

## 令和4年度

### 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

**研究の目的：**本研究は屋内で生じる熱中症予防の課題整理と対策提案を目的とした。

**研究の方法：**班会議をほぼ毎月実施し、各分担研究の結果を共有し、2022年12月から報告書を取りまとめた。まず、第1年度に取得した測定結果を使用して推定式の作成とアメダス地点のデータとの比較を実施した。また、第1年度に抽出した600文献の要旨を抄読して最終的に有用と判断した7文献を体系的に整理した。2022年4月に、福岡労働局が調査した2019～2021年発生の休業4日未満を含む熱中症事案に関するデータを取得し、屋外で9～18時に発生した995事例について気象データと突合して気象条件と被災者の特徴を変数として休業4日以上となるリスクを回析した。2022年11月に、食品製造業業界団体会員304社に調査票を配布して62社(20.4%)から回答を得、倉庫業業界団体会員3,401社に配布して1,101社(32.4%)から回答を得て、結果をまとめた。2022年8月に、コンビニ弁当の惣菜を調理する大規模食品製造工場の協力を得てWBGTで8日間の連続データを収集し、放射温度計で熱源の表面温度を測定し、聞き取り調査を行った。2022年7月に、3日間、スーパーマーケット調理場4か所で温熱環境、作業強度、服装、保護具等を実地調査した。2022年1～10月に、鋳物、造船、厨房等の職場の協力を得てIoT機器で室内温湿度を測定して通信方式でクラウドに記録するシステムを設置してデータを収集した。2022年7～9月に、事務室等でWBGTを連続測定してアメダス地点のデータと比較した。2022年7～8月に、粉体加工とクリーニング職場の協力を得て携帯型温熱計によるWBGT連続測定、心拍数と胸部体表温の連続測定、主観的負担感等の調査を実施し、同一被験者で身体冷却装置(冷却ベスト)の装着ありとなしの条件で比較した。2022年6～10月に、気温35℃で湿度50%の人工気候室で男性2名を対象に80Wの運動を負荷して、直腸温、心電図、自覚的負荷等を測定し、冷却ベストの着用ありとなしの条件で比較した。以上の結果に基づいて、2023年1～3月に「屋内作業における熱中症予防対策の提案」を取りまとめた。

**研究の結果：**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、屋内はアメダスデータよりも温度変化の位相が遅れ、晴天の夕方以降は天井や壁からの輻射で屋内が屋外より暑くなることを実証し、アメダス値を使用した推定式( $R^2$ :屋外0.959、屋内0.772)を作成した。②「屋内の熱中症事例に関する文献調査」では、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日未満の事案が休業4日以上の事案の約9倍発生しており、6月下旬から8月中旬が高リスクであることを明らかにした。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、熱中症対策としてのWBGT実測は14.0%、値に応じた作業時間短縮は12.5%に留まり、休憩頻度は2時間に1回が54.8%と最多であった。「STOP!熱中症クールワークキャンペーン」の認知度は20.3%で「環境省熱中症予防情報サイト」の37.3%や「熱中症警戒アラート」の74.5%より低く、熱中症予防管理者の選任は3.4%であった。倉庫業の調査でも行政通知の認知度は食品製造業と同様の傾向であった。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、工場内の WBGT 値は職員出勤や熱源稼働から遅れて上昇し、機器停止後も暫く上昇が続き、熱湯清掃時は突発的に上昇した。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、調理器具以外にラッピング装置等の発熱源を認め、水筒を置く場所の確保等の対策を認めた。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、気温が厨房や食堂で 30℃以上、造船場の船舶内で 40℃以上、鋳物職場の焼成炉前や成型機前は 40℃以上に達することを確認した。⑧「研究所の工場等における WBGT 測定」では、WBGT は屋内でアメダス地点より遅れて上昇し、15～17 時頃にアメダス地点よりも高くなり、翌日朝まで続く傾向を認め、西向きのシャッター表面温度の 16 時頃から著明上昇を確認した。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」では、粉体加工職場で WBGT が 30℃を超え心拍数が毎分 140 回を超える負荷のある作業を確認し、クリーニング職場でアイロンプレス作業で暑熱負荷が高いことを確認した。水冷ベスト等の対策は客観的指標に改善を認めなかったが主観的負担感の低減を認めた。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、冷却ベストを着用すると直腸温が 0.09～0.15℃低く、休憩時間に心拍数低下が速まる傾向を認めた。以上の結果に基づいて取りまとめた「屋内作業における熱中症予防対策の提案」では、屋内では壁や天井の蓄熱により屋外と比べて気温や WBGT が夕方以降は屋外よりも高くなる傾向を理解して作業計画を立てること、食品製造業では調理器具のほか、食器洗浄機、ラッパー、給食保温器等が熱源になり、倉庫業ではエアークンプレッサー、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 システムは高温リスクの遠隔管理に有用であること、WBGT 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。

**研究の考察：**熱中症予防対策として、置換換気や大型扇風機の導入、窓から差し込む直射日光の遮断、気流の確保、熱源からの隔離の確保、作業者が空調温度を調整できる仕組みの導入、スポットクーラーや送風機付き作業服の導入、水冷ベストの使用、着替え時間を考慮した休憩時間の確保、座面の高い椅子の使用、下肢を延ばして休憩できるスペースの確保、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必要と考えた。屋内で直射日光がない条件でも輻射熱の影響があることが推察された。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は高温リスクの評価に有用と推察した。

**今後の展望：**WBGT 推定式は決定係数が 0.8 となるよう改良をめざしたい。本研究の提言で取り上げた屋内職場に特徴的な熱中症リスク、職場改善、熱中症防止用品等は、行政指導、学術団体の提言、災害防止団体や業界団体による広報等を通じた普及を図りたい。