

対照実験によるドライミストの バルコニーにおける噴霧方法の検討

平成21年度

東京理科大学 工学部第一部 建築学科

辻本研究室

4106023 大吉 直幸

目次

第1章 研究背景および目的	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.2.1 比較対照実験による正確な効果の検証	2
1.2.2 住宅バルコニーにおける噴霧方法の提案およびその効果の検証	2
第2章 家庭用ドライミスト装置の概要	6
2.1 装置概要	6
2.2 装置詳細	6
2.2.1 ポンプ仕様	6
2.2.2 高圧ホース仕様	7
2.2.3 ノズル仕様	7
第3章 実験計画	9
3.1 実験場所概要	9
3.2 実験室概要および実験条件	10
3.3 実験で用いた各種測定器具の詳細	12
3.3.1 温湿度計（おんどとり Jr.）	12
3.3.2 熱電対	13
3.3.3 グローブ温度計	13
3.3.4 風速計	14
3.3.5 日射計	14
3.3.6 データロガー	14
3.3.7 測定器具配置詳細	15
3.4 実験日程	17

第4章 実験結果・考察	19
4.1 室内温湿度測定結果	19
4.1.1 全実験日の温湿度測定結果(全体概観)	19
4.1.2 各実験日の2戸の温湿度測定結果	21
4.1.3 各実験日の2戸間の温湿度差による各噴霧方法の考察	25
4.2 バルコニー躯体表面温度測定結果	27
4.2.1 バルコニー躯体各部分の表面温度測定結果	27
4.2.2 バルコニー躯体各部分の2戸間の表面温度差による各噴霧方法の考察	29
4.3 室内高さ別温度差分布による考察	31
4.4 噴霧効率の算出	33
第5章 壁方向噴霧の仮説検証	35
5.1 仮説検証①：輻射熱の軽減度合	35
5.2 仮説検証② 流入効率の上昇度合	37
5.2.1 流入蒸発率の定義	37
5.2.2 流入蒸発率による各噴霧方法の流入度合の検証	38
5.2.3 流入蒸発率と風速との関連性の検証	40
5.3 仮説検証③ 室内床濡れリスクの検証	42
第6章 まとめ	45
6.1 各噴霧方法の検証結果のまとめ	45
6.2 今回の実験の反省点	46
6.3 今後の課題	47

参考文献

謝辞

卒業論文梗概

卒業論文発表会用資料

第1章 研究背景および目的

1.1 研究背景

近代の日本は、明治維新や高度経済成長期に代表されるように、各産業の技術革新と共に急速な経済成長を遂げ、国民の生活水準は飛躍的に向上した。しかしその経済成長の恩恵を受ける一方で、1960年代の公害問題を始めとして様々な都市の環境問題が顕著になり、現代においてそれらは地球温暖化問題と併せて深刻さを増すばかりである。

都市の環境問題の代表的なものとしてヒートアイランド現象が挙げられる。これは都市部の気温が都市周辺部に比べて異常に上昇する現象のことであるが、その主な原因としては、RC造建築物の増加、道路のアスファルト舗装率の増加、緑地や水辺の減少、自動車や空調設備の人工排熱などがある。

辻本研究室では、このヒートアイランド現象への対策として「ドライミスト」を開発した（公共空間での設置例→写真1-1）。これは専用のポンプおよびノズルを用いて水道水を微小粒子にして空気中に噴霧し、それらが蒸発する際に気化熱を必要とすることを利用して空気の温度を低下させようと試みるものである。2009年より一般家庭向けの家庭用ドライミスト装置として本格的な利用も開始されている（→写真1-2）。



写真1-1 公共空間でのドライミスト設置例（2009年8月 神楽坂祭りにて）



写真1-2^(註1) 家庭用ドライミストの
住宅バルコニーでの設置例

ドライミストは少量の水および電力しか消費しないため、ルームエアコンと違い人工排熱をほとんど発生させないだけでなく、ベランダやバルコニーを開放して利用することで、普及率を上昇させれば都市規模での気温上昇抑制が期待できると考えられている。しかし、空間温熱環境の改善効果自体の弱さ、稼働時の湿度上昇およびそれによる建築内装材の濡れ、風によるミスト流路の不安定性、ポンプおよびノズルの振動騒音などの解決すべき課題も多数あり、本研究室ではドライミストの普及率上昇に向けて装置改良や効率的噴霧方法などの研究を日々行っている。

本研究は、より効率的かつ安定的にドライミストの効果を室内にもたすため、バルコニーでの噴霧方法の模索をし、その効果の有無を検証したものである。

1.2 研究目的

1.2.1 比較対照実験による正確な効果の検証

平常時における室内環境と室外環境は、日射の有無などから一致することはまずあり得ず、また両者ともに日々刻々と変化するため、より正確にドライミストの効果検証を行うためには、2つ以上の部屋を用いて同一条件の下で比較対照実験を行うことが理想である。

そこで本研究では実験室を2つ用意し、一方の部屋をミスト噴霧室、もう一方の部屋をミストを噴霧しない比較対照室とし、後述の各噴霧方法について効果の比較検証を行うこととする。

1.2.2 住宅バルコニーにおける噴霧方法の提案およびその効果の検証

現在の家庭用ドライミストのバルコニーにおける噴霧方法は、**写真 1-3**のようにバルコニー手すり壁上端にノズルを取り付けて室内へ噴霧する方法（以下、**室方向噴霧**）が主流である（室方向噴霧におけるノズルの取り付け高さや噴霧角度などの詳細については過去の研究^(註2)で扱われているのでそちらを参照されたい）。しかし、この噴霧方法では例えば強い外部風が吹き荒れる日は噴霧されたミスト粒子が風に巻かれて室内に流入せず、十分な効果が得られないこともしばしばある。

そこで本研究では、日射熱が蓄積されやすいとされるRC造住宅で、かつバルコニー手すり壁が柵状ではなく壁式のを対象として、**写真 1-4**のようなノズルを手すり壁（室外方法）へ向ける噴霧方法（以下、**壁方向噴霧**）を提案し、実験的に検討することとした。

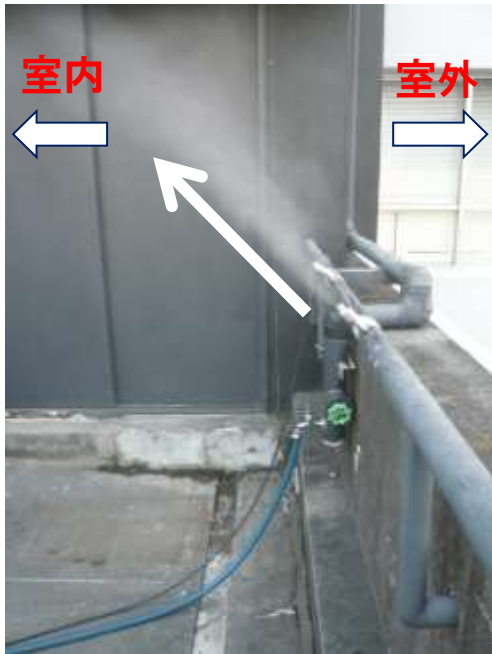


写真 1-3 室方向噴霧（再現）

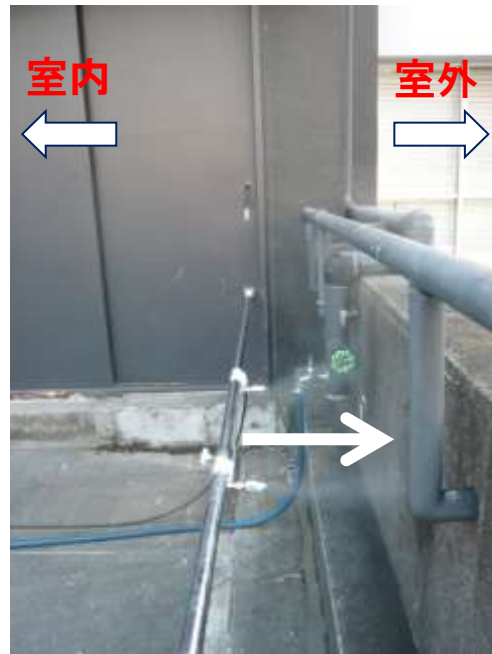


写真 1-4 壁方向噴霧（再現）

壁方向噴霧を今回提案したのは以下の仮説による。

仮説①：バルコニー躯体を冷却し、その輻射熱を軽減させる。

仮説②：バルコニー躯体に付着しなかった粒子が躯体に沿って確実に室内に流入する。

（ミストの流入効率が外部風によらず安定する）

これらの仮説により、室方向噴霧よりも安定的に温熱環境改善効果が得られるのではないかと推測した。しかし、ミスト流路が室の下方に集中すると想定されるので、

仮説③：床濡れのリスクも増大する

この点についても検証を行う必要がある。

次ページに室方向噴霧および壁方向噴霧についてのミスト粒子の流れの予測を略式断面図で示す（→[図 1-1](#)、[図 1-2](#)）。

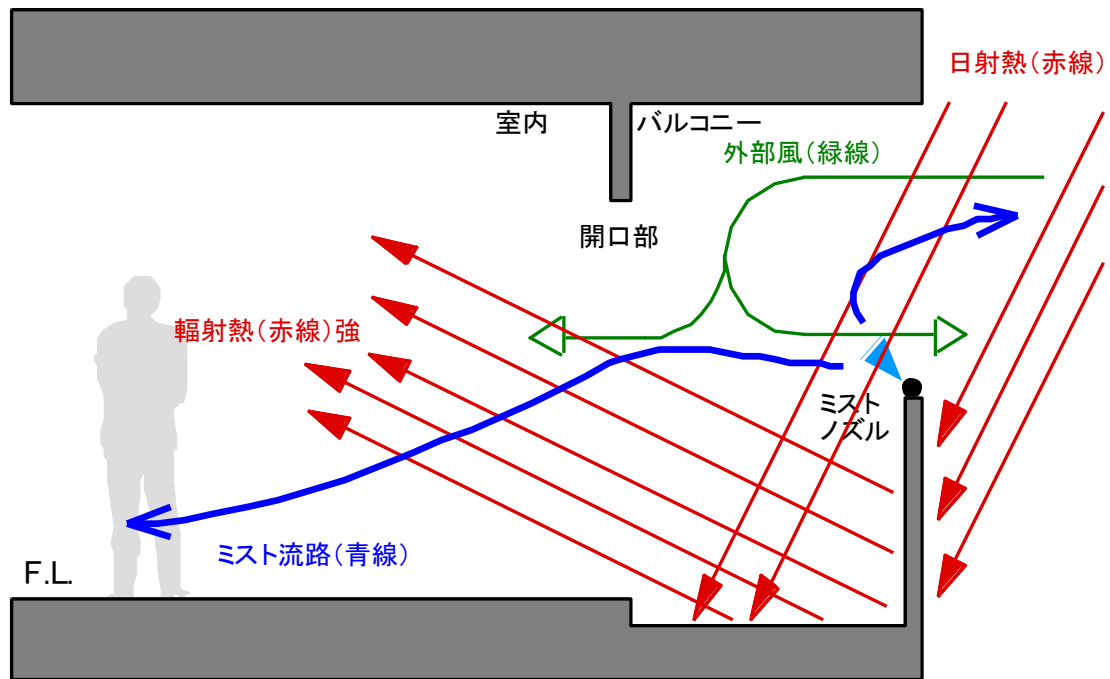


図 1-1 室方向噴霧におけるミスト粒子の流れの予測図

室方向噴霧では外部風の影響で効果が不安定になるとと思われる。

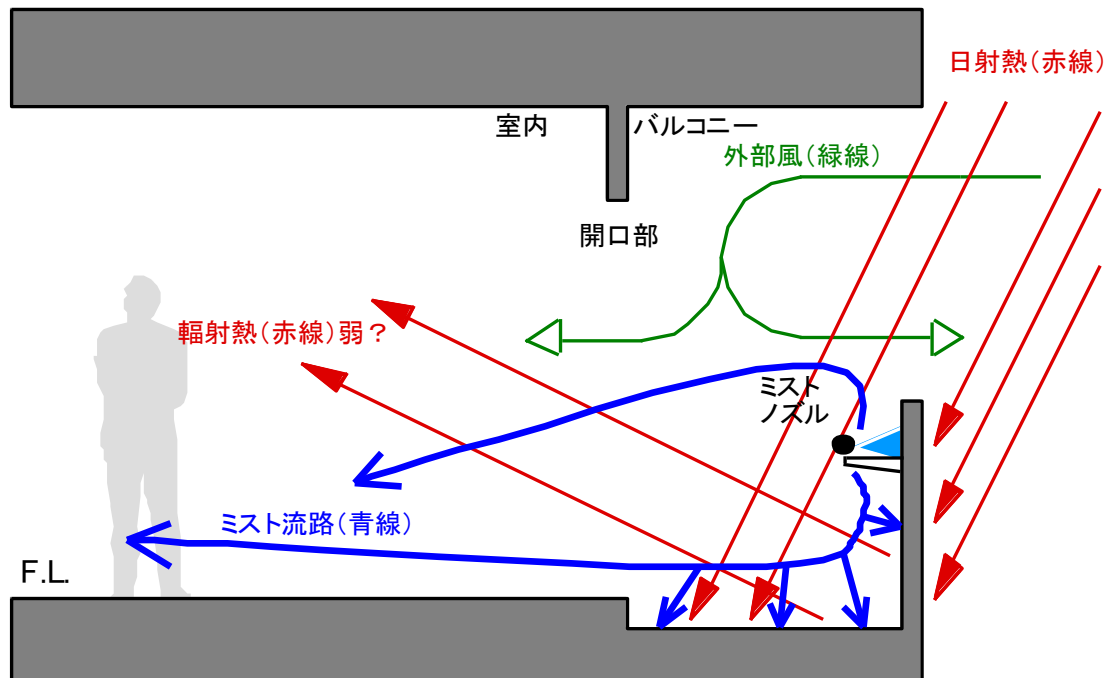


図 1-2 壁方向噴霧におけるミスト粒子の流れの予測図

外部風の影響低減、輻射熱の抑制などにより安定した効果が期待できると考えられる。

第1章 脚注

(註1) ドライミスト研究・開発 blog 東京理科大学 工学部 建築学科 辻本研究室
～ドライミストによる環境改善に関する研究開発～

2007年8月10日 エントリー

「ドライミスト装置の作り方 ～2006年復刻版～」より画像引用

<http://blog.livedoor.jp/misuto601/archives/51164463.html>

(註2) 検討されている主な論文

加藤史郎 「家庭用ドライミストの無風状態における噴霧効果に関する研究」

紅谷真司 「実験住宅における家庭用ドライミストの噴霧条件について」

戸張彩香 「濡れ検知装置により発停する家庭用ドライミストの実験的研究」

(いずれも東京理科大学工学部建築学科 2008年度卒業論文)

第2章 家庭用ドライミスト装置の概要

2.1 装置概要

家庭用ドライミスト装置は大きく分類すると、ポンプ、高圧ホース、ノズル配管の3種類の部品から構成されている。(写真 2-1)

[装置の稼働手順]

- ① 水源ーホースーポンプー高圧ホースーノズル配管の順に接続する。
(電源はまだ接続してはいけない)
- ② ホースを水源につなぎ、水を供給してノズル配管まで水が行き渡っていることを必ず確認する。
- ③ 電源コードを接続する。



写真 2-1 ドライミスト装置の構成

2.2 装置詳細

2.2.1 ポンプ仕様^(註3)

家庭用ドライミスト装置のポンプはこれまでに幾度も改良が施されてきた。ポンプの高熱化対策としてポンプ本体の外側に送水管を巻きつけるように巡らせて冷却を図ったものが開発されたが、騒音などの問題が依然として残されていた。

そこで2009年よりポンプ本体の更なる改良が施され、送水管をポンプ本体内部にドーナツ状に通すことで高熱化および騒音を緩和することに成功した。現在はこの型が主に使用されている。



写真 2-2 新型ポンプ拡大写真

表 2-1 ポンプ仕様

取扱会社	GMMテック 株式会社
製品番号	GMMP-M60
設置許容温度	周囲温度 0°C~40°C
許容相対湿度	85%以下(結露を起こさないこと)
電源	AC100V 50Hz(60Hz用もあり)
電力	73W(100V時)
重量	7.5kg
寸法	φ91mm×230mm
吐出圧力	6MPa以上(流量0時)
流量	300cc以上

2.2.2 高圧ホース仕様^(註4)

ポンプから高圧で押し出される水を運ぶには高い圧力に耐えうる特殊なホースが必要である。現在は通常のホースをステンレス鋼で強化したものを使用している。



写真 2-3 高圧ホース拡大写真

表 2-2 高圧ホース仕様

取扱会社	Swagelok社
名称	PTFEホース(ステンレス鋼製オーバークラッド)
ホース内径	4.8mm
最小曲げ半径	静状態時 38.1mm 動状態時 50.8mm
使用温度範囲	-53~230°C
最高使用圧力(20°C)	20.6MPa
最小破裂圧力(20°C)	82.6MPa

2.2.3 ノズル仕様^(註5)

ノズルは共立合金製作所製でドライミスト専用のものである(ノズルに至るまでの配管部品はSwagelok社製)。

ポンプから6MPaという非常に大きい圧力で押し出された水はこのノズルを通して粒径0.16μmの微小粒子となり、短時間で気化しやすい形で空气中に噴霧される。



写真 2-4 ノズル拡大写真

表 2-3 ノズル仕様

取扱会社	株式会社 共立合金製作所
製品番号	NAGOMIST NA-50A (特注)
材料	ステンレス鋼製
噴霧方式	1流体式
吐出後粒径	0.16 μ m
噴霧水量	約50ml/min(ノズル1個時)

第2章 脚注

(註3) GMMテック株式会社ホームページ 製品情報より

<http://www.gmmtech.co.jp/page9.html>

(註4) Swagelok 社ホームページ 製品情報より

<http://www.swagelok.co.jp/downloads/webcatalogs/jp/ms-01-167.pdf>

(註5) 株式会社 共立合金製作所 スプレーノズル製品案内より

<http://www.everloy-spray-nozzles.com/>

第3章 実験概要

3.1 実験場所概要

実験には東京都港区芝浦にある9階建てマンションの6階の2戸を利用した(→**図 3-1**)。対照実験を行うため、使用する2戸の環境条件を可能な限り同一にする必要があり、角部屋を含まない中央の2戸(602号室、603号室)を選定した(→**写真 3-1**)。



図 3-1 (註6) 実験場所 (図の●の位置、※真上が北)

物件名：セルカディア港区芝浦(9階建て)

住所：東京都港区芝浦 2-17-13-602および603
(JR山手線田町駅より徒歩5分)

築年月：2007年 3月

間取り：1K

構造：鉄筋コンクリート造

1戸あたりの床面積：20.2㎡

実験では602号室(西側)をミスト噴霧室、603号室をミストを噴霧しない対照室とした。(→**写真 3-1**)



写真 3-1 実験マンション外観および実験を行った2戸の位置 (南側から撮影)

3.2 実験室概要および実験条件

実験に使用する2戸はほぼ南北軸に対称な同一の間取りとなっており、環境条件がほぼ等しいとみなせる。2戸の特徴としてはバルコニー手すり壁も含めてRC造、かつ窓がバルコニーの1か所のみであるため、蓄熱性が高いだけでなく、通風の確保も困難である。よって実験中はリビングの扉とバルコニー窓のみを開放し、台所換気扇を用いて機械換気を行うこととした。これによりミスト流路の外部風による影響の低下および流入効率の上昇が期待できる。

機械換気においては換気扇を風量「強」で実験中に常時稼働した。このとき、

機械換気量 $Q = 550 [\text{m}^3/\text{h}]$ (風量「強」時、メーカーデータより概算^(註7))

室容積 $V = 28 [\text{m}^3]$ (換気が適用されるリビングと台所のみ)

窓の開口面積 $S = 1.8 [\text{m}^2]$

とすると、

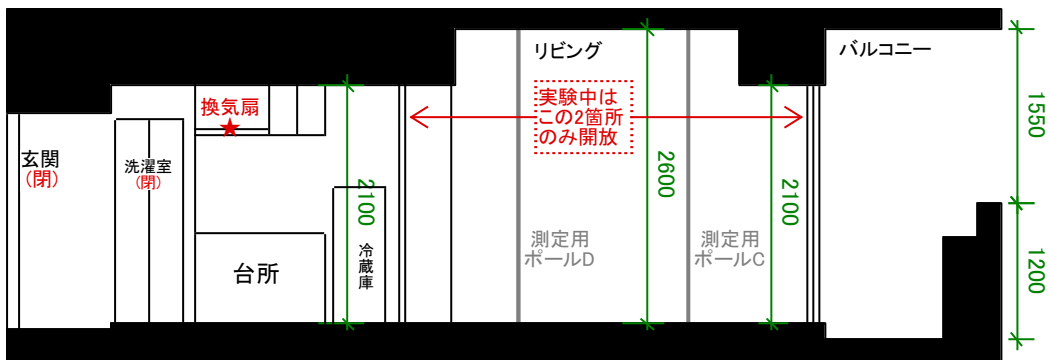
換気回数 $N = 550/28 \approx 19.6 [\text{回}/\text{h}]$

窓面平均風速 $v = 550/3600/1.8 \approx 0.085 [\text{m}/\text{s}]$

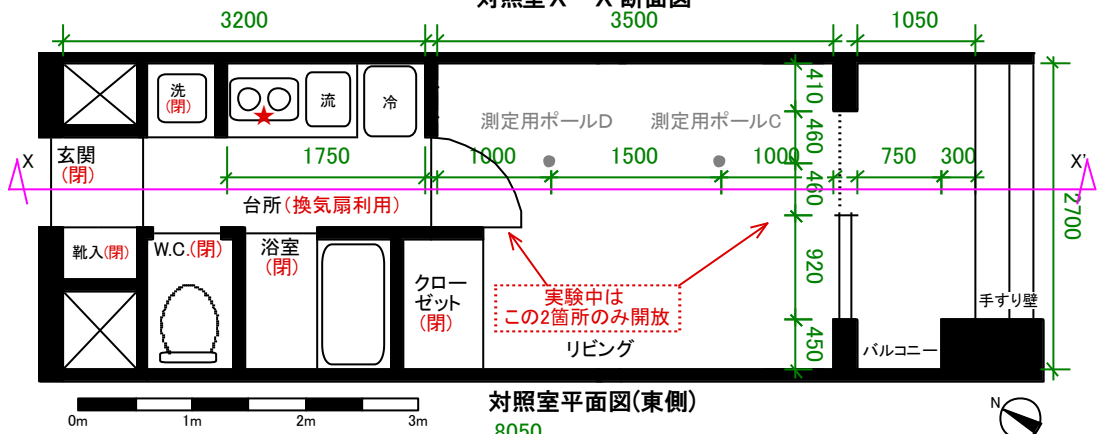
であり、常に安定した流入が期待できる。

またノズルの設置については、室方向噴霧は手すり壁上端から室内方向45度上向き、壁方向噴霧は手すり壁30cm手前、高さ約90cmから室外水平方向とした。

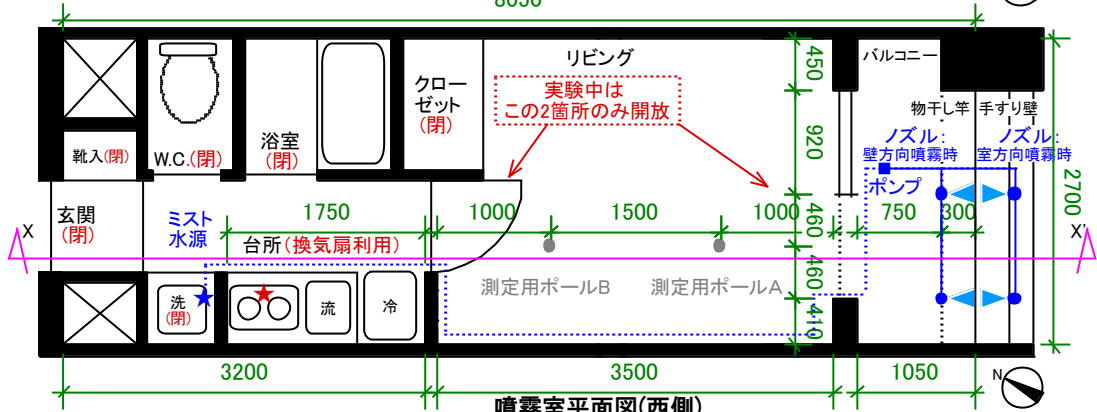
2戸の平面図および断面図と実験条件詳細を図3-2に示す。



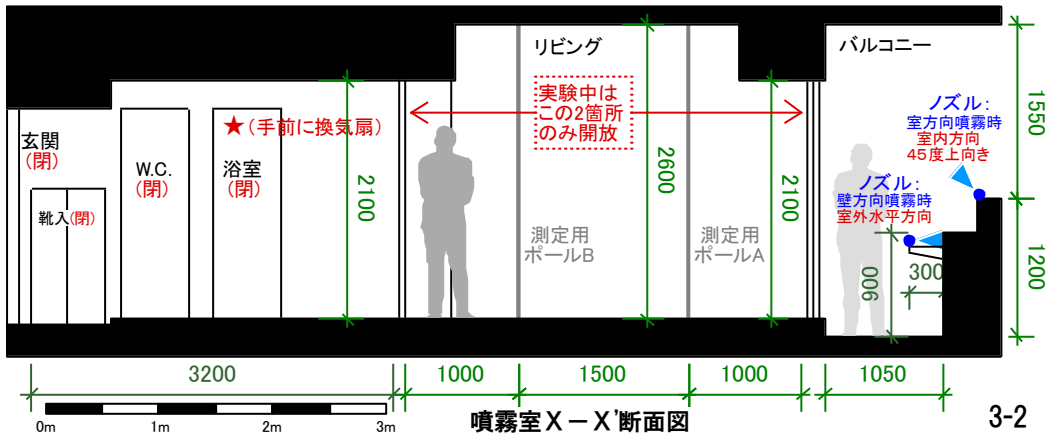
対照室 X-X'断面図



対照室平面図(東側)
8050



噴霧室平面図(西側)



噴霧室 X-X'断面図

図 3-2 2

戸の平面図および断面図と実験条件詳細



写真 3-2 室内方向噴霧（実験時）



写真 3-3 壁方向噴霧（実験時）

3.3 実験で用いた各種測定器具の詳細

3.3.1 温湿度計（おんどとり Jr.）

室内の空気温度および相対湿度の測定に用い、噴霧室および対照室に各 2 機ずつ設置した。温度測定に関しては後述の熱電対の方が精度が高いため、主に湿度の測定データのみを利用している。測定データはパソコンの専用ソフトを用いればパソコンに転送して保存することができる。またセンサー部分は繊細なため、直射日光や水滴には注意すべきである。



写真 3-4 おんどとり Jr.

表 3-1 おんどとり Jr.仕様

取扱会社	株式会社 テイアンドデイ	
製品番号	Thermo Recorder RTR-53	
測定チャンネル	温度(チャンネル1)	湿度(チャンネル2)
外付温湿度センサ	0~55℃	10~95%RH(結露なきこと)
測定精度	平均±0.3℃	±5%RH(25℃50%RH時)
測定・表示分解能	0.1℃	1%
センサ仕様	サーミスタ	高分子湿度センサ
記録容量	8000データ×2チャンネル	
本体寸法	高さ62×幅47×奥行き19mm	
本体動作環境	-30℃~80℃	

3.3.2 熱電対（温度測定用）

室内の高さごとの温度分布やバルコニー躯体表面の温度の測定には熱電対を用いた（グローブ温度の測定にも熱電対を用いている）。噴霧室および対照室に3箇所ずつ対称になるように設置した。センサー部分の2本の電極の電位差を利用して温度を測定するもので、おんどとり Jr. よりも精度が高く、正確な温度測定に適している。



写真 3-5 熱電対

表 3-2 熱電対仕様 （註8）

取扱会社	二宮電線工業株式会社
製品番号	K0302011-01 T-6F
構成材料	銅(+脚: 赤色) 銅およびニッケル合金(-脚: 白色)
測定精度	±0.004%
使用温度範囲	-20°C~90°C
被覆材料(絶縁体)	耐熱ビニル(茶色)

3.3.3 グローブ温度計

主にバルコニー躯体からの輻射熱の減少具合や体感温度の変化を知る指標としてグローブ温度計を使用した。銅の薄板で作った中球の球体をつや消して黒塗りにし、熱輻射量を測定する計器である。球体の内部中心に熱電対を挿入し、グローブ温度を測定した。噴霧室および対照室に各1器ずつ設置した。特定の熱源に注目して測定する際は、その熱源を遮らないよう注意すべきである。

表 3-3 グローブ温度計仕様 （註9）

取扱会社	株式会社吉野計測
製品番号	BK-150
本体寸法	球直径150mm、球面銅版厚さ0.5mm
同梱品	架台★、支柱、つめ金具、温度計★、ゴム栓、ひも ※★は本実験未使用



写真 3-6
グローブ温度計

3.3.4 風速計

主にミストの流入と風速との相関を探るために風速計を利用した。本実験ではレンタルコストや噴霧による水滴付着を考慮して対照室のみに設置し、測定データは噴霧室にも適用している。この風速計は超音波を利用して3次元での風速を測定することが可能であり、今回は水平風速、水平風向、鉛直風速（以上全て直前1分間の平均値）、瞬間風速の4項目を測定した。

表 3-4 風速計仕様^(註10)

取扱会社	株式会社ソニック
製品番号	SAT-550
測定範囲	0~60m/s
水平風速精度	±2%または0.05m/s
風速分解能	0.01m/s
水平風向精度	±3°
使用温湿度範囲	-20°C~50°C、0~100%RH



写真 3-7 風速計

3.3.5 日射計

時間帯別の日射量を測定するために日射計を用いた。受感部には波長依存性がなく、吸収率がよい特殊黒色塗料が塗布されており、また2重ガラスドーム構造で風や温度の影響を受けにくくなっている。風速計同様に対照室のみに設置し、測定データを噴霧室にも適用している。また重量がありガラスを使用しているため取り扱いには特に注意すべきである。



写真 3-8 日射計

表 3-5 日射計仕様^(註11)

取扱会社	英弘精機株式会社	内部抵抗	約500Ω
製品番号	MS-402	応答速度	約8秒
器械定数	7.02mV/kW・m ⁻²	測定精度	±0.5%

3.3.6 データロガー（データ記録用）

先述の熱電対、グローブ温度計、風速計、日射計は各端子をデータロガーの入力ステーションに接続し、パソコン上で記録および管理をした。



写真 3-9 データロガー本体



写真 3-10 入力ステーション

表 3-6 データロガー仕様 ^(註12)

取扱会社	江藤電機株式会社
名称	高速型多点分散データロガー サーモダック6
製品番号	3060A(サーモダック6本体)、3002A(入力ステーション)
入力チャンネル数	60点(入力ステーション1台あたり)
使用温度湿度範囲	0~50°C、0~100%RH(結露なきこと)
測定精度	±0.05%または±0.3°C(K-CA、0°C以上時)
分解能	0.1°C

3.3.7 測定器具配置詳細

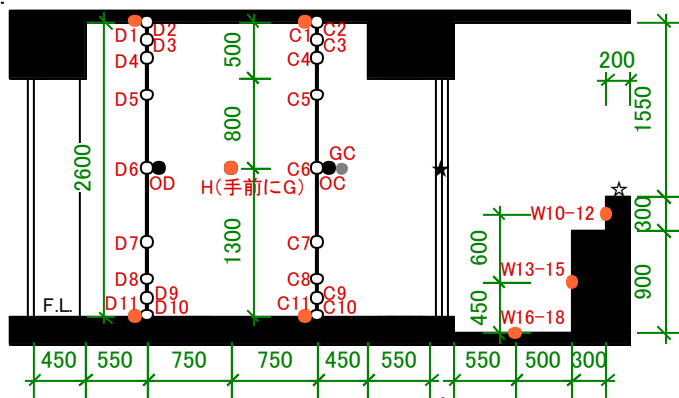
以上の各種測定器具の配置詳細図を図 3-3 に示す。リビングおよびバルコニーを主な測定対象空間として器具を配置した。温度湿度計・熱電対・グローブ温度計は噴霧室および対照室に対称に設置した。風速計・日射計は対照室のみに設置し、測定データを噴霧室にも適用している。



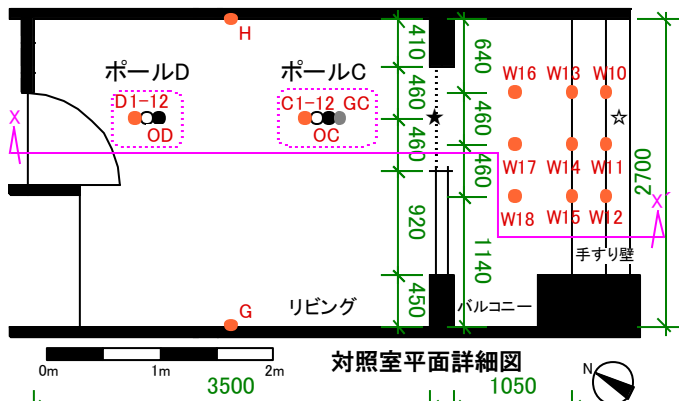
写真 3-11 実験風景 (対照室)



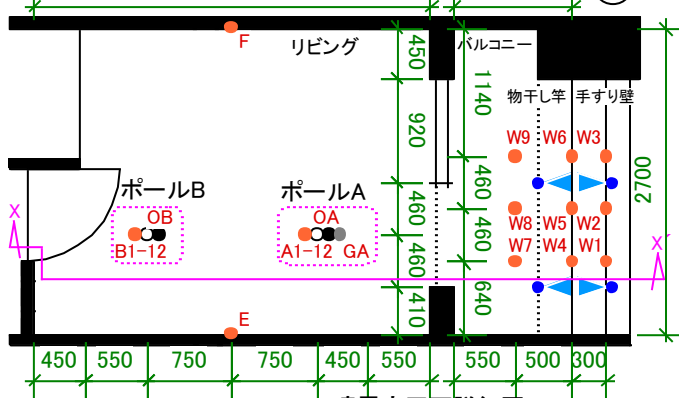
写真 3-12 実験風景 (噴霧室)



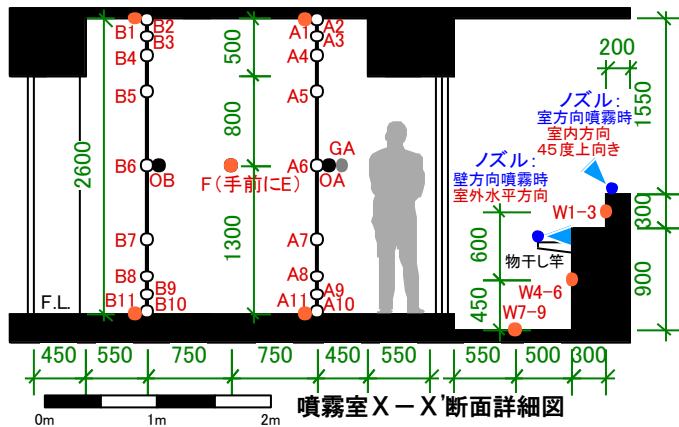
対照室 X-X 断面詳細図



対照室平面詳細図



噴霧室平面詳細図



噴霧室 X-X 断面詳細図

凡例 (対照室)

- 温湿度計 OC、OD
- 熱電対 (空気温度)
C2~C10、D2~D10
- 熱電対 (表面温度)
C1、C11、D1、D11、
G、H、W10~18、
- グローブ温度計 GC
- ★ 風速計 (対照室のみ)
- ☆ 日射計 (対照室のみ)

ポール熱電対の
設置床上高さ

- A1 +2600mm
 - A2 +2590mm
 - A3 +2437mm
 - A4 +2275mm
 - A5 +1950mm
 - A6 +1300mm
 - A7 +650mm
 - A8 +325mm
 - A9 +163mm
 - A10 +10mm
 - A11 +0mm
- (B・C・D も同様)

凡例 (噴霧室)

- 温湿度計 OA、OB
- 熱電対 (空気温度)
A2~A10、B2~B10
- 熱電対 (表面温度)
A1、A11、B1、B11、
E、F、W1~9
- グローブ温度計 GA

図 3-3 2戸の測定器具配置詳細図

3.4 実験日程

実験は2009年8月21日から24日までの計4日間行った。実験日程および各実験日の気象状況を表3-7・表3-8に示す。実験を行った4日間は4日目に一時雨が降るなどあったが、気温・湿度共に高く夏らしい日々となった。1日目に室方向噴霧を、2～4日目に壁方向噴霧の検証を行った。室方向噴霧は過去の研究から最も効果的であると判明している噴霧間隔（1分稼働1分休止の繰り返し）を採用した。壁方向噴霧は前例が無いため、基本的な噴霧間隔を3通り（常時稼働、1分稼働1分休止、2分稼働2分休止）選定し、それぞれについて検討した。噴霧および測定時間は共に10:00～22:00としたが、4日目（壁方向噴霧C）のみ測定開始直後に記録パソコンに不具合が生じていたため、仕切り直して10:30から噴霧・測定開始とした。

表 3-7 実験日程詳細（噴霧・測定時間 10:00～22:00 ※4日目のみ 10:30～22:00）

日程	噴霧室	(噴霧間隔)	(噴霧水量) [g/h]	対照室
1日目(8/21)	室方向噴霧	1分on1分off	3000	ミスト 噴霧 なし
2日目(8/22)	壁方向噴霧A	常時on	6000	
3日目(8/23)	壁方向噴霧B	1分on1分off	3000	
4日目(8/24)	壁方向噴霧C	2分on1分off	4000	

※水の密度は1.0 [g/ml] とする

表 3-8 各実験日の気象状況^(註13)

日程	噴霧室 (噴霧間隔)	気象庁データ(地点:東京)					備考	
		平均気温 [°C]	最高気温 [°C]	最低気温 [°C]	平均湿度 [%]	日照時間 [h]		総日射量 [MJ/m ²]
1日目 (8/21)	室方向噴霧 1分on1分off	28.9	32.5	26.1	67	2.5	15.70	高温多湿 夜床濡れ
2日目 (8/22)	壁方向噴霧A 常時on	28.9	31.6	24.7	68	4.5	14.16	高温多湿 夜床濡れ
3日目 (8/23)	壁方向噴霧B 1分on1分off	27.2	30.7	24.1	58	5.4	17.47	湿度低め
4日目 (8/24)	壁方向噴霧C 2分on1分off	26.0	30.2	24.2	62	4.1	13.75	午後 一時雨

測定データは1分間隔で記録している。データは基本的には瞬間値だが、風速計で測定した水平風速、水平風向、鉛直風速については直前1分間の平均値である。(→3.3.4) また4.1で用いている気象庁の温湿度データ(10分毎)についても直前1分間の平均値である。

第3章 脚注

(註6) Google Map より

<http://maps.google.co.jp/>

(註7) 換気量の測定が行えなかったため、メーカー資料の静圧－風量特性曲線を利用しておおよその値を算出した。

(註8) 二宮電線工業株式会社 製品情報より

<http://www.ninomiya-ew.co.jp/>

(註9) 株式会社吉野計測 製品情報より

<http://www.yoshinokeisoku.com/item/kisyuu.html#up>

(註10) 株式会社ソニック 製品情報より

<http://www.u-sonic.co.jp/product/sat.html>

(註11) 英弘精機株式会社 製品情報より

http://www.eko.co.jp/eko/a/a02-pyrano/a0202_MS-402/index.html

(註12) 江藤電機株式会社 製品情報より

<http://www.etodenki.co.jp/tdac6/index.htm#Tag4> 測定精度

(註13) 気象庁ホームページ 気象統計情報 過去の気象データ検索 より

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

第4章 実験結果・考察

4.1 室内温湿度測定結果

4.1.1 全実験日の温湿度測定結果（全体概観）

まずは全実験日の温湿度計の測定データを図4-1（温度変化）、図4-2（湿度変化）に示す。温湿度計のみドライミスト噴霧中以外の時間帯にもある程度データを記録していたため（グラフでは1日目・8/21の10:00～4日目・8/24の24:00までのデータを掲載している）、以降の各実験日のデータに比べ、噴霧開始前および噴霧終了後の温湿度変化を把握することが可能である。

図4-1～図4-2で用いたデータ

温度・湿度共通：噴霧室・窓側	○A
噴霧室・台所側	○B
対照室・窓側	○C
対照室・台所側	○D
気象庁データ（地点・東京）	

以降も含めグラフに用いたデータは16ページの測定器具配置詳細図の記号を用いて表記しているのでそちらと照合しつつ参照されたい。

※気象庁データは10分毎

[温湿度変化概観]

温度については日の出とともに上昇し、噴霧開始後は噴霧室と対照室で変化が表れ、噴霧終了後には再び両者が収束していくという過程が明確になっている。また噴霧時間外の気象庁のデータと室内のデータを比較から、RC造である実験建物の蓄熱性が高いことが確認できる。

湿度についても噴霧開始後に噴霧室と対照室で変化が表れ、日没とともに両者とも上昇をはじめ、噴霧終了後に両者が収束していく過程が確認できる。

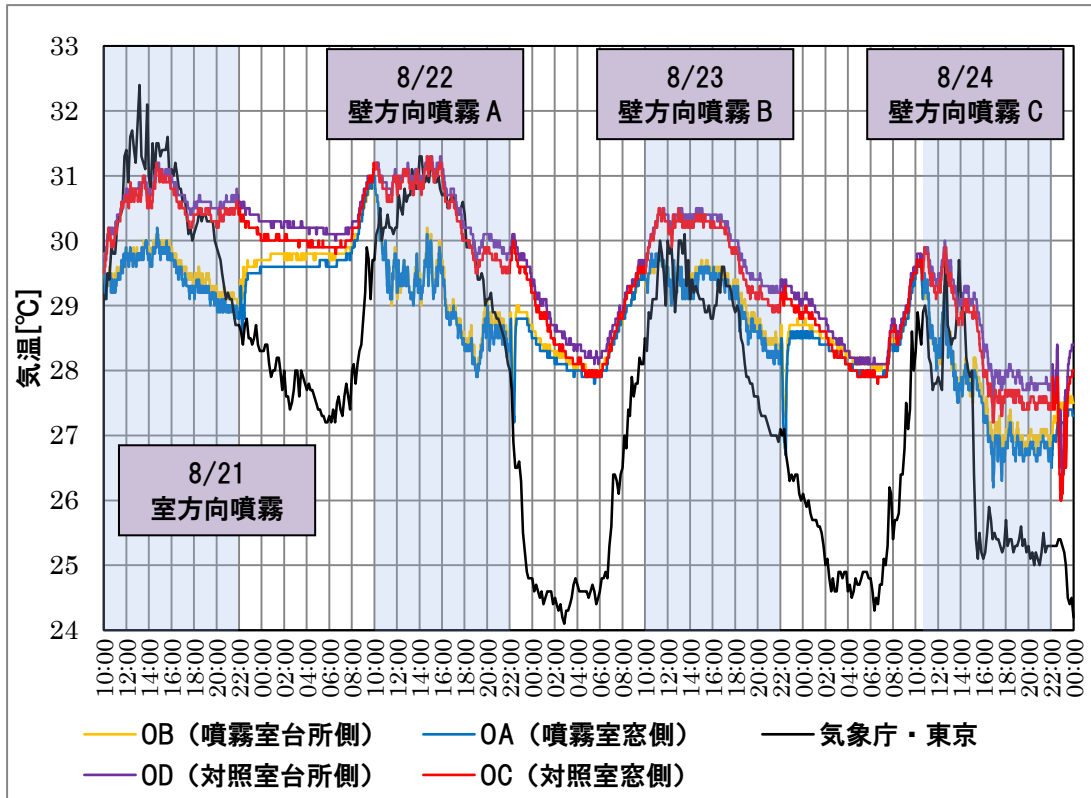


図 4-1 全実験日の温度変化（青色部分がミスト噴霧中）

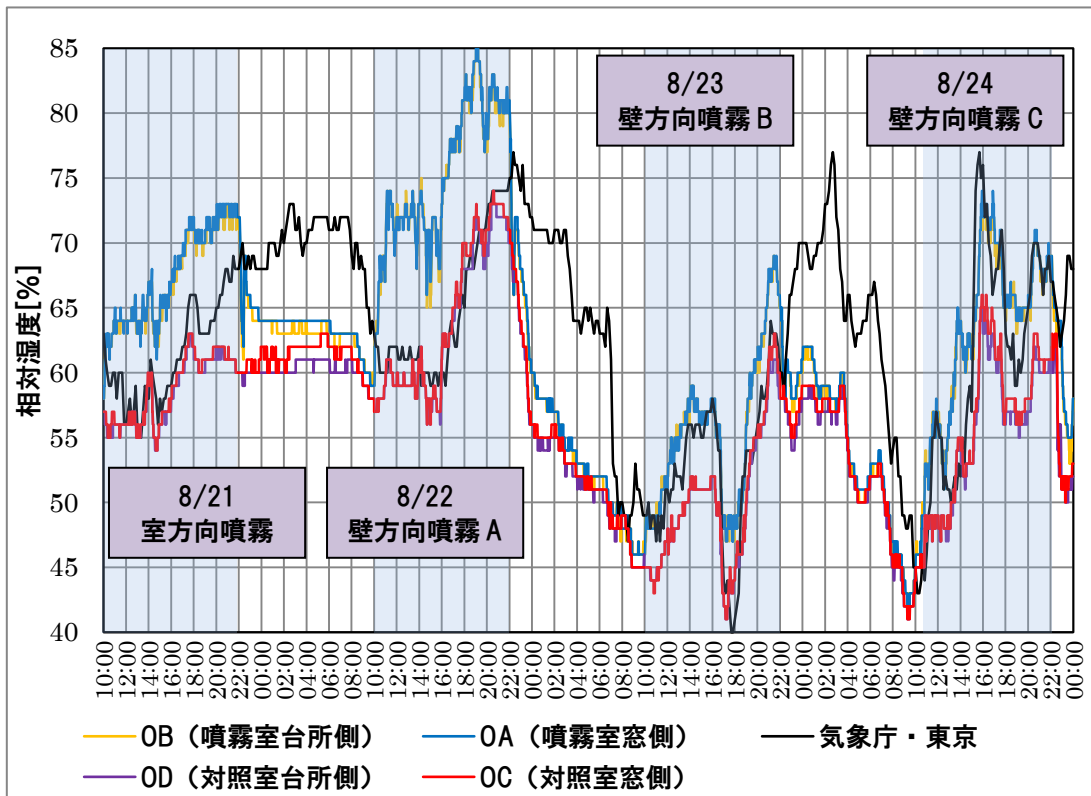


図 4-2 全実験日の相対湿度変化（青色部分がミスト噴霧中）

4.1.2 各実験日の2戸の温湿度測定結果

各実験日の噴霧室および対照室の温度および湿度の測定結果を図 4-3～図 4-10 に示す。グラフの室内の温度データに関してはポールごとの熱電対のうち数字が2～10のもの（空気温度を測定したもの）の平均値を算出して使用している。

図 4-3～図 4-10 で用いたデータ

温度：噴霧室・窓側

A 2～A 10の平均値

噴霧室・台所側

B 2～B 10の平均値

対照室・窓側

C 2～C 10の平均値

対照室・台所側

D 2～D 10の平均値

気象庁データ（地点・東京）

湿度：噴霧室・窓側

○ A

噴霧室・台所側

○ B

対照室・窓側

○ C

対照室・台所側

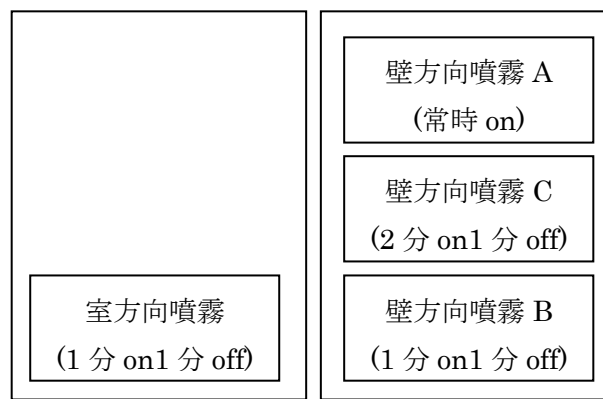
○ D

気象庁データ（地点・東京）

※以降の測定結果のグラフでは、各噴霧方法での噴霧水量（噴霧間隔）の違いによる効果の差異を明確にするため、以下のようにグラフを噴霧水量の多い順に並べることが多い。

↓ 奇数ページ

↓ 偶数ページ



※気象庁データは10分毎

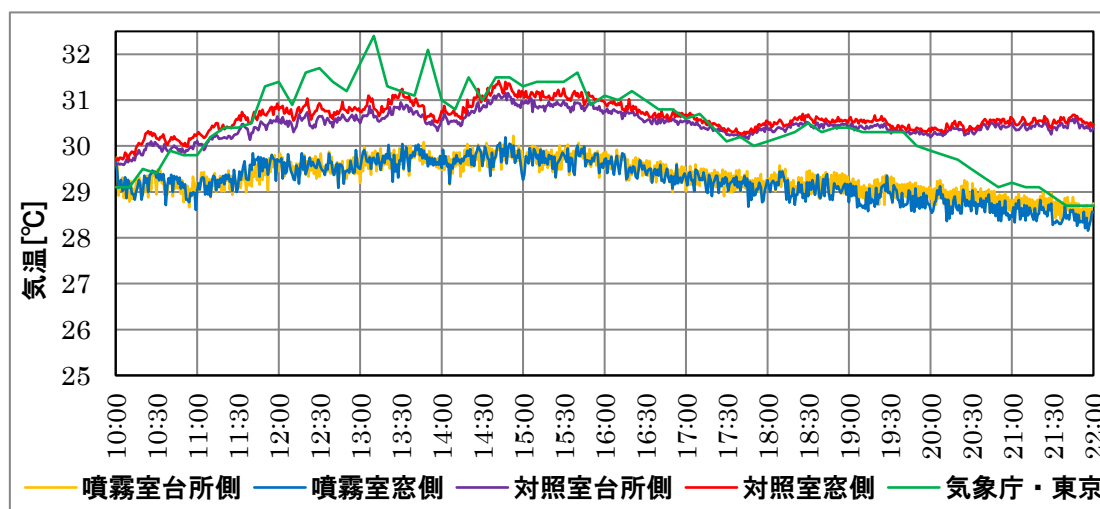


図 4-3 温度変化・室方向噴霧（1分 on1分 off）

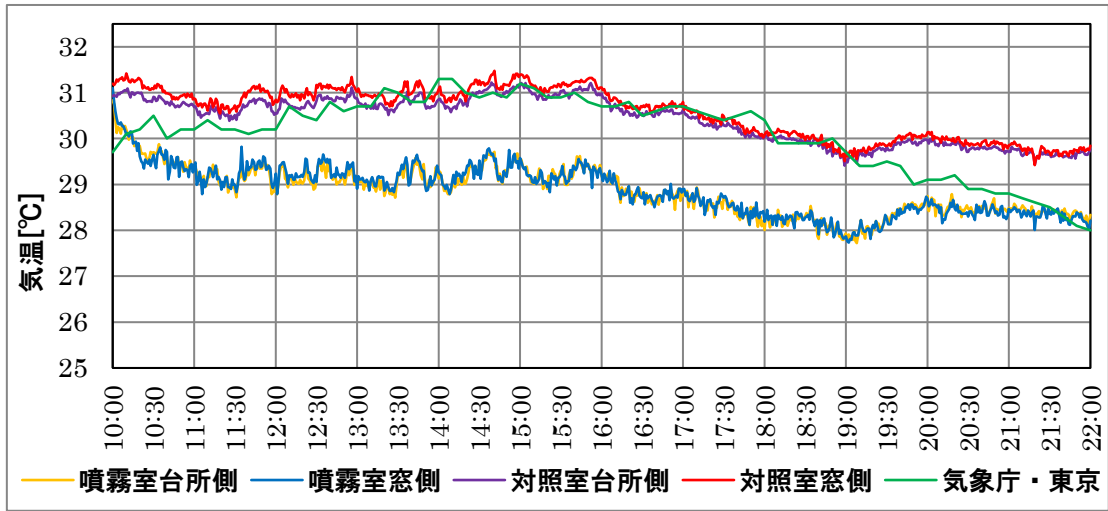


图 4-4 温度变化・壁方向噴霧A (常時 on)

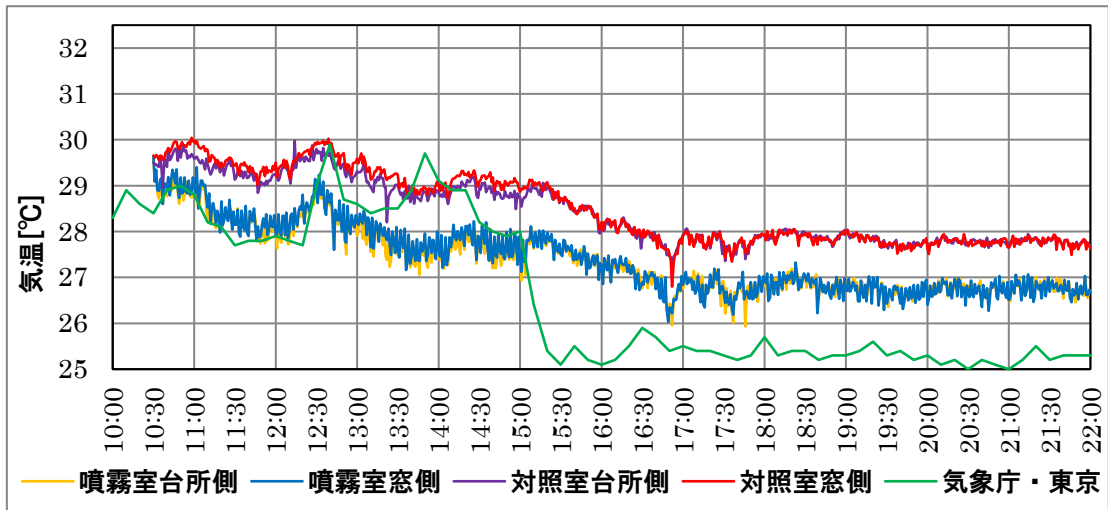


图 4-5 温度变化・壁方向噴霧C (2分 on 1分 off) ※15:00 頃から一時雨

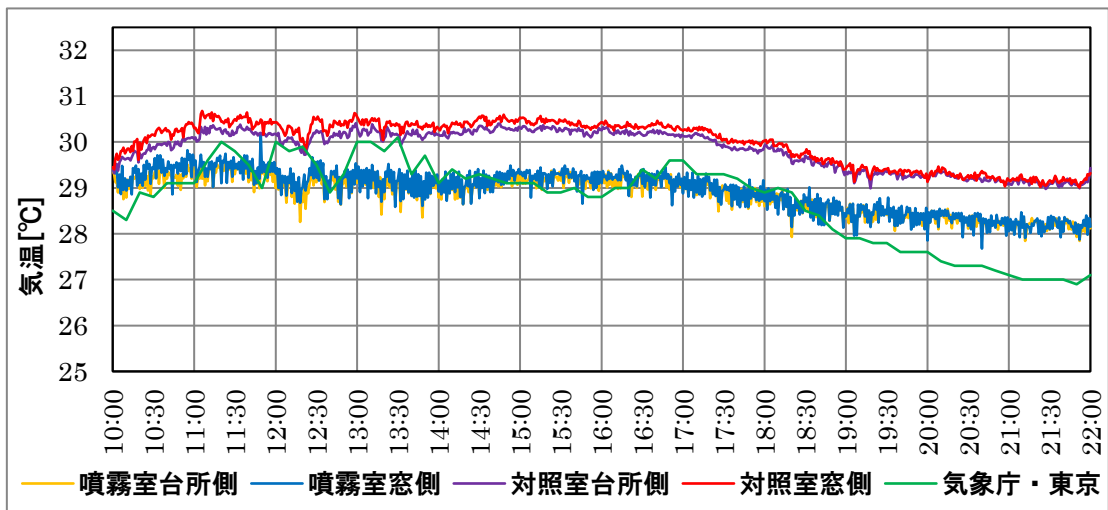


图 4-6 温度变化・壁方向噴霧B (1分 on 1分 off)

[温度変化の考察]

いずれの実験日においても、対照室の温度は外気温度と同等かそれ以上の値となっており、やはり開口が少なく室内に熱が滞留しやすいことが見てとれる。噴霧室では噴霧開始直後から対照室に比して温度降下が見られ、噴霧・測定終了までほぼ一定の降下幅を保っていることがわかる。また噴霧室・対照室いずれにおいても窓側および台所側での温度の差異はあまり見られない。

[湿度変化の考察]

温度と同様に噴霧室では噴霧開始直後から対照室に比して湿度上昇が見られ、噴霧・測定終了までほぼ一定の上昇幅を保っている。壁方向噴霧Aを行った実験2日目は元々湿度が高い日だったため、18:00以降で噴霧室の湿度が80%以上を記録してしまった。このように気象条件と噴霧水量次第ではミスト噴霧を行った部屋は非常に高い湿度となってしまうため注意が必要である。

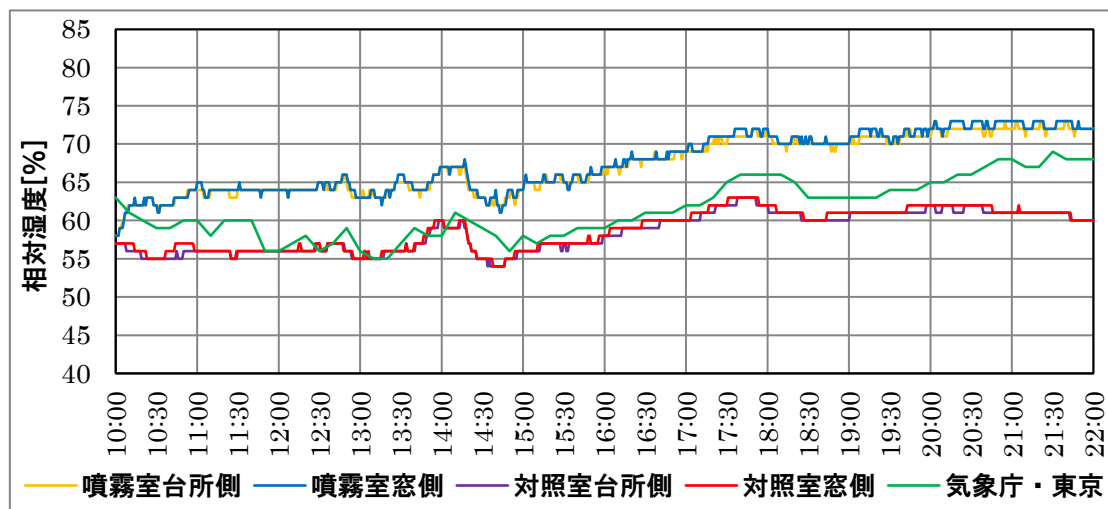


図 4-7 湿度変化・室方向噴霧（1分 on 1分 off）

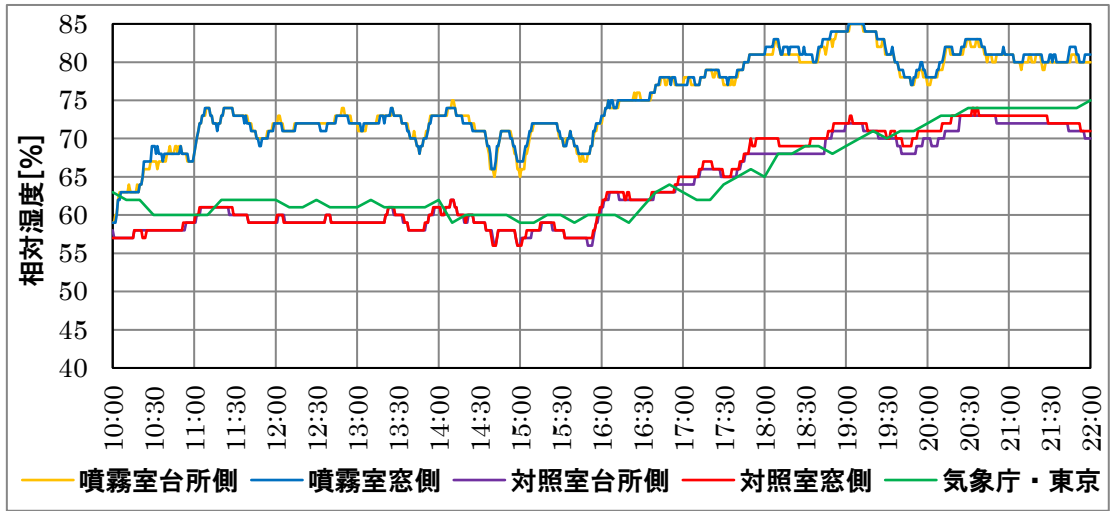


図 4-8 湿度変化・壁方向噴霧 A (常時 on)

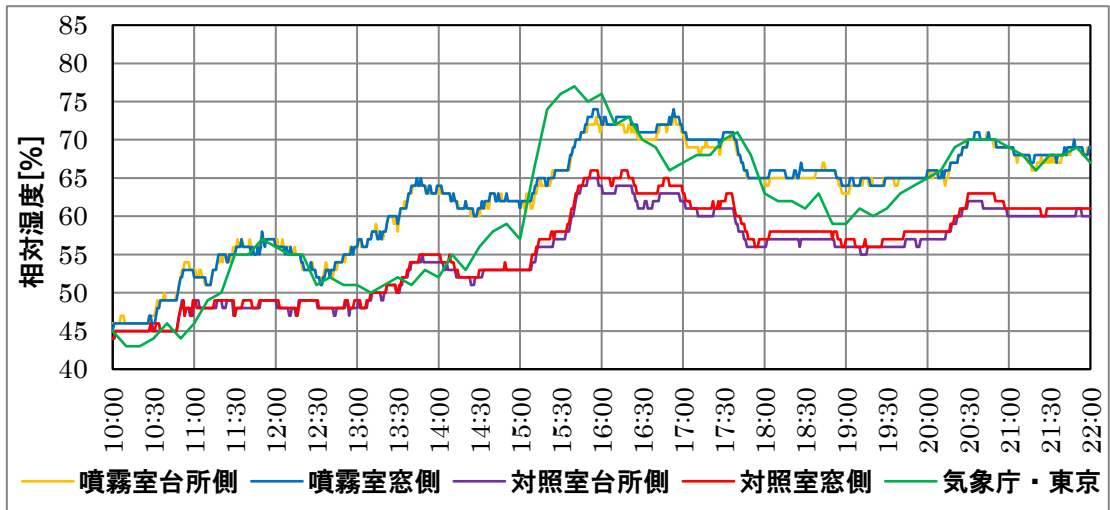


図 4-9 湿度変化・壁方向噴霧 C (2分 on 1分 off) ※15:00 頃から一時雨

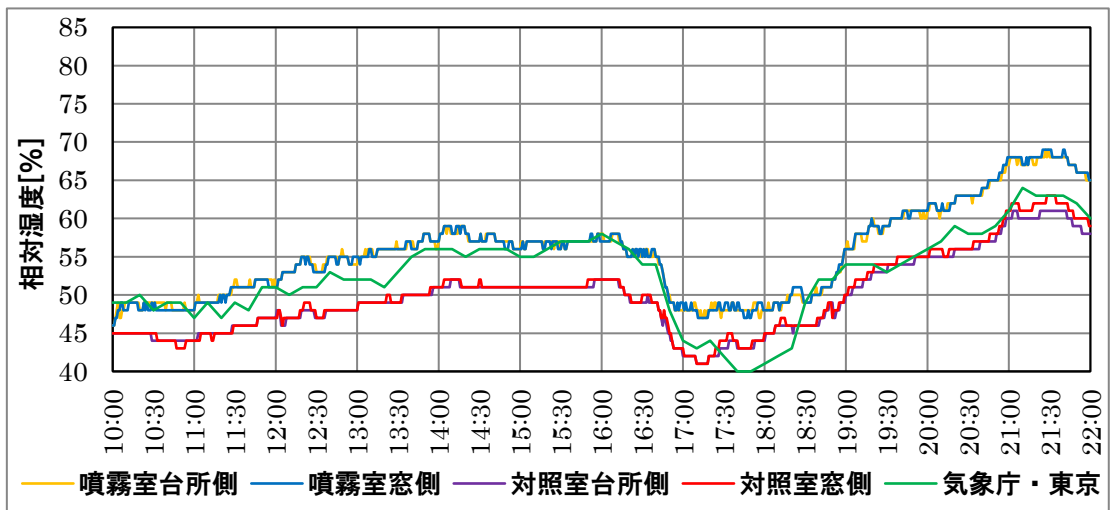


図 4-10 湿度変化・壁方向噴霧 B (1分 on 1分 off)

4.1.3 各実験日の2戸間の温湿度差による各噴霧方法の考察

前項の結果から各実験日の2戸間の温度差および相対湿度差を図4-11～図4-14に示す。温度・湿度共に噴霧室の値から対照室の値を引いたものとし（温度→温度降下、湿度→湿度上昇）、窓側同士（ポールA・C間）、台所同士（ポールB・D間）それぞれについて示してある。温度降下を左縦軸、湿度上昇を右縦軸で示している。また、噴霧開始直前の10:00（壁方向噴霧Cのみ10:30）の時点ですでにわずかな差が表れているものもあり、それらに関しては以降のデータ全てに校正を行っている。噴霧開始時点での各部の温度差および湿度差は表4-1の通りである。

表 4-1 各実験日の初期温湿度差

	初期温度差		初期湿度差	
	A-C	B-D	A-C	B-D
室方向噴霧	0.0	0.0	+1	+1
壁方向噴霧A	-0.1	-0.1	+2	+1
壁方向噴霧C	0.0	+0.1	+1	+2
壁方向噴霧B	0.0	0.0	+1	+1

当初は壁方向噴霧は躯体の蓄熱を軽減し、夜間においても温度降下が見込めるとの予想を立てていた。しかし、実験結果において夜間の温度降下に着目すると、室方向噴霧の方が大きく、壁方向噴霧ではほぼ停滞しているという予想を大きく覆す結果となった。

各壁方向噴霧においては、噴霧水量が多くなるほど温度降下量および湿度上昇量が増加していることが分かる。最も変化量の大きい壁方向噴霧A（常時 on）で日中に2℃弱の温度降下が見られたが、湿度も日中に10%以上上昇しており、壁方向噴霧においても室方向噴霧同様に噴霧間隔の調整が重要であるといえる。

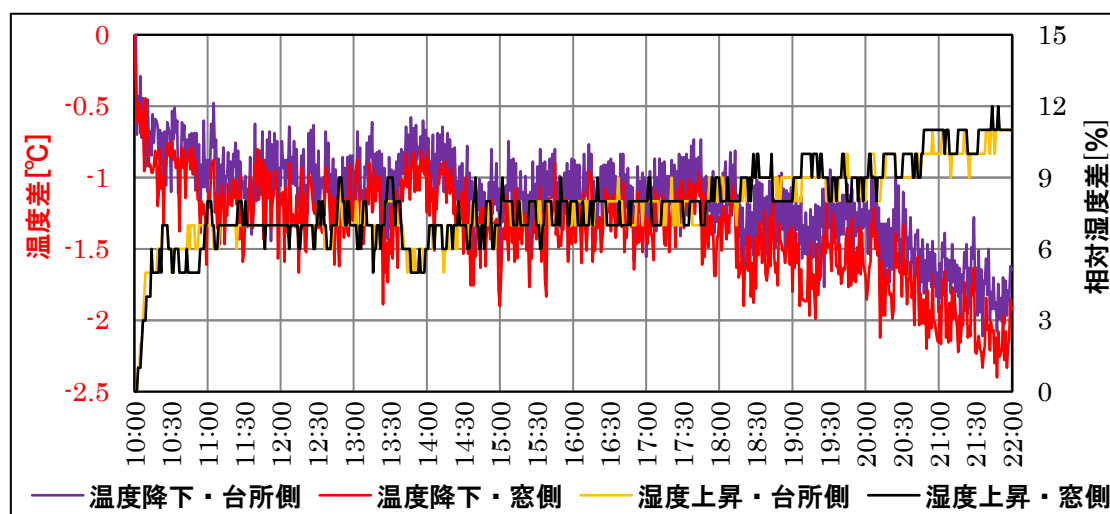


図 4-11 温度降下および湿度上昇・室方向噴霧（1分 on1分 off）

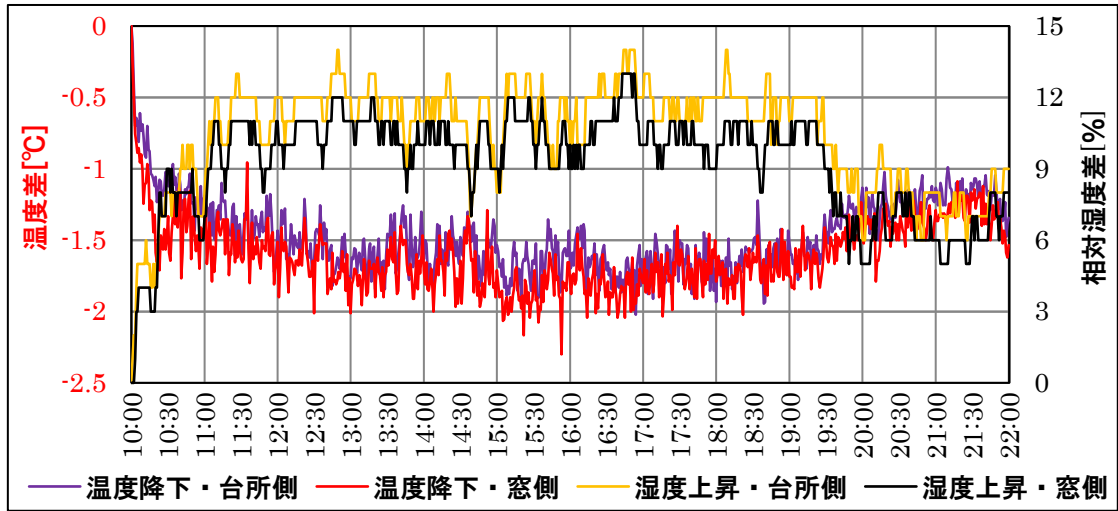


図 4-12 温度降下および湿度上昇・壁方向噴霧 A (常時 on)

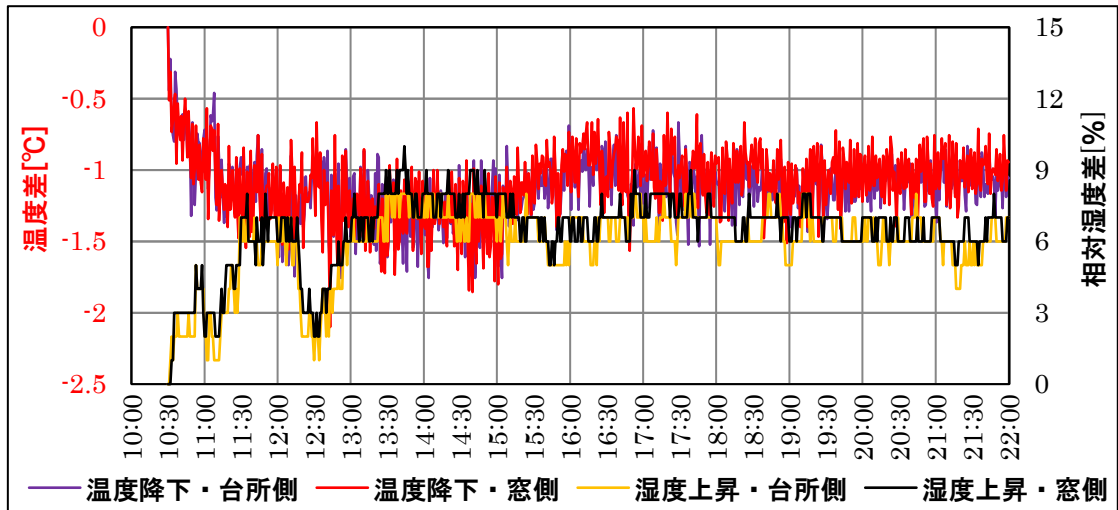


図 4-13 温度降下および湿度上昇・壁方向噴霧 C (2分 on 1分 off)

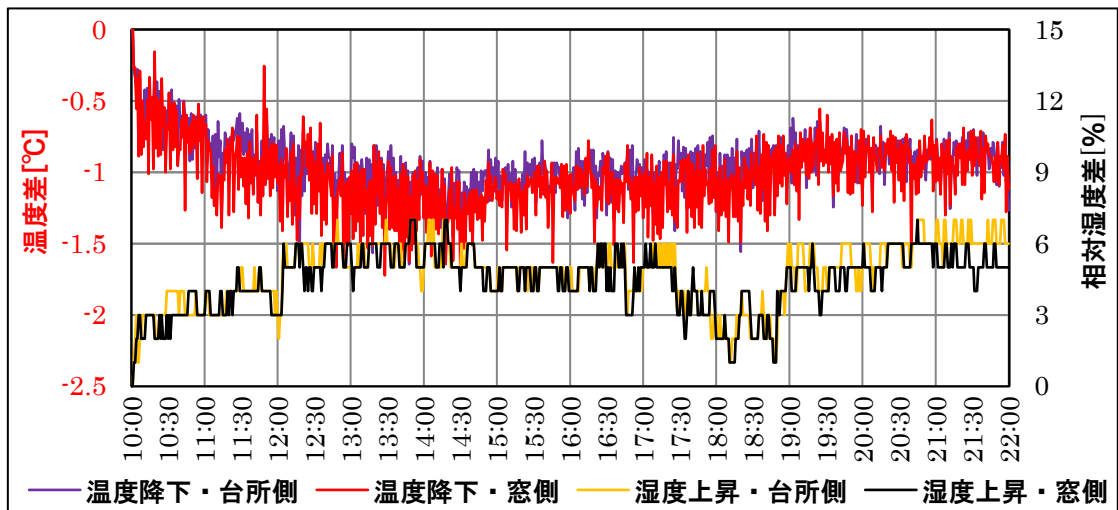


図 4-14 温度降下および湿度上昇・壁方向噴霧 B (1分 on 1分 off)

4.2 バルコニー躯体表面温度測定結果

4.2.1 バルコニー躯体各部分の表面温度測定結果

2戸のバルコニー躯体表面温度の測定結果を図4-15～図4-18に示す。熱電対の測定点は各戸9点ずつであり、3点ずつ手すり壁上部・手すり壁下部・足場の3ブロックに分類できる。測定データもこれらのブロックごとにはほぼ連動していたため、グラフでは各ブロック内の3点の平均値を算出して扱っている。また、日射量の測定データも比較のため掲載している。

図4-15～図4-18で用いたデータ

噴霧室：手すり壁上部 W1-3 (W1・W2・W3の平均値)
手すり壁下部 W4-6 (W4・W5・W6の平均値)
足場 W7-9 (W7・W8・W9の平均値)
対照室：手すり壁上部 W10-12 (W10・W11・W12の平均値)
手すり壁下部 W13-15 (W13・W14・W15の平均値)
足場 W16-18 (W16・W17・W18の平均値)
日射量

【表面温度変化の考察】

足場は手すり壁と異なり午前中のみではあるが直射日光にさらされる。そのため足場の表面温度はそれまでは日射量と連動しているが、午後は日射によらず停滞している。噴霧室では壁方向噴霧の方が室方向噴霧よりも躯体表面を多く濡らしているため、特に手すり壁下部と足場で表面温度が大きく低下しているのが見て取れる。

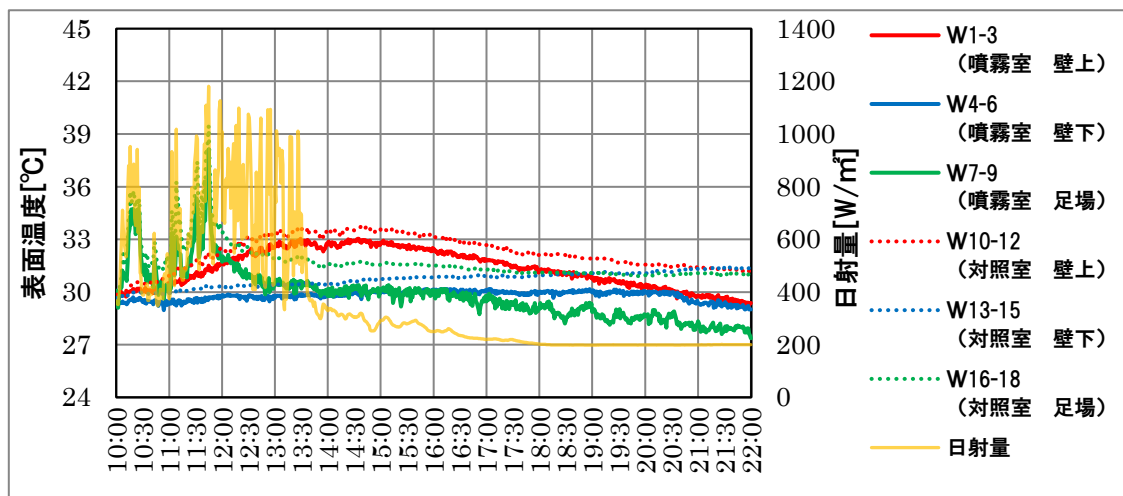


図4-15 バルコニー躯体表面の温度変化・室方向噴霧（1分 on 1分 off）

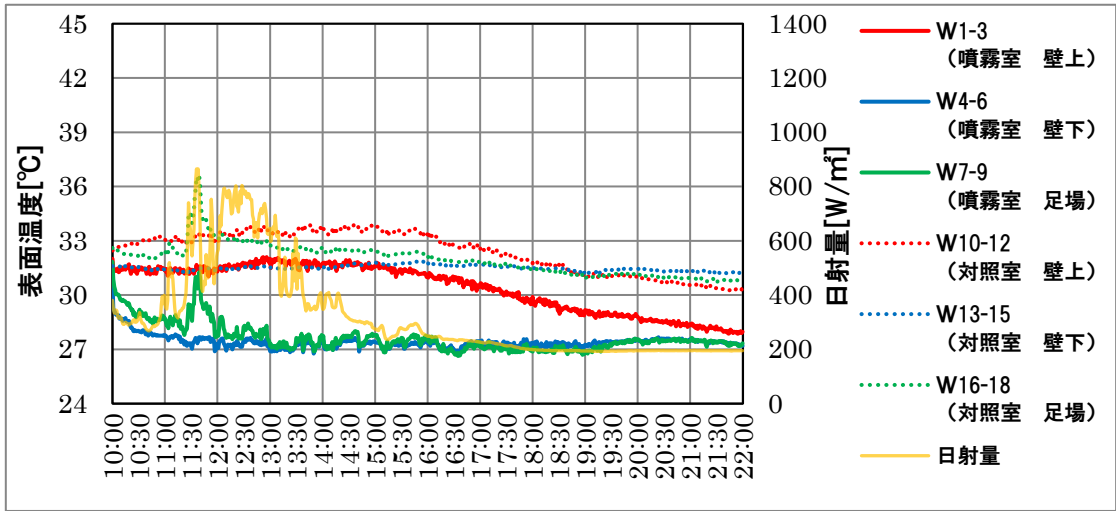


図 4-16 バルコニー躯体表面の温度変化・壁方向噴霧A (常時 on)

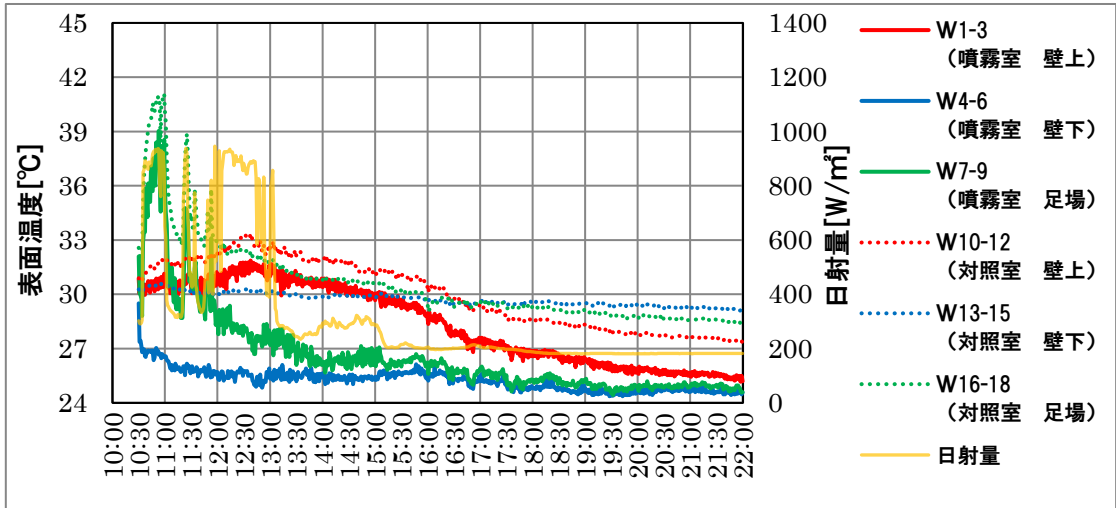


図 4-17 バルコニー躯体表面の温度変化・壁方向噴霧C (2分 on 1分 off)

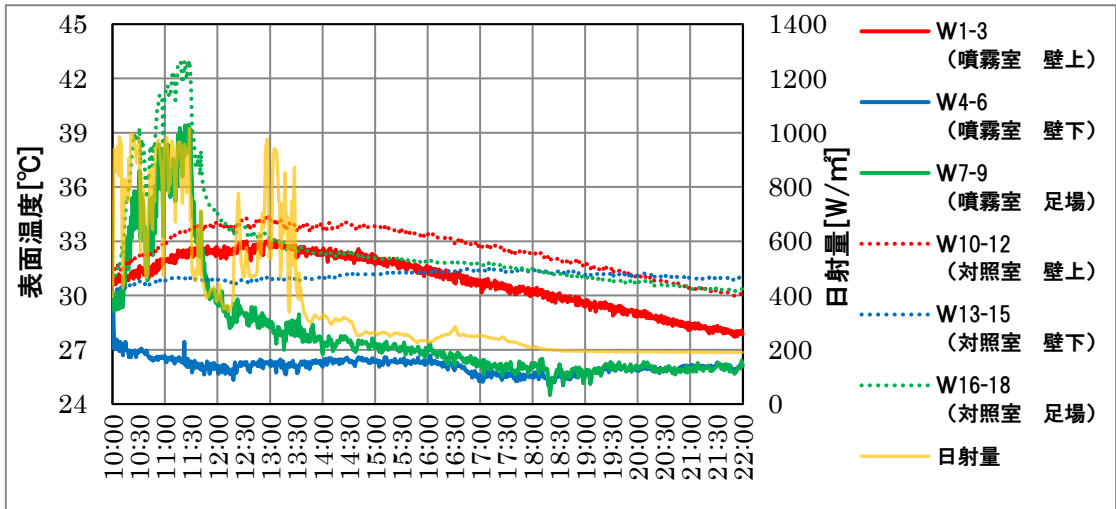


図 4-18 バルコニー躯体表面の温度変化・壁方向噴霧B (1分 on 1分 off)

4.2.2 バルコニー躯体各部分の2戸間の表面温度差による各噴霧方法の考察

前項の結果から2戸のバルコニー躯体表面温度差(噴霧室値-対照室値、ブロックごと)を図4-19~図4-22に示す。ここでも日射量を併せて掲載している。校正値は表4-2のとおりである。

表 4-2 各実験日の初期表面温度差

	初期表面温度差		
	手すり壁上部	手すり壁下部	足場
室方向噴霧	0.0	-0.2	0.0
壁方向噴霧A	-0.5	-0.7	-0.8
壁方向噴霧C	-0.1	-0.8	-0.5
壁方向噴霧B	0.0	-1.4	-0.7

室方向噴霧では大きな温度効果は見られないが、各壁方向噴霧において、特に手すり壁下部と足場で著しい温度降下量が見られ、打ち水に類似した効果を断続的に得られることが判明した。日射量の大小に関係なく3~4℃の温度降下が見られるが、噴霧水量の大小による違いはさほど見られない。

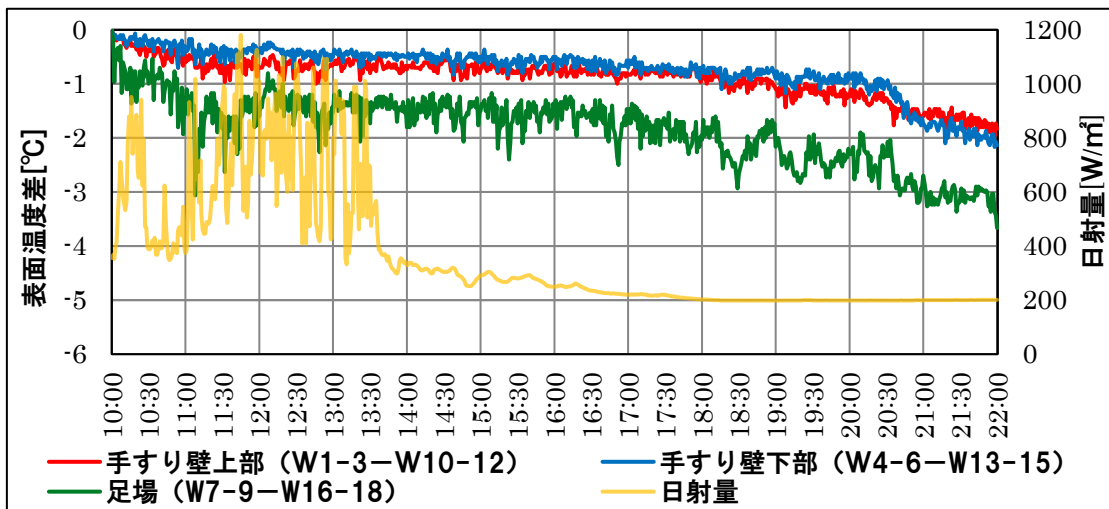


図 4-19 バルコニー躯体表面の温度差・室方向噴霧(1分 on 1分 off)

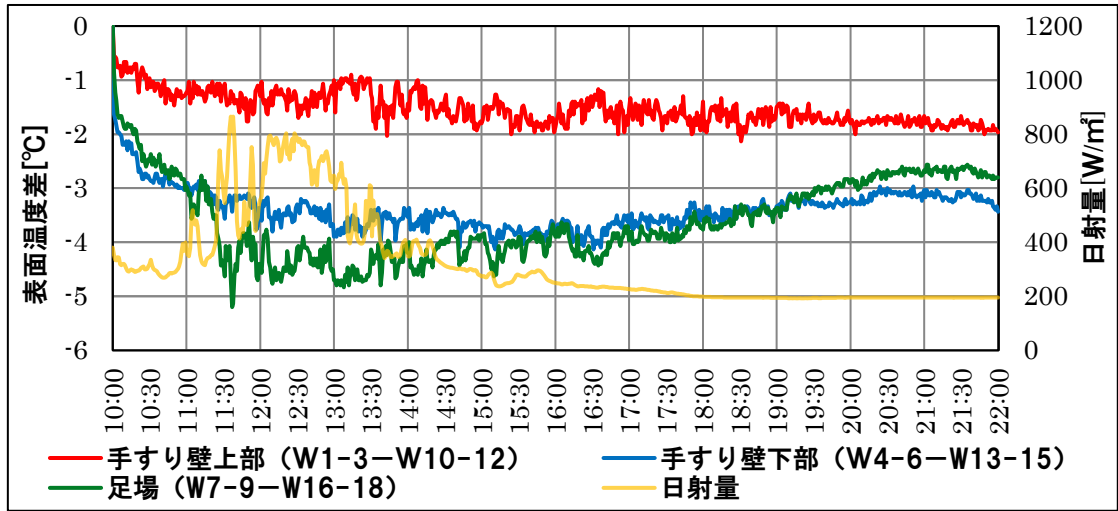


図 4-20 バルコニー躯体表面の温度差・壁方向噴霧A (常時 on)

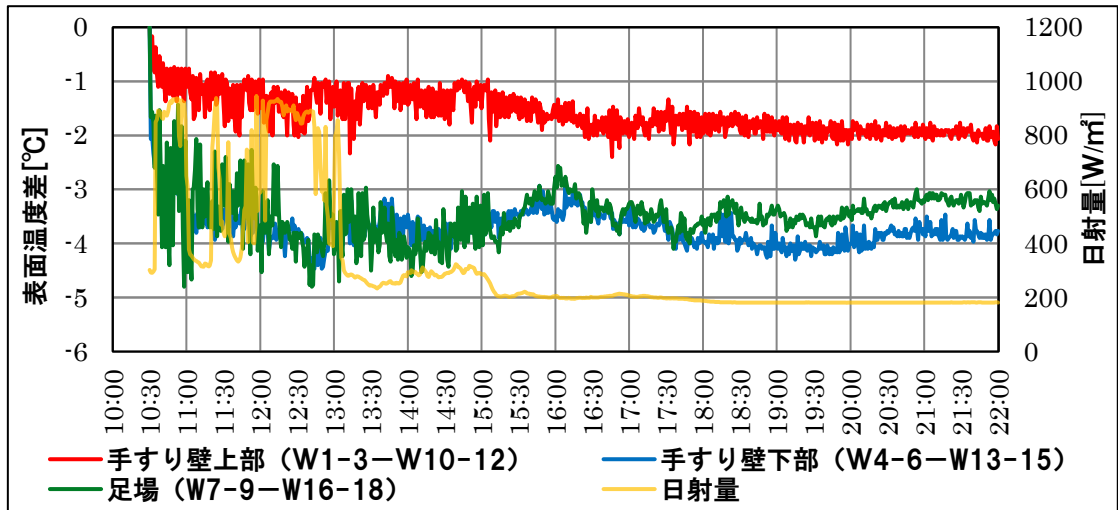


図 4-21 バルコニー躯体表面の温度差・壁方向噴霧C (2分 on 1分 off)

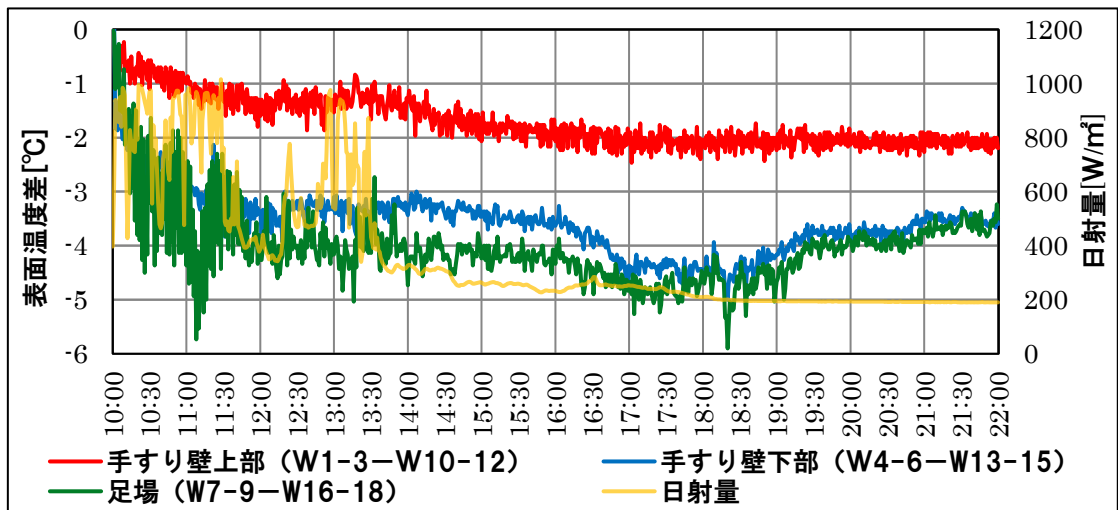


図 4-22 バルコニー躯体表面の温度差・壁方向噴霧B (1分 on 1分 off)

4.3 室内高さ別温度差分布による考察

2戸間（ポール間）の2時間ごとの温度差分布（噴霧室値－対照室値）を図4-23～図4-26に示す（各戸の高さ別温度分布についてはデータが膨大なため省略）。校正値は表4-3のとおりである。

表 4-3 各実験日の初期温度差

高さ (mm)	室方向 台所側	室方向 窓側	壁A 台所側	壁A 窓側	壁C 台所側	壁C 窓側	壁B 台所側	壁B 窓側
2600	0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	0.0	-0.3
2590	0.0	0.2	0.0	-0.2	0.5	0.0	0.1	-0.2
2437	0.0	0.0	-0.2	-0.3	0.0	0.0	0.2	-0.3
2275	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.5
1950	0.0	0.0	-0.1	-0.2	0.1	-0.1	0.0	-0.2
1300	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1
650	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0
325	0.0	-0.1	-0.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.1
163	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0
10	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.8
0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.6

図 4-23～図 4-26 で用いたデータ

噴霧室 A1～A11・B1～B11

対照室 C1～C11・D1～D11

BとD（台所側）、AとC（窓側）で同じ高さ（数字）の2点の温度差を算出している。

ポール熱電対の
設置床上高さ（再掲）

- A1 +2600mm
- A2 +2590mm
- A3 +2437mm
- A4 +2275mm
- A5 +1950mm
- A6 +1300mm
- A7 +650mm
- A8 +325mm
- A9 +163mm
- A10 +10mm
- A11 +0mm
- (B・C・Dも同様)

室内低層部で降下幅が大きいことがどの噴霧方法でも確認できたが、室方向噴霧の方が特に低層部での降下幅が大きく、夜間においてもその幅は大きくなっている。しかし、壁方向噴霧Aでは12:00～18:00において高層部でも（また台所側でも）高い温度降下が見られ、室内躯体に沿って回り込むように冷却空気が流れている（窓側床→台所側床→台所側壁→台所側天井→窓側天井？）という可能性を見て取れる。また、各壁方向噴霧において、ここでも温度降下幅が噴霧水量に応じて大きくなっていることがわかる。

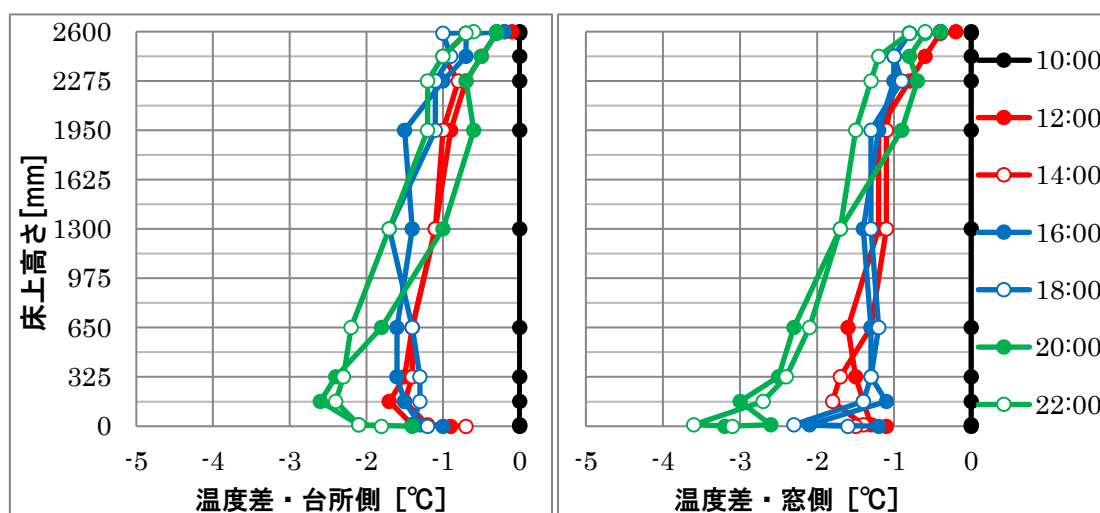


図 4-23 室内高さ別温度差・室方向噴霧（1分 on 1分 off）

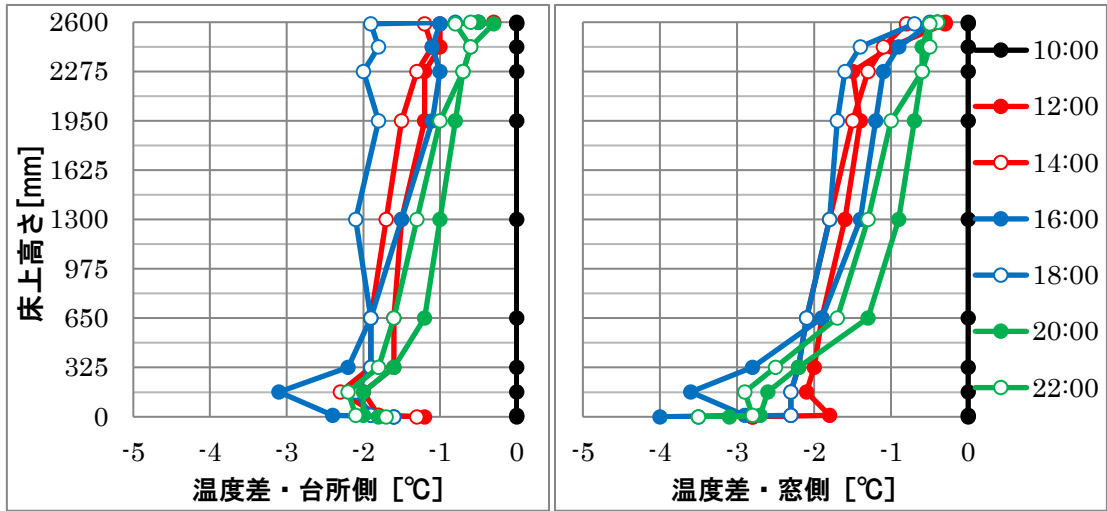


図 4-24 室内高さ別温度差・壁方向噴霧A (常時 on)

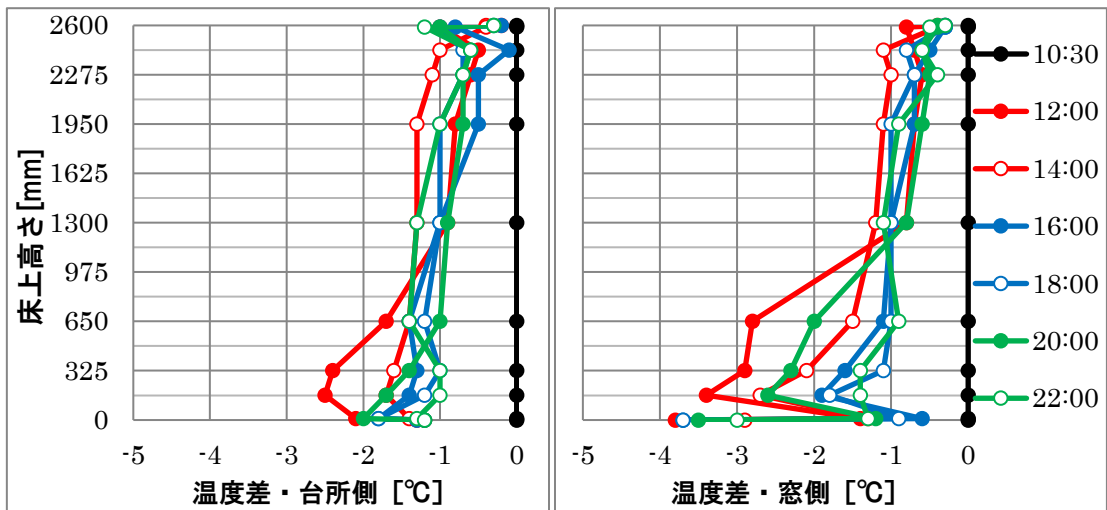


図 4-25 室内高さ別温度差・壁方向噴霧C (2分 on 1分 off)

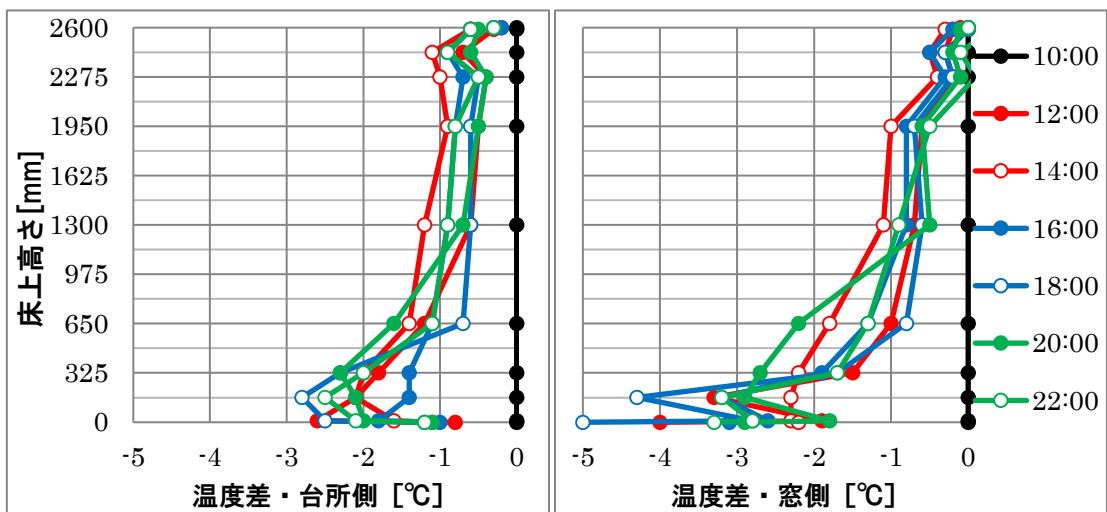


図 4-26 室内高さ別温度差・壁方向噴霧B (1分 on 1分 off)

4.4 噴霧効率の算出

噴霧水量と温度降下量から「噴霧効率（P）」を定義および算出し、各噴霧方法がどの程度有効に機能しているかを検証する。

[噴霧効率の定義]

$$\text{噴霧効率} [\%] = (\text{機械換気により室外から室内へ移動する熱量}) [\text{J/h}] \\ \div (\text{ミストが全て蒸発した場合に空気中から奪う熱量}) [\text{J/h}] \times 100$$

$$P = -C_p \times \rho \times Q (\theta_i - \theta_o) / (L \times r) \times 100$$

C_p : 空気の定圧比熱 = 1005 [J/kg・K]

ρ : 空気の密度 = 1.2 [kg/m³]

Q : 機械換気量 = 550 [m³/h]

θ_i : 室内平均温度 [°C] → 噴霧室平均温度

θ_o : 室外平均温度 [°C] → 対照室平均温度

※ 室外温度は噴霧室バルコニー付近の環境条件が対照室内のものと同様であると仮定し、対照室の熱電対温度データを用いて算出することとする。

L : 噴霧水量 [g/h] = 3000 (室方向噴霧・壁方向噴霧B)
4000 (壁方向噴霧C)
6000 (壁方向噴霧A)

r : 水の蒸発潜熱 = 2501 [J/g]

[θ_i および θ_o の算出]

各戸内において熱電対で測定した空気温度の平均値 θ を算出する。

(室内はA2～A10・B2～B10、室外はC2～C10・D2～D10で算出)

$$\theta_i = (\theta_{A2} + \theta_{A3} + \dots + \theta_{A10} + \theta_{B2} + \theta_{B3} + \dots + \theta_{B10}) / 18 \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_o = (\theta_{C2} + \theta_{C3} + \dots + \theta_{C10} + \theta_{D2} + \theta_{D3} + \dots + \theta_{D10}) / 18 \quad [^\circ\text{C}]$$

各実験日の室内平均温度降下量 ($\theta_i - \theta_o$) の変化を図 4-27 (校正值については表 4-4) に、各噴霧方法における噴霧効率の算出結果を図 4-28 に、噴霧効率の日平均値を表 4-5 に示す。

表 4-4 各実験日の
初期内外温度差

	初期内外 温度差
室方向噴霧	0.0
壁方向噴霧A	-0.1
壁方向噴霧B	0.0
壁方向噴霧C	0.0

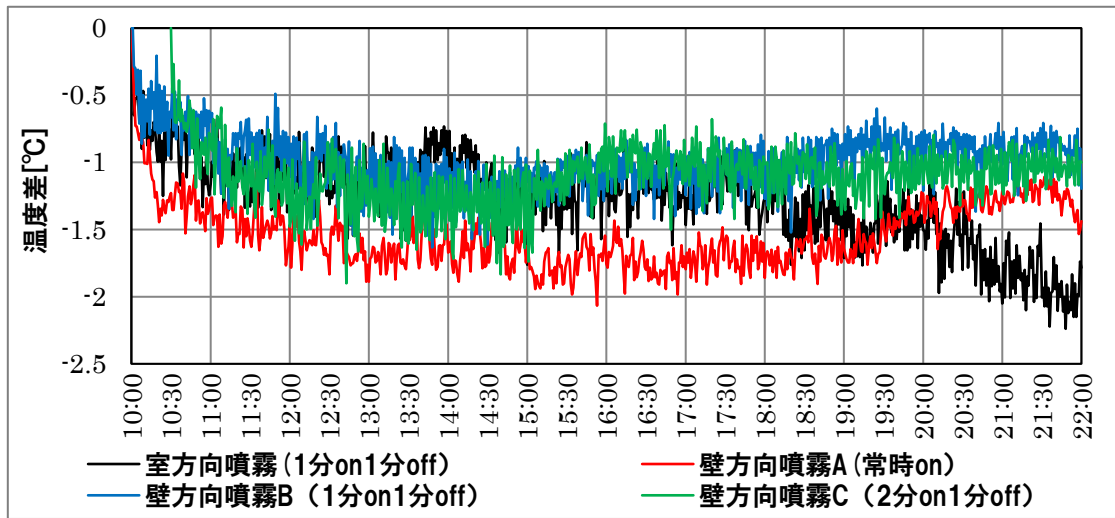


図 4-27 各実験日の室内平均温度降下量 ($\theta_i - \theta_o$)

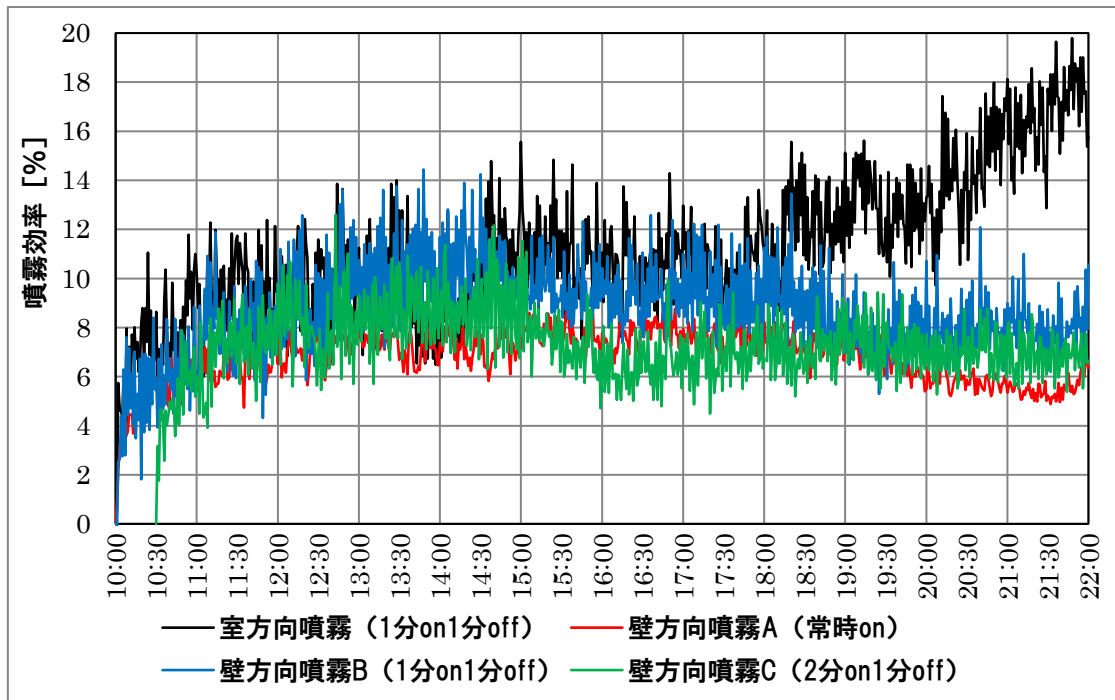


図 4-28 各噴霧方法における噴霧効率

表 4-5 噴霧効率の日平均値

	室方向噴霧	壁方向噴霧A	壁方向噴霧B	壁方向噴霧C
噴霧効率(日平均) [%]	11.2	6.8	8.7	7.4

温度差の時と同様に室方向噴霧が最も噴霧効率が高く、夜間においても上昇し続けている。壁方向噴霧では、噴霧効率が噴霧水量におおよそ反するという結果になった。特に壁方向噴霧Bでは日中に室方向噴霧に迫る効率があり、諸条件の検討次第では室方向噴霧以上の噴霧効率を実現させられる可能性がある。

第5章 壁方向噴霧の仮説検証

5.1 仮説検証①：輻射熱の軽減度合

ミスト噴霧によってバルコニー躯体の輻射熱がどの程度軽減されたかは、2戸に1器ずつ設置したグローブ温度計の測定値差（グローブ温度降下、噴霧室値－対照室値）により検証する（註14）。**図 5-1～5-4** にその結果を示す（グラフではグローブ温度差を緑色で示している）。4.1.2で挙げた温度降下（ポール平均値）・湿度上昇のデータ（グローブ温度計を設置した窓側の値のみ）も比較として併せて掲載している。校正値は**表 5-1** のとおりである。

表 5-1 各実験日の初期
グローブ温度差

	初期 G温度差
室方向噴霧	+0.2
壁方向噴霧A	-0.1
壁方向噴霧C	0.0
壁方向噴霧B	+0.1

図 5-1～図 5-4 で用いたデータ

噴霧室・窓側 GA・A2～A12（平均値を算出）・OA

対照室・窓側 GC・C1～C12（平均値を算出）・OC

各噴霧方法においてグローブ温度降下量は温度降下量にほぼ依存しており、輻射熱の軽減という観点では壁方向噴霧Aが最も効果を発揮している。しかし湿度上昇も大きく総合的な体感評価という面では有効とは言い難い。壁方向噴霧BとCではグローブ温度降下量があまり変わらないこと、また湿度上昇量ではBのほうが緩いことから、体感的な面では壁方向噴霧Bが最も良好であると考えられる。

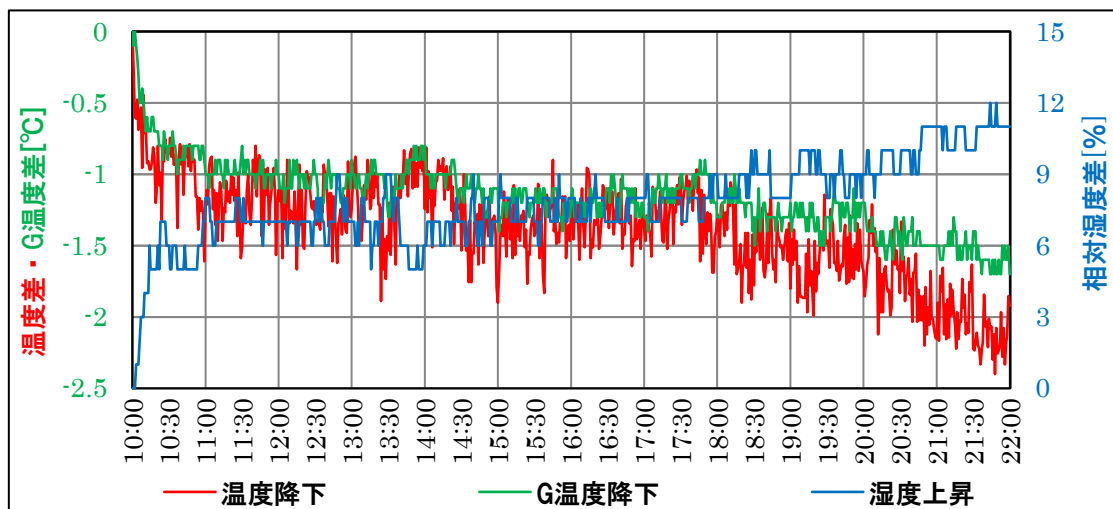


図 5-1 グローブ温度降下・室方向噴霧（1分 on 1分 off）

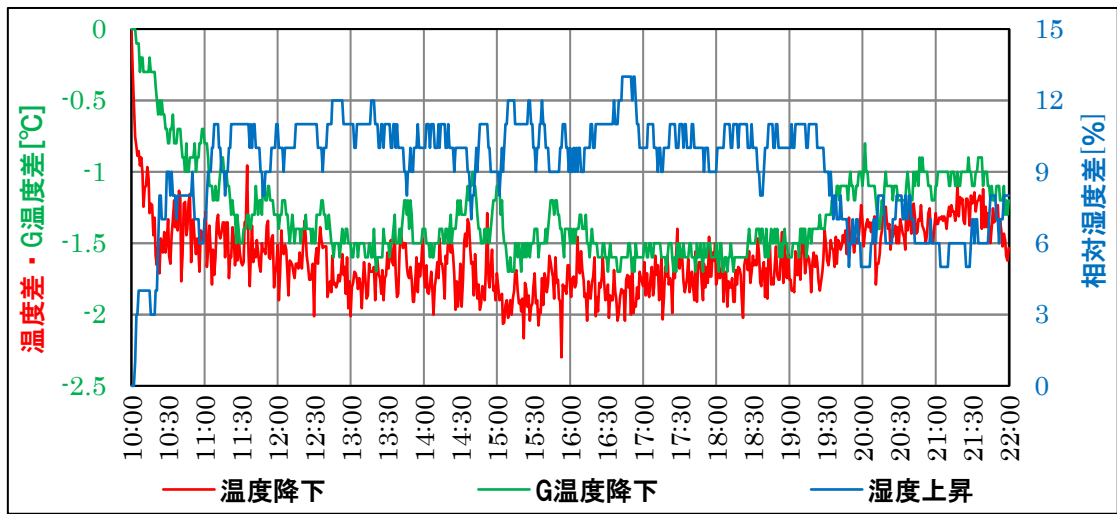


図 5-2 グローブ温度降下・壁方向噴霧A (常時 on)

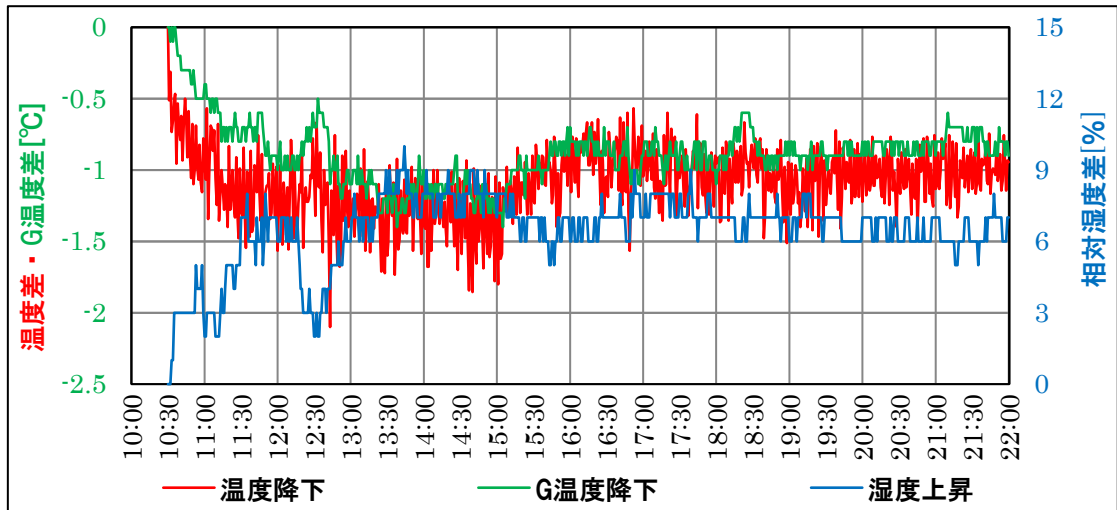


図 5-3 グローブ温度降下・壁方向噴霧C (2分 on 1分 off)

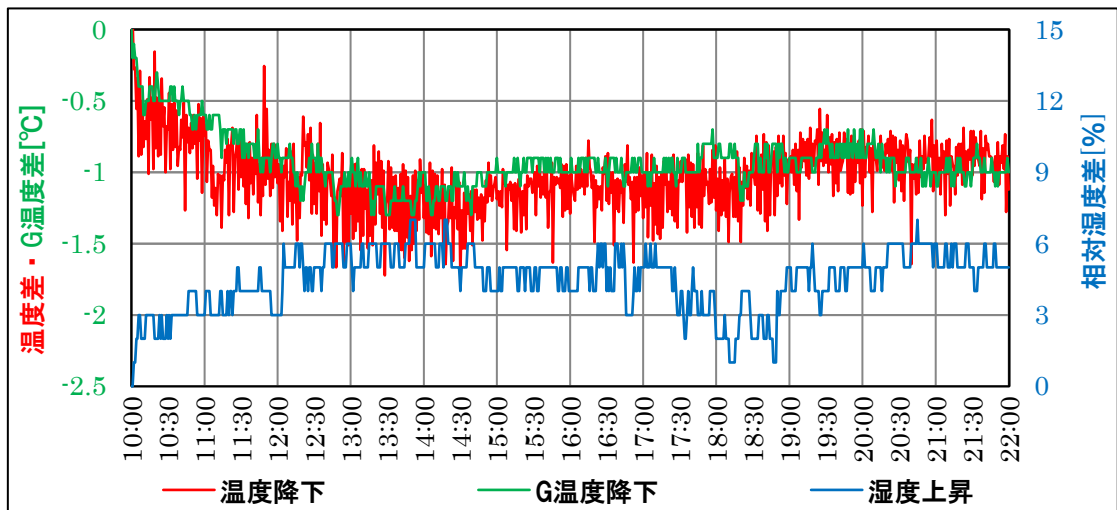


図 5-4 グローブ温度降下・壁方向噴霧B (1分 on 1分 off)

5.2 仮説検証② 流入効率の上昇度合

5.2.1 流入蒸発率の定義

室内にミスト粒子がどの程度流入し、かつどの程度蒸散したかを検証するため、「**流入蒸発率 (R)**」を定義し、その算出を行う。

$$\text{流入蒸発率}[\%] = \text{流入水蒸気量}[\text{g/h}] / \text{噴霧水量}[\text{g/h}] \times 100$$

$$R = W / L \times 100 \quad [W = Q (\sigma_i - \sigma_o)] \text{ (註15)}$$

W : 流入水蒸気量 [g/h] 後述の式より算出

L : 噴霧水量 [g/h] = 3000 (室方向噴霧・壁方向噴霧B)

4000 (壁方向噴霧C)

6000 (壁方向噴霧A)

Q : 機械換気量 = 550 [m³/h]

σ_i : 室内容積絶対湿度 [g/m³]

σ_o : 室外容積絶対湿度 [g/m³]

※室外容積絶対湿度の算出においては噴霧効率算出時と同様に噴霧室バルコニー付近の環境条件が対照室内のものと同一であると仮定し、対照室のデータを用いて算出することとする。

[室内外容積絶対湿度 $\sigma_i \cdot \sigma_o$ の算出方法]

① 各ポール (計4本) において熱電対で測定した空気温度の平均値 θ_A 、 θ_B 、 θ_C 、 θ_D [°C] を算出する。(※4.1.2で既に求めている)

② 各 θ から空間の飽和水蒸気圧 f_{sa} 、 f_{sb} 、 f_{sc} 、 f_{sd} [Pa] を求める。

$X = 373.16 / (\theta + 273)$ とすると、

$$\begin{aligned} & \log_{10} (0.01f_s) \\ & = Y = -7.90298 (X - 1) + 5.02808 \log_{10} X - 1.3816 \times 10^{-7} (10^{11.344(1-1/X)} - 1) \\ & \quad + 8.1328 \times 10^{-3} (10^{-3.49149(X-1)} - 1) + \log_{10} 1013.246 \end{aligned}$$

よって、Y を求めれば、 $f_s = 10^{Y+2}$ [Pa]

- ③ 各 f_s と各点の相対湿度 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_C 、 ϕ_D [%RH] から空間の水蒸気圧 f_a 、 f_b 、 f_c 、 f_d [Pa]を求める。

$$f = f_s \times \phi / 100 \quad [\text{Pa}]$$

- ④ 各 f と各 θ から容積絶対湿度 σ_A 、 σ_B 、 σ_C 、 σ_D 、[g/m³] を求める。

$$\sigma = 2.167 \times f / (\theta + 273) \quad [\text{g/m}^3]$$

- ⑤ $\sigma_A \cdot \sigma_B$ (噴霧室) を平均して σ_i 、 $\sigma_C \cdot \sigma_D$ (対照室) を平均して σ_o とする。

$$\sigma_i = (\sigma_A + \sigma_B) / 2 \quad [\text{g/m}^3]$$

$$\sigma_o = (\sigma_C + \sigma_D) / 2 \quad [\text{g/m}^3]$$

各実験日の室内外容積絶対湿度 ($\sigma_i \cdot \sigma_o$) の変化を図 5-5 に示す。いずれの噴霧方法においても噴霧により約 1~2 g/m³ の上昇が起こっている。壁方向噴霧ではやはり噴霧水量に応じて上昇量が大きくなっていることが分かる。

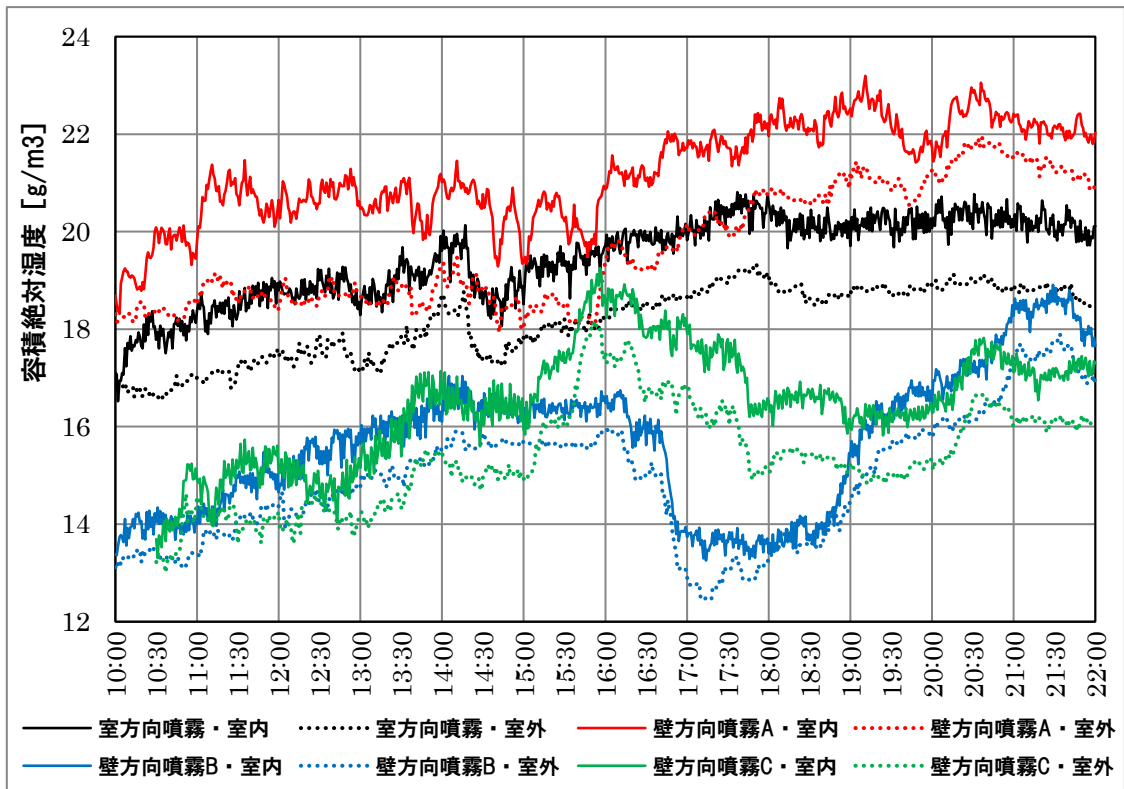


図 5-5 各噴霧方法における室内外容積絶対湿度の変化

5.2.2 流入蒸発率による各噴霧方法の流入度合の検証

各噴霧方法の流入蒸発率の算出結果を図 5-6 に、1 日の平均値を算出したものを表 5-3 に示す。室内外容積絶対湿度差算出時の校正値は表 5-2 の通りである。

表 5-2 各実験日の初期容積絶対湿度差

	初期絶対湿度差
室方向噴霧	+0.3
壁方向噴霧A	+0.4
壁方向噴霧B	+0.3
壁方向噴霧C	+0.5

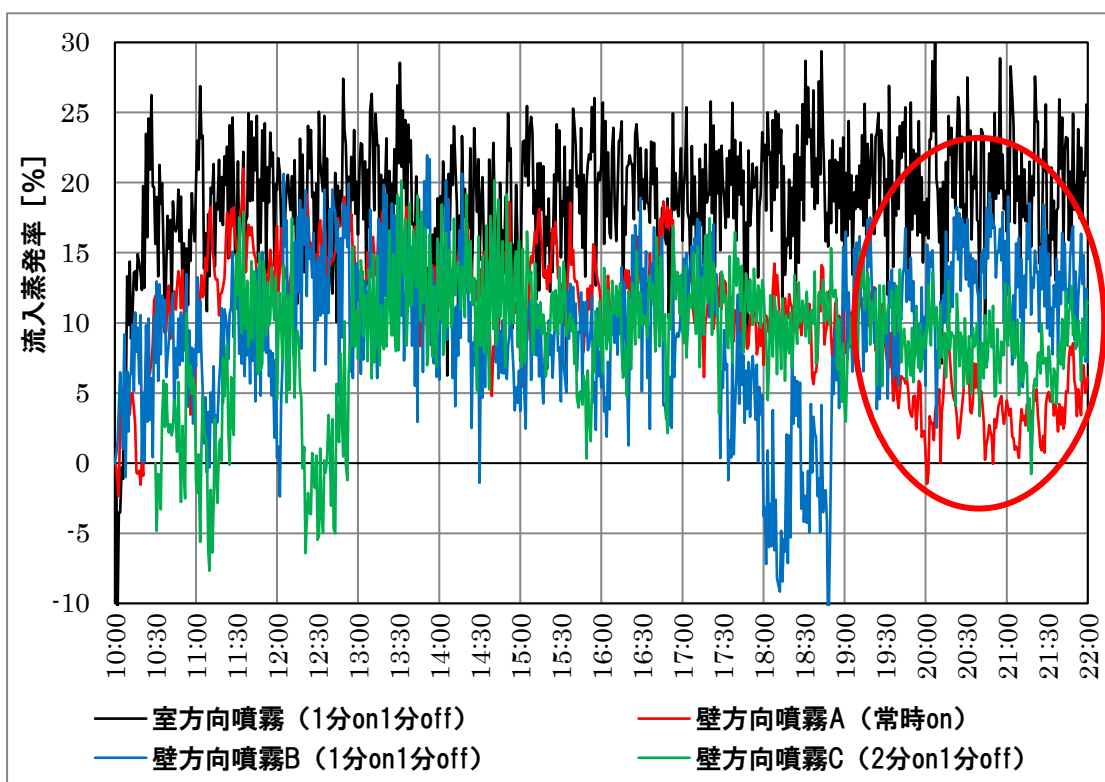


図 5-6 各噴霧方法での流入蒸発率

表 5-3 流入蒸発率の平均値

	室方向噴霧	壁方向噴霧A	壁方向噴霧B	壁方向噴霧C
噴霧水量[g/h]	3000	6000	3000	4000
流入蒸発率(日平均) [%]	18.8	10.5	9.5	8.9

校正を行ったことにより流入蒸発率が負になってしまい正確な値がとれてない部分もあったが、壁方向噴霧は総じて室方向噴霧よりも低い値をとっている。しかし、各壁方向噴霧の 20:00 以降の値に注目すると、噴霧水量の少ない B・C・A の順に高い値をとっている。相対湿度が上昇する夜間では噴霧水量が多すぎると効率が落ちてしまうことが確認できた。

5.2.3 流入蒸発率と風速との関連性の検証

流入蒸発率が高い場合でもそのとき偶然強い風が吹いただけであったという可能性もある。そこで風速計で測定した水平風速値[m/s]と水平風向[°]から水平風速の室内水平直進方向の成分を算出し、それと流入蒸発率を比較したものを図5-7～図5-10に示す（グラフにおいて下半分の黄色い部分が風速が負になる部分）。値が正なら室内水平直進方向、負なら室外水平直進方向に風が吹いていることになる。

$$(\text{室内水平直進成分の風速}) = (\text{水平風速}) \times \cos(\text{水平風向} \times \pi/180) \quad [\text{m/s}]$$

元々流入蒸発率自体がいずれの噴霧方法においても時間によるばらつきが少ないため、風速値との相関性を見出すことが困難である。流入蒸発率の変動している部分に注目しても風速値が連動しているとは限らないことが確認できる。実験条件として室内では機械換気を行っており、室内を風が通り抜けることは無いため、どちらかといえば機械換気を行ったことの影響が大きいと言える。よって、流入蒸発率と風速値の相関性は見られなかったが、機械換気を行うことにより、よほどの強風が吹かない限り外部風の影響がほぼ無くなることが確認された。

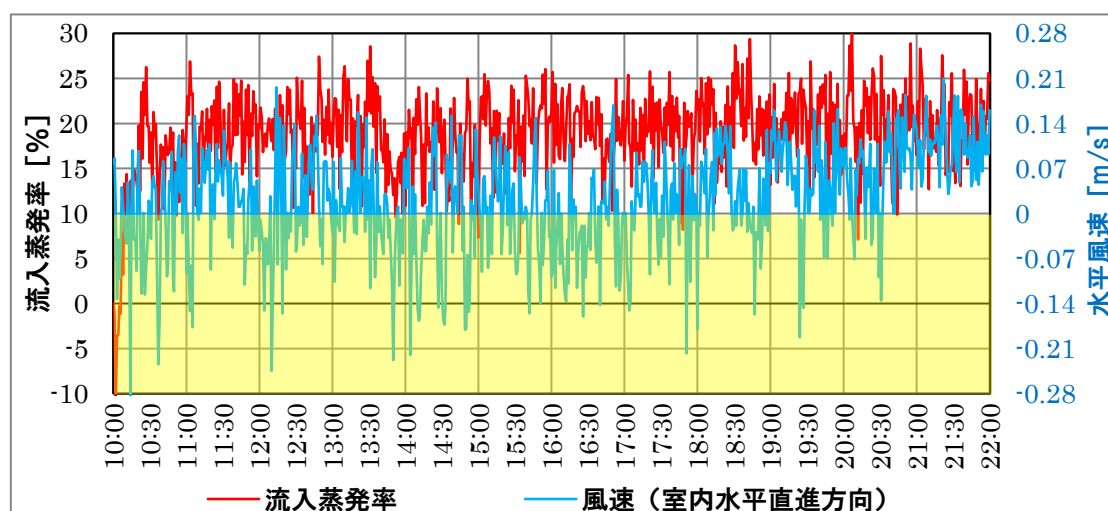


図5-7 流入蒸発率と風速値・室方向噴霧（1分on1分off）

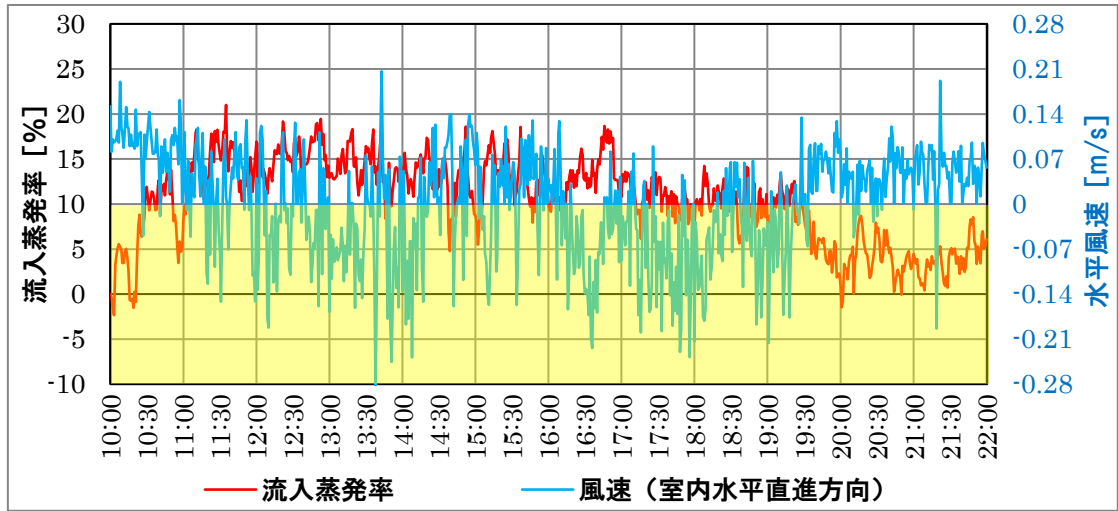


図 5-8 流入蒸発率と風速値・壁方向噴霧 A（常時 on）

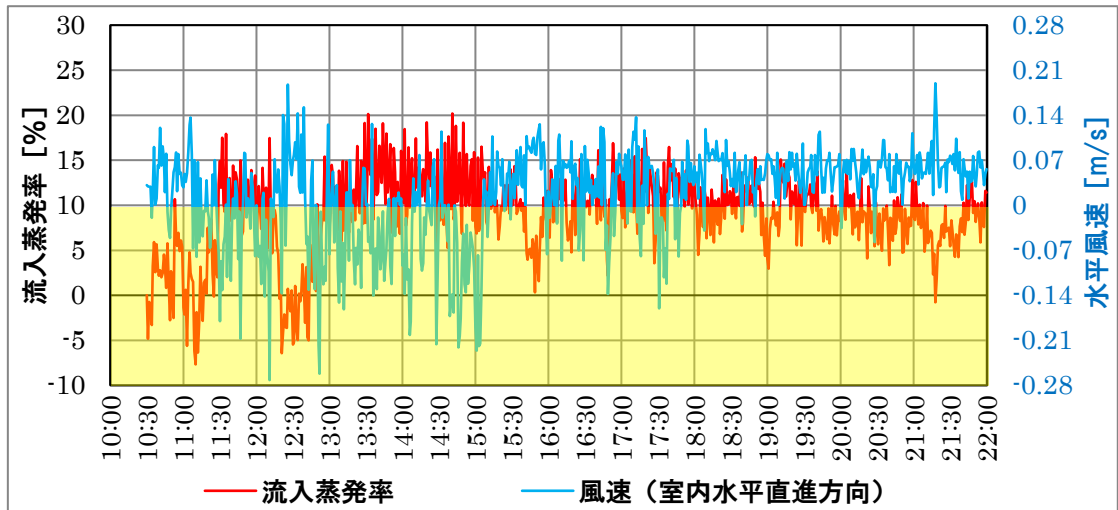


図 5-9 流入蒸発率と風速値・壁方向噴霧 C（2分 on 1分 off）

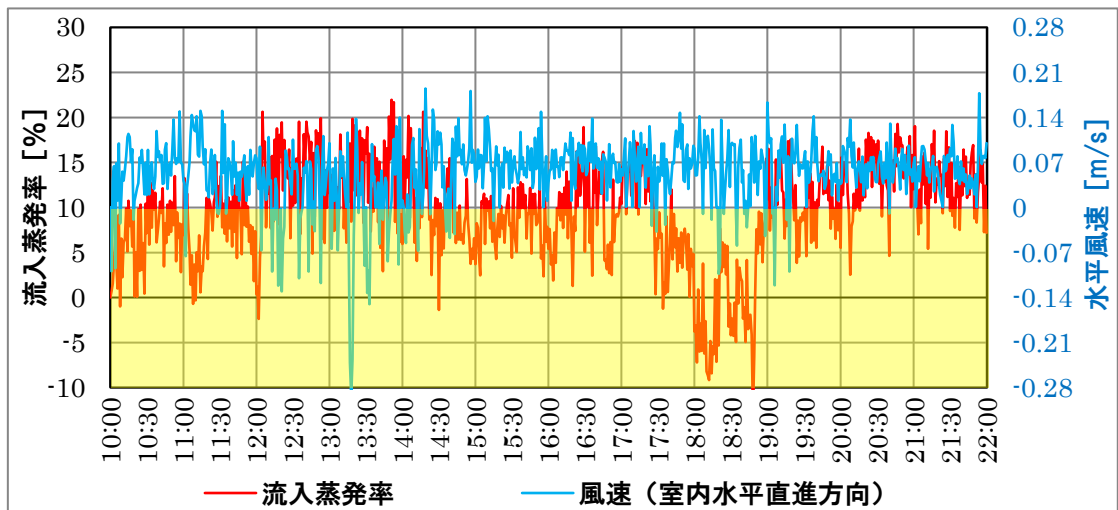


図 5-10 流入蒸発率と風速値・壁方向噴霧 B（1分 on 1分 off）

5.3 仮説検証③ 室内床濡れリスクの検証

室内床濡れリスクの検証は噴霧室内において空間の水蒸気圧と床表面の飽和水蒸気圧の比較（床表面の結露判定）により行う。空間水蒸気圧が床面飽和水蒸気圧を上回ると理論上では床濡れが発生することになる。

【空間水蒸気圧の算出】

4.4で求めた噴霧室の空気温度 θ_i [°C]、および5.2.1で求めた噴霧室の容積絶対湿度 σ_i [g/m³] から噴霧室の空間水蒸気圧 f_i [kPa]を求める。

$$f_i = \sigma_i (\theta_i + 273) / 2167 \quad [\text{kPa}]$$

【床表面飽和水蒸気圧の算出】

① 噴霧室において熱電対で2か所（A11・B11）で測定した床表面の温度を平均し、噴霧室の床表面温度 θ_f を求める。

$$\theta_f = (\theta_{A11} + \theta_{B11}) / 2 \quad [^\circ\text{C}]$$

② θ_f から床面飽和水蒸気圧 [kPa] を求める。→5.2.1 ③の方法と同様
※単位を kPa にすることに注意する。

各噴霧方法においての水蒸気圧の算出結果を図5-11～図5-14に、日平均値およびその差を表5-4に示す。

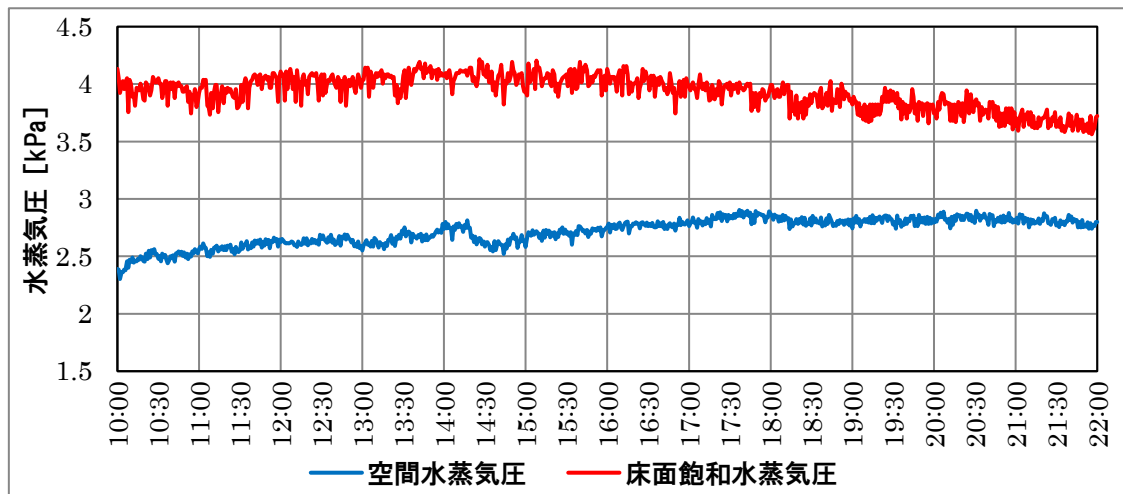


図5-11 床濡れリスクの検証・室方向噴霧（1分 on 1分 off）

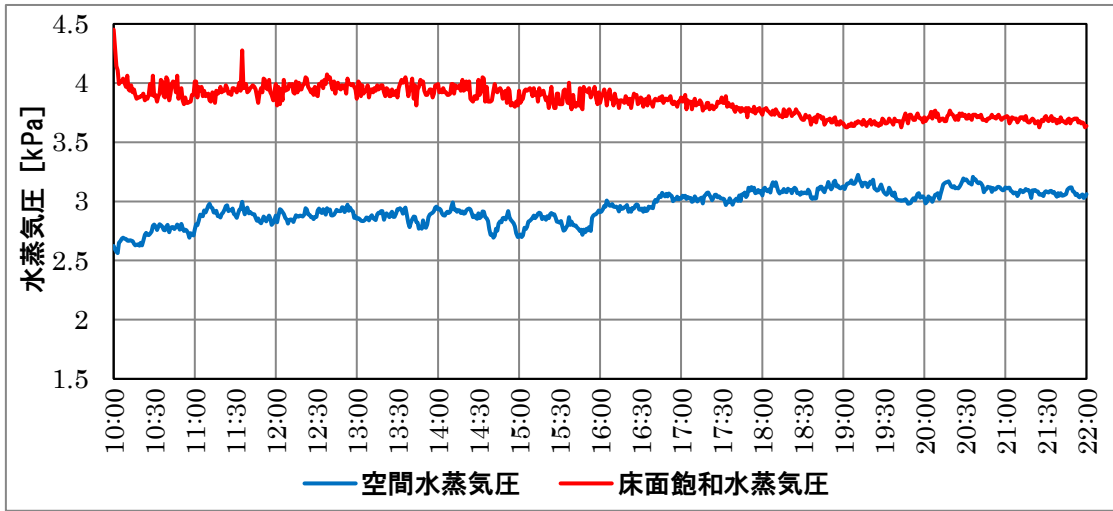


図 5-12 床濡れリスクの検証・壁方向噴霧A（常時 on）

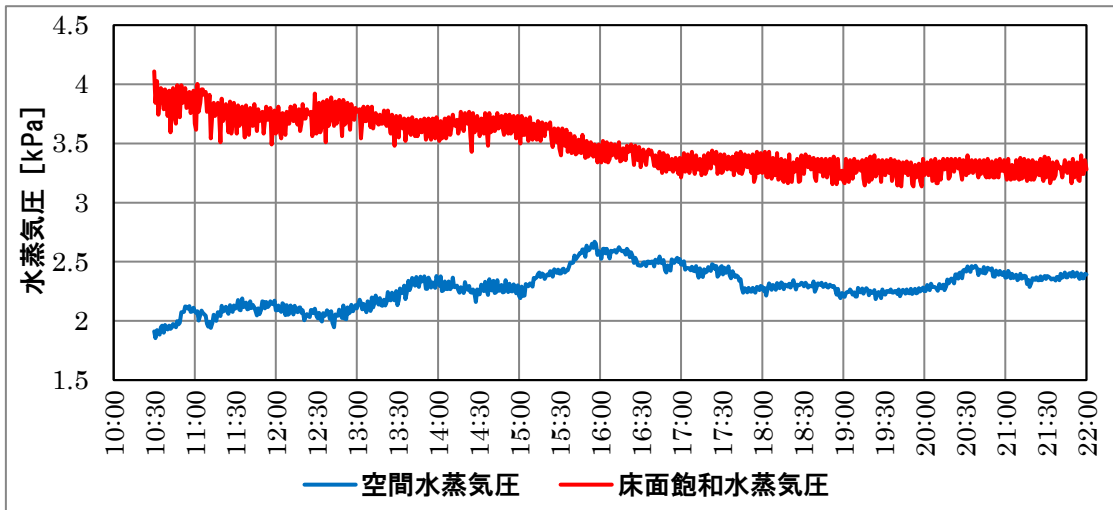


図 5-13 床濡れリスクの検証・壁方向噴霧C（2分 on 1分 off）

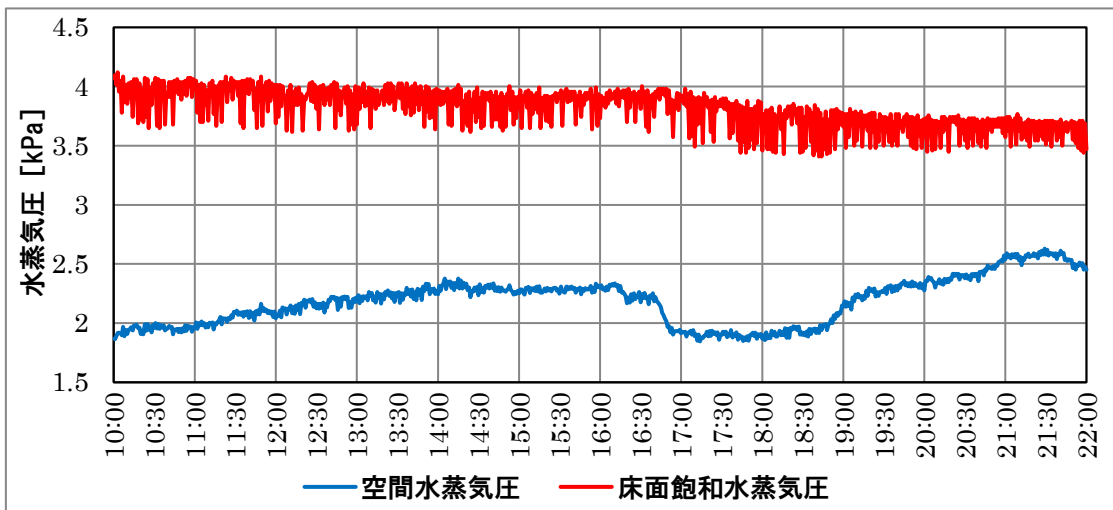


図 5-14 床濡れリスクの検証・壁方向噴霧B（1分 on 1分 off）

表 5-4 各水蒸気圧の日平均値およびその差

	室方向噴霧	壁方向噴霧A	壁方向噴霧C	壁方向噴霧B
床面飽和水蒸気圧(日平均)[kPa]	3.9	3.8	3.5	3.8
空間水蒸気圧(日平均)[kPa]	2.7	3.0	2.3	2.2
水蒸気圧差[kPa]	1.2	0.9	1.2	1.6

※表の数値は小数第2位を四捨五入したものである。

データ上ではいずれの噴霧方法においても床面結露が発生する時間帯は存在しなかった。しかし、実際には室方向噴霧および壁方向噴霧Aを行った日の夜間において窓付近で重度の床濡れが確認された。これはミスト粒子で蒸発せずに床に付着したものが多かったことが原因と考えられる。データ上でも壁方向噴霧Aで最も床濡れのリスクが高くなっている（水蒸気圧差が最も小さい）。ここで注目すべき点は、噴霧水量の少ない壁方向噴霧Bにおいて床濡れリスクが最も低いことである。噴霧水量の等しい室方向噴霧よりも低くなっており、噴霧間隔の調整次第で床濡れの発生リスクを軽減できることが確認された。

第5章 脚注

(註 14) 当初は風速も加味した体感温度を測る指標である平均放射温度MR Tの算出により検証を行っていたが、グローブ温度値そのものとほとんど差異が無かったため、本論では行っていない。MR Tは測定データを用いて以下の式より概算していた。

$$MR T \doteq \theta_g + 0.23\sqrt{v} (\theta_g - \theta_a) \quad [^{\circ}C]$$

θ_g : グローブ温度 [$^{\circ}C$]

v : 風速 [m/s]

θ_a : 空気温度 [$^{\circ}C$]

(註 15) この式はザイデルの式（定常時）に準じるものである。当初はより複雑な非定常時の式を用いて検証を行っていたが、定常時のデータとほとんど差異が無かったため本論では行っていない。これは換気回数が19.6 [回/h] と非常に大きな値であったため、瞬時にミスト粒子が拡散すると考えられるためである。

第6章 まとめ

6.1 各噴霧方法の検証結果のまとめ

対照実験によりいずれの噴霧方法においてもおよそ1～2℃の温度降下が確認された。ほぼ同条件の全く冷房を行わない部屋と比較しているため、単純に内外温度差を比較するよりも正確なデータが得られたと思われる。

室方向噴霧では昼間だけでなく夜間にも大きな温度降下が見られ、目に見える結果としては今回検討した噴霧方法の中では最も良いと思われる。今回新たに提案した壁方向噴霧においては、室方向噴霧よりも顕著な効果があると言える結果は得られなかった。壁方向噴霧Aにおいては、昼間の温度降下量こそ室方向噴霧を上回ったが、湿度上昇も大きいなどの不利な結果が多く出てしまった。ところが壁方向噴霧Bにおいて、

- ・バルコニー躯体表面温度の降下量が室方向噴霧よりも大きい
- ・湿度上昇が緩い
- ・夜間の流入蒸発率がA・Cよりも高い
- ・床濡れのリスクが同噴霧水量の室方向噴霧よりも低い
- ・昼間の噴霧効率が室方向噴霧に匹敵している

など、特に室方向噴霧と比較して注目すべき結果が数多く得られ、諸条件の更なる検討次第では目に見える結果を得られるのではないかと考えている。

また、壁方向噴霧においても室方向噴霧同様に噴霧水量の違いによる効果の違いが確認できた。

以上より本研究で得られた知見をまとめておく。

- ①対照実験から、ドライミスト噴霧による温度降下が1～2℃確認された。
- ②壁方向噴霧では顕著な効果が得られず、室方向噴霧の方が効果的であった。
- ③しかし、諸条件の更なる検討により、壁方向噴霧でも顕著な効果が得られる可能性がある。
- ④壁方向噴霧においても噴霧水量による効果の違いが確認された。
- ⑤機械換気を行うことでミスト噴霧時の外部風速の影響を軽減できることが確認された。

6.2 今回の実験の反省点

今回の実験における失敗などを何点か挙げておく。

- ①実験の準備を余裕を持って行えなかったため、先生方や先輩方および他の卒論生に多大なる迷惑をかけてしまった。そのため、マンション入居後もすぐに実験に取りかかれず、正味5日は行えたであろう実験が4日しか行えなかった。
- ②実験開始前に噴霧室および対照室で温度等の測定を行い、2戸の環境的対称性を確認しておくべきだった。
- ③測定を噴霧時間中にしか行わなかった。できれば測定は24時間行い、噴霧開始前および噴霧終了後の挙動も確認しておきたかった。
- ④ノズルのスパンについて検討していなかった。
- ⑤機械換気量の実測を実験期間中に行わなかった。後になってマンションの管理会社にお願いをしたが、そのころには管理会社が変わっていたりで面倒だったあげく、結局測定は実現しなかった。換気量は実際にはメーカーデータの値よりも低いと思われる。

・・・・未来の卒研究生の方々は気をつけてください。

6.3 今後の課題

壁方向噴霧については先述のことに注目し、設置方法詳細（設置高さ、噴霧角度、噴霧間隔など）について検討を進めていくべきである。バルコニー手すり壁だけでなく、他の壁体や庇なども十分噴霧対象になると考えられる。

壁方向噴霧にこだわらないことにしたとしても、対照実験については今後積極的に行われることを期待している。噴霧方法の違いだけでなく、自然換気と機械換気などの比較も行っていくべきである。また、今回は費用面で実現が困難であったが、3室以上の部屋を用いての対照実験が行われることも期待したい。マンションでなくとも模型実験などでは実現しやすいと思われるので、同一条件のもとで出来るだけ多くの噴霧方法を同時に検討していけば、今まで以上に正確なデータが得られるのではないかと思う。

コンピュータ上での数値解析などと併せて検討を行っていくことも重要である。

[参考文献]

- ・最新建築環境工学 [改訂3版] 田中俊六 武田仁 ほか
- ・萩啓伊志「家庭用ドライミストに対して室内換気量が与える影響について
→限られた開口しか持たない室内での家庭用ドライミストの運用」
東京理科大学工学部建築学科辻本研究室卒業論文 2008
→ドライミストと機械換気について詳細に扱われている
- ・土屋将人・谷村公哉「外気風速と家庭用ドライミストの噴霧効果に関する研究」
東京理科大学工学部建築学科辻本研究室卒業論文 2009
→本論とは対照的に自然換気（風力換気）によるドライミストの運用を
扱われている
- その他の辻本研究室の論文も大変参考にさせていただきました
- ・繁松健太郎 鳴海大典 下田吉之（大阪大学）
「住宅における蒸発冷却技術による冷房エネルギー消費ならびに
大気顕熱負荷削減に関する研究」 日本建築学会 2008年9月
→対照実験について詳細に扱われている
- ・梅田和彦 長瀬公一（大成建設）
「壁体の給水による暑熱環境緩和に関する研究：
（その1）給水式壁体の冷却性能に関する基礎的検討」 日本建築学会 2006年9月
- ・白井一義 梅干野晃（東京工業大学）ほか
「透水性孔あきレンガを用いた蒸発冷却壁体の開発」 日本建築学会 1996年9月
- ・武田仁 本田貴久（東京理科大学）ほか
「光触媒建築用膜材料の蒸発冷却実測調査とシミュレーション：建築用膜材料を使用
した愛知万博休憩所とモックアップの検証」 日本建築学会 2006年10月
- ・辻本誠（名古屋大学（当時））
「ミストの蒸散効果を利用したヒートアイランド対策-そのコンセプトと初歩的検討-」
空気調和・衛生工学会 2003年

謝辞

1年間にわたり自分の卒業研究を熱心に指導してくださった辻本誠教授にはこの上なく感謝しております。

私がドライミストの存在を知ったのは大学2年次の時に偶然見たTBSのドキュメンタリー番組「夢の扉」でした（大変恐縮ではございますが、当大学の辻本研究室の存在を知ったのもこの時でした）。ドライミストが驚くほどに単純明快な装置でありながら、暑苦しい夏の東京や大阪を救う可能性を秘めたものであることに感銘を受け、4年次に辻本研究室に配属するに至りました。

研究室に配属になってからは辻本教授の頭の回転の速さにいつも感服するばかりでした。工学の正しい捉え方を身につけようと必死でしたが、なかなか自分の考えていることをうまく伝えられず、苦闘する日々が続き、先生や先輩方に迷惑をかけてばかりでした。特に8月の実験直前にはマンションの契約に気を取られすぎて、実験道具の準備が遅れてしまい、多大な迷惑をおかけしてしまいました。深くお詫び申し上げます。しかし先生の「結果なんかどうでもいいから過程をしっかり説明しろ。」というお言葉を何度も耳にするうちに、物事を筋道を立てて丁寧に伝えることを特に意識するようになりました。後期の目標は先生に「何言ってるかわかんねーよ。」と言われないようにすることが目標でした。今となっては昨年の4月よりは物事をうまく伝えられるように、周りの方々を気遣うようになったと感じています。また先生は研究の指導に関しては非常に自由放任でありました。研究テーマを設定し、実験の計画を立てて遂行し、そして結果の整理を行う一連の研究の流れにおいて常に能動的な姿勢を保つ必要が（辻本研究室では特に）あり、戸惑うことも何度もありましたが、自主的に行動を起こす癖がついたように思います。この1年間はただひたすら授業を受け続ける今までの3年間とは大きく異なり、動かないと進めない、けれども非常に中身の濃い1年間だったように感じています。実際に研究テーマの設定から実験計画に至るまでの大部分を自分で決めていったことに関してはこれからの人生に間違いなく役に立つことと思います。

ゼミの時間を中心として、研究テーマがドライミストの私にも鋭い指摘や明確なアドバイスをしていただいた西田幸夫先生、小林恭一教授、火災学会時やデータロガーを手配する際にお世話になった松山賢先生には大変感謝しております。先生方の洞察力の深さにはただただ感服するばかりでした。

研究の途中でつまづいた時にはいつも助けてくださった研究室の先輩方には大変感謝しております。どんな疑問もいつも丁寧に解決してくださった石井さん、学会発表の直前でお忙しいにもかかわらず実験の手伝いをしてくださった加藤さん、突然のお願いにもかかわらずデータロガーを首都高速で研究室まで運んでくださった紅谷さん、いつも冗談を言っていて気持ちを落ち着かせてくれた長岐さん、マンションを手配する際など事務的な手続きが必要な際に丁寧に対応して頂いた松浦さん、困った時にはいつも助言してくださった川村さん、時々心配そうに気にかけてくださった前川さん、神楽坂祭りの際にはとてもお世話になった戸張さん、いつも迷惑ばかりかけてしまい申し訳ございませんでした。

卒論生の方々にも実験準備や発表補助でお世話になりました。特に実験を行う時期に振り回してしまった方々大変申し訳ございませんでした。皆さんがいなければ実験を無事に終えることも不可能だったと思います。

また、マンションの契約をする際には自分の対応をしてくださった山口様をはじめとする株式会社アパルトマンのスタッフの方々にも大変感謝しております。角部屋を含まない間取りが同一の2つの部屋などという普通のお客さんでは考えられないような要望を押しつけてしまい大変申し訳ございませんでした。

自分は3月で辻本研究室を離れてしましますが、1年間辻本研究室で研究活動を行えたことを誇りにしていきたいと思います。もし本論が今後の研究活動に少しでも役に立つことがあれば幸いです。大学院では、熱環境問題が深刻な中で人々の快適性をどのようにして改めていくべきかをより広い視野で、そしてこの1年間辻本研究室で吸収したことを生かして考えていきたいと思います。時々助言をお願いすることもあるかもしれませんがその時はどうかよろしく願いいたします。

1年間大変お世話になりました。

こんな変わった学生の相手を1年間していただきありがとうございました。

2010年2月15日 大吉 直幸

※付録の梗概および発表会用資料についての注意

梗概作成および発表会終了後に研究内容の再検討を行い、改訂したものが本論です。
よってグラフや図などの内容については本論と大きく異なるものもいくつかありますので
内容の参照はおすすめしません。雰囲気のみ感じ取ってください。