

令和 5 年 4 月 14 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04818

研究課題名（和文）放射空調オフィスのドライミスト噴霧を含むクールスポット温熱環境設定に関する研究

研究課題名（英文）Studies on the Thermal Environment Setting of Cool Spot with Fine Mist Spraying in the Radiation Cooling/Heating Office

研究代表者

垂水 弘夫 (Tarumi, Hiroo)

金沢工業大学・建築学部・教授

研究者番号：70163706

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：放射空調オフィスにおけるクールスポットとして、エアコン使用ではなく、ドライミストエリアと椅座安静・気流付与エリアから成るクールスポットを考案し、外出行動後の人体のクールダウンを初期温冷感復帰時間という新しい指標を用いて評価する被験者試験を実施した。その結果、エアコン使用による大量の電力消費回避に繋がる、以下の研究成果が得られた。

1) 2つのエリアでの滞在時間を適切に組み合わせることで、エアコンを用いた場合の初期温冷感復帰時間にあと20秒にまで迫ることができた。2) 帰宅後にUSBファンを使用することで、エアコン使用時の初期温冷感復帰時間を上回る短縮効果が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2050年までにカーボンニュートラルを実現するという政府の目標設定が明確になったことで、建築分野においてもゼロエネルギー建築の開発と普及が急速に進み始めている。そこで注目されているのが、放射空調システムである。放射空調のオフィス内は、長時間在室者向けの冷房設定となる場合が多いため、外出行動などに速やかなクールダウンを図ることが可能なクールスポットの環境条件設定が研究課題となっている。ドライミストは従来、屋外で涼しさを得るモニユメント的な仕掛けとして多用されてきたが、本研究の成果によって、放射空調オフィスのクールスポットにおいて、本格的に活用される判断材料が整ったものである。

研究成果の概要（英文）：In recent years, a part of concerning human body cooling R&D work has focused on fine mist spraying using water vaporization heat. In a radiation cooling/heating office, relatively mild air-conditioning conditions are set for persons who stay for a long time, so a cool-spot is required after going out in the summer. In this study, we aim to decrease the "restoring time" by increasing the air velocity in the cool spot using fine mist from 1.0m/s last year to 1.5m/s and 2.0m/s. The "restoring time" is the time from the thermal sensation after going out to the sensation when you are in the radiation cooling/heating office. In addition, we also clarify the effect of the USB fan on the "restoring time".

研究分野：建築環境工学

キーワード：放射空調 クールスポット ドライミスト 初期温冷感復帰時間 被験者試験

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ZEB 化や ZEB Ready を目指した建築物が登場する中、その要素技術の 1 つに位置付けられる天井放射空調システムを採用するオフィスビルが増加している。しかし、その均一的でマイルドさが特徴とも云える温熱環境では、外出などにより代謝量が上昇したオフィスワーカーにとって、温熱快適性が確保できない事態も指摘されている。そこでオフィスによってはクールスポットを設定し、短時間でクールダウンを行う試みが行われ、これまでに複数の研究者らによる研究報告がなされている。ただ、報告数が限られる中で、1.0clo の状態でクールスポットの適正滞在時間を求めるなど、やや想定しにくい状況の報告も含まれている。

一方、WELL 認証が登場し、オフィスには快適性確保はもちろん、執務者の健康維持と増進に積極的に寄与するオフィスづくりが求められる時代を迎えた。フィットネスに対応したオフィスにおいては、夏期の外出後だけでなく、スタンディングデスクを用いた立ち作業や、健康器具を用いた運動後にも、随時、クールスポットが活用されると推定される。代謝増加後、速やかに知的労働に復帰するためである。

本研究では、クールビズ空調 (0.5clo) を前提に、男女 3 名ずつ 6 人の夏期 3 シーズンの被験者試験を通じ、放射空調空間で執務するオフィスワーカーが、外出後及びフィットネス従事後にクールスポットを利用する際の、代謝量に応じた適切な温熱環境レベルと滞在時間について、温熱快適性・作業効率が元に復するまでの分数を指標に評価し、新たなクールスポット環境条件の提案を行うことを目的としている。クールスポットでは、温湿度・気流条件の設定だけでなく、30 秒間程度のドライミスト噴霧を加えた場合の時間短縮効果についても明確にする。

2. 研究の目的

省エネルギービルの普及に伴い、放射空調による執務スペースが増加傾向を辿る中、WELL 認証制度の登場とも相俟って、オフィスワーカーの健康と知的で生産的な労働の両立を図ることのできるオフィスづくりが要求され始めている。本研究では、クールスポットを外出後のクールダウンのためだけでなく、スタンディングデスク利用やフィットネス器具利用後の使用を含めて、これからの放射空調空間に必須のアイテムと捉え、そのクールスポットの設定に必要な情報を、金沢工業大学が保有する地下水利用・天井放射空調実験室を用い、夏期被験者試験を通じて取得することを目的としている。オフィス空間内でのフィットネスを意識し、ドライミスト噴霧の有効性検証を含めてクールスポットの環境条件設定を検討した研究例はまだみられず、この点に独自性があると考えられる。

3. 研究の方法

本研究では、クールビズ空調 (0.5clo) を前提に、男女 3 名ずつ 6 人の夏期 3 シーズンの被験者試験を通じ、放射空調空間で執務するオフィスワーカーが、外出後及び屋内フィットネス従事後にクールスポットを利用する際の、代謝量に応じた適切な温熱環境レベルと滞在時間について、温熱快適性・作業効率が元に復するまでの分数を指標に評価し、新たなクールスポットの提案を行うことを目指している。本研究における被験者試験では、1) 被験者の外出及びフィットネス従事時の Met 値と経過時間数、2) クールスポットの冷房温度設定と気流の付与・ドライミスト噴霧及び滞在時間、3) 放射空調室内の設定 PMV と快適感が元に復するまでの経過時間、の 3 者の関係について、クールスポットが無い場合を含めた数段階のレベル設定を行い、執務者の外出後だけでなく、フィットネス従事後のクールスポット利用も含めて被験者データを解析することで、知的労働時間を確保するために必要なクールスポット設定について明らかにする。

4. 研究成果

(2020 年度)

1) フィットネスや屋上歩行等の行動後、ドライミストエリア経由により全身温冷感の申告が 0.5 ポイント以上低下した被験者の割合は、トレッドミルデスクで 80%、自転車デスクで 73%、屋上歩行で 62%であった。

2) 今回試験条件とした放射空調実験室内でのフィットネス行動の強度の範囲では、ドライミスト噴霧時間を 30 秒とすると、トレッドミルデスク使用及び自転車デスク使用の何れにおいても、ドライミストエリア経由・クールスポット経由よりもドライミストエリア経由・クールスポット非経由の場合に初期温冷感復帰時間が短くなった。フィットネス行動後にドライミストに 30 秒間曝露されることで、その後 22 設定などのクールスポットを利用せず直接 PMV+0.5 制御の放射空調室に戻った方が、初期温冷感復帰時間が短縮される結果が得られたものである。

3) フィットネスと比較して運動強度の大きい屋上歩行では、30 秒間のドライミスト曝露後に、さらに (22, 0.35 m/s) 設定のクールスポットに滞在することが、初期温冷感復帰時間の短縮に寄与することが示された。屋上歩行に関しては、今後ドライミスト曝露時間を延長した条件設定の被験者試験を行い、クールスポット設置の必要性を検討することが重要と思われる。

クールスポット 目標温度 []		ドライミスト エリア 気流速度 [m/s]		トレッドミルデスク			合計 差			自転車デスク			合計 差			屋上歩行			合計 差		
非経由	-	非経由	-	8:02			8:02	-	8:08			8:08	-	13:51			13:51	-			
24	0.1	非経由	-	5:09	2:34		7:43		4:15	2:19		6:34		5:33	3:14		8:47				0:45
		経由	0:30	2:52	2:09		5:31	2:12	2:49	2:00	0:56	0:19	5:19	1:15	4:53	2:39	-0:10	-0:35			8:02
	0.35	非経由	-												5:21	2:30		7:51			0:20
		経由	0:30												4:56	2:05	+0:05	-0:25			7:31
22	0.1	非経由	-	3:15	2:45		6:00		4:05	2:35		6:40		4:16	3:36		7:52				0:57
		経由	0:30	1:50	2:28	-0:14	4:48	1:12	2:20	2:26	-0:09	5:16	1:24	3:11	3:14	-0:35	-0:22			6:55	
	0.35	非経由	-												3:49	3:01		6:50			1:23
		経由	0:30												2:22	2:35	-0:57	-0:26	-8:24		5:27
非経由	-	経由	0:30	3:35			4:05	-	3:03			3:33	-	6:24			6:54	-			

図 ドライミストエリア経由とクールスポット温熱環境条件による行動別の初期温冷感復帰時間

(2021年度)

- 1)ドライミストエリアへの入室時と退室時における全身温冷感の変化を、曝露時間30秒、45秒、60秒の段階別に解析したところ、ドライミスト曝露により申告値が低下する割合は、30秒曝露で68%、45秒曝露で78%、60秒曝露で82%へと増加する傾向が示された。
- 2)初期温冷感復帰時間が最短となった試験ケースは、トレッドミルデスクと自転車デスクのフィットネス行動では、ドライミスト60秒曝露・クールスポット非経由であった。
- 3)フィットネスと比較して運動強度の大きい屋上歩行では、ドライミスト45秒曝露・クールスポット(22, 0.35m/s)経由のときに初期温冷感復帰時間が最短の5分38秒となったが、ドライミスト曝露60秒・クールスポット非経由の試験ケースとの差は24秒に留まった。このことから、今後の検討課題としてドライミスト単独使用によるクールダウン方法の検討が必要と考察された。

経由の組み合わせ			フィットネス									外出行動								
クールスポット 目標温度 []	ドライミスト エリア 気流速度 [m/s]		トレッドミルデスク	サンプル数	復帰時間	差	自転車デスク	サンプル数	復帰時間	差	屋上歩行	サンプル数	復帰時間	差						
非経由	-	非経由	7:44	12	7:44	-	8:03	12	8:03	-	11:22	20	11:22	-						
22	0.1 (フィットネス)	非経由	3:23	13	6:05	-	3:48	12	6:27	-	03:33	16	6:47	-						
		30秒	2:04	12	5:10	0:55	2:17	12	5:24	1:03	2:58	18	6:10	0:37						
	0.35 (屋上歩行)	45秒	1:57	12	4:54	1:11	2:02	12	4:54	1:33	2:27	20	5:38	1:09						
		60秒	1:52	12	5:15	0:50	1:56	12	5:20	1:07	2:11	17	5:54	0:53						
24	0.1 (フィットネス)	非経由	4:30	11	7:24	-	4:25	12	6:59	-	4:27	17	7:51	-						
		30秒	3:07	12	6:14	0:55	3:03	12	6:02	0:57	3:43	18	7:34	0:17						
	0.35 (屋上歩行)	45秒	2:58	12	5:55	1:11	2:45	12	5:39	1:20	3:24	20	7:12	0:39						
		60秒	2:45	12	6:12	0:50	2:32	12	5:53	1:06	3:09	18	7:17	0:34						
非経由	-	30秒	4:00	12	4:30	-	3:43	12	4:13	-	6:10	18	6:40	-						
		45秒	3:25	12	4:10	-	3:28	11	4:13	-	5:37	16	6:22	-						
		60秒	2:50	12	3:50	-	2:43	12	3:43	-	5:02	22	6:02	-						

図 ドライミスト曝露時間数に応じた行動別初期温冷感復帰時間(分:秒)表示

(2022年度)

- 1)屋上歩行後のドライミストエリアと椅座安静・気流付与エリアの利用について、1回目経由と2回目経由における全身温冷感の低下傾向を調べたところ、温冷感申告を7段階とするときの低下ポイントの占める割合は、2回目経由よりも1回目経由の方が大きいことが確かめられた。
- 2)初期温冷感復帰時間が最短となったのは、(ドライミスト曝露45秒+椅座安静・気流付与エリア滞在60秒+ドライミスト曝露30秒+椅座安静・気流付与エリア滞在30秒)とした試験ケースであり、BMI平均18.9の女2人グループで6分21秒、BMI平均24.0の男2人グループで8分14秒となった。クールスポットを経由しない試験ケースと比較して、それぞれ45.1%、37.1%の初期温冷感復帰時間の短縮効果が認められた。
- 3)ドライミストエリア及び椅座安静・気流付与エリアを1回経由するときと2回経由するときの初期温冷感復帰時間を、クールスポット非経由時に対する短縮割合で比較したところ、BMI平均24.0の男2人グループでは、1回経由よりも2回経由時に効果が増大する傾向が把握された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 TARUMI Hiroo, KOIKE Reina	4. 巻 27
2. 論文標題 RESEARCH ON THE SETTINGS OF A COOL SPOT IN THE RADIATION COOLING/HEATING OFFICE	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 773 ~ 778
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.27.773	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 TARUMI Hiroo, KOIKE Reina, SHIOYA Masaki, IWASE Kazuo	4. 巻 28
2. 論文標題 RESEARCH ON THE SETTINGS OF A COOL SPOT IN THE RADIATION COOLING/HEATING OFFICE	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 308 ~ 313
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.28.308	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 TARUMI Hiroo, KOIKE Reina, SHIOYA Masaki, IWASE Kazuo	4. 巻 29
2. 論文標題 放射空調オフィス・クールスポットへのドライミスト適用効果に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 269 ~ 274
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.29.269	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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 垂水弘夫/小池怜奈/塩谷正樹/岩瀬和夫
2. 発表標題 地下水利用放射空調システムに関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小池怜奈、垂水弘夫、塩谷正樹、岩瀬和夫
2. 発表標題 地下水利用放射空調システムに関する研究 地域防災環境科学研究所における環境建築研究 その37
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小池怜奈、垂水弘夫
2. 発表標題 放射空調オフィスにおけるドライミスト噴霧によるクールスポット形成効果に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部研究報告集
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------