

特集：熱中症対策の最新動向 ―異常気象の“New Normal”への適応―**<総説>****北海道における熱中症の発生状況と建設現場における
ファン付き作業服の有効性に関する研究動向**

栴原浩平

室蘭工業大学もの創造系領域建築学ユニット

**Incidence of heat stroke in Hokkaido and research trends on the
effectiveness of ventilated working wear at construction sites**

KUWABARA Kouhei

Architecture and Building Engineering Research Unit, College of Design and Manufacturing Technology,
Muroran Institute of Technology**抄録**

北海道労働局の2017～2024年の熱中症事例を用いて北海道における職場の熱中症発生の状況を分析した。北海道における職場の熱中症発症者数は、屋外で約63%と屋外での発生割合が高い。屋外では11時と14～15時に二つの発生ピークがあることから、14時頃に短時間の休息を取り入れることも対策の一つになると考えられる。また外気温が26℃を超えたあたりから1日で複数名が発症する可能性を示唆した。作業中の発生状況について、屋外で最も記載頻度の高い用語は「草刈り」関係の用語で、屋内では「工場」、「ビニールハウス」があった。建設業や製造業だけでなく農林業従事者への熱中症対策の啓発も必要である。次にファン付き作業服に関する著者らの研究をレビューし、その有効性について現在の知見をまとめた。人工気候室にて統一した温熱環境下で建設作業員12名を対象とした被験者実験では、長袖Tシャツの上にファン付き作業上着（以降、VWJ）を着用した条件と長袖Tシャツのみ着用の条件で生理心理反応を比較した。34℃の環境ではVWJを着用した方が平均皮膚温や着衣残留汗量が有意に低値を示した。また東京都内の建設現場にて建設作業員7名を対象とした屋外現場実測では、同じ気温でもVWJを着用した方が長袖Tシャツのみの場合よりも平均皮膚温は有意に低下、暑さ感と快適感の関係もVWJ着用時の方が有意に快適であることを示した。人工気候室と現場実測のデータを基に飲水とVWJ着用の効果について検証した結果、建設作業員の飲水密度はスポーツ活動中の運動部員と比べると大幅に少ないこと、建設現場でのVWJ着用は脱水率の低減に有効であることが示された。VWJ着用に加え適切な飲水を行えばより有効な熱中症対策となる。最後にWBGTが23～28℃の範囲内ではVWJ着用が有効である可能性が示唆された。

キーワード：北海道、熱中症、ファン付き作業服、建設作業員、飲水**Abstract**

We analyzed the occurrence of heat stroke in workplace in Hokkaido, using heat stroke cases from the Hokkaido Labor Bureau from 2017 to 2024. During this period, 510 cases of heat stroke occurred in workplaces in Hokkaido, 63% of which occurred outdoors. Since there are two peaks in the number of heatstroke

連絡先：栴原浩平
〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1
27-1, Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido, 050-8585, Japan
E-mail: kuwabara@muroran-it.ac.jp
[令和7年3月26日受理]

cases outdoors, at 11:00 and between 14:00 and 15:00, taking a short rest around 14:00 is suggested as a countermeasure. When the outside temperature exceeds 26° C, several people may suffer heat stroke in a single day. The most frequently mentioned terms in the text on the occurrence of heat stroke during work were terms related to "mowing" outdoors and "factory" and "plastic greenhouse" indoors. It is necessary to raise awareness of heat stroke prevention among construction and manufacturing workers, and among those working in agriculture and forestry. We also reviewed research on fan-equipped work clothes and summarized findings to date on their efficacy. In an experiment with 12 construction workers in a standardized thermal environment in an artificial climate room, physiological and psychological responses were compared between conditions in which ventilated working-jacket (VWJ) was worn over a long-sleeved T-shirt and those in which only a long-sleeved T-shirt was worn. At 34 ° C, mean skin temperature and clothing sweat content were significantly lower when VWJ were worn. In an outdoor field test of seven construction workers at a construction site in Tokyo, mean skin temperature was significantly lower for workers wearing VWJ than for those who wore only long-sleeved T-shirts in the same air temperature. The relationship between thermal and comfort sensations was significantly stronger among those wearing VWJ. These studies revealed that drinking water intake among construction workers was much lower than that among athletes during sports and that wearing VWJs at construction sites effectively reduced the dehydration rate. Provision of an appropriate volume of drinking water and mandating VWJ use effectively reduces the risk of heat-stroke. These results suggest that wearing VWJs may be effective in WBGTs within 23–28 ° C.

keywords: Hokkaido, heat stroke, working wear with fans, construction workers, drinking water

(accepted for publication, March 26, 2025)

I. はじめに

総務省消防庁[1]によると、2024（令和6）年5～9月の全国における熱中症による救急搬送者数は97,578人となり、平成20年の調査開始以降、最も多い搬送者数となった。発生場所別に見ると、住居が最も多く、以下道路、公衆（屋外）、仕事場の順となっている。厚生労働省[2]は、職場における熱中症が多数発生していることから「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を毎年実施しており、①暑さ指数の把握とその値に応じた熱中症予防対策を実施、②熱中症の恐れのある労働者の早期発見・搬送等の体制整備、③糖尿病等の疾病を有する者への配慮等、重点対策を事業者に求めている。

北海道は労働災害による死亡者数が全国ワーストワンであり、例年冬期間に死亡者数が増加する特徴がある[3]。北海道では熱中症による死亡者数は少ないものの、第14次労働災害防止計画（北海道版）では、熱中症災害防止のために暑さ指数を把握し活用している事業場の割合を増加させ、第13次期間より死亡者数を減少させることを目指している[4]。厚生労働省北海道労働局は、毎年北海道内で発生した職場における熱中症事例をまとめており、発生時刻や発生地、業種、年代、休業程度、発生状況等詳細に記されている[5]。本稿では、これらの熱中症事例を用いて北海道における職場の熱中症発生の状況を分析することを試みる。

厚生労働省は職場の熱中症対策として、暑さ指数に応じた休憩や作業中止等の評価、暑さ指数低減のための屋根や冷房・散水設備等の検討と涼しい休憩場所の確保、透湿性・通気性の良い服装や送風や送水により身体を冷

却する機能をもつ服の着用、作業開始前のプレクーリング、教育研修の実施等を挙げている[2]。クールワークキャンペーン実施要項には、身体強度に応じたWBGT基準値と衣服の組み合わせによりWBGTに加えるべき着衣補正值が示されており、WBGT基準値が1℃程度超過しているときには1時間当たり15分以上の休憩等、休憩時間の目安も記載されている[2]。また身体を冷却する服を着用することで、休憩時間の短縮や作業中止のWBGT基準値を高く設定することも可能としているが、その検討には身体を冷却する服に関する知見を踏まえたものとする記載されている。その知見として、30℃、85%の環境での運動実験の結果、ファン付き作業服（Ventilated working wear, 以下VWW）の着用は非着用時と比較して同様の体温に達するまで15分遅らせる効果がある、推定発汗量を20%減少させる効果があることが示されている。この知見の引用文献が示されていないが、温湿度の設定条件からMoriら[6]の論文と推察される。VWWの研究は著者らも含め多数行われていることから、本稿ではVWWに関する研究をレビューし、その有効性について現在の知見をまとめることとする。

II. 北海道の職場における熱中症の発生状況

北海道労働局は、職場における熱中症発生事例を平成26年から現在に至るまで毎年PDFファイルで公表している[5]。内容は、発生月日・発生時間・発生地・業種・年代・休業程度（日）・屋内外・発症時の気温であり、発生状況も文章で記録されている。本稿では、平成29（2017）年から令和6（2024）年までの510データを

分析に利用した。なお令和6年のみ10月までの速報値である。発生地には道内の14の振興局名が書かれているが、データ数が少ない地域もあるため、道央（石狩・空知・後志・胆振・日高）、道南（渡島・檜山）、道北（上川・留萌・宗谷）、道東（十勝・釧路・根室・オホーツク）の4つに分類した。業種も年度により異なる名称が使用されているが、著者の判断で類似の業種に分類した。分類の状況等を表1に示す。

図1に職場の熱中症発症者数の経年変化を示す。50名前後で横ばいであるが、2023年のみ突出して多いことがわかる。北海道は日本海側、太平洋側、オホーツク海側で気候が異なるが、最も発症者数の多い道央を代表して札幌の日最高気温の6～9月の月別平均値を図2に示す。全国的には2018年や2024年の方が発症者数は多

い[1]が、北海道の日最高気温は2023年8月が最も高く、同年の他の月も高い傾向にあることから発症者数が多くなったと考えられる。月別の発症者数は、7～8月で全体の85%を示している。図3に発生場所別（屋内外）の発症割合を示す。屋外で約63%、屋内で約37%であり、屋外での発生割合が高いことがわかる。

図4に発生時刻毎の発症者数を発生場所別に示す。図4(a)は屋内での発症者数を表しているが、9～16時の間で時刻に関係なく発生していることがわかる。図4(b)は屋外での発症者数を表しているが、11時と14～15時に二つのピークがあることがわかる。建設現場では13～15時に作業を行い、15時から30分程度休憩が取られるが、著者らの東京での実測調査では14時に短時間の休憩を取り入れている現場もあった[7]ことから、道内で

表1 分析に使用したデータ

年度	2017(平成29)年～2024(令和6)年10月
発生地 (著者が4つに再分類)	道央(石狩・空知・後志・胆振・日高), 道南(渡島・檜山), 道北(上川・留萌・宗谷), 道東(十勝・釧路・根室・オホーツク)
業種 (少ないデータはその他にまとめた)	畜産・水産業, 建設業, 商業, 農林業, 接客娯楽業, 清掃・ と畜業, 製造業, 運輸交通業, その他の事業(保健衛生業, 教育・研究業, 通信業他)
屋内外	屋内, 屋外, その他(車中, 屋内外)
外気温(℃)	最も近い地点の気象庁の記録を用いている

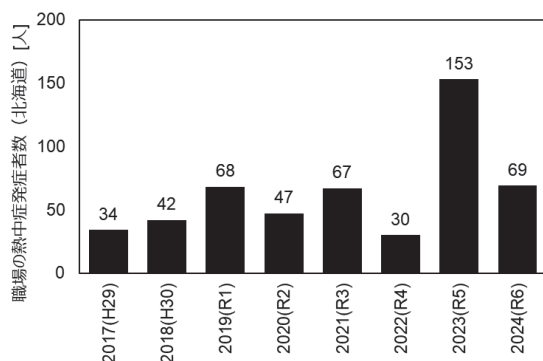


図1 北海道における職場の熱中症発症者数の経年変化

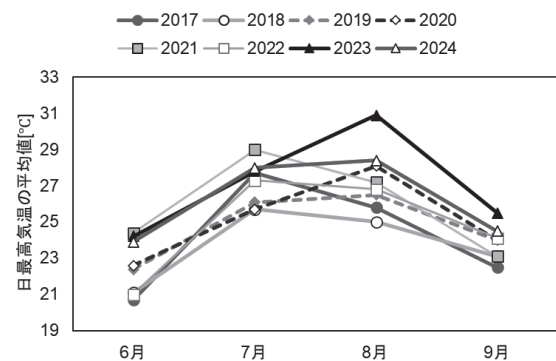


図2 札幌の日最高気温の月別平均値

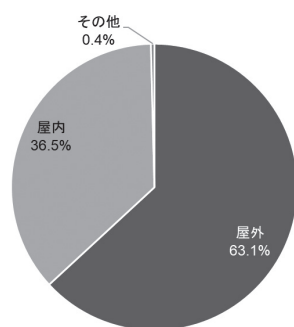


図3 発生場所別の発症割合

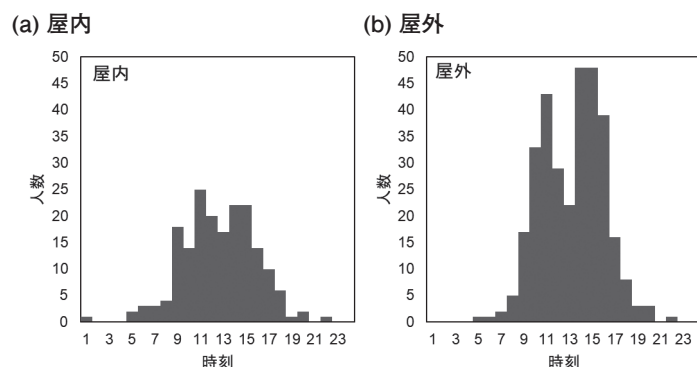


図4 発生時刻毎の発症者数

も14時頃に短時間の休息を取り入れることも対策の一つとして考えられる。

図5に業種別の発症割合を示す。全国と同様に建設業の割合が31%と最も多く、次いで製造業、運輸交通業、農林業となっている。図6に地域別の業種割合を示すが、道南は全体数が少ないこともあり製造業が0で建設業が50%を占めている。道北では農林業や畜産・水産業で約25%を占めており地域性が見られた。図7に業種別の熱中症発生時間帯を12時以前と13時以降に分けて示す。建設業と運輸交通業は13時以降の午後の割合が60%と高いのに対し、農林業は12時以前の割合が60%と高いことを示した。図8に年代別の発症者数を示す。40代の割合が20.1%と最も高く、次いで20代、50代となっている。年代に関係なく幅広い世代で同等の発症者数を示しており、年代に関係なく対策することが求められる。

図9に休業程度（日）別の発症者数を発生場所別に示す。相対的に屋内で発症の方が休業日数は長い傾向にあり、休業8日間以上の割合が屋外では12%であるのに対し、屋内では19%であった。死亡数も屋外3名に対し、屋内では5名と屋内の方が多かった。死亡者の業種の内訳は、屋内では製造業2名、農林業・建設業・その他1名ずつ、屋外では建設業2名、その他1名であった。図

10に外気温に対する熱中症発症者の度数分布と累積相対度数を発生場所別に示す。概ね屋内外に関わらず外気温30℃をピークに正規分布を示している。累積相対度数が0.5となる外気温は屋内外に関わらず28.4℃であった。ここで1日当たりの発症者数を外気温の階級別に算出したところ、図11のような結果となった。外気温が26℃を超えたあたりから発症者が1.1名／日を超えて上昇していることから1日で複数名が発症する可能性があることがわかる。労働者の場合は、26℃前後から熱中症発症者が増加することに留意する必要があると考えられる。

発生時の作業欄では、どのような作業中に発生したかが詳細に記載されている。作業中の発生の傾向を知るために、用語検索を用いて記載頻度の高い用語をいくつか抽出した。屋内外別の抽出結果を表2に示す。屋外281データのうち最も記載頻度の高い用語は草刈り関係の用語で41件あった。41件中15件は農林業における発症者数である。森林作業にはいくつかの種類があるが、下刈り作業は平均RMRが1.29～8.6と高いこともあり、2006～22年の森林作業中の熱中症による死亡事例8件のうち下刈り作業が3件と最も多く[8]、過酷な作業であることが伺える。残り26件は農林業以外の業種であり、道路

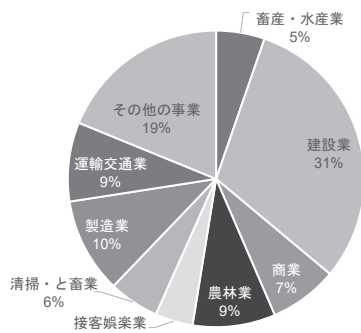


図5 業種別の発症割合

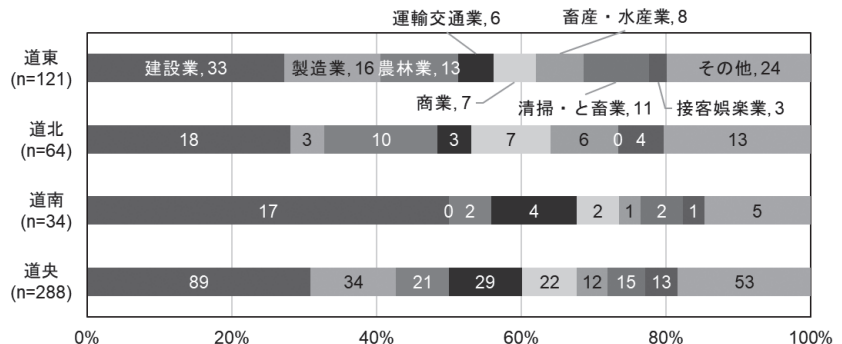


図6 地域別の業種割合

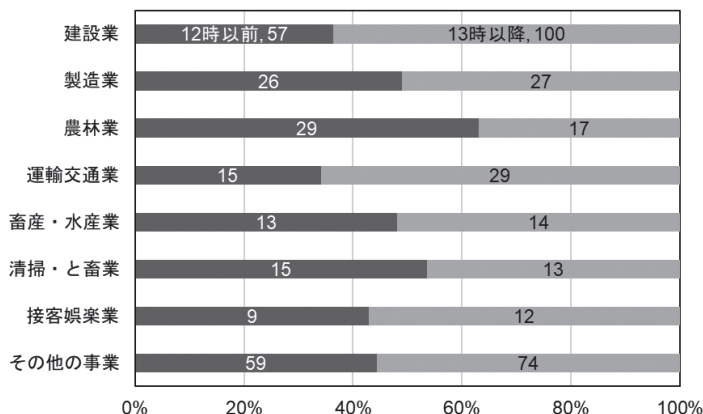


図7 業種別の熱中症発生時間帯

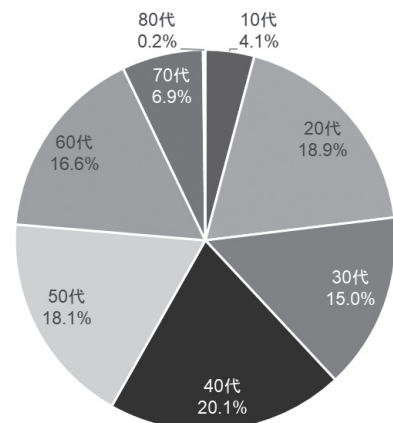


図8 年代別の発症者数

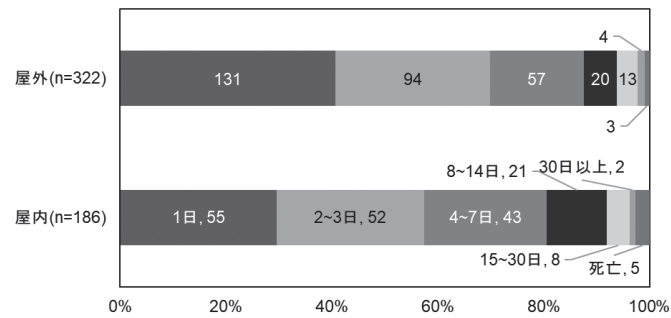


図9 休業程度（日）別の発症者数

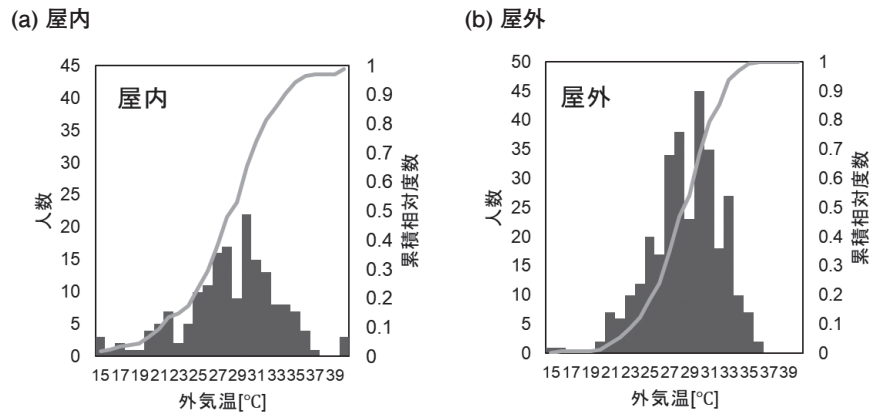


図10 外気温に対する熱中症発症者の度数分布と累積相対度数

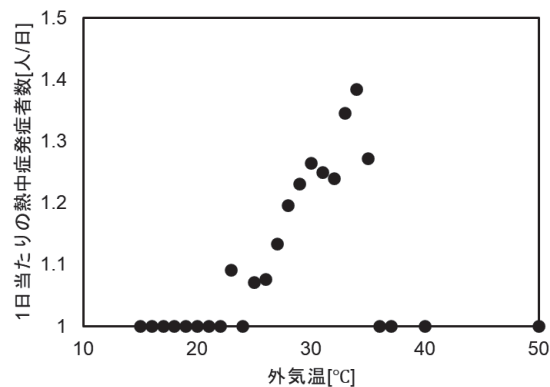


図11 外気温の階級別の1日当たりの発症者数

表2 発生時の作業欄における記載頻度の高い用語

屋外 (281件)		屋内 (186件)	
草刈り, 下刈り, 草取り他	41	工場	24
工事	39	ビニールハウス	17
帰宅, 戻る	30	厨房, 調理	11
誘導, 交通	24	選果	8
道路	16	帰宅・戻る	8
配達	16	鶏舎・牛舎	7
収集	12	倉庫	6

等での草刈りなども発生頻度が高いことがわかる。次に「工事」が39件であり、その業種のほとんどが建設業であった。また「誘導」や「交通」が24件であった。

工事現場等での作業だけでなく誘導業務の負担も大きいことが示された。さらに屋外で特徴的な用語として「帰宅」や「戻る」等で30件のデータがあった。作業中に

は気付かず、帰宅後や帰宅中、会社に戻った後に発症している事例が多数見られた。畜産・水産業の発症者数17件のうち、出漁中の船上での発症が5件あった。すぐに救急搬送できないような事例も存在することから、その場で応急処置ができる体制を整えておく必要性も示唆された。屋内186件のデータのうち最も記載頻度の高い用語は「工場」で24件あり、内18件は製造業であった。次いで「ビニールハウス」も17件と多く、ほとんどが農林業に分類されている。農林水産省は、農作業中の熱中症による死者数は近年20～30名で推移しており、70代以上が約9割を占めていることを示している[9]。齊藤らはハウス栽培農業従事者を対象にしたアンケート調査により、熱中症に既往していないと自己判断している者や症状を理解していないものの中に、実際は熱中症を発症していたと思われる者が多数見られたと報告しており、熱中症の正確な知識を得てもらうことの重要性を示している[10]。農林水産省は、近年MAFFアプリ（農業に役立つ情報を発信するアプリ）に熱中症警戒アラートのお知らせも通知する機能を追加し、情報発信に力を入れており[9]、熱中症に関するさらなる理解が進むことが期待される。その他、厨房業務での発症者も11件、「選果」8件、「鶏舎・牛舎」7件、「倉庫」6件が続いた。屋外と異なる点として「帰宅」等が8件と少なかった。

III. ファン付き作業服（VWW）の有効性に関する研究

1. VWWの着用状況

VWWは、作業服に取り付けたファンから空気を衣服内に取り入れることで体表面での対流や蒸発による放熱が期待される衣服である。田中ら[11]は建築設備施工現場におけるアンケート調査で、現場作業員のファン付き作業服の使用率は年々増加し、2022年には約80%の作業者が着用していることを示しており、建設現場での普及率は高いことが伺える。ファン付き作業服には、ファン付き作業上着（Ventilated working jacket、以下VWJと称す）とファン付きズボン（Ventilated working trousers、以下VWTと称す）の2種類がある。VWJには長袖、半袖、ベスト型の3種類があり、建築設備施工の現場において2019年に行われたアンケートでは長袖型を着用している人の割合が81.8%と高いことを示している[12]。傳法谷ら[13]も2018、2019年に建設作業員（型枠大工や鉄筋工等）に対するアンケートで、VWJの平均所有枚数は2.6枚で長袖が多いことを示している。またVWJを着用（0.8回）した方が非着用者（3.1回）に比べて肌着の更衣回数が少ないことを示しており、VWJを着用することで肌着の汗の蒸発を促し、肌着を着替える回数を減らす効果があることが示されている。山田ら[14]も2022年に建設現場でアンケート調査を行い、所持しているVWJの種類は約9割が長袖であり、所持している肌着は約7割が半袖であることを示した。7割の作業員

が長袖VWJの下に半袖肌着を着用していることを示した。

2. VWJ着用の基本的な効果

著者らは2016年以降、VWJ着用が建設作業員の生理・心理反応に及ぼす影響について人工気候室での実験や現場実測を行ってきている。2017年には北海道大学の人工気候室にて、統一した温熱環境下（29, 34℃で50%）でVWJ着用の有効性を検証するために、建設作業員（鉄筋工、型枠大工各6名）を対象とした被験者実験を行った[15]。長袖Tシャツの上にVWJを着用する条件、VWJを着用せず長袖Tシャツのみ着用する条件の2条件で比較した。作業員には、人工気候室内で鉄筋・型枠の模擬作業をそれぞれ行わせ、皮膚温、心拍数、活動量、体重、暑さ感、快適感等主観申告を測定した。結果より34℃の環境ではVWJ着用時に平均皮膚温を約0.4℃、舌下温を約0.1℃抑制し、着衣残留汗量と心拍数も有意に低値を示した。他方、29℃の環境では有意な抑制が見られなかった。また着衣時体重減少量（蒸発量）にはVWJ着用の有無で有意な差は見られなかった。すなわち蒸発量はVWJ着用に関わらず変化しないが、着衣に残る汗量はVWJ着用時の方が有意に少ないので発汗量はVWJ着用時の方が少ない可能性がみられた。しかし裸体時の体重減少量に有意差は見られなかった。部位皮膚温は、胴部・背部でVWJ着用時に有意に低下したものの、前腕部では29℃環境でVWJ着用時に有意に上昇することもわかった。

次に2017年8月に東京都内の建設現場にて型枠大工4名・鉄筋工3名を対象とした屋外現場実測を行った[16]。建設現場では基本的に8:00～10:00、10:30～12:00、13:00～15:00、15:30～17:00に作業が行われ、作業合間に30分から1時間の休憩が取られている。皮膚温、舌下温、心拍数、活動量、主観申告の他に、体重減少量と飲水量を測定した。VWJを長袖Tシャツの上に着用する日と、VWJを着用せず長袖Tシャツで作業する日を設け、被験者に作業を行ってもらった。各作業時間帯の7名の平均値から気温と全身平均皮膚温の関係を見ると、同じ気温でもVWJを着用した方が平均皮膚温は有意に0.57℃低下することを示した。部位別に見ると、胸部はVWJ着用時に有意に低下しているが、前腕部はVWJを着用した方が有意に上昇している。平均皮膚温と暑さ感の関係はVWJ着用の有無で有意差は認められなかったが、暑さ感と快適感の関係はVWJ着用時の方が有意に快適であることを示した。飲水量と蒸発密度（着衣時体重減少量）に関しては、どの時間帯でもVWJ着用の有無で有意差は見られなかった。現場実測では裸体時体重減少密度（発汗量）を測定できないため、人工気候室実験のデータを基に蒸発密度から裸体時体重減少密度を推定する式を求め、裸体時体重減少密度を推定した結果、裸体時体重減少密度はVWJ着用時に有意に低下することを示した。

2017年の人工気候室と現場実測のデータを基に、建設現場での脱水低減のための飲水とVWJ着用の効果について検証した[17]。建設現場実測におけるWBGTと発汗

密度、飲水密度、脱水密度の関係をみると、発汗密度はスポーツ中の運動部員と建設作業員で殆ど変わらないが、建設作業員の飲水密度は運動部員と比べると大幅に少ないことが示された。そのためVWJ非着用者の脱水密度は、運動部員と比べても非常に多いことが示された。他方、VWJを着用すると脱水密度は減少し運動部員と同等になることも示されている。建設作業の時間帯を8:00～10:00(AM1)、10:30～12:00(AM2)、13:00～15:00(PM1)、15:30～17:00(PM2)で区分し、建設作業員の脱水量[g]と脱水率(8:00時の体重に対する各作業時間における体重の比率)[%]の1日の経時変化を見ると、VWJ非着用者は休憩中(AM1と2の間、PM1と2の間)の体重の回復が少なかった。これは休憩中の皮膚温が高い状態を維持し、発汗量が多くなるためと予想された。他方VWJ着用者の休憩中の体重の回復量は多く、PM1開始時にはAM1とほぼ同じ体重が維持されていた。脱水率を見ると、VWJ非着用者の脱水率は、AM2とPM2の最後の段階で休憩の閾値である1.5%を超えていた。以上より、建設現場でのVWJ着用は脱水の低減に有効であることが示され、さらなる飲水を行えばより有効な熱中症対策となることが示された。

3. VWTや肌着の種類・形状の影響

2019年には、神奈川県内の建設現場にてVWJのみ着用条件とVWJとVWTの同時着用(以下、VWWと称す)条件で比較を行った[18]。被験者は型枠大工8名である。また安定した温熱環境である人工気候室でのVWWの有効性を評価するために、2021年にVWW着用条件とVWJのみ着用条件で、大学生8名に5km/hのトレッドミル歩

行をさせた[19]。VWW条件とVWJ条件を比較した結果、現場・人工気候室に関わらず下半身の皮膚温は低下したが、上半身の皮膚温が上昇したため平均皮膚温に差は見られなかった。発汗密度、蒸発密度とも差は見られなかったが、長袖Tシャツの着衣残留汗量はVWW条件の方が有意に低下した。

2020年には、VWJ内の肌着(長袖Tシャツ)の素材を綿、ポリエステル、ナイロンの3条件で比較した[20]。被験者は建設作業員ではない20～40代男性で、人工気候室内で3km/hのトレッドミル歩行をさせた。Tシャツの着衣残留汗量に関しては綿素材が他の素材より有意に高値を示したものの、それ以外の生理・心理反応に差は見られなかった。

2021年には、VWJ内部のTシャツを半袖と長袖で比較した[21]。運動条件と被験者は文献[19]と同じである。Tシャツと皮膚の間の絶対湿度のみ半袖条件で低下したが、それ以外は差が見られなかった。但し、本実験はトレッドミル歩行であり腕を伸ばした状態での結果である。実際の作業は腕を使った作業を行うため、今後結果が変わる可能性もある。

4. 長袖VWJの着用が有効な温熱環境

著者らは長袖VWJ着用が有効な温熱環境の範囲を調べるために、28℃・55%と32℃・55%の温熱環境[22]、30℃・70%と34.8℃・40%の温熱環境[23]の組み合わせで室蘭工業大学の人工気候室にて実験を行った。文献[23]はWBGT=27℃となるように温湿度を設定した。長袖VWJを使用した既往研究[6]、[24]、[25]を含め、VWJの着用で効果が見られた研究の一覧を表3にまとめた。

表3 長袖VWJの着用で効果が見られた研究の実験条件等

	気温, 相 対湿度	被験者	作業内容, 代謝量／負荷	有意な生理反応	有意な心理反応	
山崎ら[15]	29℃ 50%	鉄筋工 6 名・ 型枠工 6 名	建設模擬作業 2.1METs	背・腹・前腕皮膚温	温冷感・快適感	
山崎ら[15]	34℃ 50%			平均皮膚温, 着衣残留汗量, 心拍数	温冷感・快適感	
櫛原ら[22]	28℃ 55%	男子学生 8 名	トレッドミル(4km/h) 3.0METs	平均皮膚温, 深部体温, 着衣残留汗量	快適感	
櫛原ら[22]	32℃ 55%			平均皮膚温, 深部体温, 着衣残留汗量	温冷感・快適感	
櫛原ら[23]	30℃ 70%	男子学生 8 名		平均皮膚温, 着衣残留汗量	快適感	
櫛原ら[23]	34.8℃ 40%			背部皮膚温, 蒸発密度, 着衣残留汗量	温冷感・快適感	
Moriら[6]	40℃ 30%	20代男性 9 名		サイクルエルゴメーター 4.0METs	前額・胸・背部皮膚温, 脱水率	快適感
Moriら[6]	30℃ 85%			前額・胸・背部皮膚温, 深部体温, 心 拍数	快適感	
Hashimotoら[24]	40℃ 50%	20代男性 9 名	サイクルエルゴメーター 40% VO2max	前額皮膚温, 深部体温, 心拍数	温冷感・快適感	
増子ら[25]	35℃ 64%	20代男性 8 名	段差昇降 3.7~4.5met	深部体温, 発汗量	温冷感 (暑熱感)・ 快適感	

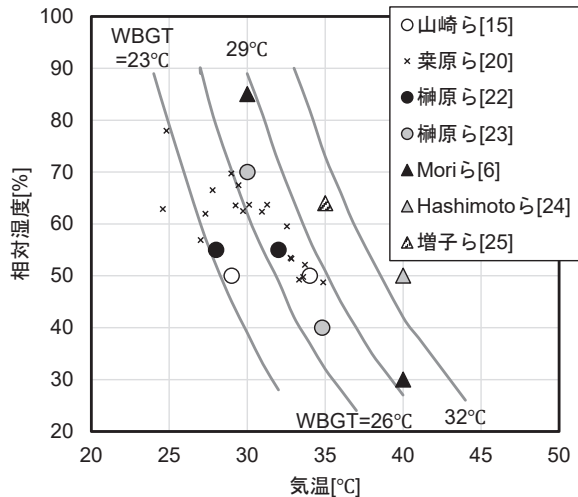


図12 長袖VVJ着用で効果が得られた実験条件の温湿度分布

注意点として、著者らの実験では長袖VVJの下に長袖Tシャツを着用した条件とジャケットは着用せず長袖Tシャツのみを着用した条件とを比較しているのに対し、既往研究[6], [24], [25]は、長袖VVJの下に半袖Tシャツを着用した条件とファンの無い長袖ジャケットの下に半袖Tシャツを着用した条件とを比較している。また著者らの作業時間は80分であるのに対し、既往研究[6], [24], [25]は60分の運動時間である点も異なっている。代謝量は、山崎ら[15]のみ模擬作業であり2.1METsと低い、その他は3~4METs程度であった。ファンの風量は強運転(30L/s程度)の実験が多いが、Moriら[6]は弱風の12L/sで実験を行っており、増子ら[25]は強と弱の比較を行っている。表3の実験条件の温湿度分布を図12に示す。図12では著者らの研究には丸印を、その他既往研究には三角印を使用し、同時にWBGT=23, 26, 29, 32°Cの線を示した。また著者らの東京での5日間の現場実測のデータ[16]も×印でプロットした。著者らの研究はWBGTが23~28°Cの範囲内で実験が行われており、概ねその範囲内ではVVJ着用は有効である可能性がある。但し現場実測のデータは外気温25°Cで相対湿度50~80%に分布しているデータもあり、その範囲での人工気候室実験は行われていない。北海道の熱中症発症者数の事例で示したように、気温が26°Cを超えると発症者数が増加することから、今後はより低い温度域で高湿域の実験も必要になってくると考えられる。また著者以外の研究は、概ねWBGTが29°C以上で実験が行われている。しかし服装が、長袖ジャケットとVVJの比較となっているため、長袖ジャケットを脱いで長袖Tシャツのみで作業した条件との比較は行われていない。榑原ら[23]の高温低湿環境(34.8°C, 40%)での実験では、VVJに覆われている背部皮膚温はVVJ着用条件の方が有意に低下したものの、全身の平均皮膚温はVVJを着用した方がやや高値を示した(有意差はない)。これはVVJ着用時

の他部位の皮膚温が、長袖Tシャツのみ着用条件よりも高くなっていることが原因である。高温域におけるVVJの着用効果に関しては今後さらなる検証が必要であると考えている。

IV. おわりに

本稿では、北海道労働局の2017~2024年の熱中症事例を用いて北海道における職場の熱中症発生の状況を分析することを試みた。

- 年度別では日最高気温が例年より高かった2023年の発症者数が突出して多く、月別では7~8月で全体の85%を示した。発生場所は、屋外で約63%、屋内で約37%であり、屋外での発生割合が高い。屋外では11時と14~15時に二つの発生ピークがあることから、東京の建設現場で例のあった14時頃に短時間の休息を取り入れることも対策の一つとして考えられる。
 - 休業程度(日)別の発症者数は、相対的に屋内で発症した方が休業日数は長い傾向にあった。休業8日間以上の割合が屋外の12%に対し、屋内は19%であった。死亡数も屋外3名に対し、屋内では5名と屋内の方が多かった。
 - 1日当たりの発症者数を外気温の階級別に算出したところ、外気温が26°Cを超えたあたりから発症者が1.1名/日を超えて上昇していることから1日で複数名が発症する可能性がある。労働者の場合は、26°C前後から熱中症発症者が増加することに留意する必要がある。
 - 作業中の発生状況について記載頻度の高い用語を抽出した。屋外で最も記載頻度の高い用語は「草刈り」関係の用語で41件あった。屋内で記載頻度の高い用語は「工場」24件、「ビニールハウス」17件であった。建設業や製造業だけでなく農林業従事者への熱中症対策の啓発が必要である。
- 次に、熱中症対策の一つであるファン付き作業服に関する著者らの研究をレビューし、その有効性について現在の知見をまとめた。
- 建設作業員が所持しているファン付き作業上着(VVJ)は8~9割が長袖であり、その下に半袖Tシャツを着用している人が7割であった。
 - 人工気候室にて統一した温熱環境下(29, 34°Cで50%)で建設作業員(鉄筋工、型枠大工各6名)を対象とした被験者実験を行い、長袖Tシャツの上にVVJを着用した条件と長袖Tシャツのみ着用の条件で生理心理反応を比較した。34°Cの環境ではVVJを着用した方が平均皮膚温や着衣残留汗量、心拍数が有意に低値を示した。
 - 東京都内の建設現場にて型枠大工4名・鉄筋工3名を対象とした屋外現場実測では、同じ気温でもVVJを着用した方が長袖Tシャツのみの場合よりも平均皮膚温は有意に低下すること、暑さ感と快適感の関係もVVJ着用時の方が有意に快適であることを示した。

●人工気候室と現場実測のデータを基に、建設現場での脱水低減のための飲水とVWJ着用の効果について検証した結果、建設作業員の飲水密度はスポーツ活動中の運動部員と比べると大幅に少ないことが示された。他方、建設現場でのVWJ着用は脱水率の低減に有効であることが示され、さらなるVWJ着用に加え適切な飲水を行えばより有効な熱中症対策となることが示唆された。

●長袖VWJ着用が有効な温熱環境の範囲を調べるために、長袖VWJの着用で生理・心理反応に効果が見られた研究を図表にまとめた。著者らの研究はWBGTが23～28℃の範囲内で実験が行われており、概ねその範囲内ではVWJ着用が有効である可能性が示された。著者ら以外の研究は概ねWBGTが29℃以上で実験が行われており、深部体温や心拍数の低下などの効果が得られているが、ファン無しの長袖ジャケット条件とVWJ条件を比較した研究であり、長袖Tシャツのみの比較は行われていない。

今後は、25～26℃で高湿域での実験や、WBGTが29℃以上の環境でのVWJ着用条件と長袖Tシャツのみの比較などさらなる検証が必要である。また半袖やベスト型のVWJの有効性や建設現場以外での研究動向についてもレビューが必要である。

謝辞

実験に協力して頂いた作業員・学生の皆様に改めて感謝の意を表します。また研究を行うにあたり山崎慶太氏（当時竹中工務店）、濱田靖弘先生（当時北海道大学）、傳法谷郁乃先生（神奈川大学）、小林宏一郎先生（岩手大学）、染谷俊介氏、藤崎幸市郎氏（竹中工務店）他、多数の皆様のご指導を頂きました。記して謝意を表します。

引用文献

- [1] 総務省消防庁. 令和6年（5月から9月）の熱中症による救急搬送状況. Fire and Disaster Management Agency. [Emergency transport situation due to heat stroke in 2024 (May to September).] https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/r6/heatstroke_nenpou_r6.pdf (in Japanese) (accessed 2025-3-18)
- [2] 厚生労働省. 令和7年「STOP！熱中症 クールワークキャンペーン」実施要綱. 2025. Ministry of Health, Labour and Welfare. [Implementation Guidelines for the 2025 "STOP! Heat Stroke Cool Work Campaign. 2025.] <https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/001426757.pdf> (in Japanese) (accessed 2025-3-18)
- [3] 厚生労働省北海道労働局. 安全衛生関係団体等に取組総点検の実施を要請. 2024. Hokkaido Labor Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Safety and health-related organizations requested to conduct a comprehensive review of their efforts.] 2024. <https://jsite.mhlw.go.jp/hokkaido-roudoukyoku/content/contents/001718093.pdf> (in Japanese) (accessed 2024-5-31)
- [4] 厚生労働省北海道労働局. 第14次労働災害防止計画（2023～2027年度）. Hokkaido Labor Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [The 14th Work Accident Prevention Plan (2023-2027).] https://jsite.mhlw.go.jp/hokkaido-roudoukyoku/hourei_seido_tetsuzuki/anzen_eisei/anzen-kankei/saigai/roudousaigaiboushikeikaku_14.html (in Japanese) (accessed 2025-3-18)
- [5] 厚生労働省北海道労働局. 職場における熱中症事例. Hokkaido Labor Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Heat exhaustion case in a workplace.] https://jsite.mhlw.go.jp/hokkaido-roudoukyoku/hourei_seido_tetsuzuki/anzen_eisei/roudou-eisei/_119861.html (in Japanese) (accessed 2025-3-17)
- [6] Mori K, Nagano C, Fukuzawa K, Hoshuyama N, Tanaka R, Nishi K, et al. Mitigation of heat strain by wearing a long-sleeve fan-attached jacket in a hot or humid environment. *Journal of Occupational Health*. 2022;64(1):e12323. doi: 10.1002/1348-9585.12323
- [7] 杉山拓真, 藤崎幸市郎, 花澤健介, 染谷俊介, 栗原浩平, 平澤葵, 他. 建設作業員の熱中症対策に関する研究（その8）建設現場における各種対策と生理反応の関係. 第48回人間-生活環境系シンポジウム報告集. 2024;48:11-12. Sugiyama T, Fujisaki K, Hanazawa K, Someya S, Kuwabara K, Hirasawa A, et al. [Study on measures against heatstroke of construction workers Part VIII Relationship between various measures and physiological reactions at construction sites.] 48th Symposium on Human-Environment System. 2024;48:11-12. (in Japanese)
- [8] 末永和, 板谷明美, 中田知沙. 暑熱環境の許容基準にもとづいた森林作業の分類. 中部森林研究. 2024;72:1-4. Suenaga I, Itaya A, Nakata C. [Classification of forestry operations based on acceptable standards for thermal environments.] *Chubu Forestry Research*. 2024;72:1-4. doi: 10.60341/chufr.72.0_1 (in Japanese)
- [9] 農林水産省. 熱中症対策. 農林水産省通知. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. [Measures against heat stroke. Notification from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.] https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/nechu.html (in Japanese) (accessed 2025-3-24)
- [10] 齊藤雄司, 樫村修生, 野田恒行, 桜井政夫. 農業従事者におけるハウス栽培作業時の熱中症および水分補給の実態. 日本生気象学会雑誌. 2017;54(1):13-22. Saito Y, Kashimura O, Noda T, Sakurai M. [Actual conditions of heat disorders and hydration status in agriculture personnel working in a greenhouse.] *Japanese Journal*

- of Biometeorology. 2017;54(1):13-22. doi: 10.11227/seikisho.54.13 (in Japanese)
- [11] 田中毅弘, 割石浩幸. 建築設備の施工・保全における安全・品質向上手法に関する検討 (第31報) コロナ禍における施工現場の「熱中症アンケート」(5) 作業者の意識調査の実態. 空気調和・衛生工学会令和5年度大会学術講演論文集. 2023;5-8. Tanaka T, Wariishi H. [Study on improvement technique of safety and quality for construction and maintenance in building facilities (Part31) Heatstroke Questionnaire of construction site in COVID-19 related confusion (5) Survey of workers awareness & its actual situation.] Technical Papers of Annual Meeting. The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2023;5-8. doi: 10.18948/shasetaikai.2023.10.0_5 (in Japanese)
- [12] 割石浩幸, 辻見真一郎, 田中毅弘. 建築設備施工現場におけるファン付き作業服の使用実態に関する調査研究. 空気調和・衛生工学会論文集. 2021;46(297):39-46. Wariishi H, Tsujimi S, Tanaka T. [Actual usage of air-conditioned wear in building facilities construction sites.] Transactions of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2021;46(297):39-46. doi: 10.18948/shase.46.297_39 (in Japanese)
- [13] 傳法谷郁乃, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 栗原浩平, 濱田靖弘, 他. ファン付き作業服が建設作業員の生理・心理反応に及ぼす影響に関する研究 (第13報) 夏季の建設作業現場における着用実態調査. 第43回人間-生活環境系シンポジウム報告集. 2019;43:23-24. Dempoya A, Yamasaki K, Ino H, Someya S, Kuwabara K, Hamada Y, et al. [Study on the effect of Ventilated Working Wear on physiological and psychological responses of construction workers – PartXIII Field study on clothing at construction sites in summer.] Proceedings of the 43rd Symposium on Human-Environment System. 2019;43:23-24. doi: 10.24538/jhesp.43.0_23 (in Japanese)
- [14] 山田稜, 染谷俊介, 井野隼人, 山崎慶太, 高橋泰斗, 藤崎幸市郎, 他. ファン付き作業服が建設作業員の生理・心理反応に及ぼす影響に関する研究 (第16報) 夏季の建設作業現場における屋外温熱環境及びアンケート調査. 第44回人間-生活環境系シンポジウム報告集. 2020;44:25-28. Yamada R, Someya S, Ino H, Yamasaki K, Takahashi T, Fujisaki K, et al. [Study on the effect of Ventilated Working Wear on physiological and psychological responses of construction workers – PartXII Thermal environment and questionnaire survey at construction in summer.] Proceedings of the 44th Symposium on Human-Environment System. 2020;44:25-28. doi: 10.24538/jhesp.44.0_25 (in Japanese)
- [15] 山崎慶太, 菅重夫, 栗原浩平, 濱田靖弘, 朱楚奇, 中野良亮, 他. 人工気候室での模擬作業がファン付き作業服を着用した建設作業員の生理・心理反応に及ぼす影響. 日本建築学会環境系論文集. 2018;83(748):543-553. Yamazaki K, Suga S, Kuwabara K, Hamada Y, Shu S, Nakano R, et al. [Effect of simulated work in artificial climate chamber on physiological and psychological responses of construction workers with air-conditioned wear.] Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ). 2018;83(748):543-553. doi: 10.3130/aije.83.543 (in Japanese)
- [16] 栗原浩平, 山崎慶太, 菅重夫, 小林宏一郎, 濱田靖弘, 高橋直. ファン付き作業服と作業時間帯が建設作業員の生理・心理反応に及ぼす影響 建設現場における実態調査 その2. 日本建築学会環境系論文集. 2019;84(756):151-159. doi: 10.3130/aije.84.151. Kuwabara K, Yamazaki K, Suga S, Kobayashi K, Hamada Y, Takahashi N. [Effect of ventilated workwear and working schedule on physiological and psychological responses of construction workers, no.2: Actual investigation at an active construction site.] Japan Architecture Review. 2020;4:202-210. doi: 10.1002/2475-8876.12185
- [17] 山崎慶太, 栗原浩平, 染谷俊介, 濱田靖弘, 小林宏一郎. 夏季建設現場における飲水とファン付き作業服による脱水の低減に関する研究. 日本建築学会環境系論文集. 2020;85(771):351-360. Yamazaki K, Kuwabara K, Someya S, Hamada Y, Kobayashi K. [Reduction of dehydration by water intake and ventilated working wear at a construction site in summer.] Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ). 2020;85(771):351-360. doi: 10.3130/aije.85.351 (in Japanese)
- [18] 山田稜, 笹森暁, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 栗原浩平, 他. ファン付き作業服を用いた暑熱ストレス低減化に関する研究 (第11報) 部位皮膚温と平均皮膚温の関係. 空気調和・衛生工学会北海道支部第54回学術講演会. 2020;81-84. Yamada R, Sasamori S, Yamazaki K, Ino H, Someya S, Kuwabara K, et al. [Study on reduction of heat stroke stress by Ventilated Working Wear – Part XI Relationship between local skin and mean skin temperatures.] Technical Papers of the 54th Annual Meeting. Hokkaido branch of the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2020;54:81-84. (in Japanese)
- [19] 栗原浩平, 山崎慶太, 傳法谷郁乃. ファン付き作業上着とズボンの同時着用が生理心理反応に及ぼす影響. 空気調和・衛生工学会令和4年度大会学術講演論文集. 2022;269-272. Kuwabara K, Yamazaki K, Dempoya A. [Effect of wearing Ventilated Working Jacket and Trousers on physiological and psychological responses.] Technical Papers of Annual Meeting. The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2022;269-272. doi: 10.18948/shasetaikai.2022.6.0_269 (in Japanese)

- Japanese)
- [20] 栗原浩平, 染谷俊介, 山崎慶太, 藤崎幸市郎, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 他. ファン付き作業服内のTシャツ素材が生理心理反応に及ぼす影響, 空気調和・衛生工学会令和3年度大会学術講演論文集, 2021;41-44. Kuwabara K, Someya S, Yamazaki K, Fujisaki K, Dempoya A, Hamada Y. [Effect of T-shirt materials worn inside Ventilated Working Jacket on human physiological and psychological reactions.] Technical Papers of Annual Meeting, The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2021; 41-44. doi: 10.18948/shasetaikai.2021.6.0_41 (in Japanese)
- [21] 黒澤俊介, 栗原浩平, 山崎慶太, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 石蔵直也, ファン付き作業服を用いた暑熱ストレス低減化に関する研究 (第18報) 半袖Tシャツの着用時の効果検証, 空気調和・衛生工学会北海道支部第56回学術講演会, 2022;56:159-160. Kurosawa S, Kuwabara K, Yamazaki K, Dempoya A, Hamada Y, Ishikura N. [Study on reduction of heat stroke stress by Ventilated Working Wear - Part XVIII Effectiveness of wearing short sleeve T-shirts.] Technical Papers of the 56th Annual Meeting. Hokkaido branch of the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2022;56:159-160. (in Japanese)
- [22] 榊原康生, 栗原浩平, 染谷俊介, 山崎慶太, 傳法谷郁乃. 歩行時に長袖ファン付き作業服を着用すると生理・心理負担が軽減される温熱環境, 日本建築学会環境系論文集. 2024;89(820):332-339. Sakakibara K, Kuwabara K, Someya S, Yamazaki K, Dempoya A. [Thermal environment that reduces physiological and psychological burden of walking workers wearing long-sleeved Ventilated Working Jacket.] Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ). 2024;89(820):332-339. doi: 10.3130/aije.89.332 (in Japanese)
- [23] 榊原康生, 栗原浩平, 染谷俊介, 山崎慶太, 傳法谷郁乃. 等WBGT環境下でのファン付き作業服着用の有効性の検証. 日本建築学会北海道支部研究報告集. 2024;97:251-254. Sakakibara K, Kuwabara K, Someya S, Yamazaki K, Dempoya A. [Verification of effectiveness of wearing Ventilated Working Jacket under equal WBGT environment.] Technical Papers of the 97th Annual Meeting. Hokkaido branch of the Architectural Institute of Japan. 2024;97:251-254. (in Japanese)
- [24] Hashimoto K, Horie S, Nagano C, et al. A fan-attached jacket worn in an environment exceeding body temperature suppresses an increase in core temperature. Scientific Reports. 2021;11:21269. doi: 10.1038/s41598-021-00655-2
- [25] 増子慎吾, 都築和代, 村江行忠, 今堀賢一, 大島加保里. ファン付き作業服が暑熱環境労働者の認知パフォーマンスに及ぼす影響. 日本建築学会東海支部研究報告集. 2021;59:217-220. Masuko S, Murae Y, Tsuzuki K, Imahori K, Oshima K. [Studies on the effect of work clothes with fanning on cognitive performance at hot working environments.] Technical Papers of the 97th Annual Meeting. Tokai branch of the Architectural Institute of Japan. 2021;59:217-220. (in Japanese)