

平成 20 年度  
卒業研究論文

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 第二部 建築学科  
辻本研究室 萩 啓伊志

## 目次

1. 研究の背景と目的 .....	4
2. 実験計画 .....	5
2.1 家庭用ドライミストの仕様および設置方法 .....	6
2.2 排気ファンの仕様および設置状況 .....	7
2.3 計測機器の仕様および設置方法 .....	8
3. 実験結果 .....	9
3.1 計測点 A の計測データ .....	10
3.1.1 計測点 A の乾球温度の時間変化 .....	10
3.1.2 計測点 A の相対湿度の時間変化 .....	11
3.2 計測点 B の計測データ .....	12
3.2.1 計測点 B の乾球温度の時間変化 .....	12
3.2.2 計測点 B の相対湿度の時間変化 .....	13
3.3 計測点 C の計測データ .....	14
3.3.1 計測点 C の乾球温度の時間変化 .....	14
3.3.2 計測点 C の相対湿度の時間変化 .....	15
3.4 計測点 D の計測データ .....	16
3.4.1 計測点 D の乾球温度の時間変化 .....	16
3.4.2 計測点 D の相対湿度の時間変化 .....	17
3.5 計測点 E の計測データ .....	18
3.5.1 計測点 E の乾球温度の時間変化 .....	18
3.5.2 計測点 E の相対湿度の時間変化 .....	19
3.6 計測点 F の計測データ .....	20
3.6.1 計測点 F の乾球温度の時間変化 .....	20
3.6.2 計測点 F の相対湿度の時間変化 .....	21
4 考察 1 (温度降下と相対湿度の上昇による検討) .....	22

4.1 実験開始前と 30 分経過後の比較.....	22
4.2 考察結果.....	24
5 考察 2 (容積絶対湿度による検討) .....	25
5.1 容積絶対湿度の時間変化.....	26
5.1.1 計測点 A の容積絶対湿度の時間変化.....	26
5.1.2 計測点 B の容積絶対湿度の時間変化.....	27
5.1.3 計測点 C の容積絶対湿度の時間変化.....	28
5.1.4 計測点 D の容積絶対湿度の時間変化 .....	29
5.1.5 計測点 E の容積絶対湿度の時間変化.....	30
5.1.6 計測点 F の容積絶対湿度の時間変化.....	31
5.2 流入水蒸気量の推定 .....	32
5.3 蒸発効率の比較.....	33
5.4 考察結果.....	33
6. まとめ .....	34
7. 参考文献 .....	35
参考資料 .....	37
各計測点における容積絶対湿度の増加分	
実験日の気象データ (気象庁発表)	
実験計測データ	
梗概	

## 1. 研究の背景と目的

ドライミストとは、水を粒径  $16\mu$  のミスト状にして空気中に噴霧し、噴霧されたミストが空気中で蒸発する際の蒸発潜熱によって、空気の熱量を奪う効果を利用した装置である。現在のところ夏場の室内を快適にするために主としてルームクーラーが利用されているが、室外機からの排熱がヒートアイランド現象の原因の1つと指摘されている。

当研究室では、半屋外での活用実績があるドライミストをルームクーラーの代替として利用する研究を進めてきた。これまでの研究では庭やベランダに接する大きな開口を開け放した状態でドライミストを噴霧する実験が行われてきたが、本研究の主たる目的は、小さい窓など限られた開口しか外部と接していない室内に対してのドライミストの運用である。このような換気量が少ない設定条件でドライミストを噴霧し続けると、湿度の上昇による不快感の増大や、床濡れが発生することは明らかである。

このことを考慮し、本研究では、強制的に換気量を確保できる排気ファンを同時に運転することとした。

## 2. 実験計画

実験は、東京理科大九段校舎 6 階の辻本研究室を対象に、研究室のテラスでドライミストを発生させ、研究室北側に設置した排気ファンによって窓からドライミストを取り込むこととした。排気ファンは運転能力の大きいもの（換気回数 11.6 回/h）と、小さいもの（換気回数 2.39 回/h）を用意し、それぞれに「ドライミスト、換気ファンともに運転しない状態」、「ドライミストのみを運転した状態」、「ドライミスト、排気ファンを同時運転した状態」で測定することとした。

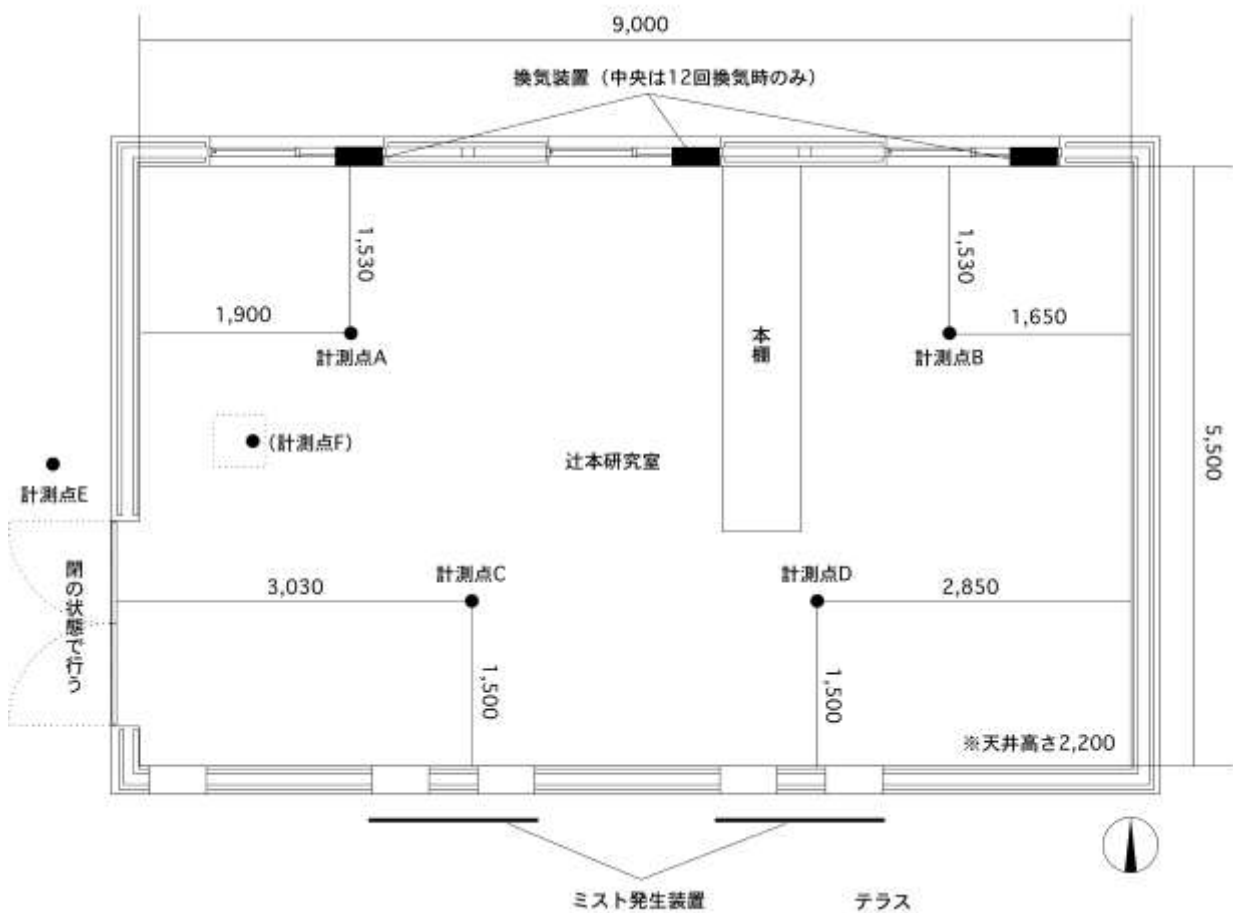


図 1. 実験場（辻本研究室）平面図

## 2.1 家庭用ドライミストの仕様および設置方法

ノズルは窓の数に合わせて4つとし、ポンプ:GMMP-M6 (GMM テック製) 2台で噴霧した。ノズルは、壁面より500mm、高さ1700mmとなるよう脚立に固定し、噴霧角度は水平下向きに約40度とした。

ノズルより噴霧された水量は、別途水量の計測結果より合計で9820ml/hであった。

表1. 家庭用ドライミストの仕様詳細

	ポンプ圧力	ポンプ電力	ノズル数	噴霧水量
右側ポンプ	4.7Mpa	148~150W	2	4930ml/h
左側ポンプ	4.7Mpa	148~150W	2	4890ml/h
合計	—————	296~300W	4	9820ml/h

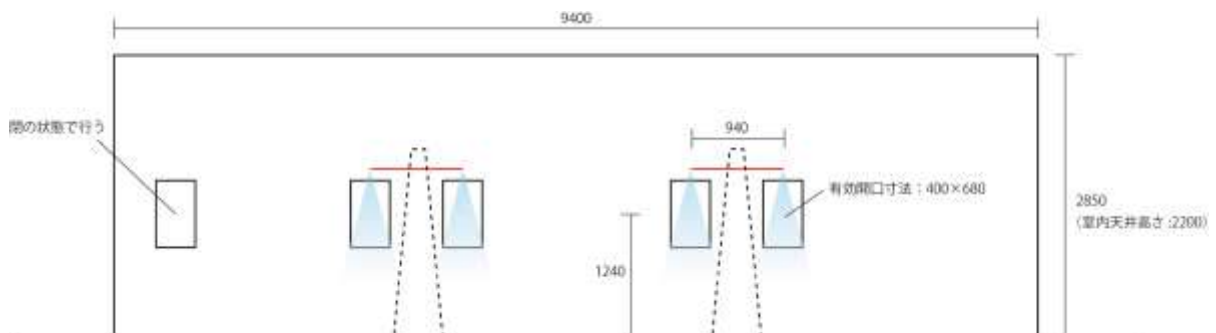


図2. 南側立面図



ポンプ



後方からのノズル設置状況



側面からのノズル設置状況

## 2.2 排気ファンの仕様および設置状況

換気量小の実験では V-12PSD<sub>5</sub> (三菱電機製) を 2 台、換気量大の実験では EX-15LH5-BL (三菱電機製) を 3 台使用した。

### ■換気量小

表 2. 排気ファン小の仕様詳細

	電力	風量	換気回数
1 台あたり	4~5W	130m <sup>3</sup> /h	—————
2 台計	8~10W	260m <sup>3</sup> /h	2.39 回/h

騒音 : 31dB (<45dB 一般事務室の許容値)



V-12PSD<sub>5</sub>

### ■換気量大

表 3. 排気ファン大の仕様詳細

	電力	風量	換気回数
1 台あたり	15W	420m <sup>3</sup> /h	—————
3 台計	45W	1260m <sup>3</sup> /h	11.6 回/h

騒音 : 42.5dB (<45dB 一般事務室の許容値)



EX-15LH5-BL

排気ファンは、北側の窓を利用して設置した。

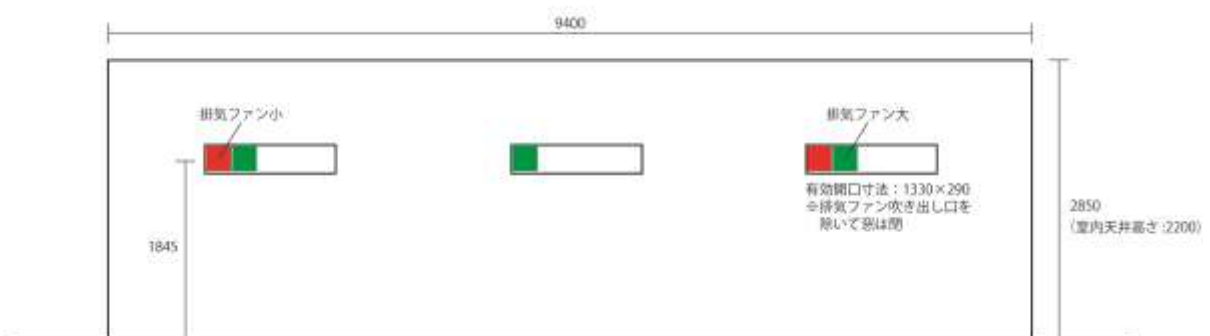


図 3. 北側立面図

※ ■ : 排気ファン小、 ■ : 排気ファン大設置位置

### 2.3 計測機器の仕様および設置方法

計測には、おんどとり Jr. (RTR-53) を用いた。おんどとりジュニアでは乾球温度と相対湿度を計測することができる。



おんどとり Jr. (RTR-53)

屋内に 4 点、屋外に 1 点計測点を設け、それぞれ、高さ 1800、1200、600 の位置にポールを使って固定した。



計測器の設置状況

計測間隔は 10 秒とした。

### 3. 実験結果

実験は、以下の日程で行った。

#### ■ドライミスト+換気量小 (2.39 回/h) による実験 【8月31日実施】

実験 1.1           ドライミスト/排気ファンともに運転しない (10:00~10:50)

《21 分間のインターバル》

実験 1.2           ドライミストのみを運転 (11:11~12:01)

《19 分間のインターバル》

実験 1.3           ドライミスト/排気ファン小を同時運転 (12:20~13:10)

#### ■ドライミスト+換気量大 (11.6 回/h) による実験 【9月8日実施】

実験 2.1           ドライミスト/排気ファンともに運転しない (9:10~10:00)

《11 分間のインターバル》

実験 2.2           ドライミストのみを運転 (10:11~11:01)

《20 分間のインターバル》

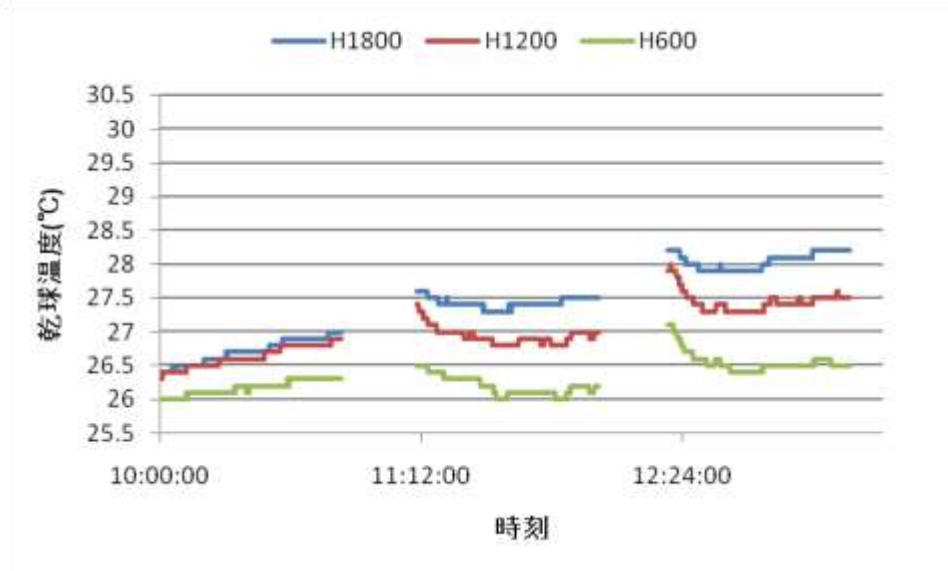
実験 2.3           ドライミスト/排気ファン大を同時運転 (11:21~12:11)

《25 分間のインターバル》

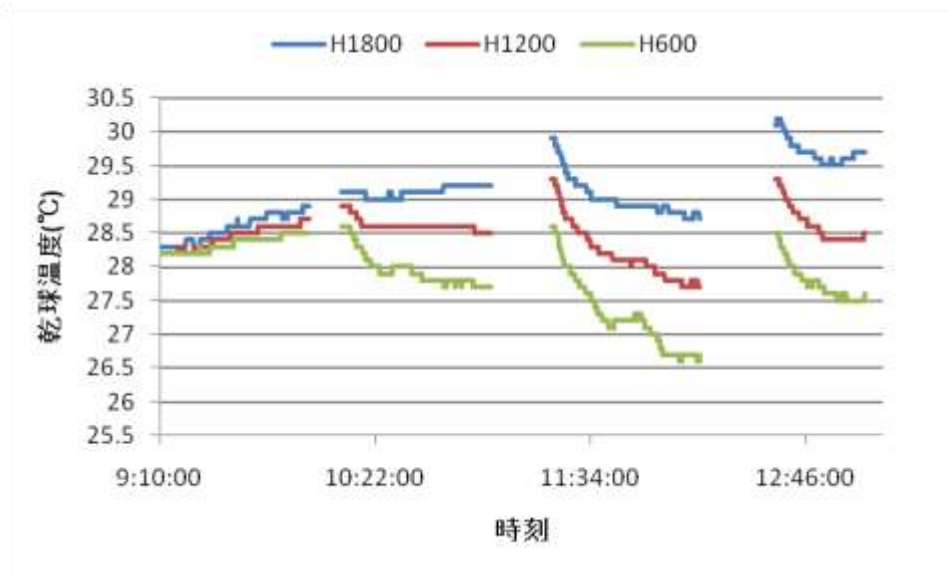
実験 2.4           実験 2.3 に対して、ドライミスト噴霧量を 1/2 で運転 (12:36~13:06)

### 3.1 計測点 A の計測データ

#### 3.1.1 計測点 A の乾球温度の時間変化



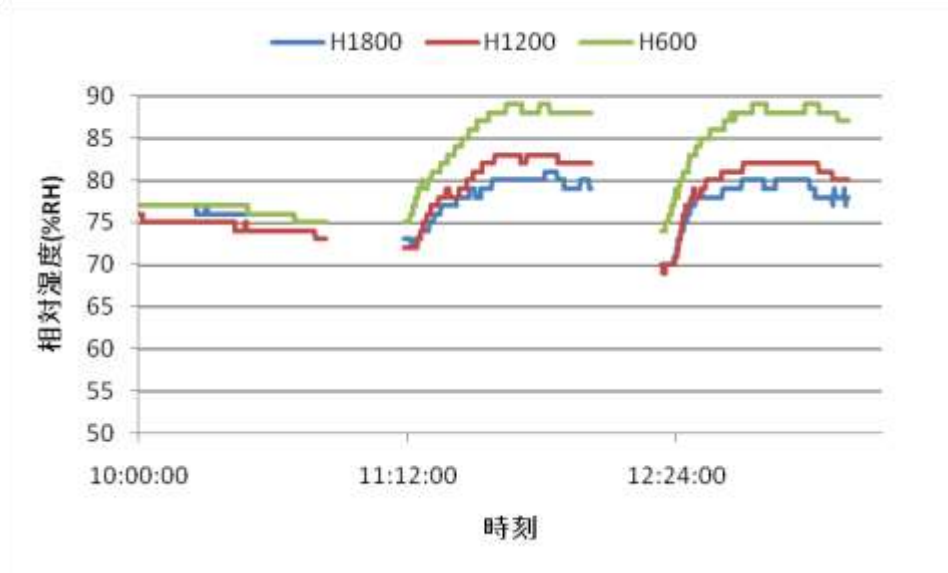
《1 日目》



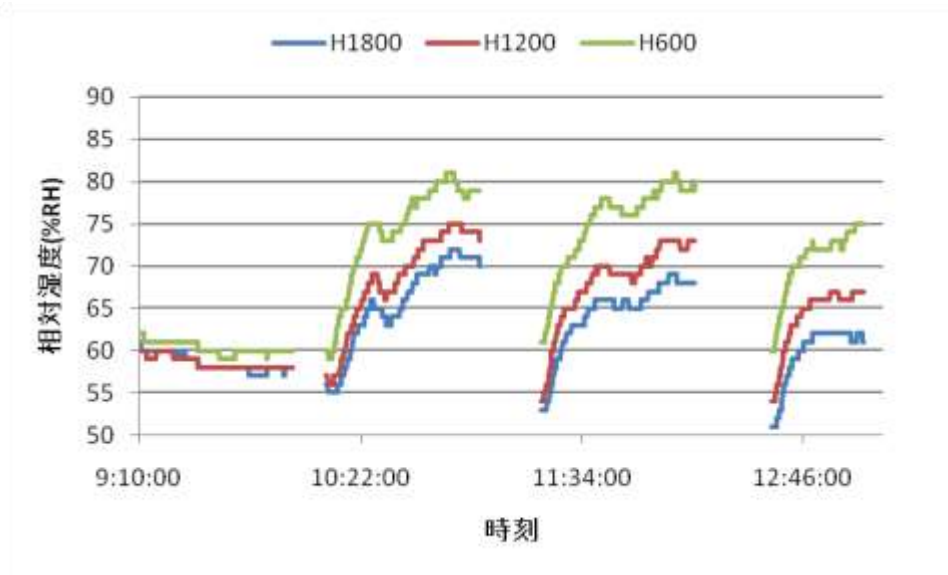
《2 日目》

図 4. 計測点 A の乾球温度の時間変化

### 3.1.2 計測点 A の相対湿度の時間変化



《1日目》

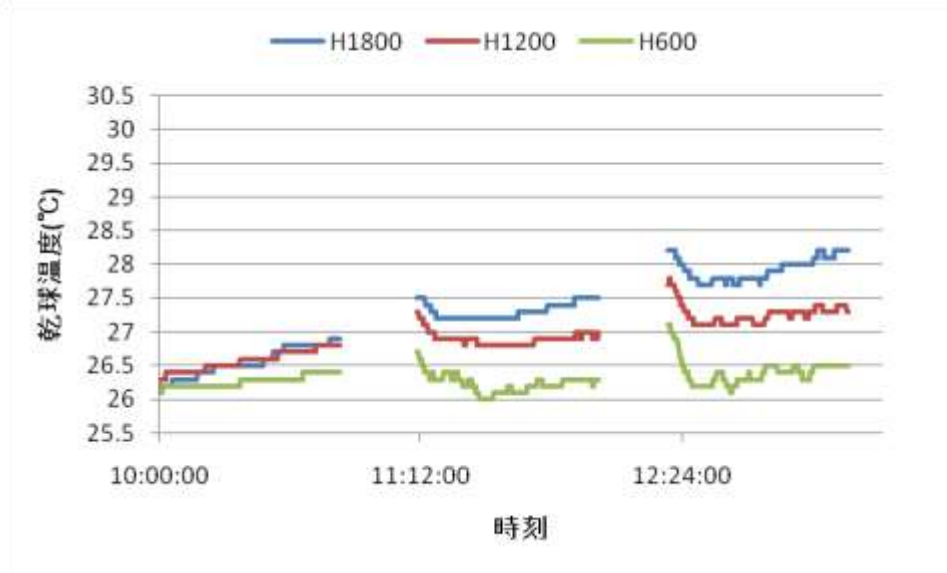


《2日目》

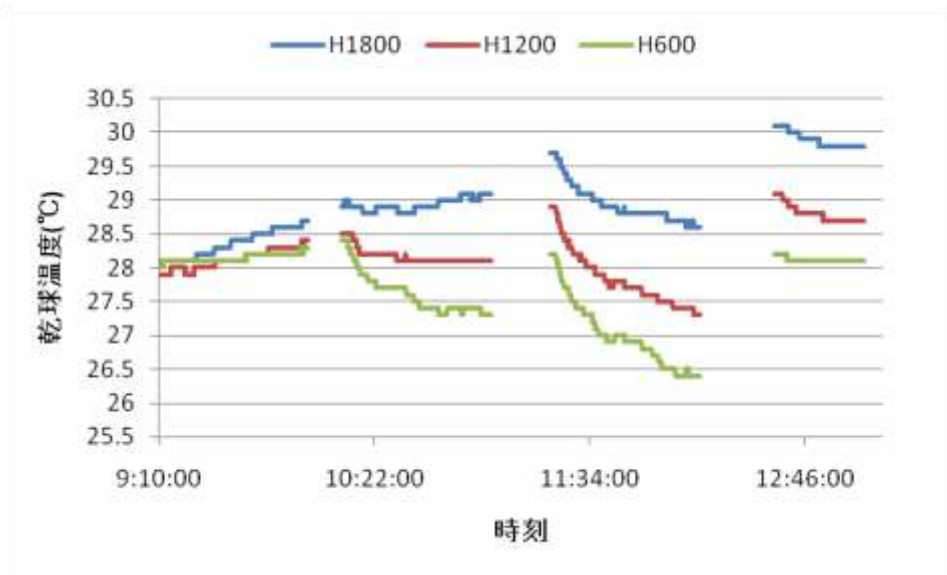
図 5. 計測点 A の相対湿度の時間変化

### 3.2 計測点 B の計測データ

#### 3.2.1 計測点 B の乾球温度の時間変化



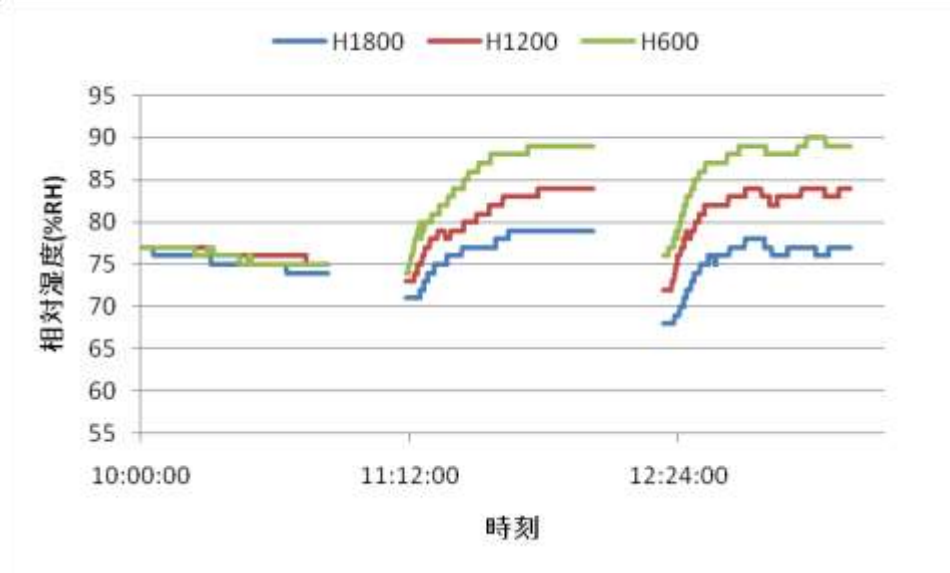
《1日目》



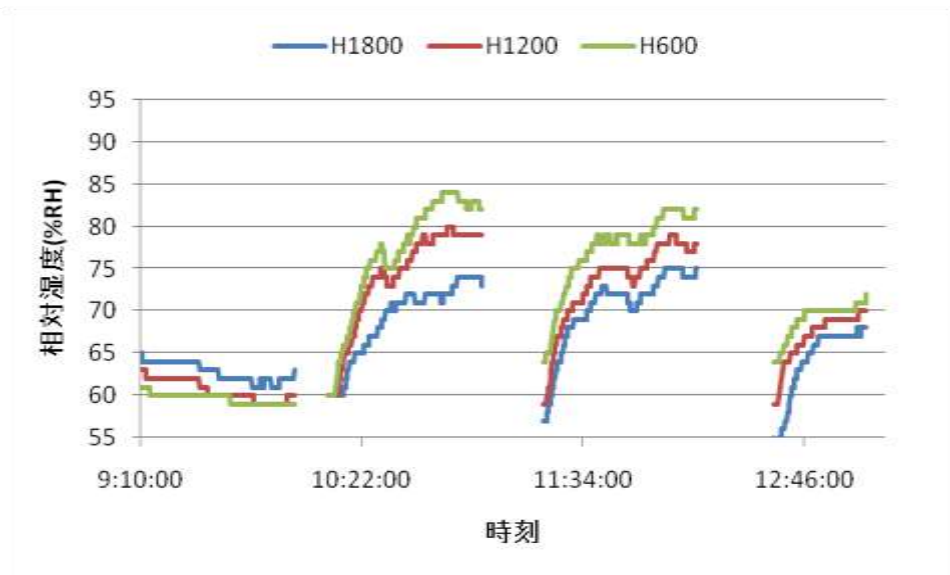
《2日目》

図 6. 計測点 B の乾球温度の時間変化

### 3.2.2 計測点 B の相対湿度の時間変化



《1日目》

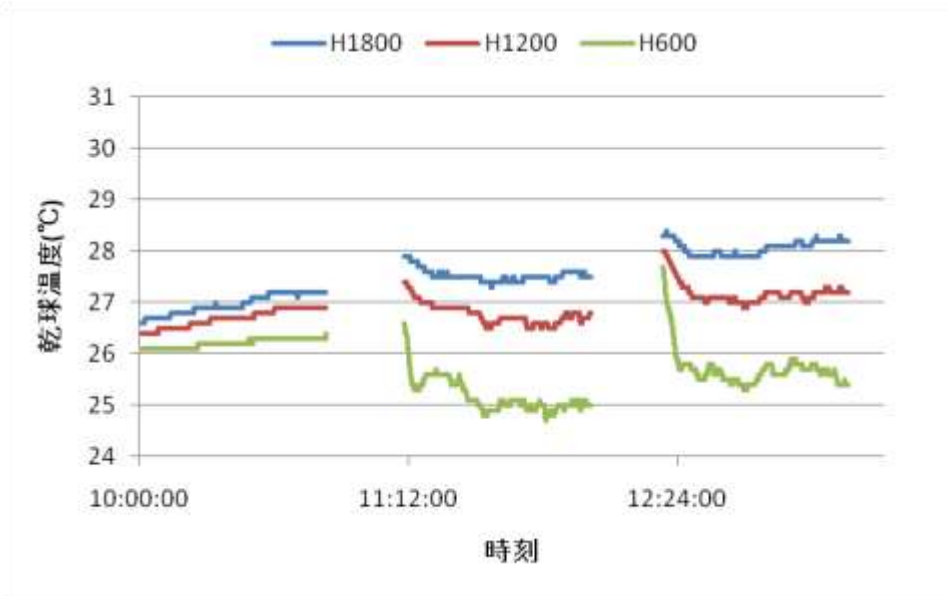


《2日目》

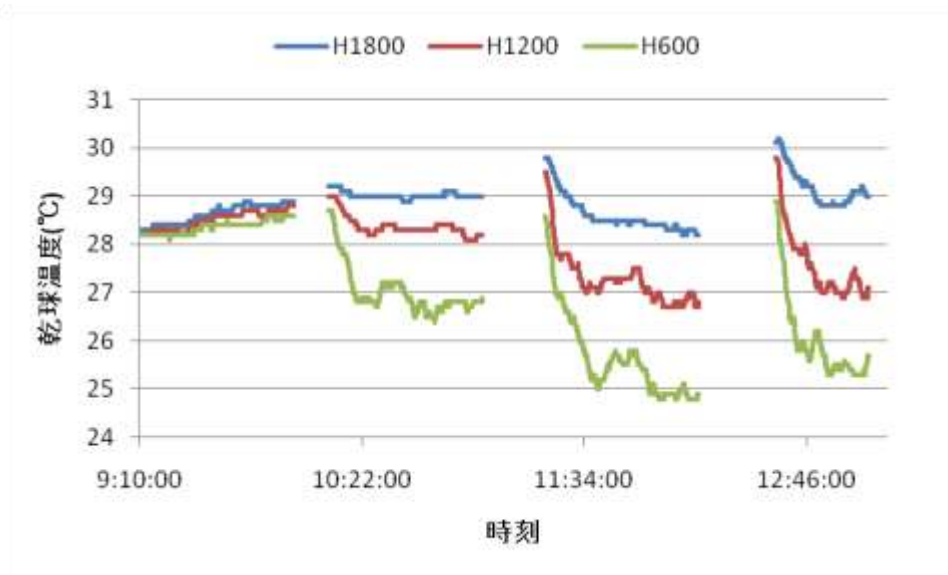
図 7. 計測点 B の相対湿度の時間変化

### 3.3 計測点 C の計測データ

#### 3.3.1 計測点 C の乾球温度の時間変化



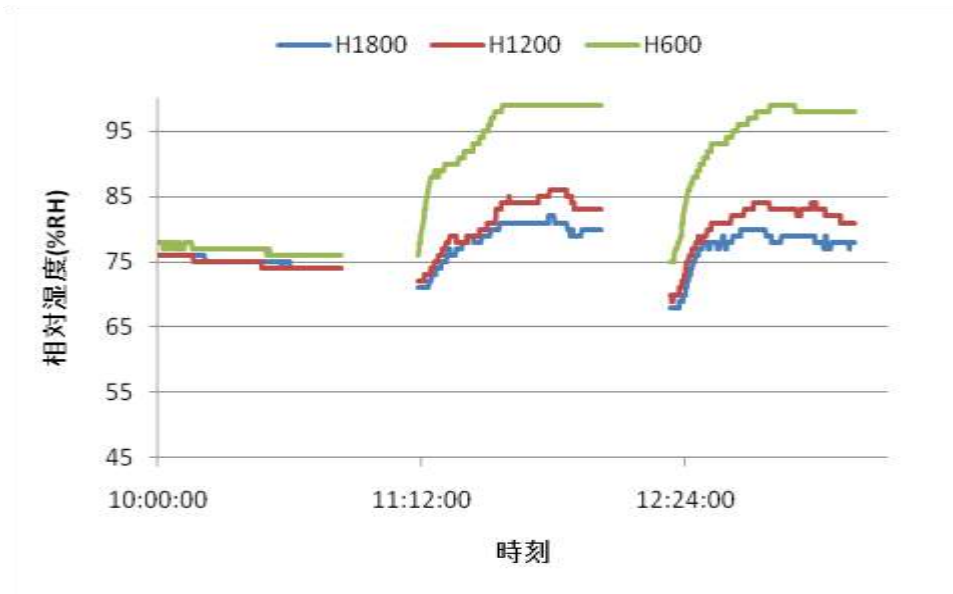
《1日目》



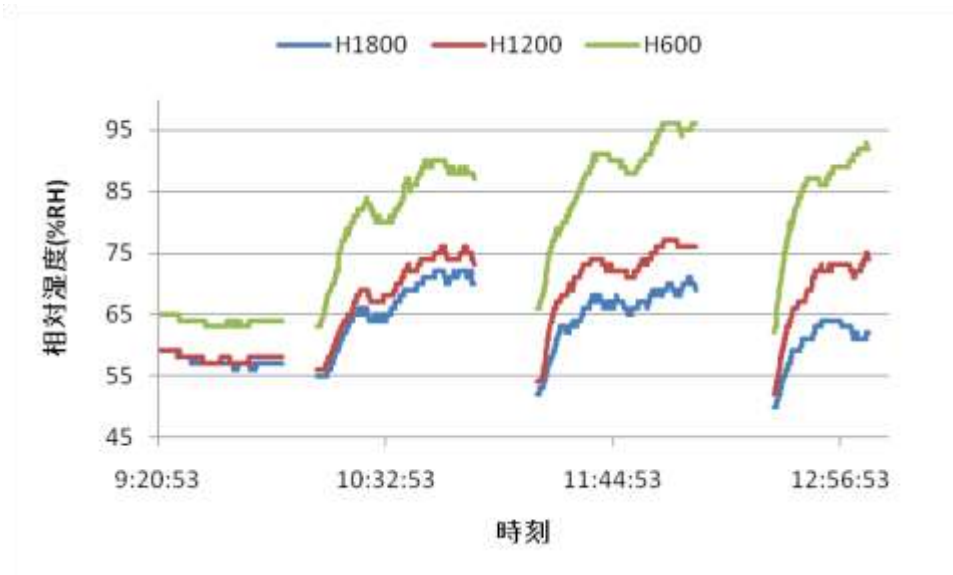
《2日目》

図 8. 計測点 C の乾球温度の時間変化

### 3.3.2 計測点 C の相対湿度の時間変化



《1 日目》

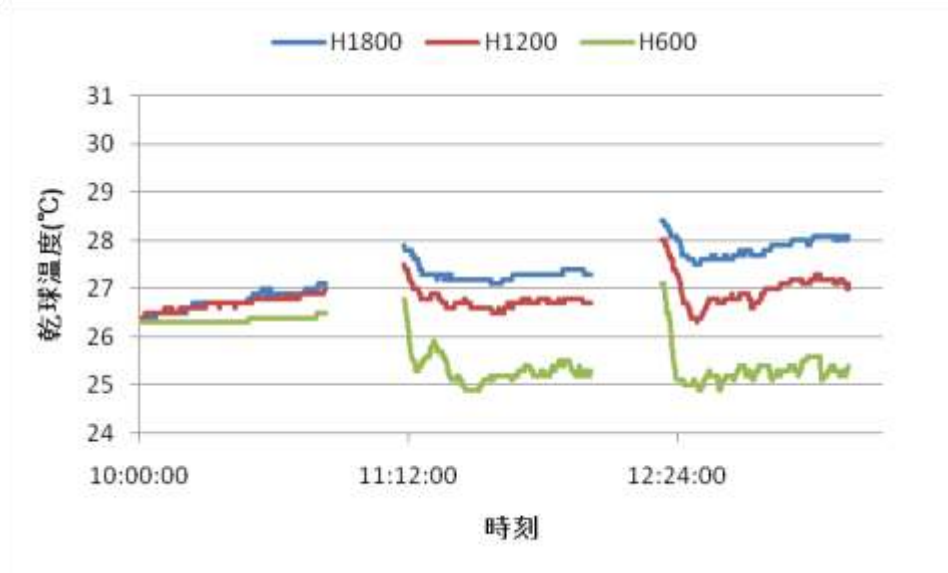


《2 日目》

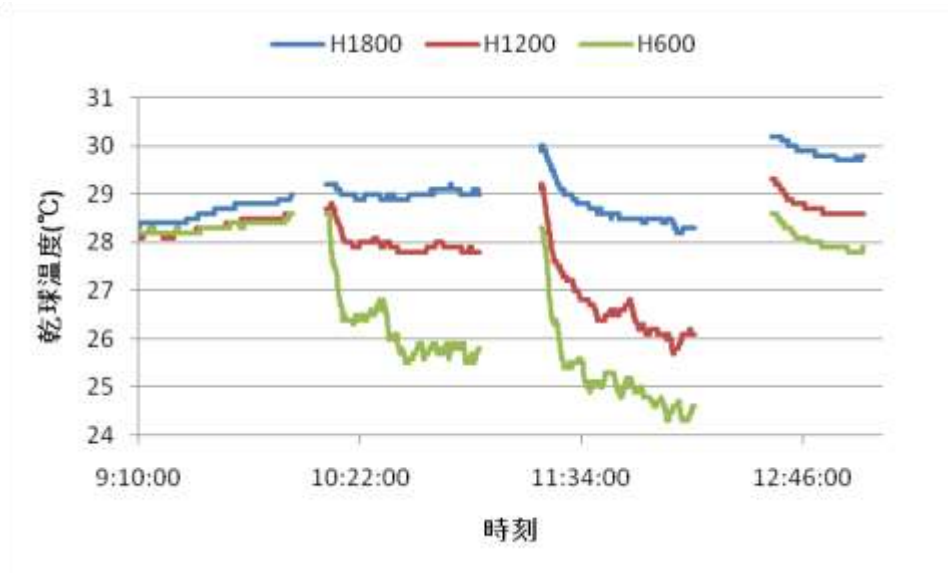
図 9. 計測点 C の相対湿度の時間変化

### 3.4 計測点 D の計測データ

#### 3.4.1 計測点 D の乾球温度の時間変化



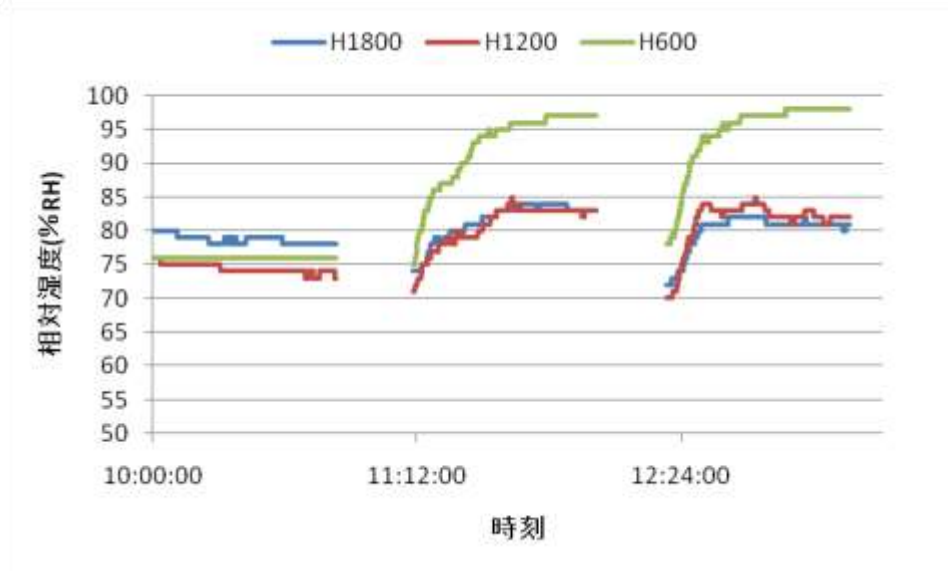
《1日目》



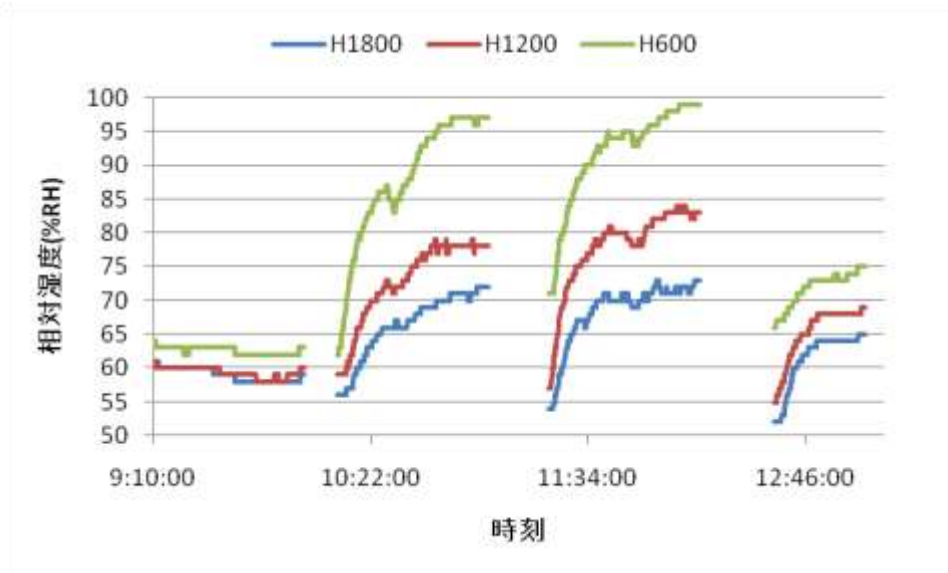
《2日目》

図 10. 計測点 D の乾球温度の時間変化

### 3.4.2 計測点 D の相対湿度の時間変化



《1 日目》

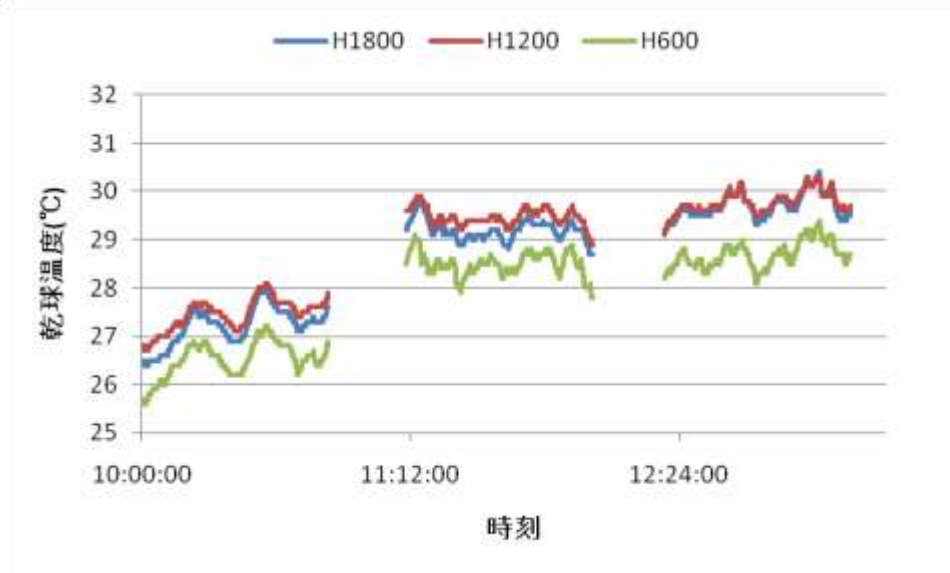


《2 日目》

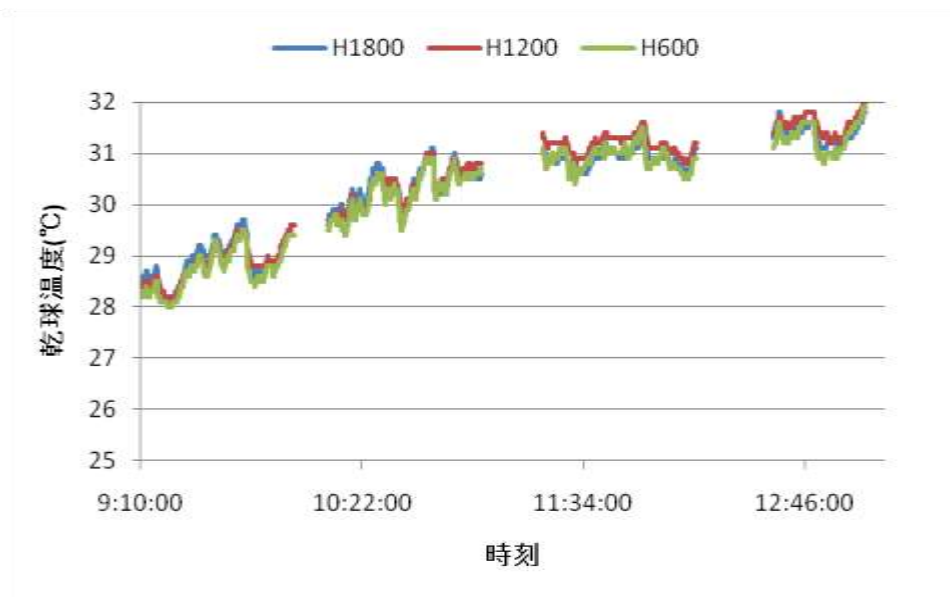
図 11. 計測点 D の相対湿度の時間変化

### 3.5 計測点 E の計測データ

#### 3.5.1 計測点 E の乾球温度の時間変化



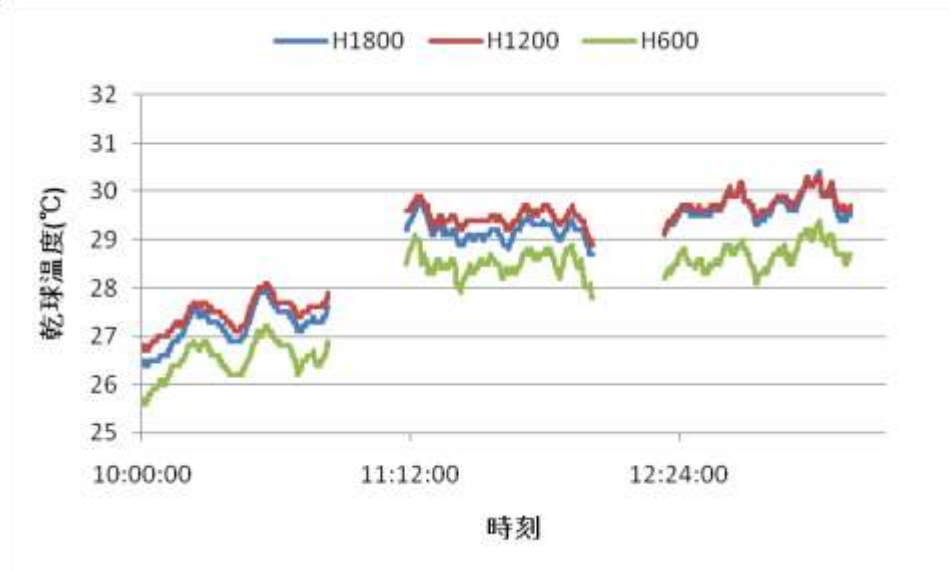
《1日目》



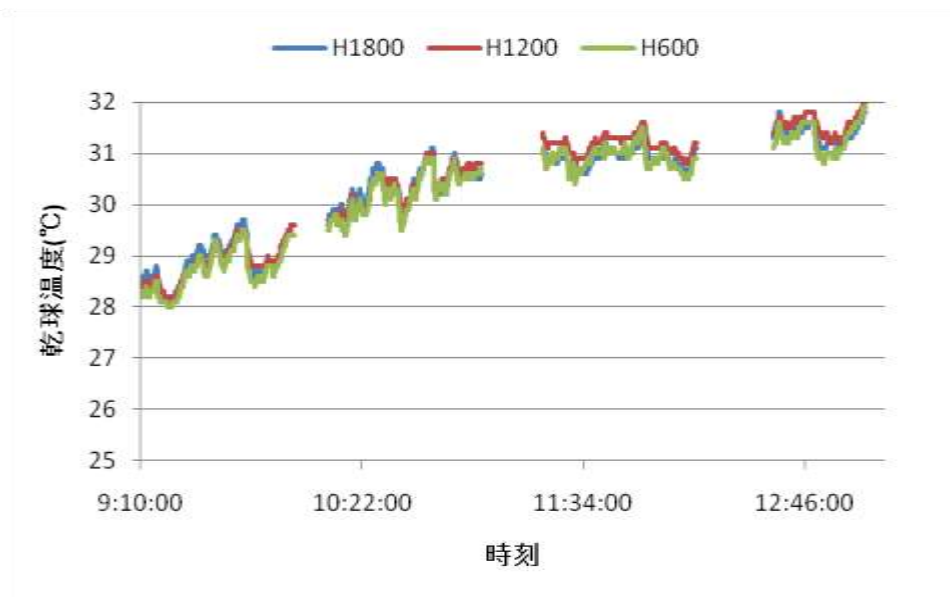
《2日目》

図 12. 計測点 E の乾球温度の時間変化

### 3.5.2 計測点 E の相対湿度の時間変化



《1 日目》

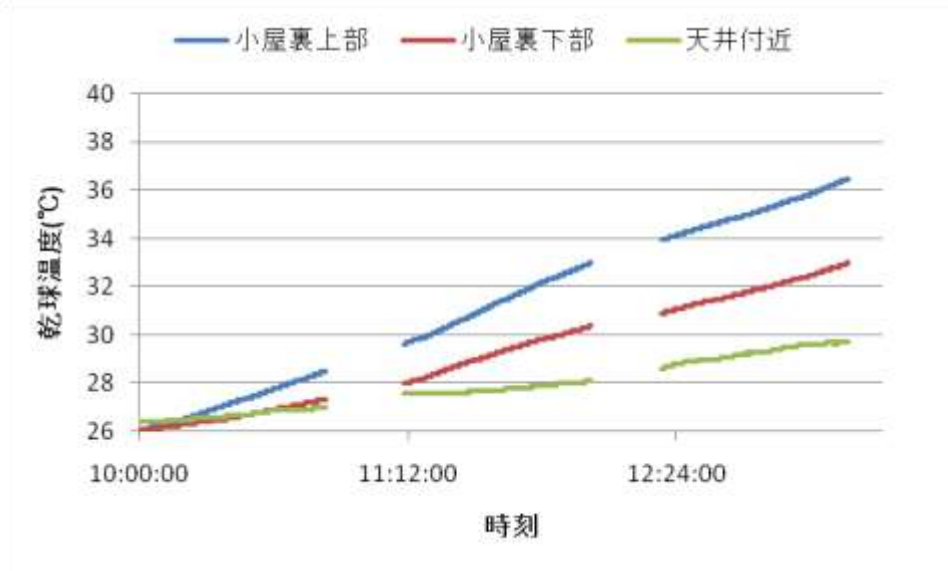


《2 日目》

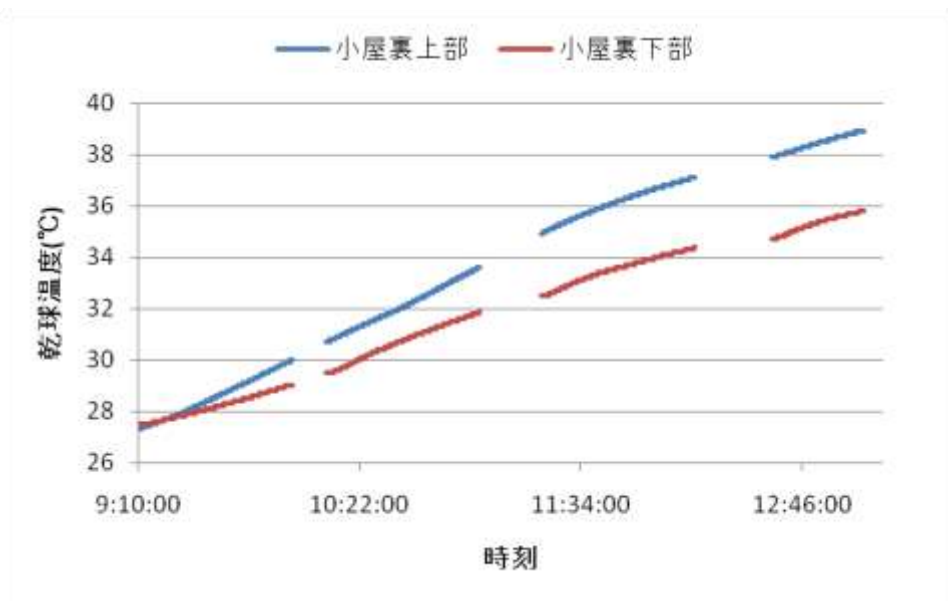
図 13. 計測点 E の相対湿度の時間変化

### 3.6 計測点 F の計測データ

#### 3.6.1 計測点 F の乾球温度の時間変化



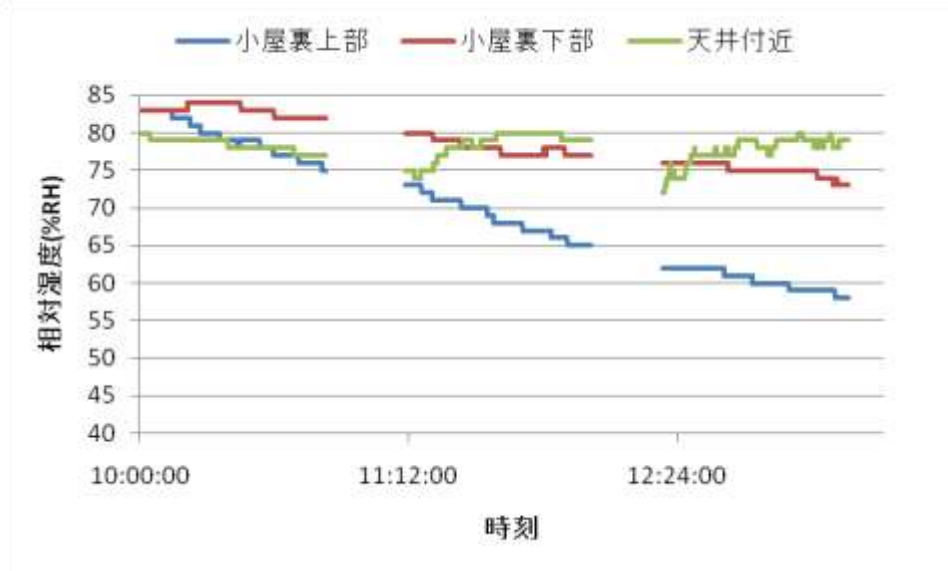
《1 日目》



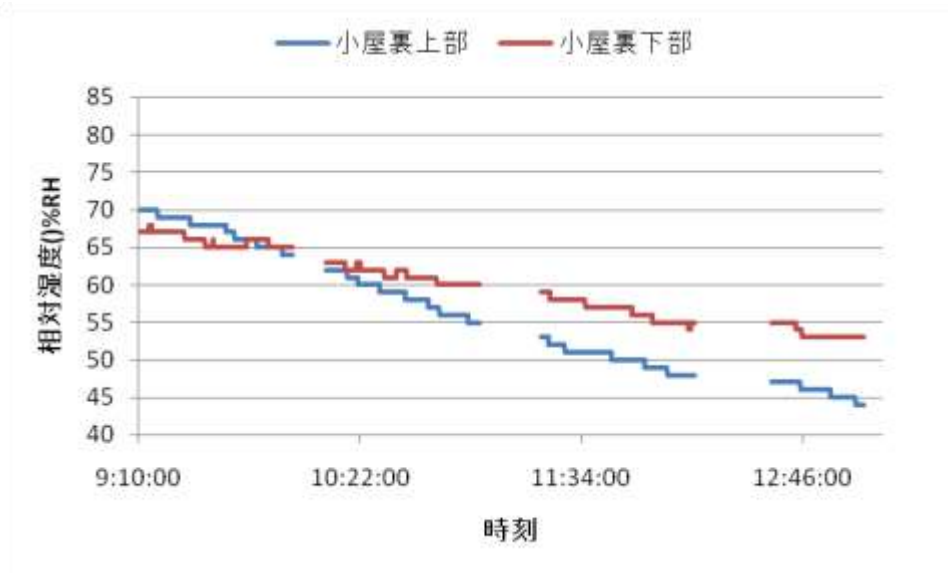
《2 日目》

図 14. 計測点 F の乾球温度の時間変化

### 3.6.2 計測点 F の相対湿度の時間変化



《1 日目》



《2 日目》

図 15. 計測点 F の相対湿度の時間変化

## 4 考察 1 (温度降下と相対湿度の上昇による検討)

### 4.1 実験開始前と 30 分経過後の比較

それぞれの実験開始前と 30 分経過後の値を比較する。

比較は、計測結果の安定している高さ 1200mm の値で行った。

青のマスは、10%以上の相対湿度の上昇、ピンクのマスは、1℃以上の温度降下の値を示す。

表 4. 実験開始前と 30 分経過後の乾球温度/相対湿度の値の変化

#### 実験 1.1

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	26.3	76	26.3	77	26.4	76	26.4	76	26.8	76
30 分後	26.7	74	26.6	76	26.7	74	26.7	74	27.8	74
温度差	+0.4	-2	+0.3	-1	+0.3	-2	+0.3	-2	+1	-2

#### 実験 1.2

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	27.4	72	27.3	73	27.4	72	27.5	71	29.6	63
30 分後	26.9	83	26.8	83	26.7	84	26.7	83	29.4	63
温度差	-0.5	+11	-0.5	+10	-0.7	+12	-0.8	+12	-0.2	0

#### 実験 1.3

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	27.9	70	27.7	72	28	70	28	70	29.1	63
30 分後	27.4	82	27.3	82	27.2	83	27	82	29.8	59
温度差	-0.5	+12	-0.4	+10	-0.8	+13	-1	+12	+0.8	-4

### 実験 2.1

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	28.2	60	27.9	63	28.2	60	28.1	61	28.4	58
30 分後	28.5	58	28.2	60	28.6	57	28.4	59	29.2	55
温度差	+0.3	-2	+0.3	-3	+0.4	-3	+0.3	-2	+0.8	-3

### 実験 2.2

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	28.9	57	28.5	60	29	56	28.7	59	29.6	54
30 分後	28.6	72	28.1	78	28.3	72	27.8	77	30.5	50
温度差	-0.3	+15	-0.4	+18	-0.7	+16	-0.9	+18	+0.9	-4

### 実験 2.3

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	29.3	54	28.9	59	29.5	54	29.1	57	31.4	46
30 分後	28.1	68	27.7	74	27.5	71	26.5	79	31.4	46
温度差	-1.2	+14	-1.2	+15	-2.0	+17	-2.6	+22	0	0

### 実験 2.4

	計測点 A		計測点 B		計測点 C		計測点 D		計測点 E	
	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH	℃	%RH
実験前	29.3	54	29.1	59	29.8	52	29.3	55	31.4	47
30 分後	28.5	67	28.7	70	27.1	74	28.6	69	32	46
温度差	-0.8	+13	-0.4	+11	-2.7	+22	-0.7	+14	+0.6	-1.0

## 4.2 考察結果

2℃以上の温度降下が確認されたのは、実験 2.3 のドライミスト取り込み口に近い計測点 C および D 点、実験 2.4 の計測点 C 点であった。これらは、換気量大でドライミスト取り込み口に近い計測点（取り込み口からの距離：約 1500mm）の値である。

ドライミスト噴霧時を比較した場合、相対湿度の上昇に大きな差は見られなかった。

また、換気量小に比べて換気量大のほうが温度降下の値が大きかった。

換気量小では相対湿度の上昇に対して温度降下量が少なかったが、この原因として考えられることは、運転開始直後に噴霧されたドライミストが室内にとどまり、その後のドライミストの蒸散を阻害し、天井からの輻射熱などの影響によって室内があたためられた※ことで、高温多湿の状態となってしまったことによるものと考えられる。

※計測点 F（小屋裏）の温度変化のグラフから、天井からの輻射熱が室内に影響を与えたことがわかる。

## 5 考察2（容積絶対湿度による検討）

気温や相対湿度での比較では計測点が高い位置と低い位置とでは差が出てしまうため、値が安定する容積絶対湿度により考察を行う。

考察の流れを以下に示す。

- ① 計測データの乾球温度と相対湿度から容積絶対湿度を求める
- ② 容積絶対湿度のグラフから、ザイデルの式を用いて流入水蒸気量を推定する。
- ③ 流入水蒸気量と噴霧水量から蒸発効率を求める。

容積絶対湿度は、実験で得た乾球温度と相対湿度のデータから、以下の式により求めた。

$$\text{飽和水蒸気圧 (E)} = 6.11 \times 10^{(7.5 \times t \div (237.3 + t))}$$

$$\text{測定空気の水蒸気圧 (E}_p\text{)} = E \times \text{RH} \div 100$$

$$\text{容積絶対湿度 [g/m}^3\text{] (e)} = 217 \times E_p \div (237.15 + t)$$

t：乾球温度（実測値）

RH：相対湿度（実測値）

流入水蒸気量の推定には、ザイデルの式を用いた。

$$C = C_0 + (C_s - C_0)e^{-(Q/V \cdot t)} + M/Q \cdot (1 - e^{-(Q/V \cdot t)}) \quad [\text{ザイデルの式}]$$

C：時刻 t が経過したときの室内の水蒸気濃度 [g/m<sup>3</sup>]

C<sub>0</sub>：外気の水蒸気濃度 [g/m<sup>3</sup>]

C<sub>s</sub>：ある時刻の室内の水蒸気濃度 [g/m<sup>3</sup>]

Q：換気量 [m<sup>3</sup>/h]

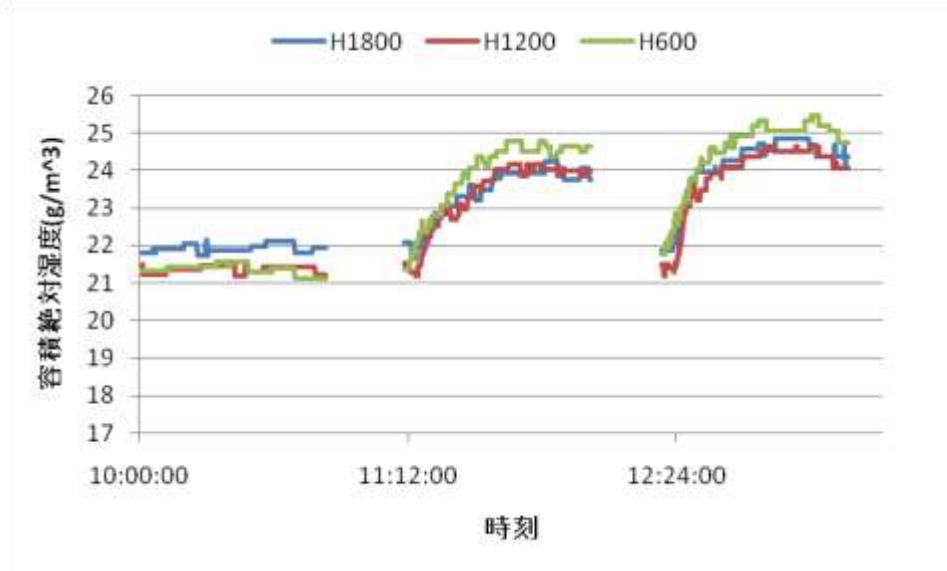
Q/V(=N)：換気数 [1/h]

M：流入水蒸気量 [g/h]

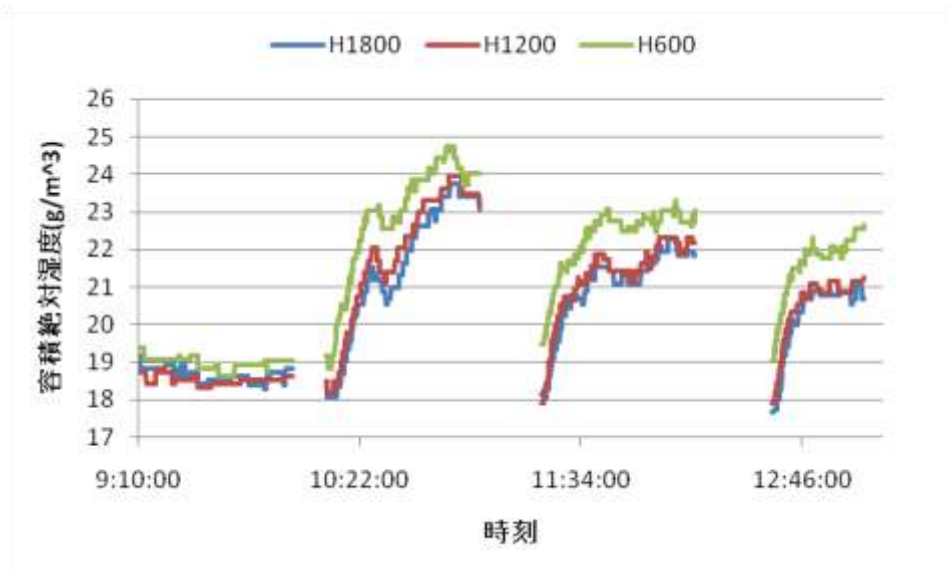
※自然換気量は 108.9m<sup>3</sup>/h（換気回数 1 回/h）と仮定

## 5.1 容積絶対湿度の時間変化

### 5.1.1 計測点 A の容積絶対湿度の時間変化



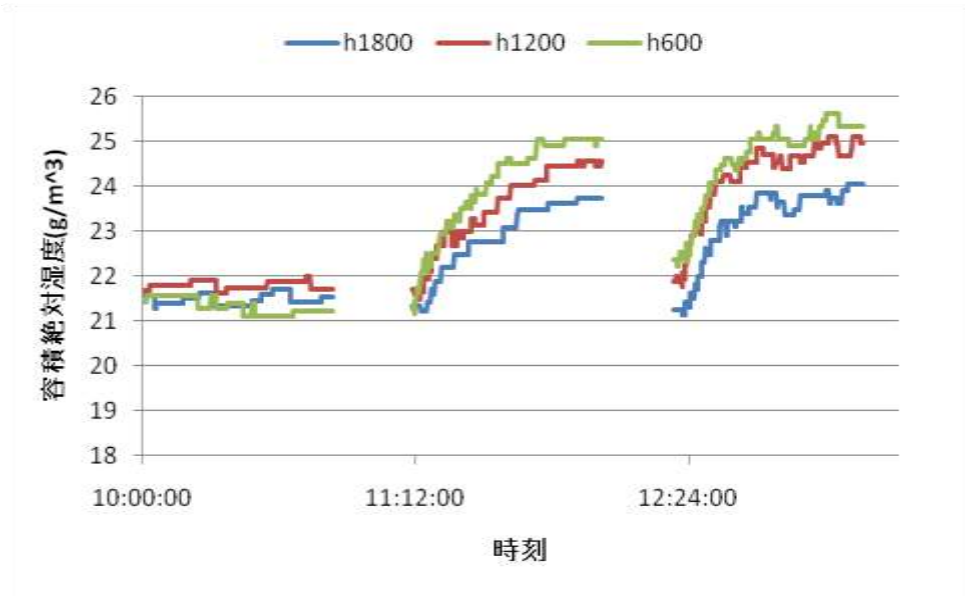
《1日目》



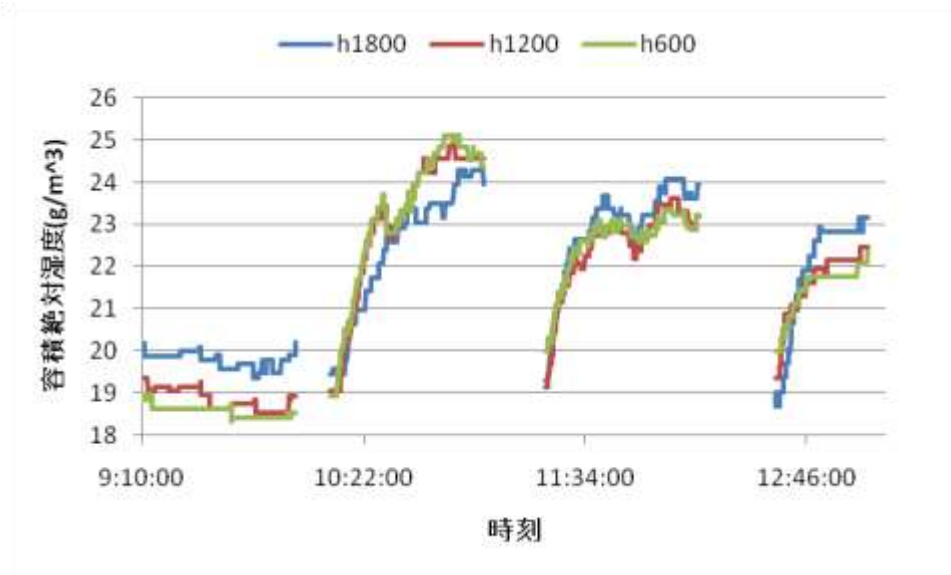
《2日目》

図 16. 計測点 A の容積絶対湿度の時間変化

### 5.1.2 計測点 B の容積絶対湿度の時間変化



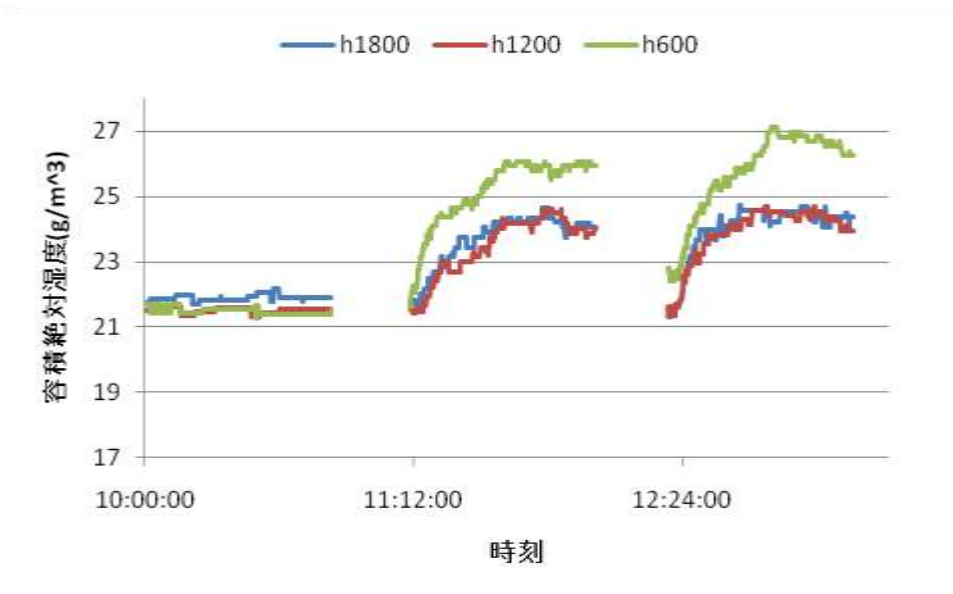
《1日目》



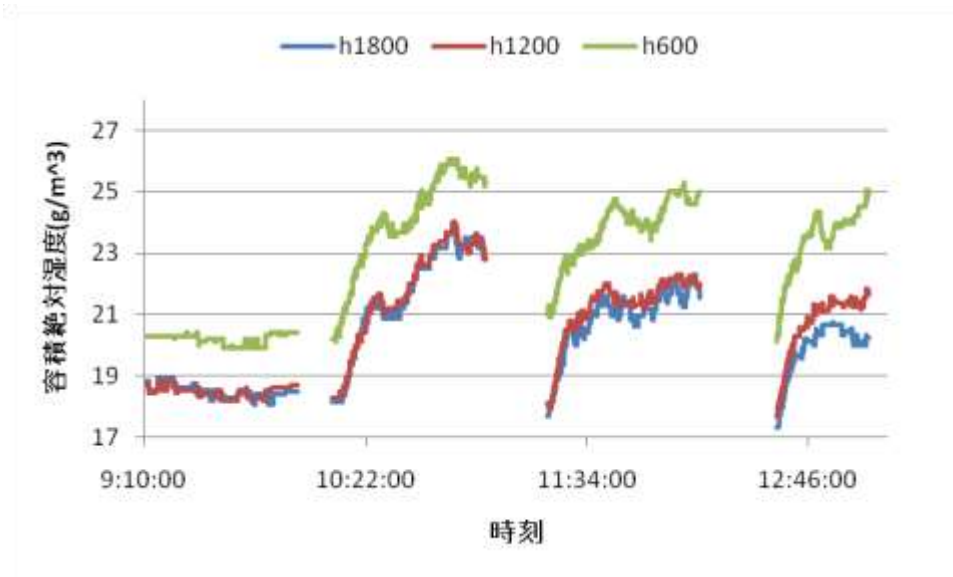
《2日目》

図 17. 計測点 B の容積絶対湿度の時間変化

### 5.1.3 計測点 C の容積絶対湿度の時間変化



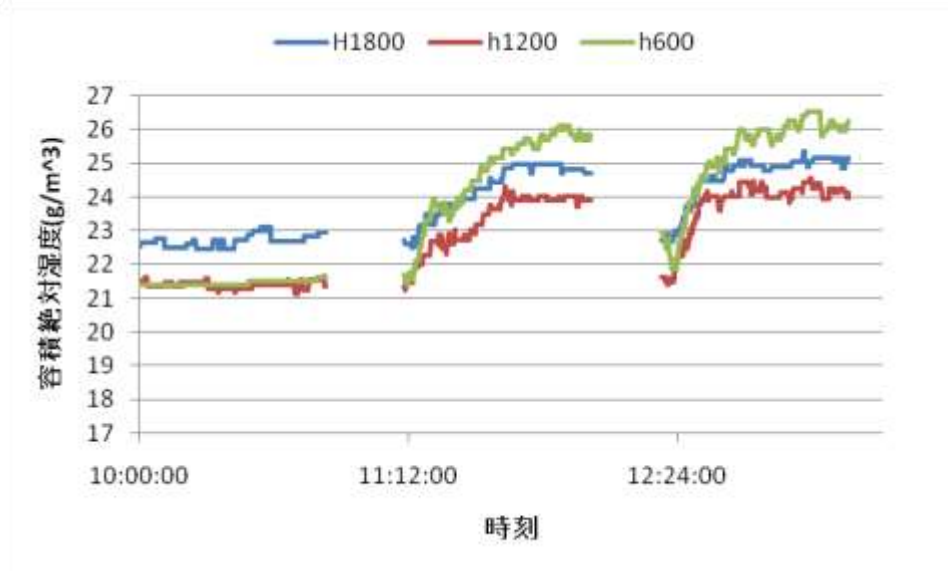
《1日目》



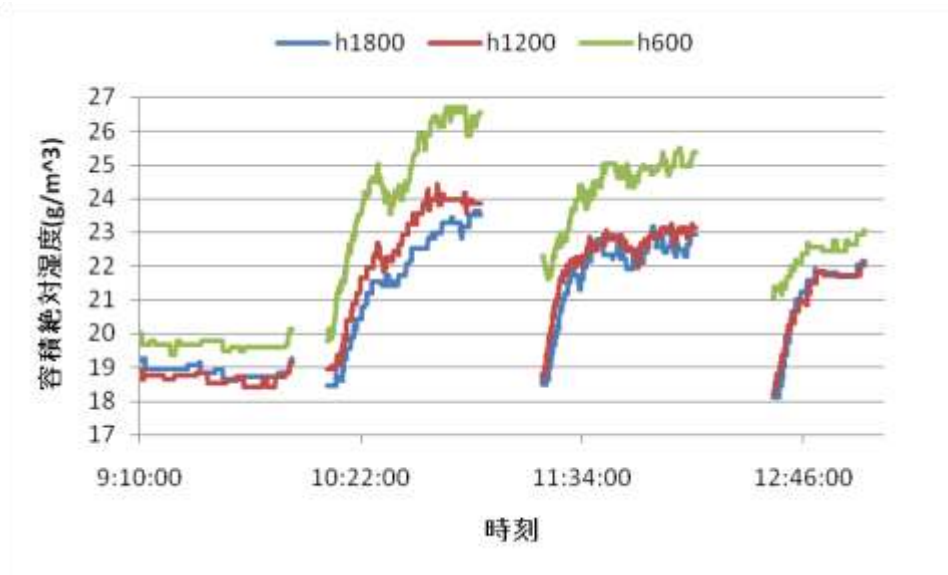
《2日目》

図 18. 計測点 C の容積絶対湿度の時間変化

#### 5.1.4 計測点 D の容積絶対湿度の時間変化



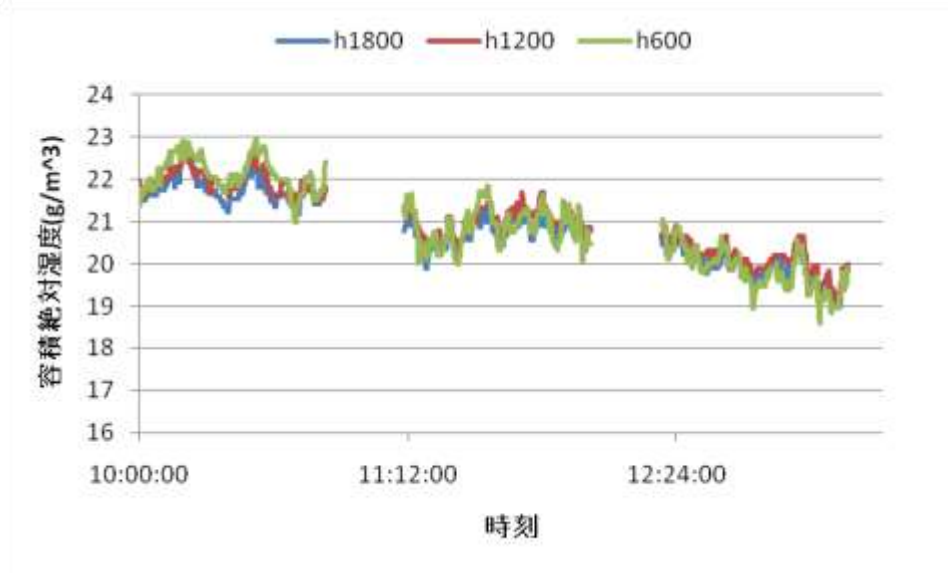
《1日目》



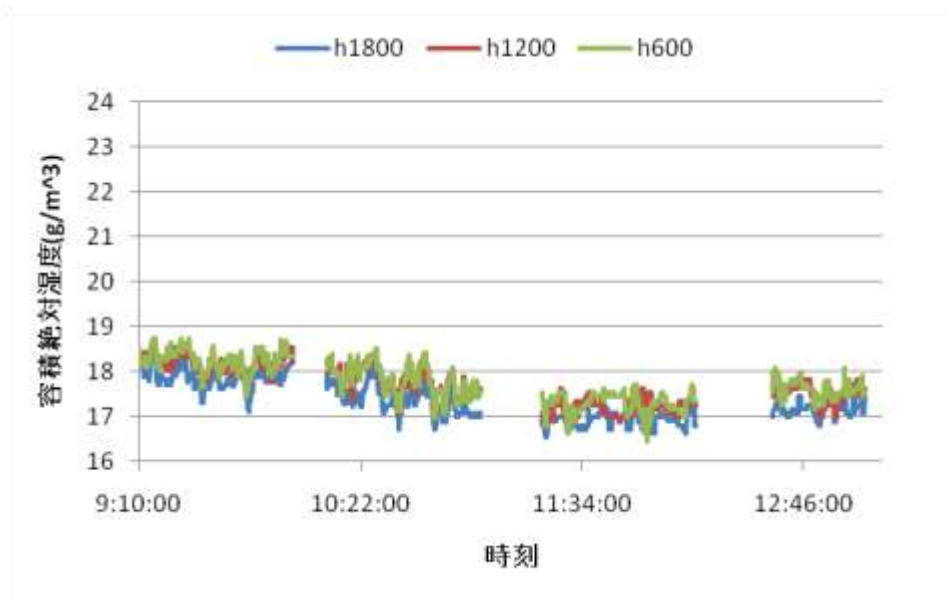
《2日目》

図 19. 計測点 D の容積絶対湿度の時間変化

### 5.1.5 計測点 E の容積絶対湿度の時間変化



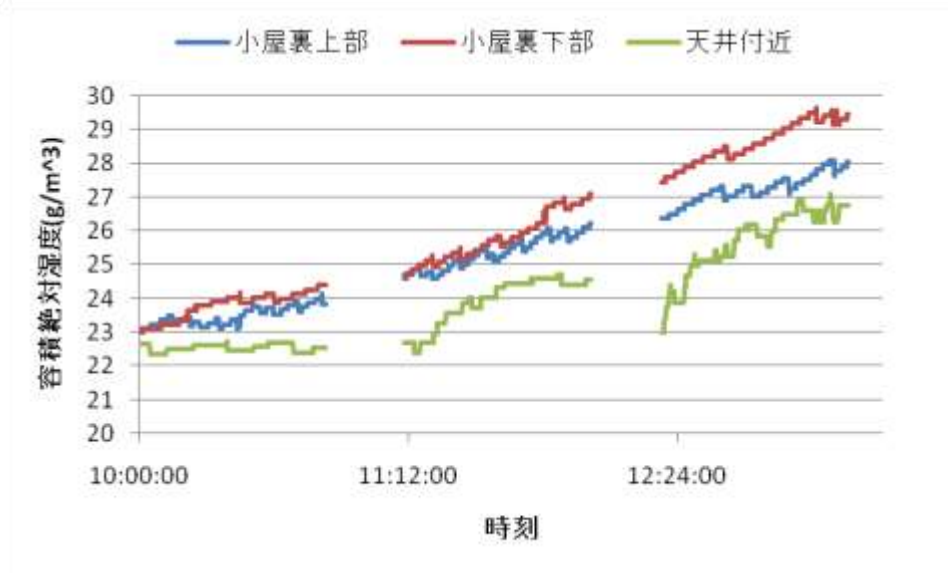
《1日目》



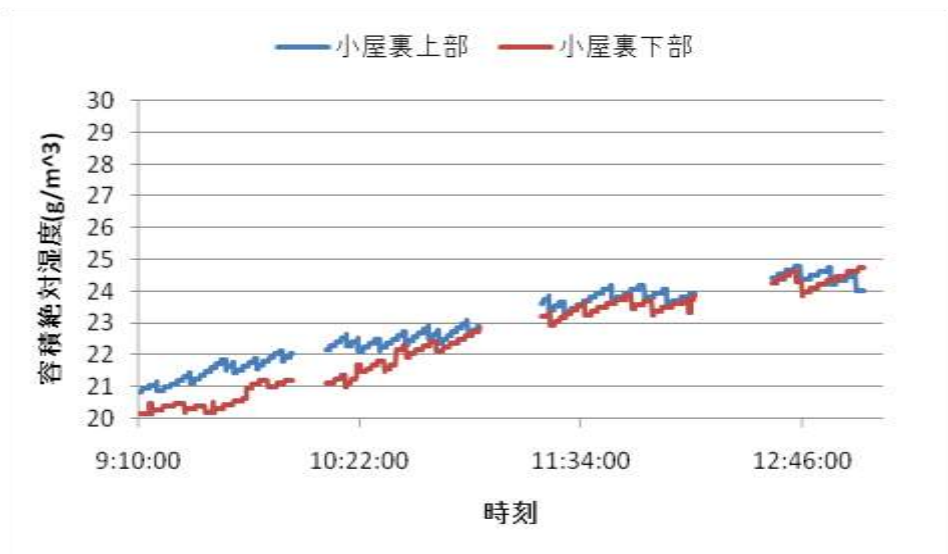
《2日目》

図 20. 計測点 E の容積絶対湿度の時間変化

5.1.6 計測点 F の容積絶対湿度の時間変化



《1 日目》



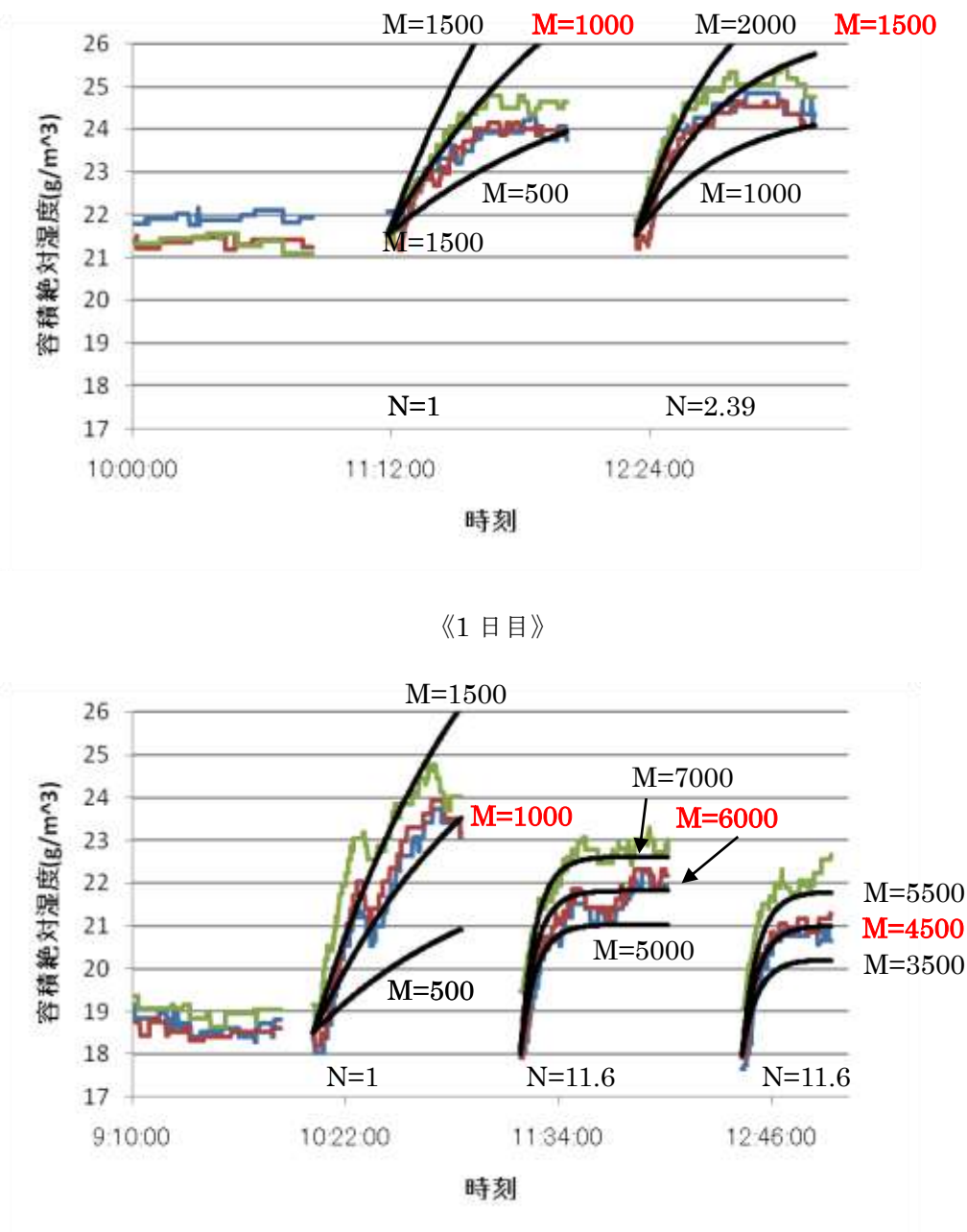
《2 日目》

図 21. 計測点 F の容積絶対湿度の時間変化

## 5.2 流入水蒸気量の推定

計測点 A 点の容積絶対湿度のグラフを元に、流入水蒸気量および蒸発効率を求める。

流入水蒸気量の推定にあたっては、先に示したザイデルの式を用い、推定した流入水蒸気量 (M) により導かれる曲線を容積絶対湿度のグラフに書き入れた。



《2日目》

図 21. 流入水蒸気量の推定

### 5.3 蒸発効率の比較

流入水蒸気量と噴霧水量から蒸発効率を求める。

表 5. 蒸発効率の比較

実験 No.	換気回数 換気量	噴霧水量	流入水蒸気量	蒸発効率	30 分後の温度 度降下	30 分後の相 対湿度上昇
1.2	1 回/h 108.9m <sup>3</sup> /h	9820g/h	1000 g/h	10.2%	0.37°C	10.7%RH
1.3	2.39 回/h 260 m <sup>3</sup> /h	9820 g/h	1500 g/h	15.3%	0.37°C	12.7%RH
2.2	1 回/h 108.9 m <sup>3</sup> /h	9820 g/h	1000 g/h	10.2%	0.37°C	15.3%RH
2.3	11.6 回/h 1260 m <sup>3</sup> /h	9820 g/h	6000 g/h	61.1%	1.17°C	13.7%RH
2.4	11.6 回/h 1260 m <sup>3</sup> /h	4890 g/h	4500 g/h	<b>92.0%</b>	0.7°C	12.7%RH

### 5.4 考察結果

実験 1.3 と実験 2.3 の換気量と蒸発効率を比較すると、換気量は約 5 倍であったが、推定される流入水蒸気量は約 4 倍の値となった。

考察結果より、換気量と蒸発効率との間に相関関係があるといえる。

また、噴霧水量を約半分にして行った実験 2.4 の蒸発効率は 92% と非常に高い値となった。

蒸発効率が良いということは、噴霧されたドライミストが床濡れを起こすことなく効率良く温度降下に貢献したといえるので注目すべき値ではあるが、温度降下は計測点 A 点で 0.7°C と芳しい値ではなかった。

## 6. まとめ

- 排気ファンなどを利用して適切な換気量を確保すると、外気条件に応じてドライミストで室温を降下できることが確認された。
- 計測位置により温度降下量に差がみられた。
  - ・ ドライミスト取り込み口に近いほうが温度降下は大きい。
  - ・ 計測点が低いほうが温度降下は大きい。

《補足》

室内の上下温度差の発生や、ドライミスト取り込み口付近と離れた位置とに起きる気温の不均一は、ドライミストの噴霧角度、噴霧位置の検討によりある程度改善されると思われる。

- 換気量の大小に関係なく相対湿度は上昇したが、温度降下量は換気量に依存することがわかった。(換気量小では温度降下量が少なく、換気量大では温度降下量が大きかった。)

《補足》

本実験場は輻射熱の影響が大きい条件のためこのような結果となったが、輻射熱の影響の少ない条件で実験を行えば、違う結果が得られたかもしれない。今後、輻射熱の影響を考慮に入れた実験を行い、検討する必要がある。

- 換気量の大小と蒸発効率との間に相関関係があることがわかった。また、噴霧水量と蒸発効率との間にも相関関係があることがわかった。

《補足》

本実験のような設定条件での床濡れ対策は、高温多湿状態（ドライミスト噴霧により多湿となった室内が輻射等の影響であたためられたまま室内にとどまり、その後の蒸散を阻害する状態）を作らないことが重要である。そのため、室内ドライミストの断続噴霧や濡れセンサーによるポンプのオン/オフよりも、まず十分な換気量を確保することが必要だと思われる。

本実験のような設定条件で家庭用ドライミストを運用する場合、運転音、設置位置などの条件が許す限り、換気量は大きくした方が良い。ドライミスト発生量は、許容できる床濡れのレベルと、要求される温度降下量によって決定される。

## 7. 参考文献

- 「100万人の空気調和」小原淳平編（オーム社）1975年
- 「新版・快適な温熱環境のメカニズム」（空気調和・衛生工学会編丸善）2006年改訂2版
- 「換気・通風・気密性(1)～(5)」内海康雄（空気調和・衛生工学第79巻）

## 謝辞

1年間という短い期間ではありましたが、時に熱心に、時に厳しくご指導いただきました辻本先生、西田先生に厚く御礼申し上げます。また、親切にアドバイスをいただきました院生の皆さん、力を貸してくださった同期の皆さん、本当にありがとうございました。何とか卒業論文を仕上げる事ができたのも、皆様のお力添えによるものだと感謝しております。

本論がこれからのドライミスト研究の一助となることができれば幸いです。

2009年 春 萩 啓伊志

## 参考資料

各計測点における容積絶対湿度の増加分

実験日の気象データ（気象庁発表）

実験計測データ

梗概