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

東京理科大学　工学部　第一部　建築学科

辻本研究室

加藤　史郎

目次

第 1 章　背景･目的

1.1　研究背景

近年、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスの過剰排出による地球の温暖化が、世界的に問題となっている。そこで、1997 年度に京都議定書により世界各国の温室効果ガス排出量の削減目標が制定され、日本でも 2008 年から 2012 年の間に 1990 年を基準とし、マイナス 6%を目標に、様々な対策が行われている。また、2012 年度以降の目標としてポスト京都議定書についての協議も現在進められている。

そこで、その対策のひとつとして注目されているのが、本研究の対象となるドライミストである。ドライミストは低エネルギーで空気を冷却し、設置建物だけでなく、その周辺建物の空調負荷を抑えることも可能なので、ヒートアイランド現象の緩和に繋がると考えられている。2005 年度には愛知万博において公共の場で初めて大規模に噴霧され、その後様々な公共施設に設置されている。近年は家庭用のドライミスト装置の開発も進められている。

1.2　研究目的

2006 年度、家庭用ドライミスト装置が開発され、その実用化に向け、これまで様々な研究が行われてきた。それらの研究で行われた実験は、住宅メーカーの実験住宅や、実際の住宅で行われたものであり、外部風や日射などがミストの噴霧効果に影響を与えていた。特に外部風は、常に変動するものであるため、測定結果からミストの噴霧効果を精密に分析することが困難となっていた。

そこで本研究では、無風状態を仮定した空間で実験を行うことにより、その温度変化などの測定結果から、精密な分析を行うことを目的とした。また、その分析結果を有風条件下でのドライミストの噴霧効果を分析をする際の基礎的資料とすることを目的としている。

第 2 章　家庭用ドライミストについて

2.1　ドライミストとは

ドライミスト装置とは、植物の蒸散量(クスノキ林の蒸散量　7.5cc/分/㎡)に相当する細かい水の粒子を噴霧し、その水の粒子が蒸発する際に蒸発潜熱として空気中から熱量を奪うことにより、空気を冷却する装置である。エアコンに比べ、非常に低エネルギーで作動し、半屋外空間の環境の温冷感を『暑い』から『少し暑い』へとシフトすることを目的としている。また、水の粒子は 16μm[1)]となっており、ミストに顔が触れても化粧落ちしないということを性能目標としている。

2.2　家庭用ドライミスト装置

2.2.1　高圧ポンプについて

超磁歪素子ポンプ　ＧＭＭＰ－M6〈図 2.1〉

ＧＭＭテック　株式会社

電源　　ＡＣ100Ｖ　50～60Ｈｚ

電力　　150W以下

重量　　9.2Ｋｇ

寸法　　本体部　φ102ｘ246ｍｍ

吐出圧力　5.5MPａ以上（流量 0）

流量　　300ｃｃ以上（無負荷）

ポンプはＧＭＭテック社製の超磁歪素子ポンプＧＭＭＰ－M6 を用いた。ポンプに電気が流れることで、コイルによる磁界が発生し、それにより超磁歪材料が弾性変形することで、6MPａという圧力を発生させている。本ポンプは、高圧ポンプとしては小型で軽量であり、家庭に設置するのに適しているが、ポンプ稼動時の騒音や振動という未解決の問題もある。

図 2.1　高圧ポンプ

1)フランホーヘル解析法により粒径分布を求め、その平均粒径としてザウダー平均値とし表した

2.2.2 高圧ホースについて

PTFE ホース(ステンレス鋼製オーバーブレード)〈図 2.2〉

Swagelok 社

ホース内径	4.8mm
最高使用圧力(20℃にて)	20.6MPa
最小破裂圧力(20℃にて)	82.6MPa

図 2.2 高圧ホース

高圧ホースは Swagelok 社製のテフロンホースを使用した。本製品は、高圧の流体が流れても破裂しないように、テフロンホースの周囲をステンレス鋼で補強したものとなっている。園芸用などに用いられる常圧ホースの最高使用圧力が 0.5MPa 程度であるのに比べ、本製品は非常に大きな圧力にも耐えうるものとなっている。

2.2.3 ノズルについて

一流体ノズル　KSN0.3A(CV)〈図 2.3〉

株式会社　共立合金製作所

ステンレス鋼製

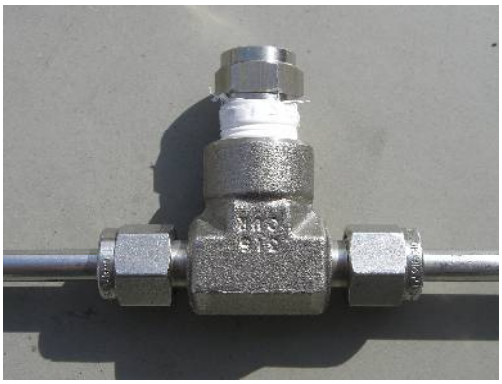

図 2.3 ノズル

ノズルは一流体ノズルを使用した。6MPa という圧力のかけられた水を、このノズルに通すことにより粒径 0.16μm という非常に小さな粒子となり、ミストを噴霧することが可能となる。

第 3 章　実験計画

3.1　実験概要

無風状態において居室レベルの空間に対して噴霧角度、高さ等の諸条件を変化させ、ドライミストの噴霧を行い、室内の温湿度変化を測定する。

今回の実験は実験住宅で行われた実験でのミストの噴霧方法と同条件もしくは模擬して実験を行った。

3.2　実験場について

本実験は、東京理科大学火災科学研究センター実験棟(図 3.1,図 3.2)(床面積約 1000 ㎡、天井高さ約 18m)で行った。本実験棟は床面積約 1000 ㎡、天井高約 18mの大規模空間となっている。実験棟の開口部を全て閉鎖し、外部風が吹き込まない状態にすることで、実験棟内を無風状態であると仮定した。

ドライミストの噴霧は、本施設内に設けられた約 6 畳の居室を仮定したルームコーナー試験装置に対して行った。室内には家具等は設置せず、測定用のポールを設置した以外は測定器具のみを設置した。部屋の平面図,断面図を図 3.3,図 3.4 に、外観.内観写真を図 3.5,図 3.6 に示す。測定器具として、図 3.3,図 3.4 の赤丸の点に熱電対を、青丸の点に温湿度計を設置し、開口部の床面から高さ 500mmの点に濡れ感知センサーを設置した。

図 3.1　火災科学研究センター実験棟外

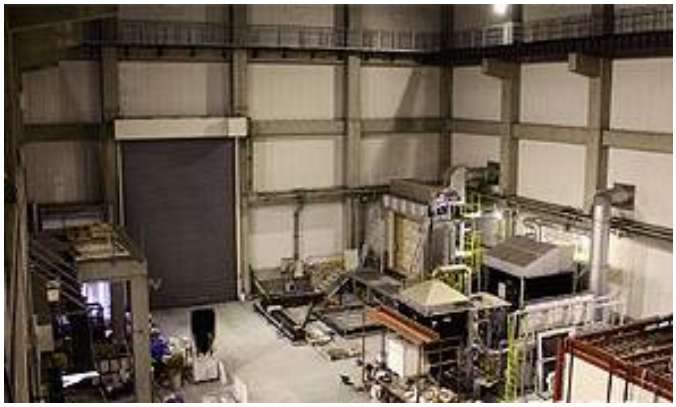

図 3.2　火災科学研究センター実験棟内観

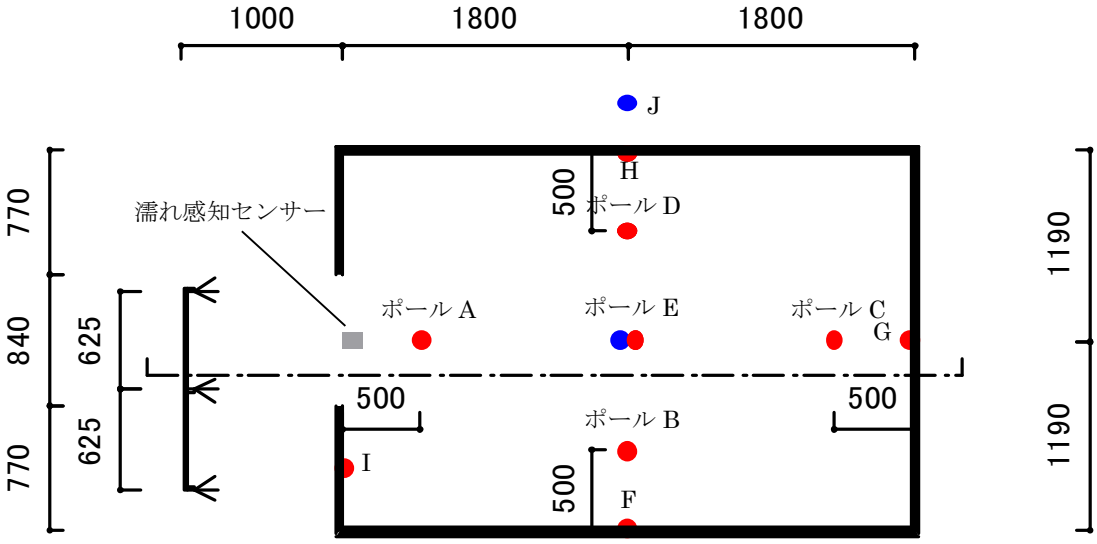

図 3.3　実験空間平面図

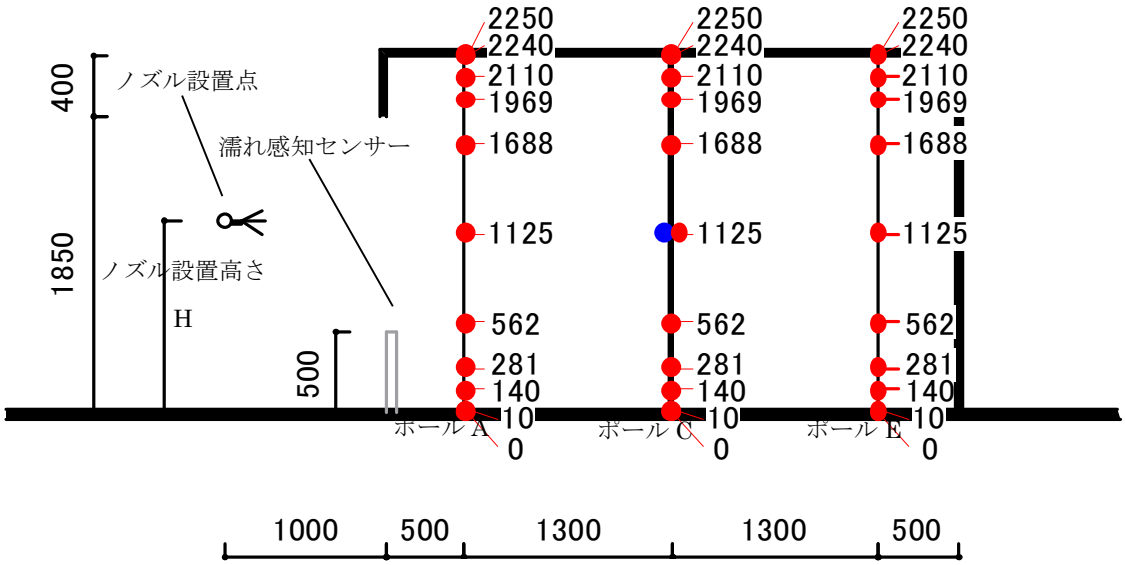

図 3.4　実験空間断面図(X-X’)

熱電対設置点

温湿度計設置点

図 3.5　実験空間外観

図 3.6　実験空間内観

3.3 測定器具について

3.3.1 熱電対

高速型多点分散データロガー3060A

サーモダック 6〈図 3.7〉

江藤電気株式会社

測定範囲

-254℃～400℃

測定精度

±0.05%rdg,±5.0℃(-254~-250℃)

±0.05%rdg,±1.7℃(-250~-150℃)

±0.05%rdg,±0.3℃(-150~0℃)

±0.02%rdg,±0.2℃(0~400℃)

分解能

0.1℃

入力ステーション 3002A〈図 3.8〉

江藤電気株式会社

図 3.7 データロガー

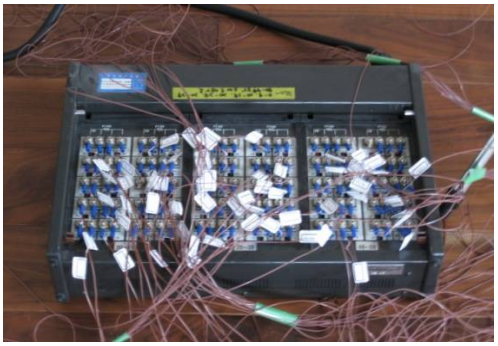

図 3.8 入力ステーション

熱電対の設置は図 3.9,図 3.10 のようにポールに固定して設置した。設置高さはポール A～E にそれぞれ高さ 0,10,140,281,562,1125,1688,1969,2110,2240,2250mm として設置し、壁面にも高さ 1125mm の高さで F~I 点に設置し、計 59 点で測定を行った。

図 3.9 熱電対設置写真

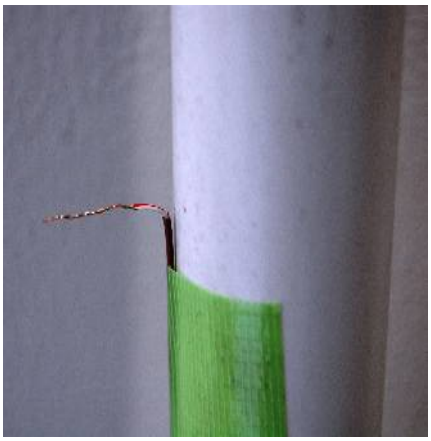

図 3.10 熱電対拡大写真

3.3.2 温湿度計

おんどとり Jr.　RTR－53〈図 3.11〉
株式会社テイアンドデイ

図 3.11　温湿度計

測定範囲
　温度　0～55℃
　湿度　10～95%RH
測定精度
　温度　平均±0.3℃
　湿度　±5%RH(25℃ 50%RH に於いて)
分解能
　温度　0.1℃
　湿度　1%
使用センサー
　温度　サーミスタ
　湿度　高分子湿度センサー
時定数
　約 7 分

温湿度計は部屋の中心部である室内の E 点と、ミストの噴霧による温湿度の変化の影響を受けないと考えられる室外の J 点の高さ 1125mm の計 2 点に設置し、測定を行った。

3.4 実験条件

3.4.1 各実験の噴霧条件

ドライミストを噴霧するノズルは開口部から距離 1mの位置に設置した。それぞれの実験における噴霧条件を表 3.1 に示す。噴霧角度については次頁の図 3.12,図 3.13 に示すとおりである。

実験 1～6 は連続噴霧実験とし、ミストの噴霧は断続的に行うものとした。噴霧時間は実験住宅で行われた実験 2)での、同噴霧条件において目視により床濡れが確認された時間より決定した。これは、噴霧時間を最大 10 分とし、目視により床濡れを確認次第、噴霧停止とする予定であったが、床仕上げがフローリングでなく木材であったため、同基準での目視による床濡れ確認が困難であったためである。

実験 7～11 は濡れ感知センサーを使用する実験とし、濡れ感知センサーにより噴霧の自動制御を行った。ミスト噴霧を開始し、センサーにより数回停止と再開を数回繰り返した後、噴霧終了とした。噴霧時間については噴霧を停止していた時間を除き噴霧をしていた時間を合計したものとする。

測定は噴霧開始 5 分前より開始し、噴霧終了後 5 分後まで行った。測定間隔は連続噴霧では 1 分毎に、濡れ感知センサーを使用したものは 10 秒毎とした。

表 3.1 各実験における噴霧条件

	噴霧高さ	噴霧角度	噴霧時間	濡れ感知センサー	測定間隔
実験1	1200mm	0度	5分	なし	1分毎
実験2		+45度	7分		
実験3		+90度	10分		
実験4	1800mm	0度	10分		
実験5		−45度	5分		
実験6		−90度	10分		
実験7	1400mm	0度	4分43秒	あり	10秒毎
実験8		+45度	6分28秒		
実験9		+90度	15分		
実験10	1800mm	0度	5分34秒		
実験11		−45度	4分19秒		

2)2008 年度東京理科大学 戸張彩香･紅谷真司らの住宅実験場での実験

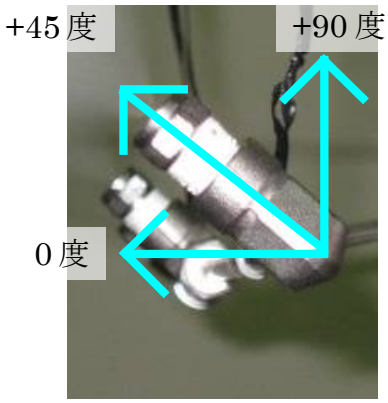

図 3.12　プラス方向噴霧角度

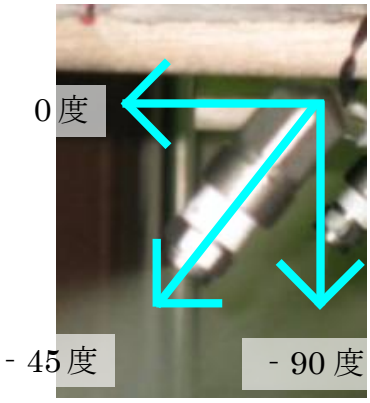

図 3.13　マイナス方向噴霧角度

3.4.2　濡れ感知センサーについて

雨センサー　AKI－1801(水分検知センサー)〈図 3.14〉
アスザック株式会社

ドライミストを家庭で使用するにあたり、噴霧されたミストが蒸散しきらずに床を濡らしてしまうという問題がある。そこで、濡れを感知すると噴霧停止、乾くと噴霧を再開するという制御を自動で行う濡れ感知センサーを用いた。
今回の設置は、センサーの反応精度上の問題から開口部の床面ではなく、開口部の床面から高さ 500mm とした。

図 3.14　濡れ感知センサー

第 4 章　実験結果・考察

4.1　連続噴霧実験の結果

連続噴霧実験は決められた時間ドライミストの噴霧を続けた場合に、室内の温湿度がどのように変化するかを知るために行った。

連続噴霧実験における噴霧開始前、噴霧開始 3,6,9 分後、噴霧終了 3 分後の各点の垂直温度分布図と噴霧前と噴霧中噴霧後の温度差・湿度の時間変化を、図 4.1～図 4.12 に示す。噴霧時間の短い実験については、その噴霧時間に揃えて図に示すものとする。

また、3.4.1 各実験の噴霧条件で述べたとおり噴霧時間は有風状況下で床濡れが発生した時刻から決定したため、いくつかの実験では床濡れが発生してからもドライミストの噴霧を続けている可能性がある。

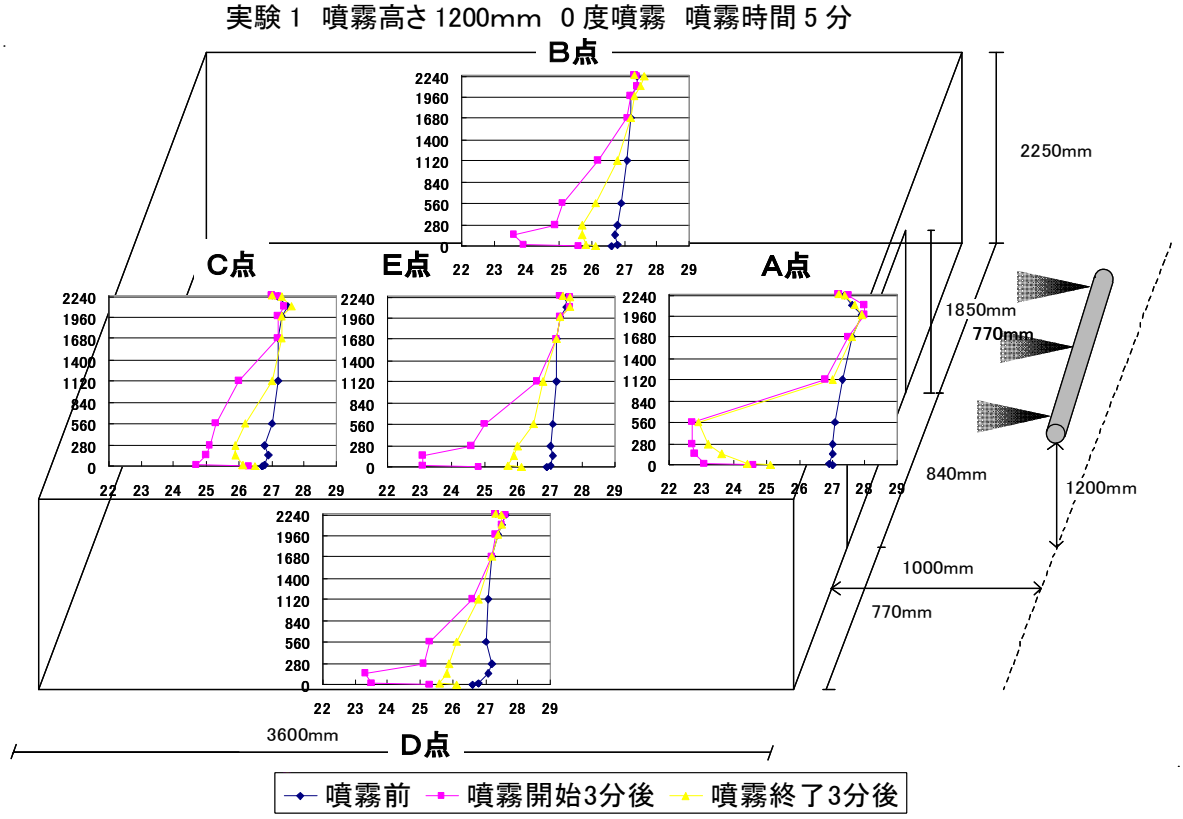

図 4.1　実験 1・各点における垂直温度分布の時間変化

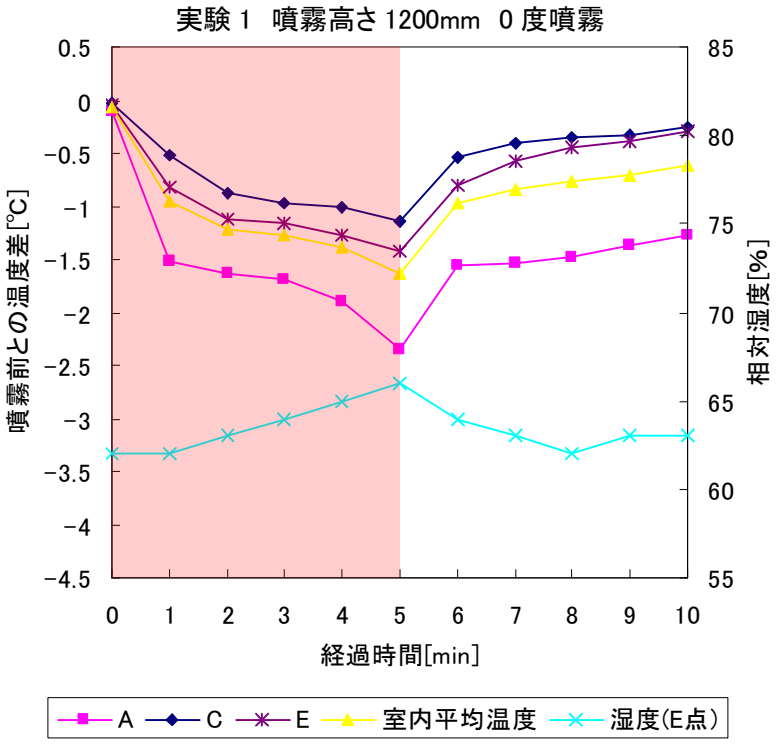

図 4.2　実験 1・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

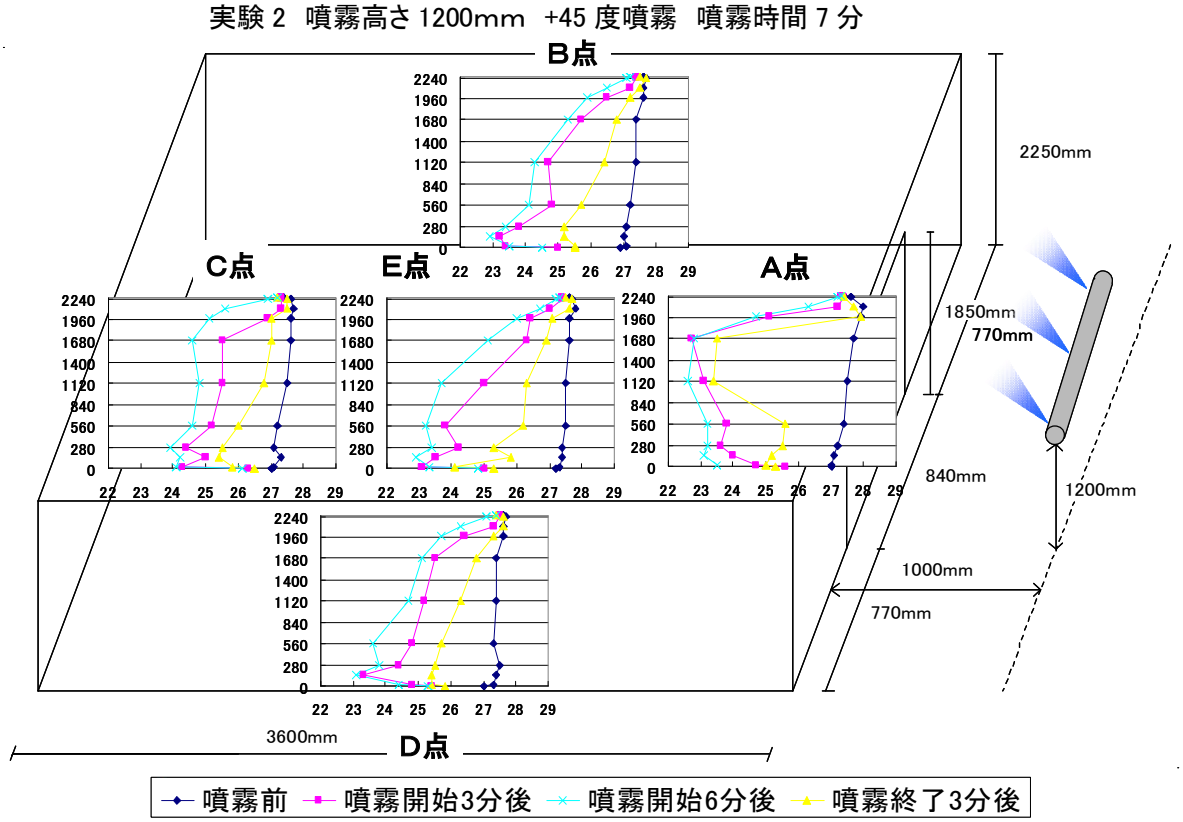

図 4.3　実験 2･各点における垂直温度分布の時間変化

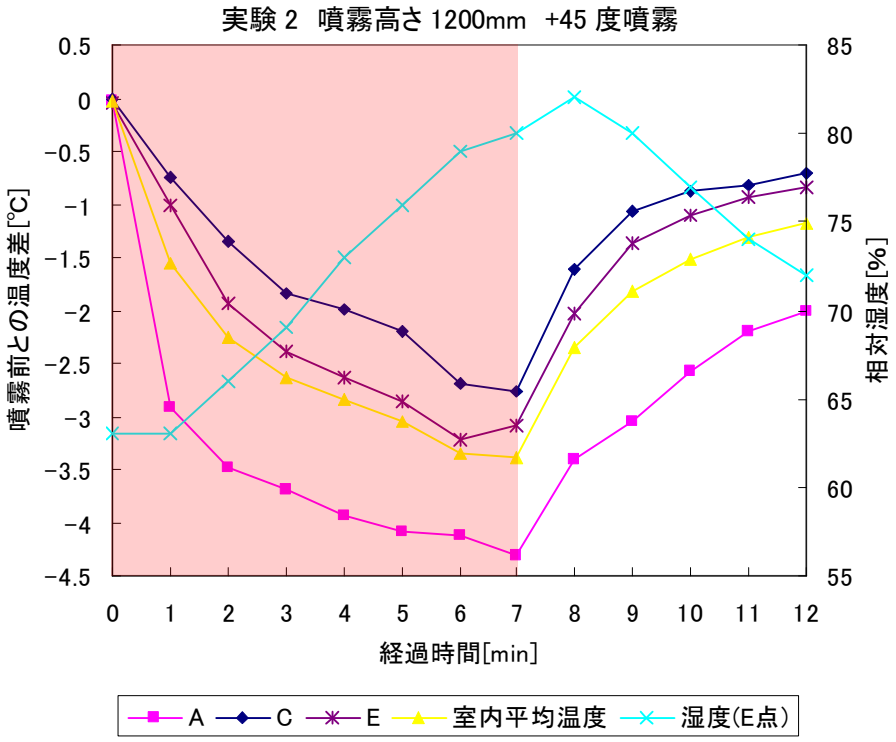

図 4.4　実験 2･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

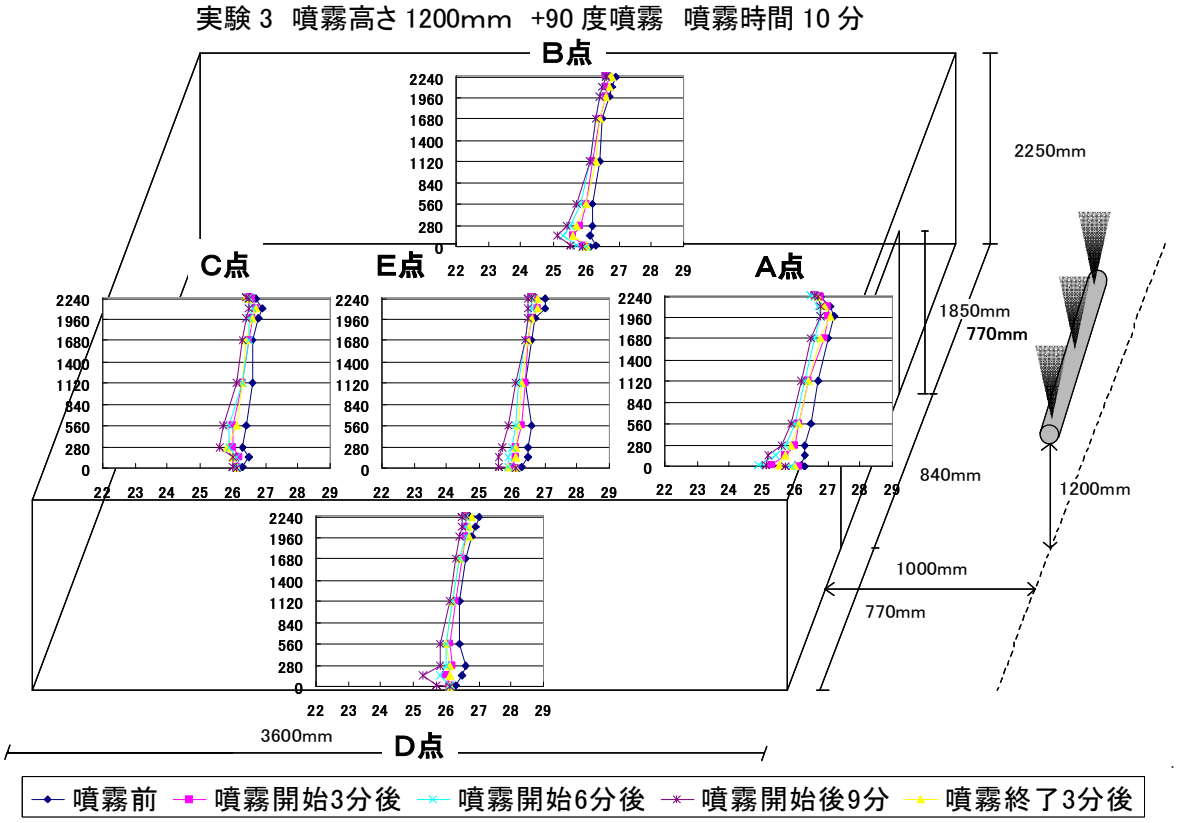

図 4.5　実験 3･各点における垂直温度分布の時間変化

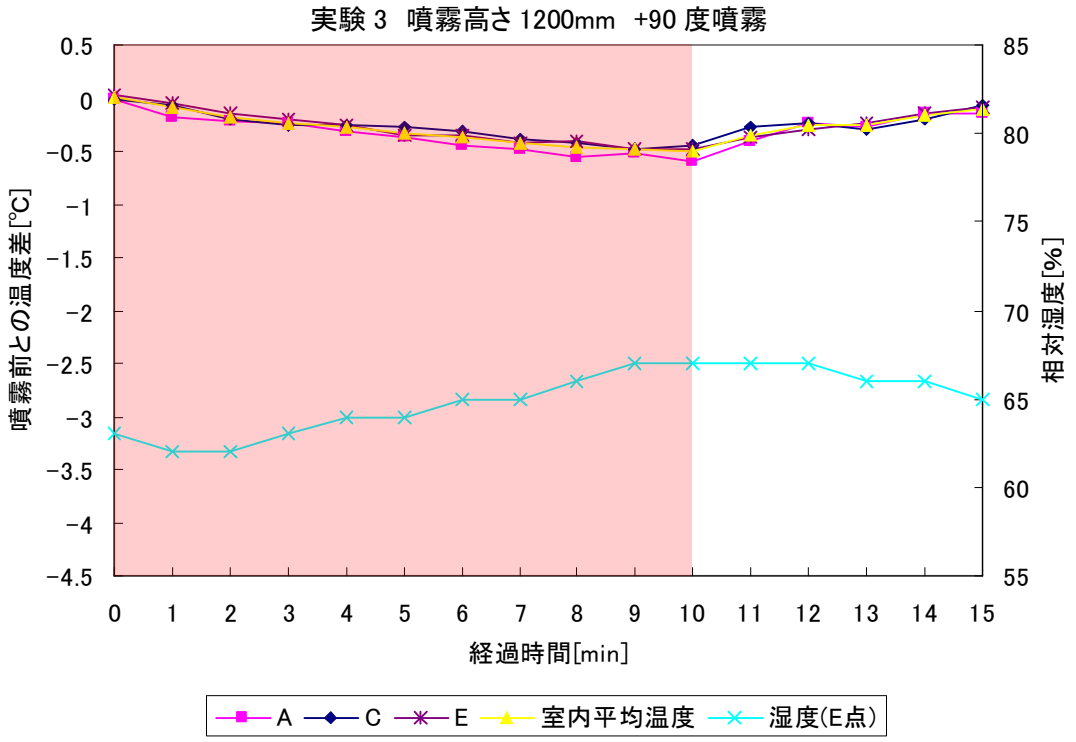

図 4.6　実験 3･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

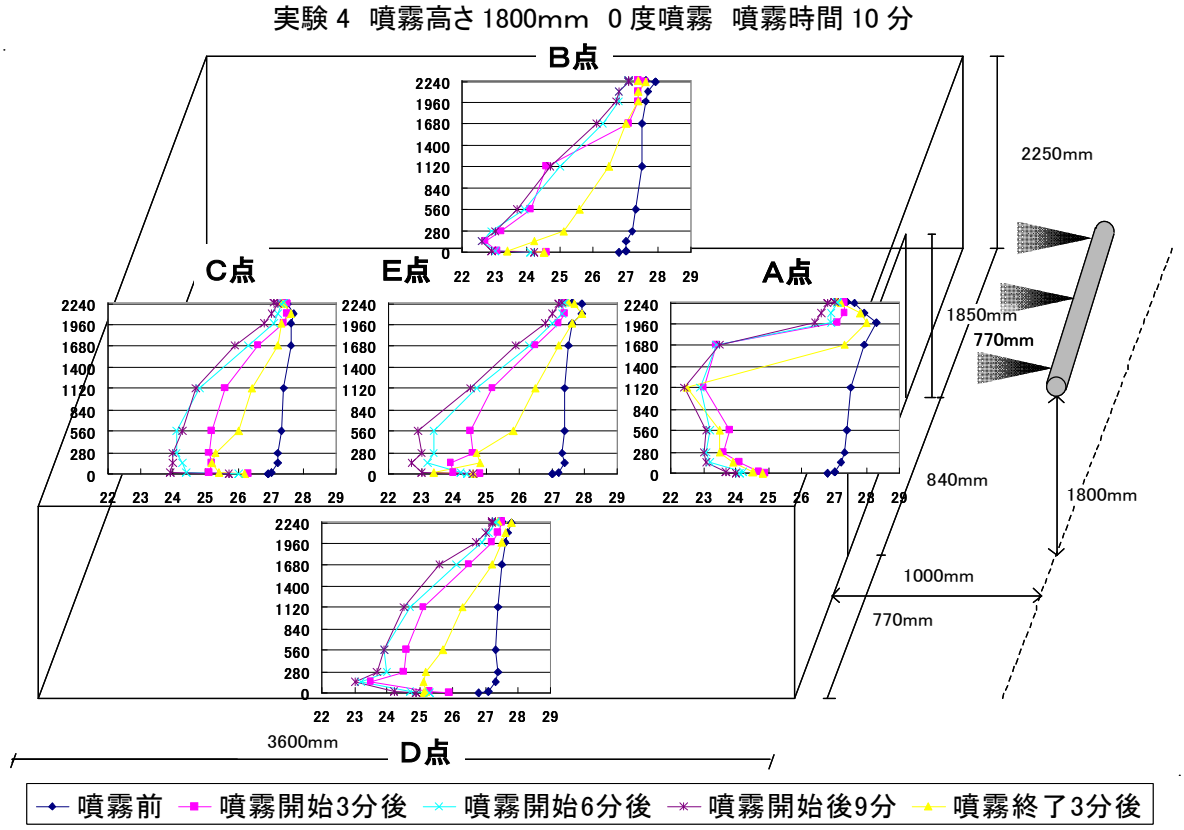

図 4.7　実験 4･各点における垂直温度分布の時間変化

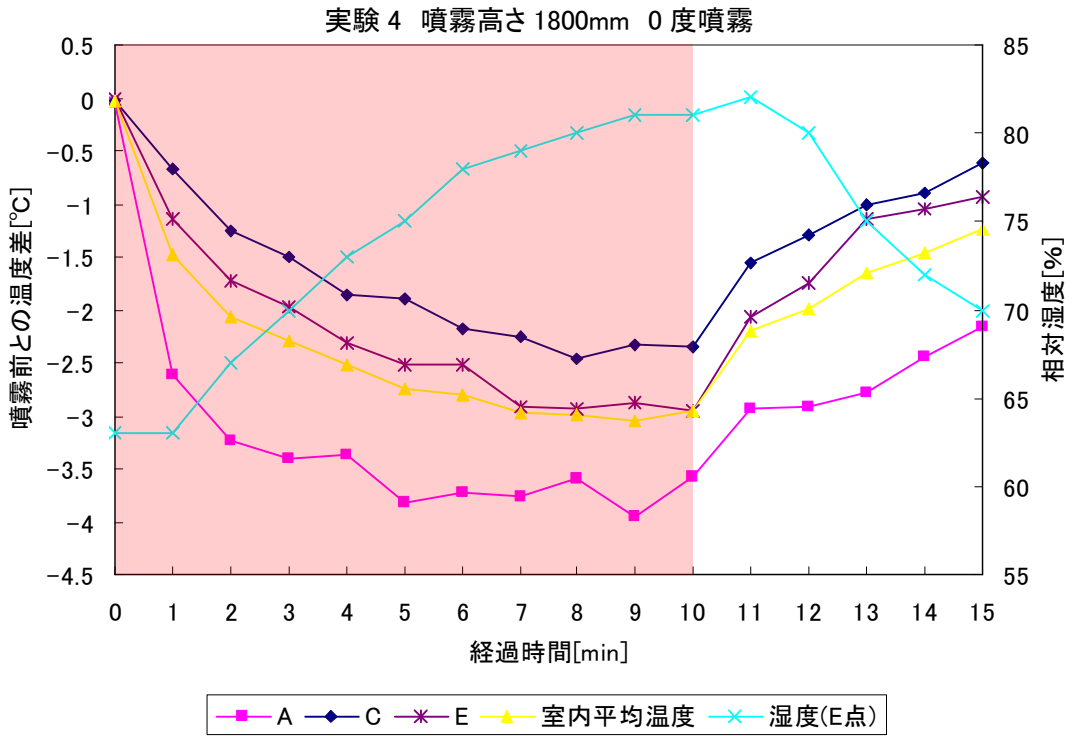

図 4.8　実験 4･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

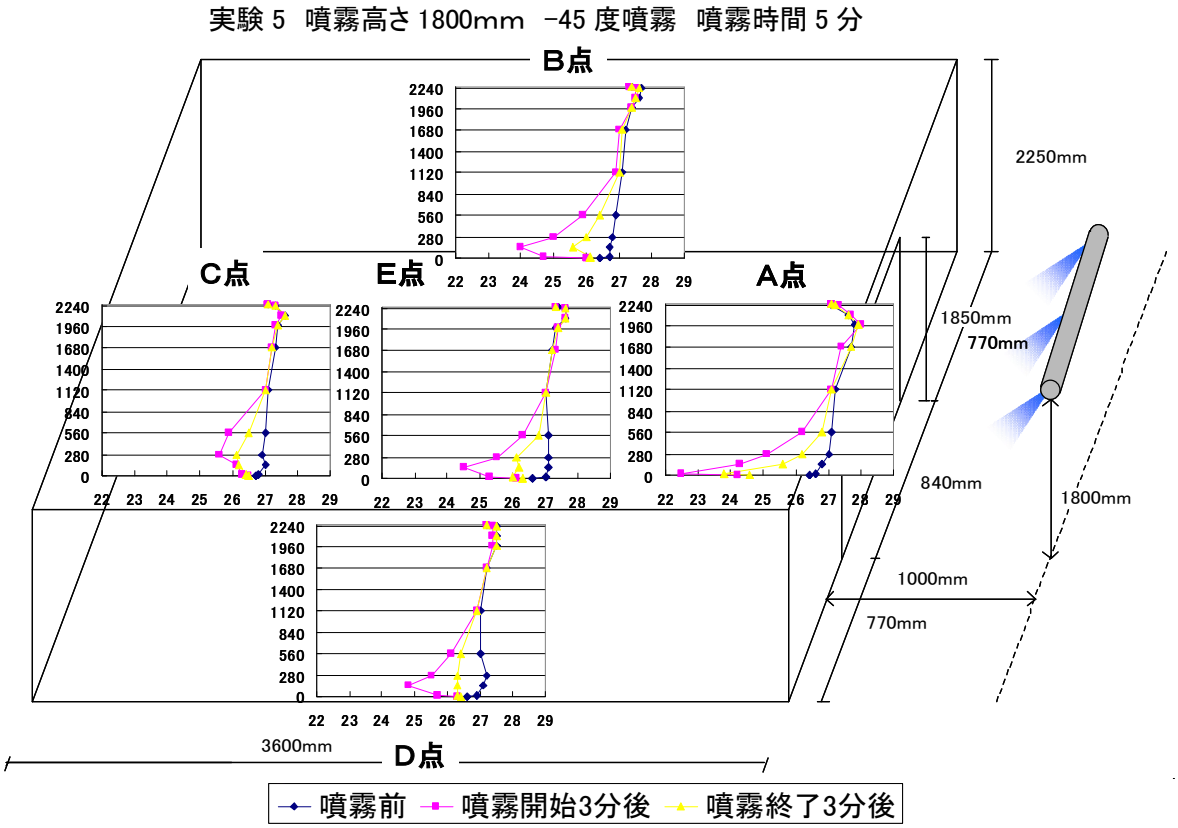

図 4.9　実験 5･各点における垂直温度分布の時間変化

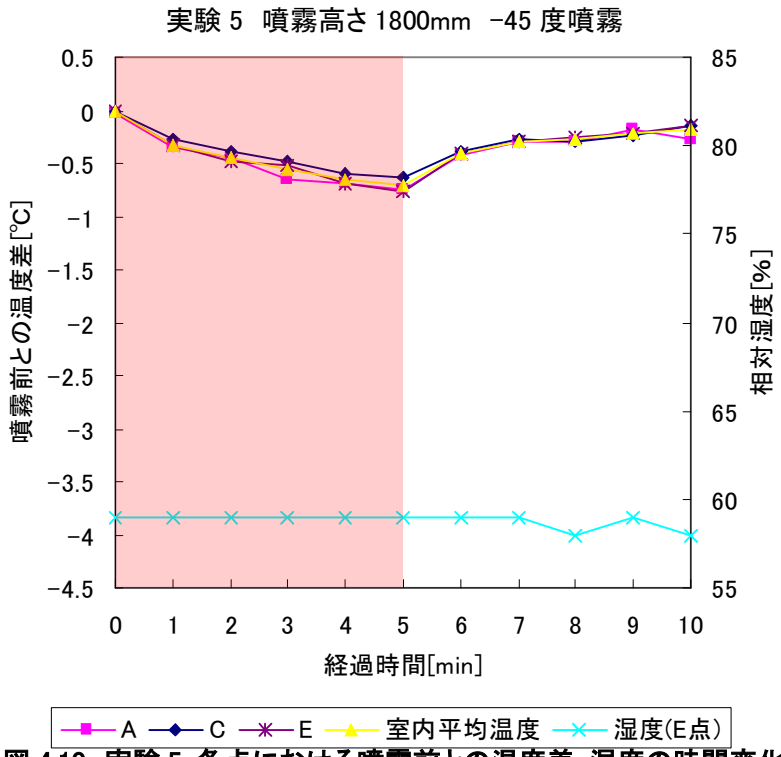

図 4.10　実験 5･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

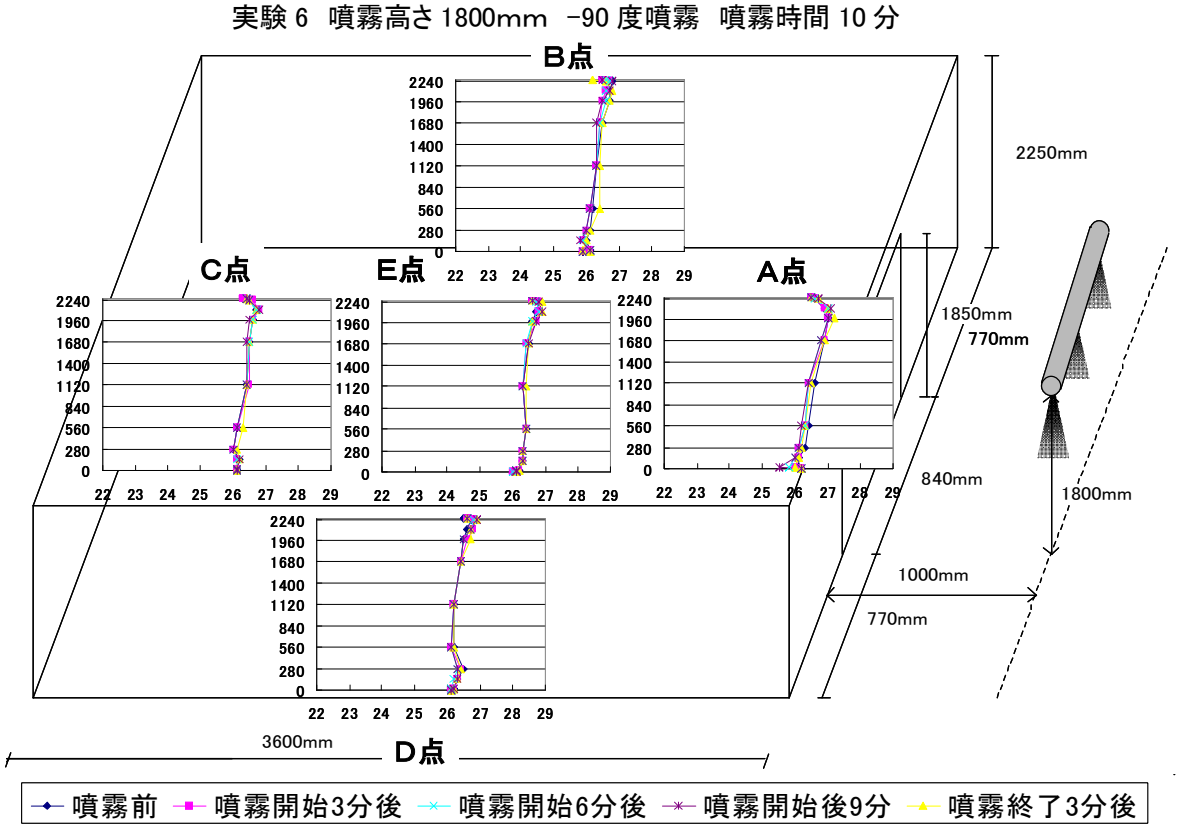

図 4.11　実験 6･各点における垂直温度分布の時間変化

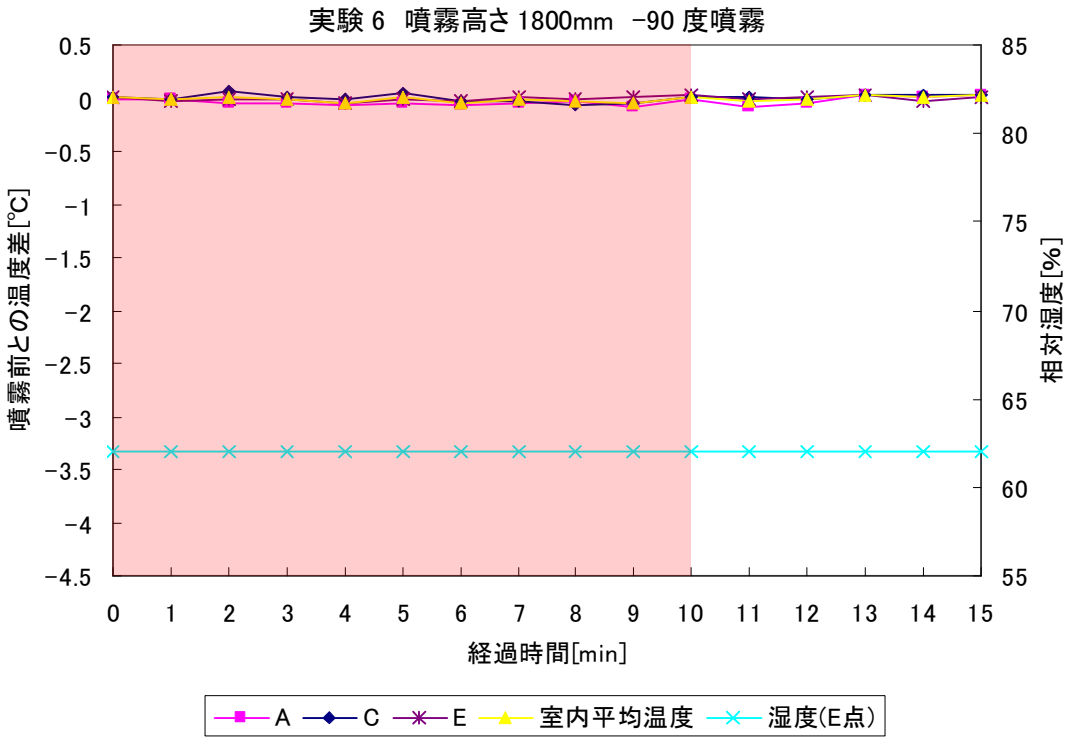

図 4.12　実験 6･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

4.2 連続噴霧実験の考察

図 4.1、図 4.2 の実験 1 を見ると、高さ 1125mmよりも低い位置で温度の降下が見られるが、上部ではあまりない。また、噴霧前との温度差を見ると、噴霧開始から急激に温度が降下し、噴霧が終了すると徐々に温度が戻っていることが分かる。しかし、A 点では温度が噴霧終了後も噴霧中と変わっていないことから熱電対が濡れてしまっており、床濡れが発生している可能性が高い。

図 4.3、図 4.4 の実験 2 を見ると、実験 1 と比べて全体的によく温度が降下しており、上部でも温度降下が見られる。噴霧位置から最も遠い C 点においても温度の降下が見られることから、噴霧されたミストにより、部屋全体が冷却されていることが分かる。また噴霧終了 5 分後でもミストの効果が持続されていることが分かる。

図 4.5、図 4.6 の実験 3 を見るとほぼ温度が降下していないことが分かる。

図 4.7、図 4.8 の実験 4 では全体的に大きな温度降下が見られるが、噴霧位置からの距離が遠くなるにつれて上部での温度降下の大きさが小さくなっている。また、実験 1 の場合と同様の理由で A 点での熱電対の濡れ、A,B,D,E 点での床濡れの可能性がある。

図 4.9、図 4.10 の実験 5 ではあまり温度が降下せず、降下している高さも下部に集中しており、床濡れが発生している可能性が高い。

図 4.11、図 4.12 の実験 6 では温度が全く降下していない。

実験 1 や実験 5 に比べ、実験 2 や実験 4 では大きく温度が降下していることから、噴霧されたミストが開口部の上部から流入するような噴霧方法では噴霧効果が大きいといえる。温度降下の大きかった実験 2 と実験 4 で比較すると、実験 2 の方が室内の温度の下がり方が均一であった。また、実験 3 で温度がほぼ降下しなかったことを考えると、垂直方向の噴霧では室内側へミストが移動する慣性力が働かず、室内に流入しないということが分かる。また、室内温度の降下は噴霧開始から急激に降下し、徐々に定常状態に近づいていくことが分かる。

4.3 濡れ感知センサー使用実験の結果

濡れ感知センサー使用実験では床濡れ感知センサー用い噴霧を自動制御した場合に、室内の温湿度がどのように変化するかを知るために行った。

濡れ感知センサー使用実験における噴霧開始前、1 回目噴霧停止時、噴霧終了 3 分後の各点の垂直温度分布を図 4.13～4.22 に示す。また、実験 9 では、ミストがあまり流入せず、センサーが反応しなかったので、1 回目噴霧停止時の代わりに噴霧終了時の温度を示した。

各実験におけるセンサーの反応時間は表 4.1 に示すとおりである。

表 4.1 センサー反応時間

	実験7	実験8	実験9	実験10	実験11
噴霧開始	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
停止	1:14	1:32	15:00	1:35	1:51
再開	1:30	1:59		2:11	2:37
停止	1:54	3:16		3:02	2:57
再開	2:24	4:00		3:58	3:36
停止	2:39	5:13		4:46	3:48
再開	3:20	6:44		5:30	4:33
停止	3:39	7:15		6:11	4:49
再開	4:21	7:45		6:52	5:22
停止	4:44	7:59		7:12	5:38
再開	5:02	8:33		7:48	6:07
停止	5:14	10:03		8:15	6:27
再開	5:31	10:34		8:49	7:03
停止	5:43	10:59		9:15	7:19
再開	6:07			9:44	8:00
停止	6:18			10:15	8:08
再開	6:56				8:31
停止	7:15				8:45
再開	7:51				9:29
停止	8:13				9:42
再開	8:47				10:27
停止	9:03				10:40
再開	9:25				
停止	9:50				
再開	10:10				
噴霧終了	10:21				

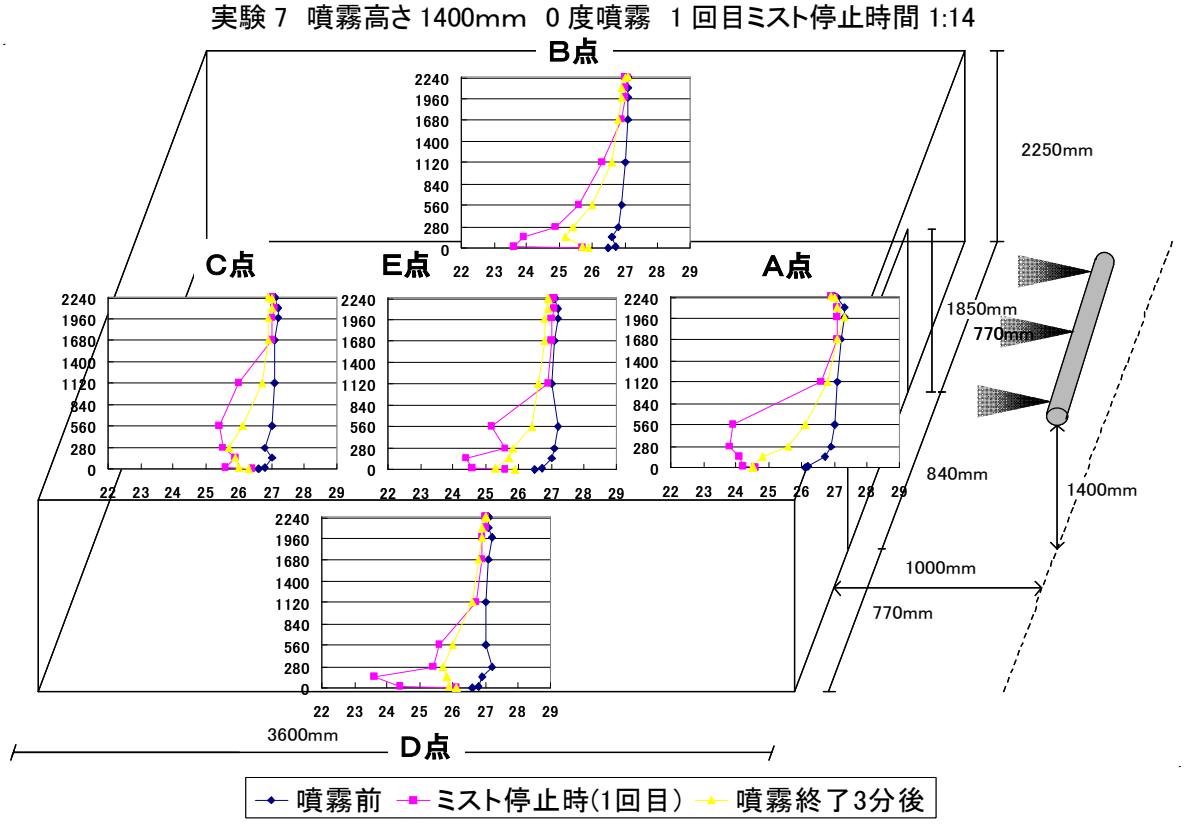

図 4.13　実験 7･各点における垂直温度分布の時間変化

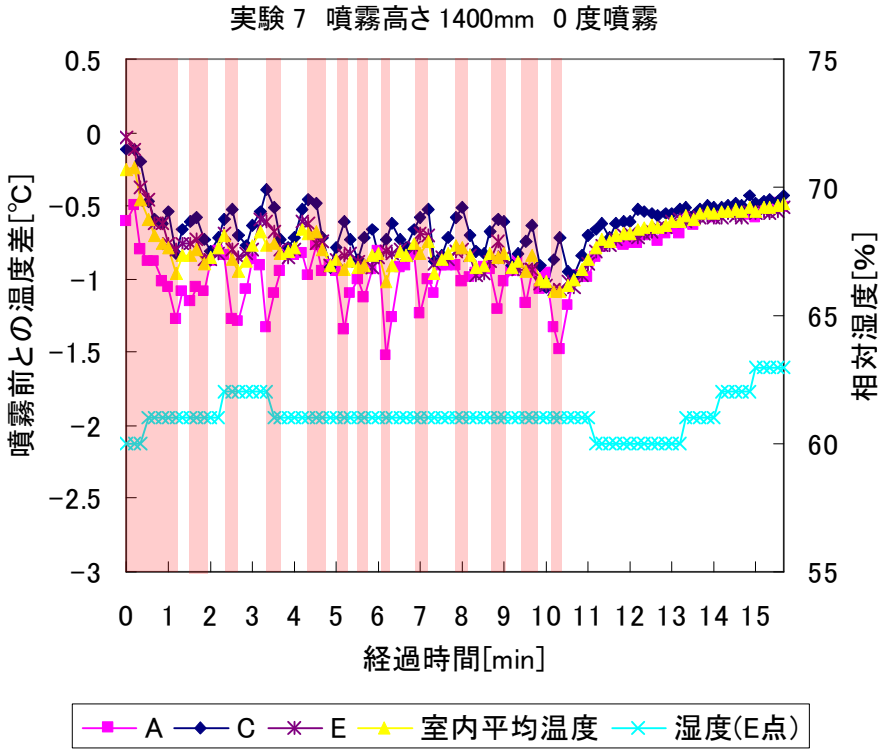

図 4.14　実験 7･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

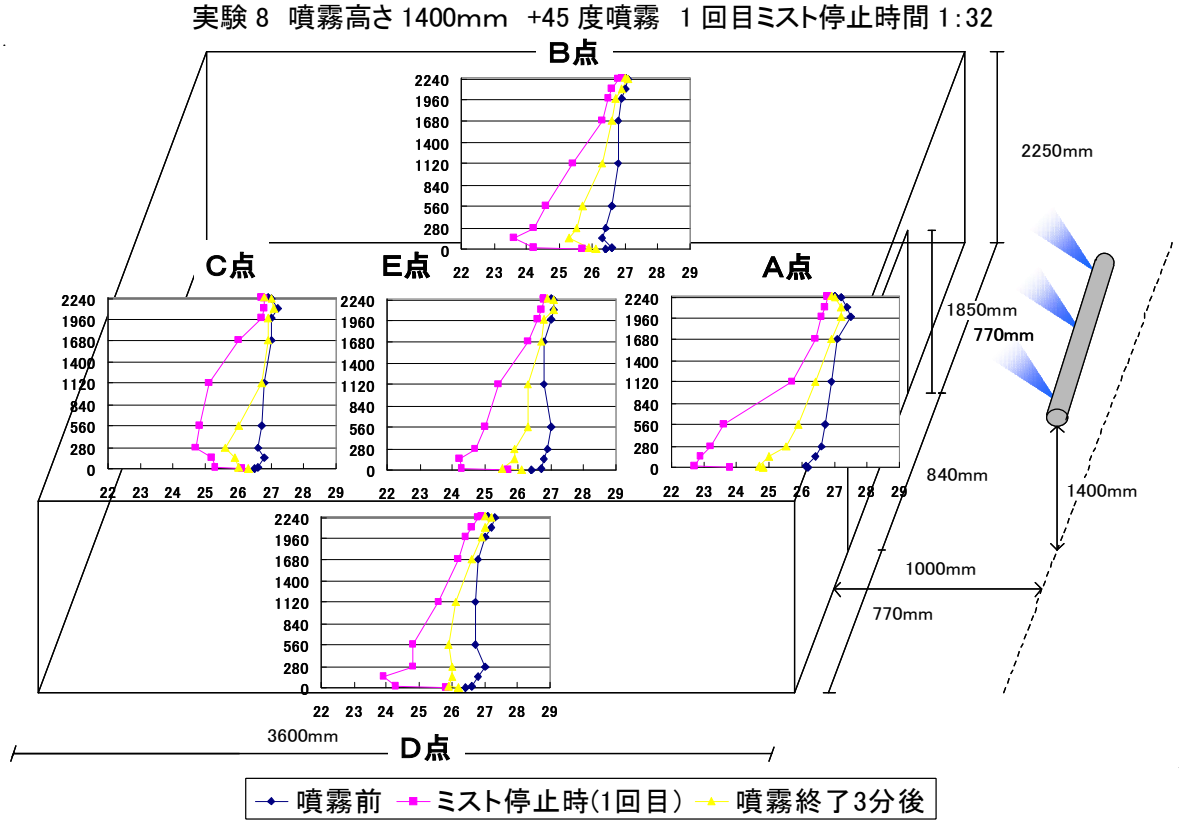

図 4.15　実験 8･各点における垂直温度分布の時間変化

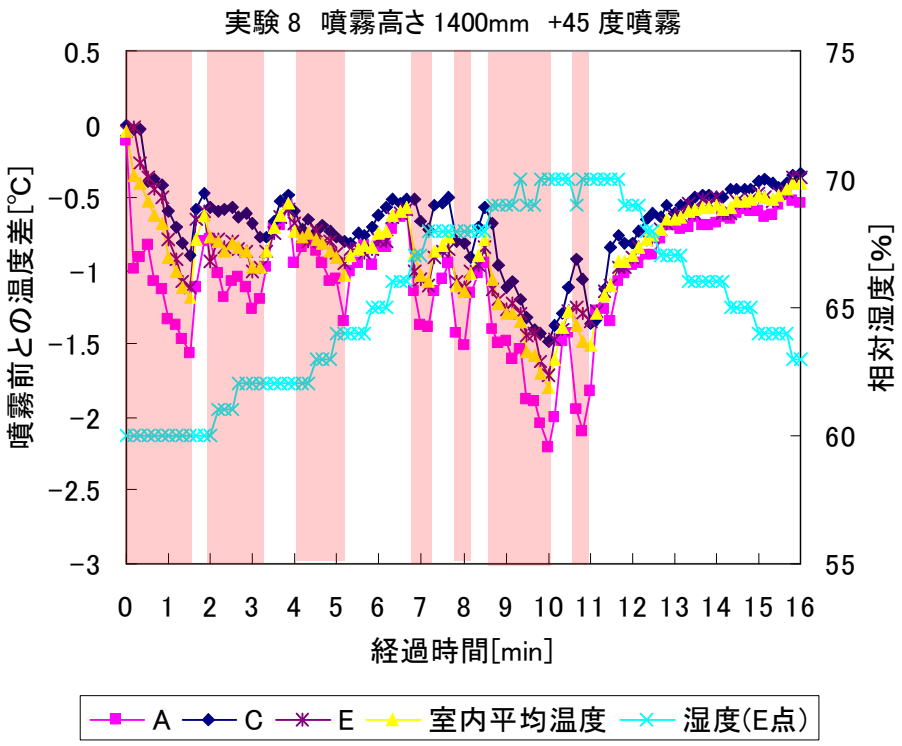

図 4.16　実験 8･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

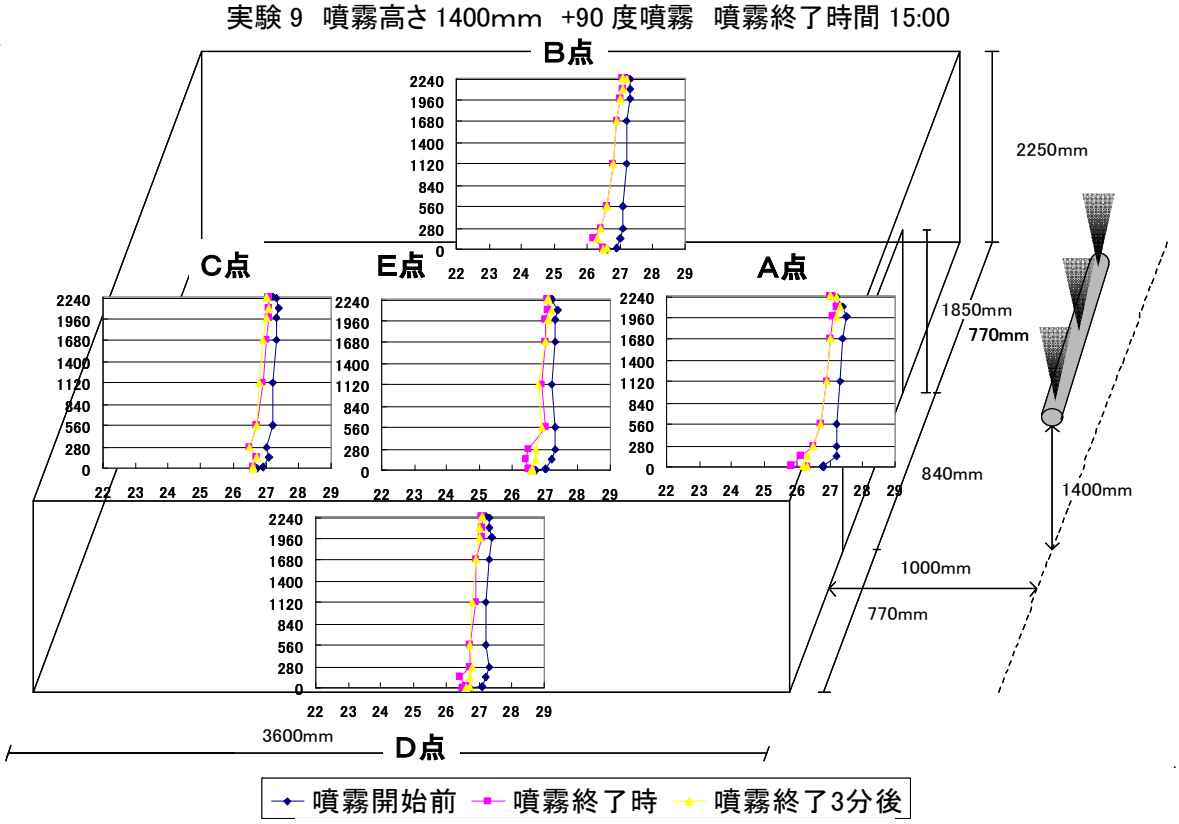

図 4.17　実験 9 における垂直温度分布の時間変化

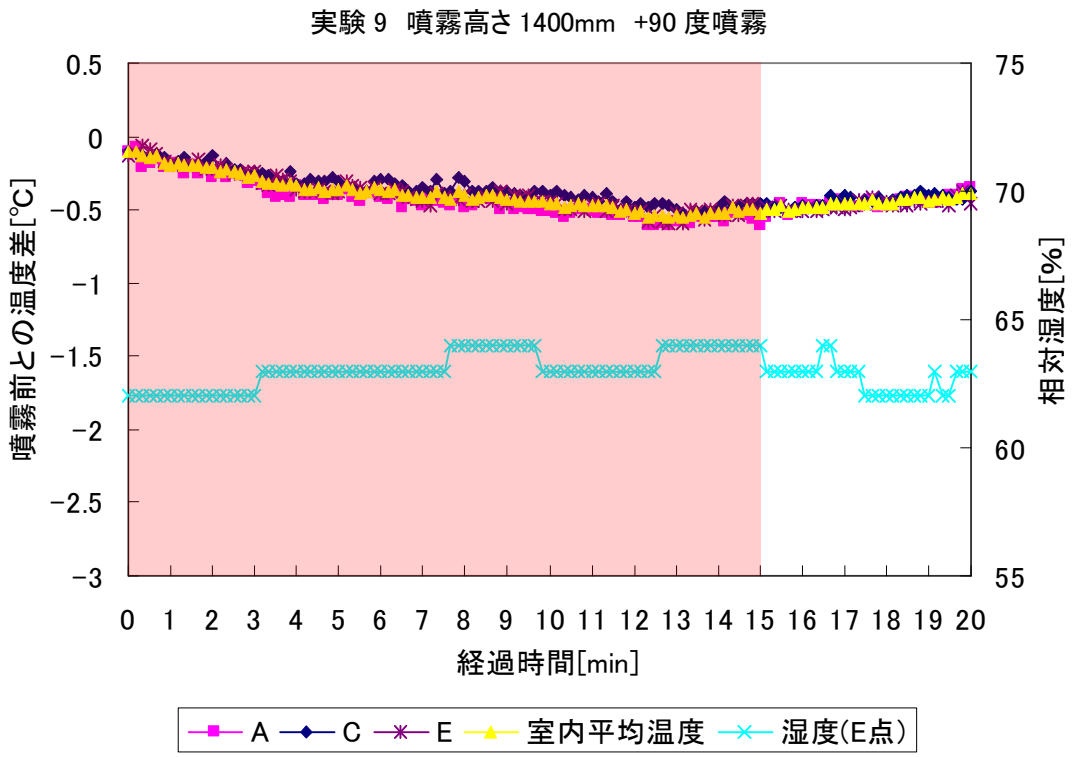

図 4.18　実験 9･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

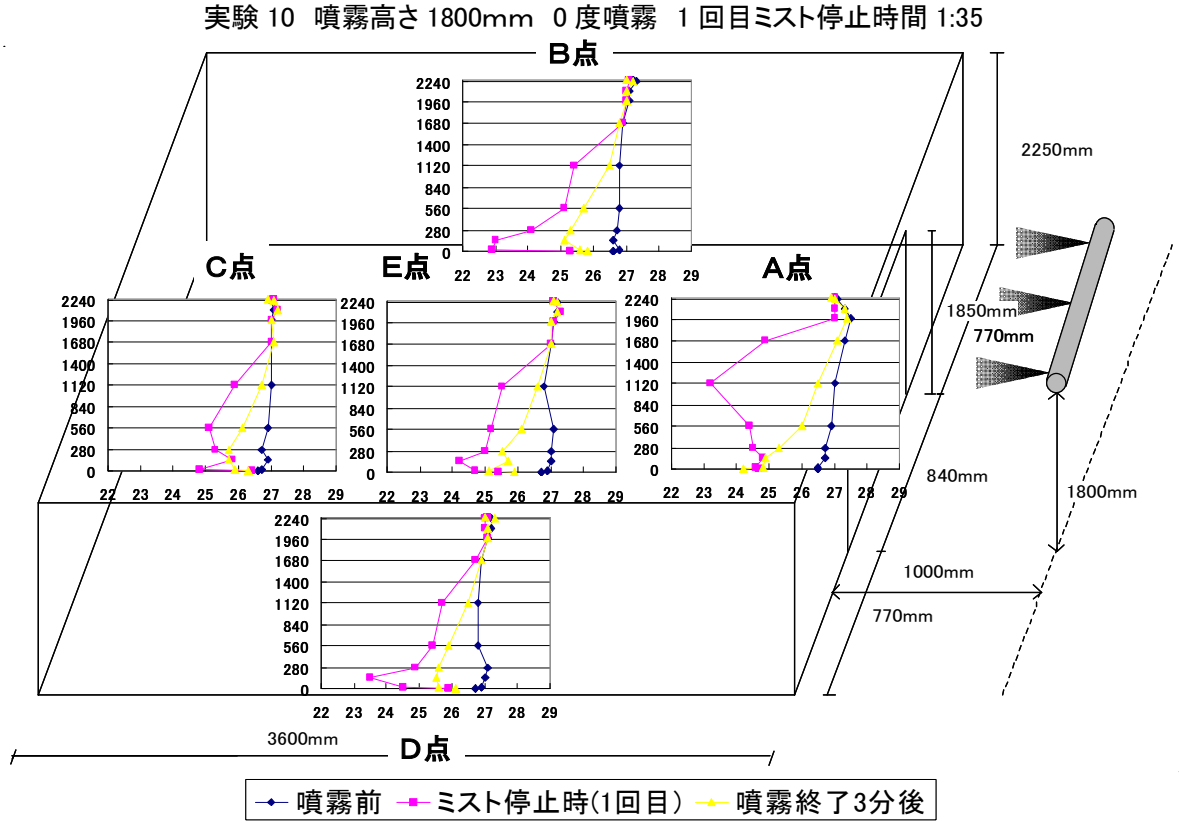

図 4.19　実験 10・各点における垂直温度分布の時間変化

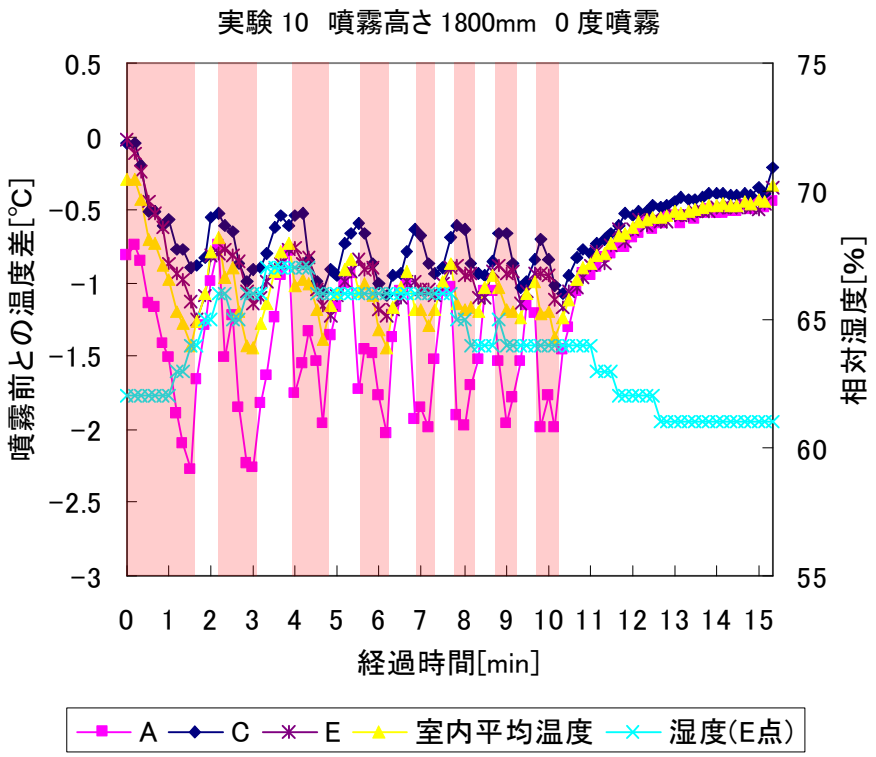

図 4.20　実験 10・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

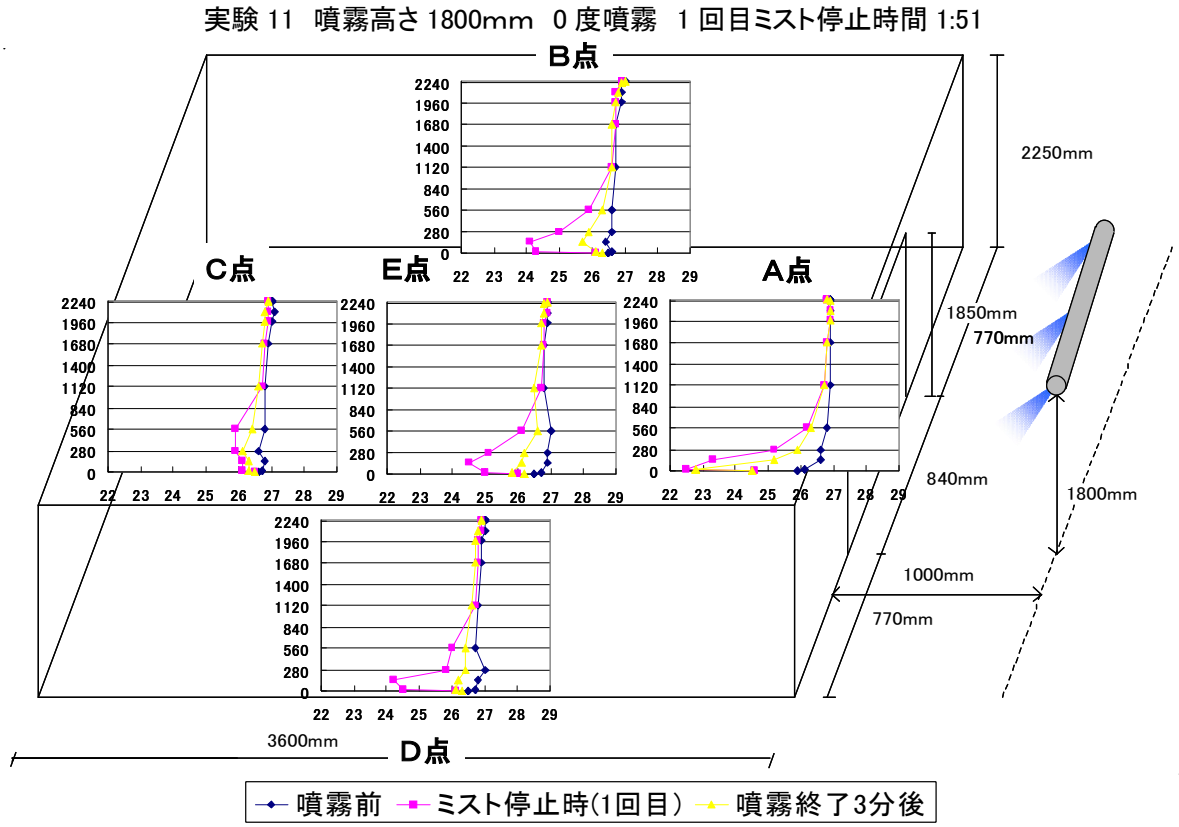

図 4.21　実験 11･各点における垂直温度分布の時間変化

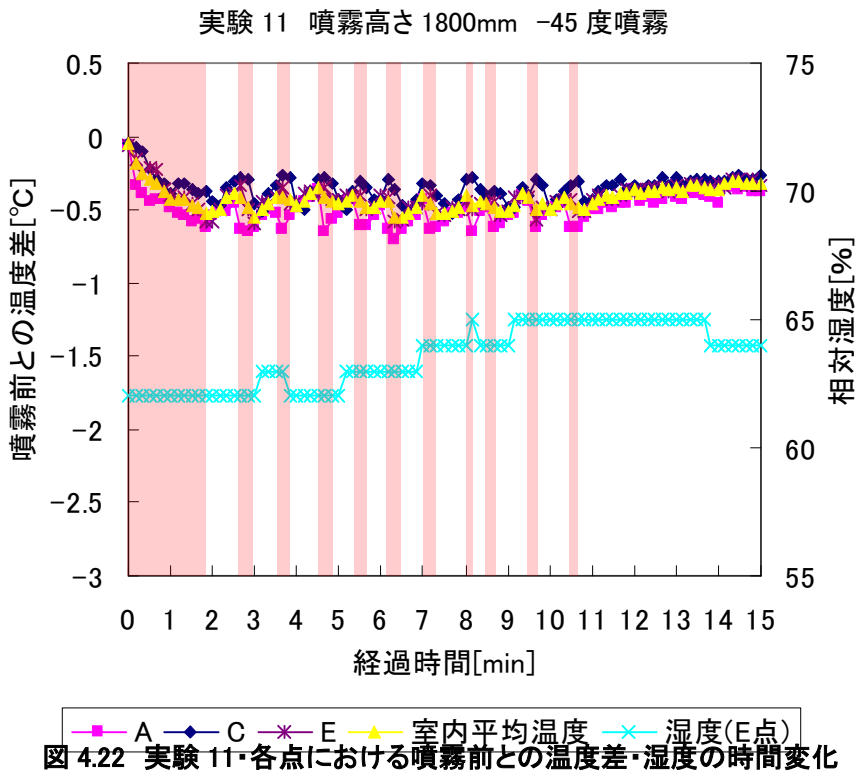

図 4.22　実験 11･各点における噴霧前との温度差･湿度の時間変化

4.4　濡れ感知センサー使用実験の考察

図 4.13、図 4.14 の実験 7 では高さ 1125ｍｍより下部で温度降下が見られる。また、約 1℃の温度降下でセンサーにより噴霧停止し、降下している温度が約 0.7℃になると噴霧を再開している。

図 4.15、図 4.16 の実験 8 では、連続噴霧の実験 2(高さ 1200mm +45 度)に比べて上部があまり冷えていないことがわかる。これは、噴霧高さを 1200mm から 1400mm に変えたことで噴霧されたミストの一部が開口部の垂壁にあたり、室内にうまく流入しなかったためと考えられる。実際、実験時には噴霧開始後 3 分 10 秒で垂壁部分に水滴が確認された。他の実験のようにある程度決まった温度で噴霧停止と再開を繰り返していないのはそのためと考えられる。

図 4.17、図 4.18 の実験 9 では濡れ感知センサーは反応しなかったが、温度もほとんど降下していないことが分かる。また、噴霧終了後も温度があまり上昇しないのは、室内空気は冷却されなかったものの、居室周辺の空気が冷却され、噴霧終了後に流入する空気の温度が低かったと予想される。

図 4.19、図 4.20 の実験 10 では同条件での連続噴霧の実験 4 と同様に温度降下は見られるものの、距離が遠くなるにつれ、上部が冷えなくなっていることが分かる。この実験では約 1.3℃の温度降下で噴霧を停止し、降下している温度が約 0.8℃になると噴霧を再開するという挙動を定期的に繰り返している。また、濡れ感知センサーを用いたにも関わらず、A,B,D,E 点において床濡れが発生している可能性がある。しかし、連続噴霧の場合のように熱電対まで濡れてしまっているという可能性は低いことから、センサーの設置位置には問題があったものの、センサー設置により濡れを防止する効果は確認できた。

図 4.21、図 4.21 の実験 11 では温度降下している点が A 点下部に集中しており、あまり噴霧効果がないことが分かる。この実験では短い噴霧時間ですぐにセンサーが反応しており、非常に床濡れが発生しやすい噴霧であるといえる。

ミストが開口上部の垂壁にあたってしまった実験 8、センサーの反応がなかった実験 9 以外の 3 実験では噴霧時間が長くなるにつれて、噴霧を停止する温度と再開する温度が一定となり、噴霧時間と停止時間も一定となる傾向が見られた。また、噴霧の停止・再開と湿度の相関関係が測定結果に現われなかったのは、使用した温湿度計の時定数が大きく、反応時間が遅かったためと考えられる。

第 5 章　噴霧効率の算出

5.1　噴霧効率の定義

噴霧されたドライミストが室内の温度降下にどれだけ有効に働いたかを知るために、以下の式(1)のように、噴霧効率を噴霧されたミストが全て蒸散した場合に奪う熱量に対する温度差換気によって移動する熱量と定義し、その算出を行った。

$$\text{噴霧効率} = \frac{\text{温度差換気によって移動する熱量}}{\text{ミストが全て蒸散した場合に奪う熱量}} \times 100[\%]$$

・・・式(1)

本実験は無風状況下で行われていることから、噴霧されたミストは室内外の温度差による自然換気によって流入すると考え、測定した温度データから換気量とその際移動する熱量を計算した。

5.2 噴霧効率の算出式

5.2.1 温度差換気によって移動する熱量

以下に示す図 5.1 は温度差換気によって移動する熱量を計算する際の概念図である。

各測定高さ 0,10,140,281,562,1125,1688,1969,2110,2240,2250mm の点をそれぞれ h_1,h_2,…h_{11} とする。またそれらの点に対応する温度、空気比重量、圧力をそれぞれ t_n、γ_n、P_n とする。

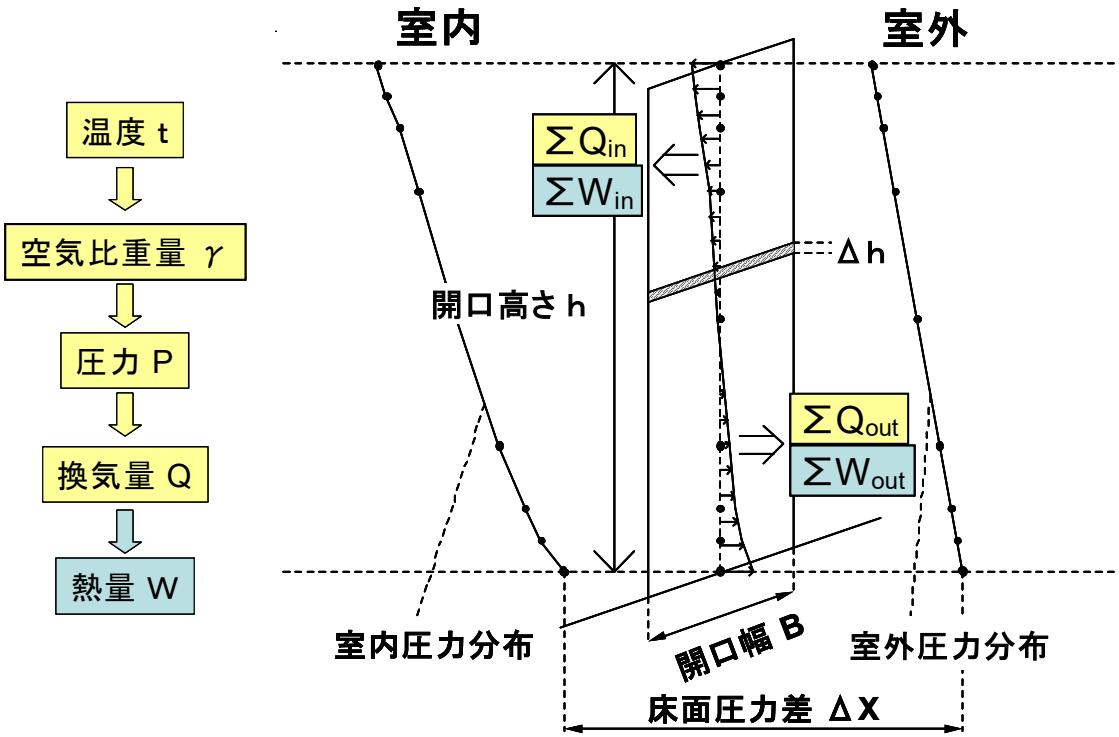

図 5.1　温度差換気によって移動する熱量の計算概念図

(1)温度 t[℃]

各高さ 11 点の平均温度を求め、高さ方向各点間の温度変化を線形であると仮定し、各高さにおける温度 t を高さ h の関数として式(2)に示す。

$h_n \leqq h < h_{n+1}$ とすると

$$t(h) = \frac{t_{n+1} - t_n}{h_{n+1} - h_n}(h - h_n) + t_n \qquad \cdot\cdot\cdot 式(2)$$

また室外部温度 t_{out} については垂直方向の温度分布は一定であると仮定する。

(2)空気比重量　γ [kg/㎥]

各高さにおける空気の比重量γを高さ h の関数として式(3)(4)に示す。

$$\gamma = \frac{353}{t+273}$$ より

$h_n \leqq h < h_{n+1}$ とすると

$$\gamma(h) = \frac{353}{t(h)+273}$$

$$= \frac{353}{\frac{t_{n+1}-t_n}{h_{n+1}-h_n}h - \frac{t_{n+1}-t_n}{h_{n+1}-h_n}h_n + t_n + 273}$$

ここで、

$$a_n = \frac{t_{n+1}-t_n}{h_{n+1}-h_n} \quad , \quad b_n = -\frac{t_{n+1}-t_n}{h_{n+1}-h_n}h_{n+1} + t_{n+1} + 273$$

とおくと、

$$\boxed{\gamma(h) = \frac{353}{a_n \cdot h + b_n}}$$ ・・・式(3)

室外部の空気比重量 γ_{out} は

$$\boxed{\gamma_{out} = \frac{353}{t_{out}+273}}$$ ・・・式(4)

となり、一定の値をとる。

(3)圧力　P[kg/㎡]

（ｉ)室内圧 P_{in}

各高さにおける室内圧 P_{in} を高さ h の関数として式(5)に示す。

床面高さ h_1 の室内圧を P_1 とおくと

$$\boxed{\begin{aligned} P_{in}(h) &= P_1 - \int_0^{10}\gamma(h)dh - \int_{10}^{140}\gamma(h)dh - \cdots - \int_{h_n}^{h}\gamma(h)dh \\ &\left(= P_n - \frac{353}{a_n}\log|a_n \cdot h + b_n| + \frac{353}{a_n}\log|a_n \cdot h_n + b_n|\right) \end{aligned}}$$ ・・・式(5)

（ⅱ）室外圧 P_{out}

床面高さ h_1 における室内外の圧力差を Δx とおいて、各高さにおける室内圧 P_{out} を高さ h の関数としてに式(6)に示す。

$$P_{out}(h) = P_1 + \Delta x - \gamma_{out} \cdot h$$

・・・式(6)

(4)換気量 Q[kg/sec]

高さ方向の微小区間 Δh における換気量を ΔQ とおくと、ΔQ は以下の式(7)で表される。

$$\Delta Q_{in} = \alpha B \Delta h \sqrt{2g\gamma_{out}(P_{in} - P_{out})} \quad (P_{in} > P_{out})$$

$$\Delta Q_{out} = \alpha B \Delta h \sqrt{2g\gamma_{out}(P_{out} - P_{in})} \quad (P_{out} > P_{in})$$

α =0.66,B=0.84[m],g=9.8[m/sec^2]

・・・式(7)

ここで、床面高さ 0mm から開口高さ 1850mm の間で、$\sum_{0}^{1850} \Delta Q_{in} = \sum_{0}^{1850} \Delta Q_{out}$ となるような Δx を逐次近似法によって定め、換気量 Q を決定する。

(5)熱量 W[kcal/sec]

微小区間 Δh において移動する熱量 ΔW_{in} は、以下の式(8)によって表される。

ΔW_{in}[kcal/sec]＝ΔQ_{in}[kg/sec]×空気比熱[kcal/kg･℃]×各高さにおける室内外温度差[℃]

(空気比熱=0.24[kcal/kg･℃])

・・・式(8)

微小区間において移動する熱量の合計 $\sum_{0}^{1850} \Delta W_{in}$ が温度差換気によって移動した熱量 W となる。

5.2.2 ミストが全て蒸散した場合に奪う熱量

噴霧されたミストが蒸散する際に蒸発潜熱として空気中から奪う熱量の算出を行う。噴霧されたミストが全て蒸散した場合に奪う熱量は以下の式(9)で表す。

ミストが全て蒸散した場合に奪う熱量[kcal/sec]

＝噴霧量[ml/sec]×水の比重量[g/ml]×水の蒸発潜熱[kcal/g]

・・・式(9)

なお、噴霧量は 150[ml/min],水の比重量を 1[g/ml],水の蒸発潜熱 0.593[kcal/g]とし、計算した。

5.3 噴霧効率の算出結果

各実験における換気量、室内外温度差、温度差換気により移動する熱量、噴霧効率の算出結果を以下の表 5.1 に示す。対象とした時刻は噴霧終了時とする。なお、ミストが全て蒸散した場合に奪う熱量は全実験共通で 4.137 k W なっている。

表 5.1 噴霧効率の算出結果

	時刻	換気量	室内外温度差	温度差換気により移動する熱量	噴霧効率
		[kg/sec]	[℃]	[kW]	[%]
実験１	5分	0.205	2.44	0.502	12.15
実験２	7分	0.273	3.85	1.054	25.48
実験３	10分	0.143	1.17	0.168	4.05
実験４	10分	0.267	3.79	1.017	24.59
実験５	5分	0.173	1.91	0.331	8.00
実験６	10分	0.116	0.74	0.087	2.10
実験７	10分20秒	0.174	1.62	0.283	6.85
実験８	11分	0.188	2.16	0.409	9.88
実験９	15分	0.123	0.92	0.114	2.75
実験１０	10分20秒	0.191	2.13	0.410	9.91
実験１１	10分40秒	0.122	1.05	0.129	3.12

連続噴霧の各実験における噴霧効率の算出結果とその時刻における室内外の平均温度差の簡略図を図 5.2 に示す。

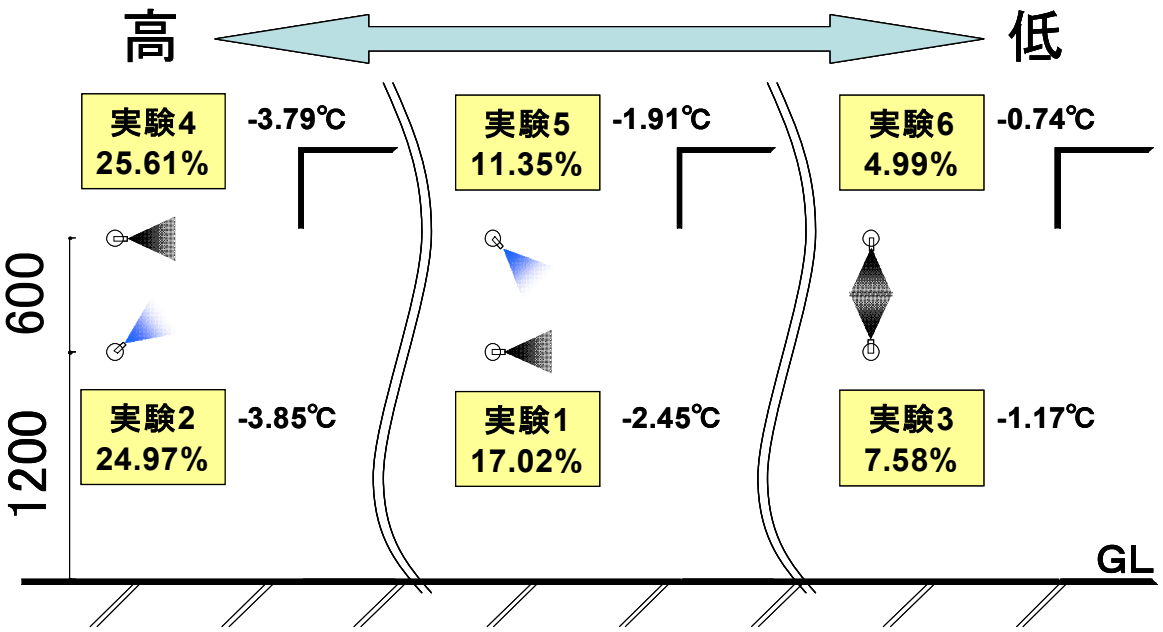

図 5.2　連続噴霧実験での噴霧効率と室内外温度差

高さ 1800mmからの噴霧では実験 4 と実験 5 を比べると、0 度噴霧の実験 4 が-45 度噴霧の実験 5 よりも噴霧効率が高くなっている。高さ 1200mm からの噴霧では 0 度噴霧の実験 1 よりも+45 度噴霧の実験 2 の方が噴霧効率が高くなっている。また、実験 3,6 のような垂直方向の噴霧では噴霧効率が低く、温度差も小さくなっている。

実験 2 と 4 を比較した場合、室内外温度差は実験 2 の方が大きいが、噴霧効率は実験 4 の方が大きくなっている。これは、実験 2 では噴霧効率の算出に影響しない開口高さ 1850mm よりも上部でも温度が降下しているためと考えられる。

濡れ感知センサーを使用した実験の各実験における噴霧効率の算出結果とその時刻における室内外の平均温度差の簡略図を図 5.3 に示す。

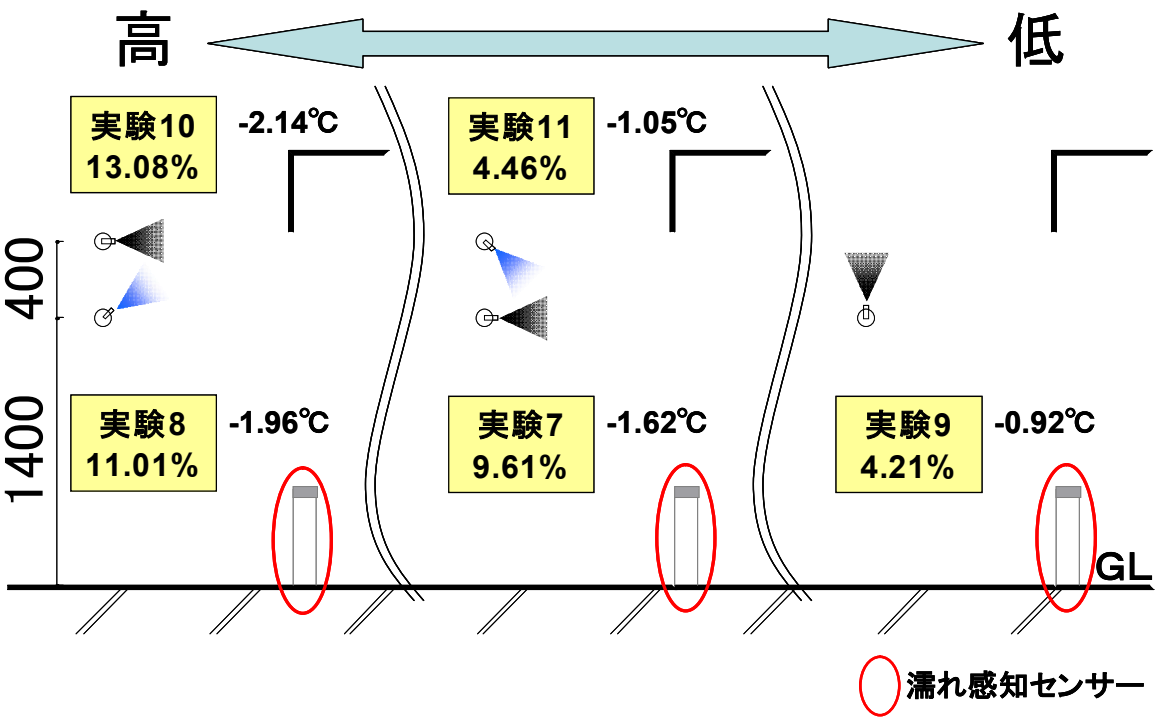

図 5.3 濡れ感知センサー使用実験での噴霧効率と室内外温度差

各実験を比較すると、連続噴霧実験の場合と同様の噴霧角度、噴霧高さごとの特徴が見られた。しかし、連続噴霧実験での実験 2、実験 4 では噴霧効率がほぼ同値となっているのに比べ、濡れ感知センサー使用実験では、実験 8、実験 10 は噴霧効率に差が生じた。これは、4.2.2 濡れ感知センサー使用実験の考察でも述べたように、噴霧高さを 1200mm から 1400mm に変えたことで噴霧されたミストの一部が開口部の垂壁にあたり、室内にうまく流入しなかったためと考えられる。

全体的に連続噴霧実験よりも噴霧効率が低くなっているが、実験 8、実験 10 では約 2℃の室内外温度差を得ていることから、濡れ感知センサーを用いても噴霧方法によっては温度降下があることが分かる。

第 6 章　まとめ

今回の研究で、無風状態では開口部の上部からミストが流入するような方法で噴霧すると、高い効果を得ることができるとわかった。また同じ上部からの流入でも、水平方向へのみ慣性力を持つ噴霧方法よりも、水平方向に加え、上向きへの慣性力を持っている噴霧方法の方が室内全体が冷却されることが分かった。今回の実験ではそのような噴霧角度は+45 度のみであったが、今後の実験では、+30,+60 度など細かく角度分けして実験を行うことが必要となるだろう。

また、濡れ感知センサーを使用した実験では噴霧効率という点を考慮すると、連続噴霧に比べて大きく下がってしまったが、噴霧方法によっては温度がある程度降下するものもあった。無風状況では有風状況よりも濡れが発生しやすいと予想されるので、床濡れという点を考慮しても十分に噴霧効果が得られることが分かった。

今後の課題としては、今回の実験では温湿度計の熱時定数が大きかったため、濡れ感知センサーを使用した実験では、センサーによる噴霧停止･噴霧再開と湿度変化との相関関係が明らかにならなかった。今後の実験では時定数が小さく、より精度の高い湿度計を用いる必要がある。湿度測定点に関しても、室内外 1 点ずつだけではなく、噴霧地点からの距離を変えた点やセンサー付近にも設置し、測定点を増やす必要がある。また、噴霧効率の計算の際に、ミストの噴霧に伴う気流の発生は無視したが、そちらを考慮した計算も必要である。

今回の実験結果を基礎的資料とし、有風状況下での実験において、風がドライミストの噴霧効果に与える影響などを分析していく必要がある。また、温度の降下は確認されたが、その際に湿度も上昇するので、快適性という観点では、室内環境は改善されているのかという点も検討していく必要がある。

参考文献

石原正雄、建築換気設計、朝倉書店、1969

建築学大系編集委員会、新訂建築学大系 21-建築防火論、1976

石井智洋、家庭用ドライミストの適用と実践、東京理科大学卒業論文、2006

引用資料

東京理科大学グローバル COE プログラム　ホームページ
http://www.rs.noda.tus.ac.jp/fire/index.html