放射空調オフィスにおけるクールスポット設定に関する研究 ドライミストエリア併設効果の検証

RESEARCH ON THE SETTINGS OF A COOL SPOT IN THE RADIATION COOLING/HEATING OFFICE

Effectiveness evaluation of the cool spot attached
fine mist spraying area

垂水弘夫 ——— *1 小池怜奈 ——— *2

Hiroo TARUMI ——— *1 Reina KOIKE ——— *2

キーワード:

放射空調システム, ドライミスト, クールスポット, 被験者試験

Keywords:

Radiation cooling/heating system, Fine mist spraying, Cool spot,
Subject examination

The last year our report describes the results of thermal environment settings about a cool spot installation in the radiation cooling/heating office through the subject examination of fitness and going-out action. In this research, we attached fine mist spraying area to cool spot. And the effectiveness evaluation was carried out considering “restoring time” from after-exercise sensation to original sensation. The feature of this research is that the attachment of the fine mist spraying area can reduce the number of the restoring time regardless of thermal environment settings of cool spots.

1. はじめに

nZEB (net Zero Energy Building) 化を目指すオフィスビルを中心に放射空調システムの導入事例が増加する中、執務者の外出行動後の速やかなクールダウン施設として、クールスポットに関する研究と提案が行われている。

筆者らは既報¹⁾において、既往研究に関する文献調査結果を示した上で、外出行動後¹⁾及びフィットネス行動後²⁾のクールスポットの有効性評価の指標として、執務室に戻ってのち熱的快適感が快適側となるまでの時間(分数)(以下、初期温冷感復帰時間)を取り上げ、クールスポットの温熱環境条件(温度及び気流速度)の設定が当該時間の短縮に及ぼす影響を把握するための被験者試験結果について報告した。

放射空調室がPMV+0.5制御で被験者の着衣量が約0.5cloのとき、初期温冷感復帰時間がクールスポットを経由しない場合と比較して短縮されたのは(クールスポットの気流速度0.10, 0.35m/s, 温度22, 24, 26℃の組み合わせ条件下),

1) 屋外歩行(4.8km/h, 2.5Met)10分間では、気流速度0.35m/s, 温度を22℃または24℃に設定したケース

2) フィットネス行動(自転車デスク, トレッドミル(歩行)デスク使用)30分間では、気流速度0.10m/s, 温度を22℃または24℃に設定したケース

であった。身体への負荷が大きい屋外歩行において、クールスポット内での気流の付与が選択されることの他、フィットネス行動よりも初期温冷感復帰時間自体が長くなるなどの傾向が把握された。

そこで本研究では、外出行動後などでも早期に能率的な仕事に戻るための方法の一つとして、クールスポットに新たに屋内ドライミストエリアを設置することを考案し、2019年の夏に被験者試験を実施したので成果を報告する。研究目的は、外出行動後などの体内蓄熱の除去にドライミスト曝露が有効かを検証するため、代謝が上昇する行動別に、さらにドライミストエリアとクールスポットの温熱環境条件設定別に、初期温冷感復帰時間の短縮効果を明確にすることにある。

2. 放射空調実験室及びクールスポット・ドライミストエリアの概要

2.1 放射空調システム・放射空調実験室について

地下水利用・天井放射空調システムの系統図を図1に示す。本システムは揚水井から汲み上げた約14℃の地下水を熱源として利用し、地下水との熱交換水を実験室の天井放射パネルに循環供給することで冷房運転を実施している。冷却能力が不足するときは水熱源ヒートポンプが稼働する。

5階の放射空調実験室は、面積が8m×8mの約64㎡のところ、天井放射パネル面積は約27.2㎡でおよそ42%を占め、顕熱負荷処理能力はおよそ2.4kW(室内温度26℃・冷水温度19℃時)である。室内温度がこの条件よりも高い場合には、冷房能力が増加する。換気用として、主に潜熱負荷を処理するデシカントタイプの外調機を設置しており、その除湿冷房性能は6.1kW(うち潜熱能力5.1kW, 消費電力1.3kW)である。換気風量500㎡/h, 相対湿度50%RHの設定運転を行っている。

¹⁾ 金沢工業大学建築学科 教授・工博
(〒924-0838 石川県白山市八東穂3-1)
²⁾ 金沢工業大学大学院建築学専攻 大学院生

¹⁾ Prof., Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Dr. Eng.

²⁾ Graduate Student, Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology

室中央・高さ1.1mの制御代表点から、PLC (Programmable Logic Controller) に送信された温湿度データ及び室内各表面の測定・推定データを基に随時 PMV 値が演算され、これが設定した制御目標値に近づくように三方弁開度及び送水流量を調整して天井放射パネル表面温度を変更することで、PMV 制御が行われる³⁾。今回の放射空調実験室のPMV 設定値は+0.5 とした。

図2は、放射空調実験室におけるデスクの配置位置(黄色の丸印)と温熱環境測定位置などを示している。通常の椅座用デスクを窓側に2台、スタンディングデスクを中央に2台、奥西側に自転車デスク(BE-S Co., Ltd. タイプBGD-1200)1台、奥東側にトレッドミルデスク(Johnson Health Tech. Co., Ltd. タイプCITTA TT5.0)1台を配置した。

温熱環境測定位置は東西方向及び南北方向にそれぞれ2m間隔で等分割した9つの交点とし、測定位置の名称は西側からA, B, Cとした列ごとに、窓面からの位置関係に応じて、「B窓」「B央」「B奥」などとしている。制御代表点は「B央」となる。各測定位置では、床高さ1100mmに温湿度センサ(株式会社ティアンドデイ, TR72)とグローブ球を設置した。

2.2 クールスポット・ドライミストエリアについて

図2には、クールスポット2室とドライミストエリアの配置位置も示している。放射空調実験室西側廊下の、天井にエアコン及び熱交換外気の吹出し口がある部分をビニールカーテン(ポリエステル糸補強)で囲み、幅1700mm×奥行4000mm×天井高2700mmの空間をクールスポット1とした。また、放射空調実験室北東の位置に、クールスポット1に隣接してクールスポット2を配置した。仕切りのビニールカーテン吊り下げ高さを調整することで室温設定を行っている。クールスポット1が22℃設定、クールスポット2が24℃設定である。

クールスポット1の南側にドライミストエリアを配置した。天井に設置した噴霧ノズルからの下向きドライミストを、頭上より浴びる形となっている。幅1700mm×奥行2200mm×天井高2700mmの空間であることから、同時に3人が壁方向を向いてドライミスト曝露が可能となるよう、天井面にノズル3個を設置した。頭頂との距離は約1mである。

写真1に、ドライミストエリアと噴霧装置の様子を示す。ドライミスト噴霧装置にはスーパー工業株式会社SQS-SE-09-0170を使用した。噴霧量は0.07L/min(ノズル数3)で、被験者による予備試験の結果、試験時の噴霧時間は今回30秒に固定して実施することとした。噴霧装置本体は、ドライミストエリアの西側にある気象観測室内に置いた。ドライミストエリアの目標温度を26℃に設定するにあたっては、ドア上の欄間部分の開口面積をスチレンボードを用いて調整することで、気象観測室のエアコンからの冷気をコントロールしたものである。ドライミストエリア及び放射空調実験室の南側は屋上空間となっており、そこでの屋上歩行(以下、屋上歩行)のあと直ぐにドライミストエリアに入ることが可能である。

クールスポット及びドライミストエリア内には、床高さ1100mmに温湿度センサ(株式会社ティアンドデイ, TR72)とグローブ球を設置し、温熱環境のモニタリングを行った。また、クールスポット内には気流付与の際に使用する扇風機(株式会社日立製作所, HEF-DC5000, 風量42m³/min)2台、超音波流速計(株式会社ソニック, WA-790型, 出力分解能0.005m/s), 除湿機(パナソニック株式会社, FYZPX80, 定格除湿能力7.50L/日), 椅子6

図1 放射空調システム系統図

図2 放射空調実験室平面及び測定機材配置

写真1 ドライミストエリアなどの様子

図3 初期温冷感復帰時間短縮のイメージ図

脚などを設置した。クールスポット内の気流速度は、天井付けエアコンからの吹出し気流による約 0.1m/s の他、扇風機の首振り機能を利用して被験者の身体付近で時間平均が 0.35m/s となる条件も設定した。このことは、上記の超音波風速計を用いて確認している。

2.3 初期温冷感復帰時間と被験者試験について

図 3 に、本研究で評価指標として用いる初期温冷感復帰時間のイメージ図を示す。ここで云う初期温冷感復帰時間とは、フィットネスや屋上歩行により生じた人体蓄熱感が除去され、フィットネス及び屋上歩行前における椅座軽作業時の温冷感に回復するまでの時間のことを指している。図 3 の上段のケースでは、放射空調実験室内で 30 分間の椅座軽作業を行い、次にフィットネスまたは屋上歩行に従事した後、ドライミストエリア及びクールスポット非経由（屋上歩行の場合、廊下の該当部分は通過するが冷却機能は停止）で放射空調実験室に戻り、そこを起点としてフィットネス及び屋上歩行前における椅座軽作業時の温冷感に回復するまでの時間が初期温冷感復帰時間となる。

図 3 の下段のケースでは、ドライミストエリアとクールスポットの両方を経由する場合について示しており、1) ドライミストエリアでのドライミスト曝露 30 秒間、2) クールスポットでの滞在時間、3) 放射空調実験室に戻ってからフィットネスまたは屋上歩行前における椅座軽作業時の温冷感に回復するまでの時間、これら 3 つを足し合わせたものが初期温冷感復帰時間となる。そして、上段との時間差が、ドライミストエリアやクールスポット設置による短縮時間として評価される。

図 4 は、被験者試験におけるケース設定を表している。屋上歩行では、上から順に、

- ・ドライミストエリア及びクールスポット非経由 :1 ケース
 - ・クールスポット経由（温度 2 段階、気流速度 2 段階） :4 ケース
 - ・ドライミストエリア及びクールスポット経由 :4 ケース
 - ・ドライミストエリア経由 :1 ケース
- であり、計 10 ケースを設定した。

自転車デスクとトレッドミルデスクでは、上から順に、

- ・ドライミストエリア及びクールスポット非経由 :1 ケース
- ・クールスポット経由（温度 2 段階、気流速度 1 段階） :2 ケース
- ・ドライミストエリア及びクールスポット経由 :2 ケース
- ・ドライミストエリア経由 :1 ケース

であり、各 6 ケースとなった。放射空調実験室内のフィットネス行動では、屋上歩行ほど代謝が上がらず、クールスポット利用時に 0.35m/s の気流速度は選択されないことから、6 つの試験ケースとなったものである。

2019 年夏の被験者試験は、これら 22 の試験ケースについて 6 月 18 日～8 月 31 日の間、1 日 3 ケースを男 3 人・女 2 人から成る被験者 5 人で実施した。被験者 5 人は何れも学部 4 年生で、BMI の平均は 19.6、cI_o 値は試験期間の日平均で 0.55 であった^{4)～6)}。

図 5 は、1 回の被験者試験における行動の流れを示している。①実験室内での椅座軽作業（1.2Met）に 30 分間、②実験室内でのペダリング（60rpm、8 段階の下から 3 段階目強度設定）・デスク歩行（2.4km/h）のいずれかに 30 分間、または③屋上歩行 10 分間（4.8km/h）、④ドライミスト曝露 30 秒間、⑤クールスポットでの椅座安静（1.1Met）に 15 分以内、⑥実験室内での椅座軽作業（1.2Met）に 30 分以内、それ

図 4 被験者試験におけるケース設定

図 5 被験者試験における行動の流れの例

表 1 被験者試験における選定データ数

放射空調室	ドライミスト エリア	クールスポット			サンプル数		
PMV 設定	経由	経由	気流速度 [m/s]	目標温度 [℃]	トレッドミル デスク	自転車 デスク	屋上歩行
+0.5	経由	経由	0.10	22	15	15	20
				24	13	12	15
		0.35	22	-	-	15	
			24	-	-	9	
		非経由	-	-	15	15	19
			-	-	-	-	-
	非経由	経由	0.10	22	14	14	19
				24	13	14	13
		0.35	22	-	-	15	
			24	-	-	17	
	非経由	-	-	15	15	16	
			合計	85	85	158	

ぞれ従事するという一連の行動から成っている。⑤のクールスポットからの退室は、各被験者の全身温冷感の判断に委ねられている。図 5 には、複数の試験ケースにおけるタイムスケジュールについても提示した。時間軸は、屋上歩行またはフィットネス等の行動直後をゼロとしてカウントを開始するよう設定している。

温冷感申告は全身温冷感の他に、室温冷感、熱的快適感、湿度的快適感、気流的快適感（以上、7 段階尺度評価）、気流感、発汗感、のどの渇き、身体 8 部位の局部冷感及び局部温感について²⁾、屋上歩行に従事しているとき以外、5 分間隔で申告・記録する。また、クールスポットを退室する時点（全身温冷感が「0：どちらでもない」より

もマイナス側となって、十分なクールダウンが行えたと感じるとき)と、放射空調実験室に戻った後、熱的快適感が「0: どちらでもない」よりもプラス側に感じられるようになって試験を終了する時点についても申告・記録を行う。

なお、本研究では放射空調室、クールスポット1及び2、ドライミストエリアの配置位置の関係から、クールスポット2を経由する時は、入室・退室の際にクールスポット1内を歩行する必要があり、その温熱環境に数秒間曝露されることをお断りしておく。

2.4 被験者試験の有効データ数について

2019年夏季の被験者試験実施回数は、フィットネス157回、屋上歩行108回であり、延べ人数でみるとフィットネス217人分、屋上歩行215人分となった。その中からの有効データの抽出にあたっては、夏季試験終了後に、次の条件により選定を行った。各試験ケースにおける時間平均値を用いている。

- 1) 放射空調室 PMV : 0.5 ± 0.25 以内
- 2) クールスポット温度 : 設定値 ± 0.5℃ 以内
- 3) 外気温度 : 25℃ 以上
- 4) 屋上 WBGT : 25℃ 以上 (歩行時間帯)

その結果を表1に整理した。フィットネスではトレッドミルデスク85人分、自転車デスク85人分、屋上歩行では158人分の試験データが抽出された。

3. ドライミストエリア併設クールスポットの有効性評価のための被験者試験データ解析

3.1 放射空調実験室・クールスポット・ドライミストエリアの試験時温熱環境状態の確認

図6に、放射空調実験室及びクールスポットの試験時平均PMVを示す。放射空調実験室はPMV+0.5制御を行っているところ、計測値の平均と標準偏差は0.51 ± 0.12となった。良好な制御状態にあると判断される。クールスポット内の試験時平均PMVは、22℃設定の空間で平均気流速度0.35m/sのときに-2.30 ± 0.27、0.10m/sのときに-1.47 ± 0.23であった。それぞれ、放射空調室内のPMVと比較すると、平均値でみて2.81、1.98低い状態となっている。同じく24℃設定のクールスポットについても放射空調室とのPMV差をみると、気流速度0.35m/sで1.75、0.10m/sで1.04低くなっている。また、2室のクールスポットを直接比較すると、22℃設定では24℃設定よりもPMVで約1程度低い条件であることが知れる。ドライミストエリアにおける試験時平均乾球温度は、26.0 ± 0.8℃であった(図7)。

図8に、ドライミストエリアとクールスポット1の試験時平均相対湿度を示す。噴霧時間が数十秒と短いため、ドライミストエリア内で61.5%RH、除湿器を置いた隣接のクールスポット1内で60.5%RHであった。ドライミストエリアの方が僅かに数値が高く標準偏差も大きい、特に高湿度となった訳ではない。

3.2 ドライミストエリア経路による全身温冷感申告の変化傾向把握

ドライミストエリア経路により全身温冷感申告が低下した割合を、フィットネス及び屋上歩行の行動ごとに図9に整理した。ドライミスト曝露前後の全身温冷感申告の変化を、図中に示す尺度に基づき分析したところ、1ポイントまたは0.5ポイント低下したとの被験者の回答割合は、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%となった。被験者によれば、身体への負荷はフィッ

図6 放射空調室とクールスポットの試験時平均PMV

図7 ドライミストエリアの試験時平均乾球温度

図8 ドライミストエリア及びクールスポット1の試験時平均相対湿度

図9 ドライミストエリア経路により被験者の全身温冷感申告が低下した割合

トネス従事よりも屋上歩行の方が大きいとされていることから、上述の結果は、30秒間のドライミスト曝露が温冷感低下に与える影響は、屋上歩行よりもフィットネス従事において大きくなるであろうことを示唆していると理解できる。

3.3 ドライミストエリア経路とクールスポット温熱環境条件による行動別初期温冷感復帰時間の解析

夏季被験者試験の結果得られた、行動別の初期温冷感復帰時間のグラフを図10に示す。ドライミストエリアの経路・非経路と、クールスポットの温熱環境条件により整理している。初期温冷感復帰時間が、ドライミストエリアもクールスポットも経路しない場合を基準として最も短縮された試験ケースは、次のとおりである。

- 1) フィットネス (トレッドミルデスク) :
ドライミストエリア経路・クールスポット非経路
8分2秒から4分5秒へ、3分57秒の短縮
- 2) フィットネス (自転車デスク) :
ドライミストエリア経路・クールスポット非経路
8分8秒から3分33秒へ、4分35秒の短縮

クールスポット		ドライミスト エリア	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
目標温度 [°C]	気流速度 [m/s]													
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	2:12	4:15	2:19	6:34	1:15	5:33	3:14	8:47	0:45
		経由	2:52	2:09	5:31		0:30 2:49	0:56 2:00	5:19		0:30 4:53	0:10 2:39	8:02	
	0.35	非経由									5:21	2:30	7:51	0:20
		経由									0:30 4:56	0:05 2:05	7:31	
22	0.1	非経由	3:15	2:45	6:00	1:12	4:05	2:35	6:40	1:24	4:16	3:36	7:52	0:57
		経由	0:30 1:50	0:14 2:28	4:48		0:30 2:20	1:15 2:26	5:16		0:30 3:11	0:35 3:14	6:55	
	0.35	非経由									3:49	3:01	6:50	1:23
		経由									0:30 2:22	0:57 2:35	5:27	
非経由	-	経由	0:30 3:35		4:05	-	0:30 3:03		3:33	-	0:30 6:24		6:54	-
			0:00	5:00	10:00	15:00	0:00	5:00	10:00	15:00	0:00	5:00	10:00	15:00

図 10 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

3) 屋上歩行：

ドライミストエリア経由・

クールスポット（22℃設定・0.35m/s）経由

13 分 51 秒から 5 分 27 秒へ、8 分 24 秒の短縮

フィットネスでは、トレッドミルデスク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・クールスポット非経由の場合に、初期温冷感復帰時間が最も短くなる結果が得られた。

ただし、ドライミストエリア経由後に、さらにクールスポットを経由する場合でも、ドライミストエリア非経由でクールスポットを経由する試験ケースと比較すると、初期温冷感復帰時間は 4 つの比較ケース全てで短縮されていることが分かる。すなわち、

- ・トレッドミルデスク使用でクールスポットが 24℃設定のとき、
7 分 43 秒から 5 分 31 秒へ、2 分 12 秒の短縮
- ・トレッドミルデスク使用でクールスポットが 22℃設定のとき、
6 分 0 秒から 4 分 48 秒へ、1 分 12 秒の短縮
- ・自転車デスク使用でクールスポットが 24℃設定のとき、
6 分 34 秒から 5 分 19 秒へ、1 分 15 秒の短縮
- ・自転車デスク使用でクールスポットが 22℃設定のとき、
6 分 40 秒から 5 分 16 秒へ、1 分 24 秒の短縮

となっている。

初期温冷感復帰時間を人体のクールダウンの評価指標とする場合、本研究で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、クールスポットを利用するよりもドライミスト曝露を 30 秒間単独で受ける方が優れる結果となったものである。

次に、屋上歩行についてみると、フィットネス行動と比べて全体に初期温冷感復帰時間が伸びているものの、クールスポット経由に関する 4 つの比較ケースの何れにおいてもドライミストエリア経由の方がドライミストエリア非経由よりも当該時間が短縮されており、この傾向はフィットネス行動の場合と同様である。

しかし、フィットネス行動と屋上歩行との比較において相違するのは、屋上歩行の場合、ドライミストエリア経由・クールスポット非

経由よりも、ドライミストエリア経由後に（22℃・0.35m/s）設定のクールスポットを経由した方が、初期温冷感復帰時間が短くなるという点である。図 10 より、ドライミストエリア経由・クールスポット非経由の初期温冷感復帰時間が 6 分 54 秒であるのに対し、ドライミストエリア経由・クールスポット（22℃・0.35m/s）経由では 5 分 27 秒となり、1 分 27 秒短縮されている。

ドライミスト曝露後のクールスポットの必要性については、屋上歩行など人体負荷の大きい被験者試験に際し、ドライミストの噴霧時間を長く設定して初期温冷感復帰時間を評価するなど、今後の検討が必要と思われる。

なお、被験者の男女差及び個人差について、事前に既報¹⁾と同様に BMI を用いた検討を行ったが、明確な差違が見い出せず、ここではサンプル数に応じた平均値を用いて評価を行った。

4. まとめ

本研究では、放射空調オフィスにおけるクールダウンのための施設・設備として、屋内ドライミストエリアを併設するクールスポットを考案し、夏季被験者試験を通じて初期温冷感復帰時間を指標とする評価を試みた。以下に、現時点で得られた成果をまとめる。

(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。

対流空調方式のクールスポットを設定し常時運転するには、放射空調空間と比較して単位面積当たりで大きなエネルギー消費を伴うことから⁷⁾、今後も継続して身体のクールダウン機能をドライミスト噴霧で代替する研究に取り組む予定である。特に今回の被験者試験では、ドライミスト噴霧時間をまずは 30 秒に固定して効果を確認したが、今後は噴霧時間を延長した試験ケースを複数設定し比較する中で、初期温冷感復帰時間が短縮される要因等を検討して行く。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会・科学研究費補助金20K04818「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」により実施したことを付記する。

参考文献

- 1) Tarumi, H. and Hattori K.: RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS EVALUATION OF A COOL SPOT INSTALLATION IN THE RADIATION COOLING/HEATING OFFICE, Analysis of stay minutes and thermal environmental conditions based on subject examination, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.25, No.59, pp.261-266, 2019.2 (in Japanese)
垂水弘夫, 服部恭努: 放射空調オフィスにおけるクールスポットの有効性評価に関する研究, 被験者試験を通じた滞在時間・温熱環境条件の検討, 日本建築学会技術報告集, 第25巻, 第59号, pp.261-266, 2019.2
- 2) Tarumi, H. and Hattori K.: RESEARCH ON THE THERMAL ENVIRONMENT SETTINGS OF A COOL SPOT IN THE RADIATION COOLING/HEATING OFFICE, Correspondence to the work states of the fitness in consideration of the WELL Building Standard, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.25, No.61, pp.1173-1178, 2019.10 (in Japanese)
垂水弘夫, 服部恭努: 放射空調オフィスにおけるクールスポットの温熱環境設定に関する研究, WELL 認証を意識したフィットネスへの対応, 日本建築学会技術報告集, 第25巻, 第61号, pp.1173-1178, 2019.10
- 3) Tarumi, H. et al.: EXPERIMENTAL STUDY ON THE CEILING RADIATION COOLING/HEATING SYSTEM USING GROUNDWATER, PMV control effectiveness on the indoor thermal environment in summer cooling case, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.19, No.42, pp.639-644, 2013.6 (in Japanese)
垂水弘夫, 小林泰典, 桑原亮一, 岩瀬和夫, 岡崎俊春: 地下水利用・天井放射空調システムに関する実験的研究, PMV制御の導入による夏季室内温熱環境の改善効果を中心として, 日本建築学会技術報告集, 第19巻, 第42号, pp.639-644, 2013.6
- 4) 花田嘉代子, 三平和雄, 大幡久仁子: 婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究, 日本繊維製品消費科学会, 繊維製品消費科学, 第22巻, 第10号, pp.34-41, 1981
- 5) 花田嘉代子, 三平和雄, 佐藤由美: 男子用下着類の熱抵抗の計測に関する研究, 日本繊維製品消費科学会, 繊維製品消費科学, 第24巻, 第8号, pp.31-37, 1983
- 6) 人間-生活環境系学会, 人間と生活環境, 第12巻特別号, c1o 委員会報告書, pp.101-106, 2005.9
- 7) Tarumi, H., Kanda, N. and Hattori, K.: EXPERIMENTAL STUDY ON THE CEILING RADIATION COOLING/HEATING SYSTEM USING GROUNDWATER, Examination about summer target figure for PMV including the electric

power consumption accompanying staying-in-the-room person's thermoregulatory behaviors, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.23, No.55, pp.915-920, 2017.10 (in Japanese)

垂水弘夫, 神田奈々江, 服部恭努: 地下水利用・天井放射空調システムに関する実験的研究, 在室者の体温調節行動に伴う電力消費を含めた夏期 PMV 制御目標値設定に関する考察, 日本建築学会技術報告集, 第23巻, 第55号, pp.915-920, 2017.10

- 8) 空気調和・衛生工学会, 新版快適な温熱環境のメカニズム, p.114, 2006
- 9) 福嶋康旗, 近本智行, 水島大輝, 植田浩文, 中嶋俊介, 高山真, 宮崎亜由美: H事業所低炭素化改修の運用効果の検証, その4 夏期外勤者の帰社時における体内蓄熱の除去を目指したクーリングルーム運用の最適化検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.1143-1144, 2013.8
- 10) 福嶋康旗, 近本智行, 川上貴保, 中嶋俊介, 高山真, 宮崎亜由美: H事業所低炭素化改修の運用効果の検証, その6 気流暴露考慮した人体熱モデルによるクーリングルーム運用の最適化検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.1277-1278, 2014.9
- 11) 都築弘政, 宮下陽, 松崎里穂, 田辺新一, 三宅絵美香: 暑熱屋外から入室後の快適性向上のためのクールスポットの提案, その1 被験者実験概要と生理量測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.421-422, 2015.9
- 12) 原山和也, 伊香賀俊治, 三浦真由美, 水谷佳奈, 小川聡, 土屋遼太: 執務者の代謝量変化を考慮した空調制御が知的生産性に及ぼす影響 (第1報), 被験者実験の概要と空調制御が温熱快適性に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.307-308, 2015.9
- 13) 高田暁: オフィスにおける次世代型温熱快適域の提案, 日本建築学会, 建築環境設計のための次世代型温熱快適域シンポジウム, pp.8-10, 2012.12
- 14) Tarumi, H. et al.: EXPERIMENTAL STUDY ON THE CEILING RADIATION COOLING/HEATING SYSTEM USING GROUNDWATER, PMV control on the flow rate of the groundwater drawing pump and the circulation pump, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.20, No.44, pp.191-195, 2014.2 (in Japanese)
垂水弘夫, 坂本泰邦, 桑原亮一, 西澤淳, 岩瀬和夫: 地下水利用・天井放射空調システムに関する実験的研究, 地下水汲上げ量及びシステム循環水量の PMV 制御, 日本建築学会技術報告集, 第20巻, 第44号, pp.191-195, 2014.2
- 15) Tarumi, H. et al.: EXPERIMENTAL STUDY ON THE PMV CONTROL OF CEILING RADIATION COOLING/HEATING SYSTEM USING GROUNDWATER, Thermal environment and system energy consumption under radiation and convection air-conditioning, and continuation and intermittent operation conditions, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.21, No.48, pp.703-707, 2015.6 (in Japanese)
垂水弘夫, 坂本泰邦, 神田奈々江, 西澤淳, 桑原亮一, 岩瀬和夫: 地下水利用・天井放射空調システムの PMV 制御に関する実験的研究, 放射・対流空調及び連続・間欠運転条件における温熱環境とエネルギー消費, 日本建築学会技術報告集, 第21巻, 第48号, pp.703-707, 2015.6
- 16) Tarumi, H. and Kanda, N.: EXPERIMENTAL STUDY ON THE CEILING RADIATION COOLING/HEATING SYSTEM USING GROUNDWATER, Comparison of ceiling radiation and floor radiation under PMV control in summer cooling case, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.23, No.53, pp.195-200, 2017.2 (in Japanese)
垂水弘夫, 神田奈々江: 地下水利用・天井放射空調システムに関する実験的研究, PMV 制御下における夏季天井放射及び床放射の比較検討, 日本建築学会技術報告集, 第23巻, 第53号, pp.195-200, 2017.2
- 17) 神田奈々江, 垂水弘夫: 地下水利用天井放射空調システムに関する研究, 室内発熱負荷及びガラス窓透過日射負荷存在下での夏季 PMV 制御結果, 日本環境管理学会, 環境の管理, 第81号, pp.1-7, 2017.3
- 18) Tarumi, H. and Kanda, N.: EXPERIMENTAL STUDY ON THE PMV CONTROL OF CEILING RADIATION COOLING/HEATING SYSTEM USING GROUNDWATER, Cooling effects at perimeter zone in autumn fine days, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.23, No.55, pp.909-914, 2017.10 (in Japanese)
垂水弘夫, 神田奈々江: 地下水利用・天井放射空調システムの PMV 制御に関する実験的研究, 中間期の晴天日におけるペリメータゾーン冷房運転効果, 日本建築学会技術報告集, 第23巻, 第55号, pp.909-914, 2017.10

[2020年10月2日原稿受理 2020年12月21日採用決定]