

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4年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 堀江正知

令和5年(2023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 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	10
	研究分担者 真船 造介 研究協力者 田中 里穂 嶋崎 優
2 屋内の熱中症事例に関する文献調査.....	91
	研究協力者 嶋崎 優、前田 妃
3 福岡県で発生した熱中症による労働災害に関する検討.....	132
	研究協力者 前田 妃
4 食品製造業と倉庫業における熱中症予防対策の実態についての質問紙調査.....	142
	研究協力者 田島 慶一
5 WBGT 計等を用いた調理職場における暑熱リスクの評価.....	178
	研究協力者 嶋崎 優
6 飲食料品小売業の調理場における暑熱リスクの評価	194
	研究分担者 永野 千景
7 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.....	213
	研究分担者 宮内 博幸
8 研究所の工場等における WBGT 測定	284
	研究協力者 田島 慶一
9 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と冷却ベストの効果検証	305
	研究分担者 丸山 崇
10 暑熱環境下運動負荷における冷却ベストの効果検証	315
	研究分担者 丸山 崇
11 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会による意見.....	323
	研究分担者 永野 千景
12 屋内作業における熱中症予防対策の提案.....	326
	研究分担者 永野 千景
III 研究成果の刊行に関する一覧表	331

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

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

田島 慶一 産業医科大学 産業生態科学研究所 産業保健管理学

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

全国6事業所において屋内・屋外、日向・日陰、地面条件等の異なる場所で4～5週間にわたりWBGTを測定した結果から、近接した建物壁の輻射熱が影響すること、WBGTの変化は日陰ではアメダス地点よりも遅れること、日の入り前でも夕方以降は屋内のほうが屋外よりもWBGTが高い場合があること等が明らかになった。アメダス地点での値を使用した推定式は空調や熱源の有無により影響を受ける屋内では実測が望ましいことが分かった。また、屋内における熱中症の予防対策に関する文献を検索して、体系的に整理した要約を作成した。休業4日未満の熱中症データ解析結果からは、熱中症による労働災害の総数は休業4日以上死傷者数の約10倍であること、6月下旬から8月中旬までが熱中症のリスクが高いこと、40歳以上では屋外作業でWBGTが弱い相関を認めることが分かった。そして、食品製造業62事業所、倉庫業1,011事業所が回答した質問紙調査の結果から、フライヤー、食洗器、オーブン、エアーコンプレッサー、モーター、炉等が発熱源であることが分かった。WBGTを測定していた事業場は食品製造業と倉庫業でそれぞれ14.0%と19.5%にとどまること、「熱中症警戒アラート」や「環境省熱中症予防情報サイト」と比較して「STOP! 熱中症クールワークキャンペーン」の認知割合は低く、「熱中症予防管理者」の選任はそれぞれ3.4%と9.1%であることが分かった。大規模な食品製造職場やスーパーマーケットの調理職場における調査では、鉄板、コンロ、ジェットオーブン、フライヤー、二重釜、平釜、スパボイル、IH調理器、炊飯器、惣菜製品にラップをかける装置（ラッパー）が熱源であることが分かった。WBGTは調理機器稼働してからやや遅れて上昇する傾向や稼働終了後は緩やかに低下する傾向を認めた。熱中症対策として、作業者が空調温度を調整できる仕組み、着替えの時間を考慮した休憩時間の確保、軽く腰掛けることができるような座面の高い椅子を設置、立位作業用マットの使用、下肢を伸ばして休憩するようなスペースの確保、外国人労働者へのリスクコミュニケーションの工夫等が提言できると考えた。そして、モバイルネットワークを利用したIoT技術による気温と相対湿度の自動リアルタイム測定が高温リスクの評価に有用であった。そして、事務室等のWBGT連続測定でもアメダス地点での変化より位相が遅れることや日射により天井やシャッターの表面温度が上昇して屋内の温熱環境に影響を与えることが分かった。そして、屋内での粉体加工作業やリネン室作業でのWBGTや生体指標の連続計測は高温リスクの評価に有用であった。氷水循環による水冷ベストは主観的な暑さレベルや直腸温の上昇抑制に有用である可能性が示唆された。これらの結果に基づいて、屋内作業における熱中症予防対策を提案した。

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

産業保健管理学講師

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おり、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、発熱源等の熱中症のリスク要因を分析し、屋内暑熱職場のWBGTを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地点と比較することを目的とした。

第2年度（令和4年度）は、最寄りのアメダス地点における気象データから推定したWBGTの推定値が使用できる条件について、屋内・屋外や発熱源の有無等の条件から評価すること、実際に熱中症を発症した事例について環境要因と個人要因の特徴を検討すること、調理場等の食品製造業と倉庫業におけ

る熱中症のリスクや対策について詳細に調査すること、調理場等においても実装可能な熱中症対策を探究すること、そして、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、送風機の活用等）を提案することを目的に研究を実施した。

B. 研究方法

第2年度は、10種類の研究を実施した。

①「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」を継続して実施した。2021年5～10月に北海道から福岡県まで全国6カ所の事業所において、屋内・屋外、日向・日陰、地面条件等が異なる4カ所の測定地点で、WBGT計を用いて約1週間ごとにWBGT、気温、湿球温、黒球温を4～5週間繰り返して測定し、最寄りのアメダス地点における気象データを取得して比較して、職場等の条件別にアメダス地点のデータから屋内の実測値を推定する式を作成し、その結果として得られた推定値と実測値を比較して検討した。

②「屋内の熱中症事例に関する文献調査」を実施した。PubMedをデータベースとして、環境要因の検索語には屋内、調理場、倉庫などの16用語、結果指標の検索語には熱中症、体温上昇、意識障害などの19用語を選択して、環境要因と結果指標の検索語を組み合わせる人を対象とした日本語・英語の文献を2012年1月31日～2022年1月31日の期間で抽出して、体系的に整理した。

③「福岡県で発生した熱中症による労働災害に関する検討」を実施した。2016～2020年に全国で発生した熱中症で休業4日以上であ

った事例及び死亡した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するとともに、2019～2021年に福岡労働局が調査した熱中症で休業4日未満であった事例に関するデータを取得した。福岡県の屋外で9～18時に発生したと考えられる995の事例について、労働基準監督署に最寄りの気象官署における発生日時の観測結果を、気象庁及び環境省のサイトから取得して突合し、福岡労働局のデータで休業4日未満および休業4日以上（死亡事例を含む）の事例に認められる特徴を分析し、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として、休業4日の事例を目的変数とする回帰分析を行った。

④「食品製造業と倉庫業における熱中症予防対策の実態についての質問紙調査」を実施した。食品製造業は、一般社団法人日本即席食品工業協会（60社）、日本スープ協会（12社）、公益社団法人日本給食サービス協会（212社）、一般社団法人日本パン工業会（20社）の計304社、倉庫業は、一般社団法人日本倉庫協会の3,401社を対象に、2022年11月上旬に、職場における空調、作業着、保護具、作業に伴う身体的負荷、熱中症対策等を尋ねる質問紙調査を、郵送又はウェブ上で回答する方法で実施し、2023年1月4日までに得た回答を集計した。

⑤「WBGT計等を用いた調理職場における暑熱リスクの評価」を実施した。2022年8月に、コンビニ弁当の惣菜を調理する大規模な食品製造工場において、熱源（ジェットオーブン、フライヤー、二重釜、平釜、スパボイル）付近とその他の加熱調理室エリア、コントロールとして盛り付け室にWBGT計を設置して、24時間連続でデータを収集した。熱

源付近では、放射温度計によって表面温度を測定した。最寄りのアメダス地点における温熱測定値を取得した。また、熱中症のリスクと対策について聞き取り調査を行った。

⑥「飲食料品小売業の調理場における暑熱リスクの評価」を実施した。2022年7月の3日間、スーパーマーケット内の調理場4か所でWBGTを測定し、作業時間、熱源の種類、空調稼働時間、身体作業強度、服装、保護具等を聴取した。

⑦「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」を実施した。2022年1月から10月にかけて、鋳物製造作業場、造船作業場、厨房作業場等において、IoT技術を活用することで職場の気温と相対湿度を自動的にリアルタイムで一元管理できる方法の効果を検討した。計測データをWi-Fiでなく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システムを用い、クラウドに記録するIoTシステムは室内温湿度自動記録・監視システムを使用した。

⑧「研究所の工場等におけるWBGT測定」を実施した。2022年7月～9月に、いずれも熱源のない事務室及び模擬工場の内部においてWBGTの実測値を連続測定し、最寄りのアメダス地点のデータと比較した。

⑨「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と冷却ベストの効果検証」を実施した。屋内で粉体加工作業に従事する男性4名、リネン室での洗濯及びアイロン等のクリーニング作業に従事する女性3名、屋内厨房での調理や洗浄の作業等に従事する女性2人を対象に、ポータブル温熱計によるWBGTのほか、心拍数と胸部体表温を連続的に計測した。主観的作業負荷、主観的暑熱負荷等も調査した。また、同一被験者において

氷冷水を循環させる身体冷却装置（冷却ベスト）の装着あり又は装着なしの2条件での計測を別日に実施した。

⑩「暑熱環境下運動負荷における冷却ベストの効果検証」を実施した。衛生上の問題から電動ファン付き作業服の使用が困難な厨房作業等で氷水循環による冷却ベストを使用することを想定して、気温 35°Cで湿度 50%に設定した人工気候室において、男性2名を対象に、80Wの運動を負荷して、直腸温、心電図、自覚的運動負荷等を測定した。同一被験者に、作業着のみ着用、作業着及び冷却ベスト着用の2条件での実験を別日に実施した。

以上の結果に基づいて、「屋内作業における熱中症予防対策の提案」を実施した。

C. 研究結果

各研究では次の結果を得た。

①「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、屋外日向芝生条件や屋外日向コンクリート条件で実測値とアメダス地点での値は概ね一致することが分かった。屋外建物脇コンクリート条件では、晴れた日の午後にアメダス地点よりもやや遅れて黒球温度と WBGT が上昇する傾向を認め、近接した建物壁からの放射熱の影響が示唆された。屋外日陰芝生条件や屋外日陰コンクリート条件では、午前中は黒球温度と WBGT がともにアメダス地点の値よりも低い傾向を認めた。屋外日陰土条件では、日中はアメダス地点の値よりも遅れて黒球温度と WBGT が上昇し、夜間は逆に黒球温度と WBGT がアメダス地点の値よりも高い傾向を認め、木陰で放射冷却が遮られていることが示唆された。屋内でも夕方以降は日の入り前でも屋外よりも WBGT が上昇する場合があった。屋内で熱源なしの条件では、

実測値がアメダス地点の値よりも少し遅れて上昇し、夕方から夜間にかけて実測値の方が高くなる傾向を認め、建物による放射冷却の遮断が影響していることが示唆された。屋内で熱源ありの条件では、炉前では黒球温度と WBGT が高く、日内変動が小さかった。実測したデータを用いて WBGT の推定式を求めるために統計解析を行い、適時条件（実測と同時刻のアメダス地点の値を用いたもの）とラグ条件（実測より1時間前のアメダス地点の値を用いたもの）の2種類に分けて解析を行った。いずれの条件でも中央値は屋内の実測値がアメダス地点の値を上回った。決定係数は、適時条件では全測定場所で $R^2=0.829$ 、屋外で $R^2=0.959$ 、屋内で $R^2=0.772$ であった。ラグ条件でもほとんど同じであった。屋内での実測値の予測精度は屋外よりも低かった。特に、屋内では空調や熱源の有無により R^2 にばらつきが生じる結果となった。屋外日向芝生条件では、日中は実測値と推定値が概ね一致した。屋外建物脇コンクリート条件では、推定値よりもアメダス地点の値の方が実測値に近かった。屋外日陰芝生条件と屋外日陰コンクリート条件では、日中はアメダス地点の値よりも推定値の方が実測値に近かった。屋外日陰土条件では、午前中は推定値の方がアメダス地点の値よりも実測値に近かった。

②「屋内の熱中症事例に関する文献調査」では、抽出された600文献の要旨を2名ずつで抄読し、両者が屋内作業場の暑熱対策に反映可能と判断した34文献を熟読し、最終的に7文献を体系的に整理して要約した。

③「福岡県で発生した熱中症による労働災害に関する検討」では、休業4日未満の事例数は、休業4日以上の日死傷事例数の約9倍発生していることが分かった。また、梅雨入り

の6月下旬から8月中旬までが熱中症の発症及び重症化のリスクが高い時期であることが推察された。40歳未満では環境指標との相関を認めなかったが、40歳以上ではWBGT ($p=0.0164$, $R^2=0.0547$) のみ弱い相関を認めることが分かった。

④「食品製造業と倉庫業における熱中症予防対策の実態についての質問紙調査」では、次のことが明らかとなった。食品製造業における暑さの原因は、フライヤー、食洗器、オーブンなどの発熱源であることが多かった。空調がある事業所は70.2%で、スポットクーラーがある事業所は64.4%で、扇風機がある事業所は67.8%であった。通気性のある食品衛生白衣が44.1%で使用され、ほとんどの職場で作業帽・頭巾、衛生マスクが必須であった。熱中症対策としては、作業前の体調確認が81.4%、全体空調の設置が67.8%、扇風機の設置が67.8%などであった。室温の測定は84.7%、WBGTの測定は14.0%であった。WBGTに応じた連続作業時間の短縮は12.5%で実施されていた。昼休みなどの食事時間以外の休憩の頻度は2時間に1回が54.8%と最も多かった。熱中症予防管理者の選任は3.4%にとどまり、「STOP! 熱中症クールワークキャンペーン」を知っている事業所は20.3%、「環境省熱中症予防情報サイト」を知っている事業所は37.3%、「環境省の「熱中症警戒アラート」を知っている事業所は74.5%であった。倉庫業における暑さの原因は、外気の暑さが90.0%と最多で、発熱する設備としてエアコンプレッサー、モーター、炉などが挙げられた。室内全体の空調を持つ事業所は33.5%で、スポットクーラーがある事業場は68.6%で、扇風機がある事業場は79.3%であった。半そで作業着と長ズボンに相当する衣服が57.2%で使用され、安全靴が

85.7%、ヘルメットが85.0%で使用されていた。熱中症対策としては、塩分の支給が75.0%、作業前の体調確認が62.4%などであった。クールベストの使用、トイレの回数確認、パワースーツの使用などの対策も一部で実施されていた。室温の測定は64.3%、WBGTの測定は19.5%であった。WBGTに応じた連続作業時間の短縮は60.8%で実施されていた。食事時間以外の休憩の頻度は2時間に1回が59.2%と最も多かった。熱中症予防管理者の選任は9.1%にとどまり、「STOP! 熱中症クールワークキャンペーン」を知っている事業所は39.4%、「環境省熱中症予防情報サイト」を知っている事業所は60.5%、「環境省の「熱中症警戒アラート」を知っている事業所は78.7%であった。

⑤「WBGT計等を用いた調理職場における暑熱リスクの評価」では、アメダス地点では午前6時ごろからWBGTが上昇していたが、工場内のWBGTは従業員の出勤や熱源の稼働に連動して午前9時頃から上昇する傾向を認めた。ジェットオーブンのオープン板を熱湯(40~45℃)で洗浄していた時間帯にWBGTが突発的に上昇した。ジェットオープンが稼働していた8~12時頃より少し遅れてWBGTが緩やかに上昇する傾向を認めた。二重釜付近でも熱源稼働時間帯より少し遅れてWBGTが緩やかに上昇する傾向を認めた。スパボイル機の清掃で熱湯を使用していた時間帯にWBGTの突発的な上昇を認めた。表面温度は、ジェットオープンが90~107℃、フライヤーが124℃、二重釜が47~58℃、平釜が75℃であった。WBGTは最高で27℃であり、工場内の熱中症リスクは全体的に小さかった。ただし、機器の稼働終了後もしばらくWBGTが上昇した状態が続く傾向が見られた。熱中症対策として、天井からの吊り下

げ式エアコン、柱型エアコン、スポットクーラー、扇風機が導入され、エアコンの温度設定は 20℃であった。作業エリアに冷水器があり、工場には休憩室があり、作業前と作業中の体調確認が実施され、1 日 3 回の WBGT の測定と記録が行われていた。

⑥「飲食料品小売業の調理場における暑熱リスクの評価」では、鉄板、コンロ、IH 調理器、炊飯器、フライヤー、オーブン、惣菜製品にラップをかける装置（ラッパー）等の発熱源を認めた。壁と扉で隔たれた場所に惣菜用の冷蔵庫や冷凍庫等の低温設備が併設されていた。空調、スポットクーラー、換気扇があり、日中の作業時間中は稼働していた。作業前の体温測定が実施され、救急処置訓練、緊急連絡網の作成、水筒を置く場所の確保等がなされていた。「環境省熱中症警戒アラート」は全員が認知していたが、「環境省熱中症予防情報サイト」は 1 人だけ認知していた。熱中症予防管理者は選任されておらず、「STOP！クールワークキャンペーン」は認知されていなかった。

⑦「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、給食施設作業場では、厨房内配膳室と厨房内のスープやケトルの調理位置、厨房外の食堂における気温が 30℃以上に達していることを確認した。造船作業場では、一部の屋外作業場や造船中の船舶内部は気温が 40℃を越えることを確認した。鋳物製造作業場では、焼成作業場の炉前、焼成作業場の成型機前の気温が 40℃を越えることを確認した。

⑧「研究所の工場等における WBGT 測定」では、屋内の WBGT は、午前中にアメダス地点より遅れて上昇するが、15～17 時頃に逆にアメダス地点より高くなり、日の入りから日の出までは高い傾向を認めた。降雨時に

WBGT が低くなる傾向も屋内では遅くなる傾向を認めた。西向きのシャッターの表面温度は 16 時頃に著明に上昇した。金属製の天井やシャッターは、スレート製の壁や床と比べて、表面温度の変動が激しかった。

⑨「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と冷却ベストの効果検証」では、粉体加工作業では WBGT が 30℃を超える場所や心拍数が 140bpm を超える負荷の高い作業を確認し、クリーニング作業では、アイロンプレス作業での暑熱負荷や作業負荷が高いことを確認した。水冷ベストの使用では心拍数等の客観的指標には明らかな有意差を認めなかったが、アイロンのプレス作業では主観的な暑さレベルや負荷レベルを低減する効果を認めた。

⑩「暑熱環境下運動負荷における冷却ベストの効果検証」では、運動前の直腸温を基準とした温度変化は、冷却ベスト着用条件の方が 0.09～0.15℃低く、運動負荷のない休憩時間において冷却ベスト着用時に心拍数の低下が大きい傾向を認めた。

そして、「屋内作業における熱中症予防対策の提案」では、壁や天井の蓄熱によって屋内では屋外と比べて気温や WBGT の変化が緩徐で夕方以降は屋外よりも暑くなる傾向があることを理解して作業計画を立てること、食品製造業では鉄板、コンロ、ジェットオーブン、フライヤー、二重釜、平釜、スパボイル、IH 調理器、炊飯器、惣菜製品にラップをかける装置（ラッパー）が熱源になることを理解すること、倉庫業では、エアーコンプレッサー、モーター、炉が熱源になることを理解すること、熱源がある屋内では WBGT を実測すること、モバイルネットワークを使用した IoT システムによる高温リスクの測定を検討すること、WBGT の低減策として作業

者が設定温度を調整できるエアコンの設置、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、着替えの時間も考慮した休憩時間の確保、軽く腰掛けることができるような座面の高い椅子を設置、立位作業用マットの使用、作業服の見直し等を検討すること、作業場や作業の特性に合わせてスポットクーラーや送風機付き作業服の導入を検討すること、ファン付き作業服が着用できない職場では冷水循環型の冷却ベストの使用を検討すること、高年齢労働者への配慮を行うこと、外国人労働者への配慮を行うこと、小規模事業場を含めて熱中症予防管理者の選任や労働衛生行政部署から発出された文書を一層普及させること等を提案した。

D. 考察

①「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、屋内では空調や熱源の有無、屋外では温められた建物やコンクリートの存在等が推定値と実測値のばらつきを生じる原因と考えた。推定式利用が有用であると考えられた条件は、屋外日向コンクリート条件、屋外日陰芝生条件、屋外日陰土条件、屋外日陰コンクリート条件の午前中から日中と考えた。そして、夜間や発熱源がある場合は、事業所で WBGT を実測することが不可欠と考えた。

②「屋内の熱中症事例に関する文献調査」では、屋内において熱中症のリスクを低減するための対策を検討した研究報告が少ないことが示唆された。

③「福岡県で発生した熱中症による労働災害に関する検討」では、福岡労働局の調査から推察すると、毎年、全国において休業4日未満の熱中症が数千件以上発生しているこ

とが推察された。また、環境要因は高年齢になるほど大きく影響することが推察された。

④「食品製造業と倉庫業における熱中症予防対策の実態についての質問紙調査」では、倉庫業のほうが WBGT を実測している割合や行政指導の内容を認識している割合が大きかったものの、いずれの業種においても一層の普及が必要と考えた。

⑤「WBGT 計等を用いた調理職場における暑熱リスクの評価」では、調理機器の稼働や作業の開始よりもやや遅れて作業環境が暑くなることや熱源の稼働が終了した後も暑さが持続することなどへの注意が必要と考えた。このように一定の対策が実施済みの事業場への提案として、熱源稼働状況に応じて作業者が空調温度を自由に調整できる仕組み、屋外環境温の調査や作業員への掲示、着替えの時間も考慮した休憩時間の確保、軽く腰掛けることができるような座面の高い椅子を設置、立位作業用マットの使用、外国人労働者へのリスクコミュニケーションの工夫などがあると考えた。

⑥「飲食料品小売業の調理場における暑熱リスクの評価」では、職場の近傍に空調の効いた休憩場所があったが下肢を延ばして休憩するような場所があることが望ましいと考えた。また、熱中症というよりは感染症予防対策として作業前の体温測定が実施されているものと考えた。そして、「環境省熱中症警戒アラート」の普及状況に対して、熱中症予防管理者の選任や労働衛生行政の施策が普及していなかったことから、普及啓発の取組を一層推進することが望ましいと考えた。

⑦「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、IoT 技術を活用して現場における温熱条件を遠隔で把握することが可能で、高リスクな職場を検出

することができたことから、広く普及させることが可能と考えられた。また、温熱条件を把握するための作業員の業務量を軽減することができることから少人数の作業場においても導入が検討できると考えた。

⑧「研究所の工場等における WBGT 測定」では、屋内の WBGT は、午前中にアメダス地点より遅れて上昇するが、夕方からは逆にアメダス地点より高くなることを想定して、屋内における熱中症対策を推進することが重要と考えた。日射が差し込む場所や金属製の天井やシャッターに囲まれた場所では、特に注意が必要と考えた。

⑨「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と冷却ベストの効果検証」では、水冷ベストの使用では主観的な暑さレベルや負荷レベルを低減する効果があることが推察された。

⑩「暑熱環境下運動負荷における冷却ベストの効果検証」でも、冷却ベスト着用が体温や心拍数を低減する効果がある可能性が示唆された。

E. 結論

本研究では、全国6事業所での4～5週間にわたるWBGT等の測定結果から、近接した建物壁からの輻射熱が影響すること、日陰ではアメダス地点よりも黒球温度とWBGTが遅れること、夕方以降は日の入り前でも屋内のほうが屋外よりもWBGTが高い場合があること等が明らかになった。アメダス地点での値から作成した推定式は空調や熱源の有無により影響を受ける屋内では実測が望ましいことが分かった。屋内における熱中症の予防対策に関する文献を体系的に整理した要約を作成した。休業4日未満の事例を含む熱中症の総数は休業4日以上での死傷事例数の約

10倍であること、6月下旬から8月中旬までは重症化のリスクが高いこと、40歳以上ではWBGTと有意な相関があることが分かった。そして、食品製造業62事業所、倉庫業1,011事業所が回答した質問紙調査の結果から、食品製造業では調理器具や食洗器等、倉庫業ではエアコンプレッサー、モーター、炉が発熱源であることが分かった。WBGTを測定していた事業場はそれぞれ14.0%と19.5%で、熱中症予防管理者の選任はそれぞれ3.4%と9.1%と低調であることが分かった。食品製造職場では調理器具の稼働からやや遅れてWBGTが緩やかに上昇する傾向や稼働終了後もしばらくWBGTが上昇した状態が続く傾向があることが分かった。IoT技術を活用して、モバイルネットワークにより、気温と相対湿度を自動的にリアルタイムで遠隔管理できる方法がリスクの評価に有用であることが確認できた。WBGTの日内変動は、事務室等の室内ではアメダス地点よりも位相が遅れることや金属製の天井やシャッターは日射によって表面温度が上昇して屋内の温熱環境に影響を与えること等が分かった。氷水循環による水冷ベストの使用により、直腸温の変化や主観的な暑さ等が低減される傾向を認めた。これらの結果に基づいて、「屋内作業における熱中症予防対策の提案」をまとめ、屋内では屋外と比べて気温やWBGTの変化が緩徐で夕方以降は屋外よりも暑くなる傾向があることを理解して作業計画を立てること、食品製造業や倉庫業の熱源を理解すること、熱源がある屋内ではWBGTを実測すること、モバイルネットワークを使用したIoTシステムによる高温リスクの測定を検討すること、WBGTの低減策として作業員が設定温度を調整できるエアコンの設置、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、着替えの時間も考慮した休憩時間の確保、軽く腰掛けることができるような座面の高い椅子を設置、立位作業用マットの使用、作業服の見直し等を検討すること、作業場や作業の特性に合わせてスポットクーラーや送風機付き作業服の導入を検討すること、ファン付き作業服が着用できない職場では冷水循環型の冷却ベストの使用を検討すること、高年齢労働者への配慮を行うこと、外国人労働者への配慮を行うこと、小規模事業場を含めて熱中症予防管理者の選任や労働衛生行政部署から発出された文書を一層普及させること等を提案した。

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 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

研究分担者 真船 造介

産業医科大学 産業生態科学研究所 産業精神保健学 講師

研究協力者 田中 里穂 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

熱中症を予防する上で、暑熱リスク評価として WBGT 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（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本研究の目的としている。第 1 年度は、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し、屋外・屋内暑熱職場の温熱環境変化の特徴を明らかにした。第 2 年度は、第 1 年度に収集した実測値から WBGT を予測する推定式を開発し、各測定条件における実測値との比較を行い、推定式の有用性について検討した。

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）」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

1 各事業所における測定結果

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）。

(1) 屋外日向芝生条件

6事業所全てで屋外日向芝生上での測定が行われた（図2-1～2-6）。晴天条件では、実測値とアメダス値は黒球温度・WBGTともに概ね一致したが、12～15時にかけて突発的に黒球温度やWBGTが低下する日も見られた。雨天条件では、実測値とアメダス値のWBGT・黒球温度ともに概ね一致する日もあれば、アメダス値の黒球温度が実測値よりも高く推移する日も見られた。

(2) 屋外日向コンクリート条件

屋外日向コンクリート条件では、大阪と福岡②の2事業所で測定が行われた。実測値とアメダス値は概ね一致しており、地面の材質による差は明らかでなかった（図3-1～3-2）。雨天条件ではアメダス値の黒球温度が実測値よりも高い日が見られた。

(3) 屋外建物脇コンクリート条件

屋外建物脇コンクリート条件は、福岡②の測定地域のみで測定が行われており、建物の壁か

ら約1mの距離で測定を行った。晴れた日の午後にアメダス値からやや遅れて黒球温度・WBGTが上昇する傾向が見られ、近接した建物壁からの放射熱の影響が示唆された（図4）。

(4) 屋外日陰芝生条件

屋外日陰芝生条件は群馬の事業所のみで測定が行われており、測定地点の一方向には建物のシャッターが存在していた。午前中は黒球温度・WBGTともにアメダス値よりも低い傾向が見られた（図5）。

(5) 屋外日陰土条件

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。日中はアメダス値よりも遅れて黒球温度・WBGTが上昇し、夜間は黒球温度・WBGTともにアメダス値よりも高い傾向が見られた（図6）。測定値付近の木陰により放射冷却が遮られ、夜間の黒球温度・WBGTが高いまま推移したことが示唆された。

(6) 屋外日陰コンクリート条件

屋外日陰コンクリート条件では、北海道と福岡①の2事業所で測定が行われた。黒球温度・WBGTともにアメダス値よりも実測値が低かった。直射日光が当たる時間帯に、黒球温度の実測値がスパイク状に上昇していた（図7-1～7-2）。

(7) 屋内熱源なし空調なし条件

屋内熱源なし空調なし条件では、北海道と神奈川の2事業所で測定が行われた。日中の黒球温度はアメダス値の方が高く、実測値はアメダス値よりも少し遅れて上昇する傾向が見られた。夜間については黒球温度・WBGTともに実測値の方が高く、夜間は建物により放射冷却が遮られ工場内に熱が溜まりやすくなることが示唆された(図8-1~8-2)。

(8) 屋内熱源なし空調あり条件

屋内熱源なし空調あり条件では、神奈川・大阪・福岡の3事業所で測定が行われた。大阪の事業場では10月14~15日のみシーリングファンが稼働された。日中の黒球温度はアメダス値の方が高く、夜間は黒球温度・WBGTともに実測値の方が高くなる傾向が見られた(図9-1~9-3)。

(9) 屋内熱源あり空調なし条件

熱源の有無については、表面温度40℃以上の条件で熱源ありと定義した。

屋内熱源あり空調なし条件では、大阪の1事業所のみで測定が行われた。黒球温度・WBGTの日内変動が小さく、夜間にはアメダス値よりも高くなる傾向が見られた(図10)。

(10) 屋内熱源あり空調あり条件

屋内熱源あり空調あり条件では、北海道、群馬(2箇所)、福岡(2箇所)の事業場にて測定が行われた(図11-1~11-3)。北海道の事業所にて、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11-1)。群馬の事業所にて、表面温度が100℃程度の溶接エリアでは、日中の黒球温度はアメダス値の方が高く、夜間は黒球温度・WBGTともに実測値の方が高くなる傾向

が見られた(図11-2a)。同事業所の表面温度が70℃程度の焼き戻し炉、窒化炉エリアでは、黒球温度・WBGTの日内変動は小さく、WBGTはアメダス値よりも高い状態を推移していた(図11-2b)。

福岡の事業所にて、トンネル窯から10m離れた環境では、屋内熱源なしと同様に、黒球温度は日中にはアメダス値の方が高く、夜間は実測値の方が高い傾向が見られた(図11-3a、11-3b)。

2 WBGT 推定式

実測したデータを用いて、WBGTの推定式を求めるために統計解析を行った。適時条件(実測値とリアルタイムのアメダス値を用いたもの)とラグ条件(実測値と1時間前のアメダス値を用いたもの)の2種類に分けて解析を行った。

事業所の実測値とアメダス値のWBGTの単相関について解析した結果を以下に示す(図12-1~12-2)。

WBGTの中間値については、適時条件において、全測定場所では実測値で23.1℃(SD=4.5)、アメダス値で22.1℃(SD=4.9)、屋外では実測値で22.6℃(SD=4.2)、アメダス値で22.5℃(SD=4.3)、屋内では実測値で23.6℃(SD=4.7)、アメダス値で21.6℃(SD=5.5)であった。特に屋内の実測値がアメダス値を上回る結果となった。実測値と1時間前のアメダス値を比較したラグ条件でも、屋内の実測値がアメダス値を上回る結果となった。

決定係数については、適時条件において、全測定場所では $R^2=0.829$ 、屋外では $R^2=0.959$ 、屋内では $R^2=0.772$ となった(図12-1)。ラグ条件において、全測定場所では $R^2=0.821$ 、屋外では $R^2=0.939$ 、屋内では $R^2=0.773$ となり、適

時・ラグ条件のいずれも屋内での実測値はアメダス値とのばらつきが大きく、予測精度は屋外よりも低くなる結果となった。

事業場での屋外実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数を求めた結果を以下に示す (図 13-1~13-2)。全時間帯における推定式の偏回帰係数の R^2 は、適時条件では $R^2=0.925$ 、ラグ条件では $R^2=0.889$ であり、 R^2 は 1 に近い値となった。事業場での屋内実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数を求めた結果を以下に示す (図 14-1~14-2)。屋内においては、空調や熱源の有無により、 R^2 にばらつきが生じる結果となった。

3 WBGT 推定値との比較

屋外実測 WBGT を予測する重回帰モデルを用いて WBGT の推定値を求め、屋外の測定条件ごとに推定値と実測値・アメダス値と比較した結果を以下に示す (図 15~20)。

(1) 屋外日向芝生条件

日中の時間帯は、実測値と推定値 (、アメダス値) は概ね一致した。夜間は推定値と実測値にばらつきがあり、推定値よりもアメダス値の方が実測値に近くなっている日も見られた。また、一部の時間帯において推定値が突発的に上昇し、実測値との乖離が見られた (図 15-1~15-6)。

(2) 屋外日向コンクリート条件

一部の時間帯において推定値が突発的に低下し、実測値との乖離が見られたが、その他の時間帯では推定値の方がアメダス値よりも実測値に近い値となった (図 16-1~16-2)。

(3) 屋外建物脇コンクリート条件

日中の時間帯においては、推定値よりもアメダス値の方が実測値に近い値となっていた。ま

た、推定値が突発的に低下する時間帯も複数見られた (図 17)。

(4) 屋外日陰芝生条件

屋外建物脇コンクリート条件とは反対に、日中の時間帯においては、アメダス値よりも推定値の方が実測値に近い値となっていた (図 18)。

(5) 屋外日陰土条件

朝方~午前中の時間帯において、推定値の方がアメダス値よりも実測値に近い値となっていた (図 19)。

(6) 屋外日陰コンクリート条件

主に日中の時間帯において、推定値の方がアメダス値よりも実測値に近い値となっていた (図 20-1~20-2)。

D. 考察

事業場での実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数の結果から、屋外においては特に適時条件での測定結果との関連が強く、推定式として使用できる水準にあると考えられた。また、ラグ条件でも R^2 が 1 に近い数値を示しており、用途に応じてラグ条件での推定式利用も可能と考えられる。

推定式より抽出した推定値と実測値を屋外の測定条件ごとに比較した考察を以下に示す。

屋外日向芝生条件では、日中の時間帯には推定値は実測値と概ね一致したが、夜間は推定値の方が実測値よりも高い値を示す傾向が見られた。このため、このような条件の事業所で推定式を運用する際には、日勤帯には推定式が有用であるが、夜勤帯には事業所にて WBGT を実測して対策を講じることが望ましいと考えられる。そもそもこの条件では晴天であればアメダス値と実測値が概ね一致して推移していたため、わざわざ推定式を利用する必要性は低

いとも考えられる。

屋外日向コンクリート条件では、一部の時間帯において推定値と実測値との乖離が見られたが、日光の影響で WBGT が突発的に上昇する 9～12 時頃や朝方 WBGT が低下する 0～3 時頃においては、推定値はアメダス値よりも実測値に近い値を示していたことから、晴れた日の朝方～午前中においては推定式利用が有用であると考えられる。

屋外建物脇コンクリート条件では、推定値よりもアメダス値の方が実測値に近い値を示していたため、推定式の利用はあまり有用ではないと考えられる。先に述べた実測値とアメダス値の比較では、晴れた日の午後にアメダス値からやや遅れて黒球温度・WBGT が上昇する傾向が見られ、近接した建物壁からの放射熱の影響が示唆された。これを受け、1 時間後の推定値をラグ条件とし、適時条件とラグ条件での推定値の制度の比較を行った結果を以下に示す（図 21）。ラグ条件の方が適時条件よりも実測値に近くなる日もあれば、逆の結果を示す日も見られた。実測値のピーク時間帯についても、ラグ条件に重なる場合、適時条件に重なる場合など様々であり、ラグ条件を推定式に利用することはあまり有用性ではないと考えられる。

屋外日陰芝生条件、屋外日陰土条件、屋外日陰コンクリート条件では、午前中～日中の時間帯において、推定値の方がアメダス値よりも実測値に近い値を示していたため、この時間帯で推定式を利用することは有用と考えられる。

一方で屋内においては、時間帯によっては予測精度がわずかに上がる場合もあるが、推定式としての利用は難しいと考えられる。予測が難しい要因としては、熱源と空調によるものが挙げられる。熱源に関しては、事業所により加熱炉・溶接・トンネル釜など様々な種類や温度の熱源を使用しており、稼働時間や熱源か

らの距離によっても影響を受ける部分が多い。空調に関しては、そもそも空調が必要になる場所は暑熱環境であり、屋外環境とは大きく環境が異なることも考えられる。このため、屋内、特に熱源や空調を使用している職場では、アメダス値と実測値が大きく乖離する可能性が考えられるため、各々での WBGT を実測することが望ましいと考える。

推定値が突発的に上昇・低下している時間帯が見られた点については、雨天時など一部の時間帯で WBGT が実測できず、データが欠損していることによるアーチファクトの影響が示唆されたため、さらなるデータ収集により欠損を補正することで精度を上げていくことが今後期待される。

E. 結論

日本全国の 6 事業所にて、あらゆる条件下で温熱環境測定を行い、実測値とアメダス値を比較し、アメダス値から WBGT 推定値を求める推定式の開発を行った。

本研究結果より、屋外の午前中～日中の時間帯であれば推定式利用が有用であると考えられた。ただし、今回の屋外建物脇コンクリート条件のように、測定箇所近くに建物が存在している場所では、建物からの放射熱により WBGT が突発的に上昇する可能性があるため、注意が必要である。夜間の時間帯は、推定式からは WBGT の予測にずれが生じる可能性があるため、事業所にて WBGT を実測することが望ましいと考えられる。

一方で屋内においては、熱源や空調などに影響を受ける可能性が高いため推定式利用が難しく、実測値はアメダス値とも異なり推移していたため、事業所にて随時 WBGT を実測して対策を講じることが望ましいと考えられる。

F. 健康危険情報

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

G. 研究発表

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	空調なし	○	○			
		空調あり		○		○	○
	熱源あり	空調なし				○	
		空調あり	○		○×2		○×2



図 1-a. 屋外日向芝生 (北海道)



図 1-b. 屋外日向コンクリート (福岡②)
※写真掲載不可



図 1-c. 屋外建物脇コンクリート (福岡②)

図 1-d. 屋外日陰芝生 (群馬)



図 1-e. 屋外日陰土 (神奈川)



図 1-f. 屋外日陰コンクリート (福岡①)



図 1-g. 屋内熱源なし (大阪)



※加熱炉の表面温度は約 150℃
図 1-h. 屋内熱源あり (北海道)

図 1 測定風景

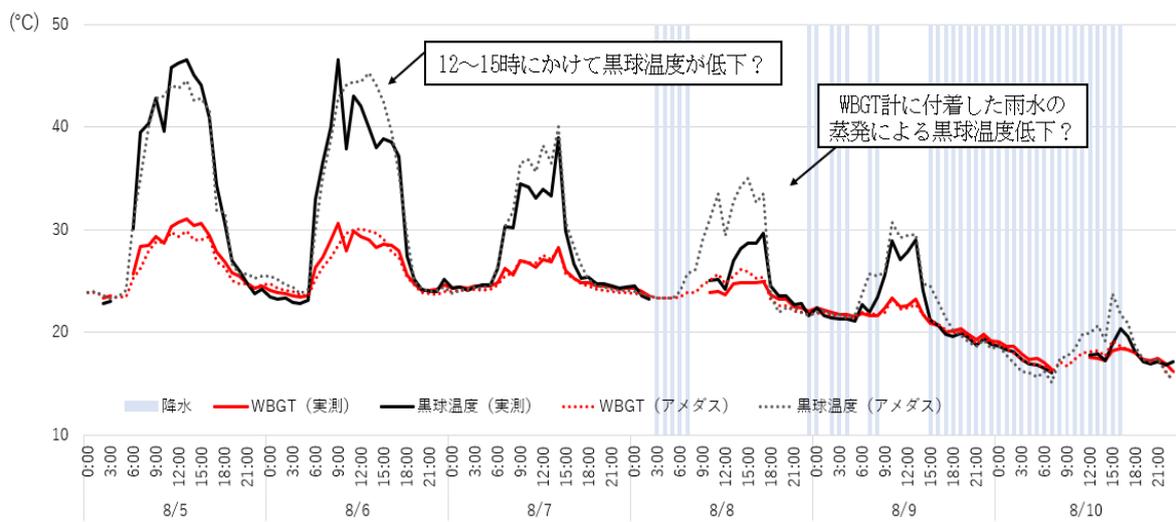
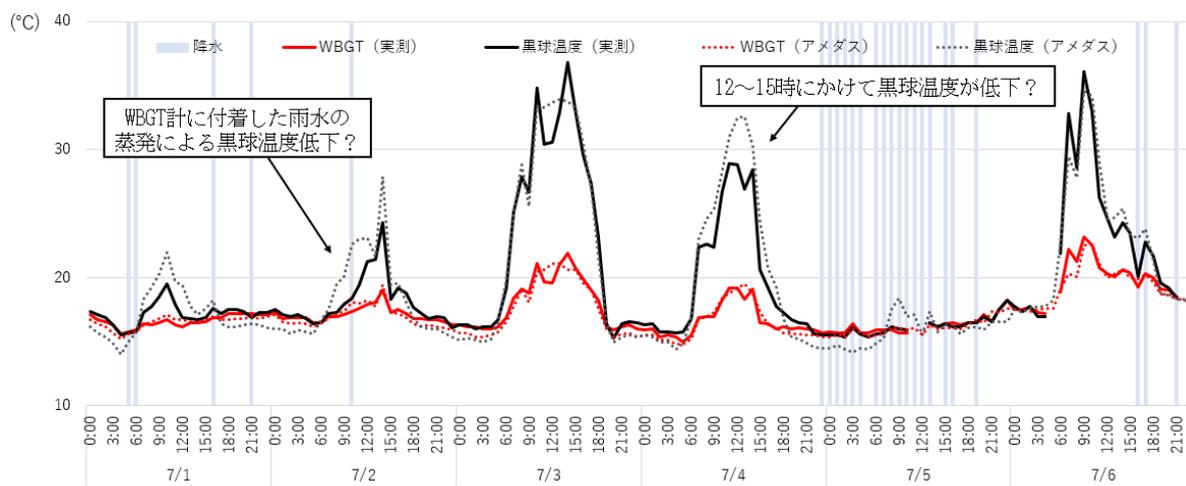
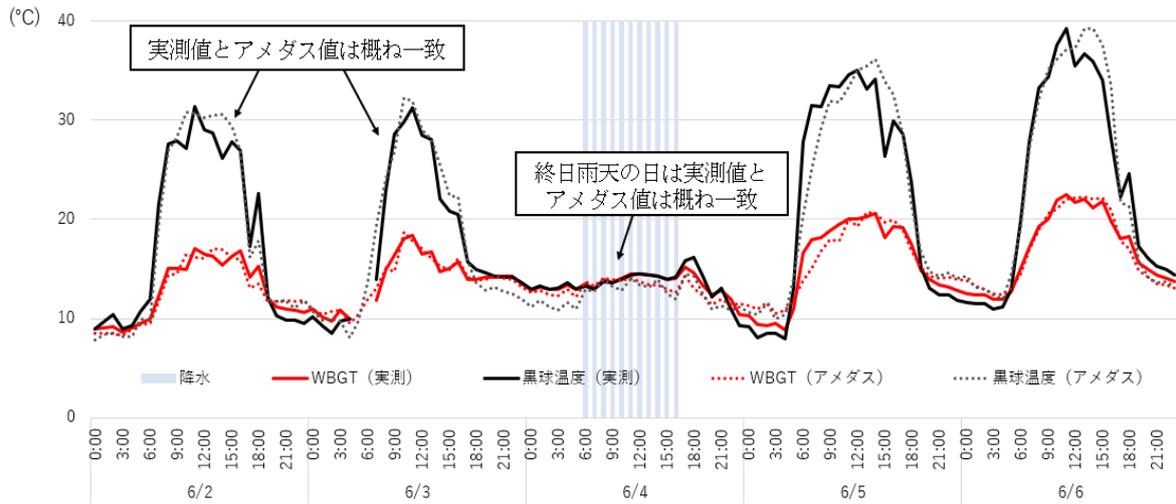
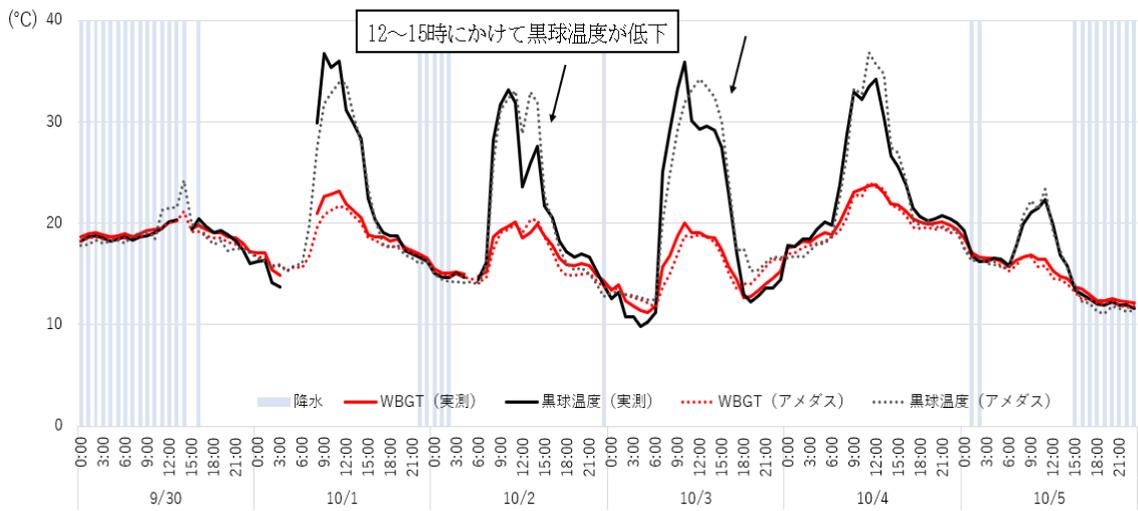
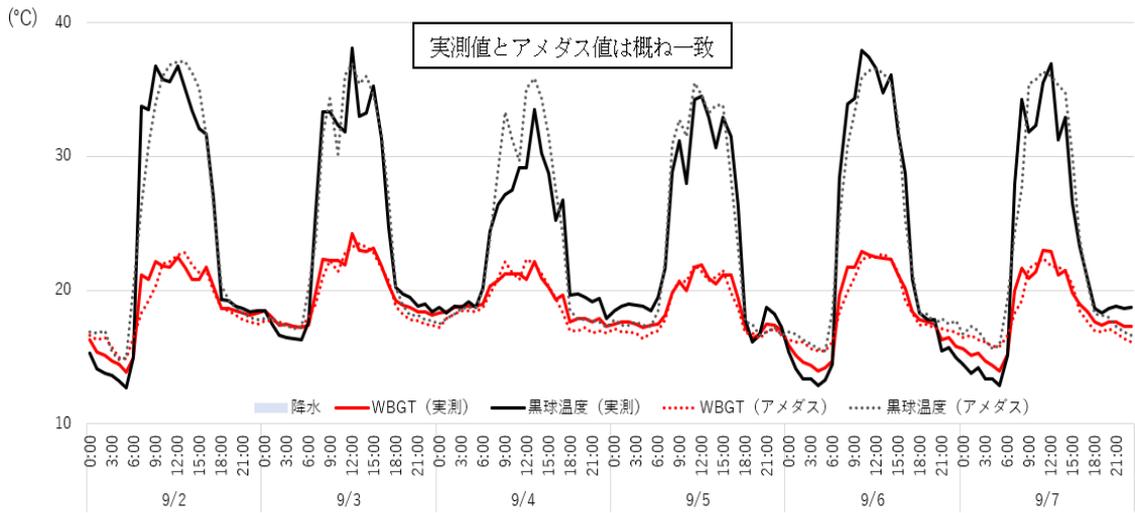


図 2-1 屋外日向芝生条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)



(続き) 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)

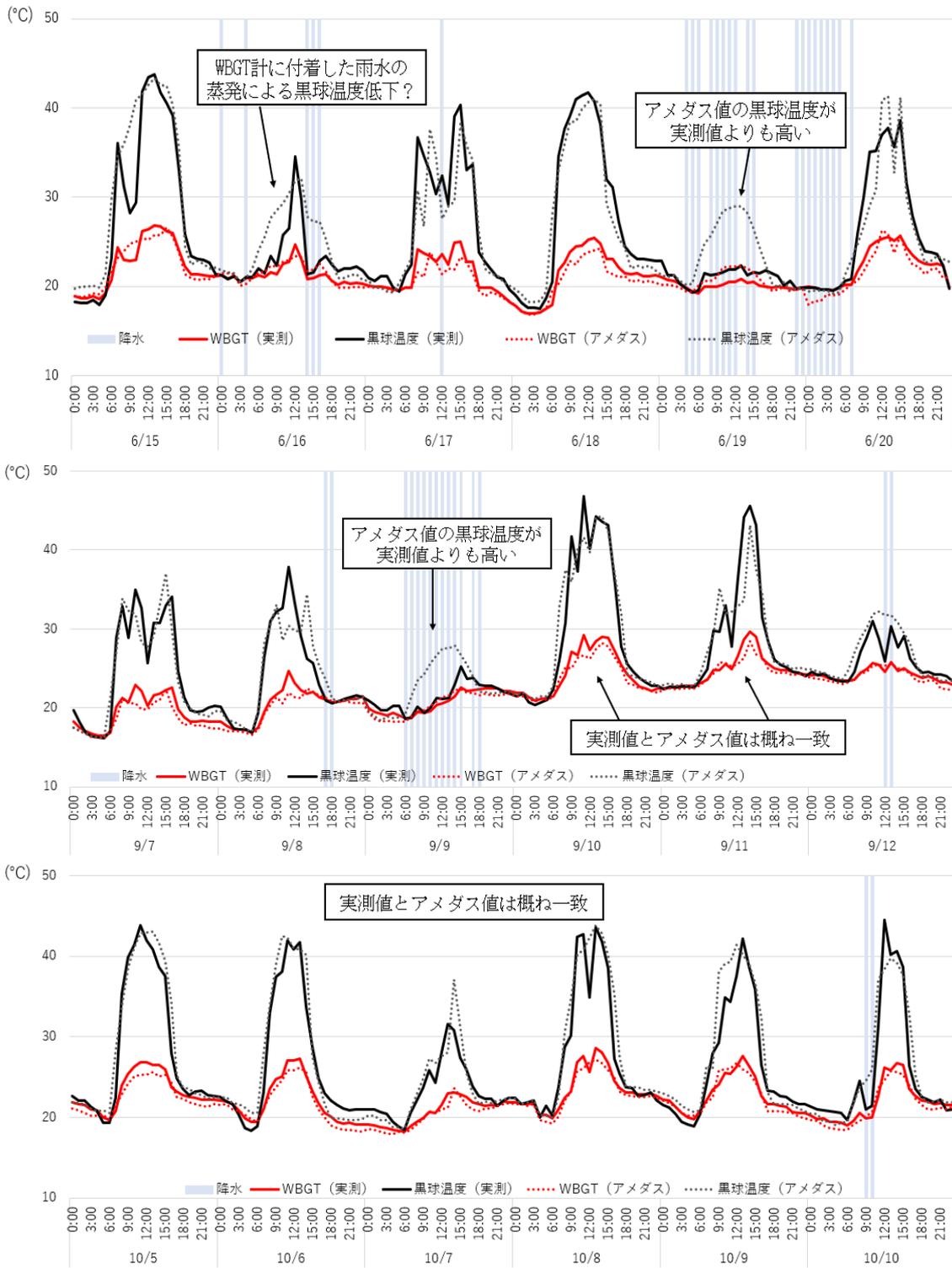


図 2-2 屋外日向芝生条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)

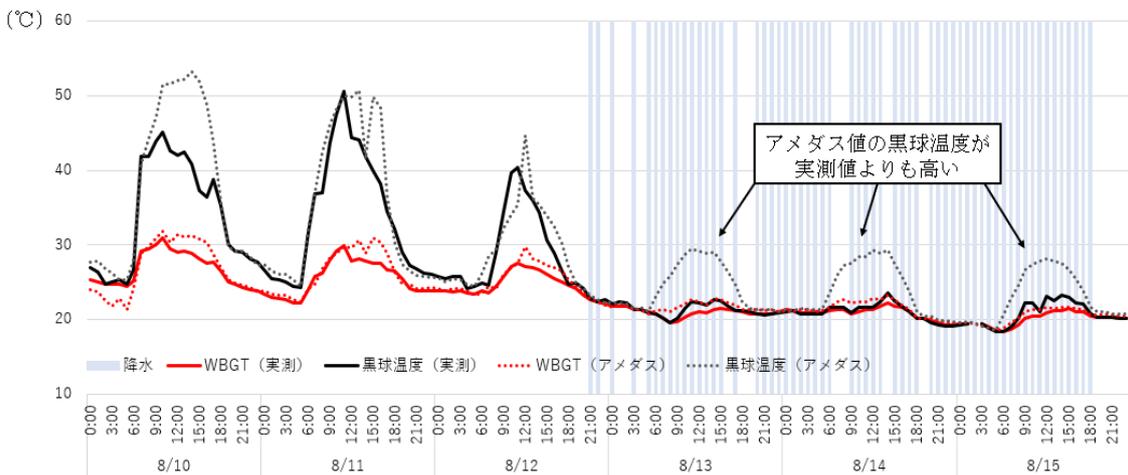
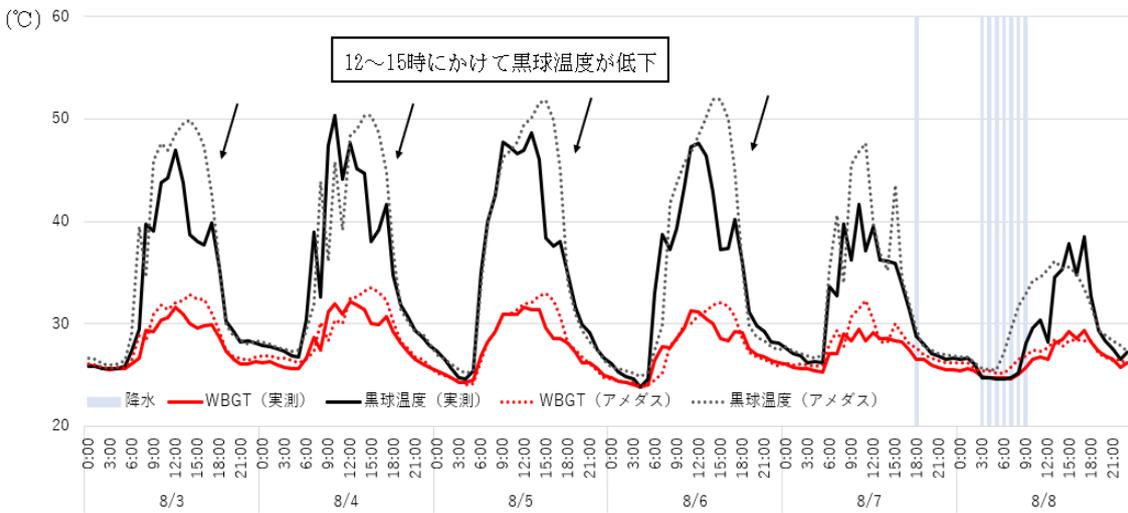
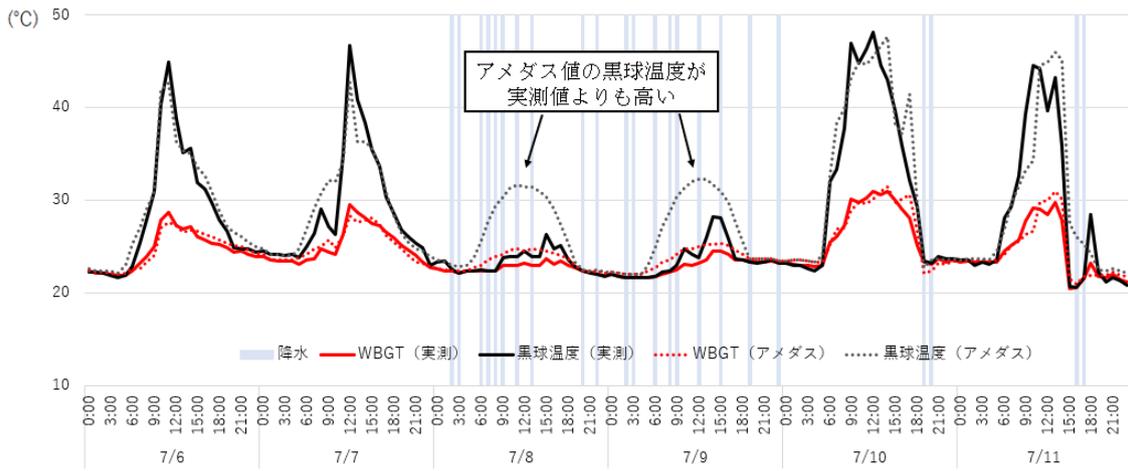
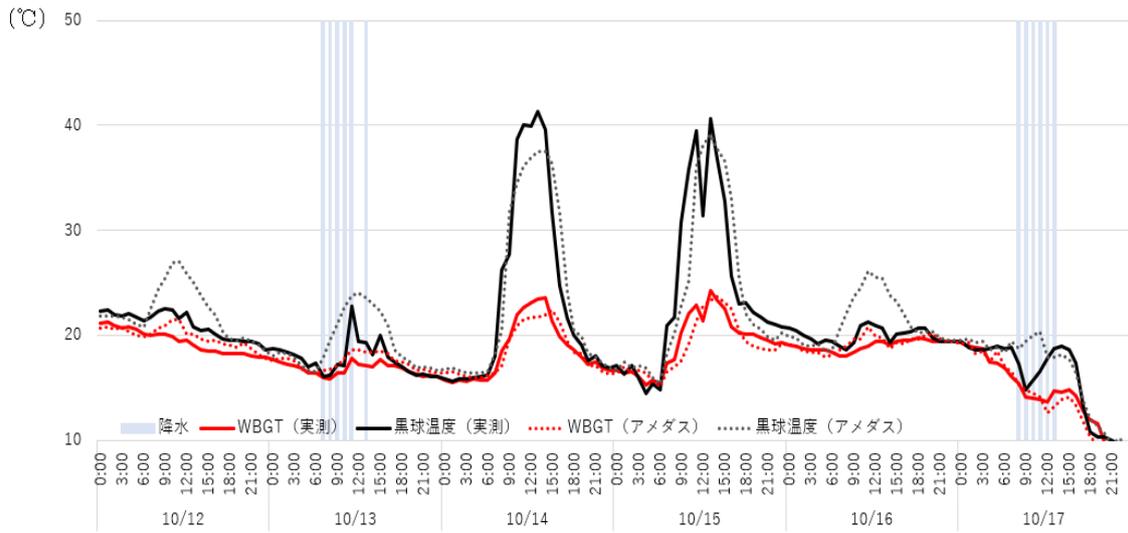


図 2-3 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (群馬)



(続き) 図 2-3 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (群馬)

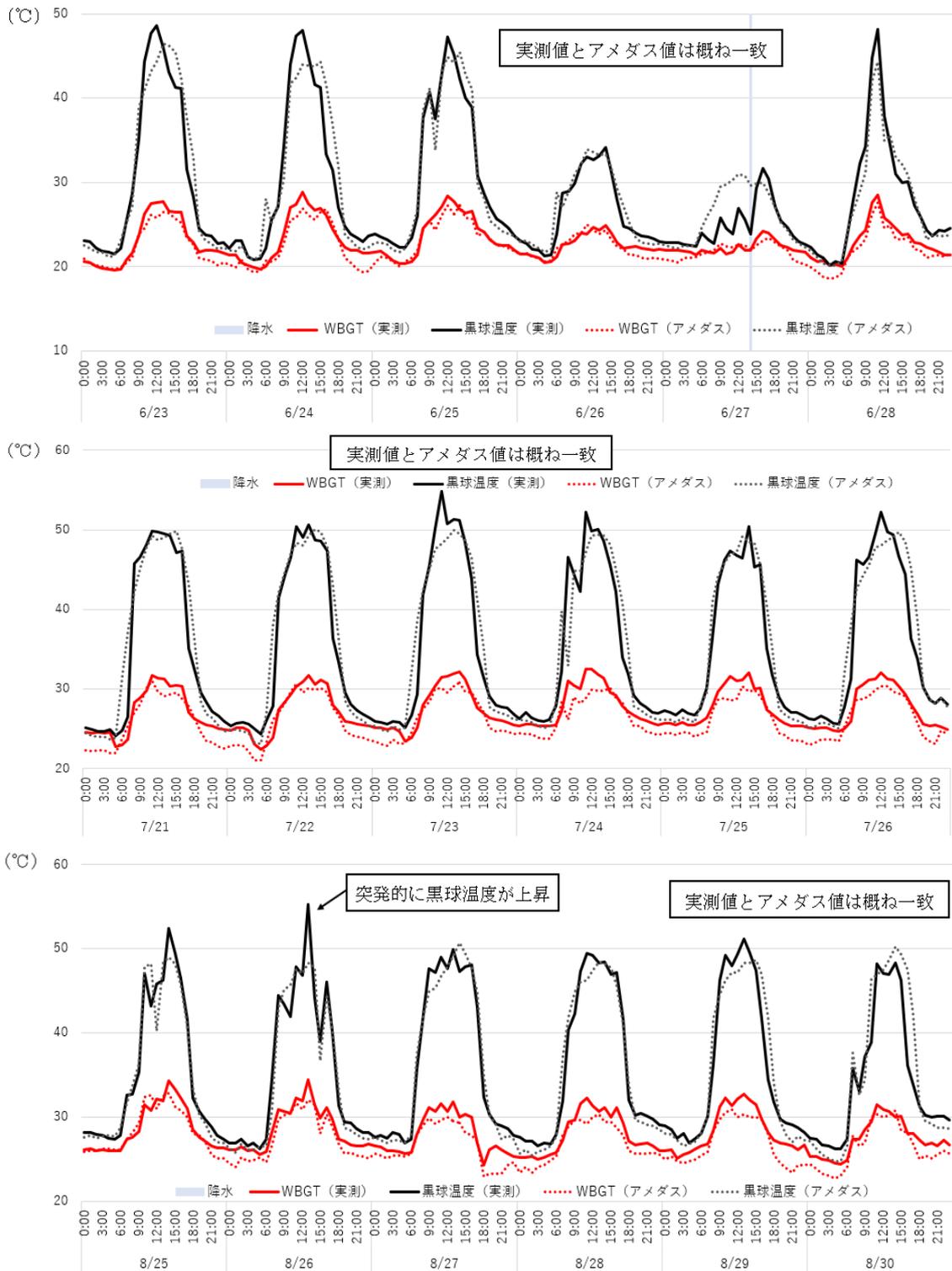
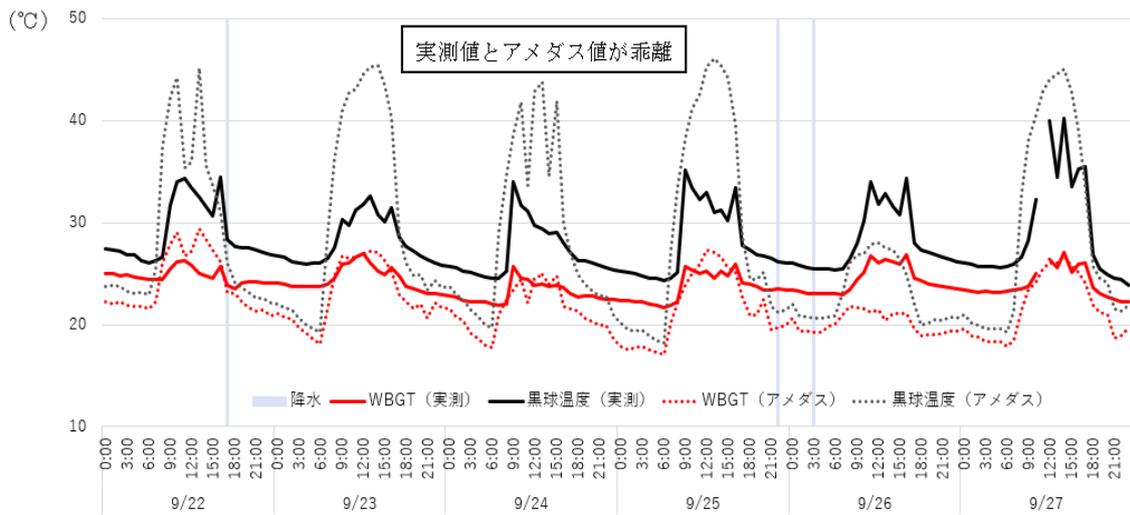


図 2-4 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)



(続き) 図 2-4 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)

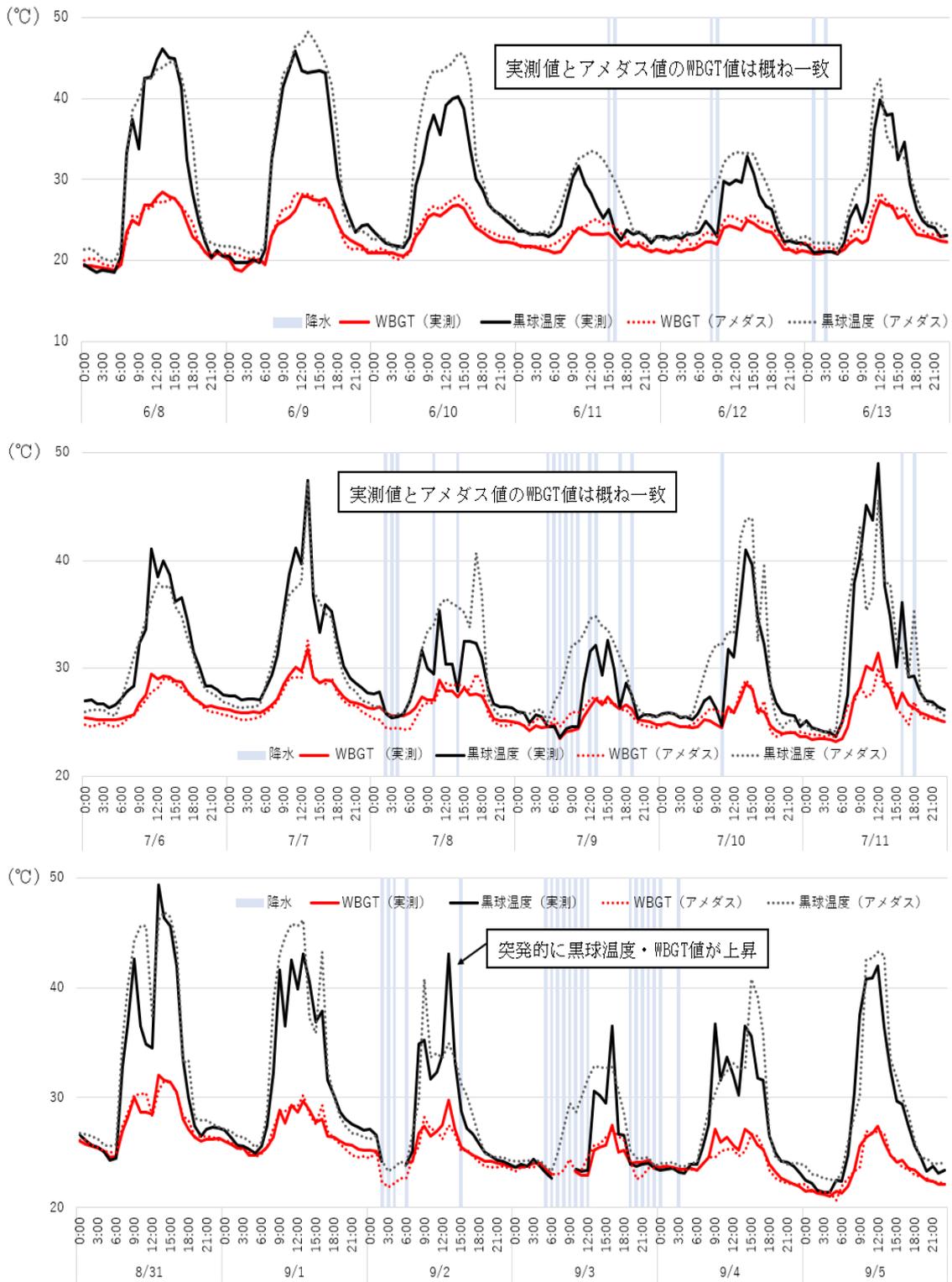
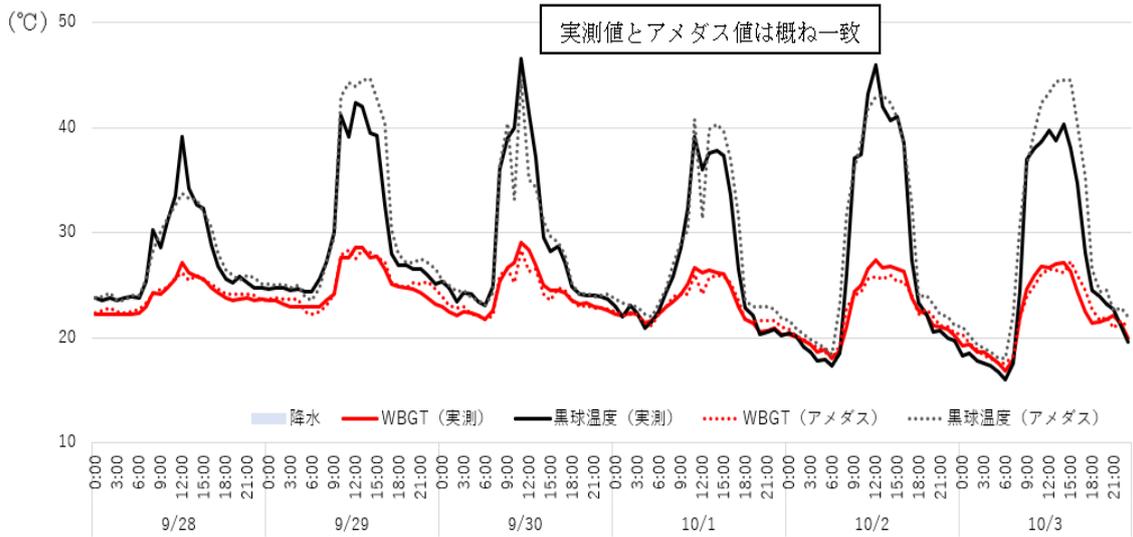


図 2-5 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡①)



(続き) 図 2-5 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡①)

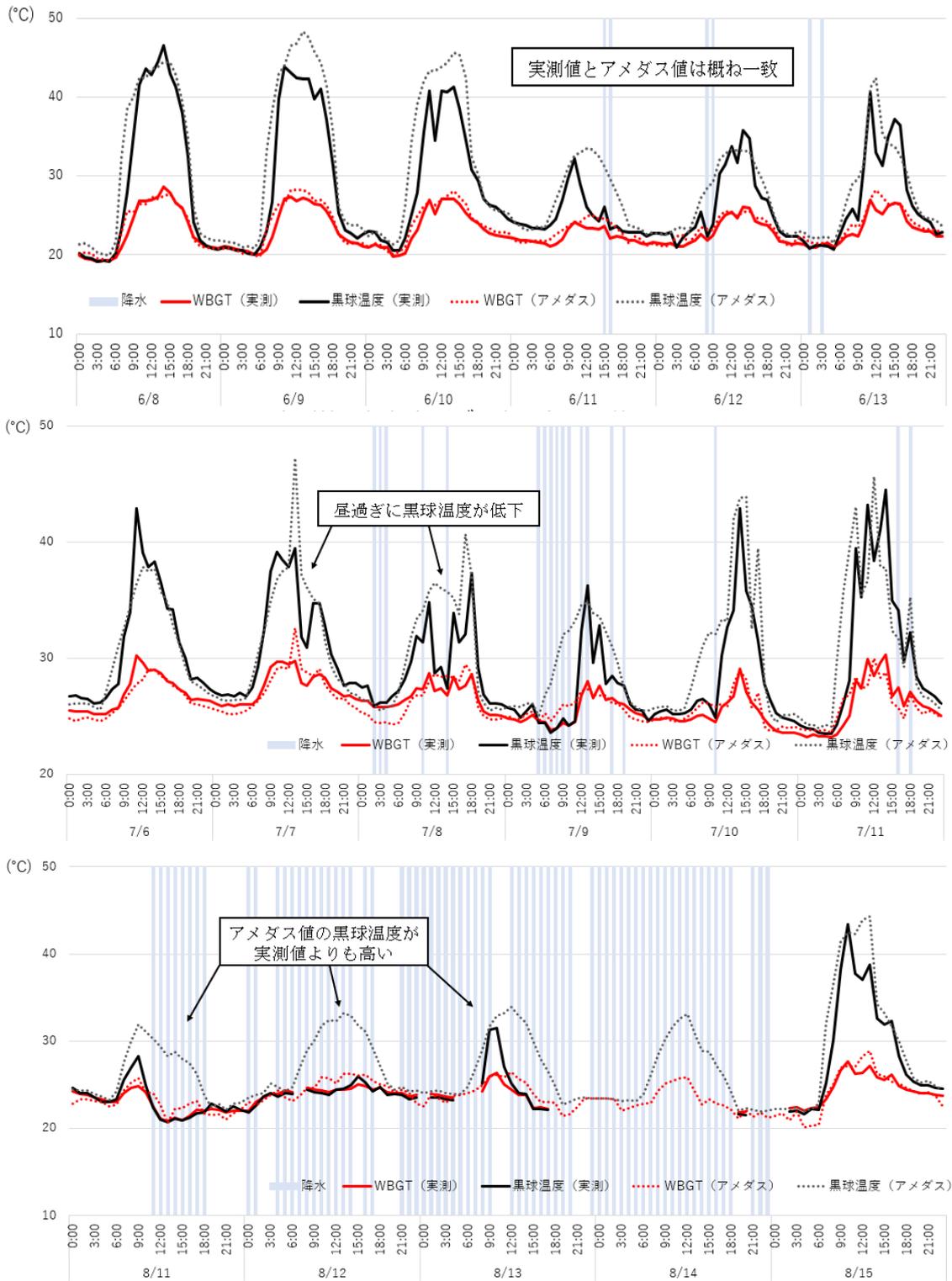
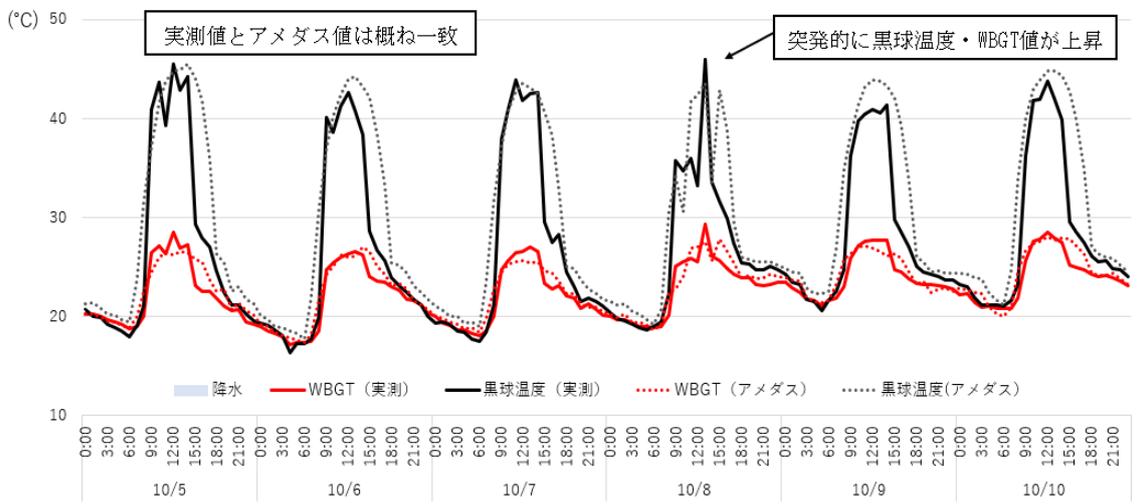
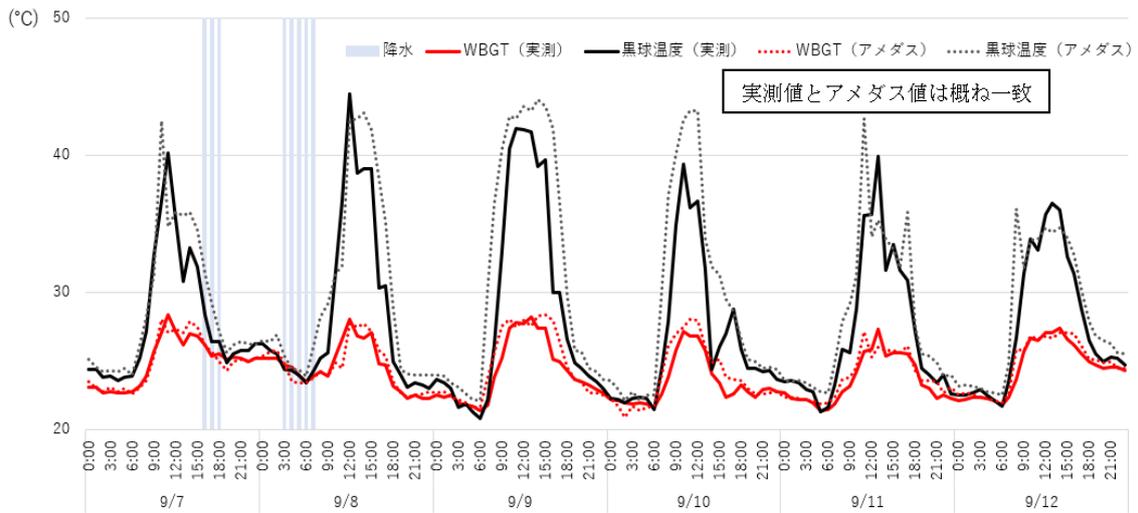


図 2-6 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡②)



(続き) 図 2-6 屋外日向条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡②)

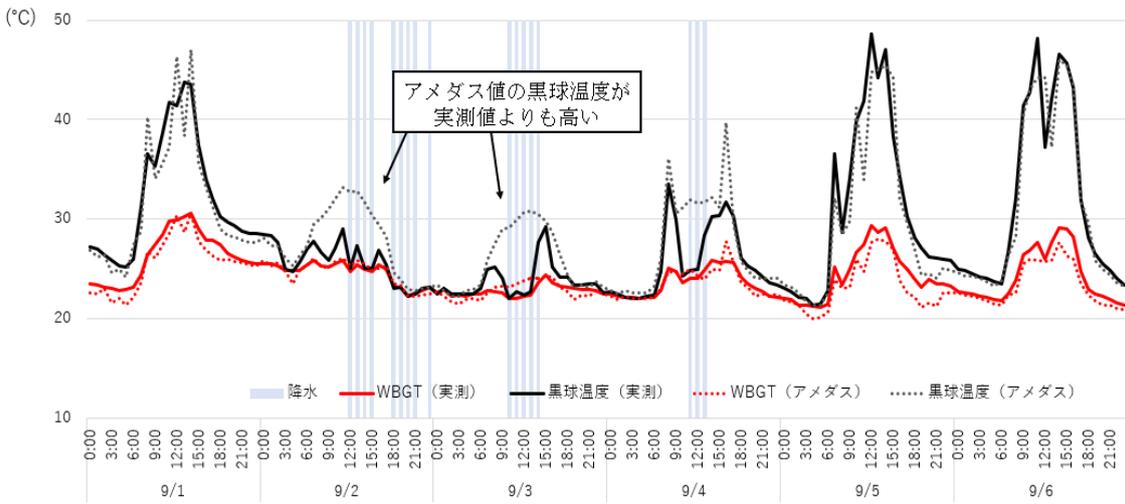
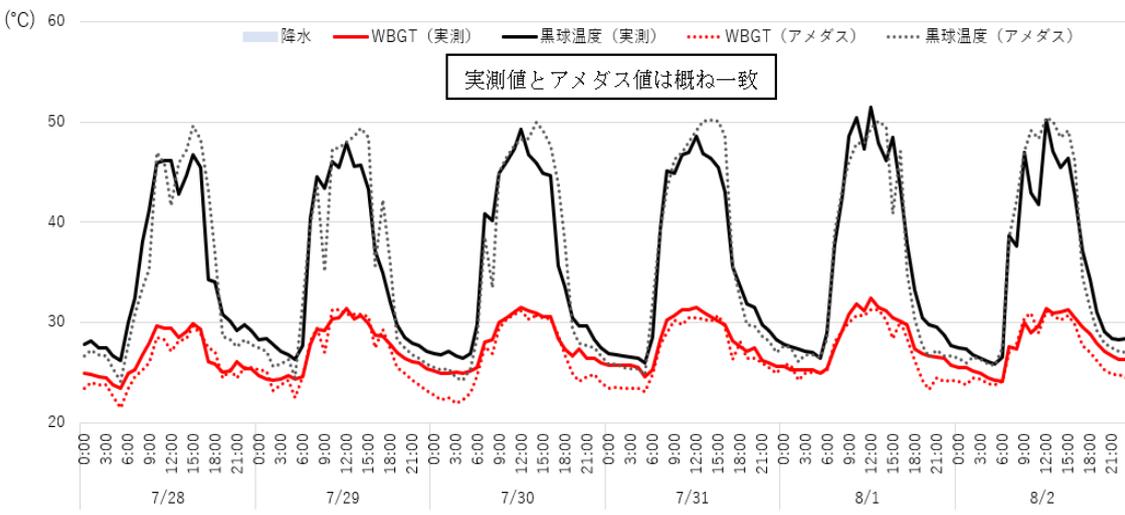
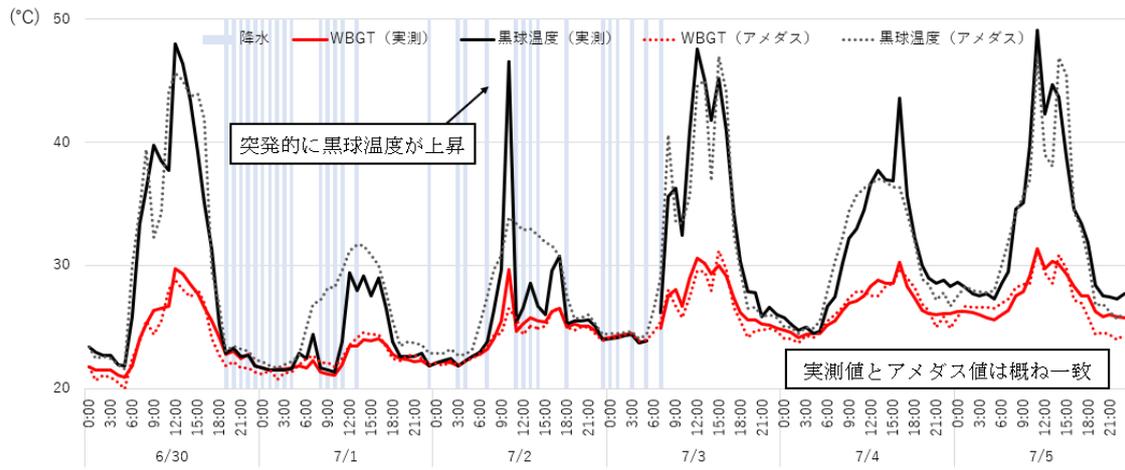
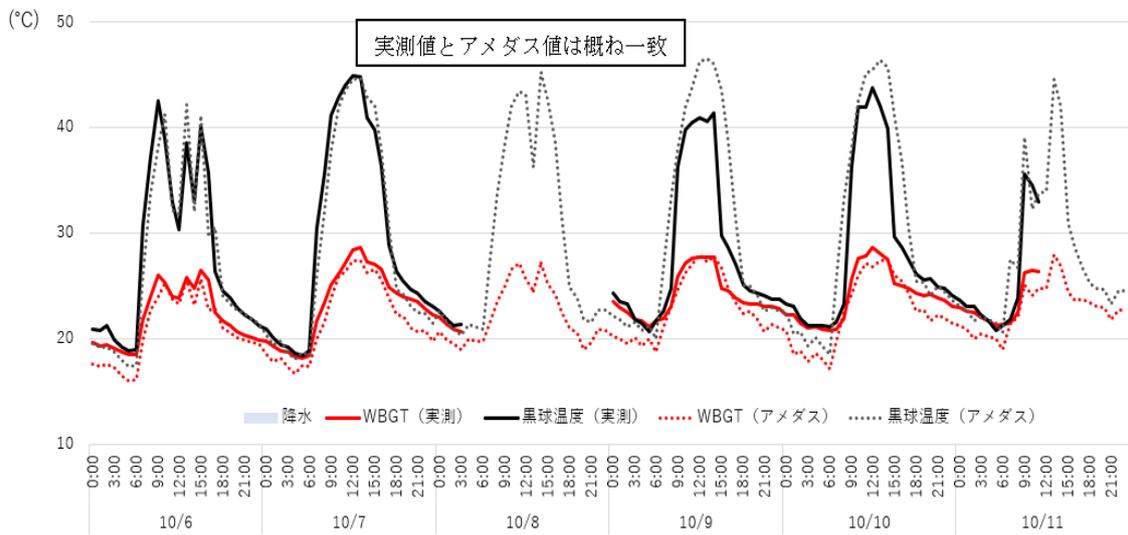
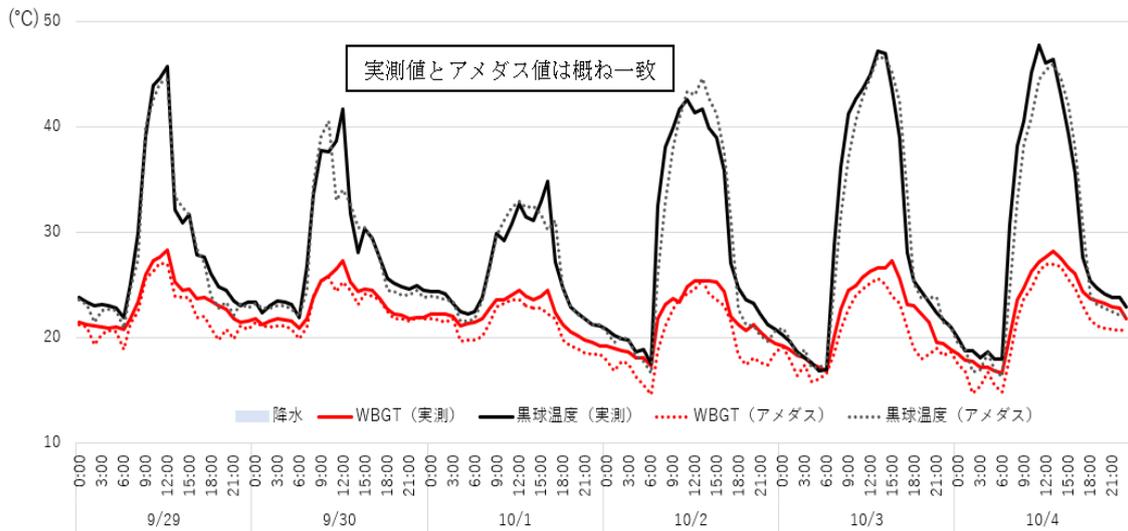


図 3-1 屋外日向コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)



(続き) 図 3-1 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)

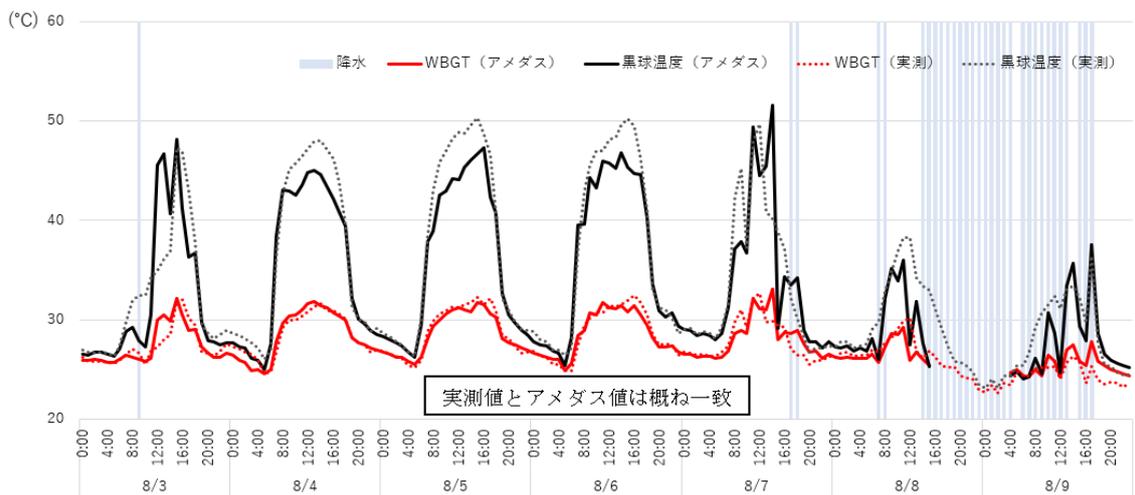
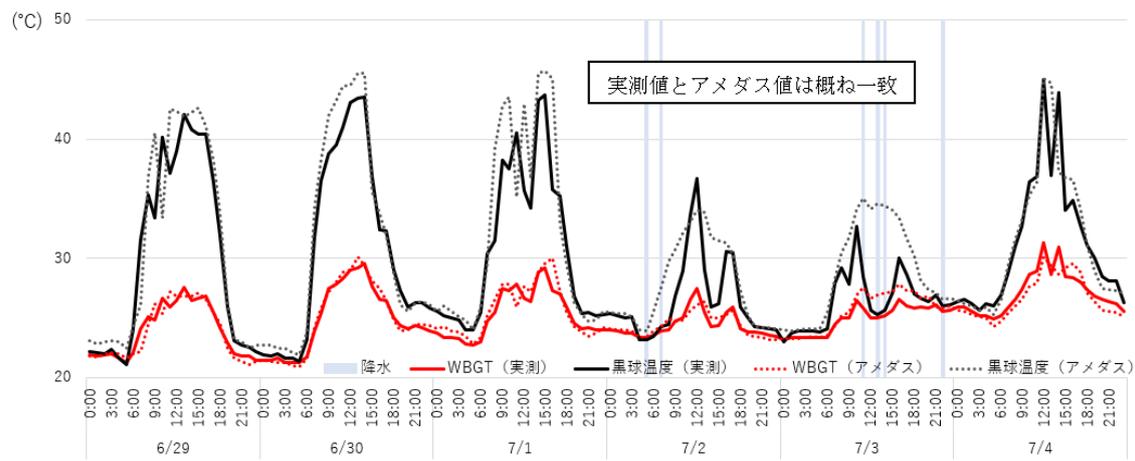
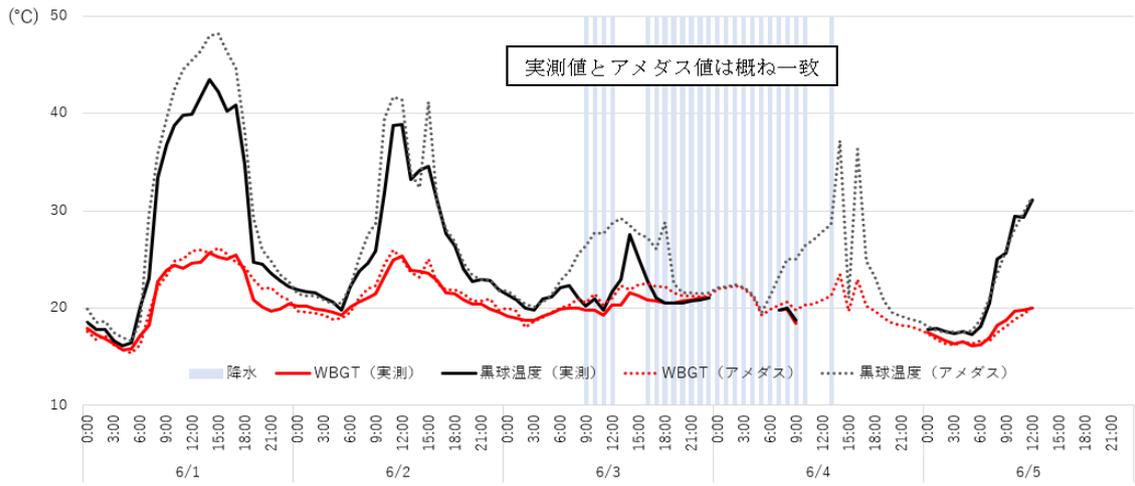
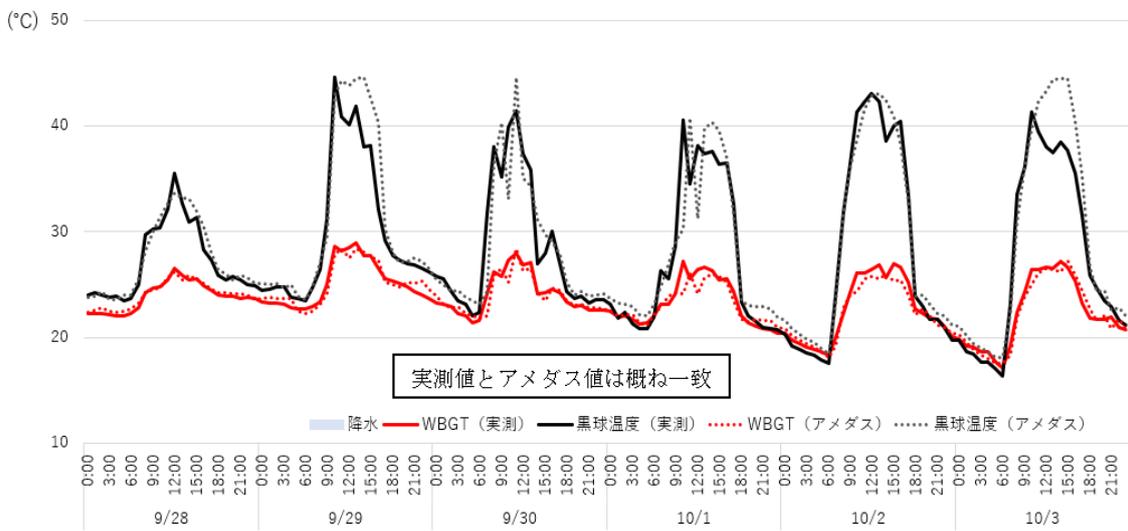
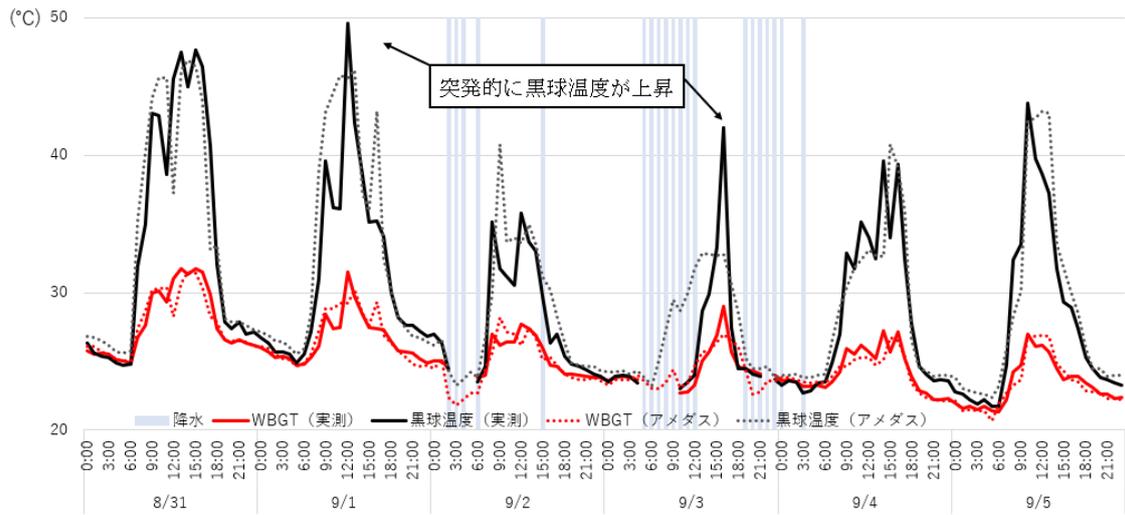


図 3-2 屋外日向コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡②)



(続き) 図 3-2 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 (福岡②)

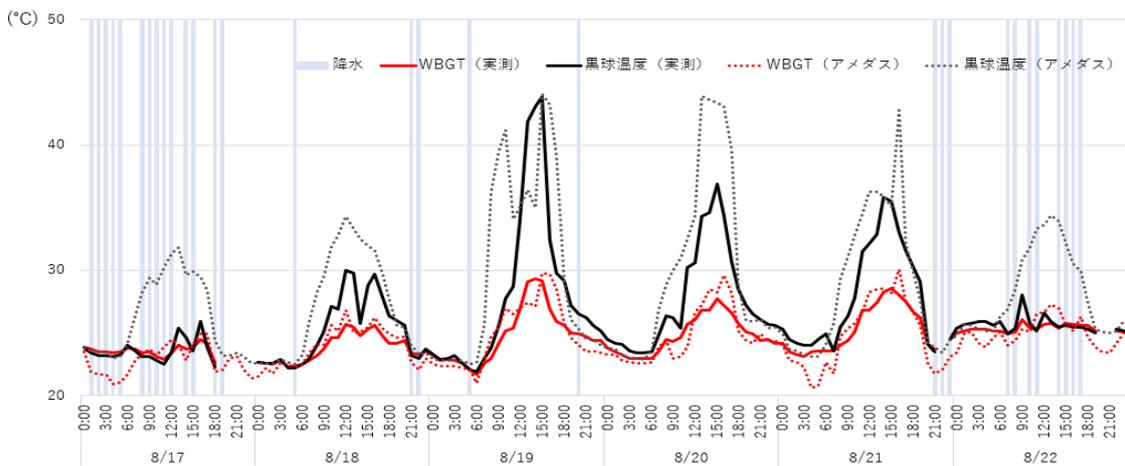
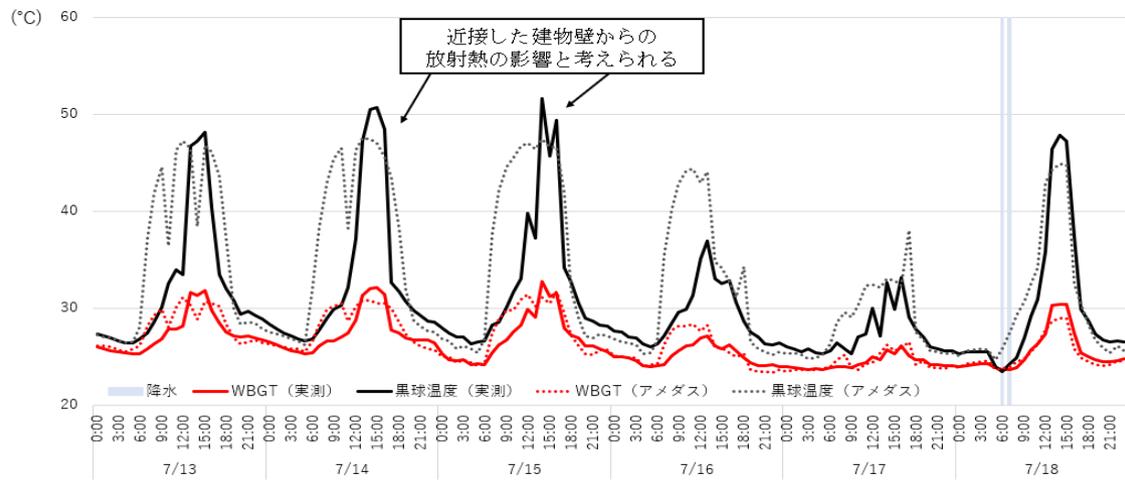
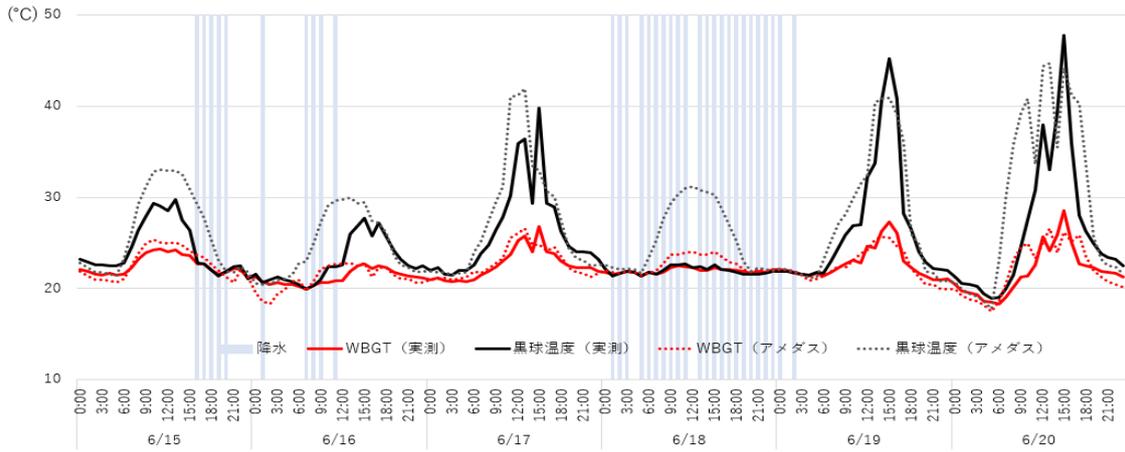
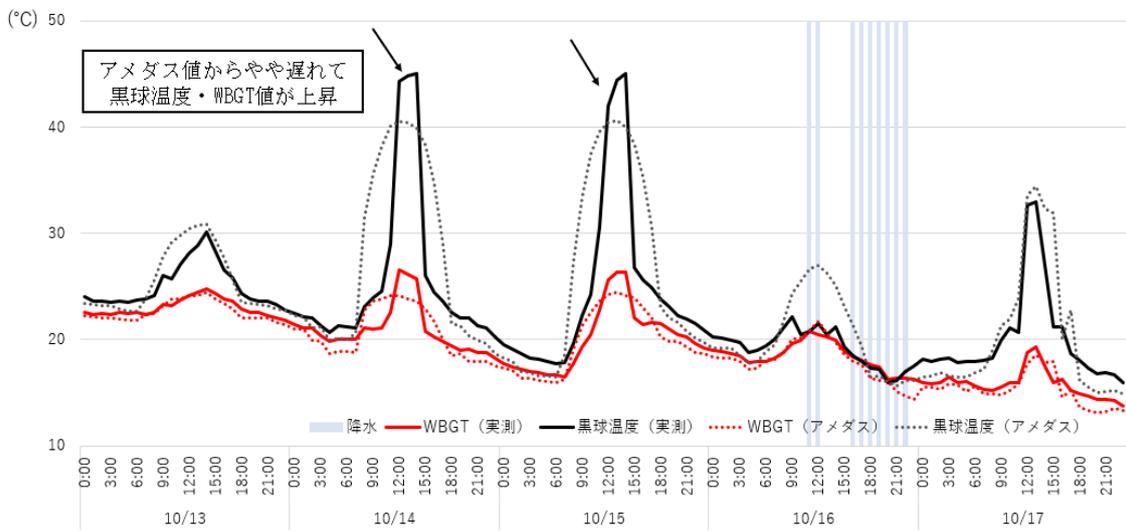
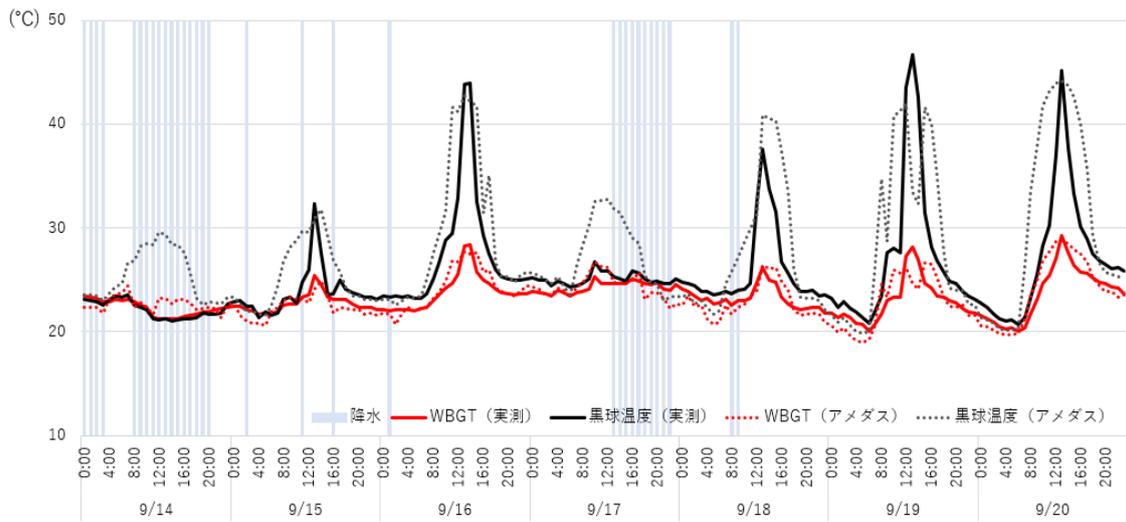


図4 屋外建物脇コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡②)



(続き) 図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)

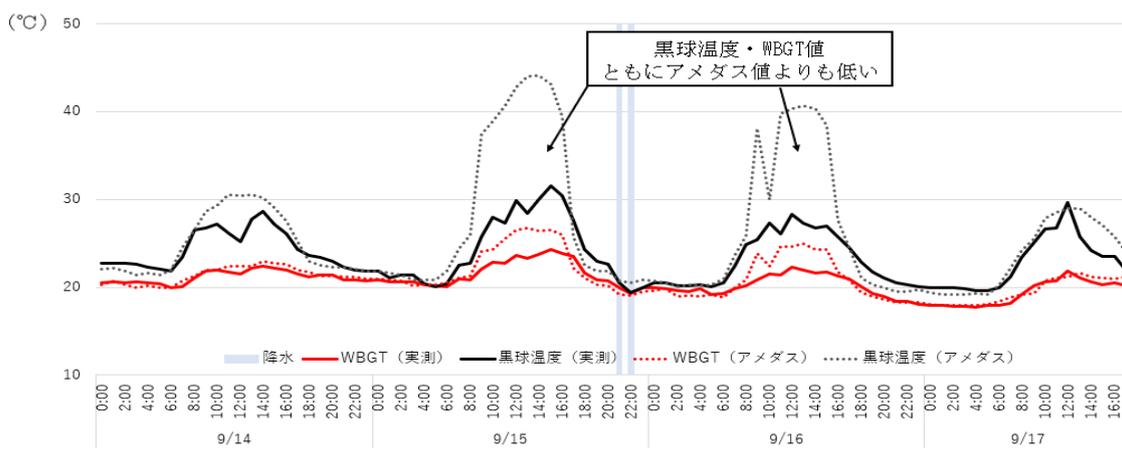
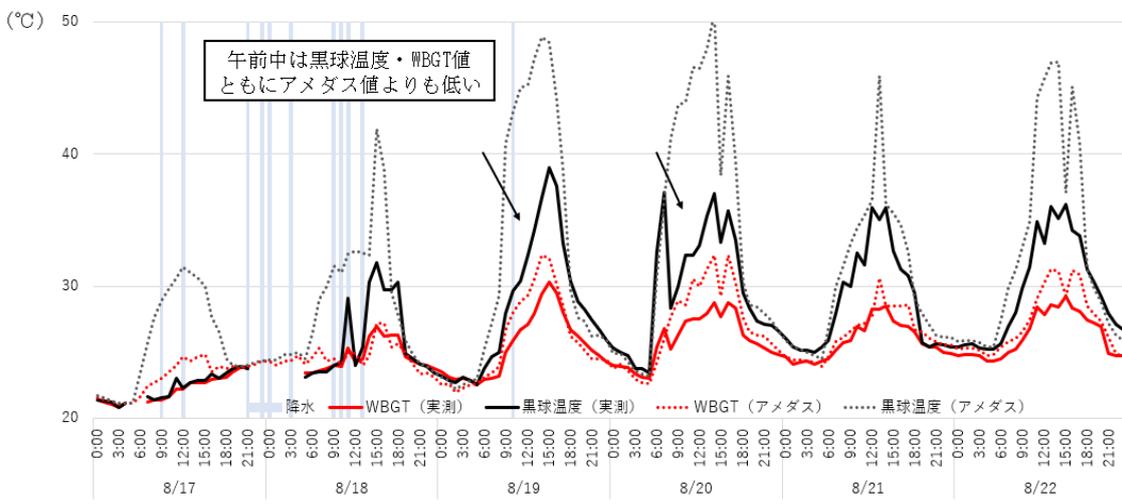
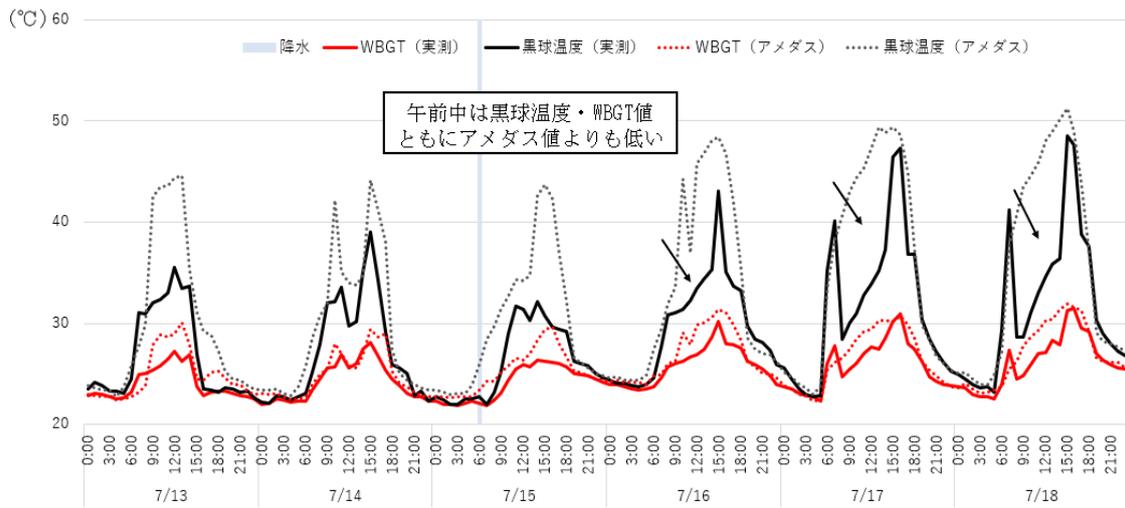


図5 屋外日陰芝生条件の実測値とアメダス値の比較 (群馬)

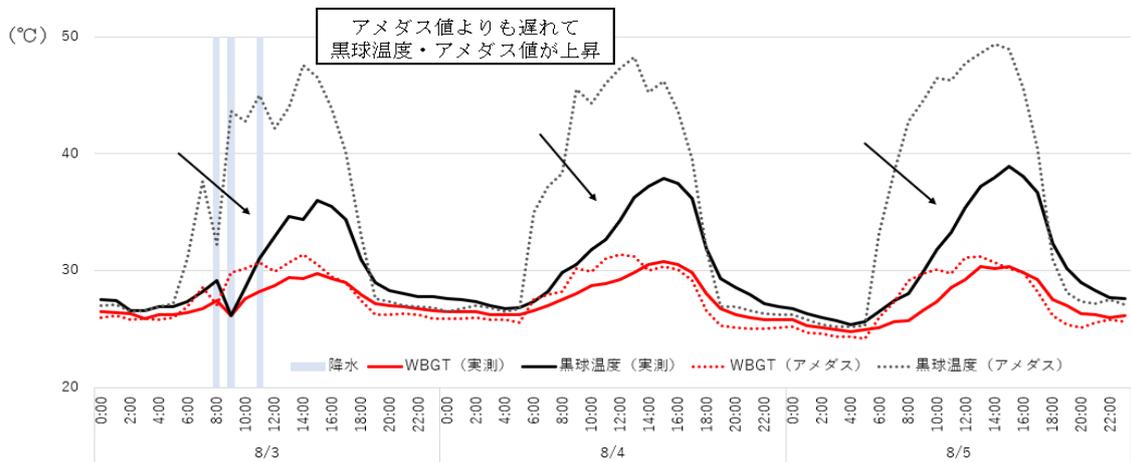
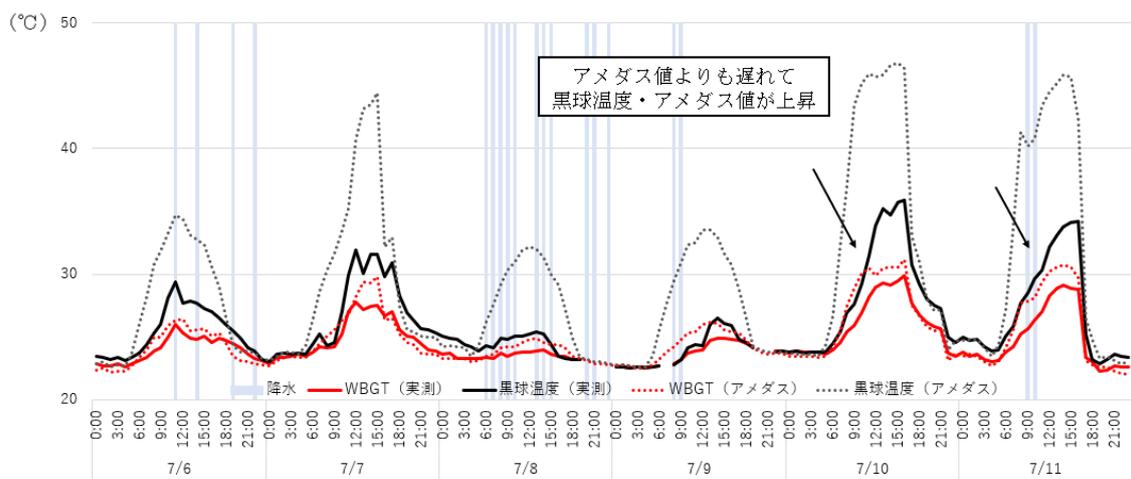
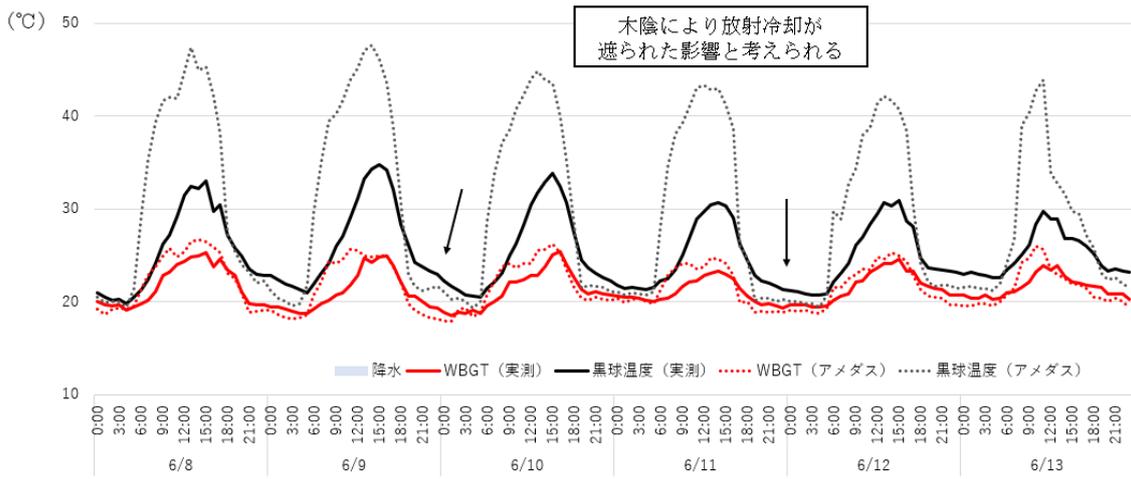
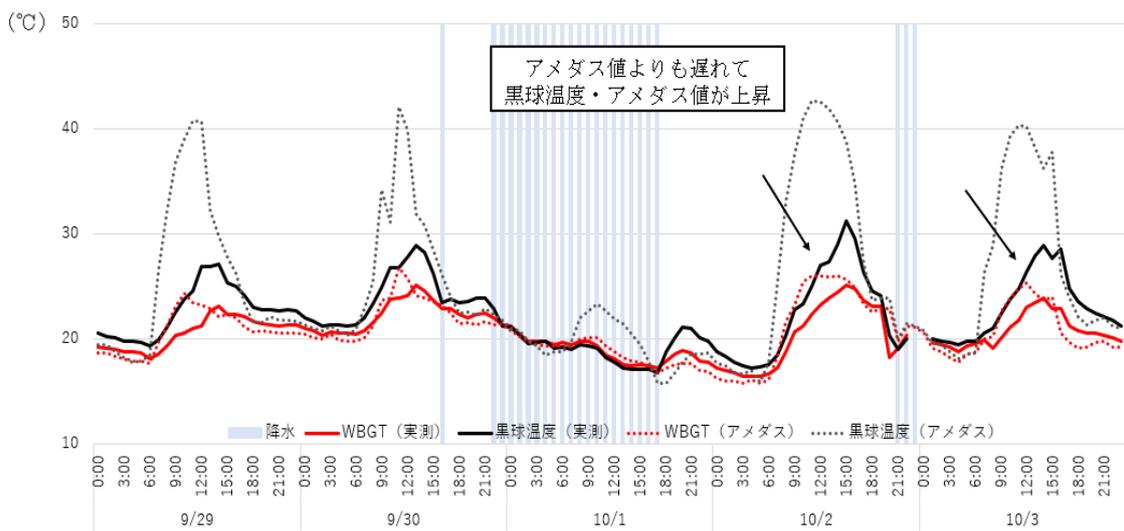
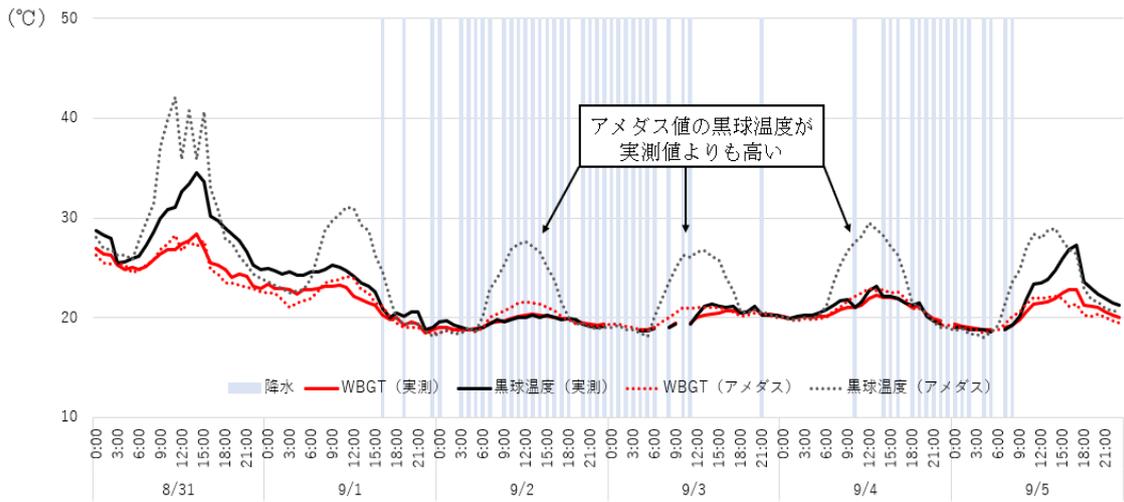


図6 屋外日陰土条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)



(続き) 図6 屋外日陰土条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)

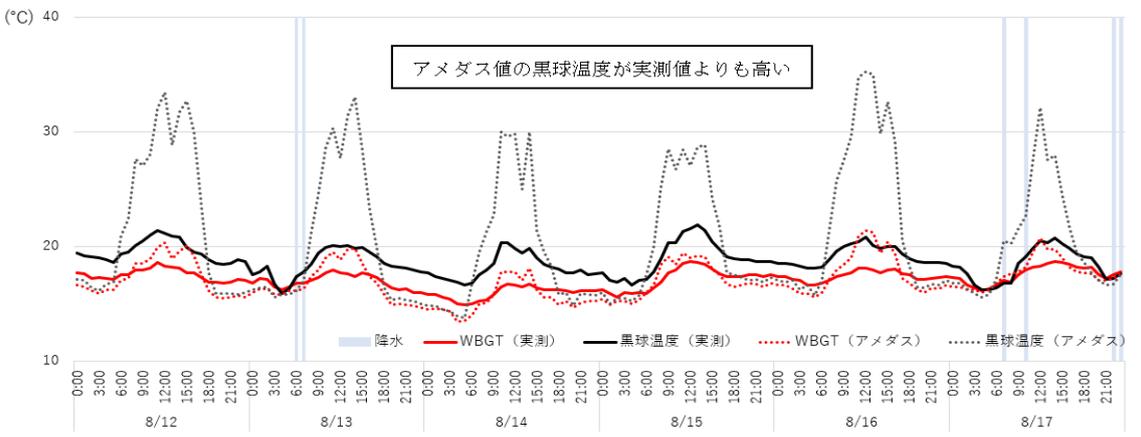
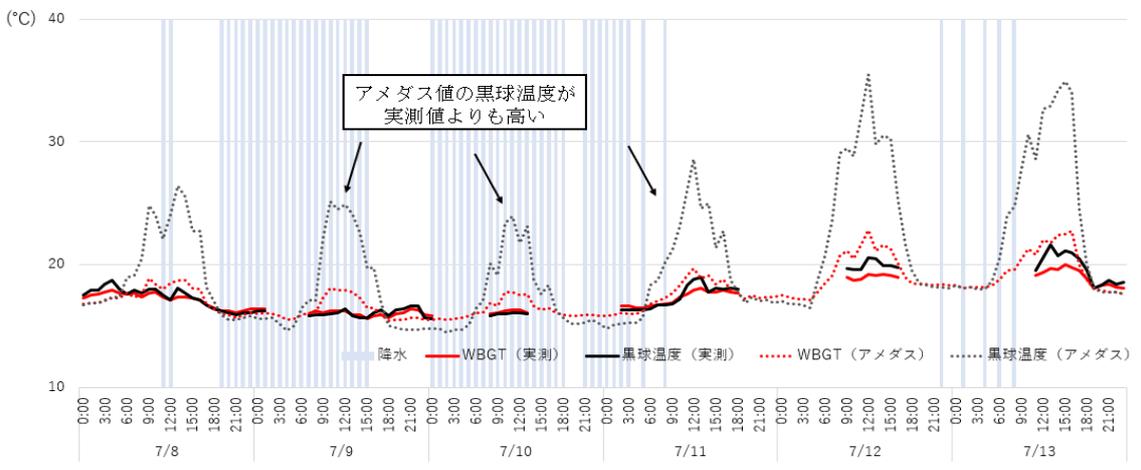
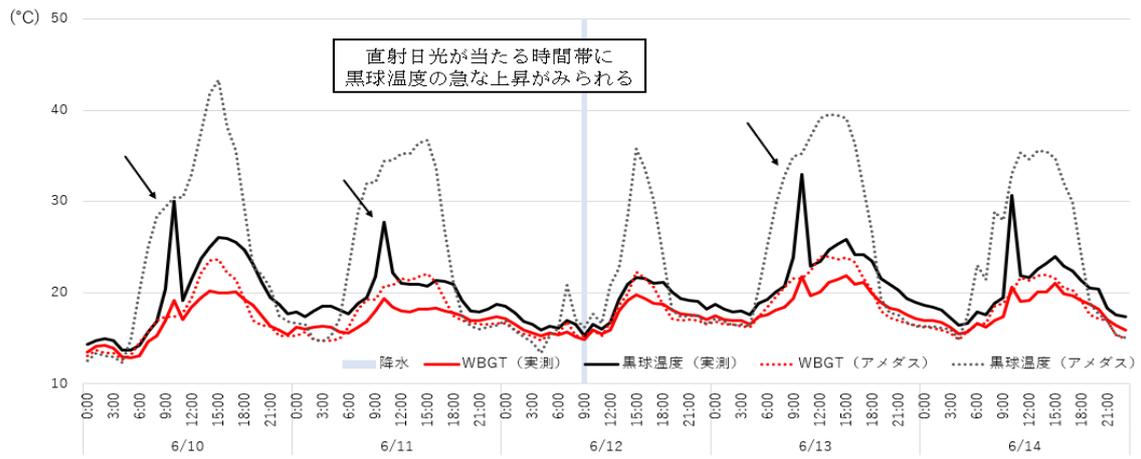
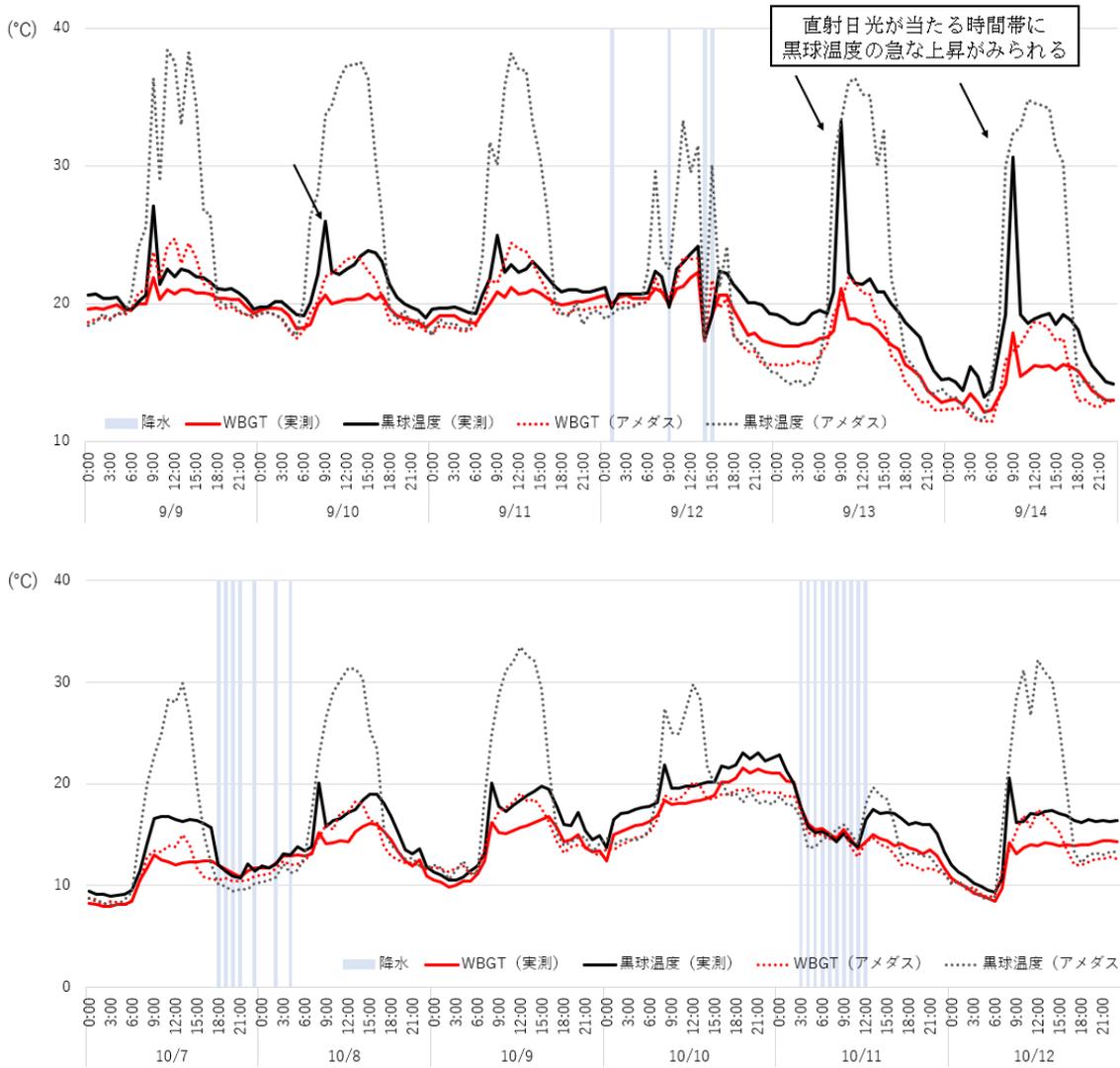


図 7-1 屋外日陰コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)



(続き) 図 7-1 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)

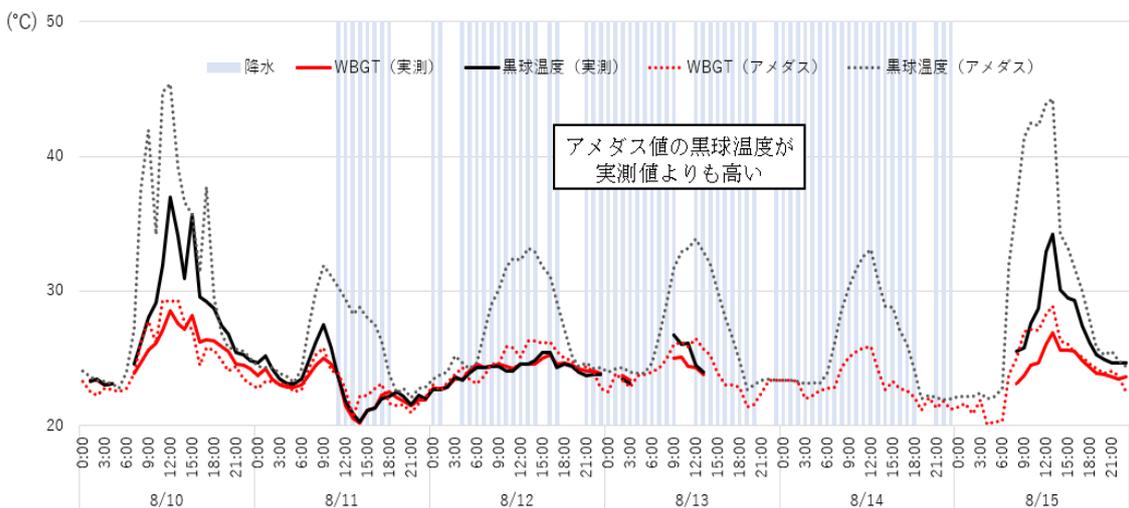
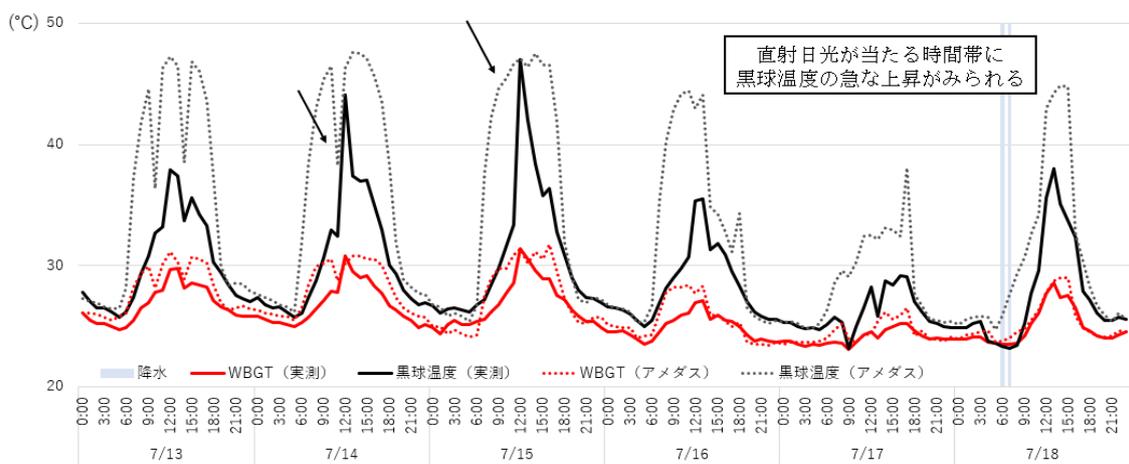
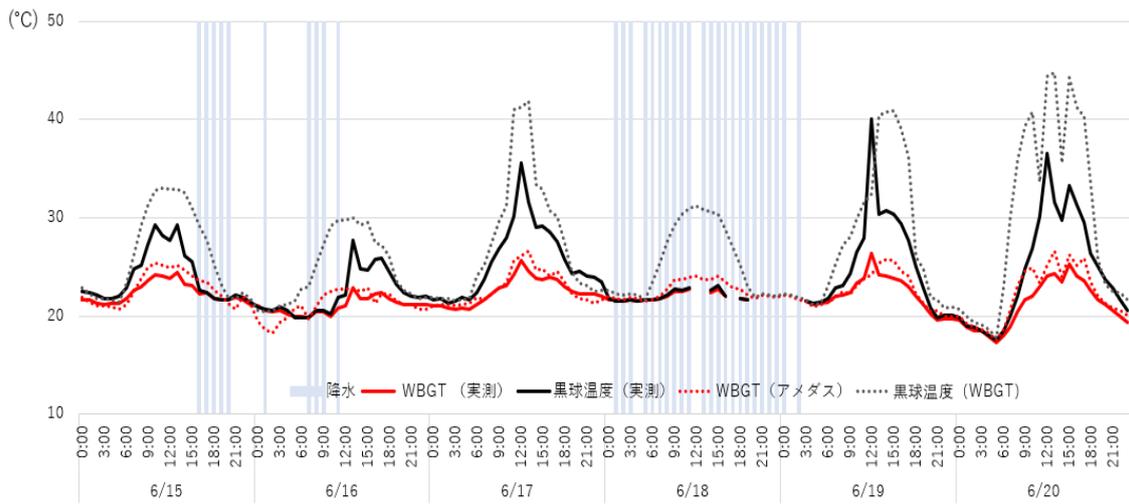
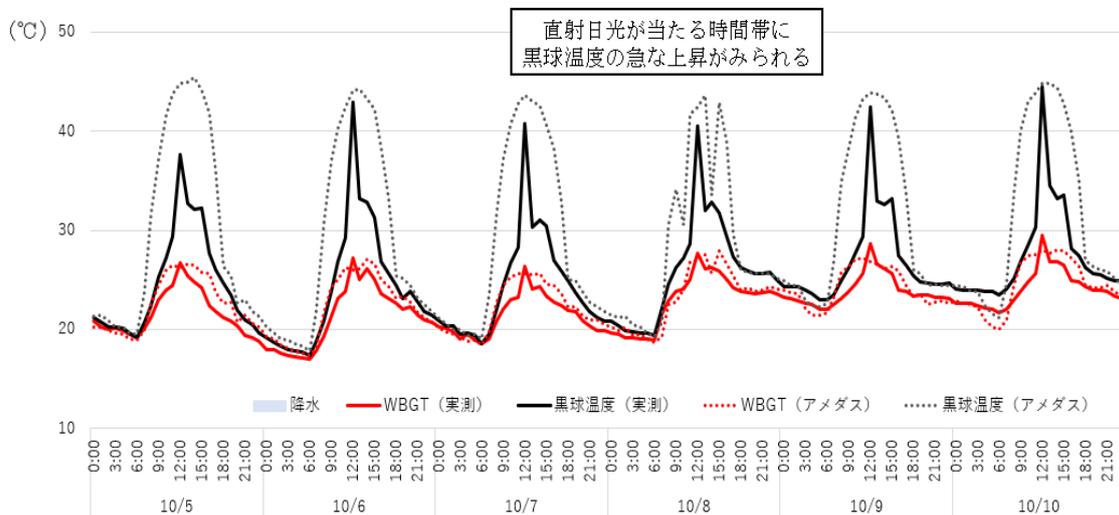
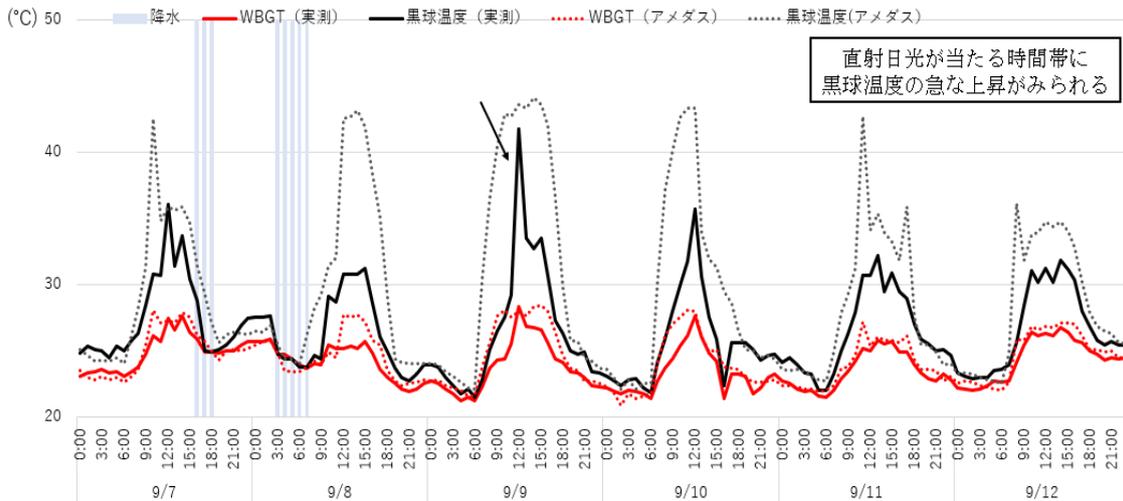


図 7-2 屋外日陰コンクリート条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡①)



(続き) 図 7-2 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 (福岡①)

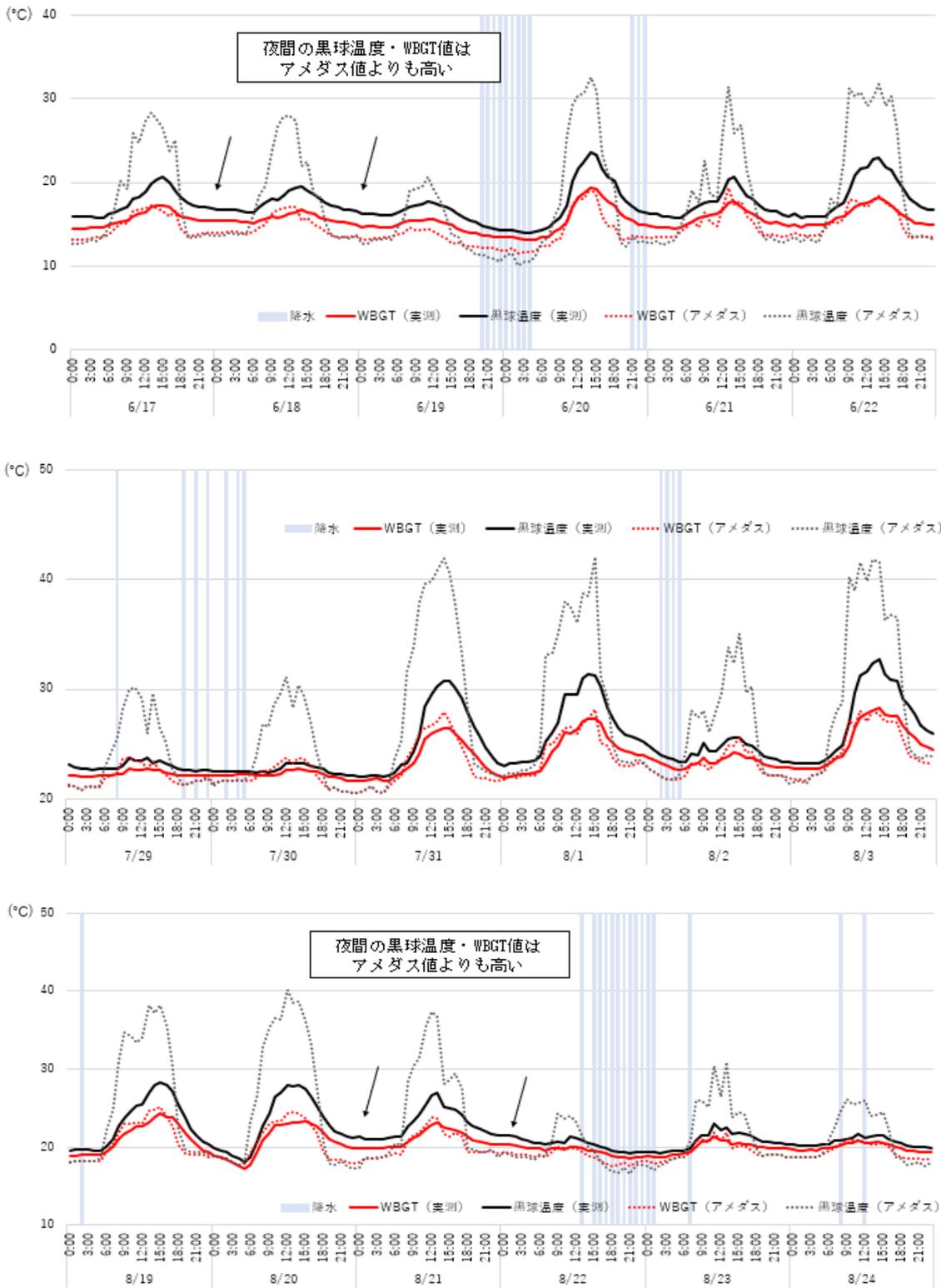
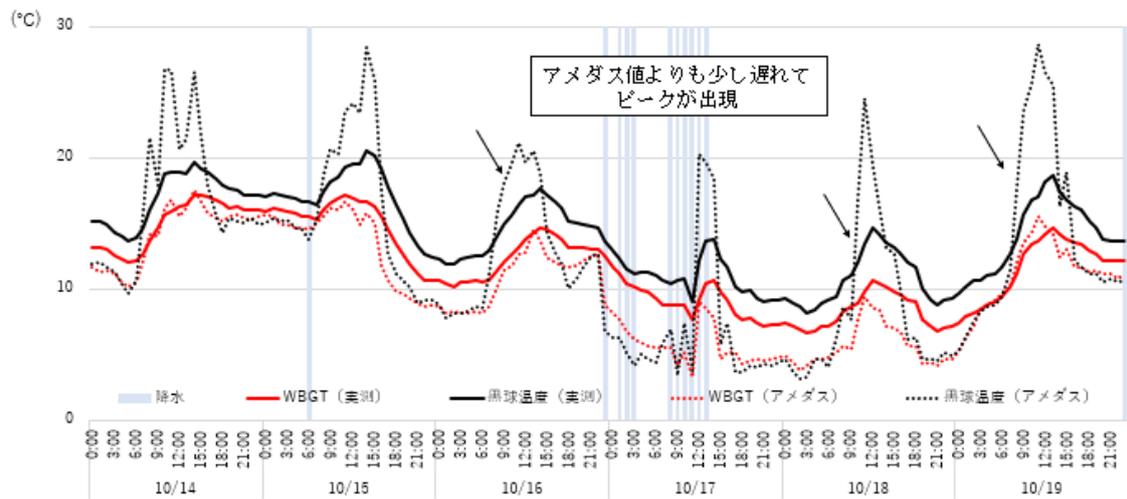
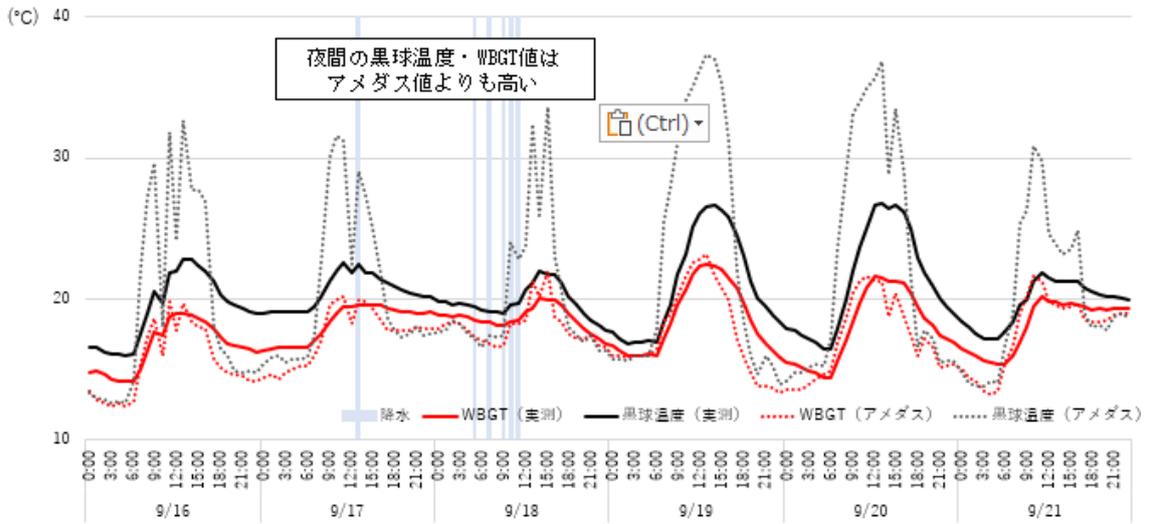


図 8-1 屋内熱源なし空調なし条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)



(続き) 図 8-1 屋内熱源なし空調なし条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)

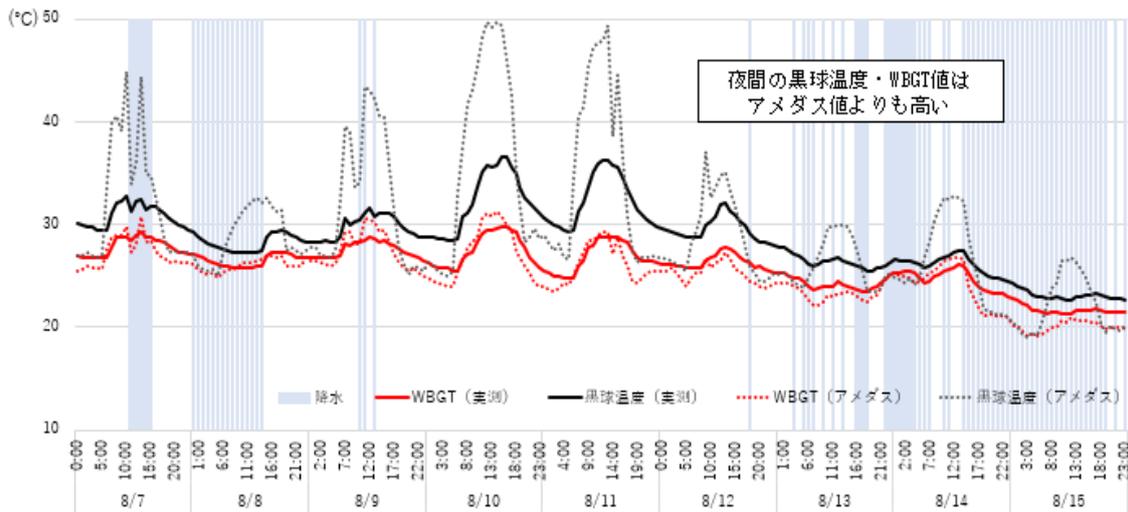
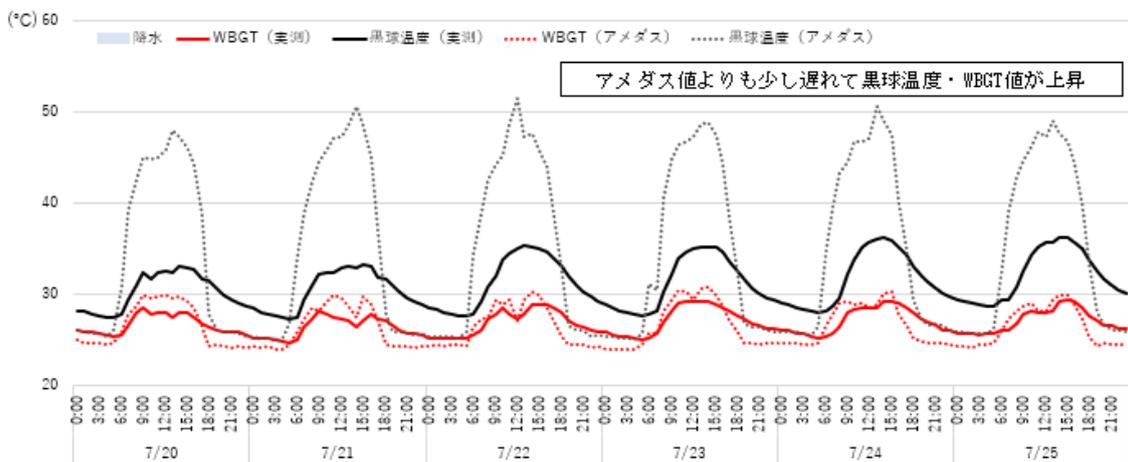
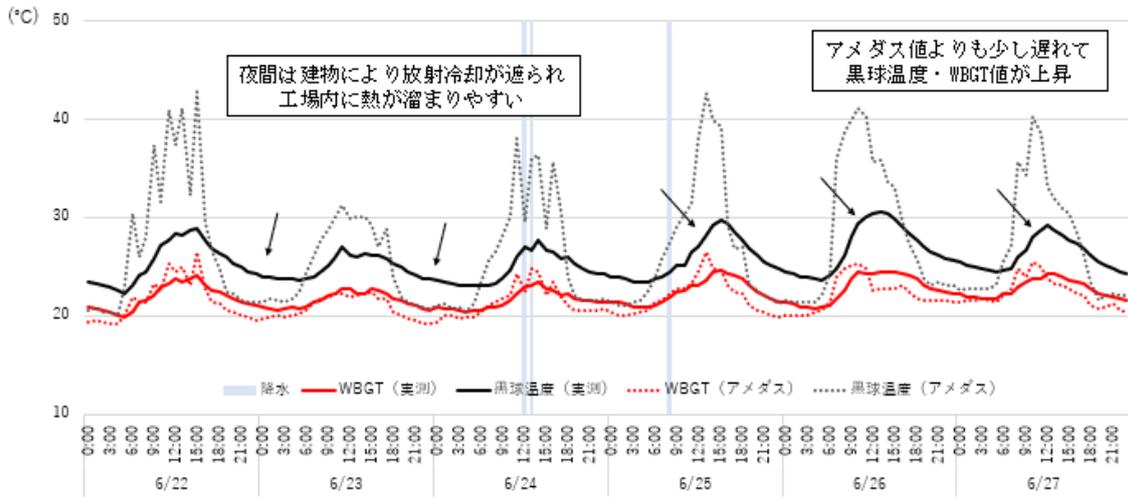
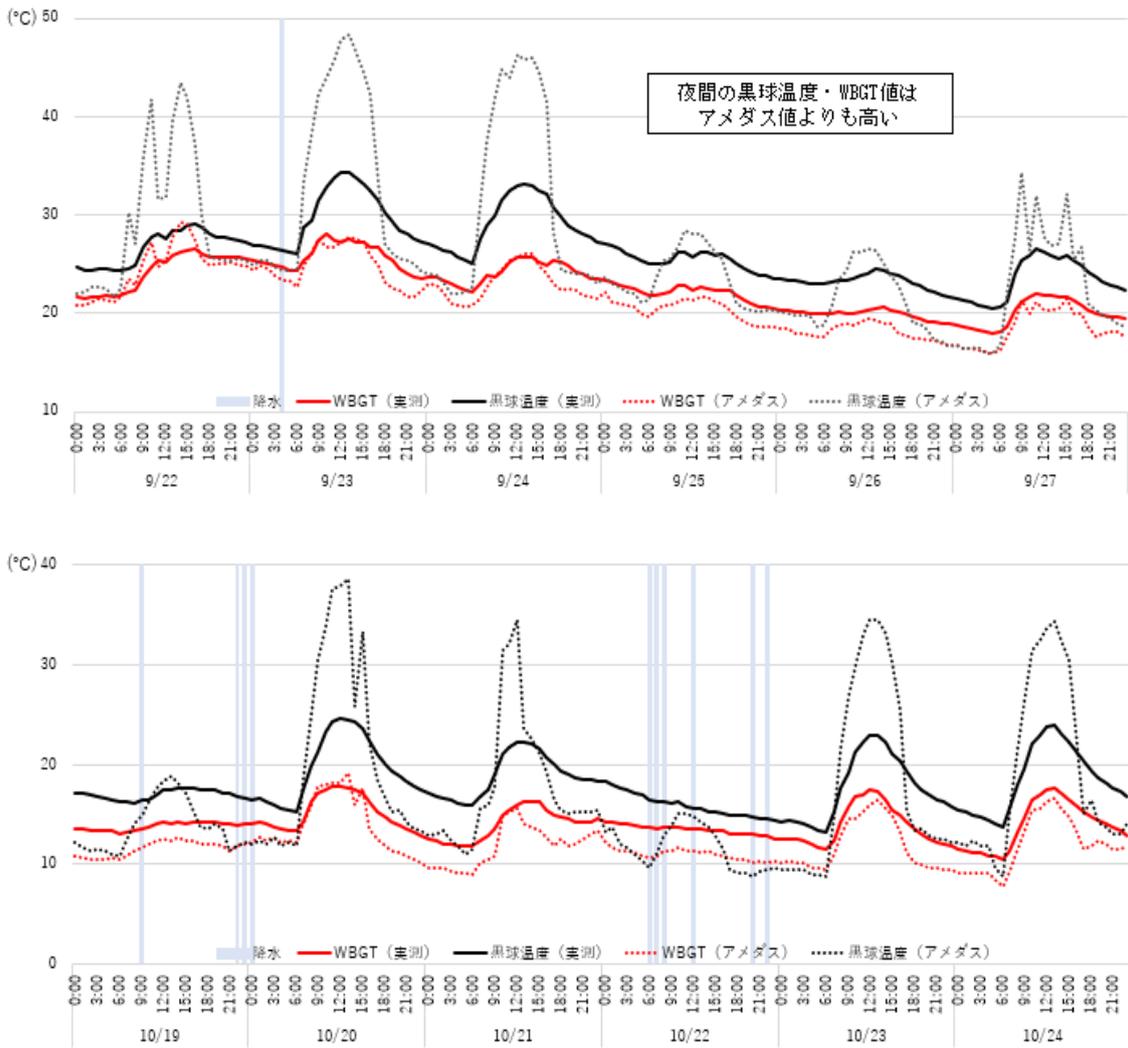


図 8-2 屋内熱源なし空調なし条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)



(続き) 図 8-2 屋内熱源なし空調なし条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)

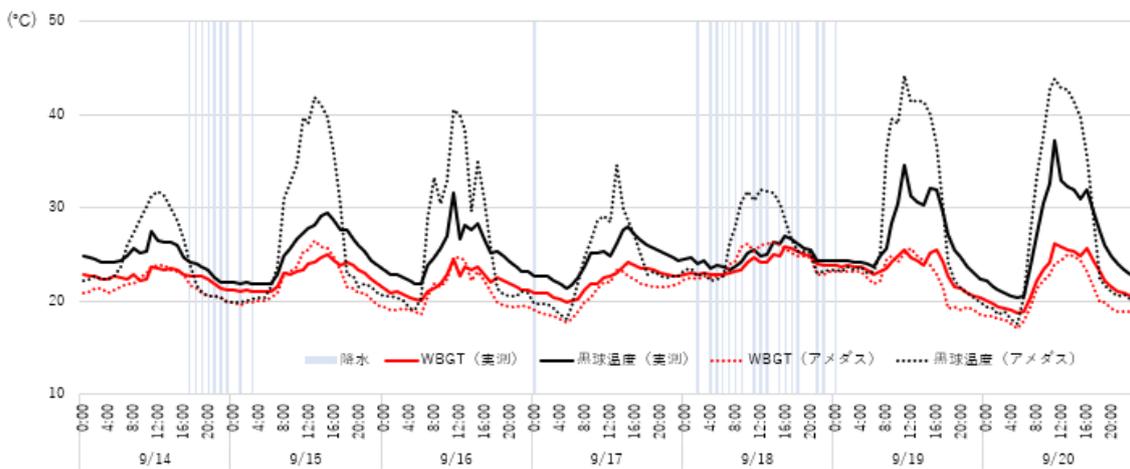
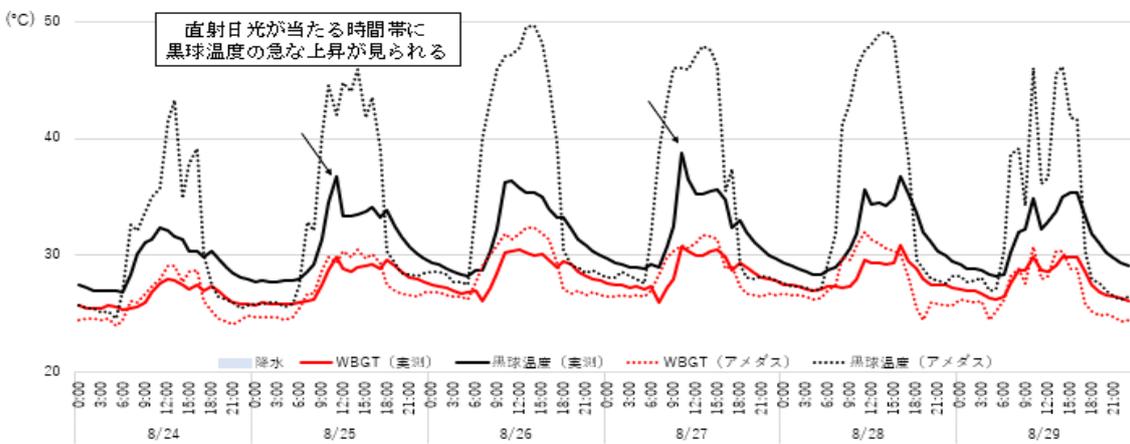
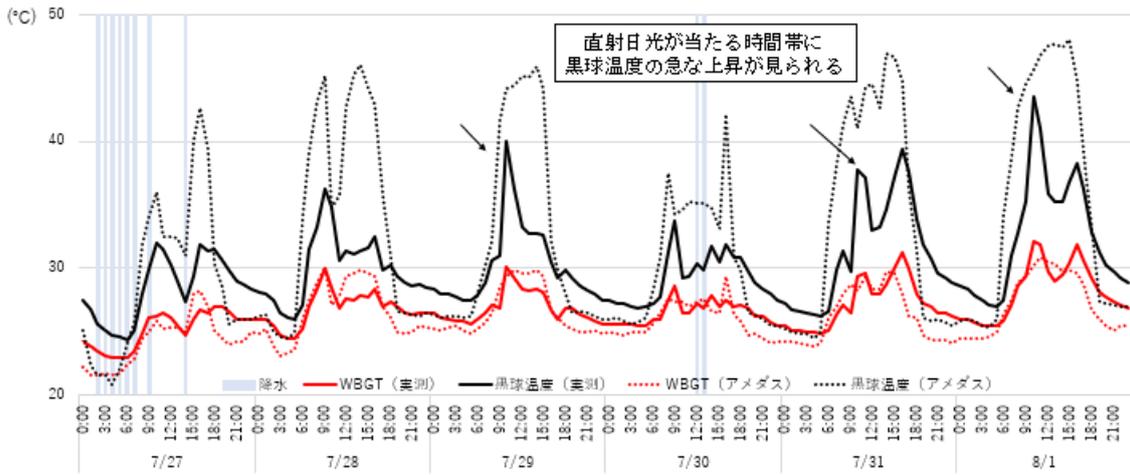
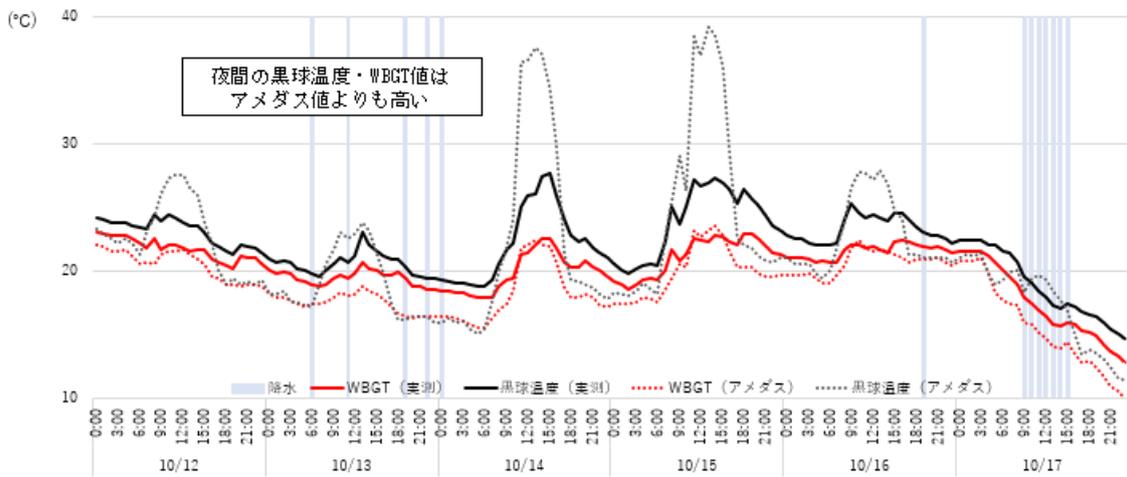


図 9-1 屋内熱源なし空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)



(続き) 図 9-1 屋内熱源なし空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (神奈川)

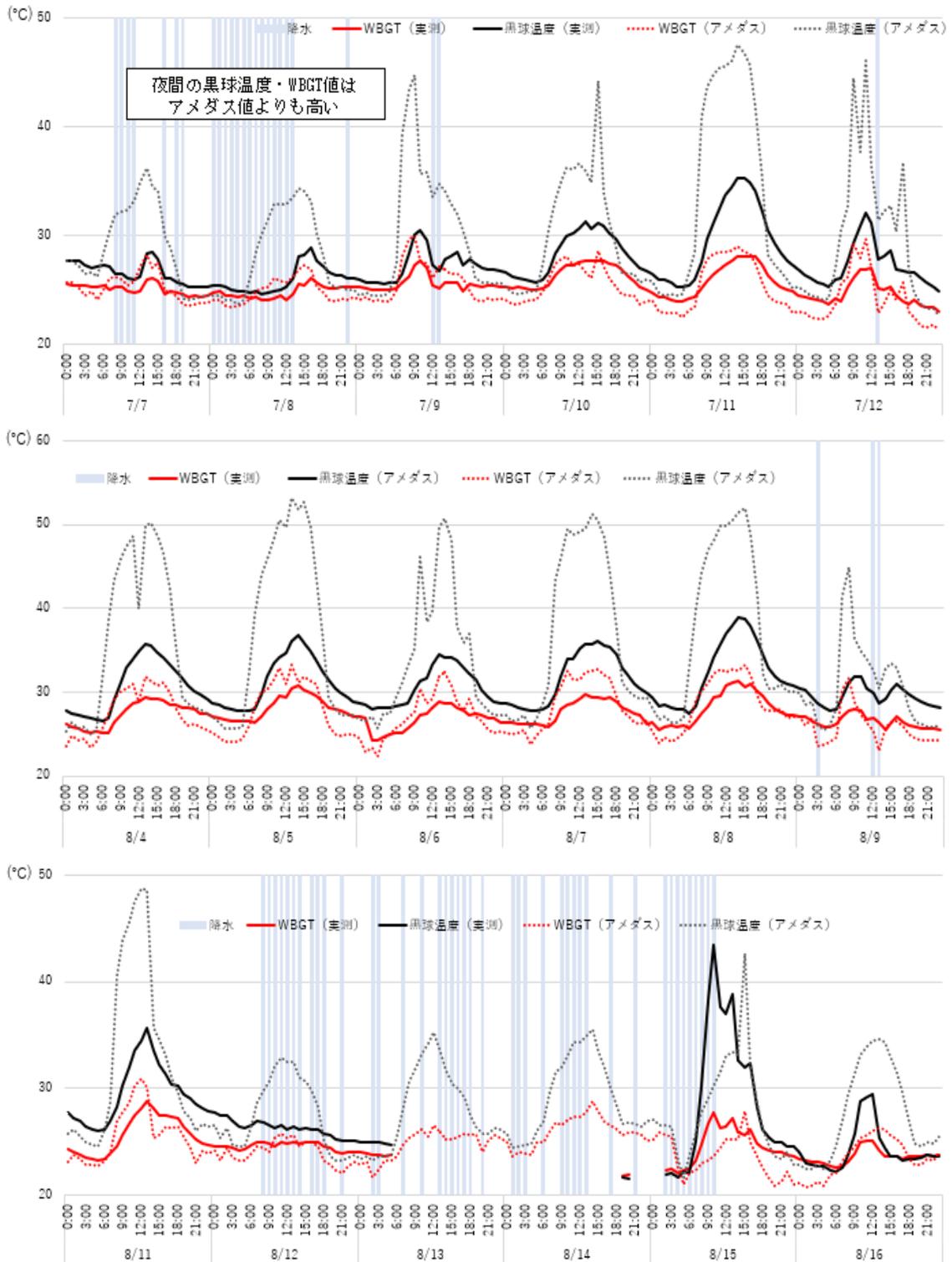
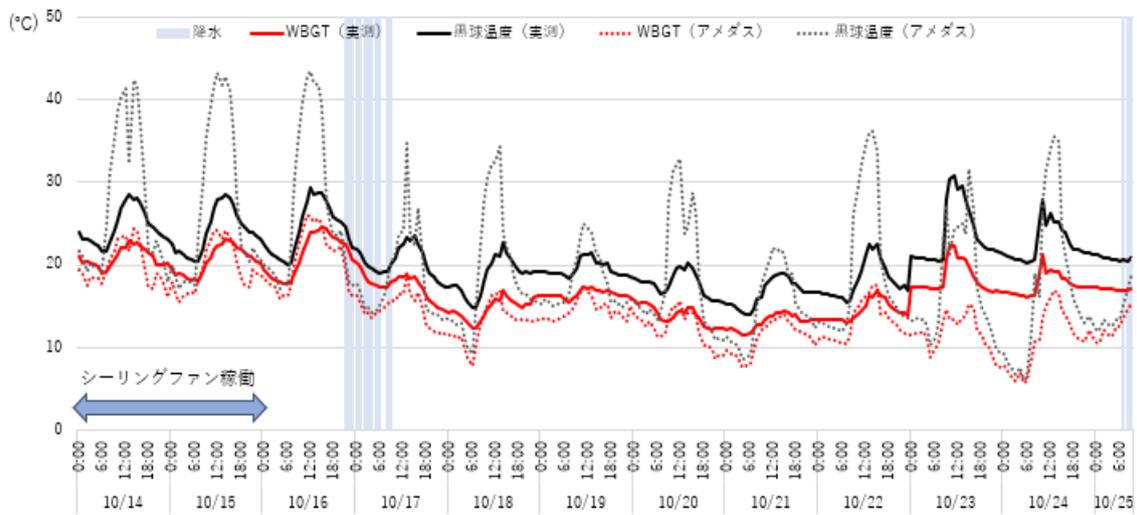
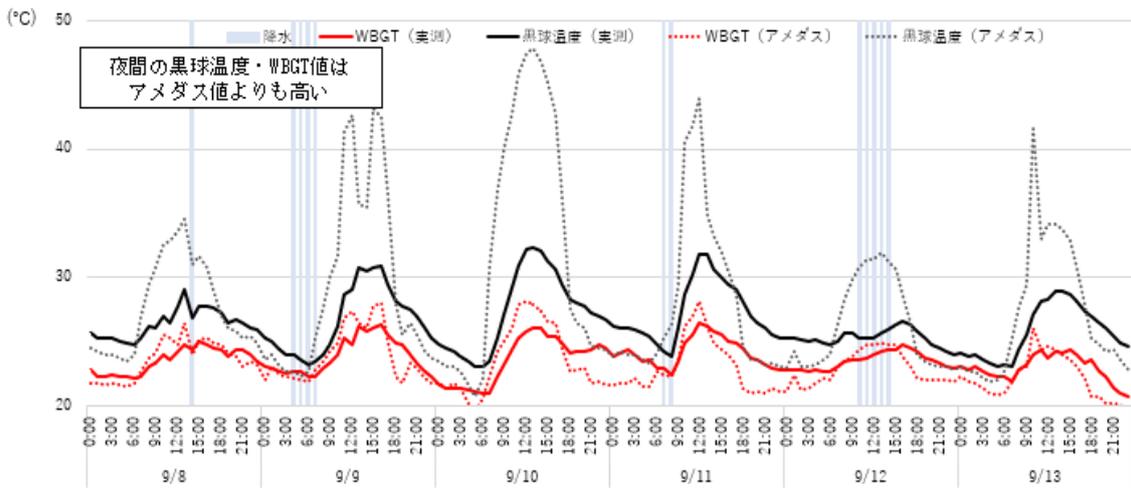


図 9-2 屋内熱源なし空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)



(続き) 図 9-2 屋内熱源なし空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)

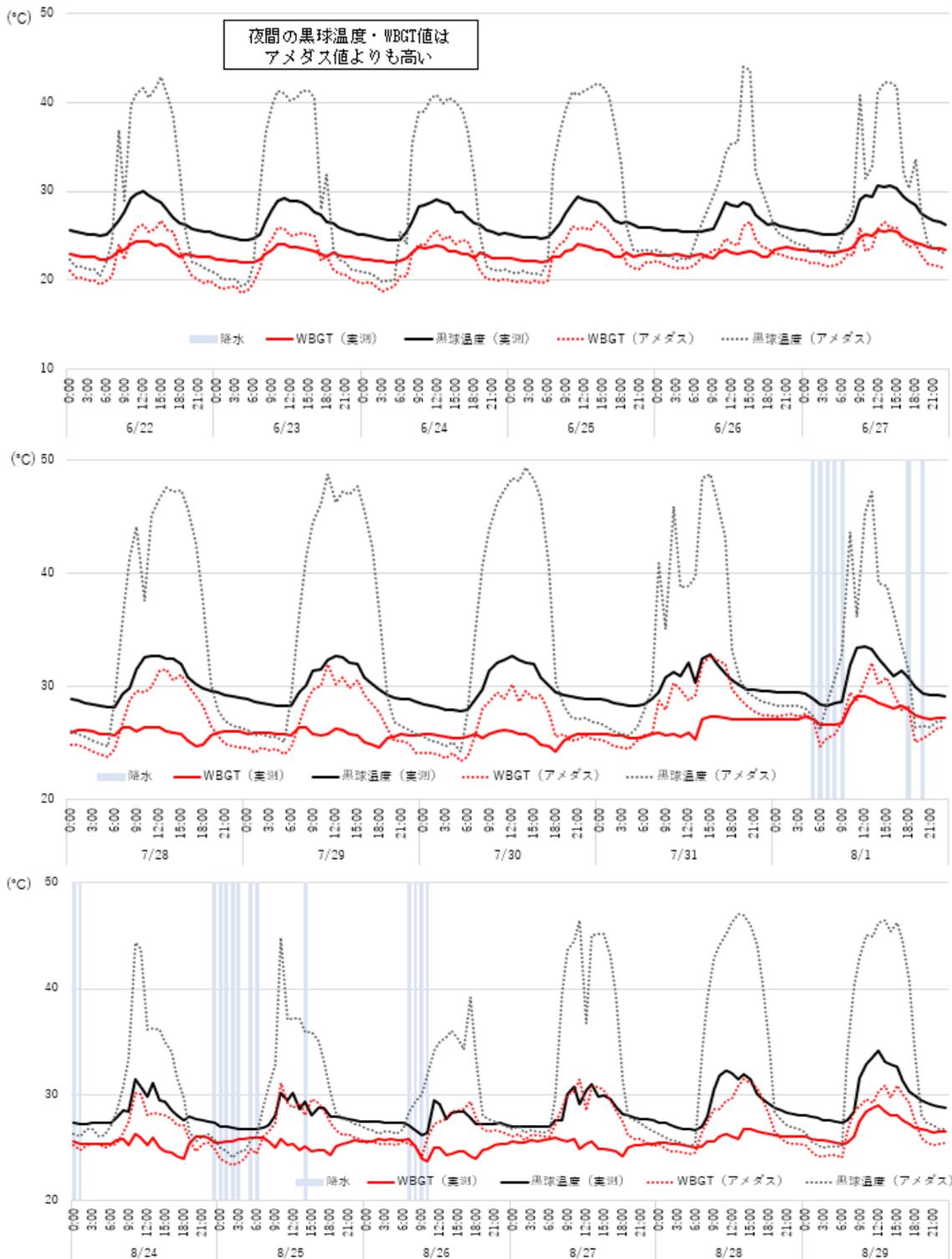
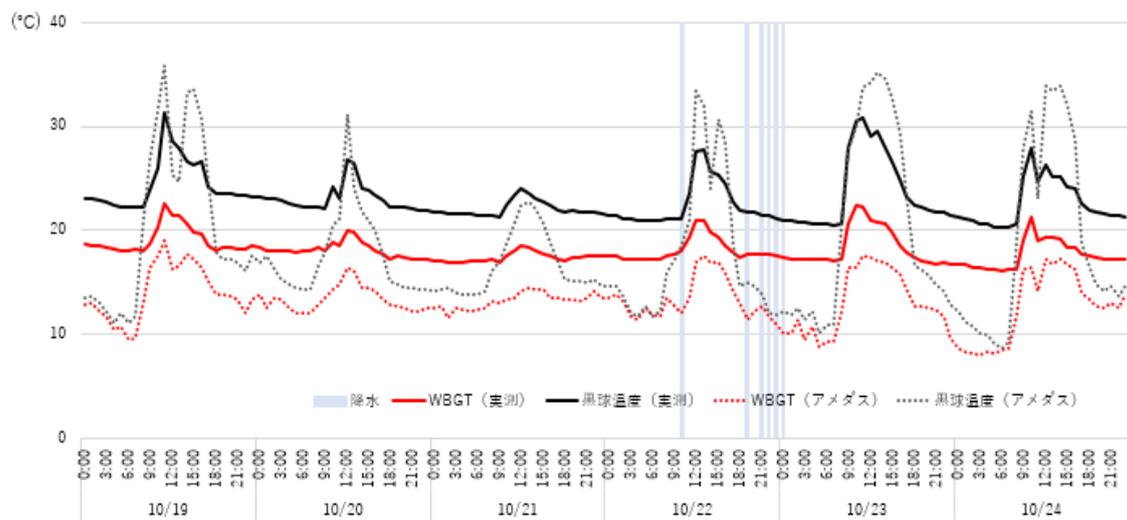
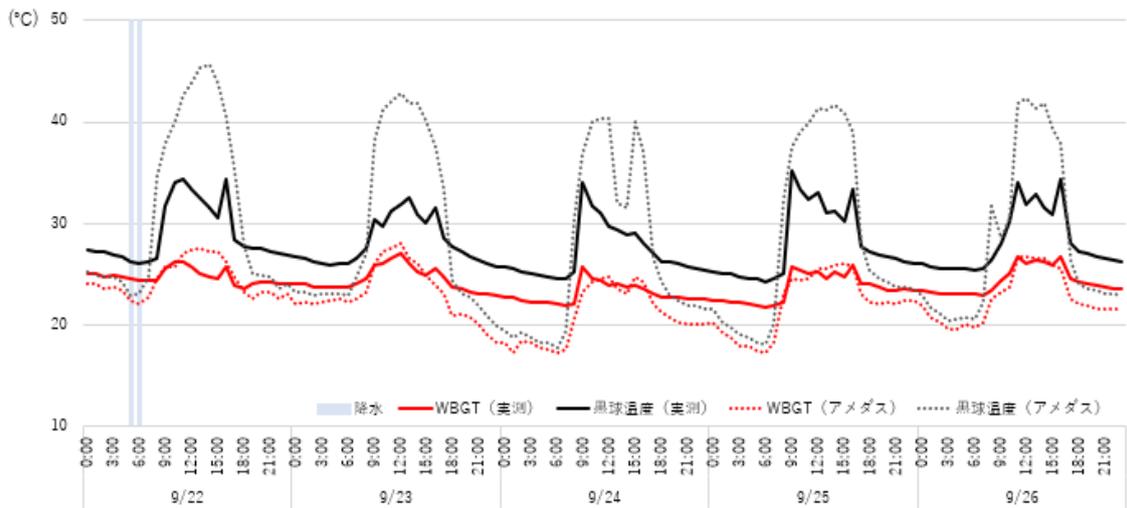


図 9-3 屋内熱源なし空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡)



(続き) 図 9-3 屋内熱源なし空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡)

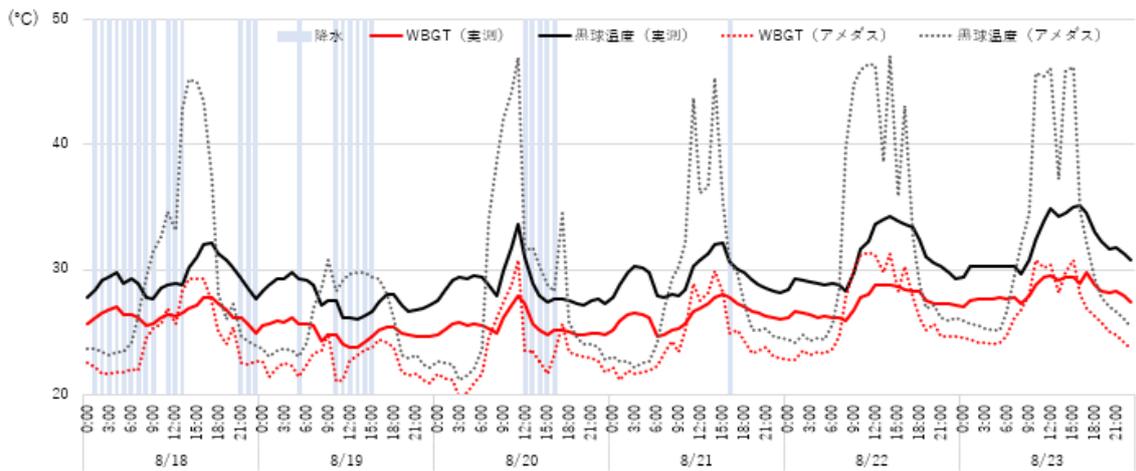
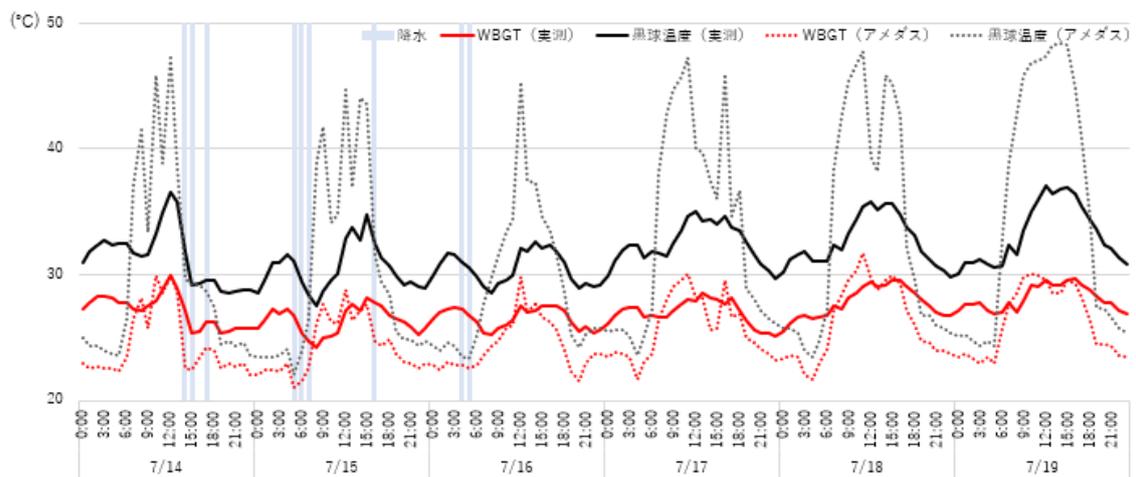
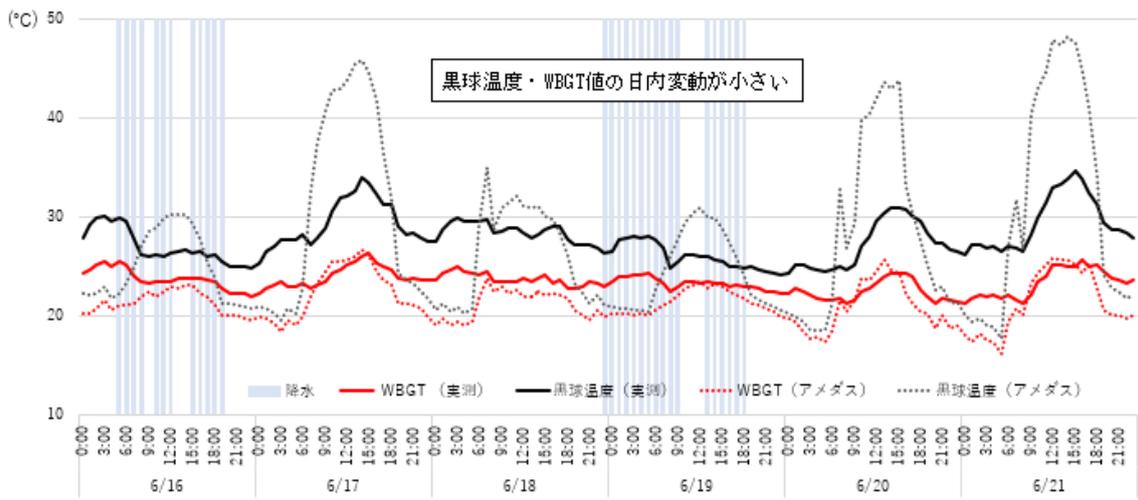
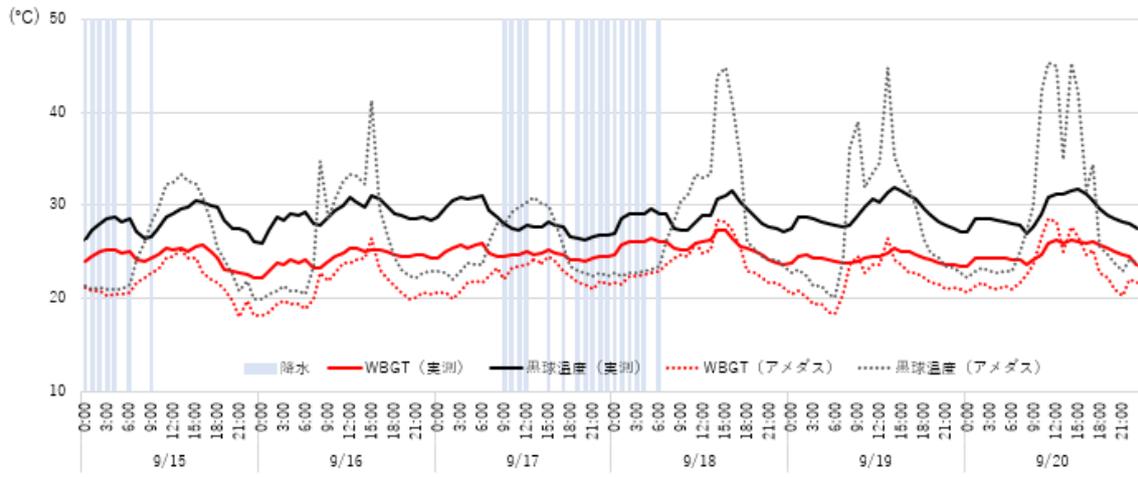


図 10 屋内熱源あり空調なし条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)



(続き) 図 10 屋内熱源あり空調なし条件の実測値とアメダス値の比較 (大阪)

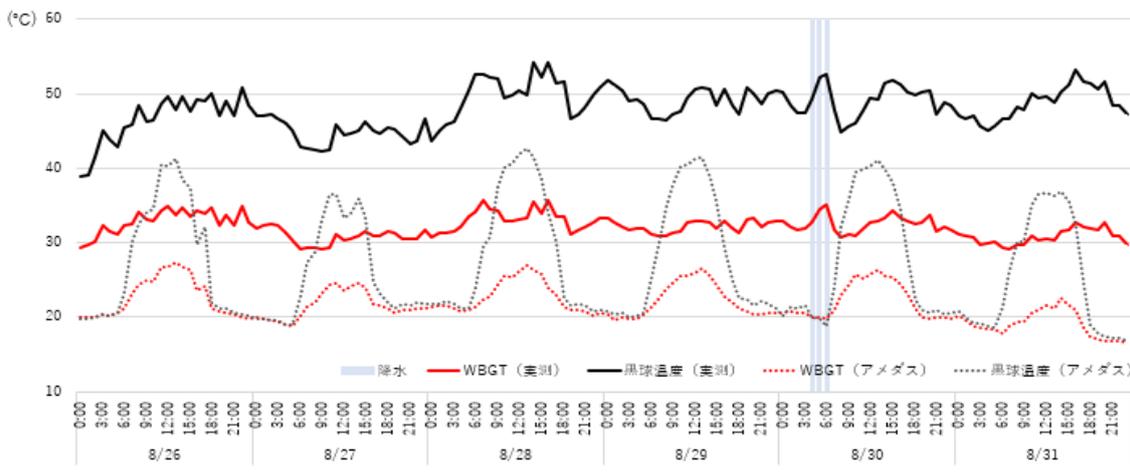
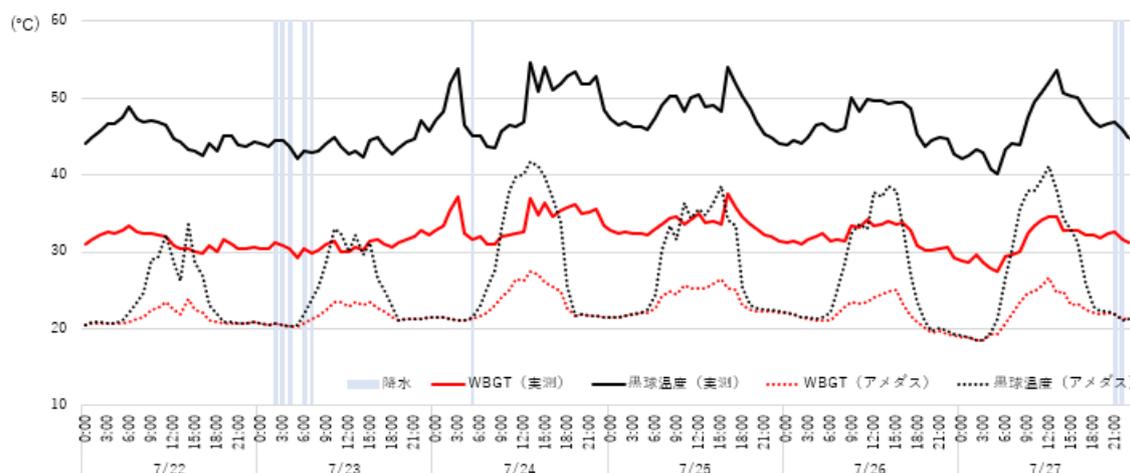
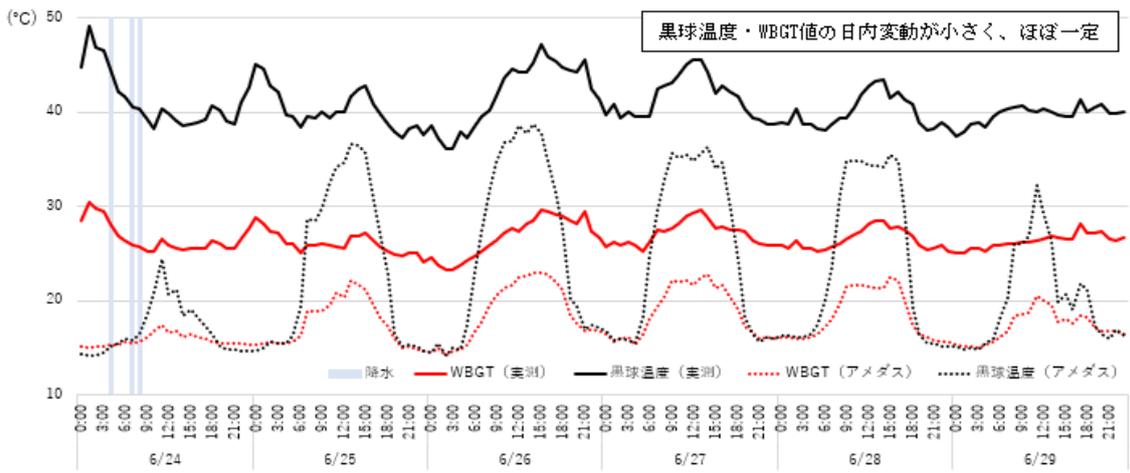
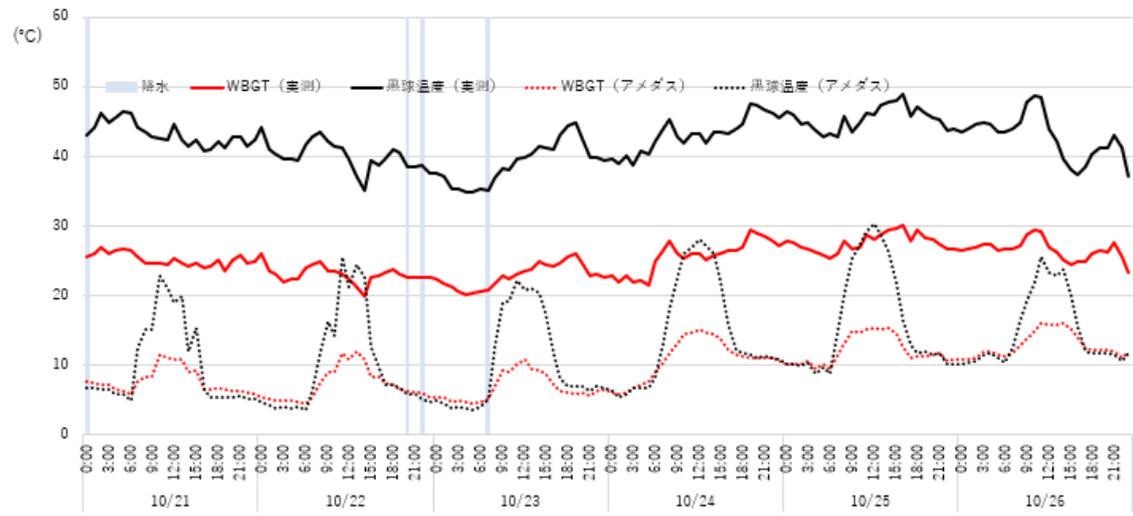
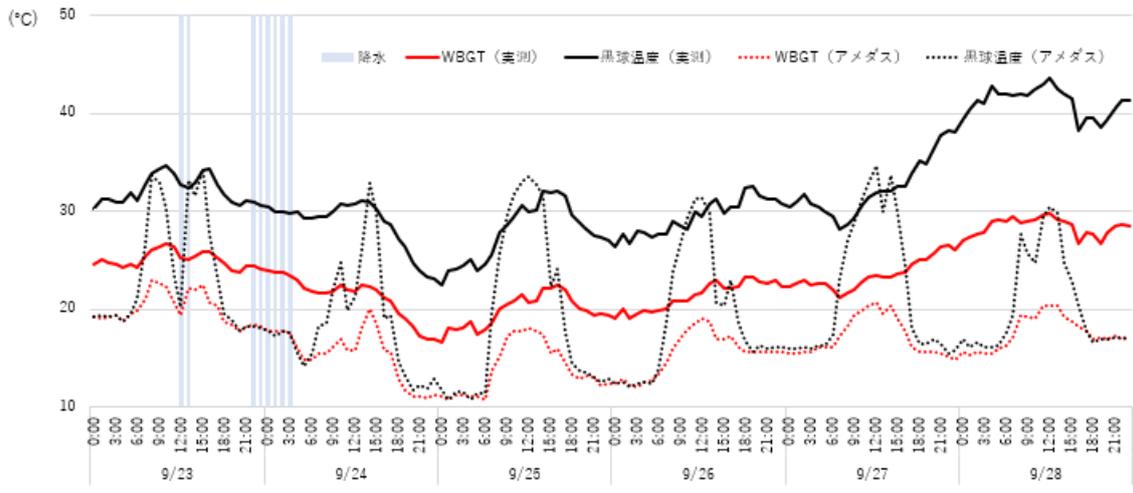


図 11-1 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較（北海道）



(続き) 図 11-1 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (北海道)

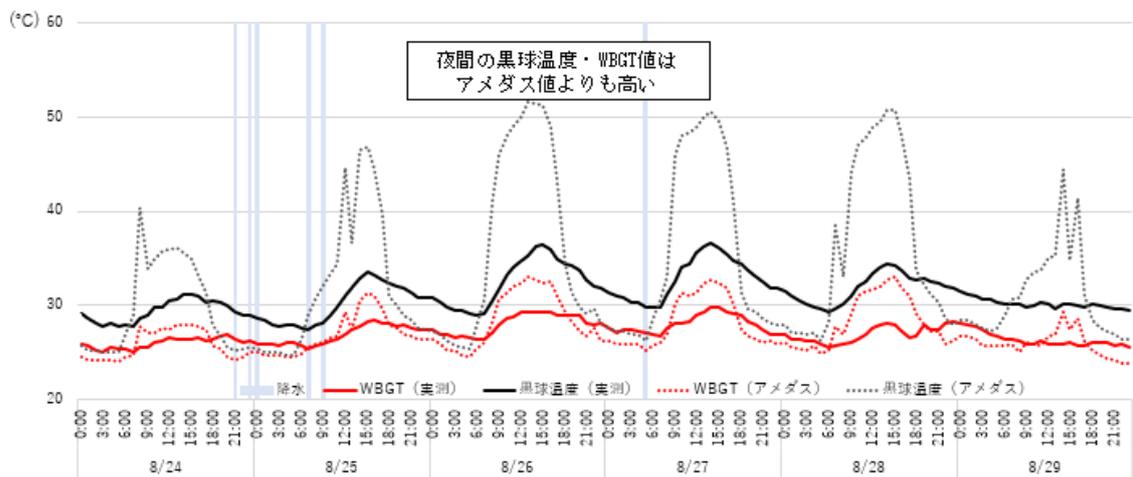
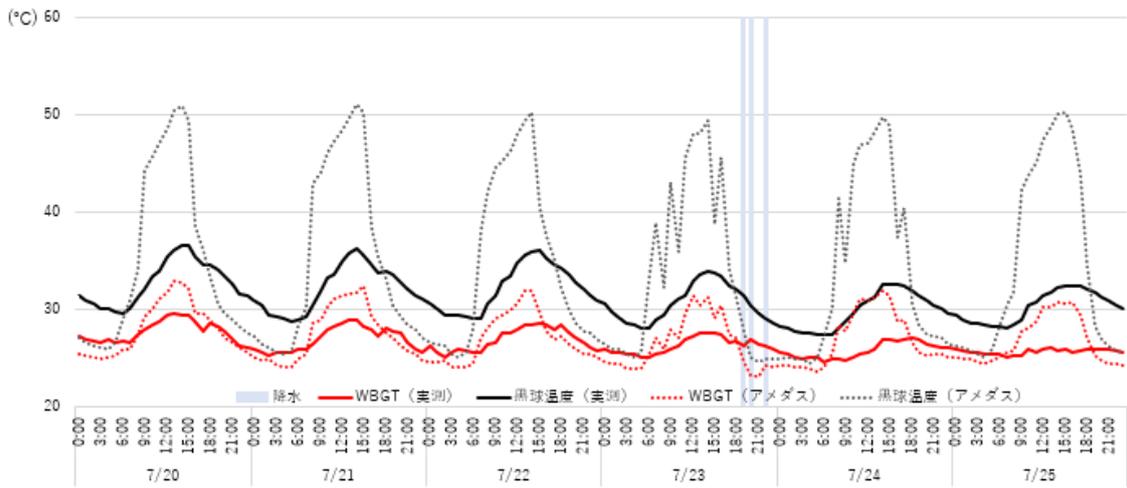


図 11-2a 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (群馬)

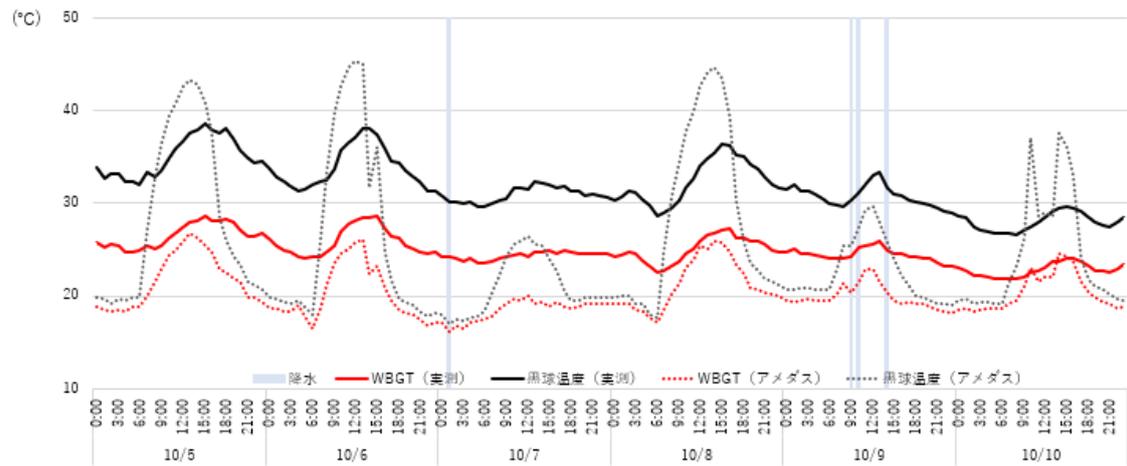
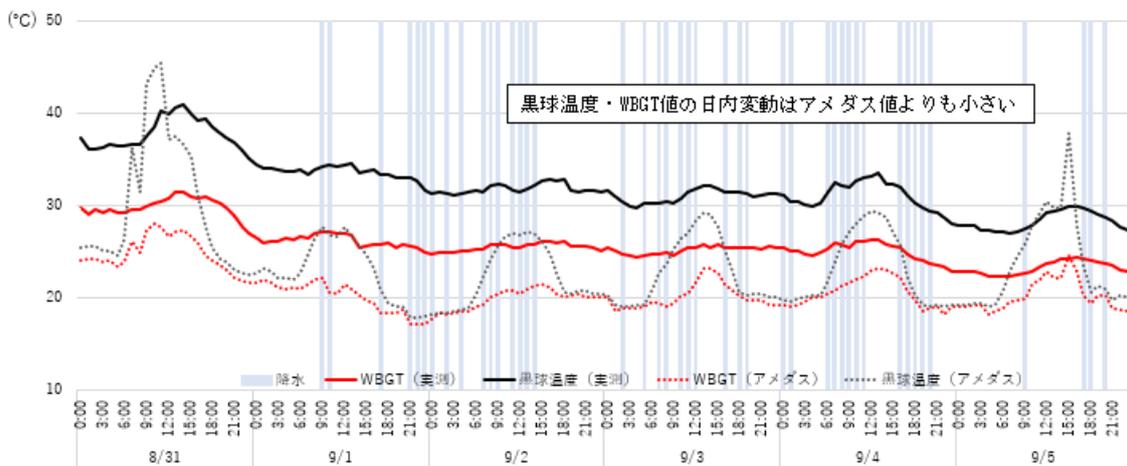
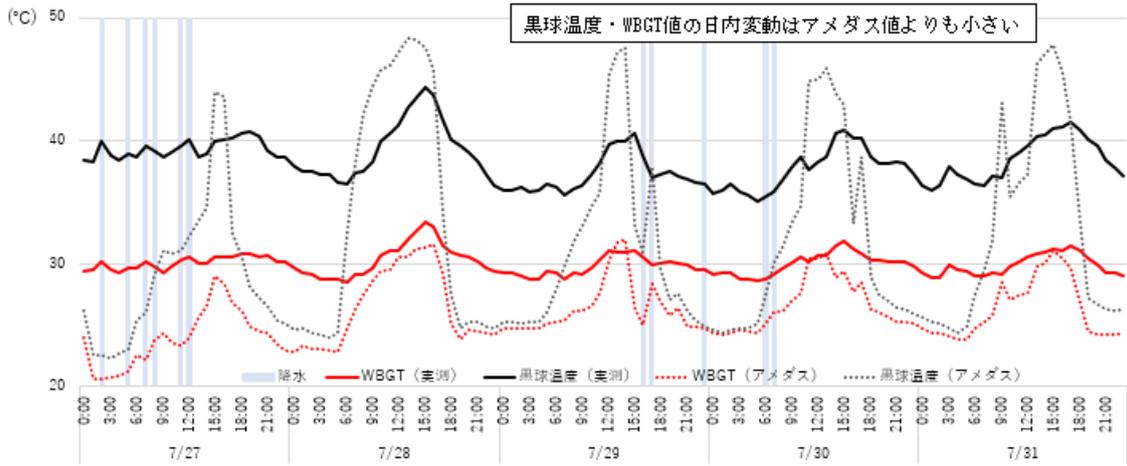


図 11-2b 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (群馬)

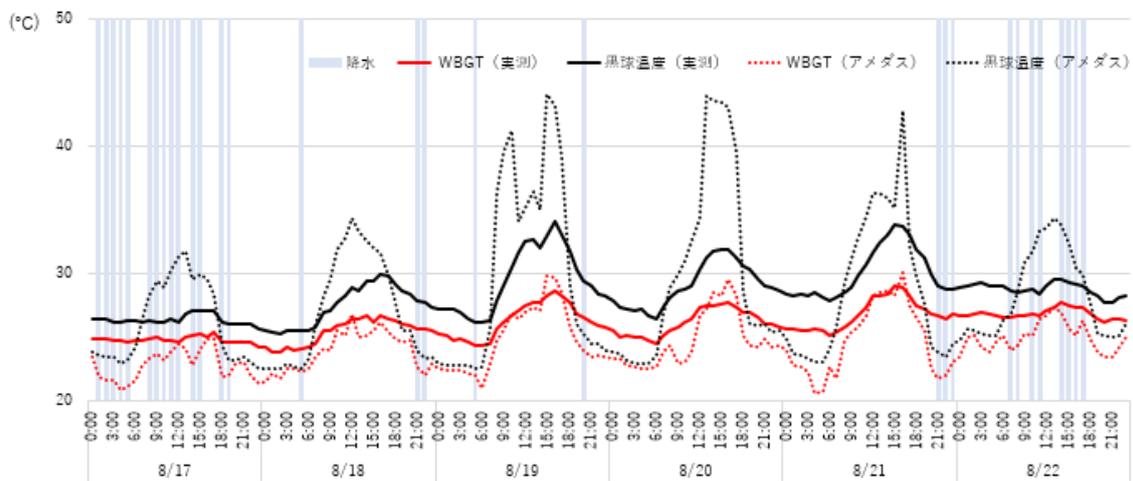
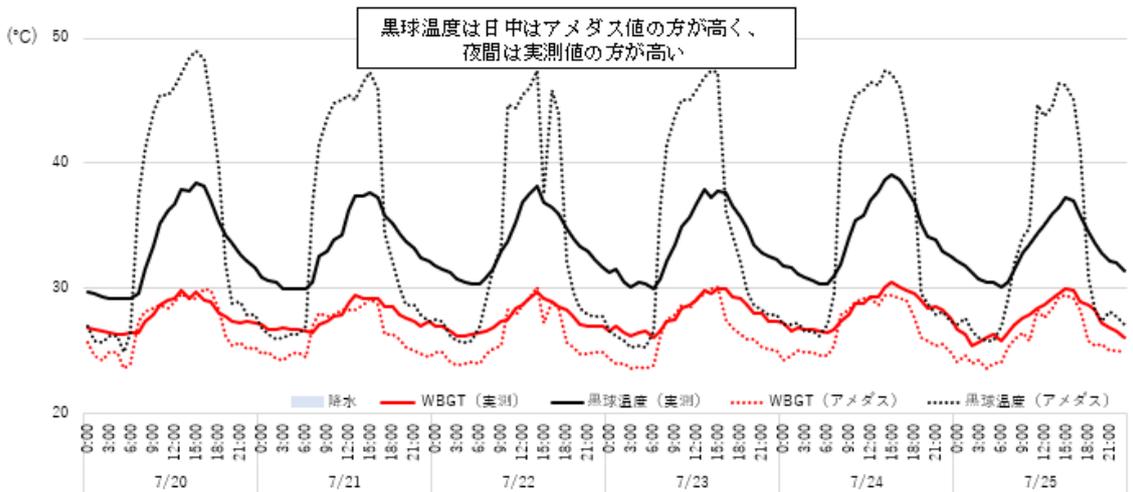
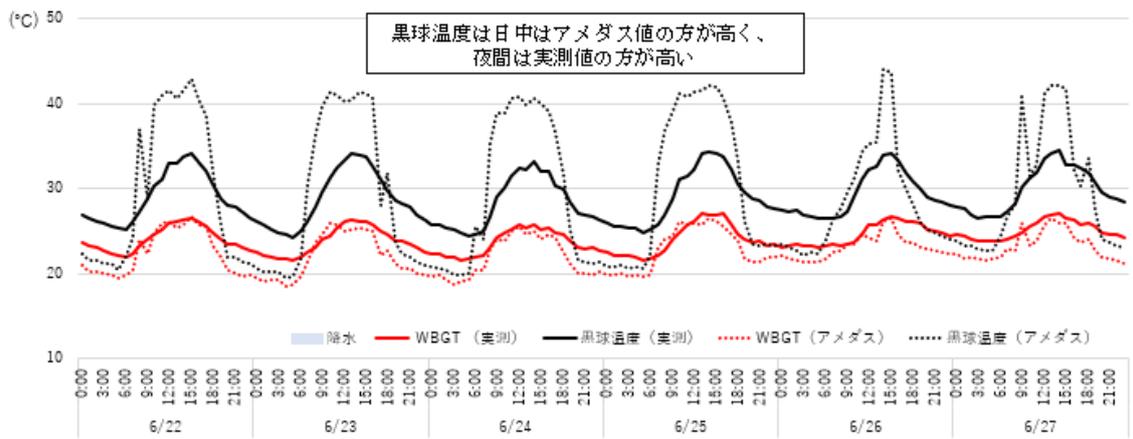
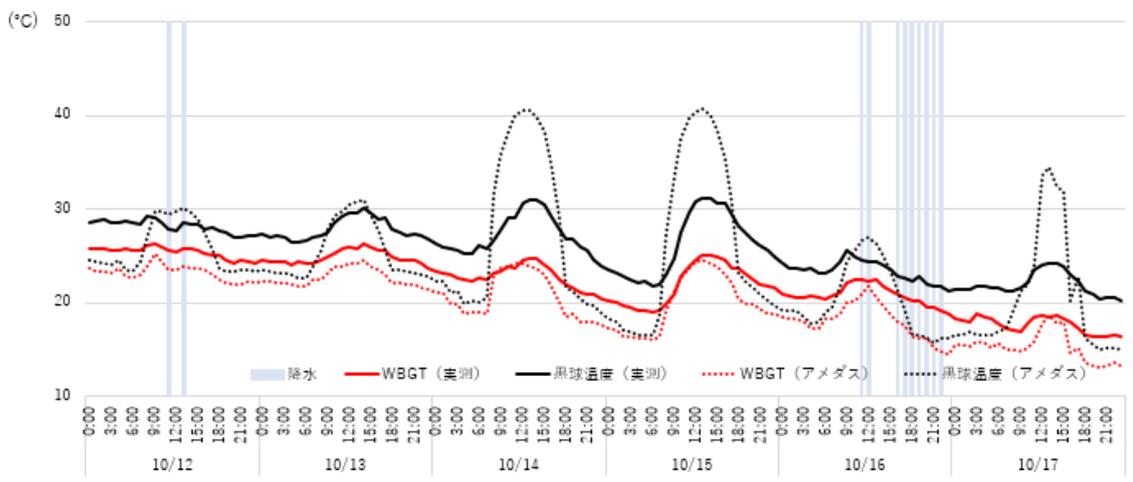
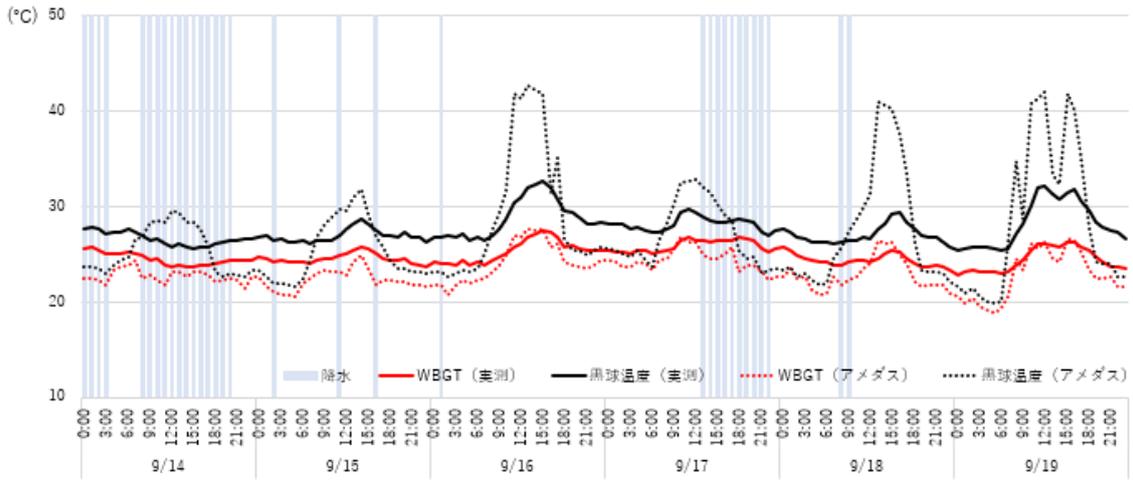


図 11-3a 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡)



(続き) 図 11-3a 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡)

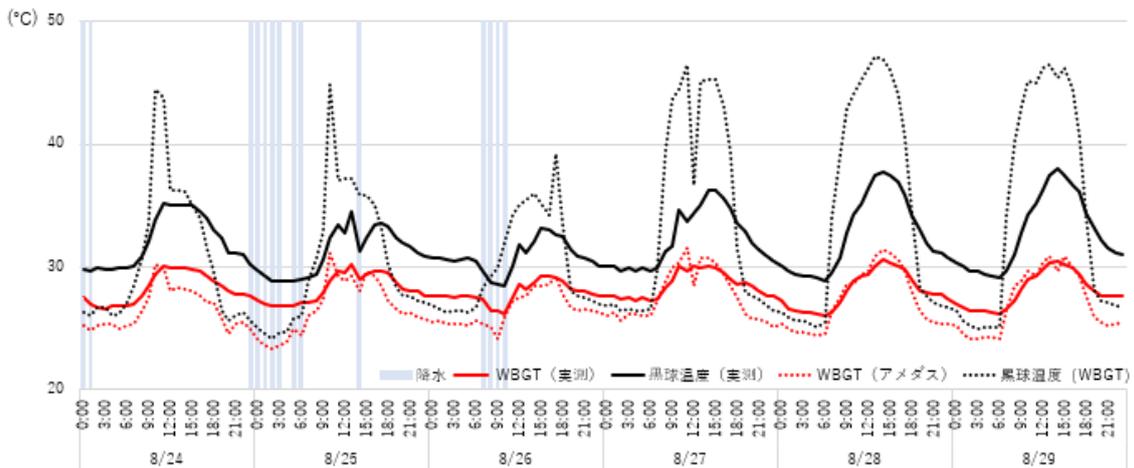
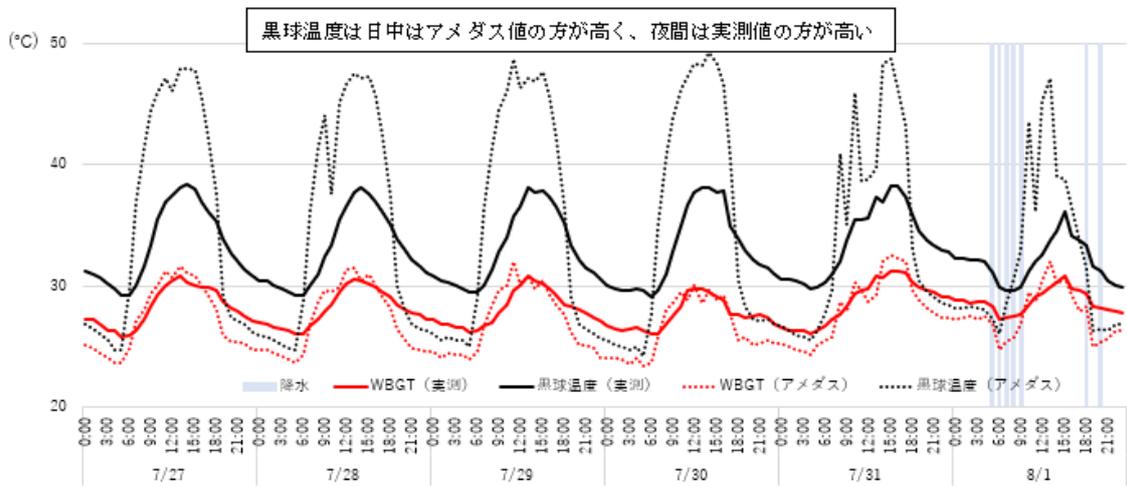
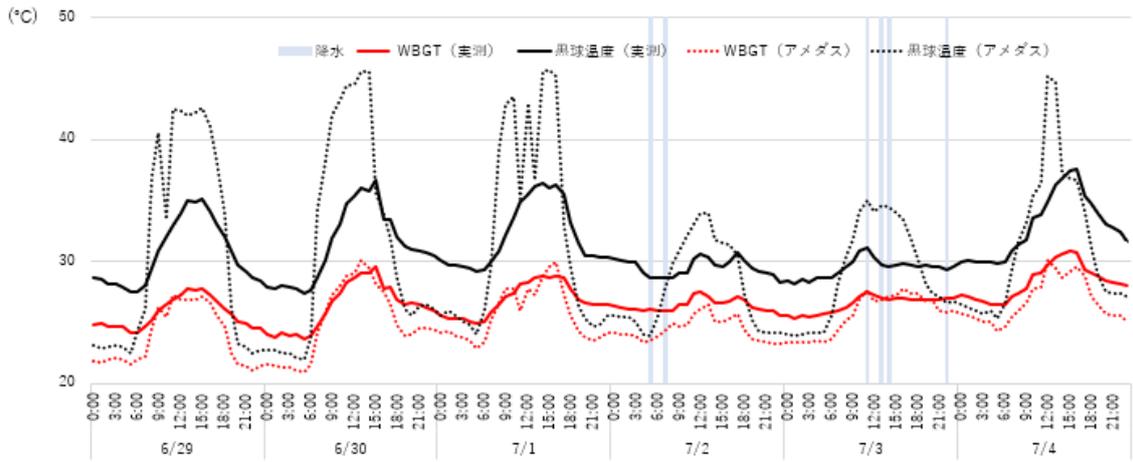
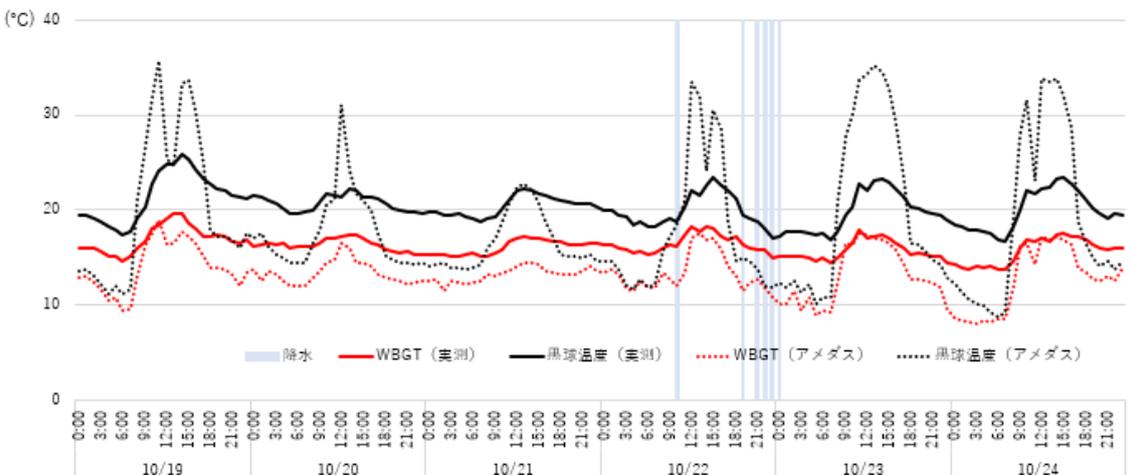
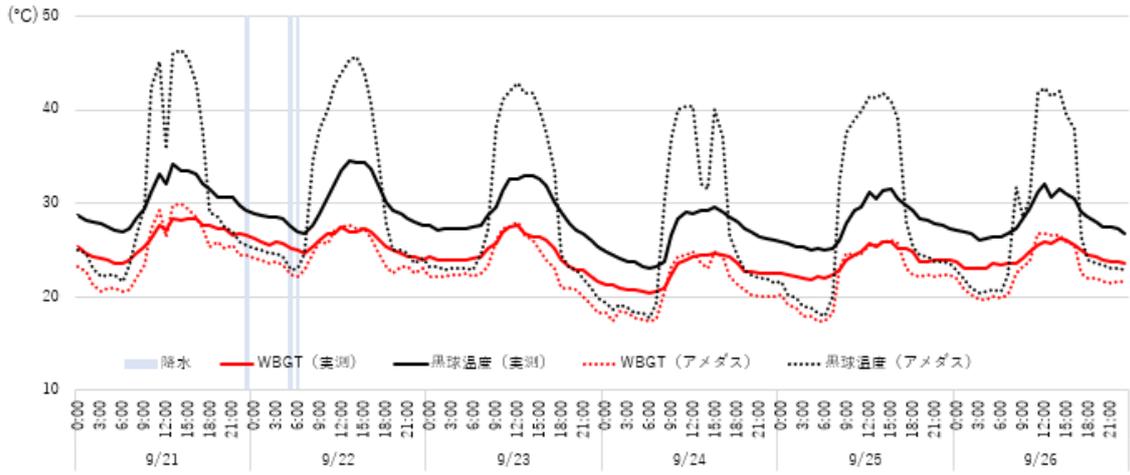
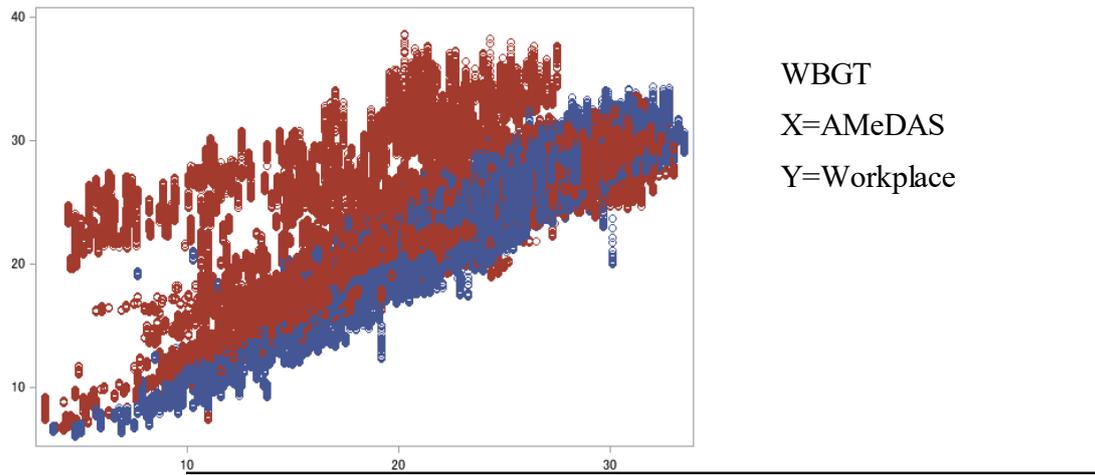


図 11-3b 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡)

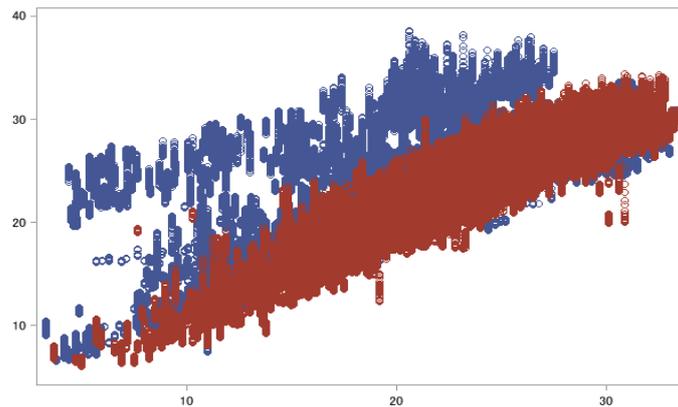


(続き) 図 11-3b 屋内熱源あり空調あり条件の実測値とアメダス値の比較 (福岡)



	Workplace		AMeDAS		r	r^2
	N	$M (SD)$	N	$M (SD)$		
<i>All</i>	951670	23.1 (4.5)	950251	22.1 (4.9)	.829	
<i>Out (blue)</i>	500936	22.6 (4.2)	514536	22.5 (4.3)	.959	91.9%
<i>In (red)</i>	450734	23.6 (4.7)	435715	21.6 (5.5)	.772	59.6%

図 12-1 屋外・屋内における事業所の実測値とアメダス値の単相関（適時）



Lagged

	Workplace		AMeDAS		r	r^2
	N	$M (SD)$	N	$M (SD)$		
<i>All</i>	951670	23.1 (4.5)	910471	22.2 (4.9)	.821	
<i>Out (red)</i>	500936	22.6 (4.2)	492996	22.6 (4.3)	.939	88.2%
<i>In (blue)</i>	450734	23.6 (4.7)	417475	21.7 (5.5)	.773	59.8%

図 12-2 屋外・屋内における事業所の実測値とアメダス値の単相関（1時間後）

図 13-1 事業場での屋外実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数 (適時条件)

時刻	AMeDAS	実測条件					切片 (95% CI)	Fit Index	
	WBGT ¹⁾	日射 ²⁾	芝生 ³⁾	土 ⁴⁾	降雨 ⁵⁾	R ²		BIC	
	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)			
全体	0.918 (0.918 , 0.919)	0.723 (0.715 , 0.731)	-0.319 (-0.327 , -0.311)	-0.170 (-0.180 , -0.160)	-0.230 (-0.204 , -0.256)	2.065 (2.034 , 2.096)	0.925	149211	
8:00-13:00	0.963 (0.961 , 0.965)	1.547 (1.529 , 1.565)	-0.318 (-0.336 , -0.299)	-0.377 (-0.400 , -0.354)	-0.640 (-0.714 , -0.566)	1.501 (1.448 , 1.554)	0.914	48036	
13:00-18:00	0.928 (0.926 , 0.930)	0.899 (0.881 , 0.916)	-0.387 (-0.405 , -0.369)	0.068 (0.046 , 0.091)	-0.519 (-0.601 , -0.437)	1.733 (1.684 , 1.781)	0.920	39591	
18:00-21:00	0.922 (0.920 , 0.923)	0.296 (0.282 , 0.310)	-0.328 (-0.342 , -0.314)	-0.182 (-0.200 , -0.164)	-0.191 (-0.242 , -0.141)	2.234 (2.198 , 2.272)	0.9473	25179	
21:00-8:00	0.942 (0.941 , 0.944)	0.251 (0.241 , 0.262)	-0.200 (-0.211 , -0.189)	-0.234 (-0.248 , -0.220)	-0.224 (-0.254 , -0.195)	1.743 (1.714 , 1.772)	0.924	22189	

- 1) 事業場最寄のAMeDAS測定点のWBGT推定値 (連続変数)
- 2) 日陰を0, 日向を1とするダミー変数
- 3) 測定点の地面がコンクリートの場合を0, 芝生の場合を1とするダミー変数
- 4) 測定点の地面がコンクリートの場合を0, 土の場合を1とするダミー変数
- 5) 湿度100%未満を降雨なしとして0, 湿度100%を降雨ありとして1とするダミー変数

時刻	AMeDAS	実測条件					切片 (95% CI)	Fit Index	
	WBGT ¹⁾	日射 ²⁾	芝生 ³⁾	土 ⁴⁾	降雨 ⁵⁾	R ²		BIC	
	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)	B (95% CI)			
全体	0.897 (0.896 , 0.898)	0.794 (0.784 , 0.803)	-0.362 (-0.372 , -0.352)	-0.158 (-0.170 , -0.146)	-0.353 (-0.386 , -0.321)	2.484 (2.445 , 2.523)	0.889	333282	
8:00-13:00	0.925 (0.923 , 0.928)	1.635 (1.614 , 1.656)	-0.395 (-0.417 , -0.373)	-0.425 (-0.453 , -0.398)	-1.100 (-1.187 , -1.013)	3.118 (3.058 , 3.178)	0.881	82342	
13:00-18:00	0.933 (0.931 , 0.935)	0.874 (0.853 , 0.894)	-0.391 (-0.412 , -0.370)	0.065 (0.038 , 0.091)	-0.381 (-0.478 , -0.284)	1.282 (1.223 , 1.342)	0.888	75686	
18:00-21:00	0.880 (0.859 , 0.882)	0.428 (0.411 , 0.445)	-0.387 (-0.404 , -0.369)	-0.092 (-0.113 , -0.070)	-0.112 (-0.173 , -0.052)	3.153 (3.109 , 3.198)	0.9246	4566	
21:00-8:00	0.935 (0.933 , 0.936)	0.297 (0.283 , 0.310)	-0.216 (-0.230 , -0.202)	-0.213 (-0.230 , -0.195)	-0.347 (-0.383 , -0.310)	2.012 (1.976 , 2.048)	0.895	80229	

- 1) 事業場最寄のAMeDAS測定点のWBGT推定値 (連続変数)
- 2) 日陰を0, 日向を1とするダミー変数
- 3) 測定点の地面がコンクリートの場合を0, 芝生の場合を1とするダミー変数
- 4) 測定点の地面がコンクリートの場合を0, 土の場合を1とするダミー変数
- 5) 湿度100%未満を降雨なしとして0, 湿度100%を降雨ありとして1とするダミー変数

図 13-2 事業場での屋外実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数 (ラグ条件)

時刻	熱源	空調	AMeDAS WBGT ¹⁾		Fit Index	
			B (95% CI)	切片 (95% CI)	R ²	BIC
全体	-	-	0.877 (0.876 , 0.879)	3.271 (3.249 , 3.292)	0.967	10359
	-	+	0.663 (0.662 , 0.665)	8.455 (8.423 , 8.487)	0.872	82809
	+	-	0.482 (0.478 , 0.486)	14.176 (14.074 , 14.278)	0.581	12558
	+	+	0.449 (0.447 , 0.452)	15.857 (15.794 , 15.919)	0.353	433367
8:00-13:00	-	-	0.864 (0.862 , 0.866)	3.026 (2.980 , 3.073)	0.971	5637
13:00-18:00	-	-	0.852 (0.850 , 0.854)	3.617 (3.570 , 3.664)	0.970	4310
18:00-21:00	-	-	0.946 (0.944 , 0.947)	2.627 (2.592 , 2.661)	0.986	14621
21:00-8:00	-	-	0.904 (0.903 , 0.906)	2.897 (2.866 , 2.927)	0.970	8394
8:00-13:00	-	+	0.667 (0.664 , 0.671)	7.883 (7.796 , 7.969)	0.8445	22410
13:00-18:00	-	+	0.686 (0.683 , 0.689)	7.363 (7.282 , 7.444)	0.8691	18037
18:00-21:00	-	+	0.756 (0.753 , 0.759)	6.890 (6.820 , 6.960)	0.9121	6155
21:00-8:00	-	+	0.681 (0.679 , 0.683)	8.421 (8.379 , 8.463)	0.8976	17139
8:00-13:00	+	-	0.611 (0.604 , 0.618)	10.002 (9.830 , 10.173)	0.819	2443
13:00-18:00	+	-	0.639 (0.630 , 0.648)	9.882 (9.659 , 10.105)	0.743	823
18:00-21:00	+	-	0.816 (0.804 , 0.827)	6.673 (6.419 , 6.927)	0.779	2169
21:00-8:00	+	-	0.687 (0.678 , 0.697)	10.298 (10.095 , 10.502)	0.589	2361
8:00-13:00	+	+	0.483 (0.477 , 0.489)	14.727 (14.575 , 14.880)	0.370	87385
13:00-18:00	+	+	0.451 (0.445 , 0.457)	15.788 (15.641 , 15.936)	0.366	88919
18:00-21:00	+	+	0.433 (0.426 , 0.441)	16.611 (16.446 , 16.776)	0.290	74273
21:00-8:00	+	+	0.457 (0.453 , 0.462)	15.715 (15.618 , 15.812)	0.324	181600

1) 事業場最寄のAMeDAS測定点のWBGT推定値 (連続変数)

図 14-1 事業場での屋内実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数 (適時条件)

時刻	熱源	空調	AMeDAS WBGT ¹⁾		Fit Index	
			B (95% CI)	切片 (95% CI)	R ²	BIC
全体	-	-	0.876 (0.875 , 0.877)	3.292 (3.271 , 3.314)	0.969	13239
	-	+	0.662 (0.660 , 0.663)	8.475 (8.441 , 8.509)	0.865	85978
	+	-	0.492 (0.488 , 0.497)	13.889 (13.788 , 13.990)	0.608	10230
	+	+	0.451 (0.448 , 0.454)	15.819 (15.755 , 15.883)	0.357	414543
8:00-13:00	-	-	0.841 (0.839 , 0.844)	3.896 (3.848 , 3.943)	0.967	3138
13:00-18:00	-	-	0.868 (0.866 , 0.870)	2.953 (2.905 , 3.001)	0.970	4686
18:00-21:00	-	-	0.925 (0.923 , 0.927)	2.682 (2.645 , 2.719)	0.984	12652
21:00-8:00	-	-	0.915 (0.913 , 0.917)	2.803 (2.772 , 2.835)	0.972	9935
8:00-13:00	-	+	0.637 (0.633 , 0.640)	9.071 (8.986 , 9.157)	0.8266	25271
13:00-18:00	-	+	0.700 (0.697 , 0.703)	6.750 (6.667 , 6.833)	0.8712	17617
18:00-21:00	-	+	0.729 (0.725 , 0.732)	7.083 (7.010 , 7.156)	0.9025	8336
21:00-8:00	-	+	0.695 (0.693 , 0.697)	8.166 (8.121 , 8.211)	0.896	16542
8:00-13:00	+	-	0.602 (0.595 , 0.609)	10.581 (10.404 , 10.759)	0.795	1562
13:00-18:00	+	-	0.615 (0.607 , 0.623)	10.295 (10.080 , 10.510)	0.748	960
18:00-21:00	+	-	0.719 (0.708 , 0.730)	8.365 (8.098 , 8.632)	0.725	899
21:00-8:00	+	-	0.776 (0.766 , 0.785)	8.458 (8.255 , 8.662)	0.667	528
8:00-13:00	+	+	0.485 (0.479 , 0.491)	15.041 (14.899 , 15.184)	0.389	86207
13:00-18:00	+	+	0.466 (0.460 , 0.472)	15.270 (15.117 , 15.424)	0.369	88779
18:00-21:00	+	+	0.410 (0.403 , 0.417)	16.857 (16.694 , 17.019)	0.284	74524
21:00-8:00	+	+	0.457 (0.452 , 0.462)	15.750 (15.647 , 15.853)	0.318	164294

1) 事業場最寄のAMeDAS測定点のWBGT推定値 (連続変数)

図 14-2 事業場での屋内実測 WBGT を予測する重回帰モデルの偏回帰係数 (ラグ条件)

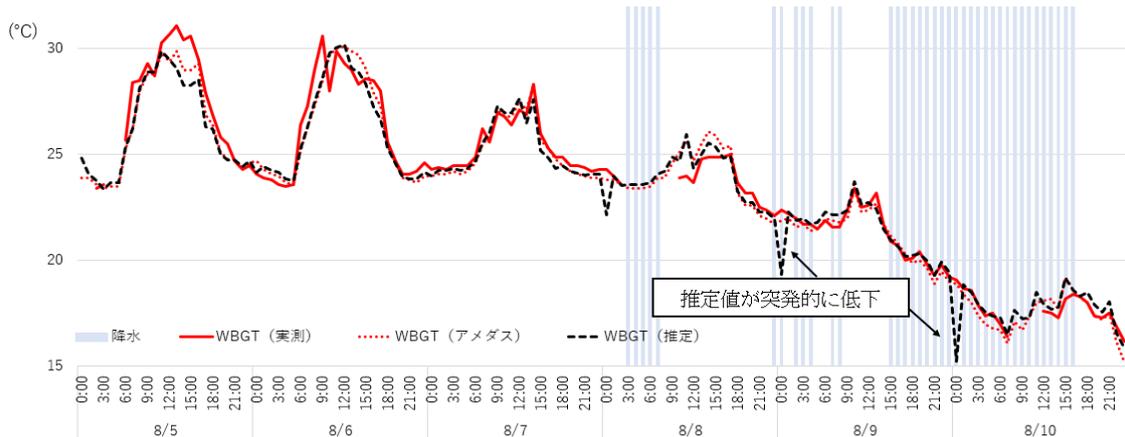
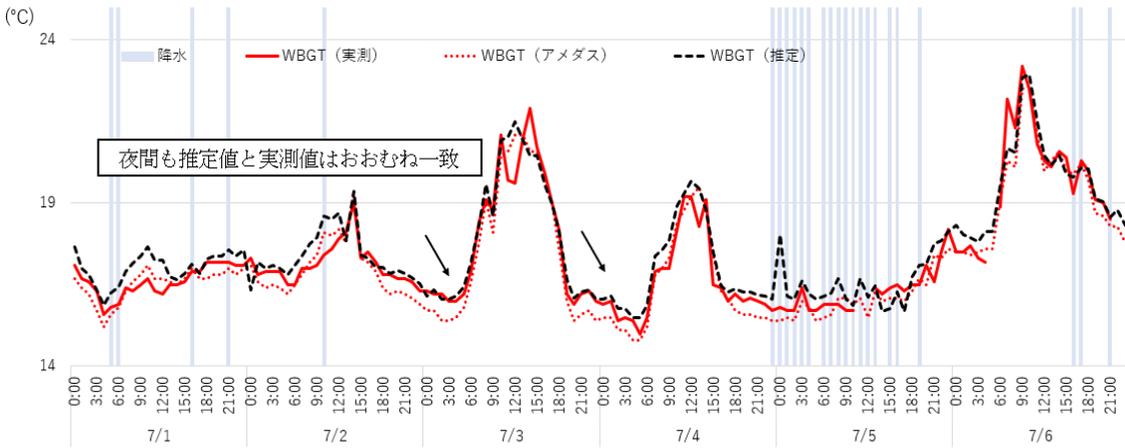
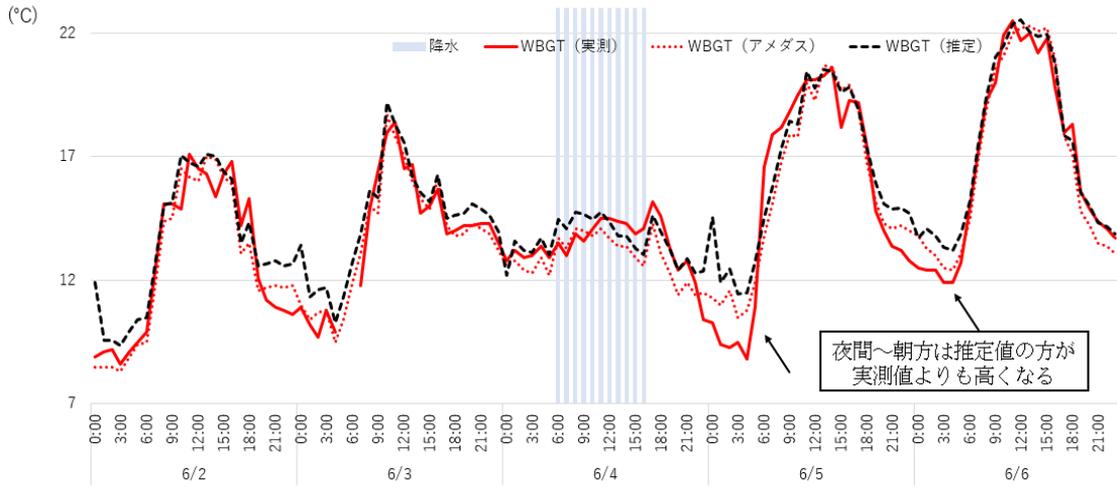
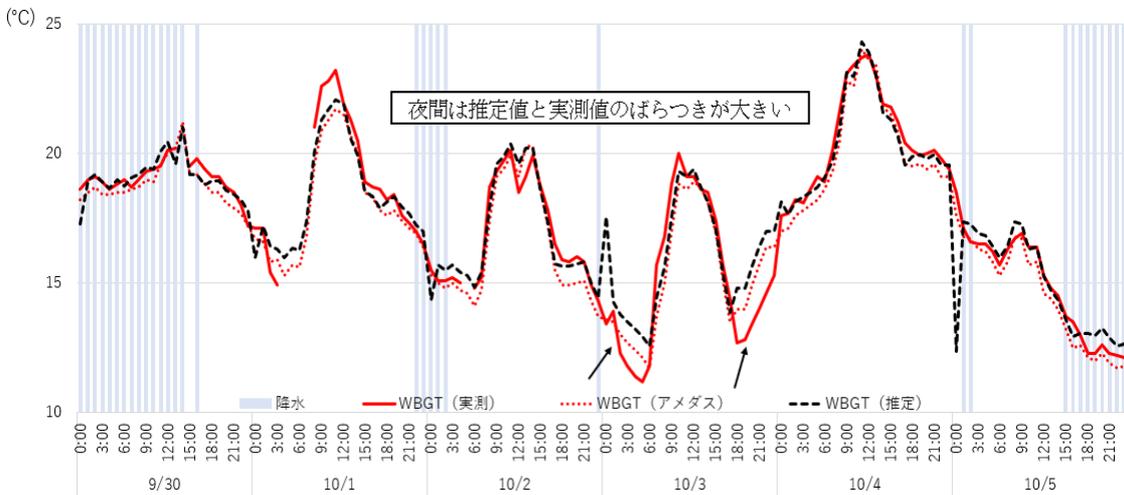
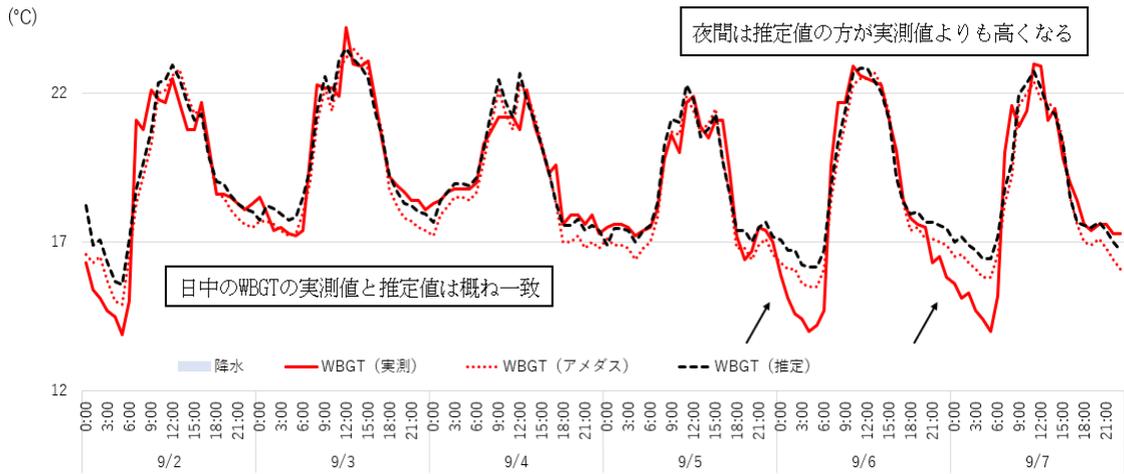


図 15-1 屋外日向芝生条件の WBGT 推定値との比較 (北海道)



(続き) 図 15-1 屋外日向芝生条件の WBGT 推定値との比較 (北海道)

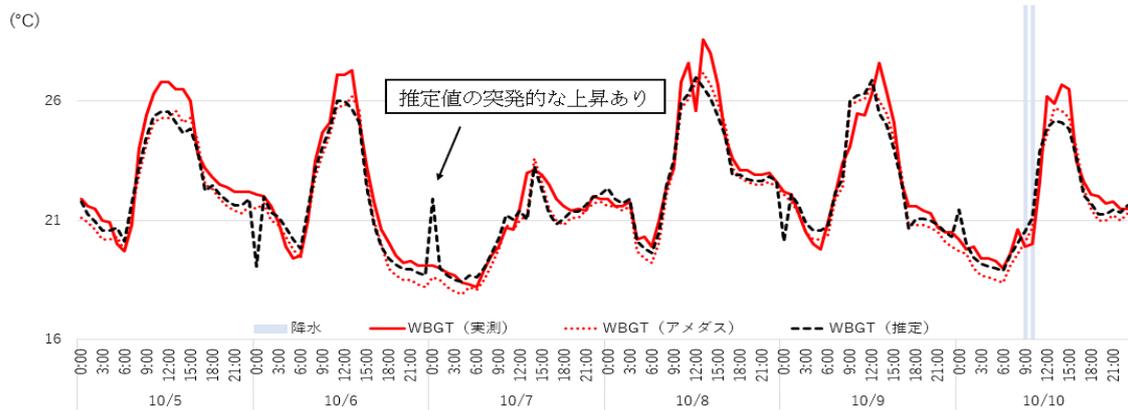
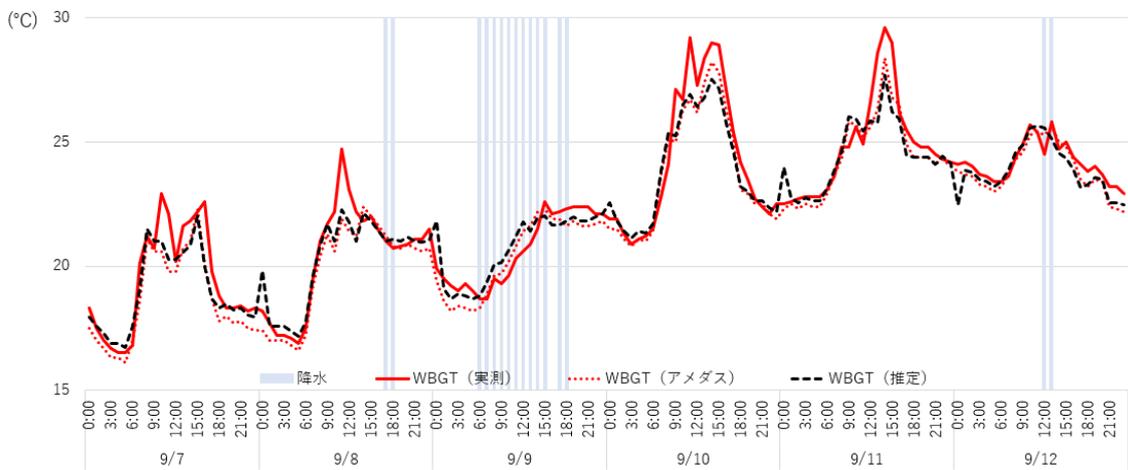
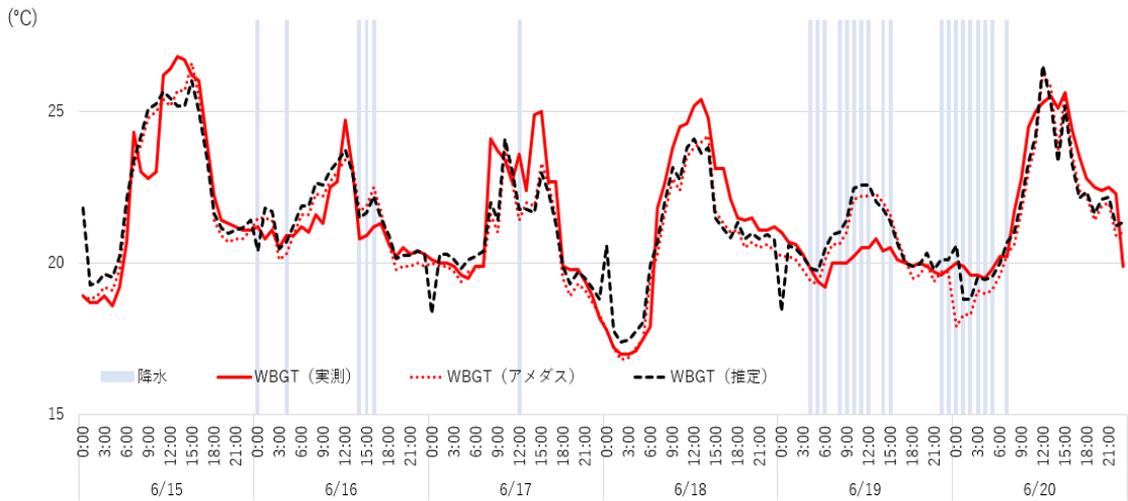


図 15-2 屋外日向芝生条件の WBGT 推定値との比較 (神奈川)

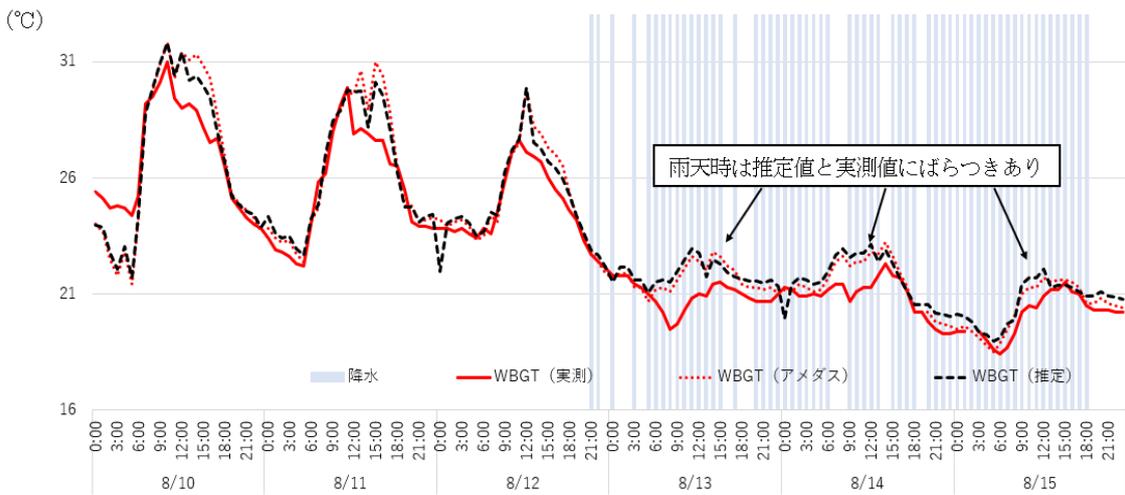
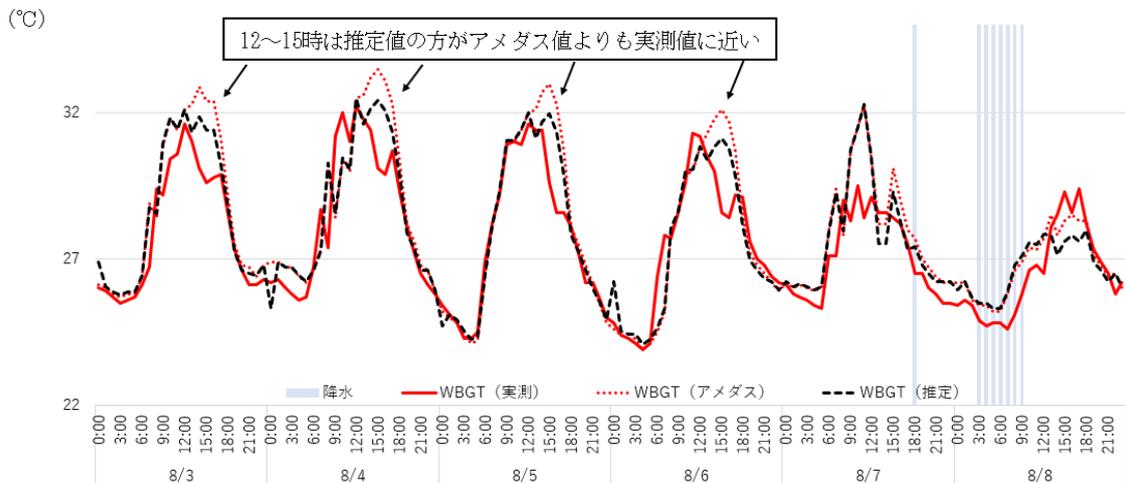
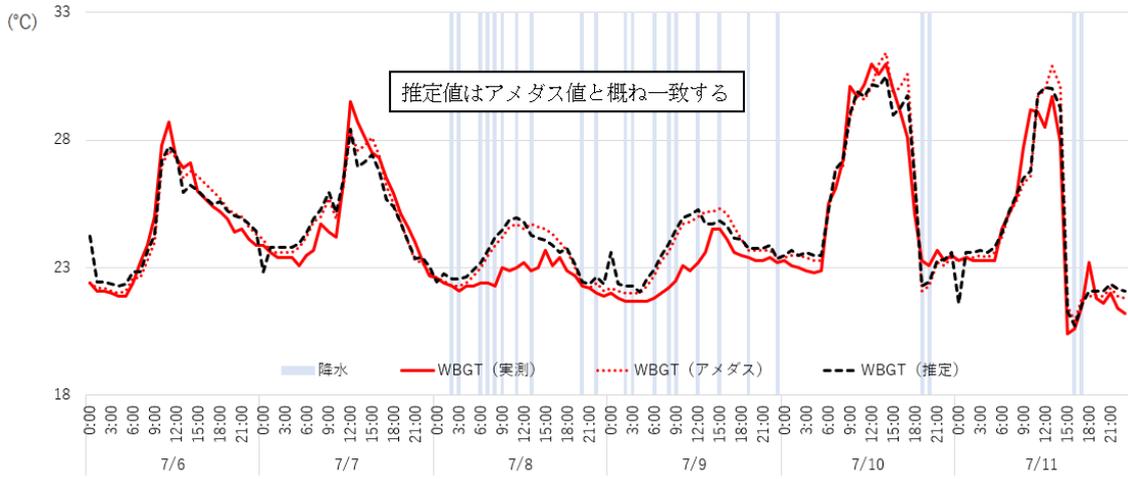
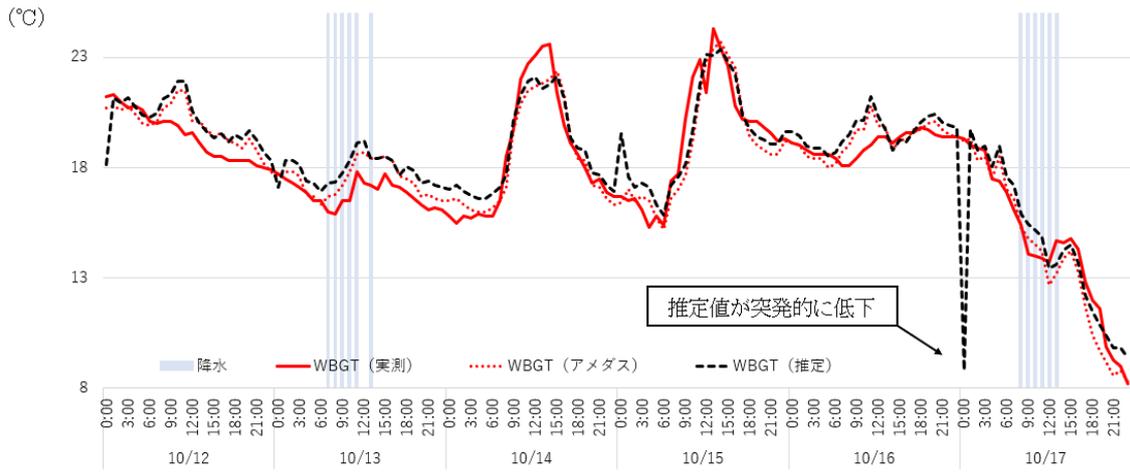


図 15-3 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (群馬)



(続き) 図 15-3 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (群馬)

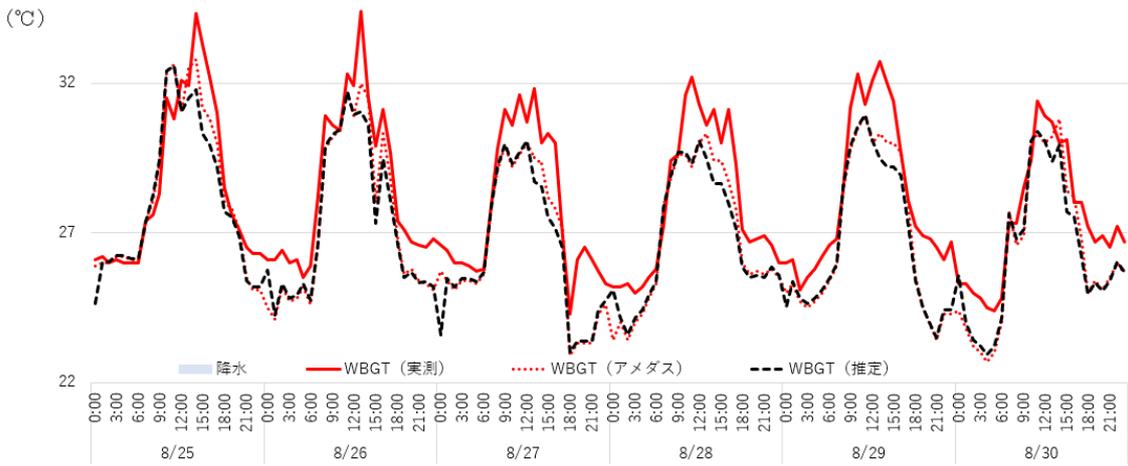
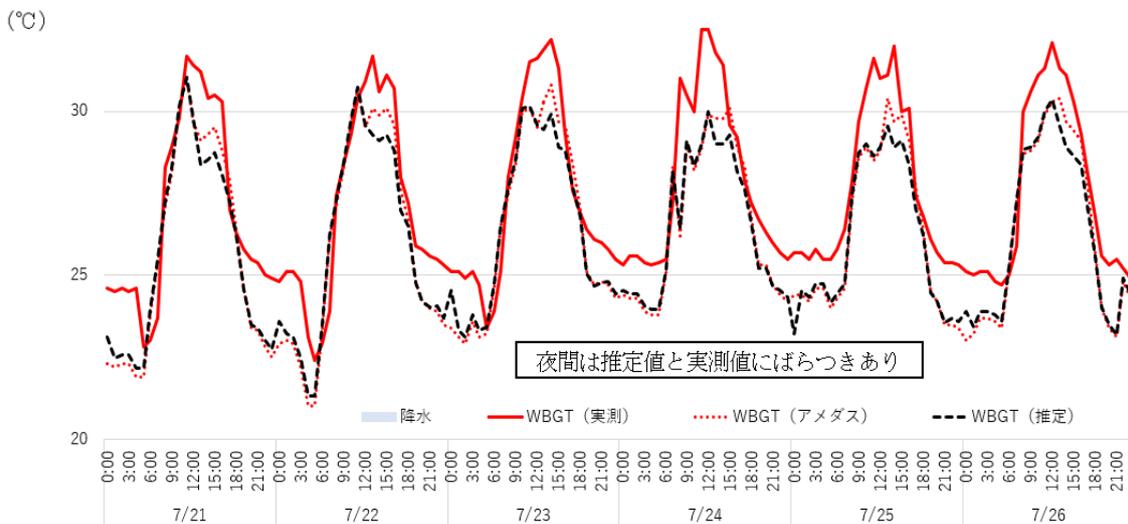
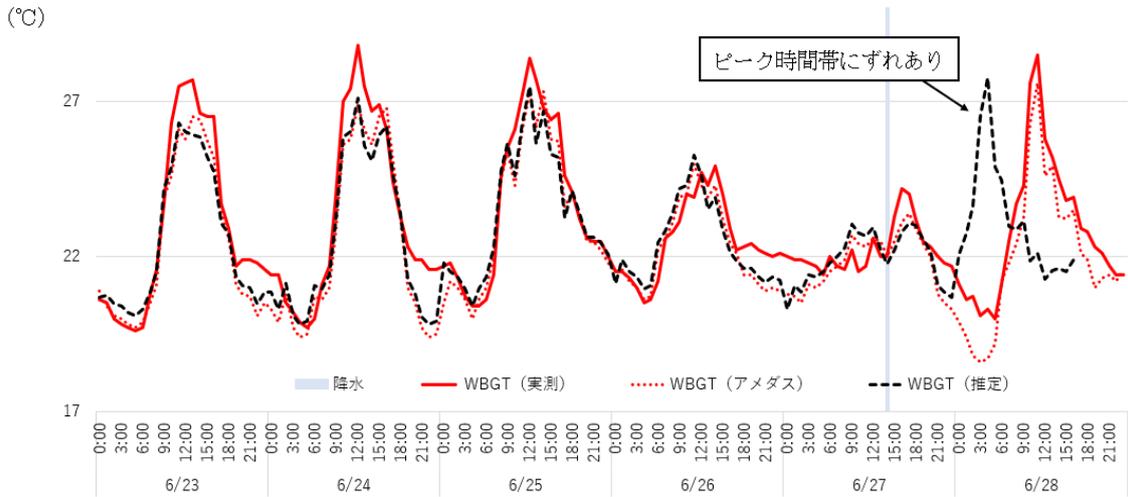
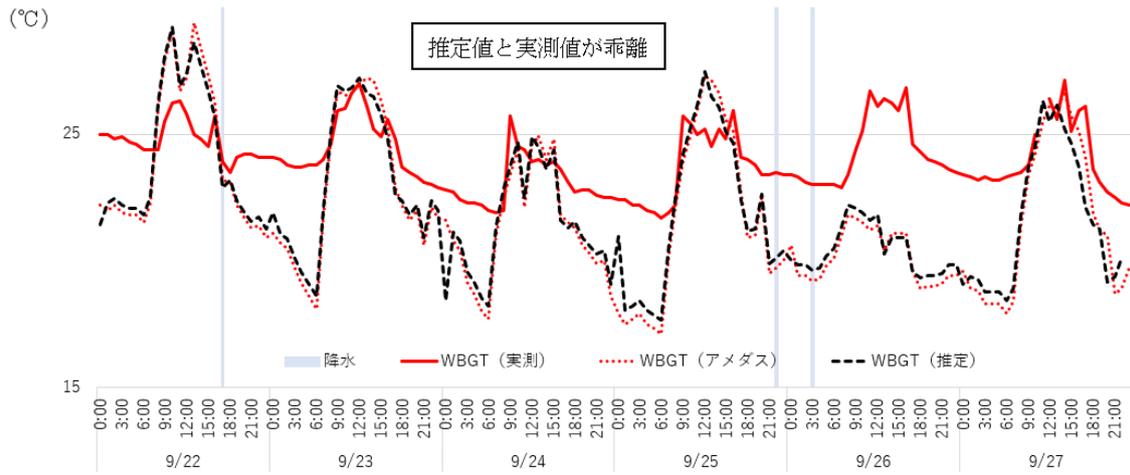


図 15-4 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (大阪)



(続き) 図 15-4 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (大阪)

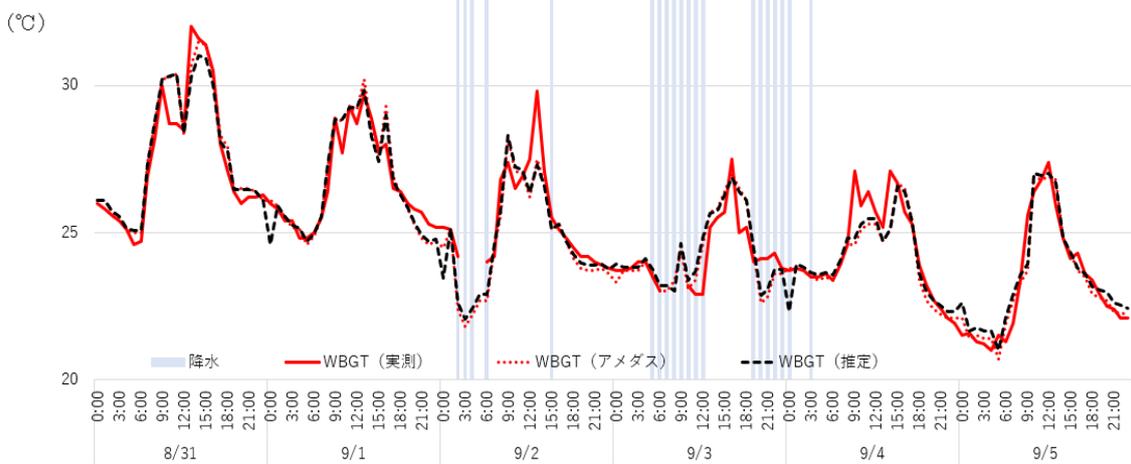
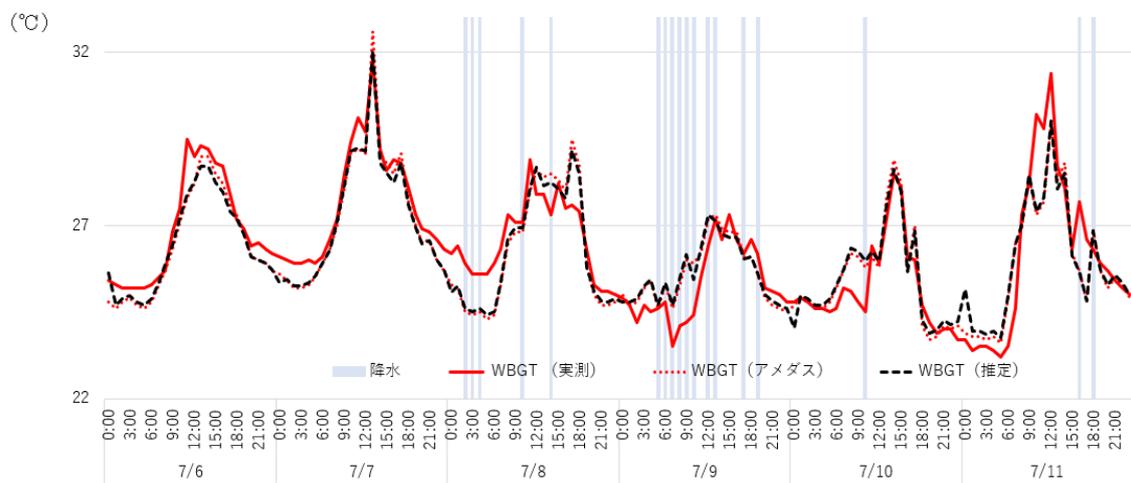
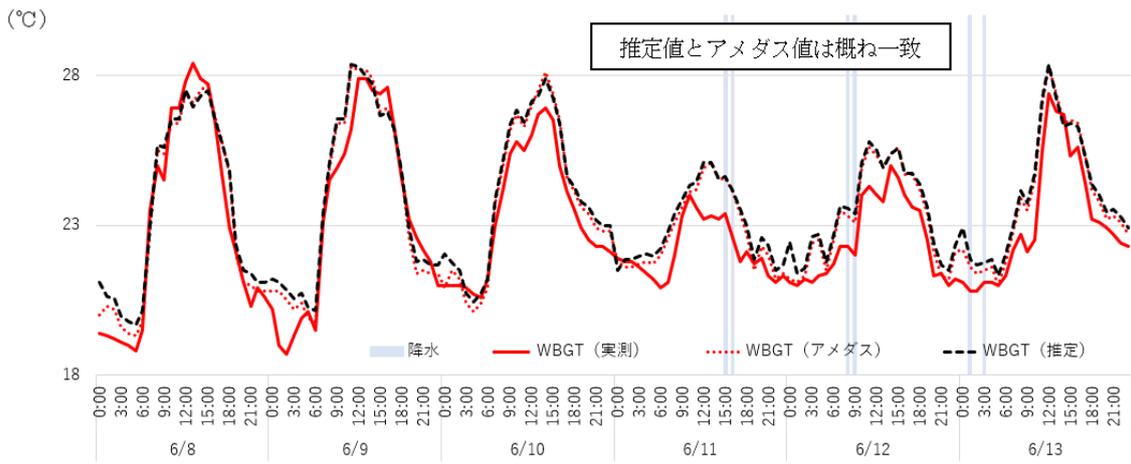
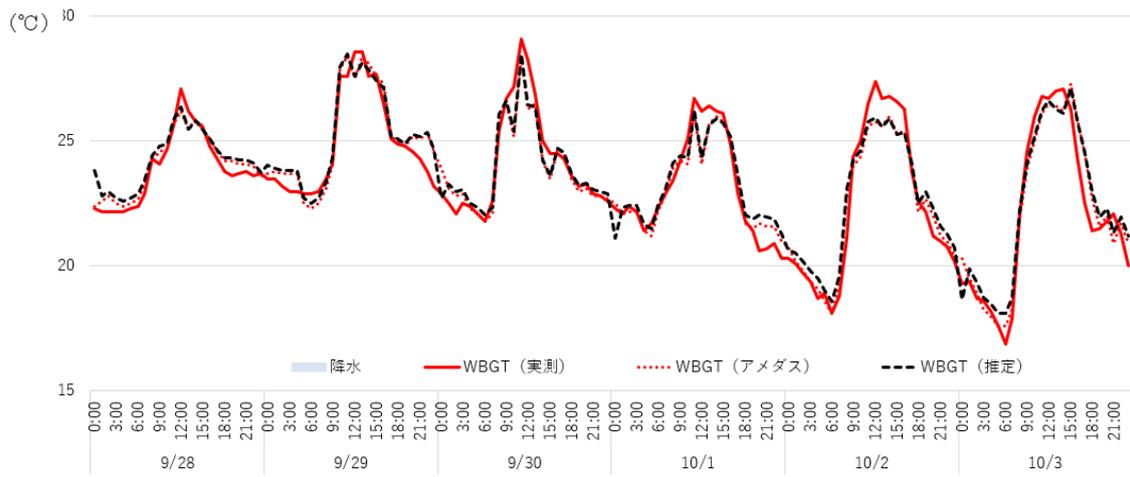


図 15-5 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (福岡①)



(続き) 図 15-5 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (福岡①)

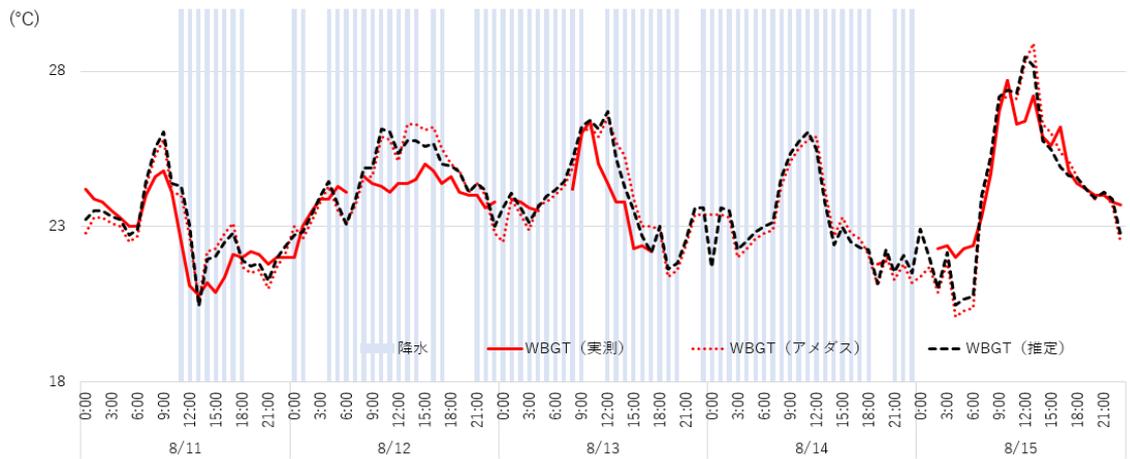
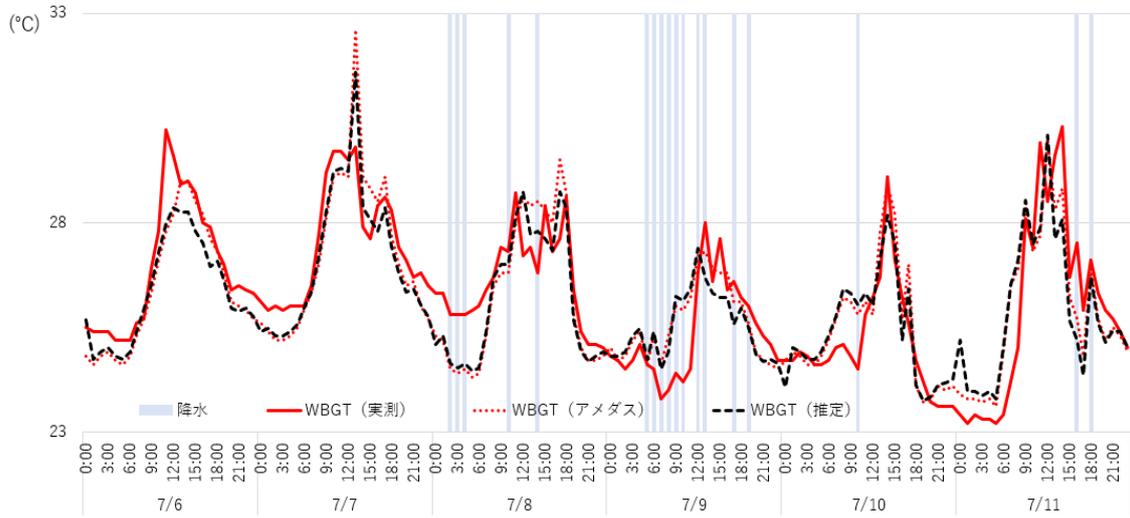
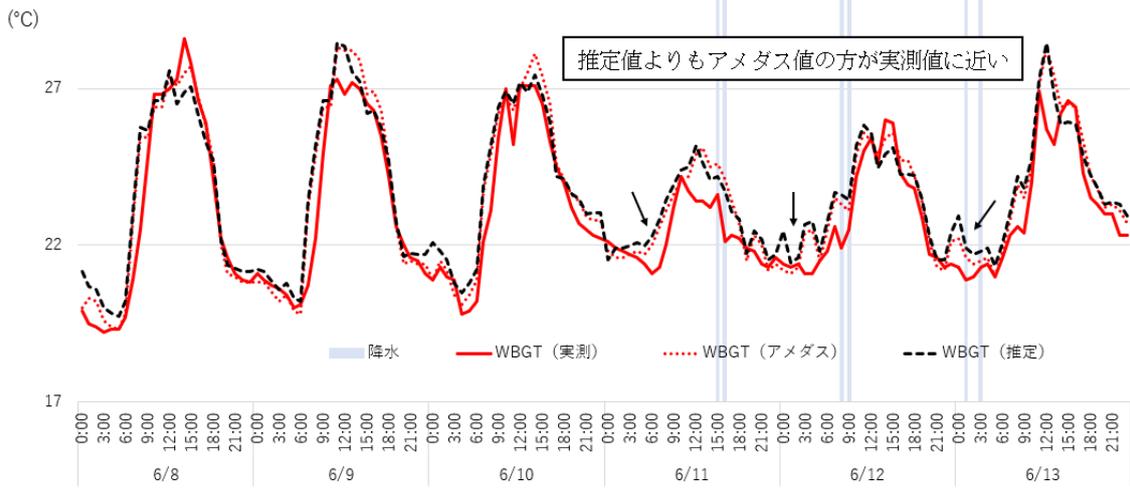
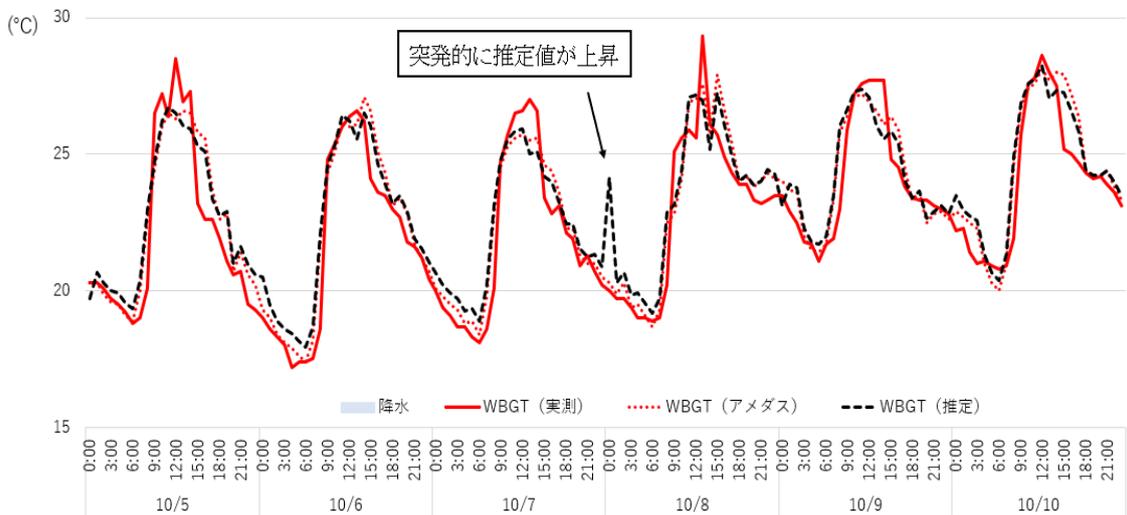
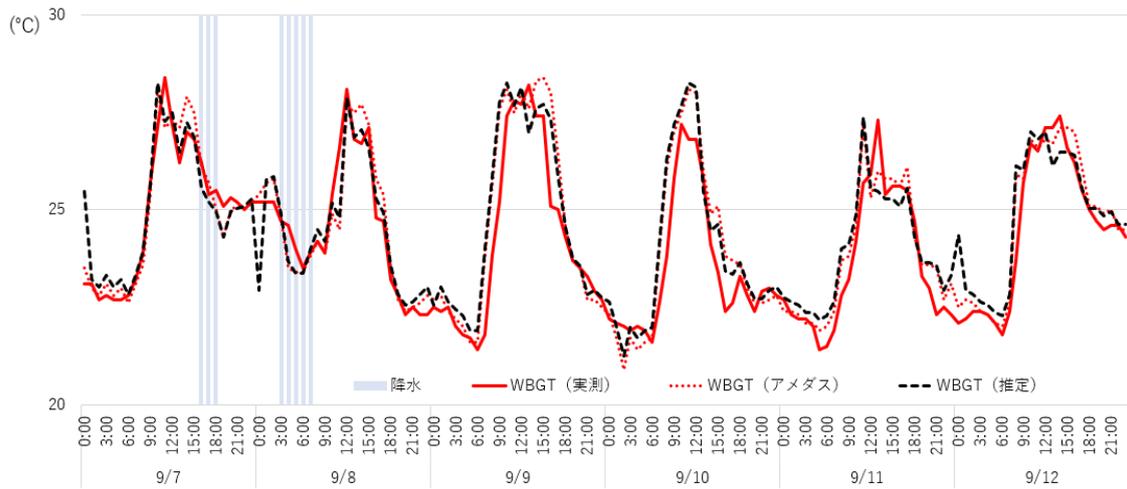


図 15-6 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (福岡②)



(続き) 図 15-6 屋外日向条件の WBGT 推定値との比較 (福岡②)

【屋外日向コンクリート条件】

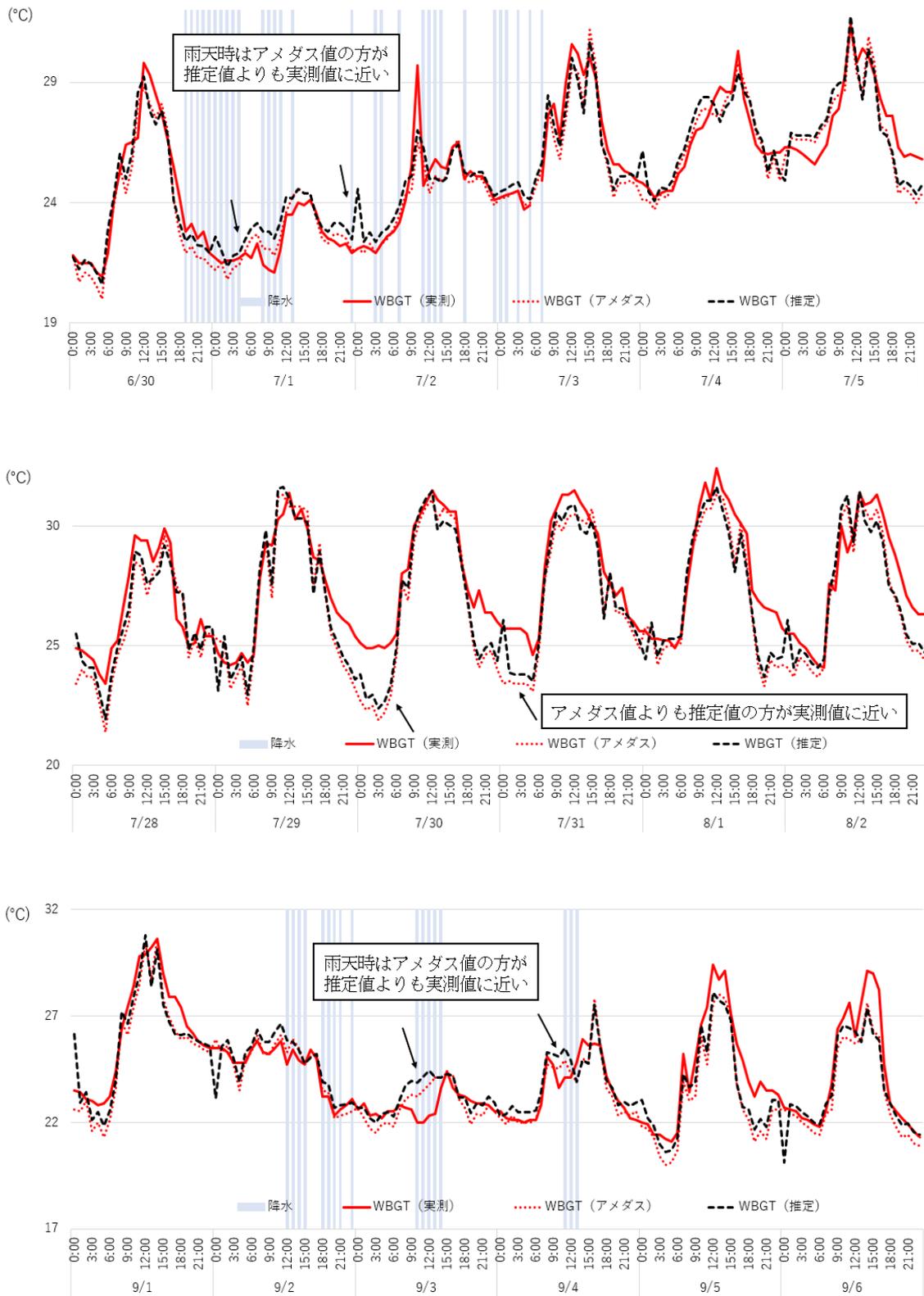
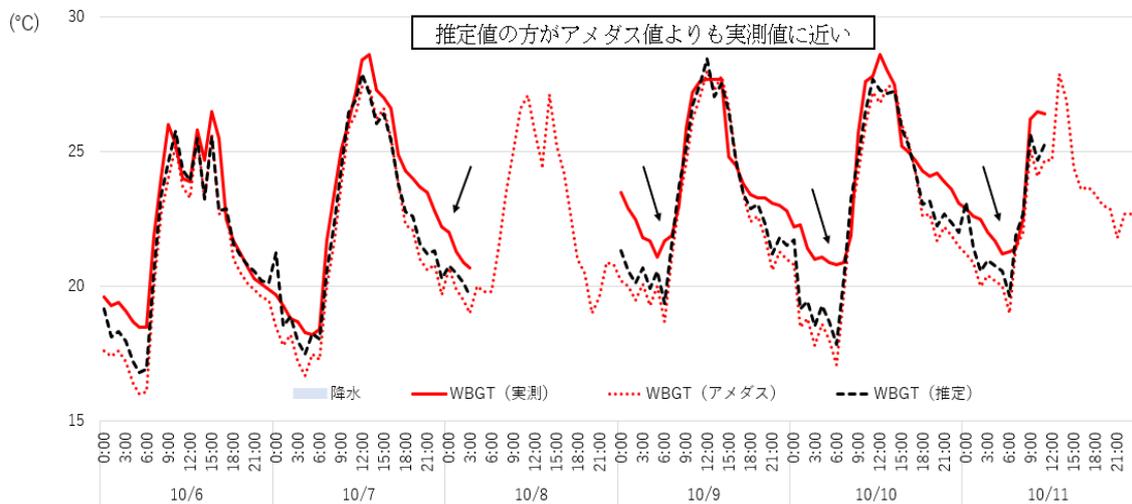
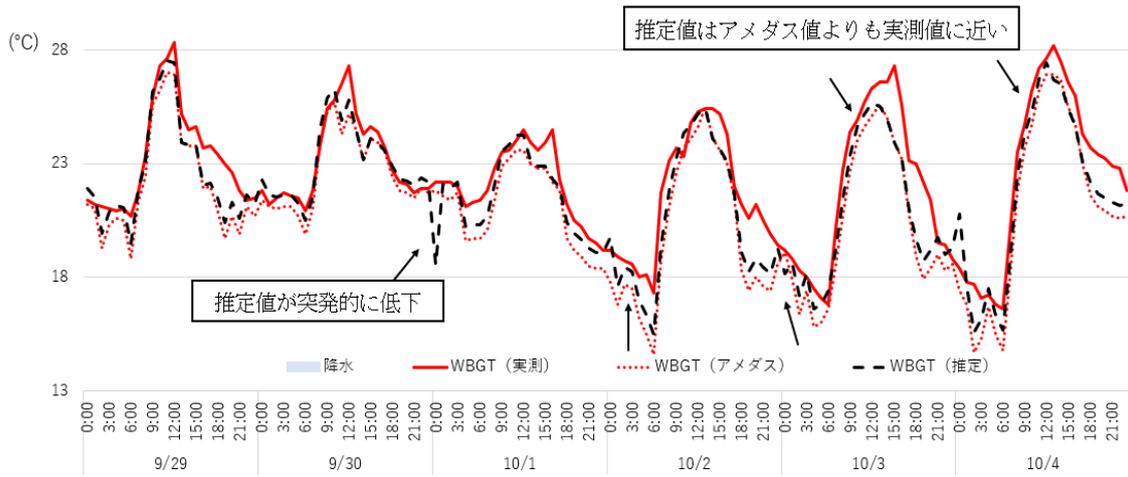


図 16-1 屋外日向コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (大阪)



(続き) 図 16-1 屋外日向コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (大阪)

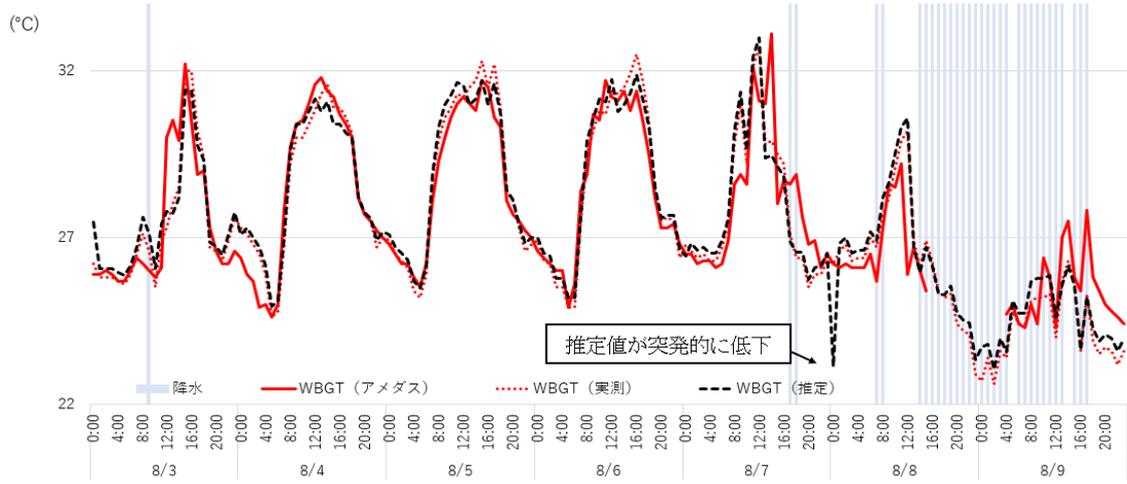
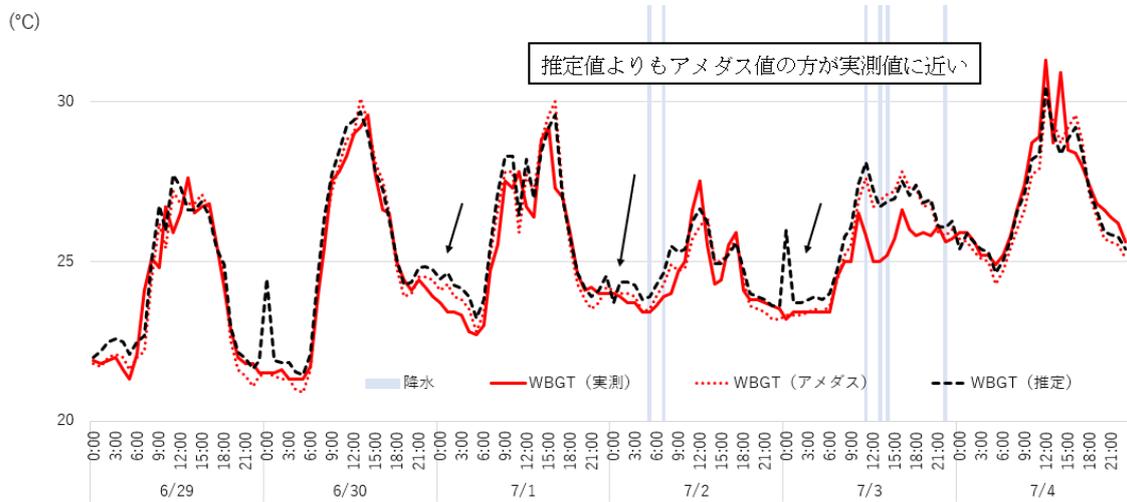
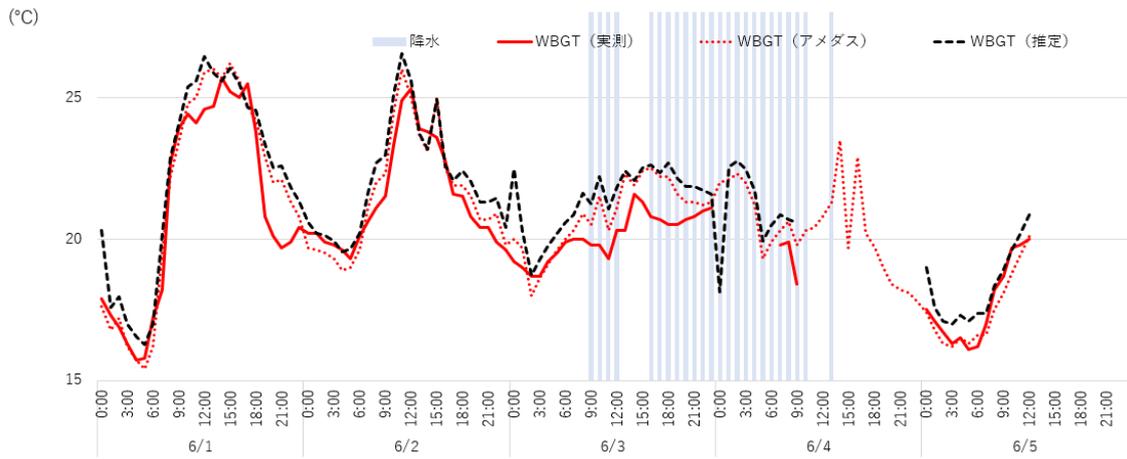
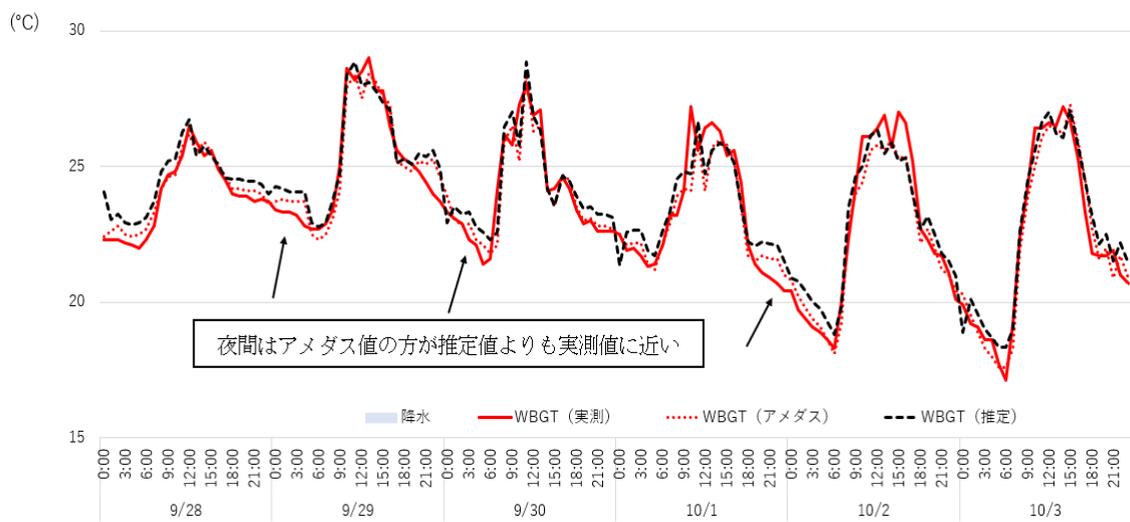
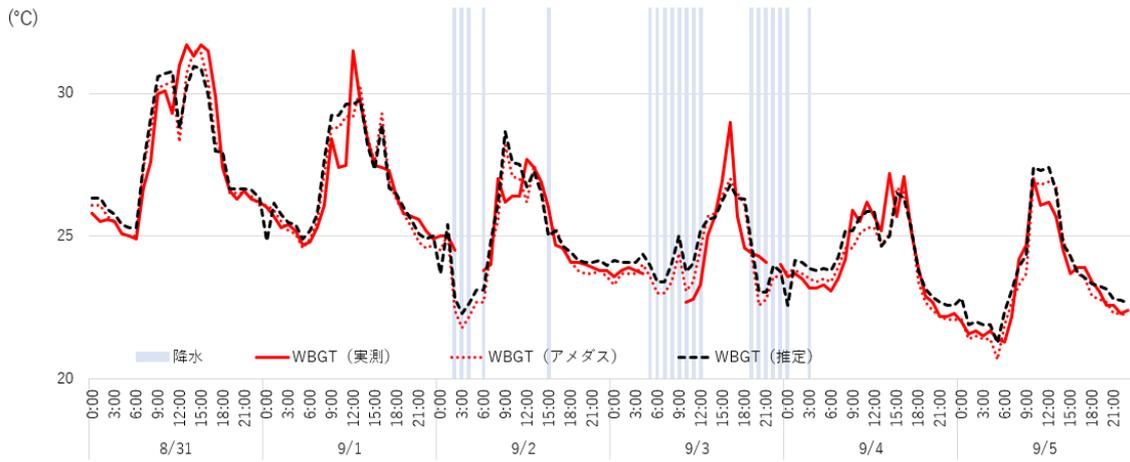


図 16-2 屋外日向コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (福岡②)



(続き) 図 16-2 屋外日向コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (福岡②)

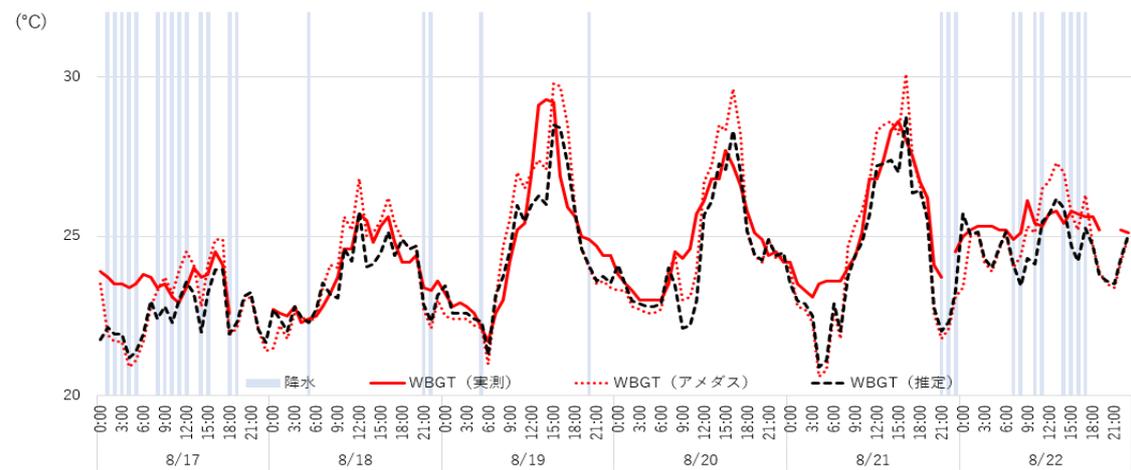
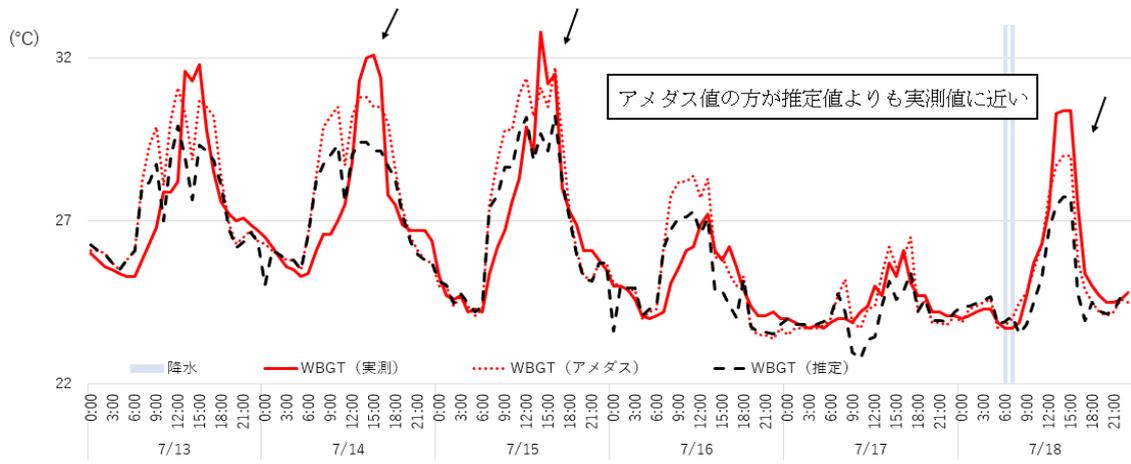
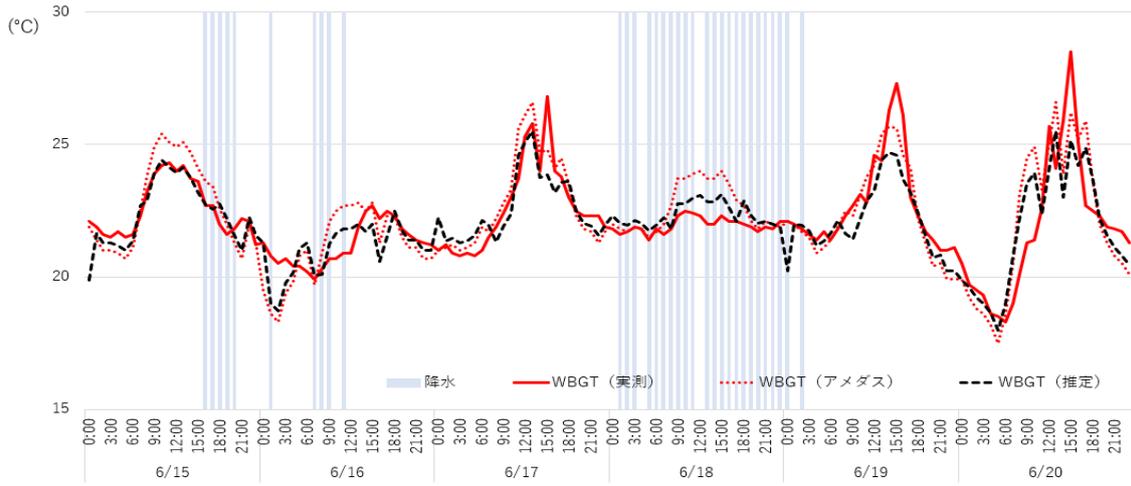
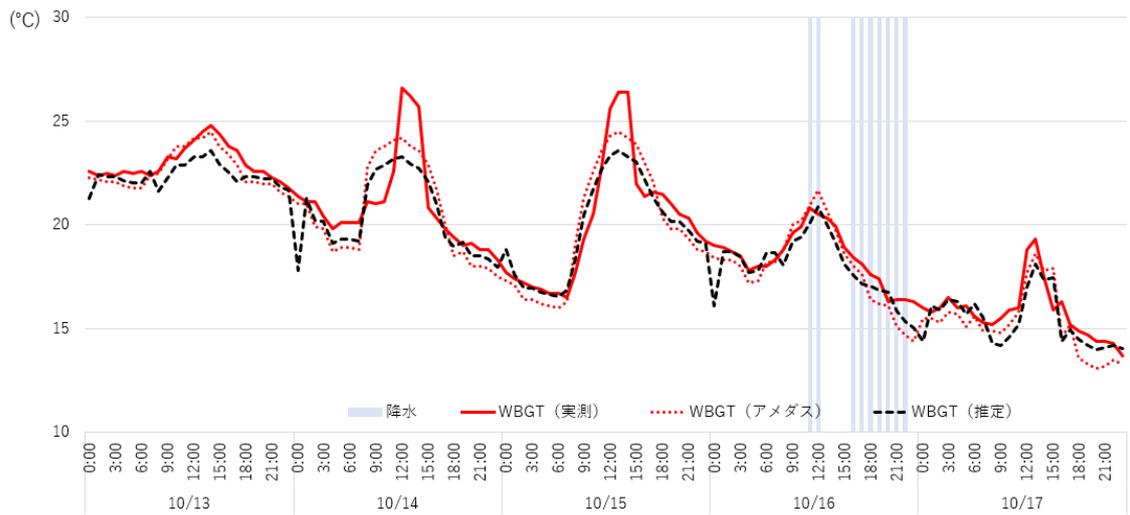
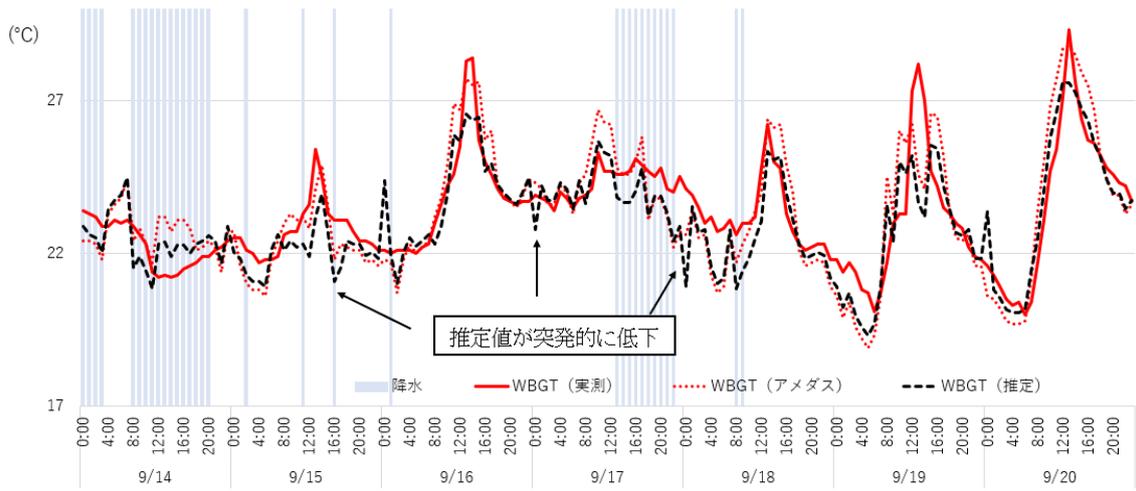


図 17 屋外建物脇コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (福岡②)



(続き) 図 17 屋外建物脇コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (福岡②)

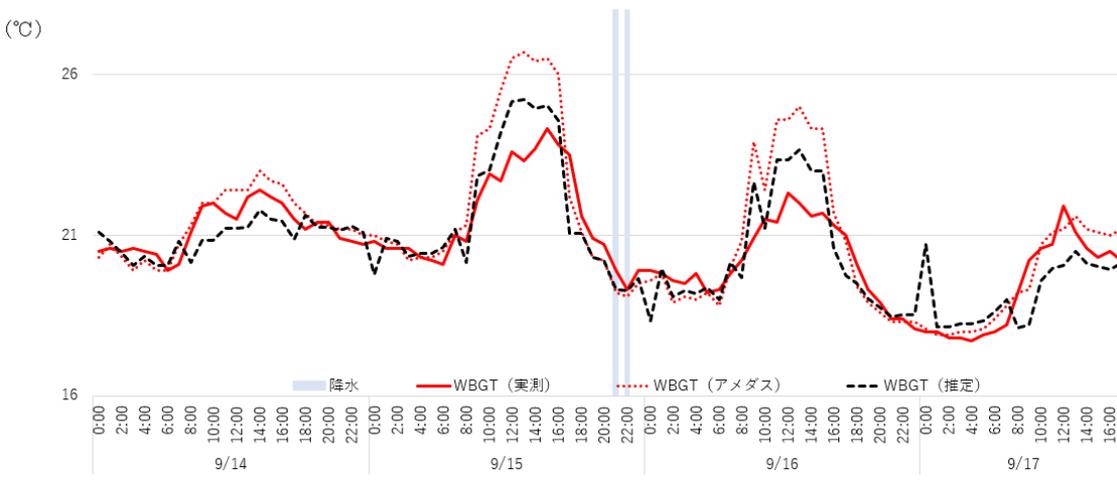
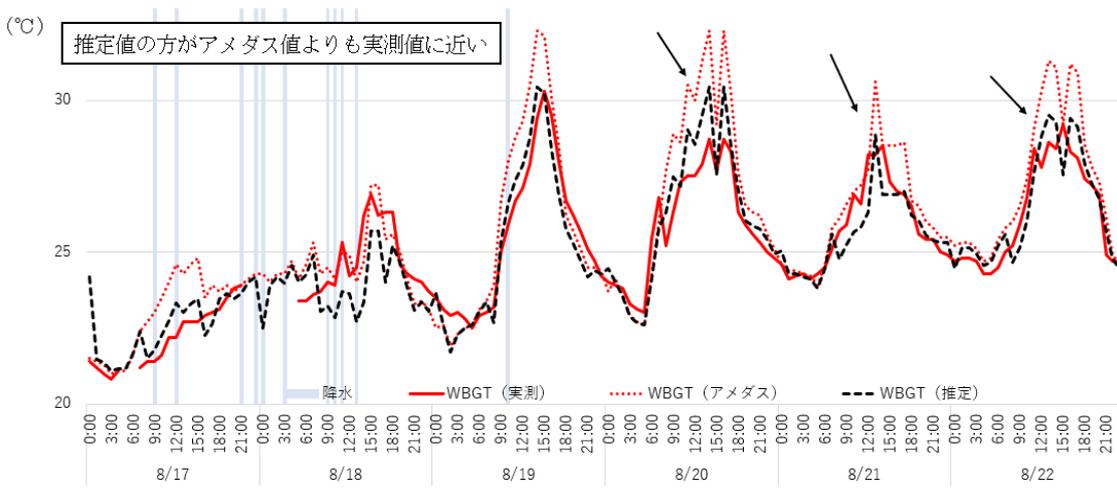
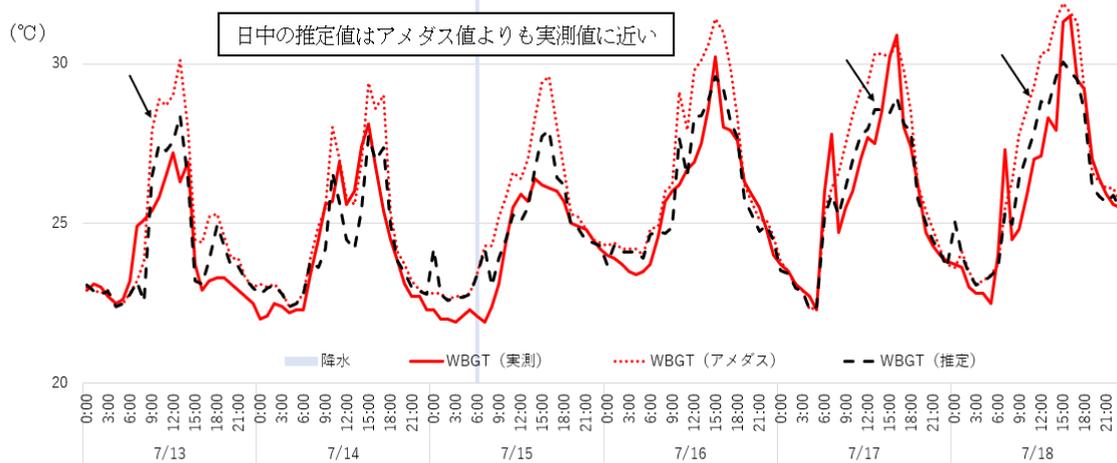


図 18 屋外日陰芝生条件の WBGT 推定値との比較 (群馬)

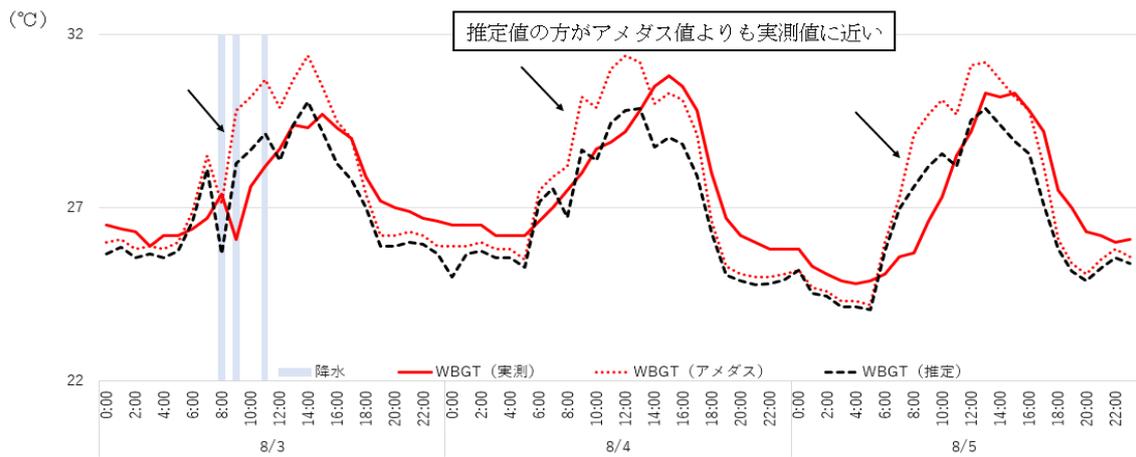
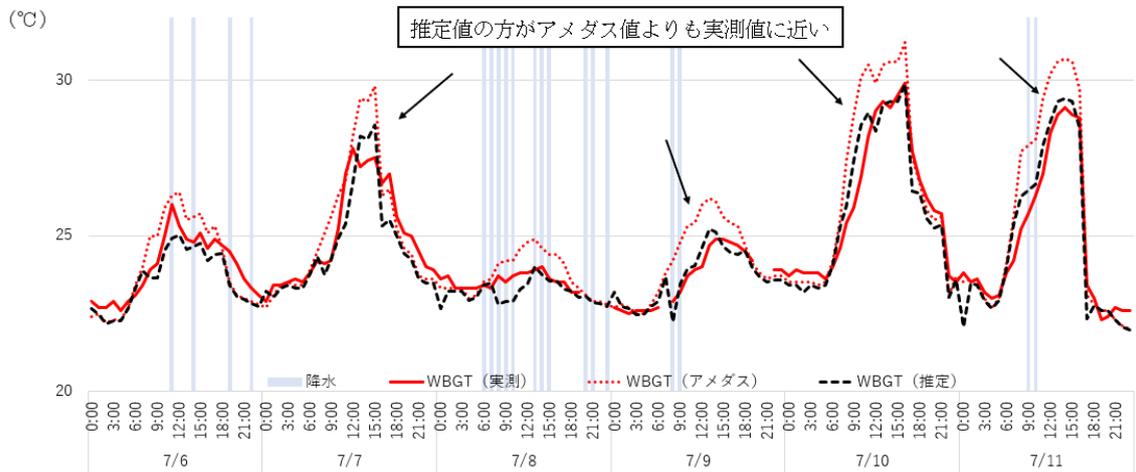
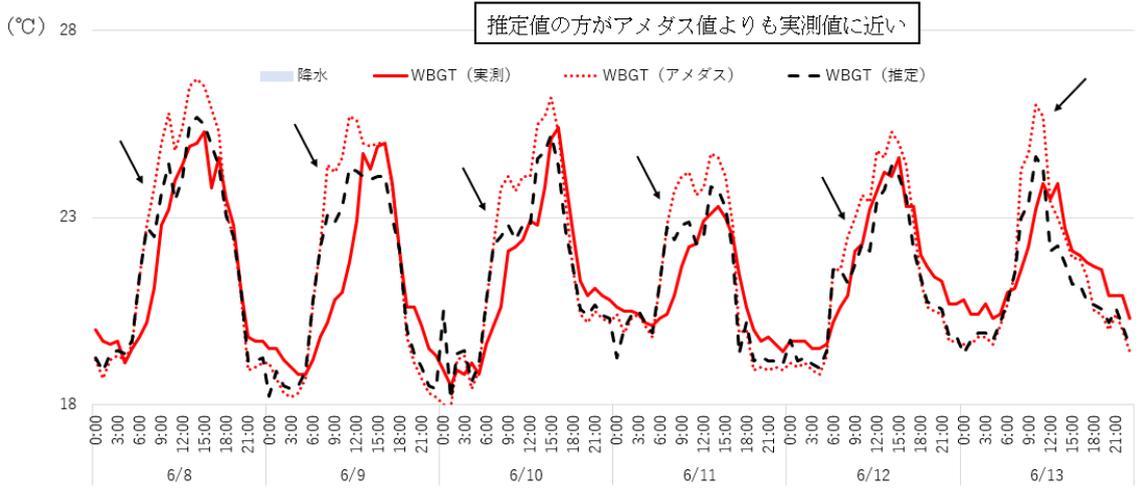
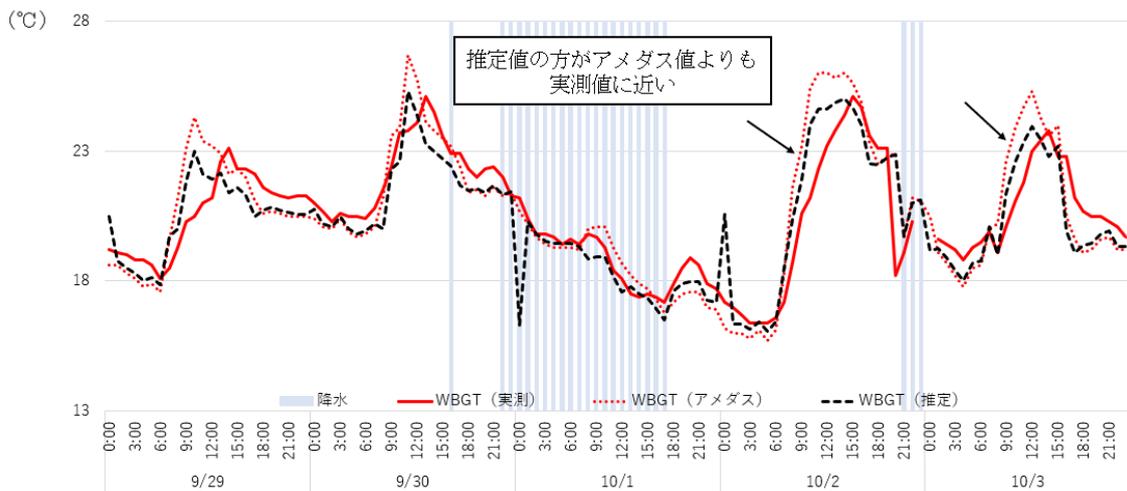
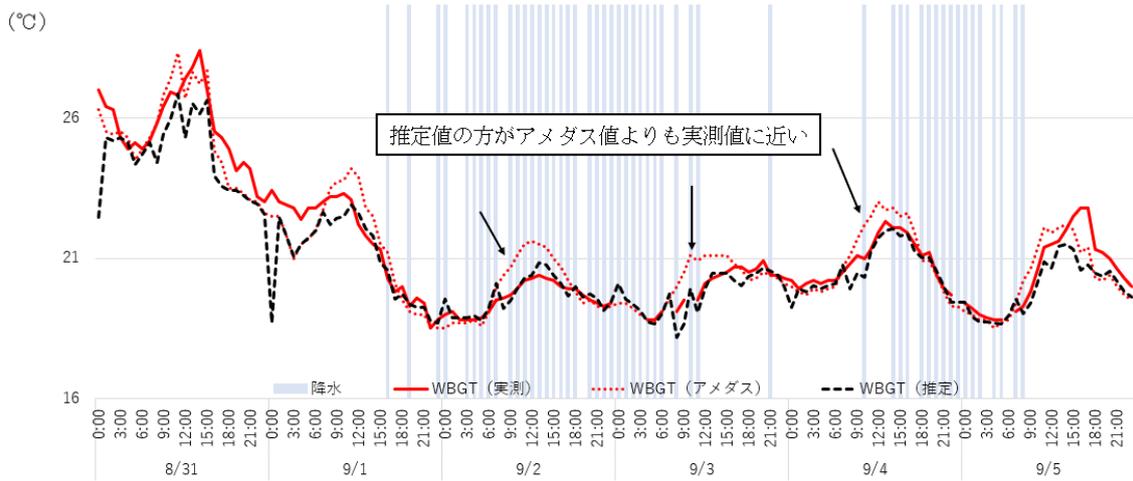


図 19 屋外日陰土条件の WBGT 推定値との比較 (神奈川)



(続き) 図 19 屋外日陰土条件の WBGT 推定値との比較 (神奈川)

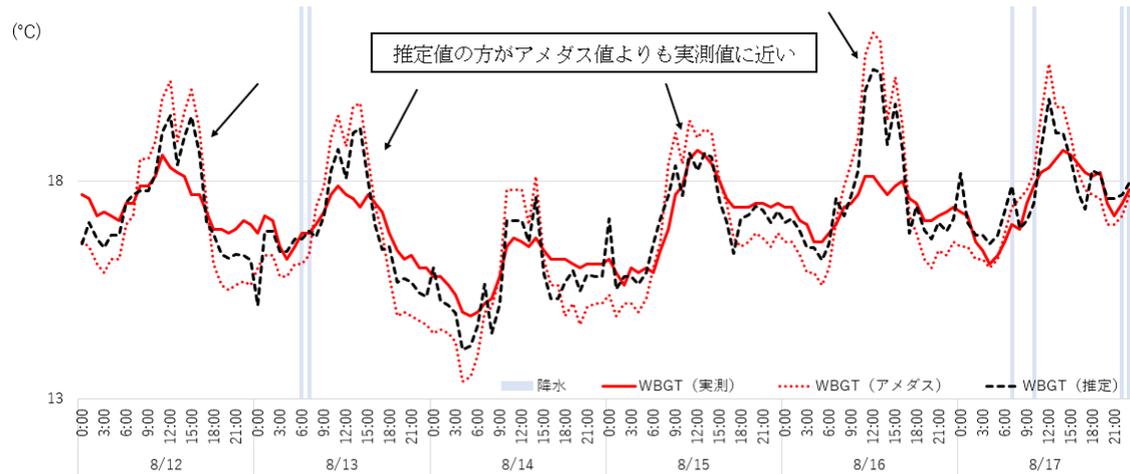
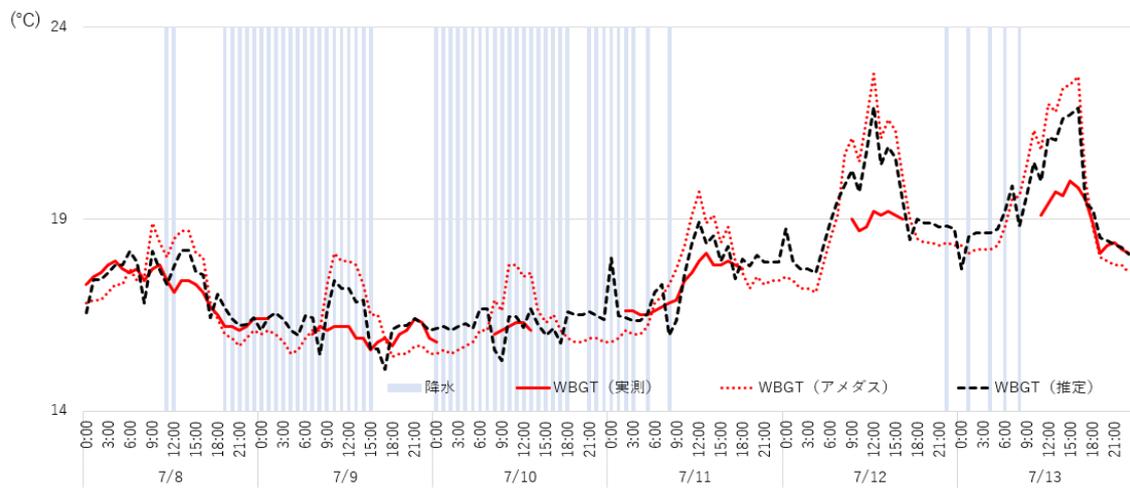
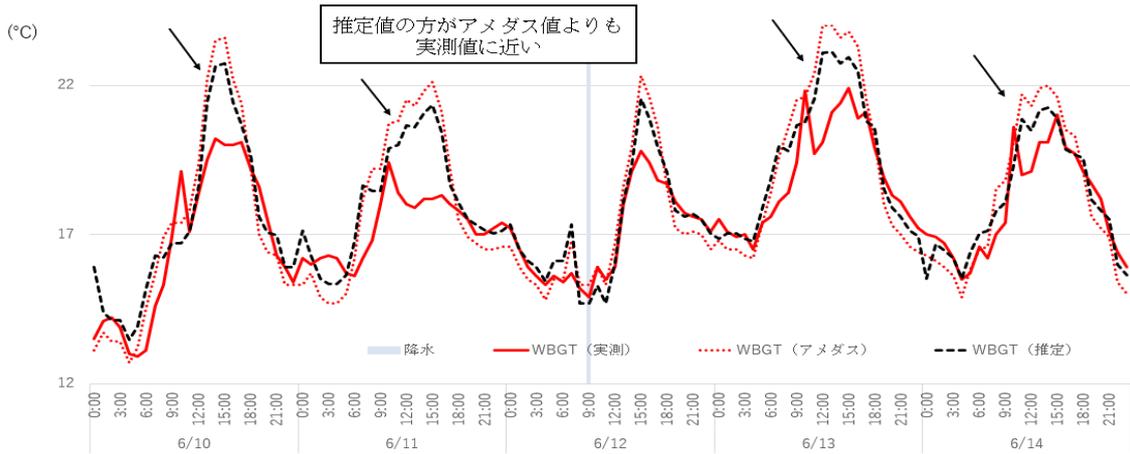
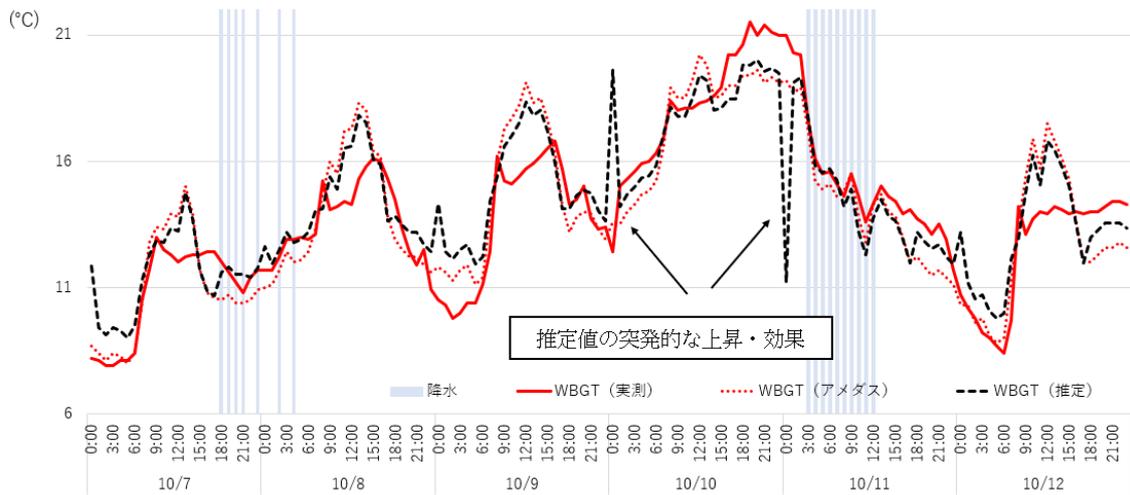
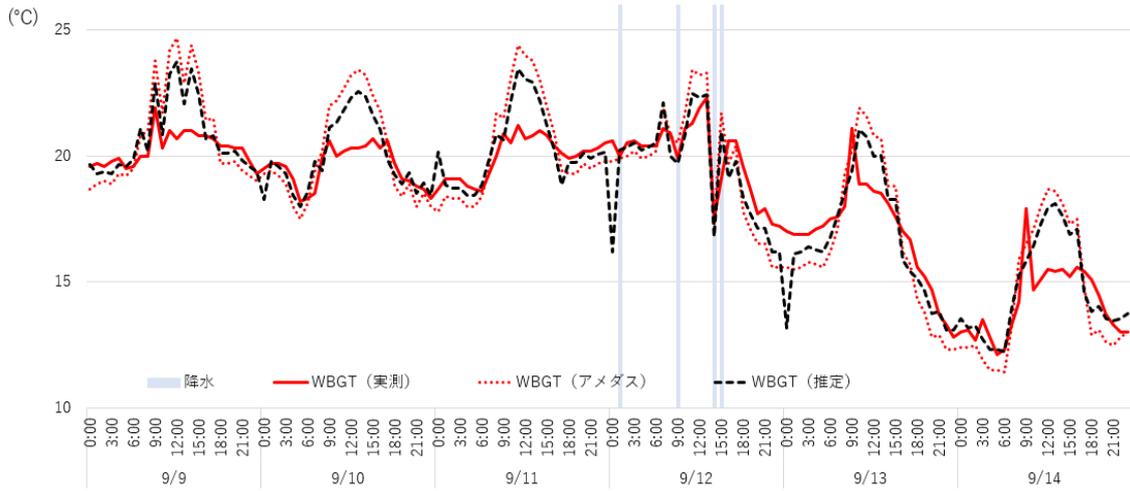


図 20-1 屋外日陰コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (北海道)



(続き) 図 20-1 屋外日陰コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (北海道)

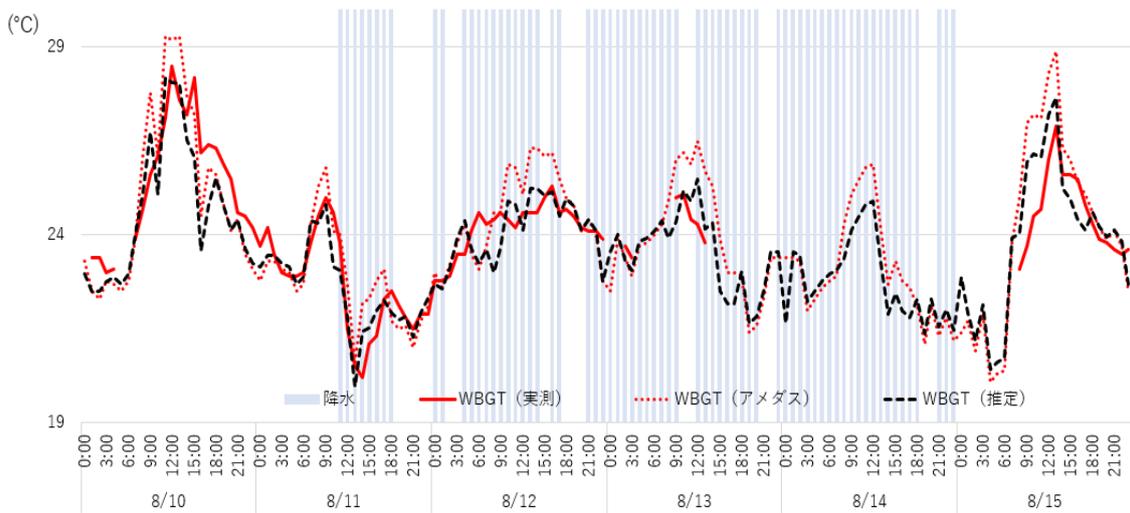
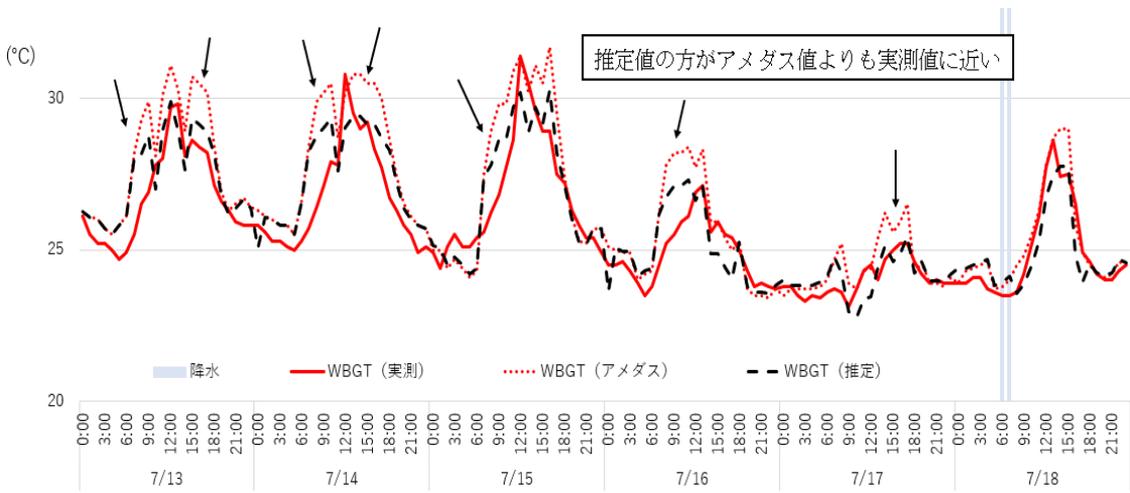
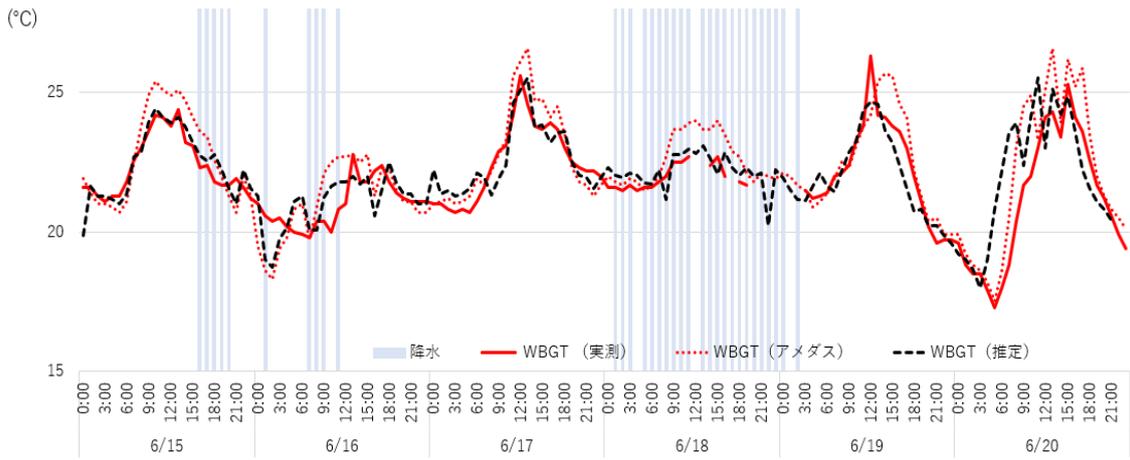
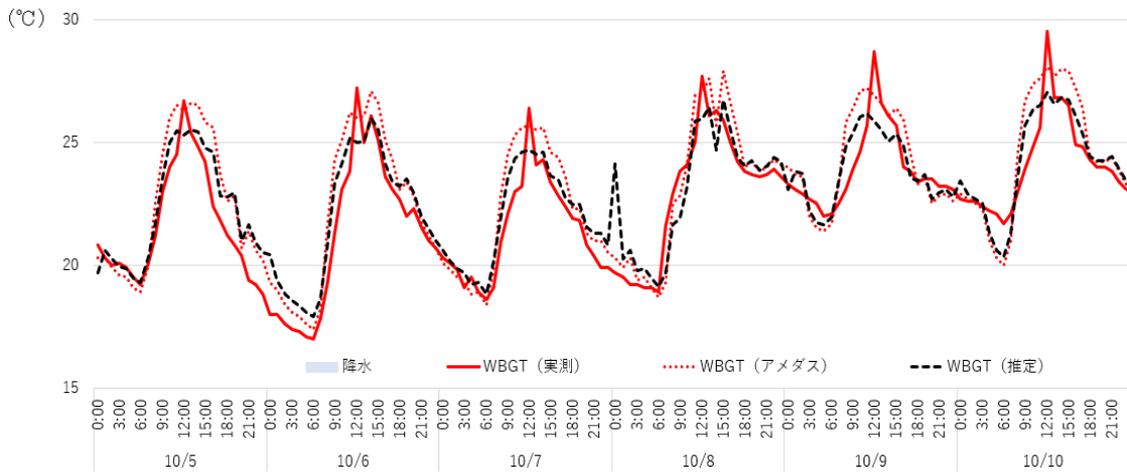
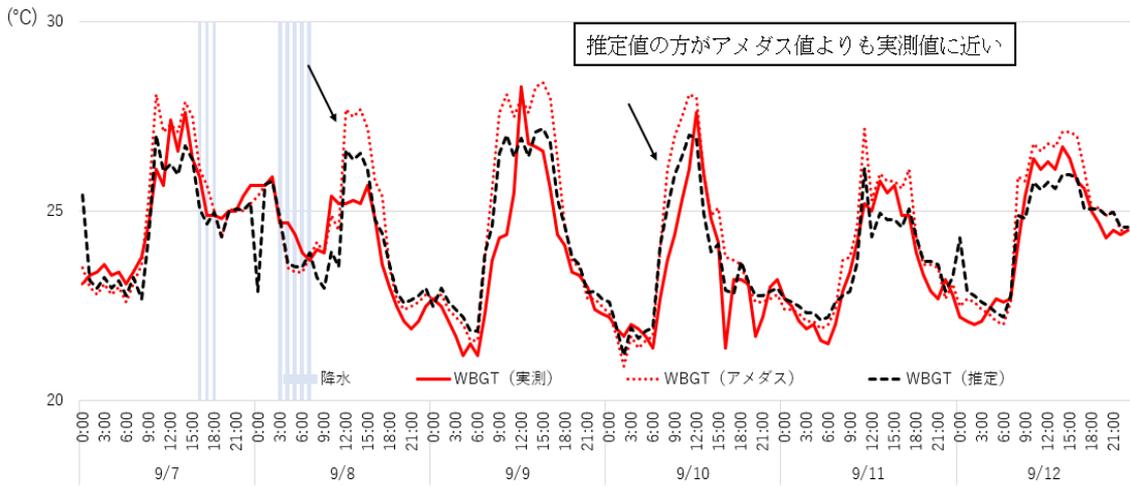


図 20-2 屋外日陰コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (福岡①)



(続き) 図 20-2 屋外日陰コンクリート条件の WBGT 推定値との比較 (福岡①)

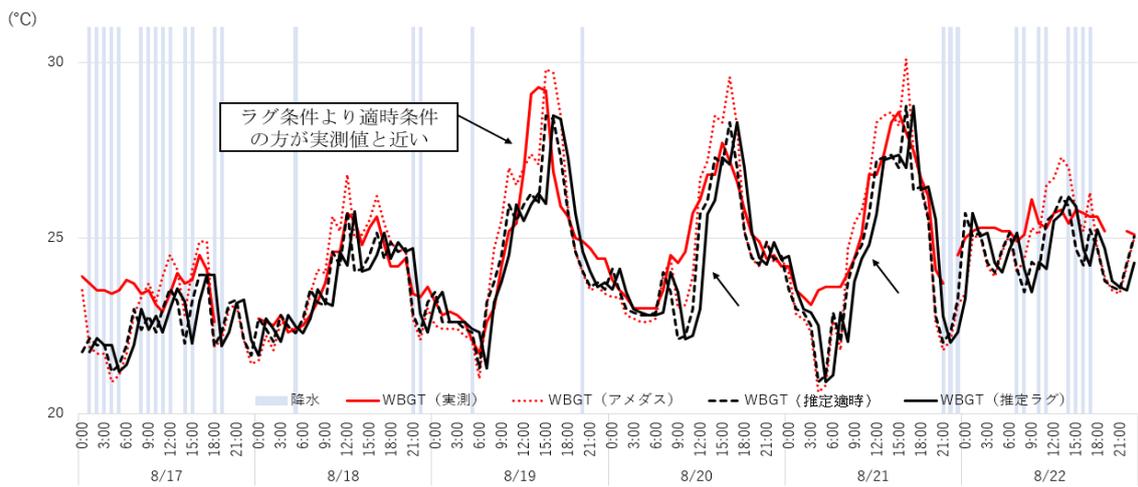
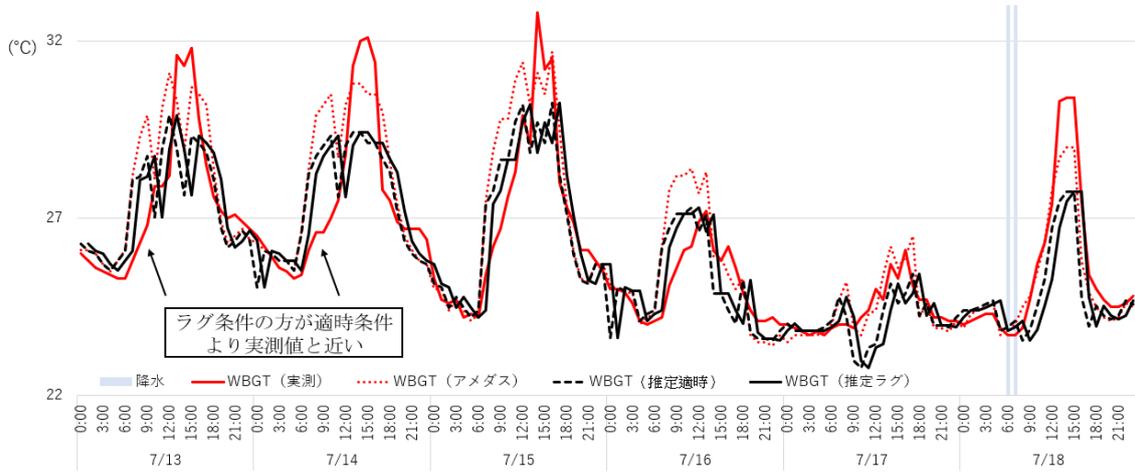
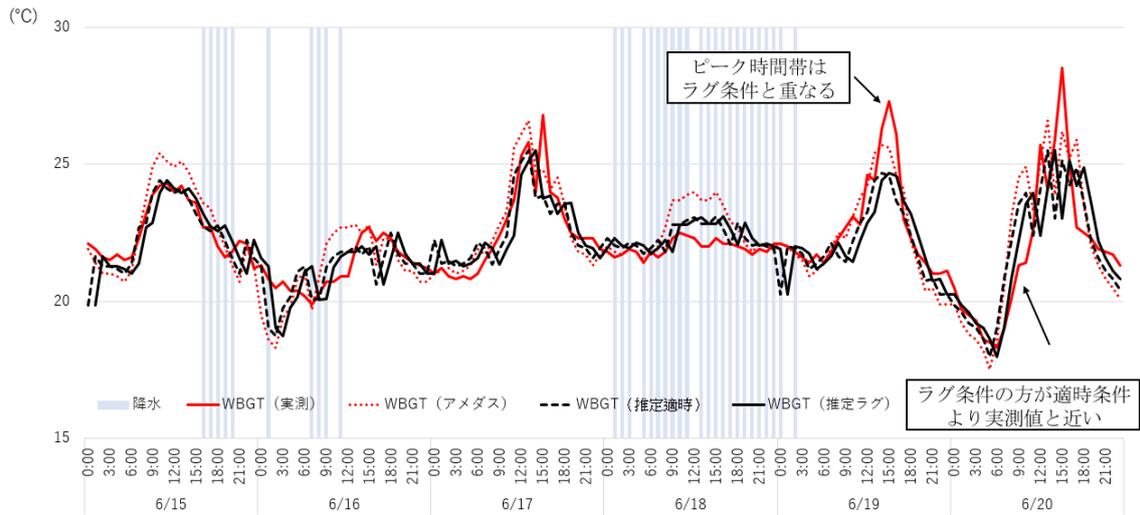
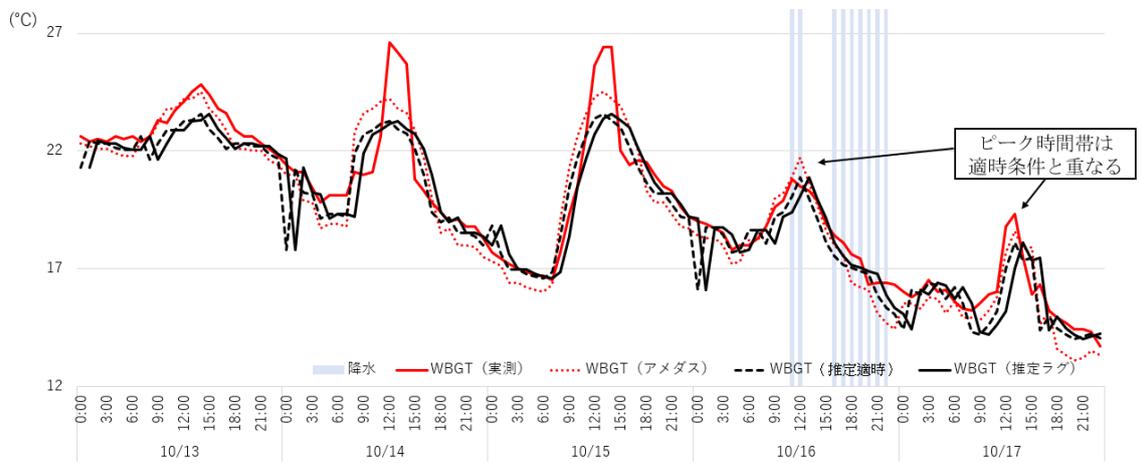
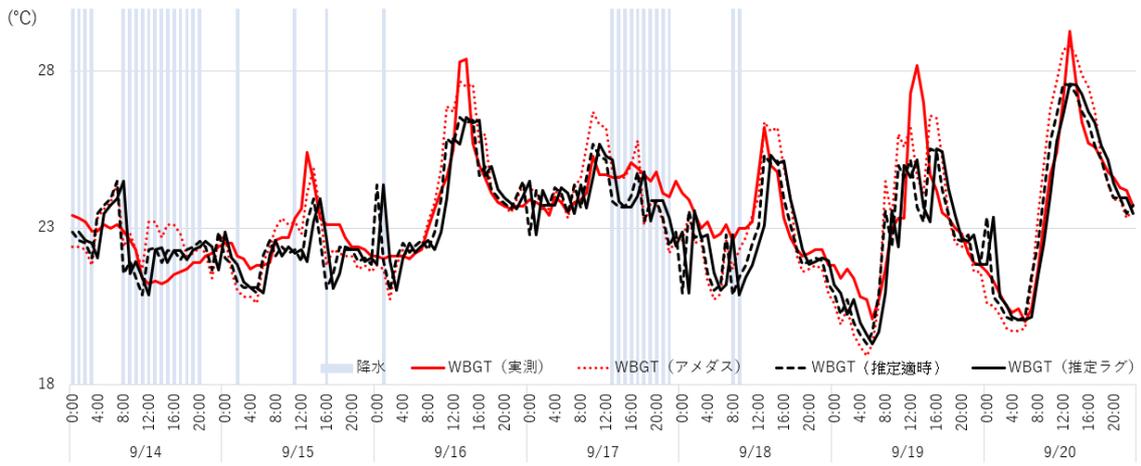


図 21 屋外建物脇コンクリート条件の適時・ラグ条件での推定値の比較 (福岡②)



(続き) 図 21 屋外建物脇コンクリート条件の適時・ラグ条件での推定値の比較 (福岡②)

2 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し、熱中症予防対策に活用できるようにすることを目的とした。医学論文データベースを用いて、屋内の熱中症対策に利用可能と考えられる文献 34 編を抽出し、暑熱対策として、作業環境管理、作業管理、健康管理、労働衛生教育 4 つのいずれかに該当するかによって分類した。さらに、「暑熱対策として反映可能である」と考えた文献 7 編を選出して、その内容を要約した。科学的根拠に基づいた熱中症対策に関する知見を利用可能な形式に加工することで、熱中症予防対策の実効性、質の向上が期待される。

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。2017 年からの 4 年間で休業 4 日以上被災者は合計 4,071 人（うち死亡者 109 人）に達している。このうち、製造業 805 人（うち死亡者 17 人）、運送業 561 人（うち死亡者 7 人）、商業 387 人（うち死亡者 8 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 に示すとおり、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で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、過去 10 年間（2012 年 1 月 31 日～2022 年 1 月 31 日）の文献数を抽出した。さらに研究協力者 2 名が抽出した文献の要旨を 1 文献につき、2 名で抄読し、「屋内作業場の暑熱対策に反映可能か」を判別し、いずれも「可能」と判断した文献を抽出したのち、資料 1 の形式で要約した。両者のいずれかが「可能ではない」と判断した文献は除外した。また、Letter は検索時に、Review 論文は判別時に除外した。

C. 研究結果

2022 年 1 月 31 日時点において、前述の検索語を用いて検索した結果を表 2 に示す。暑熱環境および熱中症関連に特化した 1275 文献のうち、重複を除く 600 文献の要旨を抄読したところ、研究者協力者 2 名ともに「屋内作業場の暑熱対策に反映可能」と判断した文献数は 34 であった。屋内作業

場の暑熱対策として、作業環境管理、作業管理、健康管理、労働衛生教育の4つに分類し、いずれか該当するものを選択して分類した(資料2)。「屋内作業場の暑熱対策に反映可能ではない」が、「熱中症リスクについて有用である」と両者が判断した文献数は61であった。2名のうちいずれかが「可能ではない」と判断した505文献は削除した。抽出した34文献を資料1に示す書式を用いて要約することとした。要約の段階で屋外作業場に関するもの、Review論文等で「可能ではない」と判断したものは除外し、残った7文献を要約したものの概要を資料2に、要約した文書を資料3に示す。

D. 考察

屋内作業場における熱中症対策についての文献数は少なく、屋内作業場での暑熱リスク、さらには熱中症対策に対する認知が十分ではないことが推察された。屋外作業場だけでなく、調理場や倉庫など、熱中症のリスクが高い屋内作業場における熱中症対策が今後の課題であることが示唆された。

E. 結論

調理場や倉庫などの熱中症リスクが高い屋内作業場における暑熱対策について言及した文献を抽出し、7文献を要約した。これらを利用可能な知見として加工し、科学的根拠に基づいた熱中症対策の質の向上が期待される。

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

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

表2 屋内の熱中症事例に関する文献検索結果（続き）

A 環境要因 x B 結果指標

	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

資料1 原著論文の要約形式
文献要約

1 出典

- (1) 著者
- (2) 題目 (邦題)
- (3) 雑誌
- (4) キーワード

2 研究目的と仮説

- (1) 目的
- (2) 仮説
- (3) 背景・意義

3 研究デザイン

- (1) 研究デザイン (以下より選択、複数選択可)

観察研究

分析的研究

横断研究

縦断研究

コホート (前向き) 研究

症例対象研究 (後向き) 研究

記述的研究

症例報告

介入研究

ランダム化比較試験

非ランダム化比較試験

- (2) 研究対象者

① 調査国 (対象者が在住している国)

② 業種・職種

③ 対象者数 (記載があれば性別も)

④ 年代 (平均年齢の記載で可)

⑤ 特定の疾病

⑥ その他

4 測定方法

- (1) 環境要因 ※脚注) の検索語 A から該当するものがあれば記載

(2) 結果指標 ※脚注) の検索語 B から該当するものがあれば記載

(3) 交絡要因

5 統計解析

使用した統計手法

6 結果

7 考察

(1) 結果の解釈

(2) 誤差

①系統誤差

a. 選択バイアス :

情報バイアス :

b. 交絡バイアス (測定誤差など) :

②その他の問題点・疑問点

(要約者が気づいた疑問点も含め、本文内の記載の有無を問わず記載すること)

8 文献内における重要な図表

(文献内の図表のうち、引用・転載した方がよいと思う図表を1つ以上、2つ以内で選択して下さい。文献内に図表のない場合は「図表なし」としてください。)

9 論文の総合評価 主要な結論

※注) 検索語

A 環境要因 (屋内の暑熱職場、業種等)

indoor/kitchen/laundry/cafeteria/Warehouse/Warehousing/nursing home/care
home/bathroom/food production/foodmanufacturing/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

資料 2 文献要約の概要

著者名 (年)	タイトル	対策分類	概要
Hao X, Guo C, Lin Y, Wang H, Liu H. (2016)	Analysis of heat stress and the indoor climate control requirements for movable refuge chambers.	作業環境管理	PHS モデルを用いて可動式避難室の内部環境の設計基準の上限を解析したところ、上限として気温 32°C、相対湿度 70%が推奨された。
Chen R, Sung W, Chang H, Chi Y. (2022)	Applying outdoor environment to develop health, comfort, and energy saving in the office in hot-humid climate.	作業環境管理	オフィスビルの温熱環境調査と空調システム導入による改善効果の検証では、温度が適正であっても、多湿や換気の悪さにより作業者が不快に感じる事が分かった。人の密集状況や電子機器の使用によって空間内の二酸化炭素濃度にも差が生じるため、常に均一な環境を維持できるような空調システム導入が望ましい。
Matsuzuki H, Haruyama Y, Muto T, Aikawa K, Ito A, Katamoto S. (2013)	Workers' load and job-related stress after a reform and work system change in a hospital kitchen in japan.	作業環境管理	病院厨房にてリフォームと作業システム変更後、気温は低下したが身体負荷や職業関連ストレスは増加した。
Zheng G, Li K, Bu W, Wang Y. (2019)	The effects of indoor high temperature on circadian rhythms of human work	◎作業管理 作業環境管理	室内高温環境下における作業効率の変化と概日リズムの影響について

(続き) 資料 2 文献要約の概要

著者名 (年)	タイトル	対策分類	概要
1. Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres RP, Wall-Medrano A, et al. (2014)	Gender- and hydration- associated differences in the physiological response to spinning.	作業管理	バイク運動における生理的反応に対する性差と水分補給の関連性。水分補給を伴わない運動では、男女ともに体温、平均血圧、心拍数の数値が高く、脱水が身体的ストレスを誘発させる。発汗による定役喪失を防ぐために十分な量の水分補給を行うことで、男女ともに身体的ストレスの予防に繋がる。スポーツ選手は、競技参加前に自身の脱水率を評価することが有用である。
Chicas R, Xiuhtecutli N, Elon L, et al. (2021)	Cooling Interventions Among Agricultural Workers	作業管理	農業従事者における冷却バンダナと冷却ベストの効果の観察。冷却バンダナの着用は核心温の上昇を予防する可能性が示唆された。
Xiang J, Hansen A, Pisaniello D, Bi P. (2015)	Perceptions of Workplace Heat Exposure and Controls among Occupational Hygienists and Relevant Specialists in Australia	◎作業環境管理 作業管理 健康管理 労働衛生教育	オーストラリアのオキュペーショナルハイジニストと関連専門家における、職場の暑熱曝露と管理に関する認識のインタビュー調査

文献要約1

1 出典

(1) 著者

Hao X, Guo C, Lin Y, Wang H, Liu H.

(2) 題目 (邦題)

Analysis of heat stress and the indoor climate control requirements for movable refuge chambers

(3) 雑誌

Int J Environ Res Public Health. 2016;13(5). Accessed May 18, 2022. doi: 10.3390/ijerph13050518.

(4) キーワード

movable refuge chamber, heat stress, PHS model, thermal environment, ergonomics

2 研究目的と仮説目的

(1) 目的

PHS モデルを用いて、可動式避難室に閉じ込められた鉱山労働者が受ける熱ストレスを定量的に調査し、避難室内の耐熱環境を維持するための温度と湿度の上限を決定する。

(2) 仮説

記載なし

(3) 背景・意義

炭鉱事故は世界各地で発生しており、炭鉱事故による死亡率を下げるために、可動式避難室が開発された。避難室は、炭鉱事故におけるガス、粉塵爆発、火災、石炭ガスの爆発物、高温ガス、有害ガスから鉱山労働者を保護する機能に加え、十分な空気と食料、水分、耐熱性の環境が必要とされる。

避難室の基本的な条件として、呼吸可能な空気の確保が挙げられる。空気洗浄剤を用いて、避難所の閉鎖空間における二酸化炭素と一酸化炭素の浄化性について調査が行われている。心理的な問題も避難室の設計時に考慮すべき要素であり、20名の避難所内の生体反応と身体的ストレスを分析したところ、現在の避難所基準の見直しが必要であることが示唆された。また、内部の暑熱環境のコントロールも課題である。可動式避難室内は高温多湿になりやすく、死亡や負傷に繋がる可能性がある。しかし、可動式避難室における熱ストレスの定量的な解析に関する文献はほとんどない。

PHS モデルは、暑い作業環境に対して人体が発現する核心温と発汗量を予測する方法である。ISO7933 に準拠し、直腸温の最大許容温度は 38℃、最大水分損失は体重の 5%とした。

3 研究デザイン (1) 観察研究

分析的研究

横断研究

(2) 研究対象者

①調査国

中国

②業種・職種

炭鉱業

③対象者数

PHS モデルに基づくシミュレーションのため、被験者なし

④その他

身長 180 cm、体重 75 kg の標準的な被験者（暑熱順化はしていないが、自由に飲水ができるものとした）を想定し、安静時の代謝率は 60-70W/m²、暑熱条件下では心拍数の増加や発汗により 5-10W/m² の増加を想定した。

4 測定方法

PHS モデルを用いて、可動式避難室に閉じ込められた鉱山労働者が受ける熱ストレスを定量的に測定する。

(1) 環境要因

なし

(2) 結果指標

increase in body temperature, dehydration

(3) 交絡要因

なし

5 統計解析

・使用した統計手法

記載なし

6 結果

中国の可動式避難室の初期設定基準とされている避難室内気温 35℃、相対湿度 80%、避難室外気温 55 度の条件下では、曝露時間 51 分目には直腸温が 38℃に達し、さらに高温環境下にさらされると限界温度（38℃）を超え、熱中症が引き起こされる可能性がある。

曝露時間とともに水分喪失は増加し、324 分目で最大許容水分損失量に達した。体重 75 kg の場合、最大許容水分損失量は 3750g であり、体重の 5%に相当する。それ以上の曝露は深刻な脱水をもたらす可能性があった。

直腸温と水分減少の熱負荷基準を同時に満たすには、最大許容曝露時間は 51 分であった。

気温が 30℃を超えると、避難室内には厳しい熱ストレスがかかる。

避難室外気温の上昇に伴い、曝露限界時間が短くなる。

7 考察

(1) 結果の解釈

避難室設計の温湿度基準は、通常の勤務時間内に閉じ込められた労働者がケガをすることなく安全に生存できる上限値であるべきである。

避難室内の温熱環境は気温 32 度、相対湿度 70%でコントロールすることが推奨される。

(2) 誤差

なし

①系統誤差

a. 選択バイアス：なし

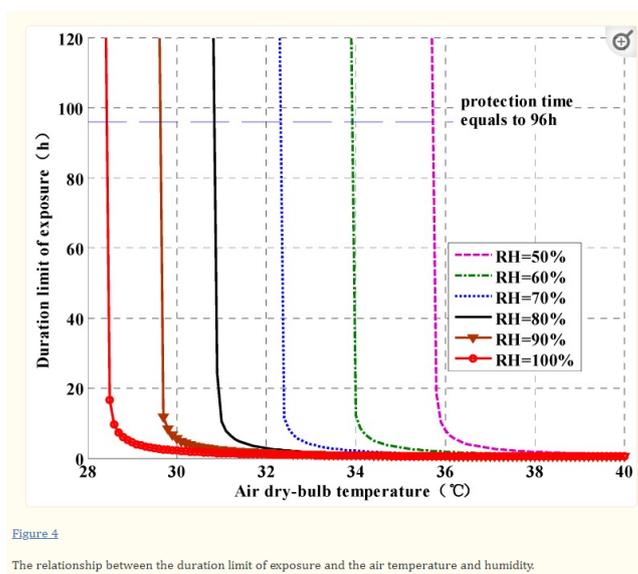
情報バイアス：なし

b. 交絡バイアス（測定誤差など）：なし

②その他の問題点・疑問点

なし

8 文献内における重要な図表



9 論文の総合評価 主要な結論

避難室内の気温が 30°C を超えると熱ストレスが大きくなり、適切な空調対策が必要である。避難室内の温度上昇に影響を与える主な要因は蓄熱であった。避難室の外気温度と壁の断熱材が避難室内の耐熱性に与える影響についても検討し、避難室外の気温が高い場合、断熱性の高い壁が有効であることが分かった。避難室内の熱ストレスは、気温と湿度が 2 大要因である。可動式避難室の内部環境の設計基準として、空気温度 32°C、相対湿度 70% を推奨する。

文献要約 2

1 出典

(1) 著者

Chen R, Sung W, Chang H, Chi Y.

(2) 題目 (邦題)

Applying outdoor environment to develop health, comfort, and energy saving in the office in hot-humid climate.

(高温多湿のオフィスにおける健康・快適・省エネを実現する屋外環境の整備について)

(3) 雑誌

ScientificWorldJournal. 2013;2013.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3842067/>. Accessed May 16, 2022. doi: 10.1155/2013/367283.

(4) キーワード

なし

2 研究目的と仮説

(1) 目的

室内環境温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、気流速を分析・評価し、エネルギー消費量を削減しながら健康で快適なオフィス室内環境モデルを確立する

(2) 仮説

記載なし

(3) 背景・意義

台湾のような高温多湿の気候では、空調利用などのエネルギー消費量が多い。

米国暖房冷凍空調学会では、夏季は環境温度 24.4℃、冬季は 21.7℃を推奨している。

ISO7730 では相対湿度 30～70%を推奨している。WHO では、室内の二酸化炭素濃度を 1000ppm 以下に維持することを推奨している。

ISO7730 規格では、最も快適な温熱環境を作るためには、平均風速 0～1m/s、瞬間風速 0.15m/s 以下、湿度 50%であることを推奨している。

台中市にあるオフィスビルで実施。台中の平均気温は 12.5～29.0℃、8月の最高気温は 34.3℃、最低気温は 24.5℃、年平均の相対湿度は 64～77%であった。

3 研究デザイン

(1) 研究デザイン

記述的研究

症例報告

(2) 研究対象者

①調査国

台湾

②業種・職種

オフィスワーカー

4 測定方法

省エネ型スマート外気空調ボックス (MAU) を組み込んだオフィス空間の温熱快適性レベルをモニタリングした。

オフィスで働く人々へアンケート調査を実施した。

地上 6 階、地下 2 階の 8 階建ての建物のうち、4 階で測定実施。空調システムは CAV 方式 (ダクト内の風量が増減しても決められた風量を流す。供給空気温度は空間の熱負荷に応じて調整される)

室内環境を改善するため、VAV の空調システムを導入した。

駐車場や車道や植え込みの植物の位置など、建物の換気口の適切な位置を検討した。

省エネ改善のため、①インバーターと冷水エアコンの設置、②室内空気交換率の向上と不快感の軽減のため、24 の出力を持つ 3 つの PAH を設置、③冷水エアコン、冷却塔、圧縮機のエネルギー消費を監視し、システムのエネルギー効率を制御して省エネ効率を高めるための BEMS (ビル・エネルギー管理システム) の導入をおこなった。

(1) 環境要因

indoor

(2) 結果指標

hot temperature/extreme temperature/temperature rise

(3) 交絡要因

なし

5 統計解析

・使用した統計手法

記載なし

6 結果

夏季の測定値では、二酸化炭素濃度が 910~1200ppm と基準値より高く、特に 9:30~14:00 と 17:00 に高かった。冬季は 170~639ppm。室内の二酸化炭素濃度の推移は、オフィス内の人の流れに関係していた。

夏季の平均風速は 0.01m/s、冬季は 0.05m/s であった。夏季の気流速の低さと二酸化炭素濃度の高さは、換気不良が原因であると考えられた。

体の症状に関するアンケート調査では、有効回答者 (もともとアレルギーや風邪症状のある人、睡眠時間 6 時間未満の人、夜勤勤務者を除いたもの。26~58 歳) の 30.8% が夏季に週 2 日

以上の頻度で炭酸ガス濃度に関連する症状（頭痛、息苦しさ、めまい、記憶力低下、注意力低下、耳鳴り、倦怠感、眠気、胸のつかえなど）を2つ以上呈していた。冬季に2つ以上の症状があった人は有効回答者の23.4%であった。オフィスの換気不良を改善する必要性が考えられた。

空気環境に関するアンケート調査では、ほとんどのオフィスワーカーが室内換気に不満を持っており、改善を望んでいることが分かった。冬季の室内気流は夏季よりも早く、空気室は基準をクリアしており、温度や換気量の調整、新鮮な空気の流入を増やすことで改善できる可能性があることが分かった。

省エネシステム導入後、室内温度は約21.2～23.8℃であり、ASHRAEが提案するET24.4℃より0.6～3.2℃低くなっていた。人の多い就業時間中は空調使用頻度が高く、設定温度も低くなっていた。人の出入りが緩やかな場合や、部屋の中の人が少ない場合、室内温度は相対的に低くなった。冬季の測定温度は19.7～21.5℃で、ASHRAEが提案するET21.7℃に近い温度となった。したがって、測定環境は快適な温度になっていた。

二酸化炭素濃度については、出入り口やコピー機の付近など、区画によって人の流れや電子機器の頻回な使用により濃度にばらつきがあることが分かった。人の流れが少なく、外に植物が植えられている区画4、7は二酸化炭素濃度も低く、区画4、7の外気をエアインターチェンジャーで室内に循環させることとした。

ASHRAE規格を用いて快適度範囲を想定し、室内温度、湿度、熱的快適性を解析した結果、夏季の測定期間の32%が標準快適領域に達し、残りの不快な状態は過度な湿度によって引き起こされてきたことが分かった。新たな空調システムにより湿度を改善し、95%が標準快適領域に到達した。

省エネシステム導入により、年間244936kWhの省エネが可能であることが分かった。

7 考察

(1) 結果の解釈

室内温度が快適温度範囲より低い場合でも、気流速が低く換気が悪いと二酸化炭素濃度が高くなり、不快に感じやすくなる。その他の要因として、室内の匂い、狭いスペース、過剰な電子機器により不快感を訴える労働者もいた。

台湾の気候は湿度が高く蒸し暑いいため、温度は快適な範囲内であっても、湿度により不快に感じる事が分かった。気流速の強さも快適さの感覚に影響を与えた。

インバーター付水冷式空調機の設置により、省エネルギー化が図れることが分かった。さらに、BEMS（ビルエネルギー管理システム）により、冷水空調機、冷却塔、コンプレッサーの消費電力を監視することでエネルギー効率を制御し、省エネ効率を向上させることができる。

(2) 誤差

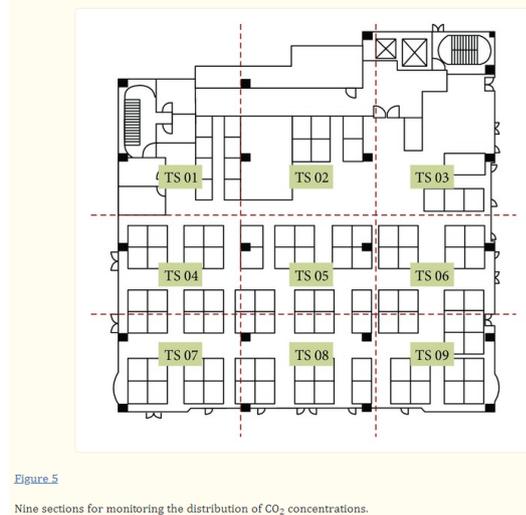
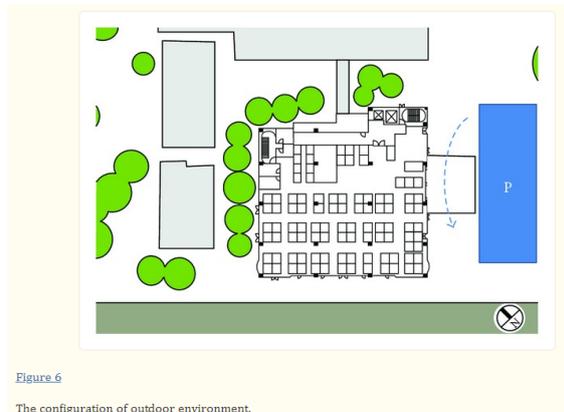
① 系統誤差

- a. 選択バイアス：なし
情報バイアス：なし
- b. 交絡バイアス（測定誤差など）：なし

②その他の問題点・疑問点

なし

8 文献内における重要な図表



9 論文の総合評価 主要な結論

室内環境をモニタリングし、温度が適正であっても、多湿や換気の悪さにより作業者が不快に感じる事が分かった。人の密集状況や電子機器の使用によって空間内の二酸化炭素濃度にも差が生じるため、常に均一な環境を維持できるような空調システム導入が望ましい。また、空調利用によるエネルギーの省力化については、ビルエネルギーマネジメントシステムの活躍が期待される。

文献要約 3

1 出典

(1) 著者

Matsuzuki H, Haruyama Y, Muto T, Aikawa K, Ito A, Katamoto S.

(2) 題目 (邦題)

Workers' load and job-related stress after a reform and work system change in a hospital kitchen in japan.

(日本における病院の厨房のリフォーム後および作業システム変更後の作業者の負荷と仕事関連ストレス)

(3) 雑誌

Environ Health Prev Med. 2013;18(2):171-176. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3590319/>. Accessed May 12, 2022. doi: 10.1007/s12199-012-0291-9.

(4) キーワード

Workplace environment, Work load, Job-related stress, Work system, Kitchen

2 研究目的と仮説

(1) 目的

病院の厨房における職場環境や勤務体制の変更後に、労働者の作業負荷や職務関連ストレスに変化があったかどうかを検討すること

(2) 仮説

記載なし

(3) 背景・意義

厨房の職場環境は厳しいとされるものが多いが、厨房の改革や作業システムの変更を行う場合、それが厨房の作業人や環境にどのような影響を与えるかという問題が生じる。

3 研究デザイン

(1) 研究デザイン

観察研究

縦断研究

コホート (前向き) 研究

(2) 研究対象者

①調査国

日本

②業種・職種

食品製造業

③対象者数

男性 7～8 名（作業負荷）

45～53 名（仕事上のストレス）

④年代

身体的作業量の比較：中央値 41.2 歳（改変前）、42.9 歳（改変後）

4 測定方法

(1) 環境要因

kitchen

(2) 結果指標

作業負荷：改革前後の作業時間、水分喪失、心拍数、活動量（METs）

仕事上のストレス：職業性ストレス簡易調査票（自己申告式の匿名質問票）

(3) 交絡要因

記載なし

5 統計解析

・使用した統計手法

被験者の特性：カイ二乗検定

気温、湿度、年齢、身長、体重、体格指数（BMI）、水分損失、心拍数、メッツ：

student の対応のない t 検定

仕事上のストレス：男性と女性に分け、Mann-Whitney U 検定

6 結果

食事時間当たりの生産量、一日当たりの従業員数、男性従業員比率はほぼ変わらなかった。改変により厨房のスペースが 18%増加し、作業動線が延長され、エアコンが 32 台導入された。

ワゴンが新型になり重さが 3.2 倍（63.5→265 kg）になり、運用は男性従業員に限定された。専門的な調理作業が減り、コンベアによる食器洗浄やワゴンを使った作業が増えた。改変後の厨房の気温は（改変後の外気温の方が改変前より高かったものの）5.6℃程度低下した。

厨房と屋外の湿度は改変後上昇していた。

被験者の年齢、身長、体重、BMI は改革前と改革後では有意な差は見られなかった。

被験者の水分損失は減少し、改革後の心拍数と METs は改革前と比較して有意に増加した。

仕事上のストレスの変化には男女間で差があり、男性では仕事上のストレスの総得点が上昇した。

職場性ストレス簡易調査票の点数は男女ともに優位に改善された。

7 考察

(1) 結果の解釈

改革は、厨房内にエアコンを設置し、気温を大幅に改善したこと、食中毒事故防止のために保温・保冷ワゴンを導入し、作業システムを変更したこと、その結果、男性作業者の心拍数、METs、主観的業務ストレスが増加したことから構成されている。

作業負荷については、家庭での調理（2.0 METs）、食器洗い（2.3 METs）、食器運搬での活動量（2.5 METs）である。本研究の作業員は、重くて大きなワゴンを操作し、広い厨房や病院内を移動するため、家庭での活動量よりもMETsが高くなった。時間的なプレッシャーが知覚的な仕事量と心拍数を増加させることが報告されている。

男性労働者は中高年の正社員であり、長年同じ職場で働いてきた彼らは、ワゴン操作や食器洗いなどの専門外の仕事に従事することになり、仕事に関するストレスが増加した。男性労働者の量的過負荷、職務統制、職務適性に対する主観的評価に影響を与えた可能性がある。

(2) 誤差

① 系統誤差

- a. 選択バイアス：改革前と改革後の2年の間に退職者や新規採用者がいたため、調査対象者が全く同じでなかったため、個人ではなく集団の変化を比較する必要があった。

情報バイアス：アンケートが匿名であったため、制度変更による個人内変化を明らかにすることが困難であった。

- b. 交絡バイアス（測定誤差など）：エアコン導入、作業システムの改変というように変数が複数となった。

② その他の問題点・疑問点

事例研究であるため、結果をすべての厨房改革に一般化できず、改修や勤務体制変更の効果を評価するためには、さらなる研究が必要である

仕事量の測定は一度だけであり、再現性には疑問が残る。

エアコン導入と作業システムの改変という2つの変数があるため、改革前後の評価が難しい。

8 文献内における重要な図表

なし

9 論文の総合評価 主要な結論

エアコン導入により厨房内の環境改善が行われた。大型で重量の大きい保冷・保温ワゴンの導入により男性作業者の身体的負担が増加した。作業システムの改善により、従来の作業内容からの変更に伴う男性作業者の仕事に関するストレスが上昇した。

文献要約 4

1 出典

(1) 著者

Zheng G, Li K, Bu W, Wang Y.

(2) 題目 (邦題)

The effects of indoor high temperature on circadian rhythms of human work efficiency.
(室内高温がヒトの作業能率のサーカディアンリズムに及ぼす影響について)

(3) 雑誌

Int J Environ Res Public Health. 2019;16(5).<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6427146/>. Accessed May 12, 2022. doi: 10.3390/ijerph16050759.

(4) キーワード

indoor high temperature, work efficiency, circadian rhythm, cosinor method, response time

2 研究目的と仮説

(1) 目的

概日リズムによるパフォーマンスの低下を予測し、人的要因による事故を最小化する。身体能力の評価には反応時間、主観的感觉、握力を採用した。生理学的パラメータと能力パラメータの間の固有の関係を分析し、能力指標の直接測定に代わるより簡便な方法を模索する。

①作業現場での能力指標の直接測定に代わる方法を模索する。

②暑い室内環境における人間の能力を総合的に評価する方法を開発する。

③人的要因に起因する事故を最小限に抑えるために、パフォーマンス低下を事前に予測する。

(2) 仮説

記載なし

(3) 背景・意義

チャンバー内で 40°C、45°C をシミュレートし、暑熱順化のない 10 名の男性を選択。20 分毎に握力、知覚、指の柔軟性、反応時間、知能テストを行ったところ、20 分経過時に握力は 3.2% 低下し、最小知覚力は 4.36 倍に増加。45 分経過時に握力は 12% 低下し、最小知覚力は 2.89 倍に増加。反応速度は初期に加速し、時間と共に低下し、メンタルテスト時間は短縮され、エラー率は増加した。

22、24、26、29、32°C の環境をシミュレートし、36 名の被験者を 2 群に分け、一方の群は暑熱環境に曝露させ、もう一方の群は 26°C の環境下で記憶タイピング課題を施行した。温度と作業効率の関係は、U 字型曲線の傾向を示した。

先行研究では、主に高温が人間の作業効率に及ぼす影響や、概日リズムと脳の認知機能との関係に焦点が当てられている。しかし、人間の作業効率の概日リズムに及ぼす高温の影響に関

する研究は一般的でない。作業現場での能力指標の測定は難しく、能力指標に代わる方法を模索する研究も少ない。

3 研究デザイン

(1) 研究デザイン

介入研究

非ランダム化比較試験

(2) 研究対象者

①調査国

中国

②対象者数

10名の大学生（男性5名、女性5名）

③年代

大学生

④特定の疾病

なし、熱順化なし

4 測定方法

2017年7～8月に保定市の非冷房住宅の最上階で実施。温度条件は28、32、36、38℃、各温度条件の最短感覚は4日で、各温度条件を実験日とした。4つの温度条件は全て晴天の日が選ばれた。

作業効率の評価のため、反応時間、正確率、握力、作業意欲を採用した。反応時間と正確率はストループ色彩単語テスト（SCWT）と数字検査課題（NIT）により測定した。体能力の評価には握力を用いた。さらに、労働意欲の自己評価アンケートと身体生理指標（収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、直腸温、鼓膜温、額温）も測定した。

数字検査課題（NIT）：コンピュータの画面上に10行の数字（各行には2つの5桁の数字が含まれている）が表示され、被験者は、異なる数字が並んでいる唯一の行を見つけ、できるだけ早くボタンを押すように指示された。反応時間と正確さを測定。

ストループ色彩単語テスト（SCWT）：コンピュータ画面の中央に黒「赤」、緑「緑」等のランダムな色の単語が表示され、被験者は、その単語の色と意味が一致しているかどうかを判断し、「T」または「F」のボタンを押すように指示された。

握力：各試験において、電子式握力計で被験者の瞬時握力値を2回測定し、その平均値を試験結果とした

作業意欲、温熱快適性、温熱間隔：アンケート調査。被験者の作業意欲は7段階で評価し、「+3」が最も高い意欲、「-3」が最も低い意欲を表している[28]。同様に、熱的快適性と熱的感覚のレベルも、それぞれ5段階と9段階に分けられた。そして、「+2」は非常に快適、「+4」は非常に暑いことを表す。

被験者は 8:30 に集合し、30 分安静休息、9:00 に実験開始。SCWT、NIT、作業意欲アンケート調査を 1 時間おきに連続 24 時間実施した。また、握力、温熱快適性、温熱感覚、生理的パラメータ（鼓膜温、直腸温、額温、心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧）を 1 時間ごとに 24 時間連続で測定した。測定期間中、日中は、被験者は家の中で静かに過ごすか、軽い精神活動（読書や勉強など）をしてもらい、夜間は、短い睡眠をとってもらった。

夜間には測定の合間に仮眠を十分にとったこと、各温度条件の間の最小間隔は 4 日であり、短期の睡眠不足は概日リズムにほとんど影響を及ぼさなかった。

環境ストレスが作業効率に及ぼす影響を説明するため、覚醒度を導入した。（覚醒度と作業効率の間には逆 U 字の関係がある。作業効率が最も高くなるのは、覚醒度が中等度の時である。寒さと暑さが覚醒に影響をもたらす。適度な温度は神経系への感覚入力が少なく、暖かさも覚醒を低下させる。）

(1) 環境要因

indoor

(2) 結果指標

反応時間、正確率、握力、作業意欲、労働意欲の自己評価アンケートと身体生理指標（収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、直腸温、鼓膜温、額温）

(3) 交絡要因

気温が作業効率の概日リズムに及ぼす影響のみを調査しているため、相対湿度の影響は考慮されていない。

5 統計解析

・使用した統計手法

コサインナー解析、T 検定、スピアマン順位相関係数

6 結果

SCWT と NIT における被験者の反応時間、握力、作業意欲はいずれも 4 つの温度条件下で概日リズムを示したが ($p < 0.05$)、SCWT と NIT における正確率は有意な概日リズムを示さなかった ($p > 0.05$)。

SCWT の応答時間については、38°C の中央値が 28°C、32°C、36°C の中央値より有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、各温度間の振幅と尖頭値には有意差はなく ($p > 0.05$)、SCWT の応答時間は 21 時から 01 時の間に最大となった。NIT の応答時間については、38°C の中央値が 28°C、32°C、36°C の中央値より有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、各温度間の振幅と尖頭値には有意な差は見られなかった ($p > 0.05$)。NIT の最大応答時間は 21:00 から 03:00 の間に現れ、SCWT も同様であった。

握力については、被験者の中央値は温度の上昇に伴い減少した。36°C での中央値は 28°C での中央値より有意に小さく ($p < 0.05$)、38°C での中央値は 28°C および 32°C での中央値より有意に小さかった ($p < 0.05$)。38°C の振幅は 36°C の振幅より小さかった。最大握力は 15:00 から 18:00 の間に出現した。

作業意欲については、気温の上昇に伴い中央値が減少した。そして、38℃の中央値は、28℃や32℃の中央値より有意に小さかった ($p < 0.05$)。38℃の振幅は、28℃の振幅より有意に小さかった ($p < 0.05$)。作業意欲の最大値は、14:00 から 20:00 の間に発生した。

SCWT と NIT において、環境温度は正確率に有意な影響を与えた。SCWT では、28℃と32℃、28℃と36℃の間に有意な差がある。NIT では、28℃と38℃、36℃と38℃の間に有意な差がある。

SCWT では、応答時間は鼓膜温 (28℃、36℃条件)、額温 (全条件) と負の相関があり、正確率は生理指標と相関がない。

NIT では、応答時間は拡張期血圧 (28℃、32℃、36℃) と正の相関、鼓膜温 (28℃、32℃、36℃) と額温 (32℃、36℃、38℃) と負の相関、正確率は心拍数 (28℃、32℃)、収縮期血圧 (28℃、32℃、38℃) と相関があった。

握力については、すべての温度条件において、直腸温、拡張期血圧、収縮期血圧と有意な正の相関があった。

作業意欲については、すべての温度条件下で直腸温、鼓膜温と有意な相関があった。

7 考察

(1) 結果の解釈

高温環境による作業効率の低下は、反応時間の延長、体力の低下、作業意欲の低下に反映された。高温環境は、人体の協調性と反応能力の低下をもたらし、その結果、安全でない行動の発生を引き起こした。

本研究では、SCWT と NIT において、鼓膜温と額温はともに応答時間と負の相関を示し、額温は 36℃と 38℃でも応答時間と有意な負の相関を示した。額温の概日リズムは通常、体幹温度の変動と平行な関係を示した。したがって、額温は個人のパフォーマンスレベルを評価するための予測因子として考えることができる。作業現場で能力指標を測定することは困難であるため、額温は能力指標の直接測定に代わる方法として検討することができる。

(2) 誤差

① 系統誤差

- a. 選択バイアス：本研究の室内温度は動的であり、定常環境が概日リズムに及ぼす影響については考慮していないため、今後検討する必要がある。

情報バイアス：なし

- b. 交絡バイアス (測定誤差など)：被験者は全員大学生であり、異なる職種の被験者を採用することが求められる。

② その他の問題点・疑問点

なし

8 文献内における重要な図表

なし

9 論文の総合評価 主要な結論

4つの温度条件下で、被験者の反応時間、握力、作業意欲は概日リズムを示したが、正確率には有意な概日リズムが見られなかった。T 検定により正確率と環境温度との関係を分析した結果、SCWT と NIT において、環境温度は正確率に有意な影響を与えることが示された。

拡張期血圧は NIT の応答時間に、収縮期血圧は NIT の正確率に相関していた。鼓膜温と額温はいずれも応答時間と有意に負の相関を示した。このことから、額温は個人のパフォーマンスレベルを評価するための予測因子として考慮できる可能性が示唆された。

SCWT における応答時間の中央値は、温度の上昇に伴い増加し、両者の関係は U 字型曲線の変化傾向を示していた。また、38℃の中央値は、28℃、32℃、36℃の中央値より有意に大きかった。SCWT における応答時間の最大値は、21:00 から 01:00 の間に発生した。

NIT における応答時間の中央値は温度の上昇とともに増加し、両者の関係も U 字型曲線の変化傾向を示した。さらに、38℃の中央値は、28℃、32℃、36℃の中央値より有意に大きかった。NIT における応答時間の最大値は 21:00 から 03:00 の間に出現した

高温が握力の概日リズムに及ぼす影響は、中央値と振幅の減少に反映された。そして、最大握力は 15:00 から 18:00 の間に出現した。

作業意欲の中央値は温度の上昇とともに減少し、38℃での中央値は 28℃や 32℃での中央値より有意に小さかった。また、最大値は 14:00 から 20:00 の間に発生した。

本研究は、室内高温環境下における人間の作業効率の変化について、定量的かつ基礎的なデータを提供することができる。ただし、被験者は大学生であるため、高齢者ではなく若年者に限定された結果である。また、サーカディアンリズムを応用することで、作業者の低パフォーマンスを事前に予測することができ、事故の発生を抑制することができる。

文献要約 5

1 出典

(1) 著者

Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres RP, Wall-Medrano A, et al.

(2) 題目 (邦題)

Gender- and hydration- associated differences in the physiological response to spinning
(スピニングに対する生理学的反応の性差および水分補給に関する差異)

(3) 雑誌

Nutr Hosp. 2014;29(3):644-651. Accessed May 16, 2022. doi:10.3305/nh.2014.29.3.7017.

(4) キーワード

Gender differences, Hydration, Physical exercise, Sports nutrition

2 研究目的と仮説

(1) 目的

屋内運動時の水分補給の有無による男女間の生理的差異を明らかにする

(2) 仮説

記載なし

(3) 背景・意義

男女のスポーツ選手を対象とした研究の多くは屋外での脱水が運動パフォーマンスに及ぼす影響を評価しており、屋内スポーツを行う選手に関する報告はほとんど存在しない。屋内スポーツは一般的に風通しの悪く、風を通さない服装で行われる場合もあるため、脱水の問題は屋外より深刻になる可能性がある。

3 研究デザイン

(1) 研究デザイン

介入研究

非ランダム化比較試験

(2) 研究対象者

①調査国

メキシコ

②業種・職種

アマチュアのスピニングスポーツ選手

③対象者数

全体 21 名 (男性 12 名、女性 9 名)

④年代

男性 30.0±6.2 歳、女性 24.1±4.5 歳

4 測定方法

運動中の室内環境は温度 23℃、相対湿度 23%、気圧 659mmHg、換気はなし。

参加者は運動の 3～5 時間前に朝食を自由に摂取した。

1セッション 90 分間の連続運動を 3セッション実施した。

最初のセッションは水分摂取なし。最初のセッションで減少した体重をもとに、参加者が脱水を防ぐために必要な水分量を計算した。2、3セッション目からは 15 分の運動毎に必要な水分量を 6 等分した量の水分補給を行った。

3回の運動セッションの間隔は男性で 2 週間、女性で 3 ヶ月空け、女性は各運動セッションが月経の卵胞期にあたるようプロトコルが設定された。

(1) 環境要因

記載なし

(2) 結果指標

体温、心拍数、血圧、平均血圧、修正ボルグスケールによる主観的運動強度

(3) 交絡要因

記載なし

5 統計解析

・使用した統計手法

Student の t 検定、Sidak 検定、Levene 検定

6 結果

水分補給の有無による身体的パフォーマンス（エルゴメーターの走行距離、抵抗）に有意差は認められなかった。

体温、平均血圧、心拍数の上昇は、水分補給のない運動セッションの方が水分補給のあるものよりも高かった。

運動中、男性は女性より体温 ($p < 0.01$) と平均血圧 ($p < 0.01$) が高かったが、心拍数は同程度だった。

水分補給のない運動では、性別に関係なく全ての生理的パラメータを増加させた。体温については男性で有意差が認められた ($p < 0.05$) が、血圧と心拍数について男女差は認められなかった。

7 考察

(1) 結果の解釈

運動時に水分補給の機会が奪われると身体的ストレスが増加する。

脱水は身体的パフォーマンスには影響を及ぼさないが、身体的ストレスを増加させる。

換気のある条件下では男性よりも女性の方が滞留や蒸発による熱の損失が大きくなると考えられるが、換気なしの条件では男女差は認められない。

体温について、以下の回帰式を考案した。体温 = $34.3 + 0.25$ 年齢 (歳) + 0.01 心拍数 (bpm) - 0.12 Δ 体重 (kg) + 2.4 エルゴメーターにかかる抵抗 (N)

極端な気象条件下 (気温 35°C 以上、相対湿度 50% 以上) では脱水と体温は相加効果を発揮し、末梢血管抵抗と心拍数の増加、収縮期容量、心拍出量、平均血圧の低下により身体的パフォーマンスは著しく低下するが、本研究の室内条件 (23°C 、相対湿度 23%) では、身体能力に影響がなかった。

(2) 誤差

①系統誤差

a. 選択バイアス : なし

情報バイアス : なし

b. 交絡バイアス (測定誤差など) : なし

②その他の問題点・疑問点

なし

8 文献内における重要な図表

なし

9 論文の総合評価 主要な結論

水分補給を伴わない運動では、男女ともに体温、平均血圧、心拍数の数値が高く、脱水が身体的ストレスを誘発させる。発汗による定役喪失を防ぐために十分な量の水分補給を行うことで、男女ともに身体的ストレスの予防に繋がる。スポーツ選手は、競技参加前に自身の脱水率を評価することが有用である。

文献要約 6

1 出典

(1) 著者

Chicas R, Xiuhtecutli N, Elon L, et al.

(2) 題目 (邦題)

Cooling Interventions Among Agricultural Workers (農業従事者における冷却装具の介入)

(3) 雑誌

Workplace Health Saf. 2021;69(7):315-322. Accessed May 10, 2022.
doi:10.1177/2165079920976524.

(4) キーワード

agricultural workers; cooling interventions; heat stress; heat-related illness; core body temperature

2 研究目的と仮説

(1) 目的

各国の農業、建設業、観光業に従事する労働者の熱生理反応と労働生産性に及ぼす職業性熱ストレス (以下、OH ストレス) の影響を調査すること。また、上記の産業部門で働く労働者が経験する OH ストレスを軽減するために、様々な費用対効果の高い暑熱対策を検討すること。

(2) 仮説

作業中の冷却装置の使用は、核心温 (以下、T_c) の上昇を抑制し、自己申告の HRI 症状を減少させる。

(3) 背景・意義

農業従事者は、直射日光の当たる屋外や湿度の高い環境下で激しい労働を行っており、労働者を熱関連疾患 (以下、HRI) のリスクが高い。米国労働統計局は、農業は最も危険な産業の一つであると報告しており、HRI 死亡に関する疫学的研究によると、農業従事者の熱関連死亡リスクは一般労働者集団の 35 倍であった。

環境熱や労作熱にさらされた結果、体温調節の代償限界を超える T_c の上昇につながる。T_c が 38°C を超えると熱中症になる可能性があり、NIOSH と米国産業衛生専門家会議

(ACGIH) は、激しい作業に長時間さらされる場合 (2 時間以上)、T_c が 38°C を超えないようにすることを推奨している。現在、農業従事者を HRI 症状から、または T_c 閾値 38°C を超えることから保護するための冷却介入に関するフィールドベースの米国での研究はない。

3 研究デザイン

(1) 研究デザイン

介入研究

ランダム化比較試験

(2) 研究対象者

①調査国

アメリカ フロリダ州

②業種・職種

農業（主な作業環境は、シダ栽培園 42%、苗床 41%、畑作 12%、景観 6%）

③対象者数

84 人（女性 66%）の農業従事者

④年代

平均年齢 42 歳（SD=9 歳）

⑤その他

少なくとも過去 4 週間、農業に従事していた。

労働者のうち、妊娠中、1 型糖尿病患者は除外した。

4 測定方法

対照グループ（介入なし）、普段着、(b) 冷却バンダナのみ、(c) 冷却ベストのみ、(d) 冷却バンダナと冷却ベストの両方に分類し、それぞれ観察前と観察後にアンケート調査を実施した。

Tc は観察日の前日の晩に錠剤センサを飲み込んで測定を行った。

(1) 環境要因

heat-exposure

(2) 結果指標

Heat, heat-related illness, heat stroke, heat exhaustion

(3) 交絡要因

なし

5 統計解析

ロジスティック回帰分析：SAS バージョン 9.4 ソフトウェア（Cary, NC, USA）を使用した。

結果変数は Tc 及び介入作業試験中に経験した自己申告の HRI 症状、連続変数は平均値±標準偏差（SD）または中央値四分位範囲（IQR）としてまとめた。

5 つの交絡因子（BMI、勤務時間、米国農業従事年数、暑さ指数、勤務時間中の中等度から強度の身体活動）を単一共変量モデルで評価した。

6 結果

研究対象者の平均 BMI は 31（SD = 7）、平均農業従事年数は 17（SD = 9 年）、労働時間の中央値は 7 時 40 時間であった。参加者がさらされた最大平均暑さ指数は 88 ° F であった。

介入方法と対象人数は、(a) 対照グループ、普段着 (17名)、(b) 冷却バンダナのみ (20人)、(c) 冷却ベストのみ (20人)、(d) 冷却バンダナと冷却ベストの両方 (21人) であり、84人中78人が研究を完遂した。

1日あたり費やした中等度以上の活動量では、介入群間の差はなかった。

HRI 症状を報告しなかった研究対象者の割合は、(d)両方グループが最も高く (80%)、次いで (b) バンダナグループ (68%)、(c) ベストグループ (60%) であり、(a) 対照グループ (40%) であった。

Tc 38°Cの超過に関する観察では、(b) バンダナグループ 38%、(a) 対照グループ 46%、(d)両方グループ 53%、(c) ベストグループ 60%であった。38.0°Cを超えた時間の中央値は、(b) バンダナグループで 23分 (IQR = [16, 32]) であった。38.0°C以上の滞在時間中央値は、(a) 対照グループ 26分[13, 188]、(d)両方グループ 32分[21, 78]であり、(c) ベストグループは 53分と最も長かった[13, 188]。

HRI 症状のうち、(a) 対照グループと比較して、(d)両方グループでは、1つ以上の症状を持つ確率が 80%減少した (OR = 0.2, 90% CI = [0.1, 0.8])

対照群と比較して、(b) バンダナグループは Tc が 38.0°Cを超えるオッズが低く (OR = 0.7, 90% CI = [0.2, 3.1])、(c) ベストグループは 38.0°Cを超えるオッズが高かった (OR = 1.8, 90% CI = [0.4, 7.9])。(d)両方グループは、(a) 対照グループと差がなかった (OR = 1.3, 90% CI = [0.3, 5.6]) BMI、農業に従事した年数、労働時間、および中程度から活発な運動は、推定値に影響を与えなかった。

7 考察

(1) 結果の解釈

(b) バンダナグループが他の群と比較して、Tc38.0°Cを超えにくい結果であったが、技術的な問題でファイルを損失し、統計的に有意ではなかった。バンダナは軽量で、体の動きをほとんど制限することなく着用可能である。あらゆる動きを必要とする農業従事者にとって、暑熱対策道具を使用する際の快適さは非常に重要である。解剖学的に、頸部は大きな血管があるため熱の除去に最適であり、38.0°Cを超える研究対象者が少なかった可能性がある。

先行研究で建設業の作業員が休憩時間や作業中に冷却ベストを使用した研究では、熱ストレスを緩和するのに有効であるという知見が示されているが、今回の研究では (c) ベストグループが熱ストレスを緩和させたという結果は得られなかった。作業中にベストを使用した場合、80%が Tc 38°Cを超え、さらに 3つ以上の HRI 症状を感じたと報告した唯一のグループであった。要因としては、先行研究は 2時間に限って冷却ベストを着用していたことに対して、本研究の研究対象者には勤務時間全体で冷却ベストを着用させており、定期的な休憩時間に使用するのがより実用的で効果的である可能性がある。また、解剖学的に、頸部は静脈が大きく脂肪組織が少ないのに対し、胴体部は静脈が小さく脂肪組織が多いため、衣服の上から着用する冷却ベストが作業員の体温を維持する効果を制限する可能性がある。さらに、作業員の体重が 5ポンド増えることで、作業中の生理的な負担が大きくなる可能性がある。

先行研究の唐辛子採り作業者を対象とした研究では、チャンバーでの作業中に2つの冷却装置を装着した者は、直腸温が38°C以上になることはなかった。本研究では、(d) 冷却ベストとバンドナの使用は、作業中にHRI症状を経験しなかったと報告する研究対象者が最も多いグループであるにもかかわらず、Tcが38.0°Cを超えることに対する予防効果がなかった。先行研究と本研究の違いは、研究対象者は平均8時間現場で働いたのに対し、唐辛子収穫者は人工気候室内で120分間、休憩を挟んで作業を観察した点であり、1日の労働時間を調整すると、組み合わせグループは、HRI症状の経験に対して意味のある効果を示した。

HRIは、早期発見と適切な予防対策によって予防可能な疾患であり、産業保健業者は、HRIの予防と熱関連死亡の軽減に関する産業の発展と訓練において重要な役割を果たすことができる。HRIに対する予防策は、農業労働者が経験する長期間の熱曝露の後に発症する基礎疾患による合併症の可能性を低下させ、これらの脆弱な集団にも影響を及ぼす長期の農業労働に伴う他の健康障害のリスクを減少させることができる。

(2) 誤差

①系統誤差

a. 選択バイアス：記載なし

情報バイアス：記載なし

b. 交絡バイアス（測定誤差など）：記載なし

②その他の問題点・疑問点本研究はサンプル数が小さく、主に技術的な問題でTc観察ファイルが失われたため、分析段階でさらに小さくなった。また、(a) 対照群は、研究辞退者があり、研究対象者が減少した。

フロリダ州中部および南部の農業従事者の便宜的なサンプルが、介入群または対照群にランダムに割り当てられており、研究の外的妥当性を制限する可能性がある。

今後、冷却バンドナの使用やその他の冷却装具の着用が熱関連疾患の罹患および死亡のリスクを低減させるかどうかを判断するためには、より大きなサンプルサイズと効果の検出が可能な研究が必要である。

8 文献内における重要な図表

Table 2.

Heat-related illness symptoms and core body temperature among agricultural workers by cooling intervention groups

Cooling Intervention	Total Participants N	>=1 HRI symptom		Core body temperature	
		% n	Total Participants N	> 38.0°C % (n)	Minutes > 38.0°C Median [Q1, Q3]
Control	15	53% (8)	13	46% (6)	26 [1, 66]
Bandana	19	32% (6)	16	38% (6)	23 [16, 32]
Vest	20	40% (8)	15	60% (9)	53 [13, 188]
Combination	20	20% (4)	17	53% (9)	32 [21, 78]

Note. Sample sizes are smaller than the full cohort due primarily to loss of core body temperature files to technical issues.

Table 3.

The effect of cooling interventions among agricultural workers on the self-report of one or more heat-related symptoms during the workday, n=74

	Unadjusted	Adjusted for single covariate				
		BMI	Heat Index Max	Years worked in agriculture	Hours worked per day	Moderate-vigorous activity
Cooling Intervention (ref=No intervention)	OR [90%CI]					
Bandana	0.4 [0.2, 1.3]	0.4 [0.2,1.4]	0.4 [0.1, 1.5]	0.4 [0.1, 1.4]	0.4 [0.1, 1.2]	0.7 [0.2, 2.4]
Vest	0.6 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.7]	0.5 [0.2, 1.7]	0.4 [0.1, 1.5]	0.8 [0.2, 2.8]
Combination	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.0]	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.2]

Note. OR= odds ratio; CI= confidence interval. The outcome is "during the workday, participant self-reported one or more heatrelated symptom, yes/no". Odds ratios <1 suggest a protective effect of the intervention.

Table 2.

Heat-related illness symptoms and core body temperature among agricultural workers by cooling intervention groups

Cooling Intervention	Total Participants N	>=1 HRI symptom % n	Total Participants N	Core body temperature	
				> 38.0°C % (n)	Minutes > 38.0°C Median [Q1, Q3]
Control	15	53% (8)	13	46% (6)	26 [1, 66]
Bandana	19	32% (6)	16	38% (6)	23 [16, 32]
Vest	20	40% (8)	15	60% (9)	53 [13, 188]
Combination	20	20% (4)	17	53% (9)	32 [21, 78]

Note. Sample sizes are smaller than the full cohort due primarily to loss of core body temperature files to technical issues.

Table 3.

The effect of cooling interventions among agricultural workers on the self-report of one or more heat-related symptoms during the workday, n=74

	Unadjusted	Adjusted for single covariate				
		BMI	Heat Index Max	Years worked in agriculture	Hours worked per day	Moderate-vigorous activity
Cooling Intervention (ref=No intervention)	OR [90%CI]					
Bandana	0.4 [0.2, 1.3]	0.4 [0.2,1.4]	0.4 [0.1, 1.5]	0.4 [0.1, 1.4]	0.4 [0.1, 1.2]	0.7 [0.2, 2.4]
Vest	0.6 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.7]	0.5 [0.2, 1.7]	0.4 [0.1, 1.5]	0.8 [0.2, 2.8]
Combination	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.0]	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.2]

Note. OR= odds ratio; CI= confidence interval. The outcome is "during the workday, participant self-reported one or more heatrelated symptom, yes/no". Odds ratios <1 suggest a protective effect of the intervention.

Table 3.

The effect of cooling interventions among agricultural workers on the self-report of one or more heat-related symptoms during the workday, n=74

	Unadjusted	Adjusted for single covariate				
		BMI	Heat Index Max	Years worked in agriculture	Hours worked per day	Moderate-vigorous activity
Cooling Intervention (ref=No intervention)	OR [90%CI]					
Bandana	0.4 [0.2, 1.3]	0.4 [0.2,1.4]	0.4 [0.1, 1.5]	0.4 [0.1, 1.4]	0.4 [0.1, 1.2]	0.7 [0.2, 2.4]
Vest	0.6 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.7]	0.5 [0.2, 1.7]	0.4 [0.1, 1.5]	0.8 [0.2, 2.8]
Combination	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.0]	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.2]

Note. OR= odds ratio; CI= confidence interval. The outcome is "during the workday, participant self-reported one or more heatrelated symptom, yes/no". Odds ratios <1 suggest a protective effect of the intervention.

Table 3.

The effect of cooling interventions among agricultural workers on the self-report of one or more heat-related symptoms during the workday, n=74

	Unadjusted	Adjusted for single covariate				
		BMI	Heat Index Max	Years worked in agriculture	Hours worked per day	Moderate-vigorous activity
Cooling Intervention (ref=No intervention)	OR [90%CI]					
Bandana	0.4 [0.2, 1.3]	0.4 [0.2,1.4]	0.4 [0.1, 1.5]	0.4 [0.1, 1.4]	0.4 [0.1, 1.2]	0.7 [0.2, 2.4]
Vest	0.6 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.8]	0.5 [0.2, 1.7]	0.5 [0.2, 1.7]	0.4 [0.1, 1.5]	0.8 [0.2, 2.8]
Combination	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.0]	0.2 [0.1, 0.8]	0.2 [0.1, 0.7]	0.3 [0.1, 1.2]

Note. OR= odds ratio; CI= confidence interval. The outcome is "during the workday, participant self-reported one or more heatrelated symptom, yes/no". Odds ratios <1 suggest a protective effect of the intervention.

9 論文の総合評価 主要な結論

本研究では、暑熱環境で働く農業労働者が冷却バンダナを使用することで、Tc38.0°Cを超えないように保護する可能性があることがわかった。今後、冷却バンダナの使用やその他の冷却用装具の着用と熱関連疾患の罹患および死亡のリスク低減の関連性を検討するためには、より大きなサンプルサイズと効果の検出が可能な研究が必要である。

文献要約 7

1 出典

(1) 著者

Xiang J, Hansen A, Pisaniello D, Bi P.

(2) 題目 (邦題)

Perceptions of Workplace Heat Exposure and Controls among Occupational Hygienists and Relevant Specialists in Australia (オーストラリアのオキュペーショナルハイジニストと関連専門家による職場における暑熱への曝露とコントロールに関する認識)

(3) 雑誌

PLoS One. 2015;10(8). Accessed May 17, 2022. doi: 10.1371/journal.pone.0135040.

(4) キーワード

記載なし

2 研究目的と仮説

(1) 目的

オーストラリアのオキュペーショナルハイジニストおよび関連専門家における、暑熱関連の健康と安全に関する問題に対する認識と、現在および将来の暑熱対策に関する見解を明らかにすること。

(2) 背景・意義

オーストラリアの平均気温は、ここ数十年の気候と比較すると、2070年までに1.0~5.0°C上昇し、熱波の発生数は2050年までに3倍になると予測されており、気候変動による熱ストレスが職業環境において増加する可能性と、その生産性損失への影響の可能性が近年取り上げられている。平均気温の上昇と猛暑の期間の増加により、2070年までに、オーストラリアの屋外での肉体労働者が熱中症にかかるリスクが中~高度であることが示されており、その結果午後の作業時間が大幅に減少し、暑熱に関連する病気や怪我が増加する可能性がある。

職場における効果的な熱ストレス管理には、政府機関、労働安全衛生(OH&S)サービスプロバイダー、雇用者、労働組合、労働者など、さまざまな関係者との総合的な取り組みと協力が必要であり、様々なレベルのOH&S関係者が、職場の熱中症リスクをどのように捉えているのか、より深く理解することが重要である。労働安全衛生の専門家(インダストリアルハイジニストなど)は、環境上の危険を認識、評価、コントロールすることにより、労働者の健康と安全を守る最前線に存在する。専門家として熱ストレスのトレーニング、モニタリング、評価、管理において中心的かつ重要な役割を担っています。専門家として、熱ストレスのトレーニング、モニタリング、評価、管理で中心的かつ重要な役割を果たし、雇用者に暑熱対策の勧告を行う。

3 研究デザイン

(1) 研究デザイン

横断研究

(2) 研究対象者

①調査国

オーストラリア（大半オーストラリア州、次いでニューサウスウェールズ州、ビクトリア州、南オーストラリア州、クイーンズランド州）

②業種・職種

AIOH 会議組織委員会の会議登録者（プロフェッショナルハイジニストおよび関連産業専門家）371人中180人（48.5%）、オキュペーションナルハイジニスト89名（49.4%）、労働コンサルタント（26.7%）、OH&S サービスを提供する企業のスタッフ（21.1%）、職場の OH&S マネージャー（2.8%）

4 測定方法

2012年12月1日から5日までアデレードで開催された第30回オーストラリア産業衛生学会（AIOH）年次大会・展示会期間中に、横断的な自記式調査を行った。内容は主に以下の3つである。

現在の職場の酷暑と気候変動に対する懸念と意識を測定するために、5段階のリッカート尺度による質問を3つ行った。

参加者の暑熱ストレス管理経験や企業の温暖化対策について調査するため、8つの具体的な質問項目を設けた。

現在の暑さ対策と適応障壁を理解するために、参加者に、回答者が担当する作業場における猛暑時の対策について、職場の熱ストレス予防のための潜在的な障壁について、オーストラリアの職場で熱に関連した病気や怪我の予防のための推奨事項や提案（自由回答）について質問した。

(1) 環境要因

heat exposure

(2) 結果指標

Heat, heat-related illnesses (incident(s))

(3) 交絡要因

なし

5 統計解析

・使用した統計手法

データ分析：Microsoft Excel 2010に入力し、Stata v12.0 (Stata Corp LP, College Station, Texas)を使用した。

記述的分析：変数頻度の計算

カイ二乗検定：を用い、暑熱への関心、満足度、暑熱対策への姿勢の相関を調査し、オキュペーションナルハイジニストと他の専門家との暑熱への関心の違いを比較

6 結果

研究対象者 180 人中、オキュペーションナルハイジニスト 89 名 (49.4%)、労働コンサルタント (26.7%)、OH&S サービスを提供する企業のスタッフ (21.1%)、職場の OH&S マネージャー (2.8%) であった。オキュペーションナルハイジニストの 35 人 (39.3%) がインダストリアルハイジニストであった。

参加者の約 90%が「暑さによる危険の増加」について、中程度以上の懸念を抱いている (Table2)。研究対象者のほぼ 3 分の 2 は、気候の変化による猛暑が、将来暑熱管理において課題となる可能性があると考えている。現在職場で行われている暑熱対策について、半数の参加者が「満足」「とても満足」と回答した。一方、19.4%は「満足していない」結果であった。気候変動により増加すると思われる熱ストレスに対する懸念や姿勢、現在の暑熱対策に対する満足度について、オキュペーションナルハイジニストとその他の専門家と間に有意な差は見られなかった。

68.9%の研究対象者が、現在、自分の職場や担当する職場に暑熱対策プランや熱ストレス対策があると回答した。産業分野別では、62.1%が鉱業、次いで製造業 (25.0%)、電気・ガス・水道 (8.9%)、建設 (8.1%) および防衛 (3.2%) であった。

研究対象者の 9 割が「暑い時期に労働者が暑さを心配しているのを聞いたことがある」と回答しており、そのうち「いつも」7.4%、「よく」36.8%、「ときどき」44.2%であった。過去 5 年間に熱中症や熱傷の調査をしたことがあると回答した人は約半数 (52.8%) であった。

約 61%の回答者が、職場における熱中症対策の教育を強化する必要があることに同意している。一方、約 3 分の 1 は反対意見であり、85.3%が「トレーニングは概ね適切である」と考え、14.8%が「深刻な問題ではない」と考えている。トレーニングポイントとしては、「水分補給の維持、セルフペーシング、暑熱順化、熱中症の初期症状」、「個人保護具が人体の熱バランス維持に与える影響」「暑さのリスク要因 (例：持病、ライフスタイル、体力レベル)」「暑い季節になる前の年次トレーニング」という回答があった。

暑さに関する規制を強化する必要があるかという質問に対しては、半数以上が「はい」、36.7%が「いいえ」、11.7%が「わからない」と回答した。否定的な回答をした人の中で、多くは「暑熱対策はもう十分だと思う」、11.1%が「深刻な問題ではない」という意見であった。

ほとんどの回答者 (81.7%) が、今後予想される猛暑に対応するために活動する組織を知らないことがわかった。また、猛暑の影響を軽減するための工夫をしている企業を知らない人が 73.3%もいた。熱中症予防の推奨事項を変更するつもり回答者は 26.1%にとどまった。一方、52.8%の回答者は、経営者や企業への提言は変更したくないと回答した。

オーストラリアの職場で現在採用されている暑熱曝露の影響を軽減する予防策としては、「冷たい飲料水の提供」が最も多く、「熱ストレス関連のトレーニング」(76.1%)、「中央冷却システムまたは空調」(70.0%) であった。また、41.7%の人が「極端に気温が高いときは作業を中止する」ことを推奨していた。

暑熱対策・適応の障壁として最も多く挙げられたのは、「意識不足」(68%) であり、次いで「研修不足」(56.1%)、「管理職のコミットメント不足」(52.2%)、「熱ストレス防止プログラム

の遵守・実施が低い」(40.0%)、「工学的装置を導入するための財源がない」(37.2%)、「熱に関する具体的な指針・ガイドラインがない」(37.2%)と続いた。

暑熱への不安を抱えている回答者は、暑熱に関する教育や規制の強化を支持し、さらに経営陣や企業への提言も変更する傾向が強い。また、現在の暑熱対策に満足していない人は、暑熱対策教育や規制の強化をより強く望んでいる傾向が見られた。しかし、現在の暑熱対策に満足している人と満足していない人では、暑熱対策に対するアドバイスの程度について、差は見られなかった。

7 考察

(1) 結果の解釈

大多数のオキュペーションナルハイジニストおよび関連専門家が、職場の暑熱曝露に懸念を抱いていることが明らかになった。ほぼすべての回答者が、暑い時期の熱曝露に関する労働者の懸念をよく聞いており、オーストラリアの職場で熱曝露により労働者の熱的快適性が損なわれていることが示された。暑熱曝露に対する労働者の生理的反応を調査した先行研究でも、地上鉱山労働者の70%近くが水分不足であることや、毛刈り職人、大工、鉄道線路保守作業員の間で、気温が37°Cを超えたときの熱疲労を生じたなどの報告がなされており、今回の調査でも、回答者の半数以上が猛暑時に発生した怪我や事故について調査した経験があり、深刻な熱中症が発生していることを裏付けている。このことから、オーストラリアの職場で現在採用されている暑熱対策が、熱に関連する病気や怪我から弱い立場の労働者を十分かつ効果的に保護できていない可能性を示唆している。管理統制、教育訓練、個人の行動調整、暑熱予防対策の策定といった側面から関連する措置を講じる必要がある。

熟練したOH&S専門家のほとんどが、熱ストレスの影響を軽減するための措置を講じている企業を知らなかったため、調査代表者の見解では、オーストラリアの職場は、より温暖な気候になる可能性に対して十分な備えがなされていない。これは、現在の暑熱への曝露はすでに危険なレベルにあり、既存の職場は労働者の健康を保護するための設備が整っていないという定性的調査の結果と一致している。

農業者や林業者、特に季節労働者や出稼ぎ労働者は、熱中症や怪我をするリスクが高いという報告がある。これらの業種では、通常、オキュペーションナルハイジニストや関連専門家は雇用されていない。オーストラリアには、農場労働者不足、比較的高い時間給、及びワーキングホリデービザ(サブクラス416、417)の提供により、季節労働者及び移民農民が多く存在しており、農業労働者、特に移民や季節的な農業労働者は、最もサービスが行き届いておらず、研究されていない職業集団の一つである。したがって、より多くの暑熱対策プログラムがこの暑さに脆弱な集団に向けられるべきである。

今回の結果で約半数の人が現在の暑熱対策に満足していないことが明らかになり、現在の暑熱対策や施策のバージョンアップが必要であることが示唆された。オーストラリアでは、労働者を酷暑から守るための暑熱対策が義務付けられているが、現状では曖昧な点が多く、実施や効果の妨げになる可能性がある。調査結果では、冷えた飲み水の提供は、最も一般的な暑熱対策であり、これは国のモデル規範(職場環境と施設の管理)でも求められているが、すべての

職場でこれが利用できるわけではない。非政府機関（AIOH など）や労働組合（CFMEU）が熱ストレス管理に関するガイドラインを作成しているが、義務的ではないため、遵守率が低い。

オーストラリアの CFMEU では、「気温が 37°C を超えたら、空調の効いた場所でない限り、すべての作業を中止する」としているが、本研究では、回答者の 40% だけが、気温が非常に高いときの予防策として「屋外作業の停止」を選択した。救急隊員（消防など）や公共施設のメンテナンススタッフなど、業務の性質上、どうしても猛暑にさらされる労働者がいる。このような場合 気性の良い個人用保護具を開発したり、冷却ベストを着用したりするなどの代替技術の導入やリアルタイムのモニタリングが解決策となる可能性がある。

オキュペーションナルハイジニストやその他の関連専門家の多くが、暑熱対策の主な障壁は意識の低さであると考えている。また、トレーニングや管理者のコミットメントの欠如、熱中症予防ポリシーの遵守と実行の低さ、財源不足などが考えられ、これらは米国での過去の熱中症研究でも指摘されている。さらに、フライイン・フライアウト（FIFO）勤務体制の増加も、暑熱順化の課題となる可能性がある。西オーストラリア州の採掘場の約 49% が FIFO 方式で操業している。

もし労働者が涼しい地域から猛暑の地域へ飛行機で移動する場合、暑熱に順応していない可能性があり、暑さの影響を受けやすくなる。

(2) 誤差

① 系統誤差

a. 選択バイアス

サンプリングの枠組みが会議の参加者に限定されている。

情報バイアス

記載なし

b. 交絡バイアス（測定誤差など）

記載なし

② その他の問題点・疑問点

サンプル数が比較的少ないため、結果の一般化には注意が必要である。

この見解は、オーストラリア国内のすべてのオキュペーションナルハイジニストを代表するものと見なすことはできないが、AIOH との協議により、オーストラリアのシニアオキュペーションナルハイジニストの多くが、本調査に参加した。したがって、本研究の結果は、基本的には、職場の暑熱曝露に関するオーストラリアのオキュペーションナルハイジニストや関連専門家の意見の大部分を表している可能性がある。

今後の研究について、以下が必要と考える。(1) かなりの割合の産業衛生士や関連専門家が、現在の暑熱対策に満足していない理由を探る、(2) 労働者、雇用者、政策立案者、関係者が職場での暑熱曝露のリスクをどう認識しているかを調べる、(3) 暑さに脆弱な職業における現在の熱ストレスレベルの測定と気温変動の傾向を明らかにし、職場での暑熱曝露についてより確かな根拠となる情報を提供する。また、本調査の自由記述式質問の結果は、本調

査を補足するものであるが、暑熱リスクに関する認識をさらに追及するためには、より詳細な定性調査が必要である。

8 文献内における重要な図表

Table 3
Comparison of heat concern, attitudes toward climate change related heat challenge, and satisfaction level of heat prevention measures by occupation and area (Chi-square test).

	Heat concern			Future heat stress challenge			Satisfaction of heat prevention measures		
	Yes	No	p-value	Yes	No	p-value	Yes	No	p-value
Occupation									
Hygienists	63	26	0.246	58	31	0.963	48	42	0.297
Non-Hygienists	57	34		59	32		41	49	
Area									
WA and Qld*	43	20	0.740	36	27	0.105	36	27	0.130
Other States	77	40		81	36		53	64	

[Open in a separate window](#)

*WA and Qld: Western Australia and Queensland.

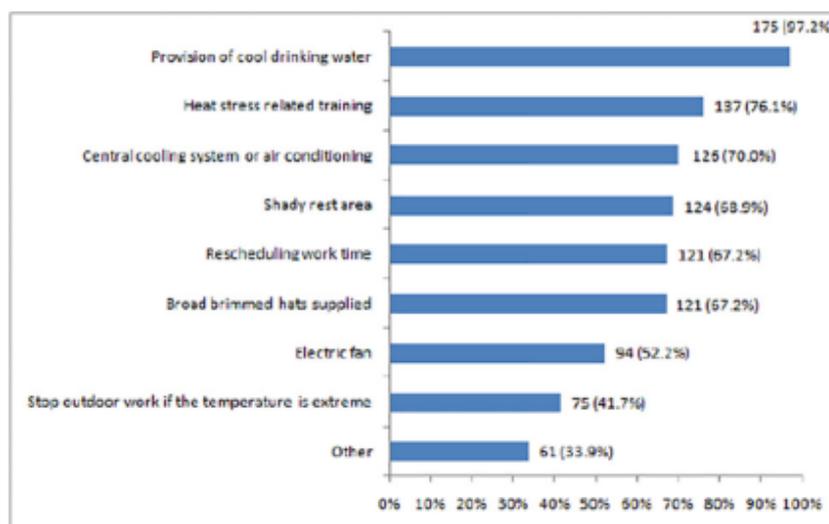


Fig 1. Heat-related preventive measures currently adopted in the workplace.

doi:10.1371/journal.pone.0135040.g001

9 論文の総合評価 主要な結論

オーストラリアのオキュペーショナルハイジニストやその他の専門家は、熱ストレスに対する懸念を示したが、企業や経営者に対して暑熱対策を改善する強い意志は示さなかったことから、職場の暑熱対策は不十分である可能性がある。

研究対象者が認識している暑熱対策の障壁は、意識具足、トレーニング不足、管理者のコミットメント不足、ポリシーの遵守率の低さであった。現在の暑熱対策に満足していない研究対象者の割合が高いことから、オーストラリアの職場における暑熱対策の更なる発展が望まれる。

3 福岡県で発生した熱中症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

2019年から2020年の全国における熱中症による休業4日以上又は死亡の労働災害事例および福岡県労働局が調査した休業4日未満の労働災害事例に関するデータを収集し、各事例に最寄りの気象官署における環境指標を突合せたうえで解析し、熱中症が重症化する要因について検討した。休業日数が4日以上となるリスクとして、6月下旬から8月中旬までの時期であること、屋外作業では被災者が40歳以上で、かつWBGTが高値であること、さらに高年齢では重症化リスクが高くなるということが示唆された。

A. 研究目的

気候変動の影響により年平均気温は上昇し、夏季を中心に熱中症の発生が相次いでいる。職場においても多数の熱中症患者が発生し、重症化して死亡にいたる例も少なくない。消防庁や人口動態統計のデータでは、例年熱中症による救急搬送者は4～5万人前後発生し、熱中症による死亡者は2018年から2020年まで3年連続で1,000人を超えたと報告されている。業務上の災害により労働者が熱中症で休業4日以上もしくは死亡した事例は、労働安全衛生法施行規則第97条に基づき、労働者死傷病報告（様式23号）に被災状況について詳細に記入して報告しなければならない。一方、休業4日未満の事例では、様式第24号に、ある一定期間ごとに発生した労働災害を取りまとめて記入して報告する仕様となっている。このとき、休業4日未満の事例については疾病別の統計は作成されていない。そこで、熱中症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とともに、休業4日以上及び死亡事例と気象情報との関連性について検討した。

B. 研究方法

1 休業4日以上の実例調査

2016～2020年に全国で発生した熱中症による休業4日以上の実例及び死亡の実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。

2 休業4日未満の実例調査

2019年から2021年にかけて福岡労働局が休業4日未満の熱中症事例について調査したデータを取得した。入手できた情報は、発生日時と場所（屋内／屋外を含む）、事業場の業種、年齢、生年月日、性別、所轄労働基準監督署の名称であった。休業日数については入手できなかった。

3 気象条件データの突合

熱中症の実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日時の観測結果を、気象庁が公開している「過去の気象データ検索¹⁾」及び環境省が公開している「熱中症予防情報サイト²⁾」から検索して突合した。

4 休業日数に影響する要因の分析

外気温や WBGT が高温であるほど休業 4 日以上の中熱症事例が発生しやすいと仮定して、2019～2020 年に発生した福岡県関連の休業 4 日未満および休業 4 日以上（死亡事例を含む）の事例に認められる特徴を分析した。なお、福岡県関連とは、2016～2020 年に全国で発生した中熱症による休業 4 日以上の事例及び死亡の事例に関するデータのうち、福岡県労働局管轄内で発生したもの、および 2019 年から 2021 年にかけて福岡労働局が休業 4 日未満の中熱症事例について調査したデータのうち、災害発生場所が福岡県内のものである。発生月、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 4 日の事例を目的変数とする回帰分析を行った。ただし、突合せた気象官省の測定データと合わせて解析するために、福岡県外で発生した事例および屋内作業が想定される業種、夜間勤務帯（18 時～翌 9 時）で発生した事例の合計 655 件を除外した。

C. 研究結果

2019～2020 年の福岡県内で発生した中熱症による労働災害の被災者数は、休業 0～3 日が 469 人、休業 4～7 日未満が 20 人、休業 7～14 日未満が 20 人、14 日以上が 15 人、死亡が 2 人で、合計 526 人であった（図 1）。

性・年代別の被災者数は、男性が 474 人（90.1%）、女性が 52 人（9.9%）で、年齢は 16～79 歳まで分布し、40 歳未満が 244 人（46.4%）、40 歳以上が 282 人（53.6%）であった（表 1）。

被災者のうち休業 4 日以上（死亡事例を含

む）であった割合は、40 歳未満が 22/244 人（9.0%）、40 歳以上が 35/282 人（12.4%）であり、40 歳以上の方が休業 4 日以上の事例が多く、かつ 60 歳以上の高齢者で増加する傾向を認めた（表 2、図 2）。

2019～2020 年の中熱症労働災害発生月毎のデータを示す（表 3）。全国的に梅雨入りする 6 月から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 月中旬がピークであった。8 月下旬になると被災者数が減少する傾向を認めた（図 3）。

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、WBGT 25℃未満が 48 人、25℃以上が 122 人、28℃以上が 207 人、31℃以上が 134 人、33℃以上が 15 人であった。被災者のうち休業 4 日以上であった割合は、WBGT 25℃未満が 5/48 人（10.4%）、25℃以上が 13/122 人（10.7%）、28℃以上が 23/207 人（11.1%）、31℃以上が 14/134 人（10.4%）、33℃以上が 2/15 人（13.3%）であった（図 4）。

業種別では、全体の被災者数は製造業が 185 人（35.1%）、建設業が 147 人（27.9%）、貨物取扱業が 66 人（24.7%）、商業 44 人（8.4%）の順で多かった（表 5）。休業日数 4 日以上の事例の割合が大きかった業種は、接客娯楽業 3/3 人（100.0%）、運輸交通業 9/13 人（69.2%）、派遣業 7/12 人（58.3%）であった。

福岡県内で発生した中熱症による労働災害で休業 4 日以上（死亡事例を含む）を目的変数、気象条件を説明変数とし、年齢を 40 歳で層化して単変量回帰分析を行った。ただし、屋内作業が想定される業種、夜間勤務帯（18 時～翌 9 時）で発生した事例の合計 655 件を除外した 194 件で分析した。屋内作業が想定される業種とは、ここでは製造業、運輸交通

業、貨物取扱業、農業（林業を除く）、商業、通信業、教育・研究業、保健衛生業、接客・娯楽業、清掃・と畜業、官公署、派遣業とした。40歳未満では、気温（ $p=0.7037$ 、 $R^2=0.0029$ ）、風速（ $p=0.6107$ 、 $R^2=0.0092$ ）、相対湿度（ $p=0.5251$ 、 $R^2=0.0072$ ）、黒球温（ $p=0.8289$ 、 $R^2=0.0009$ ）、WBGT（ $p=0.9976$ 、 $R^2<0.0001$ ）、40歳以上では、気温（ $p=0.1505$ 、 $R^2=0.0174$ ）、風速（ $p=0.2880$ 、 $R^2=0.0088$ ）、相対湿度（ $p=0.5992$ 、 $R^2=0.0022$ ）、黒球温（ $p=0.2191$ 、 $R^2=0.0125$ ）、WBGT（ $p=0.0164$ 、 $R^2=0.0547$ ）、であり、有意差がみられたのは40歳以上の層のWBGT（ $p=0.0164$ 、 $R^2=0.0547$ ）のみであった。

D. 考察

2019～2020年の福岡県内で発生した熱中症による休業4日以上労働災害を分析した結果、休業4日未満の事例が約90%を占めており、休業4日未満の熱中症による労働災害は、休業4日以上（死亡事例を含む）の事例の約9倍に上る可能性が示唆された。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、それらを含めて暑熱対策に取り組むことが必要と考える。

梅雨入りする6月下旬から夏季休暇前の8月中旬までは、休業4日未満の被災者数も休業4日以上（死亡事例を含む）の被災者数も増加することから、重症化するリスクが高い時期であると推察する。また、福岡県内で発生した事例で屋外作業が想定される業種かつ日中勤務帯（9時～翌9時）で発生した40歳以上の被災者に限定すると、気象官署で測定している環境指標のうち、休業4日以上（死亡事例を含む）と相関を示した指標はWBGT

であった。運動時の発汗量は40歳から徐々に減少をはじめため、40歳未満の若年層と比べて、環境影響を受けやすいと考える。環境指標の中でも、気温や相対湿度、輻射熱から算出されるWBGTが、事業場の環境をもっとも的確に反映するため、発汗量が減少し始める40歳以上の労働者では、WBGTが上昇するほど、熱中症が重症化しやすいと推察する。この結果から屋外作業場では気温や湿度だけではなく、WBGTを測定もしくは算出する、もしくは気象官省が発表する最寄りの観測点におけるWBGTの測定データを利用して、その値に基づいたWBGTを低減する対策を実施することで熱中症の重症化を予防できると考える。気象官省の環境指標は屋外で測定されているため、輻射熱や熱源などの影響を受けやすい屋内作業場の実測データとは誤差が生じる可能性がある。よって、屋内作業場のWBGTを精密に測定することで、屋外と同様に熱中症の重症化予防対策に寄与できるであろう。

重症化の割合が高い業種は接客娯楽業や運輸交通業などであり、被災者数と重症化は必ずしも一致しない傾向を認めた。特に屋内作業が想定される業種に多くみられ、これは屋外作業における熱中症リスクと対策が周知されつつあること、暑熱順化の形成が進んでいる一方、屋内作業では熱中症リスクに対する認識が不十分で、十分な対策が実施されていなかったり、暑熱順化に至っていない事例がより多く含まれていたりした可能性がある。

退職者が増加し、労働者の母数としては少ないはずの60歳代以降の休業4日以上（死亡事例を含む）の被災者数が若年者よりも多く、高年齢であるほど熱中症の重症化リスクが高いことが示唆された。

E. 結論

梅雨入りの6月下旬から8月中旬までが熱中症の発症および重症化のリスクが高い時期であることが推察された。熱中症の重症化リスクとして、高年齢であることや、屋外作業では40歳以上かつWBGTが高値となることが要因の一つであることが示唆された。

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 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

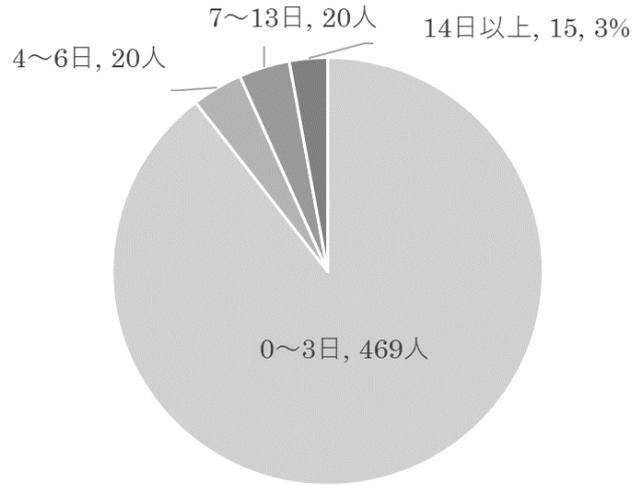


図1 福岡県関連の熱中症事案、休業日数別

表1 福岡県関連の熱中症事案、被災者の性、休業日数別

性別	年		休業日数			合計
	2019年	2020年	4日未満	4日以上／死亡	(割合)	
男性	235	239	425	49	(10.3%)	474
女性	23	29	44	8	(15.4%)	52
合計	258	268	469	57		526

注) () 内は各項目の災害発生数のうち、休業日数4日以上／死亡の割合を示したものである。

表2 福岡県関連の熱中症事案、被災者の年代、休業日数別

年代	年		休業日数			合計
	2019年	2020年	4日未満	4日以上／死亡	(割合)	
10歳代	12	12	21	3	(12.5%)	24
20歳代	63	63	116	10	(7.9%)	126
30歳代	48	46	85	9	(9.6%)	94
40歳代	50	67	106	11	(9.4%)	117
50歳代	41	43	79	5	(6.0%)	84
60歳代	34	30	48	16	(25.0%)	64
70歳代	10	7	14	3	(17.6%)	17
合計	258	268	469	57		526

注) () 内は各項目の災害発生数のうち、休業日数4日以上／死亡の割合を示したものである。

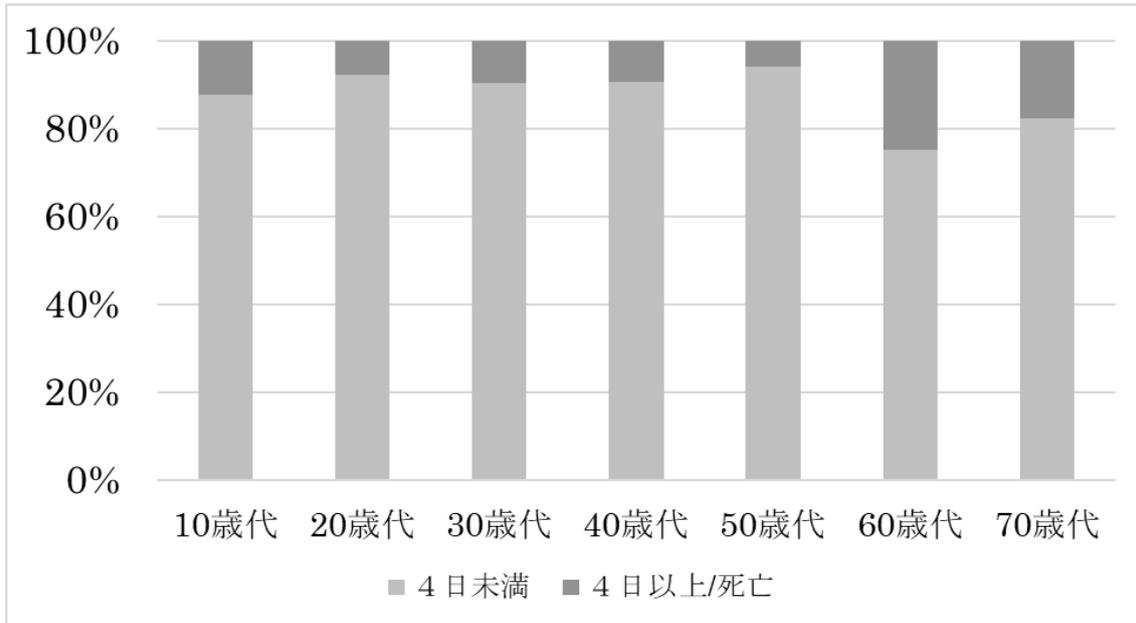


図2 福岡県関連の熱中症事案、被災者の年代、休業日数別

表3 福岡県関連の熱中症事案、発生時期、発生年、休業日数別

月・旬	年		休業日数			合計
	2019年	2020年	4日未満	4日以上/死亡	(%)	
4月	0	0	0	0		0
5月上旬	0	0	0	0		0
5月中旬	1	1	2	0	(0.0%)	2
5月下旬	5	0	5	0	(0.0%)	5
6月上旬	8	9	16	1	(5.9%)	17
6月中旬	12	4	15	1	(6.3%)	16
6月下旬	7	6	11	2	(15.4%)	13
7月上旬	9	3	11	1	(8.3%)	12
7月中旬	10	10	18	2	(10.0%)	20
7月下旬	45	37	75	7	(8.5%)	82
8月上旬	63	26	78	11	(12.4%)	89
8月中旬	18	100	103	15	(12.7%)	118
8月下旬	23	50	67	6	(8.2%)	73
9月上旬	37	16	46	7	(13.2%)	53
9月中旬	14	3	14	3	(17.6%)	17
9月下旬	2	2	4	0	(0.0%)	4
10月	4	1	4	1	(20.0%)	5
合計	258	268	469	57	(10.8%)	526

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

() 内は各項目の災害発生数のうち、休業日数 4 日以上／死亡の割合を示したものである。

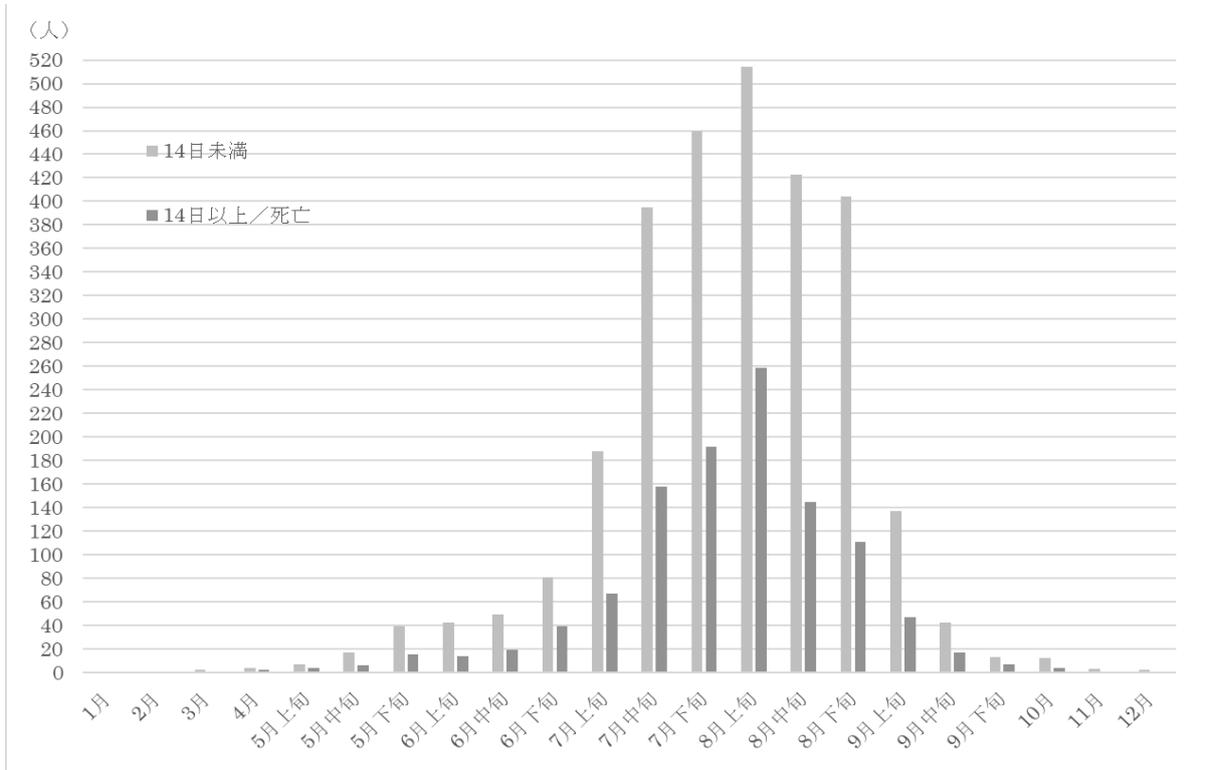


図 3 福岡県関連の熱中症事案、発生時刻、休業日数別

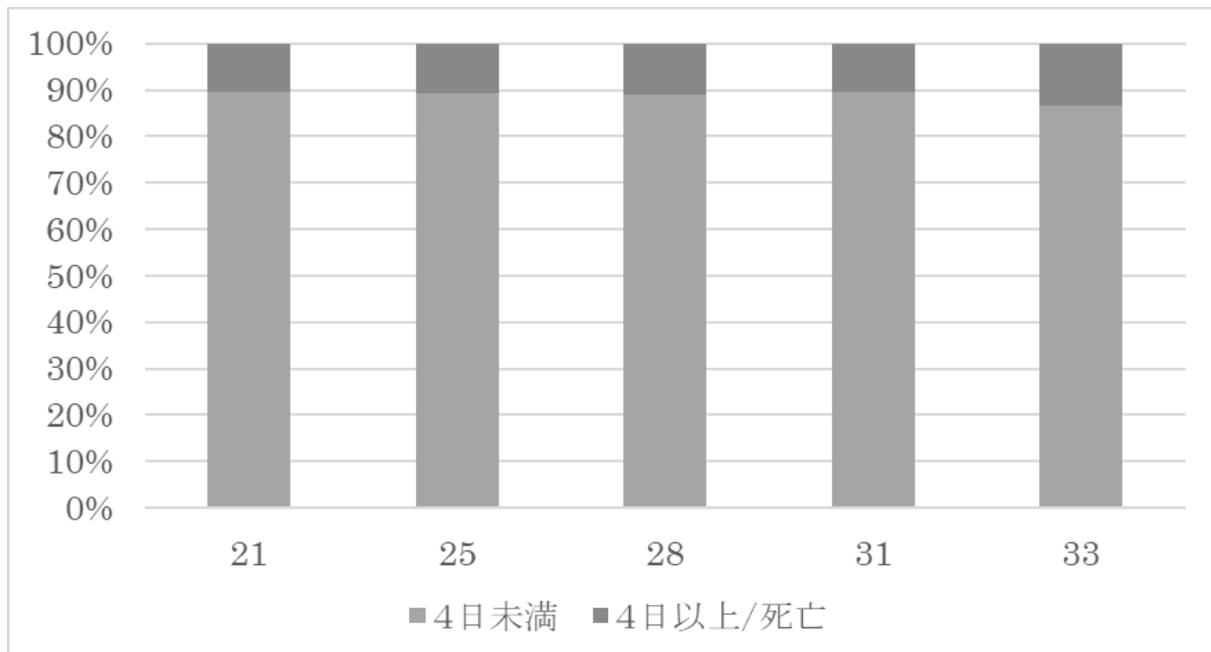


図 4 福岡県関連の熱中症事案における最寄りの気象官署 WBGT 毎の休業 4 日未満／4 日以上・死亡事例の割合

表4 福岡県関連の熱中症事案、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
	2019年	2020年	4日未満	4日以上／死亡		
気温 (°C)						
26	72	40	103	9	(8.0%)	112
28	36	39	64	11	(14.7%)	75
30	69	63	122	10	(7.6%)	132
32	58	81	117	22	(15.8%)	139
34	23	45	63	5	(7.4%)	68
相対湿度 (%)						
10	0	0	0	0		0
20	2	0	2	0	(0.0%)	2
30	1	2	3	0	(0.0%)	3
40	10	23	29	4	(12.1%)	33
50	49	60	97	12	(11.0%)	109
60	87	74	140	21	(13.0%)	161
70	62	67	115	14	(10.9%)	129
80	34	25	54	5	(8.5%)	59
90	13	17	29	1	(3.3%)	30
平均風速 (m/s)						
0.0	1	2	3	0	(0.0%)	3
0.5	13	8	18	3	(14.3%)	21
1.0	70	53	112	11	(8.9%)	123
2.0	82	92	159	15	(8.6%)	174
3.0	46	61	93	14	(13.1%)	107
4.0	33	30	53	10	(15.9%)	63
5.0	10	19	26	3	(10.3%)	29
6.0	3	1	3	1	(25.0%)	4
7.0	0	2	2	0	(0.0%)	2
黒球温 (°C)						
15	0	0	0	0		0
20	11	7	16	2	(11.1%)	18
25	32	24	48	8	(14.3%)	56
30	25	25	44	6	(12.0%)	50
35	36	23	54	5	(8.5%)	59
40	38	45	75	8	(9.6%)	83
45	96	106	180	22	(10.9%)	202
50	20	38	52	6	(10.3%)	58
WBGT (°C)						
21	33	15	43	5	(10.4%)	48
25	67	55	109	13	(10.7%)	122
28	99	108	184	23	(11.1%)	207
31	56	78	120	14	(10.4%)	134
33	3	12	13	2	(13.3%)	15
合計	258	268	0	469	57	526

注) () 内は各項目の災害発生数のうち、休業日数4日以上／死亡の割合を示したものである。

表 5 福岡県関連の熱中症事案、業種、発生年、休業日数別

環境条件	年		休業日数		合計
	2019年	2020年	4日未満	4日以上／死亡	
農林業	7	3	9	1	10
畜産・水産業	1	2	3	0	3
鉱業	1	0	1	0	1
建設業	67	80	135	12	147
製造業	83	102	174	11	185
運輸交通業	9	4	4	9	13
貨物取扱業	36	30	63	3	66
通信業	0	0	0	0	0
清掃・と畜業	6	9	10	5	15
商業	23	21	39	5	44
金融・広告業	0	1	1	0	1
教育・研究業	1	1	2	0	2
保健衛生業	6	7	12	1	13
接客娯楽業	1	2	0	3	3
映画・演劇業	0	0	0	0	0
警備業	10	1	11	0	11
派遣業	7	5	5	7	12
その他の事業	0	0	0	0	0
官公署	0	0	0	0	0
合計	258	268	469	57	526

4 食品製造業と倉庫業における熱中症予防対策の実態についての質問紙調査

研究協力者 田島 慶一

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

食品製造業（304社）と倉庫業（3,401社）の屋内事業場を対象に、熱中症対策の実施状況を把握することを目的として、質問紙調査を実施した。調査内容として、事業所の概要、空調の有無、作業着の種類、保護具の種類、作業に伴う身体的負荷、熱中症対策の内容について回答を求めた。「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）」に記載の熱中症対策を十分に実施しているといえる事業場は少なかった。これらの対策の実施を推進するためには、熱中症予防対策に関する情報のさらなる周知と各事業場の熱中症予防対策の運用努力が必要であることが明らかとなった。

A. 研究目的

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ところも多いが、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ところも散見される。熱中症予防対策に関し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、実際に事業所でどの程度熱中症予防対策が実施されているのかということまでは把握できていない。そこで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て質問紙調査を実施した。

B. 研究方法

1 質問紙の作成

「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）」を参考に、熱中症予防対策の実態に関する質問紙を作成した（資料1、2）。質問項目は①事業所概要、②空調、③作業着、④保護具、⑤作業に伴う身体的負荷、⑥熱中症対策に分類した。選択式の回答を中心と

した。

2 調査対象

対象は食品製造業と倉庫業の事業所とした。食品製造業として、一般社団法人日本即席食品工業協会（60社）、日本スープ協会（12社）、公益社団法人日本給食サービス協会（212社）、一般社団法人日本パン工業会（20社）の計304社（2022年8月1日時点）、倉庫業として、一般社団法人日本倉庫協会の3,401社（2022年5月16日時点）を選択した。回答者は各事業所の安全衛生担当者とした。回答形式は、送付した質問紙に記入のうえ、返送するか、Web上で入力するかを選択できるようにした。2022年11月上旬に回答を依頼し、2023年1月4日までに得た回答を集計した。

3 集計

選択式の設問については選択肢ごとの割合を求め、記述式の設問については記載内容を研究者が吟味した上で分類した。

C. 研究結果

1 食品製造業

(1) 事業所概要

62 事業所から回答を得た。夏季の屋内の暑熱職場を有する事業所はうち 59 社であった (図 1-1)。以降の回答結果は屋内の暑熱職場を有すると回答した 59 の事業所のみに絞った。最も暑い屋内職場が暑くなっている原因として考えられるものは、「熱を発する設備があるため」が 98.3%と最も多く (図 1-2)、「熱を発する設備」としては「フライヤー (74.1%)」、「食洗器 (65.5%)」、「オーブン(58.6%)」など様々な設備が挙げられた (図 1-3)。事業所の規模としては「50 人未満」の小規模事業所が 52.5%と最も多かった (図 1-4)。

(2) 空調

最も暑い屋内職場に室内全体の空調 (冷房・クーラー) を持つ事業所は 70.2%を占めていた (図 1-5)。最も暑い屋内職場の空調の設定温度は 25℃が 22.2%と最も多かった (図 1-6)。最も暑い屋内職場に作業用スポットクーラーを設置している事業所は 64.4% (図 1-7)、作業用扇風機を設置している事業所は 67.8%を占めていた (図 1-8)。

(3) 作業着

「最も暑い屋内職場で使用する作業着 (保護具を装着していない状態) に相当する衣服」は、「食品衛生白衣 (通気性が比較的良いもの)」が 44.1%と最も多かった (図 1-9)。

(4) 保護具

「最も暑い屋内職場で一人の作業者が装着している保護具」は、「作業帽・頭巾」が 98.3%、「衛生マスク (不織布、布など)」が 96.6%と多かった (図 1-10)。

(5) 作業に伴う身体的負荷

「最も暑い屋内職場における身体的負荷が最も大きい作業の強度」は、「【中等度】歩く程度の強さ、立ち作業、軽量なに荷車を押したり引いたりする」が 55.9%と最も多かった (図 1-11)。

(6) 熱中症対策

「現在、行っている熱中症対策」は「作業前の体調確認(81.4%)」、「室内全体の空調の設置 (67.8%)」、「扇風機の設置 (67.8%)」などが多かった (図 1-12)。室温を測定している事業所は 84.7% (図 1-13)、WBGT (暑さ指数) を測定している事業所は 14.0% (図 1-14)、WBGT に応じて連続作業時間を短縮している事業所は 12.5%であった (図 1-15)。「連続作業時間の短縮」以外に WBGT に応じた対策は「Web 動画による定点観察、職長による定点巡回、職場内声掛け運動等」を実施しているという回答を 1 事業所から得た (表 1)。

昼休みなどの食事時間以外に休憩時間を確保している事業所は 77.6% (図 1-16) であった。「昼休みなどの食事時間以外の休憩の頻度」は「2 時間に 1 回」が 54.8%と最も多く (図 1-17)、「昼休みなどの食事時間以外の休憩の時間」は「5 分」が 34.1%と最も多かった (図 1-18)。

「熱中症予防管理者」を選任している事業所は 3.4% (図 1-19)、「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を知っている事業所は 20.3% (図 1-20)、「環境省熱中症予防情報サイト」を知っている事業所は 37.3% (図 1-21)、「環境省の「熱中症警戒アラート」」を知っている事業所は 74.5%であった (図 1-22)。

2 倉庫業について

(1) 事業所概要

1,011 事業所から回答を得た。夏季の屋内の暑熱職場を有する事業所は 845 社であった(図 2-1)。以降の回答結果は屋内の暑熱職場を有すると回答した 845 の事業所だけに絞った。最も暑い屋内職場が暑くなっている原因として考えられるものは「外が暑いため」が 90.0%と最も多く(図 2-2)、「熱を発する設備」としては「エアコンプレッサー」、「モーター」、「炉」など様々な設備が挙げられた(表 2-1)。事業所の規模としては「50 人未満」の小規模事業所が 71.4%と最も多かった(図 2-3)。

(2) 空調

最も暑い屋内職場に室内全体の空調(冷房・クーラー)を持つ事業所は 33.5%を占めていた(図 2-4)。最も暑い屋内職場の空調の設定温度は 25°Cが 22.3%と最も多かった(図 2-5)。最も暑い屋内職場に作業用スポットクーラーを設置している事業所は 68.6%(図 2-6)、作業用扇風機を設置している事業所は 79.3%を占めていた(図 2-7)。

(3) 作業着

「最も暑い屋内職場で使用する作業着(保護具を装着していない状態)に相当する衣服」は「半そで作業着と長ズボンに相当する衣服(夏用の軽装の作業着)」が 57.2%と最も多かった(図 2-8)。

(4) 保護具

「最も暑い屋内職場で一人の作業着が装着している保護具」は、「安全靴」が 85.7%、「ヘルメット」が 85%と多かった(図 2-9)。

(5) 作業に伴う身体的負荷

「最も暑い屋内職場における身体的負荷が最も大きい作業の強度」は、「【中等度】歩く程度の強さ、立ち作業、軽量なに荷車を押したり引いたりする」が 49.3%と最も多かつ

た(図 2-10)。

(6) 熱中症対策

「現在、行っている熱中症対策」は「扇風機の設置(78.1%)」、「塩分の支給(75%)」、「作業前の体調確認(62.4%)」などが多かった(2-11)。その他の熱中症対策としては「クールベストの使用」、「トイレの回数確認」、「パワースーツの使用」など様々な対策が実施されていた(表 2-2)。室温を測定している事業所は 64.3%(図 2-12)、WBGT(暑さ指数)を測定している事業所は 19.5%(図 2-13)、WBGT に応じて連続作業時間を短縮している事業所は 60.8%であった(図 2-14)。「連続作業時間の短縮」以外に WBGT に応じた対策として「WBGT28°C以上で午前・午後に水分補給・体温冷却の為の暑熱対策休憩を 5 分程度確保している」、「ファン付作業服等着用が目安として WBGT を利用、WBGT に応じた休憩時間を増やす対策」などが挙げられた(表 2-3)。

昼休みなどの食事時間以外に休憩時間を確保している事業所は 92.6%(図 2-15)であった。昼休みなどの食事時間以外の休憩の頻度は「2 時間に 1 回」が 59.2%と最も多く(図 2-16)、昼休みなどの食事時間以外の休憩の時間は「15 分」が 45.1%と多かった(図 2-17)。

「熱中症予防管理者」を選任している事業所は 9.1%(図 2-18)、「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を知っている事業所は 39.4%(図 2-19)、「環境省熱中症予防情報サイト」を知っている事業所は 60.5%(図 2-20)、「環境省の「熱中症警戒アラート」」を知っている事業所は 78.7%であった(図 2-21)。

D. 考察

事業所によっては、WBGT 計を活用した熱

中症対策の実施や熱中症予防管理者の選任がなされていたが、厚生労働省から推奨されている熱中症対策を実施できている事業所は決して多くはなかった。また、「熱中症警戒アラート」を認識している事業所は比較的多かったが、「環境省熱中症予防情報サイト」、「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を認識している事業所は少なく、厚生労働省から通達される熱中症対策啓発資料などが十分行き届いていない可能性がある。小規模事業所などへも熱中症対策に関する啓発の周知徹底と事業所の運用努力が必要と考えた。周知に際してはメディアや SNS 等も上手く活用するなどして、これまで以上に情報を拡散していく手段を取ることで、熱中症リスクを事業所全体で低減させていくことが望まれる。

E. 結論

食品製造業、倉庫業の屋内事業場における熱中症予防対策の実態を把握した。熱中症リスク低減のために各事業所における更なる熱中症予防対策の推進が必要であり、そのためにもより多くの事業所に熱中症予防対策に関する情報が周知される取り組みが求められる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

第 96 回日本産業衛生学会、2023 年 5 月 10
～12 日、栃木

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）

食品業における熱中症対策アンケート

1 事業所の概要

- ① 夏季に汗をかくような暑い屋内職場がありますか。 (はい ・ いいえ)
 → 「いいえ」の場合でも、以下の質問には貴事業所のうち、最も暑い屋内職場についてご回答ください。
- ② 「最も暑い屋内職場」が暑くなっている原因として考えられるものすべてに○をつけてください。
- () 外が暑いため () 風通しが悪いため
 () 日光が差し込むため () 人が密集しているため
 () 身体的負荷の高い作業であるため (重い物を運ぶなど)
 () 作業服の通気性が悪いため
 () 熱を発生する設備があるため
 → 該当する設備すべてに○を付けてください
- () 食洗器 () 炊飯器 () ガスコンロ () 配膳車
 () フライヤー () 回転鍋 () 蒸し器 (スチーマー) () オープン
 () ボイラー () ミキサー () ふるい機 () 乾燥機
 () スープケトル、スープジャー (汁物用) () その他 ()
 () その他: ()
- ③ 事業所で働く人は何人ですか (パート・アルバイトを含む)。あてはまるもの1つに○をつけてください。
- () 50人未満 () 50人以上100人未満 () 100人以上300人未満
 () 300人以上1000人未満 () 1000人以上

2 空調について

- ① 室内全体の空調 (冷房・クーラー) がありますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)
 → 「はい」の場合、空調 (冷房・クーラー) の設定温度を回答してください。
 () °C ・ わからない)
- ② 作業者にスポットクーラーはありますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)
- ③ 作業者に扇風機はありますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

3 作業着について

- 通常、使用する作業着 (保護具を装着していない状態) として、最も近いもの1つに○をつけてください。
 ※作業者によって使用する作業着が異なる場合は、「大多数の作業者が使用する作業着」を選んでください。
- () 半そで作業着と長ズボンに相当する衣服 (夏用の軽装の作業着)
 () 長そで作業着と長ズボンに相当する衣服 (夏用の作業着)
 () 長そで作業着と長ズボンに相当し通気性の悪い衣服 (汗が蒸発しにくい衣服・冬用相当の衣服など)
 () 食品衛生白衣 (通気性が比較的良いもの)
 () 食品衛生白衣 (通気性が比較的悪いもの)
 () その他 ()

4 保護具について

- 通常、一人の作業者が装着している保護具として、あてはまるものすべてに○をつけてください。
 ※作業者によって使用する保護具が異なる場合は、「最も汗をかく」または「熱中症リスクが高いと考えられる」作業者が装着している保護具を選んでください。
- () 衛生マスク (不織布、布など) () 作業帽・頭巾 () ヘルメット
 () 長手袋 () 短手袋 () エプロン・前掛け () 厨房シューズ () 長靴
 () 耳栓 () イヤーマフ () その他 ()

5 作業に伴う身体的負荷について

身体的負荷が最も大きい作業の強度として、最も近いもの1つに○をつけてください。

- () 【軽度】：座った状態での作業・乗り物の運転
- () 【中等度】：歩く程度の強さ、立ち作業、軽量な荷車を押したり引いたりする
- () 【高度】：速足で歩く程度の強さ、重いものを持つ、重い荷車を押したり引いたりする
- () 【極めて高度】：走る、会話しながらでは不可能な作業

以下の質問は暑熱職場のみではなく、事業所全体について回答してください。

6 事業所での熱中症対策について

① 以下のうち、現在行っている熱中症対策すべてに○をつけてください。

- () 発熱源からの熱を遮ることができる遮へい物の設置
- () 発熱源からの熱気を排気する装置の設置
- () 足を伸ばして横になれる広さのある涼しい休憩場所の設置
- () 体重の測定
- () ファン付き作業服の使用
- () 冷水器の設置
- () 塩分の支給
- () 計画的な暑熱順化期間の設定
- () 作業中の巡視と声かけ
- () 熱中症教育（熱中症の症状・予防方法・救急処置・事例）
- () 熱中症の発症に備えた緊急連絡網の作成と周知
- () その他 ()
- () 天井から排気する換気扇の設置
- () 建物への散水
- () 体温の測定
- () 心拍数の測定
- () 携帯型のファン（扇風機）の使用
- () 飲料水の支給
- () 水分摂取の確認
- () 作業前の体調確認
- () 持病のある労働者への就業上の配慮

② 事業所内の室温を測定していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

③ 事業所内の WBGT（暑さ指数）を測定していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

③で「はい」と答えた方

→WBGT 値に応じて連続作業時間を短縮していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

→「連続作業時間の短縮」以外に WBGT 値に応じた対策を実施していれば、その対策を教えてください。

[]

④ 昼休みなどの食事時間以外に休憩時間を確保していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

④で「はい」と答えた方

→休憩時間の頻度として最も近いものに○をつけてください。

() 30分に1回 () 1時間に1回 () 2時間に1回 () 3時間に1回

→休憩時間の長さとして最も近いものに○をつけてください。

() 5分 () 10分 () 15分 () 20分 () 20分以上

⑤ 「熱中症予防管理者」を選任していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

⑥ 「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を知っていますか。 (はい ・ いいえ)

⑦ 「環境省熱中症予防情報サイト」を知っていますか。 (はい ・ いいえ)

⑧ 環境省の「熱中症警戒アラート」を知っていますか。 (はい ・ いいえ)

倉庫業における熱中症対策アンケート

1 事業所の概要

- ① 夏季に汗をかくような暑い屋内職場がありますか。 (はい ・ いいえ)
 → 「いいえ」の場合でも、以下の質問には貴事業所のうち、最も暑い屋内職場についてご回答ください。
- ② 「最も暑い屋内職場」が暑くなっている原因として考えられるものすべてに○をつけてください。
 () 外が暑いため () 風通しが悪いため
 () 日光が差し込むため () 人が密集しているため
 () 身体的負荷の高い作業であるため (重い物を運ぶなど)
 () 作業服の通気性が悪いため
 () 熱を発する設備があるため
 →設備の名称をご記載ください (複数回答可)
 ()
 () その他：()
- ③事業所で働く人は何人ですか (パート・アルバイトを含む)。あてはまるもの1つに○をつけてください。
 () 50人未満 () 50人以上 100人未満 () 100人以上 300人未満
 () 300人以上 1000人未満 () 1000人以上

2 空調について

- ①室内全体の空調 (冷房・クーラー) がありますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)
 → 「はい」の場合、空調 (冷房・クーラー) の設定温度を回答してください。
 (°C ・ わからない)
- ②作業着用にスポットクーラーはありますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)
- ③作業着用に扇風機はありますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

3 作業着について

- 通常、使用する作業着 (保護具を装着していない状態) として、最も近いもの1つに○をつけてください。
 ※作業者によって使用する作業着が異なる場合は、「大多数の作業者が使用する作業着」を選んでください。
 () 半そで作業着と長ズボンに相当する衣服 (夏用の軽装の作業着)
 () 長そで作業着と長ズボンに相当する衣服 (夏用の作業着)
 () 長そで作業着と長ズボンに相当する通気性の悪い衣服 (汗が蒸発しにくい衣服・冬用相当の衣服など)
 () その他 ()

4 保護具について

- 通常、一人の作業者が装着している保護具として、あてはまるものすべてに○をつけてください。
 ※作業者によって使用する保護具が異なる場合は、「最も汗をかく」または「熱中症リスクが高いと考えられる」作業者が装着している保護具を選んでください。
 () 防じんマスク () 防毒マスク () 衛生マスク (不織布、布など)
 () 作業帽 () ヘルメット () 長手袋
 () 短手袋 () エプロン・前掛け () 安全靴
 () 耳栓 () イヤーマフ () 墜落制止用器具 (ハーネス・安全帯)
 () その他：()

5 作業に伴う身体的負荷について

身体的負荷が最も大きい作業の強度として、最も近いもの1つに○をつけてください。

- () 【軽度】：座った状態での作業・乗り物の運転
- () 【中等度】：歩く程度の強さ、立ち作業、軽量の荷車を押ししたり引いたりする
- () 【高度】：速足で歩く程度の強さ、重いものを持つ、重い荷車を押ししたり引いたりする
- () 【極めて高度】：走る、会話しながらでは不可能な作業

以下の質問は暑熱職場のみではなく、事業所全体について回答してください。

6 事業所での熱中症対策について

① 以下のうち、現在行っている熱中症対策すべてに○をつけてください。

- () 発熱源からの熱を遮ることができる遮へい物の設置
- () 天井から排気する換気扇の設置
- () 発熱源からの熱気を排気する装置の設置
- () 建物への散水
- () 足を伸ばして横になれる広さのある涼しい休憩場所の設置
- () 体温の測定
- () 体重の測定
- () 心拍数の測定
- () ファン付き作業服の使用
- () 携帯型のファン（扇風機）の使用
- () 冷水器の設置
- () 飲料水の支給
- () 塩分の支給
- () 水分摂取の確認
- () 計画的な暑熱順化期間の設定
- () 作業前の体調確認
- () 作業中の巡視と声かけ
- () 持病のある労働者への就業上の配慮
- () 熱中症教育（熱中症の症状・予防方法・救急処置・事例）
- () 熱中症の発症に備えた緊急連絡網の作成と周知
- () その他（)

② 事業所内の室温を測定していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

③ 事業所内の WBGT（暑さ指数）を測定していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

③で「はい」と答えた方

→WBGT 値に応じて連続作業時間を短縮していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

→「連続作業時間の短縮」以外に WBGT 値に応じた対策を実施していれば、その対策を教えてください。

[]

④ 昼休みなどの食事時間以外に休憩時間を確保していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

④で「はい」と答えた方

→休憩時間の頻度として最も近いものに○をつけてください。

() 30分に1回 () 1時間に1回 () 2時間に1回 () 3時間に1回

→休憩時間の長さとして最も近いものに○をつけてください。

() 5分 () 10分 () 15分 () 20分 () 20分以上

⑤ 「熱中症予防管理者」を選任していますか。 (はい ・ いいえ ・ わからない)

⑥ 「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を知っていますか。 (はい ・ いいえ)

⑦ 「環境省熱中症予防情報サイト」を知っていますか。 (はい ・ いいえ)

⑧ 環境省の「熱中症警戒アラート」を知っていますか。 (はい ・ いいえ)

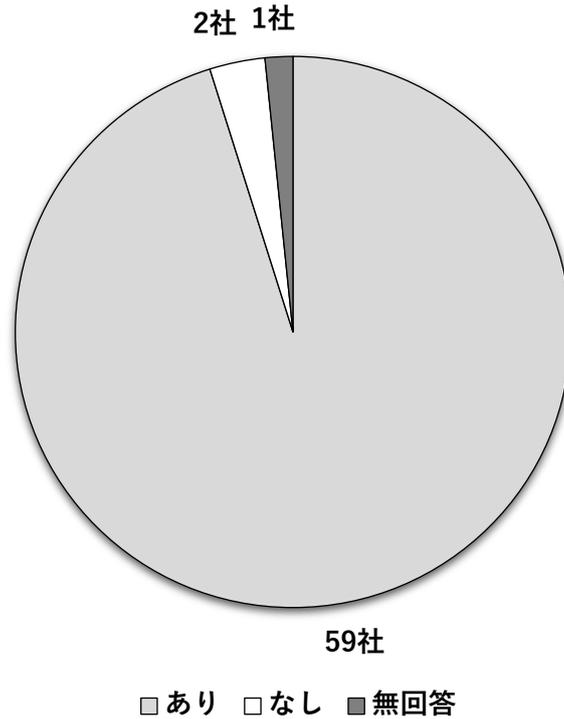


図 1-1 夏季の屋内の暑熱職場（食品製造業、N=62）

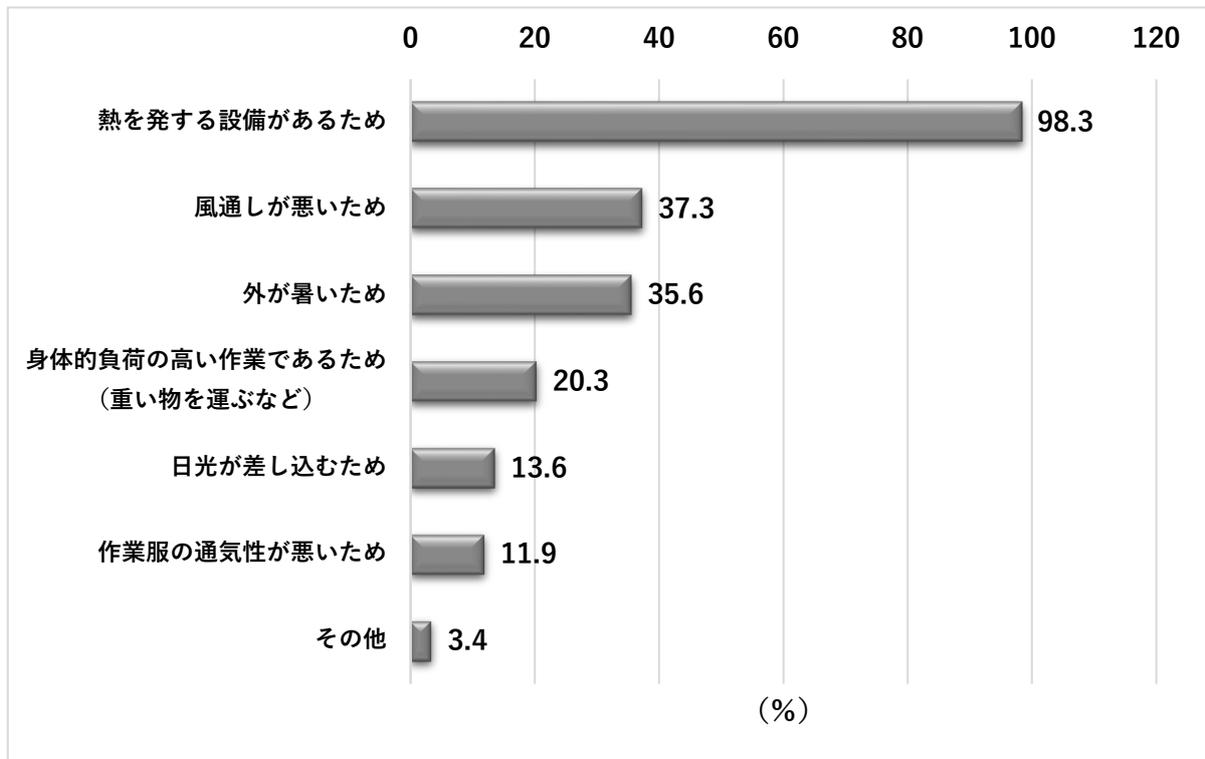


図 1-2 最も暑い屋内職場が暑くなっている原因として考えられるもの（食品製造業、N=59）

※「その他」の回答内容：「エアコン設備のない所が多いため」、「空調機がないため」

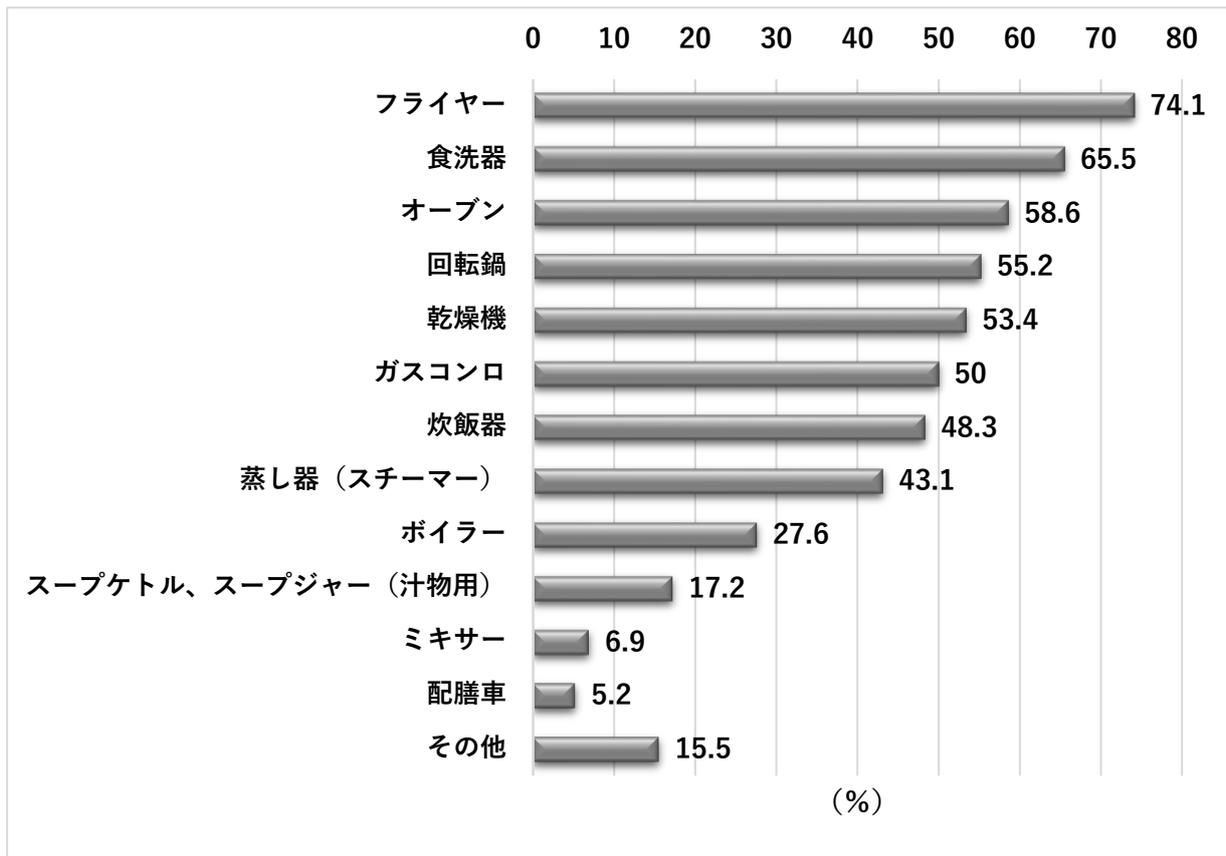


図 1-3 最も暑い屋内職場が暑くなっている原因として考えられる「熱を発する設備」
(食品製造業、N=58)

※「その他」の回答内容：「ガスバーナー」、「加熱式ニーダー」、「回転釜」、「殺菌装置」、「蒸気釜」、「食器乾燥機」、「大型の洗浄機」、「第一種圧力容器等」、「熱湯ボイル釜」

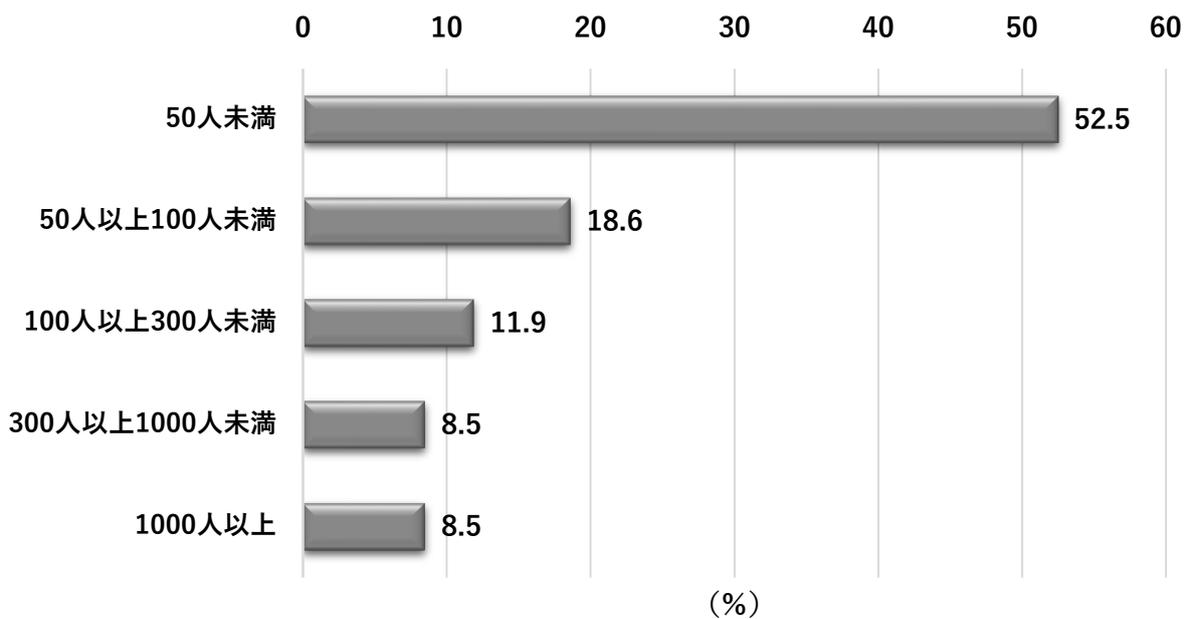
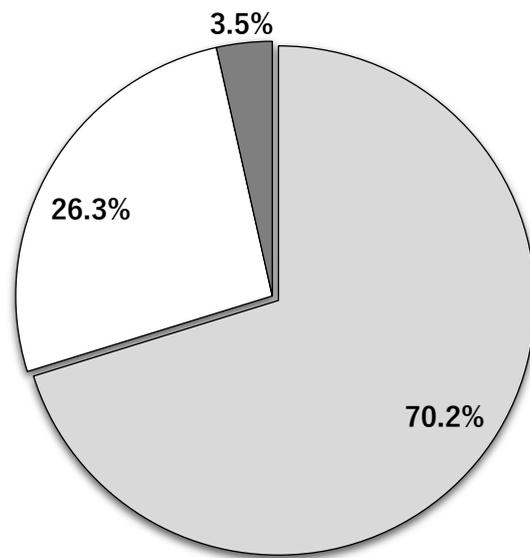


図 1-4 事業所の社員の人数 (食品製造業、N=59)



□あり □なし ■わからない

図 1-5 最も暑い屋内職場の冷房・クーラーなど室内全体の空調（食品製造業、N=57）

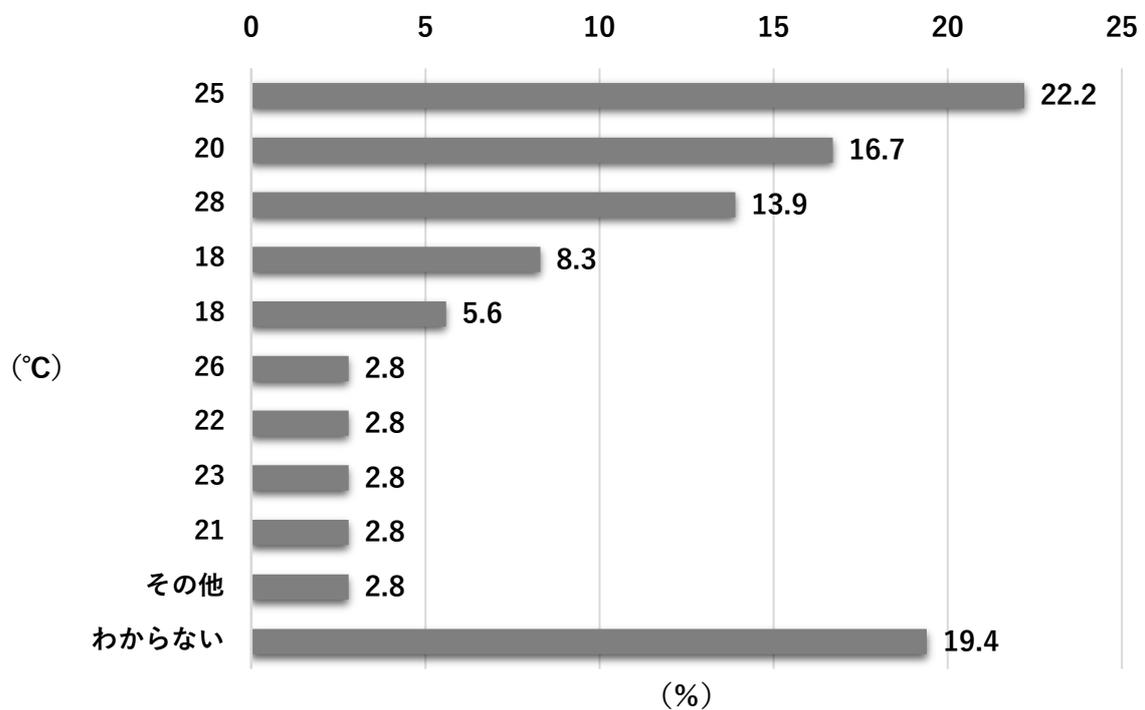
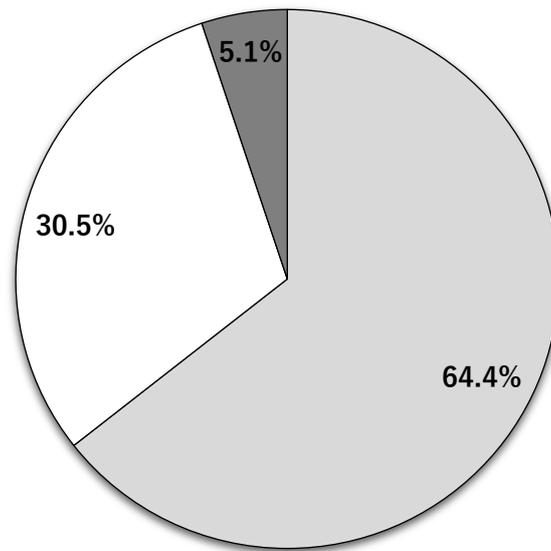


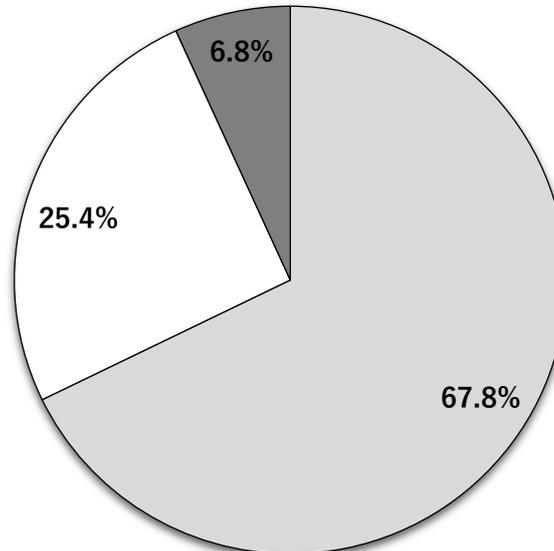
図 1-6 最も暑い屋内職場の空調の設定温度（食品製造業、N=36）

※「その他」の回答内容：26±2°C



□あり □なし ■わからない

図 1-7 最も暑い屋内職場の作業用スポットクーラー（食品製造業、N=59）



□あり □なし ■わからない

図 1-8 最も暑い屋内職場の作業用扇風機（食品製造業、N=59）

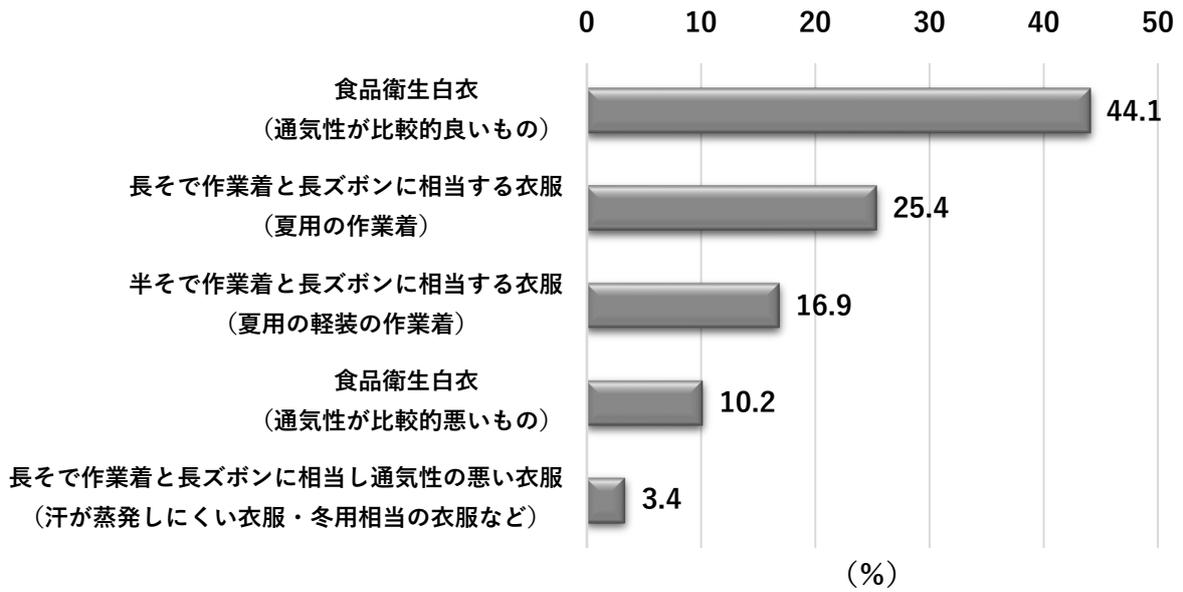


図 1-9 最も暑い屋内職場で使用する作業着（保護具を装着していない状態）に相当する衣服（食品製造業、N=59）

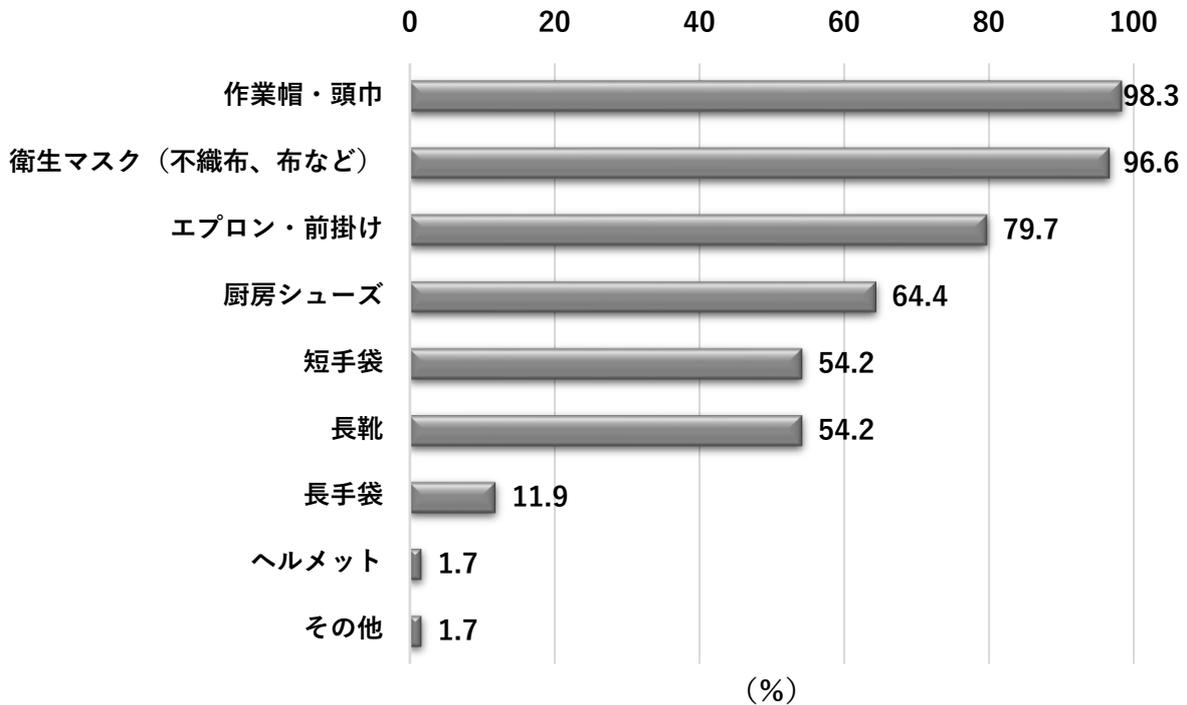


図 1-10 最も暑い屋内職場で一人の作業者が装着している保護具（食品製造業、N=59）

※「その他」の回答内容：インナーヘルメット

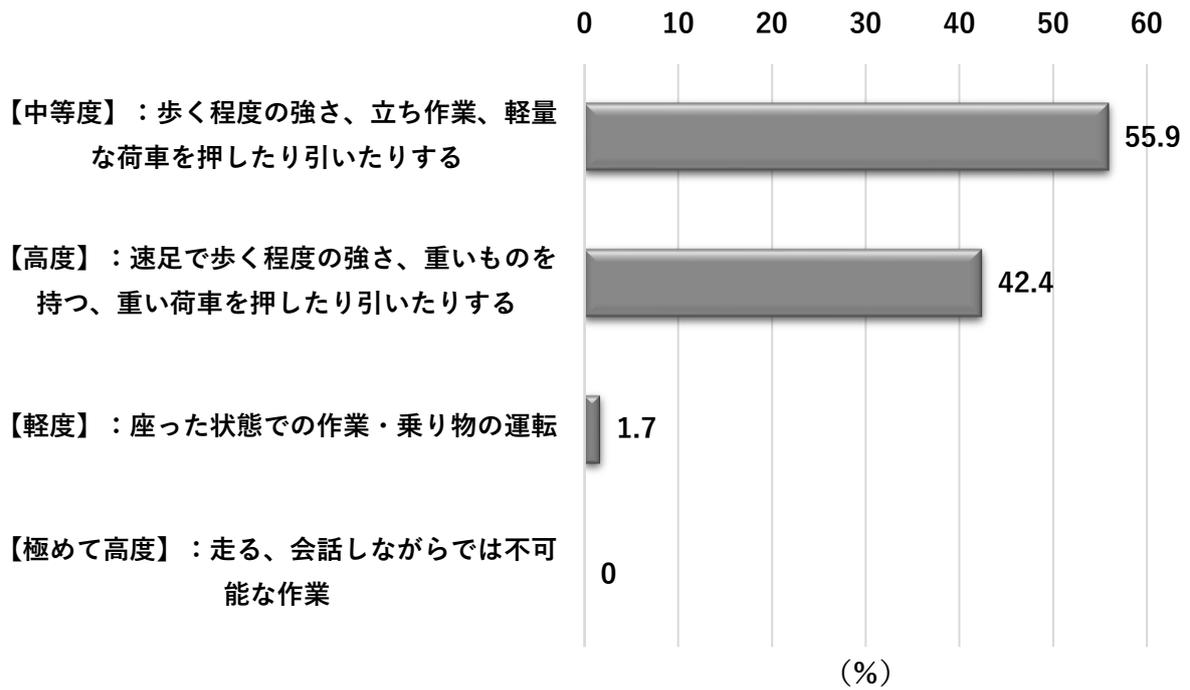


図 1-11 最も暑い屋内職場における身体的負荷が最も大きい作業の強度（食品製造業、N=59）

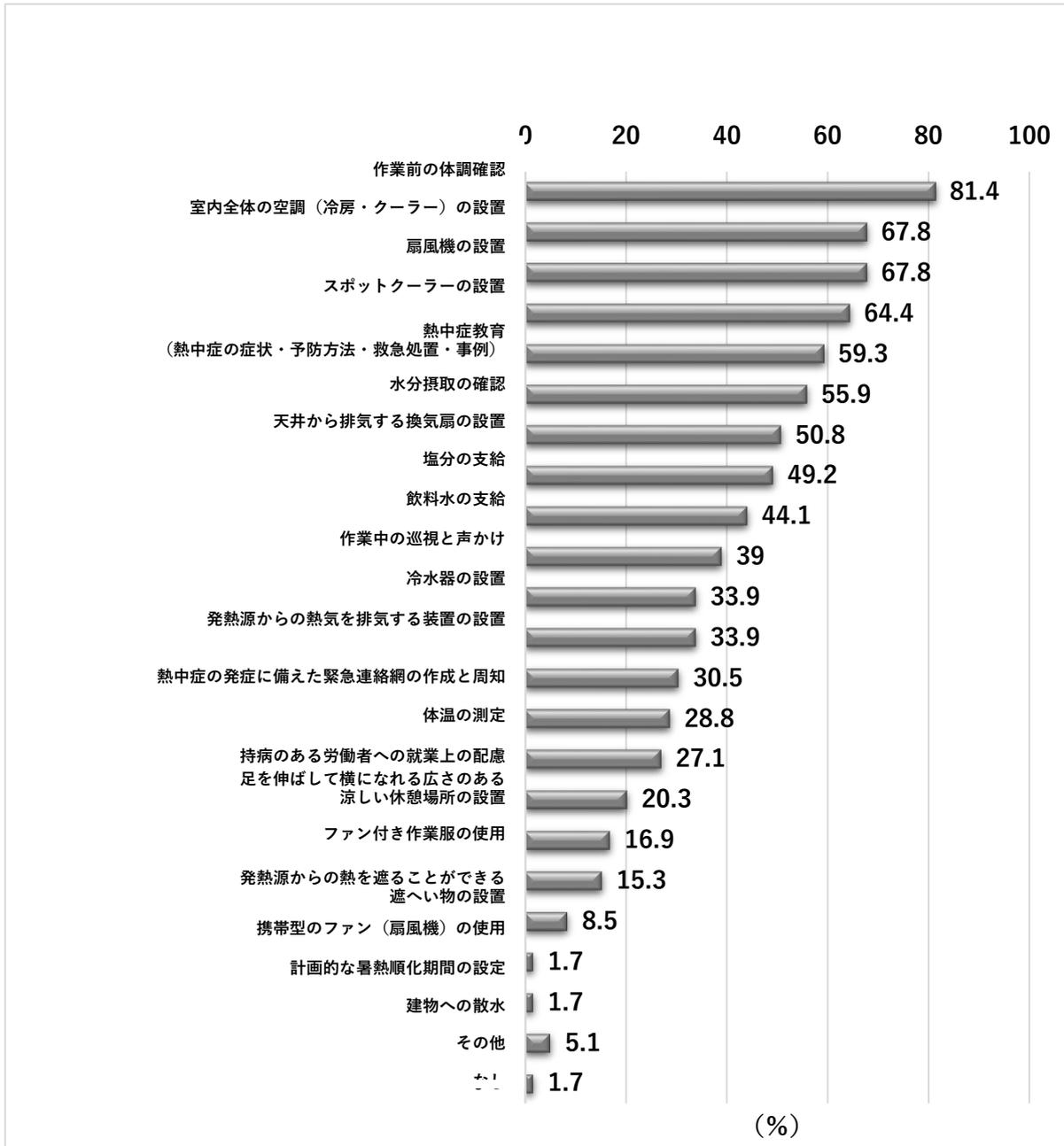


図 1-12 現在、行っている熱中症対策（食品製造業、N=59）

※「その他」の回答内容：「その日の湿度・気温等を考慮して休憩回数を増やす」、「環境測定（定位置調査）」、「涼しい場所の設置」

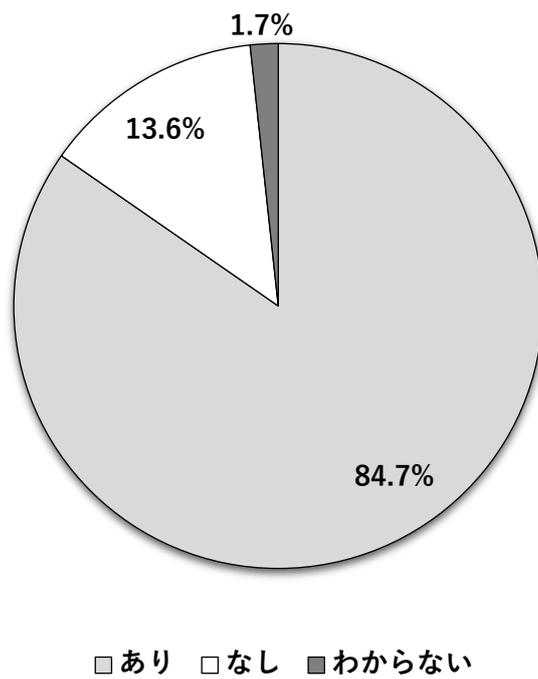


図 1-13 事業所内の室温の測定（食品製造業、N=59）

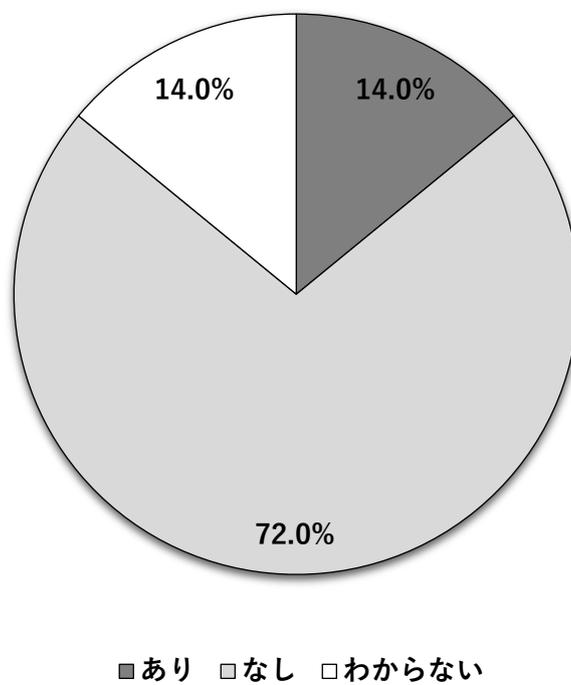
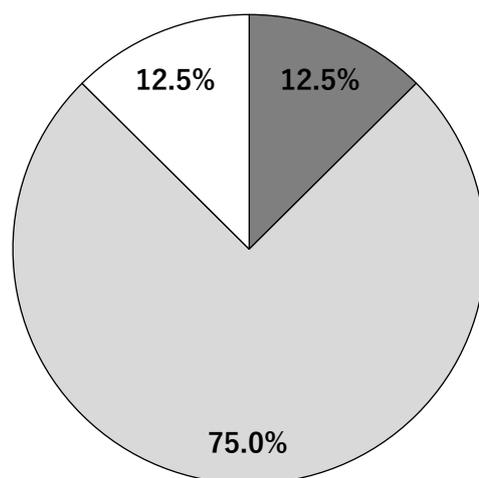


図 1-14 事業所内の WBGT（暑さ指数）の測定（食品製造業、N=57）

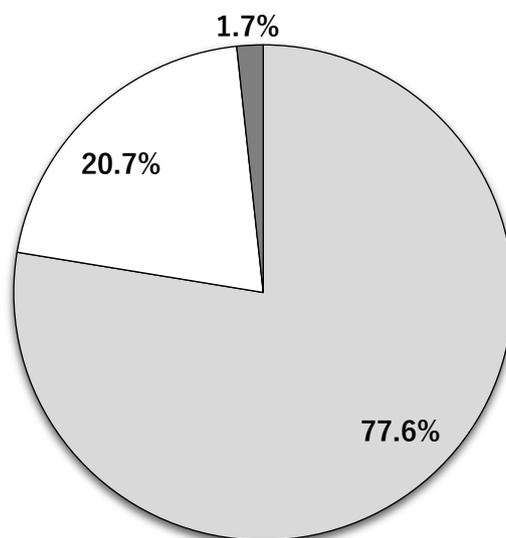


■あり □なし □わからない

図 1-15 WBGT に応じた連続作業時間の短縮の実施（食品製造業、N=8）

表 1 「連続作業時間の短縮」以外の WBGT に応じた対策（N=1）

「連続作業時間の短縮」以外の WBGT に応じた対策	
WEB 動画定点観察、職長定点巡回、職場内声掛け運動 等	1



□あり □なし ■わからない

図 1-16 昼休みなどの食事時間以外の休憩（食品製造業、N=58）

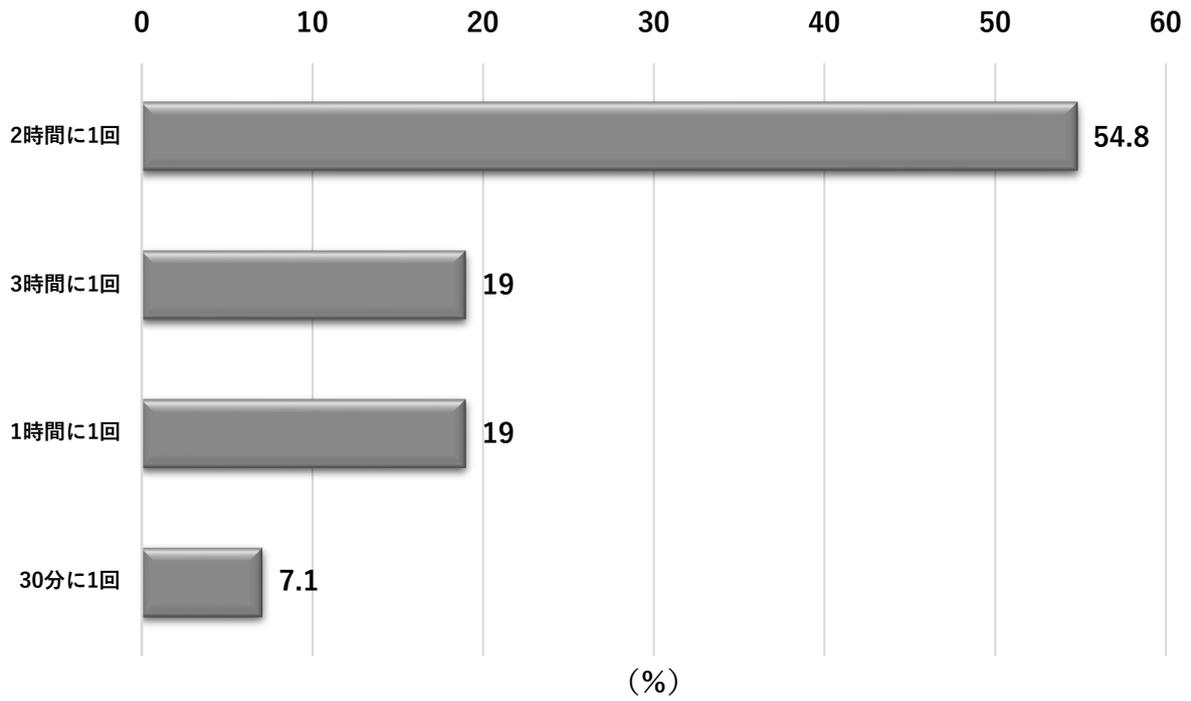


図 1-17 昼休みなどの食事時間以外の休憩の頻度（食品製造業、N=45）

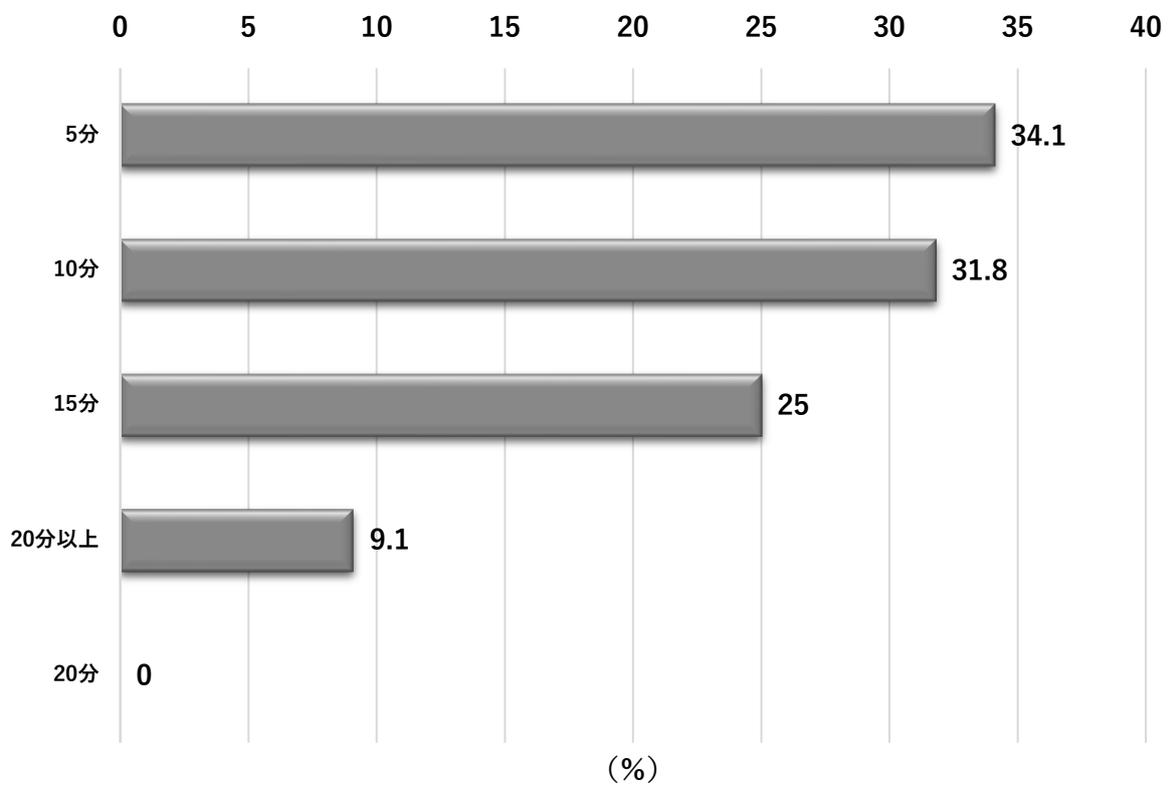


図 1-18 昼休みなどの食事時間以外の休憩の時間（食品製造業、N=45）

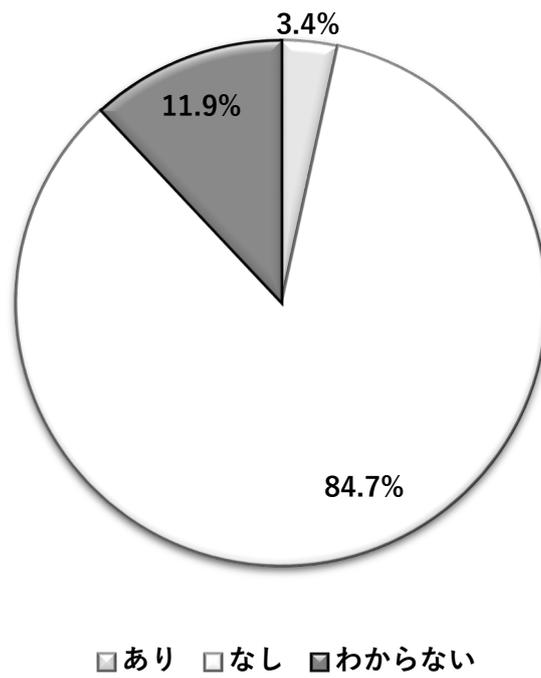


図 1-19 熱中症予防管理者の選任（食品製造業、N=59）

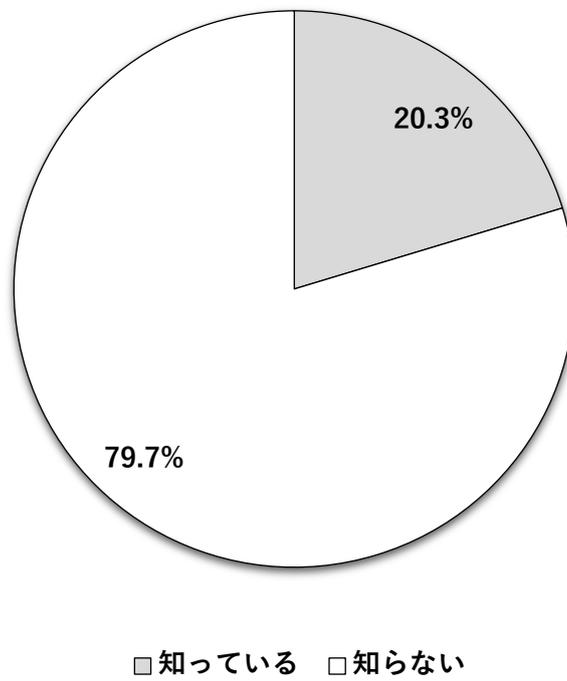
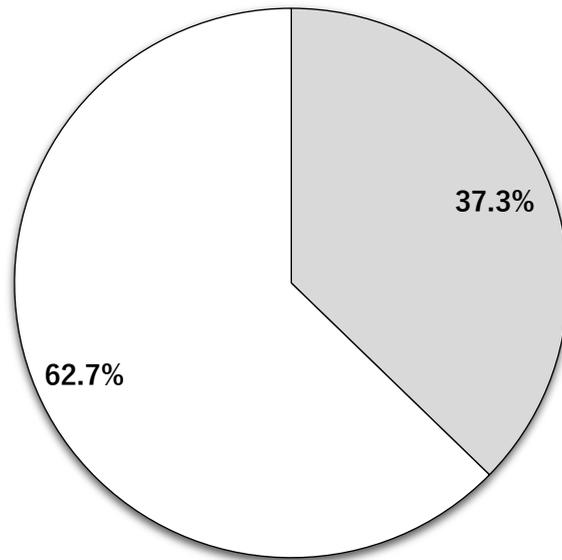
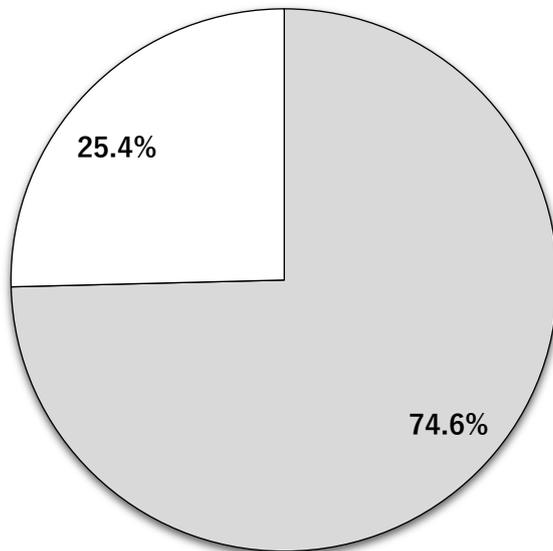


図 1-20 「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」について（食品製造業、N=59）



□ 知っている □ 知らない

図 1-21 「環境省熱中症予防情報サイト」について（食品製造業、N=59）



□ 知っている □ 知らない

図 1-22 環境省の「熱中症警戒アラート」について（食品製造業、N=59）

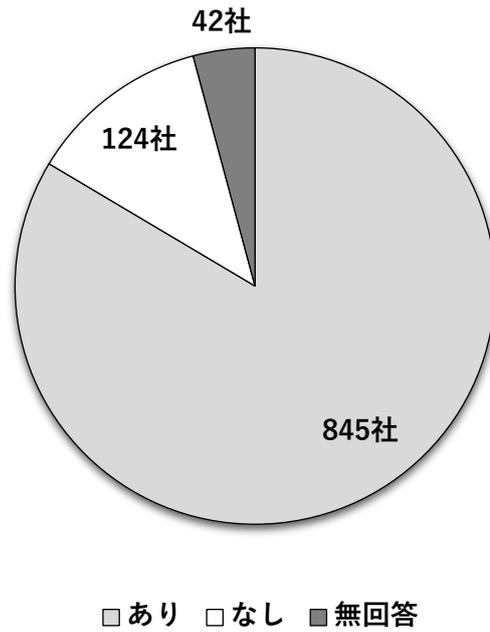


図 2-1 夏季の屋内の暑熱職場（倉庫業、N=1,011）

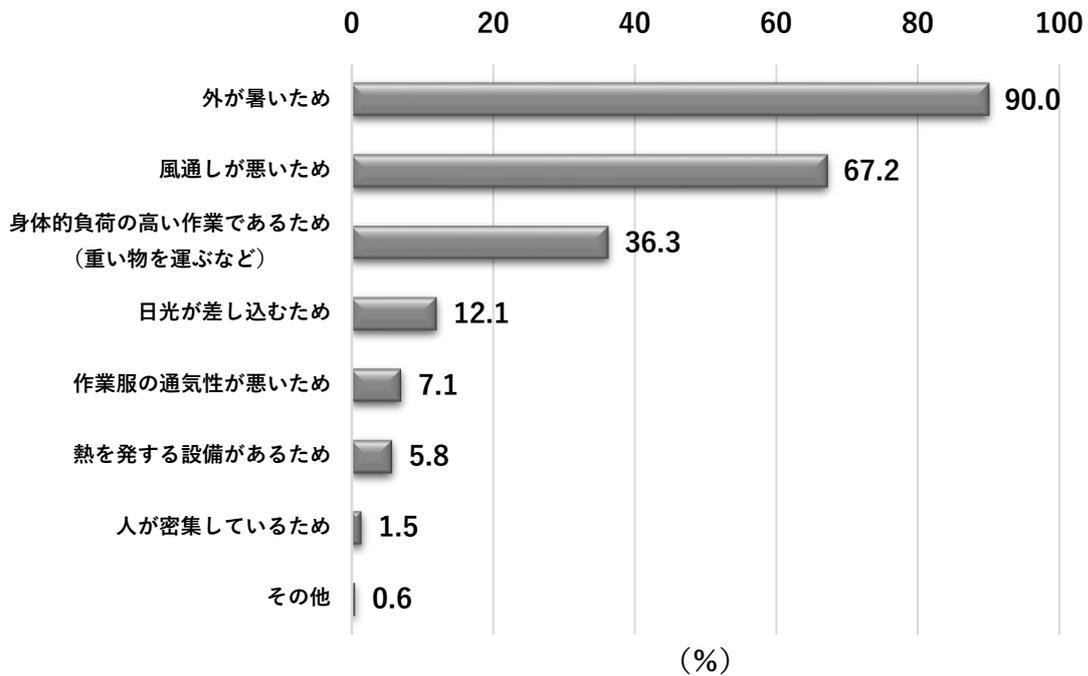


図 2-2 最も暑い屋内職場が暑くなっている原因として考えられるもの（倉庫業）（N=841）

※「その他」の回答内容：「ピッキング作業のため」、「空調がないため」、「高所のため」、
「倉庫なのでエアコンの冷気が行き渡らない」、「建屋の二階のため」

表 2-1 最も暑い屋内職場が暑くなっている原因として考えられる「熱を発する設備」
(倉庫業、N=34、複数回答)

熱を発する設備
「梱包ライン・梱包機」
「機械・製造設備全般」
「フォークリフト」
「ブロアモーター」
「搬送設備」
「PC」
「モーター」
「天井からの熱」
「天井照明」
「トラック」
「操作室（設備による熱）」
「サイロ下・上」
「アルミをプレスする設備」
「エアーコンプレッサー」
「シュリンク機」
「染色機」
「サンプルカッター」
「ピッキングライン（DPS、ワライムシステム）」
「大豆撰別機」
「塗装乾燥炉」
「壁材が鋼板」
「海上コンテナ（輸出入用）」
「乾燥機・乾燥設備」
「精練整理用の設備機械」
「屋根（鋼板やスレート）」
「鉄骨造」
「蒸留塔」
「薬剤槽」
「熱風発生機」
「破碎機」
「冷凍機」
「炉」

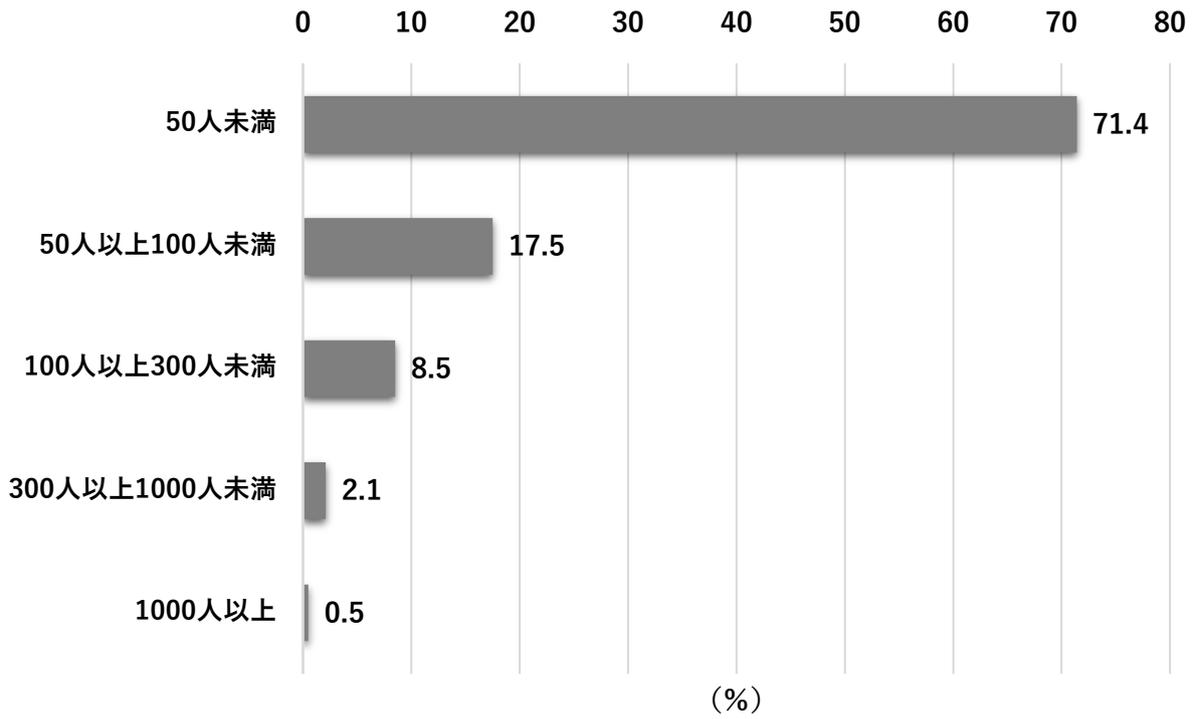


図 2-3 事業所の社員の人数（倉庫業、N=845）

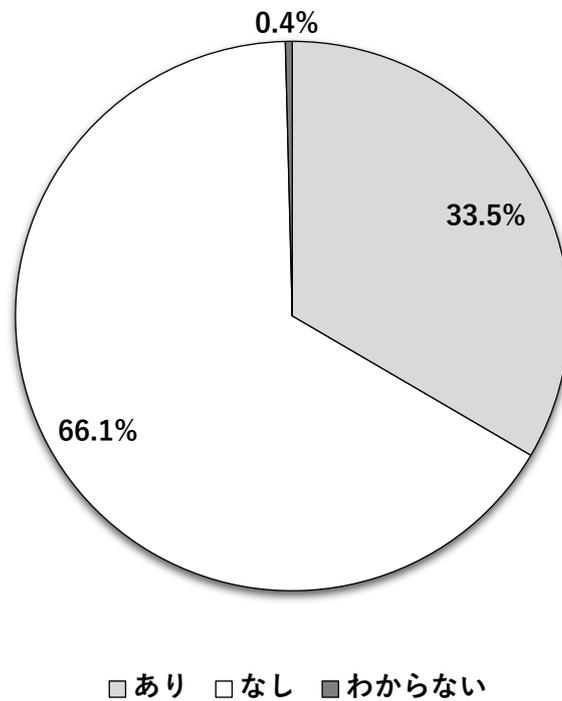


図 2-4 最も暑い屋内職場の冷房・クーラーといった室内全体の空調（倉庫業、N=837）

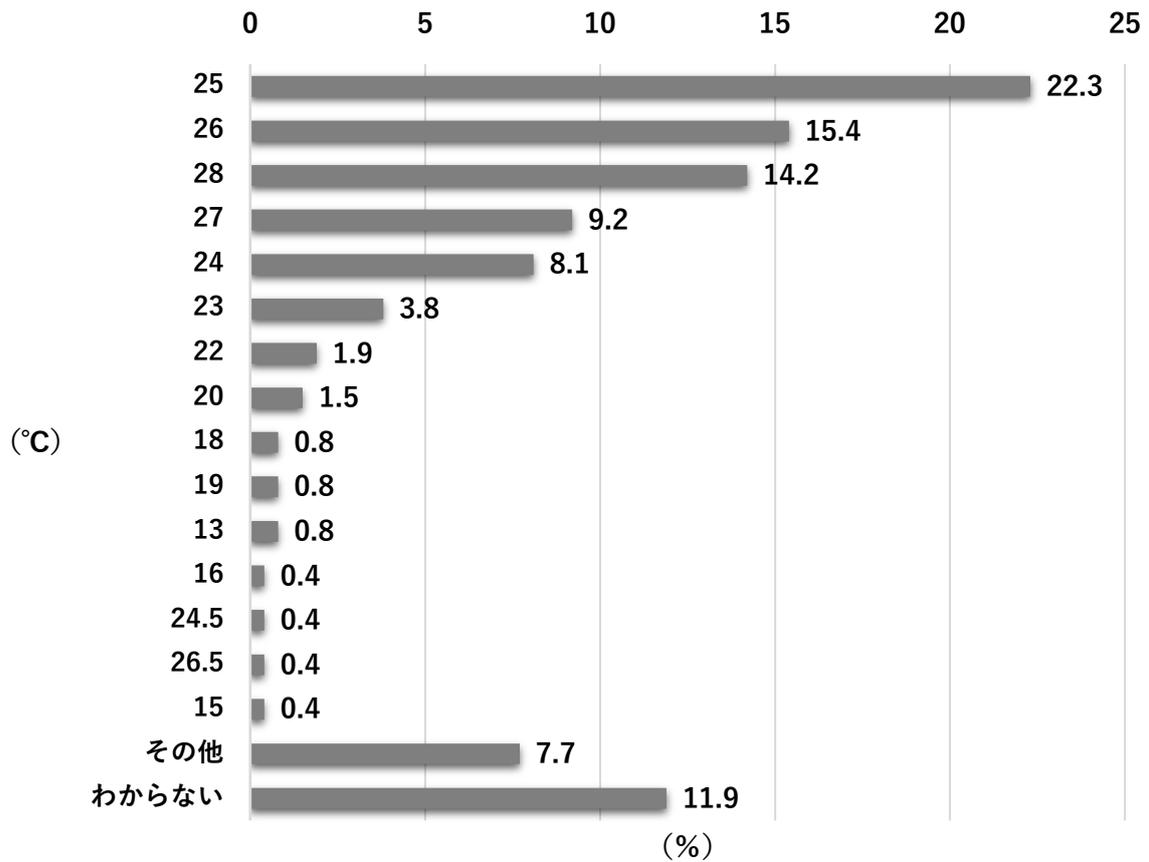
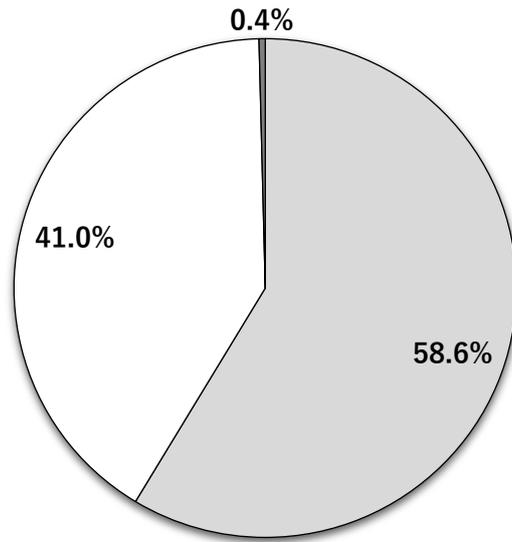


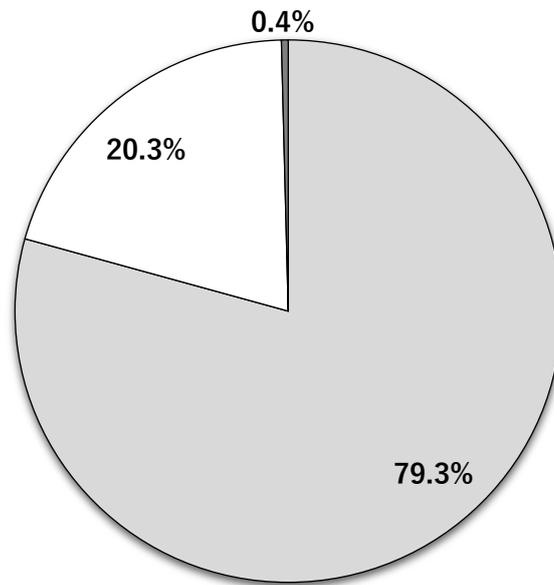
図 2-5 最も暑い屋内職場の空調の設定温度（倉庫業、N=260）

※「その他」の回答内容：「14～25℃」、「20～28℃」、「22～24℃」、「24～25℃」、「24～26℃」、「24～28℃」、「25～28℃」、「25 又は 26℃」、「26～27℃」、「26～28℃」、「27～28℃」、「20℃以下」、「下限なし」



□あり □なし ■わからない

図 2-6 最も暑い屋内職場の作業者用のスポットクーラー（倉庫業、N=840）



□あり □なし ■わからない

図 2-7 最も暑い屋内職場の作業者用の扇風機（倉庫業、N=832）

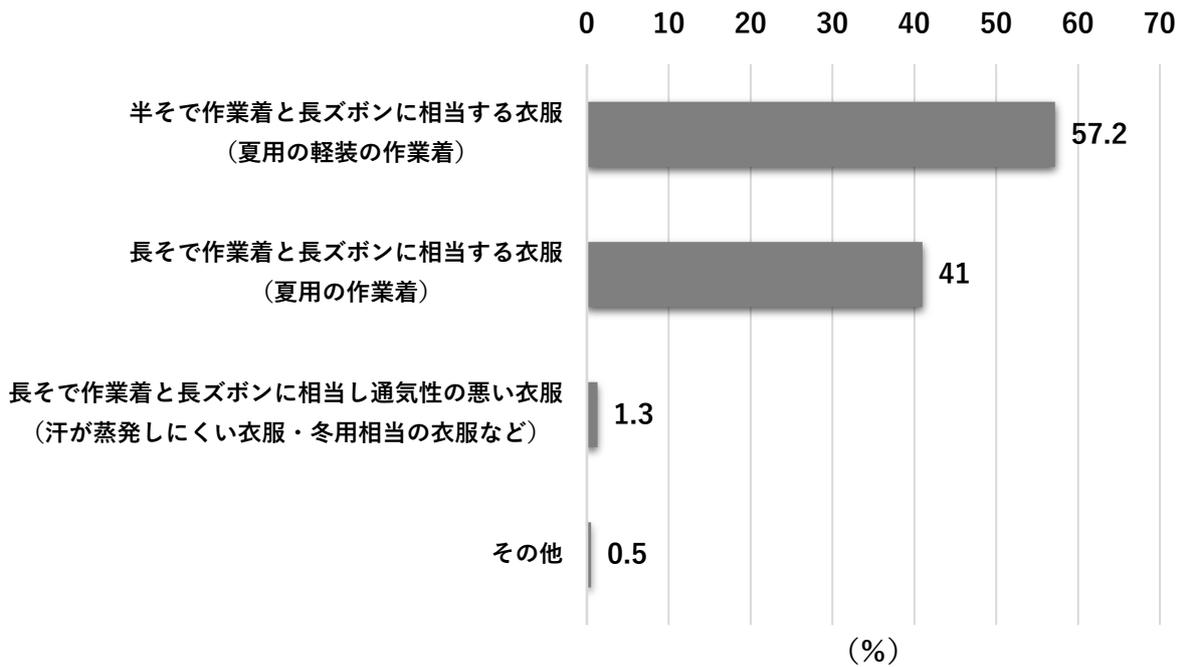


図 2-8 最も暑い屋内職場で使用する作業着（保護具を装着していない状態）に相当する衣服（倉庫業、N=842）※その他の回答内容：「薄手の長袖作業着と通年使用の長ズボン」

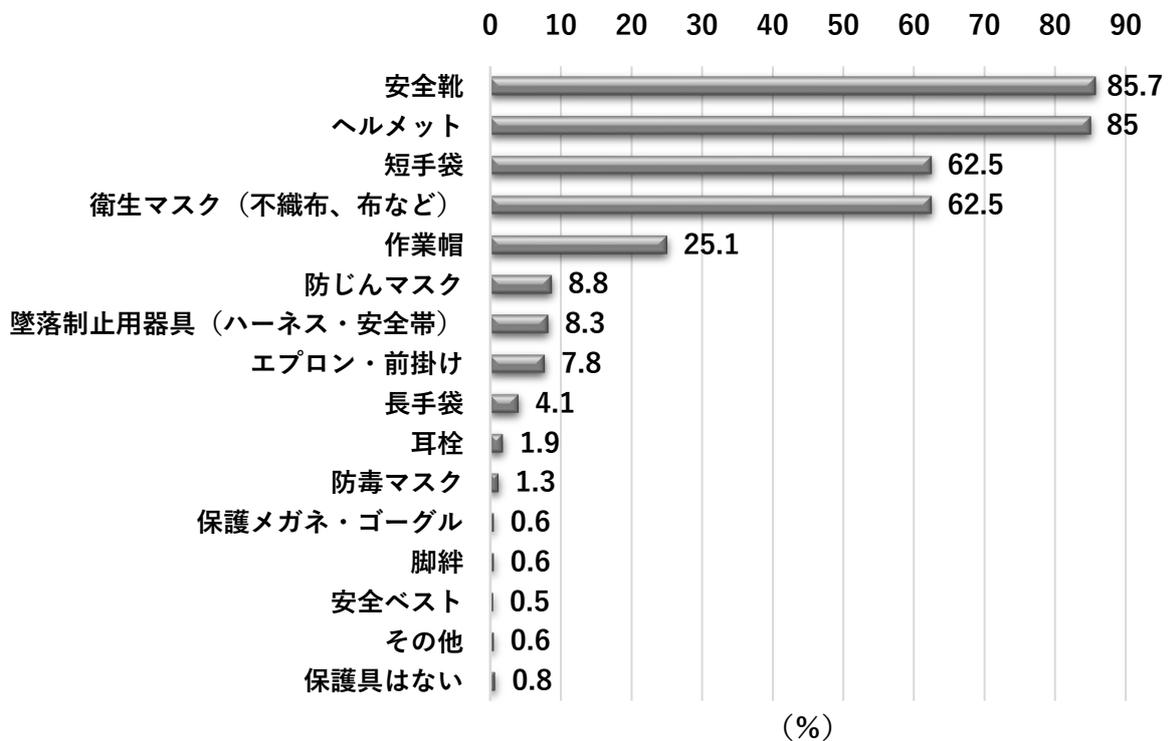


図 2-9 最も暑い屋内職場で一人の作業者が装着している保護具（倉庫業、N=845）
 ※「その他」の回答内容：「スパッツ」、「タイベック・合羽」、「バンダナ」、「ヤッケ」、
 「足カバー」

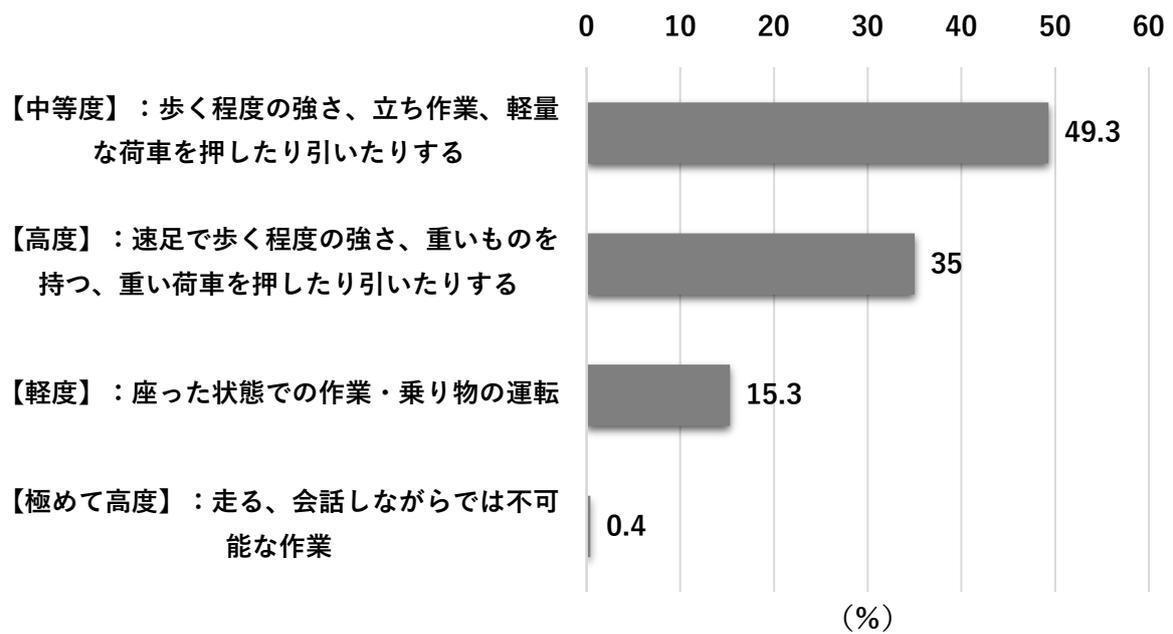


図 2-10 最も暑い屋内職場における身体的負荷が最も大きい作業の強度（倉庫業、N=834）

以下のうち、現在行っている熱中症対策のすべてを選んでください。

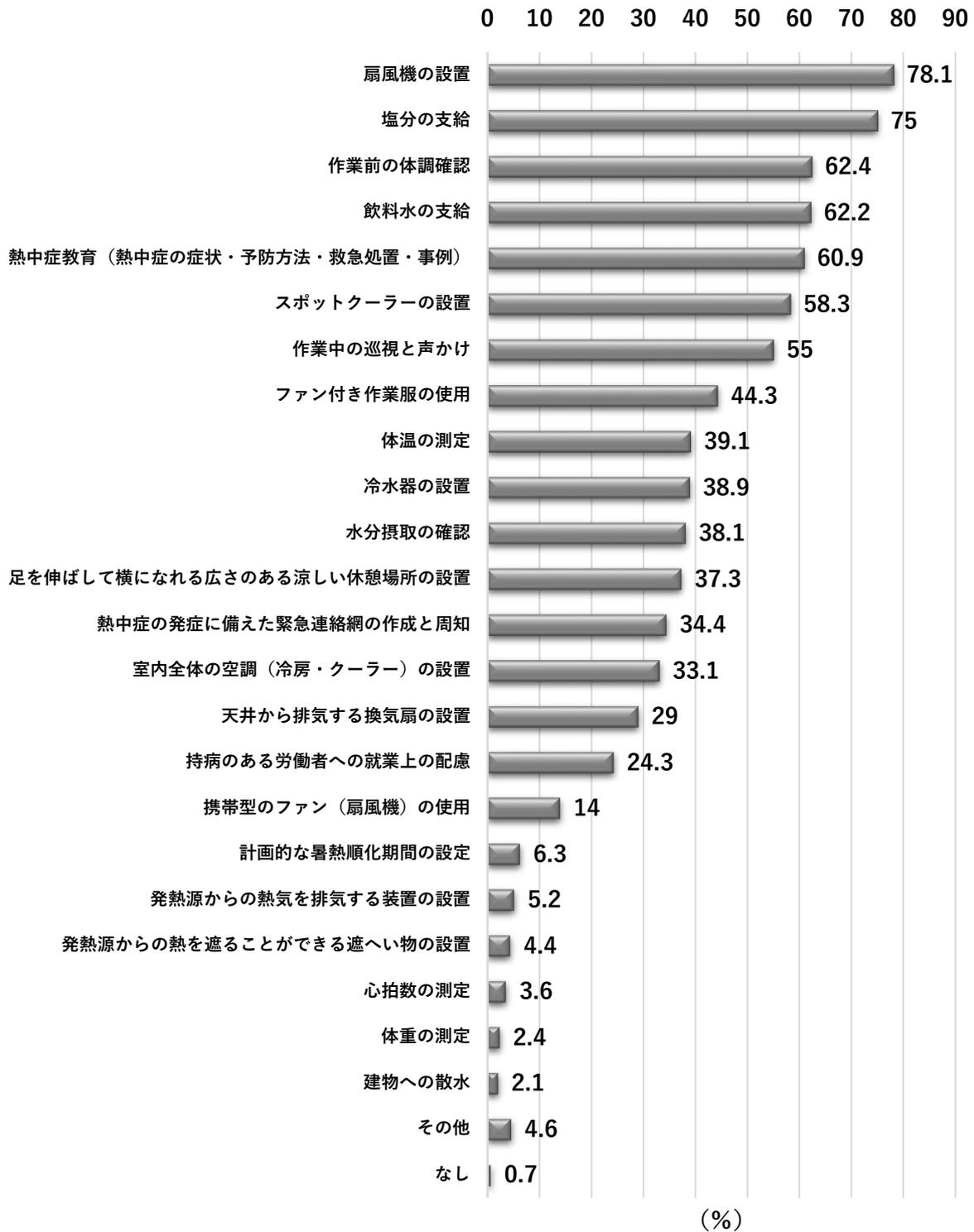
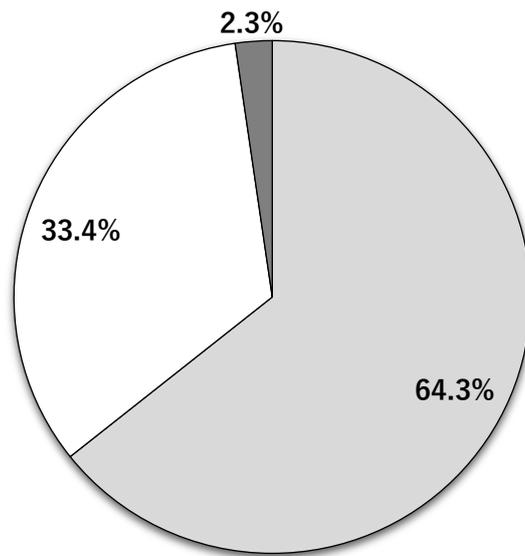


図 2-11 現在、行っている熱中症対策（倉庫業、N=845）

表 2-2 その他の熱中症対策（倉庫業、N=39、複数回答）

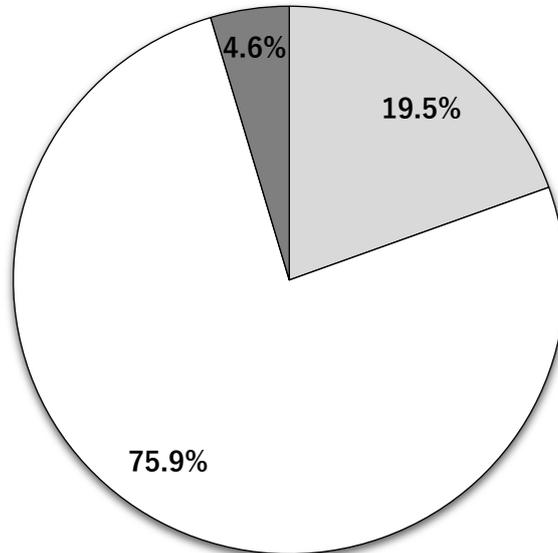
その他の熱中症対策

-
- 「製氷器の設置」
 - 「冷蔵庫の設置」
 - 「救急用品の設置」
 - 「保冷機具の支給」
 - 「保冷剤（ネックリング）などの配布」
 - 「冷却機能を備えた用具の使用」
 - 「WBGT 表と温湿計の設置」
 - 「アイスベスト、冷水の用意、計画的休息」
 - 「クールベストの使用」
 - 「冷却剤使用アイスベストの使用、一部パワースーツの使用」
 - 「保冷枕・経口補水液の常備、冷感・吸汗速乾素材の作業服の支給」
 - 「アルコールチェック、熱中症応急キットの設置」
 - 「水冷式送風機の設置（コンテナ作業時）」
 - 「シーリングファンの設置」
 - 「自販機の設置、風通しの良い休憩場所へのベンチの設置」
 - 「トイレの回数確認」
 - 「フォークリフトの扇風機の設置」
 - 「屋上に太陽光発電設備の設置と大型のファンの設置」
 - 「涼しい休憩室の設置」
 - 「効率の良い作業と休憩」
 - 「作業場の温度・湿度の把握」
 - 「自主的な水分・塩分の補給」
 - 「室内（倉庫）の温度表示」
 - 「小まめな給水休憩を作業中も積極的にとる」
 - 「倉庫用大型扇風機 5 台の設置」
 - 「断熱材屋根の設備」
 - 「天井の断熱（二重折屋根）」
 - 「天井取付け大型ファン」
 - 「熱中症対策ウォッチの着用」
 - 「安全衛生緊急連絡網の周知」
 - 「保冷剤の配布（首に当てる、ヘルメットに入れるなど）」
 - 「WBGT に沿った作業手順書の作成と作業指示」
 - 「冷房設備を備えたクールダウンルームの設置」
 - 「危険な温度になったら休憩をこまめに取るようにする指示」 「1 業務に 3 名体制により作業員の状況を把握できるようにしている」
 - 「クーラーを設置した休憩所と事務所での適度な休息時間の確保」
 - 「就業規則に定められた休憩時間以外の時間の休憩の認可」
-



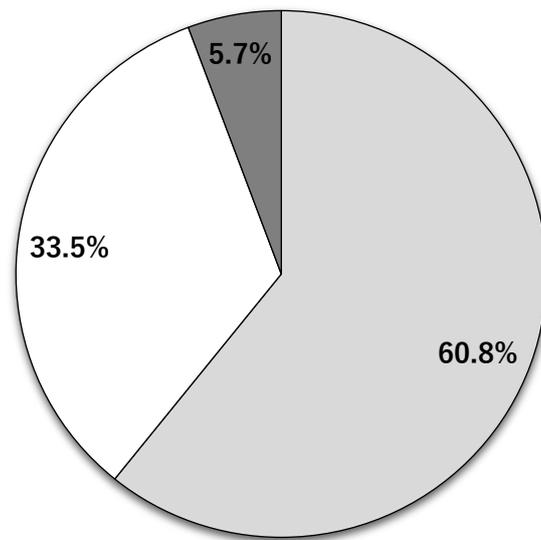
□あり □なし ■わからない

図 2-12 事業所内の室温の測定（倉庫業、N=841）



□あり □なし ■わからない

図 2-13 事業所内の WBGT（暑さ指数）の測定（倉庫業、N=827）

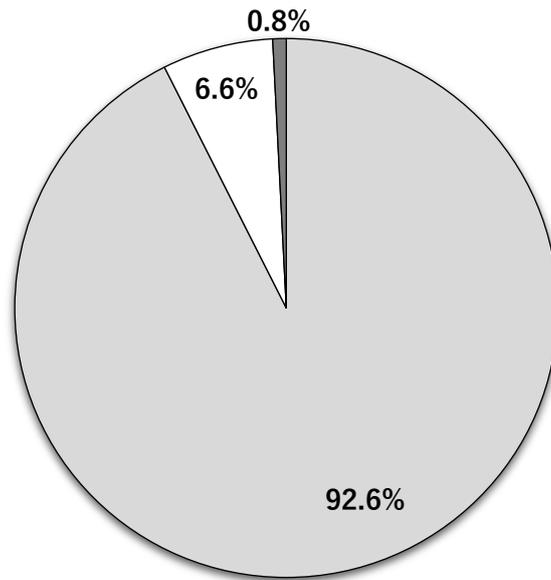


□あり □なし ■わからない

図 2-14 WBGT に応じた連続作業時間の短縮の実施（倉庫業、N=158）

表 2-3 「連続作業時間の短縮」以外に WBGT に応じた対策（倉庫業、N=27）

「連続作業時間の短縮」以外に WBGT に応じた対策
「WBGT28℃以上の場合の午前・午後に水分補給・体温冷却の為の暑熱対策休憩の確保（5分程度）」
「WBGT 高値の場合、定時以外でも 5～10 分間隔で 1 口ずつでも水分補給をさせる内容の朝礼指示と現場リーダーの指示」
「WBGT が 28℃を越えそうなタイミングには(原則)作業を行わない」
「ファン付作業服等着用の目安として WBGT の利用、WBGT に応じた休憩時間を増やす対策の実施」
「暑さ指数による警告」
「一時的な作業の停止・始業終業時間の変更」
「作業の中断と 1 分～2 分の水分補給と小休憩の実施」
「アラート設定と連絡体制」
「アラーム発生時の作業の中止と休憩室での休憩」
「熱中症リスクの値に近づいた場合に警告が鳴るアラームの設定」
「休憩回数を増やす」
「休憩時間を多めに取る」
「現場ごとの責任者による休憩時間の設定（臨時の休憩）と休憩時間以外の飲水タイムの確保」
「水分摂取の時間・休憩の確保」
「数値の把握とこまめな水分・塩分の摂取及び適切な休憩取得の徹底」
「注意喚起のビラの作成〔熱中症の予防について重症化しない為の対応・熱中症予防に適した水分、暑熱順化など）」
「常に暑い職場にいないよう涼しい作業場での仕事も行う」
「都度、人員を交代しての対応」
「暑さに対して体感できておらずわかっていないとダメなので声かけと水分をとらせるようアナウンスを行う」
「猛暑時は疲労回復と睡眠確保の為に残業がないように管理者は心がけている」
「その都度声かけを行っているが時間の制限等は設けていない」
「体調チェックシートセルフチェックなどの活用」
「効率化による作業時間の短縮と集荷時間短縮による拘束時間の短縮」
「空調機の温度設定変更」
「塩分・水分補給」
「夏季のみ時間内に休憩を別で設定している」



□あり □なし ■わからない

図 2-15 昼休みなどの食事時間以外の休憩（倉庫業、N=844）

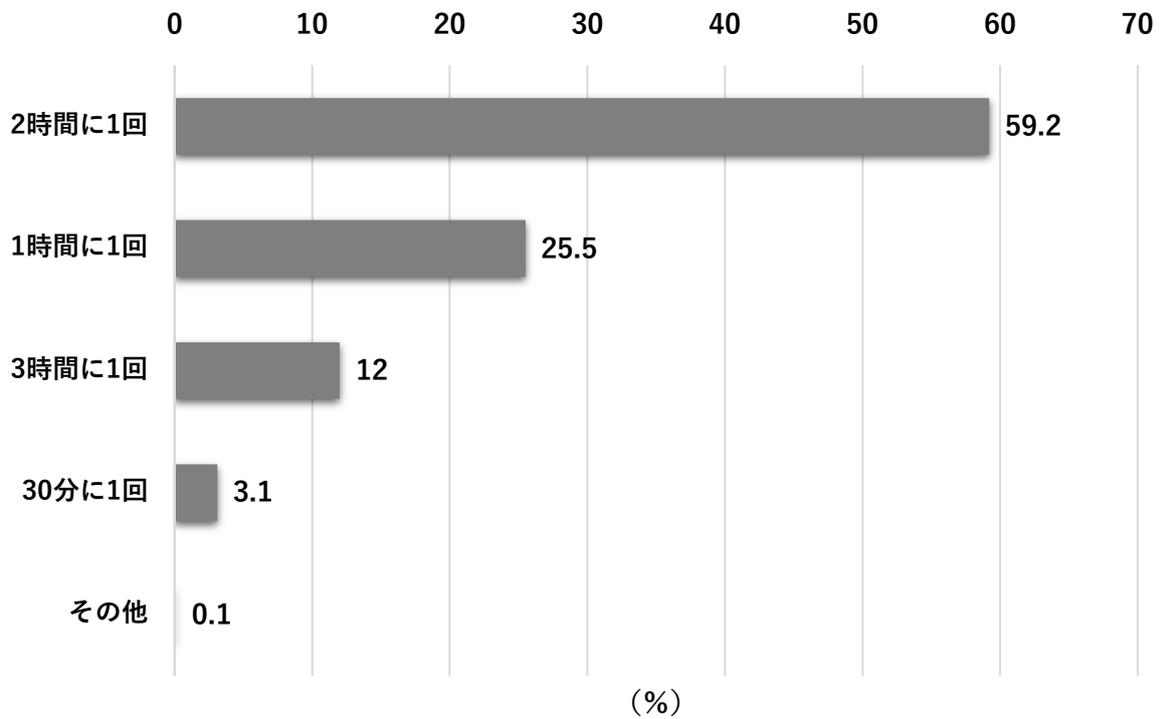


図 2-16 昼休みなどの食事時間以外の休憩の頻度（倉庫業、N=775）

※「その他」の回答内容：「午後に1回」

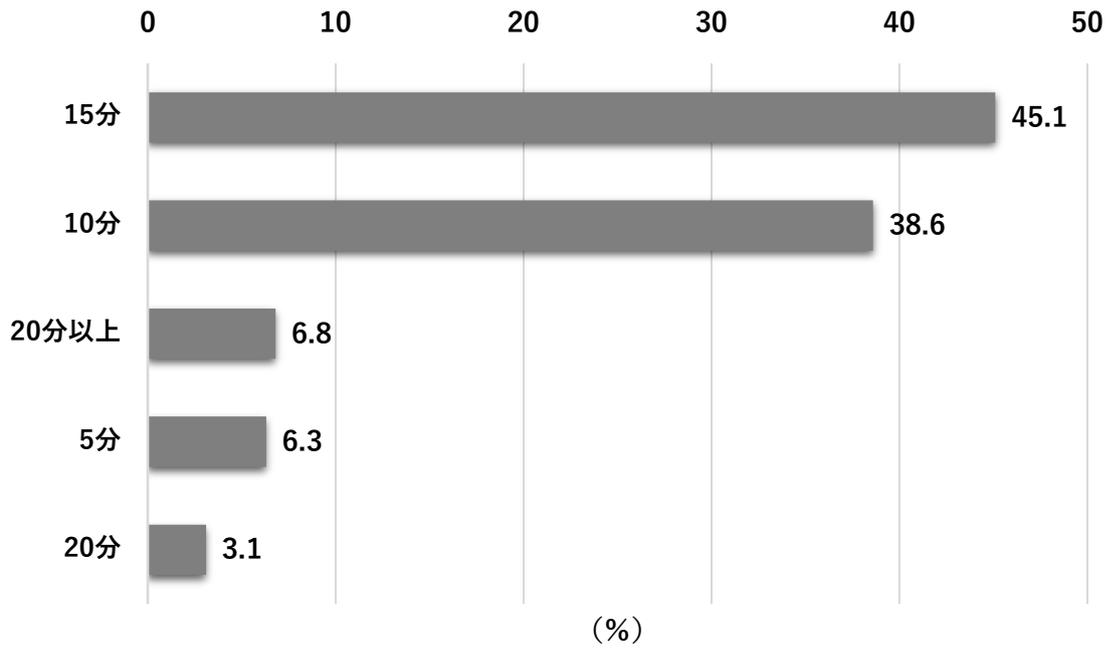


図 2-17 昼休みなどの食事時間以外の休憩の時間（倉庫業、N=762）

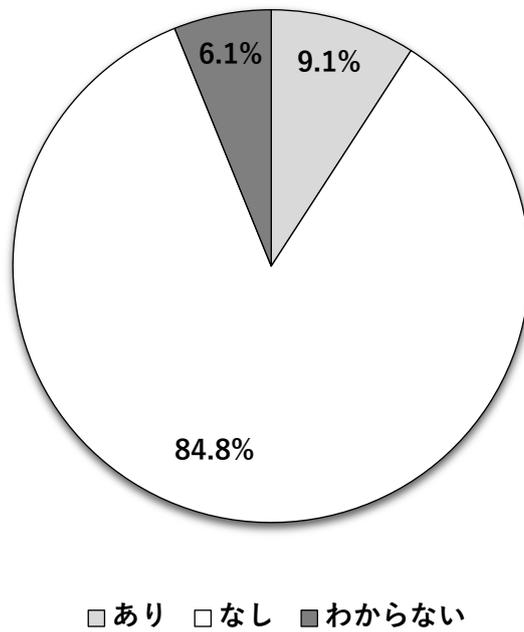
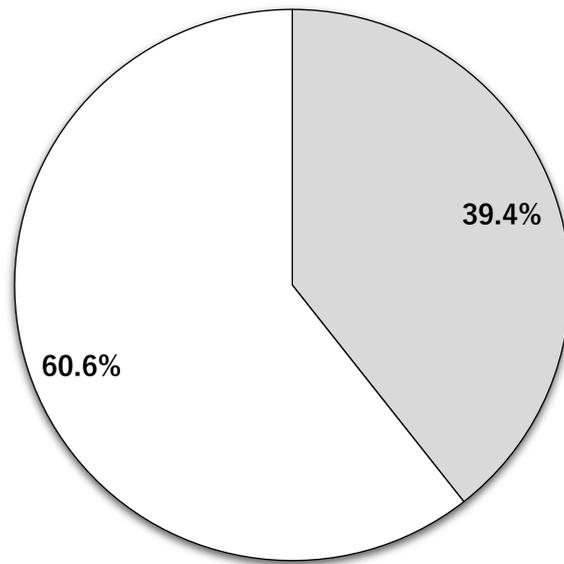
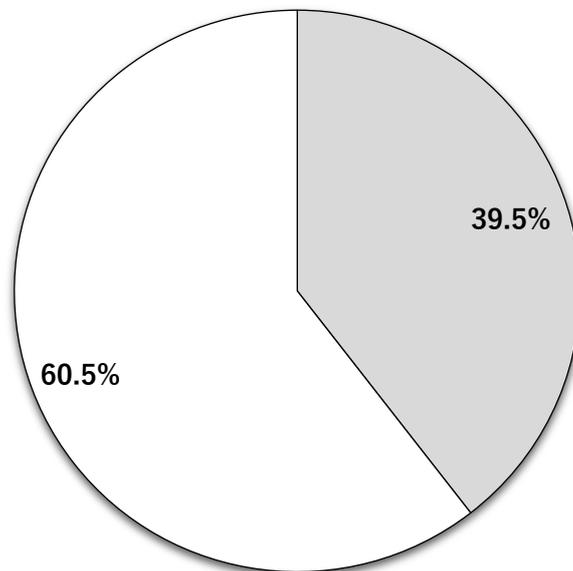


図 2-18 「熱中症予防管理者」の選任（倉庫業、N=836）



□はい □いいえ

図 2-19 「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」について (倉庫業、N=843)



□はい □いいえ

図 2-20 「環境省熱中症予防情報サイト」について (倉庫業、N=841)

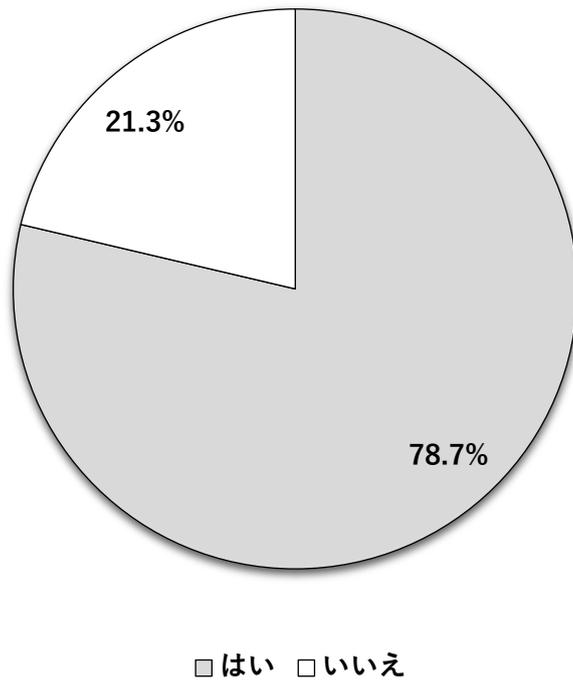


図 2-21 環境省の「熱中症警戒アラート」について（倉庫業、N=842）

5 WBGT 計等を用いた調理職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

初年度に引き続き、屋内作業場における暑熱リスクの実態を把握し、熱中症発生のリスク要因を抽出することを目的として、食品製造業の惣菜調理場で、気温、機器表面温、相対湿度、WBGT、風速、気流等の環境測定をおこなった。このうち、WBGTについては、屋内の実測値、屋内の気温・相対湿度から得られる WBGT 換算値と屋外のアメダス値を比較した。これらの比較によって、屋内作業場の暑熱リスクの特徴とその要因を把握し、その対策を検討することができた。

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、作業には保護衣の着用が義務づけられていることから、作業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) を用いて、2022 年 8 月 4 日午前 9 時～8 月 12 日午前 9 時の期間に測定を行った。WBGT 計では 1 分毎、24 時間連続でデータを収集し、収集したデータより、各時刻の 0 分～4 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、全期間で 190 個のデータを集約した。

測定場所として、コンビニ弁当の惣菜調理工場を選定した。工場では、周辺の 4 都道府県にあるコンビニ約 1200 店舗に向けて、1 日に計 4 万～4 万 5000 食を提供している。建物は 2 階建てとなっており、食材の荷受・洗浄・下準備・調理・盛り付けなどの一連の作業は 1 階エリアで行われ、2 階は事務所や更衣室・休憩室として使用されていた。今回は 1 階エリアの中でも最も暑いとされている加熱調理室に WBGT 計を 9 台、コントロールとして盛り付け室に 1 台設置して測定を行った。工場内は写真撮影不可のため、簡易的な見取り図を以下に示す (図 1)。図 1 の通り、熱源 (ジェットオーブン、フライヤー、二重釜、平釜、スパボイル) 付近とその他の加熱調理室エリア、コントロールとして盛り付け室に WBGT 計を設置して測定を行った。それぞれの熱源の測定期間中の平均的な稼働状況を以下に示す (図 2)。なお、測定期間中、ジェットオーブン①とフライヤー②は稼働を停止していた。

熱源付近では、放射温度計 (AD-5616, A&D) による表面温度の測定を行った。各測定箇所における WBGT を用い、測定箇所から 9.37km 地点に位置する地域気象観測所における観測値 (以下、アメダス値) との比較

や、熱源や空調の有無による比較を行った。また、測定とともに、工場内で実施されていた熱中症対策や熱中症リスク（服装調査・作業強度・作業時間）についても聞き取り調査を行った。

C. 研究結果

1 WBGT の測定結果

各測定地点における WBGT のグラフを以下に示す（図 3-1～3-2）。各測定地点の WBGT の平均と標準偏差を以下に示す（図 4）。全測定箇所のうち、アメダス値の WBGT が最も高く、アメダス値に次いで A・B 地点の WBGT が高かった。盛り付け室の J 地点の WBGT が最も低く、ばらつきも少なかった。アメダス値は午前 6 時頃から WBGT が上昇するのに対して、各測定地点における WBGT は午前 9 時頃から上昇する傾向が見られた。

続いて、ジェットオープン、二重釜、第 2 加熱調理室、熱源が近くにない場所に区分し、エリア毎に WBGT の日内変動を求めた結果を以下に示す。なお、熱源付近の測定箇所については、図 2 の熱源稼働時間を加えたグラフを作成した。

(1) ジェットオープン付近 (A、B、C、D)

A、B、C、D 地点とアメダス値の WBGT の測定結果を以下に示す（図 5-1）。全ての測定点で WBGT は 30℃以下であった。アメダス値を除くと、稼働中のジェットオープン②に最も近い B 地点での WBGT が最も高かった。C 地点については、ジェットオープンのオープン板を熱湯（40～45℃）で洗浄していた時間帯に WBGT が突発的に上昇していた。

各測定点での時間帯毎の WBGT の平均値を以下に示す（図 5-2）。ジェットオープン②

の稼働時間は 8～12 時頃であり、時間帯毎の WBGT の平均値と比較すると、WBGT は熱源稼働時間より少し遅れて緩やかに上昇する傾向が見られた。

(2) 二重釜付近 (G)

G 地点とアメダス値の WBGT の測定結果と時間帯毎の WBGT の平均値を以下に示す（図 6-1～6-2）。最も暑い時間帯でも WBGT は 25℃程度であった。また、WBGT は熱源稼働時間帯より少し遅れて緩やかに上昇する傾向が見られた。

(3) 第 2 加熱調理室 (H・I)

H・I 地点とアメダス値の WBGT の測定結果と時間帯毎の WBGT の平均値を以下に示す（図 7-1～7-2）。スパボイル機の清掃で熱湯を使用していた時間帯に、WBGT の突発的な上昇が見られた。8 月 9 日、10 日の午前中に WBGT が低下していたのは、18℃の保管室で保存されていた 1 日分の 500 kg 程度のパスタを第 2 加熱調理室に運び入れた影響が示唆された。H 地点と I 地点の WBGT の平均値を比較すると、H 地点は約 22.40℃、I 地点は約 23.52℃であり、I 地点の方が高かった。スパボイル機は壁側 (I 側) からパスタを茹で、茹で上がったパスタを扉側 (H 側) で冷やす工程の影響が示唆された。

(4) 熱源が近くにない場所 (E・F・J)

E・F・J 地点とアメダス値の WBGT の測定結果と時間帯毎の WBGT の平均値を以下に示す（図 8-1～8-2）。3 地点とも、熱源付近の地点の WBGT よりも低かった。E・F 地点については、加熱調理室の熱源全体の稼働時間の 4～15 時頃に上昇し、稼働終了後に緩やかに下がる傾向が見られた。J 地点については、日内変動に乏しく、アメダスととの関連性も見られなかった。

2 熱中症対策・リスク調査

工場内で実施されていた熱中症対策・熱中症リスクについて聞き取り調査を行った結果を以下に示す。

(1) 工場内で実施されていた熱中症対策

① 空調設備

空調は吊り下げ式エアコン、柱型エアコン、スポットクーラー、扇風機が導入されていた。全体空調は24時間稼働しており、20°Cに温度設定されていた。扇風機は小型のものが壁に設置され、置き型の大型扇風機も設置されていた。スポットクーラーは移動式のものであった。

② 作業エリアに冷水器あり

③ 工場2階に休憩室あり

④ 作業前・作業中の体調確認

⑤ 1日3回のWBGTの測定・記録

(2) 工場内の熱中症リスク

① 熱源の表面温度

放射温度計(AD-5616, A&D)を用いて各熱源の表面温度を測定した結果は下記の通りとなった。

- ・ジェットオープン：90～107°C
- ・フライヤー：124°C
- ・二重釜：47～58°C
- ・平釜：75°C

② 服装調査

作業者は、衛生キャップ(綿、ナイロン製)、長袖作業服(ポリエステル製)、エプロン(ビニール製)、ニトリル手袋、アームカバー(ナイロン製)、長靴を着用していた。衣服の組み合わせによりWBGTに加えるべき着衣補正值としては、+1°C(フード)に該当すると判断した。

③ 作業強度

盛付、調理などの立ち作業・継続作業や食品が入ったバツカンを運ぶ作業があり、身体作業強度等に応じたWBGT基準値は区分1～

2に該当すると判断した。

④ 作業時間

シフト勤務、4交代制であり、各シフトは21～6時、0～9時、4～13時、8～17時であった。

D. 考察

測定したWBGTは最も高い地点でもB地点の27°C程度の警戒レベルであり、工場内の熱中症リスクは全体的に小さかった。工場内にはエアコンやスポットクーラーなどの空調設備が数多く設置されており、これらが上手く機能していると考えられた。アメダス値のWBGTが午前6時頃から上昇するのに対し、各測定地点では午前9時頃に上昇していたことから、各測定点では従業員の出勤や熱源の稼働に連動してWBGTが上昇しており、外気環境には連動していないことが考えられた。

熱源付近の地点の測定結果より、WBG値は熱源の稼働時間帯から少し遅れて緩やかに上昇し、稼働終了後もしばらくは高い状態が続く傾向が見られたため、熱源稼働終了後も引き続き熱中症への注意が必要である。具体的な対策としては、熱源稼働状況に応じて作業者が空調温度を自由に調整できる仕組みがあれば望ましいと考えられた。また、屋外環境温の調査や作業員への掲示など、屋外の暑熱状況を把握しておくことも有用であると考えられた。

本工場におけるその他の熱中症リスクとしては、(1) コミュニケーションの取りづらさ、(2) 衣服の着脱のしづらさ、(3) 連続する立ち作業が挙げられた。

(1) コミュニケーションの取りづらさ

従業員は外国人が多く、日本語はある程度話せるものの、体調不良時などに意思疎通に齟齬が生じる可能性がある。対策として、体調確認の際にFace Rating Scale (FRS) など把握しやすいスケールを用いる、頻回に使用するフレ

ーズについては翻訳語が付いた掲示をしておく、シフト内に通訳のできるスタッフを配置しておくことなどが考えられる。

(2) 衣服の着脱のしづらさ

作業者は長袖作業服、エプロン、手袋、アームカバー、衛生キャップ、長靴を着用している。休憩室は建物の2階にあり、作業者が休憩室に行く際には一旦調理室エリアを退室し、エプロン、手袋、アームカバー、長靴を脱ぐ必要がある。また、作業者が休憩室から調理室エリアに戻る際には、異物混入を防ぐために、粘着テープによる衣服の清掃(3回)、エアシャワー、手指洗浄(3回)の工程が必要となる。これらの一連の工程を煩わしく感じる作業者が、衣服を着脱しなくて済むように調理室エリアに滞在し続けてしまう可能性がある。対策として、既に導入されていたが、調理室エリアに冷水器を設置してこまめな水分補給をしやすいことは有用であると考えられる。また、着替えの時間も考慮した休憩時間を確保することも重要と考えられる。

(3) 連続する立ち作業

惣菜の調理、盛り付けなどのほとんどの作業は立ち作業で行われていた。特に盛り付け作業はライン上を流れる容器に決まった惣菜を盛り付けていく作業であり、迅速な動作が繰り返し求められるため、自分のペースで作業することが難しい。対策として、作業をローテートして同じ動作が長時間続かないように調整す

る、立位作業用のマットを使用する、軽く腰掛けることができるような座面の高い椅子を設置する、定期的にラインを止めて休憩時間を設けることなどが考えられる。

E. 結論

コンビニ弁当の惣菜調理工場の温熱環境測定を実施した。本工場では空調が効果的に機能しており、工場内のWBGTは熱中症警戒レベルにとどまったが、熱源稼働終了後もしばらくはWBGTが高値のまま推移することを踏まえた対策が必要である。また、作業環境管理だけでなく、作業管理、健康管理、労働衛生教育、救急処置などの熱中症対策も併せて講じていく必要がある。

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

なし



図1 工場内の見取り図

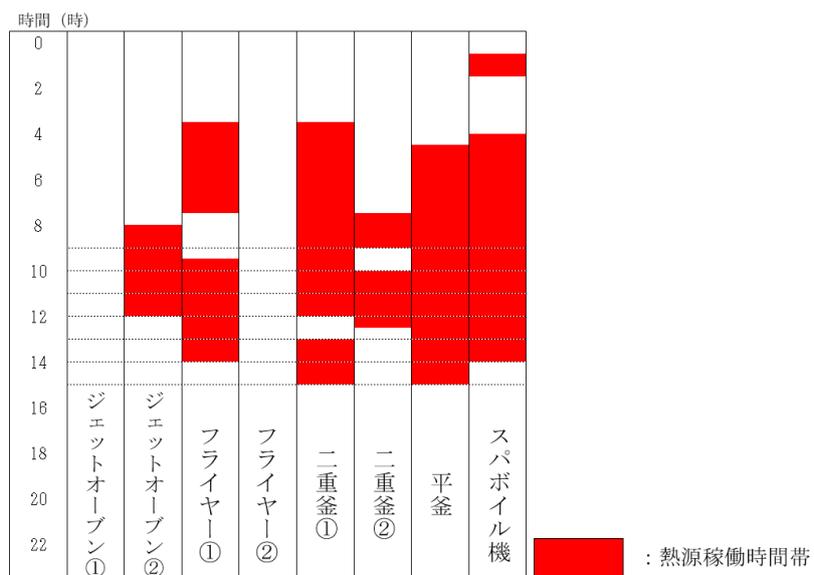


図2 熱源の稼働状況

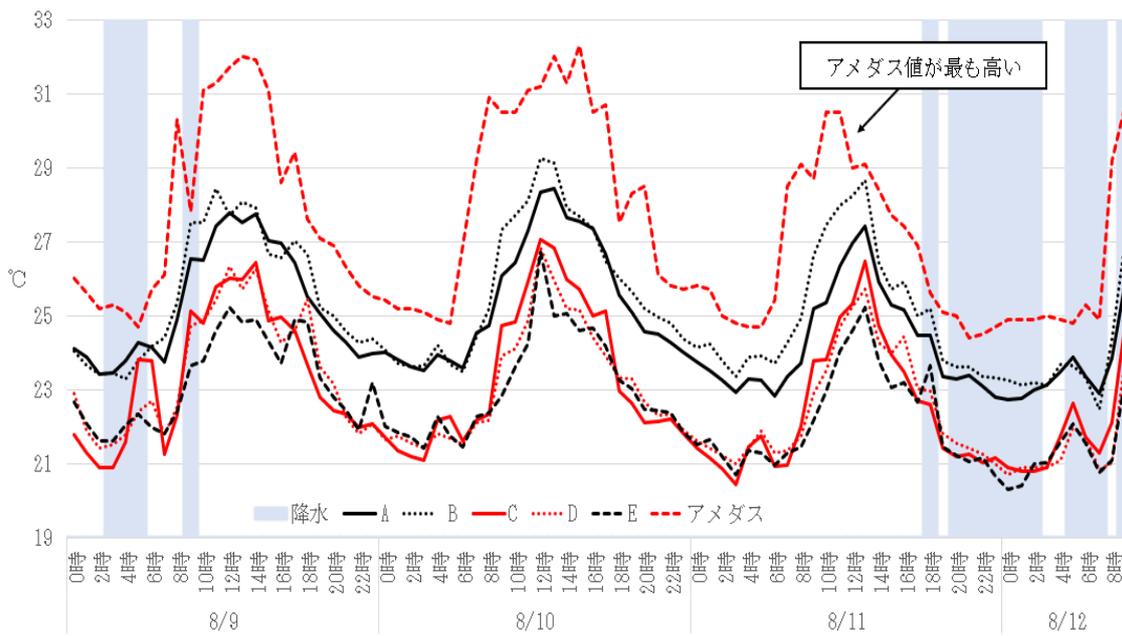
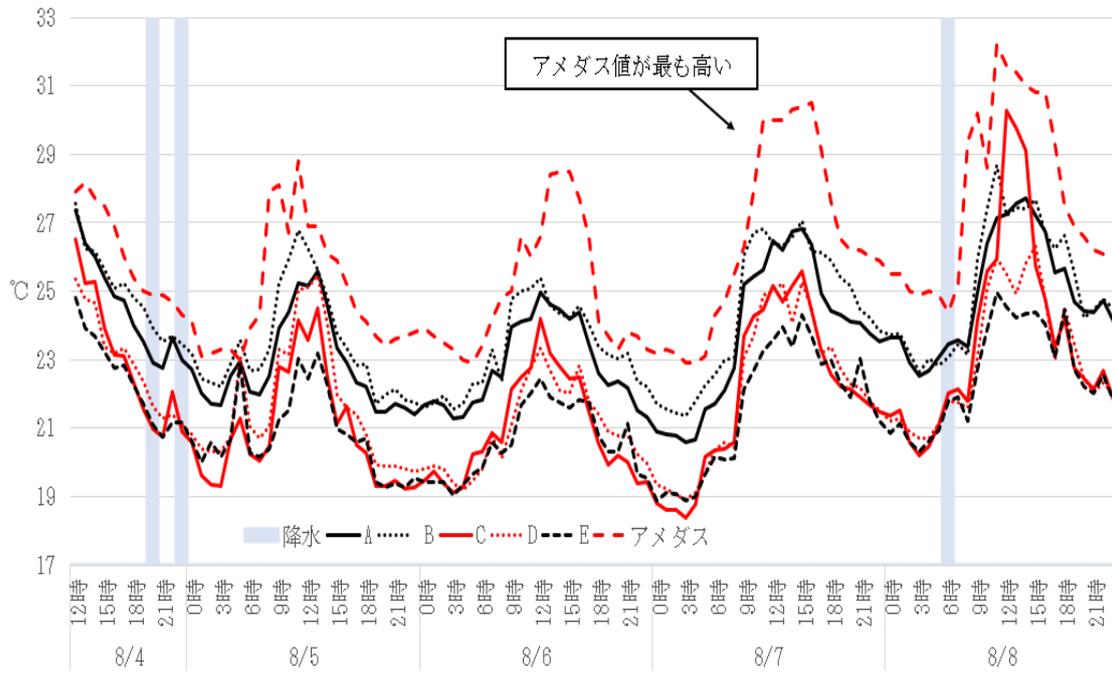


図 3-1 A～E 地点とアメダスの WBGT

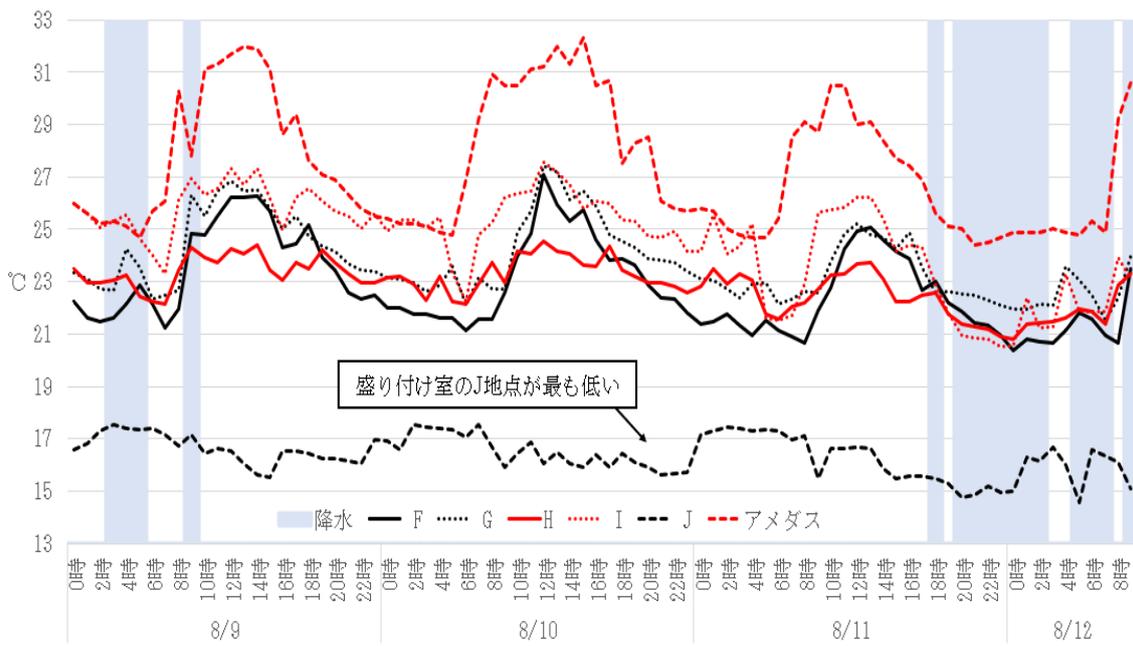
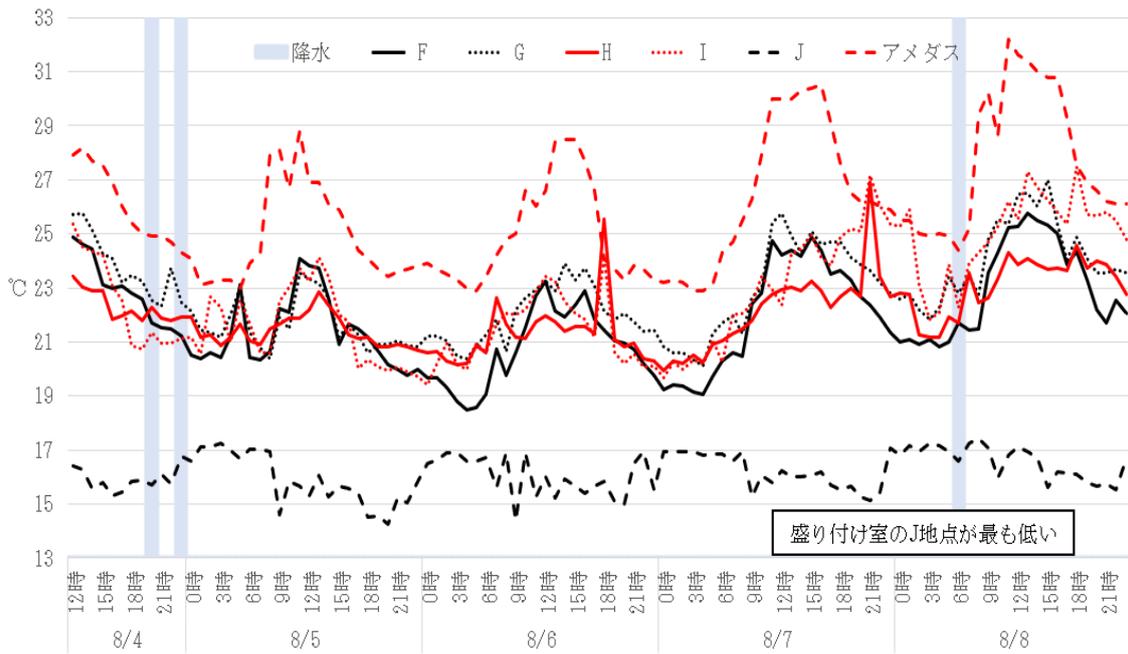


図 3-2 F~J 地点とアメダスの WBGT

表 各測定地点の WBGT の平均と標準偏差

平均と標準偏差			
水準	数	平均	標準偏差
A	190	24.15	1.81
B	190	24.63	1.88
C	190	22.38	2.20
D	190	22.39	1.84
E	190	21.99	1.62
F	190	22.27	1.81
G	190	23.22	1.63
H	190	22.40	1.20
I	190	23.52	2.22
J	190	16.25	0.77
アメダス	190	26.62	2.56

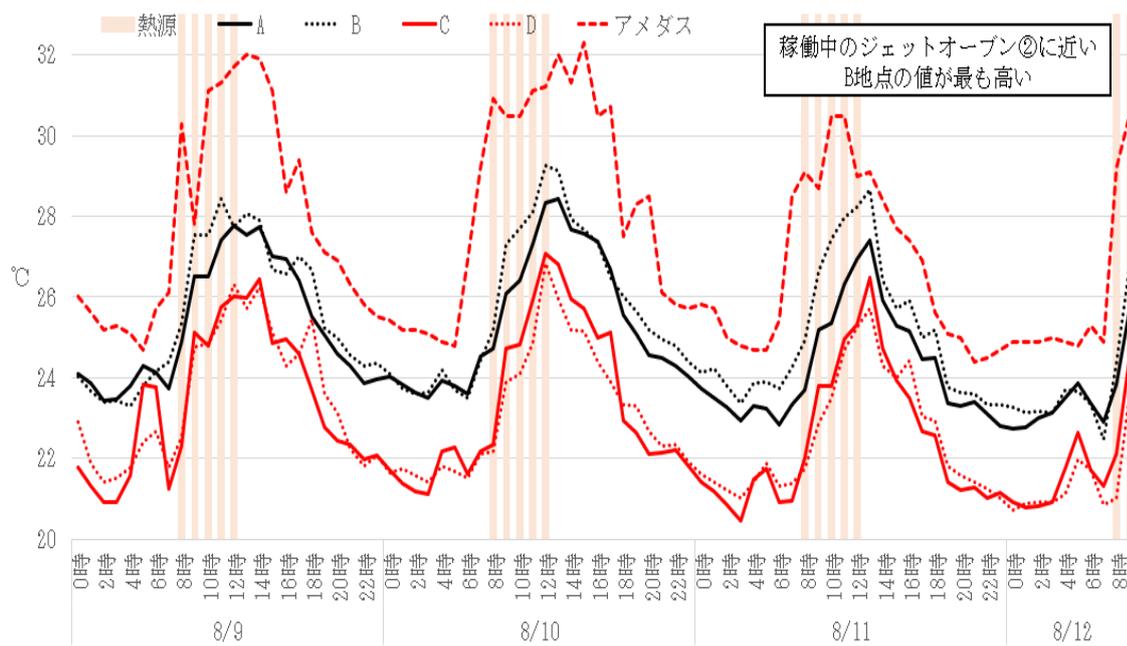
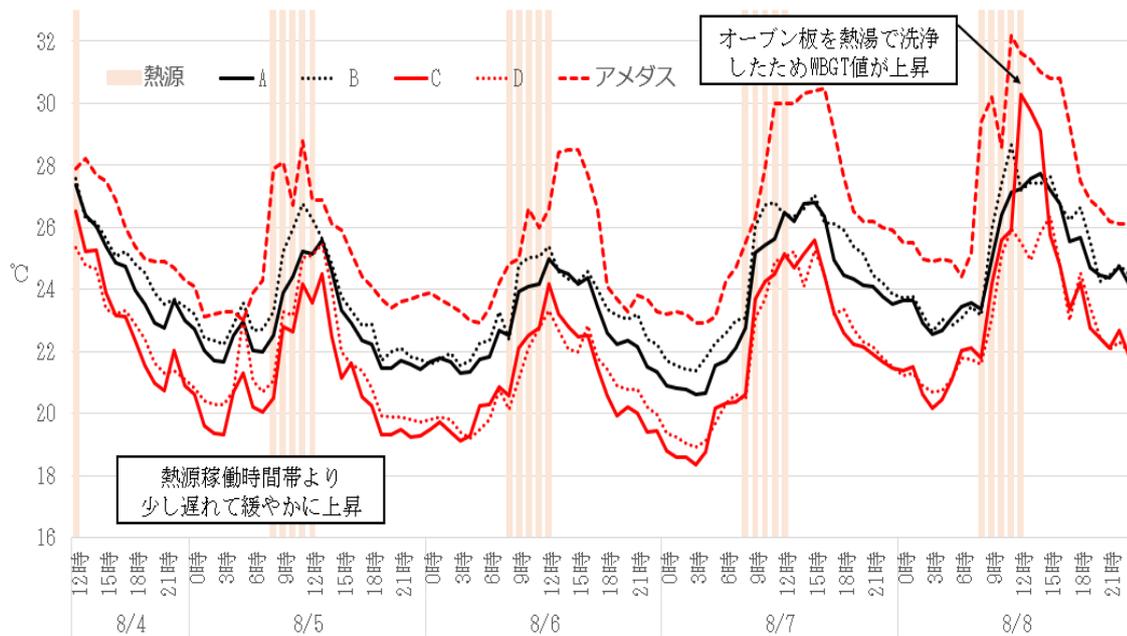


図 4-1 ジェットオープン付近の WBGT

A				B				C				D				時間 (時)	
水準	数	平均	標準偏差														
0時	8	22.94	1.1642287	2時	8	22.8575	0.8471423	0時	8	20.75	1.0859624	0時	8	21	1.1135016	0	
1時	8	22.78	1.1288933	3時	8	22.67	0.8711241	1時	8	20.5075	1.0644348	1時	8	20.84	0.9350325	2	
2時	8	22.5425	1.0291432	4時	8	23.05	0.9175744	2時	8	20.2075	0.9545044	2時	8	20.64	0.868233	4	
3時	8	22.3875	1.0782492	5時	8	23.245	0.680483	3時	8	20.0375	1.000482	3時	8	20.515	0.9261749	6	
4時	8	22.705	1.180109	6時	8	23.17	0.6194929	4時	8	20.7625	1.2206058	4時	8	20.73	1.0504965	8	
5時	8	23.0575	0.9813948	7時	8	23.5	0.7770273	5時	8	21.6575	1.2387292	5時	8	21.42	1.2661302	10	
6時	8	22.8675	0.908244	8時	8	23.97	1.1291463	6時	8	21.3625	1.19821	6時	8	21.2725	0.8917359	12	
7時	8	23.1025	0.8620532	9時	8	26.295	0.9767439	7時	8	21.135	0.7505998	7時	8	21.235	0.5839521	14	
8時	8	23.535	0.9328145	10時	7	26.82	1.0007997	8時	8	21.5275	0.8243396	8時	8	21.335	0.8335638	16	
9時	8	25.195	0.9402583	11時	7	27.408571	1.2654305	9時	8	23.875	1.0129871	9時	8	23.22	1.0535383	18	
10時	7	25.517143	0.9872135	12時	8	27.255	1.2211353	10時	7	24.057143	1.1542056	10時	7	23.788571	1.0248809	20	
11時	7	26.171429	1.2225578	13時	8	27.015	1.5719597	11時	7	24.842857	1.1653571	11時	7	24.8	1.0025301	22	
12時	8	26.7825	1.1968262	14時	8	26.445	1.331755	12時	8	26.005	2.0686434	12時	8	25.3375	1.0335203	24	
13時	8	26.7125	1.2433107	15時	8	26.0475	1.4839691	13時	8	25.83	1.9704677	13時	8	25.055	1.0415236	26	
14時	8	26.3575	1.3416594	16時	8	25.7075	1.3079073	14時	8	25.24	2.0978084	14時	8	24.5475	1.2896927	28	
15時	8	25.855	1.5447885	17時	8	25.365	1.3975387	15時	8	24.165	1.6768934	15時	8	24.1475	1.6006048	30	
16時	8	25.5875	1.5218011	18時	8	25.1825	1.4328169	16時	8	23.7425	1.251168	16時	8	23.75	1.1018945	32	
17時	8	24.82	1.4490588	19時	8	24.3675	1.4048055	17時	8	23.0175	1.5036503	17時	8	23.0225	1.0396394	34	
18時	8	24.31	1.3282857	20時	8	24.0175	1.1337139	18時	8	22.3925	1.373377	18時	8	23.0875	1.5102294	36	
19時	8	23.7175	1.3327281	21時	8	23.8575	0.9286203	19時	8	21.5675	1.3232401	19時	8	22.2575	1.3049986	38	
20時	8	23.47	1.1607879	22時	8	23.6575	1.0881931	20時	8	21.35	1.1493601	20時	8	21.8025	1.0687476	40	
21時	8	23.4025	1.0869847	23時	8	23.4775	1.023129	21時	8	21.2475	1.0755962	21時	8	21.515	0.8480398	42	
22時	8	23.305	1.1865797					22時	8	21.275	1.2958285	22時	8	21.365	0.9223417	44	
23時	8	23.02	1.1337422					23時	8	20.985	1.0870011	23時	8	21.1575	0.8998055	46	

 : 熱源稼働時間帯

図 4-2 ジェットオープン付近の各測定点での時間帯毎の WBGT の平均値

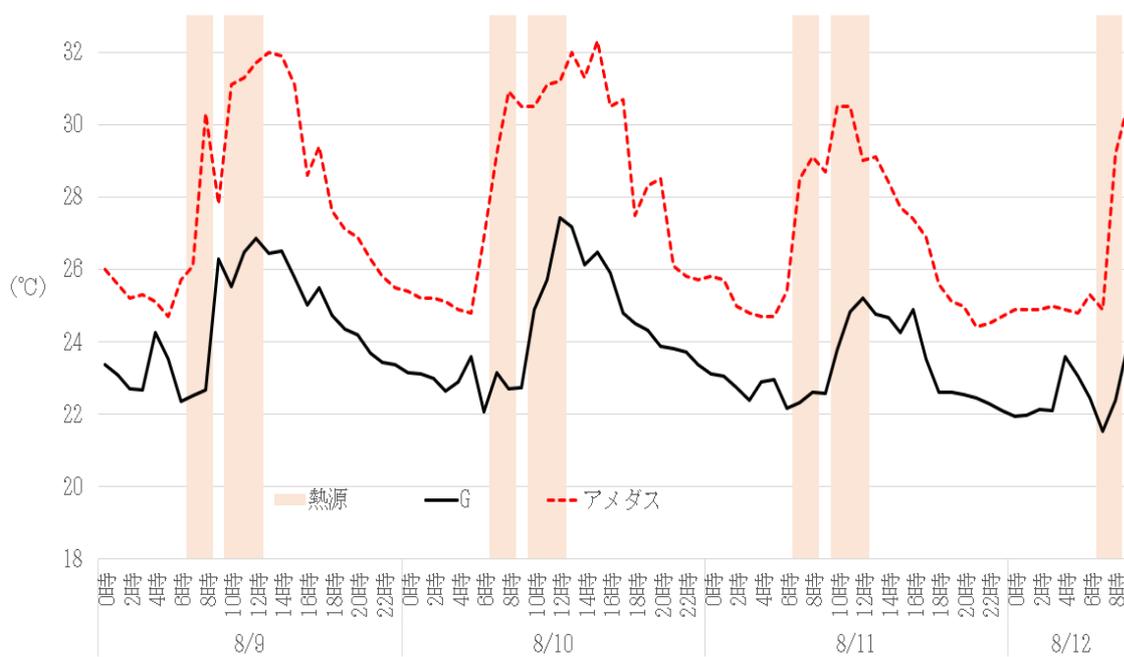
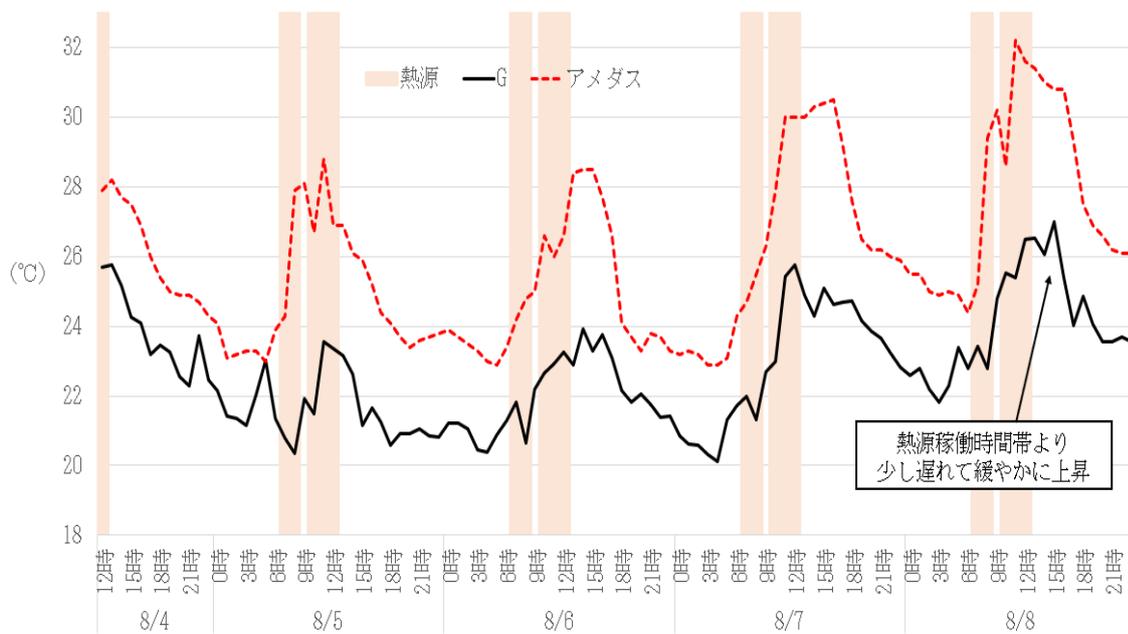


図 5-1 二重釜付近の WBGT

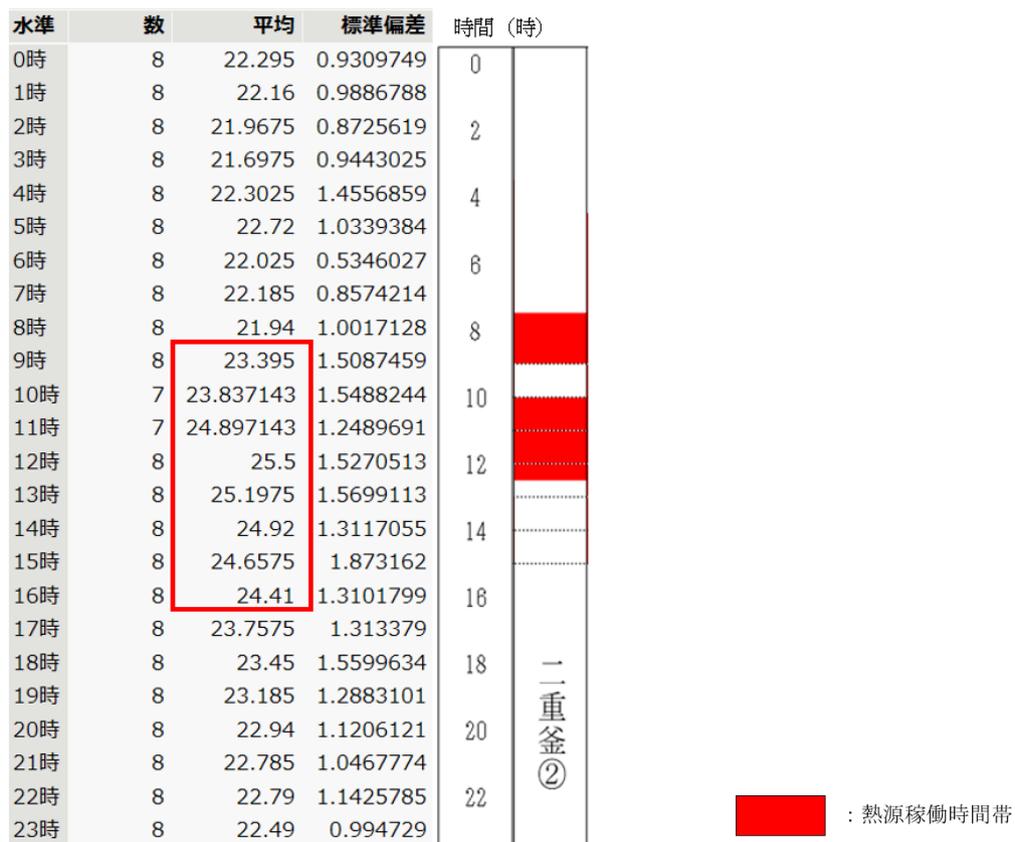


図 5-2 二重釜付近の各測定点での時間帯毎の WBGT の平均値

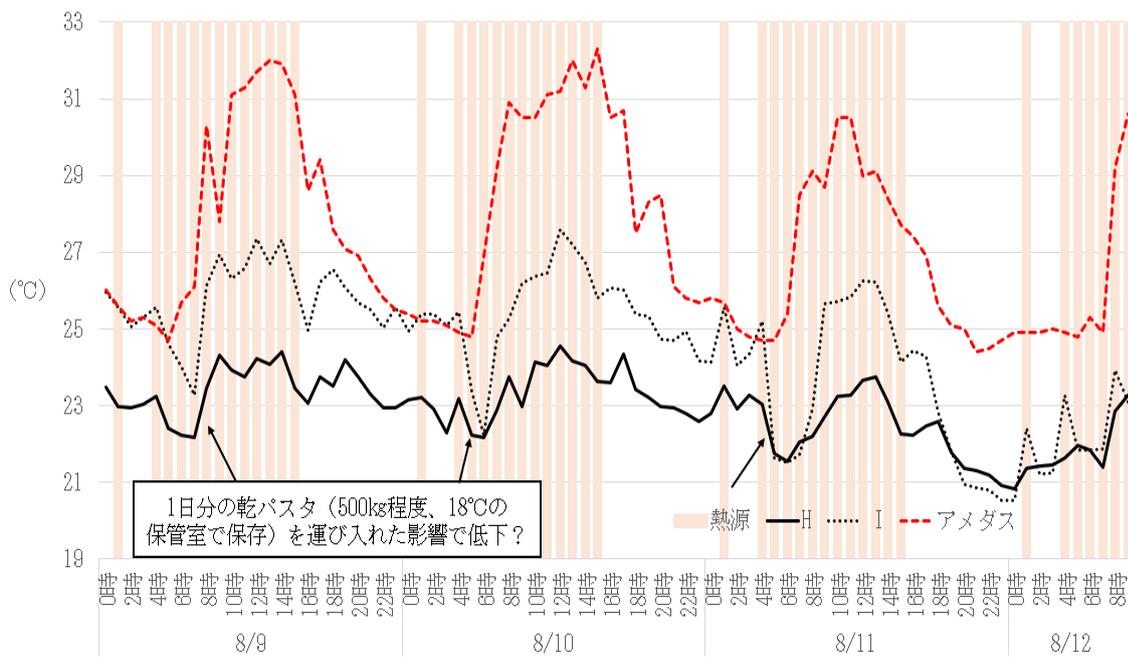
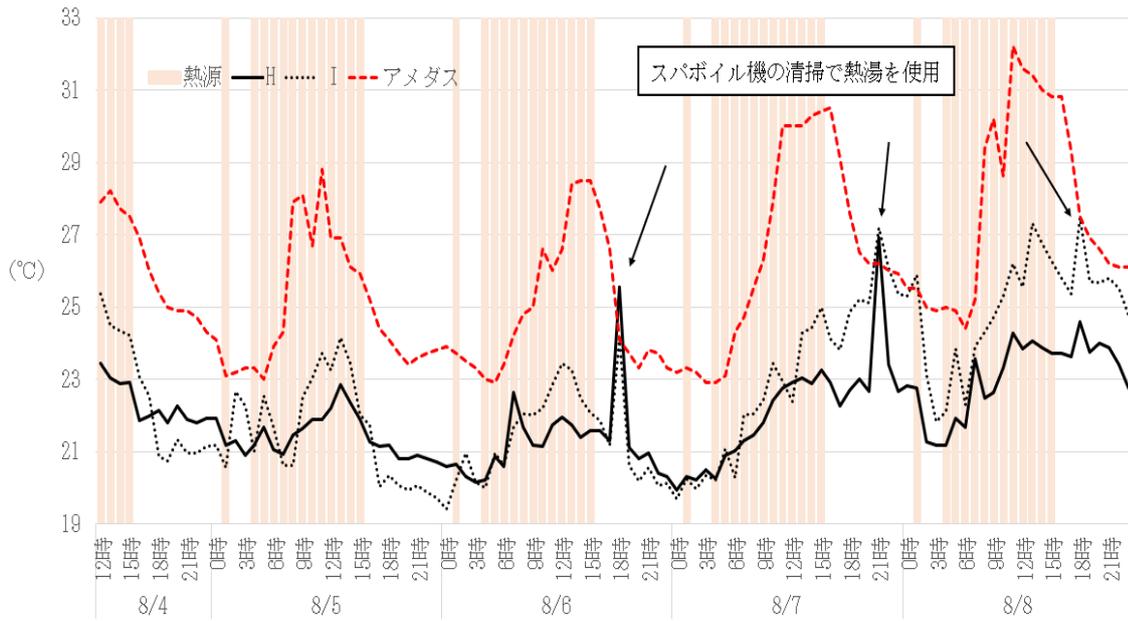


図 6-1 第 2 加熱調理室の WBGT

H

水準	数	平均	標準偏差
0時	8	21.9325	1.3369021
1時	8	21.9875	1.2546115
2時	8	21.6575	1.1469431
3時	8	21.5975	1.158888
4時	8	21.735	1.2702643
5時	8	21.71	0.5672994
6時	8	21.5175	0.5858754
7時	8	22.1125	0.8920562
8時	8	22.41	0.8820755
9時	8	22.5625	1.016742
10時	7	22.862857	1.0991165
11時	7	23.102857	1.0184582
12時	8	23.35	0.9252027
13時	8	23.3425	0.8368265
14時	8	23.11	0.9794459
15時	8	22.83	0.8287684
16時	8	22.5225	0.9308943
17時	8	22.6075	1.1819083
18時	8	23.1975	1.3887893
19時	8	22.4525	1.2572504
20時	8	22.3275	1.2477151
21時	8	22.76	2.0174099
22時	8	22.0925	1.1985199
23時	8	21.85	1.0581385

I

水準	数	平均	標準偏差
0時	8	22.6375	2.7095479
1時	8	23.225	2.6327986
2時	8	22.8025	1.9792188
3時	8	22.565	2.0780417
4時	8	22.8425	2.3627451
5時	8	22.4825	1.34451
6時	8	21.805	1.1460117
7時	8	22.4825	1.3746454
8時	8	23.4075	1.8410537
9時	8	24.1925	1.9273057
10時	7	24.62	1.7007841
11時	7	24.94	1.6912717
12時	8	25.14	1.9391603
13時	8	25.445	1.5838019
14時	8	25.1125	1.7310917
15時	8	24.4525	1.7006532
16時	8	24.005	1.6636535
17時	8	23.675	2.2692415
18時	8	24.0575	2.5650049
19時	8	23.185	2.6064042
20時	8	22.9475	2.5589493
21時	8	23.2	2.8625463
22時	8	22.905	2.6962355
23時	8	22.67	2.5259567

時間 (時)

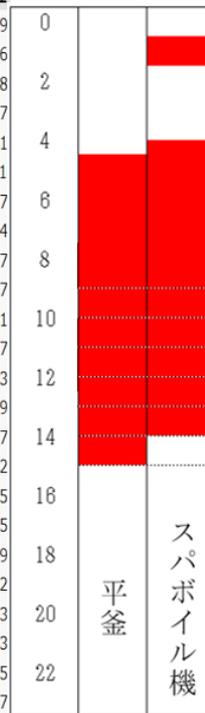

 : 熱源稼働時間帯

図 6-2 第 2 加熱調理室の各測定点での時間帯毎の WBGT の平均値

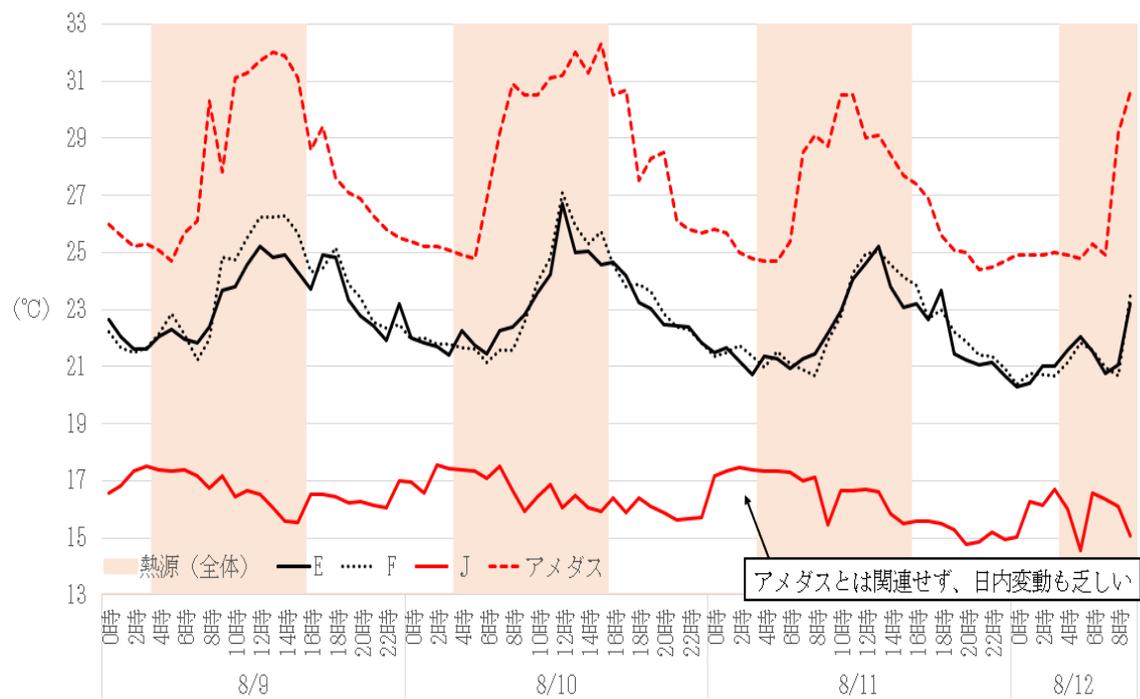
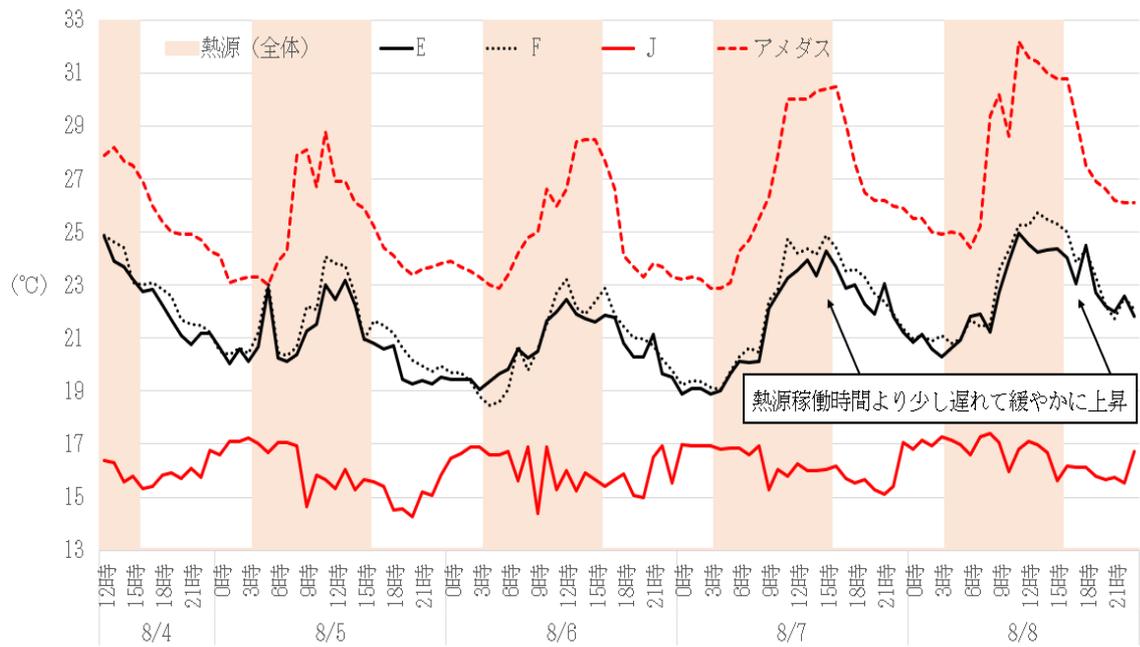


図 7-1 熱源が近くにない場所の WBGT

E				F				J			
水準	数	平均	標準偏差	水準	数	平均	標準偏差	水準	数	平均	標準偏差
1時	8	20.7	1.1313708	0時	8	20.795	1.0544464	0時	8	16.5675	0.6682119
2時	8	20.6425	0.9558504	1時	8	20.81	0.936315	1時	8	16.8575	0.3441657
3時	8	20.39	1.0098939	2時	8	20.745	0.9691086	2時	8	17.04	0.4360865
4時	8	20.86	1.1940806	3時	8	20.6125	1.113601	3時	8	17.1675	0.3042438
5時	8	21.3175	1.1841061	4時	8	20.6825	1.2610851	4時	8	16.965	0.4767449
6時	8	20.99	0.8178718	5時	8	21.2775	1.5169306	5時	8	16.705	0.9209777
7時	8	21.105	0.8393024	6時	8	20.9325	0.975994	6時	8	16.94	0.3118608
8時	8	21.16	0.8955764	7時	8	20.97	0.4233202	7時	8	16.815	0.6084876
9時	8	22.3025	1.0251376	8時	8	20.9075	0.7173712	8時	8	16.85	0.3766013
10時	7	22.862857	0.980981	9時	8	22.7025	1.2712396	9時	8	15.6225	1.0397493
11時	7	23.731429	1.029489	10時	7	23.18	1.1967734	10時	7	16.325714	0.3915294
12時	8	24.29	1.4430919	11時	7	24.485714	0.9348593	11時	7	16.24	0.6478683
13時	8	24.0225	1.0869847	12時	8	24.9575	1.2656083	12時	8	16.3	0.5345225
14時	8	23.6375	1.1777187	13時	8	24.7275	1.3409991	13時	8	16.21	0.5131416
15時	8	23.305	1.3699948	14時	8	24.3425	1.4563923	14時	8	15.8725	0.4276096
16時	8	23.085	1.2565599	15時	8	24.02	1.7419529	15時	8	15.72	0.1909375
17時	8	22.8575	1.3256777	16時	8	23.71	1.1124747	16時	8	15.89	0.4816638
18時	8	22.87	1.5387936	17時	8	23.09	1.0402747	17時	8	15.7925	0.388247
19時	8	21.7775	1.3529835	18時	8	23.18	1.3778244	18時	8	15.7725	0.6272787
20時	8	21.4075	1.1810861	19時	8	22.5725	1.2097196	19時	8	15.57	0.569812
21時	8	21.5275	1.1722475	20時	8	21.9725	1.056081	20時	8	15.345	0.6566365
22時	8	21.235	1.211693	21時	8	21.585	0.8991266	21時	8	15.665	0.5730869
23時	8	21.1175	1.2265835	22時	8	21.485	1.0267702	22時	8	15.695	0.5901816
				23時	8	21.1975	0.9526767	23時	8	16.195	0.7819207

図 7-2 熱源が近くでない場所の各測定点での時間帯毎の WBGT の平均値

6 飲食料品小売業の調理場における暑熱リスクの評価

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 講師

研究要旨

飲食料品小売業の惣菜調理場 4 か所、9 地点において環境測定を実施し、暑熱リスクを評価した。ほとんどの測定点において、最寄りのアメダス地点における WBGT より低く、また、同じ動きを示していなかった。各環境指標は熱源となる調理設備や空調の稼働状況に最も影響を受けていると考えられ、作業中の暑熱リスクを評価するには各熱源の傍で稼働中に実測することが望ましい。熱源としてはフライヤーが最も暑熱リスクが高かった。作業の身体負荷は大きくないものの、熱源や作業者の状況に応じた熱中症予防対策の実施が必要と考える。対策実施のための専門知識の普及は不十分であり、さらなる情報の普及や専門職の関与が望ましい。

A. 研究目的

1 飲食料品小売業における熱中症による死傷災害の発生状況

厚生労働省公表の「令和 3 年職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）」によると、2021 年の熱中症による死傷災害の特徴の 1 つとして、22.6%は明らかに屋内で作業に従事していたと考えられる状況下で発生していたことがあげられる。業種別の屋内災害の割合は製造業 46.0%、農業で 35.7%、清掃・と畜業 35.5%、商業 33.3%であった。食品製造業に着目すると、2017-2019 年の製造業における熱中症による死傷災害 519 人のうち、99 人が食品製造業、商業 246 人のうち、32 人が飲食店での発生である。このように、現在、職場における熱中症対策は「熱中症対策要綱」に基づき実施されているが、建設業等の屋外作業場や大規模工場を想定していることが推測され、飲食料品小売業のような屋内の小規模事業場では一部、対策が実施困難な実状があると考えられる。

2 飲食料品小売業における熱中症対策上の課

題

(1) 熱源と服装・保護具

飲食料品小売業のうち、いわゆるスーパーマーケットの調理場は主に惣菜製品を調理しており、製品の種類も多品目であることから、作業場に多様な熱源が存在し、それらに接近して作業することが多い。一方、作業者は食品衛生上、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の装着を要し、皮膚露出面が少ない。よって、衣服の着脱による行動性調節や発汗による体温調節機能の発揮が困難である。さらに、衛生エリアの出入りには、これらの衛生服、衛生保護具の着脱や手洗い等を伴うため、容易に休憩や飲水を行うことができない。

(2) 作業者の特徴

飲食料品小売業の調理場に従事する作業者の特徴として、「令和 3 年版働く女性の実情（厚生労働省）」によると、卸売業、小売業における 2021 年度の雇用者総数に占める女性の割合は 19.1%と医療、福祉業に次いで多い。また、

「2022年スーパーマーケット年次統計調査報告書(全国スーパーマーケット協会、日本スーパーマーケット協会、オール日本スーパーマーケット協会)」によると、パート・アルバイトを含む全従業員に占める60歳以上の割合は平均26.7%であり、全業種21.3%(令和4年版内閣府・高齢社会白書)と比較して飲食料点小売業は高齢労働者の割合が多いと推測できる。女性、高齢労働者は筋肉量や循環血漿量が少なく、さらに基礎疾患を有する場合は熱中症発症のリスクが高い。

(3) 専門職の関与

総務省「労働力調査(詳細集計)(2013年4-6月)を基に内閣府が作成した産業別の非正規雇用労働者数の雇用形態別構成を示した資料によると、卸売業、小売業は有期雇用やパートタイムといった非正規雇用が最も多い業種である。「2022年スーパーマーケット年次統計調査報告書」でも店舗勤務者におけるパート・アルバイト比率は71.9%となっている。また、同報告書によると、1店舗当たりの正社員数は13.7人であり、パート・アルバイト比率が約7割であることを鑑みると、全従業員数が50人未満の事業場が大多数を占めることが推測でき、よって、産業保健医療職や衛生管理者といった専門職の関与が少なく、熱中症予防のための労働衛生管理の知見が普及していないことが予測される。

3 調理場における暑熱リスク要因および熱中症対策に関する先行研究

(1) 日本国内の調理作業場における先行研究

Haruyamaらは、2010年に日本国内126の調理施設(小学校、病院、飲食店)において、WBGTを測定し、熱源として電気式よりガス式の方が、WBGTが高かったと報告している。

Matsuzukiらは2011年に、日本国内8調理

作業場における炊飯器前のWBGTは平均27.5°Cであり、面積、冷却装置、加熱方法および熱源の影響を受けていたと報告しており、調理場の暑熱リスク要因は熱源の種類や作業場の面積、空調設備によって異なることが示唆されている。

(2) 海外の調理作業場における先行研究

2016年のSinghらの研究は、インドの男性調理作業者は気温38.0°C、相対湿度66.7%の暑熱ばく露により尿比重が高くなっており、腎障害リスクが高くなっていると報告している。

Hanseらは、オーストラリアで職場の暑さに関する窓口相談は調理場、工場、倉庫などの屋内作業環境に関連するものが多かったと2018年に報告している。

Ierardiらは2020年にアメリカ、ニューヨーク市内の公立学校10箇所の調理場におけるWBGTを測定した結果、平均値は25.0°Cであり、10%が軽作業、60%が中等度作業、80%が高強度作業の推奨上限を超えていたと報告している。

このように海外でも食品製造業の調理場には屋内であっても暑熱リスクの高く、その課題が顕在化しつつあることがわかる。

今回、飲食料点小売業、いわゆるスーパーマーケットの惣菜調理場の実態を把握し、特性に応じて実現可能な熱中症対策を検討することを目的として、環境測定と暑熱リスク要因に関する実態調査をおこなった。

B. 研究方法

2022年7月9~11日の3日間、飲食料点小売業内の調理場4か所で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。いずれも測定器の黒球中心

が床上 120cm の高さになるようにした。高さが 120cm の位置に設置できない場合は黒球中心の高さを測定し、記録するようにした。

また、各作業場の作業人数や作業時間、熱源の種類、空調稼働時間、身体作業強度、服装、保護具について聴取した。

服装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

また、「令和 4 年「STOP！熱中症 クールワークキャンペーン」実施要綱」のうち、現在、実施している熱中症対策を聴取した。加えて、熱中症予防管理者の選任の有無、「STOP!クールワークキャンペーン」、環境省熱中症予防情報サイト、環境省熱中症警戒アラートを知っているかどうかも聴取した。

C. 研究結果

1 作業場概要

4 作業場の最寄りのアメダス地点は一致していた。また、調理場の稼働時間、熱源の種類、作業人数、身体作業強度、作業者の服装、保護具はいずれも以下の通りであった。

(1) 作業時間

事業場の稼働時間は 8:00-21:00 であるが、調理作業者の作業時間はうち 4-5 時間である。同作業場の空調稼働時間は 7:00-19:00 となっている。

(2) 熱源の種類

鉄板、コンロ、フライヤー、コンベクション、炊飯器

(3) 作業人数

4~10 人未満

(4) 身体作業強度

低~中程度代謝率であり、ほとんどは歩行程度の身体負荷であるが、時々、重量物運搬がある。

(5) 服装・保護具 (図 1)

作業者は私服の上から長袖上着と長ズボンを着用していた。

衛生 (不織布) マスク、エプロン (前掛け)、衛生帽、ヘアネット、ゴム手袋 (短)、アームカバーを装着していた。

靴の指定はないが、かかとがなく、滑りにくいもの (ただし、清掃の際は長靴) を着用することとなっていた。

2 環境測定結果

作業場 A~D の配置図と環境指標の推移を図 1-4、各作業場の環境指標の中央値 (最小値、最大値) を表に示す。

(1) 作業場 A の環境測定結果

作業場 A には IH 調理器 (表面温度 28.5℃)、炊飯器、フライヤー (表面温度 30.0℃、稼働停止時)、オーブン (表面温度 67.8℃)、惣菜製品にラップをかけるためのラッパー (表面温度 130.0℃) といった熱源となり得る調理設備があった。冷蔵庫や冷凍庫といった低温設備は壁と扉で隔されていた。出入口は 1 か所、スポットクーラーがラッパー付近に 1 台、炊飯器付近に 1 台、フライヤー、オーブンの近くに 3 台設置されていた。その他の場所に 1 台、計 6 台のスポットクーラーが稼働していた。

測定点 A-1 ラッパー前は惣菜調理場の店舗

側の最端に設置した。最も近い壁の表面温度は 31.0℃、熱源としてラッパーが近くにある、使用時にのみ加熱され、稼働時の表面温度は 130.0℃であった。測定点 A-2 炊飯器傍は測定点 A-1 から最も離れた屋外側の最端に設置した (図 2-1)。作業台の上に設置したため、WBGT 測定器の黒球中心は床上 192.0cm となった。熱源として炊飯器と IH 調理器があり、最も近い壁の表面温度は 26.8℃、IH 調理器の表面温度は 28.5℃であった。

いずれの測定点も空調稼働開始時刻から各環境指標が低下した後、徐々に上昇し、WBGT、気温、黒球温度は 15:00-16:00 をピークとして、以降はゆるやかに低下する。日によって、あるいは測定地点によって、午前中 10:00-11:00 に一時的な上昇を認めた。相対湿度はいずれの地点も午前中に上昇し、午後はやや低下するか、あまり変わらなかった。空調停止時刻の 19:00 以降はいずれの指標も上昇していた (図 2-2、2-3)。

測定点 A-1 の WBGT は中央値 19.4℃ (最小値 14.3℃、最大値 22.2℃)、気温は中央値 22.4℃ (最小値 18.1℃、最大値 26.7℃)、黒球温度は中央値 22.6℃ (最小値 18.7℃、最大値 26.4℃)、相対湿度は中央値 59.0% (最小値 43.0%、最大値 91.3%)、測定点 A-2 の WBGT は中央値 20.3℃ (最小値 15.3℃、最大値 22.8℃)、気温は中央値 22.9℃ (最小値 19.6℃、最大値 27.1℃)、黒球温度は中央値 22.8℃ (最小値 19.4℃、最大値 26.9℃)、相対湿度は中央値 65.9% (最小値 44.5%、最大値 87.5%) であり、測定点 A-1 より A-2 の方がやや高温多湿であった。これは、ラッパーの稼働時間が短いことや炊飯器は高温水蒸気を発することなどが影響していたと考える。

空調が稼働している時間帯と、それ以外を比較すると、気温と黒球温度は空調が稼働し

ている時間帯の方が高くなっていたが、相対湿度と WBGT は空調停止時間の方が高くなっていた。測定第 1 日目のみ、空調稼働時間とそれ以外の WBGT を比較すると、有意差がなく、これは、この日のみ、21:00-23:00 に各指標が低下しており、何らかの理由で空調が稼働したことによるのではないかと推測する。

(2) 作業場 B の環境測定結果

作業場 B には鉄板、コンロ (表面温度 13.7℃、稼働停止時)、フライヤー (表面温度 157.0℃) といった熱源となり得る調理設備が設置されていた。惣菜冷凍庫といった低温設備が隣接しているが、壁と扉で隔されていた。出入口は 2 か所、スポットクーラーは 7 台確認できた。スポットクーラーの送風口の表面温度は 10.0℃であった。室内空調が稼働しており、室内には温湿度計も設置されていて、測定機器の設置時には気温 23℃、湿度 56%を示していた。

測定点 B-1 は惣菜調理場の屋外側の最端に設置した。最も近くには鉄板とコンロがあり、稼働停止時の表面温度は 13.7℃であった。測定点 B-2 は測定点 1 から最も離れた店舗側の出入口付近に設置した (図 3-1)。

どちらの測定点においても空調稼働開始時刻から各環境指標はいったん速やかに低下する。WBGT、気温、黒球温度はその後、徐々に上昇するが、相対湿度は急激に上昇し、午前 8:00-9:00 頃をピークに午後にかけてゆるやかに低下する。WBGT、気温、黒球温度も徐々に上昇するが、15:00-16:00 にピークとなった。空調稼働停止後、各指標はいずれも上昇し、早朝にかけてゆるやかに低下した。

測定 3 日のみ、どちらの測定点でも各指標が 14:00-16:00 に急激に上昇した (図 3-2、3-3)。

測定点 B-1 鉄板横の WBGT は中央値 19.9℃（最小値 15.9℃、最大値 24.9℃）、気温は中央値 23.7℃（最小値 18.6℃、最大値 27.8℃）、黒球温度は中央値 24.0℃（最小値 19.7℃、最大値 28.2℃）、相対湿度は中央値 61.1%（最小値 50.0%、最大値 81.8%）であった。午前 8:00-9:00 にいずれの環境指標においても一過性の急激な上昇を認めた。

測定点 B-2 出入口付近の WBGT は中央値 19.4℃（最小値 14.5℃、最大値 24.6℃）、気温は中央値 22.9℃（最小値 17.3℃、最大値 25.7℃）、黒球温度は中央値 23.2℃（最小値 17.8℃、最大値 27.4℃）、相対湿度は中央値 63.9%（最小値 48.9%、最大値 83.4%）であり、熱源が近くにある測定点 B-1 鉄板横の方が B-2 出入口付近より、やや高温であった。

空調が稼働している時間帯と、それ以外を比較すると、WBGT、気温、相対湿度は空調が稼働している時間帯の方が停止時より低くなっていたが、B-1 鉄板横の黒球温度については空調稼働による有意差を認めなかった。

(3) 作業場 C の環境測定結果

作業場 C には、コンロ、フライヤー（表面温度 54.0℃、油 150.0℃、揚げ物 70.0℃）といった熱源となり得る調理設備があった。冷凍庫、冷蔵庫といった低温設備が隣接しているが、壁と扉で隔されていた。2 区画に分かれており、スポットクーラーは 1 つの区画に 6 台、もう 1 つの区画に 3 台確認できた。スポットクーラーの送風口の表面温度は 18.0℃であった。室内空調が稼働しており、作業場付近に作業者が持参した水筒を置く場所が確保されていた。

測定点 C-1 は広い方の区画に設置した。傍には熱源としてコンロがあった。測定点 C-2 はもう 1 つの区画のフライヤーの傍に設置した。付近には換気扇 2 か所と、スポットクー

ラーが 1 台設置されていた（図 4-1）。

どちらの測定点においても早朝 5:00 頃から各環境指標が下がり始めるため、空調稼働開始時刻が早いことが予測される。各指標はいったん速やかに低下した後、上昇と低下を繰り返しながら 12 時頃までに全体として上昇し、13:00 頃にはいったん低下するが、14:00-15:00 にまた上昇するが、上昇程度は午前程ではなかった。空調稼働停止後、各指標はいずれも上昇し、WBGT、気温、黒球温度はやや低下するが、あまり変わらなかった。相対湿度は早朝にかけて徐々に上昇していた。なお、測定 3 日目の 16:00 頃に測定は終了している（図 4-2、4-3）。

測定点 C-1 コンロ傍の WBGT は中央値 20.2℃（最小値 13.7℃、最大値 23.2℃）、気温は中央値 22.9℃（最小値 16.3℃、最大値 25.7℃）、黒球温度は中央値 23.4℃（最小値 16.6℃、最大値 27.2℃）、相対湿度は中央値 70.6%（最小値 43.3%、最大値 87.6%）であった。午前 8:00-9:00 にいずれの測定日においても WBGT、気温、黒球温度が午前 11:00 頃にピークを認めた。

測定点 C-2 フライヤー前の WBGT は中央値 20.1℃（最小値 13.8℃、最大値 23.2℃）、気温は中央値 23.8℃（最小値 16.2℃、最大値 26.7℃）、黒球温度は中央値 24.4℃（最小値 16.8℃、最大値 28.0℃）、相対湿度は中央値 65.1%（最小値 40.7%、最大値 83.5%）であり、測定点 C-2 フライヤー前の黒球温度の方が C-1 コンロ傍より高かった。

空調が稼働している時間帯と、それ以外を比較すると、いずれの測定点においても各指標に有意差を認めず、空調が稼働している時間帯の方が停止時より低くなっていた。

(4) 作業場 D の環境測定結果

作業場 D には、コンロ、フライヤー（表面

温度 41.9℃、油の設定温度 180℃) といった熱源となり得る調理設備があった。冷凍庫、冷蔵庫といった低温設備が隣接していたが、壁と扉で区切られていた。スポットクーラーは確認できず、空調の送風口と思われるものが 5 か所あった。出入口は 1 か所であった。

測定点 D-1 は店舗側の最端、フライヤーの横に設置した。測定点 D-2 も同じく、フライヤーの近傍に設置した。フライヤーの油の過熱設定温度は 180℃であり、測定開始時、表面温度は 41.9℃、付近の壁は 27.4℃であった。測定点 D-3 は店舗側の測定点 D-1 から最も離れた地点、惣菜冷凍庫の扉前に設置した。付近の壁の表面温度は 23.6℃であった (図 5-1)。

いずれの測定点においても空調開始時刻の 7:00 頃から各環境指標がいったん下がり、その後、上昇し、そのままほとんど変化せずに空調停止時刻まで推移した。空調停止後は 23:00 頃までは上昇するが、以降は早朝にかけてゆるやかに加工した。

測定点 D-1 フライヤー横の WBGT は中央値 24.9℃ (最小値 13.6℃、最大値 27.8℃)、気温は中央値 24.4℃ (最小値 20.7℃、最大値 28.8℃)、黒球温度は中央値 40.2℃ (最小値 0.4℃、最大値 47.4℃)、相対湿度は中央値 57.3% (最小値 38.1%、最大値 72.9%) であった。測定 1 日目の夜間以降、黒球温度がおよそ 45℃前後で上昇したままで推移し、安定していなかった。この測定地点については、機器が測定途中で倒れたことが報告されており、機器の不調を来たしたと推定している。

測定点 D-2 フライヤー傍の WBGT は中央値 21.2℃ (最小値 16.7℃、最大値 24.6℃)、気温は中央値 25.8℃ (最小値 21.2℃、最大値 28.0℃)、黒球温度は中央値 26.4℃ (最小値 22.7℃、最大値 28.8℃)、相対湿度は中央値

51.3% (最小値 38.3%、最大値 70.8%) であった。

測定点 D-3 冷凍庫前の WBGT は中央値 19.9℃ (最小値 15.1℃、最大値 23.3℃)、気温は中央値 23.3℃ (最小値 18.6℃、最大値 26.0℃)、黒球温度は中央値 23.6℃ (最小値 18.7℃、最大値 26.3℃)、相対湿度は中央値 61.3% (最小値 43.2%、最大値 92.7%) であり、熱源が近くにある他の 2 つの測定点と比較して WBGT、気温、黒球温度は低い値を示したが、相対湿度は高かった。

3 実施している熱中症対策

(1) 作業環境管理

作業場によって設置台数や場所は異なるが、空調、スポットクーラー、換気扇があり、日中の作業時間中は稼働していた。

(2) 作業管理

いずれの作業場でも近傍に空調の効いた休憩場所があるとのことであったが、足を延ばして休憩するようなスペースはなく、事務所であったりした。特に熱中症予防対策として、水分、塩分の支給はしていないが、水筒が置ける場所を確保するなど、各自で摂取することを推奨していた。

(3) 健康管理

管理監督者が作業前に作業者の体調確認、作業中の巡視や声かけおよび持病のある労働者への就業上の配慮を実施していた。作業前の体温測定を各自で実施することになっていたが、熱中症というよりは感染症予防対策として実施していった。また、救急処置訓練や緊急連絡網作成と周知・掲示も実施されていた。

6 熱中症対策に関する知識

対象作業場の管理責任者各 1 人に対し、「熱

中症予防管理者選任の有無」と「STOP!クールワークキャンペーン」、「環境省熱中症予防情報サイト」、「環境省熱中症警戒アラート」それぞれについて、知っているかどうかを聴取した。

(1) 熱中症予防管理者の選任

4 作業場のいずれにおいても選任されていなかった。

(2) 「STOP!クールワークキャンペーン」

回答者 4 人とも知らなかった。

(3) 環境省熱中症予防情報サイト

回答者のうち、知っているのは 1 人であり、残りの 3 人は知らなかった。

(4) 環境省熱中症警戒アラート

回答者 4 人いずれもが知っていた。

D. 考察

飲食料品小売業の惣菜調理場にて環境測定を実施したが、最寄りのアメダス地点における WBGT が 26℃を超える夏季の暑い日であったにも関わらず、ほとんどの測定点における WBGT は 26℃未満であった。

作業時間中における WBGT はアメダス地点におけるものと同じ動きを示しておらず、3-5℃の差が生じていた。作業場における各環境指標は昼食前や夕食前といった、惣菜食品を製造するために熱源となる調理設備が最も稼働している時間帯にピークを示していた。特に揚げ物を製造するフライヤーの付近では WBGT が高くなっていた。

空調が効いている時間帯と停止している時間における各環境指標を比較すると、ほとんどの測定点で空調稼働時の方が各指標は下がっており、空調によって暑熱リスクを低下させることができていた。空調が停止している時間帯では各測定点とアメダス地点との差が小さくなっていた。

よってこれらの比較的面積が小さい多様な熱源の存在する作業場で作業中の暑熱リスクを評価するにはアメダス観測値ではなく、各熱源の傍で稼働中に実測することが望ましい。熱源としてはフライヤーが最も暑熱リスクが高いと考える。

作業者の服装は食品衛生の保持を目的に皮膚表面の露出が少なかった。衛生エリアと他の場所を行き来する際に更衣の必要のない作業場であったが、一方、休憩時間も着替えることなく、同じ服装で休憩をしていることが予測できた。また、水分、塩分の摂取は推奨されているものの、調達は各自にまかされ、支給はされていなかった。作業の身体負荷は高度ではなかったが、女性や高齢者が多く、熱中症リスクとなる基礎疾患や服薬歴を有する者が含まれるのではないかと考える。

熱中症対策に関して、関心はあるものの、行政通達は周知されておらず、実施が推奨される具体的な方策について知識が不足しているものと考ええる。

以上より熱源となる調理設備ごとに各種指標を実測して、暑熱リスクを把握すること、熱源に応じた環境対策や適正配置を行うこと、作業者に熱中症弱者が含まれることを想定した対策は望まれる。そのためには、具体的な熱中症予防対策に関して、さらなる情報や熱中症予防管理者の普及が必要であろう。

E. 結論

飲食料品小売業の惣菜調理場にて環境測定を実施し、暑熱リスクを評価した。各指標は最寄りのアメダス地点のデータとあまり相関しておらず、熱源毎の実測が望ましい。また、熱源や作業者の状況に応じた熱中症予防対策の実施が必要であり、そのためには専門知識の普及や専門家の介入がのぞまれる。

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 「令和3年職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）」、厚生労働省
- 2 「令和3年版働く女性の実情」、厚生労働省
- 3 「2022年スーパーマーケット年次統計調査報告書」、全国スーパーマーケット協会、日本スーパーマーケット協会、オール日本スーパーマーケット協会
- 4 “Evaluation of subjective thermal strain in different kitchen working environments using subjective judgment scales.”, Haruyama Y, et. Al: Ind Health. 2010;48(2):135-44.
- 5 “The effects of work environments on thermal strain on workers in commercial kitchens.”, Matsuzuki H, Ito A, et al.: Ind Health. 2011;49(5):605-13.
- 6 “Heat and PAHs Emissions in Indoor Kitchen Air and Its Impact on Kidney Dysfunctions among Kitchen Workers in Lucknow, North India.”, Singh A, et al.:PLoS One. 2016 Feb 12;11(2)
- 7 “What Can We Learn about Workplace Heat Stress Management from a Safety Regulator Complaints Database?”, Hansen A, et. Al: Int J Environ Res Public Health. 2018 Mar 6;15(3):459.
- 8 “Heat stress risk among New York City public school kitchen workers: a quantitative exposure assessment.”, Ierardi AM, et al.:J Occup Environ Hyg. 2020 Jul-Aug;17(7-8):353-363.

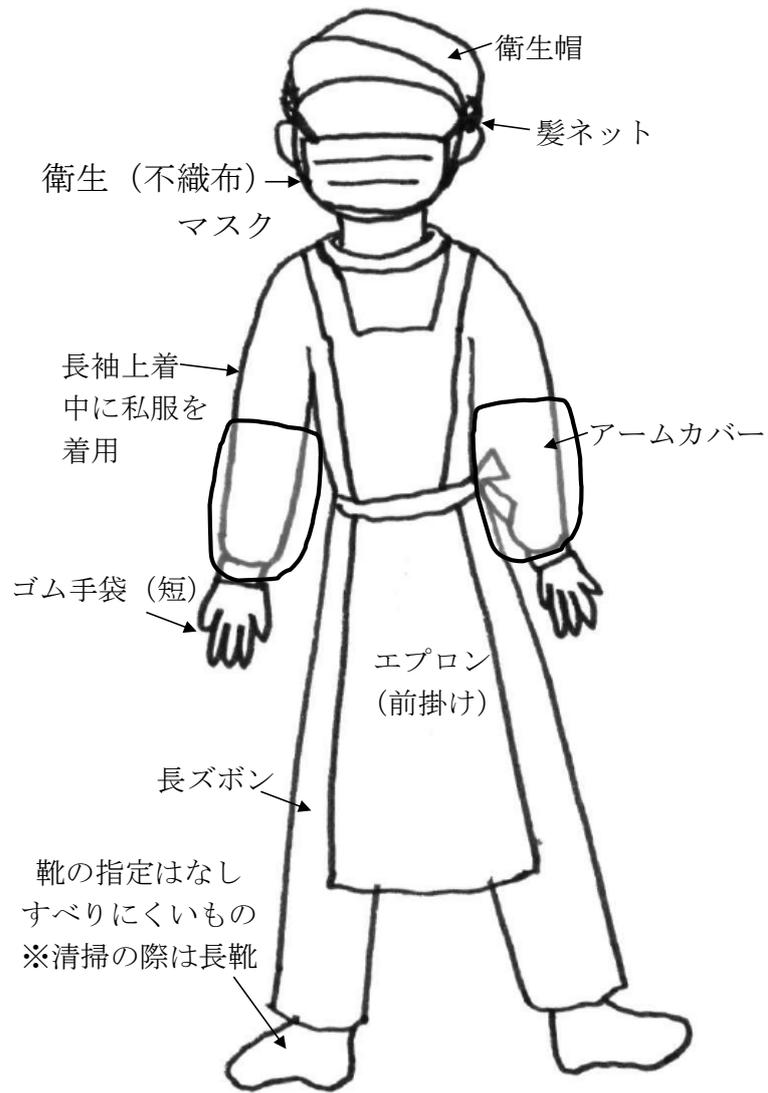


図1 調理作業者の服装、保護具

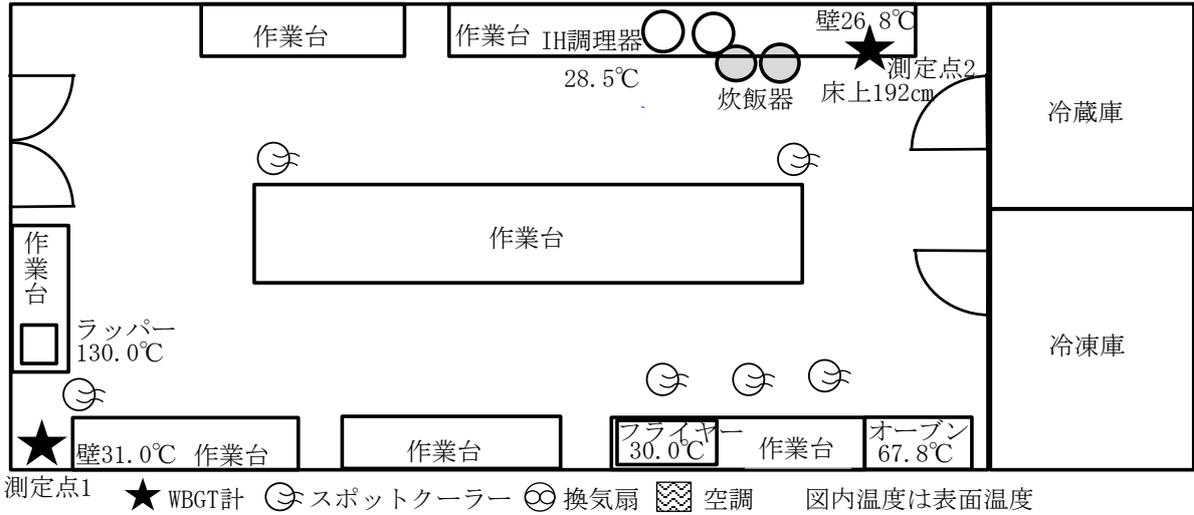


図 2-1 作業場 A 調理場の配置図

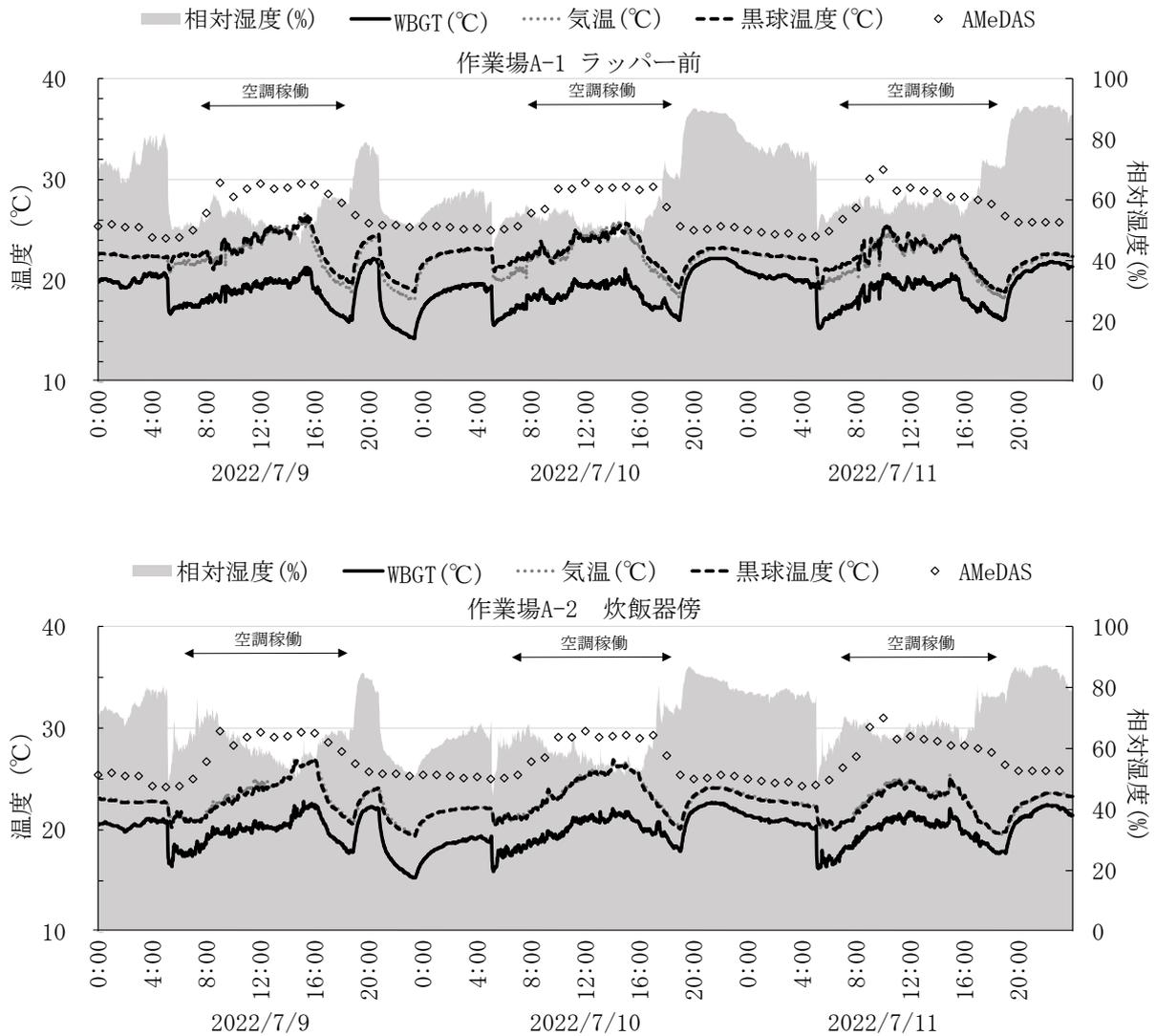


図 2-2 作業場 A 環境測定結果

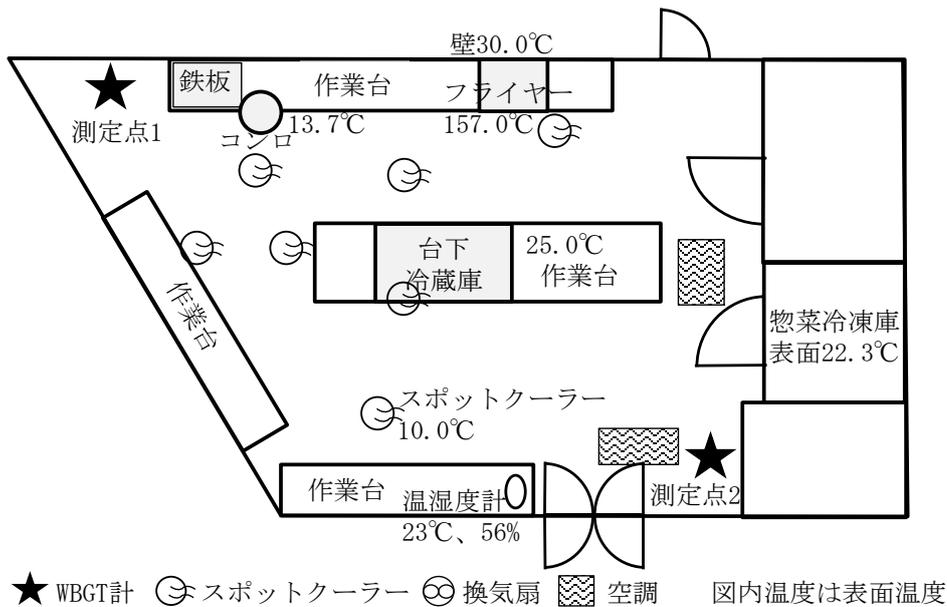


図 3-1 作業場 B 調理場の配置図

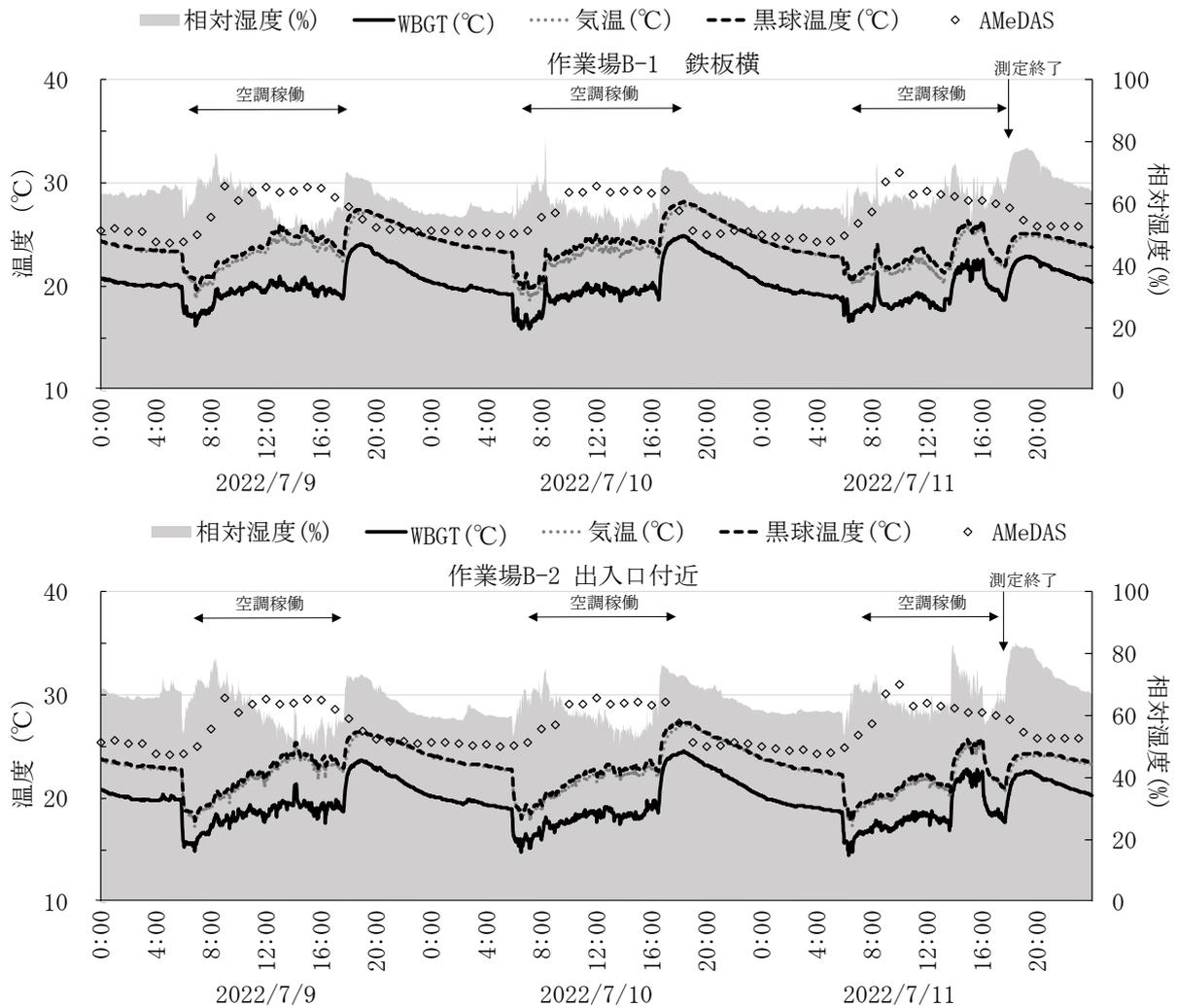


図 3-2 作業場 B 環境測定結果

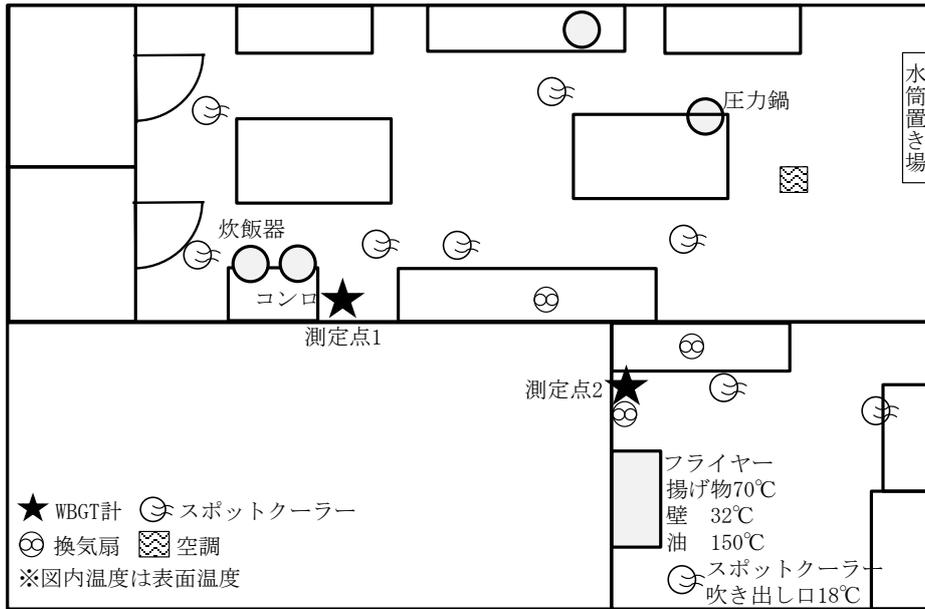


図 4-1 作業場 C 調理場の配置図

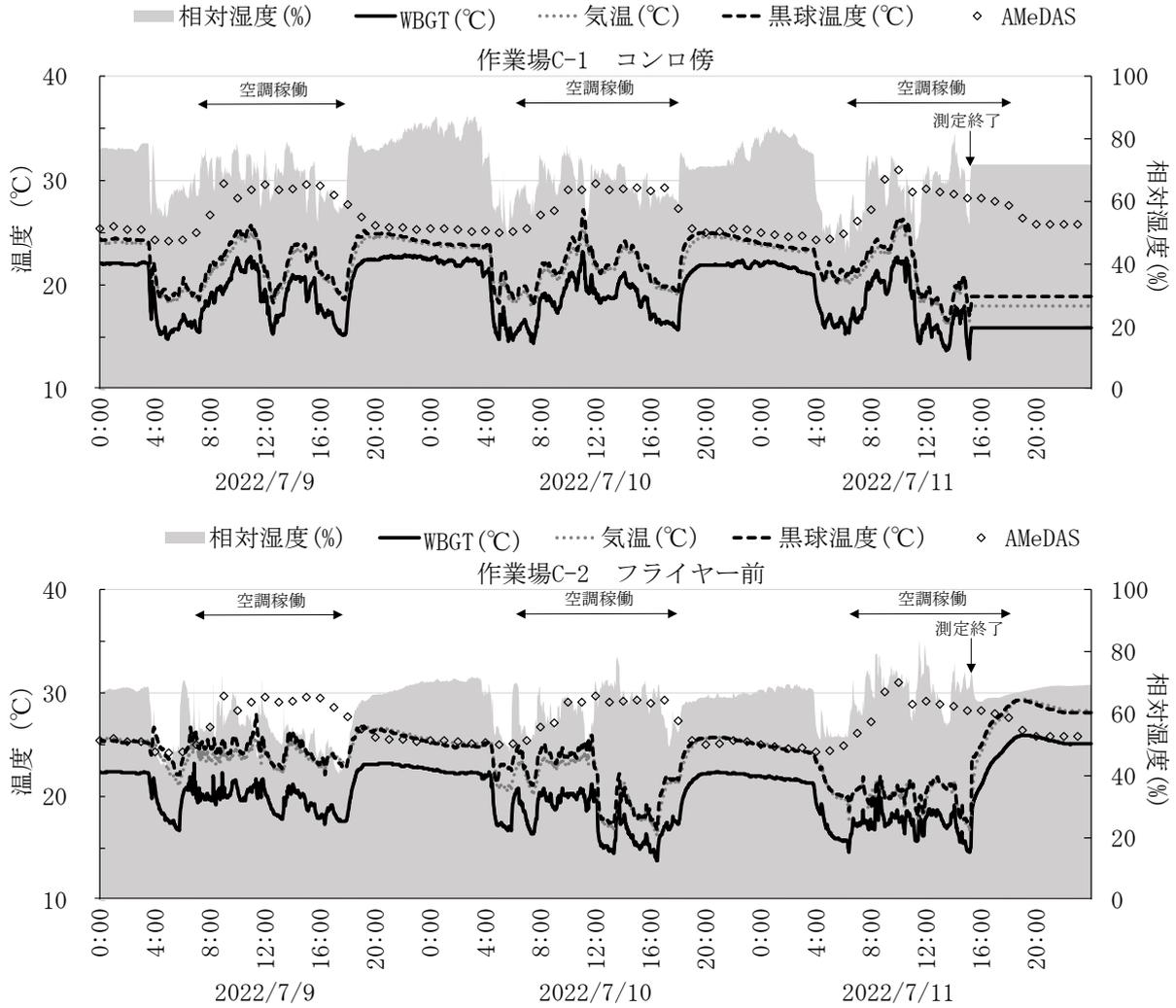


図 4-2 作業場 C 環境測定結果

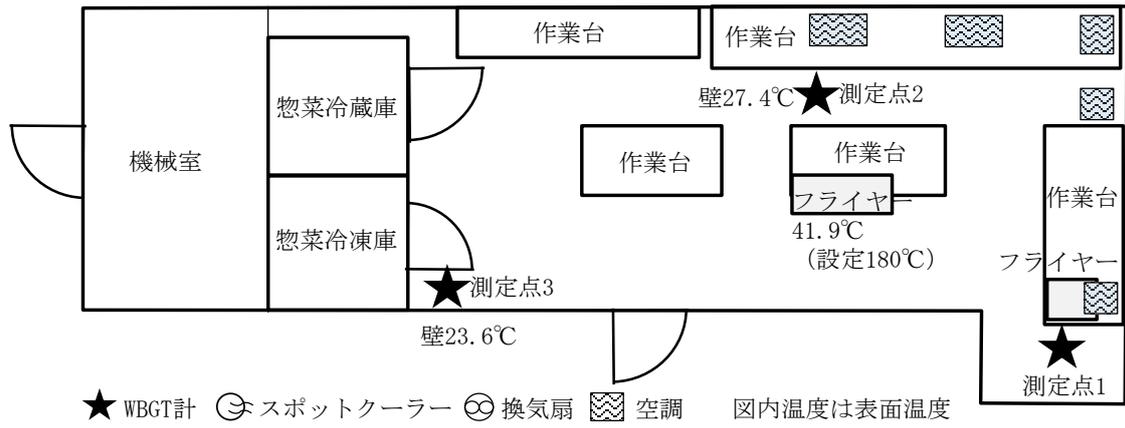


図 5-1 作業場 D 調理場の配置図

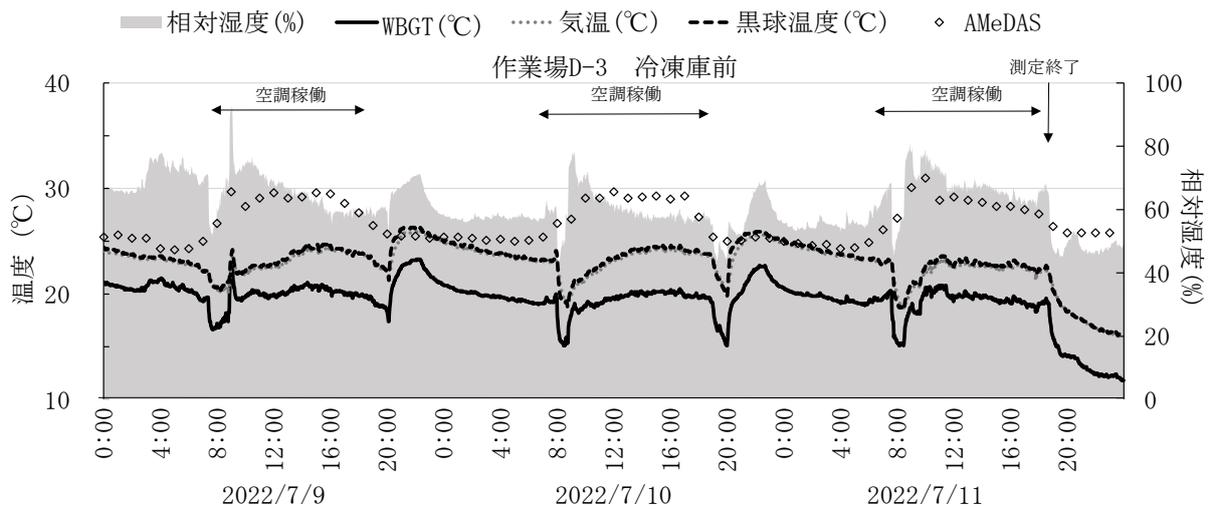
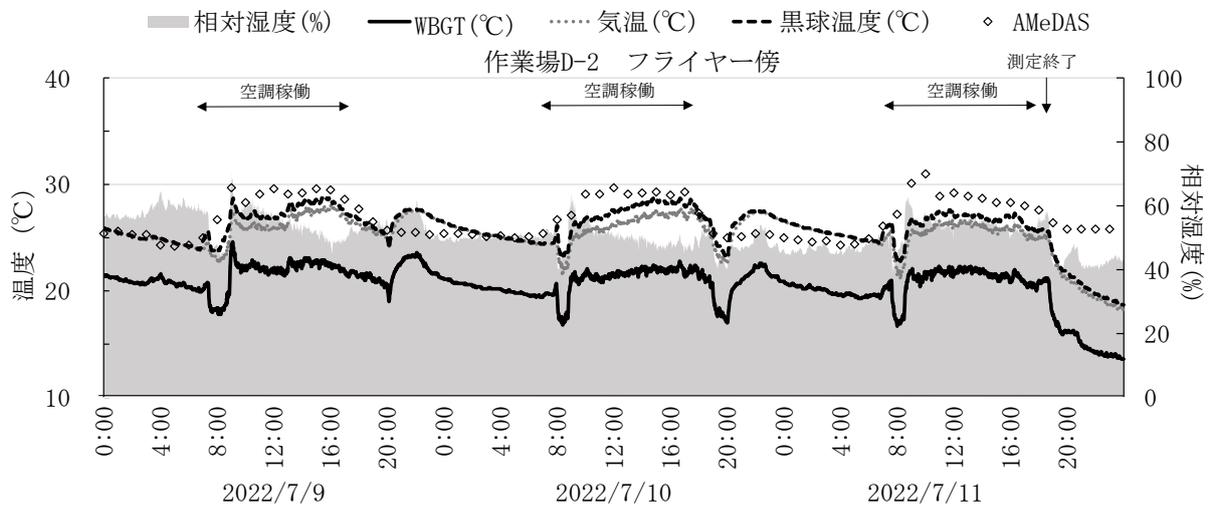
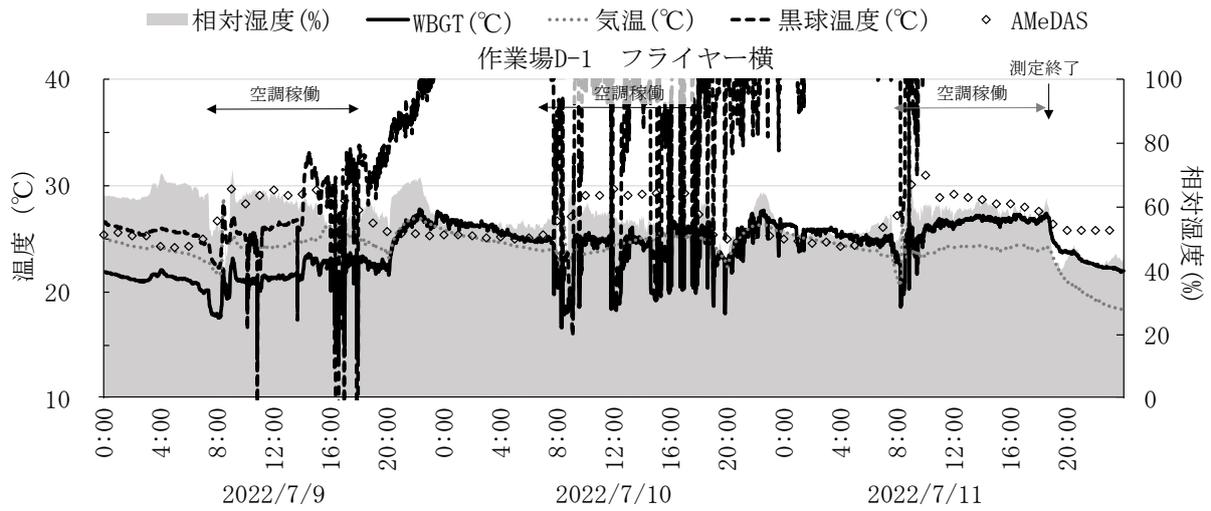


図 5-2 作業場 D 環境測定結果

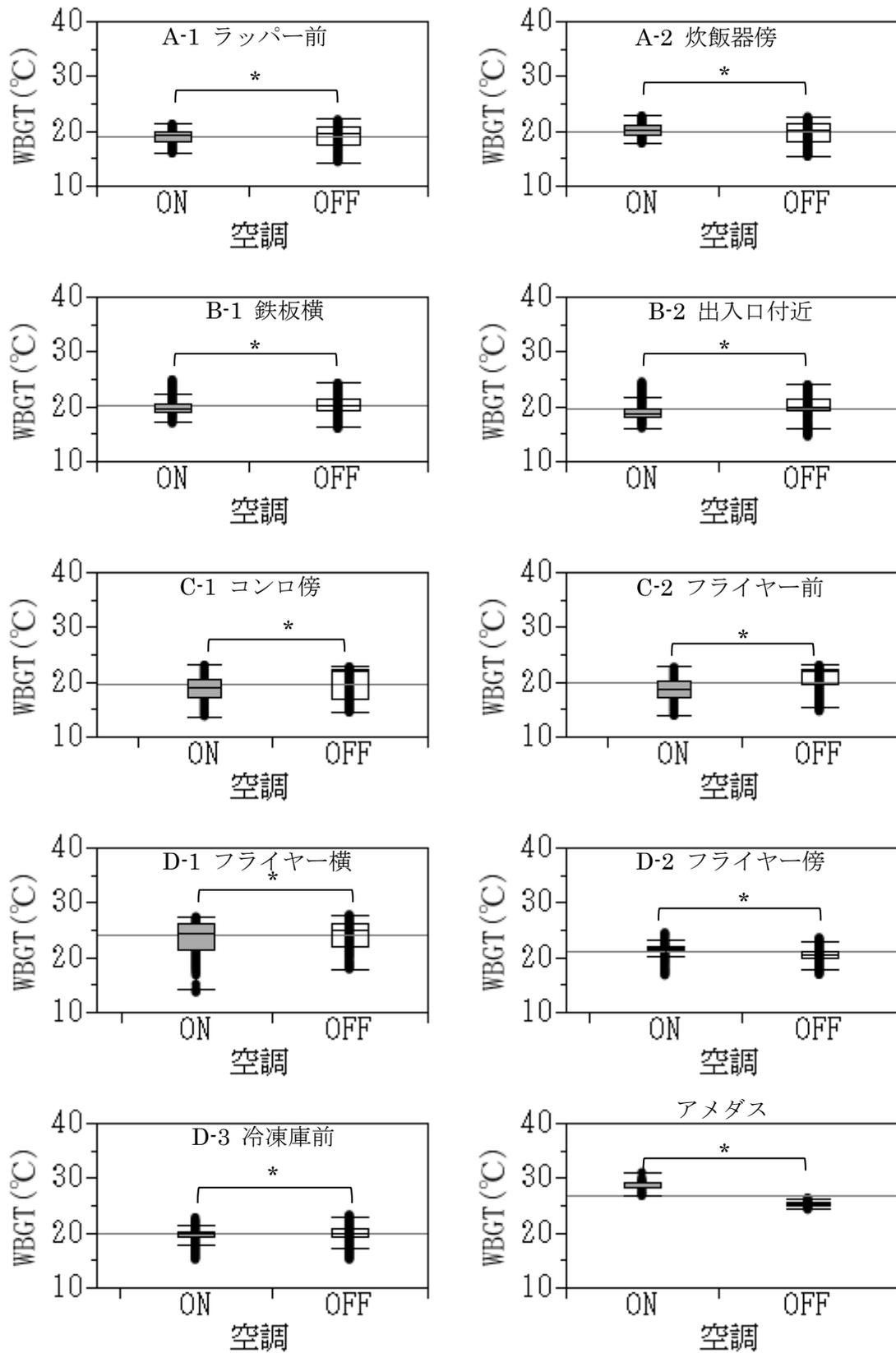


図 6-1 各作業場における WBGT (°C) の空調稼働の有無による比較

* $P < 0.0001$

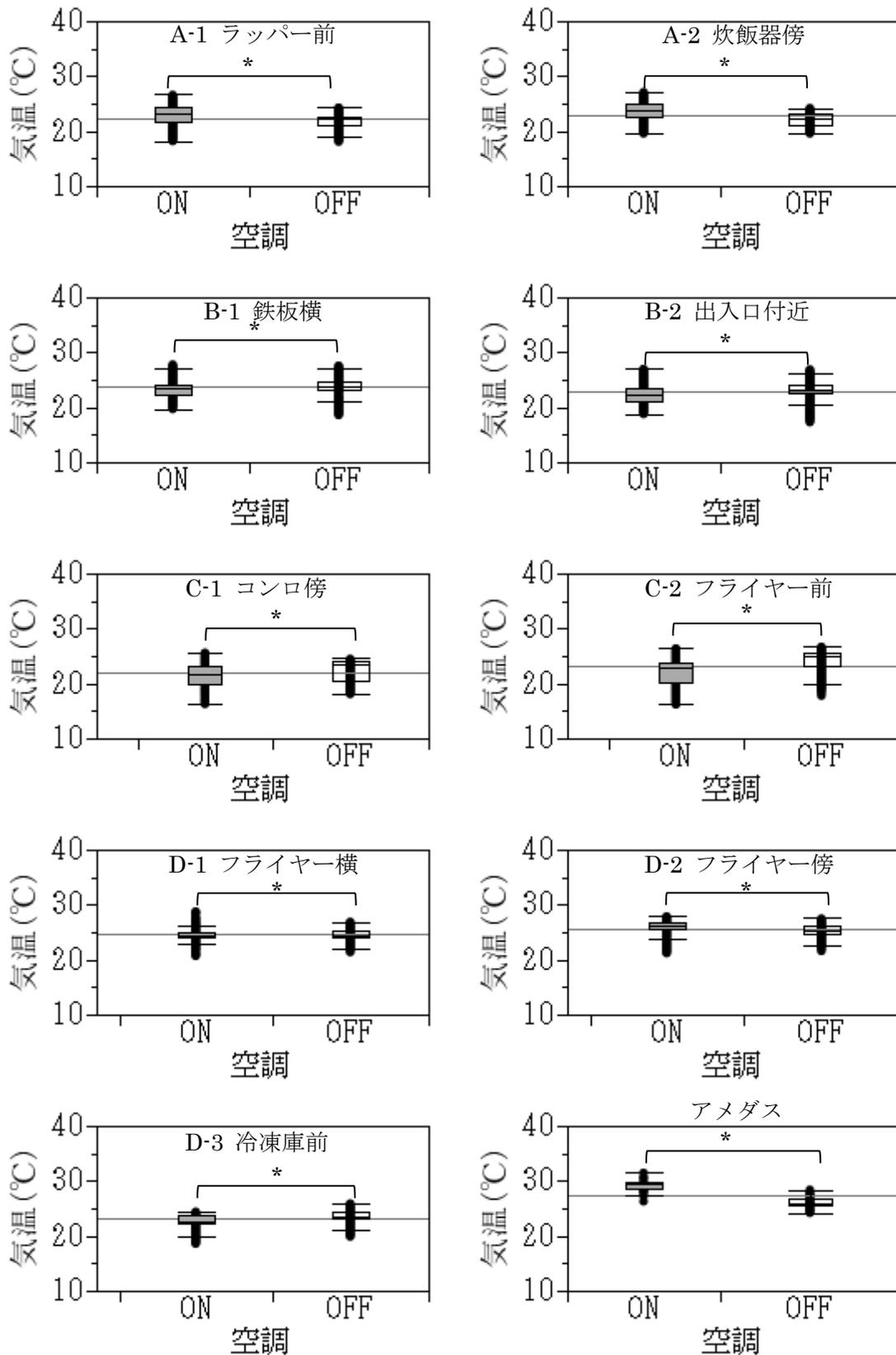


図 6-2 各作業場における気温 (°C) の空調稼働の有無による比較

* $P < 0.0001$

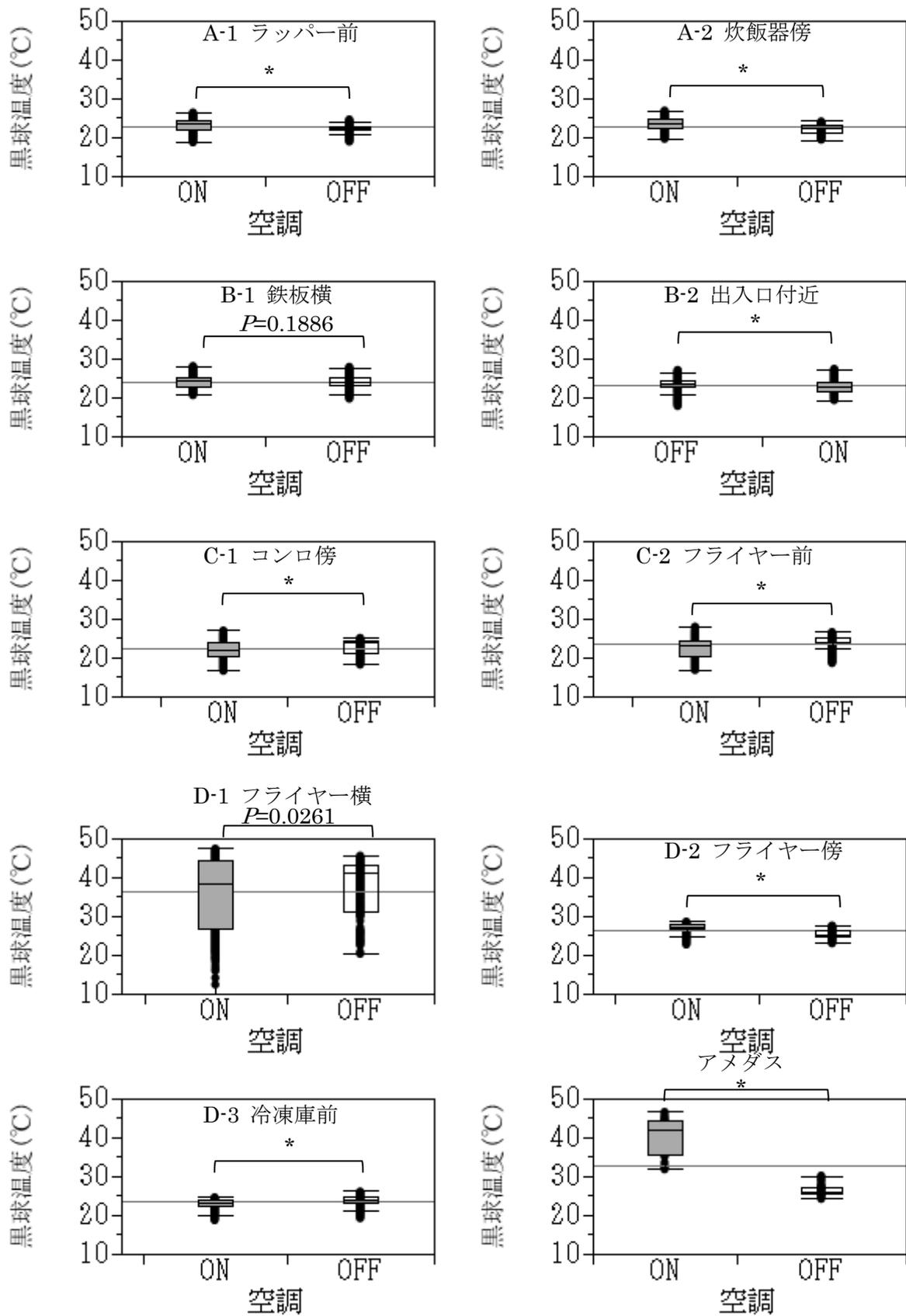


図 6-3 各作業場における黒球温度 (°C) の空調稼働の有無による比較 * $P < 0.0001$

A-1 ラッパー前

A-2 炊飯器傍

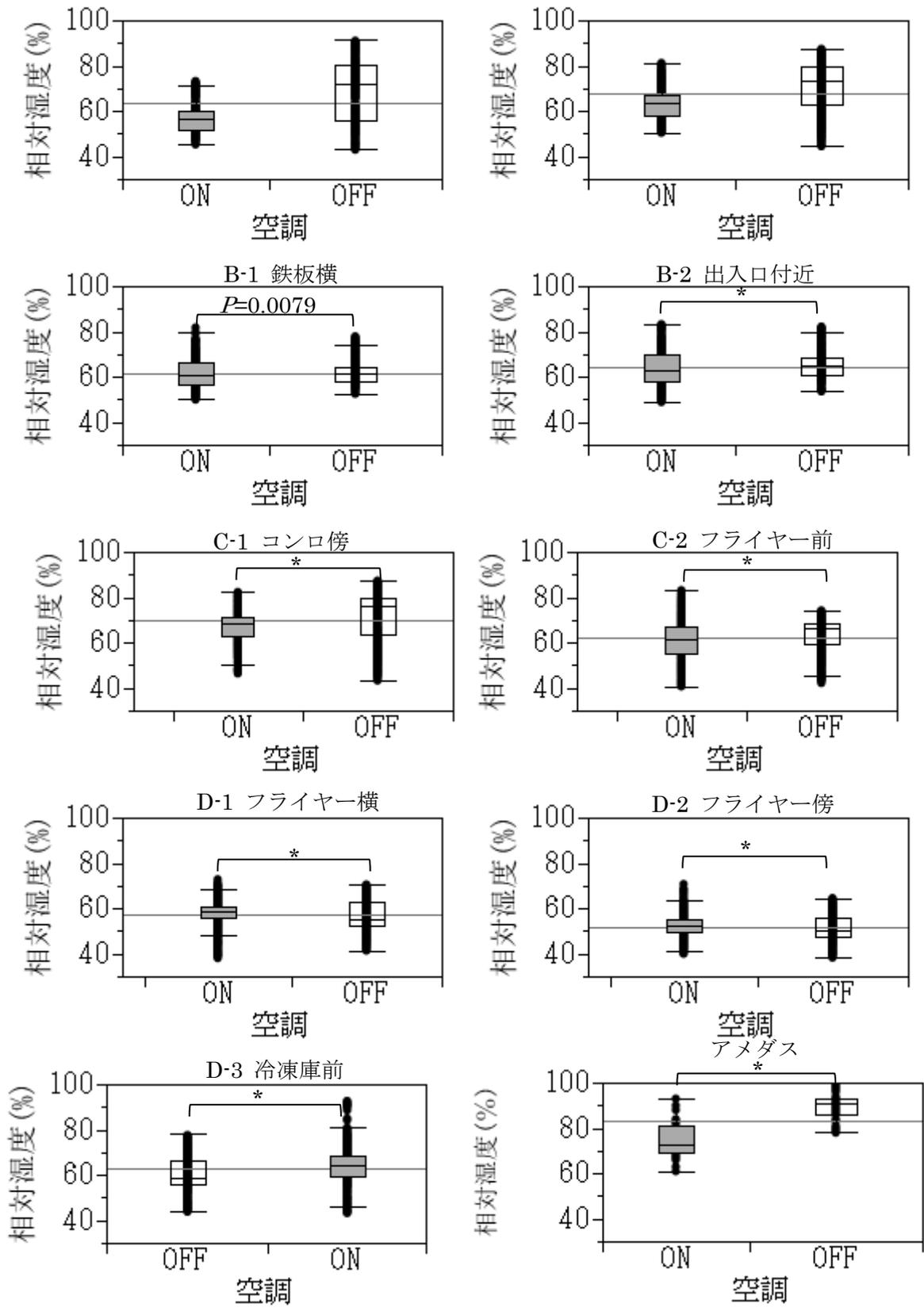


図 6-4 各作業場における相対湿度 (%) の空調稼働の有無による比較 * $P<0.0001$

表 各測定地点における環境指標の中央値と範囲（最小値、最大値）

測定指標	期間	空調	A-1		A-2		B-1		B-2		C-1		C-2		D-1		D-2		D-3		最寄AmEDAS	
			ラッパー前		炊飯器傍		鉄板横		出入口付近		コンロ傍		フライヤー前		フライヤー横		フライヤー傍		冷凍庫前		中央値	範囲(最小-最大)
			中央値	範囲(最小-最大)	中央値	範囲(最小-最大)	中央値	範囲(最小-最大)	中央値	範囲(最小-最大)	中央値	範囲(最小-最大)										
WBGT(°C)	全日	ON	19.4 (14.3-22.2)	20.3 (15.3-22.8)	19.9 (15.9-24.9)	19.4 (14.5-24.6)	20.2 (13.7-23.2)	20.1 (13.8-23.2)	24.9 (13.6-27.8)	21.2 (16.7-24.6)	19.9 (15.1-23.3)	26.3 (22.6-32.4)										
		OFF	19.2 (15.9-21.3)	20.2 (17.7-22.8)	19.7 (16.9-24.9)	18.6 (16.0-24.6)	19.0 (13.7-23.2)	18.6 (13.8-22.8)	24.4 (13.6-27.4)	21.7 (16.7-24.6)	19.8 (15.1-22.9)	29.1 (26.7-31.0)										
	2022/7/9	ON	19.7 (14.3-22.2)	20.3 (15.3-22.7)	20.2 (15.9-24.3)	19.9 (14.5-24.0)	21.9 (14.4-22.9)	22.0 (14.6-23.2)	25.1 (17.8-27.8)	20.5 (16.8-23.6)	20.0 (15.1-23.3)	25.3 (24.2-26.5)										
		OFF	19.3 (14.3-22.2)	20.1 (15.3-22.8)	20.1 (16.2-24.1)	19.8 (14.9-23.7)	20.6 (14.8-22.9)	20.7 (16.7-23.2)	21.6 (13.6-27.8)	21.6 (17.8-24.6)	20.4 (16.6-23.3)	26.1 (24.2-29.7)										
	2022/7/10	ON	19.2 (15.9-21.3)	20.2 (17.7-22.8)	19.8 (17.7-24.1)	19.0 (17.1-23.7)	19.6 (15.2-22.7)	19.9 (17.3-22.8)	21.5 (13.6-23.7)	22.1 (17.8-27.8)	20.1 (16.8-22.9)	29.1 (26.7-29.7)										
		OFF	19.4 (14.3-22.2)	20.1 (15.3-22.3)	20.4 (16.2-24.1)	20.2 (17.1-23.7)	22.1 (14.8-22.9)	22.3 (16.7-23.2)	21.7 (17.8-27.8)	21.0 (18.0-23.6)	20.8 (16.6-23.3)	25.3 (24.2-26.5)										
	2022/7/11	ON	19.3 (15.6-22.2)	19.7 (15.9-22.7)	19.8 (15.9-24.9)	19.3 (14.8-24.6)	20.1 (14.4-23.2)	20.2 (13.8-22.6)	25.1 (16.7-27.7)	21.1 (16.8-22.8)	19.8 (15.1-22.7)	25.4 (25.0-29.7)										
		OFF	18.8 (16.1-21.2)	20.3 (17.9-22.1)	19.7 (16.9-24.9)	18.5 (16.0-24.6)	18.9 (15.7-23.2)	17.8 (13.8-21.4)	24.7 (16.7-26.8)	21.6 (16.8-22.8)	19.7 (15.1-20.5)	29.1 (26.7-29.7)										
	2022/7/11	ON	19.4 (15.6-22.2)	19.0 (15.9-22.7)	19.9 (15.9-24.3)	19.8 (14.8-24.0)	21.9 (14.4-22.7)	22.2 (16.4-22.6)	25.6 (18.0-27.7)	20.2 (17.0-22.6)	19.8 (15.1-22.7)	25.3 (25.0-25.4)										
		OFF	19.8 (15.3-21.9)	20.7 (16.2-22.5)	19.6 (16.6-22.9)	19.2 (14.5-22.8)	19.0 (13.7-22.7)	18.0 (14.6-22.0)	26.0 (18.6-27.4)	20.7 (16.7-22.3)	19.5 (15.1-20.8)	26.3 (24.3-31.0)										
	2022/7/11	ON	19.4 (16.1-20.7)	20.4 (17.7-22.1)	19.1 (17.7-22.8)	18.4 (16.7-22.8)	17.6 (13.7-22.7)	17.7 (14.8-19.9)	26.7 (18.6-27.4)	21.4 (16.7-22.3)	19.4 (15.1-20.8)	28.7 (27.2-31.0)										
		OFF	20.3 (15.3-21.9)	20.9 (16.2-22.5)	19.7 (16.6-22.9)	19.6 (14.5-22.6)	20.1 (15.3-22.3)	19.6 (14.6-22.0)	25.3 (22.8-26.4)	19.8 (16.8-21.0)	19.6 (15.4-20.6)	25.0 (24.3-26.4)										
	気温(°C)	全日	ON	22.4 (18.1-26.7)	22.9 (19.6-27.1)	23.7 (18.6-27.8)	22.9 (17.3-27.1)	22.9 (16.3-25.7)	23.8 (16.2-26.7)	24.4 (20.7-28.8)	25.8 (21.2-28.0)	23.3 (18.6-26.0)	27.4 (23.0-32.6)									
			OFF	23.2 (18.2-26.7)	23.8 (19.6-27.1)	23.4 (19.7-27.8)	22.2 (18.8-27.1)	21.6 (16.3-25.7)	22.9 (16.2-26.4)	24.3 (20.7-28.8)	26.1 (21.2-28.0)	22.7 (18.6-24.4)	29.4 (26.3-31.5)									
		2022/7/9	ON	22.3 (18.1-24.3)	22.4 (19.6-24.2)	23.8 (18.6-27.7)	23.3 (17.3-26.9)	23.6 (18.1-24.6)	25.1 (17.8-26.7)	24.5 (21.4-26.9)	25.2 (21.6-27.6)	23.6 (19.9-24.0)	26.0 (24.2-28.4)									
			OFF	22.3 (18.1-26.7)	22.8 (19.6-27.1)	23.8 (18.9-27.2)	23.1 (17.3-26.2)	23.2 (18.3-24.9)	24.6 (21.1-26.7)	24.5 (21.7-28.8)	25.9 (22.7-28.0)	23.4 (20.0-26.0)	26.8 (24.2-30.8)									
		2022/7/10	ON	23.3 (18.8-26.7)	24.1 (20.8-27.1)	23.7 (20.2-27.2)	22.9 (19.2-26.2)	22.1 (18.4-24.9)	23.9 (22.3-26.4)	24.8 (21.7-28.8)	26.3 (22.7-28.0)	23.4 (20.0-24.4)	29.3 (26.3-30.8)									
			OFF	22.3 (18.1-24.3)	22.8 (19.6-24.1)	23.8 (18.9-27.2)	23.3 (17.3-26.1)	24.0 (18.3-24.6)	25.5 (21.1-26.7)	24.3 (21.8-26.9)	25.1 (23.2-27.6)	23.3 (20.6-26.0)	25.7 (24.2-27.4)									
2022/7/10		ON	22.8 (18.4-26.0)	23.1 (20.3-26.8)	23.8 (18.6-27.8)	23.0 (17.8-27.1)	23.1 (18.1-25.7)	23.4 (16.2-25.7)	24.8 (21.7-26.3)	25.8 (21.4-27.7)	23.7 (18.9-25.6)	27.0 (25.5-30.5)										
		OFF	23.1 (18.4-26.0)	24.3 (20.3-26.8)	23.6 (19.7-27.8)	22.3 (18.8-27.1)	21.6 (19.0-25.7)	21.4 (16.2-25.3)	24.9 (21.7-26.3)	26.4 (21.4-27.7)	23.6 (18.9-24.2)	29.3 (27.3-30.5)										
2022/7/11		ON	22.8 (18.9-23.2)	22.2 (20.3-24.2)	24.1 (18.6-27.7)	23.6 (17.8-26.9)	23.7 (18.1-24.6)	25.2 (20.2-25.7)	24.8 (22.4-26.3)	25.2 (22.6-27.4)	23.8 (19.9-25.6)	26.1 (25.5-27.6)										
		OFF	22.4 (18.2-24.8)	22.9 (19.6-25.4)	23.2 (20.3-25.7)	21.2 (17.3-25.3)	22.2 (16.3-25.7)	20.9 (17.2-25.1)	24.2 (20.7-27.2)	25.6 (21.2-26.7)	22.7 (18.6-24.8)	28.0 (24.9-31.5)										
2022/7/11		ON	23.1 (18.2-24.8)	23.6 (19.6-25.4)	22.4 (20.4-25.7)	21.6 (19.2-25.3)	19.9 (16.3-25.7)	20.4 (17.2-22.0)	24.1 (20.7-27.2)	25.7 (21.2-26.7)	22.4 (18.6-24.3)	29.6 (28.1-31.5)										
		OFF	22.2 (18.5-22.7)	22.7 (19.7-23.6)	23.7 (20.3-24.9)	23.2 (17.3-24.2)	22.6 (20.1-23.8)	23.9 (17.8-25.1)	24.4 (21.4-25.6)	25.3 (21.6-26.6)	23.6 (19.9-24.8)	26.0 (24.9-28.4)										
黒球温度(°C)		全日	ON	22.6 (18.7-26.4)	22.8 (19.4-26.9)	24.0 (19.7-28.2)	23.2 (17.8-27.4)	23.4 (16.6-27.2)	24.4 (16.8-28.0)	40.2 (-0.4-47.4)	26.4 (22.7-28.8)	23.6 (18.7-26.3)	29.2 (23.0-49.1)									
			OFF	23.5 (18.7-26.4)	23.6 (19.6-26.9)	24.2 (20.6-28.2)	22.7 (19.3-27.4)	22.1 (16.6-27.2)	23.1 (16.8-28.0)	38.3 (-0.4-47.4)	27.1 (22.7-28.8)	23.1 (18.7-24.7)	42.0 (31.8-46.6)									
		2022/7/9	ON	22.4 (18.9-24.6)	22.4 (19.4-24.2)	23.9 (19.7-27.9)	23.4 (17.8-27.2)	23.8 (18.2-25.2)	25.0 (18.6-26.8)	41.2 (20.3-45.7)	25.3 (23.0-27.7)	23.8 (19.2-26.3)	26.1 (24.2-30.2)									
			OFF	22.6 (18.9-26.4)	22.7 (19.4-26.9)	24.1 (19.7-27.4)	23.4 (17.8-26.4)	23.8 (18.3-25.7)	25.2 (22.1-28.0)	26.3 (-0.4-45.6)	26.7 (23.7-28.8)	23.6 (20.3-26.3)	29.0 (24.2-45.9)									
		2022/7/10	ON	23.9 (19.8-26.4)	23.7 (20.6-26.9)	24.4 (20.9-27.4)	23.4 (19.6-26.4)	22.4 (18.3-25.7)	24.3 (22.1-28.0)	26.5 (-0.4-33.9)	27.2 (23.8-28.8)	23.7 (20.3-24.7)	43.9 (31.8-45.9)									
			OFF	22.4 (18.9-24.6)	22.7 (19.4-24.1)	23.9 (19.7-27.4)	23.4 (17.8-26.3)	24.3 (18.6-25.2)	25.4 (22.1-26.8)	25.9 (22.5-45.6)	25.3 (23.7-27.7)	23.6 (20.6-26.3)	26.0 (24.2-29.8)									
	2022/7/10	ON	22.9 (19.2-25.7)	23.0 (20.1-26.9)	24.3 (19.7-28.2)	23.2 (18.0-27.4)	23.6 (18.2-27.2)	24.3 (16.8-25.9)	41.1 (15.9-45.7)	26.6 (23.1-28.7)	24.0 (18.8-25.9)	28.5 (25.6-45.0)										
		OFF	23.6 (19.3-25.7)	24.2 (20.1-26.9)	24.3 (20.6-28.2)	22.8 (19.3-27.4)	21.9 (19.2-27.2)	21.7 (16.8-25.9)	39.0 (15.9-44.8)	27.6 (23.3-28.7)	23.8 (18.8-24.6)	44.2 (32.3-45.0)										
	2022/7/11	ON	22.8 (19.2-23.3)	22.1 (20.1-24.2)	24.2 (19.7-27.9)	23.7 (18.0-27.2)	23.9 (18.2-25.0)	25.0 (21.1-25.7)	41.9 (20.3-45.7)	25.4 (23.1-27.6)	24.1 (19.8-25.9)	26.1 (25.6-29.2)										
		OFF	22.4 (18.7-25.5)	22.9 (19.6-25.4)	23.4 (20.7-26.4)	22.8 (17.9-25.8)	22.6 (16.6-26.3)	20.9 (17.6-25.0)	44.4 (23.0-47.4)	26.1 (22.7-27.6)	23.0 (18.7-25.1)	30.0 (24.9-46.6)										
	2022/7/11	ON	23.4 (18.7-25.5)	23.4 (19.6-25.2)	23.1 (21.3-26.4)	22.0 (19.7-25.8)	20.6 (16.6-26.3)	20.5 (17.6-22.0)	45.7 (23.0-47.4)	26.7 (22.7-27.6)	22.7 (18.7-23.7)	36.4 (31.8-46.6)										
		OFF	22.2 (18.9-22.8)	22.7 (19.8-23.6)	23.8 (20.7-25.2)	23.3 (17.9-24.4)	23.2 (20.3-24.1)	23.5 (18.6-25.0)	43.4 (36.9-45.2)	25.4 (23.0-26.6)	23.8 (19.2-25.1)	26.9 (24.9-30.2)										
	相対湿度(%)	全日	ON	59.0 (43.0-91.3)	65.9 (44.5-87.5)	61.1 (50.0-81.8)	63.9 (48.9-83.4)	70.6 (43.3-87.6)	65.1 (40.7-83.5)	57.3 (38.1-72.9)	51.3 (38.3-70.8)	61.3 (43.2-92.7)	82.0 (56.0-100.0)									
			OFF	56.4 (45.3-73.6)	63.5 (50.4-81.3)	60.6 (50.0-81.8)	62.7 (48.9-83.4)	68.3 (46.4-82.4)	61.6 (40.7-83.5)	58.6 (38.1-72.9)	52.6 (40.0-70.8)	64.2 (43.2-92.7)	73.0 (61.0-93.0)									
		2022/7/9	ON	71.7 (43.0-91.3)	73.6 (44.5-87.5)	61.5 (52.5-77.9)	65.3 (53.6-82.3)	75.9 (43.3-87.6)	66.6 (42.2-74.3)	54.9 (41.4-70.6)	50.1 (38.3-64.6)	58.4 (43.8-78.0)	91.0 (78.0-100.0)									
			OFF	55.8 (45.3-82.2)	64.1 (49.3-84.9)	62.6 (50.5-76.3)	65.6 (48.9-78.5)	73.4 (53.1-85.2)	59.3 (40.7-73.1)	62.8 (40.0-71.6)	56.0 (42.6-70.8)	66.4 (51.6-92.7)	88.0 (61.0-100.0)									
		2022/7/10	ON	54.5 (45.3-71.2)	61.1 (50.4-74.0)	58.8 (50.5-76.3)	59.6 (48.9-78.5)	69.5 (53.1-82.4)	54.3 (40.7-73.1)	60.9 (40.0-71.6)	53.3 (42.6-70.8)	65.3 (55.3-92.7)	71.0 (61.0-93.0)									
			OFF	67.0 (49.7-82.2)	70.3 (49.3-84.9)	62.9 (55.4-69.2)	66.1 (53.9-74.9)	76.7 (54.7-85.2)	67.2 (42.2-71.0)	63.5 (50.8-70.6)	57.1 (43.9-64.6)	66.9 (51.6-78.0)	96.0 (86.0-100.0)									
2022/7/10		ON	56.7 (43.0-90.2)	63.0 (44.5-87.0)	58.7 (50.0-81.8)	61.7 (49.9-76.6)	70.7 (48.4-87.6)	65.2 (46.2-78.6)	54.7 (38.1-68.4)	49.8 (40.0-64.0)	57.7 (43.2-78.7)	83.5 (66.0-94.0)										
		OFF	50.7 (47.2-72.9)	58.1 (51.2-80.7)	58.1 (50.0-81.8)	60.7 (49.9-76.6)	67.2 (53.3-78.3)	63.5 (46.2-78.6)	55.9 (38.1-68.4)	49.8 (40.0-64.0)	58.5 (43.2-78.7)	72.0 (66.0-84.0)										
2022/7/11		ON	61.8 (43.0-90.2)	65.7 (44.5-87.0)	59.1 (54.7-70.0)	62.0 (53.7-71.3)	72.7 (48.4-87.6)	66.2 (47.6-72.0)	54.3 (41.4-64.7)	49.8 (40.0-54.4)	57.4 (43.8-69.4)	91.0 (78.0-94.0)										
		OFF	63.8 (49.5-91.3)	74.4 (47.7-87.5)	62.2 (51.1-77.9)	64.5 (53.6-83.4)	68.1 (43.3-84.1)	68.0 (51.7-83.5)	57.0 (40.7-72.9)	51.8 (38.3-62.7)	63.2 (45.4-80.9)	83.5 (69.0-93.0)										
2022/7/11		ON	59.2 (54.6-73.6)	67.1 (60.8-81.3)	62.5 (51.1-77.3)	64.5 (56.9-83.4)	67.6 (46.4-81.8)	69.4 (55.9-83.5)	59.1 (40.7-72.9)	54.3 (42.1-62.7)	66.7 (47.9-80.9)	77.0 (69.0-88.0)										
		OFF	77.3 (49.5-91.3)	78.2 (47.7-87.5)	59.9 (52.5-77.9)	65.9 (53.6-82.3)	72.7 (43.3-84.1)	67.5 (51.7-74.3)	51.7 (45.1-58.3)	46.4 (38.3-52.3)	55.3 (45.4-68.7)	89.0 (79.0-93.0)										

7 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

昨今の全国的な夏季の高温は熱中症のリスクを増大させている。気象庁のデータでは夏季のみならず、9月の平均気温が高い日が全国各地で40%以上となっている。今後は9月にも熱中症が多発することが懸念される。作業場の気温、輻射熱条件等の調整が難しい鋳物製造作業や造船作業のほか、第三次産業である倉庫業、清掃業、調理場などにおいても熱中症が多く発生しており、高リスク要因を特定し低減化させることは必須といえる。一方、小規模の事業場では十分な知識と人材が不足しており、予防活動は停滞状態と言える。そこで第2年度目である本年は、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技術を活用することで人手を介さず、かつ、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可能である。特に夏季において暑熱障害リスクが高くなると推測される鋳物製造作業場、造船作業場、厨房作業場等に計測機を設置して検討を行った。その結果、夏季における給食施設作業場の厨房内配膳室と厨房内のスープ・ケトル調理位置、厨房外食堂における気温の最大値は30℃以上に達していることが確認された。造船作業場における一部の屋外作業場や造船中の船舶内部では最大値が40℃を越えた。鋳物製造作業場でも焼成作業場（炉前）、焼成作業場（成型機前）の気温最大値は40℃を越えた。これらの作業場では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。Wi-Fiでなく、セルラー回線を使用することで、安定して計測することが確認された。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。

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、製造業の内、鋳物製造作業や造船作業等は作業場内に発熱源がある、日射による建物からの発熱があることより、作業場の暑熱調整や管理が難しく熱中症リスクを抱えている。一方、非製造業である飲食店、倉庫業、リネン業、介護福祉業等等でも熱中症が発生している。これらは総じて人材不足であり、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の関与が難しく、予防活動を担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。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²⁾。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病院給食施設作業場、造船作業場、鋳物製造作業場とした。

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℃、精度は±0.2℃である。相対湿度の計測可能な範囲は0～100%、精度は±3.5%（20-80℃ ±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されているが、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程度とされている。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が利用可能である。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）。

Bluetoothを使用する方法も検討されているが、Power Classによっては距離が離れるとペアリングが切れる。また、通信対応にはスマホ本体等の通信機器を要する。

RS-BTEVS1はデータをクラウドに記録させ、いつでも記録データが取り出せる。この記録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

計測は令和4年1月から10月までの期間の内、各施設の許可の得られた時期とした。

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作業場として以下を対象とした。

病院給食施設作業場は、屋外、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9箇所を測定対象とした。

造船業作業場は、i 屋内溶接作業場①、j 屋内溶接作業場②、k 屋内作業場①、l 屋内溶接作業場③、m 屋外作業場①、n 屋外作業場②、o 敷地外作業場 p 屋外作業場②、q 製造船舶内作業場、r 屋内作業場②の合計10箇所を対象とした。

鋳物製造作業場は、s 加工作業場①、t 焼成作業場（炉前）、u 加工作業場②、v 加工作業場③、w 焼成作業場（成型機前）、x 加工作業場④、y 製品検品作業場①、z 製品検品作業場②の合計 8 箇所を対象とした。

これらの各場所の作業位置付近へ、装置各 1 台ずつ設置し、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

各測定位置における温湿度計測値の変化を図 3 に示した。図 a から図 h は病院給食施設作業場の測定結果、図 i から図 r は造船作業場、図 s から図 z は鋳物製造作業場であり、気温と相対湿度の計測値を月ごとに示した。また、対象とした 3 つの作業場の所在する地域における外気温湿度変化図も示した。さらに月ごとの全計測値の算術平均値、最大値、最小値を表 1 に示した。

図 3 の月ごとの気温測定結果より、1 月～5 月の外気温最大値は 14℃～30℃、6 月～10 月は 30℃～35℃に比べ、a 厨房内配膳室の最大値は、1 月～5 月で約 30℃～32℃に対して、7 月～10 月は約 34℃～37℃と厨房内配膳室は夏季以外でも高値であった。b 厨房内のスープ・ケトル調理位置の最大値は、1 月の約 25℃に対して、8 月～10 月は約 31℃～34℃となった。e 厨房外食堂の最大値は 1 月～5 月が約 27℃～29℃であり、その後の 7 月～10 月は約 30℃～33℃であった。f 厨房外事務室の最大値は 1 月～5 月が約 25℃～26℃で、その後の 7 月～10 月でも約 26℃～29℃程度であった。

a 厨房内配膳室では、配膳車を配膳室内にて加温する作業が行われており、気温の上昇時刻と加温作業時刻がほぼ一致した。

厨房内のスープ・ケトル調理時には当該位

置より放熱があり、特に 8 月～10 月の作業時には約 31℃～34℃と高値となった。

配膳室内は空調設備にて一定温度（25℃）に保たれるように設定されているものの、室内の一部では発熱源からの影響を受け、当該位置の気度が上昇したと言える。

e 厨房外食堂には空調設備があるものの、外気温の影響を受けやすく、7 月～10 月の最高温度は約 30℃を超えた。f 厨房外事務室は他の作業場と隔離されており、空調時に外気温の変化を受け難く、月の違いによる気温の変化が比較的少なかった。

厨房内の a 配膳室、b スープ・ケトル位置における作業時は、暑熱対策について特に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て室内気温が許容できる値を超える前に、適切な気温へ下げる対策が必要と判断された。また、厨房外である e 食堂においても、6 月以降は最大気温が 30℃を超えるため、外気温の変化を観察し、こまめな室内温度調整が必要と言えた。

造船作業場の 7～9 月の外気温最大値は 30℃～36℃であった。一方、7～9 月の屋外作業場②では最大値として 40℃を越え、敷地外作業場においても最大値は 40℃を越えた。これら屋外にての作業時は、加熱した金属設備などの影響もあり、事前の十分な暑熱対策が必要と言えた。また、造船中の船舶内部作業場にても 8 月、9 月の最大値は 40℃を越えた。鉄製の屋内作業場で通風が難しいことを考慮し、事前の作業時間短縮も含めた総合的な暑熱対策が必要と言えた。

鋳物製造作業場の外気温は 7～10 月が約 30～36℃であった。対して t 焼成作業場（炉前）は 8～10 月、w 焼成作業場（成型機前）は 8 月に、気温の最大値が 40℃を越えた。

D. 考察

本研究では各作業場の作業員位置付近へ、装置を1台ずつ設置してリアルタイムの経時的な温湿度変化を計測させた。その結果、外気温の影響を受けづらいと考えられた作業場においても、発熱源のある作業場の場合は、空調設定温度が25℃であっても1~5月の最高温度は30℃を、7月、8月の最高温度は35℃を越えた。春季より、経時的に最大気温等をリアルタイムでモニタリングして解析することで、外気温のみでは予測できない、夏季における気温上昇と最大値をある程度予測することが可能と思われた。以上より、各作業場から離れた位置にても、リアルタイムで温湿度を把握すること、経時的なデータを解析することで、今後の温湿度の変化を予測し、暑熱障害リスクに応じた管理が容易と思われた。また、人手を介さずにIoT技術を活用することで、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。ただし、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。

E. 結論

IoT技術を活用することで、外気温のみでは予測が難しい、各作業場条件による暑熱障害リスクに応じた遠隔管理が容易になると推測された。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

厨房作業場スタッフメニュー				2021 12/12 10:30			
自動計測データ		お知らせ		現在のところお知らせはありません			
①温度 23.0 °C 2021 12/12 10:30	①湿度 41.3 % 2021 12/12 10:30	②温度 22.5 °C 2021 12/12 10:30	②湿度 40.6 % 2021 12/12 10:30				
③温度 21.5 °C 2021 12/12 10:30	③湿度 42.4 % 2021 12/12 10:30	④温度 19.8 °C 2021 12/12 10:30	④湿度 39.6 % 2021 12/12 10:30				
⑤温度 29.8 °C 2021 12/12 10:30	⑤湿度 23.6 % 2021 12/12 10:30	⑥温度 28.7 °C 2021 12/12 10:30	⑥湿度 33.1 % 2021 12/12 10:30				
⑦温度 23.2 °C 2021 12/12 10:30	⑦湿度 45.6 % 2021 12/12 10:30	⑧温度 22.4 °C 2021 12/12 10:30	⑧湿度 41.5 % 2021 12/12 10:30				

図 1 表示される画面

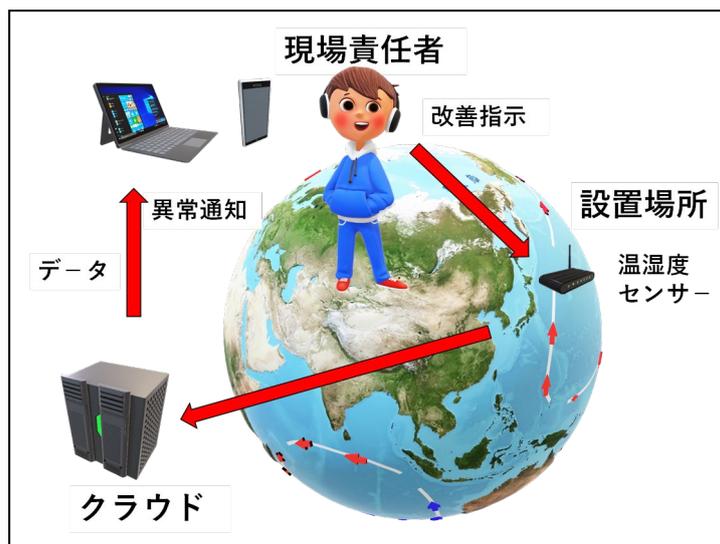
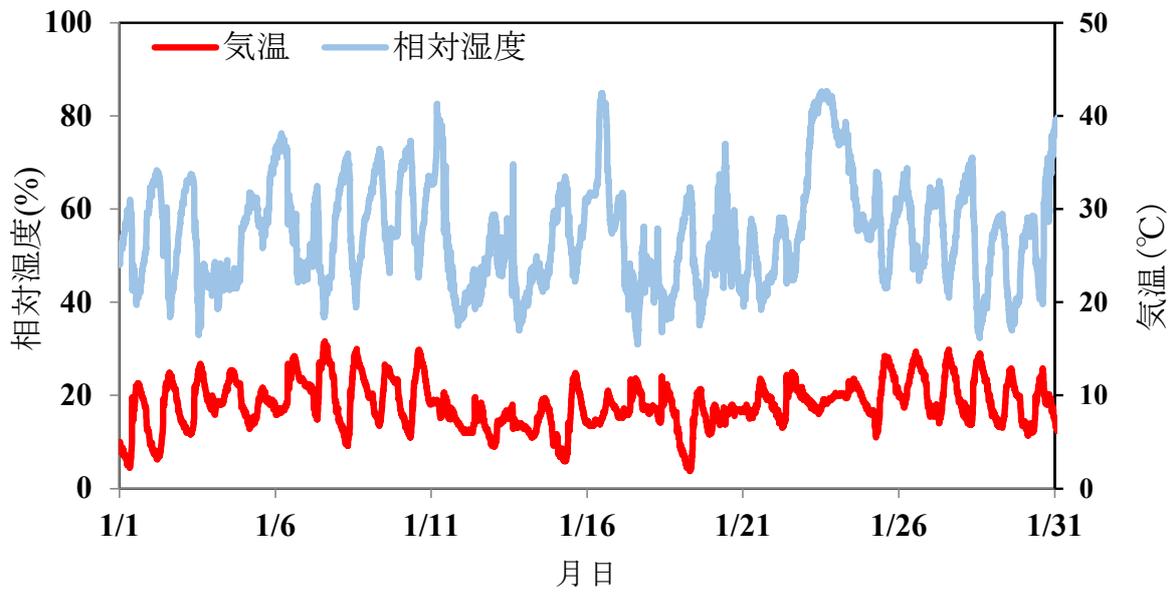
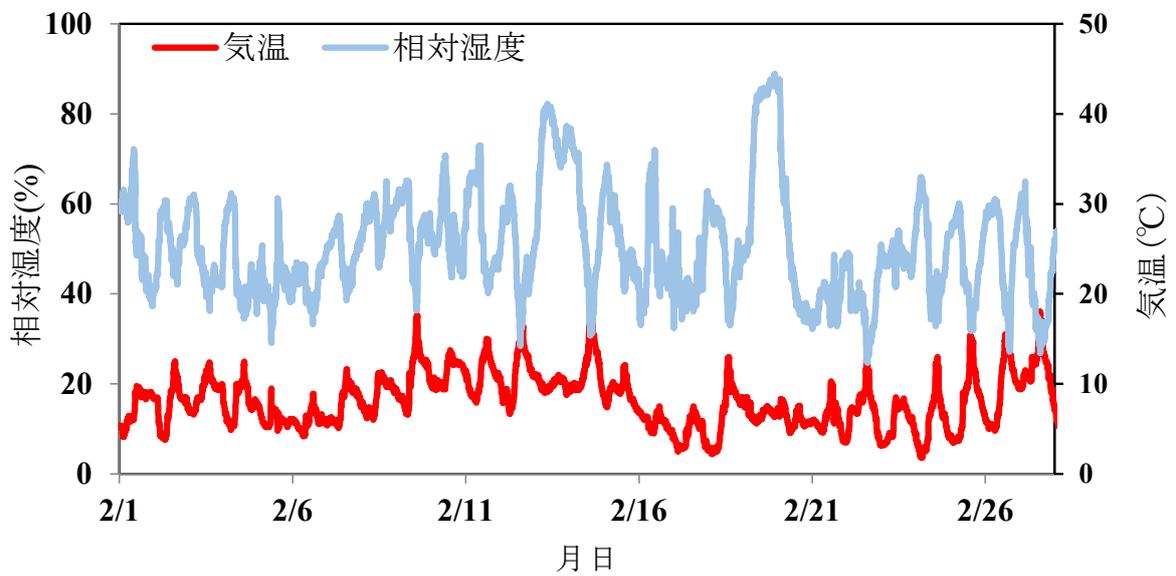


図 2 室内温湿度自動記録・監視システムの概要

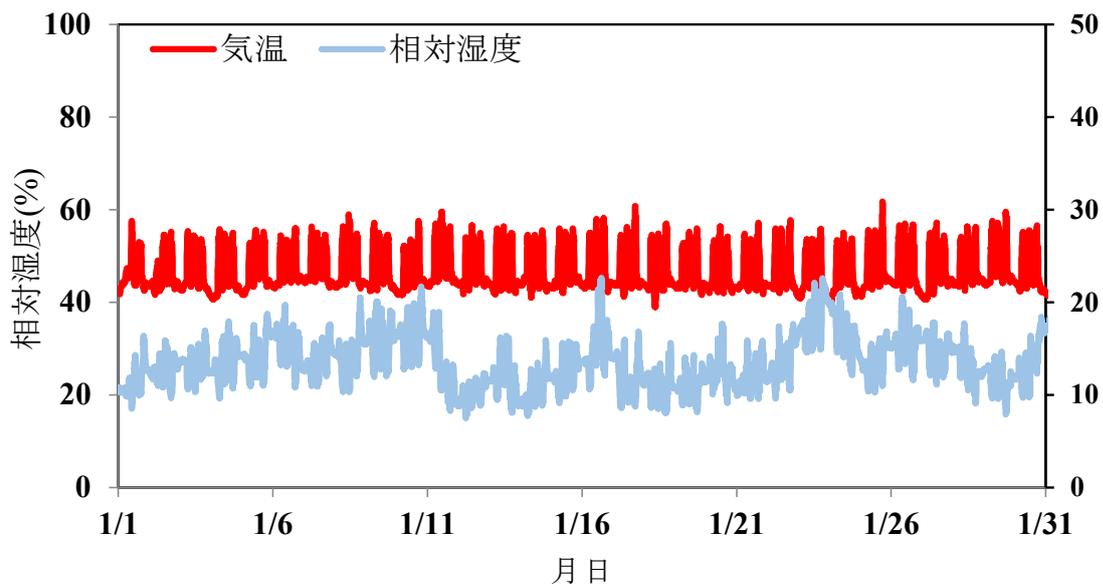
図3 各位置における温湿度計測値の変化図



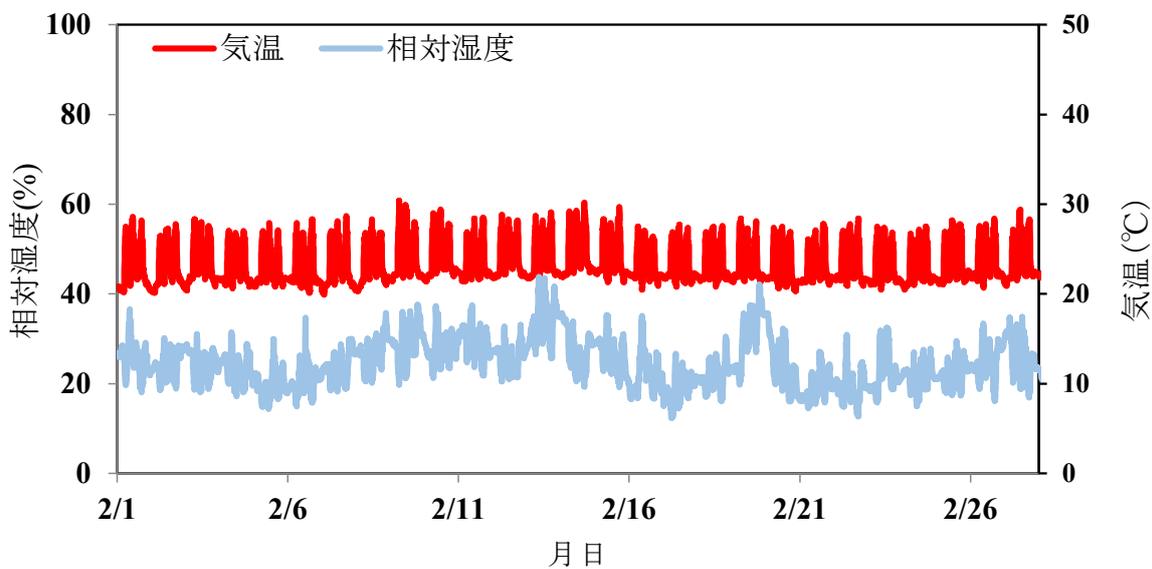
屋外 1月の温湿度変化図



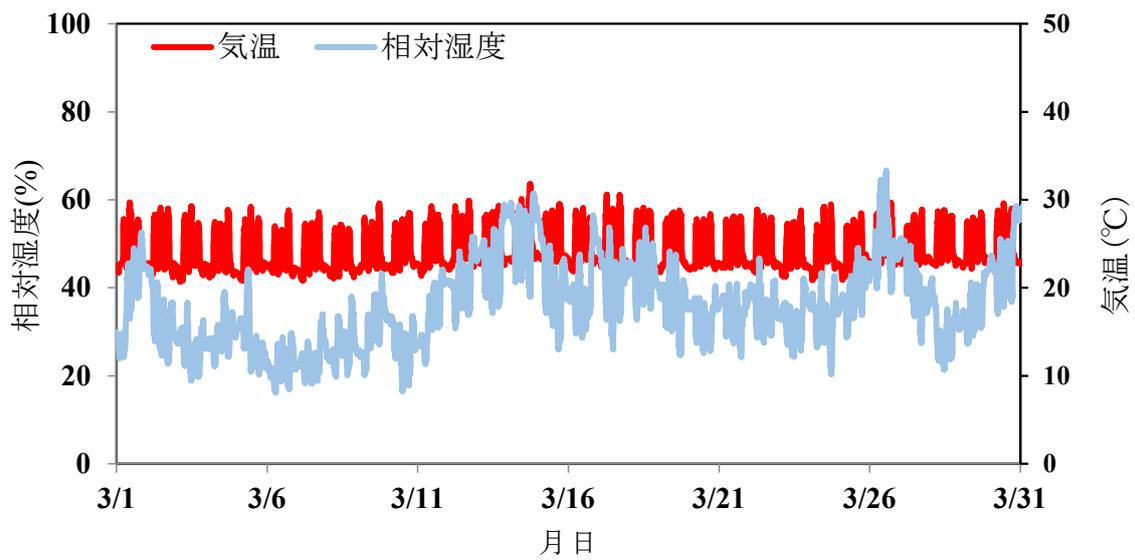
給食施設屋外 2月の温湿度変化図



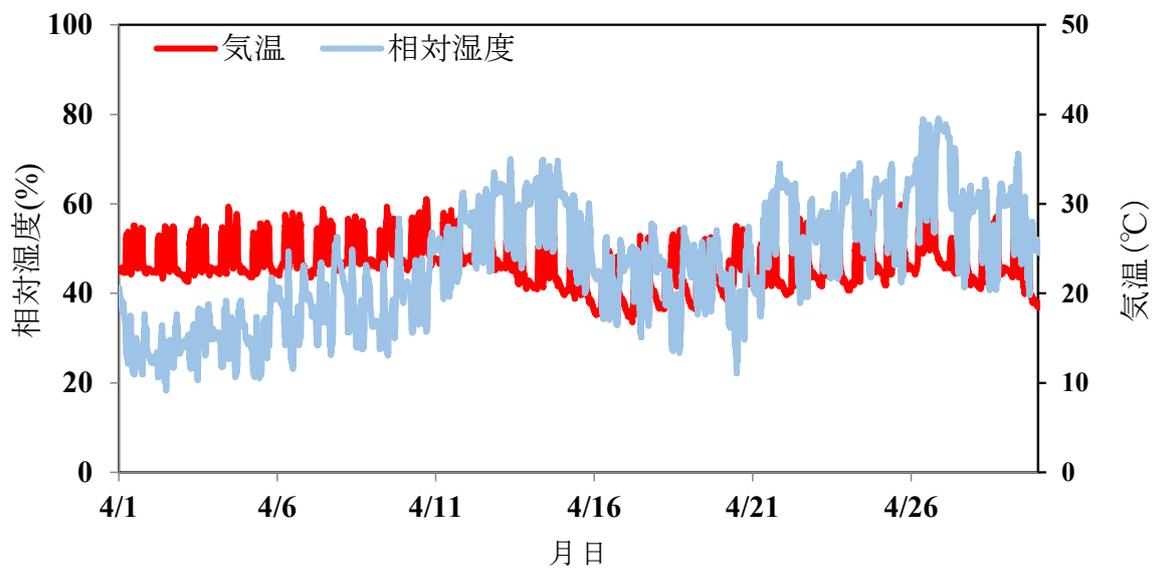
a 厨房内配膳室 1月の温湿度変化図



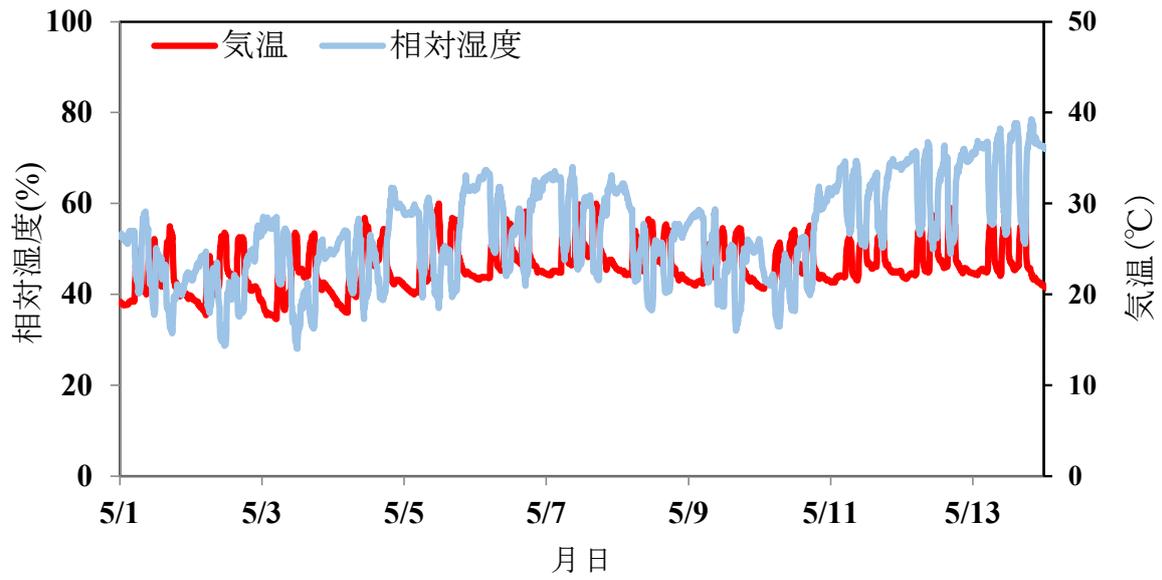
a 厨房内配膳室 2月の温湿度変化図



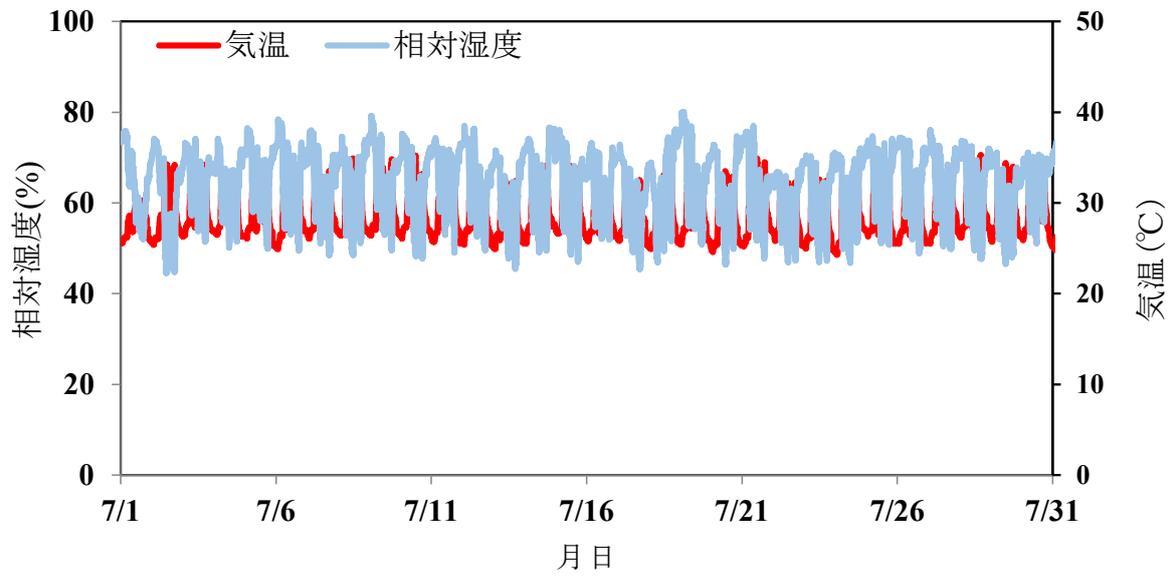
a 厨房内配膳室 3月の温湿度変化図



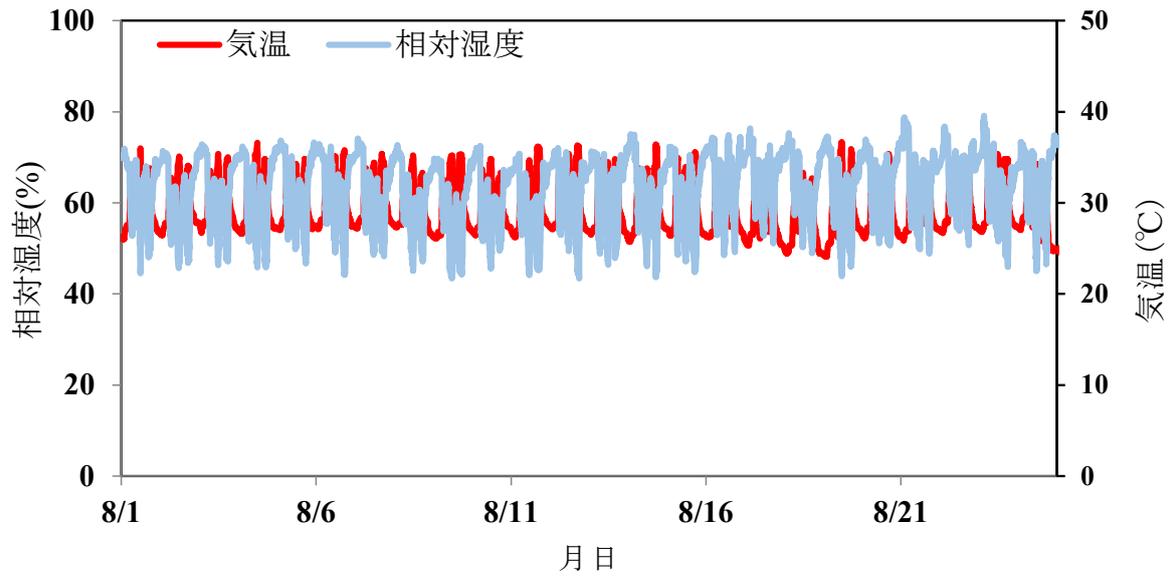
a 厨房内配膳室 4月の温湿度変化図



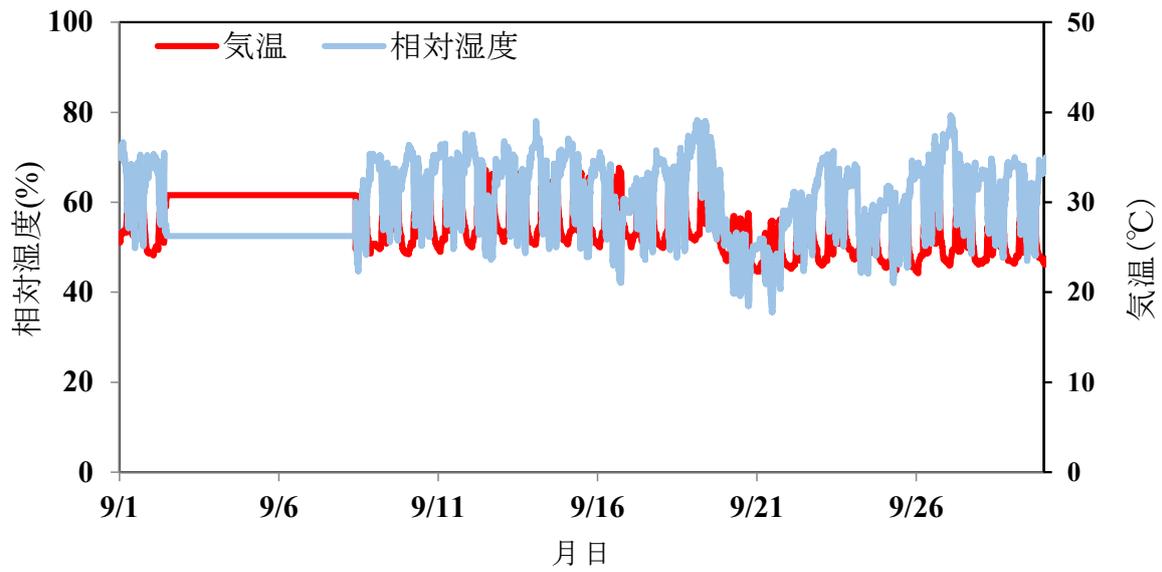
a 厨房内配膳室 5月の温湿度変化図



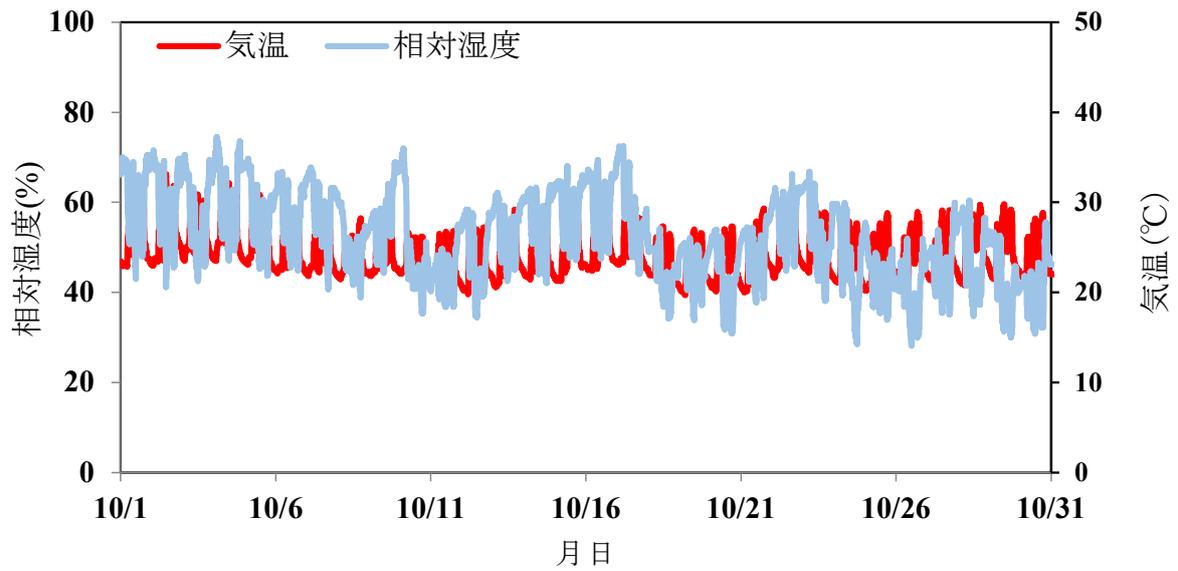
a 厨房内配膳室 7月の温湿度変化図



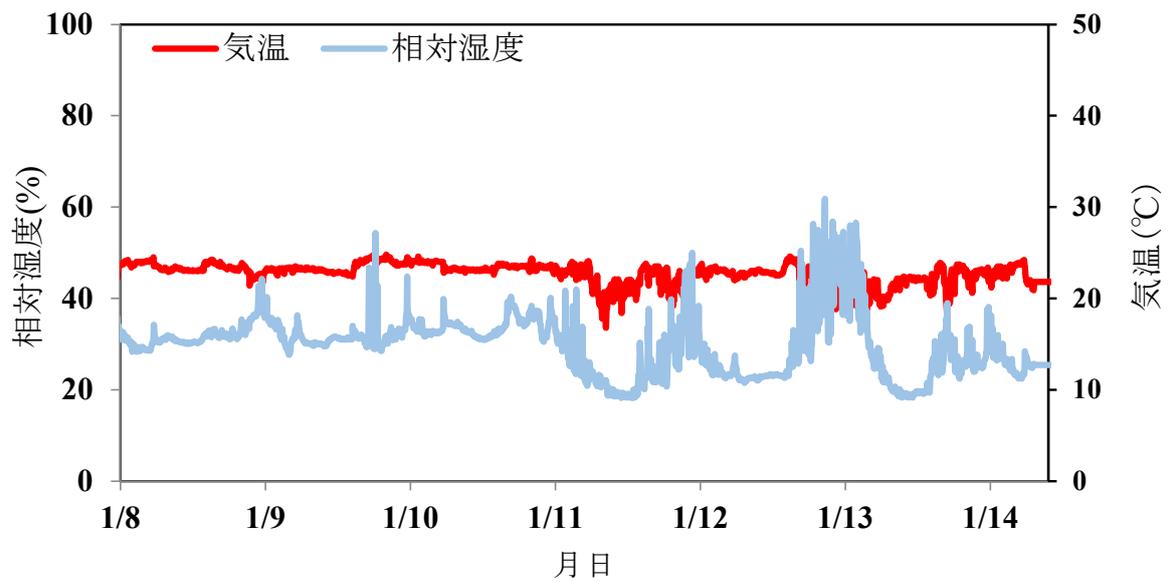
a 厨房内配膳室 8月の温湿度変化図



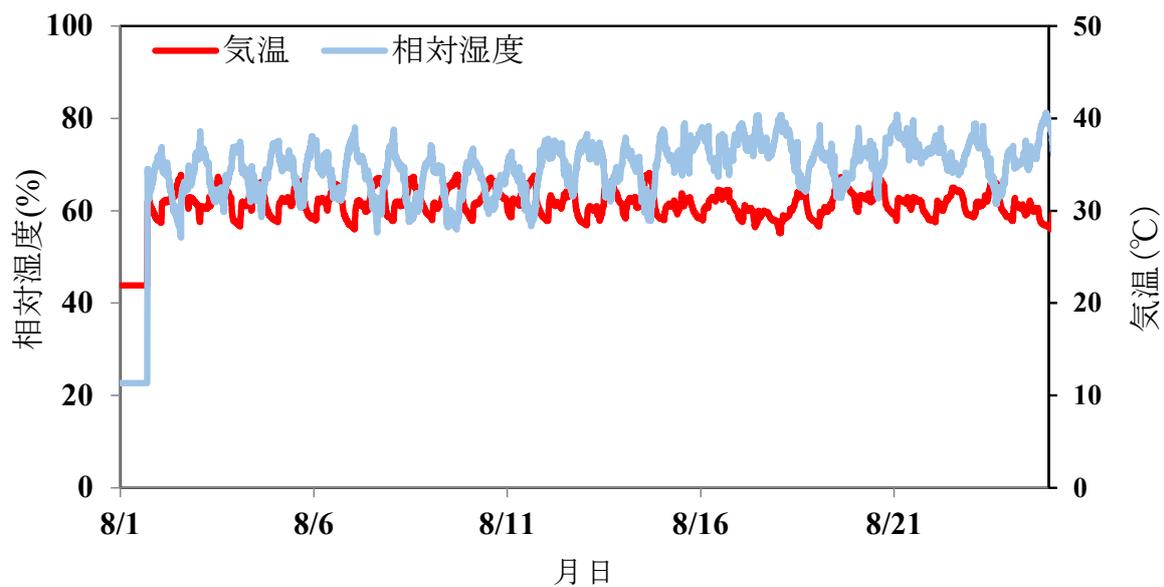
a 厨房内配膳室 9月の温湿度変化図



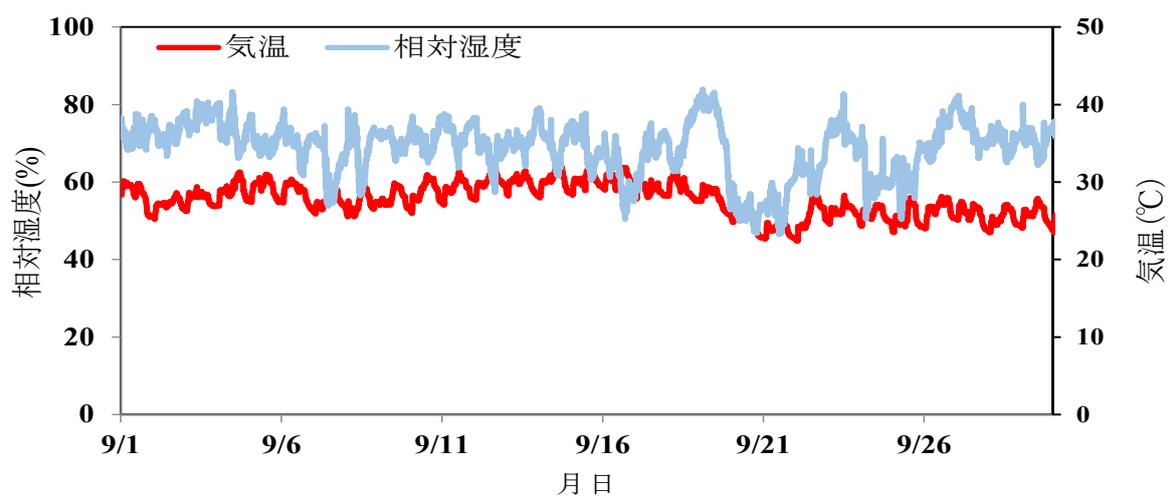
a 厨房内配膳室 10月の温湿度変化図



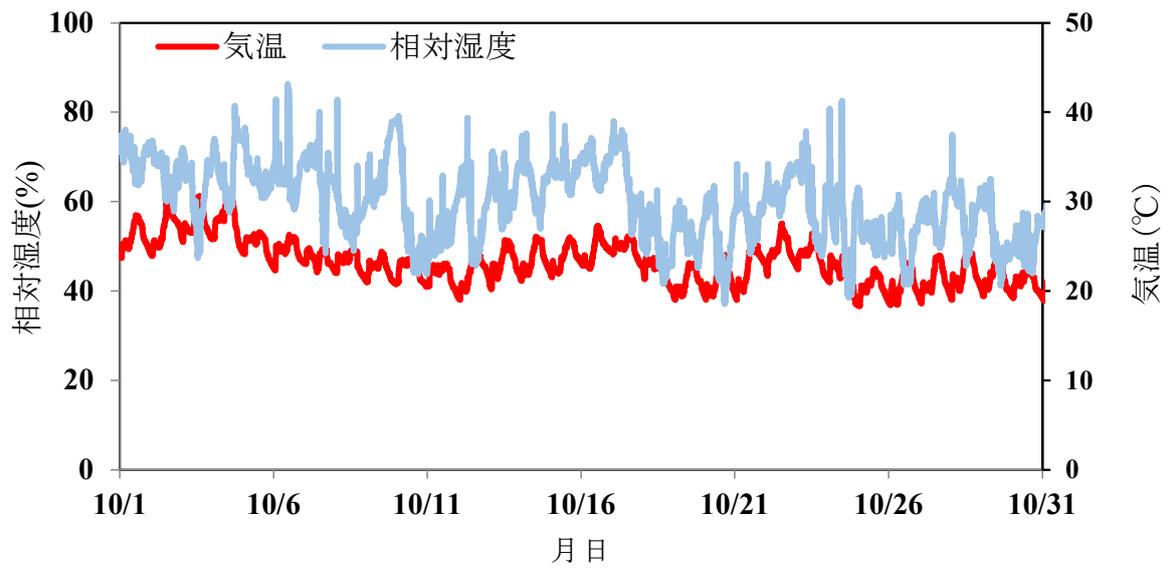
b 厨房内(スープ・ケトル) 1月の温湿度変化図



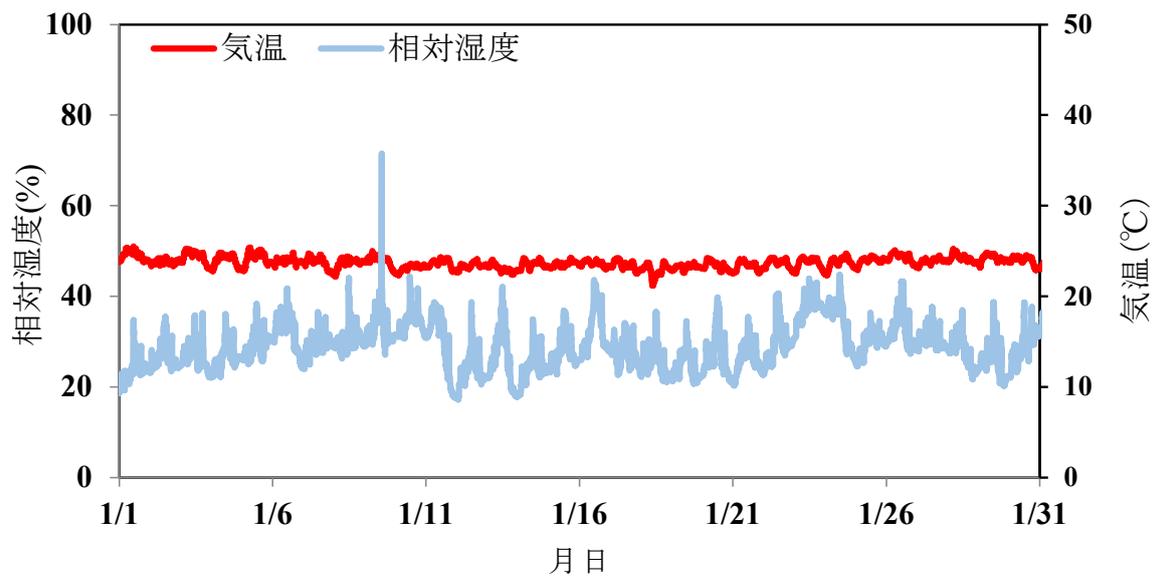
b 厨房内(スープ・ケトル) 8月の温湿度変化図



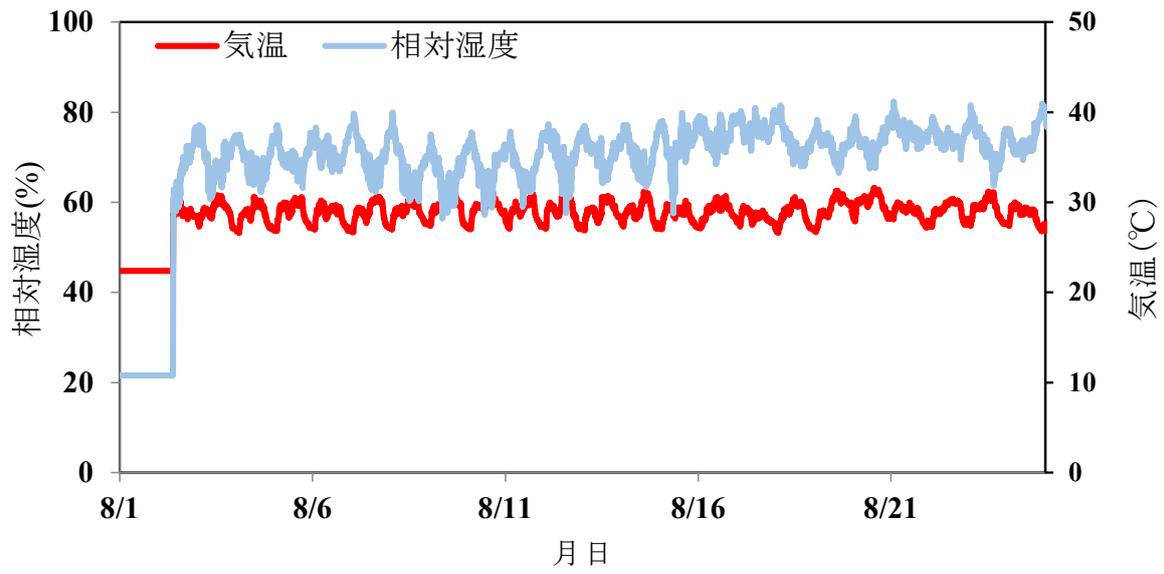
b 厨房内(スープ・ケトル) 9月の温湿度変化図



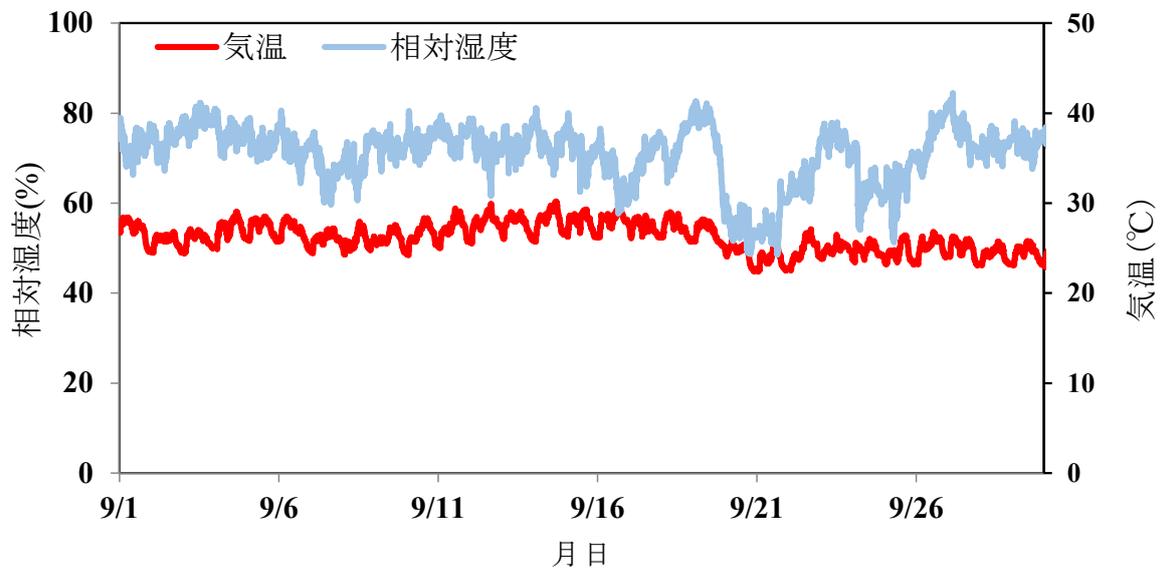
b 厨房内(スープ・ケトル)10月の温湿度変化図



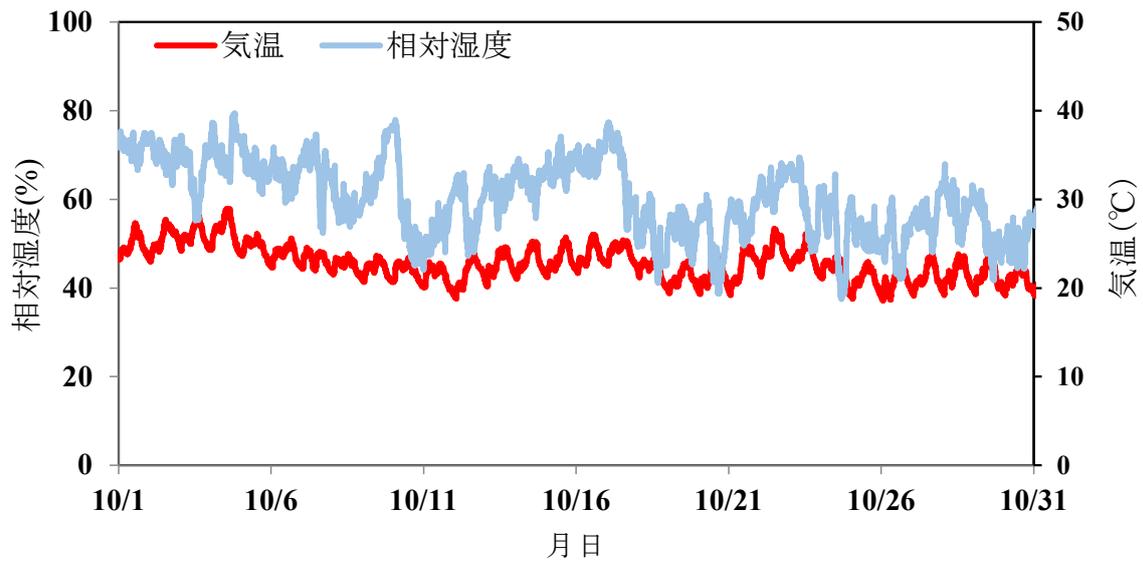
c 厨房内①1月の温湿度変化図



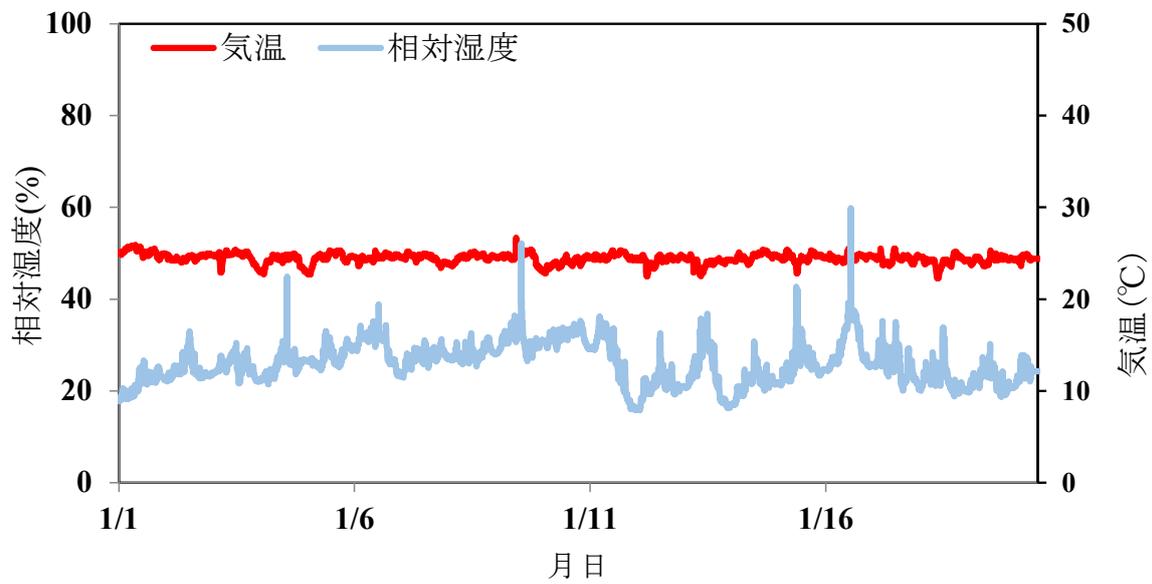
c 厨房内①8月の温湿度変化図



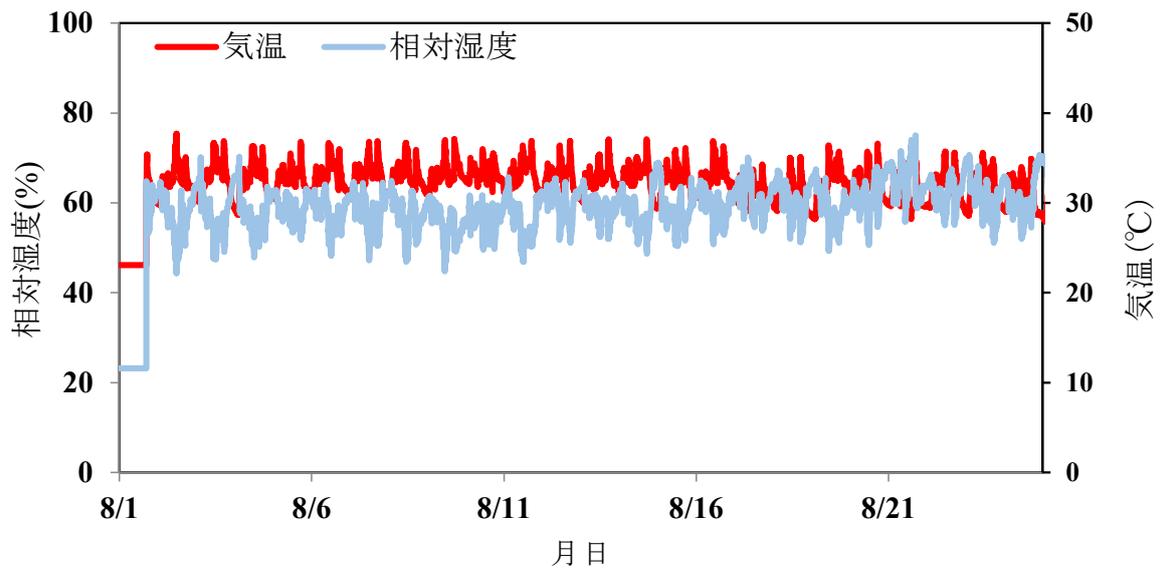
c 厨房内①9月の温湿度変化図



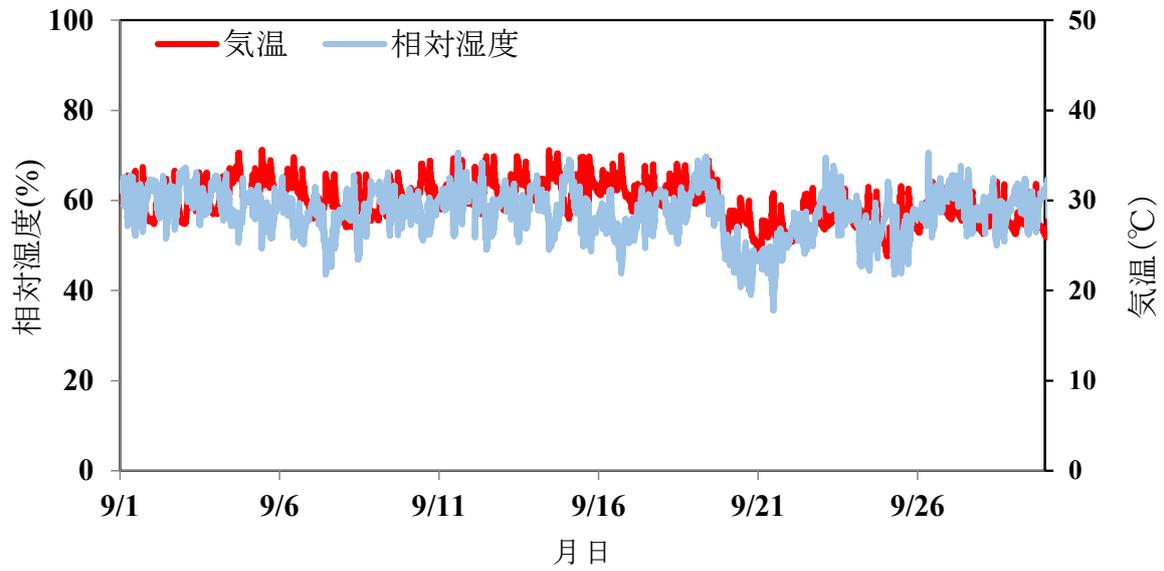
c 厨房内①10月の温湿度変化図



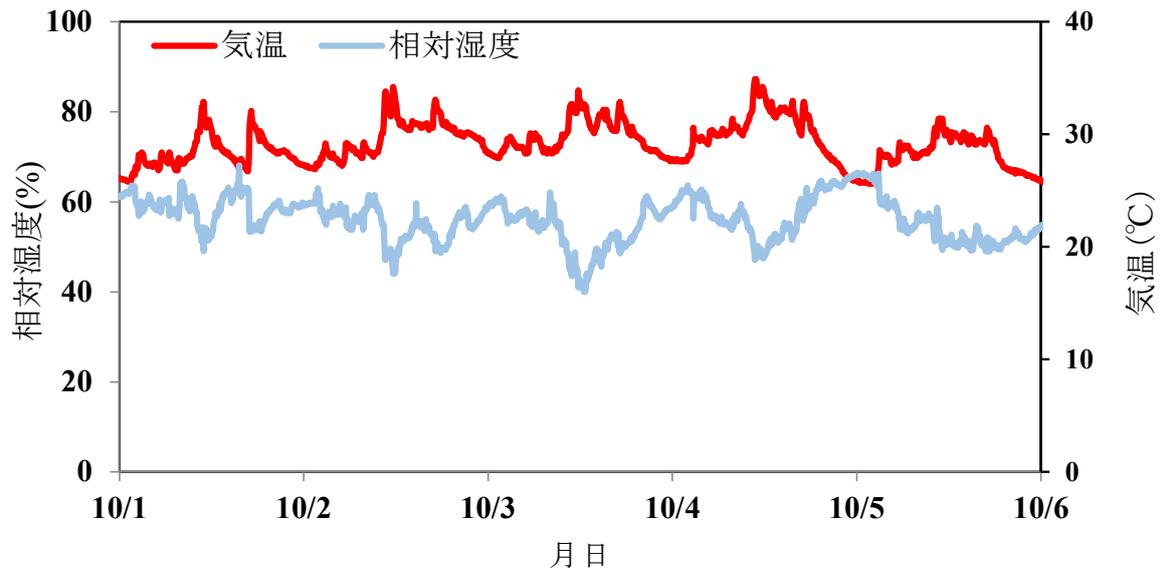
d 厨房内②1月の温湿度変化図



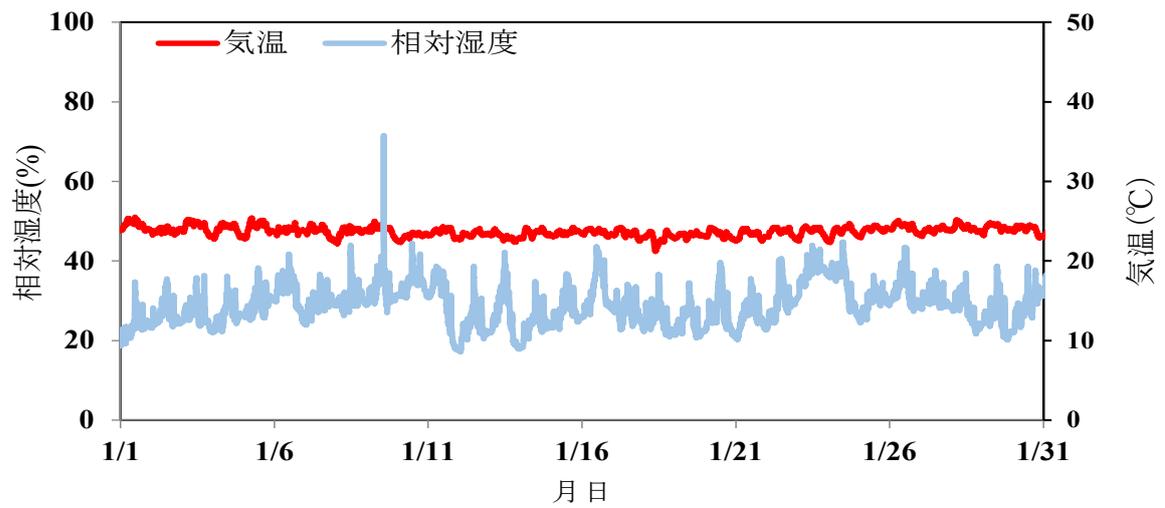
d 厨房内②8月の温湿度変化図



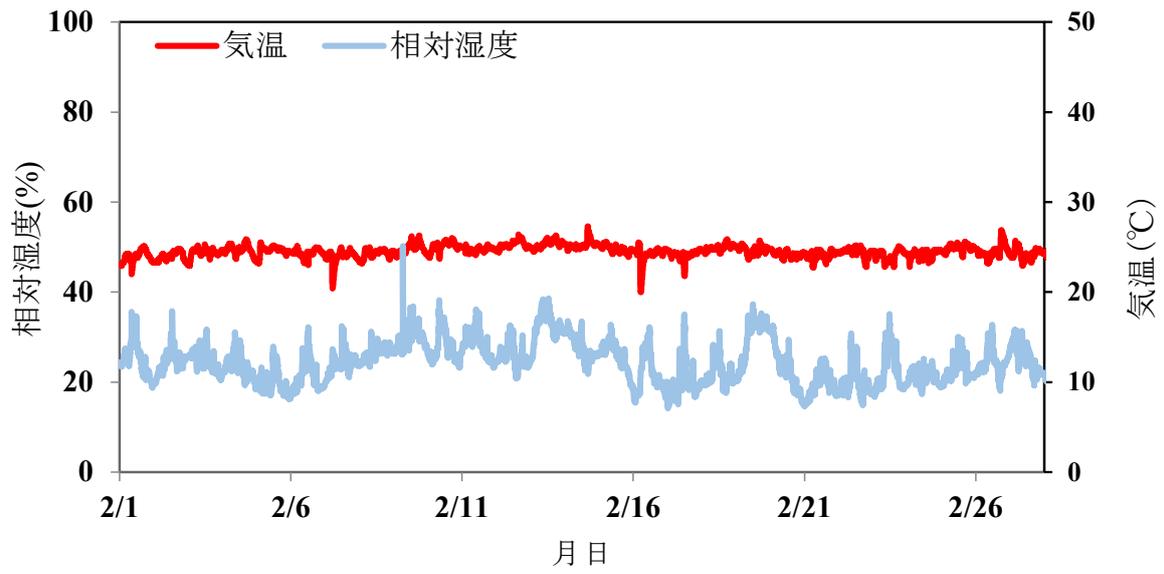
d 厨房内②9月の温湿度変化図



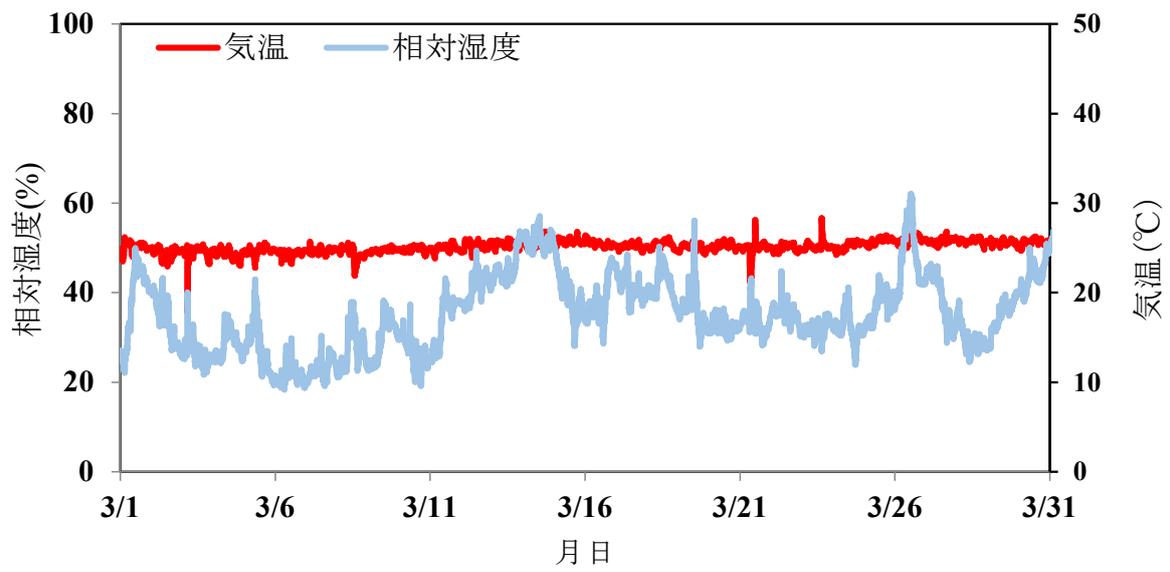
d 厨房内②10月の温湿度変化図



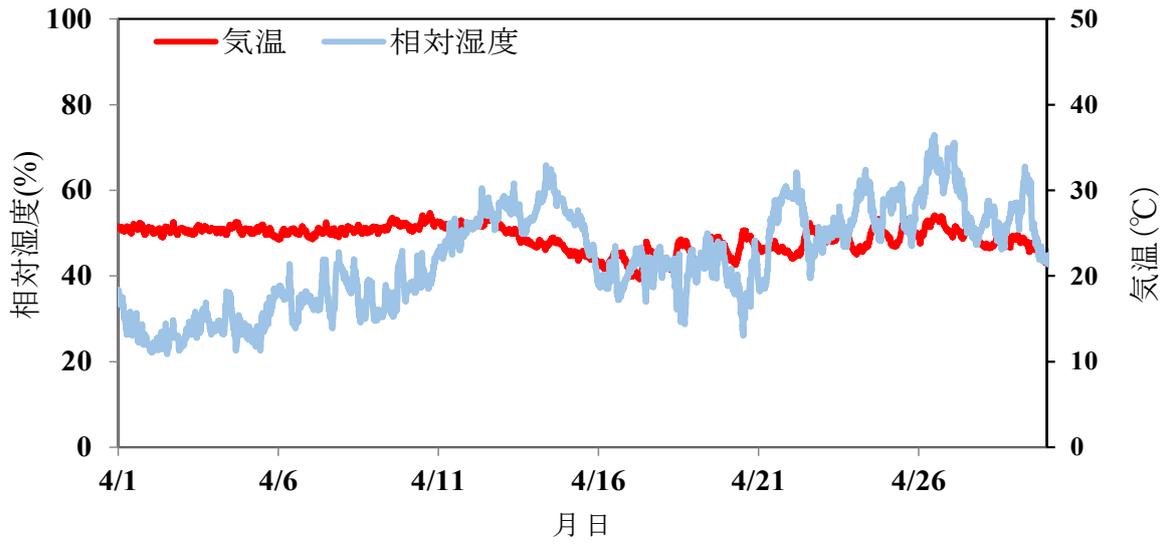
e 厨房外食堂1月の温湿度変化図



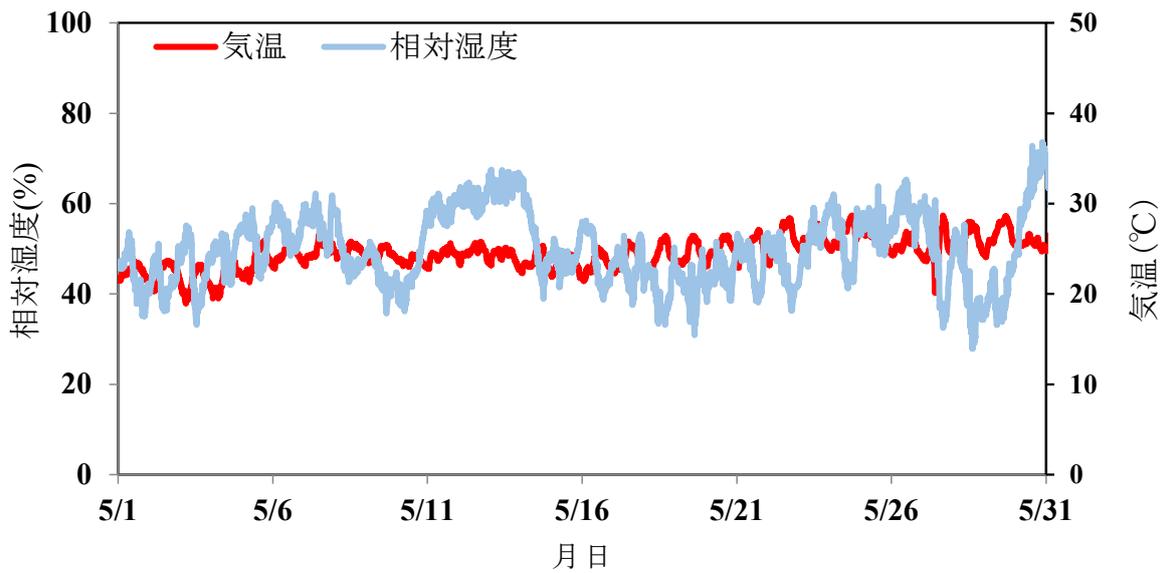
e 厨房外食堂 2月の温湿度変化図



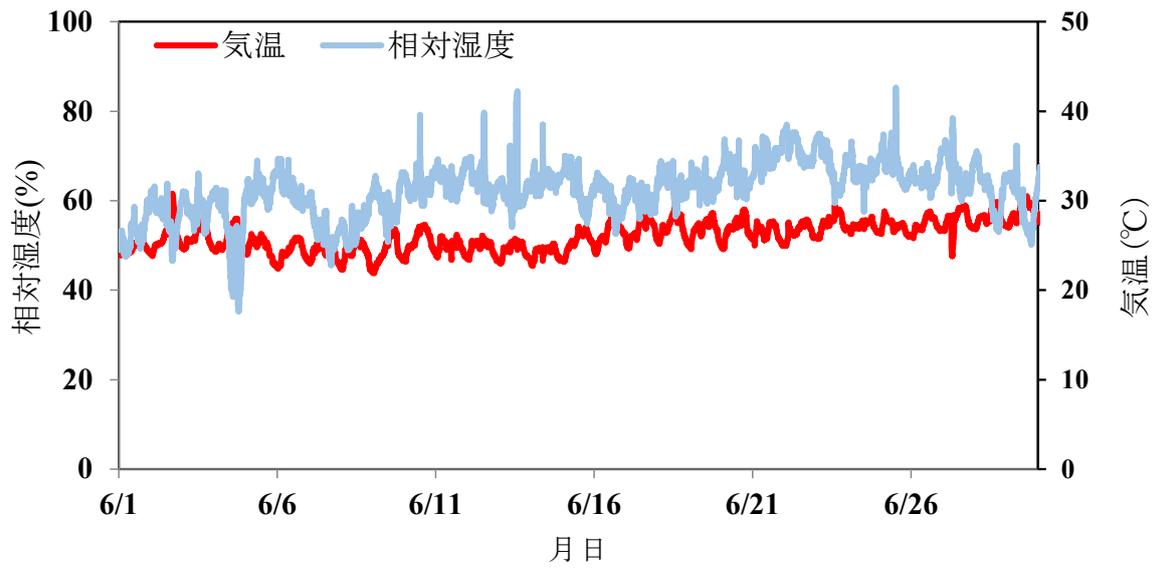
e 厨房外食堂 3月の温湿度変化図



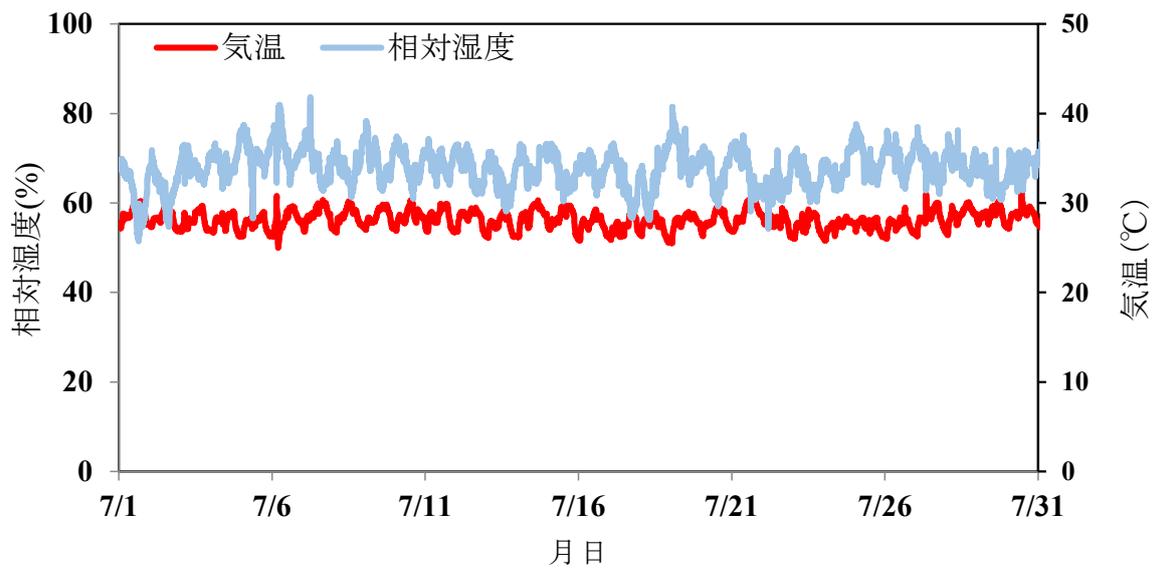
e 厨房外食堂 4月の温湿度変化図



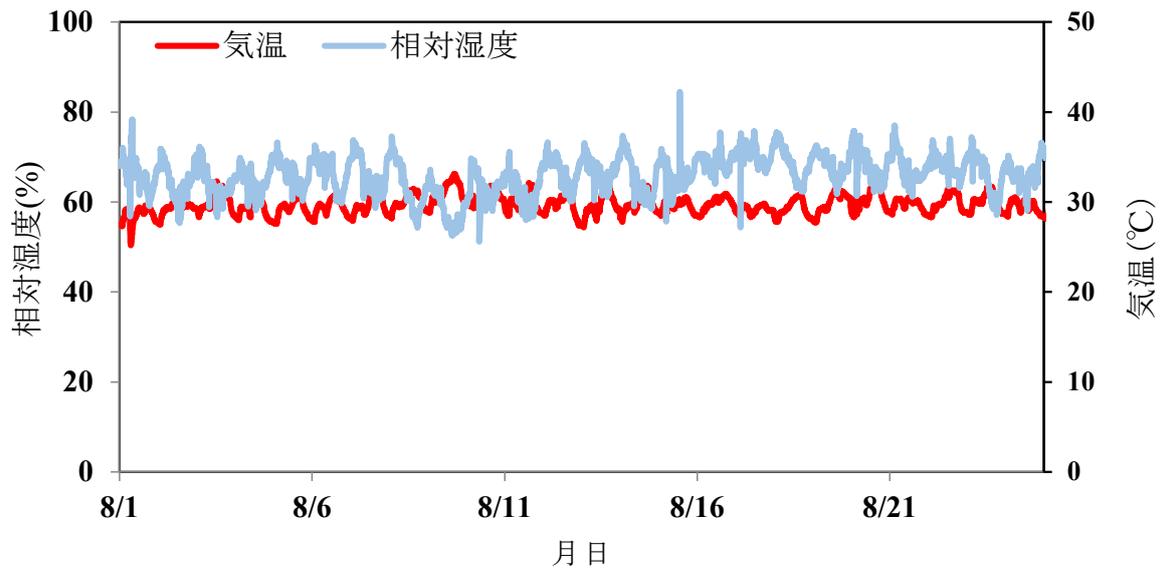
e 厨房外食堂 5月の温湿度変化図



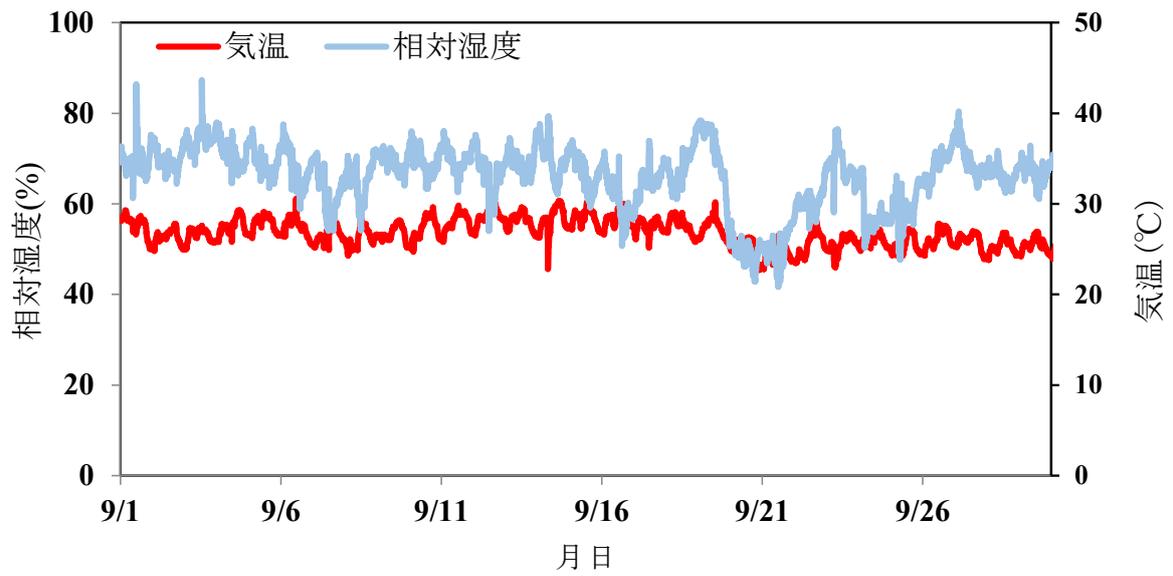
e 厨房外食堂 6月の温湿度変化図



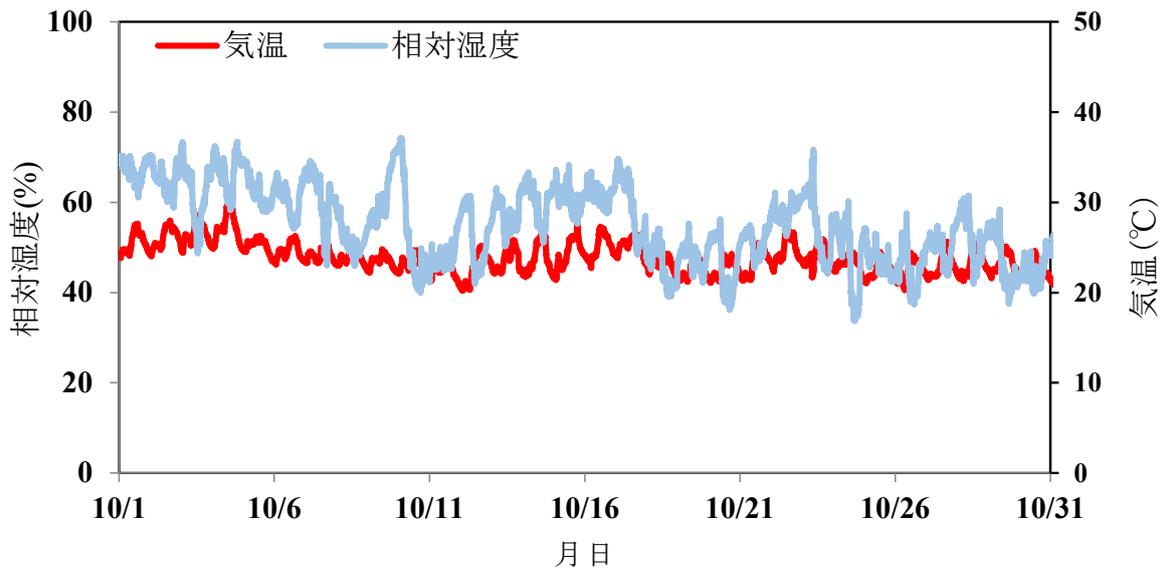
e 厨房外食堂 7月の温湿度変化図



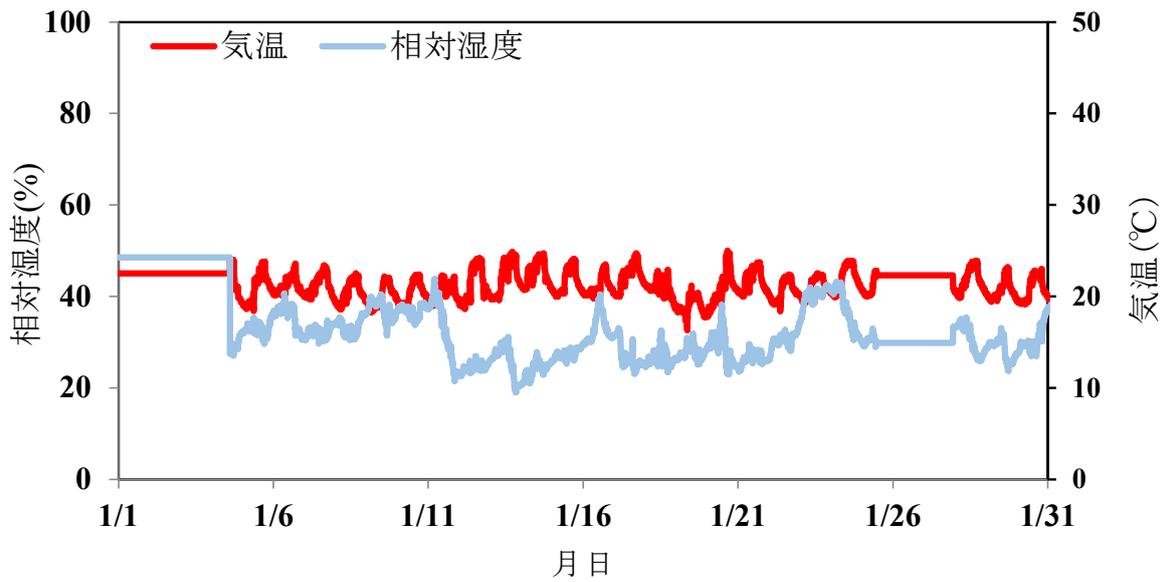
e 厨房外食堂 8月の温湿度変化図



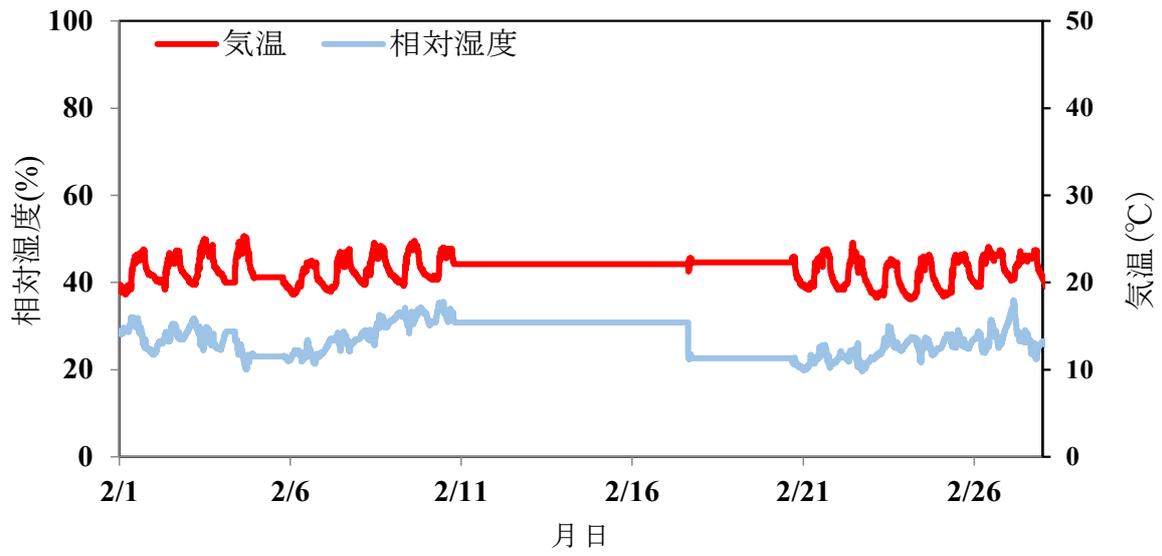
e 厨房外食堂 9月の温湿度変化図



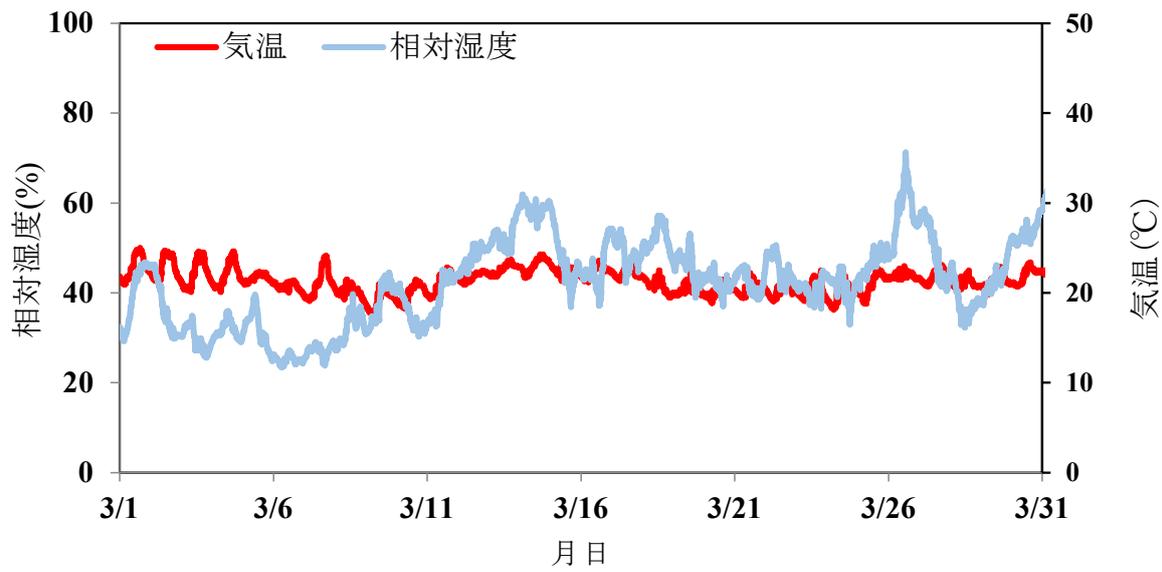
e 厨房外食堂 10月の温湿度変化図



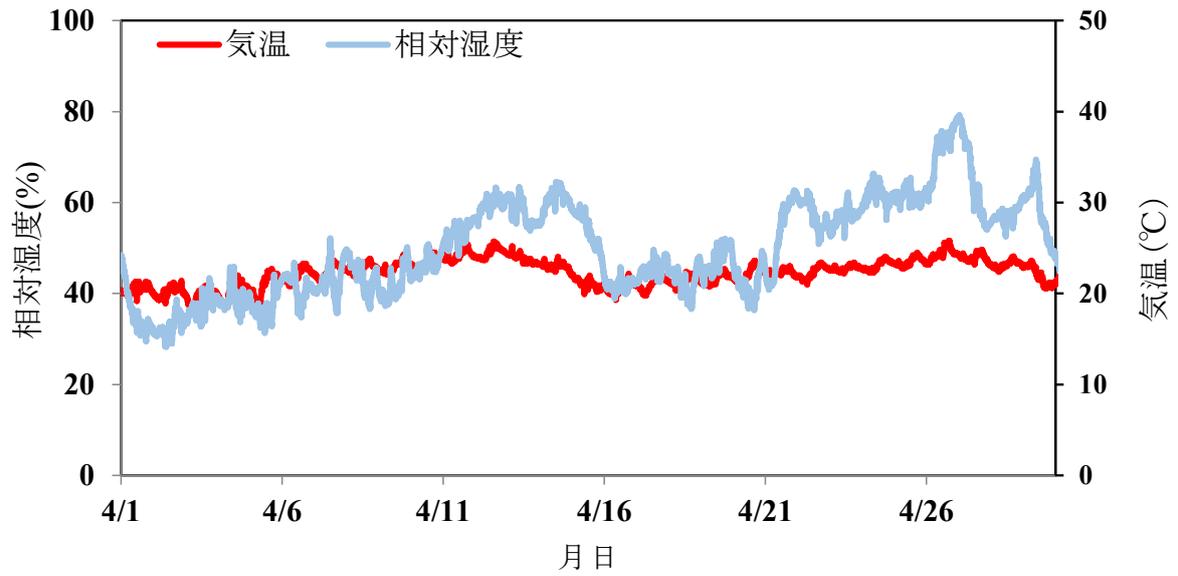
f 厨房外事務室 1月の温湿度変化図



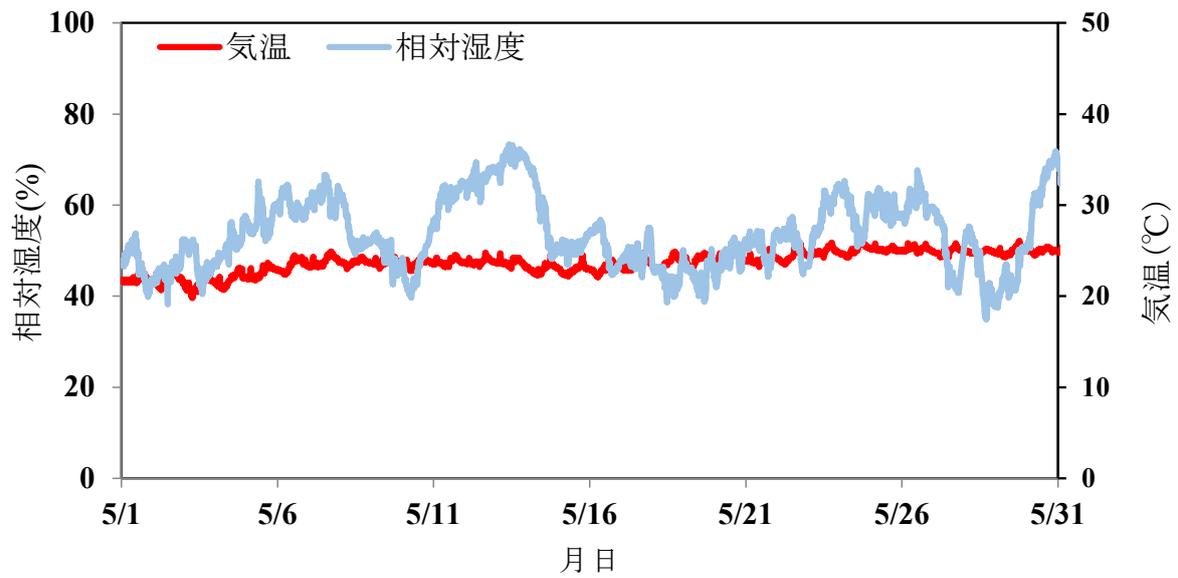
f 厨房外事務室 2 月の温湿度変化図



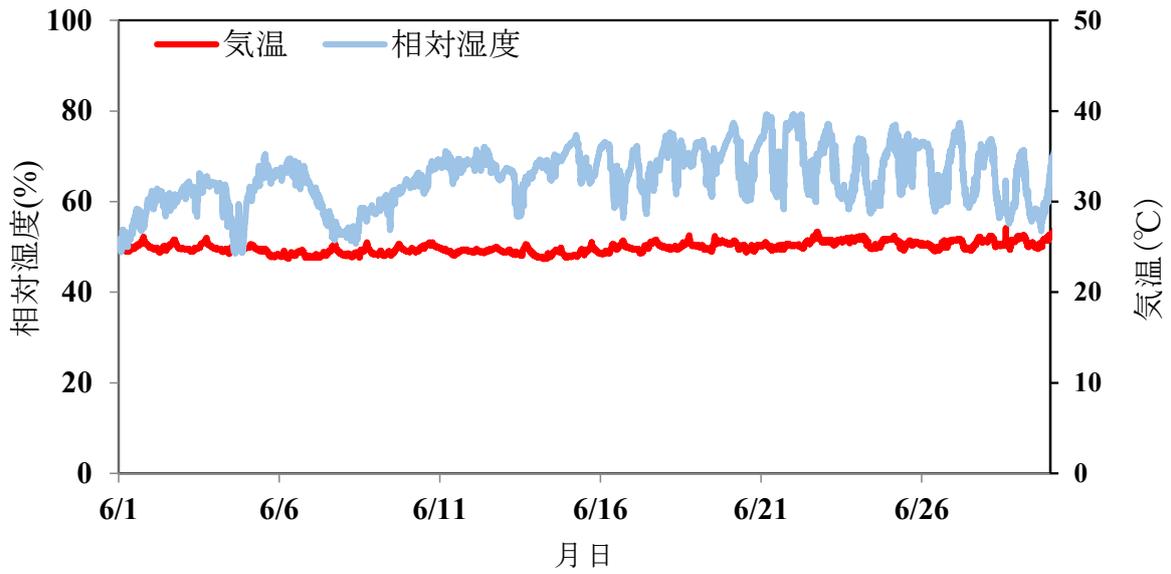
f 厨房外事務室 3 月の温湿度変化図



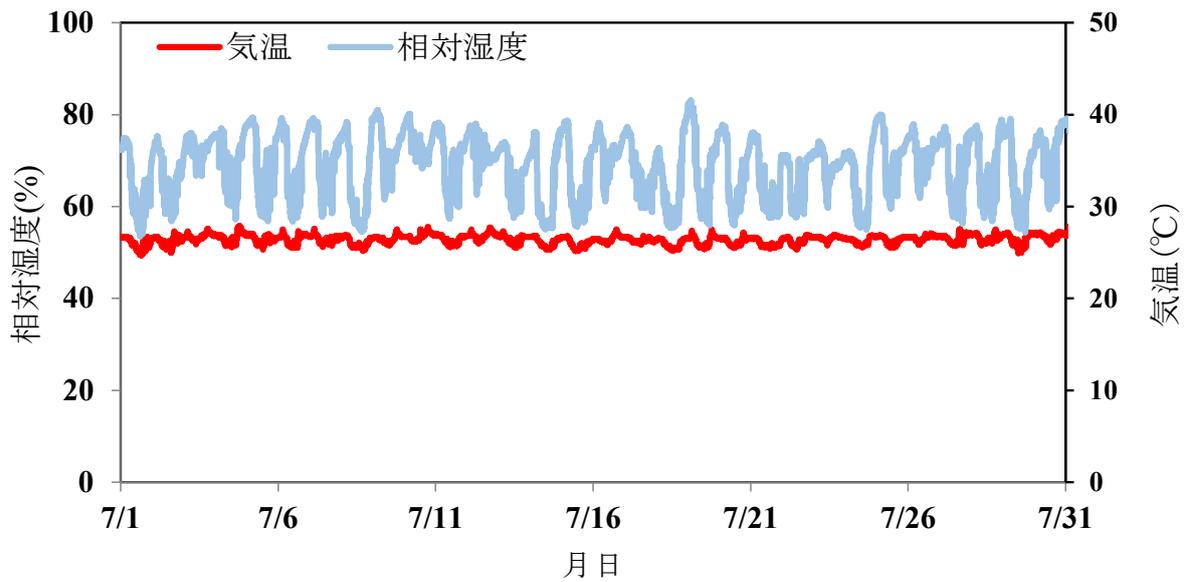
f 厨房外事務室 4月の温湿度変化図



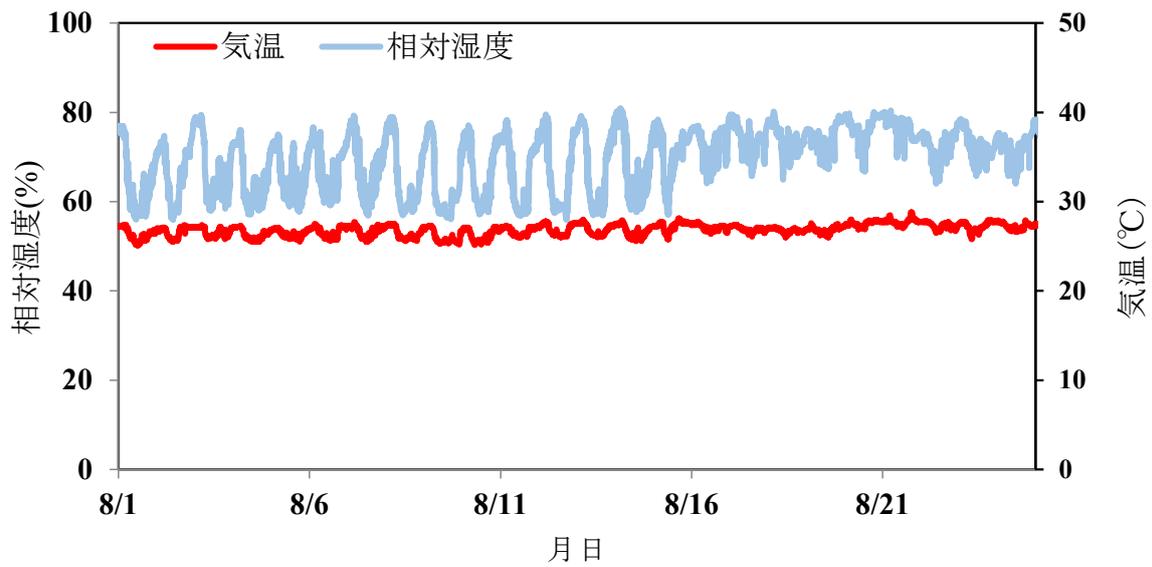
f 厨房外事務室 5月の温湿度変化図



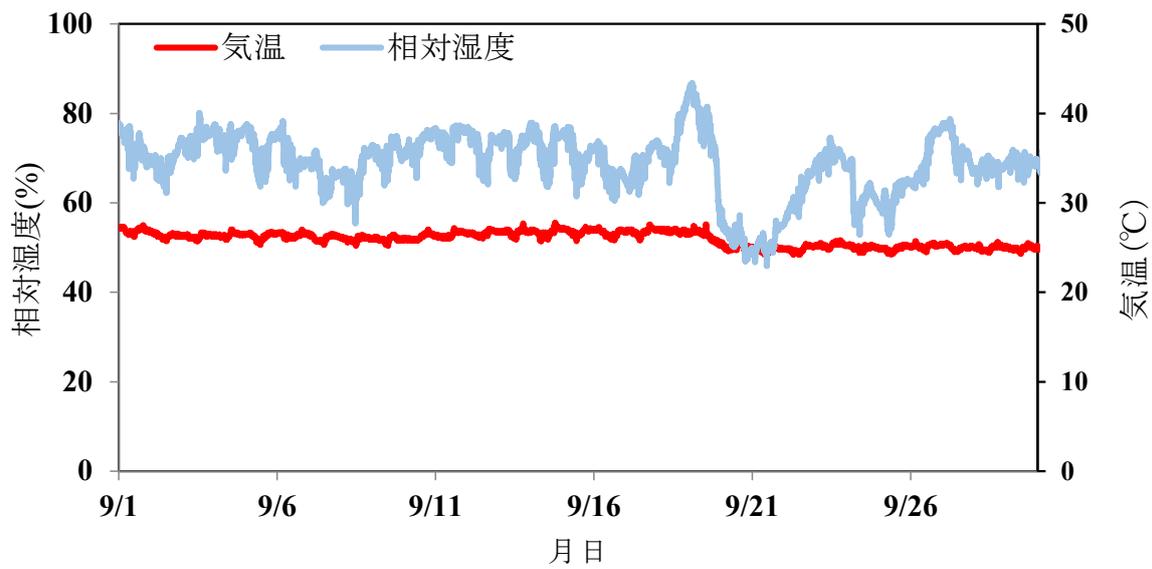
f 厨房外事務室 6月の温湿度変化図



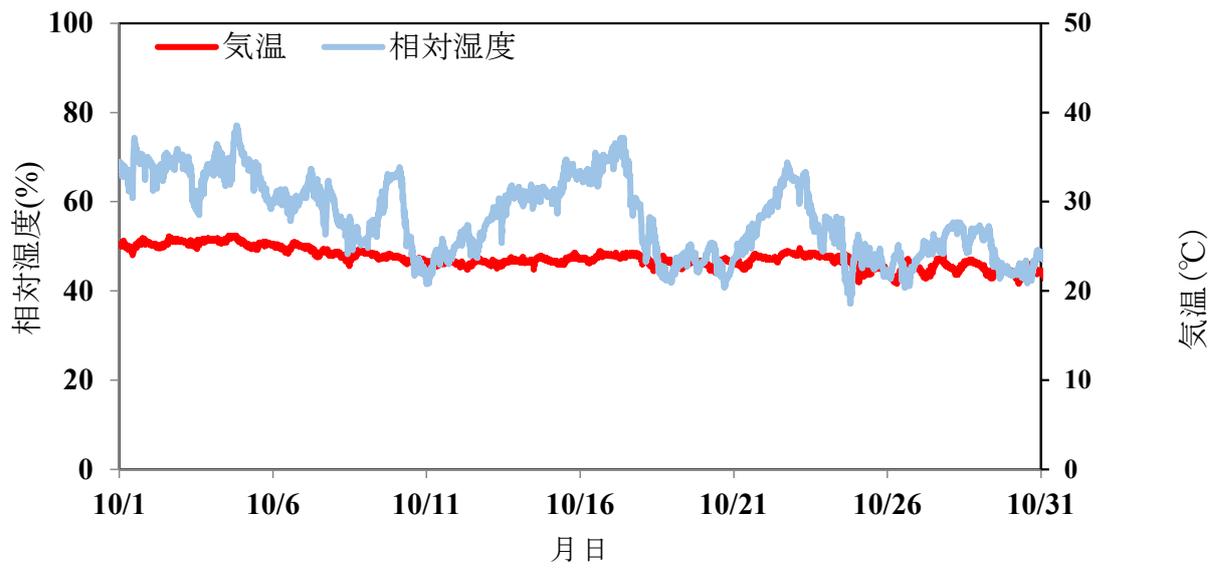
f 厨房外事務室 7月の温湿度変化図



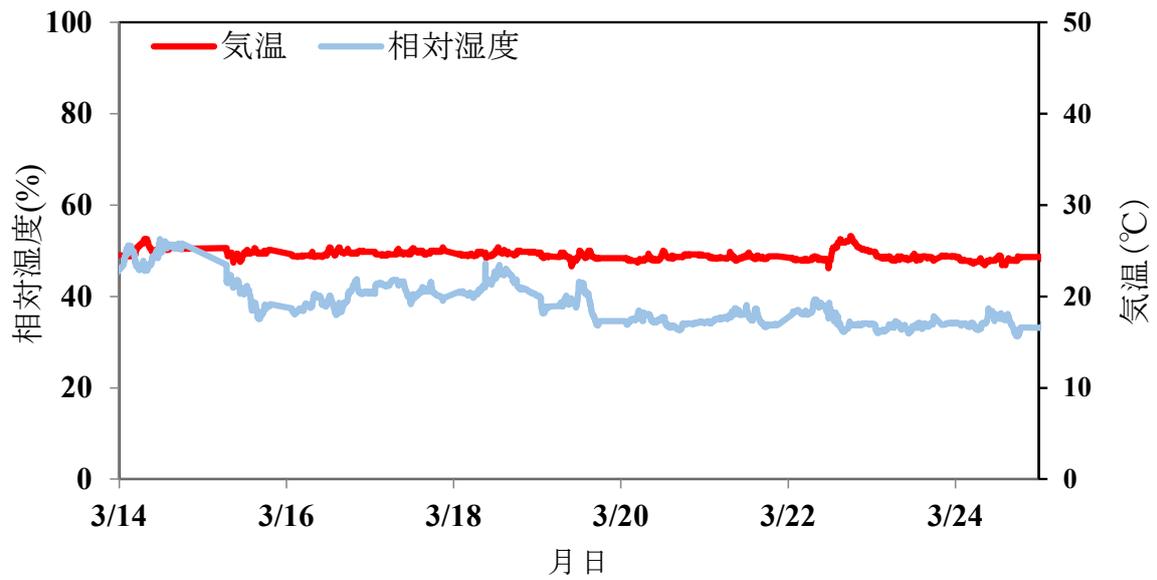
f 厨房外事務室 8月の温湿度変化図



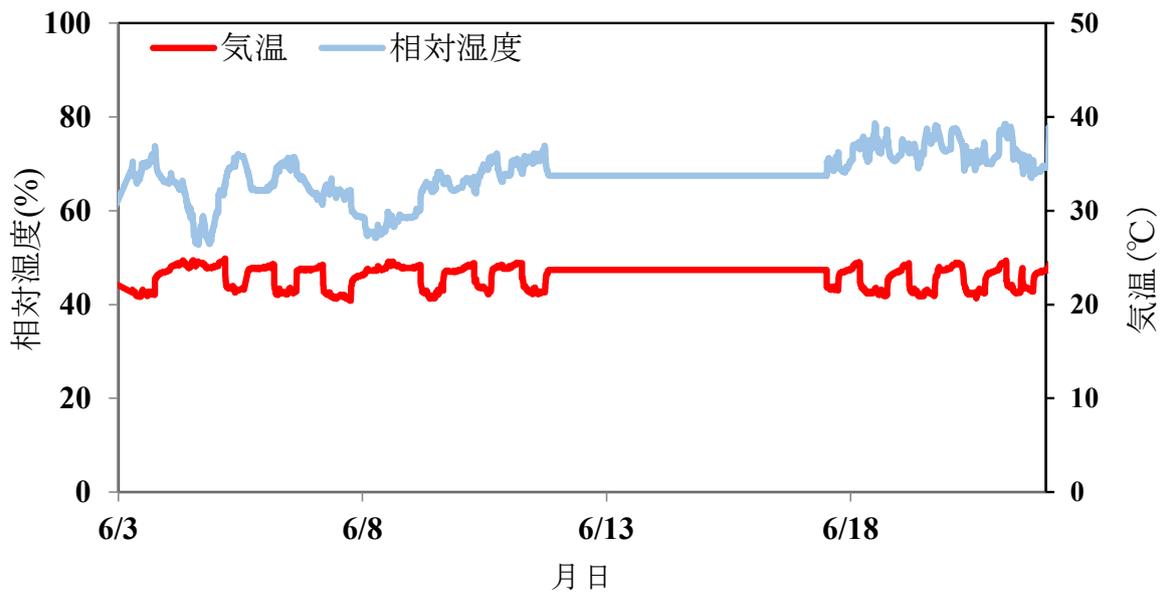
f 厨房外事務室 9月の温湿度変化図



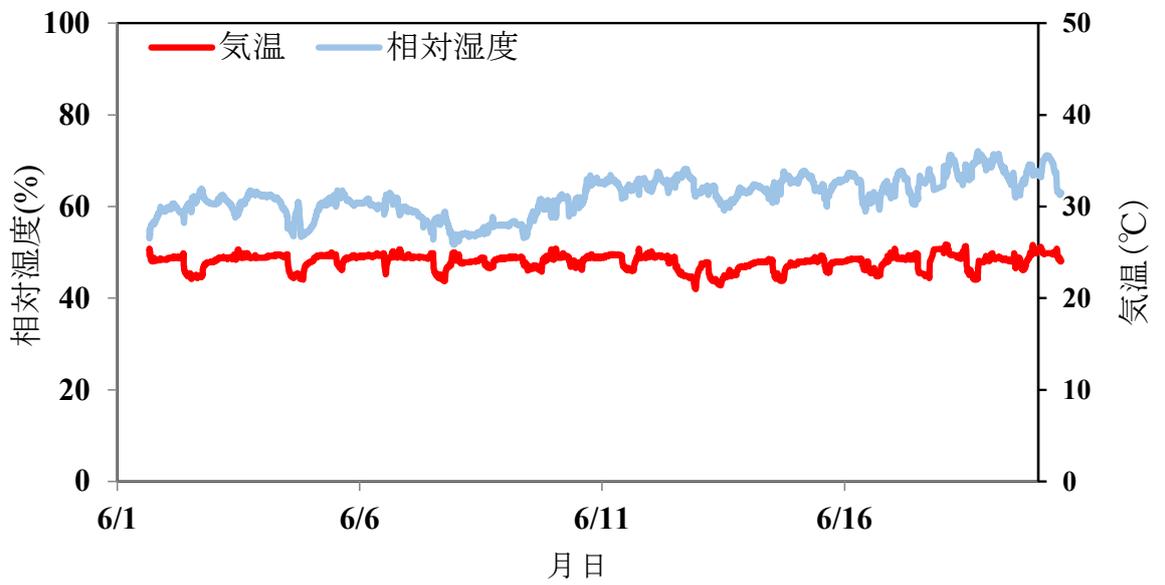
f 厨房外事務室 10 月の温湿度変化図



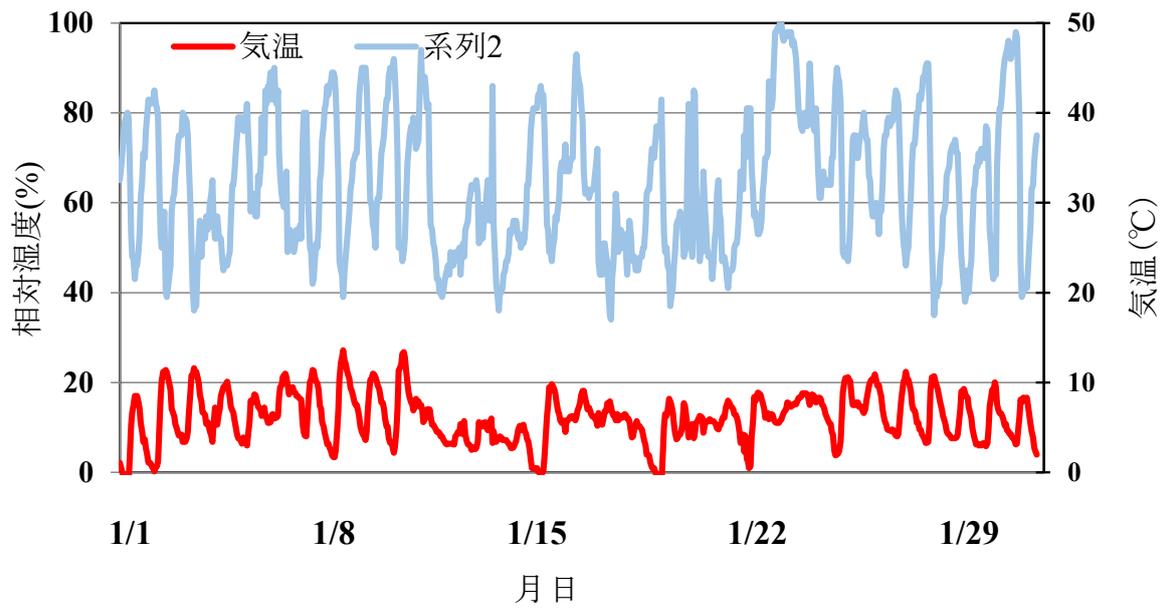
g 休憩室 3 月の温湿度変化図



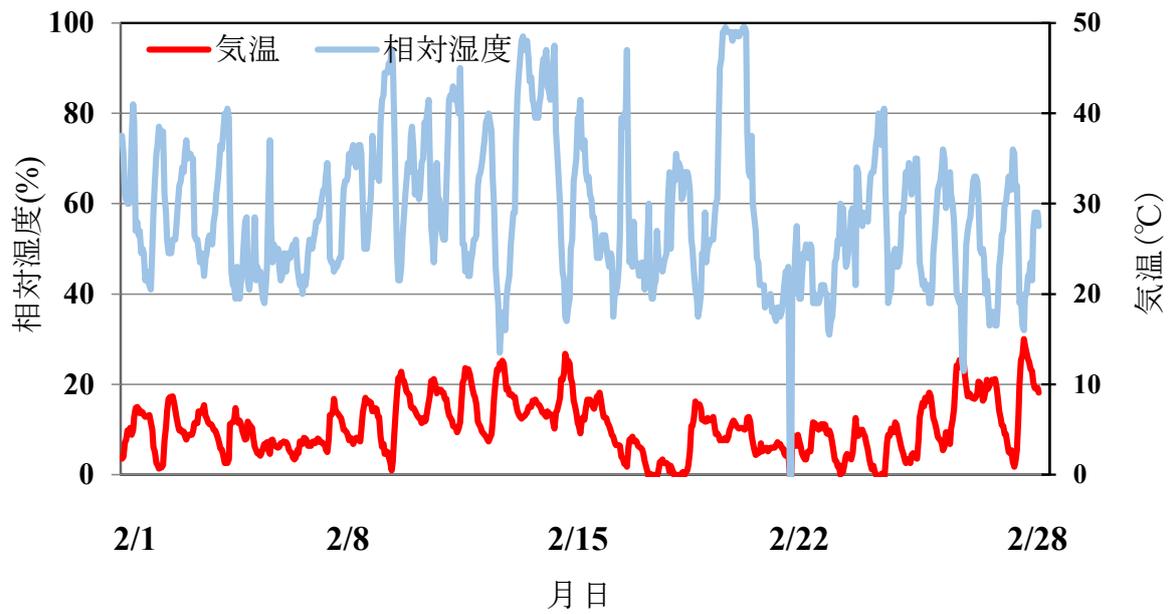
g 休憩室 6月の温湿度変化図



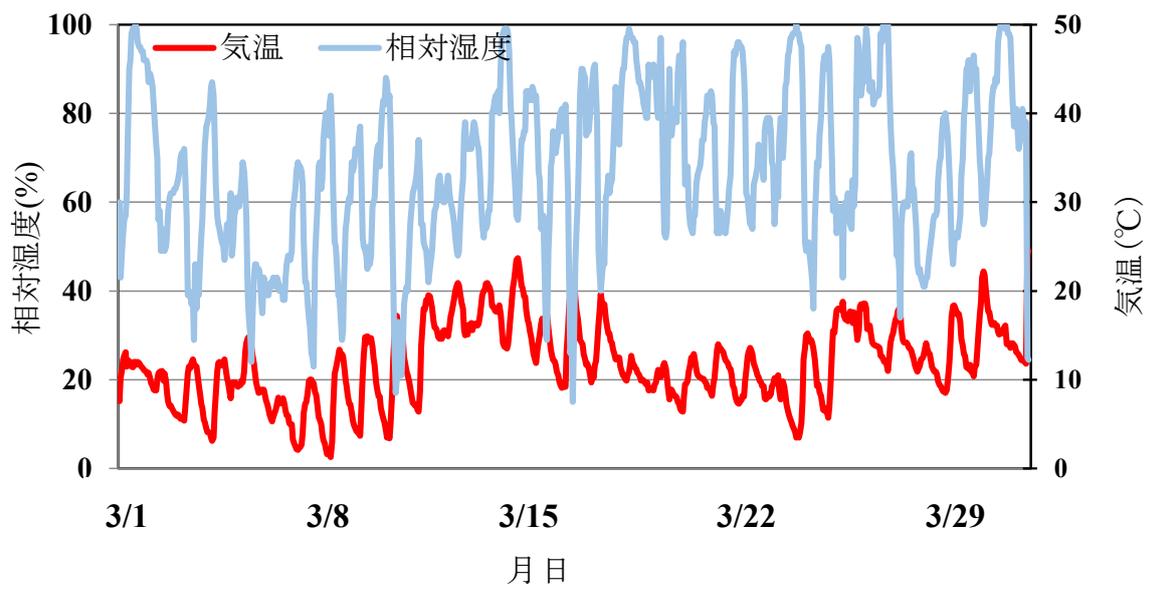
h 休憩室 6月の温湿度変化図



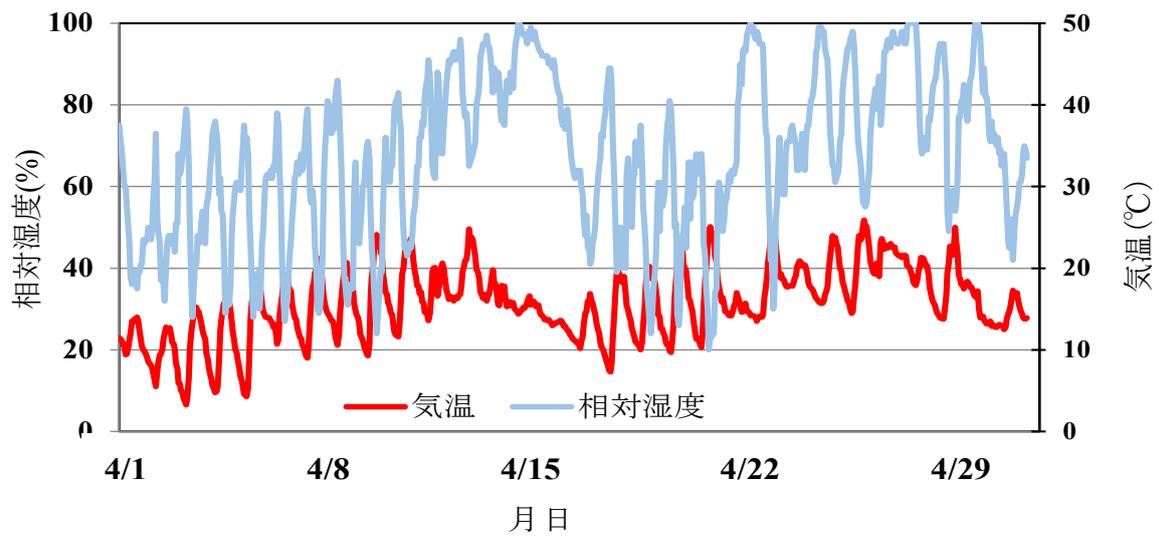
給食施設作業場（外気）1月の温湿度変化図



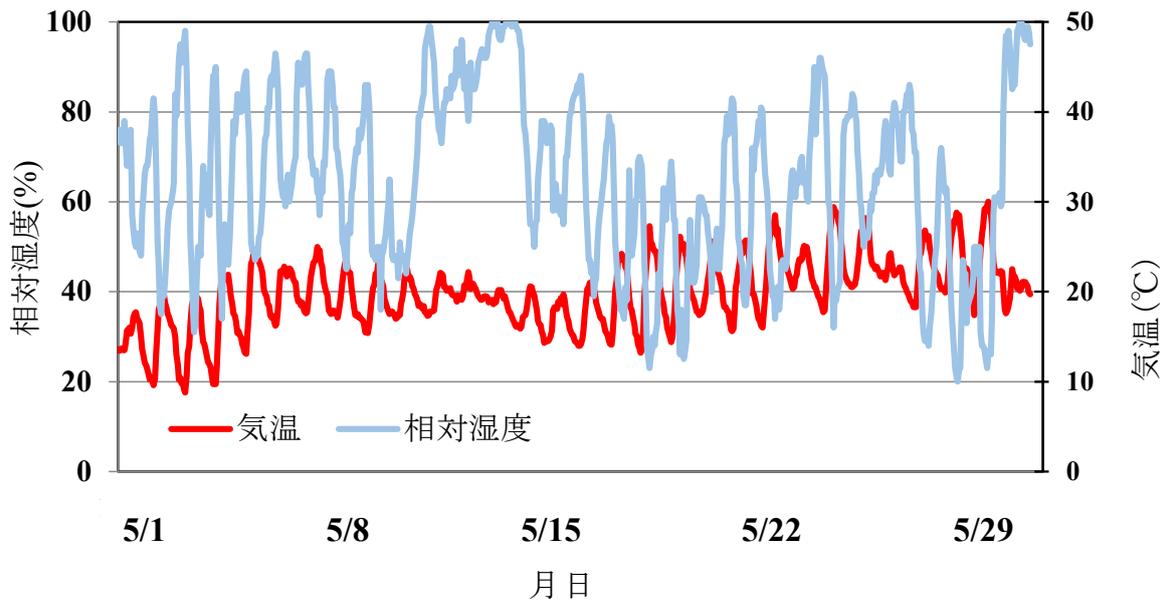
給食施設作業場（外気）2月の温湿度変化図



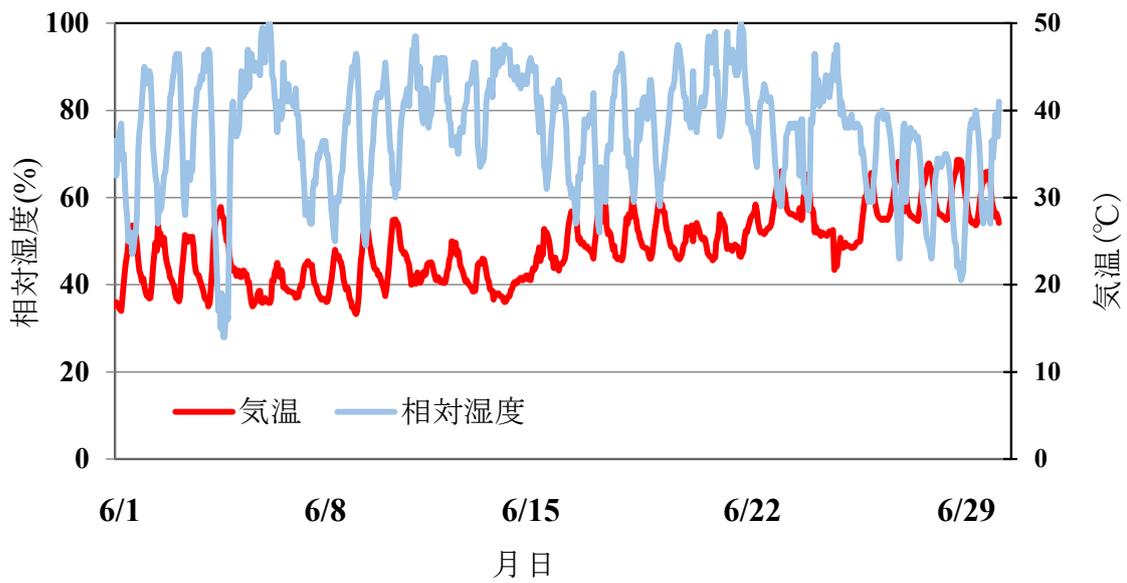
給食施設作業場（外気）3月の温湿度変化図



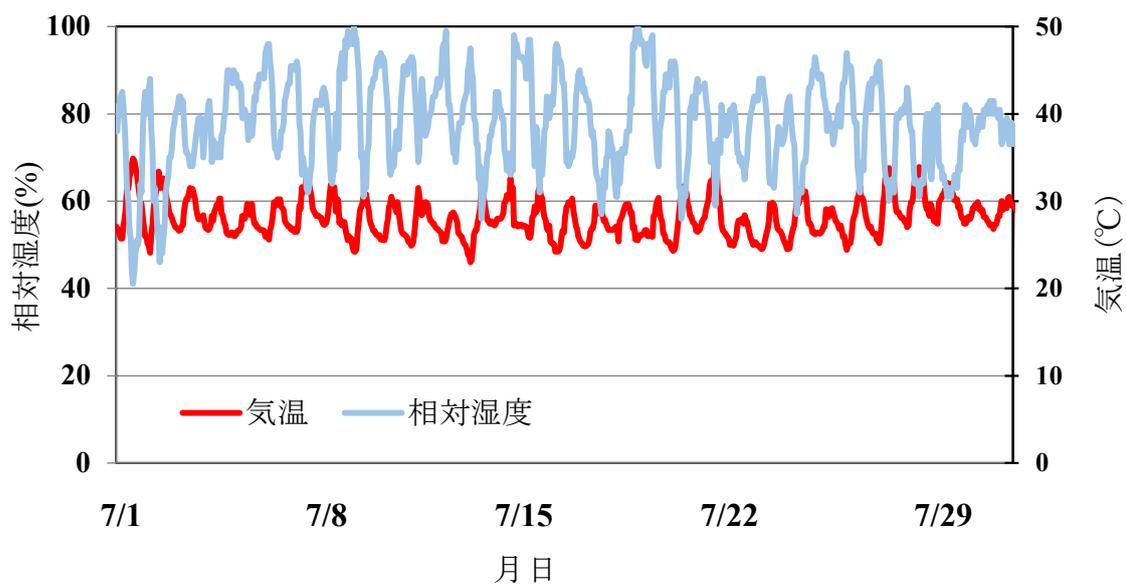
給食施設作業場（外気）4月の温湿度変化図



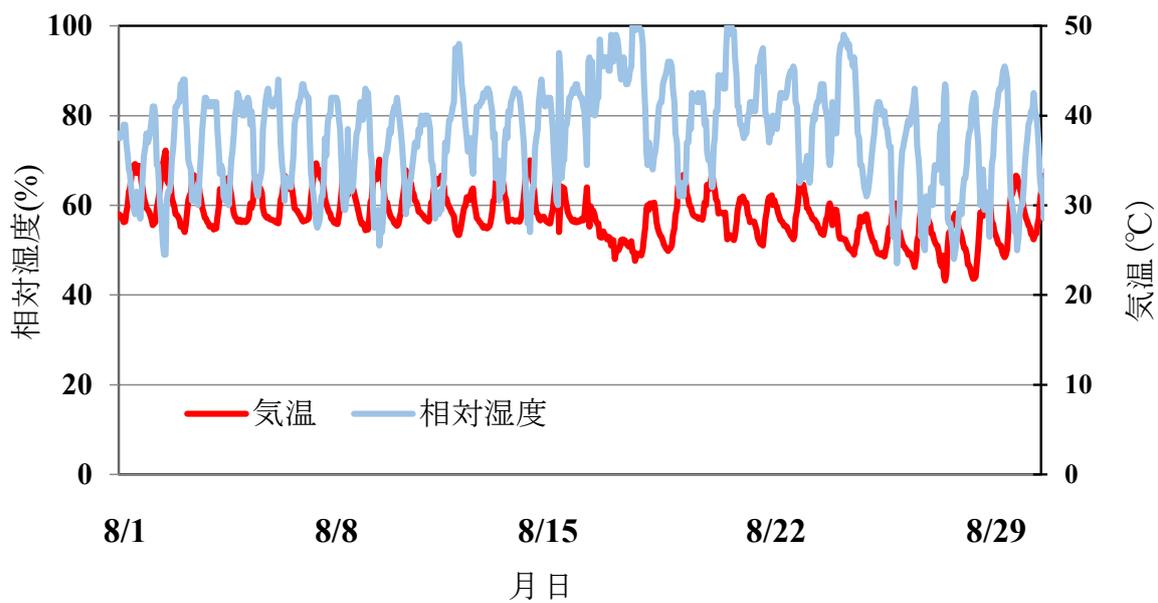
給食施設作業場（外気）5月の温湿度変化図



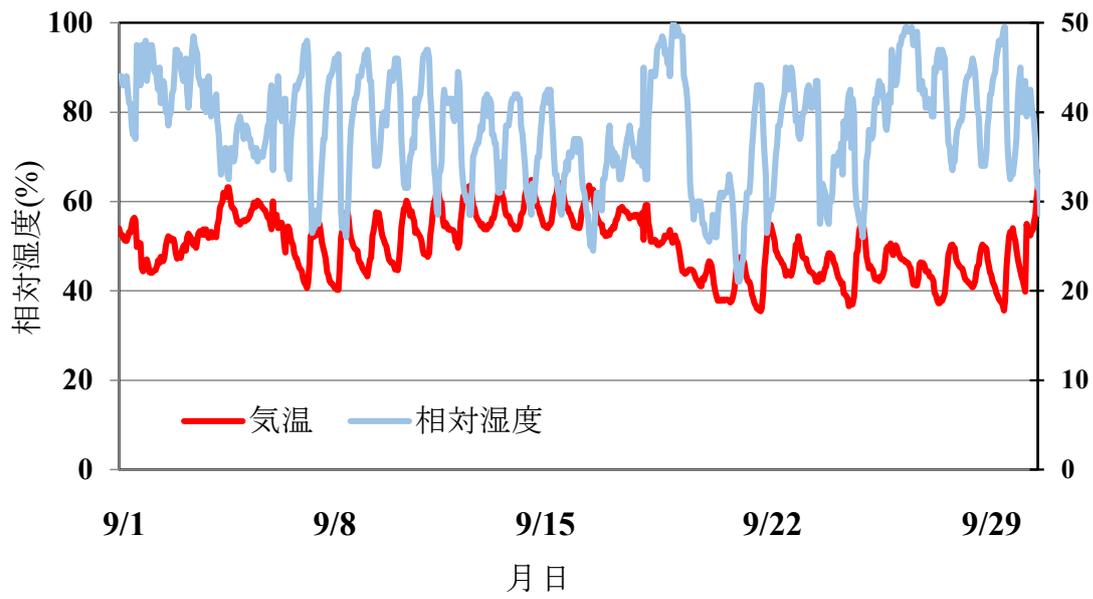
給食施設作業場（外気）6月の温湿度変化図



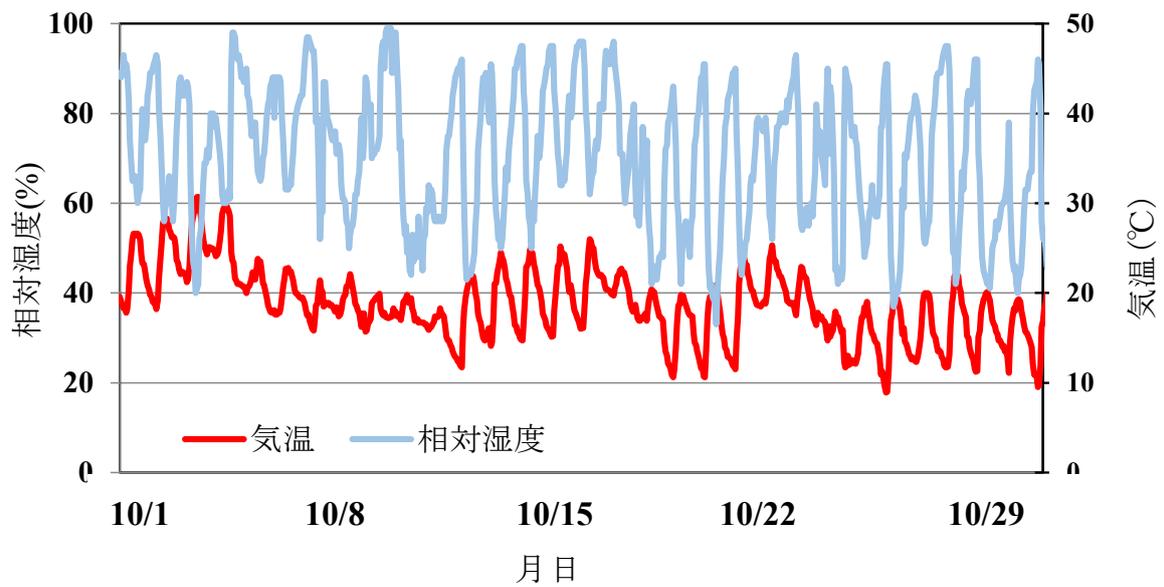
給食施設作業場（外気）7月の温湿度変化図



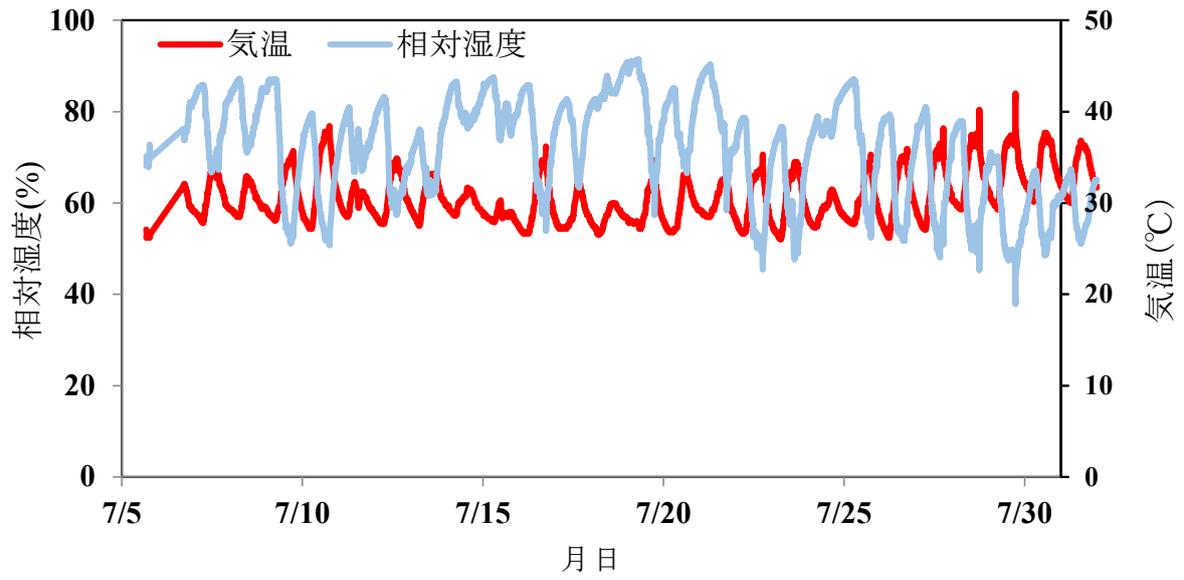
給食施設作業場（外気）8月の温湿度変化図



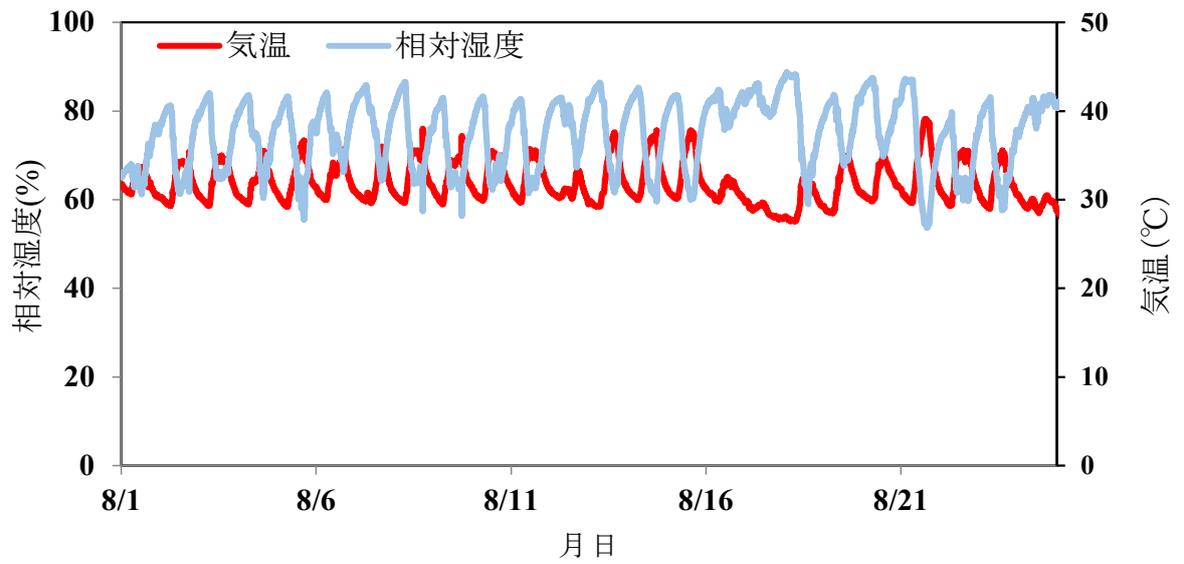
給食施設作業場（外気）6月の温湿度変化図



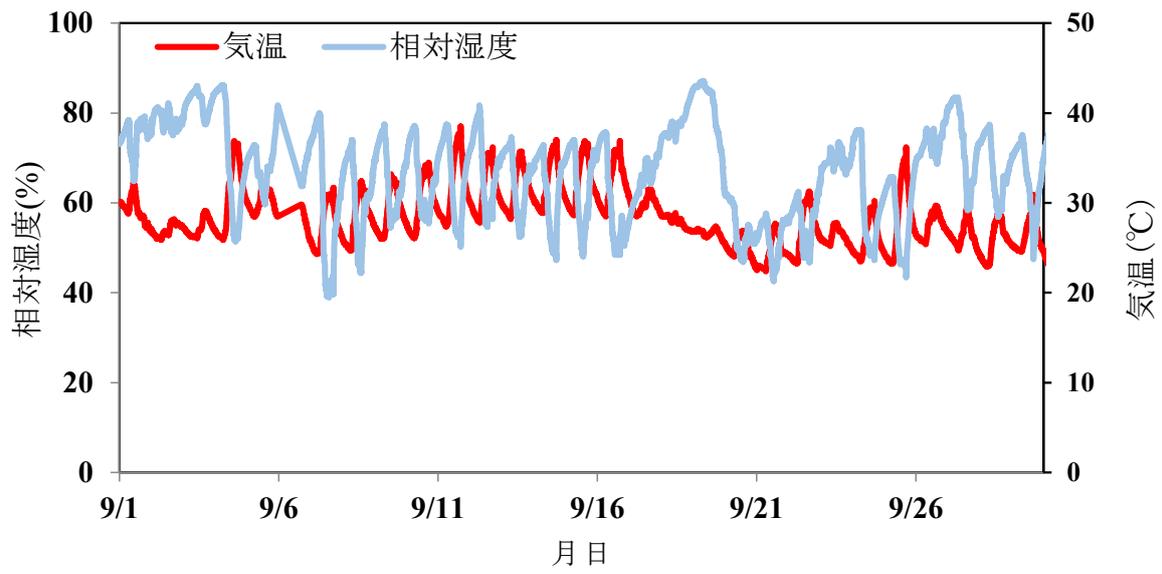
給食施設作業場（外気）10月の温湿度変化図



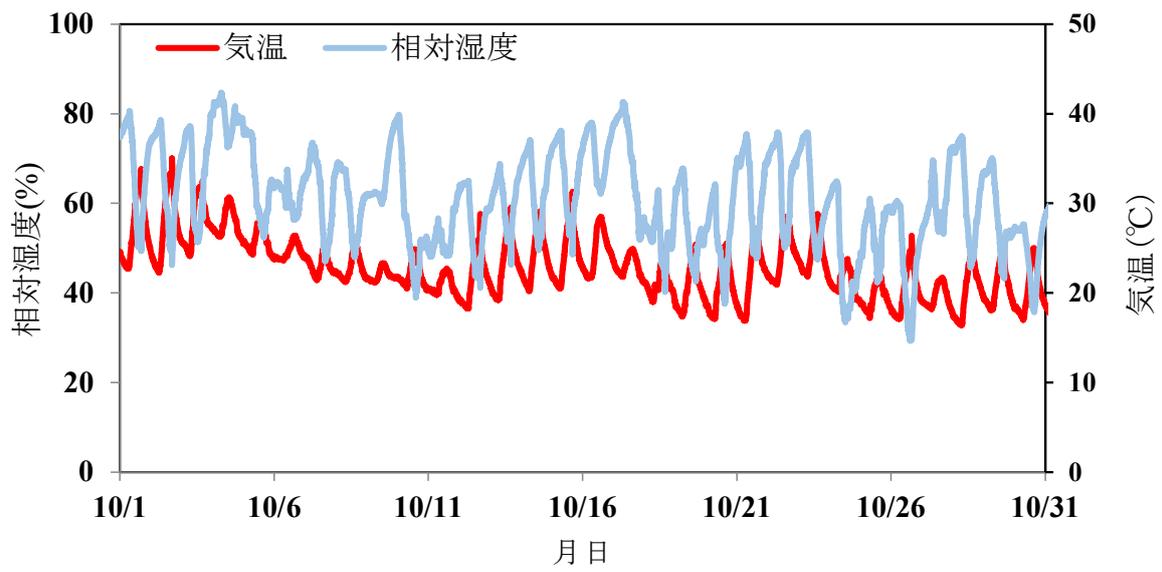
i 屋内溶接作業場①7月の温湿度変化図



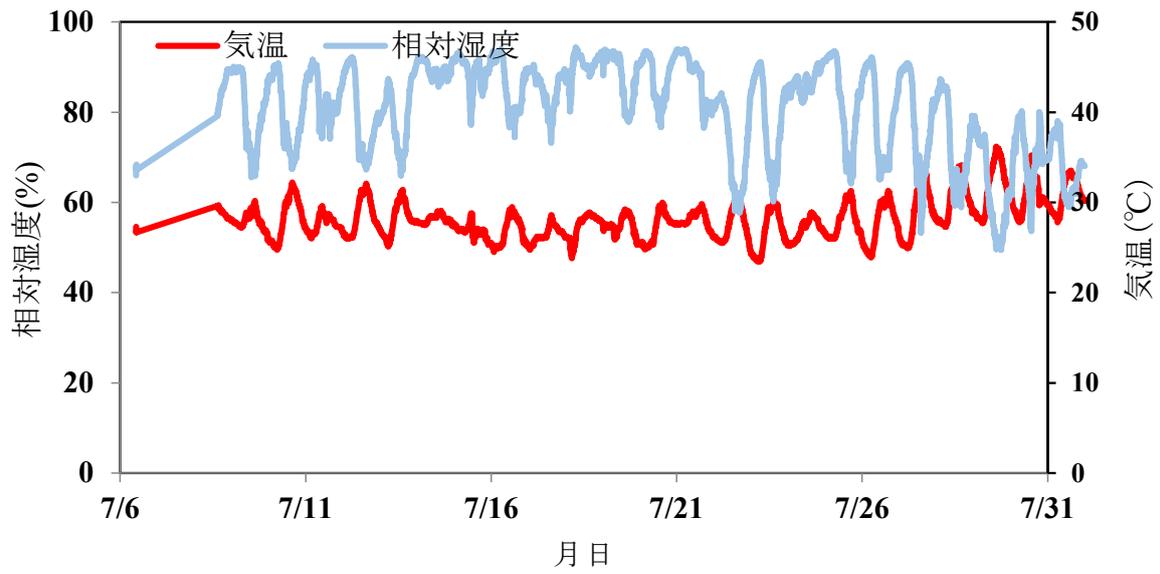
i 屋内溶接作業場①8月の温湿度変化図



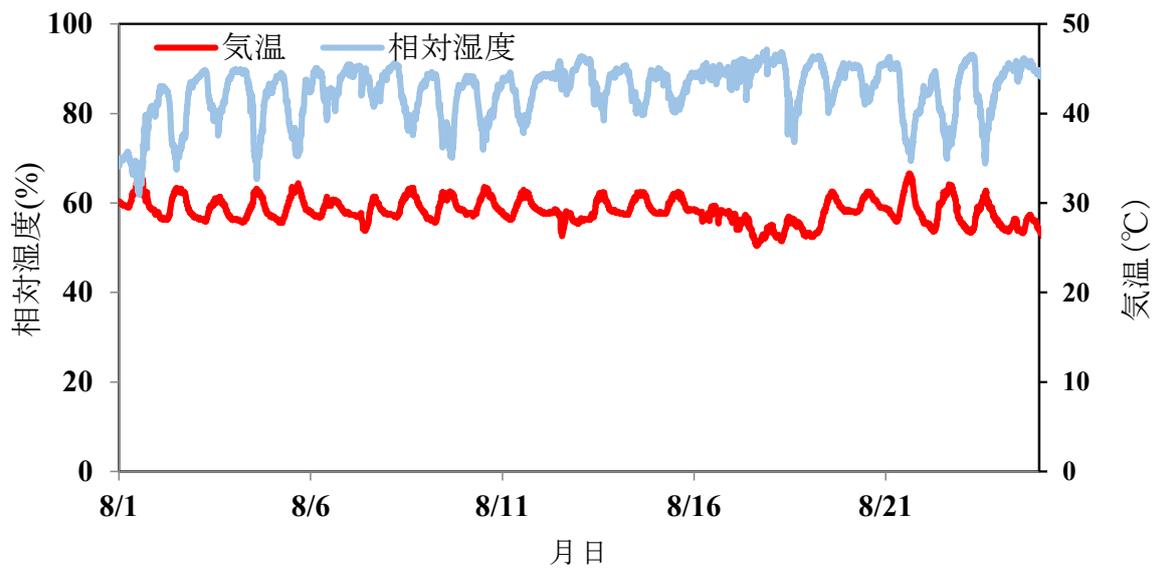
i 屋内溶接作業場①9月の温湿度変化図



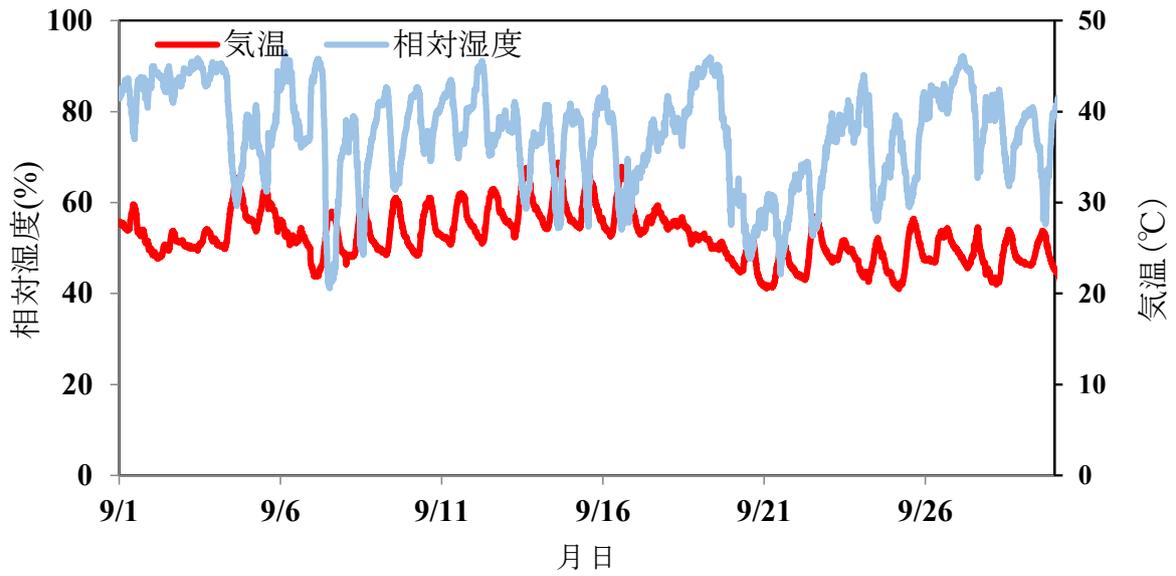
i 屋内溶接作業場①10月の温湿度変化図



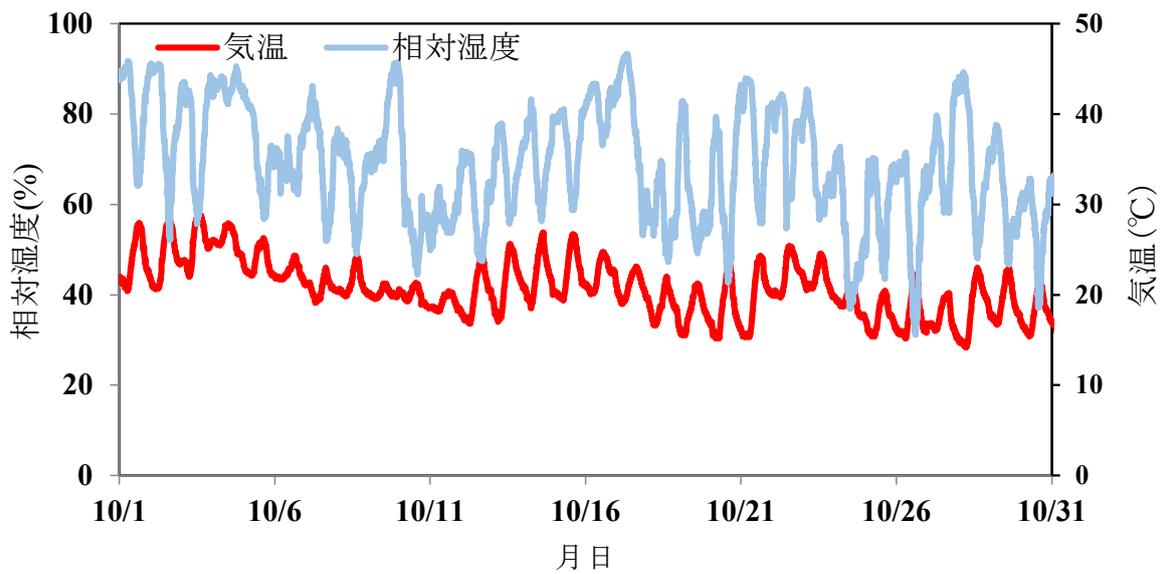
j 屋内溶接作業場②7月の温湿度変化図



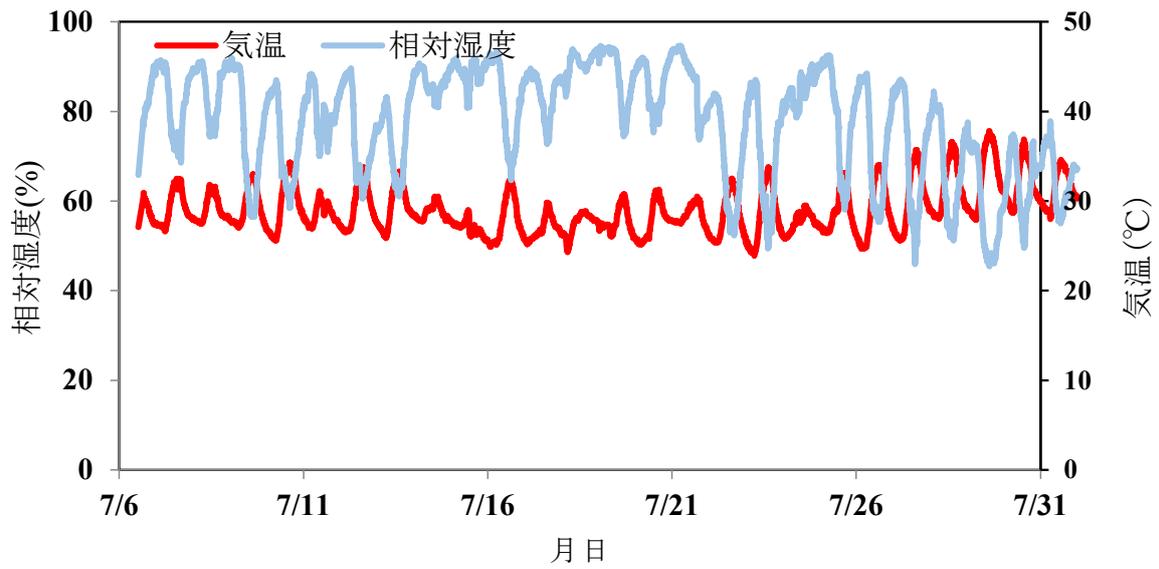
j 屋内溶接作業場②8月の温湿度変化図



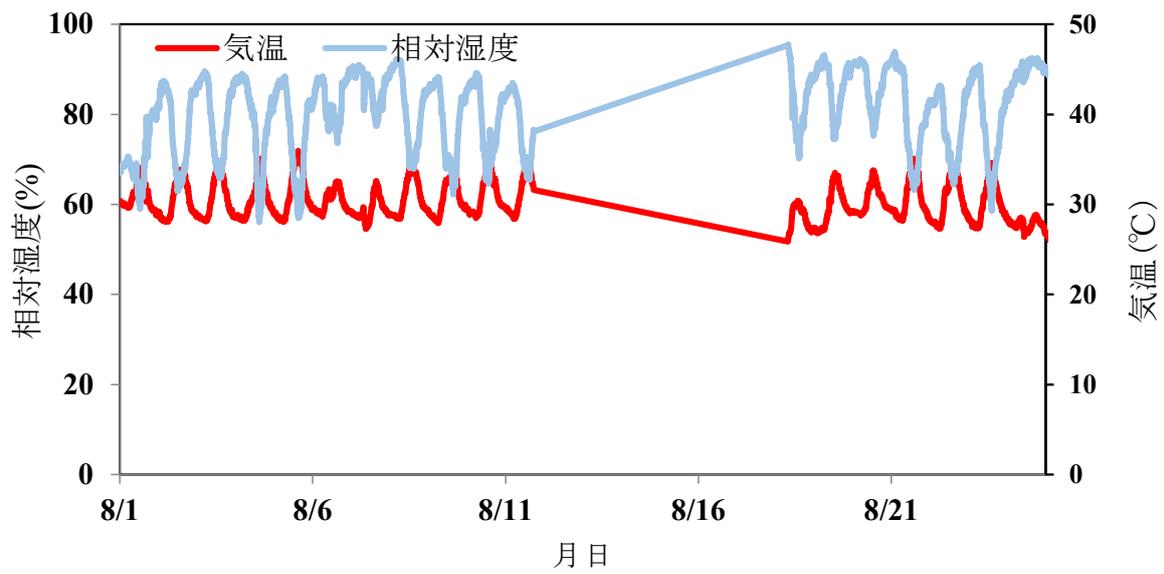
j 屋内溶接作業場②9月の温湿度変化図



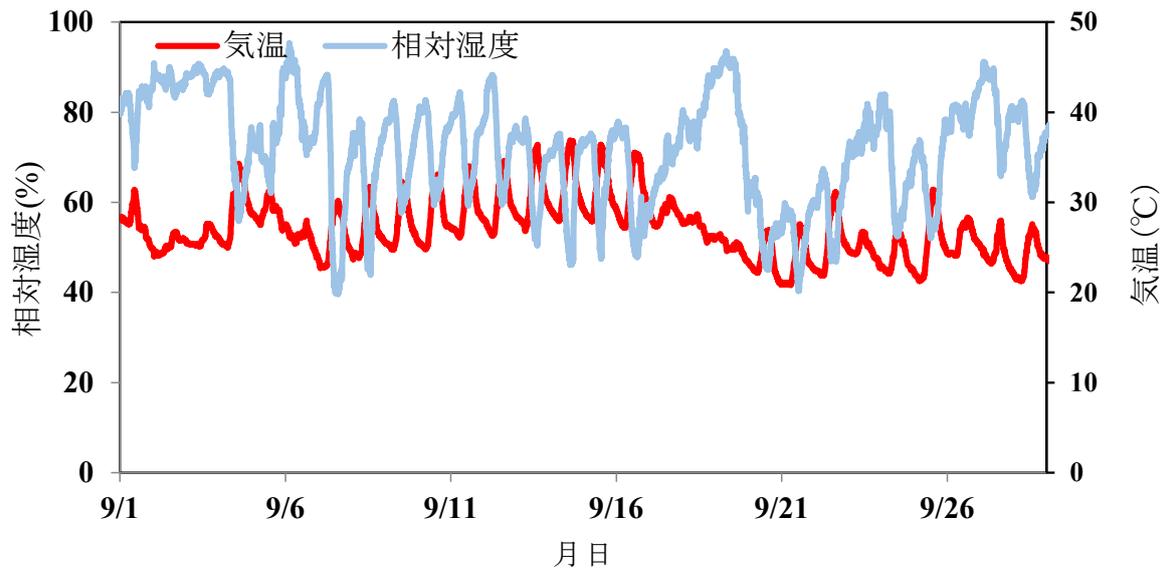
j 屋内溶接作業場②10月の温湿度変化図



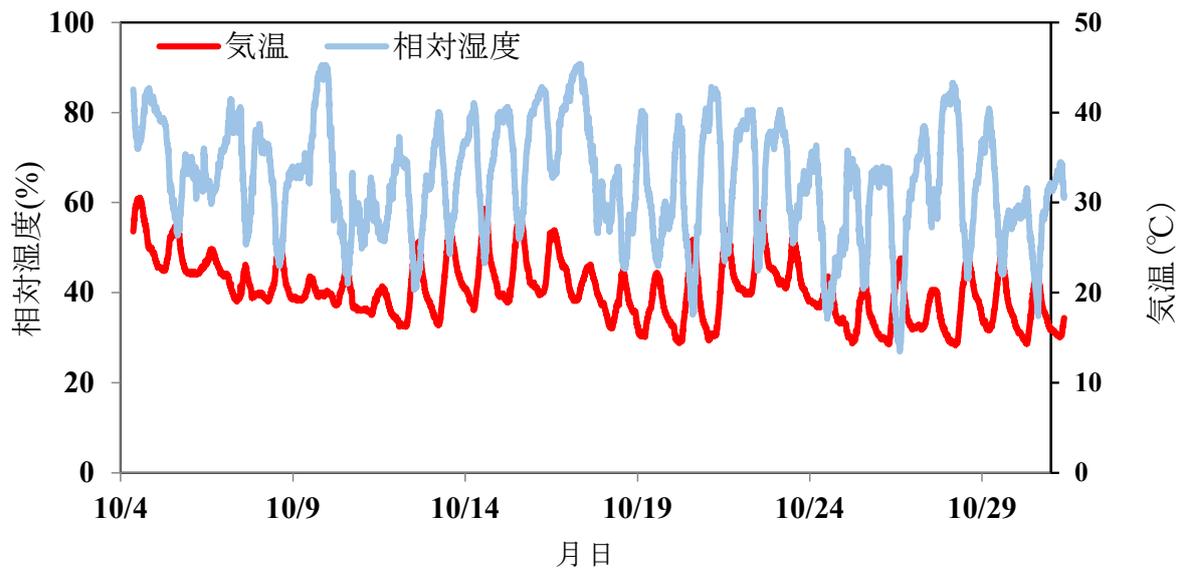
k 屋内作業場①7月の温湿度変化図



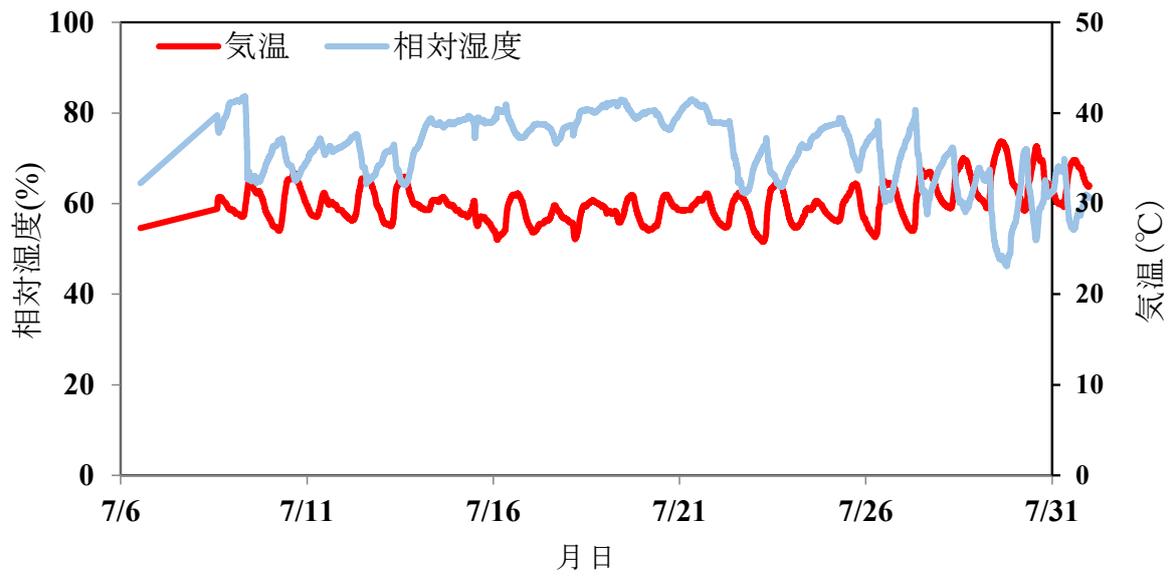
k 屋内作業場①8月の温湿度変化図



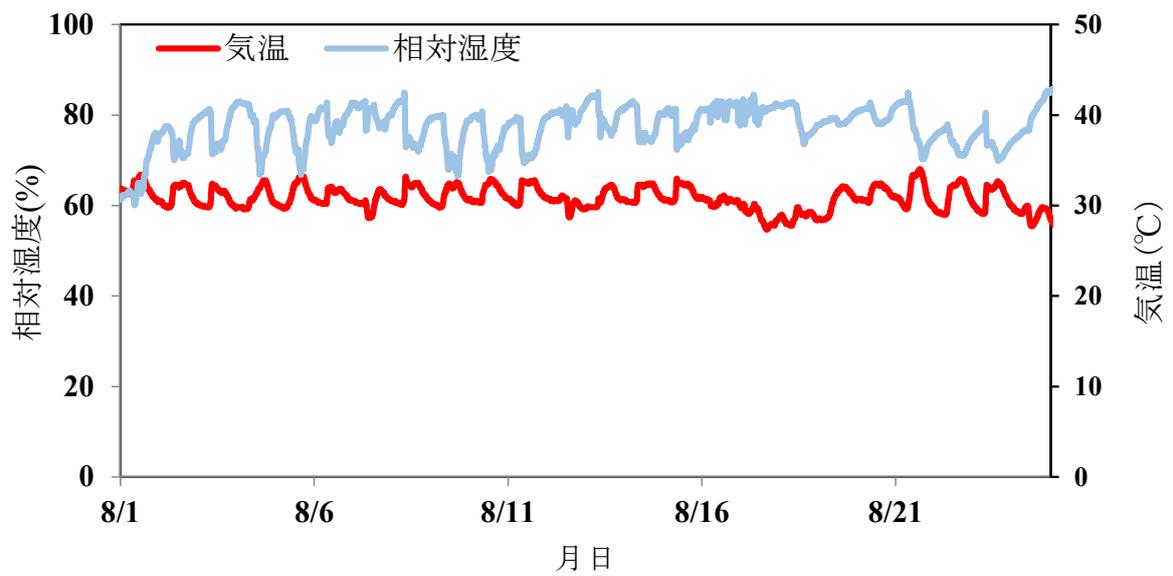
k 屋内作業場①9月の温湿度変化図



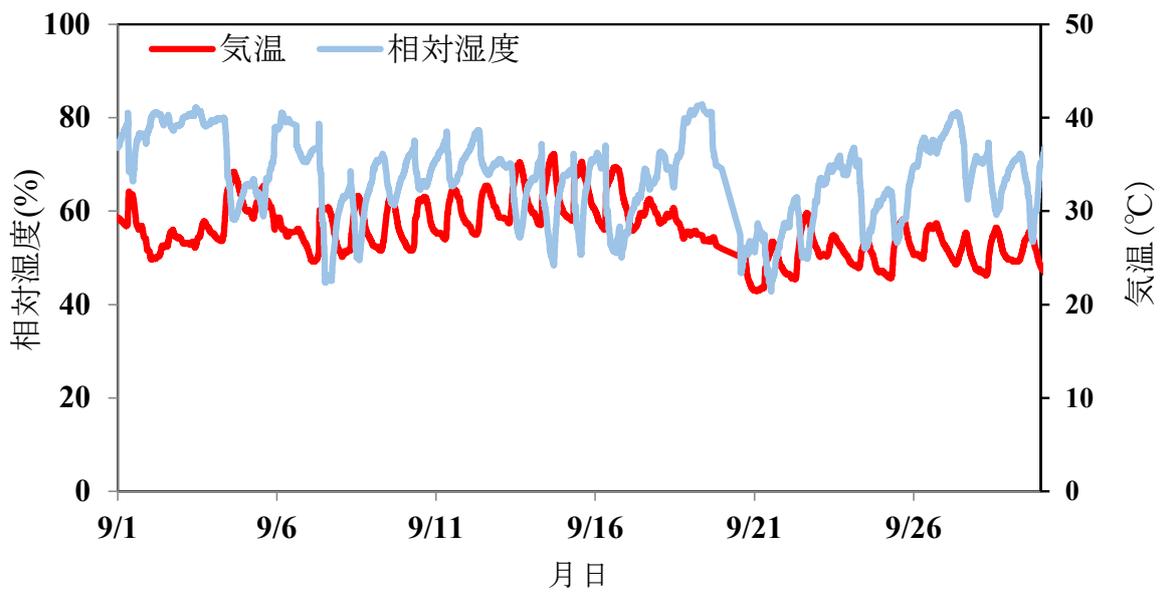
k 屋内作業場①10月の温湿度変化図



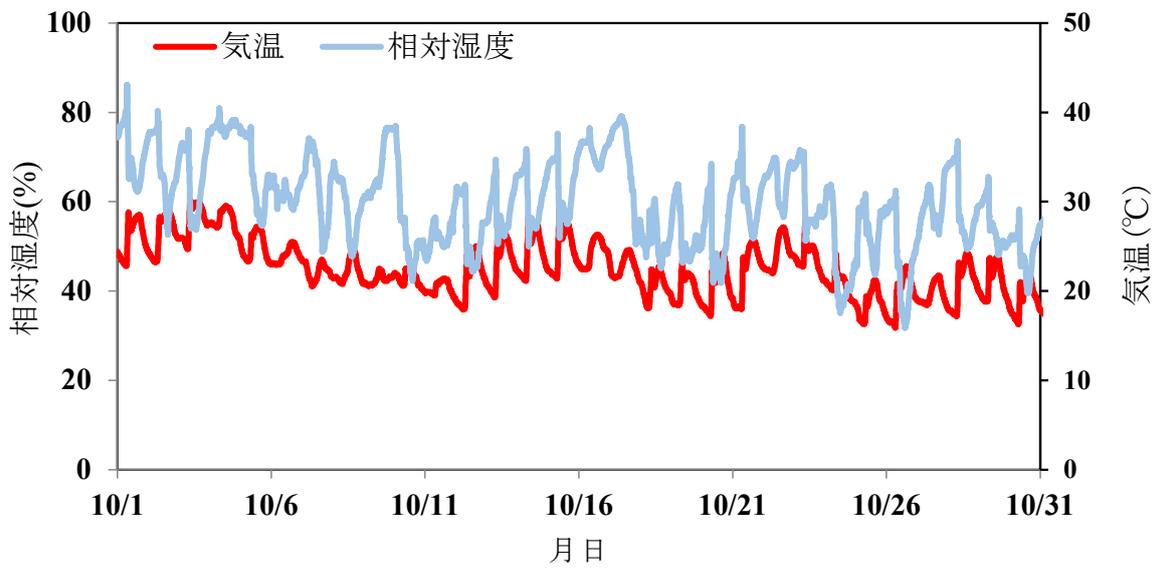
1 屋内溶接作業場③7月の温湿度変化図



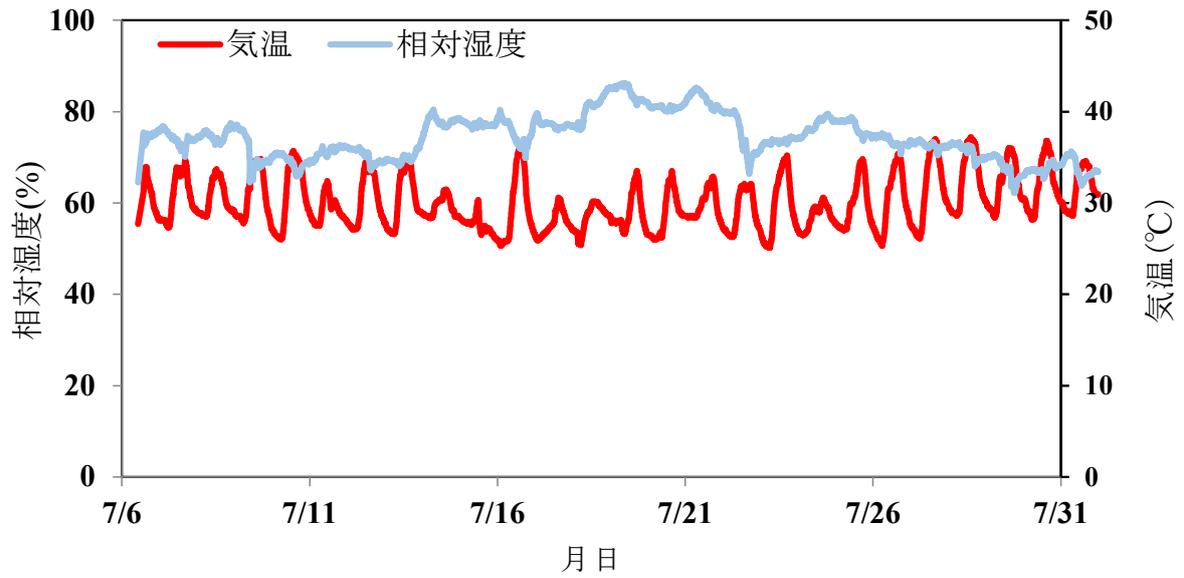
1 屋内溶接作業場③8月の温湿度変化図



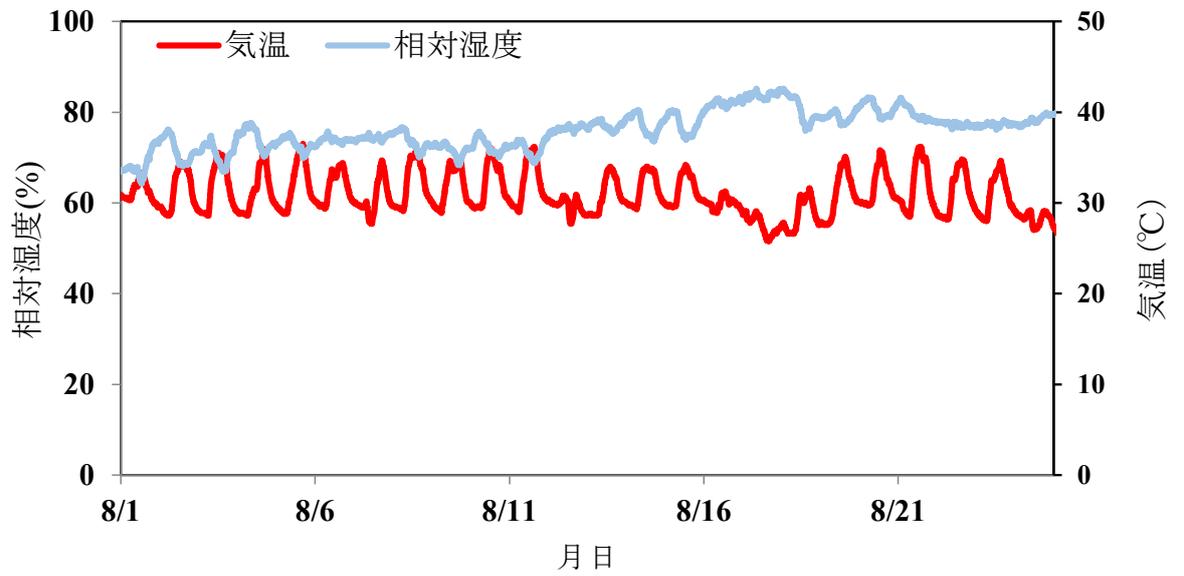
1屋内溶接作業場③9月の温湿度変化図



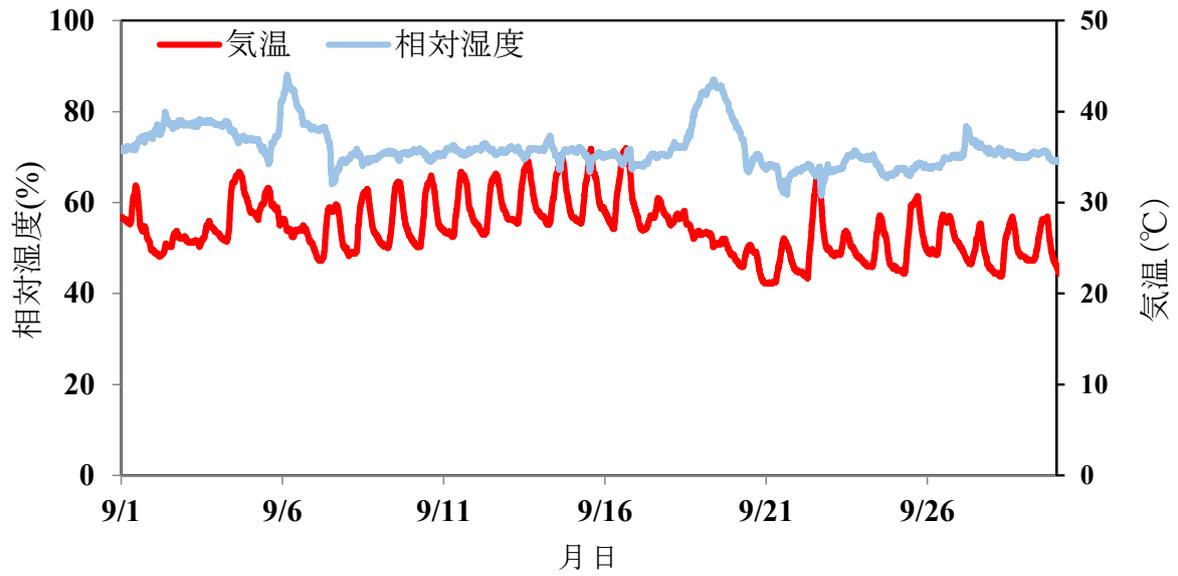
1屋内溶接作業場③710月の温湿度変化図



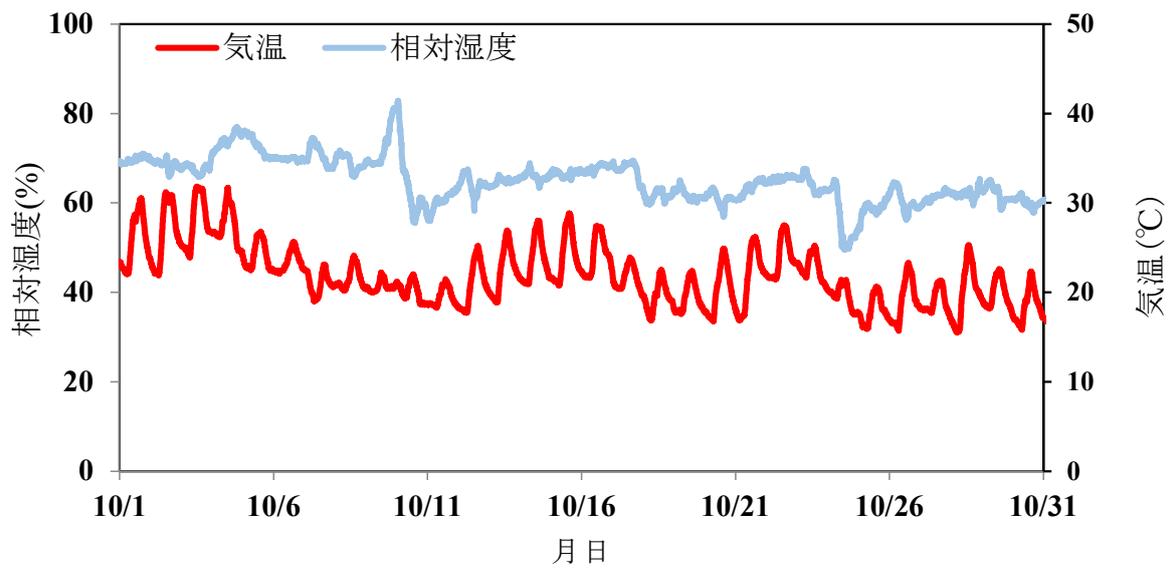
m 屋外作業場①7月の温湿度変化図



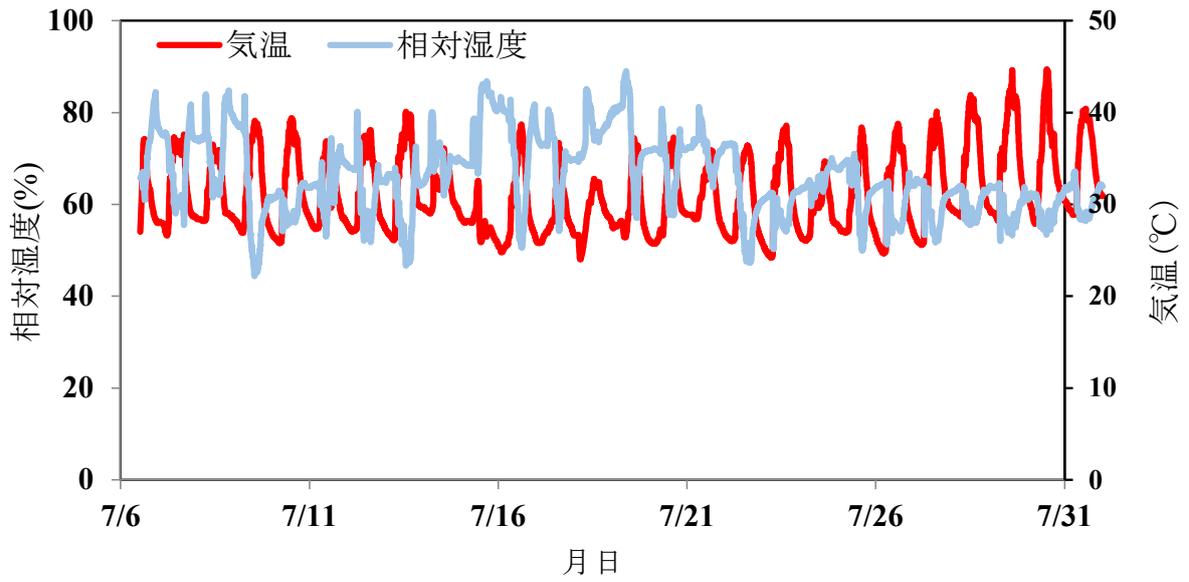
m 屋外作業場①8月の温湿度変化図



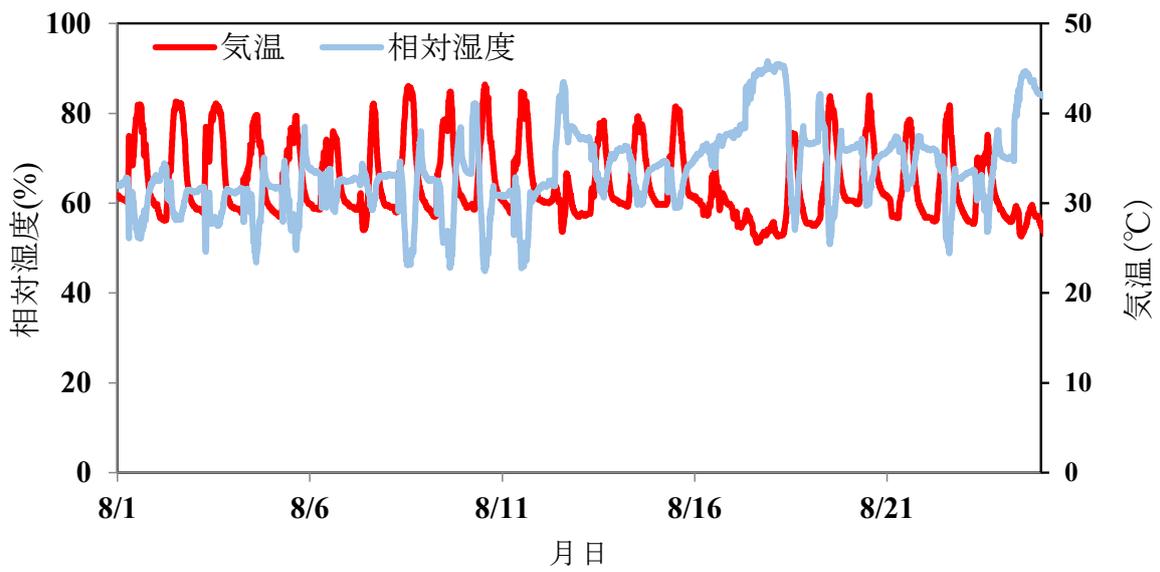
m 屋外作業場①9月の温湿度変化図



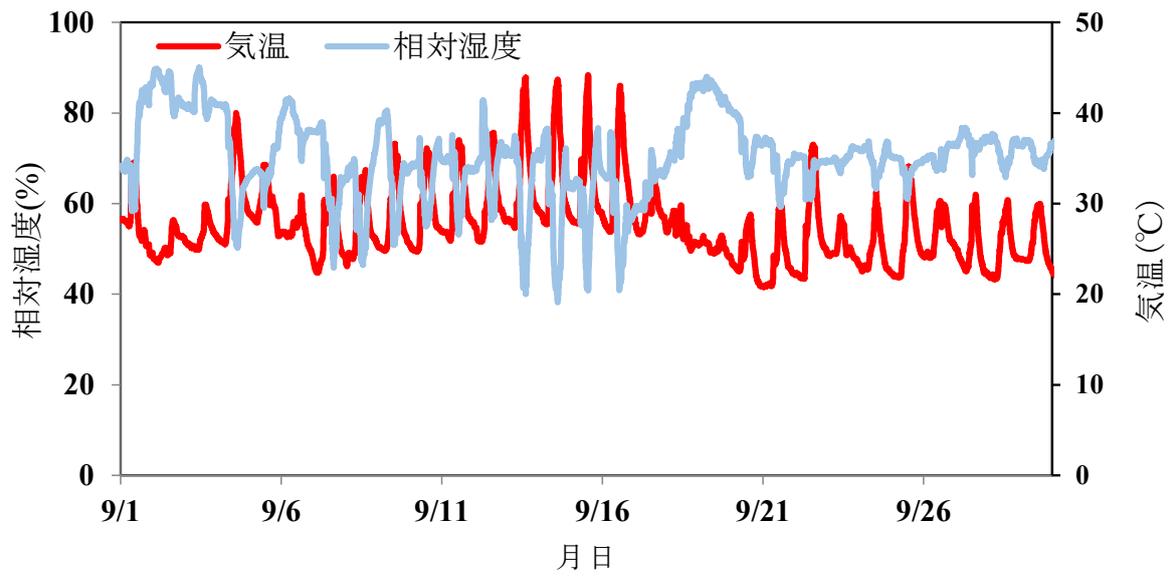
m 屋外作業場①10月の温湿度変化図



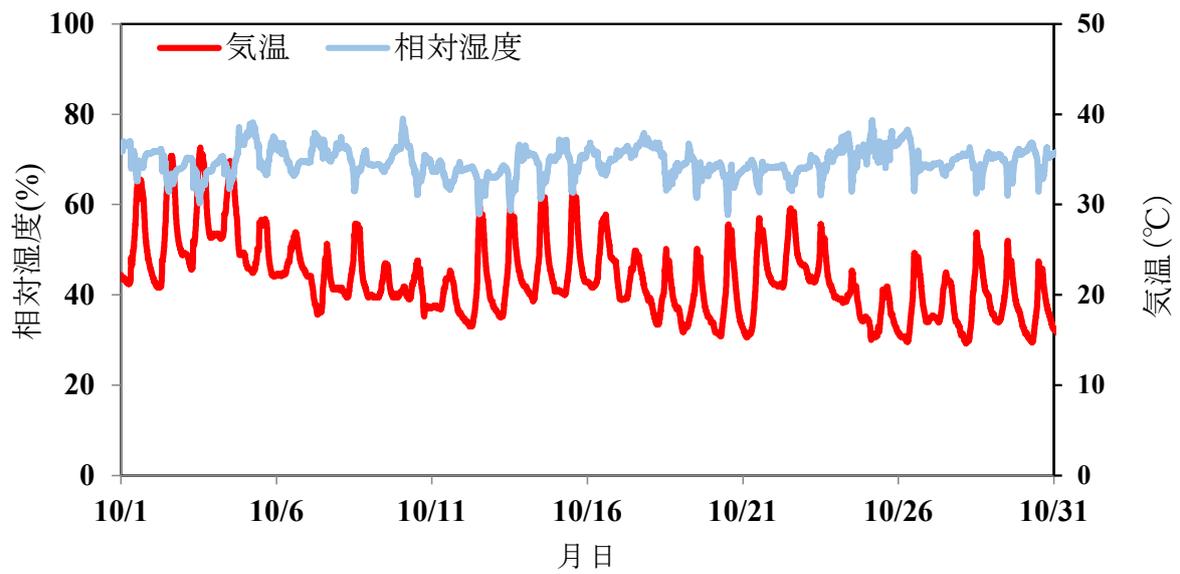
n 屋外作業場②7月の温湿度変化図



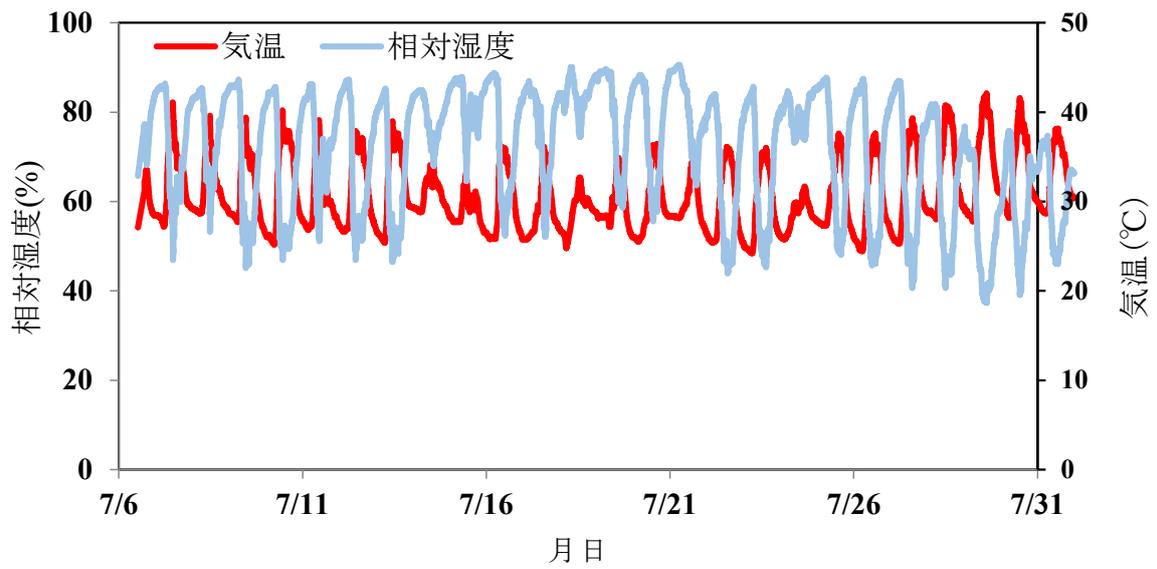
n 屋外作業場②8月の温湿度変化図



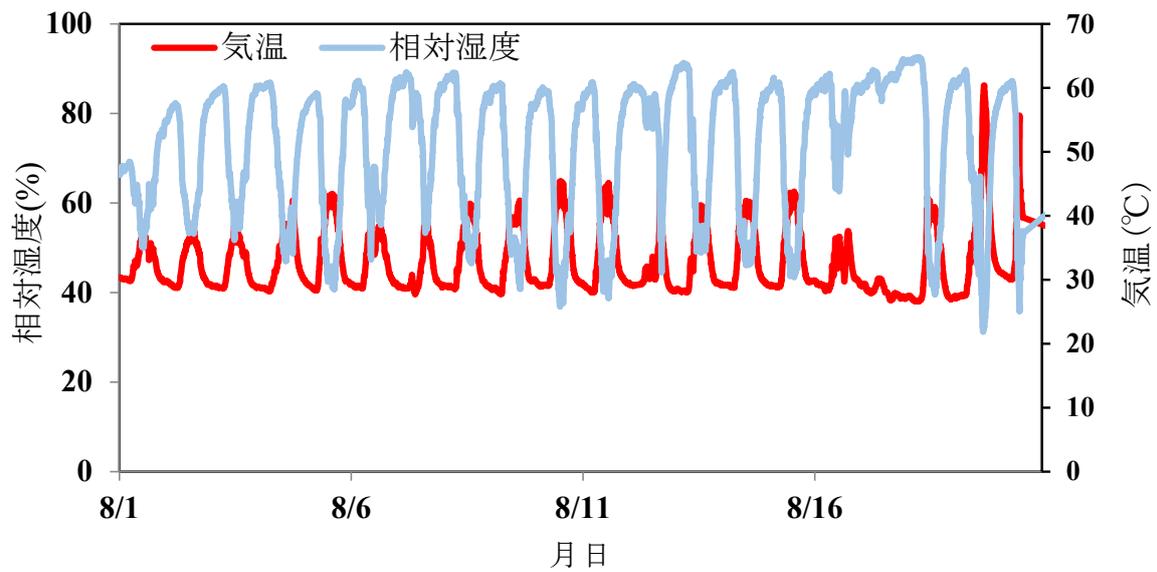
n 屋外作業場②9月の温湿度変化図



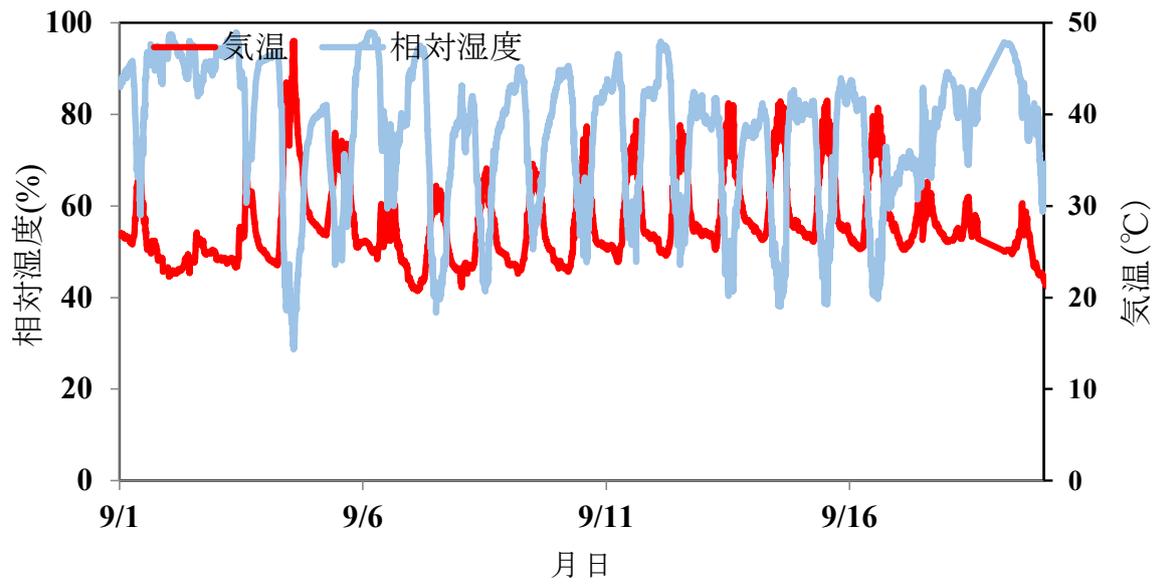
n 屋外作業場②10月の温湿度変化図



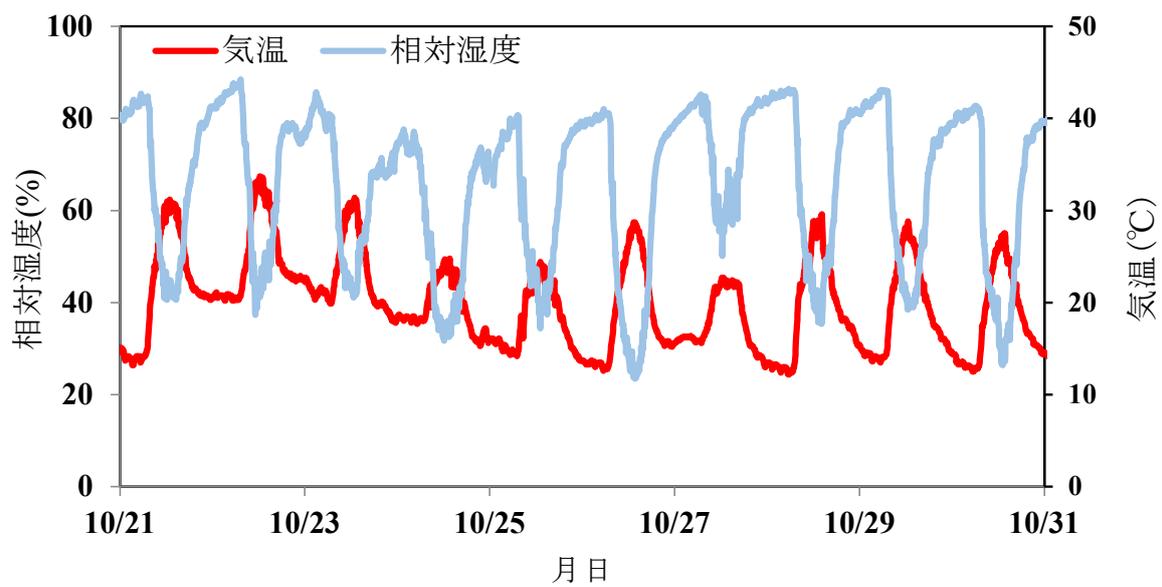
○ 敷地外作業場 7月の温湿度変化図



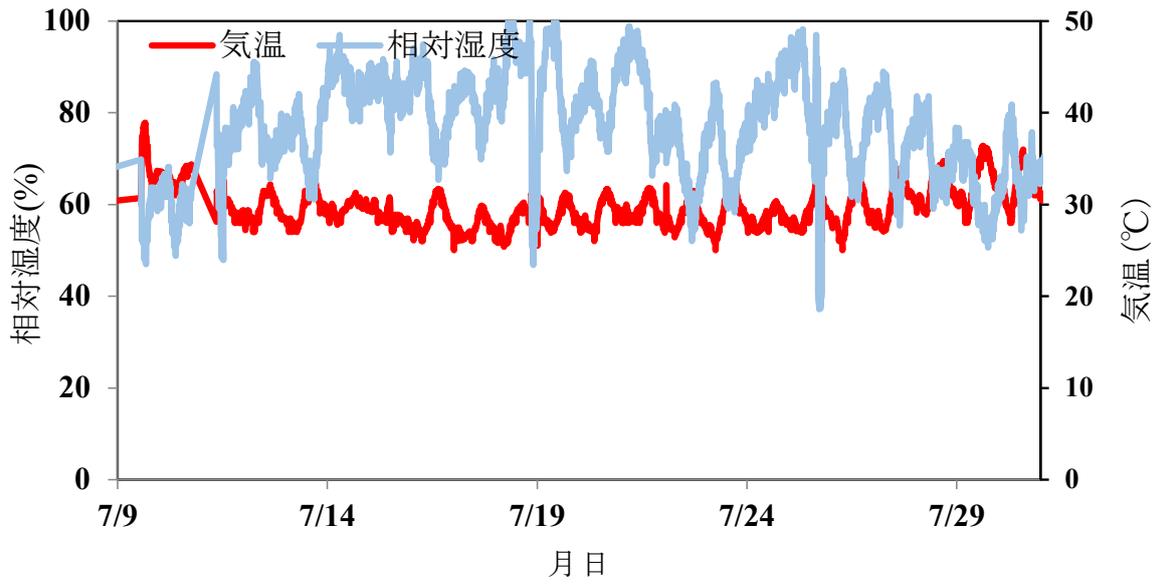
○ 敷地外作業場 8月の温湿度変化図



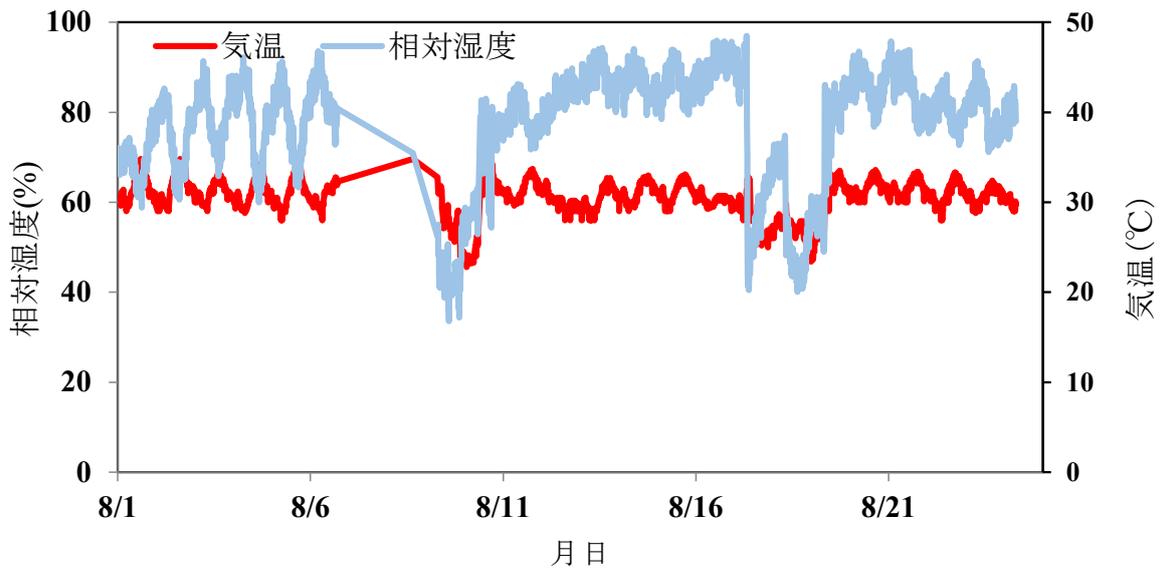
○ 敷地外作業場 9 月の温湿度変化図



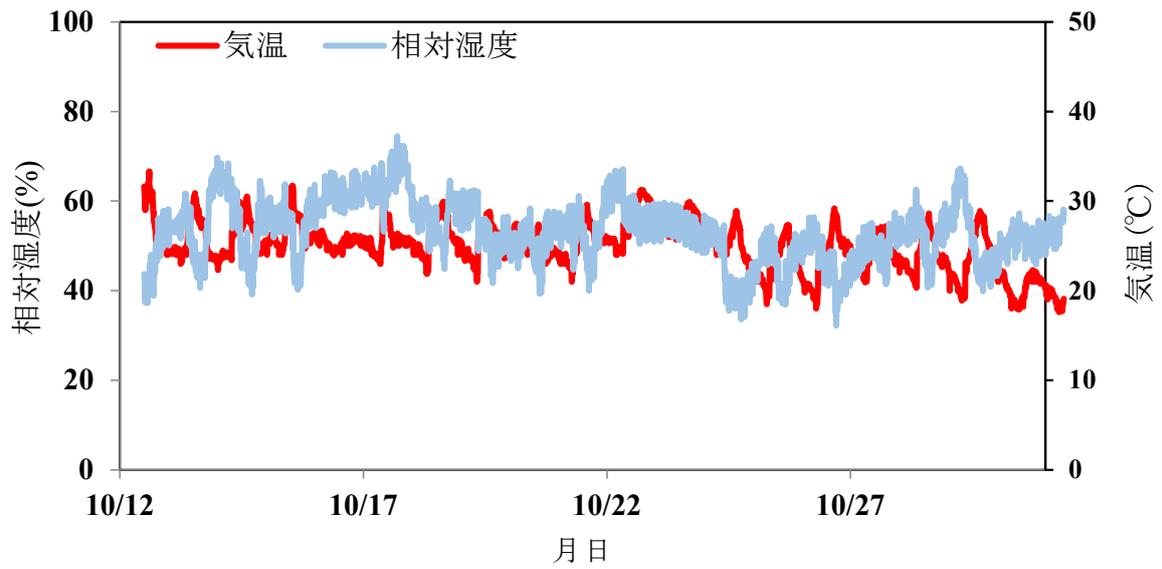
○ 敷地外作業場 10 月の温湿度変化図



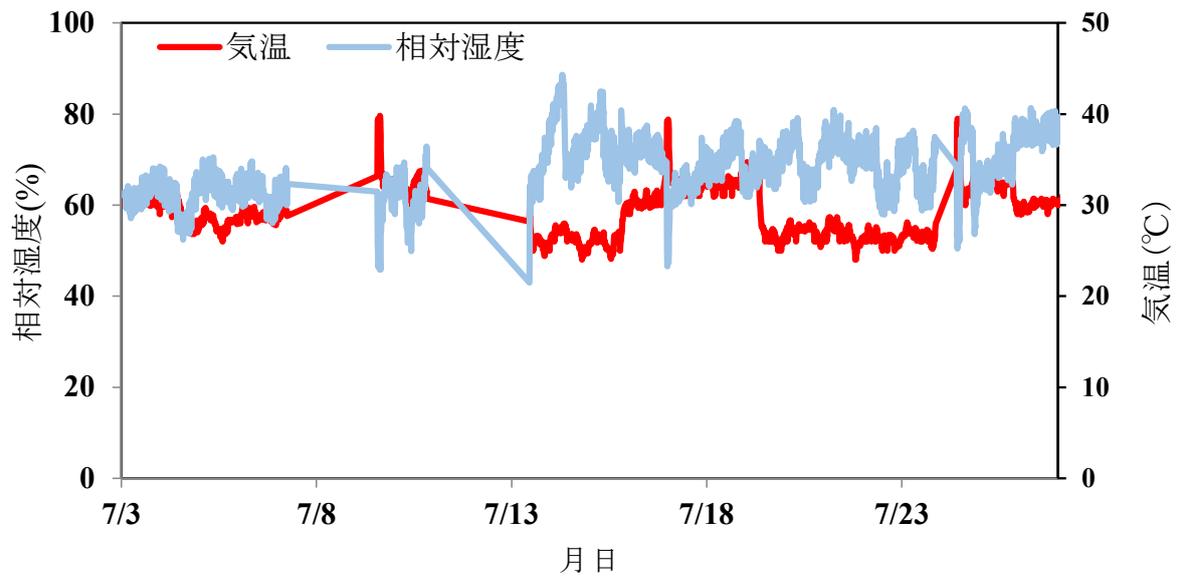
p 屋外作業場③7月の温湿度変化図



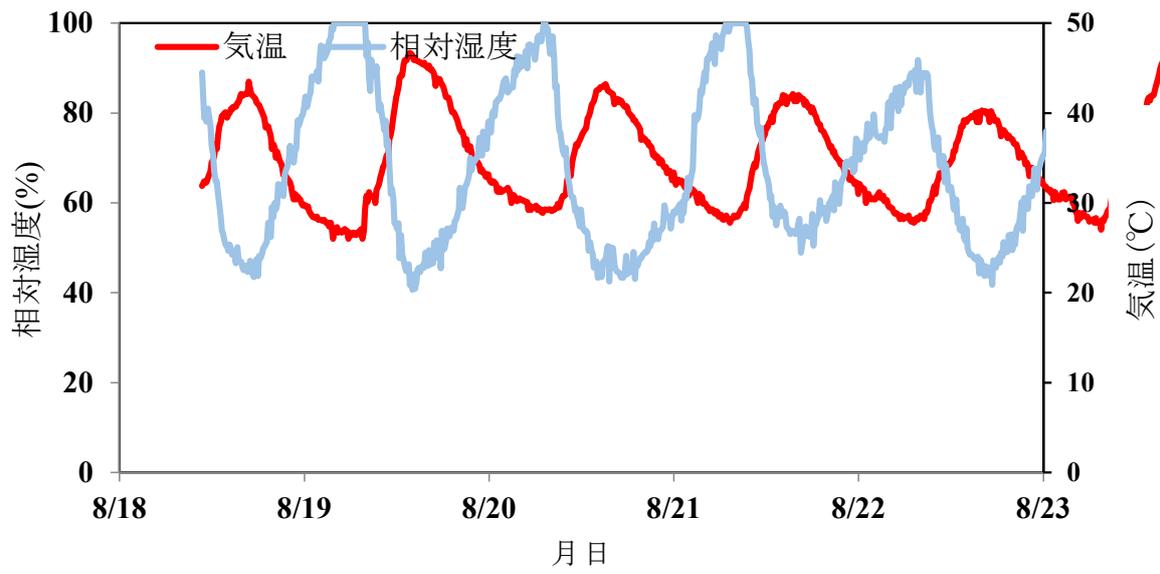
p 屋外作業場③8月の温湿度変化図



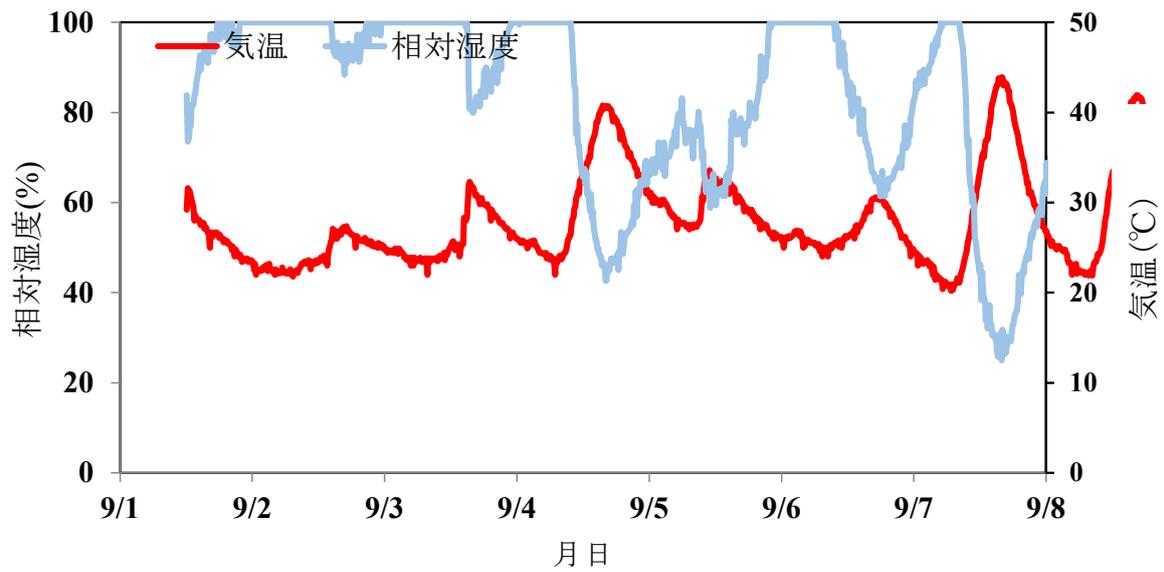
p 屋外作業場③10月の温湿度変化図



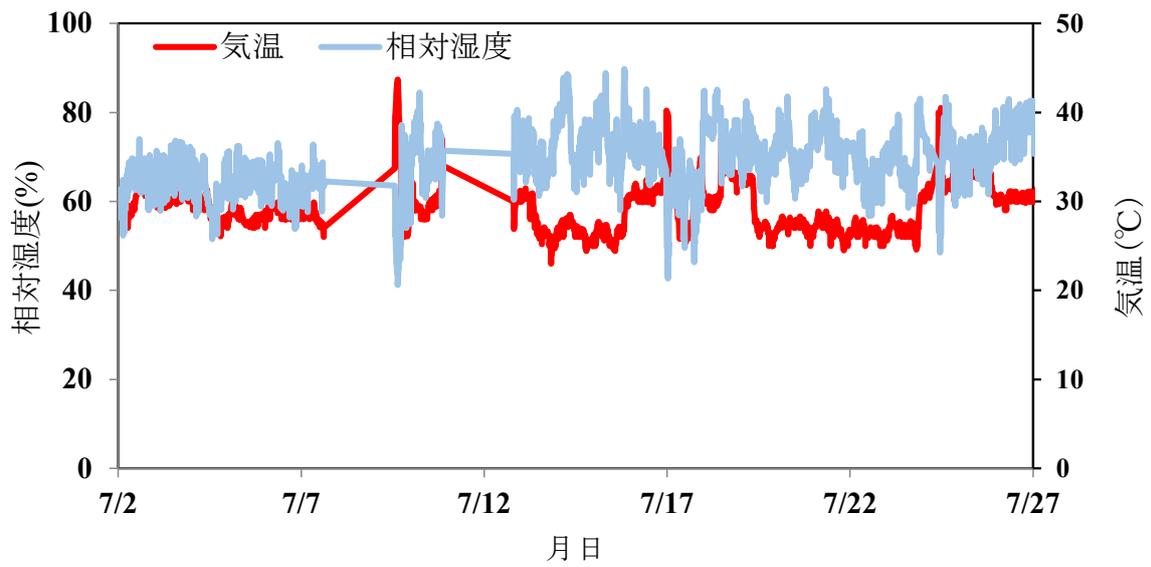
q 製造船舶内作業場 7月の温湿度変化図



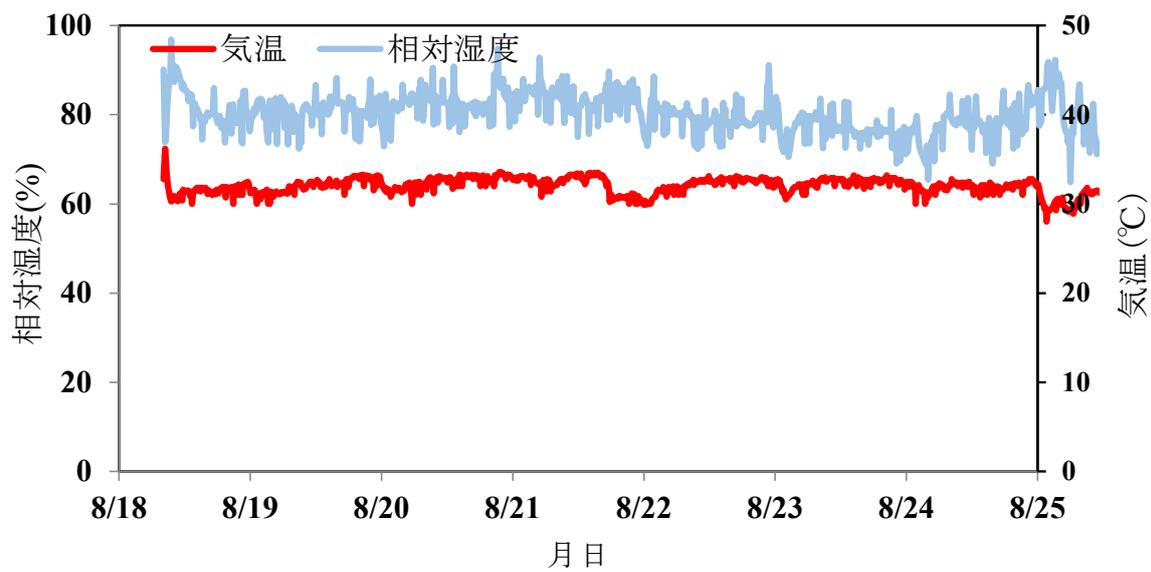
q 製造船舶内作業場 8月の温湿度変化図



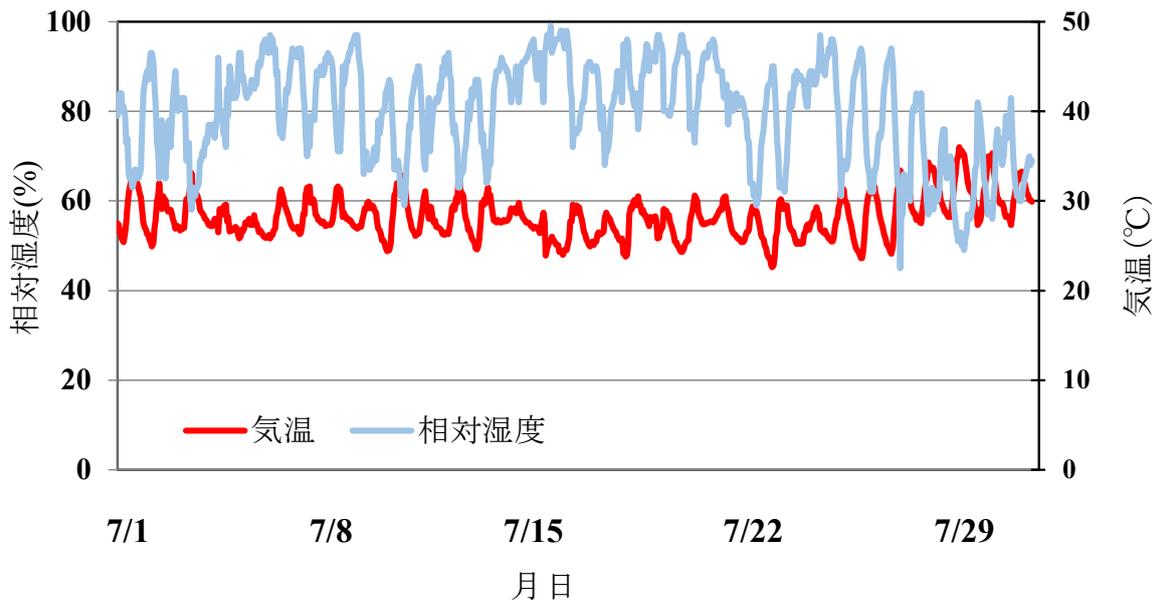
q 製造船舶内作業場 9月の温湿度変化図



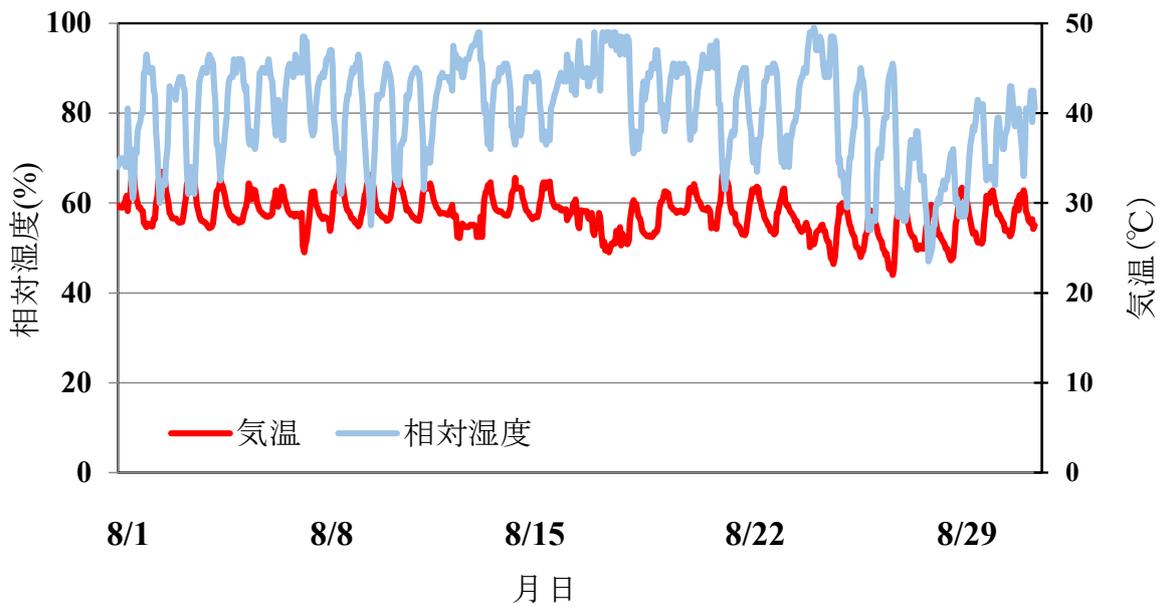
r 屋内作業場 7月の温湿度変化図



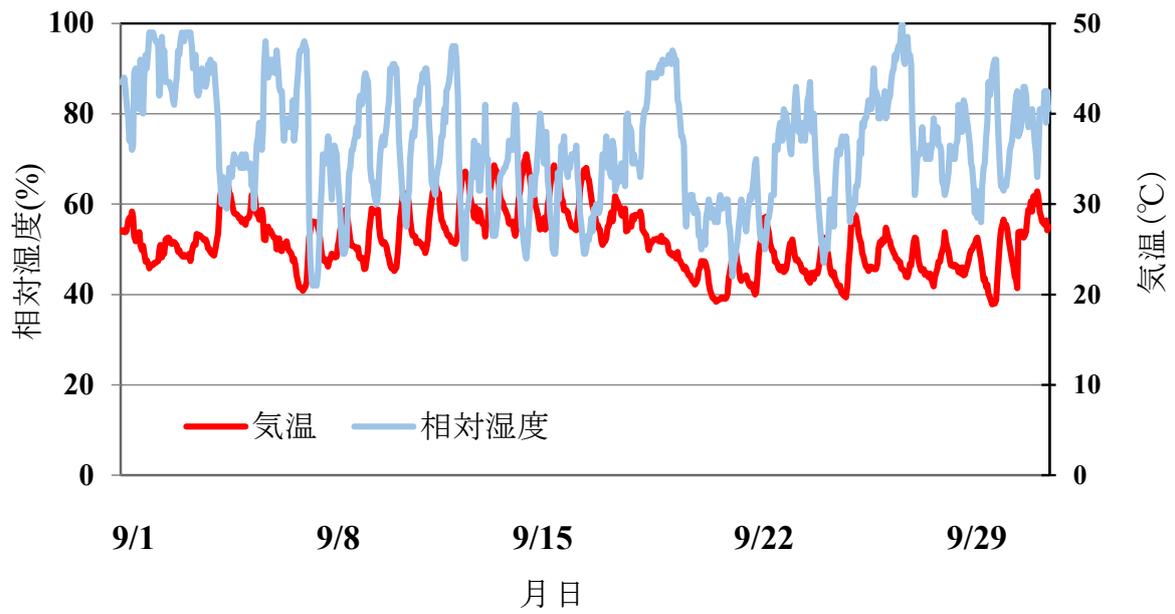
r 屋内作業場 8月の温湿度変化図



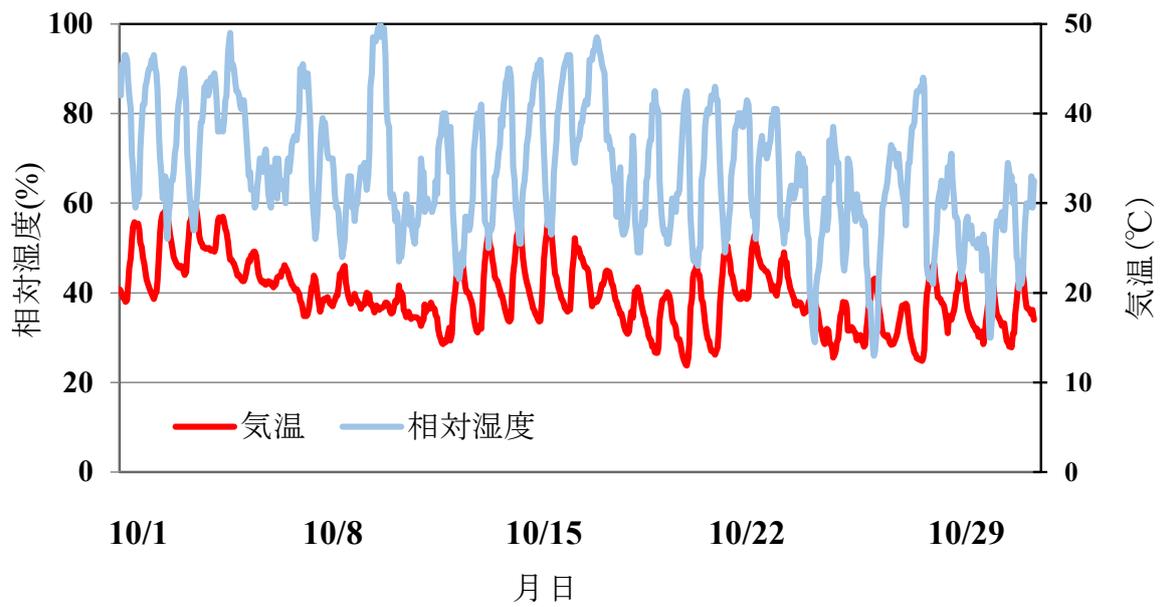
造船作業場（外気）7月の温湿度変化図



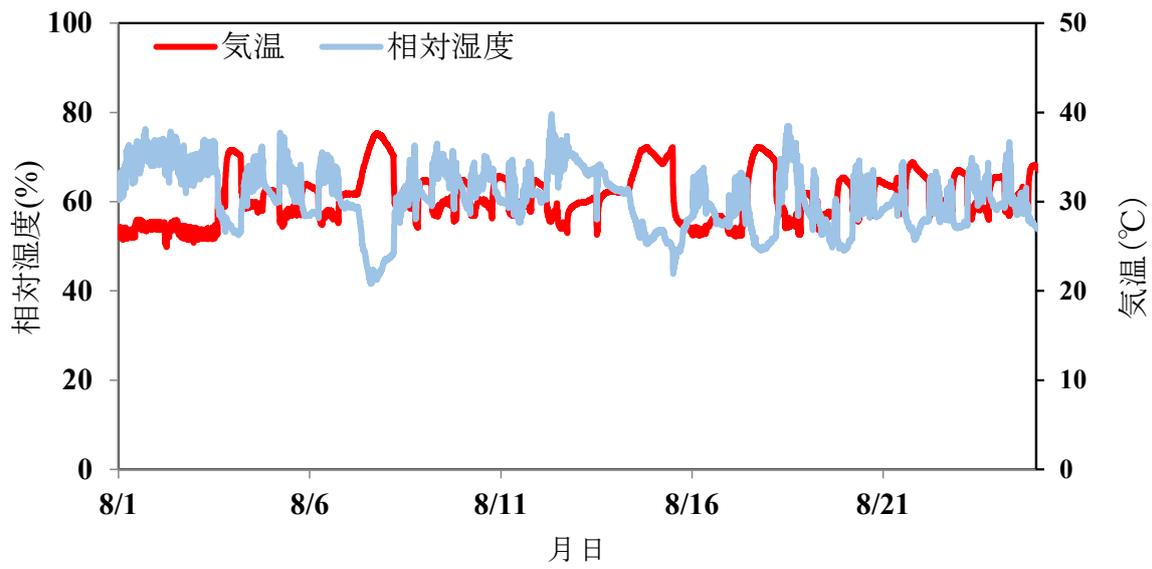
造船作業場（外気）8月の温湿度変化図



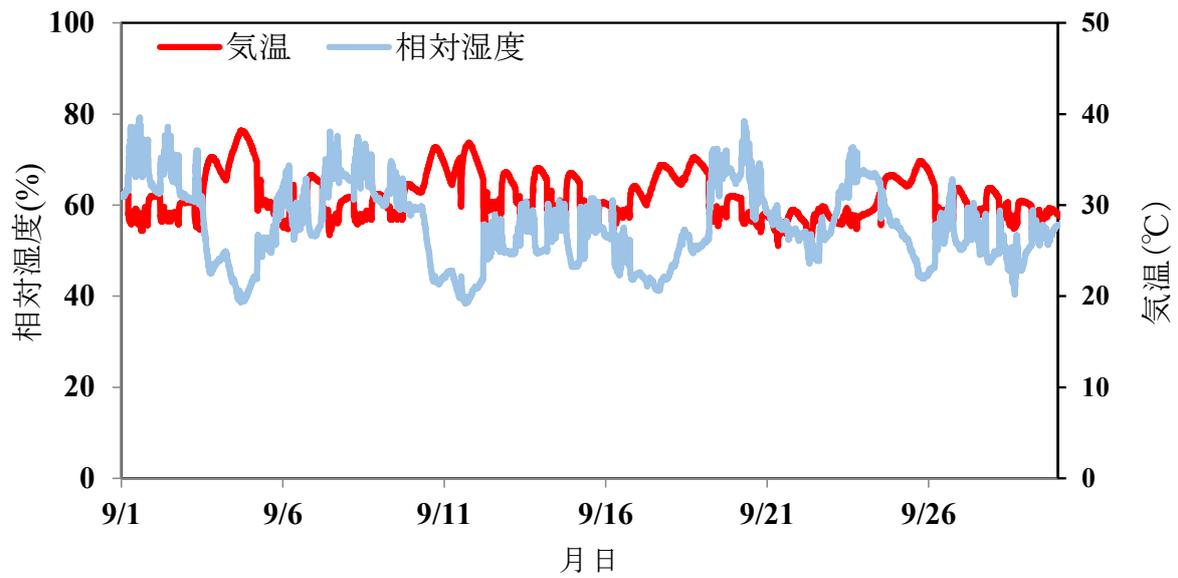
造船作業場（外気）9月の温湿度変化図



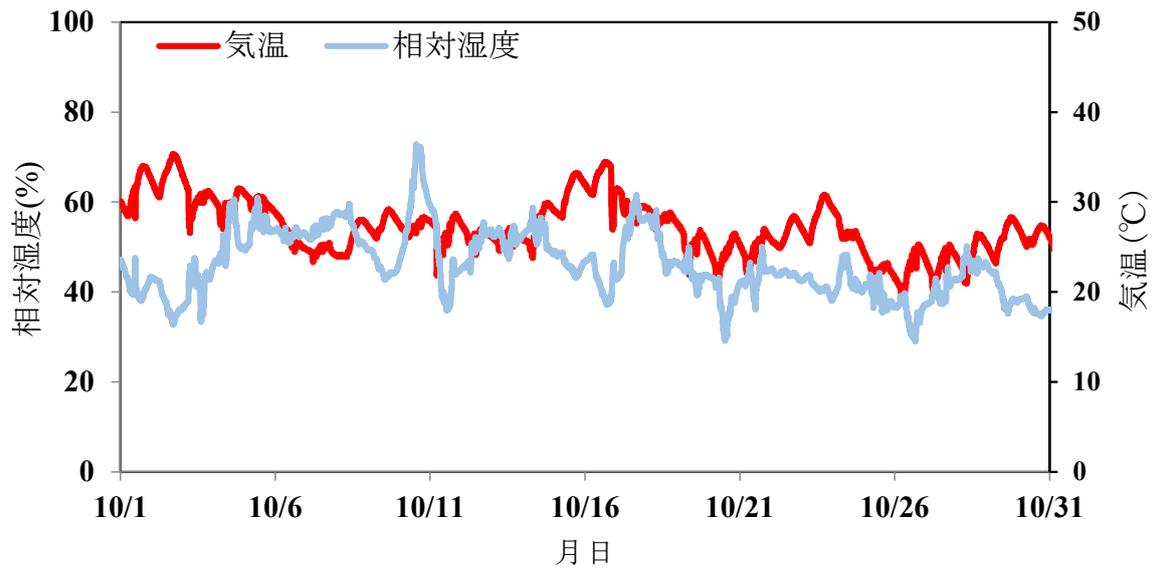
造船作業場（外気）10月の温湿度変化図



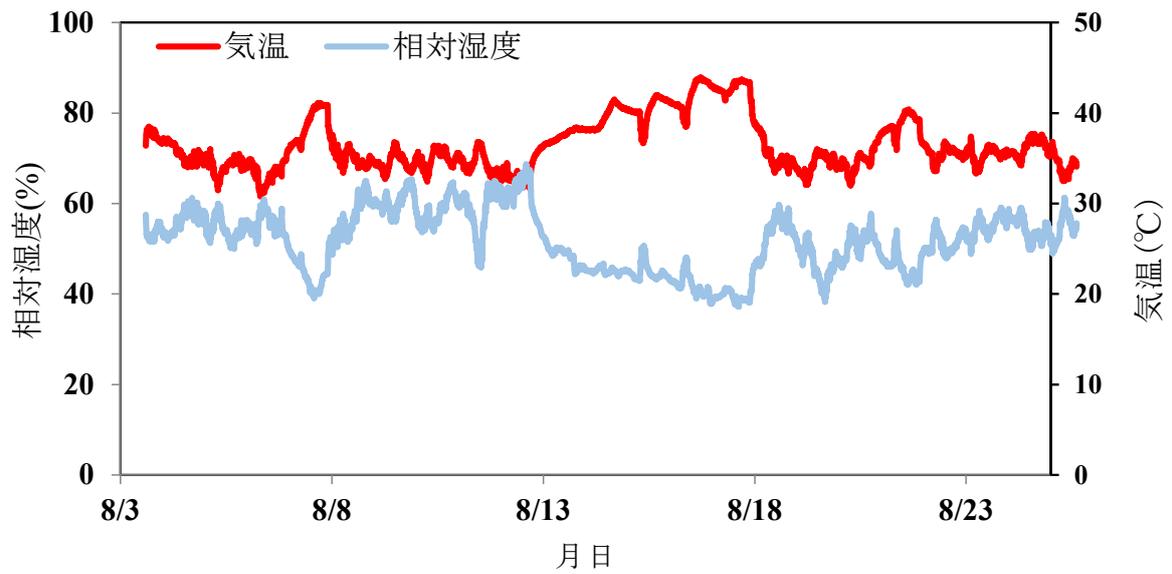
S 加工作業場①8月の温湿度変化図



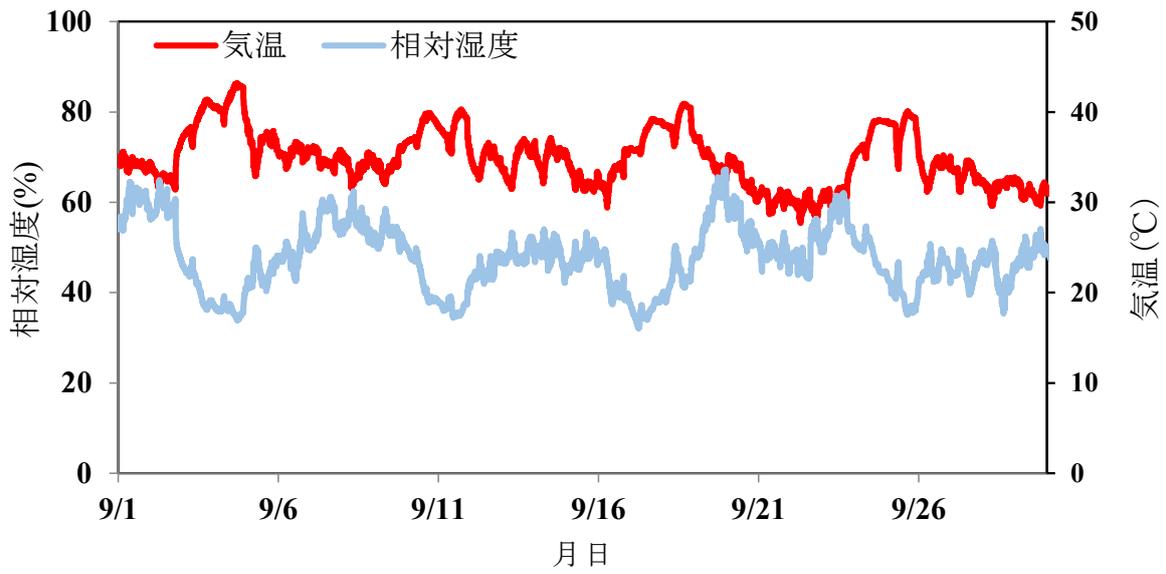
S 加工作業場①9月の温湿度変化図



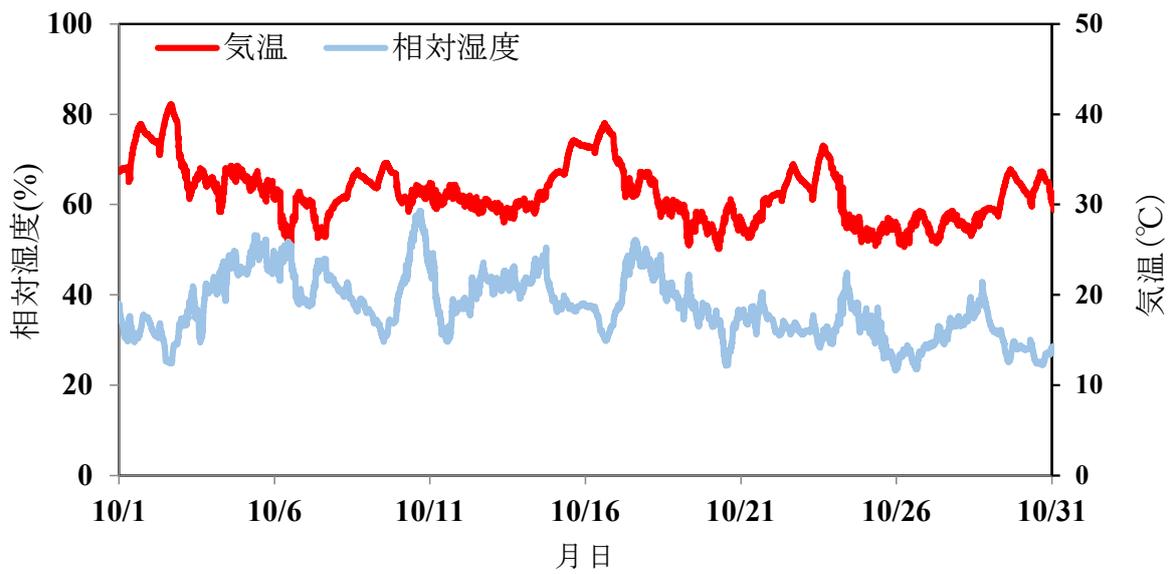
S加工作業場①10月の温湿度変化図



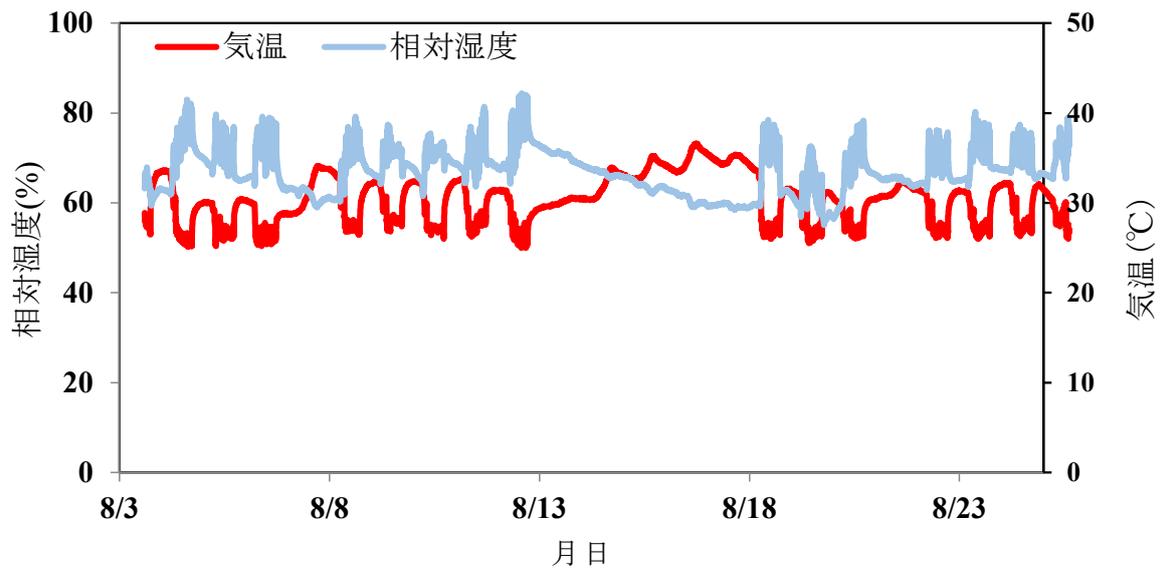
t 焼成作業場(炉前)8月の温湿度変化図



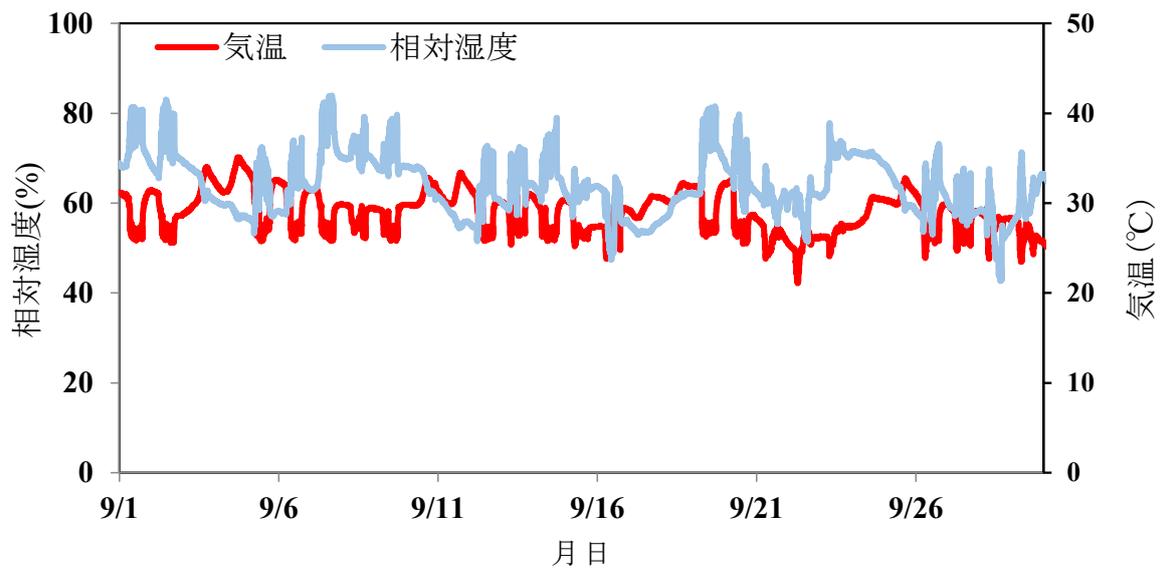
t 焼成作業場(炉前)9月の温湿度変化図



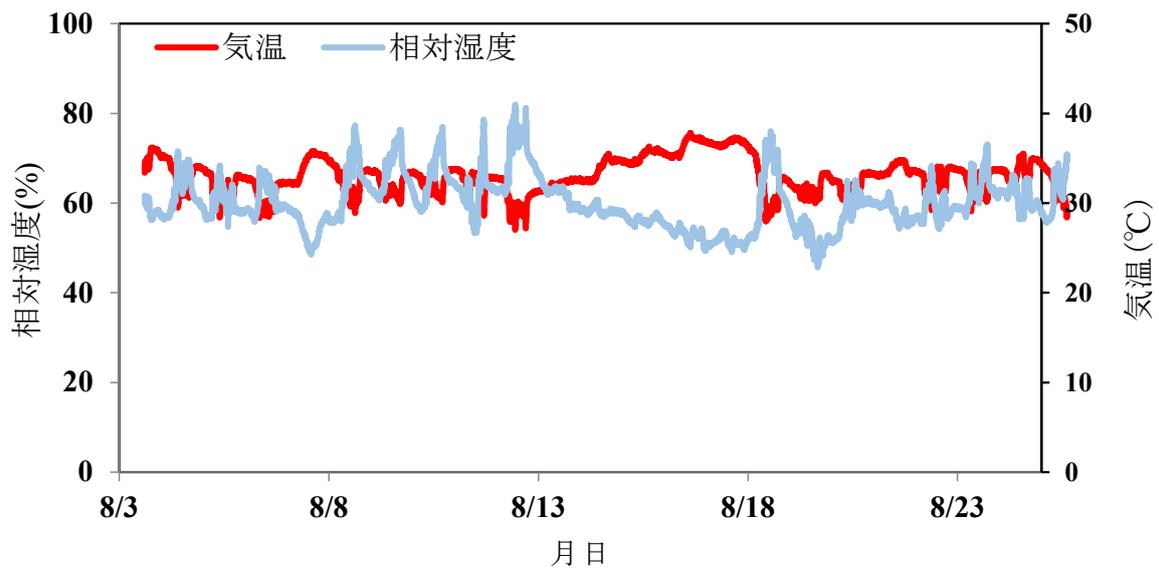
t 焼成作業場(炉前)10月の温湿度変化図



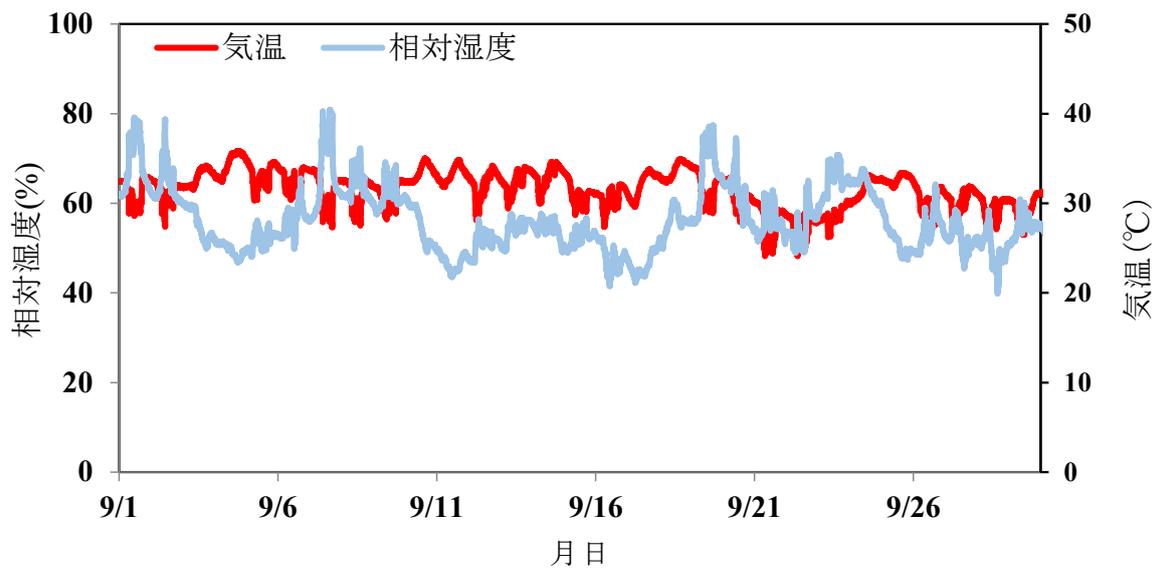
u 加工作業場②8月の温湿度変化図



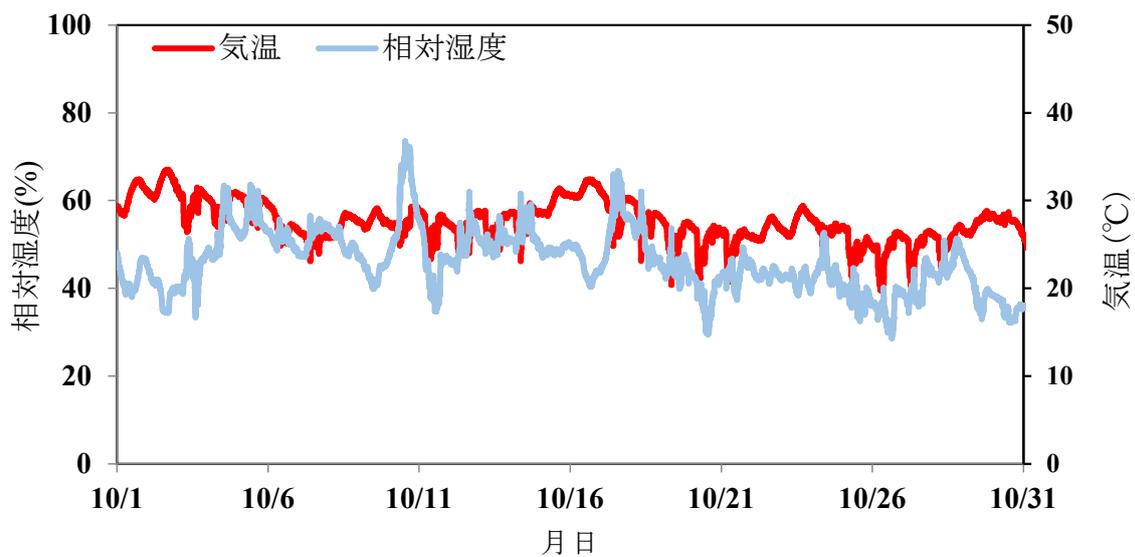
u 加工作業場②9月の温湿度変化図



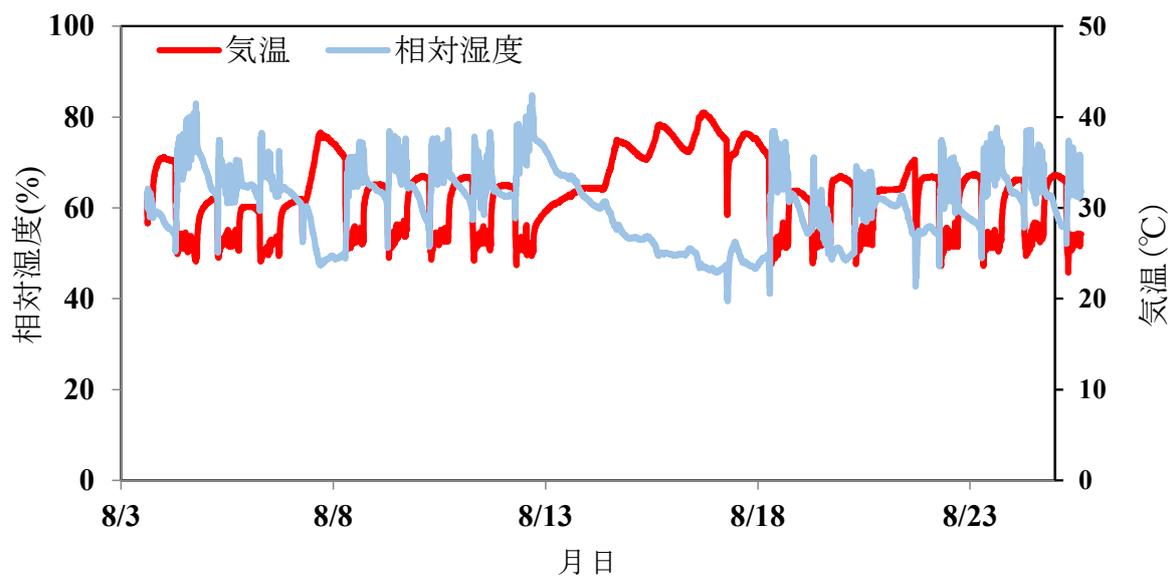
v 加工作業場③8月の温湿度変化図



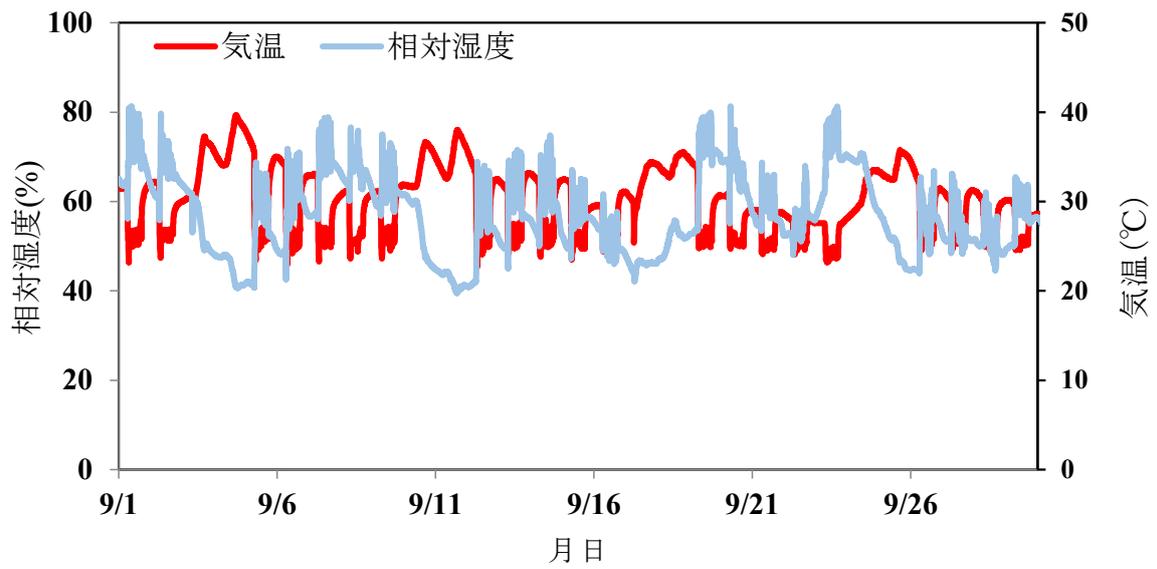
v 加工作業場③9月の温湿度変化図



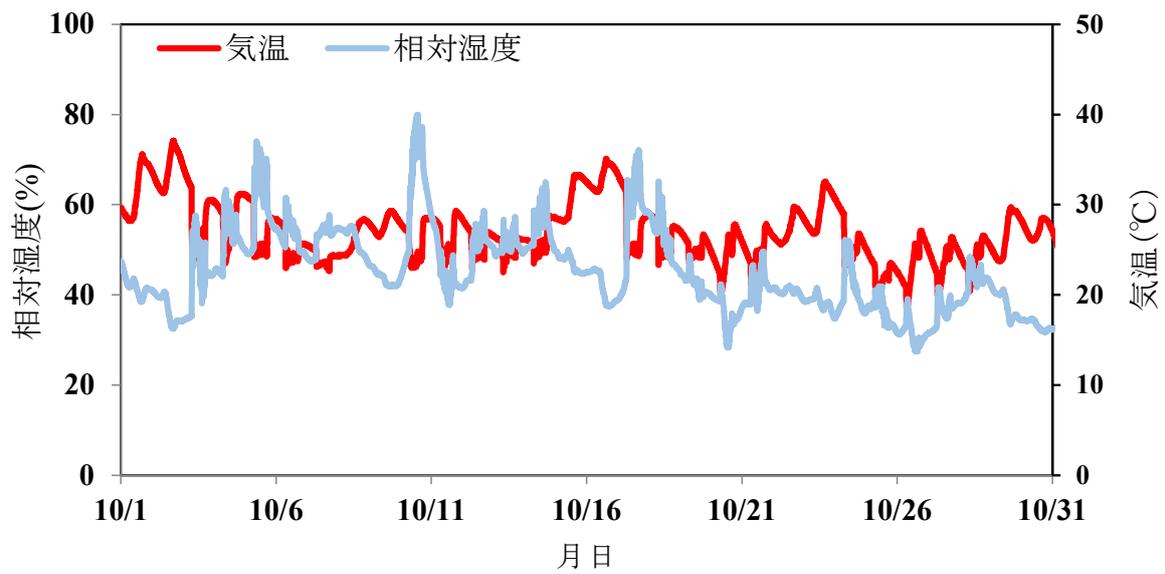
v 加工作業場③10月の温湿度変化図



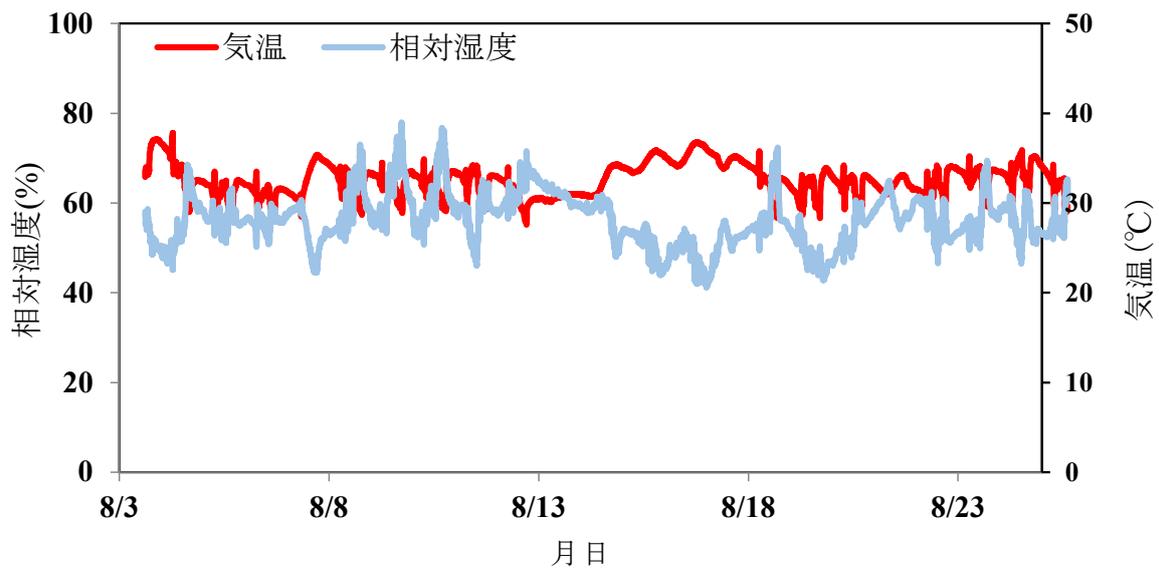
w 焼成作業場（成型機前）8月の温湿度変化図



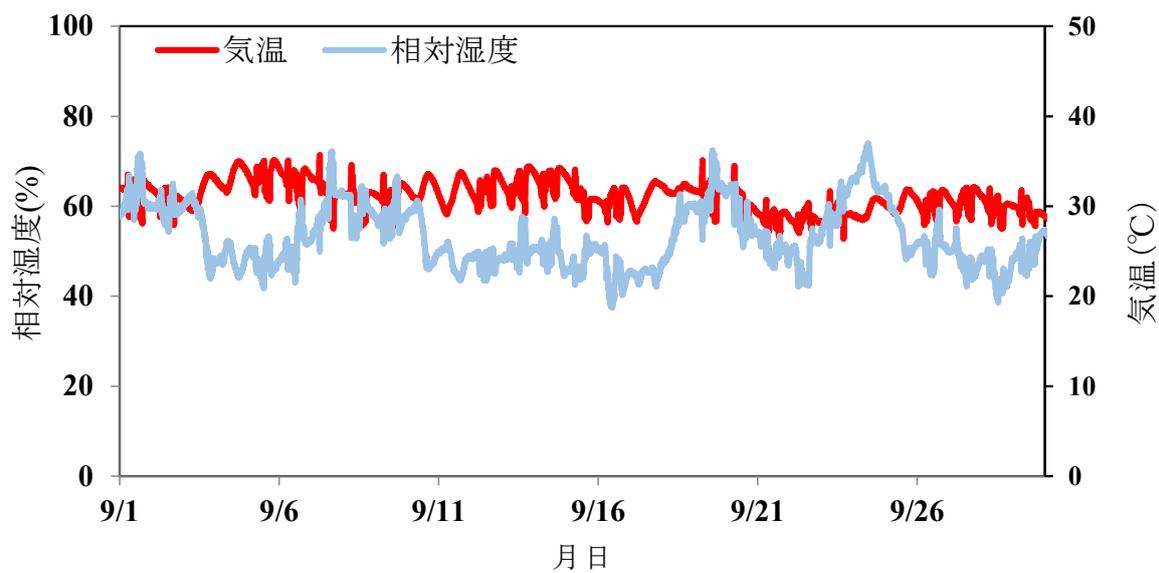
w 焼成作業場（成型機前）9月の温湿度変化図



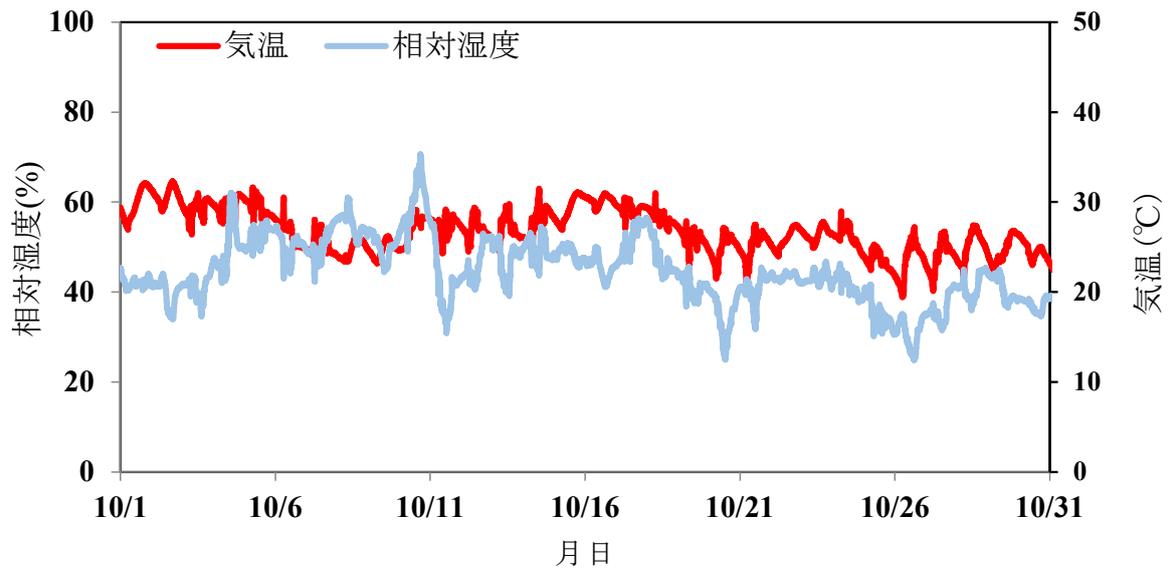
w 焼成作業場（成型機前）10月の温湿度変化図



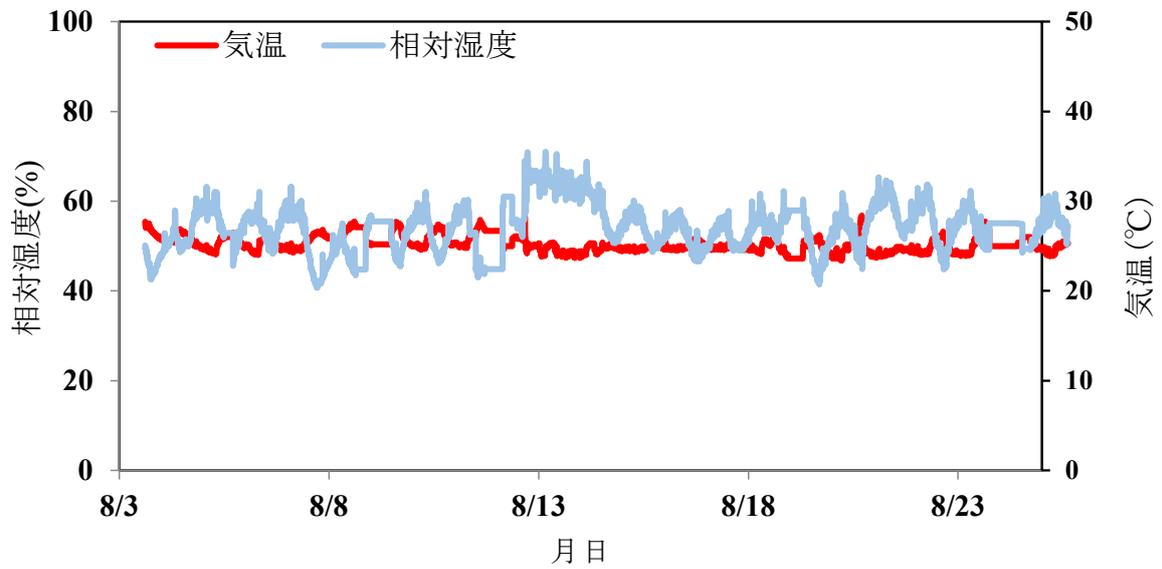
x 加工作業場④8月の温湿度変化図



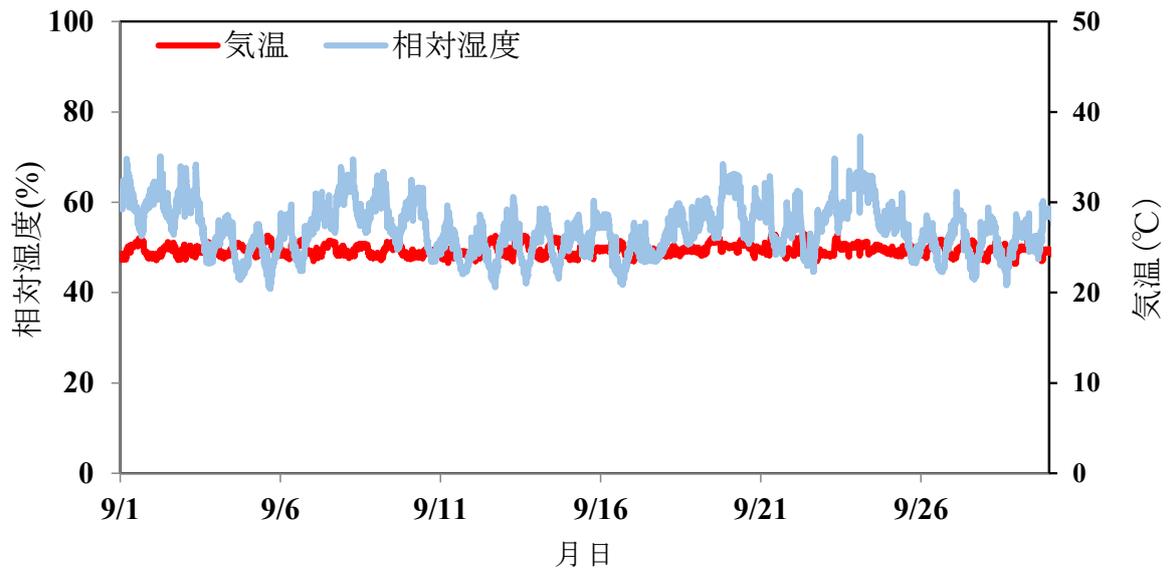
x 加工作業場④9月の温湿度変化図



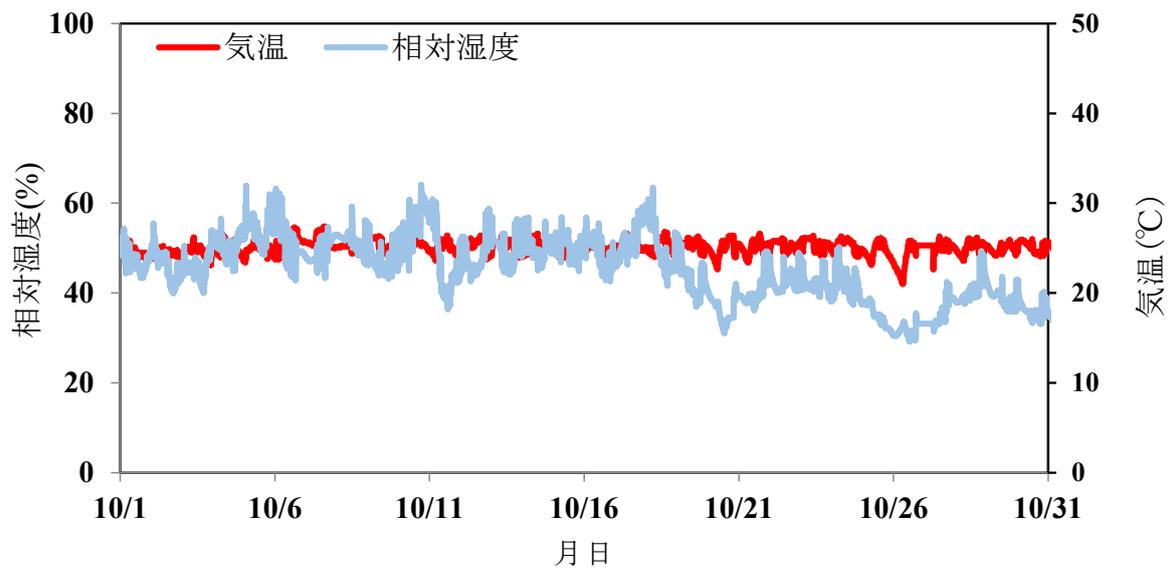
x 加工作業場④10月の温湿度変化図



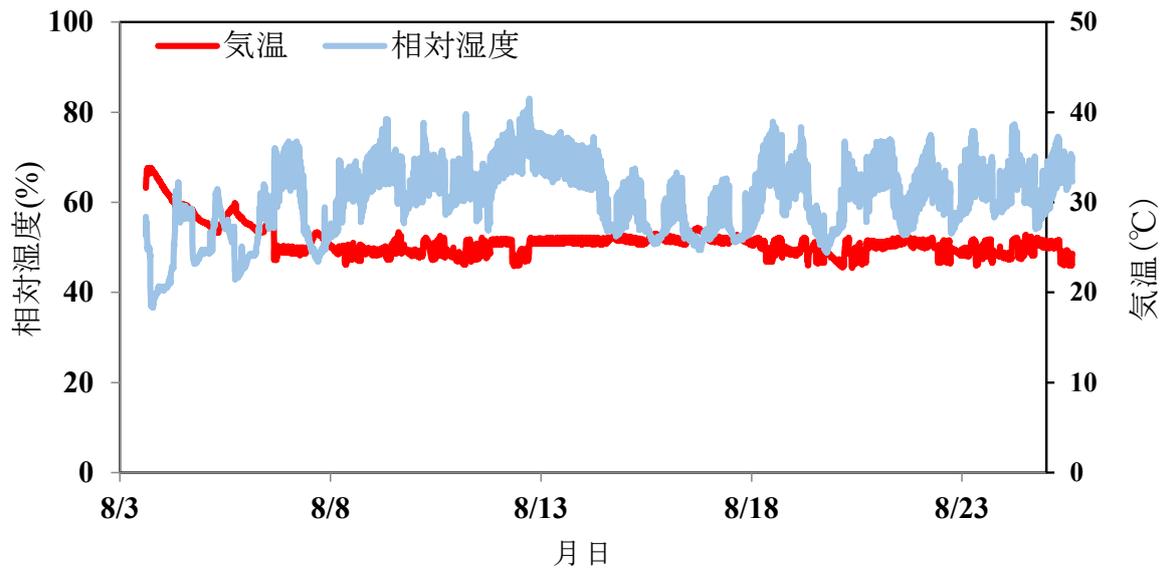
y 製品検品作業場①8月の温湿度変化図



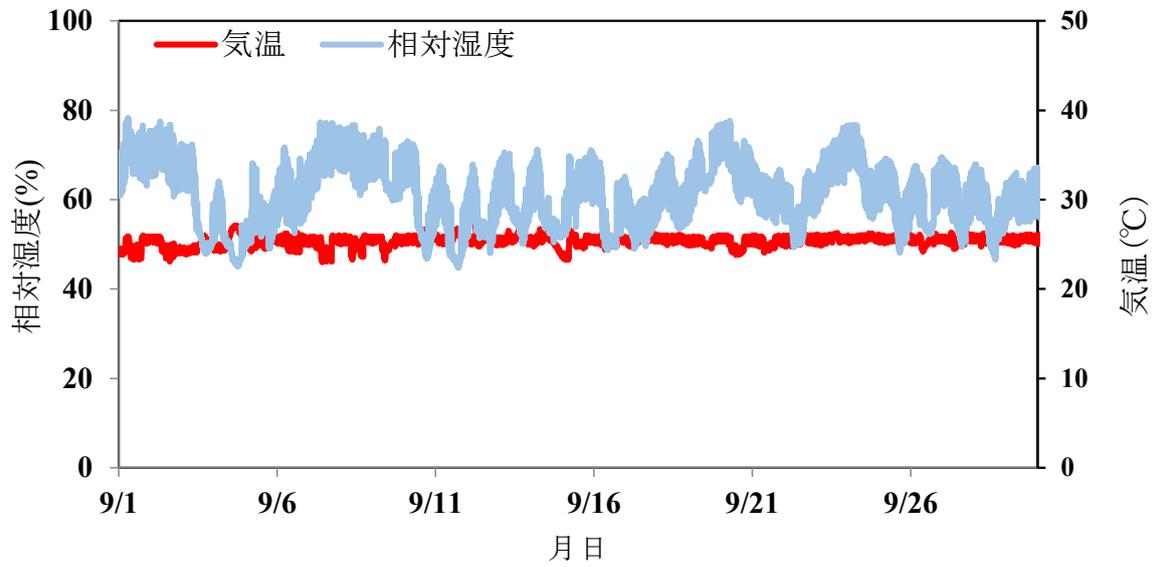
y 製品検品作業場①9月の温湿度変化図



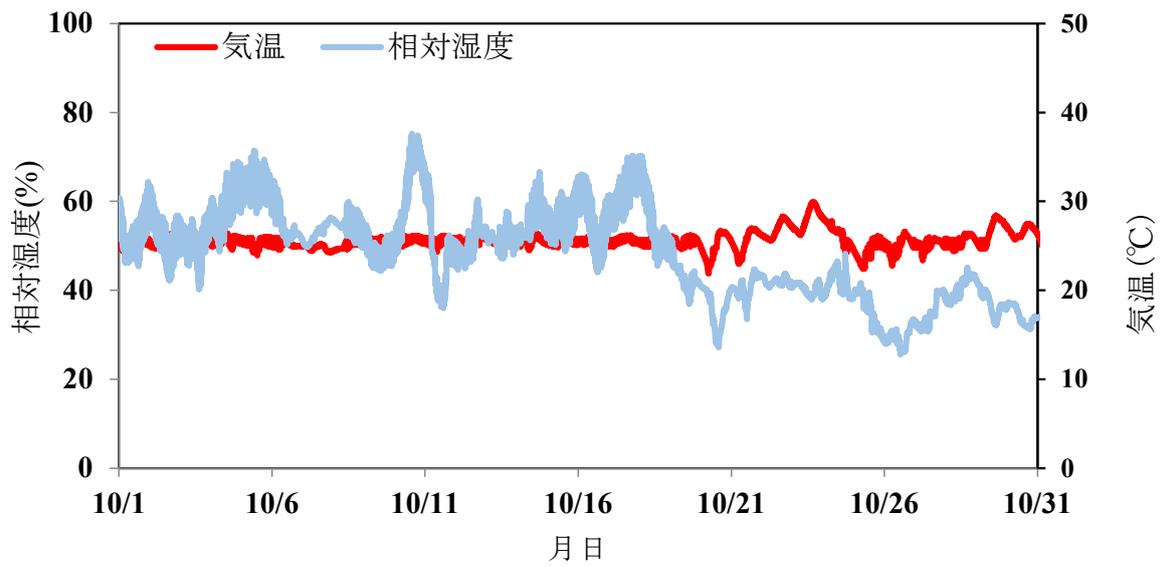
y 製品検品作業場①10月の温湿度変化図



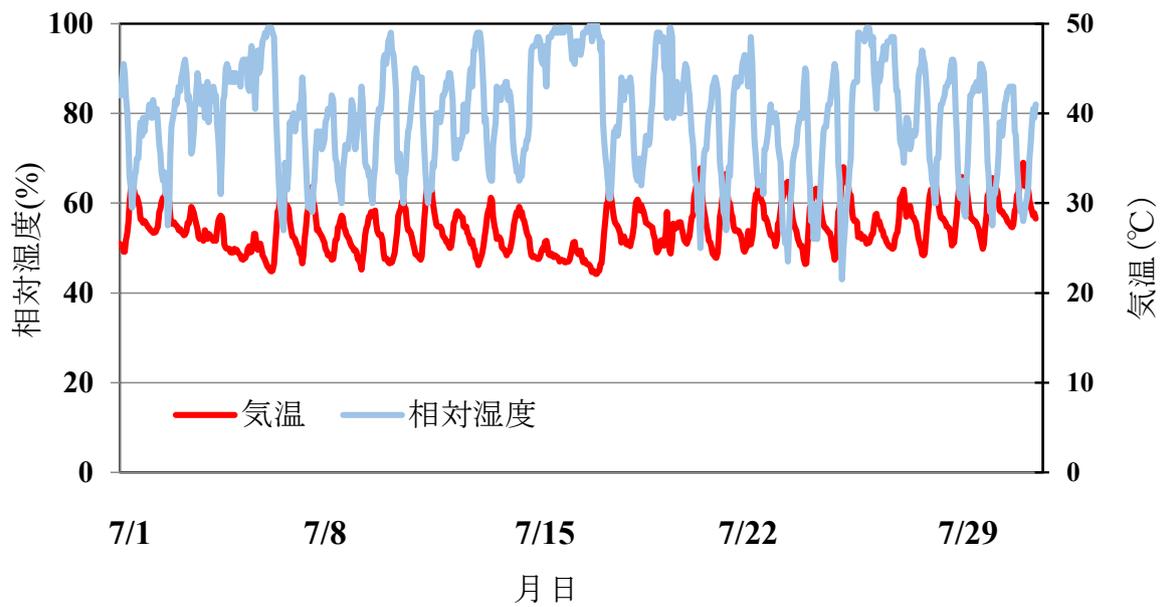
z 製品検品作業場②8月の温湿度変化図



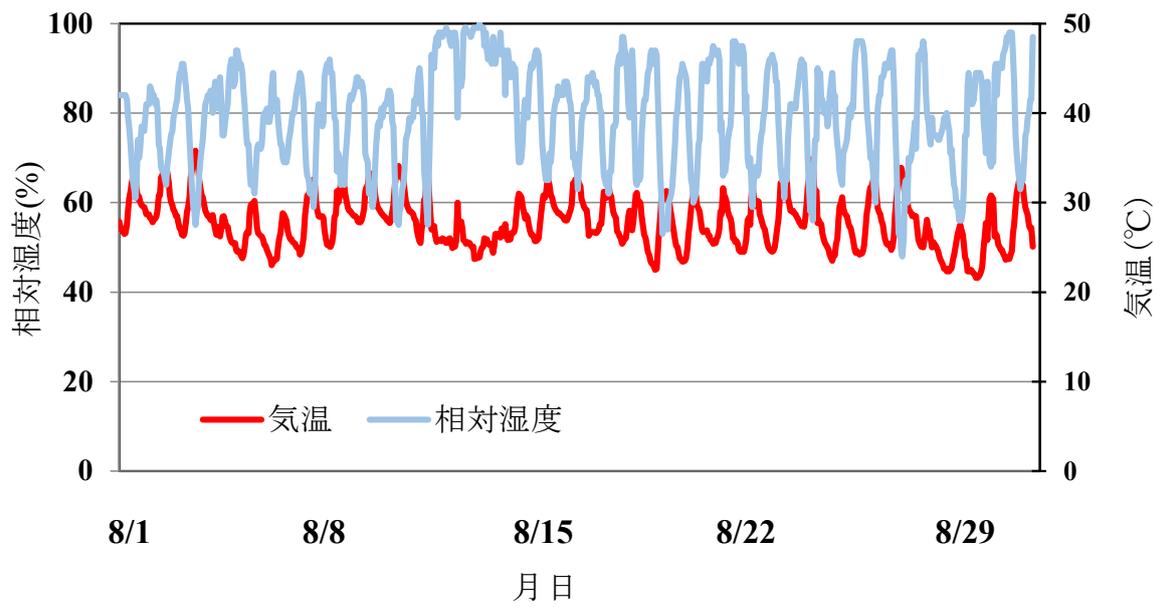
z 製品検品作業場②9月の温湿度変化図



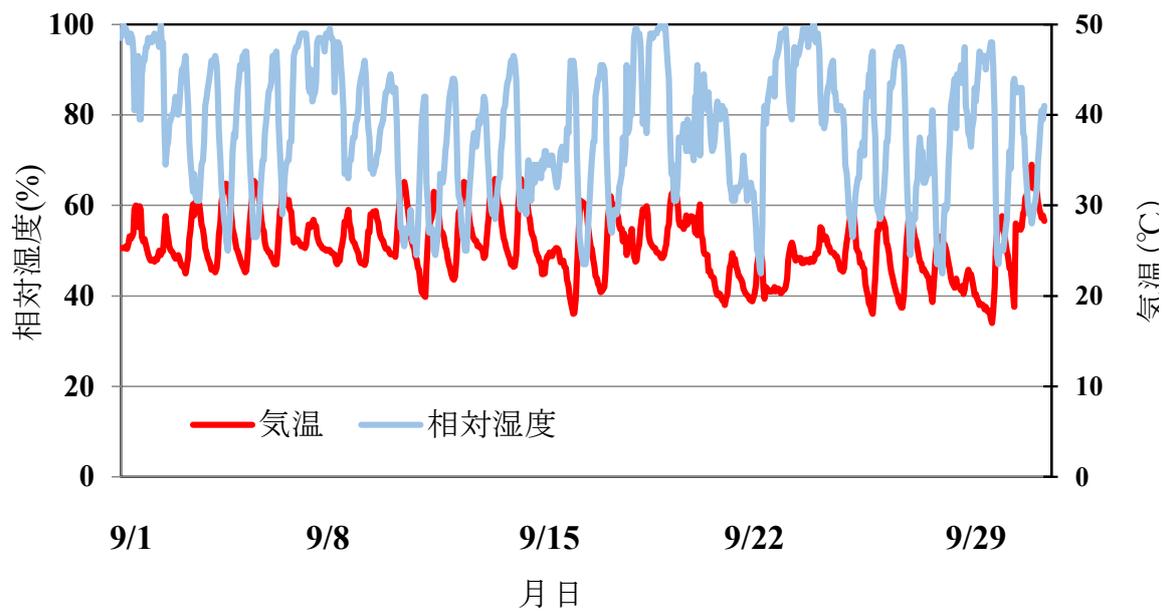
z 製品検品作業場②10月の温湿度変化図



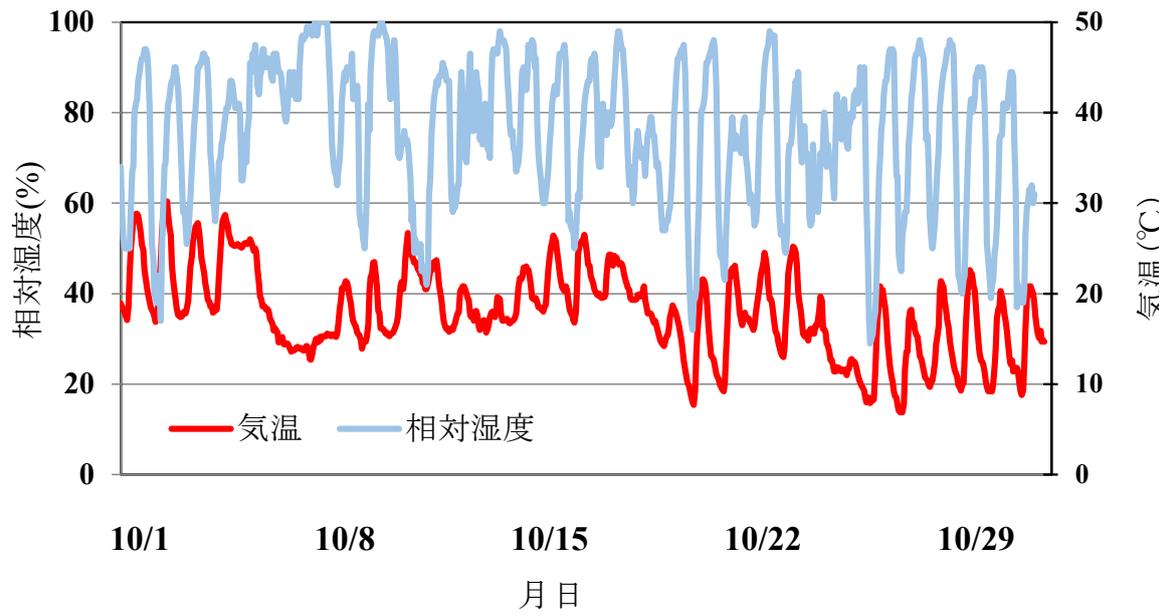
鋳物製造作業場（屋外）7月の温湿度変化図



鋳物製造作業場（屋外）8月の温湿度変化図



鋳物製造作業場（屋外）9月の温湿度変化図



鋳物製造作業場（屋外）10月の温湿度変化図

表 1 各月ごとの測定結果の平均値、最大値、最小値

測定場所		気温 (°C)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
	屋外	平均値	9.0	8.2	-	-	-	26.0	-	-	-	-
		最大値	15.8	19.2	-	-	-	30.5	-	-	-	-
		最小値	1.9	1.8	-	-	-	23.1	-	-	-	-
a	厨房内配膳室	平均値	23.2	23.2	24.1	23.3	23.1	-	28.7	29.3	27.5	24.2
		最大値	30.9	30.4	31.8	30.8	30.0	-	35.3	36.7	34.3	33.1
		最小値	19.5	19.9	20.7	16.8	17.3	-	24.3	24.1	22.1	19.7
b	厨房内(スープ・ケトル)	平均値	22.7	-	-	-	-	-	-	30.6	27.6	23.2
		最大値	24.8	-	-	-	-	-	-	34.1	32.1	31.3
		最小値	16.8	-	-	-	-	-	-	21.9	22.4	18.3
c	厨房内①	平均値	23.7	-	-	-	-	-	-	28.6	26.1	22.8
		最大値	25.5	-	-	-	-	-	-	31.6	30.2	28.9
		最小値	21.2	-	-	-	-	-	-	22.4	22.4	18.6
d	厨房内②	平均値	26.0	-	-	-	-	-	-	32.0	29.8	28.6
		最大値	30.9	-	-	-	-	-	-	37.7	35.6	34.9
		最小値	21.7	-	-	-	-	-	-	23.1	23.8	25.6
e	厨房外食堂	平均値	24.4	24.5	25.2	24.4	24.5	26.1	28.1	29.7	26.7	23.9
		最大値	26.7	27.3	28.3	27.4	28.7	30.8	31.1	33.1	30.6	29.6
		最小値	22.3	20.0	17.8	19.6	19.0	21.9	25.0	25.2	22.7	20.1
f	厨房外事務室	平均値	21.3	21.7	21.3	22.3	23.8	25.0	26.4	26.8	25.9	23.7
		最大値	25.0	25.3	25.0	25.8	26.1	27.6	27.9	28.8	27.8	26.2
		最小値	16.3	18.1	17.6	17.9	19.8	23.7	24.7	25.1	24.2	20.6
g	休憩室①	平均値	-	-	24.5	-	-	23.2	-	-	-	-
		最大値	-	-	26.6	-	-	24.9	-	-	-	-
		最小値	-	-	23.1	-	-	20.4	-	-	-	-
h	休憩室②	平均値	-	-	-	-	-	24.0	-	-	-	-
		最大値	-	-	-	-	-	25.8	-	-	-	-
		最小値	-	-	-	-	-	21.0	-	-	-	-
外気	平均値	6.0	5.4	11.8	15.7	19.9	24.2	28.1	29.0	25.2	18.7	
	最大値	13.6	15.0	23.7	25.9	30.0	34.3	34.9	36.1	33.3	30.7	
	最小値	-1.3	-1.0	1.3	3.3	8.8	16.6	18.4	18.4	17.7	8.9	

測定場所		相対湿度(%)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
	屋外	平均値	54.8	50.3	-	-	-	66.6	-	-	-	-
		最大値	85.3	88.9	-	-	-	77.8	-	-	-	-
		最小値	31.0	24.7	-	-	-	55.3	-	-	-	-
a	厨房内配膳室	平均値	26.9	24.4	36.3	46.4	53.6	-	64.4	63.2	59.6	52.2
		最大値	45.3	43.8	66.7	79.1	78.5	-	80.0	79.1	79.3	74.5
		最小値	15.0	12.3	16.1	18.3	28.0	-	44.5	43.4	35.5	28.1
b	厨房内(スープ・ケトル)	平均値	29.1	-	-	-	-	-	-	68.3	68.6	59.5
		最大値	61.8	-	-	-	-	-	-	81.3	84.0	86.3
		最小値	18.2	-	-	-	-	-	-	22.7	46.5	37.1
c	厨房内①	平均値	28.6	-	-	-	-	-	-	68.8	71.0	60.1
		最大値	71.5	-	-	-	-	-	-	82.4	84.4	79.4
		最小値	17.2	-	-	-	-	-	-	21.6	48.6	37.5
d	厨房内②	平均値	29.2	-	-	-	-	-	-	58.2	57.3	56.0
		最大値	56.1	-	-	-	-	-	-	75.0	70.6	68.1
		最小値	18.0	-	-	-	-	-	-	23.2	35.5	40.0
e	厨房外食堂	平均値	25.8	24.2	35.2	44.0	49.9	62.4	67.9	66.0	66.1	54.9
		最大値	59.8	50.2	62.1	72.9	85.4	85.3	83.7	84.5	87.3	74.3
		最小値	15.8	14.2	18.3	21.7	27.9	35.2	51.4	51.2	41.7	33.7
f	厨房外事務室	平均値	32.8	27.1	42.7	49.7	53.8	65.3	69.1	69.6	69.0	56.4
		最大値	48.5	35.9	71.3	79.2	73.4	79.3	83.2	80.8	86.8	77.1
		最小値	19.0	19.7	23.4	28.2	34.9	48.5	53.5	56.0	45.9	37.2
g	休憩室①	平均値	-	-	38.0	-	-	67.5	-	-	-	-
		最大値	-	-	52.6	-	-	78.7	-	-	-	-
		最小値	-	-	31.3	-	-	52.7	-	-	-	-
h	休憩室②	平均値	-	-	-	-	-	62.2	-	-	-	-
		最大値	-	-	-	-	-	72.1	-	-	-	-
		最小値	-	-	-	-	-	51.7	-	-	-	-
外気	平均値	64.3	58.8	67.4	68.0	65.3	75.3	78.0	76.0	76.6	70.3	
	最大値	100.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	
	最小値	34.0	23.0	15.0	20.0	20.0	28.0	41.0	47.0	42.0	33.0	

測定場所		気温 (°C)	7月	8月	9月	10月
i	屋内溶接作業場①	平均値	30.7	31.8	28.4	22.8
		最大値	42.0	39.1	38.5	35.0
		最小値	26.0	27.2	22.4	16.4
j	屋内溶接作業場②	平均値	28.2	29.1	26.3	20.7
		最大値	36.2	33.3	34.4	28.8
		最小値	23.5	25.0	20.5	14.2
k	屋内作業場①	平均値	29.1	30.2	27.0	20.3
		最大値	37.8	35.9	36.9	30.5
		最小値	23.9	25.1	20.8	14.2
l	屋内溶接作業場③	平均値	30.1	30.8	28.0	22.5
		最大値	36.9	34.0	36.1	30.2
		最小値	25.8	27.3	21.4	15.9
m	屋外作業場①	平均値	30.0	30.9	27.1	21.8
		最大値	37.2	36.5	36.0	31.8
		最小値	25.1	25.8	21.1	15.5
n	屋外作業場②	平均値	31.1	32.2	27.6	21.7
		最大値	44.7	43.2	44.2	36.3
		最小値	24.0	25.6	20.7	14.6
o	敷地外作業場	平均値	30.8	32.8	27.9	19.8
		最大値	42.1	60.4	48.0	33.7
		最小値	24.2	26.6	20.7	12.2
p	屋外作業場②	平均値	29.8	30.5	-	25.1
		最大値	38.9	34.8	-	33.3
		最小値	25.0	22.8	-	17.6
q	製造船舶内作業場	平均値	29.3	35.1	28.1	-
		最大値	39.8	46.7	43.9	-
		最小値	24.0	26.0	20.2	-
r	屋内作業場②	平均値	29.3	32.0	-	-
		最大値	43.7	36.2	-	-
		最小値	23.0	28.0	-	-
	造船作業場 屋外	平均値	28.2	28.7	26.0	19.8
		最大値	36.0	33.7	35.5	29.9
		最小値	22.6	22.0	18.9	11.9
s	加工作業場①	平均値	27.2	30.3	31.0	27.1
		最大値	33.7	37.7	38.2	35.3
		最小値	22.5	24.9	25.5	19.1
t	焼成作業場 (炉前)	平均値	-	36.5	34.7	31.2
		最大値	-	43.9	43.2	41.1
		最小値	-	30.8	27.7	25.1
u	加工作業場②	平均値	-	30.4	28.9	-
		最大値	-	36.6	35.1	-
		最小値	-	25.0	21.1	-
v	加工作業場③	平均値	-	33.0	31.4	27.5
		最大値	-	37.8	35.8	33.5
		最小値	-	27.0	24.1	19.8
w	焼成作業場 (成型機前)	平均値	-	31.4	30.0	27.0
		最大値	-	40.5	39.7	37.1
		最小値	-	22.9	22.7	18.5
x	加工作業場④	平均値	-	32.6	31.0	26.7
		最大値	-	37.8	35.7	32.3
		最小値	-	27.6	26.3	19.4
y	製品検品作業場①	平均値	-	25.2	24.7	25.0
		最大値	-	28.4	26.7	27.4
		最小値	-	23.4	23.2	21.0
z	製品検品作業場②	平均値	-	25.6	25.4	25.6
		最大値	-	33.8	27.8	29.9
		最小値	-	22.7	23	21.9
鋳物清掃作業場 外気		平均値	28.2	27.2	27.8	25.3
		最大値	34.5	35.8	32.9	30.2
		最小値	22.1	21.6	17.0	6.9

測定場所		相対湿度(%)	7月	8月	9月	10月
i	屋内溶接作業場①	平均值	71.7	74.8	66.9	60.9
		最大値	91.5	88.8	87.2	84.7
		最小値	37.9	47.4	38.9	29.3
j	屋内溶接作業場②	平均值	80.9	84.9	75.2	68.7
		最大値	94.3	94.3	93.1	93.3
		最小値	49.5	60.4	41.2	31.2
k	屋内作業場①	平均值	77.9	80.6	71.9	65.1
		最大値	94.6	95.5	95.3	90.8
		最小値	45.4	53.9	39.6	26.9
l	屋内溶接作業場③	平均值	71.9	77.5	67.0	59.9
		最大値	83.7	90.6	82.9	86.2
		最小値	46.2	60.1	42.8	31.8
m	屋外作業場①	平均值	74.4	76.1	71.8	65.1
		最大値	86.2	85.2	88.1	82.8
		最小値	62.2	64.3	61.5	49.6
n	屋外作業場②	平均值	66.0	67.3	70.1	69.5
		最大値	89.0	91.6	90.0	79.0
		最小値	44.4	44.9	38.2	57.7
o	敷地外作業場	平均值	71.9	72.9	75.4	66.3
		最大値	90.6	92.6	97.8	88.5
		最小値	37.3	31.2	28.7	23.5
p	屋外作業場②	平均值	76.3	77.5	-	53.1
		最大値	100.0	97.0	-	74.5
		最小値	37.2	33.6	-	32.2
q	製造船舶内作業場	平均值	68.0	67.0	81.1	-
		最大値	88.6	100.0	100.0	-
		最小値	43.0	32.9	25.0	-
r	屋内作業場②	平均值	69.0	80.2	-	-
		最大値	89.8	96.8	-	-
		最小値	41.2	64.9	-	-
	造船作業場 屋外	平均值	79.9	80.8	73.1	67.1
		最大値	99.0	99.0	100.0	100.0
		最小値	45.0	47.0	42.0	26.0
s	加工作業場①	平均值	68.1	60.8	55.7	45.9
		最大値	83.2	79.6	79.3	72.8
		最小値	51.7	41.6	38.4	29.0
t	焼成作業場 (炉前)	平均值	-	51.7	47.6	37.1
		最大値	-	68.7	67.3	58.6
		最小値	-	37.2	32.1	23.3
u	加工作業場②	平均值	-	67.1	64.1	-
		最大値	-	84.3	83.9	-
		最小値	-	55.2	42.7	-
v	加工作業場③	平均值	-	60.1	56.0	45.9
		最大値	-	82.0	80.9	73.5
		最小値	-	45.7	39.8	28.6
w	焼成作業場 (成型機前)	平均值	-	61.0	56.9	44.9
		最大値	-	84.8	81.3	79.9
		最小値	-	39.4	39.5	27.4
x	加工作業場④	平均值	-	56.1	52.8	44.5
		最大値	-	78.0	74.0	70.6
		最小値	-	41.2	37.5	24.8
y	製品検品作業場①	平均值	-	54.0	54.0	45.1
		最大値	-	71.0	74.6	64.0
		最小値	-	40.7	40.9	29.2
z	製品検品作業場②	平均值	-	60.9	61.3	48.0
		最大値	-	83.0	78.2	75.2
		最小値	-	36.7	44.8	25.6
	鋳物清掃作業場 外気	平均值	79.5	79.8	77.0	75.5
		最大値	283.00.0	100.0	100.0	100.0
		最小値	43.0	48.0	45.0	29.0

8 研究所の工場等における WBGT 測定

研究協力者 田島 慶一

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 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、本学における実測値を収集し、最寄りの気象官署データ（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、本学の工場棟において 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 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、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、夏季の屋内・屋外における暑熱データ実測値として WBGT と放射温度を収集し、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した。

B. 研究方法

2022年7月1日～7月12日、8月1日～8月12日、9月1日～9月12日の期間に産業医科大学の工場棟で、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 の測定を行った。当該施設は最寄りのアメダス測定地点から約 4km の距離に位置する。測定間隔は 1 分とした。測定点は工場棟の 2 階の制御室（以下、屋内 2 階）、1 階の多目的模擬工場のシャッター付近（以下、屋内 1 階）、工場棟傍の日中は日光が当たる屋外（以下、屋外日向）、工場棟横の建物に囲まれた日陰の場所（以下、屋外日陰）を選択した。屋内 2 階はおよそ 550cm×350cm×250cm、屋内 1 階はおよそ 1,200cm×620cm×700cm の広さである。測定期間中は工場棟の人の出入りはほとんどなく、空調の稼働もなかった。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）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）」、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。

また2022年7月11日、8月8日、9月8日に工場棟の①屋内2階の天井と壁（①-a 屋内2階 天井、①-b 屋内2階 壁）、②屋内1階の天井、壁、シャッター（②-a 屋内1階 天井、②-b 屋内1階 壁、②-c 屋内1階 シャッター）の放射温度をレーザーマーカ付き放射温度計AD-5616(AND)を用いて測定した。9月8日は床の放射温度の測定も追加実施した（①-c 屋内2階 床、②-4 屋内1階 床）。測定時刻は9時、12時、13時、14時、15時、16時、17時、18時、19時である。

C. 研究結果

各測定地点の詳細を図1、図2、図3に示す。測定期間中の各測定地点及び環境省のWBGTの推移を比較したグラフを図4に示す。気象庁のデータより日照が認められた時間を橙色の帯で、降雨が認められた時間帯を青色で示した。橙色に該当する時間は1時間あたり0.0時間を超え且つ1.0時間以下の日照が認められた時間となっているため、橙色の帯の中でも一部日照がない時間も含まれる。それ以外の時間は日照がなく且つ降雨もない時間帯であった。

①屋内2階のWBGTは日の出後の7時又は8時頃からアメダス値より低くなりはじめ、日の入り前の15時～17時に逆転し高くなっていった。9月1日は前日と比較してアメダス値

が急激に下がり、①屋内2階のWBGTが日中でも高い値を示した。続く9月2日もアメダス値は下がり、午後の14時～18時の間だけ①屋内2階のWBGTが0℃～1℃低く、他の時間帯は高くなっていた。9月3日は9月1日程度まで気温が上がり、日の出前の5時から①屋内2階のWBGTがアメダス値を下回り、9月4日の1時まで逆転しなかった。9月6日も前日の夕方から深夜の気温より日中は上がらず、日中でも①屋内2階のWBGTの方がアメダス値より高い時間は増えていた。WBGTのピークに着目すると、①屋内2階のWBGTは日の入りの2時間前から日の入り直前の時間帯で最も高くなるが多かった。9月6日のみ日中のアメダス値がその前の夜間と同程度からさらに低い温度で推移したため、午前中のWBGTが午後のWBGTより高くなっていた。9月6日については他の測定地点に関しても同様であった。

②屋内1階のWBGTは日の出後の6時又は7時頃から右肩上がりに上がりはじめるが、アメダス値がその値を超えてより高くなっていった。15時～17時からアメダス値は下がっていくのに対して、②屋内1階のWBGTは上がっていき、その時間帯に②屋内1階のWBGTがアメダス値より高くなるが多かった。9月2日は前述同様にアメダス値がさほど上がらなかったため、日中でも②屋内1階のWBGTがアメダス値より高い時間が多かった。②屋内1階のWBGTのピークは①屋内1階よりやや早い時間に見られることが多く、日の入りより2～3時間前の時間帯が多かった。

③屋外日向のWBGTはアメダス値と同程度の値を示しながら推移していた。ただし、日の入りから日の出の日中の時間帯は③屋外日向のWBGTがアメダス値より1～2℃高く示すことも多く、日の出から日の入りまでの夜間の

時間帯の方が両者はより一致していた。降雨時でも両者が近い値で推移する日もあれば、1～3℃差がある場合も見られた。③屋外日向のWBGTのピークは11時～14時に見られることが多いが、16時や17時に見られる日もあった。

④屋外日陰のWBGTはアメダス値と比較して日中は低く、夜間は高かったが、WBGTが一時的に上がるタイミングと下がるタイミングは重なることが多かった。④屋外日陰のWBGTのピークは15時～16時に見られることが多かったが、それより早くピークが来る日もあった。

日の出の時刻からのWBGTの上がり方を比較するとアメダス値、③屋外日向、④屋外日陰のWBGTはほぼ日の出直後から上がりはじめたが、②屋内1階のWBGTは日の出直後～1時間後に上がりはじめ、①屋内2階のWBGTは日の出から3～4時間経過後に上がりはじめる傾向が見られ、ずれが生じていた。特に③屋外日向と環境省のWBGTは数値の上がる早さも他と比較して早かった。

日中の時間帯は③屋外日向及びアメダス値が最も高値を示すことがほとんどであるが、7月4日、9月2日、6日、7日、8日、11日は②屋内1階が同程度もしくは上回ることもあった。

夜間のWBGTは、①屋内2階が最も高く、続いて②屋内1階又は④屋外日陰が高く日によって異なっており、最も低いのは③屋外日向及びアメダス値となっていた。9月3日の夜間は②屋内1階のWBGTが最も低くなっていた。いずれも夜間は朝にかけて徐々に低下傾向になることが多く見られた。

降雨を認めた日時は7月6日6時～6時10分、7月8日17時50分～18時、18時10分～18時20分、22時50分～23時50分、7月

9日1時～1時10分、1時30分～1時40分、2時40分～2時50分、3時50分～5時、7月11日11時～11時20分、12時10分～12時30分、7月12日6時～6時10分、7時40分～7時50分、8時30分～8時50分、8月8日13時40分～14時、8月12日7時～9時、8月12日2時40分～3時、3時10分～3時30分、4時～4時10分、9月1日14時40分～15時40分、18時10分～18時20分、18時40分～19時10分、23時40分～23時50分、9月2日0時20分～1時、2時10分2時30分、2時50分～3時、8時50分～9時、10時20分～10時30分、21時50分～22時、9月3日10時30分～12時40分、9月6日0時50分1時、1時10分～1時50分、3時40分～3時50分、4時20分～4時30分であった。降雨時は、いずれのWBGTも低くなる傾向があり、特にアメダス値、③屋外日向、④屋外日陰は①屋内2階、②屋内1階より低くなるスピードが早かった。アメダス値と③屋外日向のWBGTは下がる時間がずれることがしばしば見られ、③屋外日向と④屋外日陰のWBGTが下がる時間が同じであることが多かった。

工場棟の放射温度の測定箇所を図5に示す。各放射温度と工場棟のWBGTを比較したグラフを図6に示す。同じ屋内の部屋における放射温度は常にその部屋のWBGTより数℃以上高い値を示しながら推移していた。いずれの日もシャッターの放射温度が16時に著明に上昇していた。屋内2階の天井及び壁及び床の放射温度は近い値で推移していることが多かったが、屋内2階はシャッターと天井の放射温度の変動が激しく、壁と床の温度はそれに比べると近かった。7月11日13時と8月8日14時の降雨直後の測定では、屋内1階の天井の放射温度、屋内1階、屋外日向のWBGTは両日とも低下したが、シャッターは7月11日のみ低下した。7月11日11時

台に降雨があったが、9時と比べると12時のそれぞれの温度については、屋外日向以外は上昇していた。

D. 考察

屋内で空調がない環境下において、午前中に実測値がアメダス値よりもやや遅れて上昇し、午後遅れて下降する傾向が見られたが、建物の壁や屋根によって外気温の上昇の影響がすぐには伝わらずタイムラグが生じること、夕方から夜にかけて外気温が下がっていく際に放射冷却が遮られ、建物内に熱がこもった影響があると考えられる。降雨を認めた際に屋内の気温の下がり方が屋外に比べて鈍いのも同様の影響が考えられる。日中夕方までは屋内の方が低いこと、夕方～日の入りの時間帯にアメダス値を超えて高くなりやすく、その後の夜間も屋内の方がWBGTは高くなりやすいことは傾向として捉えることができた。

②屋内1階のWBGTが15時～17時の間で最高温度に達する傾向が多く見られたことについては、日光が最も強くシャッターに当たっていたことにより放射温度も16時に最高温度に達していたことが考えられ、そのシャッターの目の前にWBGT計を設置していたため、熱源として温度上昇の影響を受けていた可能性が考えられる。①屋内2階は17時頃方北側の窓から日光が差し込んでいたことが同時間にWBGTが上昇する影響に起因していた可能性がある。

また夜間は①屋内2階より②屋内1階のWBGTが低い傾向にあったことから、天井・壁・床の材質は放熱しやすいものを選択すること、窓やドアを開けることで通気させることが熱中症リスクの低減に繋がる可能性がある。ただし、放熱しやすいと考えられる鉄製の天井やシャッターの場合は、日中は日光の暴露による

温度上昇が生じ、熱源として屋内に熱が伝わりやすくなると考えられるため、日よけを設置しておくことが望ましい。

アメダス値が日照の影響で一時的に急上昇していること、また降雨の影響で急低下していることが考えられるが、屋内のWBGTが屋外と隔絶されているため同レベルの急上昇及び急低下は見られにくいことは屋内のWBGTを予測する上で考慮が必要と考えられる。つまり、日照・降雨の有無で別々に屋内のWBGTの予測を立てることが必要である可能性がある。また屋内は天井や壁の材質や厚みの違いで温度に差が生じる可能性があり、同じ屋内でも測定箇所が異なりその周囲の天井や壁の材質が異なれば温度も変わることを考慮する必要がある。

屋外の日向環境下は最寄りの気象官署地点におけるWBGT推計値を実測値として活用しやすい可能性があると考えられた。ただし、推計値より数℃高い場合もあることから熱中症リスクは推計値より高く見積もっておく場合もあることに留意すべきである。アメダス値と③屋外日向で日中急にWBGTが上昇する時間にずれがあることもあり、降雨時もWBGTが下がる時間にずれがあることもしばしば見られたため、測定地点からの距離により多少のずれは生じてしまうことも想定された。

屋外でも日陰の場合、WBGT推計値より低くなるため、日陰を確保することは熱中症予防に重要である。また屋外でも建物で囲まれている場合、夜間はWBGT推計値より高くなりやすいため、夜間は建物などの物体から離れることでより涼しく感じやすいと考えられる。

暦月を比較すると8月が7月9月と比較してWBGTの最高値・最低値も高いことが多く、熱中症リスクは高いと考えられた。7月は8月ほどの気温上昇はなかったが、7月前からの暑

熱順化が必要な暑さであった。9月に入ると時折気温が低下する日も出てくるが、気温が急に低下した日には、屋内の方が前日の熱を残している可能性があるため、屋内の方が暑い時間帯も生じやすいことが考えられた。また9月はWBGTの推移が7月8月と比較して全体的に変則的な動きを示すことが多かったため、急な温度変化には注意を要し涼しく感じても熱中症対策を怠らないことが肝要となる。

放射温度については、シャッターの放射温度の上昇とともに屋内1階のWBGTも変動していることが多く見られ、シャッターの目の前にWBGT計を設置していたため影響を受けていた可能性が考えられる。屋内1階の屋根も放射温度が高めに推移していたが、WBGT計との距離が6~7mほどあるため、そこまで影響は及ぼしていなかった可能性もあるが定かではない。日光のぼく露により一般的な建物の壁より薄い鉄製の屋根やシャッターは熱源となり、その周囲のWBGTは上昇しやすいため、距離を取ることや日光に暴露されない工夫が熱中症対策として必要である。

E. 結論

本研究結果より、建物に囲まれていない屋外の条件においては、最寄りの気象官署地点におけるWBGT推計値（実況推定値）を職場で活用できると考えられた。その際WBGT推計値を1~2℃高めに見積もるとより安全かつ確実となる。

また、屋内では日照と降雨の有無で別々に補正を取ることによって今後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3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

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 工場棟の概略図

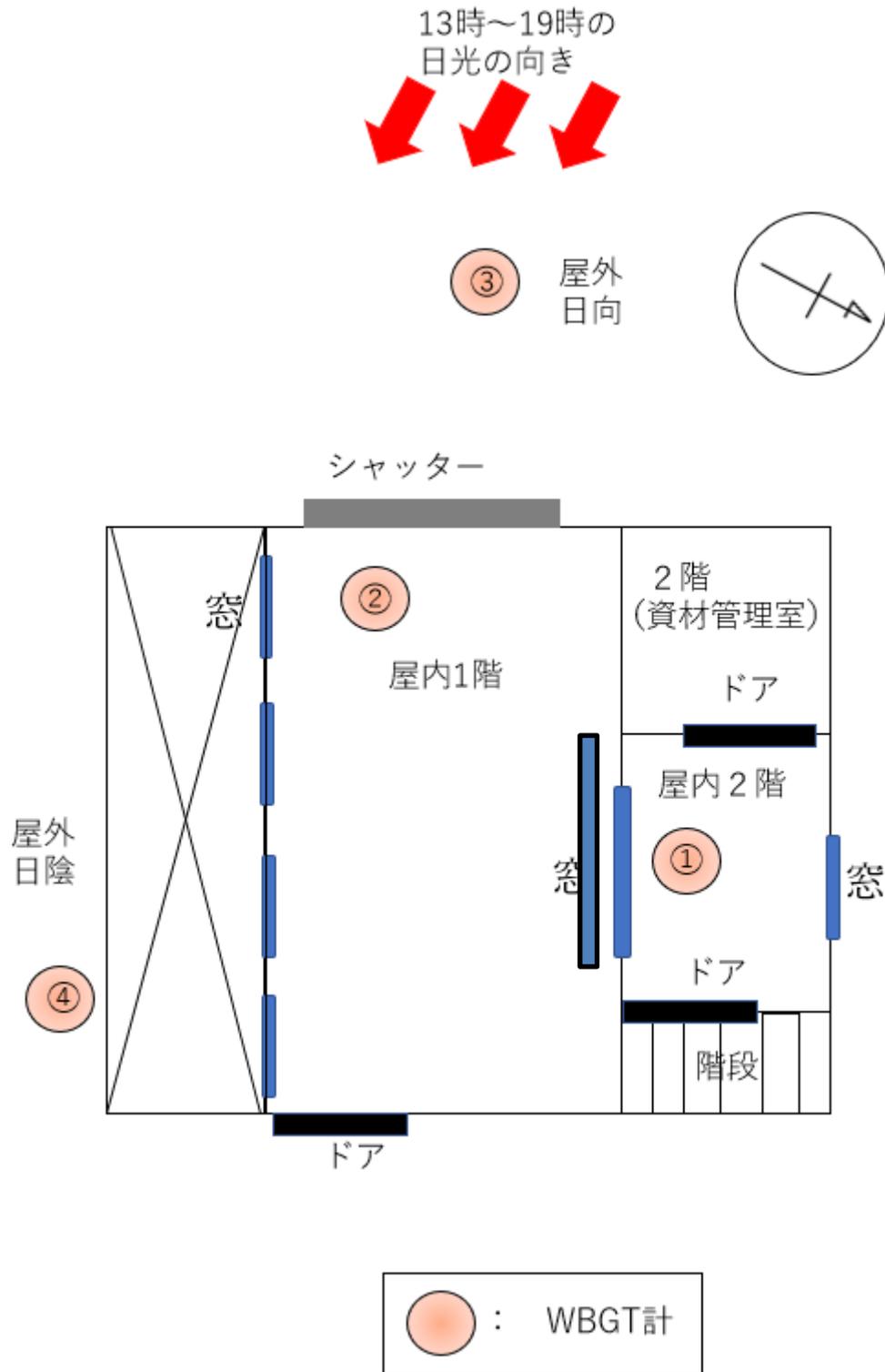
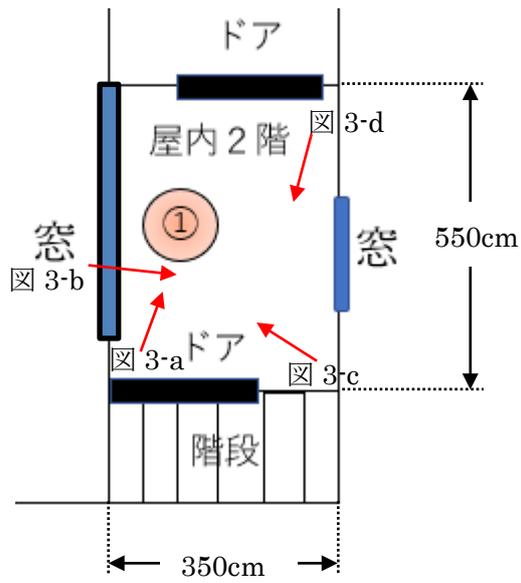


図2 WBGT計の設置箇所

① 屋内 2 階



[図 3-a]



[図 3-b]



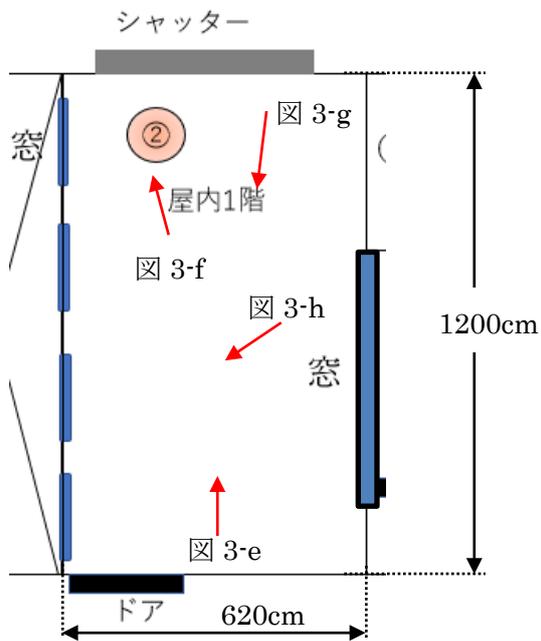
[図 3-c]



[図 3-d]

図 3 測定箇所の詳細

② 屋内1階



↑ : 写真撮影時の向き

- ・ 部屋の高さ : 約 700cm
- ・ 窓の高さ : 上部約 610cm、下部 440cm
- ・ 石膏ボード性の壁
- ・ 鉄製の屋根
- ・ コンクリート性の床



[図 3-e]



[図 3-f]



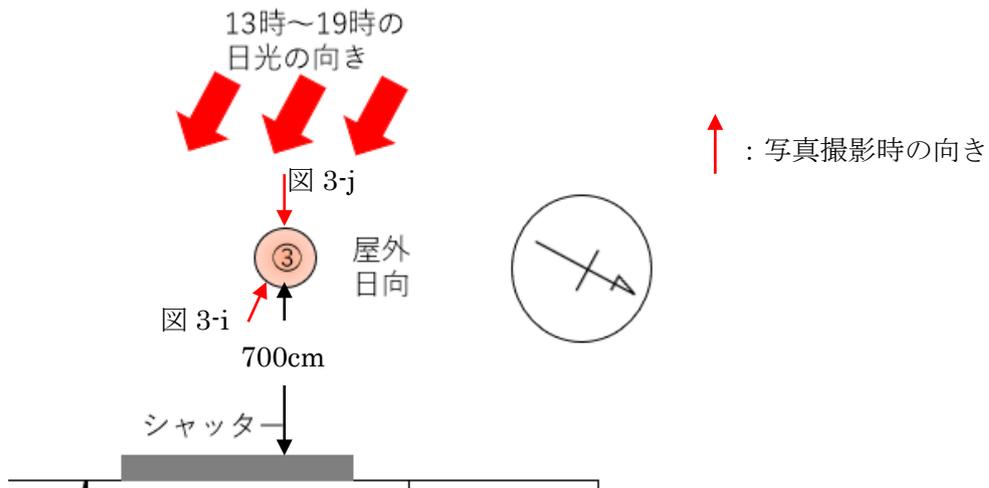
[図 3-g]



[図 3-h]

図 3 測定箇所の詳細 (続き)

③ 屋外日向



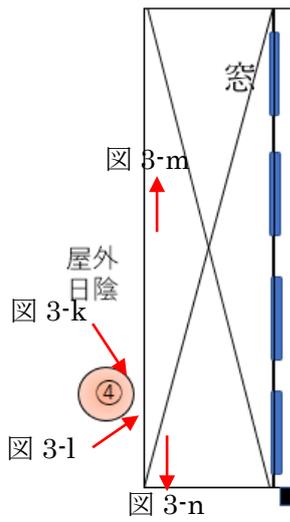
[図 3-i]



[図 3-j]

図 3 測定箇所の詳細 (続き)

④ 屋外日陰



↑ : 写真撮影時の向き

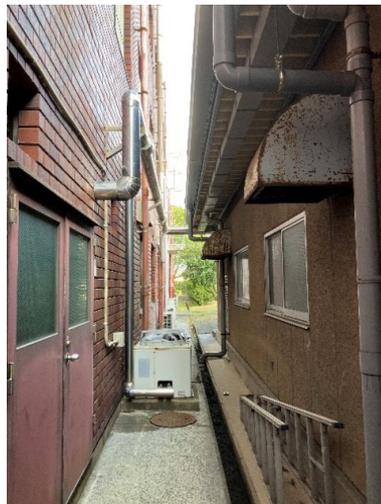
- 建物に挟まれている箇所
- 2~3人分通れる程度のスペース



[図 3-k]



[図 3-l]



[図 3-m]



[図 3-n]

図 3 測定箇所の詳細 (続き)

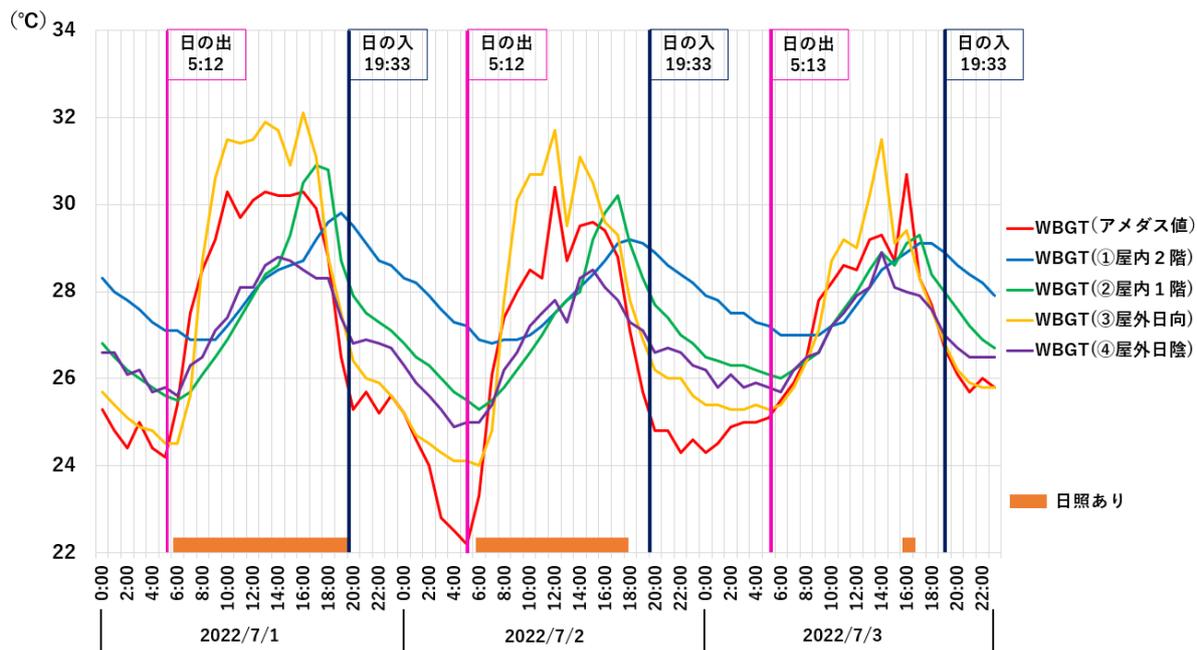


図 4-1 WBGT の比較 (2022/7/1~2022/7/3)

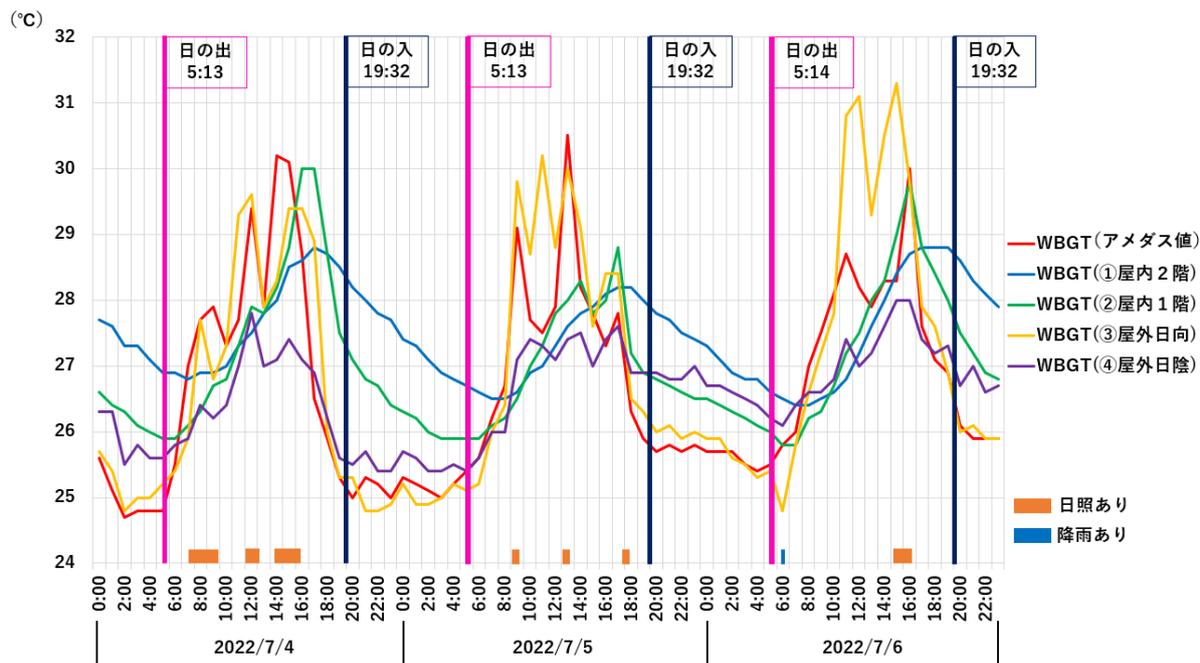


図 4-2 WBGT の比較 (2022/7/4~2022/7/6)

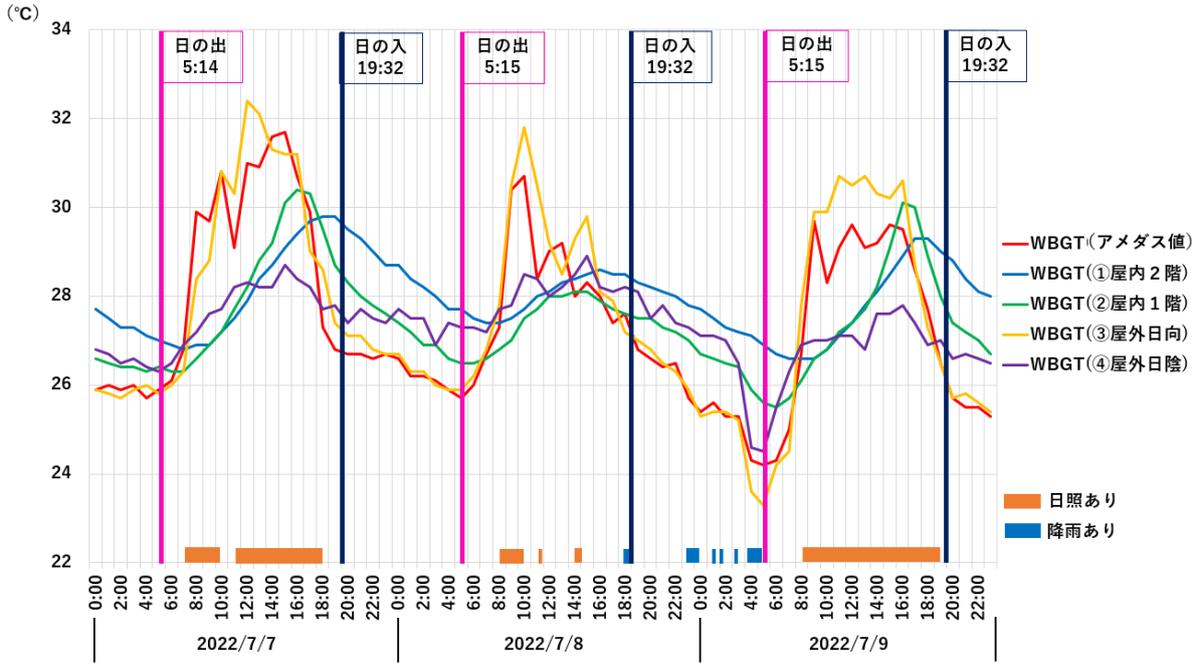


図 4-3 WBGT の比較 (2022/7/7~2022/7/9)

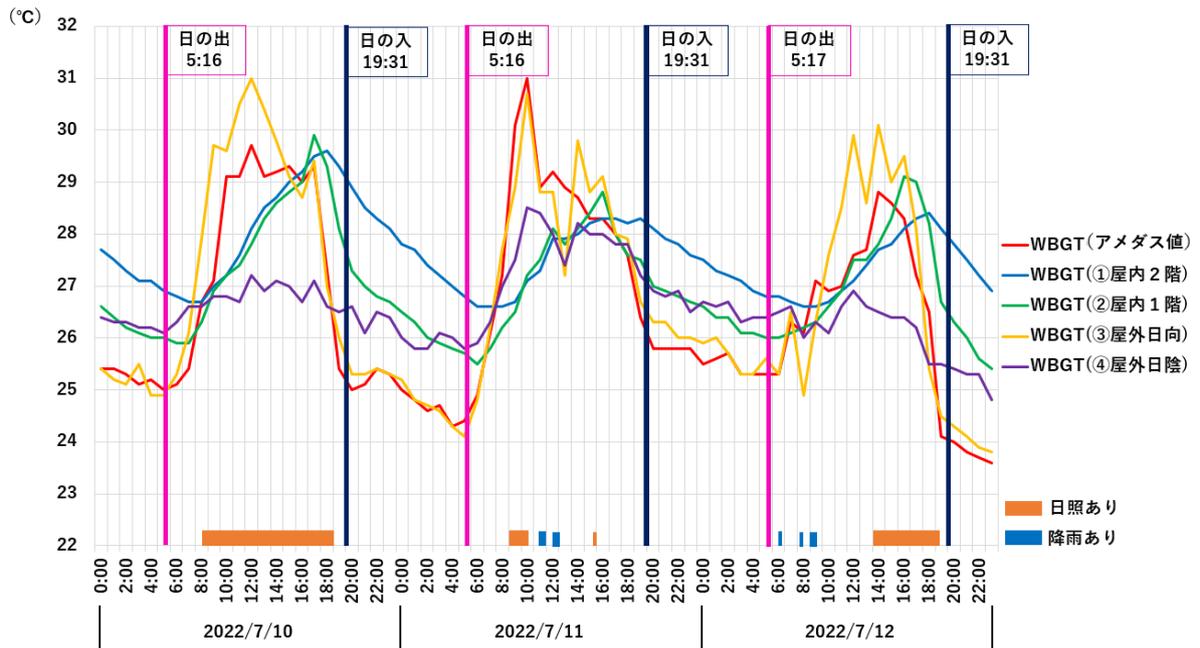


図 4-4 WBGT の比較 (2022/7/10~2022/7/12)

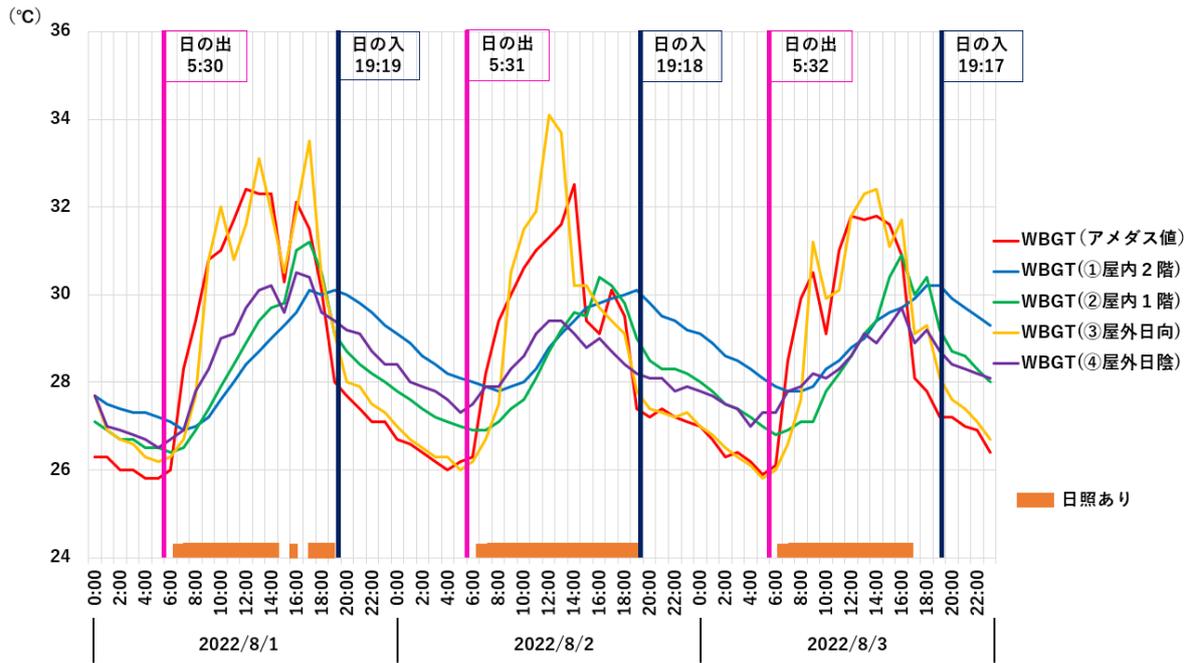


図 4-5 WBGT の比較 (2022/8/1~2022/8/3)

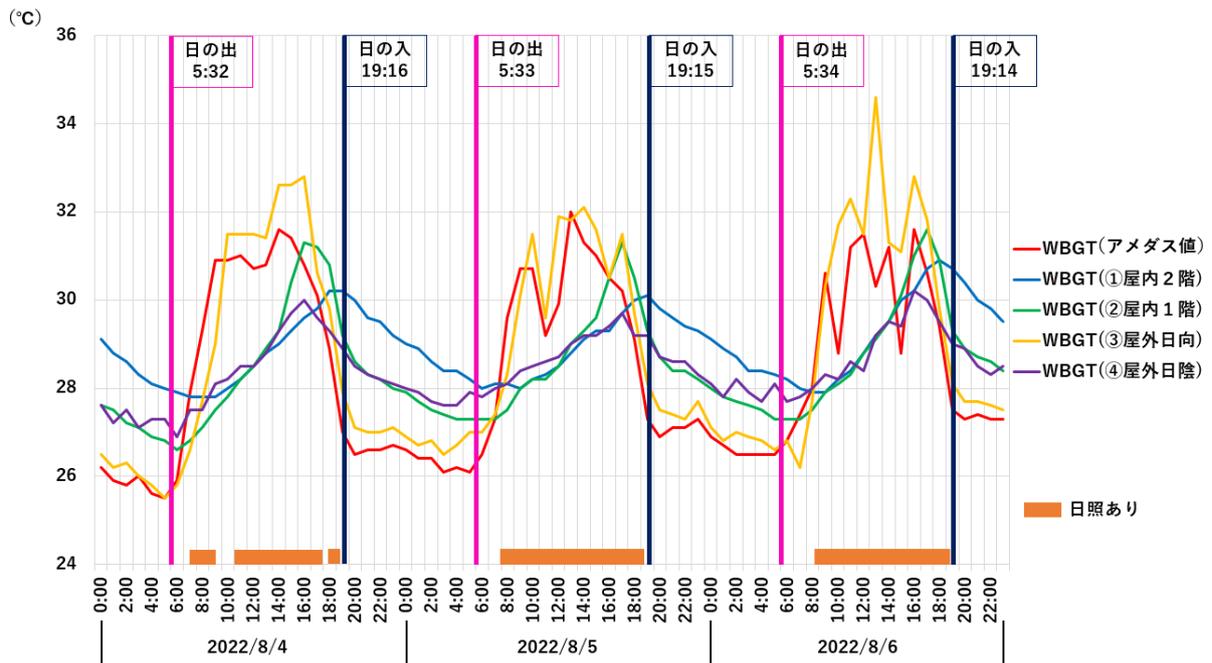


図 4-6 WBGT の比較 (2022/8/4~2022/8/6)

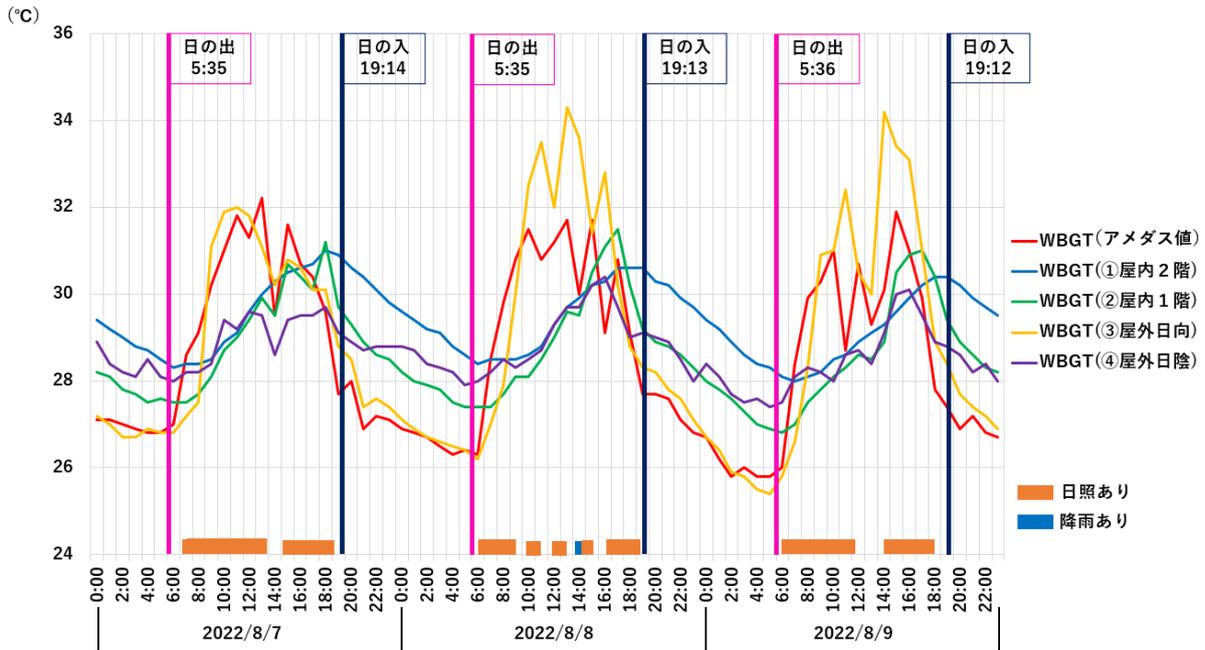


図 4-7 WBGT の比較 (2022/8/7~2022/8/9)

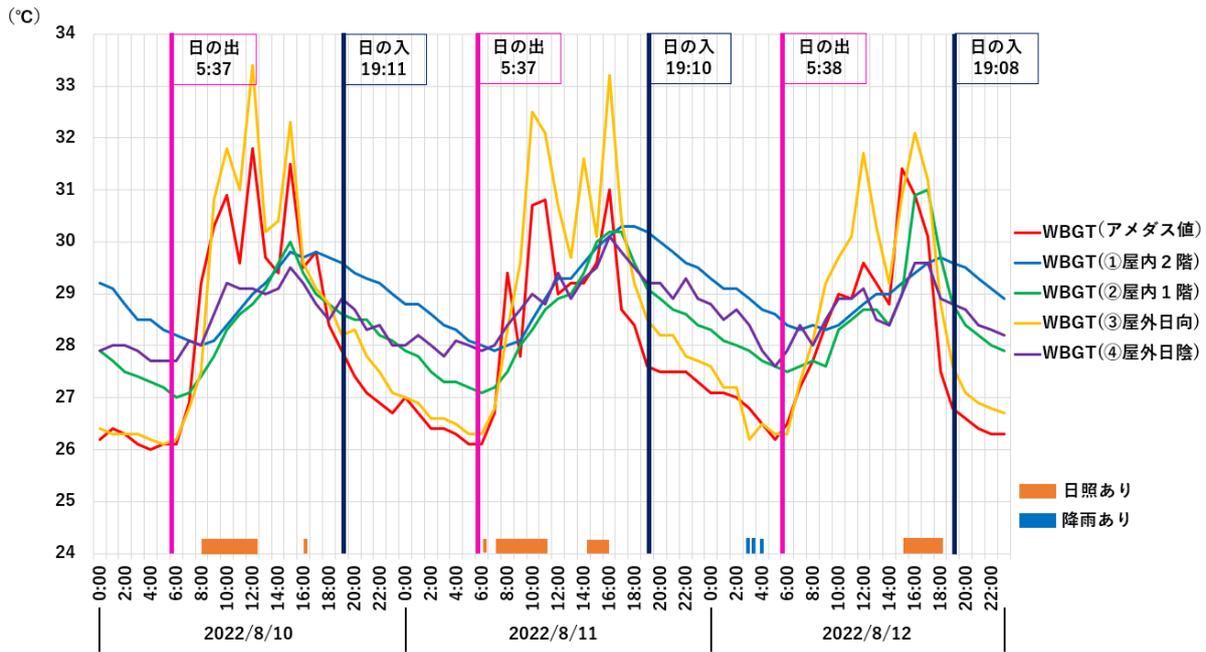


図 4-8 WBGT の比較 (2022/8/10~2022/8/12)

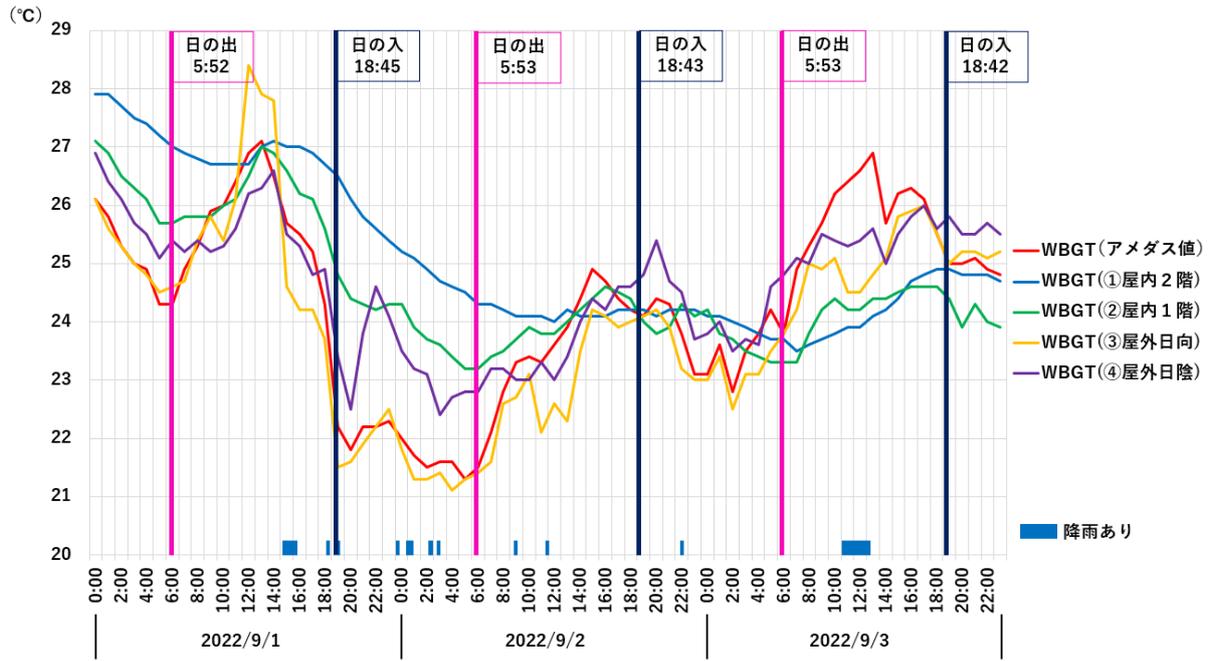


図 4-9 WBGT の比較 (2022/9/1~2022/9/3)

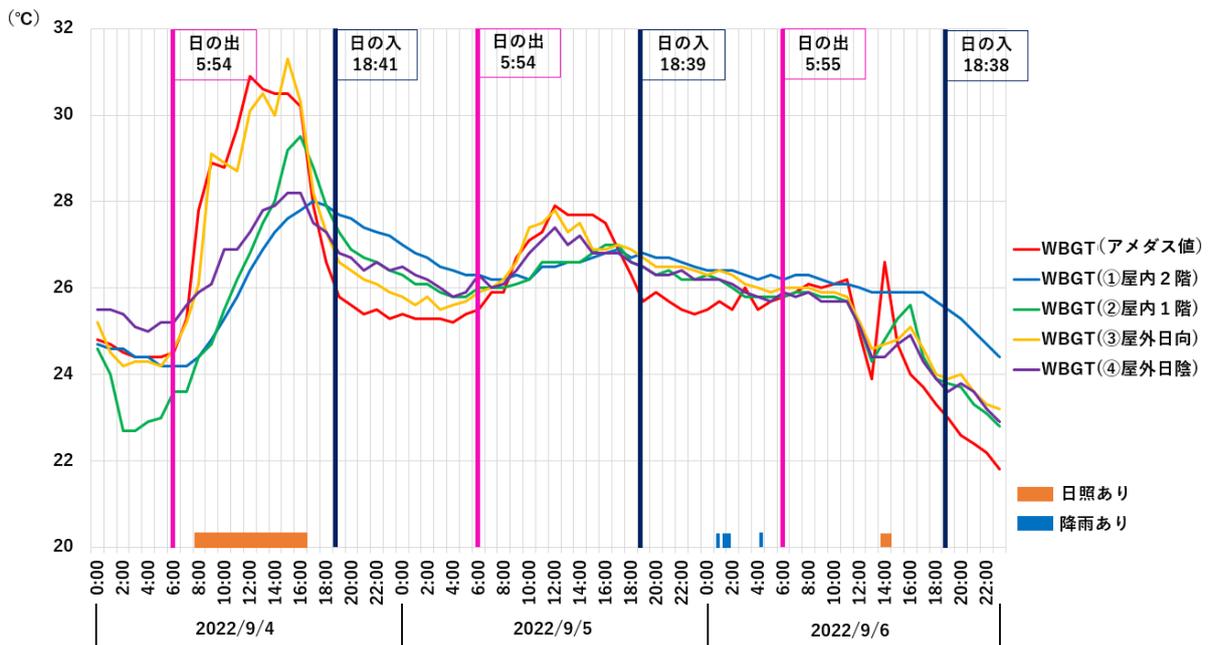


図 4-10 WBGT の比較 (2022/9/4~2022/9/6)

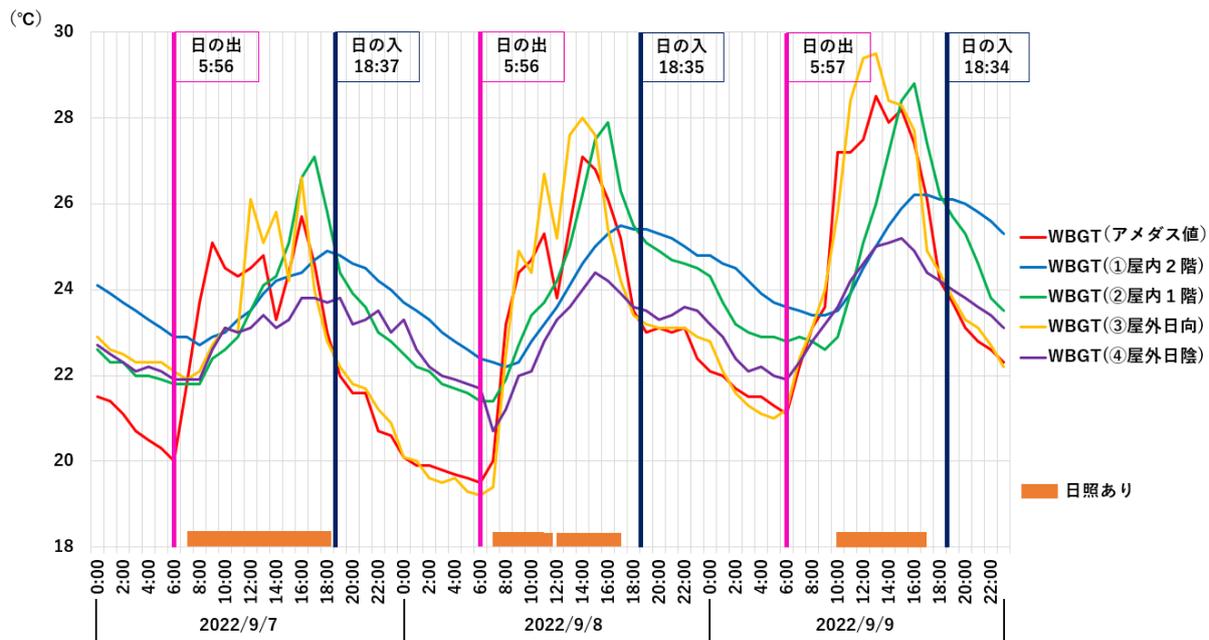


図 4-11 WBGT の比較 (2022/9/7～2022/9/9)

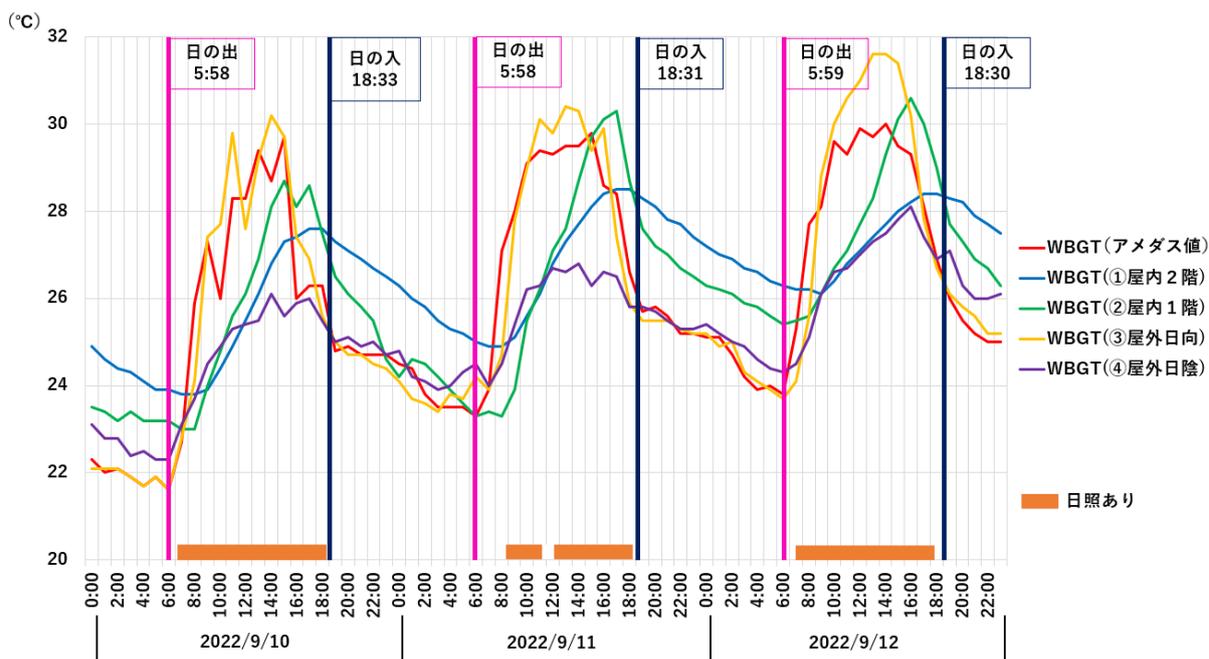


図 4-12 WBGT の比較 (2022/9/10～2022/9/12)

①-a 屋内2階 天井



・屋内1階と同じ鉄製の屋根の内側に石膏ボード性の天井が設置されている箇所を測定した。

①-b 屋内2階 壁



・石膏ボード性の壁を測定した。

①-c 屋内2階 床



・敷いてあったカーペットを測定した。

図5 放射温度の測定箇所

②-a 屋内1階 天井



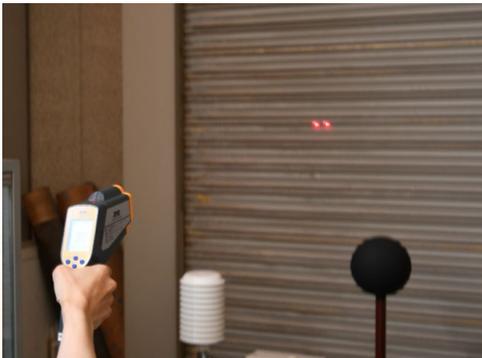
- ・波状の鉄製の屋根を測定した。

②-b 屋内1階 壁



- ・石膏ボード性の壁を測定した。WBGT計設置場所・シャッターに近い壁を選択した。

②-c 屋内1階 シャッター



- ・鉄製のシャッターを測定した。
- ・太陽の傾きとともに午後はシャッターの下部から徐々に日光に暴露される面積が増えていった。
- ・午後は日光に暴露されている箇所を測定した。

②-d 屋内1階 床



- ・コンクリート製の床を測定した。

図5 放射温度の測定箇所（続き）

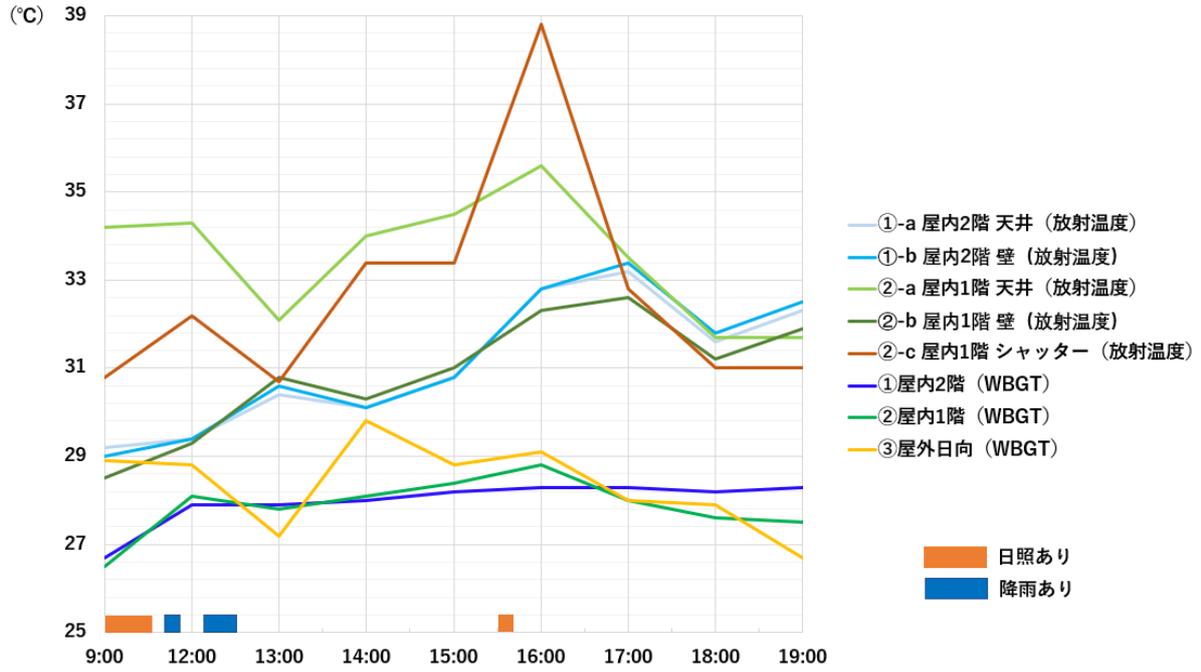


図 6-1 7月11日の放射温度と WBGT の比較

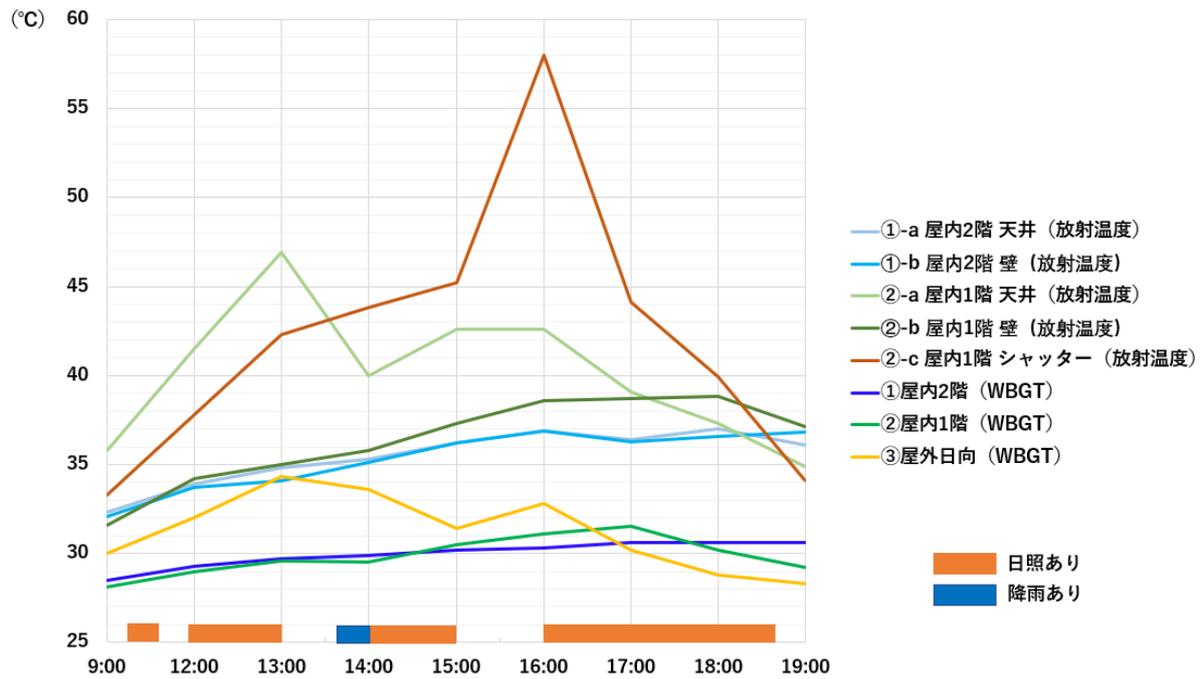


図 6-2 8月8日の放射温度と WBGT の比較

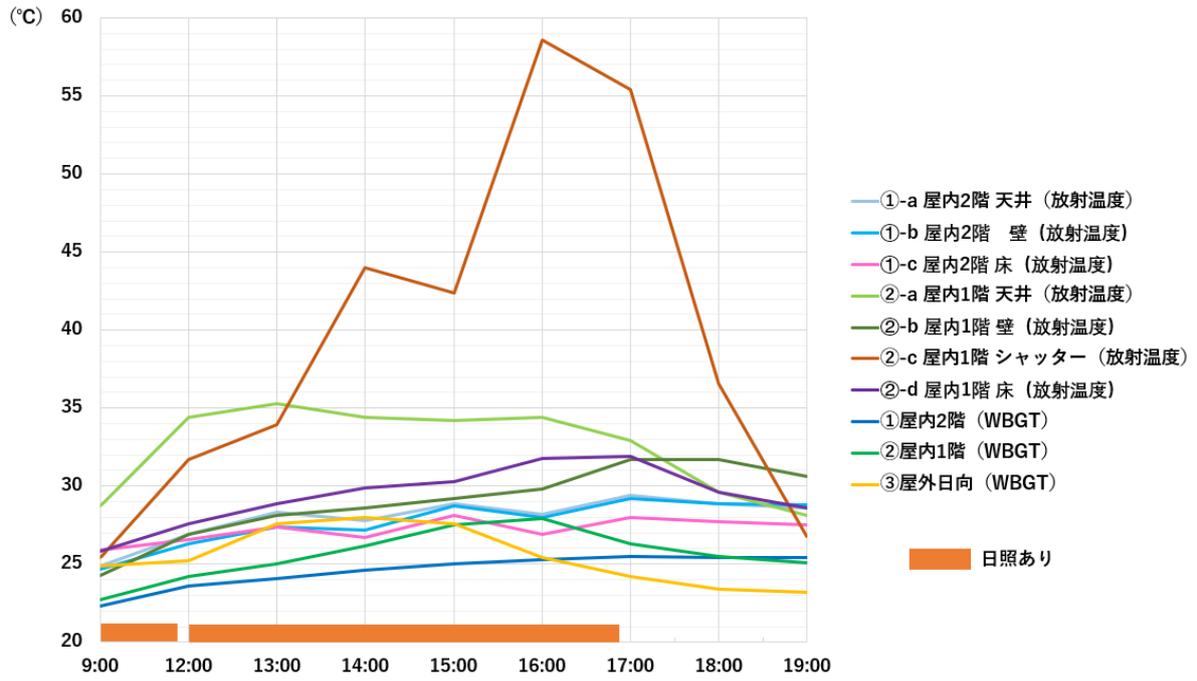


図 6-3 9月8日の放射温度と WBGT の比較

9 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と冷却ベストの効果検証

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2021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561人（内死亡者数は20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個人計測し、今後の効果的な熱中症予防対策の検討を行うとともに、氷冷水を循環させる身体冷却装置（冷却ベスト）を使用した際の熱中症リスク低減効果を検証した。

【方法】測定場所および測定対象者は、①製造業（屋内粉体加工作業など）【対象者：男性4名】②クリーニング業（リネン室における洗濯およびアイロン作業など）【対象者：女性3名】③調理業（屋内厨房における調理・洗浄など）【対象者：女性2人】であり、作業時間内にポータブル温熱計によるWBGT計測、心電計による心拍計測、胸部体表温計測を連続的に行った。また、10段階の主観的作業負荷、主観的暑熱負荷、作業内容の記録も併せて行った。また、同一被験者において身体冷却装置（冷却ベスト）の装着あり/なしの2条件の計測を別日に行った。

【結果】粉体加工をする製造業現場では、WBGTが30℃を超える作業場所や心拍数が140bpmを超える負荷の高い作業が確認された。リネン室でのクリーニング作業では、アイロンプレス作業において、暑熱負荷や作業負荷が高いと考えられた。水冷ベスト使用条件での測定では、心拍数など客観的な指標では明らかな効果は認められなかったが、リネン室でのプレス作業など負荷の高い作業において主観的な暑さレベルや負荷レベルを低減する効果が認められた。

【考察とまとめ】WBGTや心拍数などの個人測定は熱中症リスクの高い作業を抽出するために有用であり、熱中症リスクの高くなる作業を見つけ出し、優先的に対策を行うことで、暑熱ばく露や身体負荷を減らし、熱中症リスクを低減させることが出来ると考えられた。また、熱中症対策としての冷却ベストは、明らかな客観的身体負荷の低減効果は認められなかったが、主観的には負荷軽減効果が示され、追加的対策としての有用性は示唆された。

A. 研究目的

厚生労働省「業務上疾病発生状況等調査」によると、職場における熱中症による休業4日以上死傷者数は2019年は790人（内死亡者数26人）、2020年が959人（内死亡者数22人）、2021年が561人（内死亡者数20人）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、熱中症リスクが上がるため、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は、暑熱環境下での作業環境の評価や身体負荷を把握し、負荷を低減す

ることが重要である。今回の研究の目的は、①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、可動式の計測器で個人計測し、暑熱ばく露や身体負荷の特徴を把握する②暑熱環境下で作業する際の熱中症予防対策として、氷冷水を循環させる冷却ベストを使用した際の暑熱負荷低減効果を検証することとし、暑熱作業現場における被験者協力のもと測定実験をおこなった。

B. 研究方法

測定場所および測定対象者は、①クリーニング業（アイロン作業など）[対象者：女性3名]②製造業（屋内粉体加工作業など）[対象者：男性4名]③調理業（屋内厨房における調理・洗浄など）[対象者：女性2人]④医療（周産期センター病棟業務）[対象者：女性2名、男性1名]であり、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]を連続的に行なった。測定の概要と測定機器の装着の画像を（写真1~3）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、30分毎に主観的作業負荷、主観的暑熱負荷、作業内容の記録も併せて行なった。主観的作業負荷レベル（作業のきつさ）、主観的暑熱負荷レベル（作業時の暑さ）を30分毎に10段階で評価した。また、作業内容は、30分毎に記録し、それぞれの作業現場において次のように作業分類を行い、最も時間を費やした作業を代表して記録した。

- (1) クリーニング業（アイロン作業など）～「プレスアイロン作業」「たたみ作業」「休憩」

- (2) 製造業（屋内粉体加工作業）～「休憩」「事務・打合せ」「点検準備（巡回・サンプリング含む周辺作業）」「投入・回収作業（メイン作業）」

- (3) 調理業（屋内厨房における調理・洗浄など）～「調理」「配膳」「片付け（洗浄）」「休憩」

上記(1)～(3)の作業現場では、同一作業者に(A)作業服のみ(B)作業服+冷却ベスト着用の2条件で、それぞれ異なる作業日に測定を行なった。

測定不良のあった計測データに関しては、解析対象から除外した。

データは、1分毎の経時的データによる分析と30分ごとの作業カテゴリと各種測定値の平均を1つの測定単位として、各測定カテゴリごとに測定値の比較を行なった。各測定値の比較はJMP ver15.0 (SAS Institute Inc.)を用いて、水冷ベストあり/なしの平均比較を行い、*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1分毎の経時的変化を別添資料1に示す。①製造業（屋内粉体加工作業）での現場測定データでは、WBGT 30℃を超える作業が、定期的に出現し、心拍数140bpmを超える作業も確認された。作業カテゴリでは、点検準備作業時のWBGTが高く、自覚的な暑さレベルも高い傾向にあった。心拍数(HR)や自覚的作業負荷は、投入回収作業で高かった。通常作業服のみと冷却ベスト使用時の比較においては、有意な差は認めなかった。

クリーニング業（アイロン作業など）の作業現場における測定では、WBGTや暑熱負荷に

加え、心拍数 (HR) や自覚的作業負荷レベルもアイロンプレス作業が高い傾向にあった。作業服のみと冷却ベストの比較では、WBGT、体表温、心拍数 (HR) の各項目で、いずれの作業カテゴリにおいても有意な差は認めなかったが、プレス作業においては、冷却ベスト着用時に自覚的な暑さレベル ($p=0.0011$) と作業負荷レベル ($p=0.0095$) が有意に低かった。

屋内厨房における調理業では、WBGT や心拍数では、有意な差は認められなかったが、配膳作業において、冷却ベスト着用時の自覚的な暑さレベルと負荷レベルが有意に低かった。

D. 考察

1 作業毎の暑熱負荷と身体負荷

今回、計測を実施した屋内粉体加工作業場では、「点検準備作業」時の WBGT や体表温、主観的暑さレベルが高かったことから、点検準備作業を行う作業環境において、暑熱ばく露が強いことが示された。また、「投入回収」作業では、心拍数や作業負荷レベルが高く、負荷の高い重労働作業であると考えられる。暑熱環境において、作業負荷が増加した際に熱中症リスクが高まると考えられるため、WBGT の高い作業環境においては、熱源対策などで暑熱ばく露を軽減する必要があるとともに、このような暑熱環境で作業負荷の大きな重量物作業等を行う場合には、重量の軽減や作業時間の短縮などの作業負荷軽減対策が必要と考えられる。

2 冷却ベストの有用性

今回の検証では、心拍数などの客観的指標において冷却ベストの有意な効果は示されなかった。しかし、クリーニングにおけるプレス作業など負荷の高い作業において、主観的な暑さレベルや負荷レベルが、冷却ベスト着用によっ

て軽減されていることから、一定の有用性があると考えられた。

このような個人保護具は、これだけに対策を頼るのではなく、熱中症対策の一つと捉え、暑熱環境の改善や作業負荷軽減などの対策を行った上で、追加的な対策として用いることが必要と考えられる。

3 個人計測の有用性と限界

今回の測定では、体表温の計測で一部、ノイズが多く測定不良となったデータがあったが、WBGT と心拍数に関しては、概ね持続計測が可能であった。WBGT は暑熱ばく露を反映し、心拍数は暑熱ばく露に加え、身体の作業負荷を反映すると考えられ、WBGT の高くなる環境において、心拍数の増加するような負荷の高い作業を行う際に、熱中症リスクが高くなることが考えられ、注意が必要である。このような個人計測を行うことで、個人の体調変化に応じた熱中症予防対策が可能になるとともに、熱中症リスクの高い作業場所の抽出も可能になると考えられる。

E. 結論

可動式のポータブル WBGT 計や心電計による個人測定は熱中症リスクの高い作業（作業環境、作業内容）を抽出するために有用であり、熱中症リスクの高くなる作業に対し、優先的に対策を行うことで、暑熱ばく露や身体負荷を減らし、熱中症リスクを低減させることが出来ると考えられた。また、熱中症対策としての冷却ベストは、明らかな客観的身体負荷の低減効果は認められなかったが、主観的には負荷軽減効果が示され、追加的対策としては有用性があると考えられた。今後は、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

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

1 測定概要

(1) 測定場所および被験者：

①製造業（屋内粉体加工作業など）【対象者：男性4名】

被験者	8/3/2022	8/4/2022
S01 (27M)	CV (-)	CV (+)
S02 (36M)	CV (-)	CV (+)
S03 (22M)	CV (+)	CV (-)
S04 (30M)	CV (+)	CV (-)

CV (-) :作業着のみ、CV (+) :冷却ベスト使用

②クリーニング業（リネン室での洗濯およびアイロン作業など）【対象者：女性3名】

被験者	7/4/2022	7/11/2022	7/14/2022
L01 (51F)	CV (-)	CV (+)	CV (-)
L02 (53F)	CV (-)	CV (-)	CV (+)
L03 (59F)	CV (+)	CV (-)	CV (-)

CV (-) :作業着のみ、CV (+) :冷却ベスト使用

③調理業（屋内厨房における調理・洗浄など）【対象者：女性2人】

被験者	8/10/2022	9/21/2022
K01 (23F)	CV (+)	CV (-)
K02 (22F)	CV (-)	CV (+)

CV (-) :作業着のみ、CV(+):冷却ベスト使用

(2) 測定項目

- ①温度、湿度、WBGT【無線黒球式熱中症指数計（TANITA社）】（写真1）
- ②心拍数【MyBeat心拍センサ（ユニオンツール）】（写真2）
- ③体表温（T型熱電対 LogStick）（写真3）
- ④作業内容記録
- ⑤自覚的作業負荷レベル（10段階）
- ⑥自覚的暑熱レベル（10段階）

2 作業着と測定機器の装着状況

(1) 屋内粉体加工作業



(写真 1)



(写真 2)



(写真 3)



* 作業着の下に冷却ベストを着用



(作業場の外観)

(2) リネン室（洗濯・クリーニング作業）



作業着と WBGT 計の装着

アイロンプレス作業

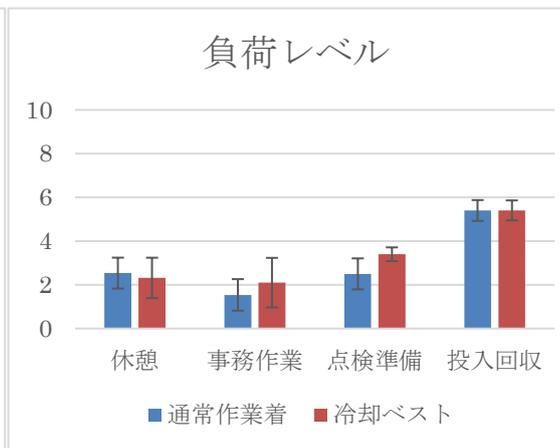
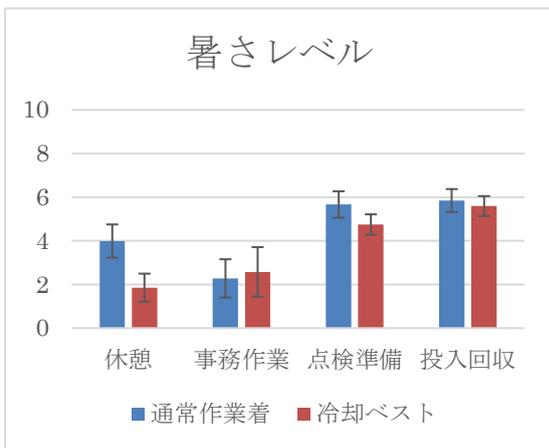
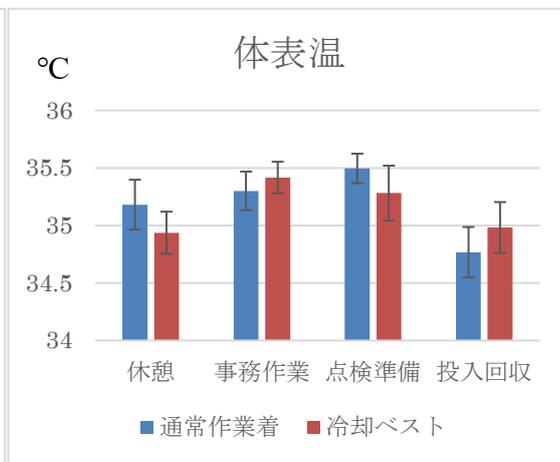
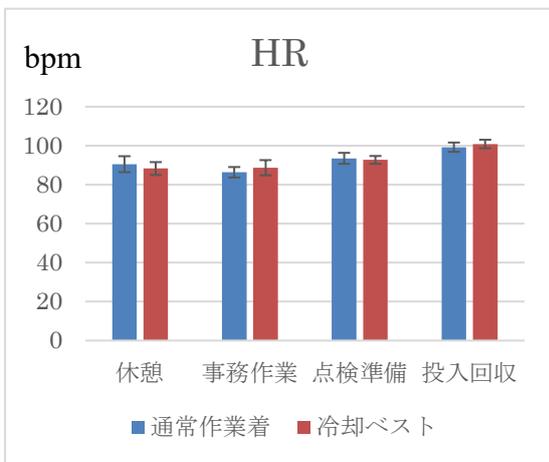
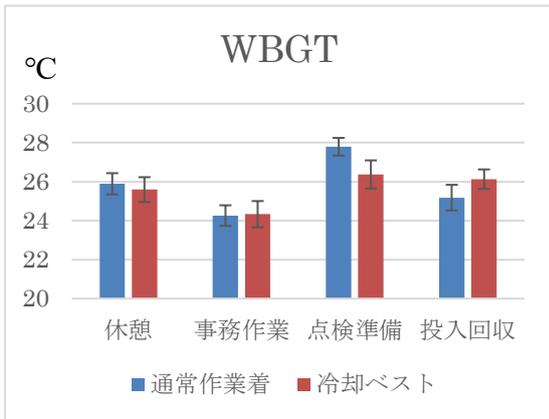
(3) 調理業（厨房での調理・配膳など）



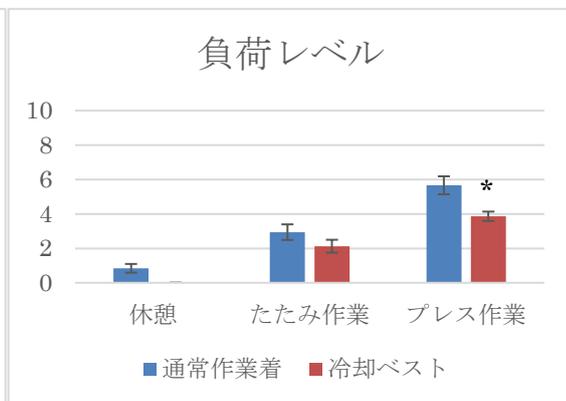
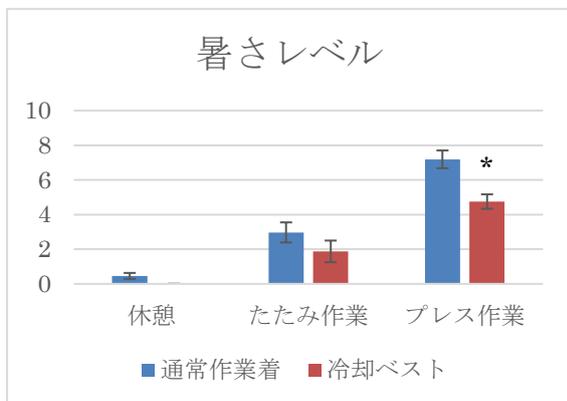
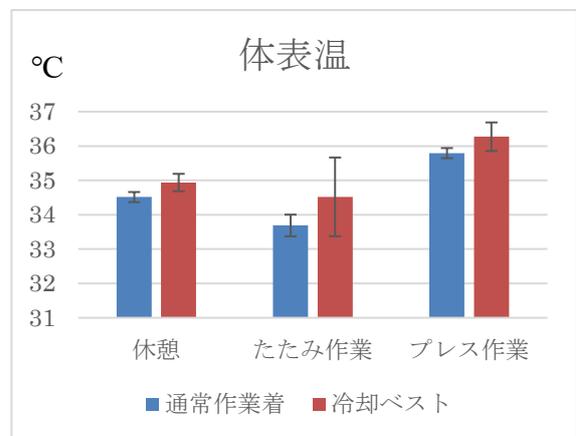
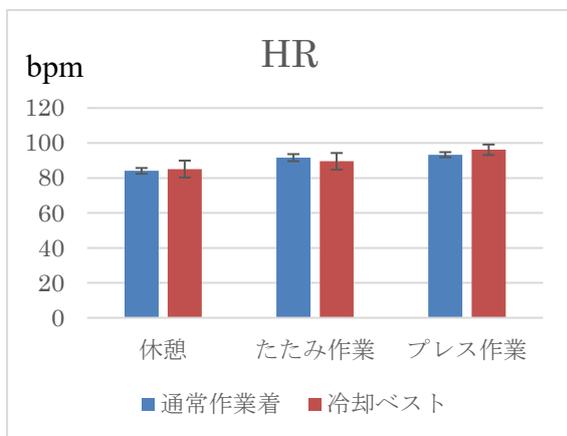
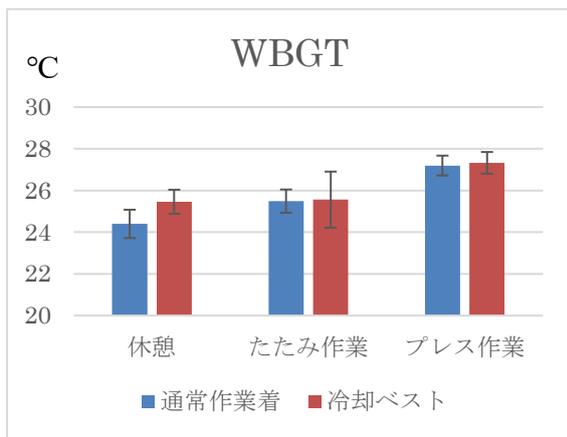
冷却ベスト

3 作業カテゴリ別の測定データ

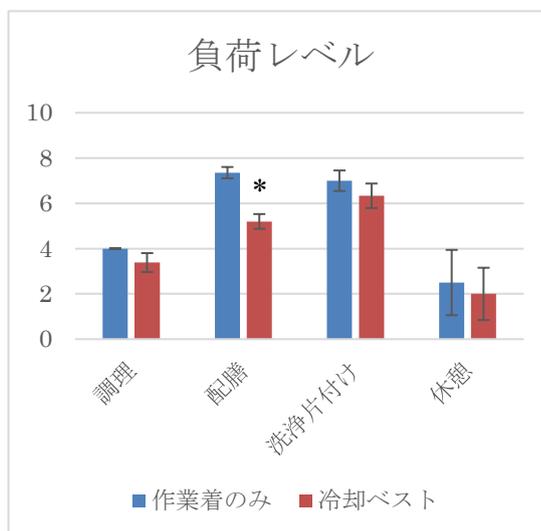
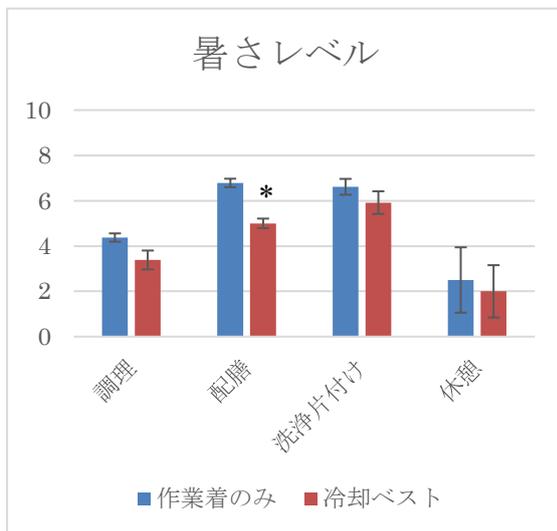
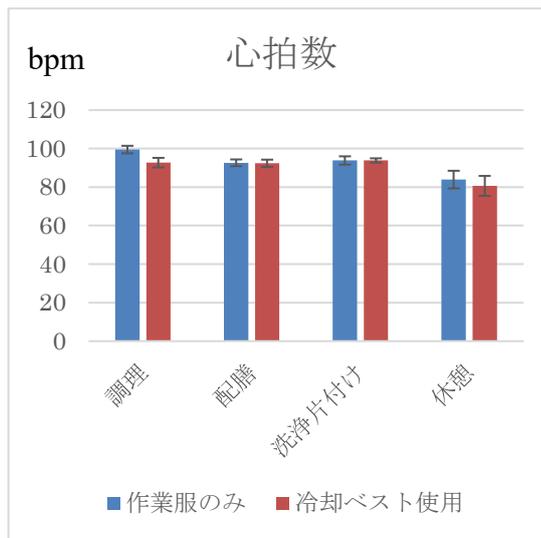
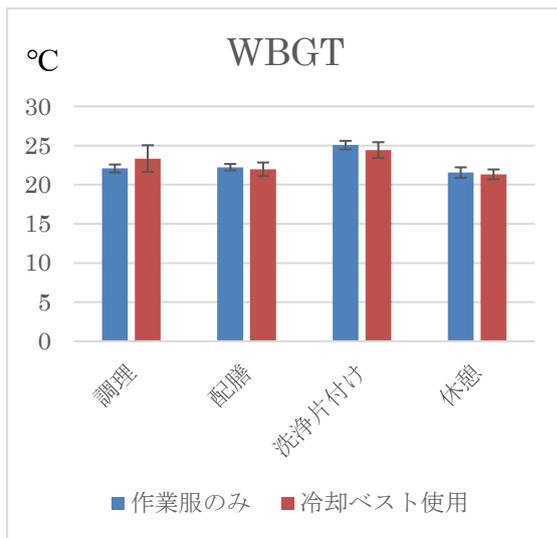
(1) 製造業（屋内粉体加工作業）



(2) リネン室（洗濯・クリーニング作業）



(3) 調理業（厨房での調理作業など）



10 暑熱環境下運動負荷における冷却ベストの効果検証

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】熱中症は暑熱環境下で運動負荷が増大する際に発症リスクが高まることが知られており、時に生命の危機をおよぼすこともあるため、労働作業を行う際は特に予防すべき重要な課題の一つである。特に屋内作業において熱中症リスクが高いことが知られているが、環境温の調整などの対策が困難な作業現場もあり、作業管理の一つの手段として、個人用冷却装置の使用が考えられる。個人冷却装置としては、特に建設業や製造業などの暑熱リスクの高い作業現場では、電動ファン付き作業服が使用されることが多いが、厨房作業などでは衛生的な問題から電動ファン付き作業服の使用が困難な作業現場も存在する。そこで、今回我々は、熱中症予防のための個人対策の一手段として、氷水循環による冷却ベストを使用し、暑熱環境で運動負荷試験を行なった際の生体情報の分析を行い、その効果検証を行なった。

【方法】被験者は、健康な成人男性2名（21-23歳）で、人工気候室において気温35℃、湿度50%の暑熱環境下で、エルゴメーターにより80Wの運動負荷を2回（18分×2回）加えた。同一被験者が、(A)作業着のみ着用(B)作業着+冷却ベスト着用の2条件の実験を別日に実施した。実験では、直腸温による深部体温測定その他、心電測定や自覚的運動負荷の測定を運動負荷前後も含め継続的に行った。

【結果】運動前（ベースライン）の深部体温や心拍数が被験者や測定日により異なっていたため、絶対値での比較は困難であったが、運動前の最低値（ベースライン）を基準にした温度変化（上昇量）を比較したところ、深部体温の上昇量は、被験者Aにおいて、0.88℃（作業着のみ）0.73℃（冷却ベスト着用）であり、被験者Bでは1.24℃（作業着のみ）1.15℃（冷却ベスト着用）であり、冷却ベスト着用条件の方が深部体温の上昇量が低かった。また、運動負荷の無い、休憩時間において、冷却ベスト着用時に心拍数の低下が大きい傾向が見られた。

【結論】被験者数が少ないため、効果検証には至っていないが、冷却ベスト着用による深部体温や心拍数の低減効果があることが確認され、暑熱環境での運動負荷を軽減する可能性が示唆された。

A. 研究目的

熱中症は暑熱環境下で運動負荷が増大する際に発症リスクが高まることが知られており、時に生命の危機をおよぼすこともあるため、労働作業を行う際は特に予防すべき重要な課題の一つである。特に屋内作業において熱中

症リスクが高いことが知られているが、環境温の低減などの対策が困難な作業現場もあり、作業管理の一つの手段として、個人用冷却装置の使用が考えられる。個人冷却装置としては、特に建設業や製造業などの暑熱リスクの高い作業現場では、電動ファン付き作業服が

使用されることが多いが、厨房作業などでは衛生的な問題から電動ファン付き作業服の使用が困難な作業現場も存在する。そこで、今回我々は、熱中症予防のための作業管理の一手段として、氷水循環による冷却ベストを使用し、暑熱環境で運動負荷試験を行なった際の生体情報の分析を行い、その効果検証を行なった。

B. 研究方法

被験者は、健康な成人男性 2 名 (21-23 歳) で、人工気候室において気温 35°C、湿度 50% の暑熱環境下で、エルゴメーターにより 80W の運動負荷を 2 回 (18 分×2 回) 加えた。同一被験者が、(A) 通常作業服のみ着用 (B) 作業着+冷却ベスト着用の 2 条件の実験を別日に実施した。実験では、直腸温による深部体温測定その他、心電測定や主観的運動負荷 (ボルグスケール) の測定を運動負荷前後も含め継続的に行った。また、脱水の指標として、運動前後の精密体重測定を行った。

C. 研究結果

被験者 A においては、深部体温の最高値が 37.94°C (作業着のみ) 37.58°C (冷却ベスト着用) であり、被験者 B では 38.19°C (作業着のみ) 38.47°C (冷却ベスト着用) であった。運動前の最低値 (ベースライン) を基準にした温度変化 (上昇量) を比較したところ、深部体温の上昇量は、被験者 A において、0.88°C (作業着のみ) 0.73°C (冷却ベスト着用) であり、被験者 B では 1.24°C (作業着のみ) 1.15°C (冷却ベスト着用) であり、冷却ベスト着用条件の方が深部体温の上昇量が低い結果となった。(図 1a, b)

心拍数に関しては、被験者 A では、作業着のみ条件及び冷却ベスト着用条件ともにほぼ差の無い心拍数を示した。被験者 B において

は、作業着のみ条件で最高値が約 160bpm、冷却ベスト着用条件で、最高値約 175bpm であり、冷却ベスト着用の方が、心拍数が高い結果となったが、ベースラインに対する上昇量を比較したところ、両被験者において、運動負荷時の心拍数上昇は差がほとんどなく、運動負荷の無い、休憩時間において、冷却ベスト着用時に心拍数の低下が大きい傾向が見られた。主観的運動負荷 (ボルグスケール) は、運動負荷とともに上昇し、休憩時に低下した。被験者 A では、冷却ベスト着用時の方が高い値となっていた。

運動前後の精密体重測定においては、脱水指標である体重減少量は、(被験者 A) 作業着のみ 0.751 kg、冷却ベスト着用時 0.651 kg、(被験者 B) 作業着のみ 0.969 kg、冷却ベスト着用時 0.853 kg であった。

D. 考察

運動前 (ベースライン) の深部体温や心拍数が被験者や測定日により異なっていたため、絶対値での比較は困難と考えられたが、ベースラインに対する深部体温と心拍数の変化量を比較すると、両被験者において深部体温の上昇量は冷却ベスト着用時に低下しており、心拍数に関しても運動負荷後の安静時の心拍数が、冷却ベスト着用時により低下する傾向が見られた。被験者数が少ないため、効果検証には至っていないが、冷却ベストによる深部体温や心拍数の低減効果があることが確認され、暑熱環境での運動負荷を軽減する可能性が示された。

また、運動負荷時の深部体温や心拍数の上昇率は冷却ベスト着用の有無にかかわらず、ほぼ同様であり、気温 35°C 環境では運動を行わない休憩時でも深部体温は大きな低下が見られないため、個人用冷却装置のみに依存することなく、運動負荷の低減や環境温の低減

といった根本的な暑熱対策が必要となると考えられた。

E. 結論

被験者が少数であり、結論には至っていないが、冷却ベスト着用時に深部体温や心拍数の上昇量が抑えられたことより、冷却ベストによる熱中症リスクの低減効果の可能性が示唆された。

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

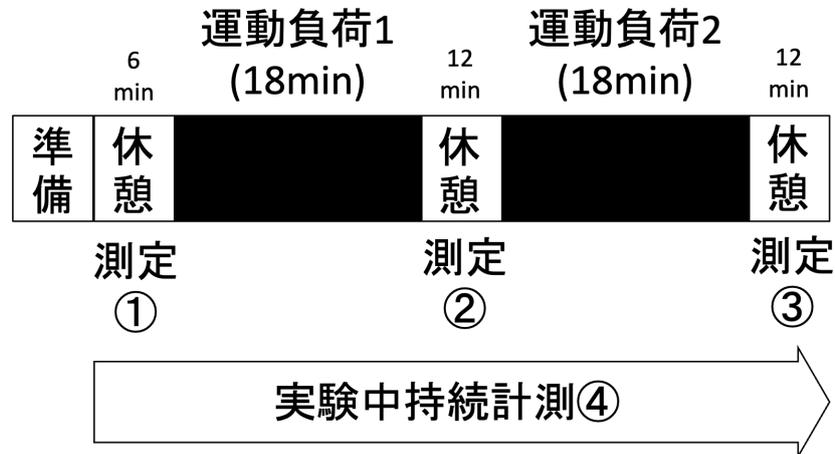
なし

(資料 1) 暑熱環境下運動負荷における冷却ベストの効果検証

(1) 被験者：2名 (被験者 A：21才男性、被験者 B：23才男性)

(2) 実験方法

＜人工気候室環境：気温35℃、湿度50%＞



(3) 測定項目

[測定①、測定②、測定③]

(運動負荷前後の休憩時間で測定)

体重、体組成、覚醒度

[持続生体指標測定④]

深部体温 (直腸温)

血圧、心拍、脈波、血中酸素濃度

皮膚温、ボルグスケール (自覚的運動強度)

環境測定：WBGT 等



写真1 水冷ベスト



写真2 作業着の内側に水冷ベスト着用

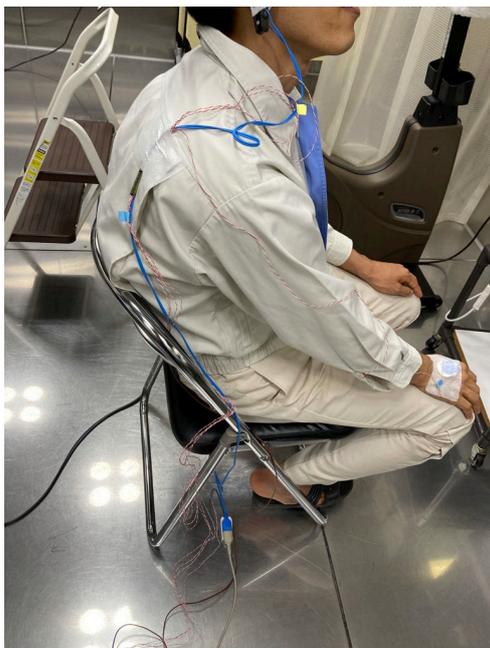


写真3 休憩・安静時



写真4 エルゴメーターによる運動負荷

(4) 測定結果

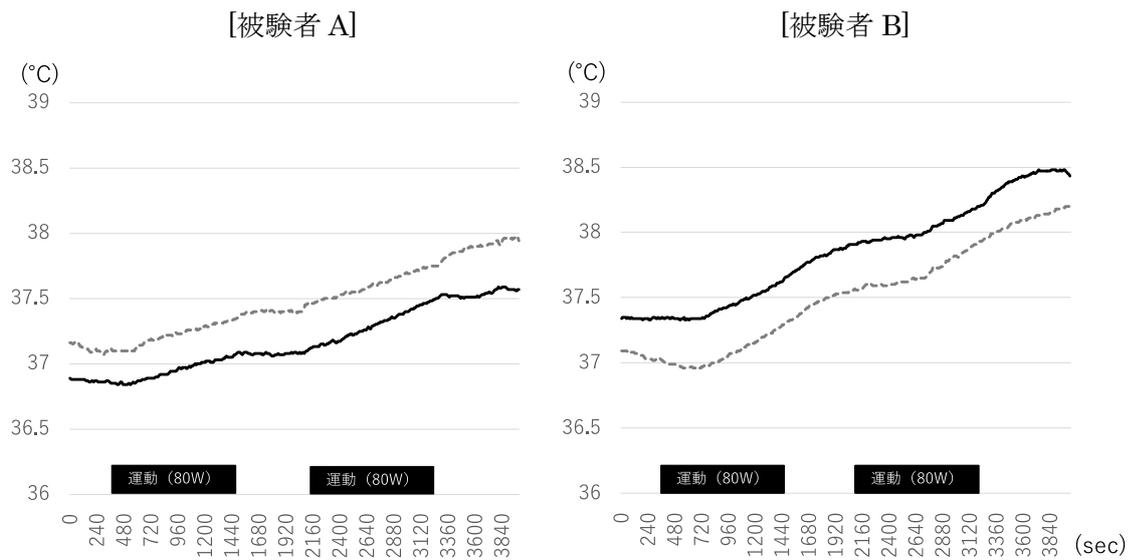


図 1a 深部体温 (直腸温)
 ----- 作業着のみ —— 冷却ベスト着用

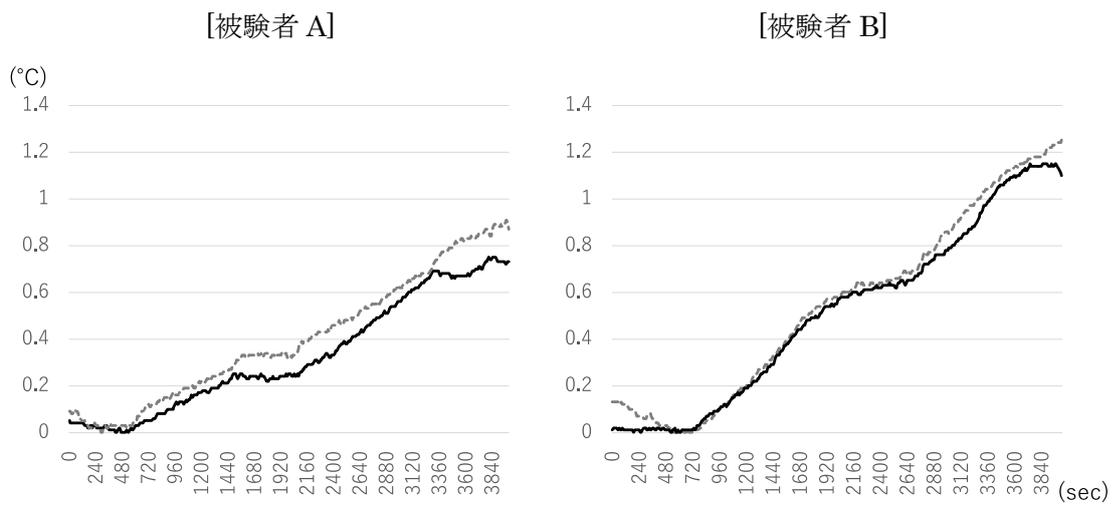


図 1b 深部体温変化量
 ----- 作業着のみ —— 冷却ベスト着用

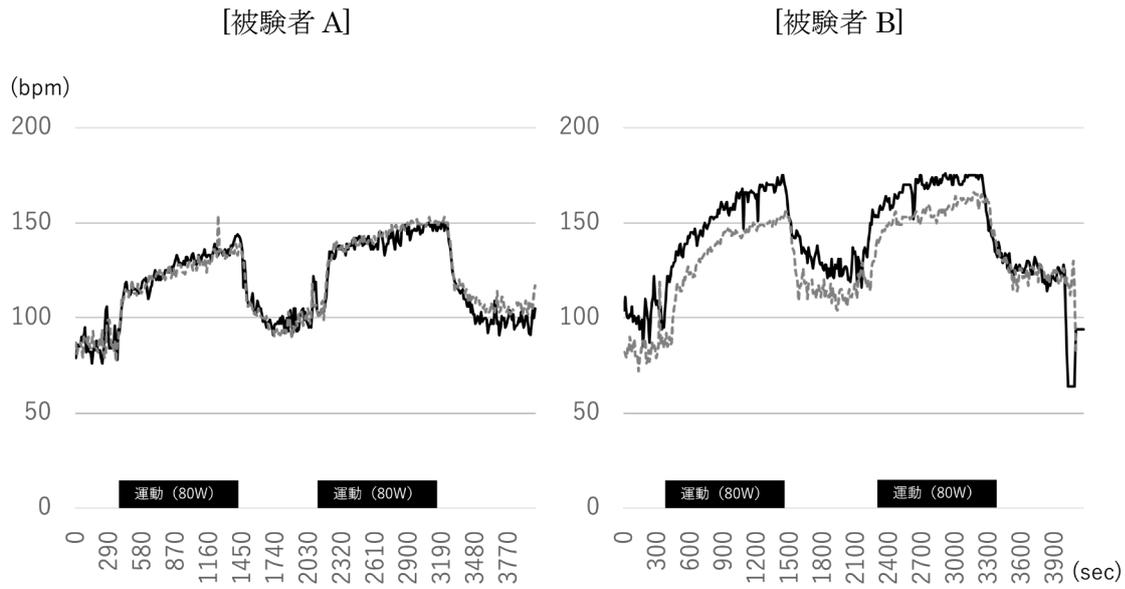


図 2a 心拍数

----- 作業着のみ —— 冷却ベスト着用

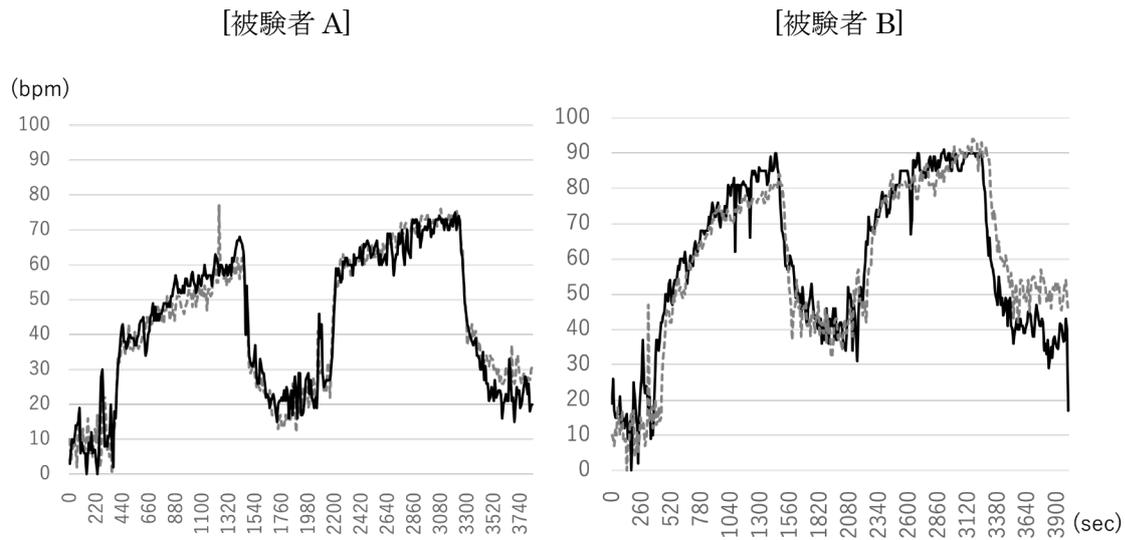


図 2b 心拍数変化量

----- 作業着のみ —— 冷却ベスト着用

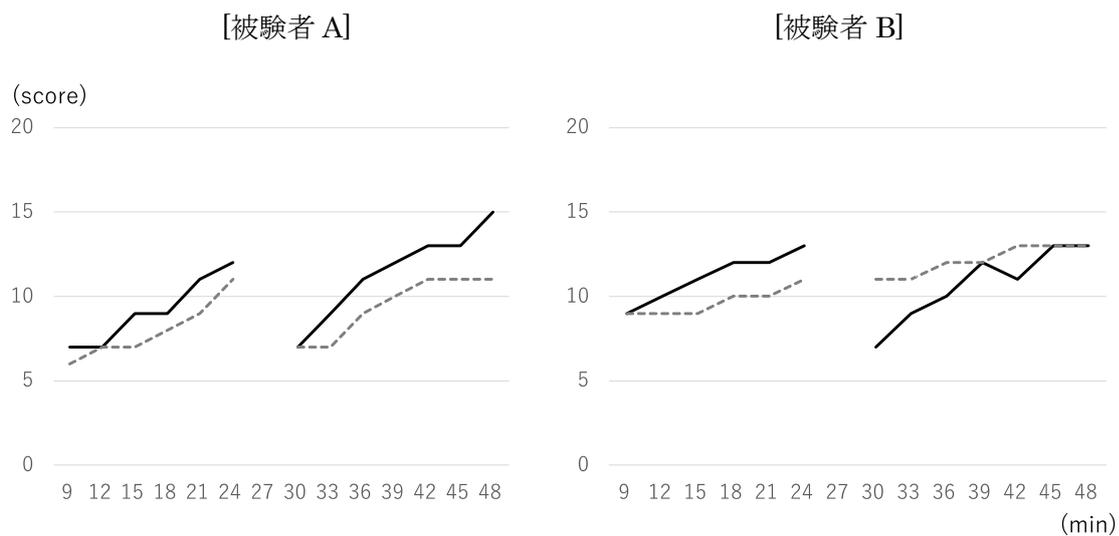


図3 ボルグスケール
 ----- 作業着のみ —— 冷却ベスト着用

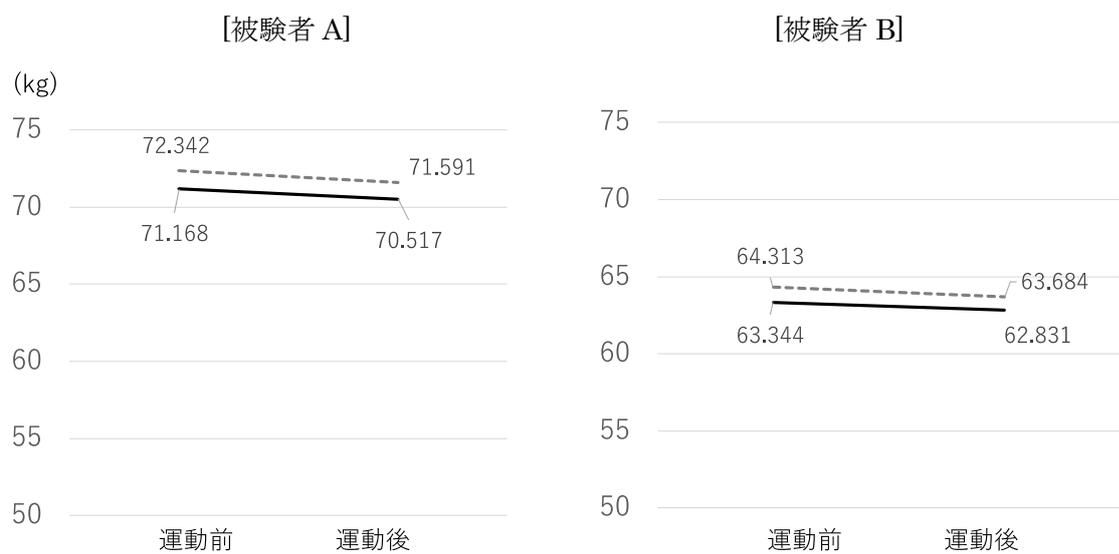


図4 体重変化
 ----- 作業着のみ —— 冷却ベスト着用

11 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会による意見 (第二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 講師

研究要旨

本研究の調査報告を基に、安全衛生に関する専門職と研究班班員にて、意見交換をおこなった(第二次職場改善策検討会)。食品製造業においては、熱源となる設備の種類によっても発熱量や設備にあらかじめ装備されている高温となることを回避するための方策が異なっているという情報を得た。また、WBGT計等の環境測定器や作業者の特性の差異などについても詳細な検討が必要であることが分かった。このように、専門家の助言により、多様な熱源の存在する屋内暑熱職場を正確に評価するためには、熱源、被ばく露者、測定指標などのさらなる専門的理解が必要であるという知見を得た。

A. 研究目的

屋内暑熱職場での職場改善経験のある安全衛生の専門職に研究班で実施した研究結果について、意見交換をすることで、より専門性の高い対策提案をすることを目的とした。

B. 研究方法

主任研究者が労働衛生コンサルタントに調査内容について、説明し、研究分担者、研究協力者とともに、意見交換を行った。

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)

C. 研究結果

研究成果に対する意見

1 食品製造業と倉庫業における熱中症予防対策の実態についての質問紙調査について

(1) 食品製造業においては、空調を持つ事業場は70.2%あり、スポットクーラー設置事業場は64.4%、扇風機設置67.8%あ

るということになっているが、空調とスポットクーラー、または扇風機の併用という事業場も存在することが推察される。併用の実態も明らかにした方が良いと考える。また、中には空調もスポットクーラー、扇風機もない事業場が存在することも考えられるのではないかと。

(2) 調査によると、食品製造業において、WBGTを測定している事業場は14.0%ということであるが、事業場規模として主にどの程度の人数の事業場が実施しているのか、さらなる解析が望まれる。

(3) 食品製造業と倉庫業で、それぞれ特徴的な事項、また共通した事項について検討すると、より分かりやすい提案になると考える。

2 WBGT計等を用いた調理職場における暑熱リスクの評価について

(1) WBGT測定は、熱源(ジェットオープン、フライヤー、二重釜、平釜、スパボイル)付近とその他の加熱調理室エリ

ア、コントロールとして盛り付け室に WBGT 計を設置して測定を行ったとのことであるが、WBGT が最も高い地点でも 27℃程度であった。熱源の表面温度の最も高温であったフライヤー（124℃）付近での WBGT について、さらなる解析が望まれる。

また、フライヤーには、ガス式と電気式があるが、対象のフライヤーはいずれであったのかを確認し、それぞれについて検討することが望ましい。

- (2) ジェットオーブンは、コンベア式のものであれば、コンベア出入り口から熱気処理はどのようにされていたのか。ジェットオーブンの型には表面温度を抑えるタイプもあるため、型式の確認が重要である。また、ジェットオーブンの設定温度は、調理する食品によって変わるため、測定する際は、まず設定温度がどのくらいかを確認することが必要である。
- (3) 事業場では熱中症対策として「1日3回 WBGT の測定、記録」を実施しているということであるが、測定の機器、測定条件（場所、時間）がどのような状況にあるかも記録することが望ましい。今回の研究結果と対比できるようにすることが望まれる。

3 飲食料品小売業の調理場における暑熱リスクの評価について

- (1) 測定には簡易 WBGT 計として AD-5695DL（A&D 社製）を用いているが、初年度の研究では TC-310（タニタ社）を用いた調理場もあった。これらの各種 WBGT 計を、どのように使い分けることが望ましいのか、検討の余地がある。もし両方の測定器を同時に使用する必要が

あるのなら、測定機器間での測定値の相違がないかを確認することが望ましい。

- (2) 作業場概要として、調理場の稼働時間、熱源の種類、作業人数、身体作業強度、作業者の服装・保護具についての報告はあったが、性別、年齢構成は不明であった。食品製造業では熱中症リスクとなる基礎疾患や服薬歴を有する女性や高齢者が多いことが推察され、食品製造業における労働者の性別、年齢の実態について、さらなる調査が望まれる。
- (3) 調理場の環境測定結果として、「作業場 A」から「作業所 D」までが要約されているが、これらの作業場の特徴を抽出し、わかりやすく対比することが望ましい。

4 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

- (1) IoT 技術を活用した監視システムとして、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通知があり、熱中症のリスクが高くなる前に対応が可能となるということであった。さらに作業者が気付かない状況下においても空調温度を調節できるような仕組みになれば作業環境の改善に繋がることを期待される。
- (2) 相対湿度と気温の測定結果において、各月における日内変動の平均値を確認することができるが、一日の作業サイクルの中で、許容範囲を超えるタイミングをどのようにキャッチできるかが重要であり、同システムで測定した一日当たりの相対湿度と気温の変化についても解析することが望ましい。

D. 考察

食品製造業・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、作業環境における熱源の種類や作業動線、雇用形態や事業場の規模、労働者の特性等に関する情報も暑熱リスク評価において重要となるという知見を得た。

E. 結論

屋内作業場における熱中症予防対策について、専門家の意見を得て、調査内容についてさらなる検討、課題の抽出を実施することができた。

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

12 屋内作業における熱中症予防対策の提案

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 講師

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が、食品製造業や倉庫業における屋内作業場において、この要綱に沿った対策を実施するにあたり、課題となる事項を今年度の調査結果を基に検討した。WBGTを熱源や作業の状況によって実測すること、熱中症リスクの高い作業や非正規雇用の労働者が多く、配慮が必要であること、小規模事業所では専門家が存在しないため、熱中症予防対策についての知識のさらなる普及を提案する。

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、食品製造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内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、特に食品製造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（暑さ指数）の活用

1 WBGT等

質問紙による実態調査では、室温を測定している事業所は食品製造業84.7%、倉庫

業は64.3%である一方、WBGT（暑さ指数）を測定している事業所は食品製造業19.5%、倉庫業14.0%と、WBGTを測定している作業場は室温に比べて少なかった。実際に屋内作業場における環境測定をおこなった結果、壁や天井の蓄熱によって屋内では屋外と比べて気温やWBGTの変化が緩徐で夕方以降は屋外よりも暑くなる傾向があることがわかった。よって、この傾向を理解して作業計画を立てる必要がある。

屋内作業場では基本的に日射がないが、食品製造業では多様な熱源が存在し、また、熱源付近とそれ以外では黒球温度に乖離があること、熱湯を多量に使用することが多く、湿度も上昇することが予想されるため、黒球温度や湿度が考慮されたWBGTに基づいた対策が望ましい。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、黒球温度や風速を考慮する必要があるため、同様にWBGTの測定が望ましい。実測する際はWBGT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。

2 WBGTに係る留意事項

空調の設定温度は食品製造業でも倉庫業でも室温 25℃に設定していることが最も多かったが、設定温度が実測値、特に WBGT に基づいて設定されているかは不明である。特に食品製造業では湿度も高くなることから、できるだけ実測値に基づいて空調設定温度を調節できるようにすることが望ましい。

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、食品製造業・倉庫業では、高齢労働者や女性労働者が多い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

屋内作業場で実測した WBGT は気象官署データにおける WBGT と乖離があった。理由としては、食品製造業では、多様な熱源が存在することや周囲設備の素材といった測定点周囲の状況が WBGT に影響していることがあげられる。よって、熱源の存在するエリアで、使用状況に応じて WBGT を実測することが望ましい。食品製造業では鉄板、コンロ、ジェットオーブン、フライヤー、二重釜、平釜、スパボイル、IH 調理器、炊飯器、惣菜製品にラップをかける装置（ラッパー）が熱源になること、倉庫業では、エアーコンプレッサー、モーター、炉が熱源になることも理解しておかなければならない。また、食品製造業・倉庫業では作業者の行動範囲が広範囲にわたることも考慮すべきである。したがって、できるだけ多くの地点で WBGT を測定することや

作業者の体温や心拍数といった生体指標あるいは携帯型 WBGT 計による作業者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。

食品製造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、モバイルネットワークを使用した IoT システムによる高温リスクの測定を検討するのも対策の 1 つとしてあげられる。

第 2 熱中症予防対策

1 作業環境管理

(1) WBGT 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、食品製造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である。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がある。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。作業場や作業の特性に合わせてスポットクーラーや作業者が設定温度を調整できるエアコンを設置すること、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などの対策を施設・設備の所有者や委託元と連携して検討すべきである。

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を推奨する。

(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。ただし、食品製造業では、作業場を衛生エリアとして、休憩所と隔絶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。着替えの時間も考慮した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的な休憩を申し出やすいようにする配慮が必要である。作業場に軽く腰掛けることができるような座面の高い椅子の設置、立位作業用マットの使用により作業負荷を軽減することも重要である。

2 作業管理

(1) 作業時間の短縮等

実態調査によると、食品製造業は身体作業負荷が大きい作業は比較的少ないようであるが、筋肉量の少ない女性作業員や中高年齢作業員の割合が多いことも考慮すべきである。倉庫業では約半数が中等度の作業負荷であり、身体負荷を加味した暑熱リスクの表が必要と考える。

食品製造業や倉庫業では、食事休憩時間以外に2時間に1回、5～15分の休憩時間を確保しているところが多かったが、暑熱リスクが大きくなる作業に合わせて取得できているかといった、注意も必要であろう。

(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、食品製造業・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行う作業の場合に、暑熱順化していないことが熱中症発生の要因となるが、食品製造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

食品製造業では、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、定期の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。

食品製造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、食品製造業・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 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 の作業服に該当していた。

保護具は食品製造業では頭髪を覆うための作業帽や頭巾と衛生マスクといった衛生保護具の使用が多かった。倉庫業では長袖作業服やヘルメット、安全靴の装着が義務付けられていることが多かった。いずれも素材による通気性の減弱はないが、頭部および皮膚露出面積が少ないことに配慮が必要である。

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。

また、作業場や作業の特性に合わせて、送風機付き作業服を導入すること、ファン付き作業服が着用できない職場では冷水循環型の冷却ベストを使用することも検討すべきである。

(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。食品製造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。

食品製造業・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。また、基礎疾患を有する可能性が高い高齢労働

者やコミュニケーションを取りにくい外国人労働者も存在する。いずれの労働者も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。食品製造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

「熱中症警戒アラート」と比較して「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」や「熱中症予防管理者」はあまり周知されていなかった。食品製造業・倉庫業は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

食品製造業・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

食品製造業・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製造業・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）」

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
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
田島 慶一	「食品製造業及び倉庫業における熱中症対策に関する実態調査」	第 96 回日本産業衛生学会 (栃木)	2023 年 5 月
宮内 博幸	「暑熱障害リスク低減対策における IoT システムの活用」	第 96 回日本産業衛生学会 (栃木)	2023 年 5 月

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4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5年(2023年)3月

不許複製