

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04744

研究課題名(和文)熱中症対策としてのファン付き衣服の有効性に関する研究

研究課題名(英文)A study on effectiveness of ventilated working wear against heat stroke countermeasure

研究代表者

桑原 浩平 (Kuwabara, Kouhei)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：40374582

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ファン付きズボン(VWT)やファン付き上着(VWJ)の中に着用する下着の素材が生理心理反応に及ぼす影響を検討した。綿、ポリエステル、ナイロンの長袖Tシャツを着用した被験者実験の結果、Tシャツの残留汗量は、ポリエステル製シャツよりも綿シャツを着用した方が有意に高くなったが、それ以外の皮膚温や発汗密度等に有意差はみられなかった。またVWJのみ着用した場合とVWJ&VWTを着用した場合を比較した結果、VWJ&VWT着用時に長袖Tシャツの着衣残留汗量に有意な低下が確認された。蒸発密度は増加傾向にあることから、VWJとVWTの両方を着用することで蒸発効率の向上が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

90分間軽作業を継続する場合、ファン付き作業上着の中に着るTシャツ素材が皮膚温や快適性に及ぼす影響は殆どありませんでした。但し綿製はポリエステル製よりも汗を吸収する量が多いため、やや不快に感じる可能性があります。またファン付き作業上着だけでなくファン付きズボンも着用した方が、Tシャツが吸収する汗の量が少なくなることがわかりました。汗が蒸発する効率がやや向上した可能性があります。このことから、ファン付き上着内はポリエステル製シャツを着用し、ファン付きズボンも着用した方がTシャツの濡れによる不快感を低減する可能性が示されました。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the effect of the material of the underwear worn in the Ventilated Working Jacket (VWJ) and the Ventilated Working Trousers (VWT) on the physiological and psychological responses. As a result of experiments by participants wearing cotton, polyester, nylon long-sleeved T-shirts, the sweat content of the T-shirt was significantly higher in the cotton shirt than in the polyester shirt. However, there was no significant difference in sweat rate, etc. In addition, as a result of comparing the case of wearing only VWJ and the case of wearing VWJ & VWT, the sweat content of long-sleeved T-shirts of participants wearing VWJ & VWT was significantly lower than that of participants wearing VWJ alone. Since the evaporation rate of participants wearing VWJ & VWT is slightly higher than that of participants wearing only VWJ, wearing both VWJ and VWT may improve evaporation efficiency.

研究分野：建築環境・設備

キーワード：ファン付き作業服 ファン付きズボン Tシャツ 皮膚温 発汗量 蒸発効率 熱中症

1. 研究開始当初の背景

平成 24 ~ 27 年の業種別の熱中症による死傷者を見ると、建設業が最も多く、建設業・製造業で全体の 5 割を占めており、作業現場における熱中症対策は喫緊の課題である。近年、作業現場では熱中症対策としてファン付き作業服に注目が集まり、それほど費用をかけずに対策が採れることから急速に普及している。作業上着内部への外気導入により、汗の蒸発冷却が促進され、外気温が低い場合は対流放熱の効果も期待される。しかし、局所的に気流が強い条件での人体生理・心理反応に関する研究例は少なく、農作業の現場で大学生を被験者とした実験や人工気候室での単一環境条件における被験者実験などがあるが、熱中症対策としての評価は両者で割れている。ファン付き作業服は普及し始めているものの、熱中症対策としての評価は定まっていないのが現状である。

我々はこれまでの被験者実験で、ファン付き上着 (Ventilated Working Jacket, 以降 VWJ と称す) を着用することにより快適感は向上、胸部の皮膚温は低下、汗の蒸発量は変わらないが発汗量は減少している等の結果を得ている。このことからファン付き作業服の着用は、作業時の水分損失を減らし、熱中症対策として効果がある可能性があることを示している。しかし、ファンの風が当たる胸部皮膚温は低下するものの、大腿や下腿皮膚温はファン付き作業服を着用している方がむしろ高くなる結果が示されており、全身の平均皮膚温にすると有意な差は見られない。そこで四肢部をファンで冷却した方が、熱中症対策には有効ではないかと考えた。

またファン付きズボン (Ventilated Working Trousers, 以降 VWT と称す) が有効でない可能性もあるため、十分に普及しているファン付き上着が熱中症対策としてさらに有効になるための方法を検討する。申請者は既往研究結果より、皮膚温を低下させるという意味では速乾素材よりも綿素材の方が効果は高いと考えている。ファン付き上着内を綿素材シャツにすれば、皮膚温低下すなわち体温上昇を防ぐという意味で有効であると考えた。

2. 研究の目的

本研究の第一の目的は、ファン付きズボンが皮膚温の低下や水分損失量の減少に及ぼす影響を検証することである。第二の目的は、ファン付き上着内のシャツが、綿素材と吸汗速乾素材でファンの効果が異なるか検証することである。

3. 研究の方法

VWJ 内の T シャツ素材が人の生理心理反応に及ぼす影響を検証するために被験者実験 (実験 1) を行った。実験は環境条件を気温 34℃、相対湿度 50% に設定した人工気候室内で行われ、健康な成人男性 8 名に 3.0km/h のトレッドミル運動 (約 2.1METs) をさせた。服装は、作業靴、靴下、トランクス、作業ズボン、長袖 T シャツ、VWJ、ヘルメットとした。実験に使用する長袖 T シャツは綿、ポリエステル、ナイロンの 3 種の異なる素材のものを用意した。実験時間は 90 分間であり、T シャツを変えて 1 日 3 回実験させた。皮膚温、深部体温、心拍数、運動量、体重減少量、着衣重量増加量、衣服内温湿度、主観申告を測定した。

次に、VWJ 内に長袖 T シャツを着用した場合 (条件 1) と半袖 T シャツを着用した場合 (条件 2) の、生理心理反応への影響を検証する被験者実験と、VWJ のみを着用した場合 (条件 1) と VWJ と VWT を同時着用した場合 (条件 3) の生理心理反応への影響を検証する被験者実験 (実験 2) を行った。気温 34℃、相対湿度 50% の環境にて、20 歳代の男性大学生 8 名が、5.0km/h に設定したトレッドミルによる歩行運動を 40 分×2 回、間に 10 分間の主観申告等の測定時間を設けて行った。服装は、安全靴、靴下、トランクスを共通とし、条件 1 で長袖 T シャツ (ポリエステル製)、VWJ、普通作業ズボン、条件 2 は半袖 T シャツ (ポリエステル製)、VWJ、普通作業ズボン、条件 3 は長袖 T シャツ (ポリエステル製)、VWJ、VWT とした。皮膚温、深部体温、心拍数、運動量、体重減少量、着衣重量増加量、衣服内温湿度、主観申告を測定した。

4. 研究成果

実験 1 の結果、T シャツの残留汗量は、ポリエステル製 T シャツよりも綿製 T シャツを着用した方が有意に高くなった。しかし、それ以外の皮膚温や発汗密度、T シャツ内温湿度に有意な差はみられなかった。綿 T シャツは他の素材よりも濡れているものの、着衣の濡れ感にも有意な差はみられなかった。

実験 2 より、条件 1 と 2 を比較した結果、シャツに覆われなくなった前腕部皮膚表面の絶対湿度は有意に低下したが、その他の生理心理反応に有意差は見られなかった。ただ有意差はみられなかったものの、前腕部の皮膚温は半袖を着用した方がやや高くなっていった。前腕部発汗量は半袖と長袖で変わらないことから、前腕部に関しては長袖で覆われた方が、着衣のぬれによる蒸発潜熱の影響で皮膚温が低下する可能性も考えられる。次に条件 1 と 3 を比較した結果、VWJ&VWT 着用時に足背と大腿の皮膚温が有意に低下し、VWT による下半身の冷却効果は確認された。他方、腹部や前額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。また、VWJ&VWT 着用時に長袖 T シャツの着衣残留汗量に有意な低下が確認され、全体的にも低下傾

向にあった。蒸発密度は増加傾向にあることから、VWJ&VWT を着用することで蒸発効率の向上が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 YAMAZAKI Keita, KUWABARA Kohei, SOMEYA Shunsuke, HAMADA Yasuhiro, KOBAYASHI Koichiro	4. 巻 85
2. 論文標題 REDUCTION OF DEHYDRATION BY WATER INTAKE AND VENTILATED WORKING WEAR AT A CONSTRUCTION SITE IN SUMMER	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 351~360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.85.351	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kuwabara Kouhei, Hamada Yasuhiro, Kubota Hideki	4. 巻 9
2. 論文標題 Analysis of sweating efficiency and its effects on the heat strain alleviation of clothed subjects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14694	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 笹森暁、染谷俊介、山崎慶太、平野雄士、堀内慎介、藤崎 幸市郎、柴原浩平、傳法谷郁乃、濱田靖弘、小林宏一郎、山田開、宇野紘生
2. 発表標題 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15報）作業現場での休憩所の環境と飲水が生理心理反応に及ぼす影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第56回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒澤俊介、柴原浩平、山崎慶太、傳法谷郁乃、濱田靖弘、石蔵直也
2. 発表標題 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）全身ファン付き作業服着用が生理心理反応に及ぼす影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第56回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石蔵直也, 柴原浩平, 山崎慶太, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 黒澤俊介
2. 発表標題 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17報) 全身ファン付き作業服着用が生理心理反応に及ぼす影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第56回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宇野紘生, 染谷俊介, 山崎慶太, 平野雄士, 堀内慎介, 藤崎 幸市郎, 柴原浩平, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 小林宏一郎, 山田開, 笹森暁
2. 発表標題 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16報) 休憩時におけるアイススラリー摂取と温熱環境の影響の検証
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第56回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹森暁, 染谷俊介, 山崎慶太, 藤崎幸市郎, 柴原浩平, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 小林宏一郎
2. 発表標題 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17報) 作業員の飲水状況並びに作業現場の休憩所の環境
3. 学会等名 第45回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴原浩平, 染谷俊介, 山崎慶太, 藤崎幸市郎, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 小林宏一郎
2. 発表標題 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
3. 学会等名 令和3年度空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 JI Shuangbo, Yasuhiro Hamada, Kouhei Kuwabara
2. 発表標題 Effect of air velocity on upper body on sweating efficiency and mean skin temperature
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第55回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中家碧惟、笹森暁、山田稜、紀双博、染谷俊介、井野隼人、山崎慶太、高橋泰斗、柴原浩平、傳法谷郁乃、濱田靖弘、小林宏一郎
2. 発表標題 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14報）Tシャツの素材が生理心理反応に及ぼす影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第55回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田稜、染谷俊介、井野隼人、山崎慶太、高橋泰斗、藤崎幸市郎、柴原浩平、傳法谷郁乃、濱田靖弘、小林宏一郎、笹森暁、中家碧惟
2. 発表標題 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13報）屋内外での建設作業が生理心理反応に及ぼす影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第55回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田稜、染谷俊介、井野隼人、山崎慶太、高橋泰斗、藤崎幸市郎、柴原浩平、傳法谷郁乃、濱田靖弘、小林宏一郎、笹森暁、中家碧惟
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第44回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎慶太, 柴原浩平, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 小林宏一郎, 染谷俊介, 高橋泰斗
2. 発表標題 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12報) 深部体温による熱中症モニタリングに関する検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会令和2年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋泰斗, 染谷 俊介, 山崎 慶太, 柴原浩平, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 小林宏一郎
2. 発表標題 作業所における熱中症対策の研究 - 強制飲水の効果測定 -
3. 学会等名 日本建築学会令和2年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 藤崎幸市郎, 高橋奏斗, 柴原浩平, 傳法谷郁乃, 山田稜, 笹森暁, 濱田靖弘, 小林宏一郎
2. 発表標題 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14報) 水分損失や深部体温に及ぼす影響
3. 学会等名 第43回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 傳法谷郁乃, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 柴原浩平, 濱田靖弘, 山田稜, 笹森暁, 小林宏一郎
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第43回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田稜, 笹森暁, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 栗原浩平, 濱田靖弘, 傳法谷郁乃, 小林宏一郎
2. 発表標題 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12報)建設現場におけるファン付き作業服およびズボンの有効性
3. 学会等名 第43回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹森暁, 山田稜, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 栗原浩平, 濱田靖弘, 傳法谷郁乃, 小林宏一郎
2. 発表標題 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11報)人工気候室におけるファン付きズボンの有効性
3. 学会等名 第43回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田稜, 笹森暁, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 栗原浩平, 傳法谷郁乃, 濱田靖弘, 小林宏一郎, 高橋泰斗
2. 発表標題 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
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第54回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笹森暁, 山崎慶太, 井野隼人, 染谷俊介, 栗原浩平, 濱田靖弘, 傳法谷郁乃, 小林宏一郎, 山田稜
2. 発表標題 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10報) 改良型ファン付き作業服とインナー素材の影響の検証
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会北海道支部第54回学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	濱田 靖弘 (Hamada Yasuhiro) (40280846)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	山崎 慶太 (Yamazaki Keita) (30416606)	株式会社竹中工務店 技術研究所・その他部局等・研究員 (移行) (92502)	
研究分担者	傳法谷 郁乃 (Dempoya Ayano) (00782301)	神奈川大学・工学部・助教 (32702)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	山田 稜 (Yamada Ryo)		
研究協力者	笹森 暁 (Sasamori Satoru)		
研究協力者	紀 双博 (Ji Shuangbo)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	中家 碧惟 (Nakaya Aoi)		
研究協力者	宇野 紘生 (Uno Hiroki)		
研究協力者	石蔵 直也 (Ishikura Naoya)		
研究協力者	黒澤 俊介 (Kurosawa Shunsuke)		
研究協力者	染谷 俊介 (Someya Shunsuke)		
研究協力者	高橋 泰斗 (Takahashi Taito)		
研究協力者	藤崎 幸市郎 (Fujisaki Koichiro)		
研究協力者	小林 宏一郎 (Kobayashi Koichiro)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------