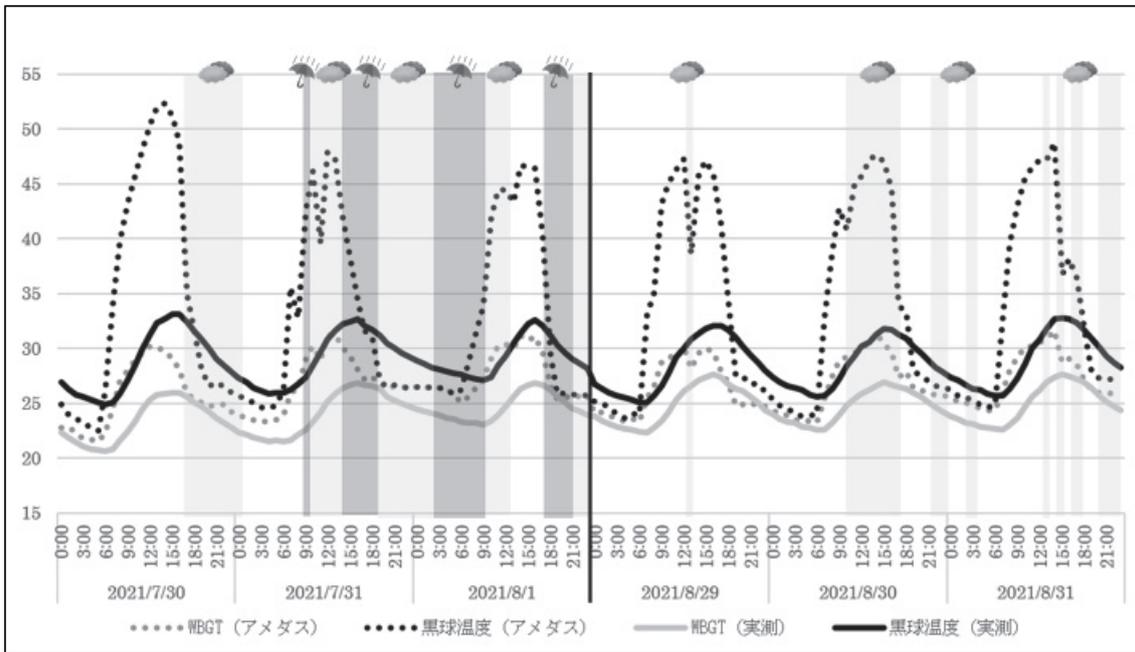


図 3-2 事業所 3 測定地点 1 の黒球温度と WBGT 値 (最寄りのアマダス地点との比較)

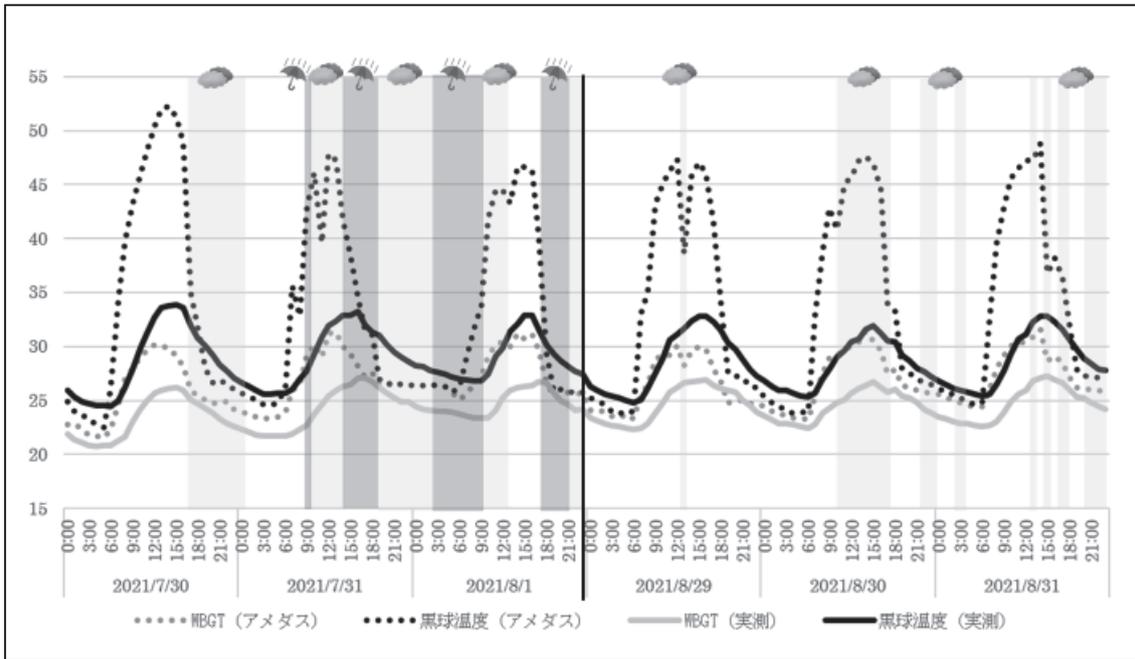


図 3-3 事業所 3 測定地点 2 の黒球温度と WBGT 値（最寄りのアメダス地点との比較）

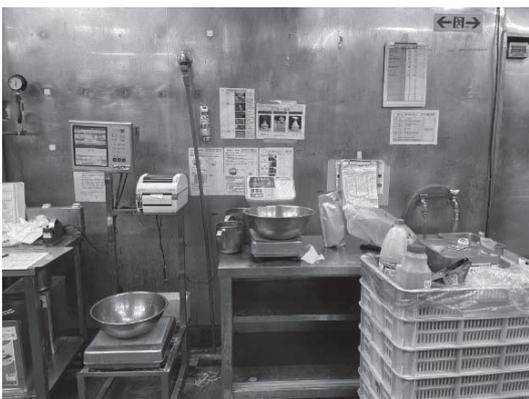
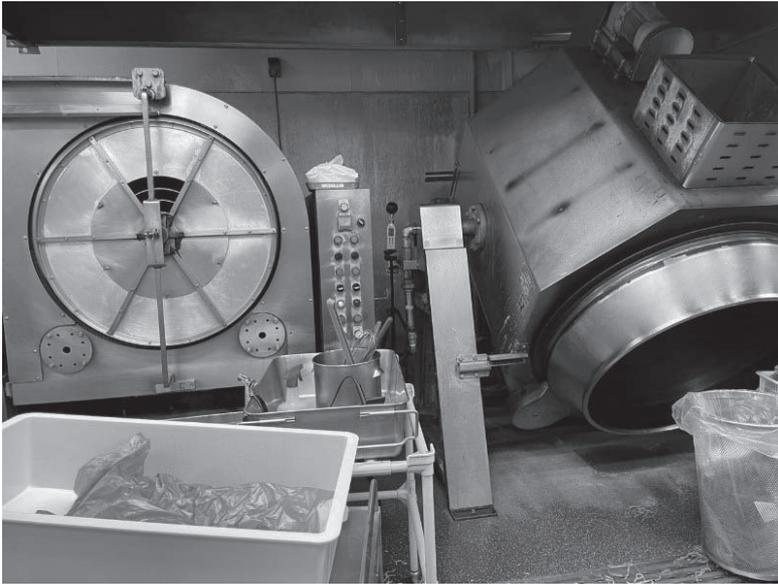


図 4-1 事業所 4 の測定地点周囲

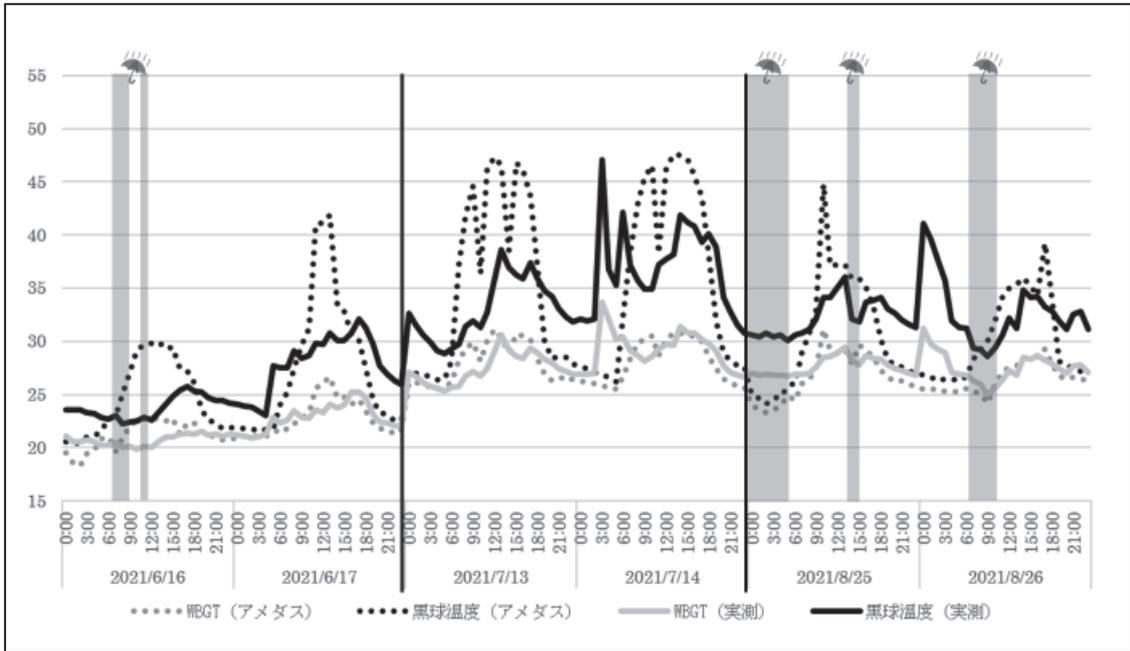


図 4-2 事業所 4 の黒球温度と WBGT 値（最寄りのアメダス地点との比較）  
 ※最寄りのアメダス地点に天気の記載が無かったため、降雨の有無のみ記載している

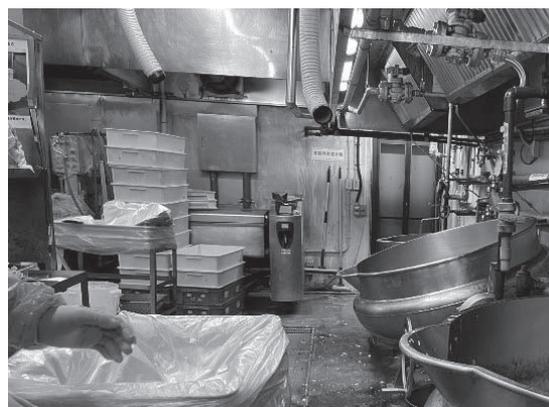
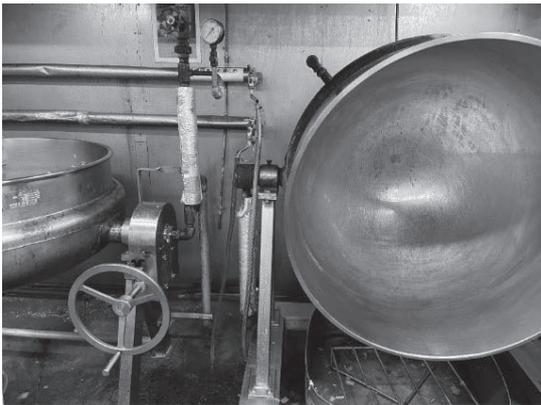


図 5-1 事業所 5 測定地点周囲

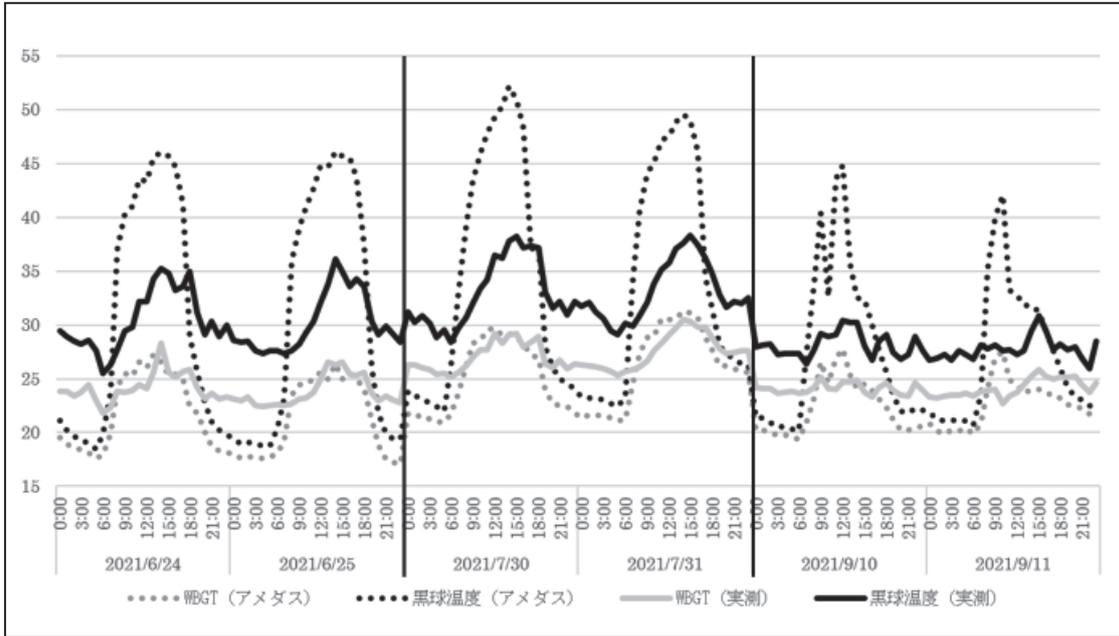


図 5-2 事業所 5 の黒球温度と WBGT 値（最寄りのアメダス地点との比較）  
 ※最寄りのアメダス地点に天気の記載が無かったため、降雨の有無のみ記載している

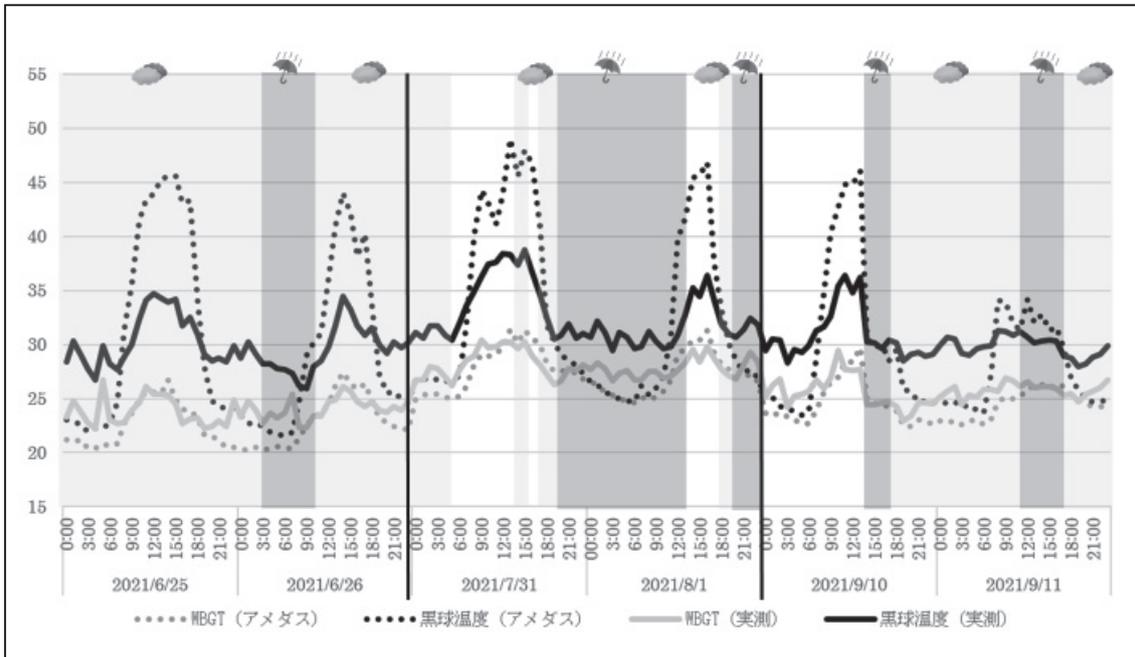


図6 事業所6の黒球温度とWBGT値（最寄りのアメダス地点との比較）

### 3 高齢者介護福祉施設内の調理場における環境測定

研究分担者 永野 千景

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 助教

研究分担者 宮内 博幸

産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 教授

#### 研究要旨

高齢者介護福祉施設では、高齢者（入所者）の特性を考慮した温湿度管理が必要である一方、施設に従事する労働者においては調理場での調理作業や浴場での介助作業等の身体負荷の高い作業で熱中症発生リスクが存在すると推測する。また、感染症に対し、免疫抵抗力の低い高齢者が存在する同施設では、換気等の感染症対策が必要である。特に夏季においては施設内の熱中症予防対策と感染症対策としての換気の両立や高齢入所者と介護労働者の生活・作業環境管理の両立が困難であると考えられる。そこで、まずは高齢者介護福祉施設の環境測定と作業状況についての実態調査を行った。その結果、最近、増加しているグループホーム形式では、入所者に対するサービスの観点から食事提供や配膳の工夫がなされており、それが熱中症対策にもつながっていることがわかった。ただし、入浴介助作業や施設の構造によっては、作業環境管理・作業管理上の課題が潜在すると考えた。

#### A. 研究目的

高齢者の体温調整の特徴として、以下の3つがあげられる。

##### 1 行動性体温調節の鈍化

加齢により皮膚にある温度感知受容器の機能が低下し、暑さを感知しにくくなる。実際に高齢者の居室環境は若年者の居室より室温が約2℃高いという報告がある。

##### 2 熱放散能力の低下

加齢により自律性体温調節としての皮膚血流量と発汗量の増加が遅延すること、汗腺の発汗能力が低下（下肢→体幹後面→体幹前面→上肢→頭部の順に低下）すること、循環器系の機能的低下により熱放散能

力が低下する。

##### 3 体液量の低下

体重当たりの水分量は新生児で約80%、成人で約60%であるが、高齢者となると50-55%に低下し、脱水になりやすい。

高齢者介護福祉施設では、高齢者（入所者）の特性を考慮した温湿度管理が必要であるが、同施設の労働者においては調理場での調理作業や浴場での介助作業等、暑熱環境下での身体負荷の高い作業が存在する。さらに感染症に対し、免疫抵抗力の低い高齢者が存在する同施設では、従来、換気等の感染症対策が重要であり、夏季においては施設内の温湿度管理と感染症対策としての

換気の両立や高齢入所者と介護労働者の生活・作業環境管理の両立が困難なことが予測される。そこで、まずは高齢者介護福祉施設環境の実態を把握し、適切な換気方法や暑熱対策を検討することを目的とした。

## B. 研究方法

2021年8、9月に6か所の高齢者介護福祉施設内におけるWBGT（Wet-Bulb Globe Temperature、黒球湿球温度、暑さ指数）を測定した。測定には簡易WBGT計（AD-5695DL、A&D社製、TC-310、タニタ社）を用いた。

国立感染症研究所・国際感染症センター・日本環境感染学会などが提唱している感染症対策としてのゾーニングの考え方

（表1）を基に、予防としての換気対策の対象区域として、イエローゾーンを標的と考え、食堂、面談室、面会室を測定対象として選択した。加えて、作業者の暑熱リスクが高いと予測される調理場、浴場も対象とした。

作業着は以下に基づいて分類した。

IL1：Tシャツと短パンに相当する衣服

IL2：半袖作業着と薄手の長ズボンに相当する衣服

IL3：長袖上着と厚手の長ズボンに相当する衣服

IL4：化学防護服に相当する衣服

身体作業強度は以下に基づいて分類した。

ML1：座作業

ML2：歩行程度の作業

ML3：速歩程度の作業

ML4：会話をしながらでは不可能な作業

## C. 研究結果

各施設の概要、作業場、階層・構造、稼働時間、作業者の服装等、身体作業強度、環境測定結果を以下に示す。

### 1 施設 A

#### 1) 事業所概要

特別養護老人ホーム  
（定員 50 人）

#### 2) 作業場

調理場（調理作業）

#### 3) 階層・構造

鉄筋コンクリート作り 2 階建物の 1 階  
外気との交通なし  
空調設備あり  
熱源あり  
配置図なし

#### 4) 稼働時間

6:00-18:00

#### 5) 服装等

不明

#### 6) 身体作業強度

ML2(歩行程度の作業)

身体作業強度に応じた WBGT の基準値（暑熱順化者）：30（29）

#### 7) 環境測定結果

調理場の WBGT 値は平均 25.2 ± 1.3°C（最小値 22.3°C、中央値 24.9°C、最大値 28.9°C）、気温は平均 28.7 ± 1.0°C（最小値 22.3°C、中央値 24.9°C、最大値 32.0°C）、相対湿度は平均 66.6 ± 5.1%（最小値 54.4%、中央値 66.0%、最大値 87.7%）、黒球温は平均 28.8 ± 1.0°C（最小値 26.0°C、中央値 29.0°C、最大値 30.7°C）であり（図 1）、空調の効果により気温は抑えられていたが、湿

度が高かった。稼働している時間帯と、それ以外を比較すると、それ以外の方が高温多湿となっており、稼働中は空調による効果があることが示唆された。稼働時間中にも温度、湿度が急上昇することがあり、これは調理作業による影響と考えた。

## 2 施設 B

### 1) 事業所概要

ユニット型特別養護老人ホーム  
(定員 120 人)

### 2) 作業場

- ①調理場 (調理作業)
- ②浴室 (入浴介助)

### 3) 階層・構造

- ①調理場：6 階建物の 1 階  
洗浄室、下処理室は調理場と隣接しているが、別室となっている。  
また、配膳車を置く部屋が調理場とは別にある (図 2-1)。

- ②浴室：6 階建物の 2 階  
外気の交通：なし

### 4) 稼働時間

- ①調理場：6:00-18:00
- ②浴室：指定曜日、午前中

### 5) 服装等

- ①調理場  
作業着：IL3 (長袖上着と厚手の長ズボンに相当する衣服)  
衣服による WBGT 値補正值：0  
保護具：衛生エプロン、ゴム手袋、衛生帽 (ヘアネット)、衛生靴
- ②浴室  
作業着：IL1 (T シャツと短パンに相

当する衣服)

衣服による WBGT 値補正值：0  
保護具：なし

### 6) 身体作業強度

- ①調理場 (調理作業)  
ML2(歩行程度の作業)  
身体作業強度に応じた WBGT の基準値 (暑熱順化者)：30 (29)

- ②浴室  
ML3 (速歩程度の作業)  
身体作業強度に応じた WBGT の基準値 (暑熱順化者)：26 (23)

### 7) 環境測定結果

調理場の環境データは計器の不調により取得できなかった。

入浴介助作業では、浴室前室 (脱衣・洗面所) に測定器を設置した。WBGT 値は平均  $20.0 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$  (最小値  $16.9^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $20.6^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $22.9^{\circ}\text{C}$ )、気温は平均  $23.2 \pm 1.9^{\circ}\text{C}$  (最小値  $19.9^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $23.6^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $25.6^{\circ}\text{C}$ )、相対湿度は平均  $66.9 \pm 2.8\%$  (最小値  $60.3\%$ 、中央値  $66.8\%$ 、最大値  $74.0\%$ )、黒球温は平均  $23.1 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$  (最小値  $19.4^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $23.4^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $25.9^{\circ}\text{C}$ ) であった (図 2-2)。

空調の効果により気温は抑えられていたが、湿度が高かった。稼働している時間帯と、それ以外を比較すると、それ以外の方が高温多湿となっており、稼働中は空調による効果があることが示唆された。稼働時間中にも温度、湿度が急上昇することがあり、これは調理作業による影響であると推測する。

### 3 施設 C

#### 1) 事業所概要

介護老人福祉施設、地域密着型介護  
老人福祉施設（定員 100 人）

#### 2) 作業場

調理場（調理作業）

#### 3) 階層・構造

4 階建て建築の 1 階

外気との交通なし

空調設備あり

熱源あり

調理場は洗浄室と一緒にいる  
が、隔壁がある。

#### 4) 稼働時間

6:00-18:00

#### 5) 服装等

不明

#### 6) 身体作業強度

ML2（歩行程度の作業）

身体作業強度に応じた WBGT の基準  
値（暑熱順化者）：30（29）

#### 7) 環境測定結果

調理場の WBGT 値は平均 21.6±  
2.2℃（最小値 16.6℃、中央値 22.1℃、  
最大値 25.1℃）、気温は平均 23.9±  
2.0℃（最小値 19.9℃、中央値 24.2℃、  
最大値 27.9℃）、相対湿度は平均 69.7±  
4.9%（最小値 52.5%、中央値 70.8%、  
最大値 80.7%）、黒球温は平均 25.3±  
2.6℃（最小値 20.0℃、中央値 25.9℃、  
最大値 42.3℃）であった（図 3）。

稼働時間は空調の効果により気温は抑  
えられていたが、湿度が 70%前後と高値  
で推移していた。また、稼働時間中に  
WBGT の急上昇を認め、調理作業によ

るものと推測した。

### 4 施設 D

#### 1) 事業所概要

地域密着ユニット型特別養護老人ホー  
ム（定員 29 人）

#### 2) 作業場

調理場（調理作業）

#### 3) 階層・構造

鉄筋コンクリート造り 4 階建て（耐火  
建築）の 1 階

外気との交通あり（窓）

空調設備あり

熱源あり

調理場は下処理室、配膳・洗浄室と  
は別になっている。

#### 4) 稼働時間

6:00-18:00

#### 5) 服装等

不明

#### 6) 身体作業強度

ML2（歩行程度の作業）

身体作業強度に応じた WBGT の基準  
値（暑熱順化者）：30（29）

#### 7) 環境測定結果

調理場の WBGT 値は平均 26.2±  
1.2℃（最小値 22.5℃、中央値 26.5℃、  
最大値 27.6℃）、気温は平均 28.8±  
1.3℃（最小値 25.2℃、中央値 29.2℃、  
最大値 30.3℃）、相対湿度は平均 74.1±  
2.2%（最小値 64.3%、中央値 73.4%、  
最大値 86.1%）、黒球温は平均 28.9±  
1.3℃（最小値 25.4℃、中央値 29.3℃、  
最大値 30.5℃）であった（図 4）。

稼働時間中、WBGT 20℃未満で推移

していたが、調理時間と思われる時間帯（朝・昼・夕3回）に気温、湿度ともに急上昇するスパイクを認めた。夜間はWBGT 25℃前後に上昇していた。

## 5 施設 E

### 1) 事業所概要

特別養護老人ホーム（定員 100 人）

### 2) 作業場

食堂（共同生活室）

### 3) 階層・構造

3 階建ての 2 階

外気との交通あり（窓）

空調設備あり

熱源なし

調理場で配膳された副菜を再加温したり、主食（ご飯など）を炊飯したりして、提供するキッチンユニットがある。入所者は同箇所を食堂として利用する。

### 4) 稼働時間

24 時間空調が稼働する。

### 5) 服装等

作業着：IL1（T シャツと短パンに相当する衣服）

### 6) 身体作業強度

ML2（歩行程度の作業）

身体作業強度に応じた WBGT の基準値（暑熱順化者）：30（29）

### 7) 環境測定結果

食堂（共同生活室）の WBGT 値は平均 22.1±1.2℃（最小値 18.6℃、中央値 22.3℃、最大値 27.1℃）、気温は平均 24.6±1.2℃（最小値 21.1℃、中央値 24.8℃、最大値 29.6℃）、相対湿

度は平均 73.3±3.8%（最小値 51.7%、中央値 73.4%、最大値 87.9%）、黒球温は平均 24.5±1.2℃（最小値 21.9℃、中央値 24.7℃、最大値 29.6℃）であった（図 5）。

24 時間、空調が稼働しているため、WBGT 24℃未満で推移していたが、調理時間と思われる時間帯（朝・昼・夕 2-3 回）に気温、湿度ともに急上昇するスパイクを認めた。また、夜間は湿度が上昇しており、これは扉や窓を閉鎖することによるものと推測する。

## 6 施設 F

### 1) 事業所概要

地域密着型介護老人福祉施設（定員 29 人）

### 2) 作業場

① 玄関（面会室）

② 浴室前室（入浴介助）

### 3) 階層・構造

① 玄関（面会室）：3 階建物の 2 階

自動扉を感染対策のため、手動にしている。スタッフや外部業者、面会者が扉を開閉する。

② 浴室：6 階建物の 2 階

外気の交通：窓あり

### 4) 稼働時間

① 玄関（面会室）：不明

② 浴室：指定曜日

### 5) 服装等

① 玄関（面会室）

② 浴室前室（脱衣所）

作業着：IL1（T シャツと短パンに相当する衣服）

衣服による WBGT 値補正值 : 0

保護具 : なし

#### 6) 身体作業強度

##### ①玄関 (面会室)

ML1 (座作業)

身体作業強度に応じた WBGT の基準値 (暑熱順化者) : 30 (29)

##### ②浴室前室 (脱衣所)

ML3 (速歩程度の作業)

身体作業強度に応じた WBGT の基準値 (暑熱順化者) : 26 (23)

#### 7) 環境測定結果

##### ①玄関 (面会室)

玄関 (面会室) の WBGT 値は平均  $23.8 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$  (最小値  $23.1^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $23.8^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $24.3^{\circ}\text{C}$ )、気温は平均  $26.1 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  (最小値  $25.9^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $26.0^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $26.6^{\circ}\text{C}$ )、相対湿度は平均  $66.9 \pm 2.8\%$  (最小値  $60.3\%$ 、中央値  $66.8\%$ 、最大値  $74.0\%$ )、黒球温は平均  $25.9 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  (最小値  $25.5^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $25.8^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $26.8^{\circ}\text{C}$ ) であった。

10-20 分毎に緩やかな測定値の上昇と低下が見られたが、これは出入り口の扉の開閉によるものと考えた (図 6-1)。

##### ②浴室前室 (脱衣所)

入浴介助作業に対し、浴室前室 (脱衣・洗面所) に測定器を設置した。

WBGT 値は平均  $24.9 \pm 2.4^{\circ}\text{C}$  (最小値  $20.0^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $24.5^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $31.2^{\circ}\text{C}$ )、気温は平均  $27.7 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$  (最小値  $22.6^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $27.2^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $32.9^{\circ}\text{C}$ )、相対湿度は平均  $72.1 \pm 6.3\%$  (最小値  $55.0\%$ 、中央値  $70.4\%$ 、最大値  $94.8\%$ )、黒球温は平均  $27.9 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$  (最

小値  $22.6^{\circ}\text{C}$ 、中央値  $27.2^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $33.4^{\circ}\text{C}$ ) であった (図 6-2)。

空調があるにも関わらず、WBGT 値が稼働時間中も  $28^{\circ}\text{C}$  以上を示すことがあり、特に湿度は常に  $70\%$  前後を維持していた。夜間はさらに気温が上昇したが、空調が停止する影響であると考えた。

#### D. 考察

調理場や浴場では WBGT 値が  $26^{\circ}\text{C}$  を超えているところもあった。

WBGT 値は、空調が効いている時間帯の屋内では安全域で推移したが、空調を切っている時間帯 (夜間) では危険域に上昇していた。

調理場での作業や入浴介助において、施設によっては作業時に暑熱リスクが上昇していたため、これらの対策の検討が課題である。

高齢者介護福祉施設の食事提供の特徴として、多くの施設で副菜のみを調理場で調理し、配膳後、食堂で炊飯した主食を提供したり、副菜を再加温したりしていた。また、配膳車を置くスペースが調理場とは別に確保されていたり、提供する食数が限られていたりすることも調理場での暑熱リスクが比較的低いことにつながると思われる。

むしろ、高齢者と作業者が同じ環境で過ごし、身体負荷の高い入浴介助作業では熱中症発生に注意すべきであろう。

今回、食堂等の共同生活室や面会室では WBGT 値はそれほど高値を示しておらず、暑熱リスクは低いと考えられた。ただし、夏季もしくは冬季においては、換気による温

度変化や気流によって、活動性が低く、体温調節機能の低下している高齢者が自覚症状として不快を感じる可能性がある。よって、換気による環境の変化を避けられない場合は、換気の際に、高齢入所者を直接、気流があたらない配置したり、換気時間を最短に抑えたりするなどの配慮が望ましいと考える。

このように、入所者の安全や快適性の保持と両立させることを想定した場合、高齢者と作業員との年齢による温度調節機能の差、入所者と作業員との活動量の差等を考慮すると作業環境管理、作業管理は非常に困難であり、多くの課題がある。

## E. 結論

高齢者施設における調理場や浴場等の環境測定を行い、暑熱リスクを評価した。調理場は様々な工夫により暑熱リスクは抑えられていたが、入浴介助では身体負荷も高く、暑熱リスクが存在すると考える。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I. 引用文献

- 1 衛生管理者のためのリスクアセスメント．中央労働災害防止協会．2016

- 2 職場における熱中症予防対策マニュアル．職場における熱中症予防対策マニュアル作成委員会．厚生労働省．2020

表1 高齢者介護福祉施設における感染症対策としてのゾーニング

感染リスク	ゾーン (汚染区域)	定義	例
リスク大	レッドゾーン	感染者または感染の可能性のある人 (不顕性感染者) がいる。	感染者隔離室、玄関、廊下
リスク中	イエローゾーン	感染者はいない。ただし、可能性はある (不顕性感染者の可能性)。	面談室、面会室、食堂、トイレ
リスク小	グリーンゾーン	感染者はいない。また可能性もない。	居室、静養室、共同生活室

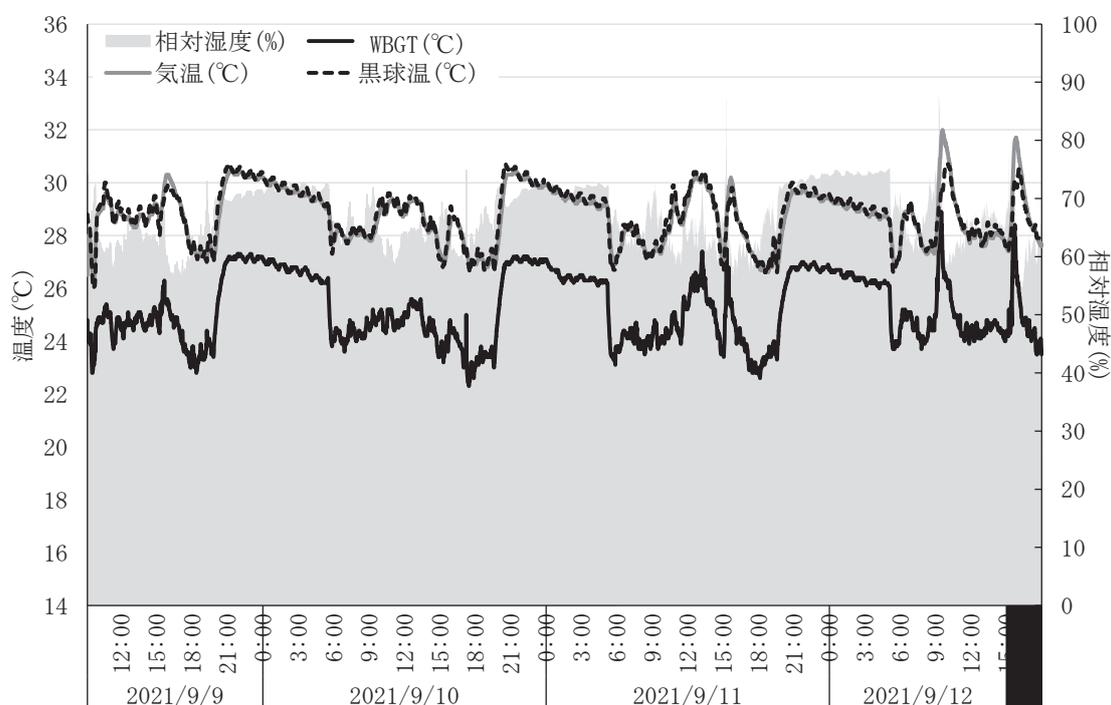


図1 施設A 調理場における環境測定結果

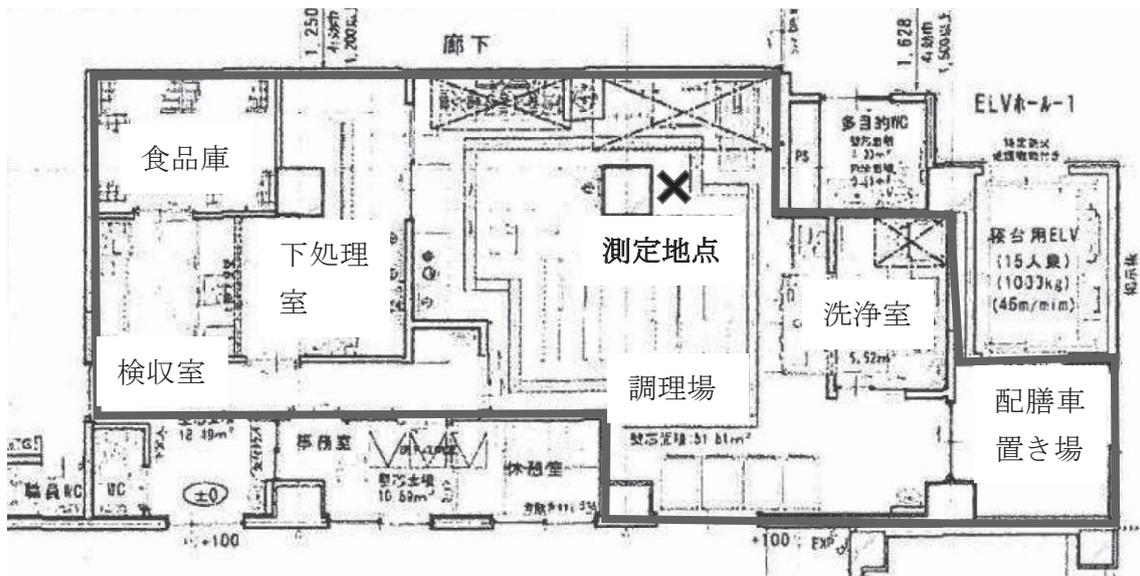


図 2-1 施設 B 調理場の配置図

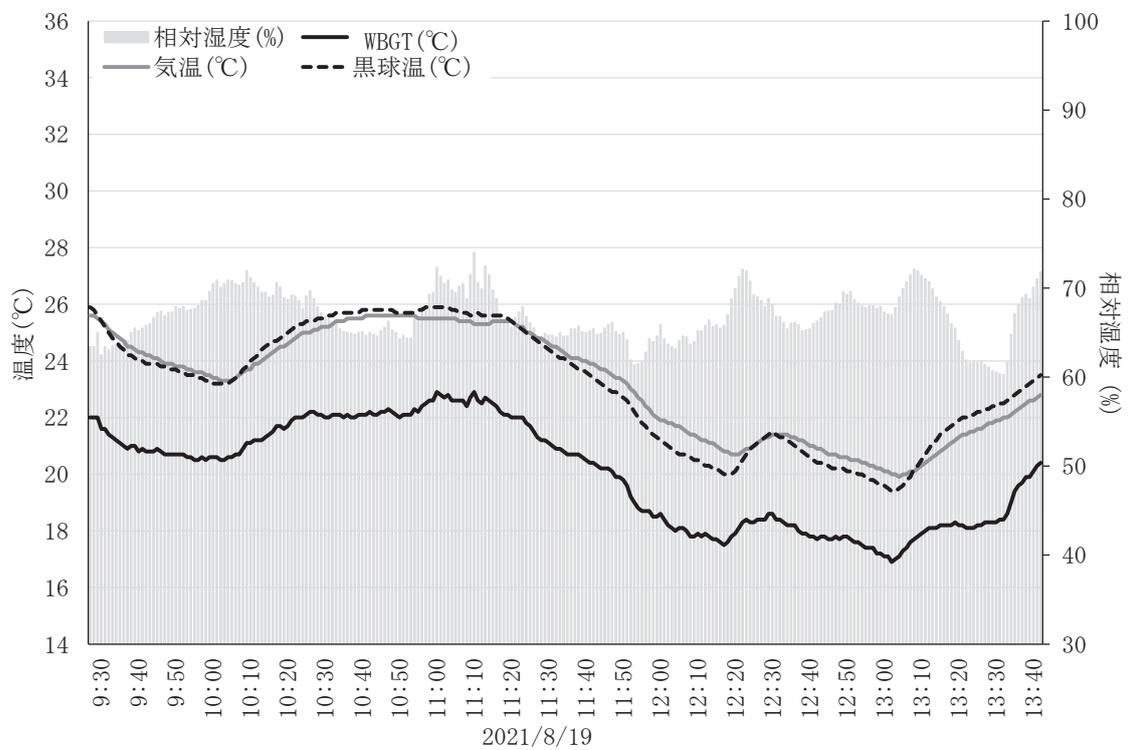
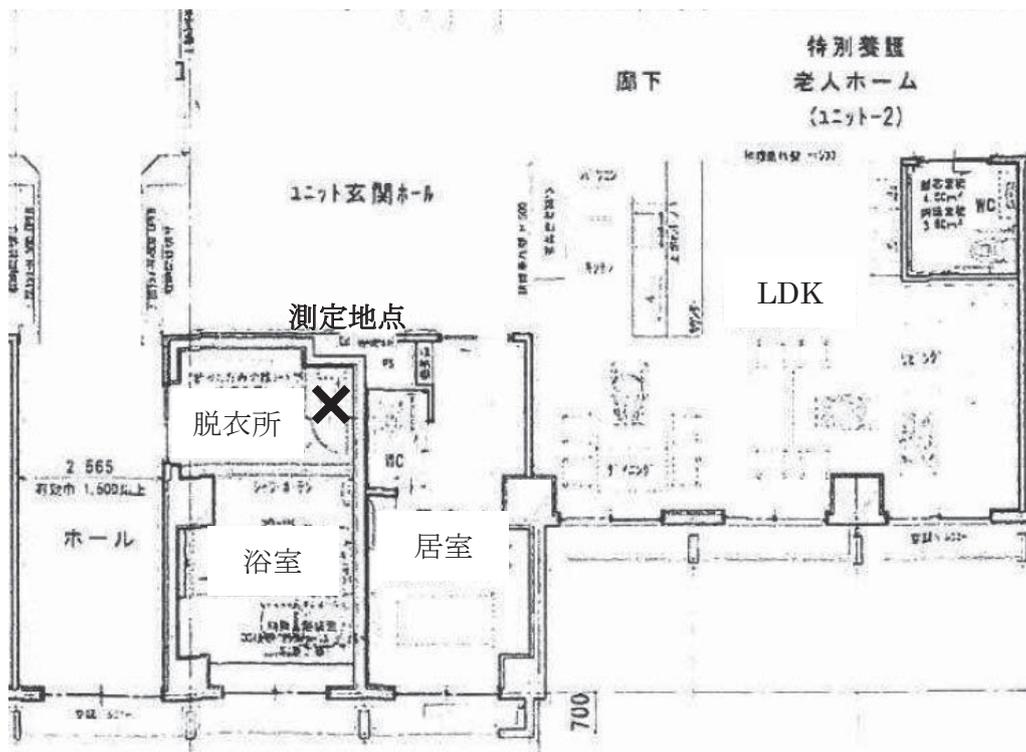


図 2-2 施設 B 浴室前室の配置図と環境測定結果

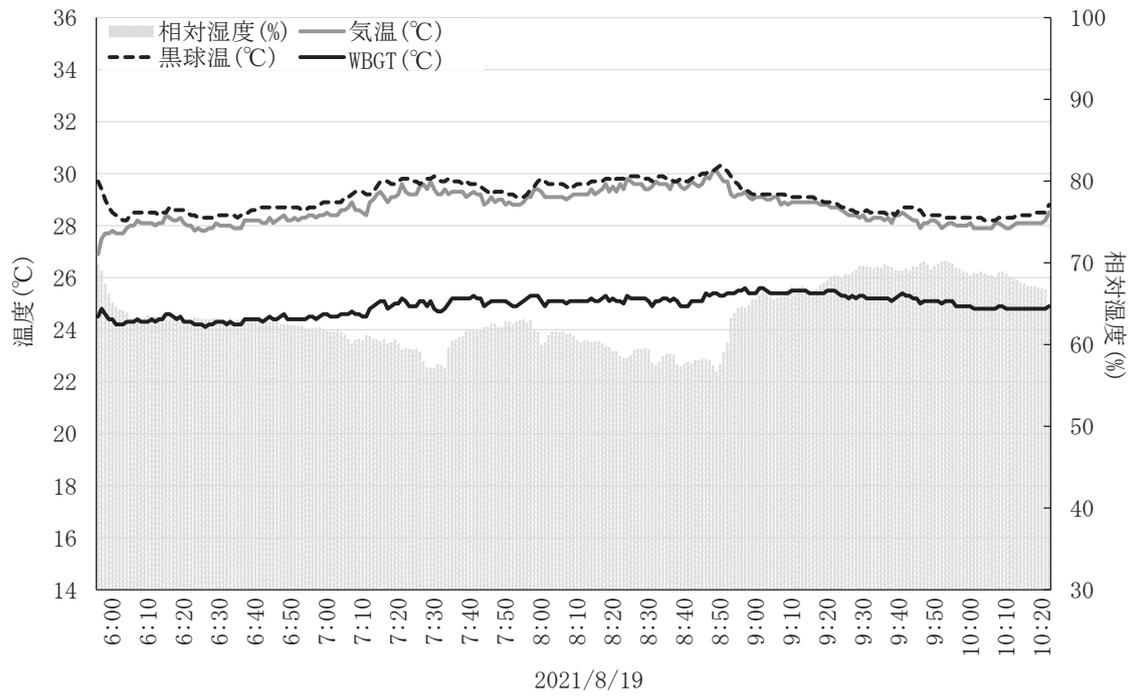


図 2-2 施設 B の屋外における環境測定結果

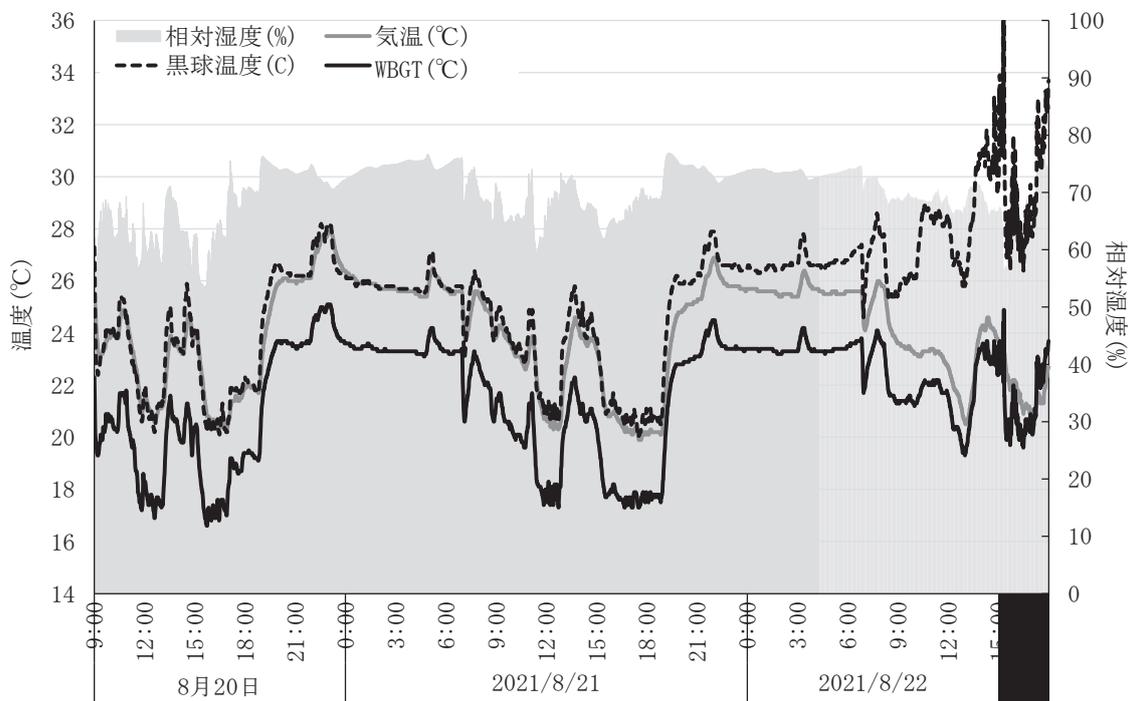
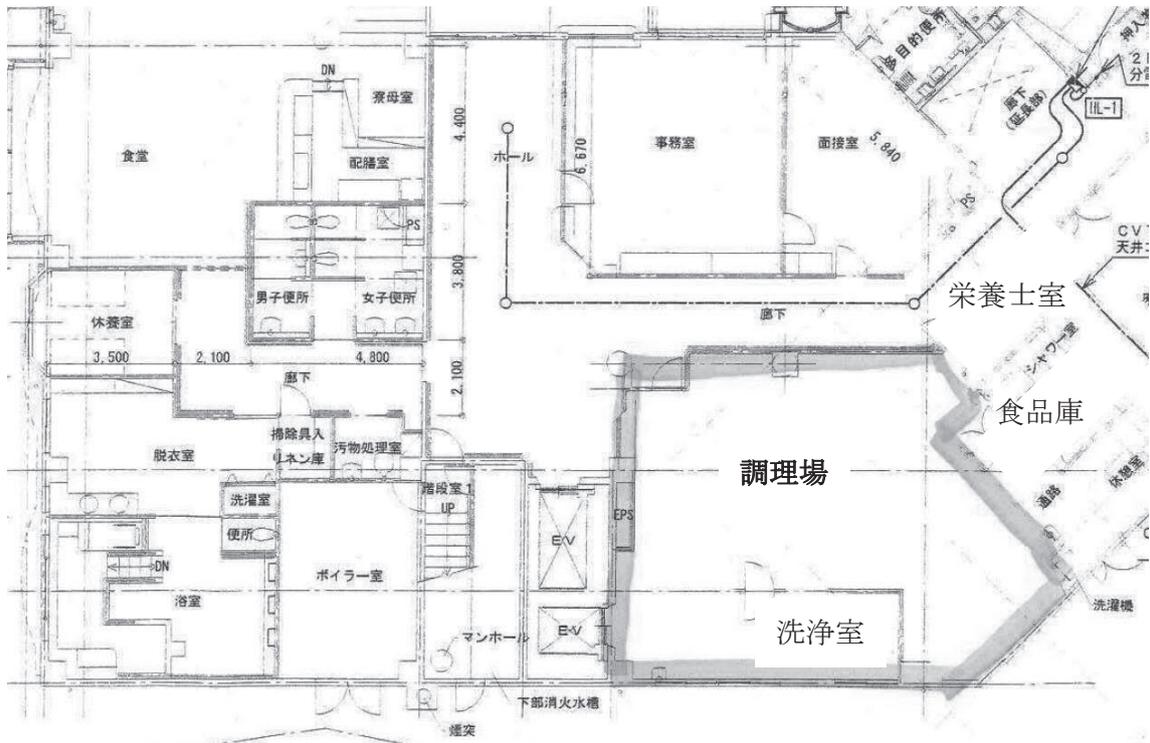


図3 施設C 調理場における環境測定結果

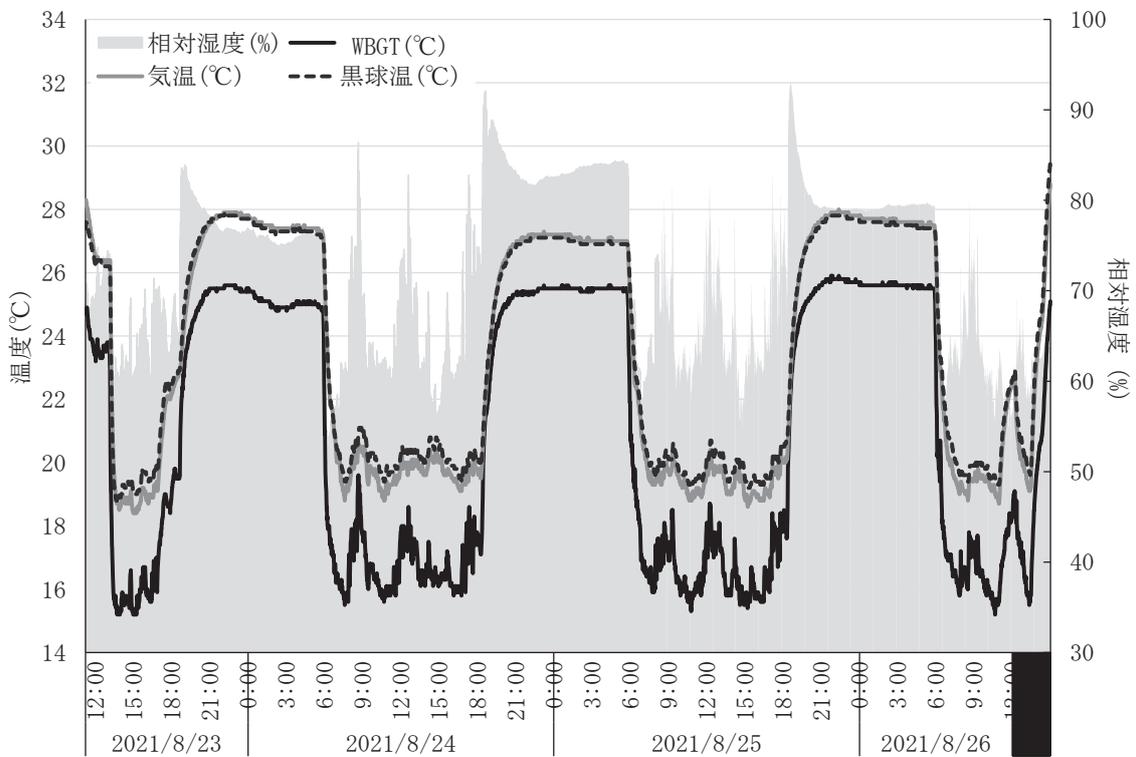
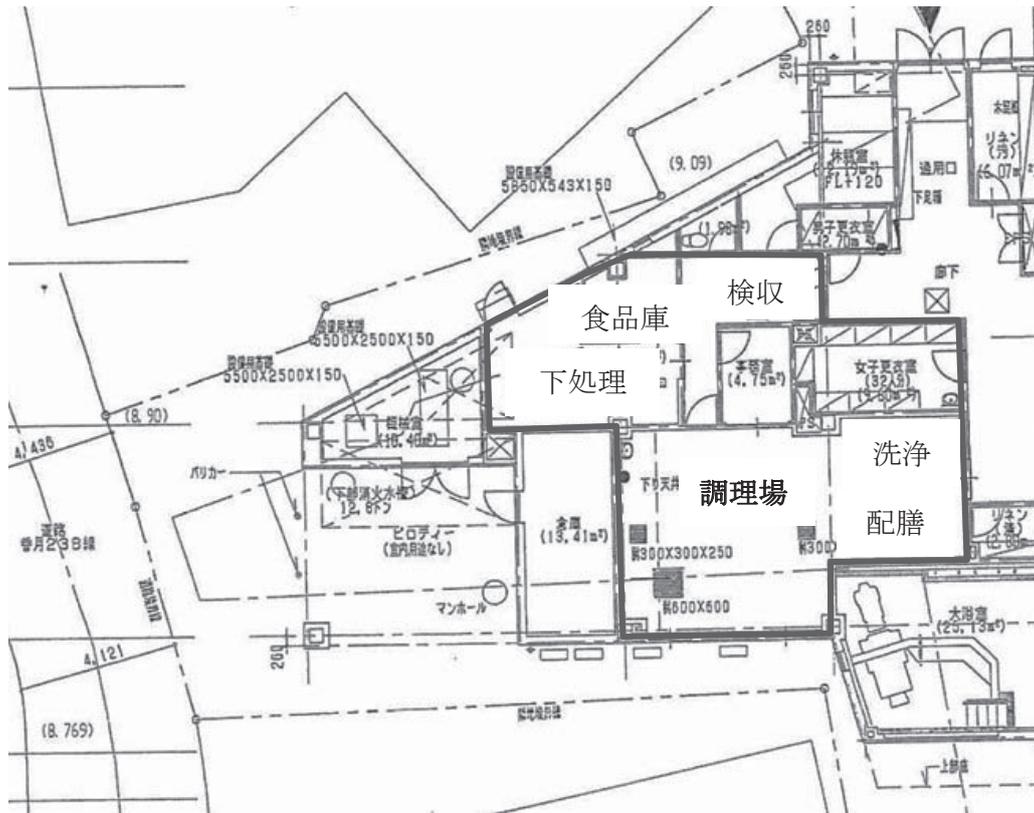
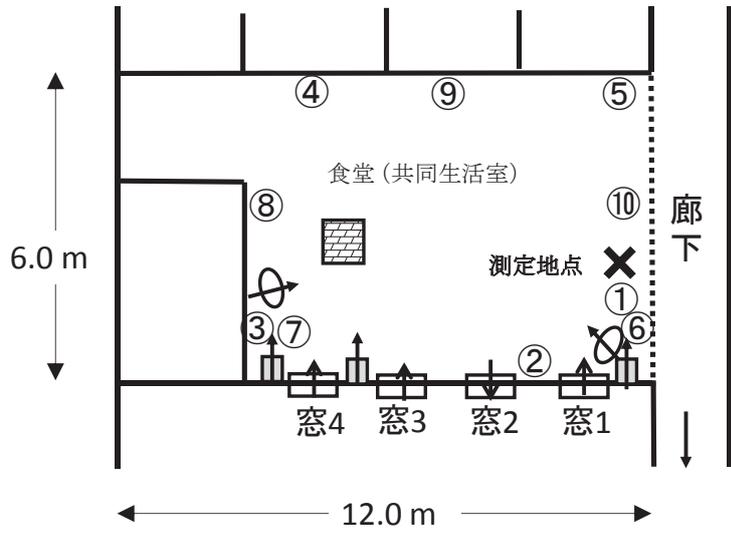


図4 施設D 調理場の配置図と環境測定結果



 : 縦型扇風機   
  : サーキュレーター   
  : 排気扇

①～⑤ : CO<sub>2</sub>・温湿度計

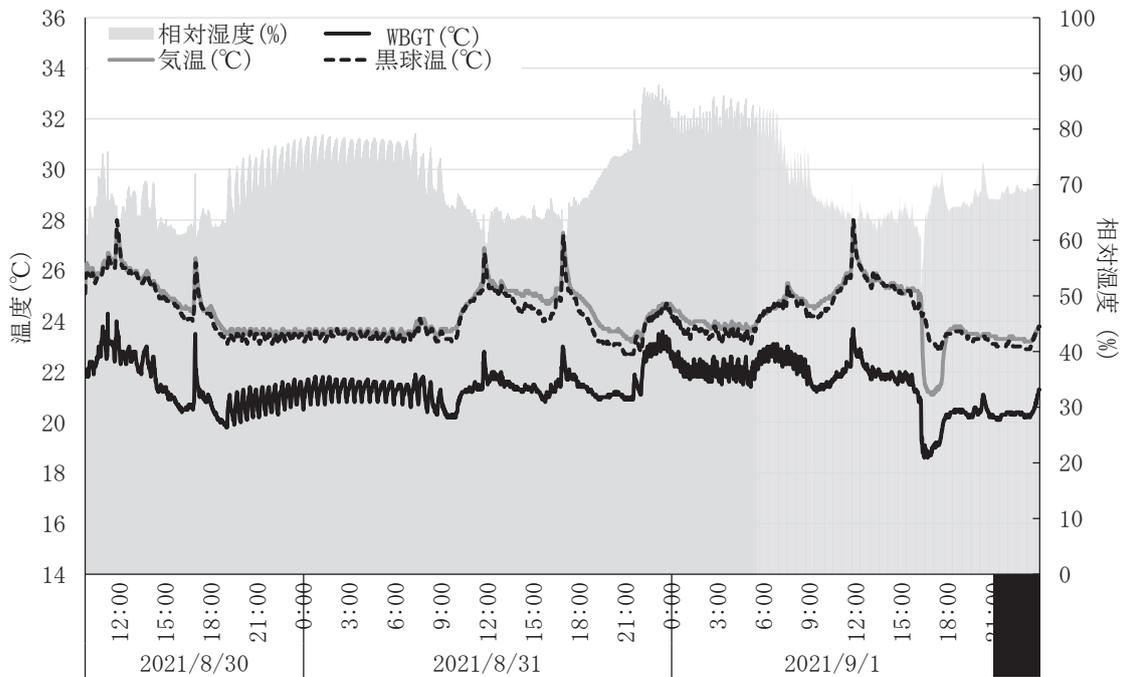


図 5 施設 E 食堂の配置図と環境測定結果

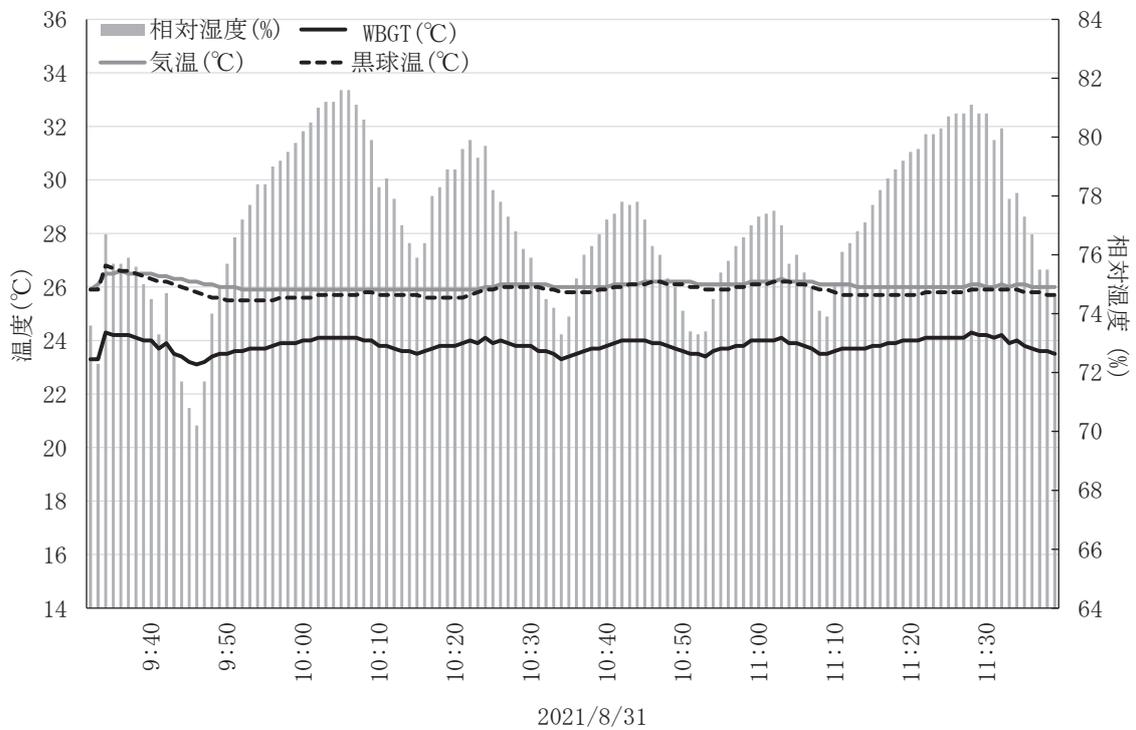
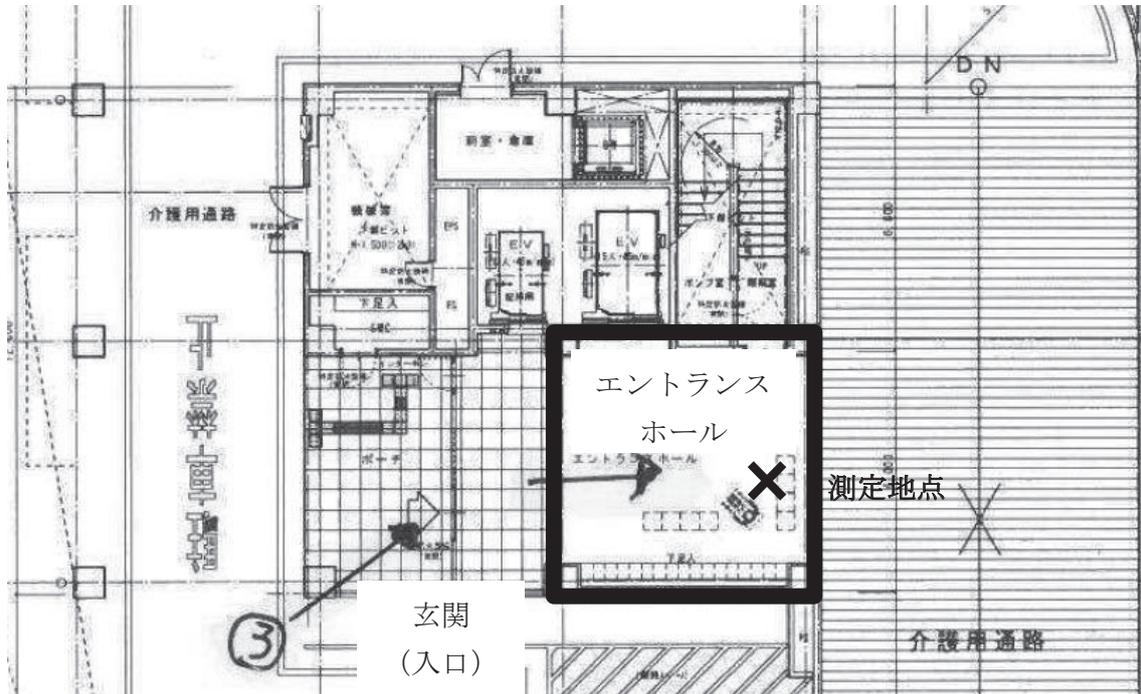


図 6-1 施設 6 の面会室 (玄関) における環境測定結果

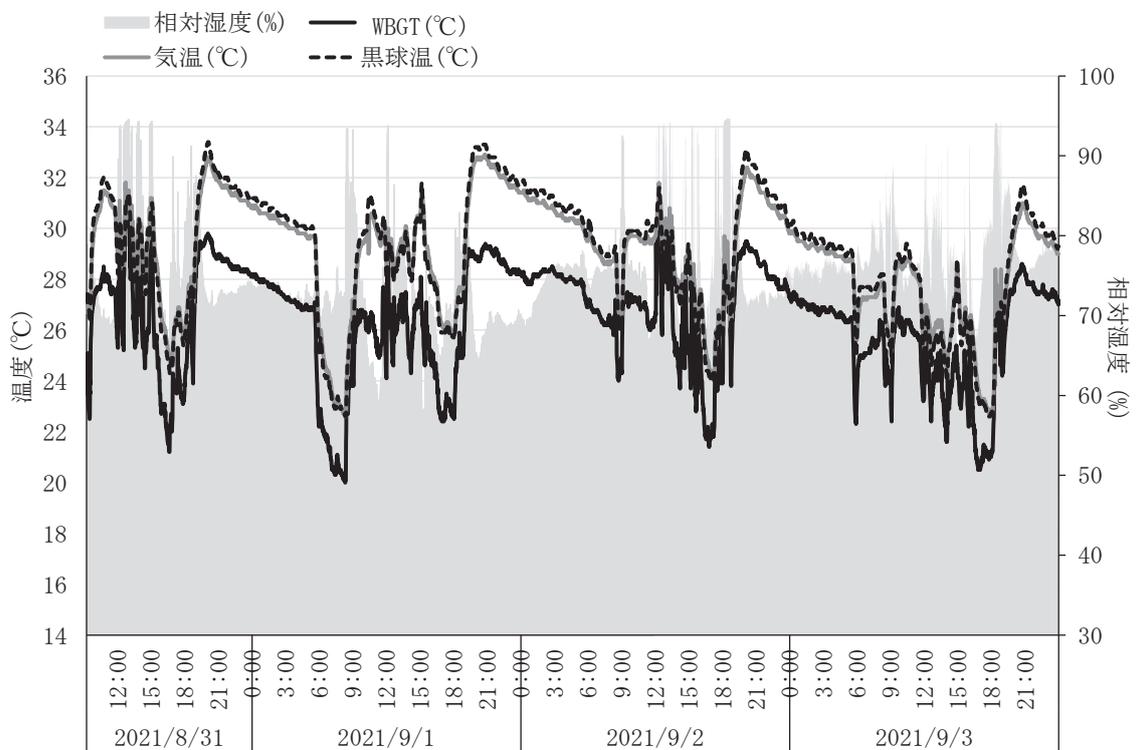
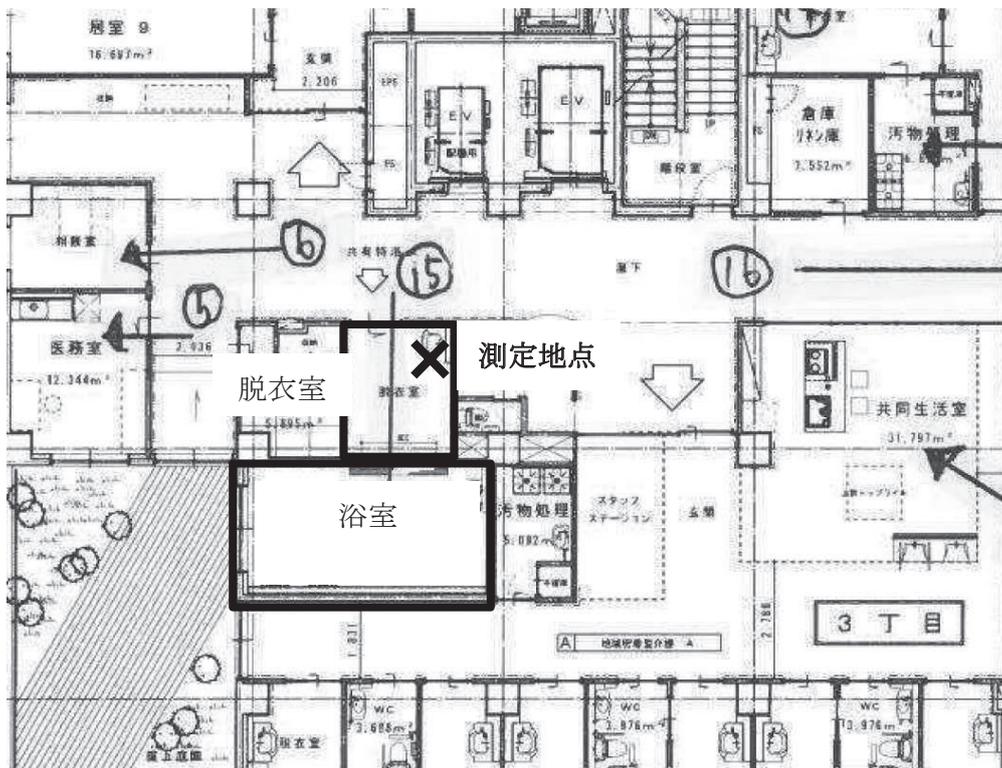


図 6-2 施設 6 の浴場における環境測定結果

## 4 WBGT 計等を用いたリネン室における暑熱リスクの評価

研究協力者 嶋崎 優

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 産業医学修練医

### 研究要旨

屋内の暑熱職場のうち、リネン室における温熱環境調査を行った。具体的には、リネン室において、梅雨期間中、梅雨明け後～8月上旬、8月中旬以降に、気温、機器表面温、相対湿度、WBGT 値、熱源の表面温度等の温熱指標を各 2～5 日間測定した。WBGT 値について、実測 WBGT 値と最寄りのアメダス測定値を比較したところ、調理場と同じく、屋外環境より、熱源となる設備の稼働状況に大きく影響を受けており、熱源に対するリスク低減対策が有効と考えた。

### A. 研究目的

熱中症は屋外だけでなく、屋内環境での発生例が少なくない。屋内環境においては、熱源近くの環境や高温多湿と考えられる環境にて多く発生している。宿泊施設や医療機関では利用者が使用するシーツ、枕カバー、タオルや寝間着といった布類及び作業者の作業服等を洗浄し、保管する「リネン室」が存在する。リネン室では、洗濯、乾燥、プレスなどの工程で熱源を使用しており、暑熱リスクがあると予測する。また、プレス機作業や折り畳む作業は、オートメーション化が進んでおらず、手作業の工程が多い。本研究では、リネン室において環境測定を行うことで、温熱条件を客観的に把握し、暑熱リスクを評価することを目的とした。

### B. 研究方法

WBGT 計 (AD-5695DL, A&D) を用いて、2021 年 6～9 月のうち、①梅雨期間、②梅雨明け～8月上旬、③8月中旬以降の 3 期間で各 5 日間 (24 時間、1 分毎)、WBGT 等を測定した。測定データは、各

時刻の 0～9 分時点での数値の平均を時間値とし、1 測定箇所につき 1 日で 24 個、1 期間で 120 個、3 期間で 360 個のデータを集約した。また、放射温度計 (AD-5616, A&D 社製)、赤外線サーモグラフィカメラ (R450Pro、日本アビオニクス(株)社製) を用いて、熱源の表面温度を測定した。測定場所として、某医療機関におけるリネン室 (図 1) を選定した。稼働時間は平日と祝日は 6 時～17 時半、土曜日は 6 時～15 時半、日曜日は稼働を休止していた。空調は全体空調、スポットクーラー、扇風機が導入されていた。全体空調は平日には 8 時半～17 時まで、土曜日には 7 時半～13 時まで、日曜日には稼働を休止しており、設定温度は 26℃とされていた。

図 1、2 の通り、プレス機、エチレンオキサイドガス殺菌乾燥燻蒸装置 (以下、EOG)、乾燥機の熱源 3 箇所付近、リネン置き場 (熱源なし)、屋外 1 箇所に WBGT 計を設置して測定を行った。EOG はエチレンオキサイドガスを発生させてリネンの殺菌・消毒を行う装置であり、毎週月曜日に稼働するが、

不定期に木曜日に稼働することもある。屋外の測定点として、屋根があり、常時日陰となる場所を選定した。

各測定箇所における WBGT 値を測定箇所から 4km 地点に位置する地域気象観測所における観測値（以下、アメダス観測値）と比較した。また、熱源の有無による WBGT 値の比較も行った。

### C. 研究結果

各測定箇所の①梅雨期間、②梅雨明け～8月上旬、③8月中旬以降の3期間におけるそれぞれの WBGT 値のグラフを図3に示す。屋外での測定値とアメダス観測値は日中に WBGT 値が上昇し、夜間に下がる傾向を示した。屋外測定値とアメダス観測値を比較すると、日中はアメダス観測値の WBGT 値の方が高く、夜間は屋外の WBGT 値の方が高くなる傾向を認めた。プレス機、乾燥機付近では、日中に WBGT 値が突発的に上昇していた。梅雨明けの期間においては、乾燥機付近の WBGT 値が 30℃を超える時間帯も見られた（図3-2）。今回の測定期間中、EOG は使用されず、EOG、リネン置き場付近の WBGT 値は同じような推移を示した。

各測定箇所における日内変動を見るために、5日分の WBGT 値の時間値を平均し、これを測定期間ごとに比較した結果を図4に示す。プレス機、乾燥機付近では、7～17時頃のリネン室稼働時に WBGT 値が上昇する傾向が見られた（図4-1）。EOG、リネン置き場付近では、8～17時の空調稼働中に WBGT 値が低下する傾向を認めた。

放射温度計で測定した熱源の表面温度

は、プレス機は約 100℃、乾燥機は 57℃、EOG の扉は 30℃であった。赤外線サーモグラフィカメラで測定した表面温度を図5に示す。プレス機付近では、プレス機の蓋の開閉部分に加えて、プレス機が載っている土台の部分も、表面温度は 60℃程度であった。乾燥機の蓋は、稼働している状態で表面温度 60℃程度であった。

### D. 考察

プレス機、乾燥機（屋内熱源あり）付近では、熱源の稼働状況に応じて WBGT 値が上昇したと考えられた。EOG、リネン置き場（屋内熱源なし）では、空調の稼働状況に応じて WBGT 値が変動したと考えられた。

屋内測定箇所の中で乾燥機の WBGT 値が高かった理由として、WBGT 計を2つの乾燥機の間設置しており、乾燥機表面からの輻射熱の影響を受けたと考えた。また、乾燥機付近の屋外に面しているドアを含め、リネン室内のドアは全て常時解放されていたため、外気の影響を受けたことも考えられた。

乾燥機付近では突発的に WBGT 値が 30℃を超える時間帯もあったが、その他の屋内測定箇所では WBGT 値は 23～27℃程度で推移していた。熱源を使用している職場であるにも関わらず、WBGT 値が大幅に上昇しなかった理由として、全体空調に加えて、熱源付近のスポットクーラーや扇風機による気流が確保されていることが考えられた。プレス機付近では、プレス機の真上に換気扇が設置されており、プレス機から生じた熱上昇気流を室外へ換気できるように、対策が取られていた（図6）。

さらに暑熱リスクを軽減するための対策

として、作業場所のレイアウトの見直しを検討できる。プレス後の衣服は図 1 のハンガーラックに掛けられ、保管されていた(図 7)。プレス後の衣服は熱を帯びているため、保管場所を別室に設けるなどの対策が有効であると考えた。

#### **E. 結論**

食品業において、併設されていることが多く、熱源が存在する屋内作業場である「リネン室」の環境測定を行い、その暑熱リスクを検討した。調理場と同じく、屋外環境より熱源となる設備の稼働状況に大きく影響を受けていた。よって、熱源に対するリスク低減対策が有効と考えた。

#### **F. 健康危険情報**

なし

#### **G. 研究発表**

なし

#### **H. 知的財産権の出願・登録状況**

なし

#### **I. 引用文献**

なし

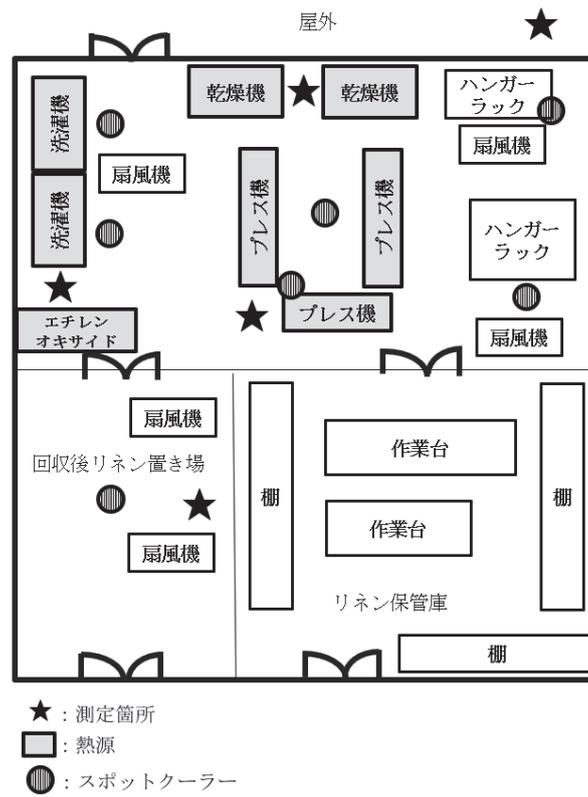


図1 リネン室の見取り図



図2 測定風景

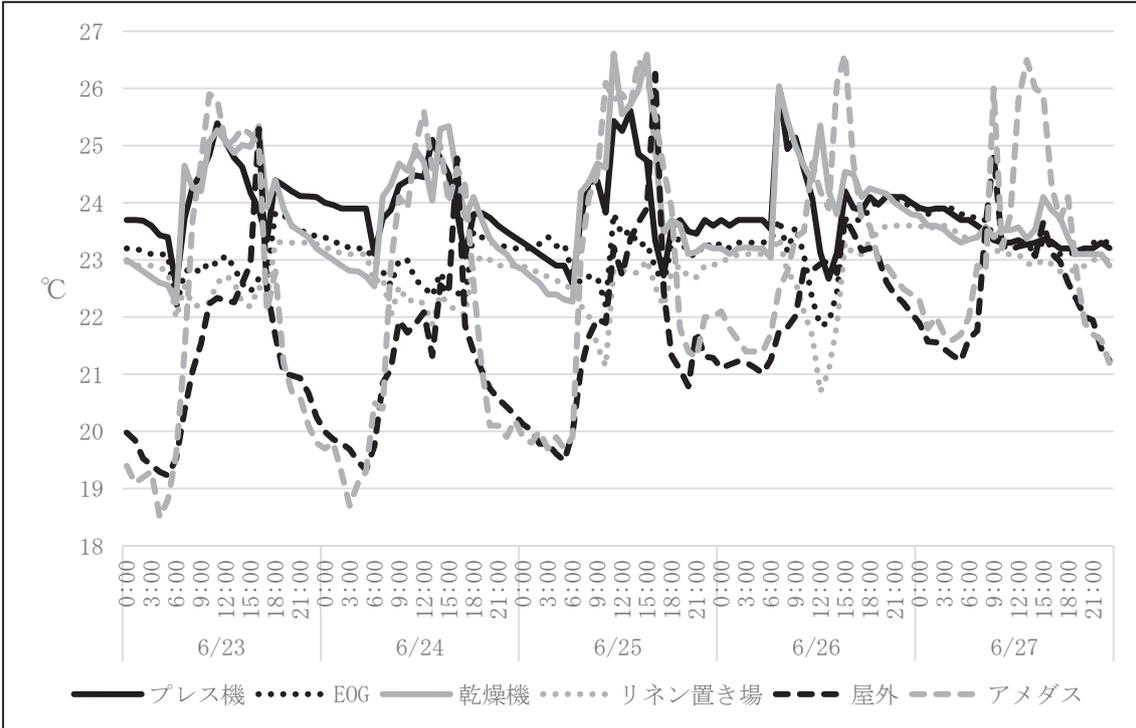


図 3-1 梅雨期間における各測定箇所の WBGT 値

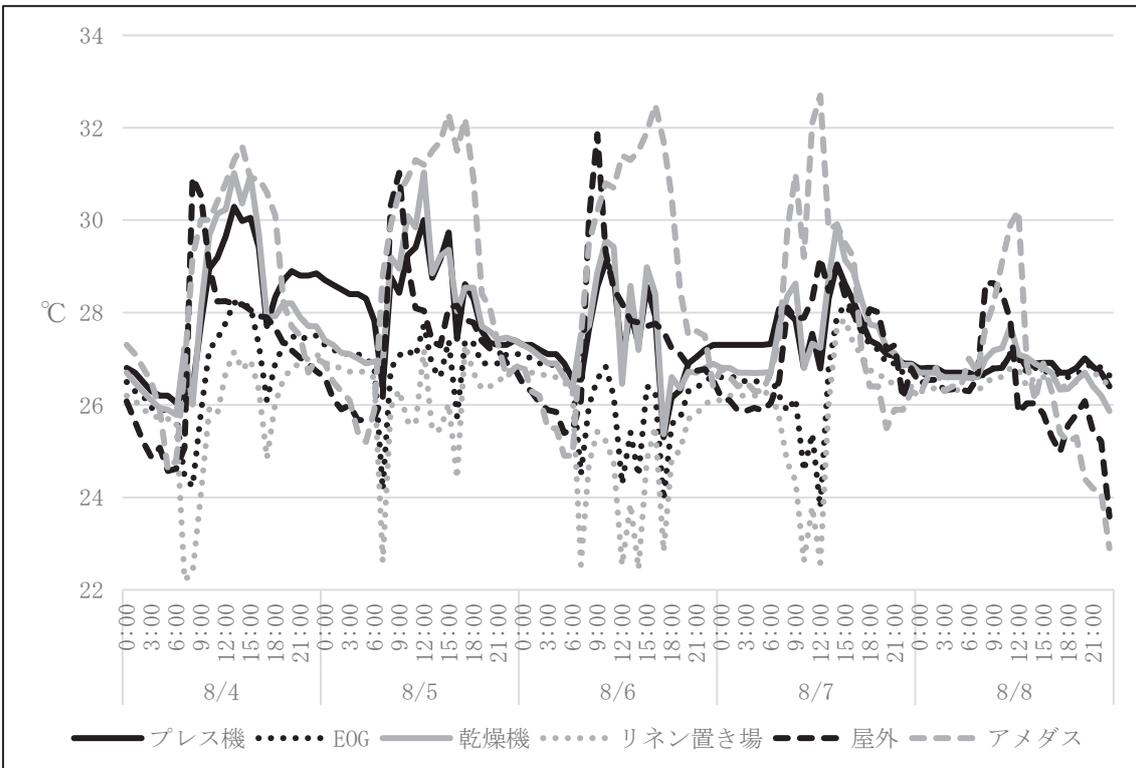


図 3-2 梅雨明けの期間における各測定箇所の WBGT 値

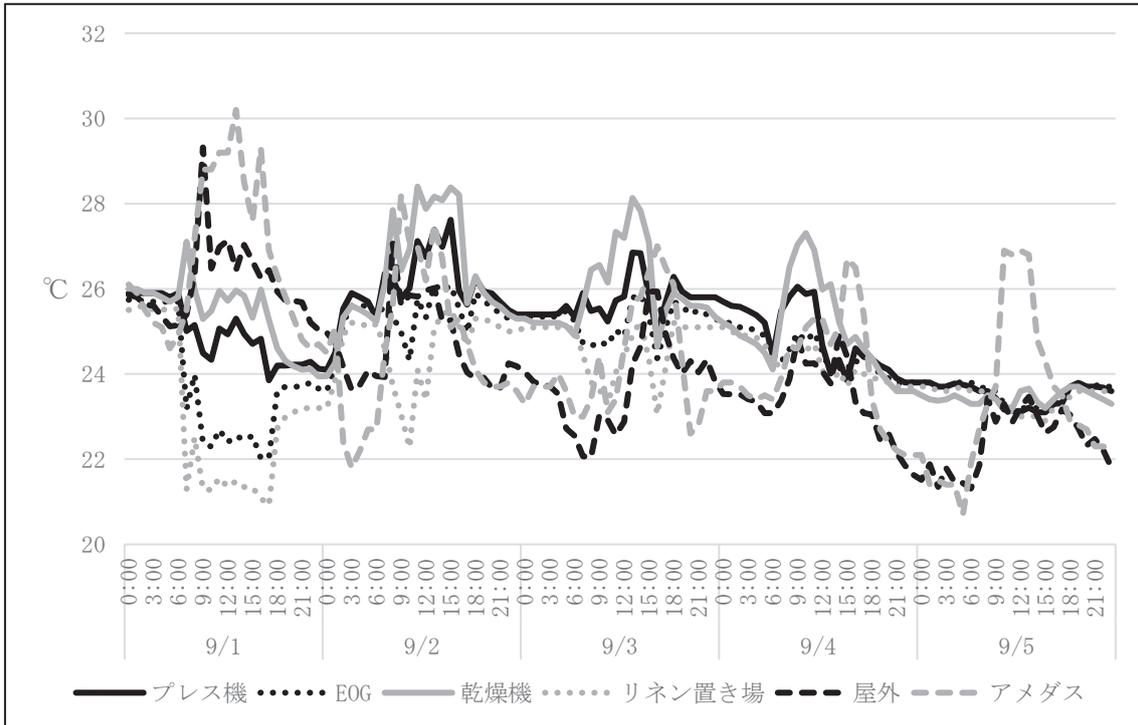


図 3-3 8月中旬以降の期間における各測定箇所の WBGT 値

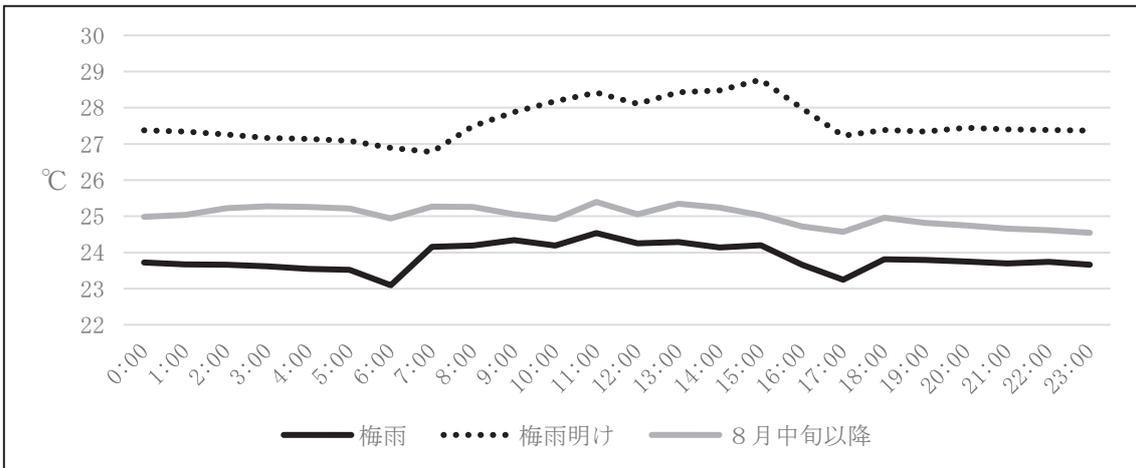


図 4-1 プレス機付近の WBGT 値の日内変動

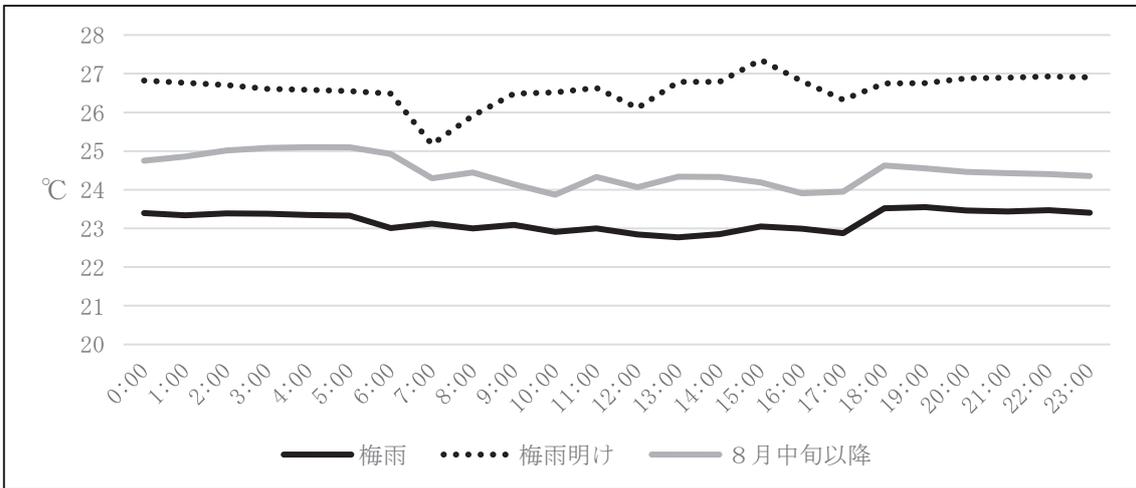


図 4-2 EOG 付近の WBGT 値の日内変動

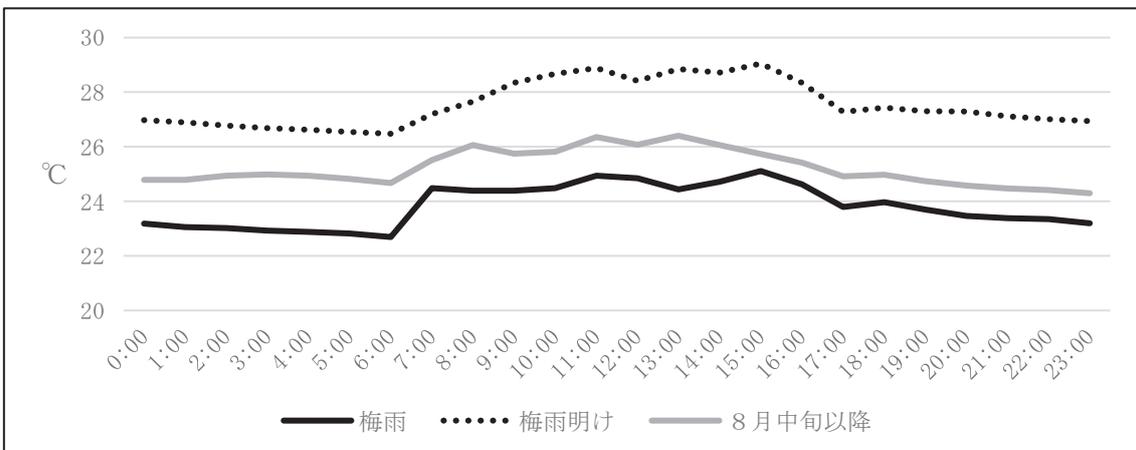


図 4-3 乾燥機付近の WBGT 値の日内変動

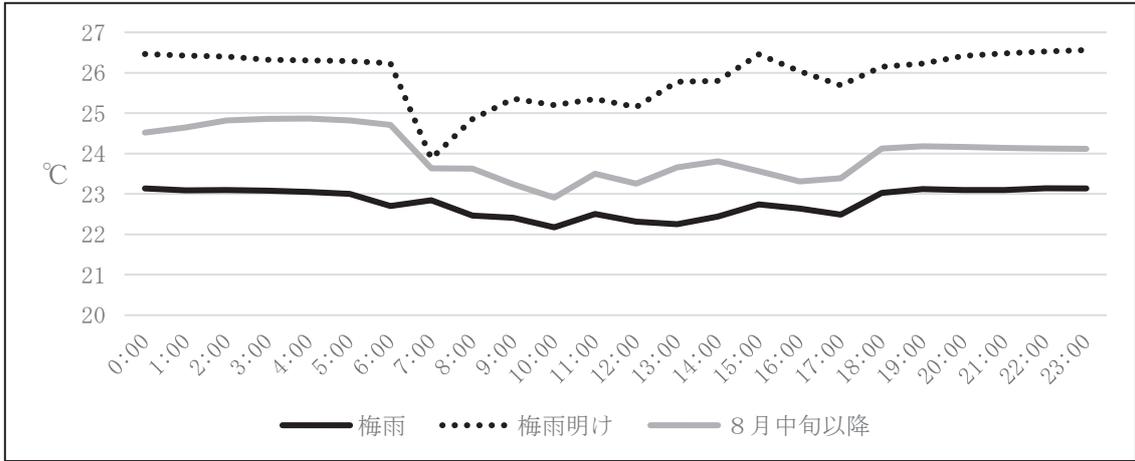


図 4-4 リネン置き場付近の WBGT 値の日内変動

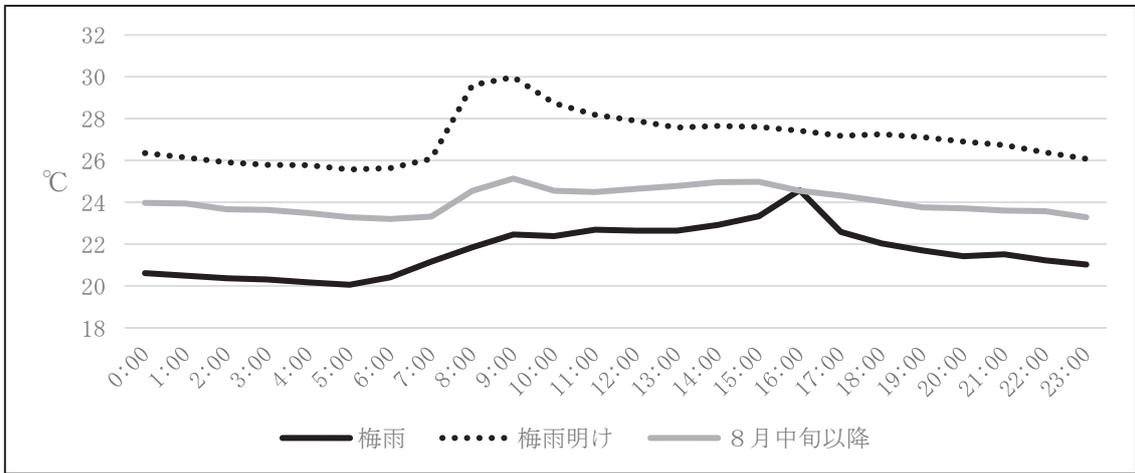


図 4-5 屋外の WBGT 値の日内変動

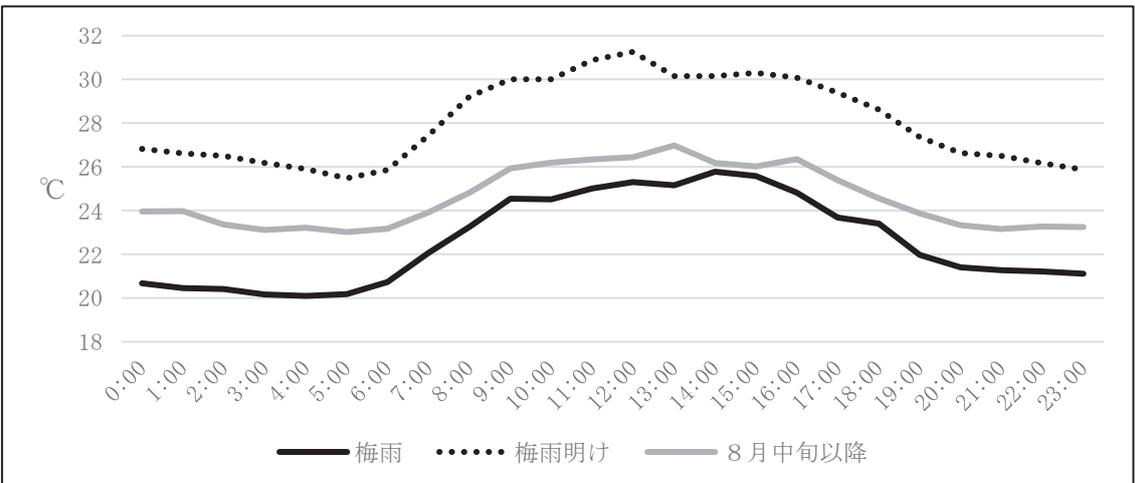


図 4-6 アメダス観測値の WBGT 値の日内変動



図 5 赤外線サーモグラフィカメラによる表面温度測定



図 6 スポットクーラー、扇風機の設置状況



図 7 衣服の保管状況

## 5 IoTシステムによる熱中症リスク低減の有効性についての研究

研究分担者 宮内 博幸

産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 教授

### 研究要旨

製造業の屋内作業場のほか、倉庫業、清掃業、調理場などにおいても熱中症が発生しており、高リスク要因を特定し低減化させることは重要である。しかし、小規模の事業場では十分な知識と人材が不足しており、予防活動停滞のために災害が減少していない。そこで第1年度に作業環境測定基準で告示されている現場の気温、相対湿度についてIoT技術を活用し、人手を介さずリアルタイムで一元管理できる方法の効果について検討した。計測機器は、計測データをモバイルネットワーク（セルラー回線）によりインターネットへ接続して管理できるRS-BTEVS1（ラトックシステム株式会社）を用いた。また、クラウドに記録するIoTシステムは、室内温湿度自動記録・監視システム（ハピクロ社製）を使用した。この方法はインターネットが使用できる場所であれば世界中のどこにいてもデータを見ることができ、リアルタイムで管理することができる。夏季に暑熱障害リスクが高くなると推測される某大学病院の厨房作業場他の合計8箇所に計測機を設置して検討を行った。その結果、厨房内配膳室と厨房内のスープ・ケトル調理位置での気温は、一定時刻に30℃近くまで上昇していることが確認された。季節変化により外気温度が上昇し、室内気温が許容できる値を超える以前に適切な改善を要すると判断された。IoT技術を活用することで作業者の業務量軽減にもなり、少人数の作業場においても広く普及させることが可能と思われた。第2年度目にはさらに多くの業種、作業場について検証を行い、確実な有効性を確認する必要がある。

### A. 研究目的

屋内の暑熱職場における熱中症の高リスク要因を特定して対策を講ずることは重要である。しかし、リスクを抱えている非製造業の飲食店、倉庫業、リネン業、介護福祉業等は人材不足であり、十分な予防マネジメントが確立していないのが現状である。また、小規模事業場では専門職は関与しておらず、予防活動を司っている衛生管理者や衛生推進者等も、他の業務と兼務のため十分な予防活動をする時間が不足しているのが現状である。一方、建物管理の分

野では、各種センサや監視装置、制御装置を含めた管理システムであるBEMS (Building and Energy Management System)においてIoT化が進んでいる<sup>1)</sup>。また、冷蔵保存時における温度監視としてIoTを活用した管理方法が実用化されている<sup>2)</sup>。本研究ではこれらの方法を参考に、まずは作業環境測定基準で告示されている気温、相対湿度についてIoT技術を活用し、人手をとられずにリアルタイムで一元管理できる方法の効果について検討した。検討対象は夏季に暑熱障害リスクの高くな

ると予測される某病院給食施設の厨房作業場とした。

## B. 研究方法

### 1 使用機器

気温、相対湿度をリアルタイムで計測できる機器として RS-BTEVS1 (ラトックシステム株式会社) を用いた。この計測機は、高さ 76 mm×幅 76 mm×奥行 36 mm、重量約 120 g (本体のみ) である。電源として 5 V、1 A (Micro-USB ポートより供給) を用いる。センサーの温度計測可能な範囲は 5 ~60°C、精度は±0.2°C である。相対湿度の計測可能範囲は 0~100%、精度は±3.5% (20-80°C ±2%) である。特徴は計測データをインターネットへ無線接続して管理することである。このインターネットへ無線接続する方法として、一般的にモバイルネットワーク (セルラー回線) や Wi-Fi が用いられるが、本装置はセルラー回線を使用している。Wi-Fi は規格上屋内でも 100 m 以上の距離でも使用可能と言われているが、障害物がある場合は無線 LAN での使用範囲は狭くなる。高性能の業務用ルーターを使用しても障害物のない空間にて最大 100 m 程度と言われている。また、Wi-Fi の電波を安定稼働させるために多くのデバイスを使用すると、電波干渉などのリスクが増えると言われている。対してセルラー回線の場合、アンテナを立てることで殆どの地域で 4G が利用である。さらにインターネットが使用できる場所であれば世界中のどこにいてもデータを見ることができ、リアルタイムで管理することが可能である。また、安定した接続が維持される場合は消費

電力がより小さくなる。

セキュリティにおいて、Wi-Fi はルーターを介してインターネットへ繋ぐため、ハッキングやクラッキングされるリスクがある。一方、セルラー回線は漏洩リスクが低い。また、本装置はクラウドにより 5 分間隔で 24 時間の室内温湿度を自動的に記録し、同時に計測値はリアルタイムでスマホや PC の画面にて全データを一目で確認することが可能である (図 1)。このクラウドに記録する IoT システムは、室内温湿度自動記録・監視システム (ハピクロ社) を使用した (図 2)。また、あらかじめ上限となる温湿度値を設定し、この値を越えた状態が続いた場合は、指定したアドレスに自動的にメールでアラートを通知させる。熱中症のリスクが高くなる前に対応が可能となる。

### 2 計測時期

令和 3 年 12 月の連続 4~16 日間とした。

### 3 計測対象作業場所

計測対象作業場所として夏季に室温が上昇し、暑熱障害リスクが高くなると推測される某大学病院の厨房作業場とした。測定器の設置個所は、a 厨房内配膳室、b 厨房内 (スープ・ケトル)、c 厨房内定点①、d 厨房内定点②、e 厨房外食堂、f 厨房外事務室、g 厨房外休憩室①、h 厨房外休憩室②の合計 8 箇所とし、リアルタイムの経時的な温湿度変化を計測した。

## C. 研究結果

8 箇所の測定結果を図 1 に示す。図 3-a から図 3-d は厨房内位置、図 3-e から図 3-

h は厨房外位置での測定結果である。測定結果より、a 厨房内配膳室の気温は 6 時 30 分、11 時 00 分と 16 時 30 分ころを中心に 30℃近くまで上昇していた。この時間に配膳車を配膳室内にて加温することも原因と推定された。また、b 厨房内のスープ・ケトル調理位置では 6 時 00 分、11 時 00 分、12 時 30 分、17 時 30 分ころに 30℃付近までの上昇傾向が認められた。スープ・ケトル調理時の放熱の影響と考えられた。その他の厨房内測定である c、d では、ほぼ 23℃前後の一定温度に保たれていることが確認された。a、b における当該作業時は重点的な管理を行い、季節の変化により外気温度が上昇し、室内気温が許容できる値を超える以前に適切な改善を要すると判断された。また、厨房外である e 食堂、g 休憩室①、h 休憩室②については現在の気象条件下にて 23℃前後の良好な環境であることが確認された。

#### D. 考察

本検討結果より、冬場の外気温度 10℃前後の冬場でも加熱調理を行う厨房内においては 30℃近く気温が上昇することを、厨房作業場から離れた位置にてリアルタイムで把握することができ、的確に障害リスク予防に繋げることが可能と判断された。また、休憩室では 23℃前後の気温にて良好に管理されていることが把握できた。以上、リアルタイムにて作業場における温湿度を把握することで、今後の季節的な気象条件変化の影響を推定しやすくなり、暑熱障害リスクに応じた管理が容易になった。また、人手を介さずに IoT 技術を活用することで、作

業者の業務量軽減にもつながり、少人数の作業場においても広く普及させることが可能と思われた。本年度の研究により、システムを用いた厨房作業場における IoT を用いた温湿度管理一元化の有効性が示唆されたが、2 年度目にさらに多くの業種、作業場について検証を行い、確実な有効性を確認する必要である。

#### E. 結論

IoT 技術を活用することで、暑熱障害リスクに応じた遠隔管理が容易になった。また、人手を介さないため、作業員の業務量軽減にもつながり、少人数の作業場においても広く普及させることが可能と思われた。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

#### I. 引用文献

- 1 松浦大介、楊 鎮浩、鈴木宏和: IoT を利用した簡易 BEMS の開発と空調設備の制御方法に関する研究 (第 1 報) IoT センサの開発と環境測定 ID: I-6, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 2020; 9:21-24
- 2 José Ramírez-Faz, Luis Manuel Fernández-Ahumada, Elvira Fernández-Ahumada, Rafael López-

Luque: Monitoring of Temperature in  
Retail Refrigerated Cabinets  
Applying IoT Over Open-Source  
Hardware and Software. Sensors  
(Basel) 2020; 20(3) 846:1-18



図 1 表示される画面

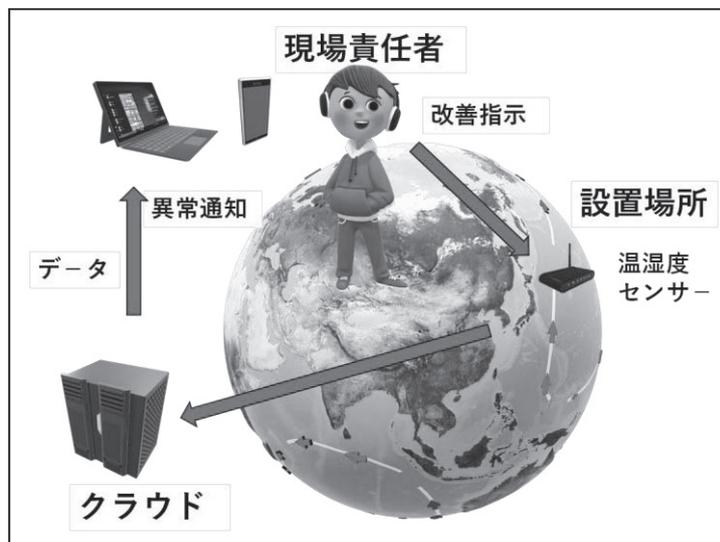


図 2 室内温湿度自動記録・監視システムの概要

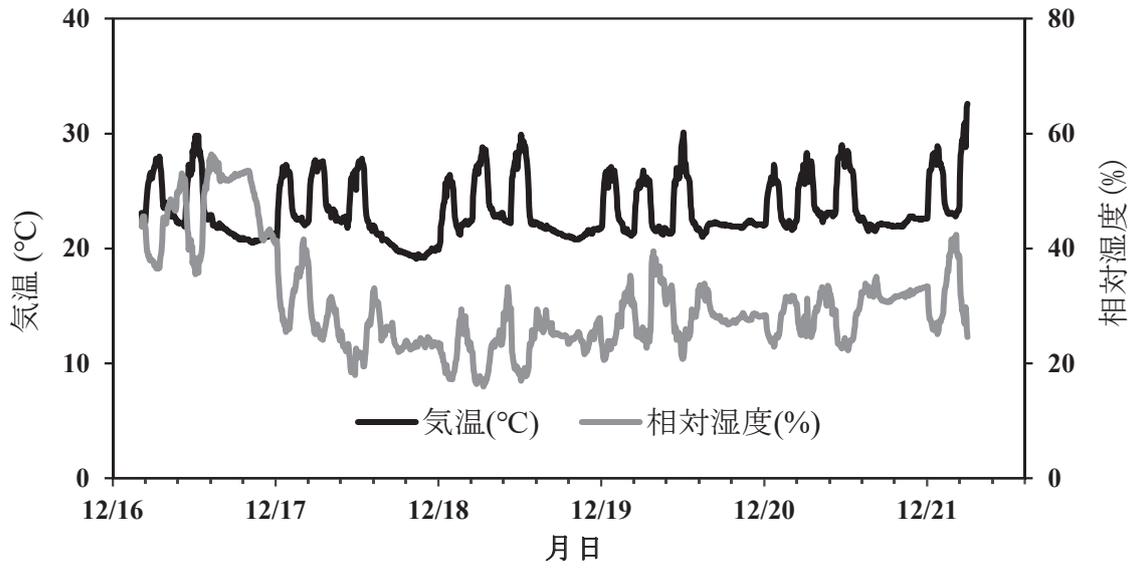


図 3 -a 厨房内配膳室の温湿度変化図

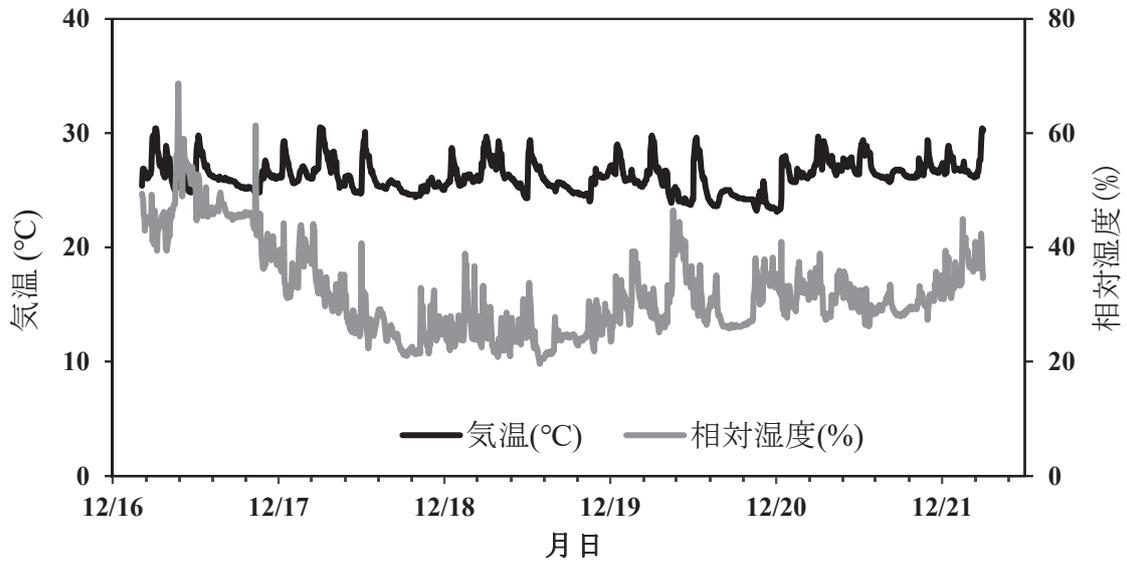


図 3 -b 厨房内(スープ・ケトル)の温湿度変化図

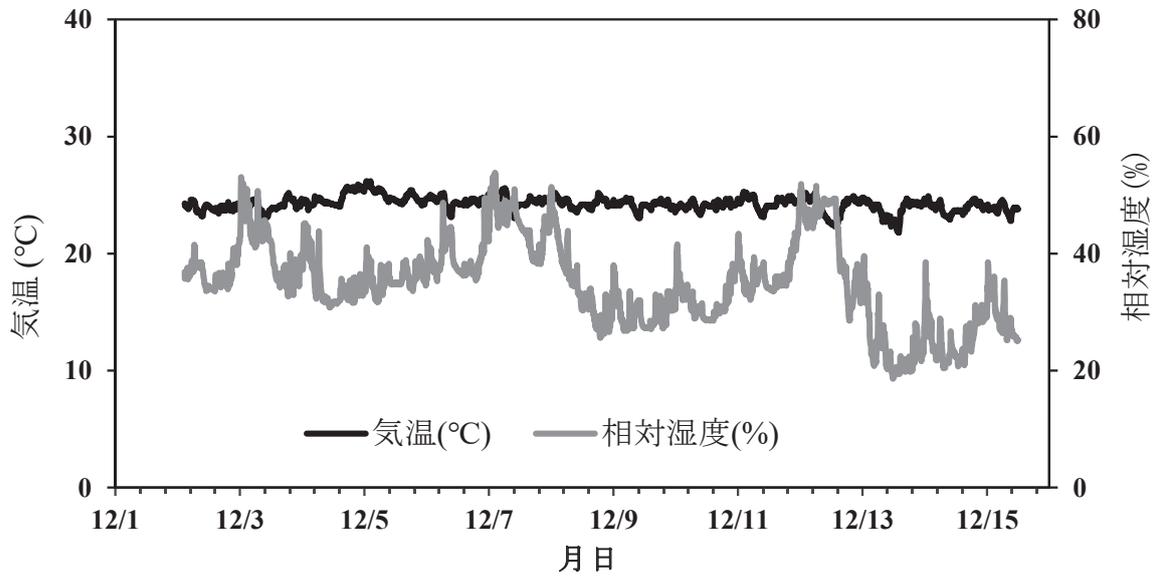


図 3 -c 厨房内①の温湿度変化図

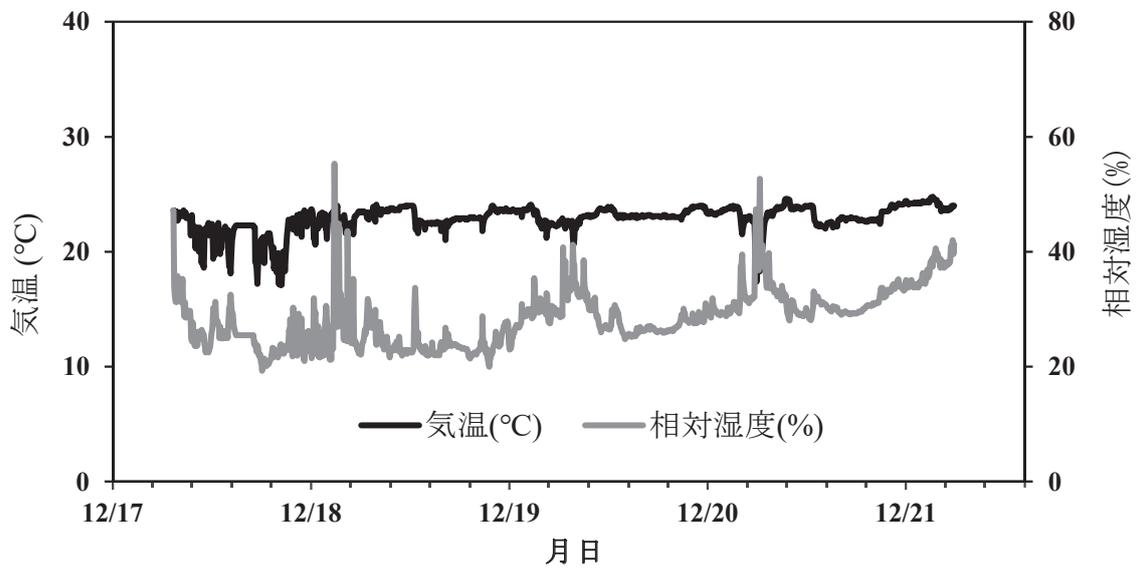


図 3 -d 厨房内②の温湿度変化図

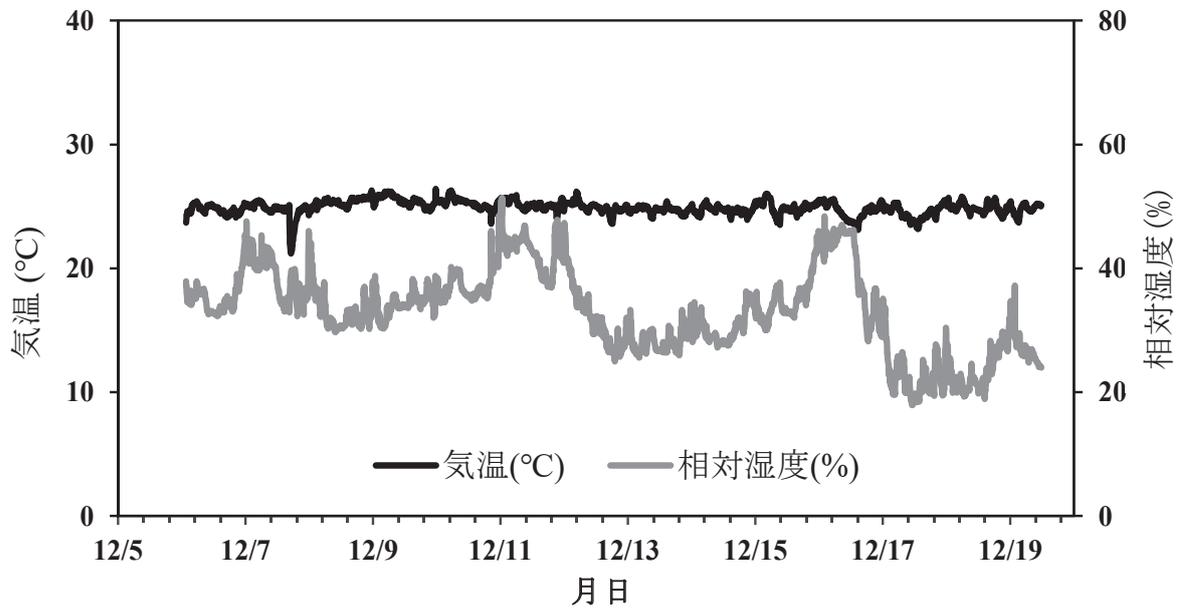


図 3 -e 厨房外食堂の温湿度変化図

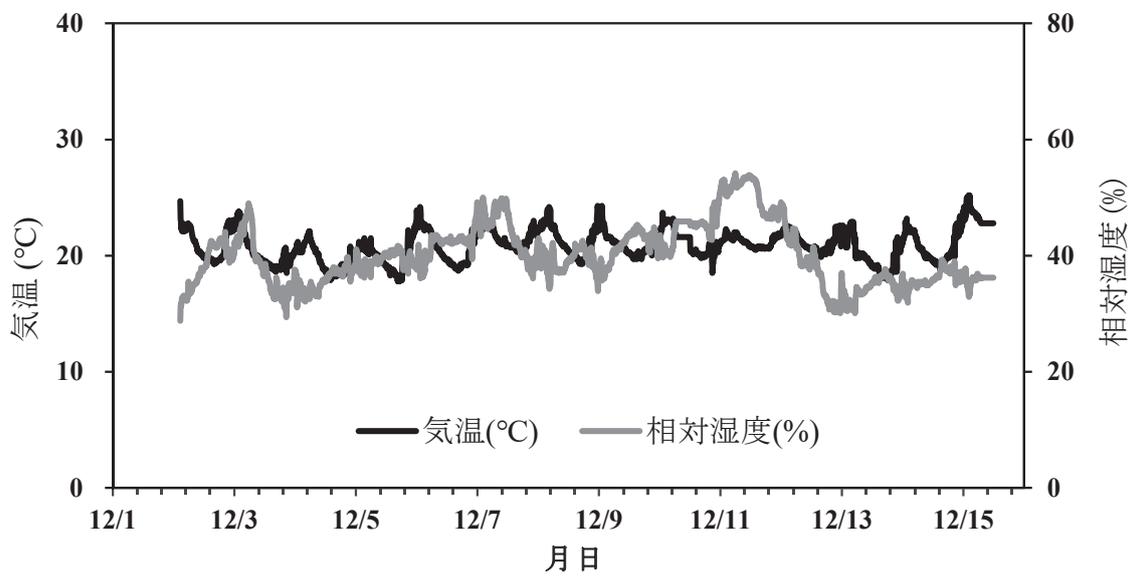


図 3 -f 厨房外事務室の温湿度変化図

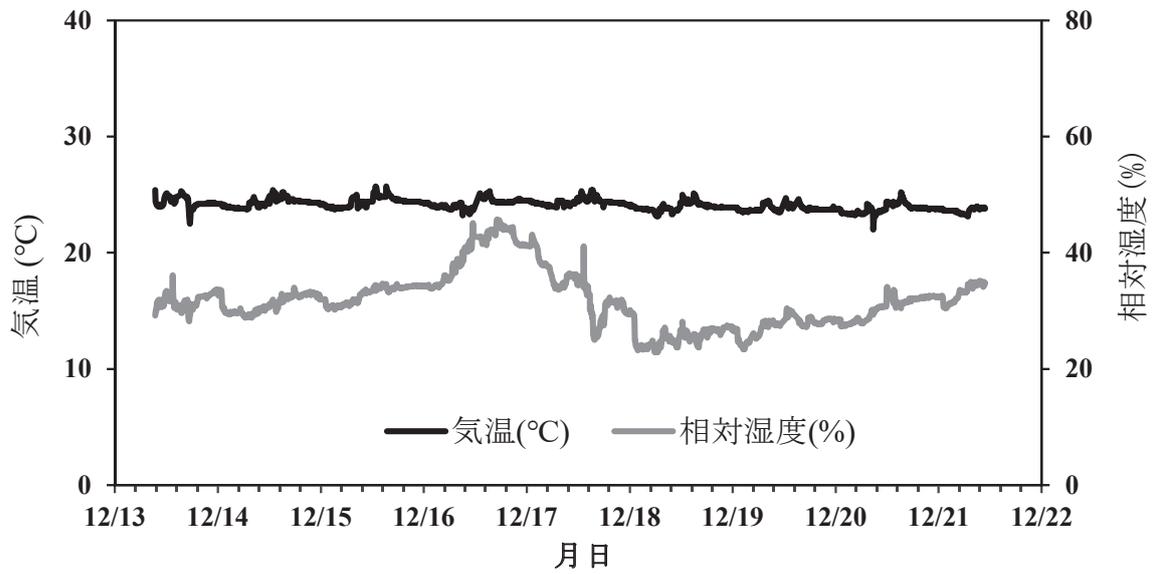


図 3-g 厨房外休憩室①の温湿度変化図

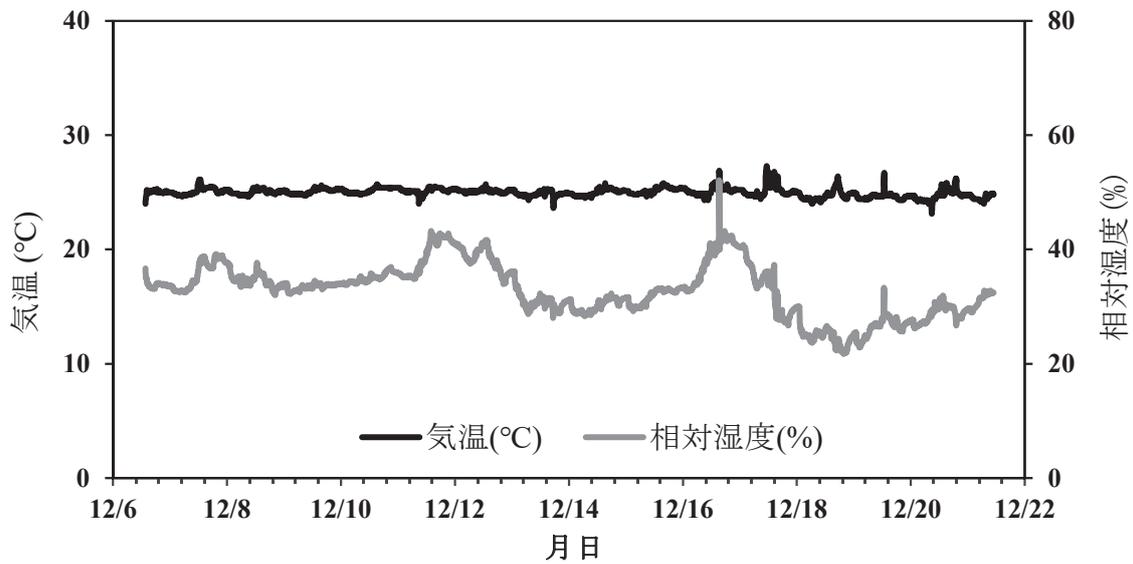


図 3-h 厨房外休憩室②の温湿度変化図

## 6 屋内作業場における暑熱環境の実態と対策

研究分担者 永野 千景

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 助教

研究協力者 嶋崎 優

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 産業医学修練医

### 研究要旨

現在、日本の事業場における熱中症予防対策は、「職場における熱中症予防基本対策要綱（令和3年4月20日付け基発0420第3号、同年7月26日一部改正、以下、熱中症対策要綱）」に基づき実施されている。食品業や倉庫業における屋内作業場において、この要綱に記載の対策を実施する際に、課題となる事項を、実態調査結果を踏まえて抽出し、職場環境改善、作業方法改善、保冷用品利用などの観点から実現可能な職場改善策を検討した。食品業・倉庫業をはじめとする屋内作業場では、作業環境面や作業管理上の対策が困難なことが多く、また、雇用形態や事業場の規模、労働者の背景も多様であることから、これらの考慮が必要であると考えた。

### A. 研究目的

現在、日本の事業場における熱中症予防対策は、「熱中症対策要綱」に基づき実施されているが、熱中症発生の多い建設業における屋外作業場や製造業における大規模工場を想定していると推測され、食品業や倉庫業における屋内作業場や小規模事業所では一部、実施が困難な可能性がある。

### B. 研究方法

今回、研究班で実施した屋外作業場での調査結果を踏まえ、現行の「熱中症対策要綱」に記載の対策について、屋内作業場、特に食品業と倉庫業において実施することを想定した際に、考えられる課題を項目ごとに抽出し、考慮すべき注意点を検討した。

### C. 研究結果

第1 WBGT値（暑さ指数）の活用

#### 1 WBGT値等

屋内作業場では基本的に日射がないが、倉庫業や製造業の物流作業場等では、半屋外であったり、窓からの日射があったりすることがあるため、WBGT値計算式①日射のない場合と②日射のある場合、いずれを採用すべきか、作業場ごとに検討する必要がある。また、屋内作業場でもWBGT指数計を設置する等により、WBGT値を求めることが望ましいが、食品業では同じ作業空間に熱源が複数存在し、また、熱源付近とそれ以外ではWBGT値に乖離があることが予想されるため、熱源毎に実測することが望ましい。

食品業や倉庫業では、作業内容が軽い

手作業（1 低代謝率）～重量物運搬（3 高代謝率）まで多岐にわたり、また、これらを同一の作業者が複数担当していることがあるため、「表 1-1 身体作業強度等に応じた WBGT 基準値（以下、WBGT 基準値）」を参考にする際は、作業場や作業員毎ではなく、作業ごとに身体負荷及び WBGT 値を評価すべきであろう。なお、食品業では、筋肉量の少ない女性作業員の割合が多いことも考慮すべきである。

食品業といった熱源のある屋内作業場では、熱源による室温、湿度に対する影響が大きく、WBGT 実測値と気象官署データに基づく WBGT 値とが相関していないことがあるため、そのような作業場では WBGT 値を実測することが推奨される。

## 2 WBGT 値に係る留意事項

食品業・倉庫業いずれにおいても、作業服は綿やポリエステル製が多く、不透性の作業服と比較して、通気性が良いと考えられる。ほとんどの作業服が「表 1-2 衣類の組み合わせにより WBGT 値に加えるべき着衣補正值（ $^{\circ}\text{C}\text{-WBGT}$ ）」において、補正值 0 に該当すると推測するが、一方、食品業では食品衛生上、必要なエプロンや長靴、頭髪を覆うための頭頸部～顔面にわたる作業帽や上腕～肘までの手袋、衛生マスクといった衛生保護具を使用しており、皮膚露出面が比較的少ないことも留意すべきであろう。倉庫業においても切創等を防ぐために長袖作業服や手袋、作業帽やヘルメット、衛

生マスク等の装着が義務付けられていることもあるため、注意が必要である。

また、WBGT 基準値は「健康な労働（作業）者」を基準に、ばく露されてもほとんどの者が有害な影響を受けないレベルに相当するものとして設定されているが、食品業・倉庫業では、高齢労働者や女性労働者が多く、多様性があることにも留意すべきであろう。

## 3 WBGT 基準値に基づく評価等

把握した WBGT 値が、WBGT 基準値を超え、又は超えるおそれのある場合には、冷房等により当該作業場所の WBGT 値の低減を図ることが望ましいが、食品業では食品衛生上の換気と両立できるよう、十分に空調方法を検討することが望まれる。また、稼働状況によって、熱源による温度への影響や身体負荷の変動が大きいこと、行動範囲が広範囲にわたることも考慮すべきである。よって、できるだけ多くの地点で WBGT 値を測定することや作業員の体温や心拍数といった生体指標あるいは携帯型 WBGT 計による作業員周囲環境の測定を行うことによって個人暑熱ばく露測定を行うことも一考に値する。

食品業では衛生エリアへの出入りが容易でないこと、倉庫業では作業エリアが広範囲にわたり、作業頻度の少ないエリアも存在することから、安全面や緊急措置対応も含めて、作業環境や作業員を遠隔的に管理できるシステムを導入するのも 1 つの方法として考えられる。

## 第2 熱中症予防対策

### 1 作業環境管理

#### (1) WBGT 値の低減等

WBGT 基準値を超え、又は超えるおそれのある作業場所（以下、高温多湿作業場所）においては、発熱体と労働者の間に熱を遮ることのできる遮へい物等を設けることが望ましいが、食品業では熱源と接近して作業することが多く、遮蔽物の設置は困難なことが予測される。さらに、施設内の調理場などでは、施設の管理者から給食業務を委託されており、空調設備やレイアウト変更等は施設管理者に権限があり、作業環境改善が困難なこともある。倉庫業も物流・資材管理を業務委託されている場合は同様である。よって施設・設備の所有者や委託元と連携して熱中症予防に取り組める体制の整備も重要となる。

屋外の高温多湿作業場所においては、直射日光並びに周囲の壁面及び地面からの照り返しを遮ることができる簡易な屋根等を設けることが推奨されているが、倉庫業に見られる半屋外の作業空間では、直射日光や照り返しが生じている箇所がないかを確認することが推奨される。

#### (2) 休憩場所の整備等

屋内作業場では、休憩所も屋内で、通風・冷房・除湿設備も設けやすいことがほとんどである。ただし、食品業では、作業場を衛生エリアとして、休憩所と隔絶別させていることがあり、行き来する際に、着替えや消毒、手洗い等が都度、必要になることから、作業者が休憩所へ

の移動を躊躇する可能性がある。定期の作業休止時間及び休憩時間を確保することに加えて、トイレの際や不調時に臨時の休憩を申し出やすいようにする配慮が必要である。

### 2 作業管理

#### (1) 作業時間の短縮等

食品業や倉庫業では、身体作業強度（代謝率レベル）の変動が大きいことがあり、こまめに作業の状況を把握して、必要に応じて作業配分や休憩を配慮できるよう努めることが望ましい。

また、配食・配膳や出荷のタイミングなど時間帯によって作業量の大きく変動することにも注意すべきである。

#### (2) 暑熱順化

高温多湿作業場所において労働者を作業に従事させる場合、計画的に暑熱順化期間を設けることが望ましいとされているが、食品業・倉庫業においては、有期雇用やパートタイムといった非正規雇用の労働者が多く、各個人への注意喚起だけでは暑熱順化が不足する可能性がある。よって、入職時の教育や管理監督者による指導、社内ルールによって暑熱順化が推進される方策の検討が望ましい。

一般に、梅雨から夏季になる時期等、気温等が急に上昇した高温多湿作業場所で作業を行う場合に、暑熱順化していないことが熱中症発生の要因となるが、食品業では作業場に熱源があり、年間を通じて、ほぼ高温多湿であることから、暑熱順化していない新入職者に特に注意が必要である。

### (3) 水分及び塩分の摂取

食品業では、食品への混入を防ぐため、飲食禁止にしていたり、飲料の持ち込みを禁止していたりして水分・塩分を摂取する機会が少ないことがある。また、衛生上、衛生エリア内外の行き来が困難であり、トイレへの移動を回避するため、水分摂取を控えることがある。これに対し、衛生エリア内に飲水可能なエリアを定めたり、定期的な作業休止時間及び休憩時間を確保し、トイレ休憩を申し出やすいようにしたりすることも重要である。

食品業も倉庫業も非正規雇用が多く、また、中小規模の事業場が多いため、管理者が各個人の健康状況を把握困難なことがある。疾患や服薬状況によって脱水状態であっても自覚症状に乏しい場合があることに留意し、塩分等の摂取が制限される疾患を有する労働者については、主治医、産業医等に相談し、その内容を管理者に申し出やすくする工夫が必要である。

### (4) 服装等

熱を吸収し、又は保熱しやすい服装は避け、透湿性及び通気性の良い服装を着用させること、これらの機能を持つ身体を冷却する服の着用も望ましいとされているが、食品業・倉庫業において作業服は洗濯しやすい綿やポリエステル製が多く、不浸透性の作業服と比較して、通気性が良いと考えられる。「表 1-2 衣類の組み合わせにより WBGT 値に加えるべき着衣補正值 (°C-WBGT)」においては、ほとんどが補正值 0 の作業服に該当

すると推測する。一方、食品衛生上、必要なエプロンや長靴、頭髪を覆うための頭頸部～顔面にわたる作業帽や上腕～肘までの手袋、衛生マスクといった衛生保護具を使用しており、皮膚露出面は比較的小さいことにも留意すべきであろう。倉庫業においても切創等を防ぐために長袖作業服や手袋、作業帽やヘルメット、衛生マスク等の装着が義務付けられていることもあるため、注意が必要である。

屋内作業場では直射日光へのばく露はないことが予測されるが、倉庫業では屋外との行き来や半屋外での作業もあるため、状況によって、通気性の良い帽子等の着用が推奨される。

なお、電動ファン付き作業服等の冷却服を使用する際は、衛生面や身体負荷を考慮し、適切なものを選択すべきである。

### (5) 作業中の巡視

定期的な水分及び塩分の摂取及び労働者の健康状態確認、熱中症を疑わせる兆候が表れた場合における措置を目的として高温多湿作業場所での作業中は巡視を頻繁に行うことが推奨されている。食品業での衛生エリアや倉庫業での作業頻度が少ないエリアでは管理監督者の目が行き届かないことがあるため、漏れがないよう、計画的に巡視する必要がある。

## 3 健康管理

- (1) 健康診断結果に基づく対応等
- (2) 日常の健康管理等
- (3) 労働者の健康状態の確認

労働安全衛生法に基づく健康診断結果

の結果、熱中症の発症に影響を与えるおそれのある疾患を治療中であつたり、関連する異常所見を認めたりした労働者については、事業者は、高温多湿作業場所における作業の可否、当該作業を行う場合の留意事項等について産業医、主治医等の意見を勘案し、必要に応じて、就業場所の変更、作業の転換等の適切な措置を講じなければならない。食品業・倉庫業には50人未満の小規模事業場も多く、そのような事業場では産業医や衛生管理者等の専門職が選任されていない。

「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」実施要綱において、事業者が衛生管理者、安全衛生推進者、衛生推進者又は熱中症予防管理者に、暑熱リスクの高い職場に従事する作業員に対して、健康管理業務や労働衛生教育を行わせることを推奨しており、小規模事業場では安全衛生推進者、衛生推進者あるいは熱中症予防管理者を選任し、これらの業務を行わせることが望ましい。

これらの業種では非正規雇用の労働者が多く、勤続年数が短いことが多いが、労働者が主治医等から熱中症を予防するための対応が必要とされた場合や労働者が熱中症を予防するための対応が必要となる可能性があると判断した場合に申し出やすいような工夫や雰囲気作り、作業開始前や作業中の巡視における声かけが推奨される。食品業における深夜業や倉庫業における一人作業でも健康状態の確認ができるように留意が必要である。

#### (4) 身体の状態の確認

休憩場所等で必要に応じて体温計、体

重計等で体温、体重を測定することに加え、第1の3に記載の通り、作業中の体温や心拍数を測定することにより身体の状態を確認できるようにすることも有効である。

#### 4 労働衛生教育

第2の3に記載の通り、食品業・倉庫業には50人未満の小規模事業場も多く、専門職が選任の義務がないため、安全衛生推進者や衛生推進者または熱中症予防管理者を選任し、労働者を高温多湿作業場所において作業に従事させる際にあらかじめ必要な労働衛生教育を行わせることが望ましい。

#### 5 救急処置

(1) 緊急連絡網の作成及び周知

(2) 救急措置

食品業・倉庫業においては非正規雇用の労働者も多いが、高温多湿作業場所において作業に従事させる場合には、労働者の熱中症の発症に備えた緊急連絡網や救急措置の方法について、これらの労働者にも漏れなく周知・教育する必要がある。

#### D. 考察

食品業・倉庫業をはじめとする屋内作業場では直射日光の影響を考慮する必要性が少なくなるが、作業環境面や作業管理上の対策が困難なことに加え、雇用形態や事業場の規模、労働者の背景も多様であることも考慮したうえでの対策を検討することが重要と考える。

## E. 結論

「熱中症対策要綱」に記載の熱中症予防対策を食品業・倉庫業といった屋内作業場で実施する際には、作業場の特性に合わせた実施方法を検討すべきである。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I. 引用文献

「職場における熱中症予防基本対策要綱（令和3年4月20日付け基発0420第3号）」

## 7 屋内作業に適した職場における熱中症予防についての専門家による意見 (第一次職場改善策検討会開催報告)

研究分担者 永野 千景

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 助教

### 研究要旨

安全衛生に関する専門職で構成する「第一次職場改善策検討会」を開催し、屋内作業場における暑熱環境状況についての調査結果を基に、課題の抽出及び対策の検討を行った。食品業では、作業環境管理及び作業管理の点から熱中症予防と食品衛生の両立が困難な実態があること、倉庫業や製造業では、屋外環境とのレイアウト上の関係性や建築物の構造上の特性、作業者の配置や作業負荷の変動制から、暑熱リスクは高いが対策が不十分となりやすいといった課題が挙げられた。対策として専門家より、これらの課題を解決している好事例や対策方法に関する専門技術について情報を得た。

### A. 研究目的

屋内暑熱職場での職場改善の経験がある産業医、衛生管理者、労働衛生コンサルタント、オキュペーショナル・ハイジニストで構成する「第一次職場改善策検討会」を開催し、研究班で実施した調査結果から発熱源の種類、熱上昇気流の存在、人的密集の有無、その他の温熱条件に応じて熱中症を発症するおそれのあるリスクを抽出して、リスク低減に資する蒸気の排出、気流の確保、断熱板の設置といった環境改善（職場環境改善）、作業姿勢の人間工学的な改善、連続作業時間の制限、休憩時間の確保といった作業改善（作業方法改善）、送風機内蔵型の作業服や冷水循環型保護具の活用といった対策（保冷用品利用）などのうち、職場ごとの制約条件を理解したうえで実際に実現可能な対策を検討することを目的とした。

### B. 研究方法

主任研究者が研究分担者、研究協力者に加え、労働衛生コンサルタント及び空調設備、特に置換換気空調システムの専門技術者に対し、3回にわたり、研究班による調査報告を行い、意見と情報を得た。以下に協力を得た専門家を示す。

前山 勝己

(前山労働安全コンサルタント事務所)

菊地 栄

森實 修平

秋岡 雄太

齊藤 悠介

(高砂熱学工業株式会社)

中野 貞幸

根城 清美

大川 幸一

(TMES 株式会社)

## C. 研究結果

### 1 研究班による成果発表

#### 1) 調理場における暑熱環境測定結果

対象調理場では熱源の稼働状況や作業内容により WBGT 値が上昇していた。熱源に加え、スポットクーラーや換気扇近くの気流の滞留により WBGT 値が高くなっていることが疑われた。暑熱リスク低減のため、①気流の冷却設備について空調の配管を見直す、②スポットクーラーの気流の向きを調整する、③配膳車の密集を防ぐため、配膳車の待機スペースを確保する、④調理場用のファン付き作業服の導入といった対策が望ましいと考えた。

#### 2) 同調理場の個人暑熱曝露測定結果

①の調理場に勤務する作業員に対し、心拍数、作業員周囲 WBGT 値、温度、湿度を測定した。作業内容として調理作業、特に揚げ物を取り扱う場合に暑熱リスクが上昇していた。また、腰部装着型電動ファンによる介入効果も検討したが、同指標に改善を認めなかった。

#### 3) 食品製造業、倉庫業等の事業所における暑熱環境測定結果

各事業場屋内において、日中は温められた建物の屋根、壁の影響を受け、WBGT 実測値のピークがアメダス値のピークより遅延する傾向を認めた。夜間は実測値の方がアメダス値よりも高くなっており、建物により放射冷却が妨げられたと考えた。熱源のある屋内事業場では、その影響を受け WBGT 実測値が上昇していた。

#### 4) 高齢者介護福祉施設の調理場における暑熱環境測定

対象調理場には熱源は存在するが、空調が効いていたこと、食事数や稼働時間が限られることから WBGT は 26℃以下にコントロールされていた。また、配膳車については調理場傍の別スペースに搬入場所が確保されていたこと、食堂で炊飯、再加温が為されていたことも暑熱リスクが抑えられていた要因と考える。

#### 5) 全国のアメダス地点と実測値との比較

全国 6 か所の事業場構内で WBGT 測定を行った。晴天の屋外では、アメダス値と実測値は、ほぼ一致していた。雨天により WBGT 機器が雨水に濡れた後は黒球温度が低くなっていた。夏の午後に屋外の建物近くでは WBGT 値が高い傾向があった。屋内では WBGT 実測値のピークがアメダス値のピークより遅延する傾向を認めた。屋内外を問わず、直射日光が当たると黒球温度が急激に上昇していた。

### 2 研究成果に対するコメント、情報提供

調理場は熱源、窯のすぐ近くなどは暑熱リスクが高く、作業員位置と定点（環境測定値）との差が見られる。調理場は害虫、埃を入れないようにして衛生状態を保つために外気を入れないようにしているので、温度管理が難しい。水も調理や清掃・清潔の維持目的で大量に使用し、熱湯を使用していることもあるため、温度に加え、湿度の上昇に影響している。某市の学校給食課では、最近 3 年間で空調設備、大型扇

風機、設定温度の工夫等による調理師の熱中症予防対策を強化した。その他、給食調理員の熱中症対策として、様々な団体の調理場で電動ファン付き作業服の導入が検討されている。一例として、食品衛生服としての電動ファン付き作業服（価格は約10,000円）を導入した埼玉県坂戸市の事例が「地方公務員安全と健康フォーラム第118号」誌に紹介されている。また、2021年度全国建設業労働災害防止大会で心拍数、WBGT、閾値の設定による暑熱リスク監視・体調確認管理システム「みまもりガジュ丸（NTT PC コミュニケーションズ社製）」が建設業に導入された事例をはじめ、複数の暑熱リスク管理システムを導入して事例が紹介されていた。

労働現場における換気方法として、局所換気、プッシュプル型換気、希釈換気などがあるが、最近では、作業空間内に新鮮な空気を流入させることで「空気を置き換える」という意味の置換換気方法が普及してきている。置換換気システムのメリットは、空調設備と組み合わせて、室温より低い低温の空気を下部より供給し、滞留した室内の高温空気を空間上部に送り、排気することで効率よく空調効果を発現させることができる点である（成層空調）。このような置換換気空調システムは、従来の混合空調方式（ミキシングシステム）より優れた空調効果、換気効率、省エネルギーが実現可能であり、大規模商業施設、ホール・体育館等に広く導入されている。広い空間でも空気の比重差を用いて換気・空調効果を実現できる。食品工場や飲食店、施設の調理場に設置している事例も多数ある。例え

ば、製飴工場で大量に発生する蒸気を効率的に排出させることで、暑熱環境改善を図った事例がある。施工の際には、スモークマシンで気流を確認したり、想定される使用人数あたりの熱源を設置したりして、置換空調の熱負荷試験を実施する。スポットクーラー等では検討・試算できない作業場に則した置換換気を企画・検討することができる。基本的に建設物・作業場の施工段階で置換換気設備を設置するが、既存の作業場に後付け施工も可能である。下からの置換換気は近年、欧米では主流となってきている。

熱負荷を試算するには、建屋の設計状況、熱源・発熱体となる設備のデータから発熱量（設備の仕様書にワット数、発熱量等が書かれているので推測する）、使用人数（1人あたり約60ワット）、外気の負荷（換気量、冷房/暖房）などから、最大負荷で試算し、給気量を決める。なお、置換換気はゆっくりの風速で送るのがポイントであり、100%外気でも可能である。置換換気が困難となる条件は原則としてなく、遮蔽物や床面・階段等の傾斜や角度も考慮できる。食品業であれば、ステンレスなど設備を洗浄できる素材にすれば衛生面も問題ない。必要面積、台数もレイアウトに応じて設置できる。床から天井の高さは4メートル以上が推奨されるが、それ未満でもほぼ問題なく効果がある。ただし、スポットクーラーなどの妨害気流があると、効果が打ち消される。また、階層構造の倉庫などだと高層階は別途設置しなければならない。溶接工場ではヒュームに対する換気気流を考慮しなければならない。調節目標である

設定温度によって給気する空気の温度を空調機で変えることで室温を保つことが可能である（風量は変わらない）。

混合空調方式（ミキシングシステム）は室内全体温度を一定に保つ方法だが、置換換気システムは人が居る所（空間下部、床面）にのみ、冷気を送って効率よく冷房するシステムである。よって、天井が高いこと、冷却空間が囲まれていることが効果的な条件であり、組立工場などに導入事例がある。調理場は、熱源があること、火気を使用することから、換気量が非常に多い。火気を使用する場所ではフード換気が使用される。空調の設定室温は 20-22℃のことが多いが、生ものを取り扱う際は温度管理と食品衛生上の HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Point、危害要因分析・重要管理点）の両立が困難なことがある。ダクトやドレーン式の空調やスポットクーラーを導入していることが多い。

#### D. 考察

食品業では食品衛生上、外部環境とは遮断されており、ほとんどの作業場で空調設備が存在するが、多種多様な熱源が存在することから、作業環境管理が困難であること、熱源と作業者との接近時間が長いにも関わらず、衛生面から衣服の調整や休憩の取得といった作業管理が困難であることが課題として挙げられた。また、倉庫業では作業環境が屋外環境と連絡していたり、階層構造であったり、常時、従事している作業者が少ないことから、空調設備の効果

が不十分となりやすいこと、重量物運搬や重機の操作等、作業負荷の変動があり得ること等が課題として認められた。対策として、専門家より衛生面を考慮し、かつ身体冷却機能のある冷却服や置換換気システムを導入している好事例や関連知識といった情報提供を得た。

#### E. 結論

屋内作業場における熱中症予防対策について、課題の抽出及び議論をすることができた。また、対策について、専門家による好事例や専門技術に関する情報を得た。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

#### I. 引用文献

「特集 熱中症対策を考える「暑すぎる夏」に職員の健康を守るために 事例 3 給食調理員の熱中症対策としてファン付き調理服を導入」、地方公務員 安全と健康フォーラム 第 118 号、p20-21、2021 年 7 月

## 8 休業4日以上の中熱による労働災害に関する検討

研究協力者 前田 妃

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 産業医学修練医

### 研究要旨

2016年から2020年の全国における中熱による休業4日以上又は死亡の労働災害3,944事例に関するデータを取得し、各事例に最寄りの気象官署における気象条件を調査して突合させた。休業日数が14日以上となるリスクとして、7月中旬から8月上旬までの時期であること、警備業又は建設業であること、WBGTが28℃以上であること、被災者が男性、さらに高齢であることが挙げられた。

### A. 研究目的

近年、気候変動の影響により日本を含め世界的に年平均気温は年々上昇しており、中熱による救急搬送人員数及び死亡者数は増加傾向であり、軽症例を含めると業務上疾病で最多の疾病である。しかし、労働災害補償に関する統計は、発熱源、熱上昇気流、服装、人的密集など中熱を発生させた原因の観点から分類されておらず、暑熱職場における中熱の高リスク要因が十分に整理されていない。また、高温ストレスに関して、作業環境測定基準の告示は気温、相対湿度、黒球温の測定を規定している一方で、国際的な中熱予防の指標であり行政指導もされているWBGTの測定が徹底されていない。WBGTは環境省がアメダス測定地点における測定値や予測値を公表しているが、屋内暑熱職場などでは発熱源によって実測値と大きく異なる場合が多く、気象データをそのまま利用することはできない。そこで、中熱の労働災害について休業日数別の発生割合を明らかにすること及び休業14日を超えて

重症化するリスクを明らかにすることを目的に、本研究を実施した。

### B. 研究方法

2016～2020年に全国で発生した中熱による休業4日以上的事例及び死亡の事例に関するデータを厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課から取得した。

#### 1 気象条件データの突合

中熱の事例が報告された労働基準監督署に最寄りの気象官署における発生時点の観測結果について、気象庁が公開している「過去の気象データ検索」<sup>1)</sup>及び環境省が公開している「中熱予防情報サイト」<sup>2)</sup>で調査して突合させた。

#### 2 休業日数に影響する要因の分析

発生時に重症であった中熱の事例であるほど休業日数が長くなると考えて、休業日数が14日以上的事例に認められる特徴を分析した。発生月、発生時刻、被災者の性・年代、業種、最寄りの気象官署にお

ける環境指標等を比較した。また、環境指標（気温、相対湿度、平均風速、黒球温、WBGT）と被災者の年齢を説明変数、休業14日の事例を目的変数とする分析を行った。

### C. 研究結果

2016～2020年の全国における熱中症による労働災害の被災者数は、休業0～3日であったものは不明であるが、休業4～7日未満が1,303人、休業7～14日未満が1,533人、14日以上が1,008人、死亡が100人で、合計3,944人であった（図1）。

性・年代別の被災者数は、男性が3,265人（82.8%）、女性が679人（17.2%）で、年齢は15～87歳まで分布し、40歳未満が1,172人（29.7%）、40歳代が928人（23.5%）、50歳代が953（24.2%）、60歳代以上が891人（22.6%）あった（表1）。

被災者のうち休業14日以上であった割合は、男性が953/3,265人（29.2%）、女性が155/679人（22.8%）であり、40歳未満が243/1,172人（20.7%）、40歳代が246/928人（26.5%）、50歳代が290/953人（30.4%）、60歳代以上が329/891人（36.9%）であり、高年齢者ほど明らかに増加する傾向を認めた（表1、2、図2）。

2018～2020年は梅雨明けから8月中旬まで非常に暑く、熱中症による労働災害の被災者数も増加した（表3）。特に記録的な猛暑となった2018年は、被災者数も記録的に多かった。発生時期を細かくみると、毎年、5月下旬から熱中症の重症例が発生するようになり、全国的に梅雨入りする6

月下旬に被災者数が増加した。梅雨明けを迎える7月中旬以降にはさらに増加し、8月上旬は休業14日以上であった割合が30%を超えていた（図7）。そして、全国的に夏季休暇を取得することが多い8月中旬になると被災者数が減少する傾向を認めた。

発生時刻別にみると、11時台と15時台にピークを認めた（図4）。9～12時台が1,310人（33.2%）、13～17時台が2,074人（52.8%）であった。休業14日以上であった割合も同様に、11時台と15時台にピークを認めた。

各事例の発生地点に最寄りの気象官署における気象条件で分類した結果、WBGT25℃未満が447人、25℃以上が842人、28℃以上が1,633人、31℃以上が905人、33℃以上が104人であった。被災者のうち休業14日以上であった割合は、WBGT25℃未満が109/447人（24.4%）、25℃以上が219/842人（26.0%）、28℃以上が468/1,633人（28.7%）、31℃以上が274/905人（30.3%）、33℃以上が35/104人（33.7%）であり、WBGTが高くなるほど増加する傾向を認めた（図5）。

業種別では、建設業が852人（20.9%）、製造業が519人（20.5%）、運輸交通業が522人（13.2%）、商業361人（9.1%）、警備業328人（8.3%）、清掃・と畜業272人（6.9%）、接客娯楽業194人（4.9%）の順であった（表9）。休業日数14日以上的事例の割合が大きかった業種は、警備業127人（38.7%）、派遣業16人（32.7%）であった。建設業について詳細な種別にみると、

休業14日以上の事例の割合が大きかったのは建築設備工事業10/852人(34.5%)とその他の建築工事業31/852人(41.9%)であった(表6)。建築工事業と土木工事業に大別すると、建築工事業が513人で、土木工事業が265人であり、建築工事業のほうが、事例数が約2倍で、休業日数の長い事例の割合が大きかった(図6)。

熱中症による労働災害で休業14日以上または死亡の事例数を目的変数とし、気象条件や個人要因を説明変数とした多重ロジスティック回帰分析を行った結果、被災者の年齢( $p<0.0001$ )、性別( $p=0.0044$ )、気温( $p=0.7950$ )、風速( $p=0.7868$ )、相対湿度( $p=0.5469$ )、黒球温( $p=0.6618$ )、WBGT( $p=0.5538$ )であった。また、屋外作業が想定される建設業の種別(表6)に限定して、上記と同様の説明変数で多重ロジスティック回帰分析を行ったところ、年齢( $p=0.0059$ )、性別( $p=0.5708$ )、気温( $p=0.1953$ )、風速( $p=0.2511$ )、相対湿度( $p=0.2682$ )、黒球温( $p=0.4443$ )、WBGT( $p=0.2263$ )であり、有意差がみられたのは年齢のみであった。

#### D. 考察

2016～2020年の全国における熱中症による休業4日以上であった熱中症による労働災害を分析した結果、休業7日未満の事例が約1/3を占めており、今後、休業4日以上又は死亡の事例が発生した場合は、その背景には非常に多くの軽度の熱中症が発生していることが推察され、それらを含めて予防策を検討することが重要と考えた。

暦年の比較からは、わが国の梅雨や夏期における気象条件の変化に応じて熱中症による労働災害の事案数や休業日数の長さに変化していることが推察された。梅雨入りする6月下旬から8月上旬までは、休業日数が長い事例の割合が多くなることから、重症化するリスクが高い時期であると推察された。また、気象官署で測定している環境指標のうち重症化リスクと最も関連していたものはWBGTであった。今回の調査は、職場における環境条件ではなく最寄りの気象官署であったにもかかわらず、関連性が認められたことから、職場における環境条件をより良く推定できる手法があれば、より強い相関が認められることが推定された。

警備業と建設業では症例数が多いうえに重症化のリスクが高いことが推察された。建設業のうちでは土木工事業よりも建築設備工事業のほうが重症化のリスクが高いことが推察された。

性・年代別の被災者数からは、就業人口に男性が占める割合が大きいことや高年齢化が進行していることを考慮しても、各年代で男性の割合が圧倒的に大きいことから男性のほうが女性よりも高リスクであると推察された。また、本来、退職者が増加するはずの60歳代以降の事例数が20歳代や30歳代よりも多いことなどから高年齢であるほど高リスクであることが推察された。そして、20歳代以降は、年代が上昇するにつれて休業日数が長くなる明らかな傾向を認めたことから、加齢とともに重症化するリスクが徐々に上昇することが推察された。

## E. 結論

夏期の中でも7月中旬から8月上旬までが重症化のリスクが高い時期であること、警備業及び建設業は重症化するリスクが高い業種であることが推察された。作業環境のWBGTが28℃以上で高くなるほど、そして、労働者の個人要因として男性であること、さらに年齢が高くなるほど、重症化するリスクが高まることが推察された。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

第95回日本産業衛生学会（高知）、  
（2022年5月予定）

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I. 引用文献

- 1 気象庁：過去の気象データ検索  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 2 環境省：熱中症予防情報サイト  
[https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt\\_data.php](https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt_data.php)

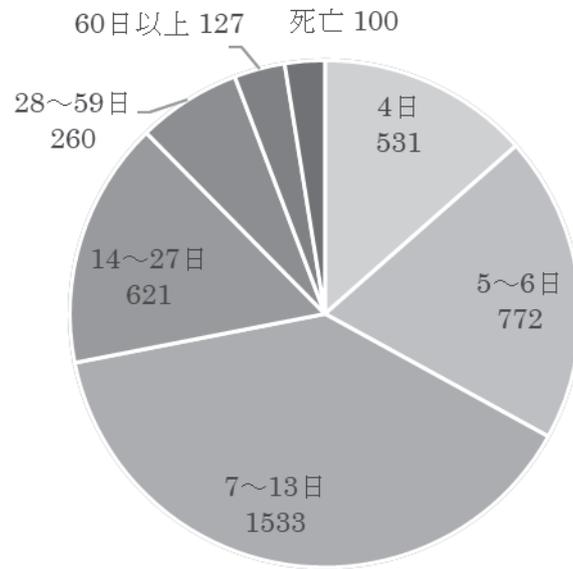


図1 全国の熱中症事案、休業日数別

表1 全国の熱中症事案、被災者の性、休業日数別

性別	年					休業日数		合計
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	14日未満	14日以上／死亡	
男性	397	469	945	681	773	2,312	953 (29.2%)	3,265
女性	65	75	231	148	160	524	155 (22.8%)	679
合計	462	544	1,176	829	933	2,836	1,108 (28.1%)	3,944

表2 全国の熱中症事案、被災者の年代、休業日数別

年代	年					休業日数		合計
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	14日未満	14日以上／死亡	
10歳代	8	13	23	18	24	68	18	86
20歳代	64	71	161	110	103	411	98	509
30歳代	68	83	178	113	135	450	127	577
40歳代	106	143	267	196	216	682	246	928
50歳代	113	129	282	209	220	663	290	953
60歳代	83	80	208	129	168	438	230	668
70歳代	20	25	57	54	67	124	99	223
合計	462	544	1,176	829	933	2,836	1,108	3,944

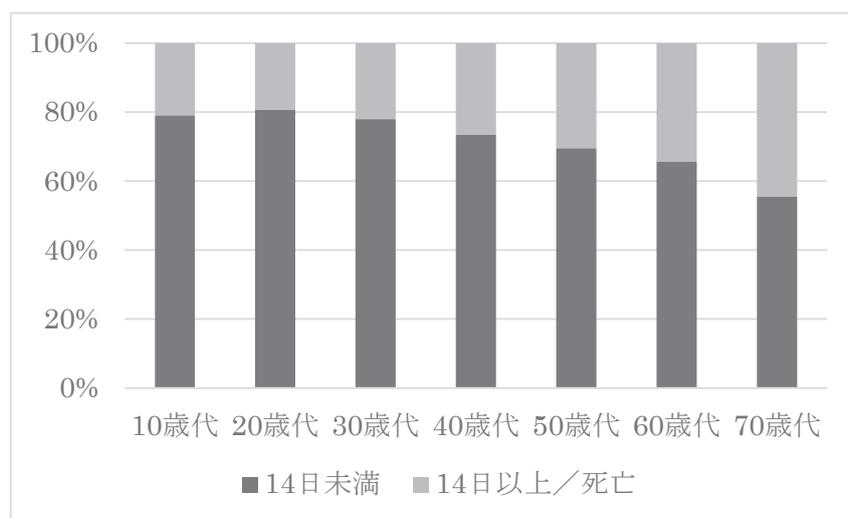


図2 全国の熱中症事案、被災者の年代、休業日数別

表3 全国の熱中症事案、発生時期、発生年、休業日数別

月・旬	年					休業日数		合計
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	14日未満	14日以上/死亡	
1月	0	0	0	1	0	1	0	1
2月	0	0	1	0	0	1	0	1
3月	0	0	1	0	2	2	1	3
4月	1	2	2	1	0	4	2	6
5月上旬	1	3	2	1	4	7	4	11
5月中旬	1	3	8	5	6	17	6 (26.1%)	23
5月下旬	9	11	5	23	6	39	15 (27.8%)	54
6月上旬	7	6	5	13	25	42	14 (25.0%)	56
6月中旬	12	4	11	14	27	49	19 (27.9%)	68
6月下旬	12	15	44	17	32	81	39 (32.5%)	120
7月上旬	66	66	87	15	21	188	67 (26.3%)	255
7月中旬	45	101	360	25	22	395	158 (28.6%)	553
7月下旬	49	97	250	188	68	460	192 (29.4%)	652
8月上旬	96	77	182	298	120	514	259 (33.5%)	773
8月中旬	72	40	35	79	342	423	145 (25.5%)	568
8月下旬	50	105	147	44	169	404	111 (21.6%)	515
9月上旬	24	5	18	65	72	137	47 (25.5%)	184
9月中旬	5	5	12	29	8	42	17 (28.8%)	59
9月下旬	8	3	1	5	3	13	7	20
10月	3	1	2	6	4	12	4	16
11月	0	0	2	0	2	3	1	4
12月	1	0	1	0	0	2	0	2
合計	462	544	1,176	829	933	2,836	1,108 (28.1%)	3,944

注) 上旬：各月 1～10 日、中旬：各月 11～20 日、下旬：各月 21 日以降

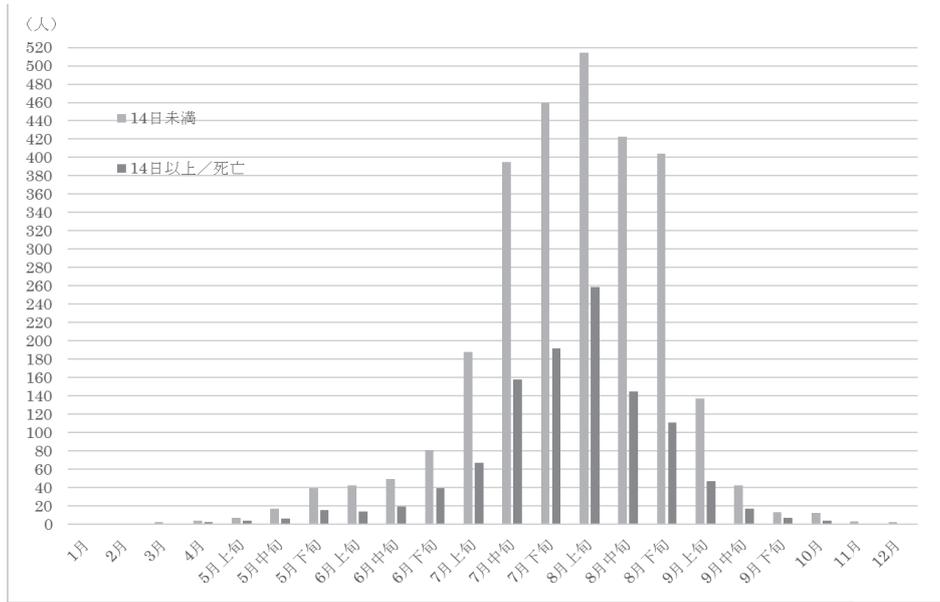


図3 全国の熱中症事案、発生時刻、休業日数別

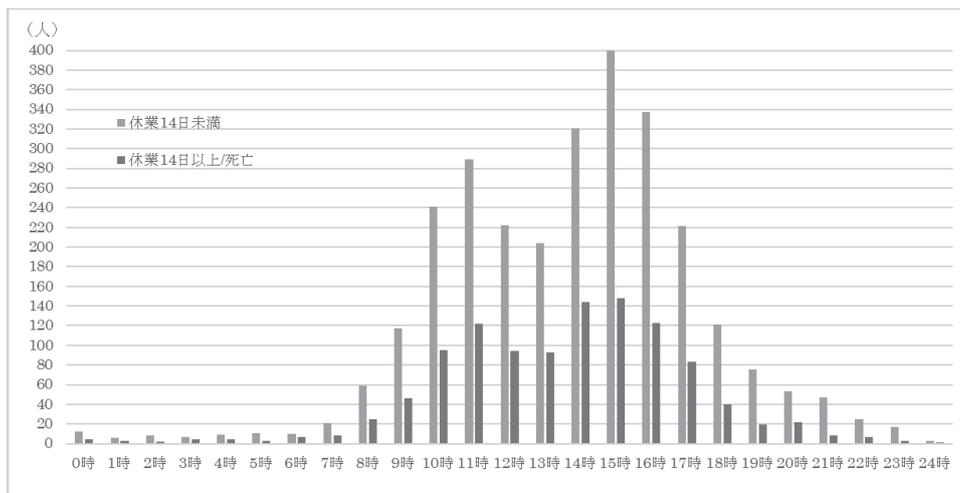


図4 全国の熱中症事案、発生時刻、休業日数別

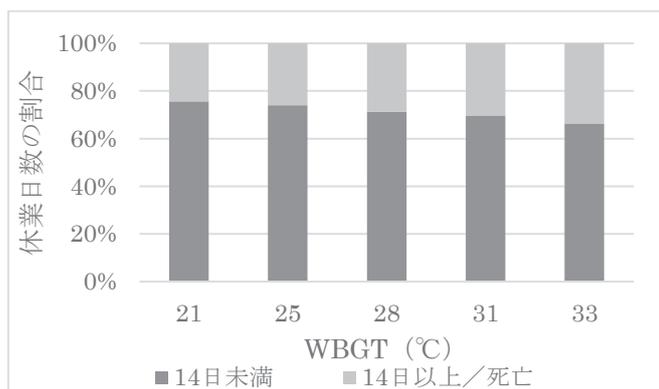


図 5 全国の熱中症事案、最寄りの気象官署における WBGT、休業日数別

表4 全国の熱中症事案、発生場所に最寄りの気象官署における環境条件、発生年、休業日数別

環境条件	年					休業日数		合計
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	14日未満	14日以上/死亡	
気温 (°C)								
26	143	115	159	158	173	553	195 (26.1%)	748
28	95	98	159	147	134	467	166 (26.2%)	633
30	112	152	263	180	217	663	261 (28.2%)	924
32	76	134	309	192	231	648	294 (31.2%)	942
34	36	45	286	152	178	505	192 (27.5%)	697
相対湿度 (%)								
10	0	0	0	2	0	1	1	2
20	3	6	4	5	4	19	3 (13.6%)	22
30	12	9	45	11	19	71	25 (26.0%)	96
40	33	36	163	56	101	276	113 (29.0%)	389
50	119	138	309	187	239	728	264 (26.6%)	992
60	125	169	361	265	280	831	369 (30.8%)	1200
70	82	119	192	189	178	547	213 (28.0%)	760
80	45	46	76	89	75	256	75 (22.7%)	331
90	43	21	26	25	37	107	45 (29.6%)	152
平均風速 (m/s)								
0.0	2	8	10	9	8	25	12 (32.4%)	37
0.5	29	21	29	31	37	111	36 (24.5%)	147
1.0	113	92	229	183	177	582	212 (26.7%)	794
2.0	124	137	293	241	251	728	318 (30.4%)	1046
3.0	84	130	279	184	235	651	261 (28.6%)	912
4.0	68	99	157	100	119	396	147 (27.1%)	543
5.0	20	36	91	47	61	187	68 (26.7%)	255
6.0	15	15	53	22	24	93	36 (27.9%)	129
7.0	7	6	35	12	20	62	18 (22.5%)	80
黒球温 (°C) *								
15	2	1	3	1	3	9	1	10
20	14	12	16	13	28	61	22 (26.5%)	83
25	64	54	112	80	68	279	97 (25.8%)	376
30	59	54	99	90	75	281	97 (25.7%)	378
35	57	85	104	86	93	304	120 (28.3%)	424
40	101	102	206	162	189	555	205 (27.0%)	760
45	141	203	441	310	366	1034	428 (29.3%)	1462
50	21	33	172	86	106	288	131 (31.3%)	419
55	0	0	18	0	1	15	4 (21.1%)	19
WBGT (°C) *								
21	88	77	95	87	100	338	109 (24.4%)	447
25	140	128	229	166	179	623	219 (26.0%)	842
28	190	223	507	326	387	1165	468 (28.7%)	1633
31	38	112	308	211	236	631	274 (30.3%)	905
33	3	4	32	38	27	69	35 (33.7%)	104
合計	459	544	1,171	828	929	2,836	1,108 (28.1%)	3,944

\*黒球温及び WBGT は 13 件で最寄りの気象官署における測定値が欠損している。

表5 全国の熱中症事案、業種、発生前、休業日数別

業種	年					休業日数		合計
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	14日未満	14日以上／死亡	
農林業	23	26	37	26	20	92	40 (30.3%)	132
畜産・水産業	3	4	13	8	7	25	10 (28.6%)	35
鉱業	0	0	1	0	3	2	2	4
建設業	109	141	238	153	211	593	259 (30.4%)	852
製造業	97	114	221	184	193	613	196 (24.2%)	809
運輸交通業	47	83	164	102	126	397	125 (23.9%)	522
貨物取扱業	19	13	22	16	13	64	19 (22.9%)	83
通信業	2	5	15	11	12	41	4 (8.9%)	45
清掃・と畜業	37	32	81	61	61	192	80 (29.4%)	272
商業	37	41	118	87	78	259	102 (28.3%)	361
金融・広告業	0	2	8	1	1	10	2 (16.7%)	12
教育・研究業	4	3	9	4	6	21	5 (19.2%)	26
保健衛生業	6	12	18	11	21	48	20 (29.4%)	68
接客娯楽業	21	18	65	47	43	134	60 (30.9%)	194
映画・演劇業	0	1	0	1	0	1	1	2
警備業	28	37	110	73	80	201	127 (38.7%)	328
派遣業	15	0	13	9	12	33	16 (32.7%)	49
その他の事業	14	12	42	35	45	110	38 (25.7%)	148
官公署	0	0	1	0	1	0	2	2
合計	462	544	1,176	829	933	2,836	1,108 (28.1%)	3,944

表6 全国の熱中症事案、建設業の詳細種別、発生前、休業日数別

建設業	年					休業日数		合計
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	14日未満	14日以上／死亡	
鉄骨・鉄筋コンクリート造								
家屋建築工事業	20	36	46	22	43	124	43 (25.7%)	167
木造家屋建築工事業	16	12	26	20	27	68	33 (32.7%)	101
建築設備工事業	1	4	11	6	7	19	10 (34.5%)	29
機械器具設置工事業	5	5	11	4	7	24	8 (25.0%)	32
電気通信工事業	4	4	18	7	9	33	9 (21.4%)	42
その他の建築工事業	18	26	36	31	31	94	48 (33.8%)	142
上下水道工事業	3	2	4	2	7	12	6	18
道路建設工事業	13	7	16	13	15	44	20 (31.3%)	64
鉄道軌道建設工事業	0	2	2	0	2	6	0	6
トンネル建設工事業	1	0	1	1	0	3	0 (0.0%)	3
土地整理土木工事業	1	4	4	7	8	18	6 (25.0%)	24
橋梁建設工事業	0	2	2	1	1	5	1 (16.7%)	6
河川土木工事業	0	2	5	3	1	9	2	11
港湾海岸工事業	0	0	2	0	1	3	0	3
砂防工事業	0	1	1	0	1	3	0 (0.0%)	3
その他の土木工事業	18	22	33	20	34	85	42 (33.1%)	127
その他の建設業	9	12	20	16	17	43	31 (41.9%)	74
建設業合計	109	141	238	153	211	593	259 (30.4%)	852

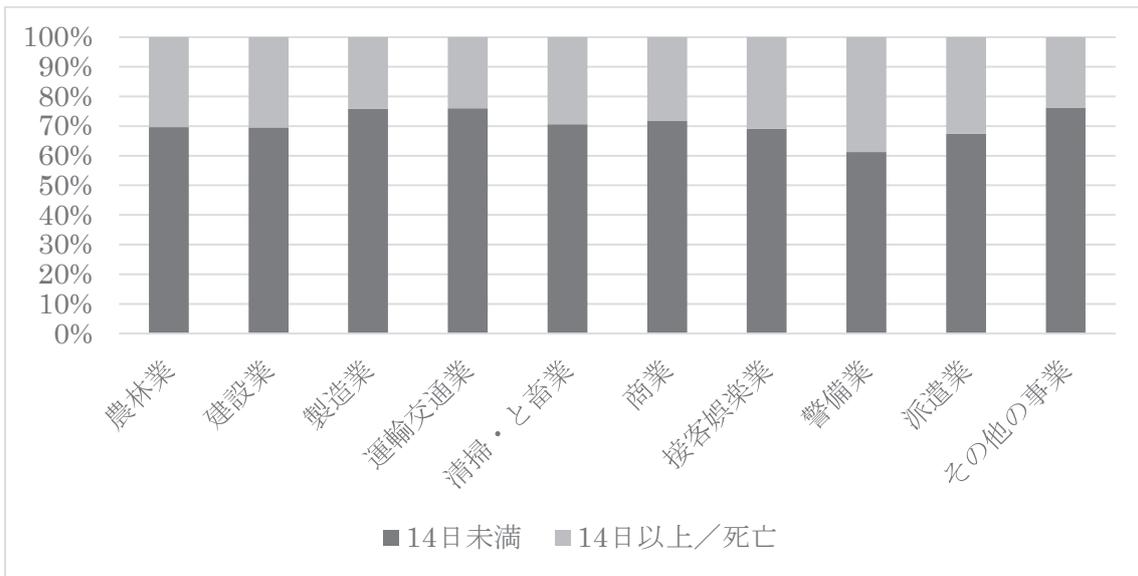


図6 全国の熱中症事案、業種別、休業日数別

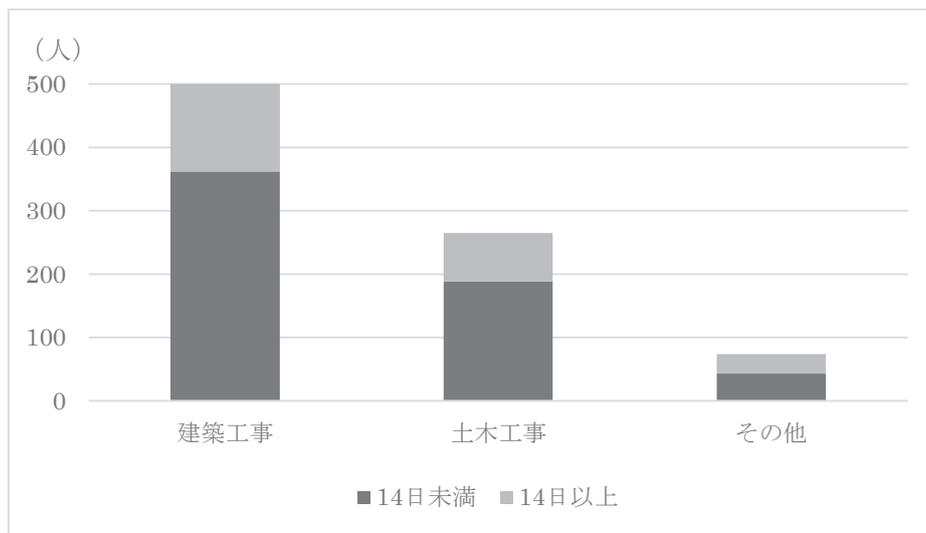


図7 全国の熱中症事案、建設業の種別、休業日数、死亡別

## 9 屋内の熱中症事例に関する文献調査

研究協力者 嶋崎 優、前田 妃

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 産業医学修練医

### 研究要旨

屋内の熱中症事例に関する文献を収集して体系的に整理し、熱中症対策として利用できるようにすることを目的として、医学論文データベースを検索した。環境要因の検索語として、屋内、調理場、倉庫などの16ワード、結果指標の検索語として、熱中症、体温上昇、意識障害などの19ワードを選択し、これらを組み合わせて検索し、関連文献を抽出した。熱中症そのもの示す疾患名を検索語として検索した場合の文献数は少なく、屋内での熱中症発生例がまだ広く認知されていないことが推察された。一方、熱中症に伴う症状を示す検索語で検索した場合の文献数は多かった。これらの症状が本当に熱中症によるものなのか、さらなる検討が必要である。

### A. 研究目的

熱中症は、軽症例を含めると業務上疾病で最多の疾病である。2017年からの3年間で休業4日以上被災者は合計2,618人（うち死亡者67人）に達している。このうち、製造業519人（うち食品製造業99人）、商業246人（うち倉庫業21人）、保健衛生業41人、飲食店32人など屋内での発生例が少なくない。しかし、労働災害補償に関する統計は、発熱源、熱上昇気流、服装、人的密集など熱中症を発生させた原因の観点から分類されておらず、屋内の暑熱職場における熱中症の高リスク要因が十分に整理されていない。

本研究では、屋内環境における熱中症事例や対策に関する先行文献を体系的に集約することで熱中症予防対策に利用可能な科学的知見を整理し、その質の向上を図ることを目的とした。

### B. 研究方法

表1の通り、環境要因（A）の検索語として、屋内、調理場、倉庫などの16ワード、結果指標（B）の検索語として、熱中症、体温上昇、意識障害などの19ワードを選択した。AとBの検索語を組み合わせて文献検索データベースPubMedにて人を対象とする研究かつ日本語・英語の文献に限定して検索し、直近10年間の文献数を抽出した。

### C. 研究結果

2022年1月時点において、前述の検索語を用いて検索した文献数を表2に示す。

環境要因（A）のうち、「production」と結果指標（B）に関連する文献が8,105と最も多かった。次いで、「manufacturing」、「heat exposure」と、結果指標（B）に関連する文献がそ

れぞれ 833、418 であった。

また、結果指標 (B) において、「hot temperature」と環境要因 (A) に関連する文献が 2,272 と最も多かった。次に、「headache」、「nausea」、「vomit」、「disorientation」と環境要因 (A) に関連する文献が、それぞれ 1,981、1,391、1,316、1,309 といずれも 1,000 を超えていた。

結果指標 (B) の「heat」と環境要因 (A) のすべてを or で組み合わせた場合、文献数が 7,123 と膨大であったため、除外した。環境要因 (A) の「linen room」、「cooking area」は文献数が 0 であったため、除外した。環境要因 (A) の「production」、「manufacturing」は文献数が多かったため、予備指標として「occupational health」をさらに組み合わせて検索を行った。

#### D. 考察

「heat stroke」や「heat stress disorder」等、熱中症そのものを示すワードを組み合わせ検索した場合の文献数は少なく、屋内での熱中症発生例がまだ広く認知されていないことが推察された。一方で、「hot temperature」や「disorientation」など、熱中症に伴う症状を示すワードを組み合わせ検索した場合の文献数は多かった。これらの症状が本当に熱中症によるものなのか、さらなる検討が必要であるとともに、屋内での熱中症発生例や予防策についても知見を広げていくことが今後の課題である。

#### E. 結論

調理場や倉庫などの屋内の暑熱環境がリスクとなる、熱中症に関する身体影響についての文献を検索し、文献を抽出した。これらを要約、加工し、利用可能な知見として公表すれば、科学的根拠に基づいた熱中症対策の質の向上につながるであろう。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

#### I. 引用文献

なし

表 1 屋内の熱中症事例に関する文献検索に使用した検索語

A 環境要因（屋内の暑熱職場、業種等）
indoor
kitchen
linen room
laundry
cafeteria
cooking area
Warehouse
Warehousing
nursing home
care home
bathroom
food production
food manufacturing
production
manufacturing
heat exposure
B 結果指標（熱中症、熱中症に伴う症状等）
heat
heat stroke
heat stress disorder
heat-related illnesses
heat exhaustion
heat cramp
Increase in body temperature
hot temperature
extreme temperature
temperature rise
dehydration
disorientation
confusion
syncope
headache
nausea
vomit
vertigo
dizziness

表 2 屋内の熱中症事例に関する文献検索結果

A 環境要因 x B 結果指標

	heat stroke	heat stress disorder	heat-related illnesses	heat exhaustion	heat cramp	Increase in body temperature	hot temperature	extreme temperature	temperature rise
indoor	6	0	3	0	0	62	138	3	3
kitchen	0	0	1	0	0	1	12	0	0
laundry	0	0	0	0	0	0	4	0	0
cafeteria	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Warehouse	0	0	1	0	0	0	4	0	0
Warehousing	0	0	0	0	0	1	0	0	0
nursing home	0	0	1	0	0	6	5	0	0
care home	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bathroom	0	0	0	0	0	0	5	0	0
food production	0	0	0	0	0	0	15	0	1
food manufacturing	0	0	0	0	0	1	4	0	0
production x occupational health	2	0	2	5	0	4	9	0	0
manufacturing x occupational health	0	0	0	0	0	0	0	0	0
heat exposure	26	1	38	13	1	95	362	6	4
上記のすべてを or で組み合わせ た場合	8	0	5	5	0	82	223	3	4

A 環境要因 x B 結果指標 (続き)

	dehydration	disorientation	confusion	syncope	headache	nausea	vomit	vertigo	dizziness	B検索語 すべてをorで 組み合わせた 場合
indoor	20	14	18	3	87	15	13	3	23	340
kitchen	0	3	4	3	7	6	15	1	3	47
laundry	1	0	0	0	0	3	18	0	0	22
cafeteria	1	2	4	0	2	2	3	0	1	13
Warehouse	3	2	2	3	9	5	3	0	4	27
Warehousing	0	1	1	0	0	1	1	0	0	3
nursing home	50	123	128	10	7	17	11	8	14	234
care home	17	26	23	1	1	3	3	0	0	49
bathroom	4	4	7	3	7	5	12	0	2	37
food production	2	1	5	0	1	2	7	0	2	34
food manufacturing	0	1	1	0	0	0	0	0	0	6
production x occupational health	1	0	9	0	35	8	8	1	8	117
manufacturing x occupational health	0	0	2	0	5	1	0	0	1	16
heat exposure	31	3	3	4	8	4	2	1	6	418
上記のすべてを orで組み合わせ た場合	97	14	100	23	122	65	6	14	42	1275

## 10 屋内作業場における暑熱環境下作業時の生体データ測定

研究分担者 丸山 崇

産業医科大学 医学部 第1生理学 准教授

### 研究要旨

【目的】熱中症は時に生命の危機をおよぼすこともある病態であり、労働災害の観点からも予防すべき重要な課題の一つである。厚生労働省「業務上疾病発生状況等調査」による2020年度の職場における熱中症による休業4日以上死傷者数は959人（内死亡者数は22人）であり、暑熱環境下で運動負荷が増大する作業を行う場合は特に注意が必要である。今回、熱中症リスクが高くなると考えられる屋内作業場において、暑熱環境での労働作業の作業環境および身体負荷を計測し、今後の効果的な予防対策の検討を行うことを目的とした。

【方法】大学病院の厨房で調理作業を行う健康成人男性3名に対し、作業時間内にポータブル温熱計によるWBGT・温度・湿度計測[無線黒球式熱中症指数計（TANITA社）]、心電計による心拍計測[MyBeat心拍センサ（ユニオンツール）]、胸部体表温計測[T型熱電対LogStick]を連続的に行った。また、主観的作業負荷、主観的暑熱負荷、作業内容の記録も併せて行った。また、このうち2名に対して熱中症予防対策としてポータブルファンを使用した際の計測を行った。

【結果】作業内容を「調理」「配膳」「片付け（洗浄）」「休憩」に分けた場合、特に調理作業において、一時的にWBGTが30℃を超える作業があり、体表温、心拍数が上昇する傾向が見られ、自覚的にも暑熱負荷、作業負荷が増大していた。休憩時には、心拍数は低下し、身体負荷の低減が行われていた。各作業カテゴリでの比較では、調理作業が他の作業に比して有意に負荷が高かった。ポータブルファンを使用した際の計測では、各カテゴリでの比較において明らかな負荷軽減は認めなかった。

【考察】暑熱環境での個人曝露の指標の一つとして、ポータブルWBGT計や心拍測定は簡易に身体負荷を評価する方法として有用であると考えられた。また、作業環境（作業場所、作業内容）によって暑熱曝露の状況や身体負荷の大きさが異なる傾向があることより、暑熱負荷の大きな作業に対し、優先的に対策（スポットクーラーや作業時間の短縮など）を行うことで、身体負荷を減らし、熱中症リスクを低減させることが出来ると考えられた。今回の計測では、ポータブルファンによる暑熱負荷の低減効果は限定的と考えられたが、今後、さらに多くの被験者で他の対策用品も含めた効果検討が必要である。

### A. 研究目的

厚生労働省「業務上疾病発生状況等調

査」の報告では、2020年度の職場における熱中症による休業4日以上死傷者数

は 959 人であり、また、熱中症による死亡者数は 22 人であった。熱中症は時に生命の危機をおよぼすこともある病態であり、熱中症の予防は労働現場における重要な課題である。また、暑熱環境下において負荷の大きい作業を行う場合は特に注意が必要であり、熱中症による労働災害を予防するためにも、暑熱環境下での作業環境の評価や身体負荷を把握することは重要である。今回、熱中症リスクが高くなると考えられる屋内作業場において、暑熱環境での労働作業の作業環境および身体負荷を、装着式の計測器で個人計測し、暑熱曝露や身体負荷の特徴を把握し、今後の効果的な予防対策の検討を行うことを目的とした。

## B. 研究方法

大学病院の厨房で調理作業を行う、健康成人男性 3 名に対し、作業時間内にポータブル温熱計による WBGT・温度・湿度計測[無線黒球式熱中症指数計

(TANITA 社) ]、心電計による心拍計測[MyBeat 心拍センサ (ユニオンツール) ]、胸部体表温計測[T 型熱電対

LogStick]を連続的に行った。測定の概要と測定機器の装着の画像を(別添資料

1) に示す。各計測データの 1 分間の平均値を計測値とした。また、主観的作業負荷、主観的暑熱負荷、作業内容の記録も併せて行った。主観的作業負荷(作業のきつさ)、主観的暑熱負荷(作業時の暑さ)を 1 時間毎に 10 段階で評価した。また、作業内容は、1 時間毎に記録し、最も時間を費やした作業を代表し「調

理」「配膳」「片付け(洗浄)」「休憩」に分類した。追加の実験として、2 名に対して熱中症予防対策としてベルト装着式のポータブルファンを使用し、衣服内に送風する熱中症対策を行なった際の身体計測を行った。各種測定値の平均比較は JMP ver15.0 (SAS Institute Inc.)を用いて、主効果の有意性を、一元配置分散分析を用いて確認し、各水準間の有意性の検定のために Tukey-Kramer 法の多重比較を行なった。 $*p$  値  $<0.05$  をもって有意差ありとした。尚、本研究は産業医科大学倫理委員会での承認を得て実施された。

## C. 研究結果

各被験者の測定データの経時的変化を(図 1~5) に示す。測定データの経過を観察すると、調理作業において、一時的に WBGT が  $30^{\circ}\text{C}$  を超える作業があり、体表温、心拍数も上昇する傾向が見られ、自覚的にも暑熱負荷、作業負荷が増大していた。休憩時は、冷房設備のある休憩室で、まとまった時間の休養が出来ており、温湿度、WBGT が低下するとともに体表温や心拍数が低下し、身体負荷の低減が行われていた。

作業内容を「調理」「配膳」「片付け(洗浄)」「休憩」の各カテゴリに分けた場合、1 時間ごとの測定単位数は、「調理」(n=20)「配膳」(n=10)「片付け」(n=4)「休憩」(n=10)であり、カテゴリ毎の平均値の比較と有意性の検定を行なった。作業環境の暑熱レベルを反映する WBGT に関しては、調理(平均値±

標準誤差： $28.03 \pm 0.35^{\circ}\text{C}$ ) と休憩

( $26.16 \pm 0.46^{\circ}\text{C}$ ) との間に有意差があった。温度では、調理 ( $31.40 \pm 0.26^{\circ}\text{C}$ ) と休憩 ( $30.15 \pm 0.29^{\circ}\text{C}$ ) との間に有意差があり、温度は WBGT と同様の傾向が見られた。

次に、体表温では調理 ( $35.88 \pm 0.07^{\circ}\text{C}$ ) と休憩 ( $35.88 \pm 0.07^{\circ}\text{C}$ ) との間に有意差を認められた。また、湿度と心拍数では、調理においてやや高い傾向が見られたが、有意差は認められなかった。

自覚的負荷レベルでは、作業負荷において、調理 ( $6.84 \pm 0.22$ ) が配膳 ( $5.85 \pm 0.32$ ) と片付け ( $5.25 \pm 0.25$ ) と比べ有意に高かった。

自覚的暑熱負荷に関しては、調理が高い傾向にあるものの、有意な差は認めなかった。(図 6)

ポータブルファンを使用した際の計測では、体表温は低下する傾向にあったが、心拍はポータブルファン使用時の方が上昇している場合もあり、自覚的な作業負荷や暑熱負荷においても明らかな軽減は認めなかった。カテゴリ毎のポータブルファン装着あり／なしでの平均比較では、全てのカテゴリにおいて有意な差は認められなかった (図 7)。

## D. 考察

### 1 各作業での作業負荷と暑熱負荷

「調理」「配膳」「片付け (洗浄)」「休憩」の各作業カテゴリに分けて分析すると、調理作業において、WBGT、温度、体表温が安静基準となる休憩に比べ高い値を示した。自覚的作業負荷は、調理作

業が他の作業より高い値を示していた。

これらの結果より、調理作業における身体運動負荷と暑熱環境の両方が、他の作業より高い負荷レベルにあると考えられた。したがって、熱中症対策を行う場合、このような負荷の高い作業を優先して、作業管理、作業環境管理等の熱中症予防対策を行う必要があると考えられる。

### 2 個人計測の有用性

今回の個人計測により、1日を通しての暑熱負荷と作業負荷の状況を把握することが出来た。作業によっては、一時的に WBGT や心拍が大きく上昇する時間帯があり、このような作業や作業場所を見つけ出すためにも個人計測は有用と考えられる。また、自覚的には片付け作業に比べ、配膳作業の作業負荷や暑熱負荷が高い傾向であったが、客観的な WBGT や体表温の計測値では、片付け作業より配膳作業の方が低いレベルとなっており、自覚的な評価と客観的な負荷レベルの評価で異なる傾向が見られた。このように、自覚的には負荷を感じにくい作業もあることから、個人計測による客観的評価は有用であると考えられる。

### 3 ポータブルファンの有用性

今回の計測を実施した厨房作業場では、施設改修による暑熱作業環境の改善がすぐには実施出来ないため、個人に対する負荷低減対策を検討した。その中で、電動ファンつき作業服が候補になったが、衛生面から現状の作業服を変更す

ることが出来なかったため、ベルト装着式のポータブルファンを用いた対策を試行した。結果としては、ポータブルファンによる明らかな負荷軽減効果は確認されなかった。要因として、通常の電動ファンつき作業服に比べ、気流が弱いいため、汗の気化熱による体温低下作用が低かったこと。作業環境全体の気温や湿度が高かったため、取り込む空気が温風になり、冷却効果が減弱したことなどが考えられる。今後は、衛生面に配慮された電動ファンつき作業服や保冷剤等の冷媒による身体冷却機能のある作業服などでも効果を検討する必要がある。

#### 4 個人計測の限界

今回の測定では、温度測定や心拍測定 of データの中で、急激に測定値が上昇または下降している箇所が見られた。これは、測定機器のノイズや計測不良の可能性もあるため、実際の作業とは乖離している可能性がある。今回は、作業者の負担も考慮し、1時間毎の作業記録としたため、作業カテゴリが実際の作業を反映していな可能性も考えられる。個人計測による各種データと作業との関連を調査する場合は、実際の作業を細かく観察することが求められる。

#### E. 結論

暑熱環境での個人曝露の指標の一つとして、ポータブル WBGT 計や心拍測定は簡易に身体負荷や暑熱負荷を評価する方法として有用であると考えられた。また、作業環境（作業場所、作業内容）に

よって暑熱曝露の状況や身体負荷の大きさが異なる傾向があることより、暑熱負荷の大きな作業に対し、優先的に対策を行うことで、身体負荷を減らし、熱中症リスクを低減させることが出来ると考えられた。今回の計測では、ポータブルファンによる暑熱負荷の低減効果は限定的と考えられたが、今後、さらに多くの被験者で他の対策用品も含めた効果検討が必要である。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

第 95 回日本産業衛生学会（高知）、  
（2022 年 5 月予定）

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

(資料) 屋内作業場における暑熱環境下作業時の生体データ測定

## 1 測定概要

1) 測定場所：屋内暑熱環境作業場（大学病院 厨房）

2) 被験者：健康成人男性 3 名（年齢：24-39）

3) 測定日：

被験者 A(29M) 7/17（ポータブルファンなし）（図 1）

被験者 B(24M) 8/2（ポータブルファンなし）（図 2）

9/8（ポータブルファンあり）（図 3）

被験者 C(39M) 8/30（ポータブルファンなし）（図 4）

9/13（ポータブルファンあり）（図 5）

4) 測定項目

温度、湿度、WBGT [無線黒球式熱中症指数計 (TANITA 社)] (写真 1)

心拍数 [MyBeat 心拍センサ (ユニオンツール)] (写真 2)

体表温 (T 型熱電対 LogStick) (写真 3)

作業内容記録

自覚的作業負荷レベル

自覚的暑熱レベル

## 2 作業着と測定機器の装着状況



写真 1

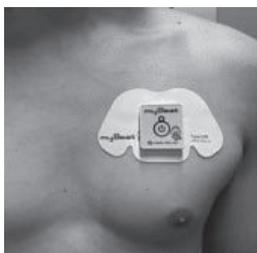


写真 2

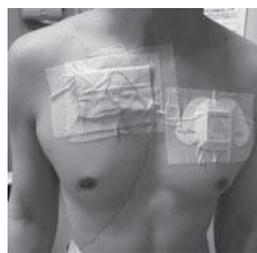


写真 3



写真 4 作業着



写真 5 ポータブルファン

矢印 (⇄) は気流イメージ

### 3 個人計測データ

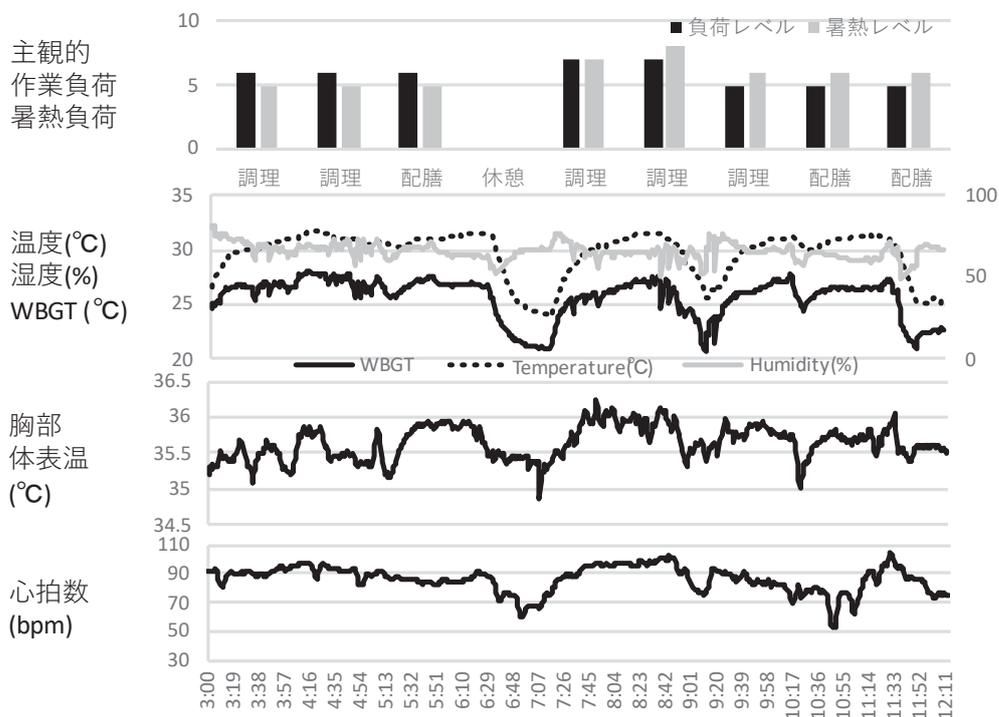


図1 被験者A (ポータブルファンなし)

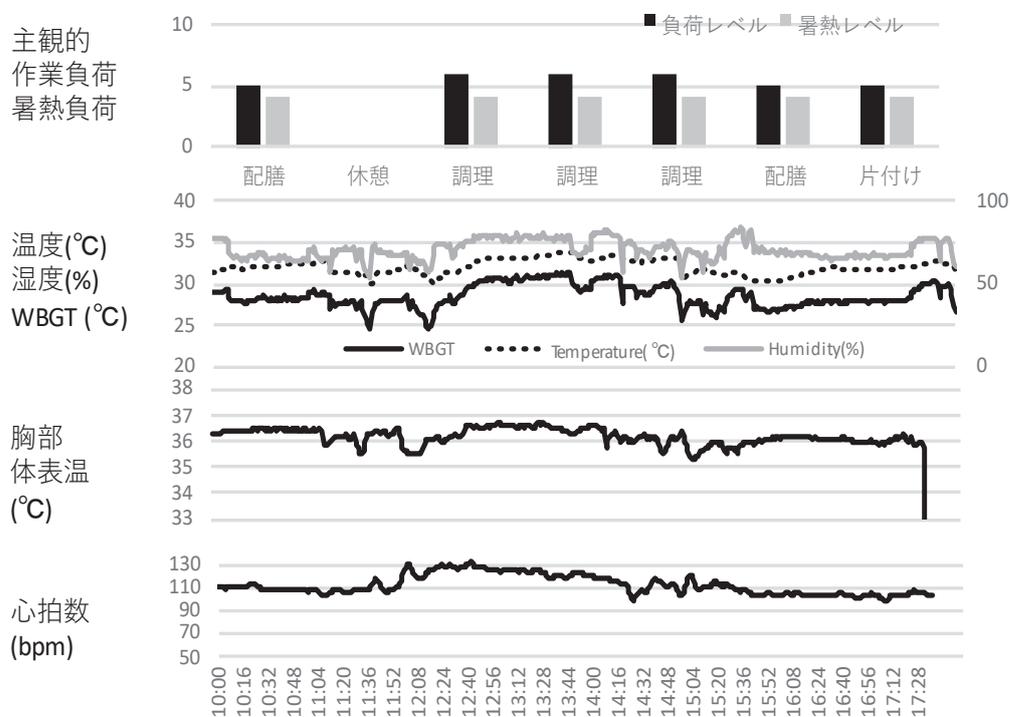


図2 被験者A (ポータブルファンあり)

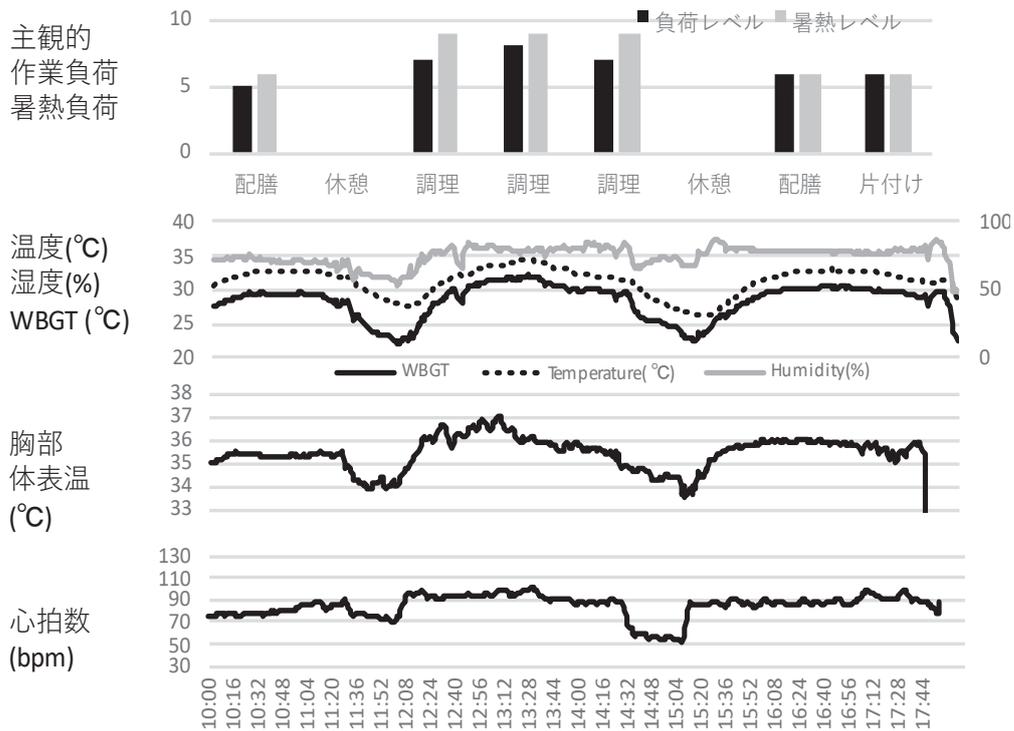


図3 被験者 B (ポータブルファンあり)

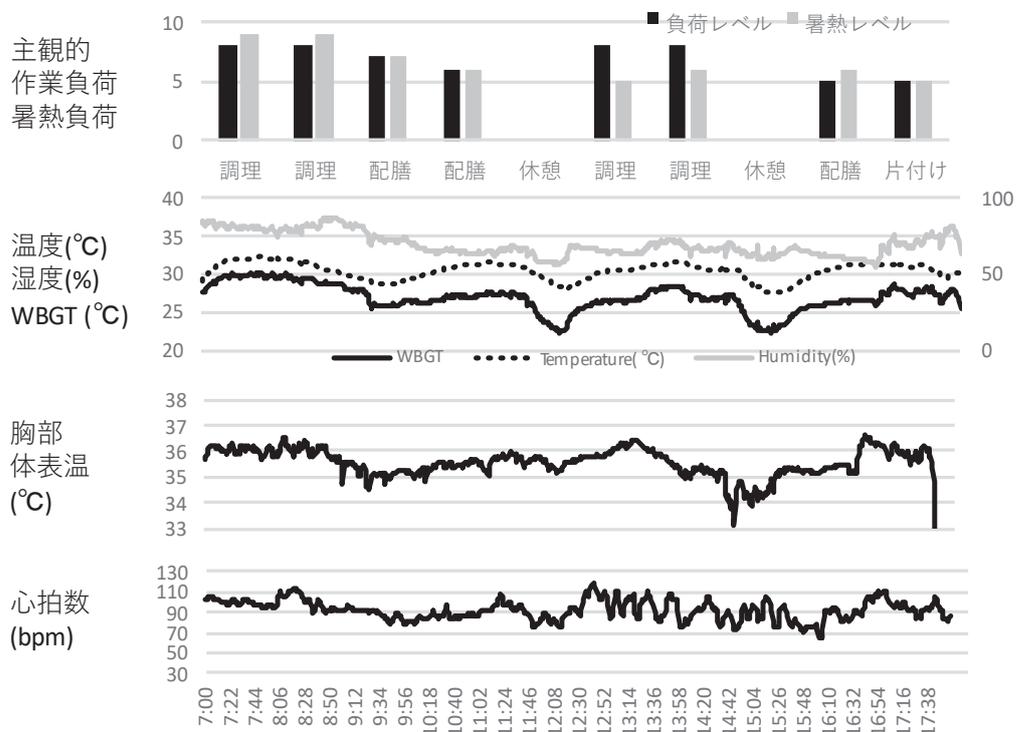


図4 被験者 B (ポータブルファンなし)

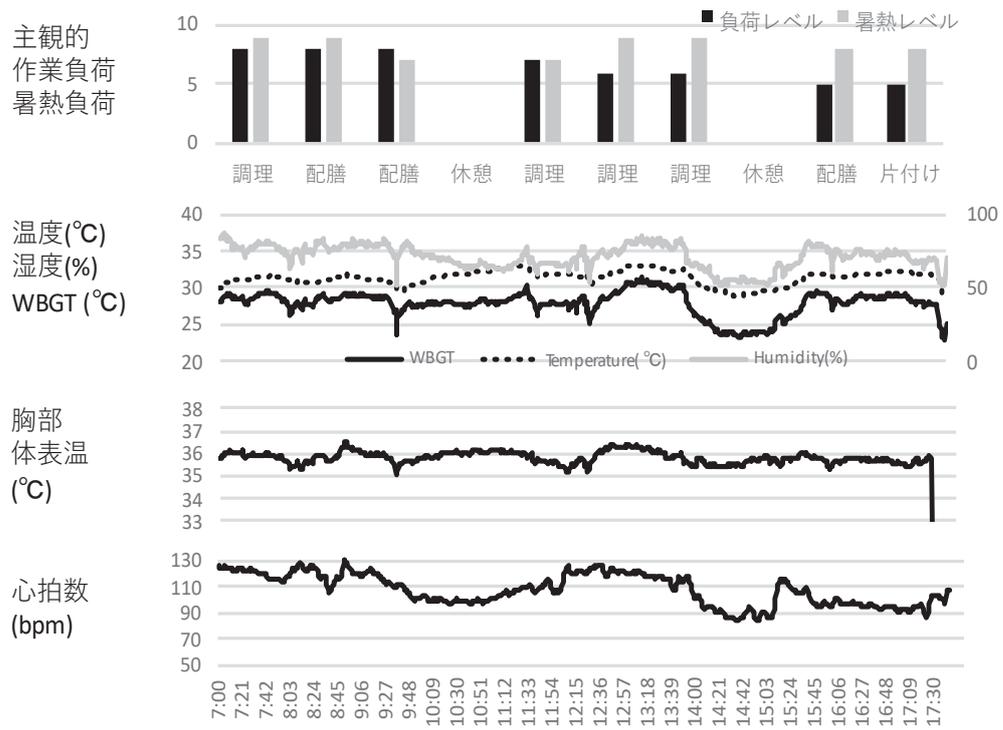


図5 被験者C (ポータブルファンあり)

#### 4 作業カテゴリ別の測定データ

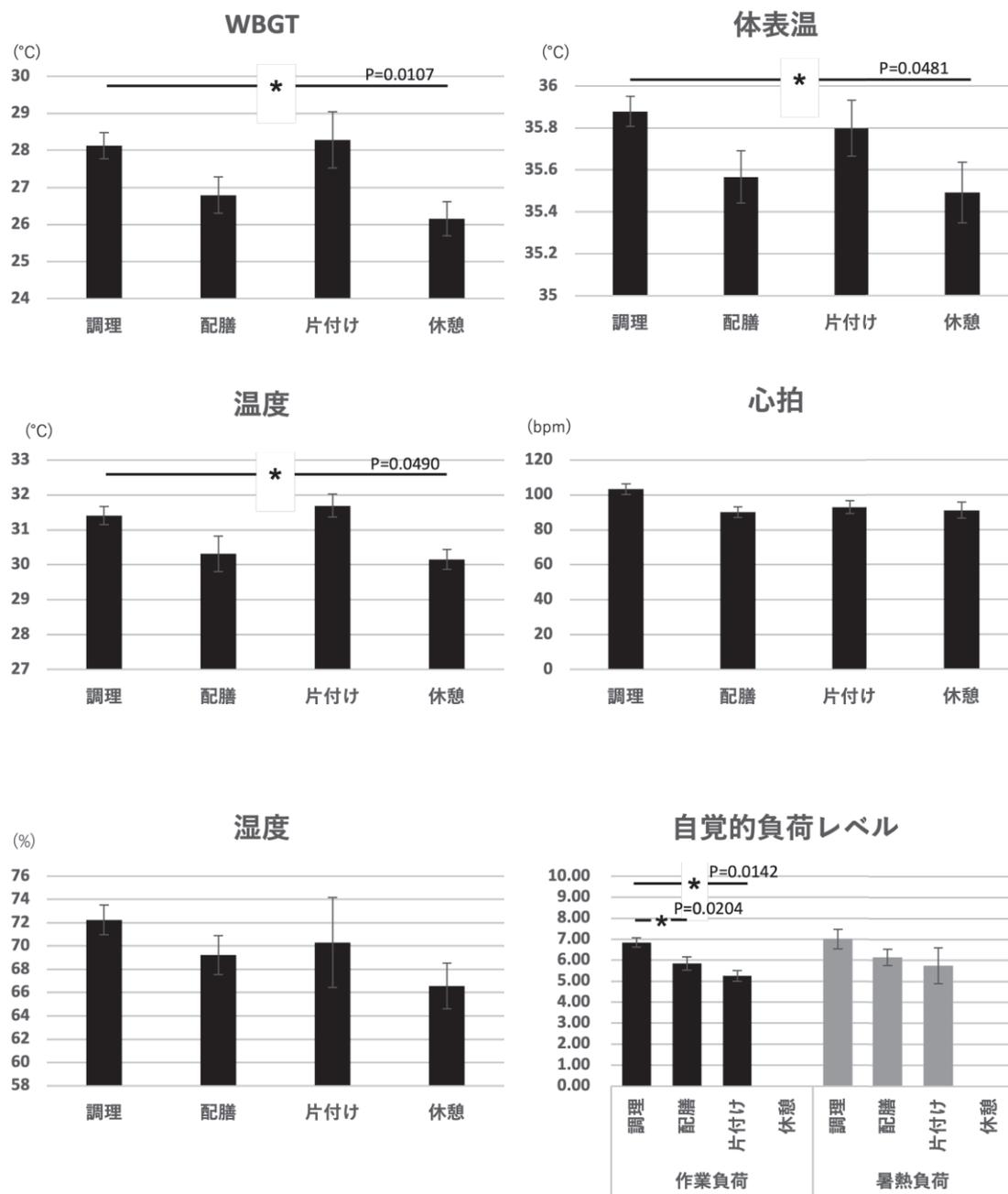


図6 作業カテゴリ別の測定平均の比較

## 5 作業カテゴリ別のポータブルファン装着時の測定データ

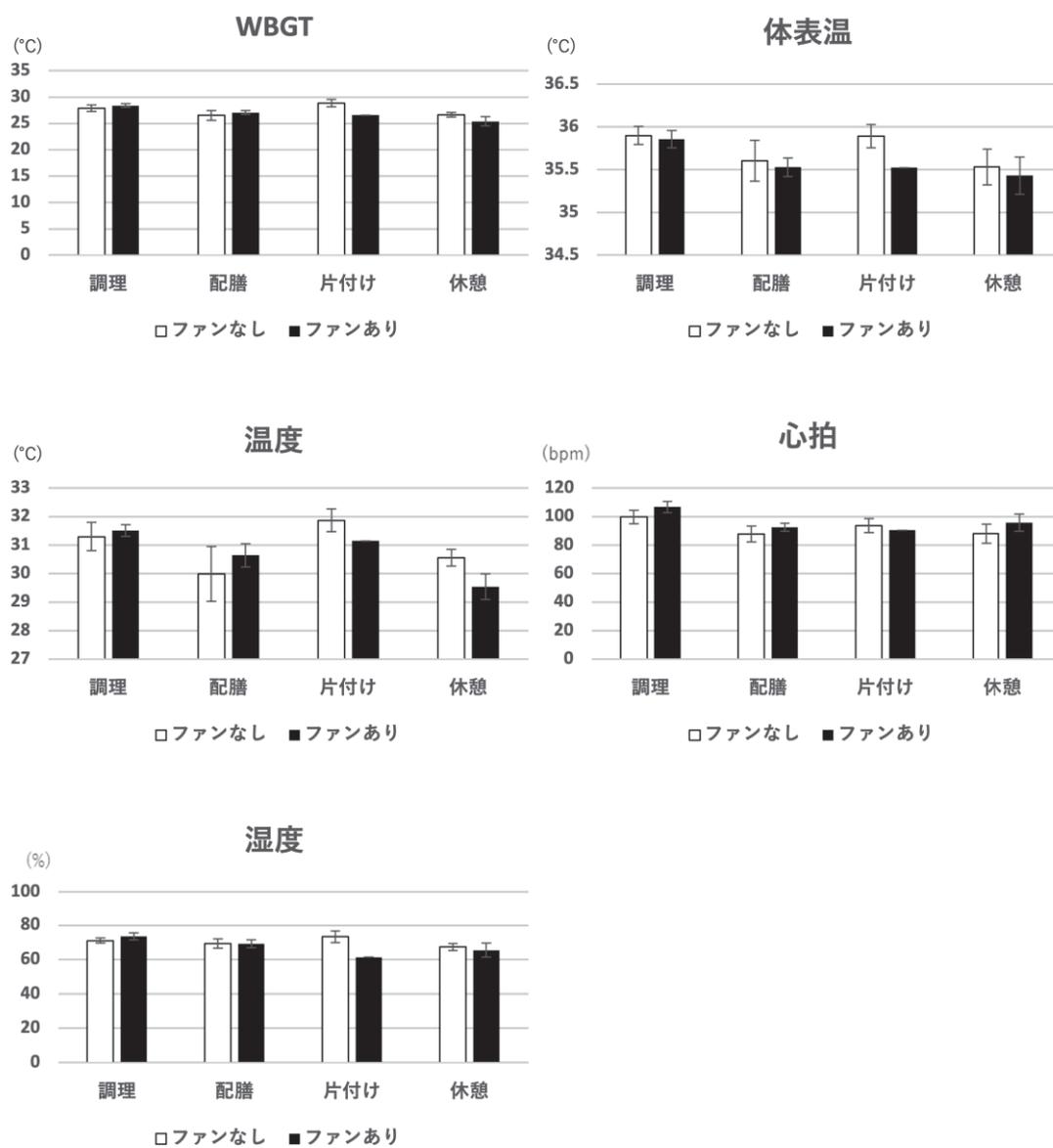


図7 ポータブルファン装着あり／なしの比較

## 11 屋内事業場における熱中症予防対策のアンケートによる実態調査アンケートの作成

研究協力者 藤原 みさ

産業医科大学 産業医実務研修センター 産業医学修練医

### 研究要旨

職場における熱中症は 2017 年からの 3 年間で休業 4 日以上被災者は合計 2,618 人（うち死亡者 67 人）に達している。このうち、製造業 519 人（うち食品製造業 99 人）、商業 246 人（うち倉庫業 21 人）、保健衛生業 41 人、飲食店 32 人など屋内での発生例が少なくない。大規模事業場の屋内作業場では空調設備等の積極的な熱中症予防対策を推進しているが、小規模事業場や発熱源の存在する作業場では対策が不十分なことも多い。そこで、屋内事業場で実施している熱中症対策に関するアンケートを作成した。様々な業種を対象にこのアンケートを実施することで、屋内作業場における熱中症対策の現状を把握することができると思う。

### A. 研究目的

本研究は屋内事業場における熱中症予防対策の実態を把握することを目的とした。

られた者を対象者とする。

無記名式で、回答者は各事業所の安全衛生担当者とする。回答形式は、送付した質問票に記入するか、Web 上で入力することとした。

### B. 研究方法

#### 1 アンケートの作成（今年度）

「職場における熱中症予防基本対策要綱（令和 3 年 4 月 20 日付け基発 0420 第 3 号）」を参考とし、熱中症予防対策の実態に関するアンケートを作成した。

#### 3 アンケートの集計（次年度予定）

選択式の設定については選択肢ごとの割合を求め、記述式の設定については記載内容を研究者が吟味した上で分類する。事業場の背景によって回答の割合が異なるかどうかを  $\chi^2$  乗検定や分散分析等を用いて解析する。

#### 2 アンケートへの回答（次年度予定）

食品製造業、倉庫業、ビル管理業、清掃業、クリーニング等の業界団体に加盟する事業場にアンケートを送付する。参加への任意性を確保するため、各業種の事業場団体を通じて会員事業場に参加者を募り、参加者に本研究についての説明を文書及び電子メールで行い、同意を得

### C. 研究結果

#### 1 アンケートの作成

質問項目は大きく、①事業所の概要、②全体空調の有無、③作業着、④保護具、⑤作業強度、⑥具体的な対策、に分類した。⑥は「職場における熱中症予防

基本対策要綱（令和3年4月20日付け基発0420第3号）」に基づいて作成した。

回答者の負担を軽減するため、選択式の回答を中心とした。回答に要する時間は10～15分程度と見込んでいる。

## 2 アンケートへの回答

次年度に実施予定である。

## 3 アンケートの集計

次年度に実施予定である。

## D. 考察

熱中症予防について、行政通達等により具体的な対策が示されており、各業種の良好事例も多く紹介されているが、実際に各対策がどの程度実践されているのかを調査した研究は存在しない。本研究は今後、複数の業界を対象にアンケート調査を実施予定であるが、実態を把握できるだけでなく、事業所規模や業種ごとの集計をとることで、対策を実施できる・実施できない、各事業所の背景因子を推測できる可能性があると考え。また、記述式の回答から、実施が容易で効果的な熱中症対策の情報を入手し、ガイドライン等で展開していくことで、これまで対策が不十分であった事業所へ有益な情報が提供でき、熱中症発生の予防に寄与するものと考え。

## E. 結論

屋内事業場における熱中症予防対策の実態を把握することを目的として、調査

に用いるアンケートの作成を行った。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I. 引用文献

職場における熱中症予防基本対策要綱（令和3年4月20日付け基発0420第3号



#### 4. 保護具について

通常、装着している保護具がありますか。該当するものすべてに○をつけてください。

- ( ) 保護具は装着していない  
( ) 防塵マスク                      ( ) 防毒マスク  
( ) 作業帽・頭巾                      ( ) ヘルメット  
( ) 手袋                                  ( ) エプロン・前掛け  
( ) 長靴                                  ( ) 脚絆  
( ) その他：( ) )

#### 5. 作業の強さについて

最も該当するもの1つだけに○をつけてください。

- ( ) 座作業  
( ) 歩行程度の作業  
( ) 速歩程度の作業  
( ) 会話しながらでは不可能な作業

#### 6. 熱中症の対策について

①作業に対して、おこなっている対策として、該当するものすべてに○をつけてください。

- ( ) 暑熱環境への順化期間の設定  
( ) 連続作業時間の短縮  
( ) 作業中の定期的な小休憩：( ) 分おき  
( ) 作業中の自由飲水  
( ) WBGT 値が一定値以上となった場合の作業中止  
( ) 作業者を熱から遮る遮蔽物の設置  
( ) 熱中症予防対策管理者の配置  
( ) その他：  
( ) )

②作業環境に対して、おこなっている対策として、該当するものすべてに○をつけてください。

- ( ) WBGT の測定・確認  
( ) 気流の確保（窓を開ける、扇風機を設置する、等）  
( ) 空調の効いた涼しい休憩室  
( ) 打ち水  
( ) 使用予定の会議室等は事前に空調をつける  
( ) その他：( ) )

③作業者に対して、おこなっている対策として、該当するものすべてに○をつけてください。

- ( ) 始業前の体調確認
- ( ) 作業中の体調確認
- ( ) 通気性・透湿性の良い作業着
- ( ) ファン付き作業服
- ( ) スポットクーラー  
設置している場合、作業者に冷風が適切に当たっている ( はい ・ いいえ )
- ( ) 大型ファン  
設置している場合、作業者に冷風が適切に当たっている ( はい ・ いいえ )
- ( ) 塩分補給を目的とした飲料水の配布
- ( ) 塩分補給用を目的とした固形物の配布 ( 飴やタブレット等)
- ( ) 体温計の設置  
設置している場合、毎日測定し記録表に記入している ( はい ・ いいえ )
- ( ) 体重計の設置  
設置している場合、毎日測定し記録表に記入している ( はい ・ いいえ )
- ( ) シャワー室や水風呂の設置
- ( ) 健康診断結果に基づく就業措置
- ( ) その他：( )

④現在おこなっている熱中症の教育や発生時の対策について、該当するものすべてに○をつけてください。

- ( ) 体調管理に関する教育
- ( ) 熱中症の症状に関する教育
- ( ) 熱中症の予防に関する教育
- ( ) 熱中症発生時の救急対応に関する教育
- ( ) 熱中症の事例に関する教育
- ( ) 救急対応のマニュアルの掲示
- ( ) 作業場付近で臥位になれる場所の確保
- ( ) 体を冷却する保冷剤等の常備

⑤ ①～④の項目以外に御社独自でおこなっている熱中症対策があれば記載してください。

- ( )
- ( )

※ アンケート結果の送付を希望される場合は、下記をご記載ください。

- 事業所名 ( )
- 住所 (〒 )
- 担当部署名 ( )
- ご担当者名 ( )

## 12 屋内・屋外暑熱職場における暑熱データ実測値と気象官署データの比較

研究協力者 田中 里穂

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学 産業医学修練医

### 研究要旨

熱中症を予防する上で、暑熱リスク評価として WBGT 値を把握することが重要であるが、実際に WBGT 測定を行っている作業現場は少ない。そのため、事業所における実測値を収集し、最寄りの気象官署データ (AMeDAS : Automated Meteorological Data Acquisition System : 自動気象データ収集システム、以下、アメダス値) と比較することで、最終的にアメダス測定地点の WBGT を屋内暑熱職場で利用できるように補正した WBGT 推定値を開発することを目的として、全国 6 か所の事業所において WBGT 計を用いて屋外・屋内暑熱職場の測定を行い、温熱条件を客観的に把握した。得られた実測値をアメダス値と比較することで、屋外・屋内暑熱職場の温熱環境変化の特徴が明らかになった。さらに、収集した実測値から、屋外・屋内暑熱環境に寄与するリスク因子を探求し、可能な限り実状に即した職場における WBGT 値を推測できるツールの開発が望まれる。

### A. 研究目的

熱中症は、軽症例を含めると業務上疾病で最多の疾病である。熱中症を予防する上で、職場の暑熱環境を実際に測定し、リスク評価することは重要である。高温ストレスに関して、作業環境測定基準の告示は気温、相対湿度、黒球温度の測定を規定している一方で、国際的な熱中症予防の指標であり行政指導もされている WBGT の測定が徹底されていない。環境省が WBGT の予測値と現在の推計値(実況推定値)を公表しており、その活用が推奨されているが、特に発熱源のある屋内暑熱職場など、現場で実測した WBGT とは一定の差があると推測する。また、各事業所で測定された暑熱環境データを広く収集する仕組みは現時点で存在しておらず、それらのデータは測定した事業所でのみ活用されている現状がある。

そこで、本研究では、屋内・屋外暑熱職場における暑熱データ実測値を収集し、熱中症予防対策につながるような特徴を探索すること及び実測値を最寄りの気象官署データ(以下、アメダス値)と比較し、屋内暑熱職場で活用できるように補正した WBGT 推定値を開発することを目的とする。

### B. 研究方法

2021年5月から10月にかけて、全国6か所の事業所(北海道、群馬県、神奈川県、大阪府各1か所、福岡県2か所)で、据え置き型の WBGT 計(鶴賀電機社 401F、JIS B 7922 クラス 1.5)を用いて WBGT、気温、湿球温、黒球温の測定を行った。測定間隔は約1分である。各事業所で、屋内/外、日向/日陰や地面等の条件が異なる測定地点を4か所選び、それぞれ約1週間ずつ測

定を行い、これを4～5回繰り返した。約1週間ごとに測定器の電池交換とデータ収集を行った。降水による機器の故障を避けるため、台風などの大雨時には測定を中断した。

気象官署データのうち、WBGT（実況推定値）と黒球温度は環境省の熱中症予防情報サイト「全国の暑さ指数（WBGT）」（[https://www.wbgt.env.go.jp/record\\_data.php](https://www.wbgt.env.go.jp/record_data.php)）から、その他は気象庁「過去の気象データ・ダウンロード」（<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>）から得た。

### C. 研究結果

各事業所における測定地点の環境条件を表1に示す。事業所間で環境条件に多少違いはあるが、いずれの事業所でも屋外と屋内の両方を測定した（図1）。

6事業所全てで屋外日向芝生上での測定が行われた。屋外日向芝生条件では、実測値とアメダス値は良く一致した（図2-1）。降雨後に、主に黒球温度の乖離が見られた（図2-2）。

屋外日向コンクリート条件でも、晴天であれば実測値と気象官署データは良く一致しており、地面の材質による差は明らかでなかった（図2-3）。

屋外建物脇コンクリート条件では、建物の壁から約1mの距離で測定を行った。晴れた日の午後に黒球温度の実測値がアメダス値よりも高くなる傾向が見られた（図2-4）。

屋外日陰土条件は神奈川の事業所のみで測定が行われており、測定地点は木陰で覆われている環境であった。WBGT値・黒球

温度ともにアメダス値よりも実測値が低かった。この条件では午後に実測値が高くなりやすく、夜間は実測値の方がアメダス値よりも高かった（図2-5）。

屋外日陰コンクリート条件でも、WBGT値・黒球温度ともにアメダス値よりも実測値が低かった。また、太陽光が差し込むと考えられる10時頃に、黒球温度の実測値がスパイク状に上昇していた（図2-6）。

屋内熱源なし条件では、実測値はアメダス値よりも低かった。また屋外の日陰条件と同様に、午後に実測値が高くなりやすく、夜間は実測値の方がアメダス値よりも高い傾向が見られた（図2-7）。

屋内熱源あり条件では、表面温度が150℃を超えるような大型の加熱炉に囲まれた環境では、実測値はほぼ一定であった（図2-8）。表面温度が40℃前後の小型電気炉が置かれた環境では、屋内熱源なし条件と同様の結果であった。また、この条件ではWBGT計が窓辺に設置されており、太陽光が差し込むと考えられる9時頃に、黒球温度の実測値がスパイク状に上昇していた（図2-9）。

### D. 考察

屋外では晴れた日であれば、最寄りの気象官署地点におけるWBGT推計値（実況推定値）を工場内の実測値として活用できる可能性があると考えられた。ただし、建物に接した場所で作業する際には、日射による建物壁への蓄熱の影響で、実際のWBGT値がアメダス値よりも高くなっている可能性があることに注意が必要である。雨天時とその後数時間は実測値がアメダス値よりも

低い傾向が見られたが、WBGT 計に付着した雨水の蒸発によって黒球温度が低く測定されてしまった可能性がある。今後、作業現場で活用するための WBGT 推測式を作成するにあたって、晴天時と雨天時は分けて考える方がより正確な式となるかもしれない。また、屋外での地面の条件による測定結果の差は明らかではなかった。

屋内では熱源がなければ、どの事業所でも同様の結果が得られた。午前には実測値がアメダス値よりもやや遅れて上昇し、午後にも遅れて下降する傾向が見られた。建物の壁や屋根によって放射冷却が遮られ、建物内に熱がこもった影響と考えられる。午後には熱中症発症リスクが高くなりやすく、外気温が下がった後も工場内は暑熱環境が持続しやすい点に注意が必要である。屋内では夜間に実測値がアメダス値を上回る傾向が見られており、夜間に工場内に冷たい外気を取り込むことが、熱中症対策となりうる可能性がある。また、表面温度が 100°C を超えるような高温で、表面積が大きい熱源がある屋内職場の場合、熱源からの放射熱の影響が大きいため、アメダス値から作業現場の WBGT 推測式を作成することは難しいと考えられる。

屋外・屋内ともに、直射日光が当たる時間帯には黒球温度がスパイク状に上昇する傾向が見られた。日陰を作るなど直射日光を遮る工夫によって、黒球温度と WBGT を下げることが、熱中症対策となることが改めて確認された。

## E. 結論

本研究結果より、屋外の晴天時などの限

られた条件においては、最寄りの気象官署地点における WBGT 推計値（実況推定値）をそのまま工場内で活用できると考えられた。また、屋外の雨天時や高温の熱源が無い屋内などの条件では、実測値とアメダス値の間に関連が見られ、今後暑熱職場で利用できるような WBGT 推定式を作成できる可能性が示された。天候や熱源の有無、直射日光の有無などが温熱リスクに影響する要因となることが明らかになったため、これらの暑熱リスク要因を組み合わせ、第 2 年度には暑熱職場で活用可能な WBGT 推定式を作成していく。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

The 33<sup>rd</sup> International Congress on Occupational Health, ICOH, in Melbourne-Rome global digital congress, 6-10 February, 2022

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I. 引用文献

なし

表 1 各事業所における測定地点の環境条件

測定地域		北海道	神奈川	群馬	大阪	福岡①	福岡②
最寄りの環境省暑さ指数 (WBGT) 情報提供地点名		室蘭	横浜	館林	堺	八幡	八幡
最寄り地点から事業所までの距離		約1.3km	約8.9km	約13.8km	約8.9km	約3.3km	約4.0km
屋外	常時日向	芝生	○	○	○	○	○
		コンクリート				○	○
	建物脇	コンクリート					○
		常時日陰	芝生		○		
	土			○			
	コンクリート		○				○
屋内	熱源なし	○	○	○	○		○
	熱源あり	○	○	○	○	○×2	

<p>図 1-a. 屋外日向芝生 (北海道)</p>	<p>図 1-b. 屋外日向コンクリート (福岡②)</p>
	
<p>図 1-c. 屋外建物脇コンクリート (福岡②)</p>	<p>図 1-d. 屋外日陰芝生 (群馬) ※写真掲載不可</p>
	<p>※写真掲載不可</p>
<p>図 1-e. 屋外日陰土 (神奈川)</p>	<p>図 1-f. 屋外日陰コンクリ (福岡①)</p>
	
<p>図 1-g. 屋内熱源なし (大阪)</p>	<p>図 1-h. 屋内熱源あり (北海道)</p>
	 <p>加熱炉</p> <p>※加熱炉の表面温度は約 150℃</p>

図 1 測定風景

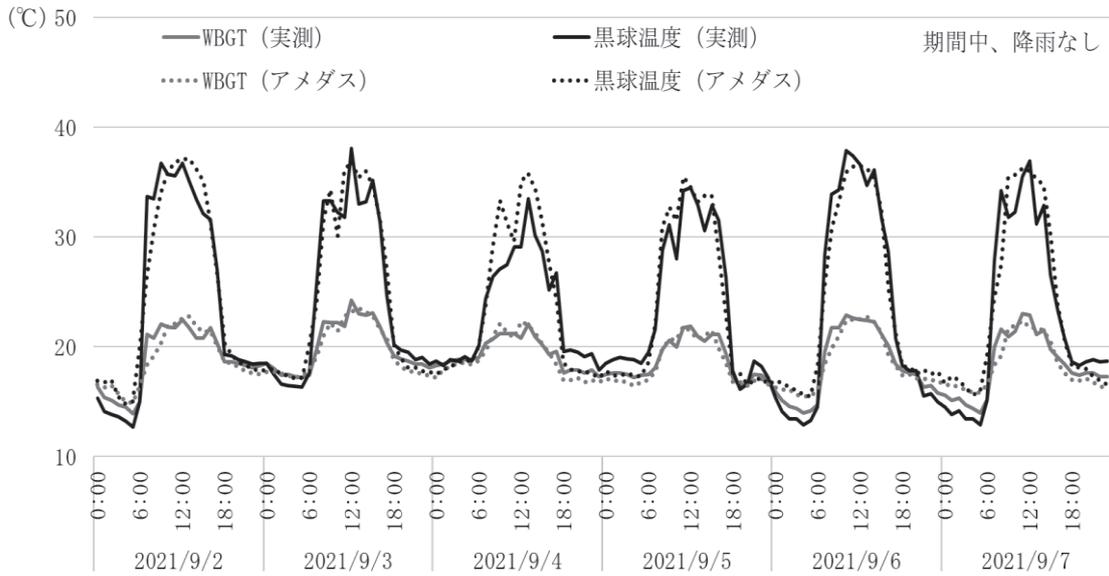


図 2-1 屋外日向芝生条件の実測値とアメダス値の比較（北海道）

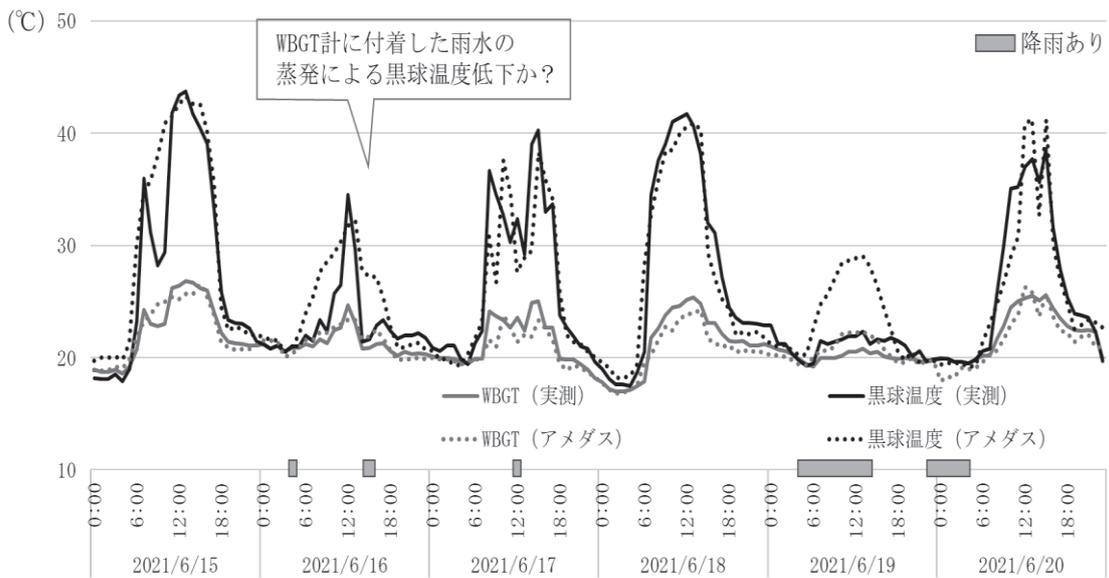


図 2-2 屋外日向芝生条件の実測値とアメダス値の比較（神奈川）

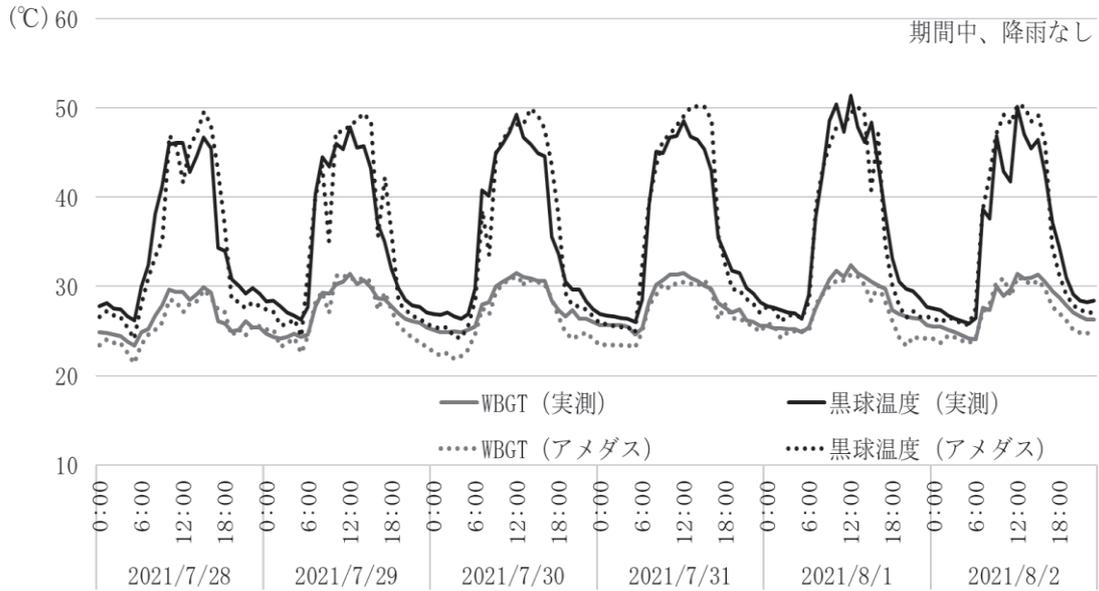


図 2-3 屋外日向コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)

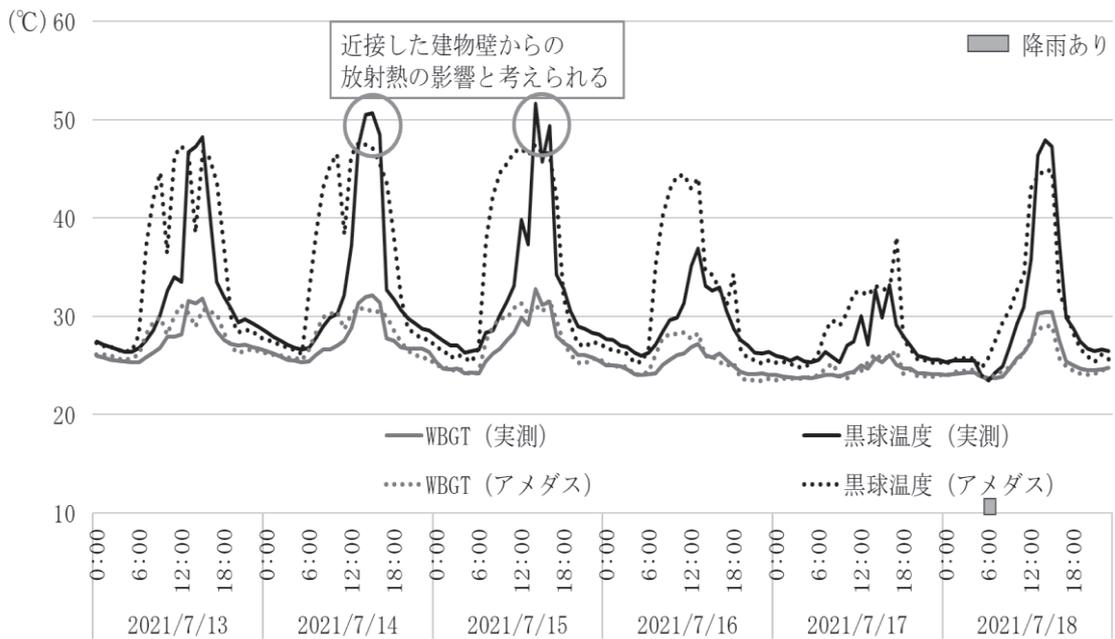


図 2-4 屋外建物脇コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡②)

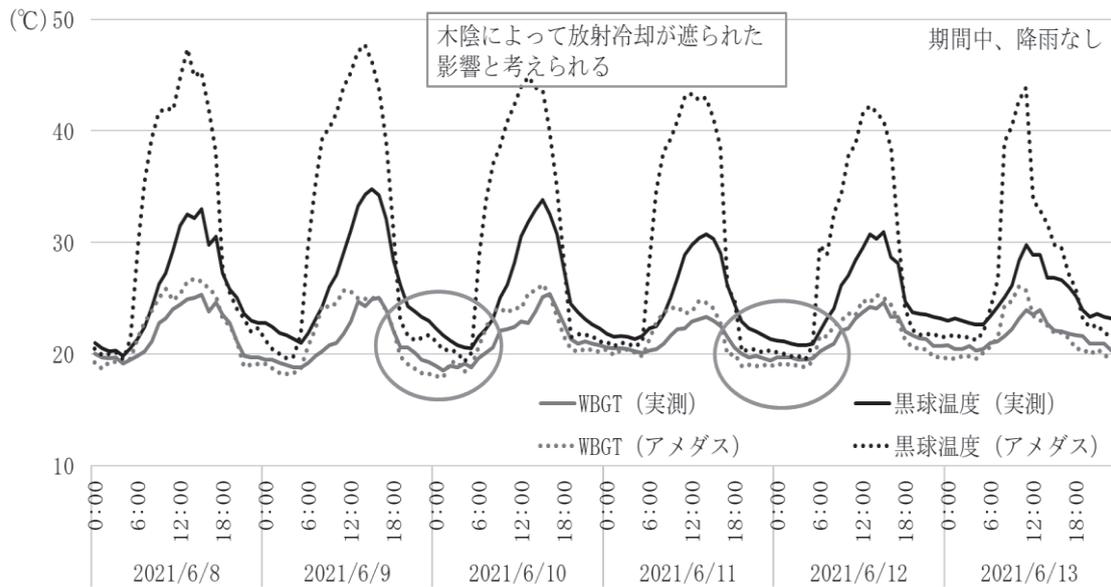


図 2-5 屋外日陰土条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川県)

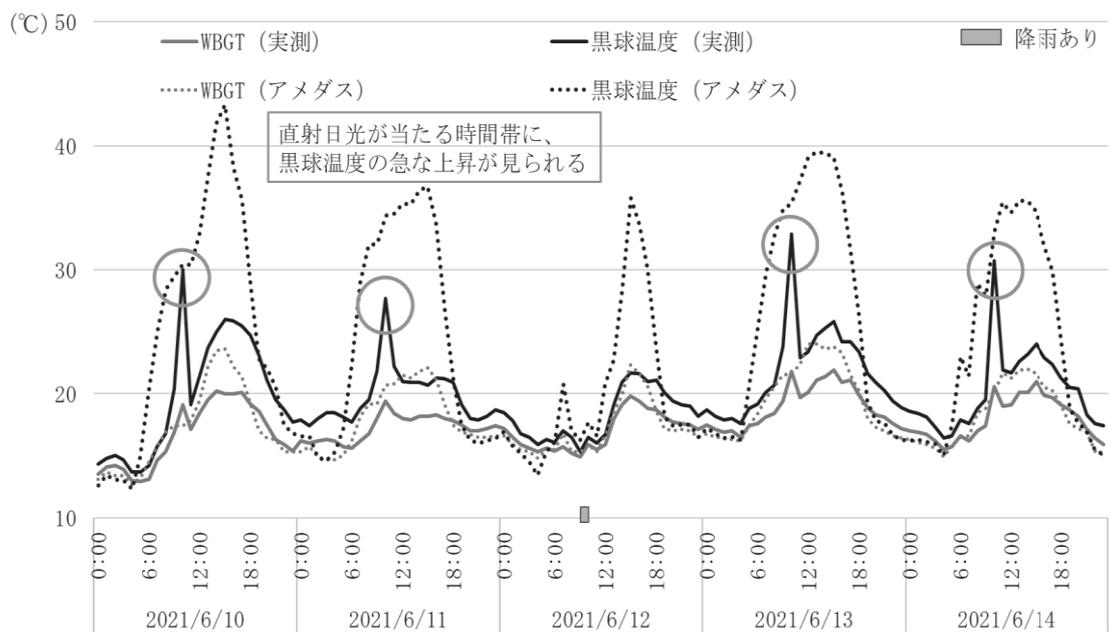


図 2-6 屋外日陰コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)

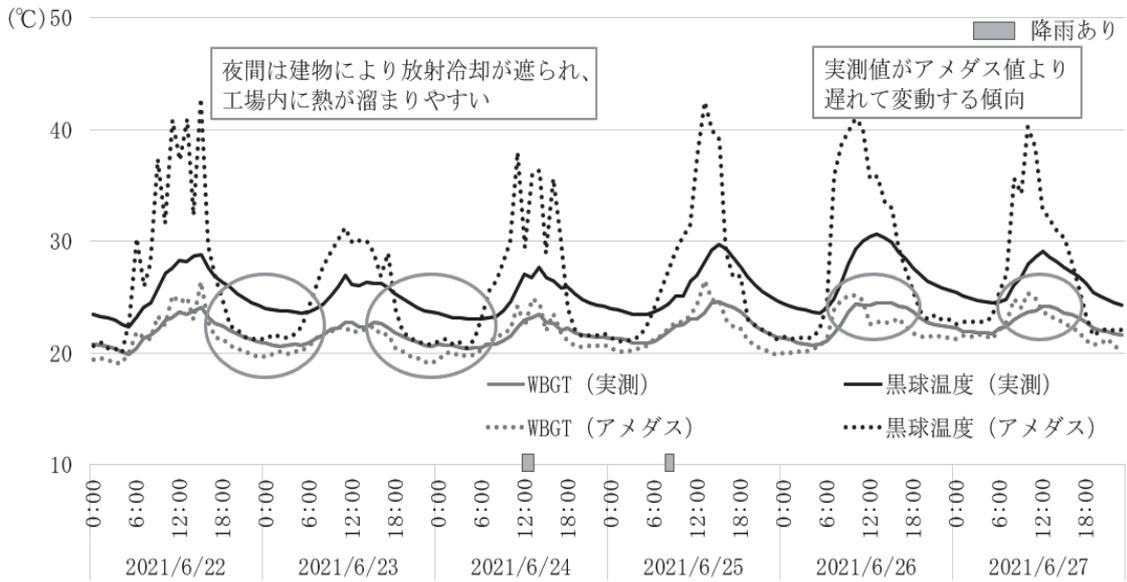


図 2-7 屋内熱源なし条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川県)

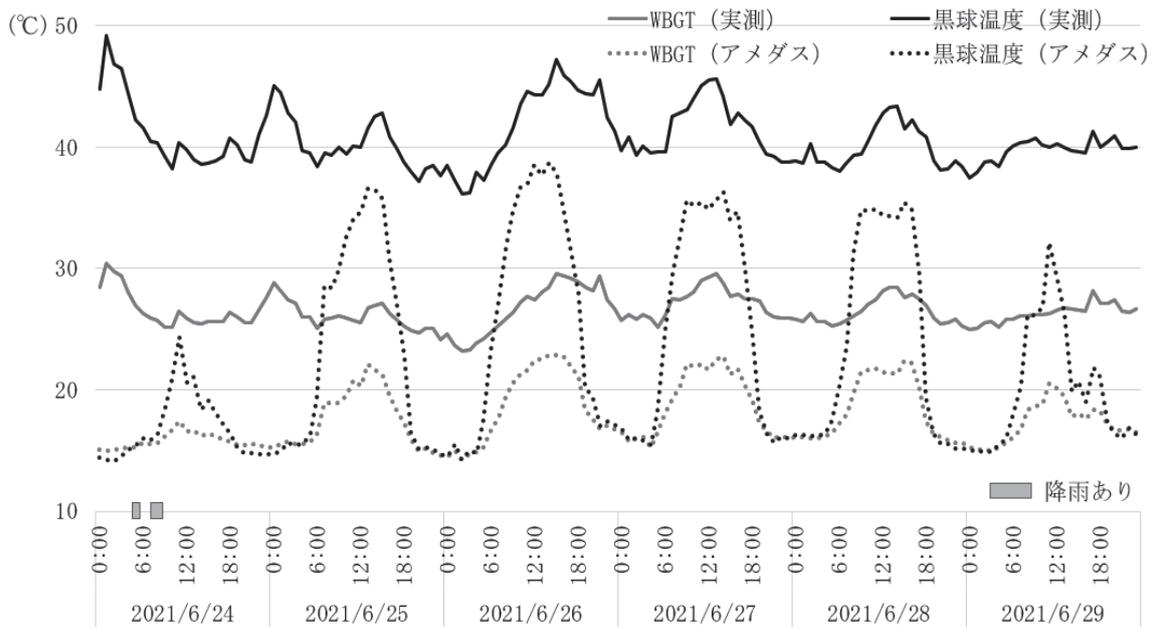


図 2-8 屋内熱源あり条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)

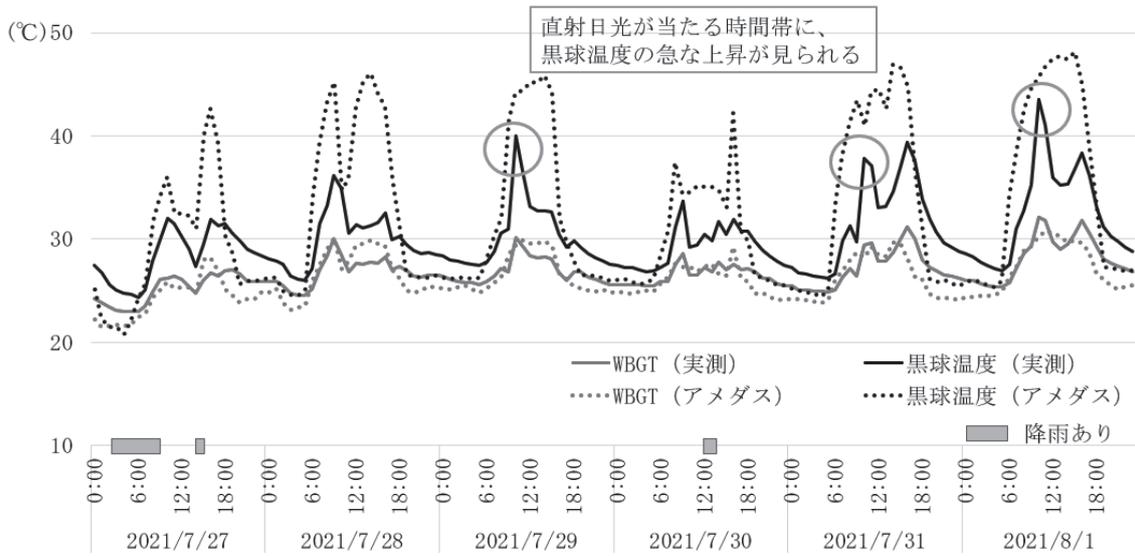


図 2-9 屋内熱源あり条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)

### III 研究成果の刊行に関する一覧表

学会発表

発表者氏名	演題名	発表学会名	発表年
嶋崎 優	“Heat risk in hospital kitchen by measuring WBGT”	The 33 <sup>rd</sup> International Congress on Occupational Health, ICOH, in Melbourne-Rome global digital congress	6-10 February, 2022
前田 妃	「休業 4 日以上の熱中症による労働災害に関する分析」	第 95 回日本産業衛生学会 (高知)	2022 年 5 月
丸山 崇	「屋内作業場における暑熱環境下作業時の個人計測」	第 95 回日本産業衛生学会 (高知)	2022 年 5 月
田中 里穂	“Comparison of WBGT values directly measured and those estimated from data at the nearest AMeDAS point”	The 33 <sup>rd</sup> International Congress on Occupational Health, ICOH, in Melbourne-Rome global digital congress	6-10 February, 2022

屋内作業に適した職場における熱中症予防方法等に関する研究  
(210601-01)

令和3年度 総括・分担研究報告書

発行者 堀江正知

産業医科大学産業生態科学研究所産業保健管理学

令和4年(2022年)3月

不許複製