

視覚的反応時間 (PVT) テストにはAMI 社製の PVT-192 を使用し、5 分間計測した。PVT-192 はプラスチック製の四角い箱で、被験者は上面の LED に表示される数字を知覚後ただちにボタンを押し、その反応時間を測定するものである。指先血中ヘモグロビン濃度はシスメックス社 ASTRIM SU を用い非侵襲的に右手中指にて測定した。

一連の実験は、平成 21 年 3 月に行われ、各被験者とも 2 条件を別の週の同じ時刻に行った。

3. 実験結果および考察

(1) 体重変化量

図 2 に、体重変化量について、被験者 A~D の 4 名の個別データと、4 名の平均値を示す。体重変化量とは、2 回目の体重計測値から 1 回目の体重計測値を減じたものである。C 条件では体重変化量は被験者毎に -270g から -330g で平均値±S.D. は $-310.3 \pm 24.7g$ であった。W 条件では個別では +60g~+170g で、平均値±S.D. は $+100.2 \pm 51.0g$ であった。予測プログラムより算出された飲水量は被験者毎に異なり 390g~430g で平均 410.0g、C 条件と W 条件の差 (変化量) は 383~447g となり、平均値は 410.5g でこれはモデル算出の飲水量とほぼ等しい値であった。

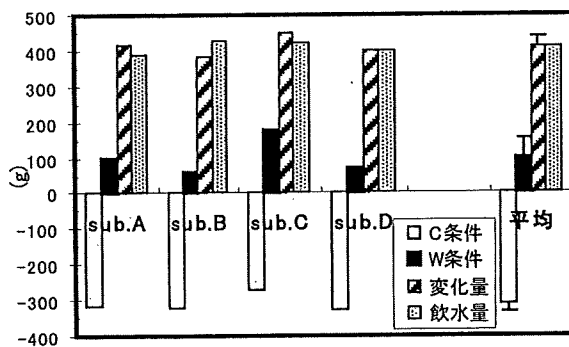


図 2 体重変化量および飲水量

(2) 平均皮膚温

平均皮膚温は、前室 A では 33.5°C 程度であり、暑熱条件の B 室に移動してからは上昇し、最初の 30 分で 35.8°C 程度まで上昇した。その後は W 条件、C 条件ともに平均皮膚温は徐々に低下し続け、B 室入室 120 分後には 35.3°C 前後となった。

(3) 直腸温

図 3 に B 室入室時点基準とした直腸温変化量の被験者 4 名の平均値±S.D. を、経時変動で示す。直腸温変化量は B 室入室後最初の 20 分間程度は低下しつつあるものの、その後上昇ははじめ、120 分後まで上昇し続けた。C 条件では上昇は 0.27°C 程度であったのに対し、W 条件では 0.22°C で、W 条件の方が直腸温上昇が低くおさえられた。B 室入室後 60~70 分間程度は条件間にあまり差はみられないが、その後は W 条件の上昇が緩やか

かになるのに対し C 条件ではより大きく上昇し続けた。

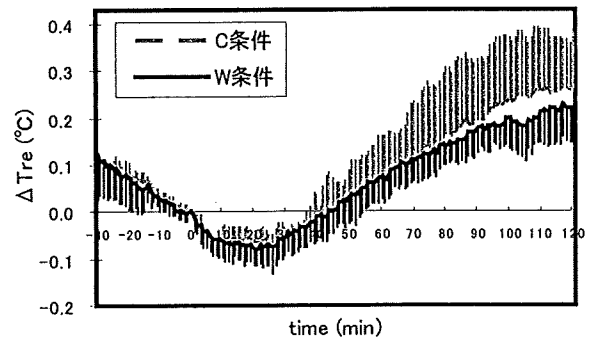


図 3 直腸温変化量の経時変動 (平均値±S.D.)

(4) PVT

図 4 に PVT について、RRT (反応時間の逆数) の変化を示す。A 室滞在時の RRT を 1 とした時のその後の被験者 4 名の平均値と S.D. を示している。B 室入室後、W 条件の RRT 値は上昇傾向にあるのに対して、C 条件ではそのような傾向はみられず、実験終了直前の成績は大きく低下し、W 条件との間には t 検定の結果有意差が認められた ($p < 0.05$)。

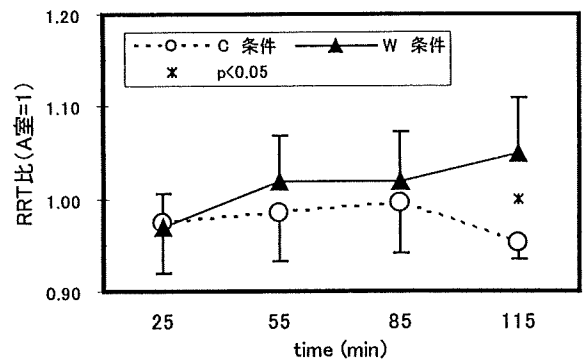


図 4 PVT RRT 比の経時変動 (平均値±S.D.)

4. おわりに

以上、気温 35°C 相対湿度 50% の人工気候室内に男性被験者 4 名をばく露し、暑熱環境における飲水の有無が人体生理・心理反応に及ぼす影響を検討した。その結果、改良版 PHSm より算出された量の飲水がある場合はない場合に比べ体重減少量は少なくなり、直腸温は低くなり、PVT 成績の向上などの影響が観察された。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、厚生労働科学研究費補助金 (暑熱作業時の必要水分補給量に関する研究、研究代表者：澤田晋一) の補助を受けました。記して謝意を表します。

文献 1) 澤田他、暑熱作業時の必要水分補給量に関する研究、厚生労働科学研究費補助金平成 20 年度報告書 (2009)

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

《連絡先》榎本ヒカル Email:enomoto@h.jniosh.go.jp

〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

PHS モデルによる水分補給が暑熱環境における人体に及ぼす影響

A Study on Human Responses of Water Replacement by PHS model during Acute Exposure to Heat

榎本 ヒカル^{*1}、澤田 晋一^{*1}、安田 彰典^{*1}、岡 龍雄^{*1}、
東郷 史治^{*1}、上野 哲^{*1}、池田 耕一^{*2}

Hikaru ENOMOTO^{*1}, Shin-ichi SAWADA^{*1}, Akinori YASUDA^{*1}, Tatsuo OKA^{*1},
Fumiharu TOGO^{*1}, Satoru UENO^{*1}, and Koichi IKEDA^{*2}

1. はじめに

職業性熱中症が減少しない理由の一つに、暑熱作業時の水分補給量の目安が明確でないことが指摘されている。前報¹⁾で著者らは水分補給の有無により人体影響が異なることを報告したが、その結果を受け、今回はPHSモデル (ISO7933) で算出された水分補給の妥当性および暑熱環境における水分補給量の違いが人体に与える影響について検証するため、人工気象室を用いた被験者実験を行った。

2. 実験方法

(1) 実験室および設定温湿度条件

実験は労働安全衛生総合研究所内の人工気象室にて行った。独立して制御可能な連続した2室を用い、設定条件は前室にあたるA室を気温25℃相対湿度50%、暑熱条件として設定したB室を気温33℃相対湿度50% (WBGT27.6℃) とした。

(2) 被験者条件および設定飲水量

被験者は健康で標準的な体格の男子大学生8名で、実験中は夏季の建設作業現場服一式、安全靴、ヘルメットを着用し、着衣による熱抵抗値は1.0clo程度であった。

水分補給条件については、PHSモデルより算出した本実験条件下における予測体重減少量と同量の水分を摂取する「水1」条件、米国政府産業衛生専門家会議(ACGIH)から出された水分摂取に関するガイドラインに基づいた水分量を摂取する「水2」条件、無飲水の「水0」条件の3条件それぞれにおいて、座位または30分間のトレッドミル歩行を行い、計6条件とした。

(3) 実験スケジュールおよび測定項目

図1に実験スケジュールおよび測定項目を示す。実験室入室前に直腸温センサーの装着を行い、その後準備したトランクス

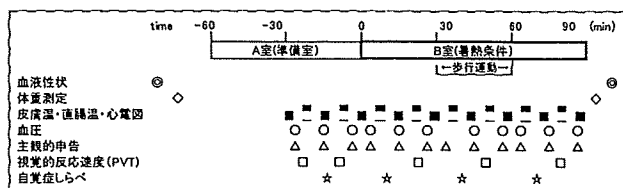


図1 実験スケジュールおよび測定項目

を着用し体重測定の前1回を行った。以上を済ませた後A室に入室し、指先血中ヘモグロビン濃度の1回目の測定と皮膚温および心電図測定準備を行い、30分経過後から体温、皮膚温および心電図の測定を開始し、以後血圧、脈拍数、主観的申告、視覚的反応時間(PVT)、自覚症しらべの測定を図示したタイミングで行った。30分後、被験者は暑熱環境のB室に移動し90分間滞在した。90分経過後、すみやかに2回目の指先血中ヘモグロビン濃度測定と体重測定を1回目と同じ着衣状態で行った。飲水は、10分おきにA室で1回、B室移動後9回の計10回行った。毎回の飲水量は算出された量を10分割し飲水した。水温は室温と同じで、国産の軟水ミネラルウォーターを使用した。体表面の汗については実験中は適宜自由にぬぐってもらった。耳内温はテクノサイエンス社耳用体温ログDBTLを用いて測定した。一連の実験は、平成21年8~10月に行われ、各被験者とも6条件を同じ時刻に行った。

3. 実験結果および考察

(1) 直腸温

図2に歩行条件時のB室入室時点を基準とした直腸温変化量の被験者8名の平均値±S.D.を、経時変動で示す。直腸温はB室入室後最初の30分間程度は、水0水1条件に比べ水2条件ではより低下した。歩行開始後の30分以降の直腸温は0.4~0.5℃程度上昇したが、水0条件が最も上昇した。歩行停止後の90分以降は低下したが、低下幅は水1水2に比べ水0は小さかった。実験終了時の直腸温は、水2<水1<水0となった。

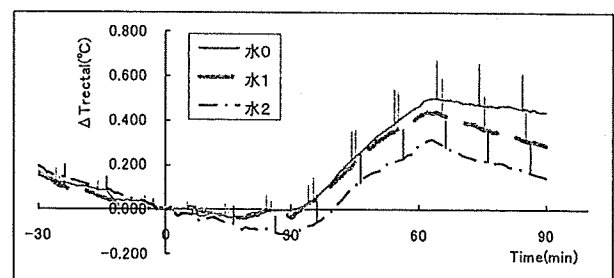


図2 歩行条件時の直腸温変化量の経時変動 (平均値+S.D.)

(2) 耳内温

図3に歩行条件時のB室入室時点を基準とした耳内温変化量の被験者8名の平均値±S.D.を経時変動で示す。耳内温は直腸温と同様の傾向を示し、B室入室後10分後程度から水2<水1<水0となり、歩行時、その後の安静時も差は縮小しなかった。直腸温にくらべると変化は小さかった。

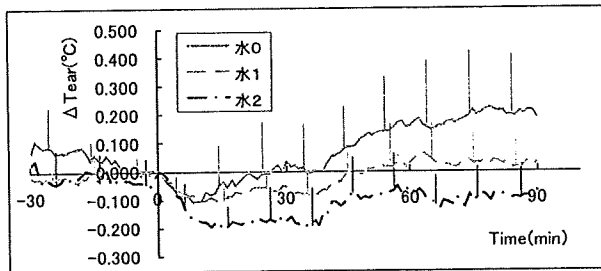


図3 歩行時の耳内温変化量の経時変動 (平均値+S.D.)

(3) 体重減少量

図4に被験者8名の体表面積当たりの体重減少量(実験後の体重から実験前の体重と摂取した水分量を引いたもの)の平均値と標準偏差を実験条件別に示す。座位条件では3条件とも約140g/m²、歩行条件では水0は234g/m²、水1と水2は255g/m²であった。分散分析の結果、運動の有無には有意差が認められた(p<0.01)が飲水条件には有意差は認められなかった。

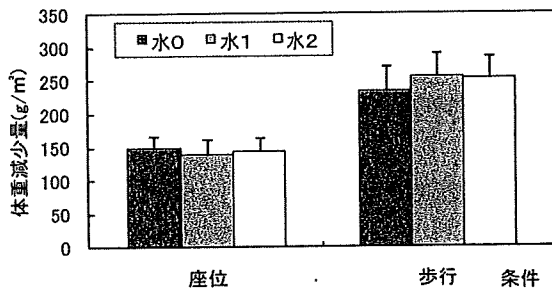


図4 単位面積当たりの体重減少量 (平均値+S.D.)

(4) PMVモデル予測値と実測値の比較

図5にPMVモデルより算出される体内温の予測値と水1歩行条件時の実測値(直腸温、耳内温)の平均値と標準偏差を時間別に示す。直腸温はどの時間においても予測値より低くなったが、歩行終了時の60分では、直腸温実測値が予測値以上に上昇傾向にあった。その後、予測値より直腸温は低くなった。耳内温は0分時および30分時には予測値とほぼ同じ値となったが、その後は予測値より低い値となった。

図6にPMVモデルより算出される歩行時の体重減少量予測値と実測値の関係を相関で示す。8例すべてで予測値より実測値の方が低下していた。図5の体内温の結果とも合わせて考えると、PHSモデルによる水分摂取には体温上昇の抑制効果があ

ると考えられる。

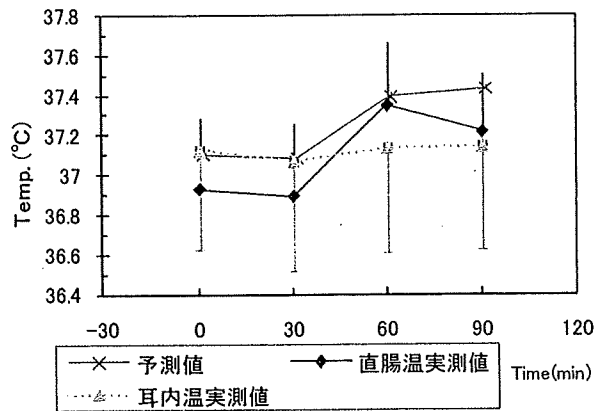


図5 直腸温予測値と実測値 (平均値+S.D.)

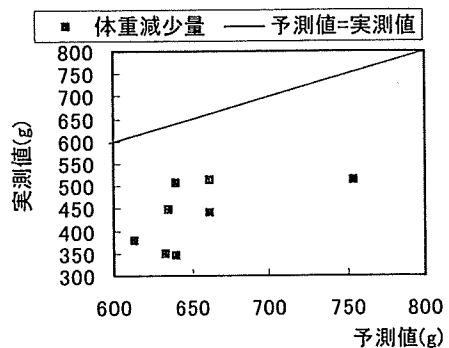


図6 体重減少量予測値と実測値 (平均値+S.D.)

4. おわりに

気温33℃相対湿度50%の人工気候室内に男性被験者8名をばく露し、暑熱環境における飲水量の違いが人体生理・心理反応に及ぼす影響を検討した。その結果、無飲水条件に比べ飲水条件では体内温が低下した。また、PHSモデルより算出された予測値と実測値を比較した結果、体内温は予測値より実測値が低く、体重減少量も予測値より実測値が全ての例で少なかった。

以上の結果より、暑熱環境下においてPHSモデルは水分補給の目安のひとつとなりうることを示唆された。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、厚生労働科学研究費補助金(暑熱作業時の必要水分補給量に関する研究、研究代表者:澤田晋一)の補助を受けました。記して謝意を表します。

文献 1) 榎本ほか、急性暑熱ばく露時の体重減少と必要水分補給量に関するパイロットスタディ、日本生理人類学会誌、Vol.14 特別号(1)、126-127、2009

*1 (独) 労働安全衛生総合研究所 *2 日本大学理工学部建築学科
《連絡先》 榎本ヒカル Email:enomoto@n.jniosh.go.jp
〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

建設作業現場向け保冷剤入りベストの着用効果について

榎本 ヒカル、 澤田 晋一、 上野 哲、 岡 龍雄、 安田 彰典
独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

Effectiveness of a Refrigerant Vest for Construction Workers in the Hot Environment

Hikaru Enomoto, Shin-ichi Sawada, Satoru Ueno, Tatsuo Oka, and Akinori Yasuda
National Institute of Occupational Safety and Health, Kawasaki, Japan

Abstract: Two kinds of experiment were carried out in order to investigate the effectiveness of a refrigerant vest for the construction workers in the hot environment. We found the positive effects of the vest on thermal sensation and means skin temperatures in a lightly dressed condition outdoors, and psychomotor vigilance task (PVT) in a heavily dressed condition indoors, whereas we found negative effects on body core temperature and body weight loss.

Key Words: Body Weight Loss, Mean Skin Temperature, Rectal Temperature, psychomotor vigilance task (PVT)

要旨: 建設作業現場における夏期の熱中症対策として開発された、保冷剤入りベストを着用した場合の身体冷却効果に関する2種類の被験者実験を行った。まず、夏期の屋外暑熱環境において軽装にベストを着用する実験を行い、その結果ある程度の暑熱緩和効果を確認した。つぎに、人工気候室にて建設作業現場を模した着衣条件での着用効果を調べたが、軽装時ほどは平均皮膚温等に暑熱緩和効果は認められなかった。

キーワード: 暑熱環境、体重減少量、平均皮膚温、体内温、視覚反応時間 (PVT)

1. はじめに

近年の夏期の猛暑によって日本各地で多数の熱中症が引き起こされている。熱中症予防のための労働安全衛生対策として作業暑熱環境の改善は重要な課題である。しかし、屋外の建設作業現場のような暑熱環境下では環境側要素をコントロールすることは困難であり、人体側の暑さ対策が必須である。建築作業現場では休憩室におけるエアコン設置や、現場に日よけ屋根や送風機を設置するなどといった対策が行われてきたが、高層ビル上層部作業や路面作業などに対しては不十分であると考えられ、決定的対策とは言い難い。

そこで、夏期の労働現場における熱中症対策として建設作業向けに開発された保冷剤入りベストを着用した場合の身体冷却効果に関するデータ収集を目的に、2種類の実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験方法

《実験1》: 建設作業向け保冷剤入りベストの着用効果を夏期の屋外炎天下で検証する被験者実験を行った。2008年7月下旬の晴天日(WBGT約32°C)に、東京都清瀬市にて、半袖Tシャツと長ズボンを着用した健康な大学生男子12名を2グループに分け、片方のグル

ープには保冷剤の入ったベストを着用してもらい、非着用群との比較を行った。測定項目は皮膚温7カ所、耳内温、心拍数、体重減少量、温冷感・温熱的快適感などの主観的申告、であった。

《実験2》: 人工気候室にて、建設作業現場を模した服装で、同様の被験者実験を行った。2009年6月から7月にかけて、建設作業現場の夏期の標準的な服装(長袖長ズボン、Tシャツ、軍手、軍足、安全靴)を着用した健康な大学生男子4名に気温25°C相対湿度50%の環境に30分、その後気温35°C相対湿度50%の環境に90分椅座位で滞在してもらい、その間の人体影響を測定した。プロトコルを図1に示す。

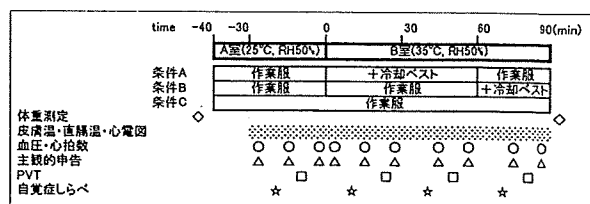


図1 実験2のプロトコルと測定項目

3. 結果

《実験1》 図2に平均皮膚温の被験者12名の平均値

と標準偏差を示す。ベスト着用前(日陰)の平均皮膚温は35°C程度であったが、日射のある環境に移動した後(0分~)は、ベスト非着用群の平均皮膚温は1~1.5°C程度上昇したのに比べ、ベスト着用群の平均皮膚温は1°C程度有意に($p<0.05$)低下した。

図3に耳内温の変化量の平均値を示す。耳内温はベスト着用時に上昇傾向にあるのに比べ非着用時には上昇傾向がみられず、時間が経つほど差が大きくなった。

他に、温冷感や温熱的快適感はベスト着用群では非着用群に比べ「涼しく・快適な」側に申告された。

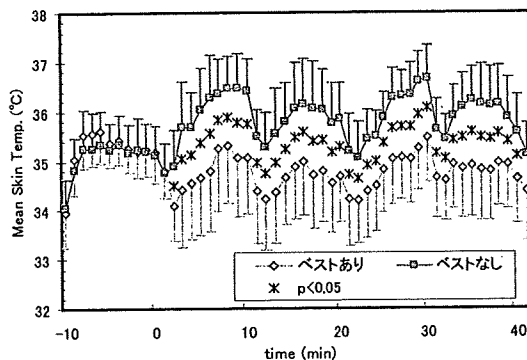


図2 屋外における平均皮膚温の経時変動

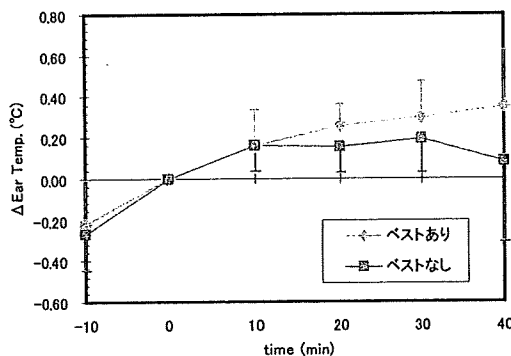


図3 屋外における耳内温の経時変動

《実験2》 図4に直腸温の変化量の被験者4名の平均値を示す。暑熱室に移動後はどの条件も直腸温が上昇する傾向がみとめられたが、ベスト着用時に比べ非着用時の方が直腸温の上昇が抑えられている傾向がみられた。

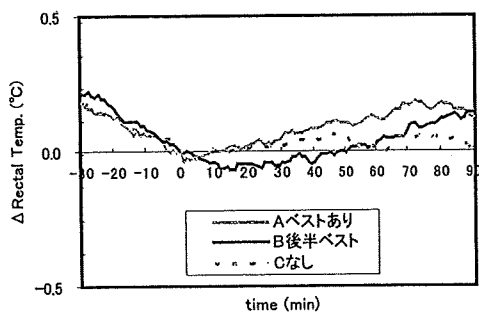


図4 人工気候室における直腸温の経時変動

図5に、実験前後の体重減少量の各被験者毎の値と平均値を示す。各回とも実験前後で体重は250~350g程度減少していた。

図6に、視覚反応時間(PVT)の変化を平均値で示す。前室条件時を1とした場合の比で比べると、最初からベストを着用したA条件に比べ最初は着用しないB,C条件では高めの値となり、暑さのため反応が遅くなる傾向がみられた。

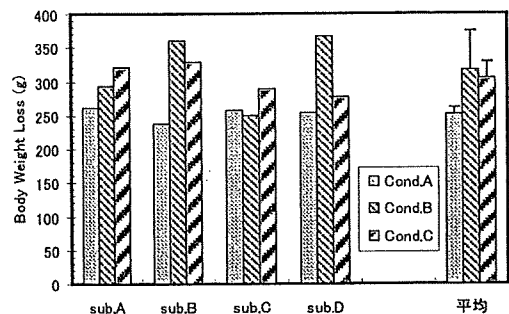


図5 人工気候室における体重減少量

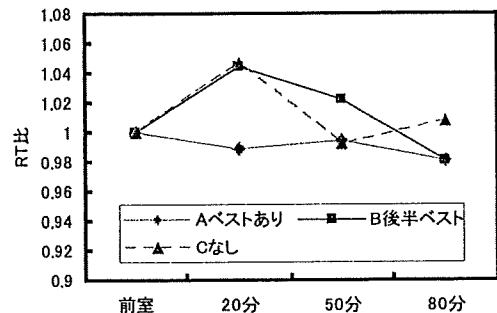


図6 視覚反応時間の変化(対前室比)

4. 考察

本研究で平均皮膚温や温冷感、PVT成績に保冷剤入りベストの暑熱緩和効果がある程度は確認することはできた一方、保冷ベスト着用時の方が非着用時よりも体内温が高くなり、体重減少量が抑制される傾向がみとめられた。服装条件や保冷剤の位置と量、気温や保冷剤の温度によって保冷ベストの効果は変わってくると考えられる。皮膚温変化と体内温変化の推移の違いや、体重減少量と体内温の変化、生理値変化と主観的申告の変化の違いなどについて、今後被験者数を増やし詳細な検討をしていく予定である。

謝辞：本研究を行うにあたり、厚生労働科学研究費補助金(暑熱作業時の必要水分補給量に関する研究、研究代表者：澤田晋一)の補助を受けました。記して謝意を表します。

<連絡先>

著者名：榎本 ヒカル
住 所：〒214-8585 川崎市多摩区長尾 6-21-1
所 属：独立行政法人労働安全衛生総合研究所
E-mail アドレス：enomoto@h.jniosh.go.jp

