

# 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

5105072 紅谷 真司

## 第一章 研究背景と目的

### 1.1 研究背景

ドライミストとは植物の蒸散量に相当する細かい水の粒を噴霧し、噴霧されたミストの蒸発潜熱を利用して気温降下を得る装置である。ドライミストの使用により空調負荷の抑制ができ、ヒートアイランド現象の緩和に繋がると期待されている。

以前までは駅などの大規模施設向けであったが、一般家庭に設置するために改良が加えられ、小型少水量のドライミストとして家庭用ドライミストが開発された。

### 1.2 研究目的

家庭用ドライミストを実際に家庭で用いる場合を想定し、様々な条件での噴霧を行うことで、どのような条件で噴霧することが適しているかを知ることが目的としている。

## 第二章 家庭用ドライミストについて

### 2.1 ポンプ

#### GMMP-M6R(GMM テック)③

仕様

取扱液 水道水

設置場所 周囲温度 0～40℃、

相対湿度 85%以下（結露なきこと）

電源 AC100V 50～60Hz

電力 150W 以下（100V 時）

重量 9.2Kg（参考値）

寸法 本体部 φ102 x 246mm（参考値）

吐出圧力 5.5Mpa 以上（流量 0）

流量 300 c c 以上（無負荷）



### 2.2 ノズル

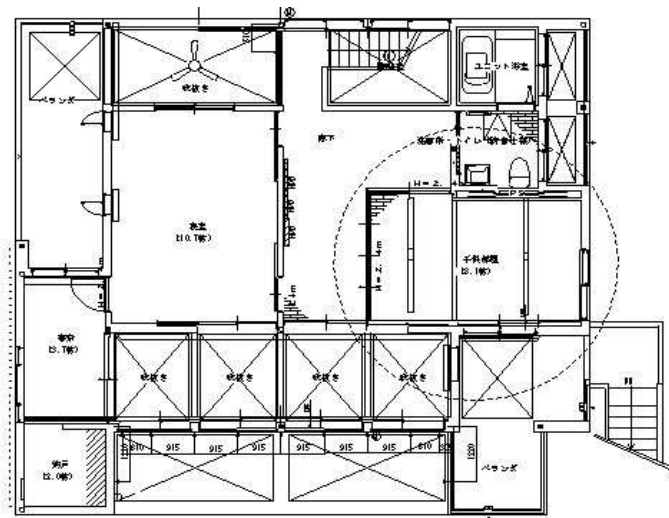
共立合金製作所のものを使用した。

### 第三章 実験概要

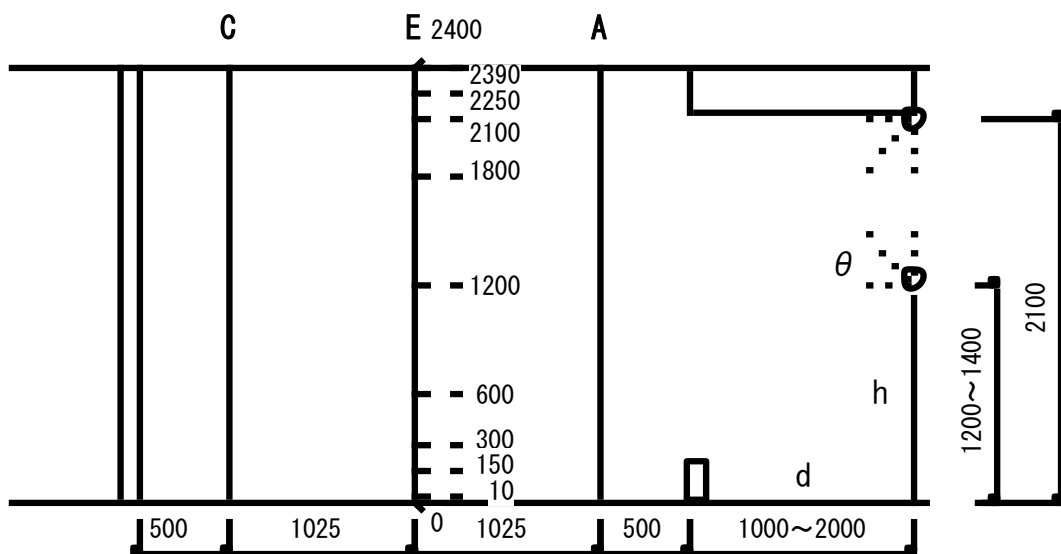
#### 3.1 実験住宅

2008年7月25日、9月2,3,5日に静岡県富士市にある住宅メーカー実験住宅2階子供部屋(8.1帖)を使用して実験を行った。

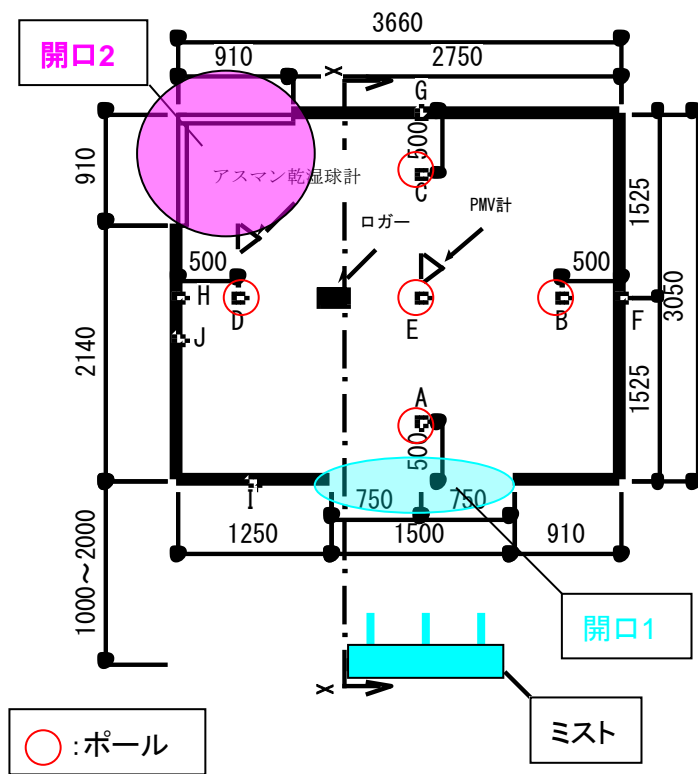
次のページの子供部屋平面図にあるように室内には熱電対A~J(計60点)点、PMV計、アスマン乾湿球計を設置し、ベランダに家庭用ドライミストを設置した。



2階平面図



X-X断面図



子供部屋平面図

子供部屋内観



### 3.2 家庭用ドライミストの設置方法

設置場所は3.1の子供部屋平面図に示したようにベランダである。

高さ 1200mm・1400mm で噴霧するときの設置方法は、結束バンドを使用してハンガーラックに固定した。ハンガーラックもテープで床に固定した。

高さ 2100mm で噴霧するときの設置方法は、ベランダの上部水平方向に突っ張り棒を設置し、それにねじりっこを巻きつけ、そのねじりっこで固定した。

噴霧角度は上から  $90^{\circ}$  ・  $45^{\circ}$  ・  $0^{\circ}$  ・  $-45^{\circ}$  ・  $-90^{\circ}$  である。

[次のページの写真番号]

- ①  $90^{\circ}$  (高さ 1200mm・1400mm)
- ②  $45^{\circ}$  (高さ 1200mm・1400mm)
- ③  $0^{\circ}$  (高さ 1200mm・1400mm)
- ④  $0^{\circ}$  (高さ 2100mm)
- ⑤  $-45^{\circ}$  (高さ 2100mm)
- ⑥  $-90^{\circ}$  (高さ 2100mm)



### 3.3 測定装置

#### 3.3.1 熱電対

室内の上下方向の温度を測定する。設置方法は子供部屋平面図に示した A~E 点にあるポール(突っ張り棒)へマスキングテープとねじりっこを使用した固定である。この5本のポールに熱電対を11点ずつ設置した。床・天井面にはサージカルテープを使用した。

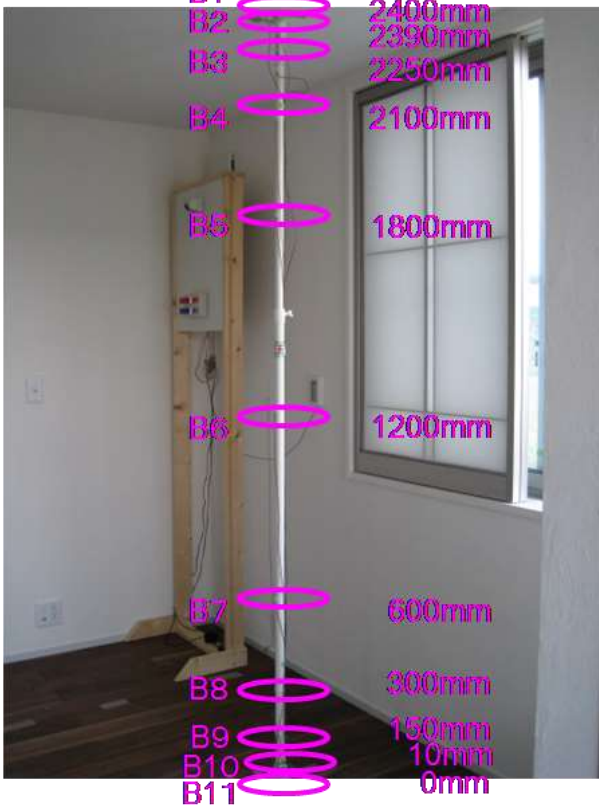
この11点は床からの距離 0mm,10mm,150mm,300mm,600mm,1200mm,1800mm,2100mm,2250mm,2390mm,2400mm とした。F~J 点は床からの距離 1200mm の壁面に設置した。熱電対で測定されたデータは、データロガーにより1分ごとに記録されるようにした。

入力ステーション

サーモダック 6(データロガー)



ポール B



壁面の熱電対





### 3.3.2 PMV 計

PMV 計により以下を測定する。

気温 (0~50℃)、平均輻射温度 (0~50℃) 相対湿度 (0~100%RH)、  
風速 (0~5m/s) PMV 値 (-3~+3)、PPD (0~100%)

また、PMV 計の測定精度は以下の通りである。

温度 : ±0.5℃ (15~35℃)、相対湿度 : ±3% (20~80%RH)

風速 : ±0.1m/s (0~1m/s)、±0.5m/s (1~5m/s)

設置場所は子供部屋平面図に示した通りである。

最高部を床から 1200mm になるように設置した。



### 3.3.3 ウェザーステーション

ウェザーステーションにより以下の項目を測定する。

・測定項目 :

風向/風速 (m/s) / 最高風速 (m/s) / 室外温度 (℃) / 最高室外温度 (℃) / 最低室外温度 (℃)  
室外温度 (℃) / 室内温度 (℃) / 室内湿度 (%) / 体感温度 (℃) / 露点 (℃) / 気圧 (hPa)  
熱指数 (℃) / 雨量 (mm) / 紫外線指数 / 日射(W/m<sup>2</sup>)

#### 第四章 実験結果・考察

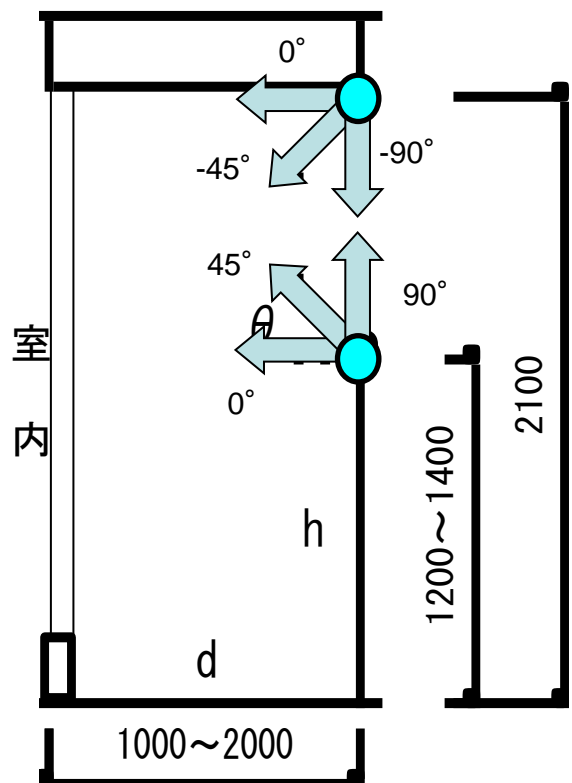
##### 4.1 実験条件

実験は下の表にあるように 21 通り行った。ミストの角度・高さ、上りかまちからの距離(噴霧角度・噴霧高さ、噴霧距離)、開口 2 の開閉が可変である。条件を変化させることでミストの拡散の仕方に違いが生じる。上りかまちからノズルまでの距離を離しても同等の効果を得ることができれば、床濡れ防止につながると思え距離を変化させた。

ミスト噴霧前・噴霧時・噴霧後の室内の温度変化を知るために、測定開始 5 分後に噴霧を始め、噴霧終了後も 5 分間は測定を続けた。噴霧時間は最大 10 分とした。実際に家庭で使うことを考え、床濡れを目視で確認次第噴霧を終了した。

実験条件

実験番号	開口2	噴霧距離 (mm)	噴霧高さ (mm)	噴霧角度	噴霧時間
実験1	開	1000	1200	0°	5分
実験2	開	1000	1200	45°	7分
実験3	開	1000	1200	90°	10分
実験4	開	1000	1400	0°	5分
実験5	開	1000	1400	45°	10分
実験6	開	1000	1400	90°	10分
実験7	開	1000	2100	0°	10分
実験8	開	1000	2100	-45°	5分
実験9	開	1000	2100	-90°	10分
実験10	開	2000	1400	0°	10分
実験11	開	2000	1400	45°	10分
実験12	開	2000	1400	90°	10分
実験13	閉	1000	1400	0°	5分
実験14	閉	1000	1400	45°	10分
実験15	閉	1000	1400	90°	10分
実験16	閉	1000	2100	0°	10分
実験17	閉	1000	2100	-45°	5分
実験18	閉	1000	2100	-90°	7分
実験19	閉	2000	1400	0°	10分
実験20	閉	2000	1400	45°	10分
実験21	閉	2000	1400	90°	10分



実験時間と日付

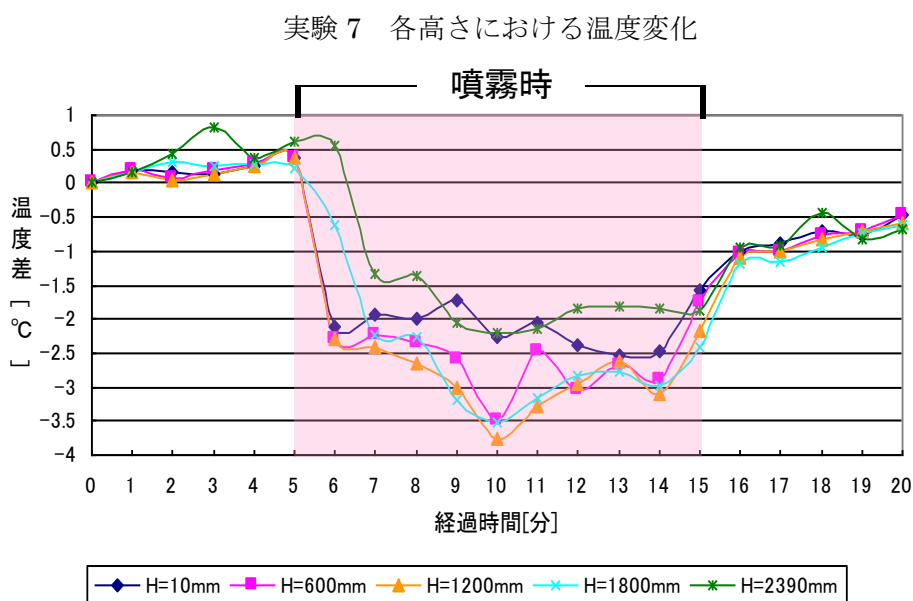
実験1	2008/7/25	14:19:21 14:34:21	実験13	2008/7/25	11:00:01 11:15:01
実験2	2008/7/25	13:54:02 14:11:02	実験14	2008/7/25	10:21:43 10:41:43
実験3	2008/7/25	13:25:18 13:45:18	実験15	2008/7/25	12:01:12 12:21:12
実験4	2008/7/25	11:34:02 11:49:02	実験16	2008/9/3	12:19:34 12:39:34
実験5	2008/7/25	9:16:42 9:36:42	実験17	2008/9/3	11:46:35 12:01:35
実験6	2008/7/25	9:52:41 10:12:41	実験18	2008/9/3	14:22:30 14:39:30
実験7	2008/9/5	9:50:30 10:10:30	実験19	2008/9/2	13:09:36 13:29:36
実験8	2008/9/5	10:30:31 10:45:21	実験20	2008/9/2	13:53:39 14:12:39
実験9	2008/9/5	11:04:31 11:24:31	実験21	2008/9/2	14:49:33 15:09:33
実験10	2008/9/2	9:50:38 10:09:38			
実験11	2008/9/2	10:43:36 11:02:36			
実験12	2008/9/2	11:34:33 11:54:33			

実験を行う時間については、実験住宅付近の平均気温から 9 時～17 時の間が適当であると判断した。

## 4.2 実験結果

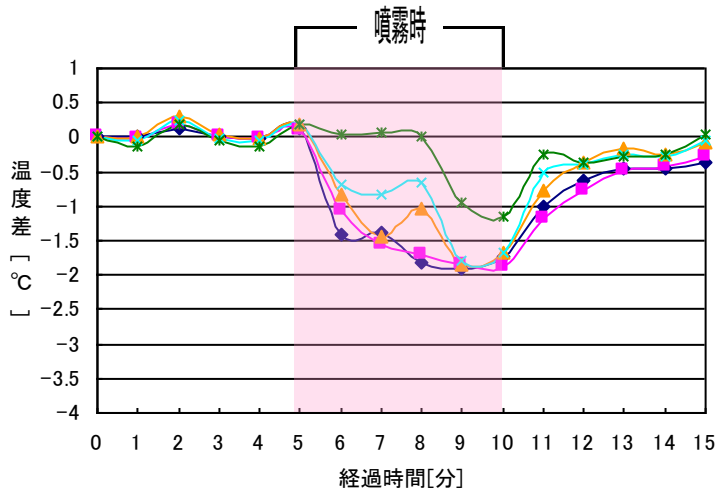
### 4.2.1 各高さにおける温度変化

噴霧時の温度変化が大きかった実験 7 を例に、各高さにおけるある時間の温度と測定開始直後の温度との差の時間変化を下図に示した。噴霧開始から徐々に温度変化が始まっている。噴霧開始 5 分後にほとんどの高さで最も温度が下がっている。特に、床・天井付近を除いた高さでの温度が低下しているのがわかる。これは実験 7 が高さ 2100mm, 0° 噴霧であることから、室内に入ったミストは床に向かって落ちていき床付近で蒸発していると考えられる。その後はやや上昇し、噴霧が終了するとさらに上昇したが 5 分間ではまだ測定開始時の温度には戻っていない。

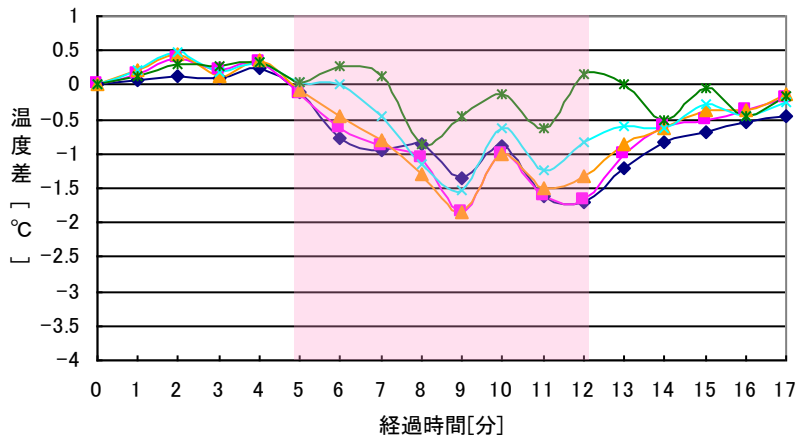


実験 7 以外の実験の各高さにおける温度変化を示す。

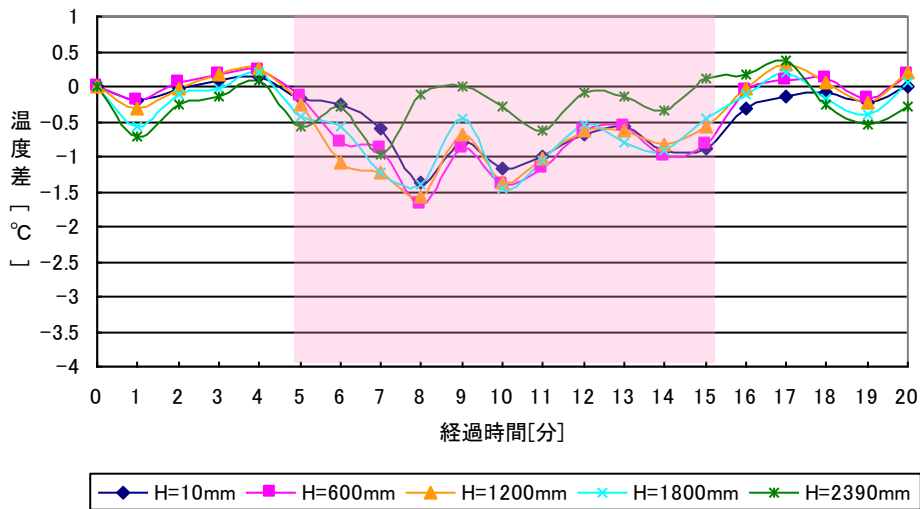
実験 1



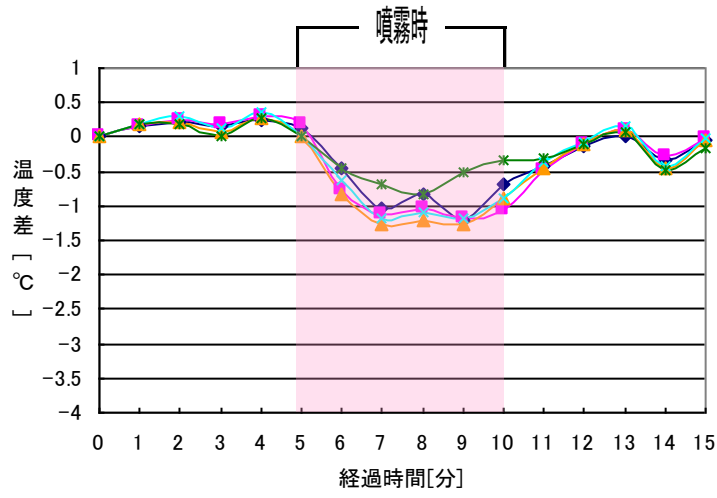
実験 2



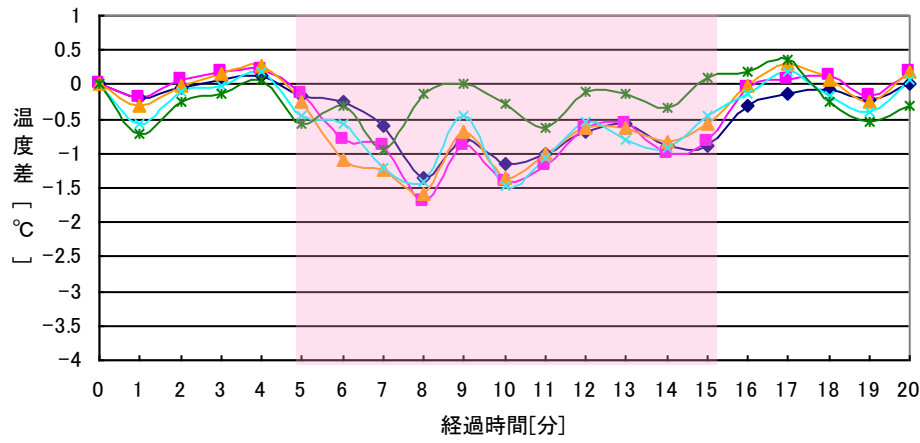
実験 3



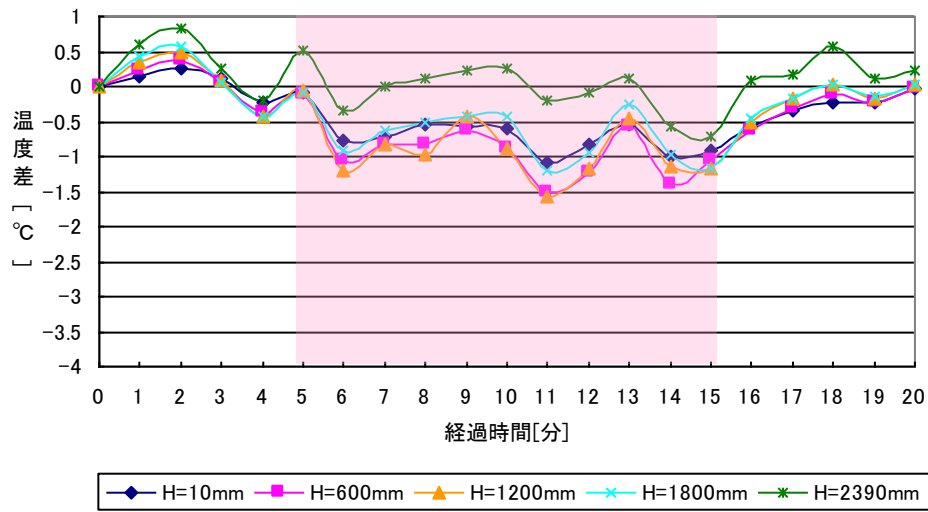
実験 4



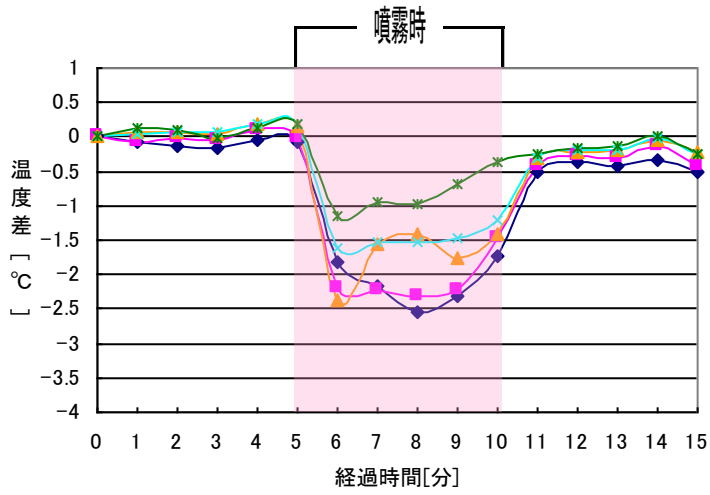
実験 5



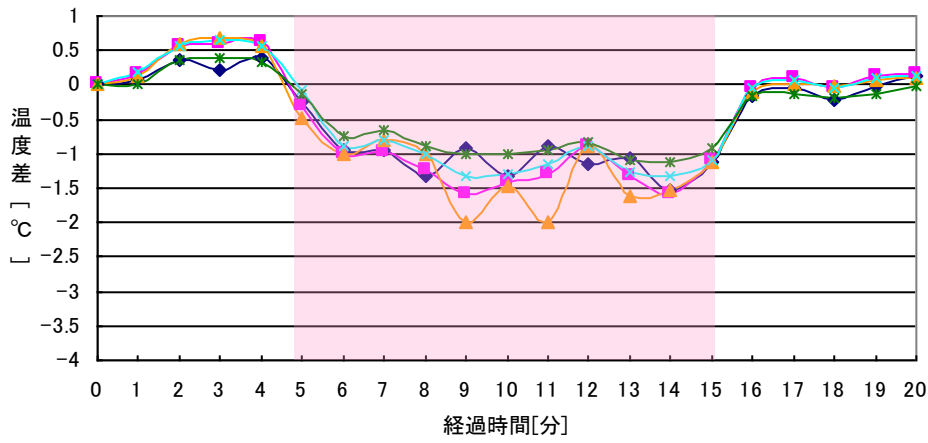
実験 6



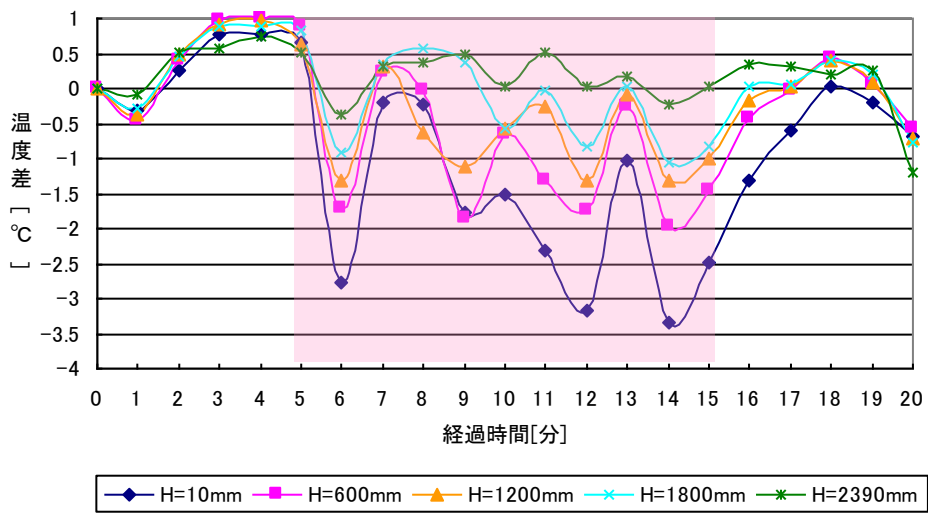
実験 8



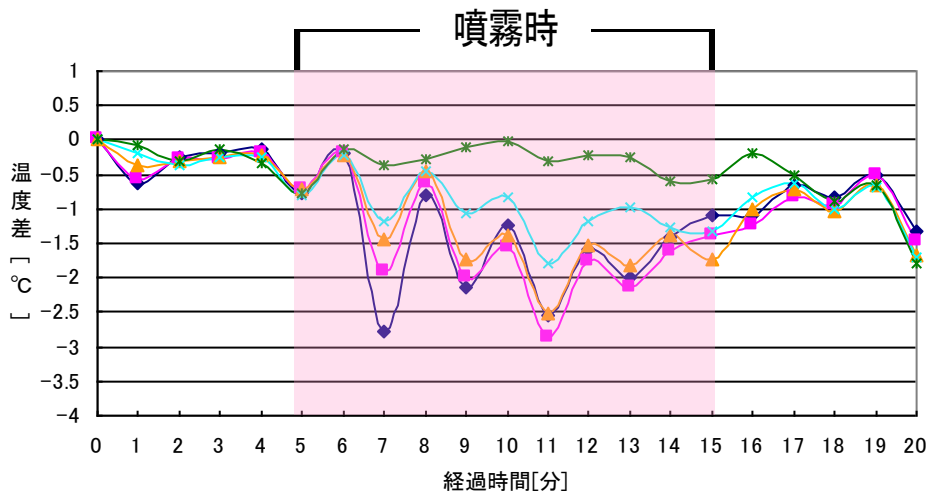
実験 9



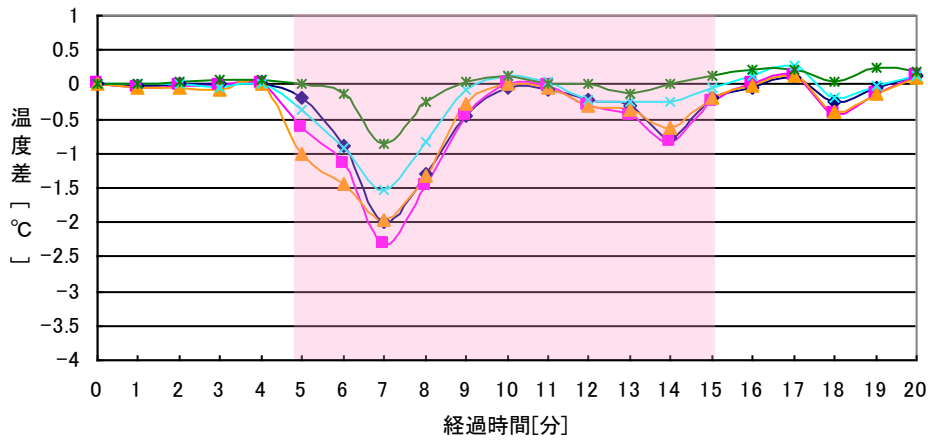
実験 10



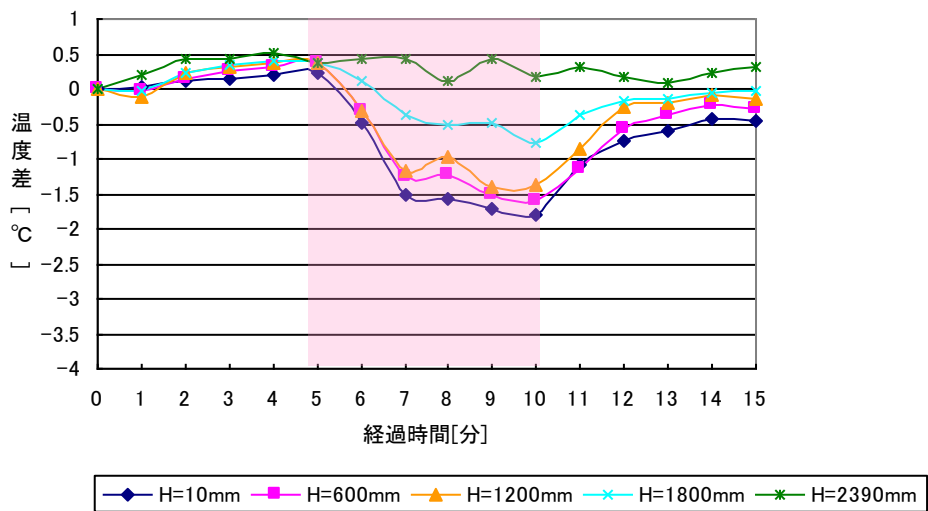
実験 11



実験 12

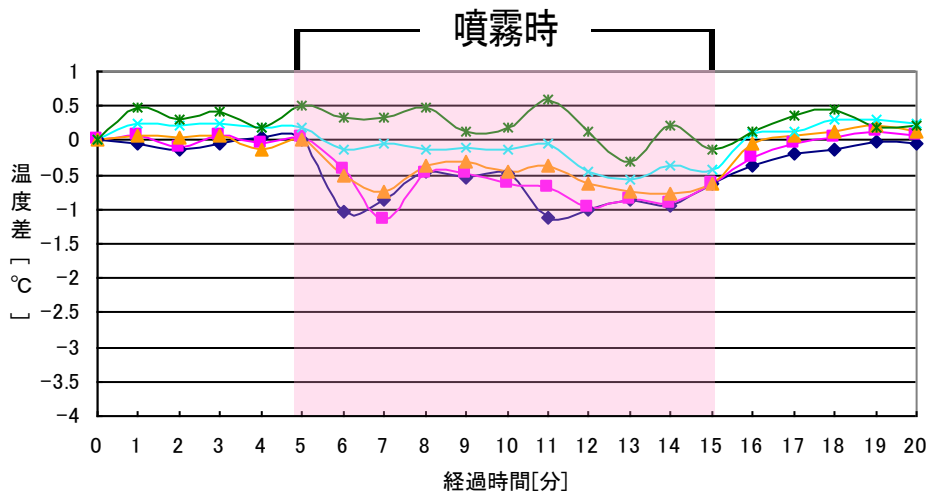


実験 13

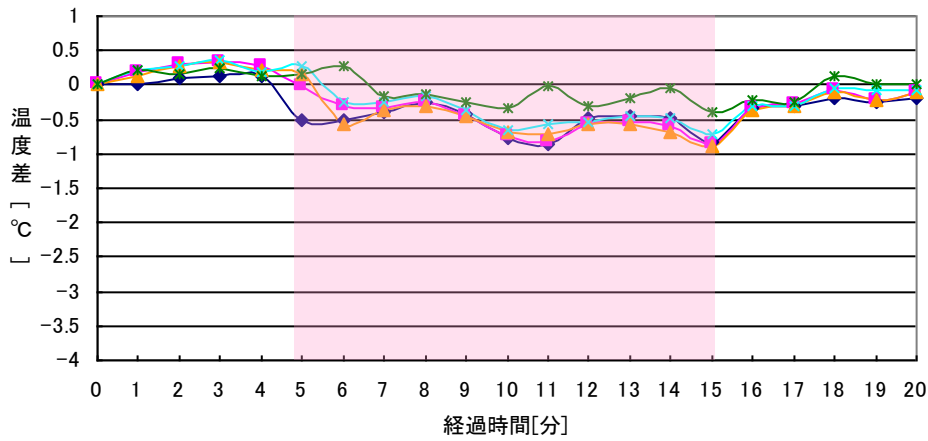




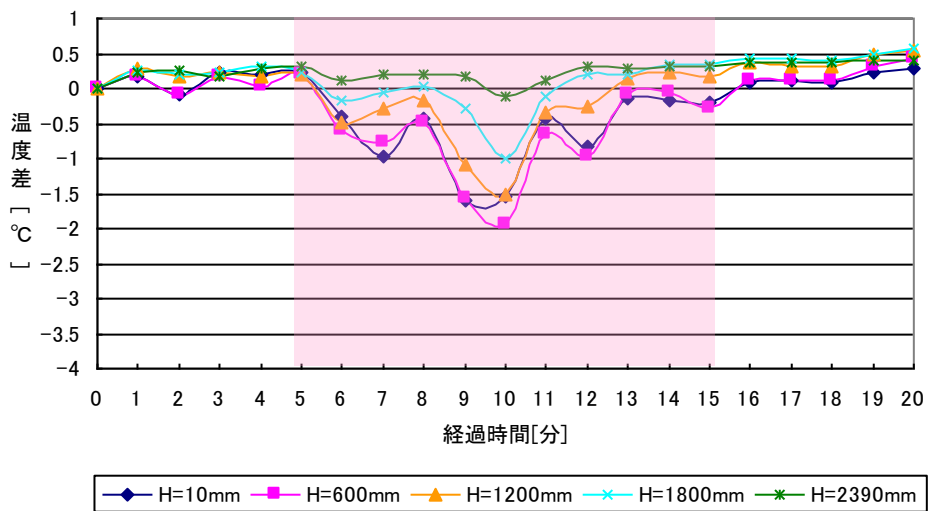
実験 14



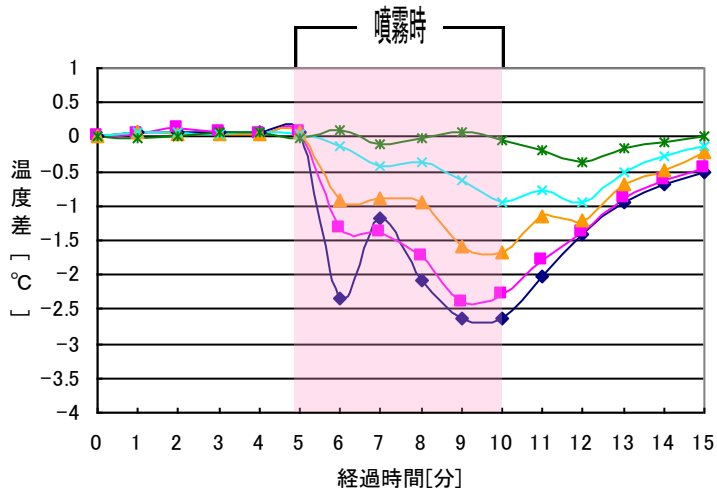
実験 15



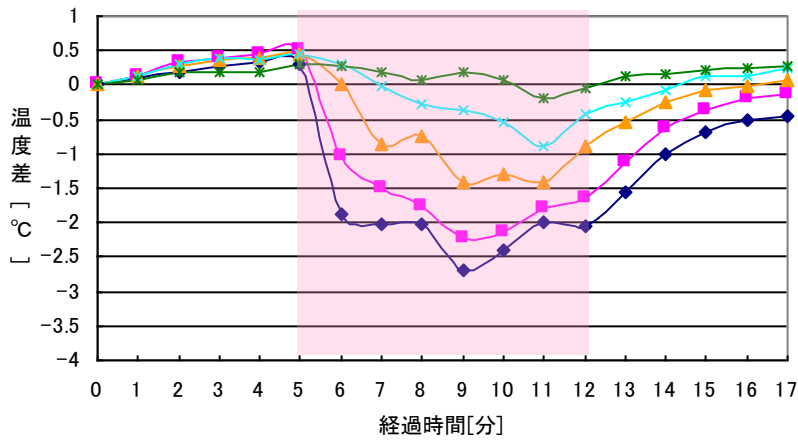
実験 16



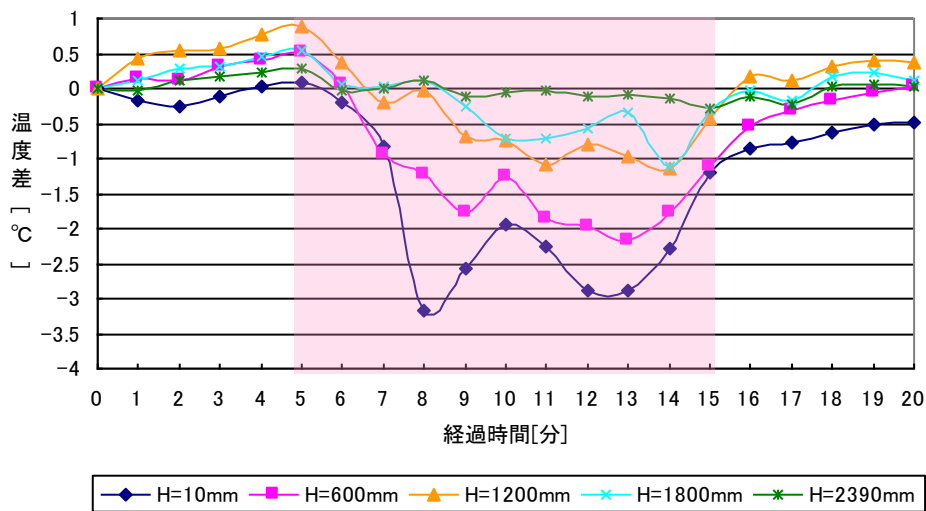
実験 17



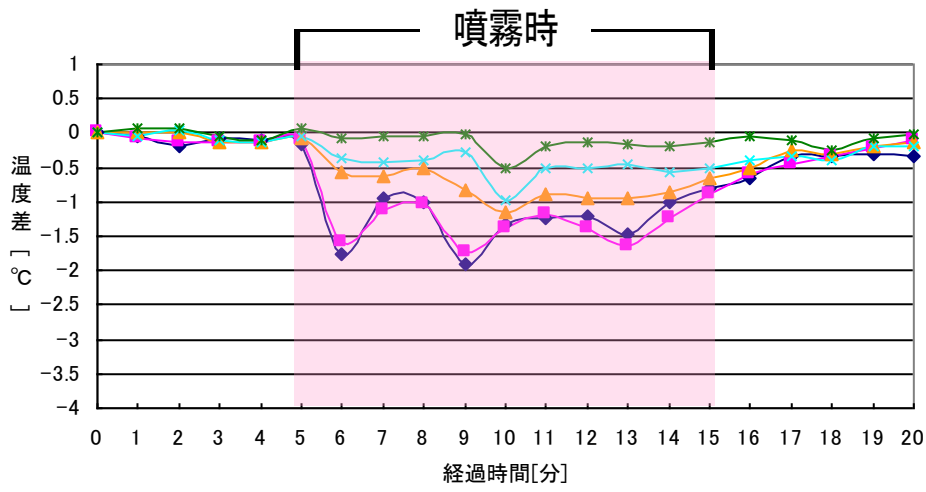
実験 18



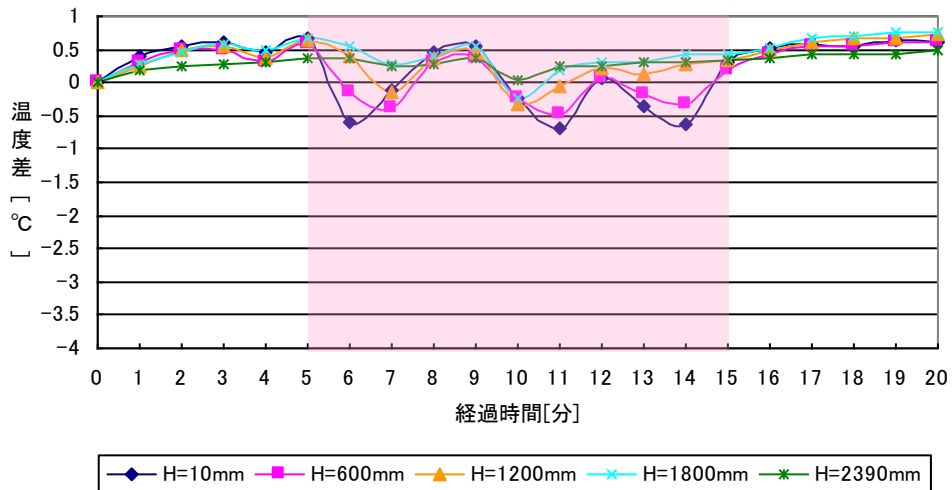
実験 19



実験 20



実験 21



#### 4.2.2 温度降下量

次の式より、床・天井面の表面温を除いた9点で各点の温度降下量を算出する。このとき、H=10mmでの測定値をH=0mm、H=2390mmのものをH=2400mmと扱う。4.2.1の各高さにおける温度変化より、噴霧開始5分後は床濡れの影響が考えられ、噴霧開始3分後までには温度降下が始まっているので、噴霧時の温度は噴霧開始3分後を用いる。

算出した値を下の表に示す。

$$\Delta\theta = \frac{\sum_{i=1}^8 \left\{ \frac{\left( c_i - \frac{a_i + b_i}{2} \right) + \left( c_{i+1} - \frac{a_{i+1} + b_{i+1}}{2} \right)}{2} \right\} \times h_i}{H}$$

$\Delta\theta$  [°C] : ある点での平均温度降下  
 $a$  [°C] : 噴霧前の温度  
 $b$  [°C] : 噴霧後の温度  
 $c$  [°C] : 噴霧開始3分後の温度  
 $h_i$  [mm] : 測定点*i*と*i+1*の間の距離  
 $H$  (=2400) [mm] : 天井から床面までの高さ

各点の温度降下量

	A	B	C	D	E	5点平均
実験1	-1.11°C	-1.17°C	-0.97°C	-0.65°C	-0.96°C	-0.97°C
実験2	-1.34°C	-0.93°C	-0.93°C	-0.83°C	-1.09°C	-1.03°C
実験3	-1.44°C	-1.20°C	-0.97°C	-0.31°C	-1.12°C	-1.01°C
実験4	-1.77°C	-1.23°C	-1.20°C	-0.65°C	-1.21°C	-1.21°C
実験5	-1.92°C	-1.14°C	-1.40°C	-1.41°C	-1.40°C	-1.46°C
実験6	-1.23°C	-0.50°C	-0.50°C	-0.54°C	-0.80°C	-0.71°C
実験7	-2.60°C	-1.94°C	-2.01°C	-1.51°C	-2.29°C	-2.07°C
実験8	-1.95°C	-1.94°C	-2.20°C	-0.95°C	-2.17°C	-1.84°C
実験9	-1.63°C	-1.55°C	-1.43°C	-0.83°C	-1.56°C	-1.40°C
実験10	-1.83°C	-0.57°C	0.08°C	0.05°C	-0.98°C	-0.70°C
実験11	0.22°C	-0.01°C	-0.005°C	0.15°C	0.005°C	-0.08°C
実験12	-1.35°C	-0.90°C	-0.75°C	-0.84°C	-1.17°C	-1.00°C
実験13	-1.23°C	-0.90°C	-0.84°C	-0.81°C	-0.85°C	-0.93°C
実験14	-0.72°C	-0.43°C	-0.19°C	-0.42°C	-0.42°C	-0.44°C
実験15	-0.62°C	-0.41°C	-0.28°C	-0.11°C	-0.44°C	-0.37°C
実験16	-0.48°C	-0.57°C	-0.44°C	-0.17°C	-0.54°C	-0.44°C
実験17	-1.23°C	-0.78°C	-0.84°C	-0.38°C	-1.08°C	-0.86°C
実験18	-1.43°C	-1.09°C	-0.92°C	-0.63°C	-1.42°C	-1.10°C
実験19	-1.52°C	-0.87°C	-0.82°C	-0.49°C	-0.74°C	-0.89°C
実験20	-0.94°C	-0.48°C	-0.22°C	-0.14°C	-0.31°C	-0.42°C
実験21	-0.14°C	-0.25°C	-0.14°C	-0.17°C	-0.30°C	-0.20°C

算出した値を用いて、開口 2：開・閉のみが異なる実験同士で比較していく。ほとんどの組み合わせで開口 2 が開いているときに温度降下が大きい。実験 10 と 19、実験 11 と 20 では逆になっているが、これは実験 19 と 20 の噴霧時の風速が実験 10 と 11 より強かったことが原因だと考えられる。

噴霧時の風速

噴霧開始からの 経過時間(分)	実験10 [m/s]	実験11 [m/s]	実験19 [m/s]	実験20 [m/s]
1	1.3	0.9	2.7	3.6
2	0.9	0.9	1.8	3.1
3	1.3	1.3	1.8	2.2

噴霧距離のみが異なるもの同士で比較すると、ほとんどの実験で噴霧距離 1000mm のときにより良い効果を得られる。実験 6 と実験 12 では逆転が起こっているが、噴霧時の外部気温と湿度が原因だと考えられる。実験 6 では気温が低く湿度が高いので、ミストが有効に働かなかった。

噴霧時の外部気温・湿度

噴霧開始からの 経過時間(分)	実験3 [°C/%]	実験6 [°C/%]	実験12 [°C/%]	実験13 [°C/%]	実験16 [°C/%]
1	29.4/81	29.6/80	30.3/63	30.1/79	28.6/78
2	29.4/81	29.4/81	30.2/65	30.1/79	28.6/78
3	29.6/81	29.4/82	30.3/66	30.1/79	28.7/78

噴霧高さのみが異なるもの同士で比較すると、高くなるほど温度差が大きくなっているが、実験 3 と 6、実験 13 と 16 では逆転が起こっている。実験 13 と 16 では、噴霧時の湿度はほぼ同じだが実験 13 の噴霧時の気温が高かったため、実験 16 より温度降下が大きかった。

噴霧角度のみが異なるもの同士で比較すると、水平方向が効果的だが、実験 16～18 では-90° 噴霧のときに最も温度が下がっている。これは開口 2 が閉のとき、開口部の気流が下から入って上から出て行くようになっているためと考えられる。実験 13～15、実験 19～21 にも同じことが当てはまる。

#### 4.2.3 垂直温度分布

5 点平均の温度降下量が 1°C を超える実験の A~E 点の垂直温度分布を示す。

縦軸は高さ[mm]、横軸は温度[°C]を表している。

5 分噴霧は噴霧前・噴霧開始 3 分後・噴霧終了後

7 分噴霧は噴霧前・噴霧開始 3・6 分後・噴霧終了後

10 分噴霧は噴霧前・噴霧開始 3・6・9 分後・噴霧終了後の温度を用いる。

全ての実験で A 点は温度降下しているが、D 点はあまり温度降下していない。特に開口 2 を閉めている実験ではほとんど変化していない実験が多い。

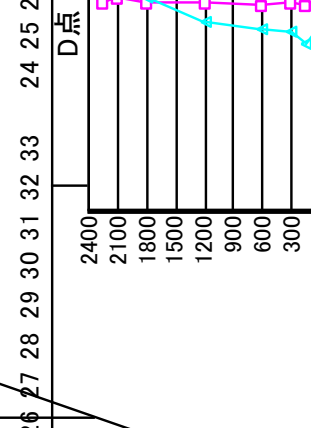
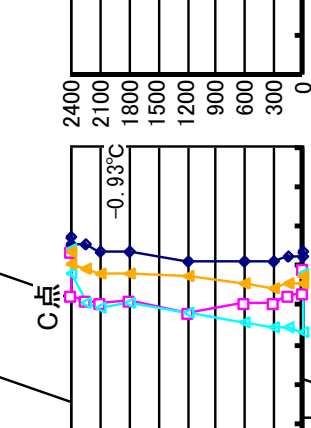
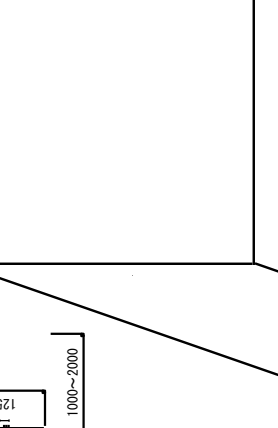
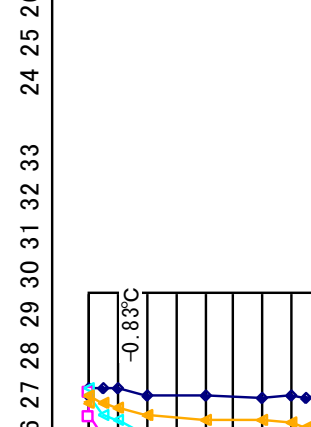
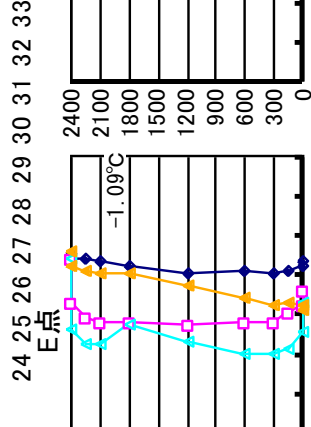
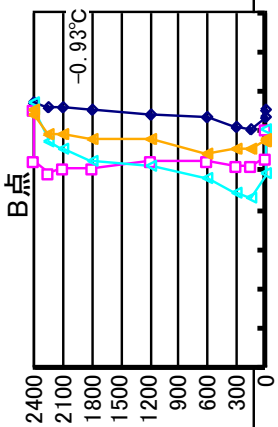
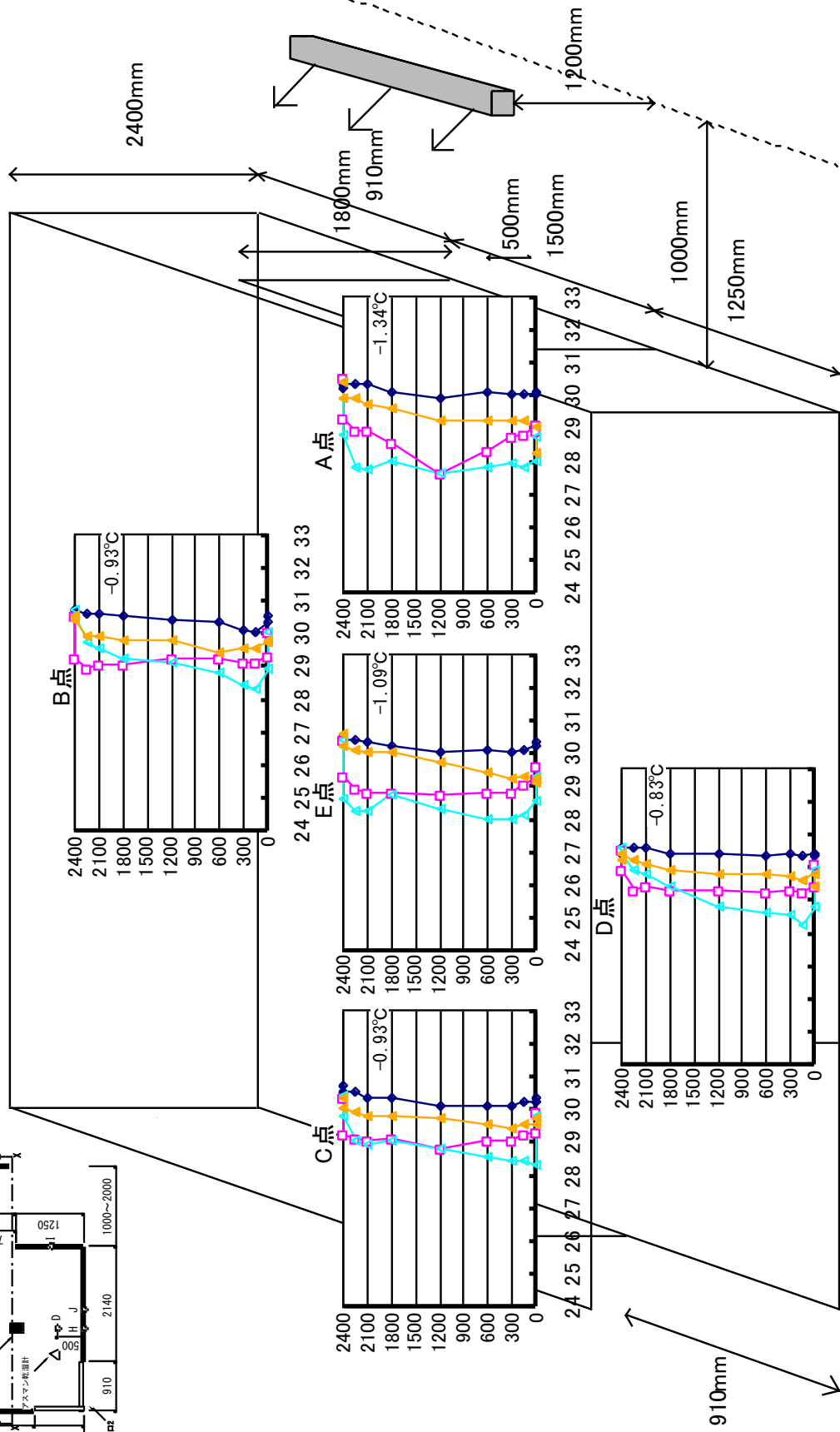
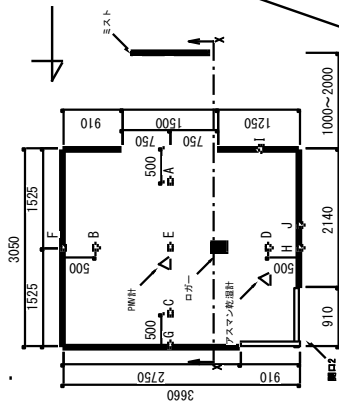
室内のミストの動きは、まず A 点にいきそこから E・B 点を主として広がり、D 点に届く前に蒸発してしまっている。これは D 点が噴霧位置から離れていて、噴霧方向の直線上にないからだと考えられる。

開口 1 の中心からの直線距離では C 点の方が遠いが、D 点よりも温度降下が大きいことが多い。

このことから垂直方向の角度だけでなく、水平方向の角度も変化させて噴霧すれば、部屋全体を冷やすことができるようになる。

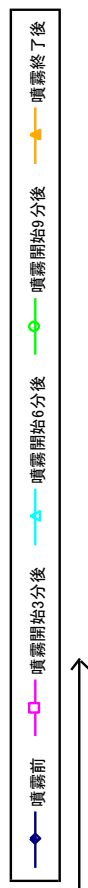
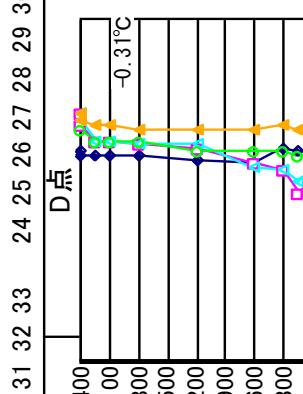
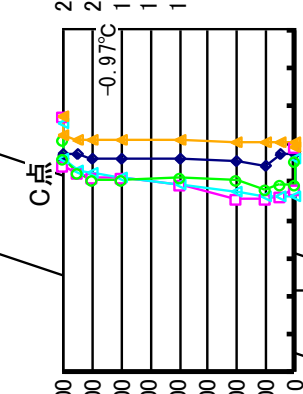
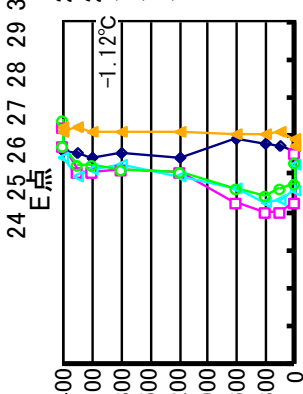
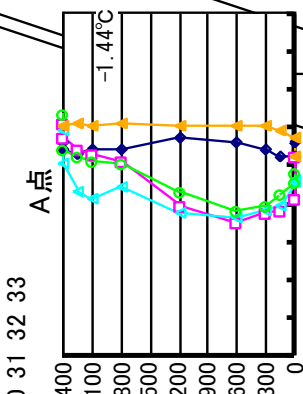
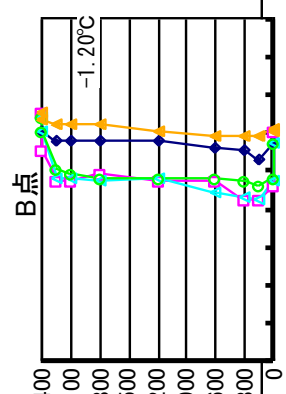
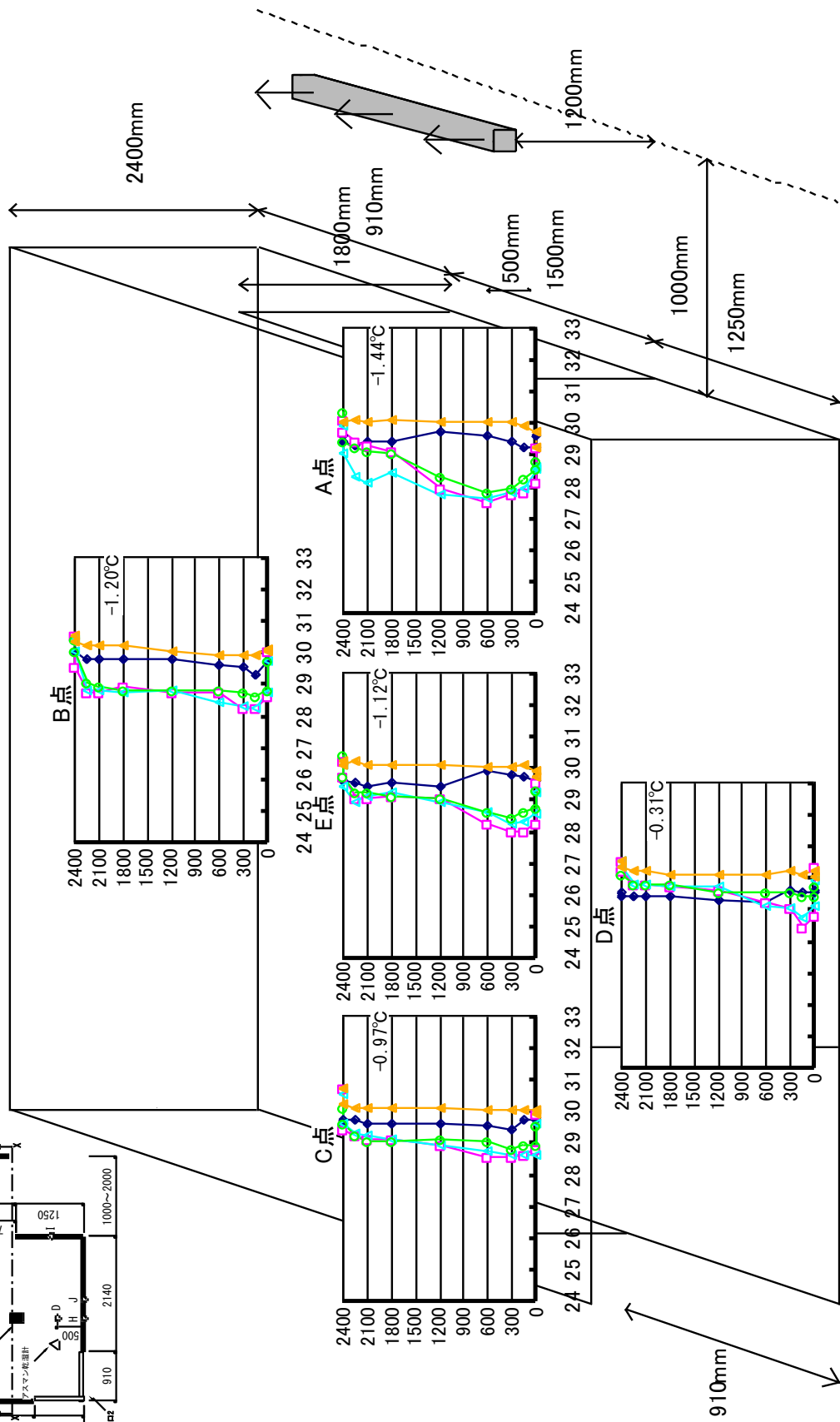
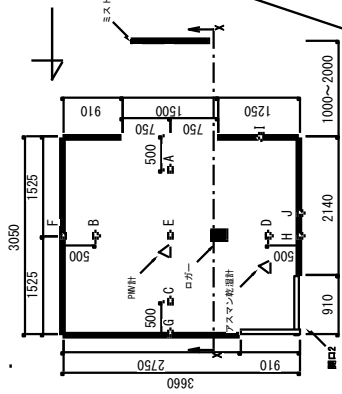
# 実験2 開口2: 開 d=1000mm h=1200mm 45° 7分噴霧

外部気温 29.8°C  
平均温度変化 -1.03°C



# 実験3 開口2:開 d=1000mm h=1200mm 90° 10分噴霧

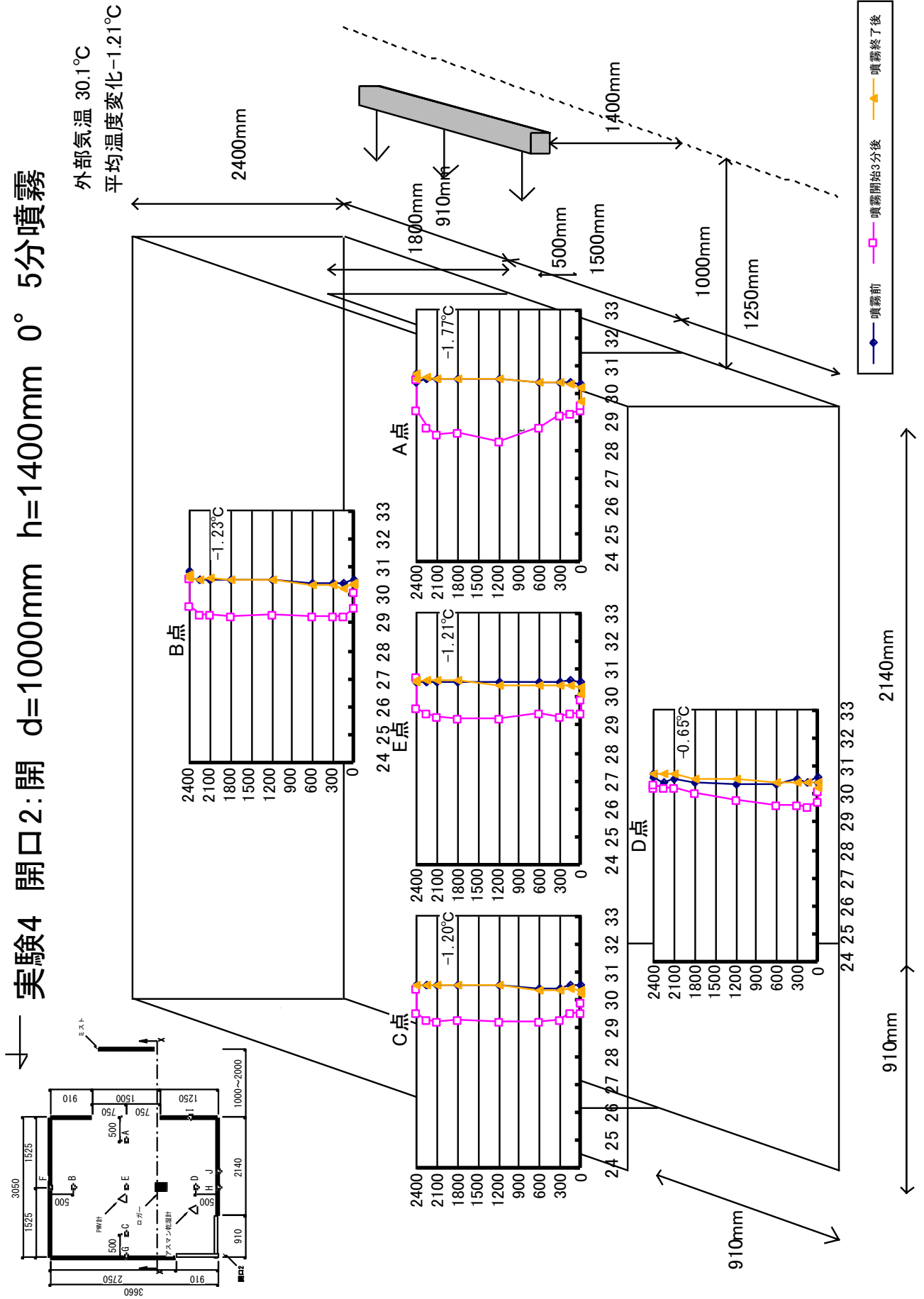
外部気温 29.6°C  
平均温度変化-1.01°C





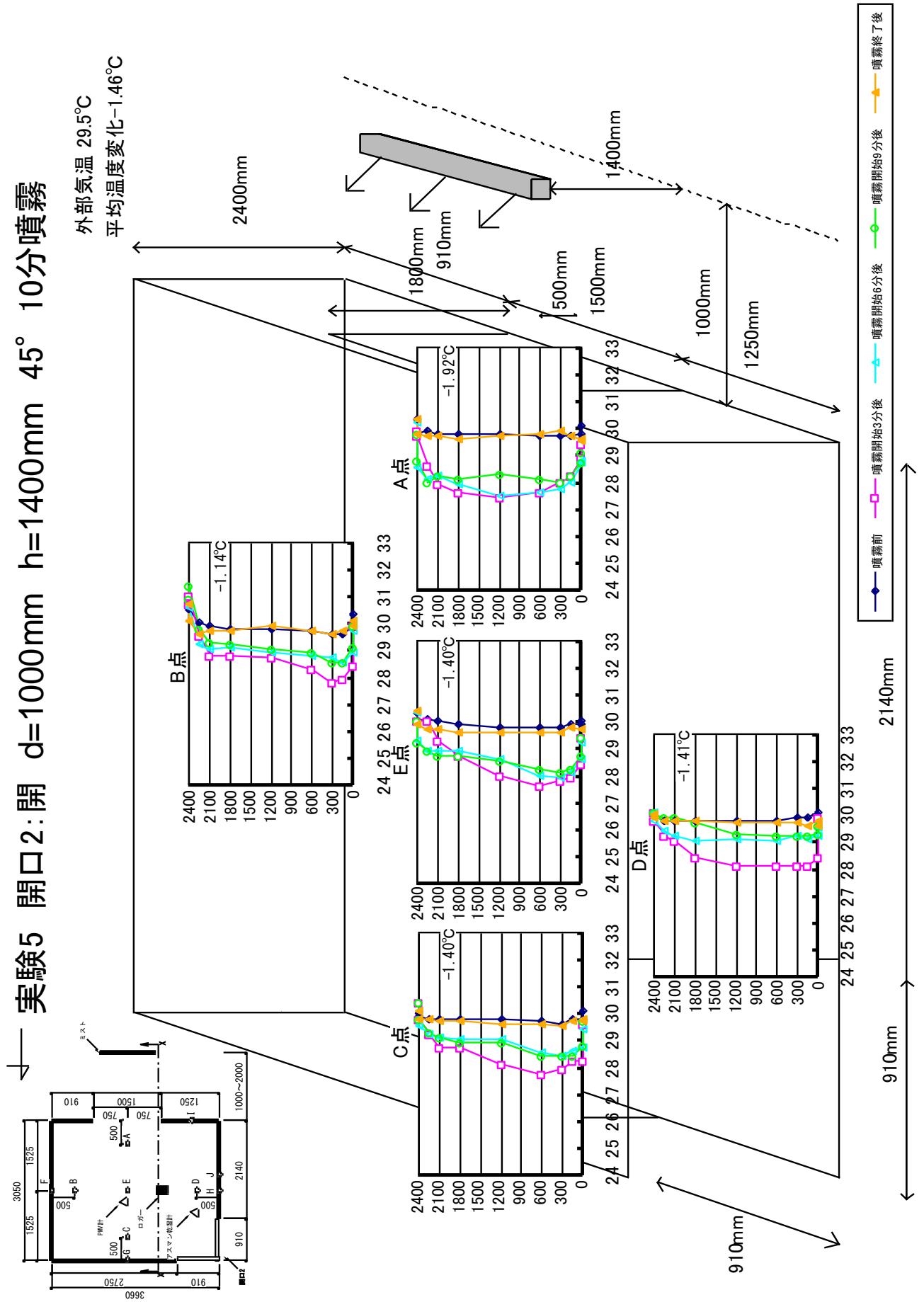
# 実験4 開口2:開 d=1000mm h=1400mm 0° 5分噴霧

外部気温 30.1°C  
平均温度変化 -1.21°C



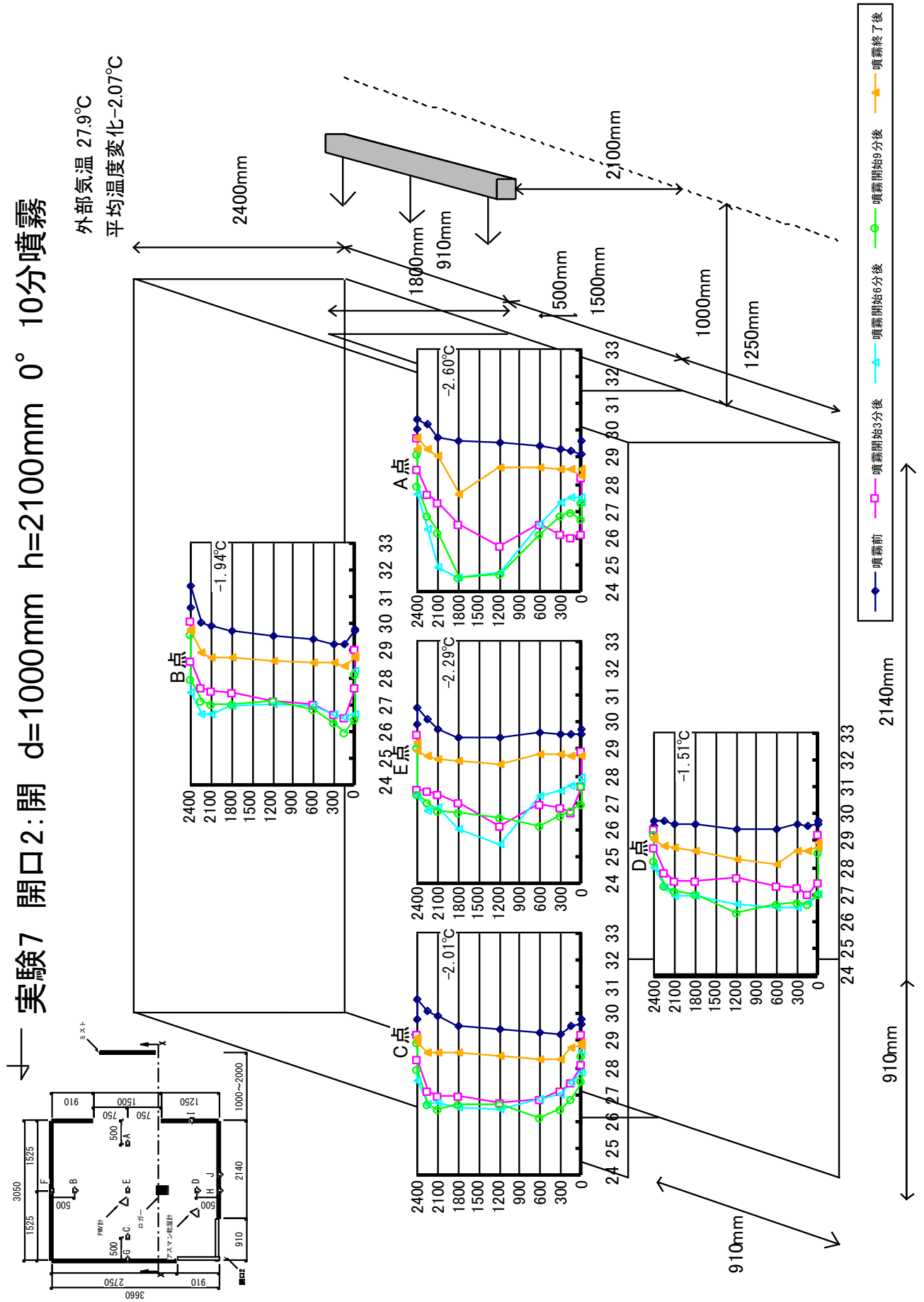
# 実験5 開口2:開 d=1000mm h=1400mm 45° 10分噴霧

外部気温 29.5°C  
平均温度変化 -1.46°C

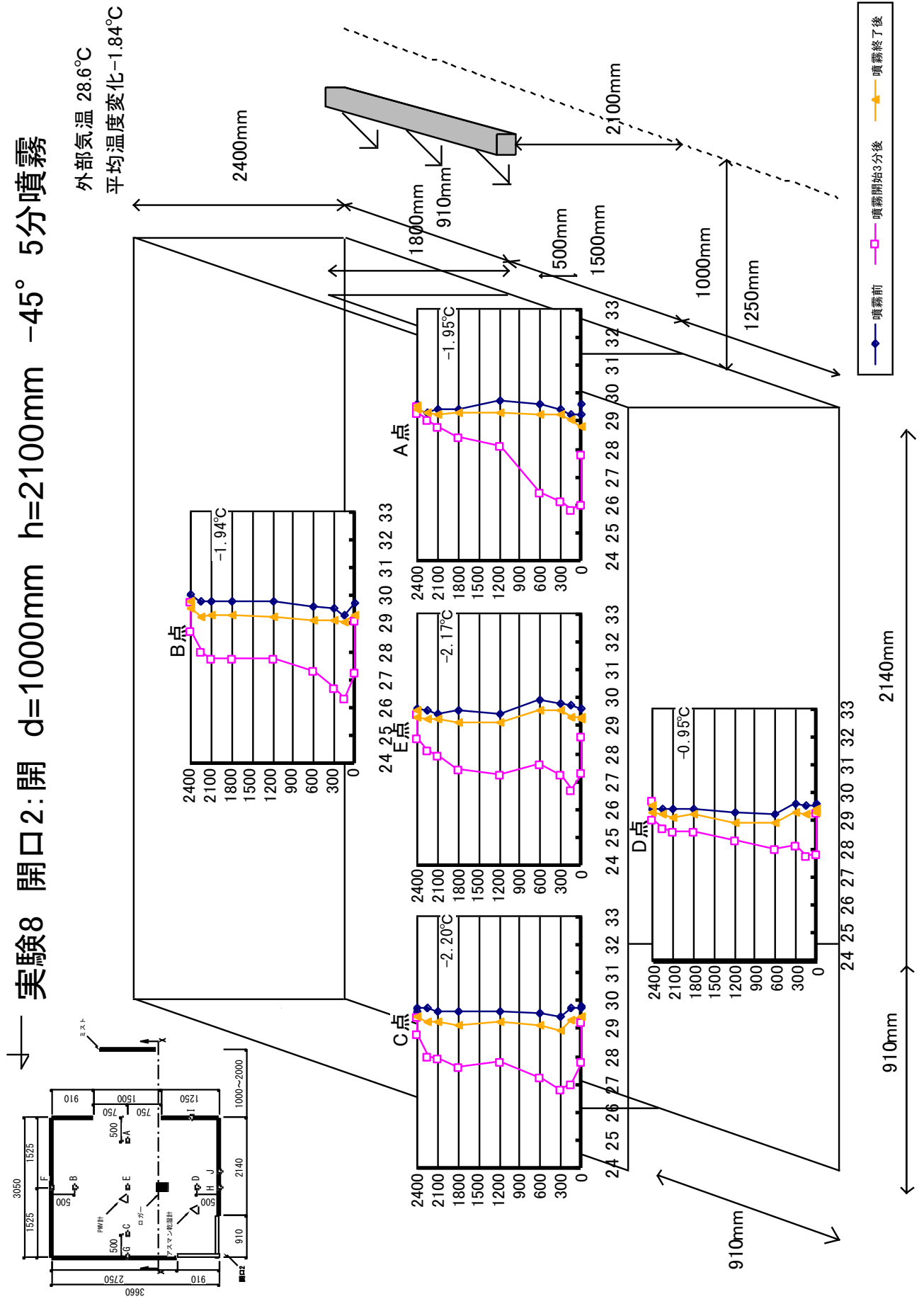


# 実験7 開口2:開 d=1000mm h=2100mm 0° 10分噴霧

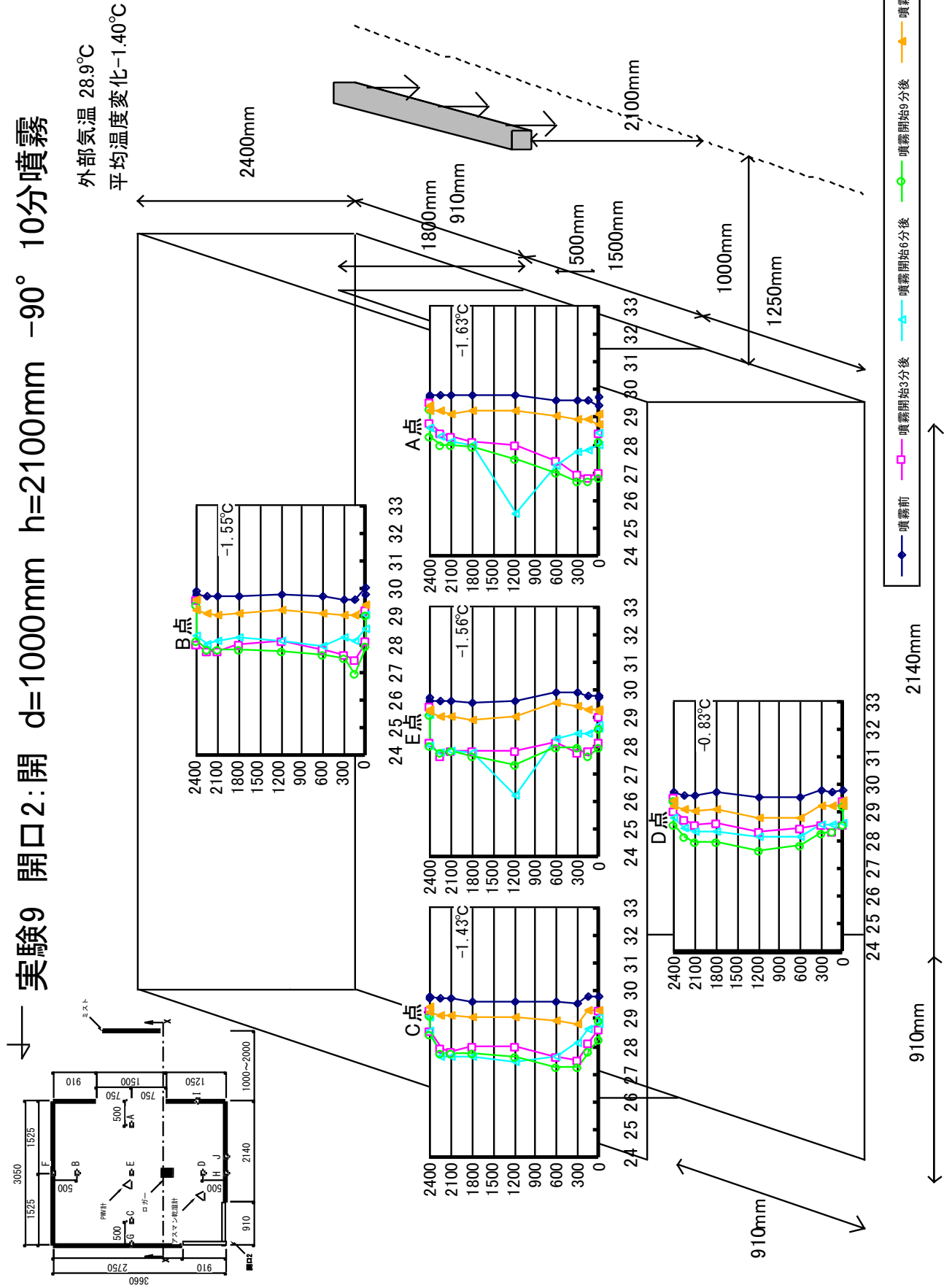
外部気温 27.9°C  
平均温度変化 -2.07°C



# 実験8 開口2:開 d=1000mm h=2100mm -45° 5分噴霧

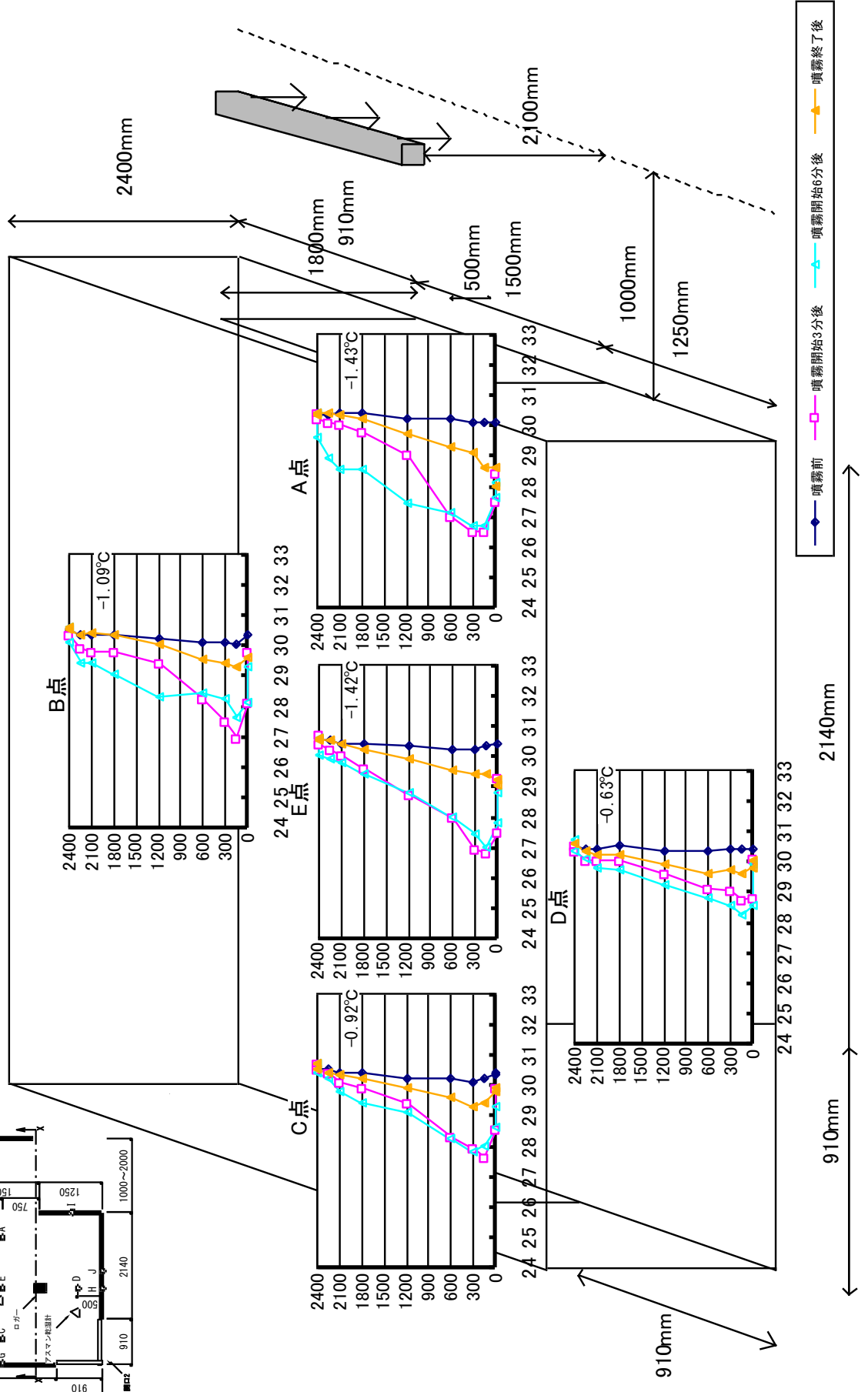
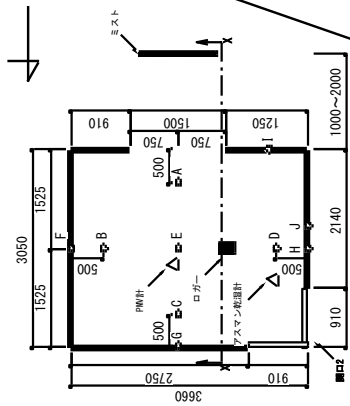


# 実験9 開口2:開 d=1000mm h=2100mm -90° 10分噴霧



# 実験18 開口2:閉 d=1000mm h=2100mm -90° 7分噴霧

外部気温 29.2°C  
平均温度変化 -1.10°C



#### 4.2.4 偏差

次の式より、5点平均の温度低下量が1°Cを超えている実験における各点の偏差を求める。  
求めた値を下の表に示す。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 \left\{ c_i - \frac{(a_i + b_i)}{2} \right\}^2}{9}}$$

σ : 偏差  
 a[°C] : 噴霧前の温度、  
 b[°C] : 噴霧後の温度  
 c[°C] : 噴霧開始3分後の温度

各点の偏差

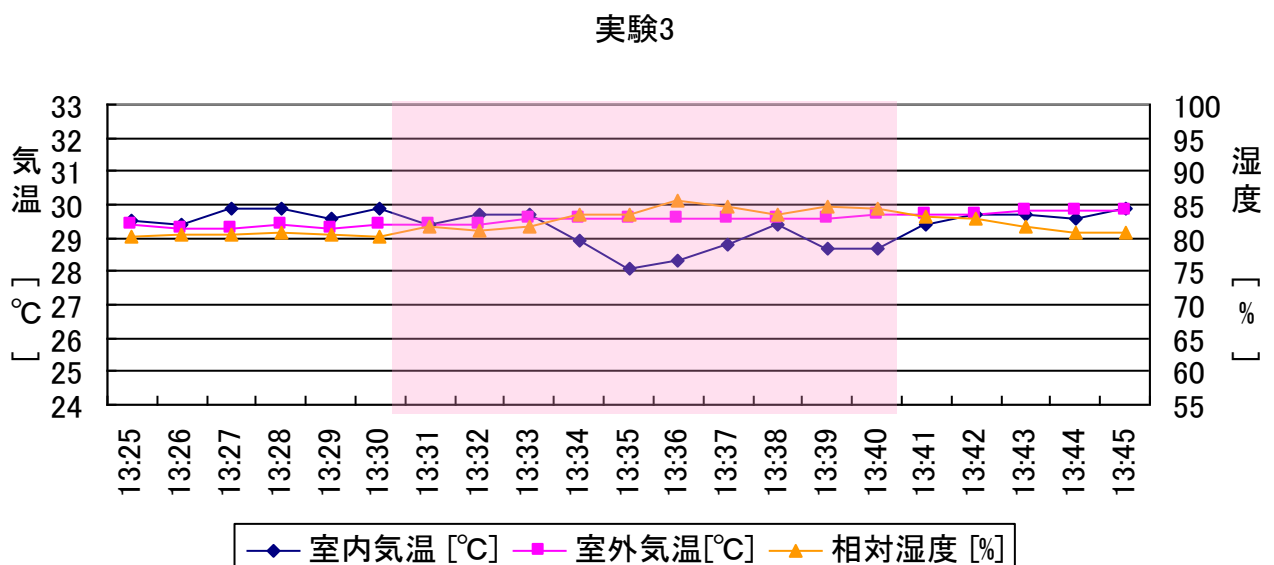
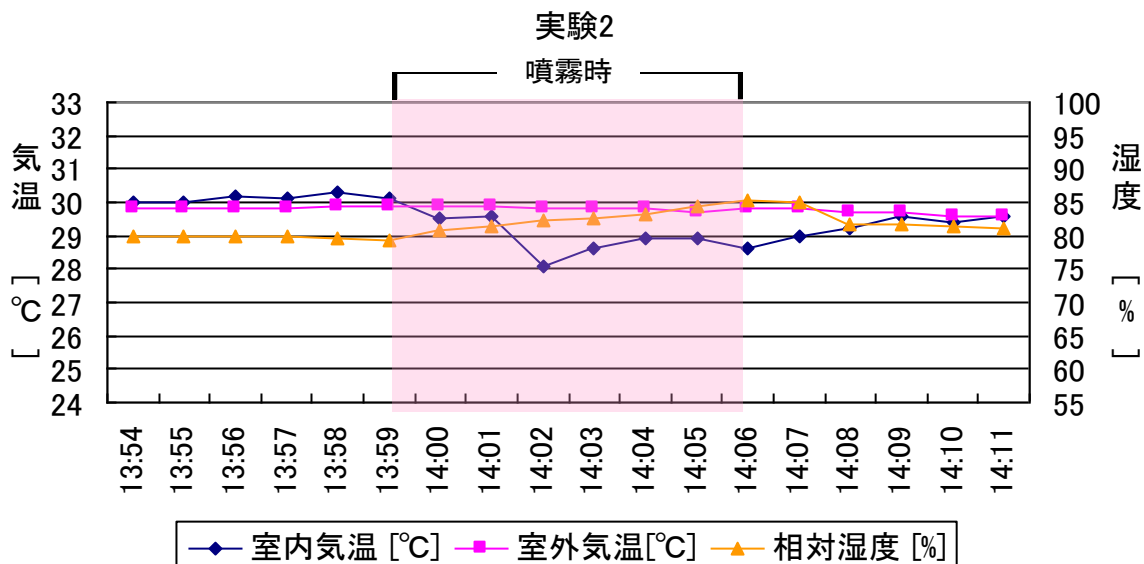
	A	B	C	D	E	5点平均
実験2	1.17	1.01	0.91	0.83	1.05	0.99
実験3	1.44	1.22	0.97	0.68	1.29	1.12
実験4	1.62	1.19	1.14	0.66	1.17	1.15
実験5	1.69	1.26	1.35	1.35	1.42	1.41
実験7	2.49	1.95	1.89	1.58	2.19	2.02
実験8	2.29	2.05	2.32	1.13	2.38	2.03
実験9	1.72	1.61	1.40	0.85	1.58	1.43
実験18	1.83	1.49	1.23	0.81	1.80	1.43

実験7の平均温度変化は最も大きくなっているが、平均偏差を見るとこれも大きくなっているため、偏差が小さいほうが良いとすると適した噴霧条件とは言えない。同様に実験8、18もA,E点の偏差が大きくなっている。実験8は噴霧開始5分後、実験18は噴霧開始7分後に床濡れが発生したため、噴霧を終了している。実験8と18の垂直温度分布から、低い位置での温度が下がっているということがわかる。それによって、床濡れの発生につながるため適した噴霧とはいえない。

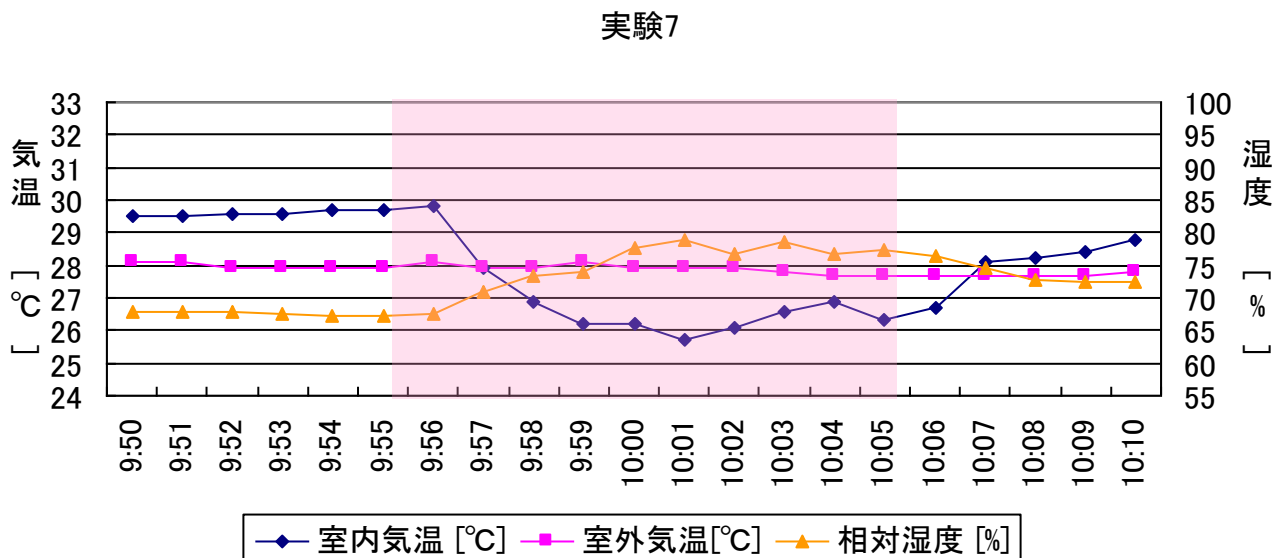
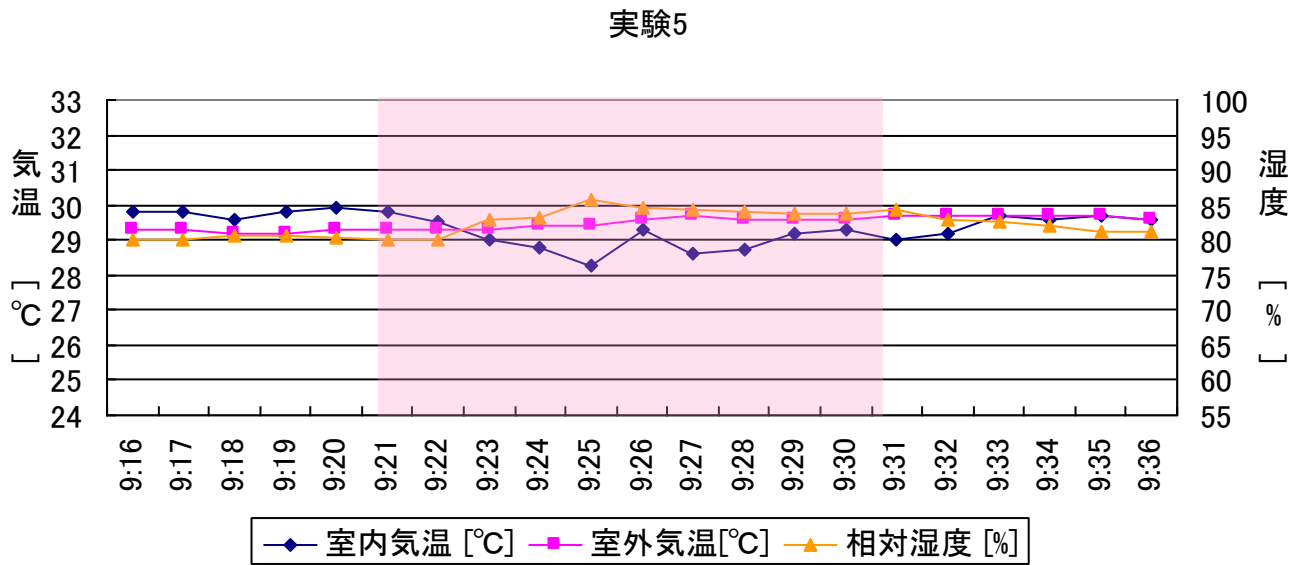
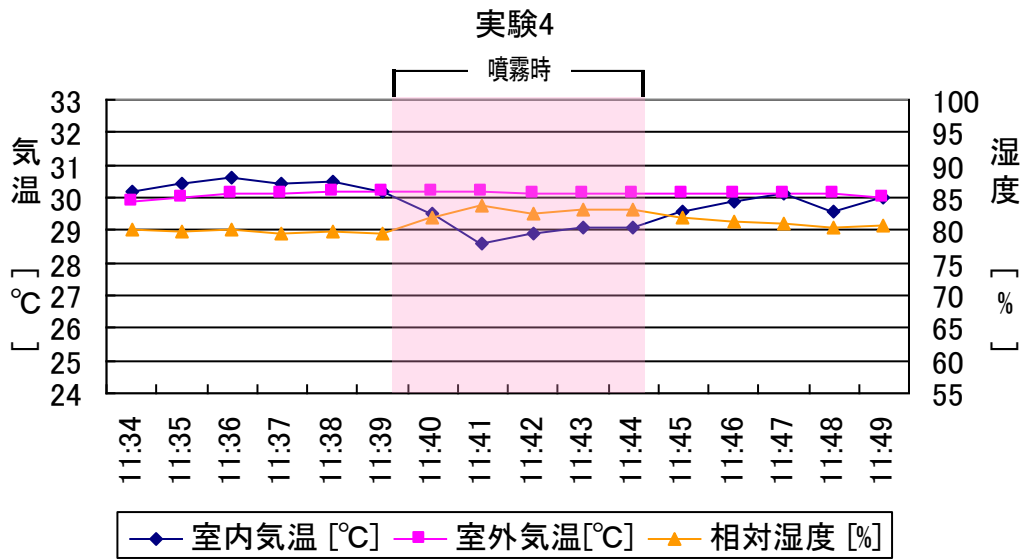
実験9は高さ2100mmの噴霧の中では最も良い。実験2や実験4の垂直温度分布から高さの違いによる温度のばらつきが無く、よく温度が下がっているのがわかるように、実験2~5は適した噴霧と言える。

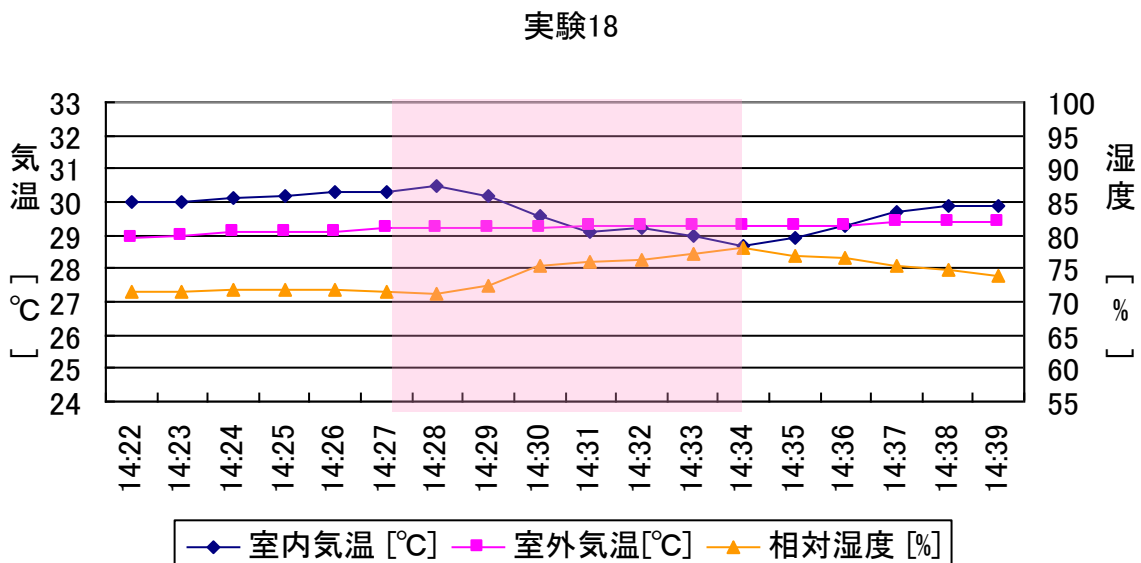
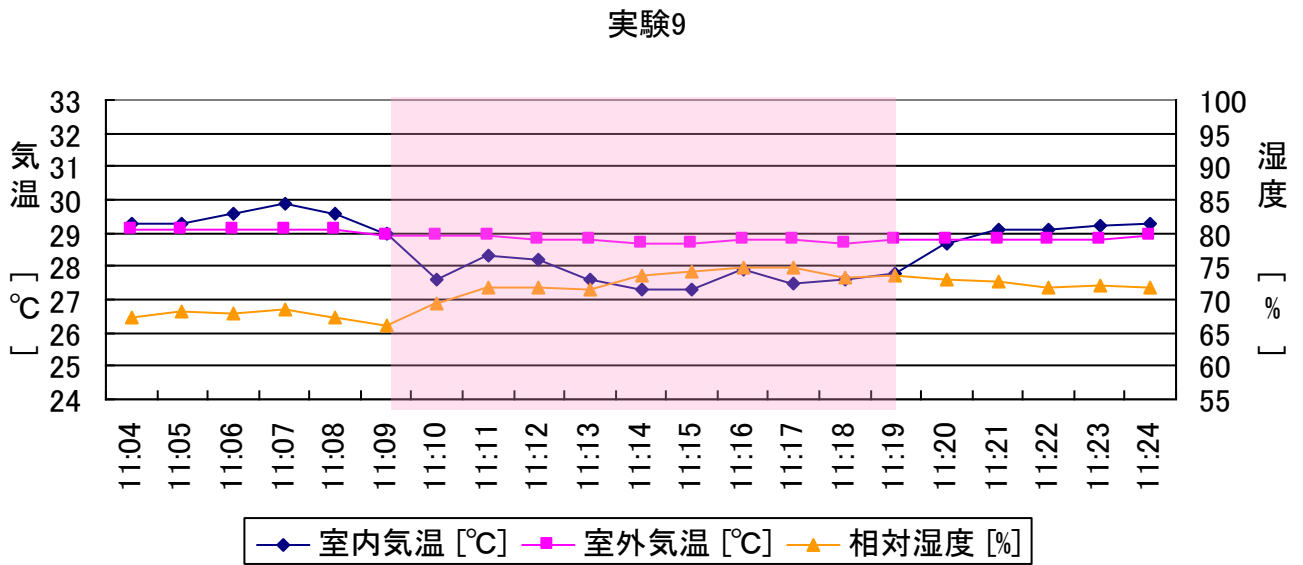
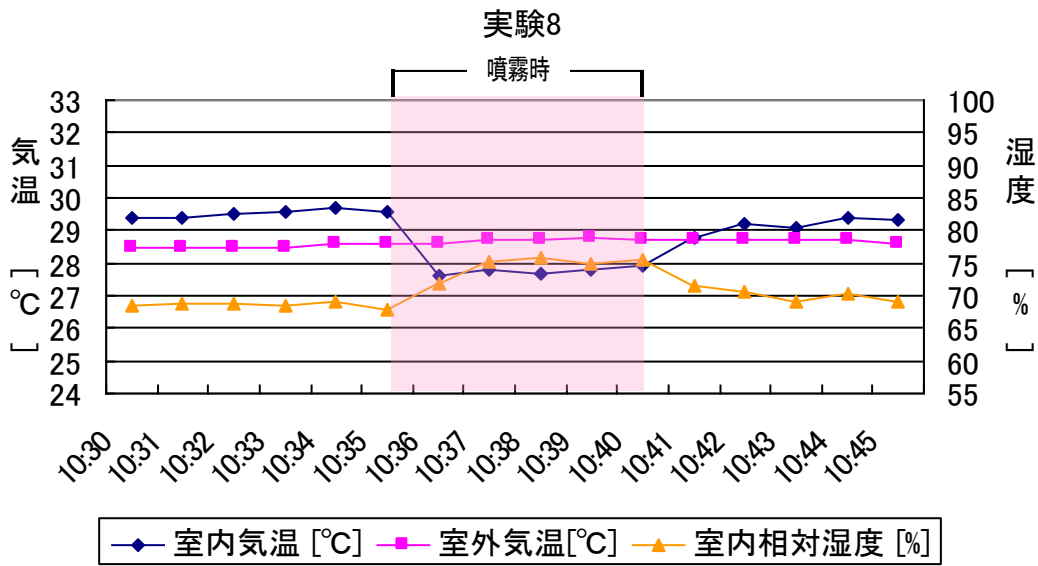
### 4.3 相対湿度

温度が降下すると湿度が上昇するので、噴霧時の室内外気温と室内の相対湿度の時間変化をグラフに示した。5点平均の温度降下量が1℃を超えている実験2～5、7～9、18を扱う。湿度上昇は4%～11%の間に収まっている。湿度がもっとも上がっている実験は実験7で10%以上上昇している。この点から見ても実験7が適した噴霧ではないことがわかる。実験2～5では湿度の上昇は5%前後となっているので適した噴霧といえる。実験8,9,18は7%前後上昇している。









## 第五章 まとめ

- 家庭でミストを使用するときは開口部を2つにして、噴霧距離 1000mm、高さ 1200mm (45° ,90° )・1400mm(0° ,45° )・2100mm(-90° )で噴霧すると効果的である。
- ミストは風などの外部気象の影響を受けやすく、風が部屋を通り抜けると効果が増すことがわかった。
- 水平方向の角度も変えて実験を行う必要がある。
- 温度降下が大きくても床が濡れてしまい、実際には使えない状況になってしまった例が多く、濡れそうになったら停止する条件で、噴霧効果を検証する必要がある。

## 参考文献・引用

- 1) 渡辺明美 「家庭用ドライミストの効果測定」 2007 辻本研卒業論文
- 2) 日花弘子 「EXCEL 統計解析」 H18.9
- 3) GMM テック <http://www.gmmtech.co.jp/>