住戸向け細霧冷房の設計手法に関する研究

東京理科大学大学院工学研究科建築学専攻 辻本研究室 4108605 石井智洋

<b>東Ⅰ</b> 早 /予論.	
1.1.研究背景	6
1.1.1.日本における細霧冷房装置の現状	6
1.1.2.家庭用細霧冷房装置の概要	
1.1.3.ルームエアコンと家庭用細霧冷房	
1.2.研究の目的及び方法	11
1.3.既往研究	
第2章 実験住宅での細霧冷房噴霧実験	
2.1.実験概要	16
2.1.1.測定概要	16
2.1.2.濡れ検知センサーについて	19
2.1.3.PMV 計	19
2.2.実験結果	20
2.3.考察	27
2.3.1.温度降下量による考察	27
2.3.2.標準偏差による考察	30
2.4.まとめ	32
第3章 無風室での細霧冷房噴霧実験	
3.1.実験概要	34
3.1.1.実験場について	34
3.1.2.測定条件	36
3.2.測定結果	36
3.2.1.連続噴霧実験	36
3.2.2.連続噴霧実験の考察	41
3.2.3.濡れ検知センサー適用実験	45
3.2.4.濡れ検知センサー適用実験の考察	48
3.3.連続噴霧と間欠噴霧の比較検討	49
3.4.まとめ	51
第4章 細霧冷房の数値モデル化	
4.1.解析モデルの概要	54
4.2.分散相モデルの解法	56
4.3.噴霧モデルの概要	59
4.3.1.微粒化の原理について	59
4.3.2.噴霧器の設定	60
4.4.乱流モデルの概要	65
4.4.1 乱流モデルの解法	65

第5章	数値解析と実測実験との整合性の検討	
	5.1.解析概要	68
	5.2.検討モデルの概要	69
	5.3 解析結果と考察	71
	5.3.1.室内温度推移による比較検討	71
	5.3.2.温度コンター図による比較検討	74
	5.4.解析結果と実測結果の相対的評価の検討	76
	5.5.まとめ	78
第6章	数値解析による家庭用細霧冷房の設計手法の検討	
	6.1.解析概要	80
	6.1.1.解析領域の検討	80
	6.1.2 解析用ケースの作成	83
	6.1.3.解析時間について	84
	6.2.解析結果	85
	6.3.最適化噴霧条件の検討	91
	6.3.1.気象条件の検討	91
	6.3.2.室内温度推移による検討	93
	6.3.まとめ	96
第7章	総括	98
参考文	献	100
謝辞	<u> </u>	101
資料 I (	解析結果データ)	
角	解析データ A. 第 5 章−結果データ−	103
Á	解析データ B. 第 6 章-結果データ-	112
付録		
(Ī	).既存の細霧冷房装置一覧	138
2	).家庭用細霧冷房(ドライミスト)の解説書	139

# 第1章 序論

#### 第1章 序論

#### 1.1.研究背景

#### 1.1.1.日本における細霧冷房(ドライミスト)の現状

2004 年度、2005 年度の中部経済産業局地域新生コンソーシアム研究開発事業「ドライミストの蒸散効果によるヒートアイランド抑制システムの開発」プロジェクトにおいて辻本(現東京理科大学教授)、奥宮(名古屋大学教授)らによって開発された細霧冷房(ドライミスト)は環境対策の一環として 2005 年愛・地球博(愛知万国博覧会)にて初めて導入され、少ないエネルギーで大規模な空間を冷やすことが出来る省エネ性と、来場者に対する熱中症対策に期待され、実際に大きな効果を上げている。当時、愛・地球博のグローバル・ループに導入されたドライミスト装置のCOPは約 150 と、高いエネルギー効率をほこり、表1.1 に示すように 2009 年までに六本木ヒルズ、新丸ビル等の多くの公共施設に導入され、夏季には全国各所で見かけることができる。また、2006 年度からは、より多くの普及を目指し大規模施設への導入から路面店やカフェ等の小規模施設、最終的な目標として家庭用への導入を目指し小型ドライミスト装置の研究開発を行っており、実際に 2008 年度からは超磁歪素子を利用した小型ポンプをシステムに取り入れた家庭用ドライミスト装置の家庭への導入も始まっている。

表 1.1 細霧冷房導入例一覧

設置年	施設	常設	規模	備考	引用文献及び情報提供元
	愛・地球博 グローバルループ(愛知)		日よけテント約150張に付設。噴霧面積5,800㎡	ライン型。噴霧水量91.2l/min。消費電力20.2kW	能美防災株式会社
2005年	愛・地球博 ワンダーサーカス館(愛知)		入場待ち空間に設置。噴霧面積約320㎡	くも型。噴霧水量4.5I/min。消費電力1.0kW	能美防災株式会社
	愛・地球博 オーストラリア館(愛知)		カフェスペースに設置。噴霧面積約240㎡	くも型とライン型。噴霧水量3.51/min。消費電力0.75kW	能美防災株式会社
	六本木ヒルズ(東京)	0	66プラザの回廊。噴霧面積約180㎡	くも型。噴霧水量2.7I/min。消費電力0.75kW	能美防災株式会社
2006年	秋葉原クロスフィールド(東京)	0	屋外エスカレータに付設。噴霧面積約135㎡	東京都H18年度ドライミスト補助金。ライン型。噴霧水量1.7I/min。 消費電力1.0kW	能美防災株式会社
2000-	個人住宅(愛知)	0	ベランダ3箇所	噴霧水量0.6I/min。消費電力0.75kW(東京理科大+なごミスト設計制)	なごミスト設計有限会社
	個人マンション(愛知)	0	ベランダ	噴霧水量0.21/min。消費電力0.75kW(東京理科大)	なごミスト設計有限会社
	新丸ビル(東京)	0	丸の内仲通りの歩道。噴霧面積約200㎡	柱に付設。噴霧水量2.01/min(能美防災)	能美防災株式会社
	相模鉄道 二俣駅(神奈川)		駅舎ホーム部とホームコンコース間の階段部	試験設置。噴霧水量1.50/min。10年常設へ(東京理科大+なごミスト設計侑))	三機工業株式会社
	個人住宅(東京4件)		ベランダ・テラス	超磁歪素子ポンプ。噴霧水量0.15I/min。消費電力0.15kW(東京 理科大学辻本研)	なごミスト設計有限会社
2007年	住宅メーカー試験住宅(東京)		ベランダ・テラス	08年継続実験。超磁歪素子ポンプ。 噴霧水量0.15I/min。消費電力0.15kW	なごミスト設計有限会社
	名古屋大学経済学部研究棟(愛知)		噴霧面積 約200㎡ 歩廊	ライン型。噴霧水量3.51/min。消費電力0.75kW(なごミスト設計 (制)	なごミスト設計有限会社
	東京大神宮(東京)	0	境内	クモ型ノズル (能美防災)	能美防災株式会社
	留学生博物館(中国・上海)	0	一階テラス	試験設置(東京理科大学+なごミスト設計制) ノズル数20個。	なごミスト設計有限会社
	高砂殿一宮結婚式場	0	屋外チャペル前	自立型・噴霧水量0.50/min・消費電力0.75kW(なごミスト設計例)	
	第25回全国都市緑化ぐんまフェア 花と緑 のシンフォニー群馬2008』の会場		藤棚	超磁歪素子ポンプ。噴霧水量0.21/min。消費電力0.15kW(東京理 科大+なごミスト設計制)	なごミスト設計有限会社
	名古屋大学医学部新営2号館歩廊	0	アルミハニカム歩廊下全長100m	ライン型。2系統。196m 噴霧水量2.9½/分・1.9½/分 消費電力 0.75kw×2(なごミスト設計制)	なごミスト設計有限会社
2008年	ミッドランドスクエアサンクンガーデン	0	B1階半屋外歩廊	ライン型。30m噴霧水量1.80/分消費電力0.75Kw(なごミスト設計制)	なごミスト設計有限会社
	名古屋大学全学教育棟	0	中庭広場	支柱型 噴霧水量0.752/min・消費電力0.75kw(なごミスト設計 (剤)	なごミスト設計有限会社
	原宿かすう工房		店舖軒先	ライン型 1.60/min 消費電力0.75kW 対象面積80㎡	なごミスト設計有限会社
	個人住宅(名古屋市内)	0	テラス下(ペットの暑さ対策)	ライン型。10m噴霧水量0.62/分消費電力0.75Kw(なごミスト設	なごミスト設計有限会社
	相模鉄道 二俣川(神奈川)	0	駅舎ブラットホーム	ライン型 自動制御	三機工業株式会社
	第10回記念フラワードーム		展示ブース	家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社
	たいよう保育園	0	お迎え用玄関・緑側	ライン型 1.60/min 消費電力0.75kW 対象面積80㎡	なごミスト設計有限会社
2009年	神楽坂まつり		神楽坂中腹の商店軒先	ライン型 1.60/min 消費電力0.75kW 対象面積50㎡	なごミスト設計有限会社
2009年	名古屋市立大学病院	0	駅と病院を繋ぐ歩廊	ライン型 3.30/min 消費電力0.75kW 対象面積300㎡	なごミスト設計有限会社
	たばこ店 「SMOKE」	0	店舗軒先	家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社
	個人住宅H邸(世田谷区)	0	緑側	家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社
	個人住宅用家庭用ドライミスト販売件数 全国38件			家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社

#### 1.1.2.家庭用細霧冷房装置の概要

本研究で取り上げる家庭用を含めた細霧冷房システムは、水をポンプにより直接圧送することで、特殊なスプレーノズルより微小な水の粒を噴霧する一流体方式を採用している。ノズルより噴霧された  $16 \mu \, \mathrm{m}$  (ザウター平均) の微小な水の粒は、空気中で非常に気化されやすく、気化する際の気化熱が周囲の熱を奪うことで涼を得ることが可能なシステムある。また、使用されるスプレーノズルは、ホロコーンタイプの噴霧形状をとっており、本システム採用している一流体方式は、圧縮空気を利用して噴霧を行う二流体方式と比較して、必要とするエネルギーが 1/10 程度と高い省エネ性能を持っている。しかし、均一な微粒子を噴霧する際は、二流体方式で行う方が容易であるとされているため、精度の高い噴霧粒径を実現するミストノズルは、特殊なノズルのため、細霧冷房に適用できる汎用ノズルは非常に少ない。

家庭用として利用するポンプは、超磁歪素子を利用することで、少水量かつ、高い吐出圧での噴霧を行うことが可能であり、消費電力においても、電球一個分のエネルギーだけで 10 ㎡程度の空間の温度を 2℃~3℃下げることができる冷却能力を持っている。消費電力については、2006 年の開発当初は、8 畳用として約 140W(COP35 程度)のタイプ(写真 1)であったが、2009 年には約 70W(COP45 程度)のタイプ(写真 2)のものが開発されている。家庭用細霧冷房システム最大の特徴は、半永久的に利用が可能な超磁歪素子を用いた小型ポンプであり、定期的なメンテナンスは必要であるが、ポンプ内部の構造として消耗部品が浸水防止用の 0-リングと吐出口に設けたテフロン製の弁だけであるため 2 つの部品の

一方、家庭で利用されるルームエアコンは交換部品数多く、製品の寿命も実際は 10 年以内である。冷媒である HFC (ハイドロフルオロカーボン) が回収されず、大気中に放出されることによる環境負荷も考慮されるべきである。

交換を続けていけば孫の代まで利用することは十分に可能であるとされる。

以上のように家庭用システムの特徴を説明したが、問題点として挙げられるのが、ポンプ本体から発生する脈動である。初期タイプのポンプ本体から出る騒音尺度どNC値が 60以上であったのに対し、図1.1に示す新型タイプでのNC値は50以下と、ベランダにおいても騒音が気にならないレベルになっている。しかし、取り付けを行う躯体が、鉄骨・アルミ・木材のような軽い材質であると、わずかな脈動が躯体を伝わって共振を起こす可能性があり、取り付け時に注意を払う必要がある。両タイプのポンプ性能の詳細に関しては表1.2に示す。

現状の家庭用細霧冷房装置の利用は、夏季の暑熱環境改善対策にとどまらず、冬期の加湿利用やインフルエンザ対策とした消毒液の散布等に広く採用されており、年間を通して利用されることが期待されている。



写真 1 初期型小型ポンプ



写真2 新型小型ポンプ

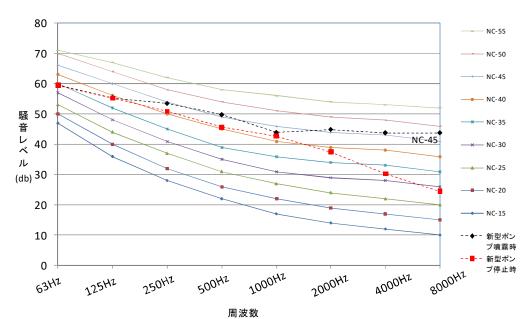


図 1.1 新型ポンプの NC 曲線

表 1.2. 超磁歪素子ポンプの性能

	初期型	新型
消費電力	約140W	約70W
重量	4.4kg	7.5kg
寸法	φ102×196	φ 102 × 246
吐出圧(無負荷時)	5.5MPa	5.5MPa
流量(5MPa時)	約120ml/min	約90ml/min
様式	超磁盘	€素子
電源	AC100V 5	50∼60Hz

#### 1.1.3.ルームエアコンと家庭用ドライミスト

現在のルームエアコンの全国普及率は86.9%、また関東以南に関しては90%以上であり<sup>1)</sup>、日本全体として非常に高い普及率を誇る家電製品として利用されている。この日本におけるルームエアコンの需要は、表1.3に示した世界のルームエアコン需要推定<sup>2)</sup>を見ても明らかなように、2008年度の数値で世界全体の約13%を占めている。また、特徴としてアジア圏でのエアコン需要の高さが目に付く結果となっている。

ルームエアコン利用時の消費電力は 8 畳間を対象としたもので、約  $400\sim700W(COP5$ 程度)程度である。家庭部門における冷房の $CO_2$  排出量に対する割合は約  $2\%^3$  と非常に低いが、エアコン利用の際に窓を閉め切り、室外機からの排熱を近隣で掛けあうために、本来利用を控えたい人々にとっては、過しにくい面が都市部では見受けられる。たとえば、集合住宅に見受けられるエアコンの室外機をベランダに配置しているような住戸では、下層階でエアコンを利用している場合、室外機から出る排熱が、上層階に住む人々の暑熱環境に影響を与え、その波及効果が都市温暖化に影響を与えることは十分に考えられる。

一方、エアコンとは逆にほとんど顕熱を排出しない細霧冷房装置は、顕熱を潜熱化することができることが特徴であり、既往研究<sup>4)</sup>においても、23 区内での普及が 7.5%まで達成することが出来れば、本装置利用時のミストの蒸発潜熱によって住戸から出る顕熱のすべてを処理できると試算している。

エアコンと細霧冷房装置の水道及び電力使用量から算出した、使用料金比較をまとめたものを表 1.4 に示す。本表より家庭用細霧冷房使用時にかかる 30 日分のコストは、ルームエアコンを利用する際に掛かる費用の 1/10 程度であることが分かり、コストパフォーマンスにも優れているといえる。

<sup>1)</sup> 総務省統計局「全国消費者実態調査」2004

<sup>2)(</sup>社)日本冷凍空調工業会 2009.4「世界各国のエアコン需要の推定調査」

<sup>3)</sup>財団法人日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」2005

<sup>4)</sup> 大手山他:ドライミスト装置の開発と環境勘定,日本建築学会梗集,2007

# 表 1.3. 世界のルームエアコン需要推定

(単位:千台)

	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
世界合計	43,895	48,124	51,450	58,048	61,786	59,249
日本	6,633	6,931	7,481	7,520	7,390	7,749
海外計	37,262	41,193	43,969	50,528	54,396	51,500
中国	16,000	17,670	18,000	21,105	22,349	21,100
アジア計	5,187	5,889	6,486	7,131	8,033	8,063
中東計	1,857	1,997	2,283	2,898	3,101	3,256
欧州計	4,571	5,746	5,492	5,907	7,278	5,496
北米計	6,300	6,324	7,550	8,660	8,348	8,356
中南米計	1,961	2,019	2,510	2,914	3,235	3,170
アフリカ計	763	782	945	1,164	1,312	1,323
大洋州計	624	766	703	749	740	736

<sup>\*</sup>アジア計は日本と中国を除くアジア合計

# 表 1.4. エアコンと細霧冷房装置

	衣 1. 7. エノコン	<b>乙州粉巾历衣</b> 匠	L		
	エアコンとドライミス	トの使用料金比較	参考例		
項目	家庭用エアコン	家庭用ドライミスト	ドライミストシステム	業務用エアコン	
消費電力	600W	75W	750W	3kw(4馬力)	
冷却能力	6~9畳用 2.2kW	約3.4kW	約51kW	8kW	
対象面積	10∼15㎡	10∼15㎡	150m <sup>2</sup>	50 m²	
ノズル数	1	2個	30個		
一日(8時間)の電気量[1kWh=22円]	4800Wh	300Wh(実質4時間)	4500Wh(実質6時間)	24kWh	
ーヶ月(240時間)の電気量	144kWh	9kWh	135kWh	720kWh	
一日の使用水量[1m³=202円]	_	0.02m <sup>2</sup>	0.54m <sup>2</sup>		
一ヶ月の使用水量	_	0.6m <sup>2</sup>	16.2m <sup>2</sup>		
一日(8時間)のコスト	105.6円	10.6円	210円	528円	
ーヶ月(240時間)のコスト	3168円	320円	6270円	15840円	

<sup>※</sup>ドライミスト装置を利用する場合はタイマーを利用して間欠運転をすることで過度の湿度上昇を防ぐことが可能なため、上記のモデルでは、1分ON/1分OFFの間欠運転を行った場合の試算とする.

<sup>\*</sup>期間は1~12月の暦年

<sup>\*2007</sup>年については必要に応じ見直し、修正した。

#### 1.2.研究の目的及び方法

現在、家庭用ドライミスト(細霧冷房)を住戸等に導入する場合は、利用者の判断で取り付け方法を決定している。ところが、設置方法によっては、効率的なミストの気化が行われずに本来であれば期待できる冷却効果を十分に発揮出来ない状態で利用しているケースも見受けられる。よって、本研究では様々の条件毎に冷却効果の事前予測を行うことで、家庭で細霧冷房装置を利用する際の取り付け設置の最適な設計手法について検討を行っている。

設計手法の構築にあたって考慮すべき項目は図 1.3 に示す設計手法のプロセスに示すように、まず、温度・湿度・風速の 3 点に着目した地域気象条件と、ノズルユニットの取り付けを行うための躯体の有無、ミストによる冷気を取り入れ可能な開口の有無、周囲への騒音の配慮等の細霧冷房装置の設置にあたっての施工可否を、検討し判定する必要がある。

実際、現状でも、この2項目を対象とした判定を行った上で導入を行っている。さらに、この2つの判定を満たした上で、噴霧高さ、噴霧角度、噴霧水量、噴霧間隔の4項目の検討を行い設置想定箇所の最適な設計手法を見出すこととしている。特に本研究では、後者の4項目に重点を置いて、実測実験による結果と数値解析より算出した結果をもとに住戸で利用する際の最適な設計手法の検討を進めている。

本研究における設計手法の検討方法と流れは、図 1.2 の検討フローに示すよう、様々な噴霧高さ・噴霧角度・噴霧間隔を組み合わせた噴霧条件で、実際に住戸に設置した実測実験による測定データと外部風及び日射のない条件を想定した場合の冷却効果の評価を行えるように無風室で行った測定データを用いて、住戸への設置の際の最適な設置方法の検討を行う。次に、実測での再現が難しい、異なる湿度条件での冷却効果の検討や将来的に数値解析のみでの設計を行うことを目的とした数値解析を利用した検討も行っている。数値解析の利用にあたっては、はじめに実測実験によるデータと数値計算との整合性を確認した上で、仮想居室モデルを対象とした設計手法検討を行い、また数値解析では、実測では行えなかった異なる噴霧水量での解析及び評価も試みている。

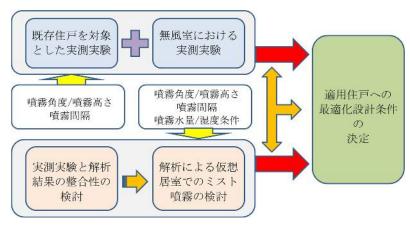


図 1.2 設計手法の検討フロー

# 設計手法のプロセス NO 気象条件による判定 設置不可 設置を行う地域の気象データの分析を行う。検討項目としては、 風速・風向・温度・湿度等の夏季3カ月分の日中のデータを扱う。 YES 分析条件:温度26°以上,相対湿度70%以下,風速3m/s以下 NO 施工可否判定 設置不可 設置予定箇所の確認を行う際、システムが取付可能か、またポンプからの振動による騒音問題があるか否かの確認。 YES 取付可能位置に依存するが,垂直高さ方 噴霧高さの選定 向、どの位置で噴霧を行うか検討を行う。 噴霧高さ決定後,どのような角度をつけて 噴霧角度の選定 噴霧を行うかの検討を行う。 現状で利用できる2種類のノズルをもとに 噴霧水量の選定 検討を行う。(①100ml/min ②80ml/min) 設置 図 1.3 設計手法のプロセスについて

# 1.3.既往研究

これまでドライミストに関する研究が行われてきたが、本研究に関する既往研究について表 1.5 にまとめる。これまで細霧冷房(ドライミスト)の実測実験による研究は広く行われているが、数値解析を伴った検討を行ったのは、屋外での大規模噴霧を対象とした研究のみしか行われていないのが現状である。

表 1.5 既往の研究事例(2005~2009)

X M. L.O. M. J. D. P. P. (2000)									
研究者	掲載	調査フィールド	調査内容						
林啓紀, 児玉奈緒子, 辻本誠, 奥宮正哉, 原田昌幸, 一瀬茂 弘, 奥山博康, 進藤義一	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1,629-630,2005.8	屋外駐車場	温熱環境の改善効果						
林啓紀, 児玉奈緒子, 辻本誠, 奥宮正哉, 原田昌幸, 一瀬茂 弘, 奥山博康, 進藤義一	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1,631-632,2005.8	连介紅牛物	一卵性双生児による温熱快適性						
林啓紀, 児玉奈緒子, 辻本誠, 奥宮正哉, 原田昌幸, 一瀬茂 弘, 奥山博康, 進藤義一	空気調和·衛生工学会中部支部 研究 発表会,131-134,2005.3	運動場大型テント下	温熱環境の改善効果						
林啓紀, 児玉奈緒子, 辻本誠, 奥宮正哉, 原田昌幸, 一瀬茂 弘, 奥山博康, 進藤義一	空気調和·衛生工学会中部支部 研究 発表会,135-138,2005.3	建勤場入空リンドド	一卵性双生児による温熱快適性						
	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,1269-1270,2005.8	駅コンコース	温熱環境の改善効果・ミスト粒子の到達距離						
大手山亮,辻本誠,石井智洋	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,559-600,2007.8	住宅ベランダ	家庭向け小型装置の改良 ドライミストの環境勘定						
石井智洋,辻本誠,山西敦也	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,555-556,2008.9	駅コンコース	温熱環境の改善効果						
山田英貴,尹 奎英,奧宮正哉, 辻本誠	日本建築学会環境系論文集 Vol73,1313-1320,2008.11	歩廊	ドライミストのCFD解析						
加藤史郎,戸張彩香,紅谷真司,辻本誠	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,555-556,2008.11	無風室	無風室での基礎的実験						
石井智洋,戸張彩香,紅谷真 司,辻本誠	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,555-556,2008.12	住宅ベランダ	温熱環境の改善効果(制御あり)						
石井智洋,戸張彩香,紅谷真 司,辻本誠	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,555-556,2008.13	正七ハノング	温熱環境の改善効果(制御なし)						
石井智洋,奥宮正哉,尹 奎英, 辻本誠	国際都市気象学会梗概集 P5-34,2009.7		ミストシステム全般						

# 第2章 実験住宅での細霧冷房噴霧実験

# 第2章 実験住宅での細霧冷房噴霧実験

#### 2.1.実験概要

#### 2.1.1.測定概要

本実験は、2008年夏季に静岡県富士市にある住宅メーカーの2階建て実験住宅の2階子供部屋で実施した。各種機器の配置は、図2.1の間取りおいて、超磁歪素子ポンプを用いた細霧冷房装置を子供部屋に面したベランダ、濡れ検知センサーを開口1の床近傍に床から高さ500mmの位置に3基配置した。濡れ検知センサーの反応精度と設置位置に関しては事前に実験を行い、床高さよりも高い位置に置くように設定している。

計測機器として利用した熱電対は図 2.2・写真 2.1-2.2 に示すように、室内  $A\sim E$  の 5 箇所に垂直方向各 11 点と室内側壁面に 5 箇所の合計 60 点、PMV 計を室中央の高さ 1400mm(ポール E 近傍)に設置して測定を行った。

実験条件は、表 2.1 に示すように噴霧高さ、噴霧角度(写真 2.3-2.4)、開口 2 の開閉を、組み合わせて設定した。測定条件としては、すべての実験において、細霧冷房噴霧開始 5 分前より計測を開始し、センサー3 基のうち、いずれかが床濡れを検知した時点で噴霧を停止し、その発停を 4 回繰り返した後噴霧終了、その後 5 分経過するまでは測定を行った。

また本実験での熱電対による温度の測定間隔は10秒とした。

実験当日の静岡県富士市の気象データ(温度・湿度・風速)は、住宅外部に設置されたウェザーステーションの値を利用しており、その詳細を表 2.2、図 2.3 にまとめた。このデータでは、日中での最高気温が 30  $\mathbb{C}$  を超える真夏日であり、実験実施時間帯の平均気温・平均風速・平均相対湿度は、それぞれ 29.3  $\mathbb{C}$  · 2.6 m/s · 66.5%と、例年並みの気候であった。

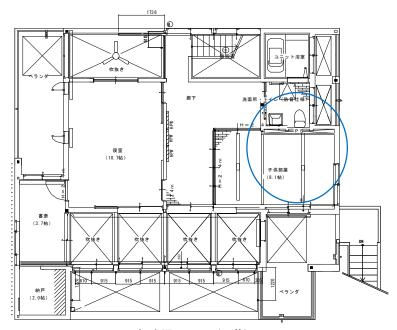


図 2.1 実験場平面図(2階)

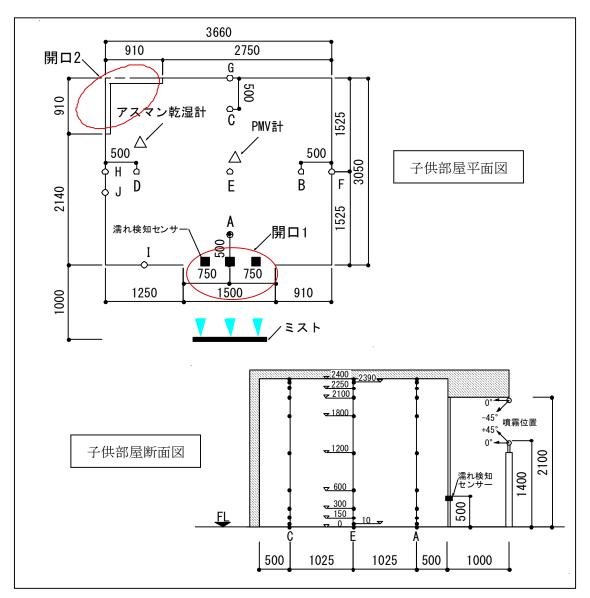


図 2.2 計測機器配置図



写真 2.1 計測機器設置外観

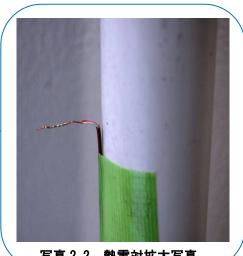


写真 2.2 熱電対拡大写真

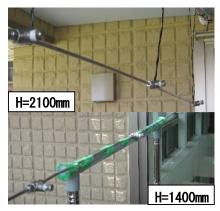


写真2.3 ノズル設置外観

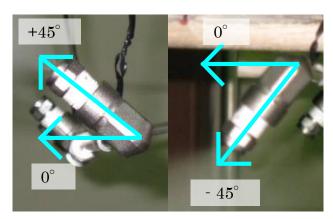


写真2.4 ノズル噴霧角度

表 2.1 実験条件

	水平噴霧距離(mm)	噴霧高さ(mm)	噴霧角度	開口2	濡れ検知センサー	最初の停止までの時間
実験1	1000	1400	0°	開	有	485秒
実験2	1000	1400	45°	開	有	392秒
実験3	1000	2100	0°	開	有	535秒
実験4	1000	2100	-45°	開	有	538秒
実験5	1000	1400	0°	閉	有	710秒
実験6	1000	1400	45°	閉	有	360秒

表 2.2 実験時間帯の気象データ

			1-2 112 -4 244224 2	•		
時刻	気温 (℃)	風速(m/s)	相対湿度(%)	風向	日照時間(h)	
11 時	28.2	1.4	69	西南西	0.0	
12 時	29.0	1.9	69	西	0.0	
13 時	30.0	1.7	62	南西	0.2	
14 時	30.1	1.7	58	南	0.0	
15 時	30.1	3.0	56	南東	0.1	
16 時	29.6	4.1	68	南南東	0.2	
17 時	29.0	3.8	73	南南東	0.0	
18 時	28.2	2.9	77	南東	0.0	

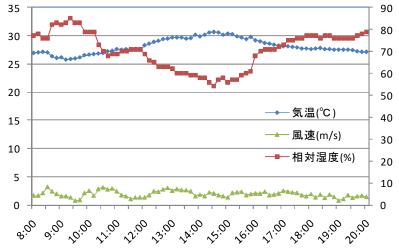


図 2.3 実験当日の気象データ(気温・相対湿度・風速)

#### 2.1.2 濡れ検知センサーについて

本来細霧冷房を利用した場合、ある程度の大きさの空間は室外であれば床濡れの心配をすることなく噴霧を行うことが可能であるが、家庭で使用する際、噴霧対象空間が小規模であるためにミストによる過加湿をおこし、ミストが気化しきらずに床を濡らしてしまうといった懸念がある。そこで、写真 2.5 のような床濡れを検知すると噴霧停止を行い、停止した後、センサー部の表面が乾くと噴霧を再開する制御を自動で行う濡れ検知センサ(AKI -1801 アスザック株式会社)を用いた。

今回の設置では、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。

項目 最大定格 推奨動作条件 電源電圧 3 5 V  $+8 \sim +30 \text{ V}$ 出力電圧 5 5 V 35 V以下 100mA以下 出力吸込電流 150mA動作温度  $-20\sim+80$  °C 0 ~+ 6 5℃ 保存温度範囲  $-55\sim+100$ °C

表 2.3 センサー仕様

# 2.1.3 PMV 計について

本実験で用いた PMV 計は写真 2.6 に示すもので、 製品仕様を表 2.4 に示す。

測定機器:京都電子工業株式会社製

アメニティメーター (AM-101)

設置位置: E点の横に高さ1、400mmで設置。

測定間隔:1分



75mm

写真 2.6. PMV 計

表 2.4 製品仕様

測定項目	測定範囲	測定精度
気温[℃]	0~50%	$\pm 0.5^{\circ}C(15\sim 30^{\circ}C)$
相対湿度[%]	0~100%RH	±3%(20~80%RH)
平均輻射温度	0∼50°C	1
風速[m/s]	0∼5m/s	$\pm 0.1 \text{m/s} (0 \sim 1 \text{m/s})$ $\pm 0.5 \text{m/s} (1 \sim 5 \text{m/s})$
PMV	-3 <b>~</b> +3	
PPD[%]	0~100%	_

# 2.2.実験結果

はじめに、実験中に実験 5 の D 点、高さ 1800mmの熱電対で、原因は不明だが、測定値が欠落するという現象が起こった為、欠落データは除外して検証するものとした。

図 2.4-1 から図 2.9-1 は、噴霧対象居室内における A~E 点での、垂直温度分布を表したグラフであるが、噴霧前の値は、噴霧前 5 分間の平均値、ミスト停止時の値は、噴霧を開始してから 1 度目のセンサーによる停止時間の値、噴霧終了後の点は、噴霧終了 3 分後の値をそれぞれ示している。

また、図 2.4-2 から図 2.9-2 は、経過時間毎の各計測点における高さ別平均温度と、噴霧前の各平均温度との温度差を表しており、-1<sup> $^{\circ}$ </sup> の場合は、噴霧前の温度よりその高さでの平均温度が-1<sup> $^{\circ}$ </sup> 降下していることを表している。

相対湿度は、PMV 計に付帯している湿度計を利用している。

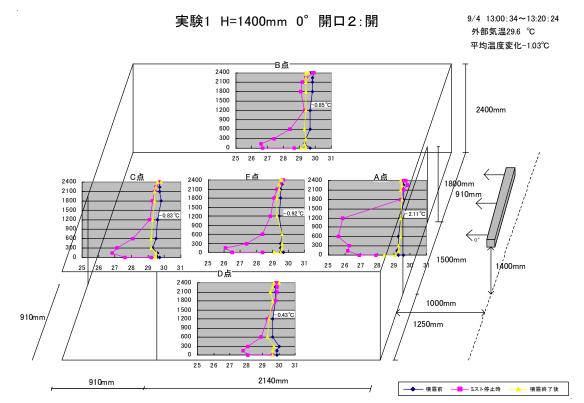


図 2.4-1 実験 1 各点における垂直温度分布の時間変化

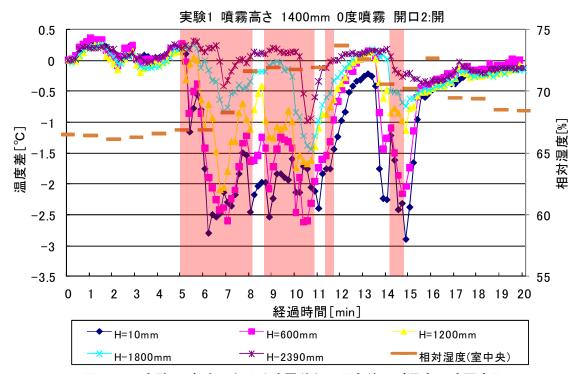


図 2.4-2 実験 1 各点における噴霧前との温度差及び湿度の時間変化

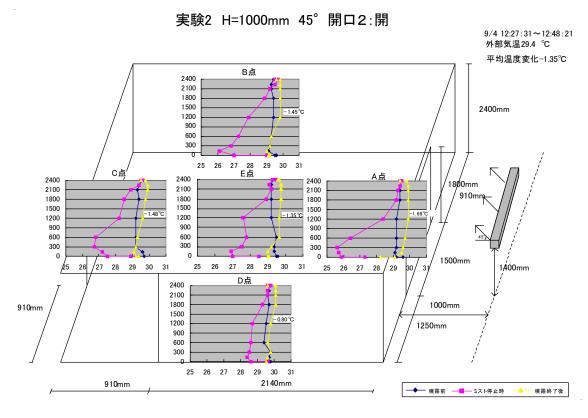


図 2.5-1 実験 2 各点における垂直温度分布の時間変化

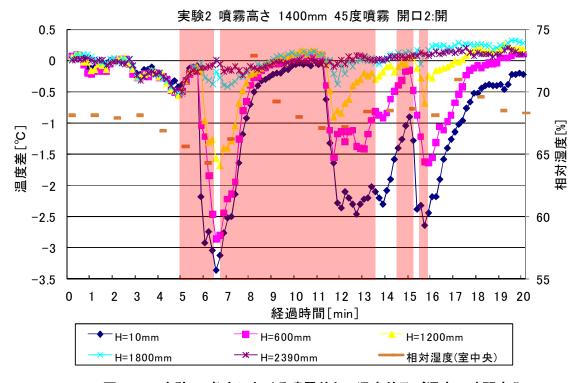


図 2.5-2 実験 2 各点における噴霧前との温度差及び湿度の時間変化

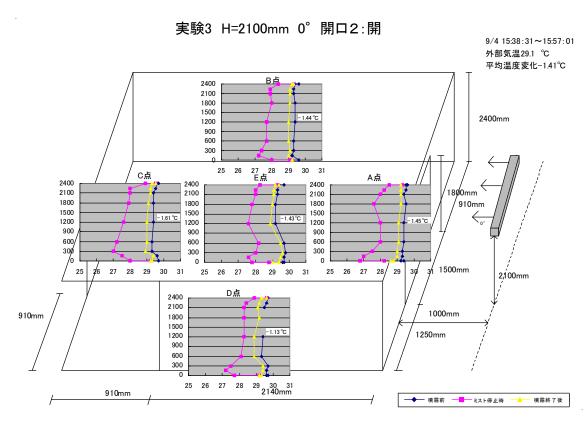


図 2.6-1 実験 3 各点における垂直温度分布の時間変化

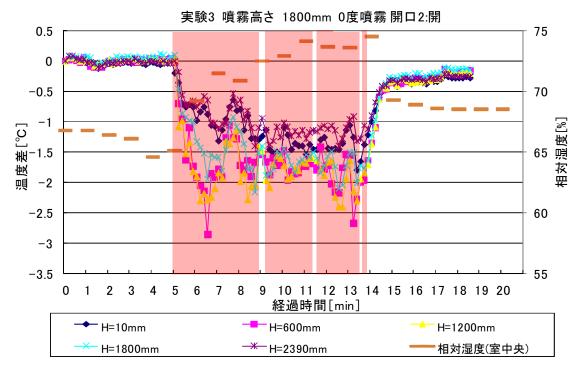
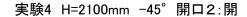


図 2.6-2 実験 3 各点における噴霧前との温度差及び湿度の時間変化



9/4 16:10:32~16:28:32 外部気温29.0 ℃ 平均温度変化-1.59℃

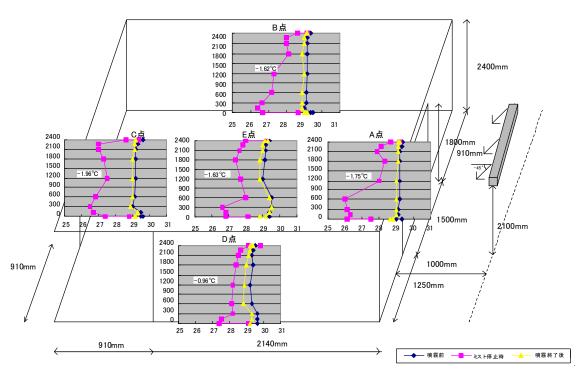


図 2.7-1 実験 4 各点における垂直温度分布の時間変化

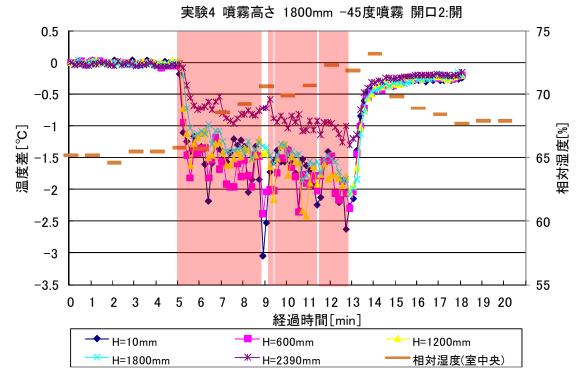


図 2.7-2 実験 4 各点における噴霧前との温度差及び湿度の時間変化

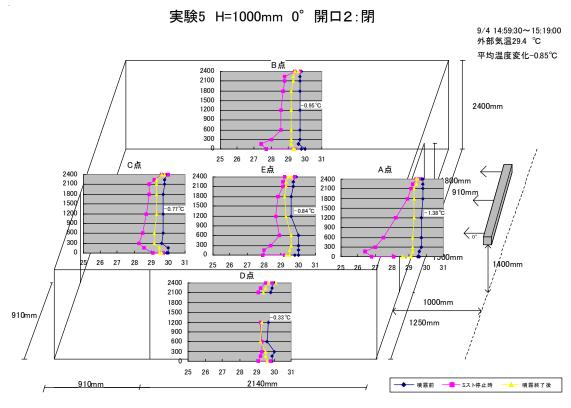


図 2.8-1 実験 5 各点における垂直温度分布の時間変化

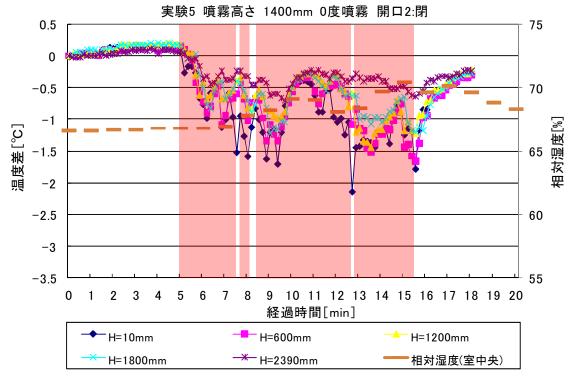


図 2.8-2 実験 5 各点における噴霧前との温度差及び湿度の時間変化

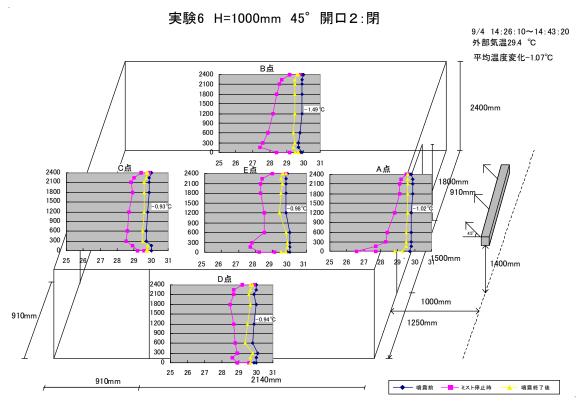


図 2.9-1 実験 6 各点における垂直温度分布の時間変化

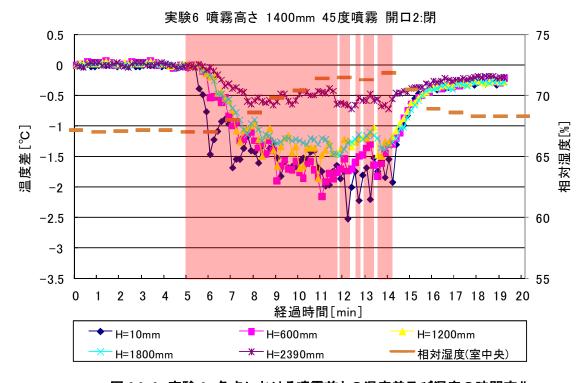


図 2.9-2 実験 6 各点における噴霧前との温度差及び湿度の時間変化

#### 2.3. 考察

#### 2.3.1. 温度降下量による考察

各実験における室内全体の温度降下量を求めるために、室内の $A\sim E$  の各点ごとに床面と 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が、このとき、H=10 mmでの測 定値をH=0 mm、H=2390 mmのものをH=2400m として扱うこととしている。

算出は、高さ方向の測定間の温度変化を線形であると仮定し、噴霧前後の平均値と細霧 冷房停止時との温度差によりできる面積を算出し、それを高さ (2400mm) で割ることで 温度変化量を算出している。算出手順は、下記に示す。

#### (算出手順)

- ① 測定点 i と i+1 におけるミスト噴霧前とミスト停止後の平均温度差を算出する。
- ② ①で算出した平均温度差に高さ  $h_i$  をかけ、図 2.10 に示す、斜線で囲まれた面積を算出する。
- ③ 全ての高さの面積を足し合わし、全体の高さで割ることにより各地点での温度変化量を 算出する。

式にすると(1)になる。

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

⊿θ[℃]:ある点での平均温度降下量

』[℃]:噴霧前の温度

b[℃]:ある時間のセンサーによるミスト停止直後の温度

h<sub>i</sub>[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

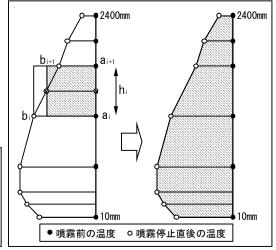


図 2.10. 温度降下量の算出

例として、式(1)による実験 4 における A 点の温度降下量の算出方法を示す。

図 2-11 に A 点の噴霧前 5 分間の平均値、一度目のセンサーによるミスト停止時の値、噴霧終了 3 分後の垂直温度分布を示し、また、実験より得られた各高さの測定値を表 2.5 にまとめた。

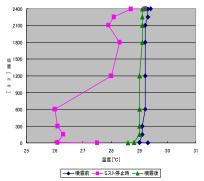


図 2.11. A 点の垂直温度分布の時間変化

# 表 2.5.実験 4 における A 点の測定値

熱電対設置高さ[mm]	2400mm	2250mm	2100mm	1800mm	1200mm	600mm	300mm	150mm	0mm
噴霧前の温度[℃]	29.3°C	29.3°C	29.2°C	29.2°C	29.2°C	29.2°C	29.1°C	29.1°C	29.0°C
ミスト停止時の温度[℃]	28.7°C	28.1°C	27.9°C	28.3°C	28.0°C	26.0°C	26.1°C	26.3°C	26.1°C
	29.1℃	29.1°C	29.1℃	29.1℃	29.0°C	29.0°C	29.0°C	29.0°C	28.8°C

④ ミスト噴霧前の温度とミスト停止後の温度における高さの異なる 2 組、 $a_i \cdot b_i$  と  $a_{i+1} \cdot b_{i+1}$  の平均温度差を算出する。

H=2400 のとき 28.7-29.3=-0.6、 H=2250 のとき 28.1-29.3=-1.2 ( - 0.6-1.2)/2= - 0.9℃

同様に行っていくと表 2.6 のようになる。

# 表 2.6 噴霧前後の温度平均

熱電対設置高さ	240	0mm	225	0mm	210	0mm	1800	Omm	1200	0mm	600	mm	300	mm	150	mm	0n	m
噴霧前と噴霧後の温度差	-0.6°C -1		-1.	2°C −1.3°C		-0.	-0.9°C −1.		2°C −3.2°C		2°C	-3°C		-2.8	-2.8°C		-2.9°C	
時電前に時電後の変わり由業		2400	2250	2250	2100	2100	1800	1800	1200	1200	600	600	300	300	150	150	0	
噴霧前と噴霧後の平均温度差		-0.	9°C	-1.2	25°C	-1.	1℃	-1.	1℃	-2.	2°C	-3.	1℃	-2.	9°C	-2.8	5°C	

⑤  $a_i$ から  $a_{i+1}$ までの高さ  $h_i$ を④で求めた平均温度差で掛けて 4点で囲まれた面積を算出する。

H=2400 と H=2250 の間の面積

 $(-0.9^{\circ}C)\times(2400-2250)=-135$ 

表 2.7.4 点で囲まれた面積

熱電対設置高さ(mm)	2400	2250	2250	2100	2100	1800	1800	1200	1200	600	600	300	300	150	150	0
面積	-13	35	-18	37.5	-3	30	-6	30	-13	320	-9	30	-4	35	-42	7.5

⑥ ⑤より算出した面積の和をとり、全体の高さで割ることにより A 地点における平均温度 降下量とした。

面積の合計 -135-187.5-330-630-1310-930-435-427.5=-4425合計/2400mm -4395/2400=-1.83℃

よって実験 4 の A 点における平均温度降下量を-1.83  $\mathbb{C}$  となる。

例のように式(1)を用いて各実験の測定点ごとに算出した温度降下量の結果を表 2.8 に示す。

表 2.8.各点の温度降下量

	Α	В	С	D	E	5点平均
実験1	-2.13	-1	-0.97	-0.55	-1.15	-1.16
実験2	-1.43	-1.32	-1.35	-0.67	-1.35	-1.22
実験3	-1.6	-1.59	-1.77	-1.33	-1.56	-1.57
実験4	-1.83	-1.73	-2.06	-1.13	-1.79	-1.71
実験5	-1.61	-1.19	-0.99	-0.55	-1.11	-1.09
実験6	-1.16	-1.67	-1.05	-1.22	-1.22	-1.26

表より実験 4 の条件(D=1000mm、H=2100mm、-45° 開口 2:開)の時が最も温度を降下させ、反対に実験 5 の条件(D=1000mm、H=1400mm、0° 開口 2:閉)の時がもっとも温度降下が小さかった。

また、各点ごとの温度を比較すると、平均して A 点が最も温度変化が大きく、D 点が最も温度変化が小さいが、A 点は開口から最も近いために噴霧中に熱電対の濡れが確認された実験もあった。 D点の温度変化が小さかったのは、細霧冷房によって冷やされた空気が室内気流により開口 2 より E 点と D 点の間を通り、開口 1 から部屋の外に出て行った為と考えられる(室内⇒室外)。

さらに、開口 2 の開閉条件を比較すると、基本的に開口 2 を開けて噴霧した場合、室外から室内に風が流れるため 5 点の温度変化が大きい、室外の環境条件にもよるが、室内を締め切らずに、南側で噴霧する際は、北側の窓やドアを開けて気流を確保して細霧冷房を噴霧する方が効果的であるといえる。

同様に高さ条件を比較すると、ノズル高さが 1400mm より 2100mm の方がより、温度 降下が大きいことがわかる。これは、高い位置から噴霧することで、ミスト粒子の滞空時 間が長くなり、気化が十分に行えたためだと考えられる。

表 2.8 より 5 点の平均温度降下量の平均値のみで判断するのであれば、実験 3~実験 4 の条件の時が効果を得やすいとわかる。また、噴霧角度はノズル高さ 1400mm のときは 45 度、2100mm のときは 45 度に最も温度変化があるので、ミストを斜め上、又は斜め下に向かってミストを噴霧すると効果的に温度降下が期待することができる。

# 2.3.2.標準偏差による考察

次に、上下方向の温度分布にバラつきがなく、室内が一様に温度降下することが望ましいとすれば、垂直温度分布の標準偏差が小さいほうがよいことから、各点の標準偏差を算出して検証を行った。標準偏差は式(2)によって導き、算出手順を下記に示す。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{9} \{(b_i - a_i) - \Delta \ \theta\}^2}{9}}$$
 (2)

σ:標準偏差

a<sub>i</sub>[℃]:噴霧前の温度

b<sub>i</sub>[℃]:ある時間のセンサーによるミスト停止直後の温度

⊿θ[℃]:ある点での平均温度降下量

#### (算出手順)

- ① ミスト噴霧前とミスト停止直後の温度差から各点平均温度降下量の差をとる。
- ② ①の解の2乗を算出する。
- ③ ②で算出したすべて解の2乗を足しあわせる。
- ④ 式(2)にあてはめ、標準偏差を算出する。

温度降下量の算出と同様に例として、実験 4 の A 点の標準偏差の算出方法を示す。 まず表 2.9 に実験より得られた測定値を示す。

表 2.9 実験 4 における A 点の測定値

熱電対設置高さ[mm]	2400mm	2250mm	2100mm	1800mm	1200mm	600mm	300mm	150mm	0mm
噴霧前の温度[℃]	29.3°C	29.3°C	29.2°C	29.2°C	29.2°C	29.2°C	29.1°C	29.1°C	29.0°C
ミスト停止時の温度[℃]	28.7°C	28.1°C	27.9°C	28.3°C	28.0°C	26.0°C	26.1°C	26.3°C	26.1°C
噴霧後の温度[℃]	29.1℃	29.1°C	29.1°C	29.1°C	29.0°C	29.0°C	29.0°C	29.0°C	28.8°C

① 表 2.10 に示すように、ミスト噴霧前とミスト停止直後の温度差から A 点平均温度降下量の差をとる。

表 2.10 噴霧前とミスト停止時の温度差

熱電対設置高さ	2400mm	2250mm	2100mm	1800mm	1200mm	600mm	300mm	150mm	0mm
噴霧前と噴霧後の温度差	−0.6°C	−1.2°C	−1.3°C	−0.9°C	−1.2°C	−3.2°C	−3°C	−2.8°C	−2.9°C

# ② ①の解の2乗を算出する。(表 2.11)

表 2.11. 温度差の 2 乗

熱電対の高さ	2400mm	2250mm	2100mm	1800mm	1200mm	600mm	300mm	150mm	0mm
解の2乗	1.23	0.26	0.17	0.65	0.26	2.23	1.67	1.19	1.42

- ③ ②で算出したすべて温度差の2乗を足しあわせる。
- =1.23+0.26+0.17+0.65+0.26+2.23+1.67+1.19+1.42

=9.07

④ 式(2)にあてはめ、標準偏差を算出する。

$$\sqrt{\frac{9.07}{9}}$$

=1.01

よって、A点の偏差は1.01となる。

同様に各実験について算出した標準偏差を表 2.12 に示す。

В 5点平均 Α С D Ε 実験1 1.70 1.03 0.97 0.99 1.23 1.18 実験2 1.59 1.20 1.02 0.79 1.01 1.12 0.41 実験3 0.46 0.28 0.47 0.54 0.31 実験4 1.01 0.75 0.70 0.65 0.75 0.63 実験5 1.15 0.51 0.65 0.65 0.36 0.57 実験6 0.81 0.55 0.33 0.21 0.44 0.47

表 2.12.各実験における偏差

表 2.12 より、実験 3 が標準偏差のもっとも小さく、垂直方向での温度分布が他の実験値より一様であることが確認できた。その他の実験においても実験  $4\cdot 5\cdot 6$  は、標準偏差が比較的小さい値ではあるが、前項での温度降下量の算出によって、実験  $3\cdot 4$  の温度降下が比較的大きいと判断したため、表 2.13 に示すように温度降下量が最も大きく、標準偏差が最も小さい実験 3 が本実験においての最適なミスト噴霧方法であると判断した。

表 2.13.実験結果一覧

	水平噴霧距離(mm)	噴霧高さ(mm)	噴霧角度	開口2	温度降下量	偏差
実験1	1000	1400	0°	開	-1.16	1.18
実験2	1000	1400	45°	開	-1.22	1.12
実験3	1000	2100	0°	開	-1.57	0.41
実験4	1000	2100	-45°	開	-1.71	0.75
実験5	1000	1400	0°	閉	-1.09	0.65
実験6	1000	1400	45°	閉	-1.26	0.47

#### 2.4.まとめ

本章では、住宅メーカーの所有する実験住宅の 2 階、ベランダに面する居室空間を対象に、細霧冷房を導入し室内の冷却効果や、室内の部分的な温度推移の傾向について検討を行っている。評価方法としては、室内の 60 カ所に設置した熱電対の温度データを用いて室内の温度降下量を算出し、また温度降下のバラつきを見るために垂直温度分布に対して標準偏差を利用し検討を行った。

結果としては、温度降下量だけで判断した場合では、 $2100 \,\mathrm{mm}$ 、 $1400 \,\mathrm{omg}$  爾ともに  $45^\circ$  の角度を付けた噴霧で効果が高いことが分かったが、標準偏差での検討も考慮した場合は、 $2100 \,\mathrm{mm}$  の高さからの室内向き  $0^\circ$  水平方向噴霧及び、 $1400 \,\mathrm{mm}$  の高さからの室内向き  $45^\circ$  上向き噴霧が効果的な噴霧であるといえる。またこの 2 条件は室内の冷却範囲に違いがあるため、 $2100 \,\mathrm{mm} - 0^\circ$  噴霧は、室内の中間層を冷やすのに有効なために洋室向け、 $1400 \,\mathrm{mm} - 45^\circ$  噴霧は、室内の下層部を冷やすのに有効であるために和室向けのように、居室の利用条件によって使い分けることが、最適な設計方法であるといえる。

# 第3章 無風室での細霧冷房噴霧実験

# 第3章 無風室での細霧冷房噴霧実験

# 3.1.実験概要

本章では実測で再現することが難しい外部風及び日射のない条件での細霧冷房の冷却効果について検討を行うために、無風室での細霧冷房の適用実験を行った。

今回の実験は前章の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。

#### 3.1.1.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(写真 3.1、写真 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。

細霧冷房の噴霧は、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 器具のみを配置した。



写真3.1 火災科学研究センター実験棟



写真3.2 火災科学研究センター実験棟内観



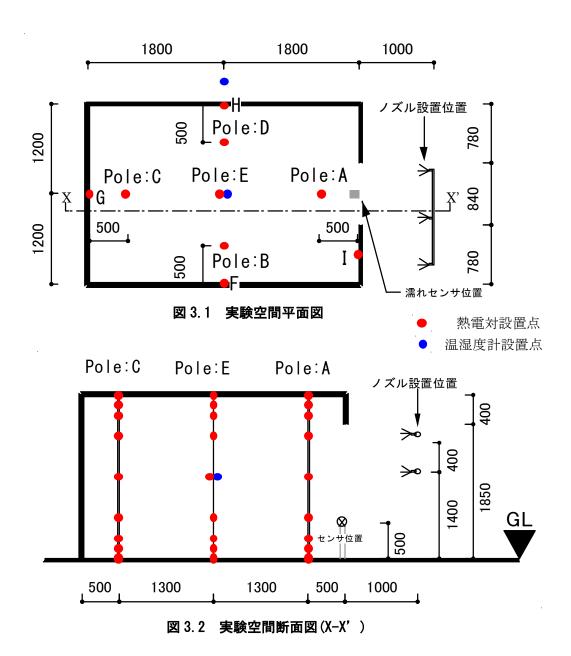
写真 3.3 実験空間外観



写真 3.4 実験空間内観

測定箇所外観.内観を写真 3.3、写真 3.4 に、平面図、断面図を図 3.1、図 3.2 に示す。また、測定器具として、図 3.1 図 3.2 の赤丸の点に熱電対を、青丸の点に無線式温湿度計(おんどとり Jr. RTR-53)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。

熱電対は、室内の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 <math>1125mm の高さで F~I 点に設置し、計 59 点で測定を行った。



#### 3.1.2.測定条件

細霧冷房を噴霧するノズルは開口部から距離 1mの位置とし、その他、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前章と同様とする。また使用した細霧冷房発生装置は、家庭用に開発された超磁歪素子式の小型小水量ポンプ(消費電力 140W/吐出圧 5MPa時 120ml/min)を利用し、ノズル 3 個を用いて噴霧を行った。

実験 1~4 を連続噴霧実験とし、ミストの噴霧は断続的に行うものとした。噴霧時間は前章の実験住宅で行われた実験を参考として決定した。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、実験室の床仕上げがフローリングでなく木材であったため、目視による床濡れ確認が困難であったためである。

実験 5~8 は濡れ検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、センサーにより最大噴霧時間を 10 分として、数回の発停を繰り返した後、噴霧終了とした。表 3.1 の噴霧時間については、噴霧を停止していた時間を除き、実際に噴霧を行っていた時間のみを合計したものとする。

噴霧前後の測定は、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。

	噴霧高さ	噴霧角度	噴霧時間	濡れ検知センサ	測定間隔	
実験1	1200mm	0°	5分			
実験2	1200mm	+45°	7分	なし	1分	
実験3	1800mm	0°	10分	なし	ו או	
実験4	1800mm	-45°	5分			
実験5	1400mm	0°	4分43秒			
実験6	1400mm	+45°	6分28秒	あり	10秒	
実験7	1800mm	0°	5分34秒	009	1049	
実験8	1800mm	-45°	4分19秒			

表 3.1 各実験における噴霧条件

### 3.2.測定結果

#### 3.2.1 連続噴霧実験

本実験は断続的にミスト噴霧を行った際に、床濡れが起こるまでの時間を富士実験の結果を受けてあらかじめ設定し、細霧冷房の噴霧を続けた場合に、無風室内の温湿度がどのように変化するかを確認するために行った。

連続噴霧実験における噴霧開始前、噴霧開始 3 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 3.3.1~図 3.6.1 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、表 3.1 各実験の噴霧条件で示し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細霧冷房の噴霧を続 けている可能性がある。

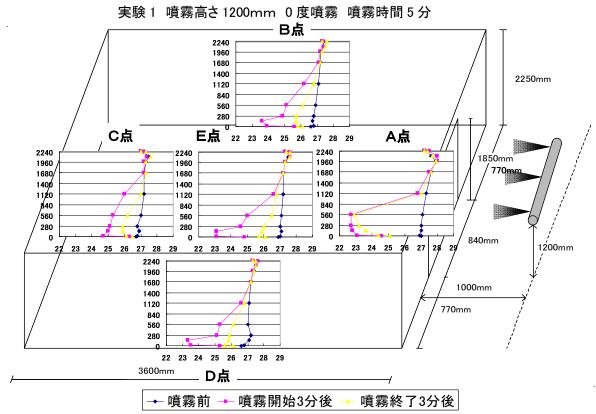


図 3.3-1 実験 1・各点における垂直温度分布の時間変化

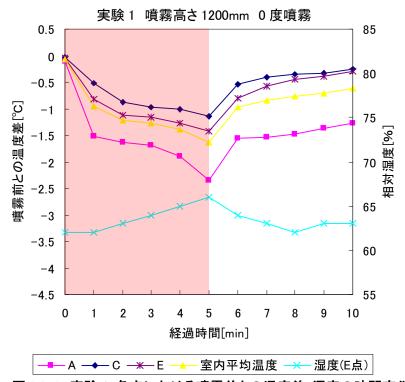


図 3.3-2 実験 1・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

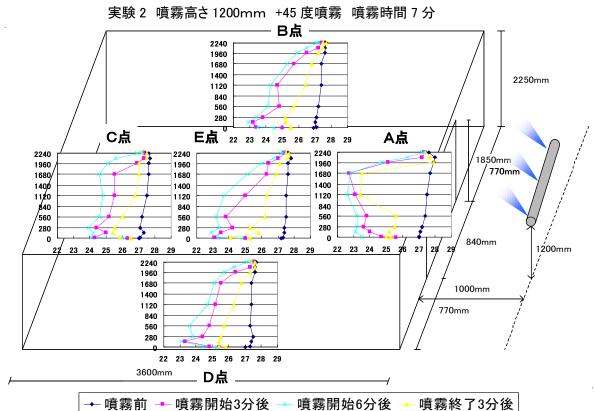


図 3.4-1 実験 2・各点における垂直温度分布の時間変化

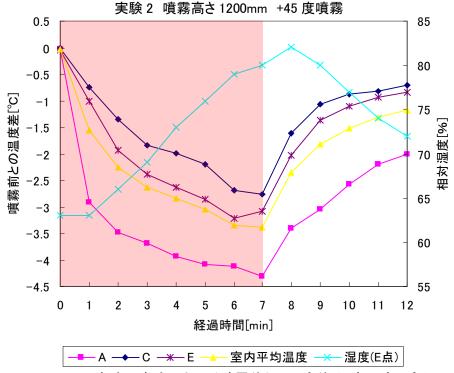
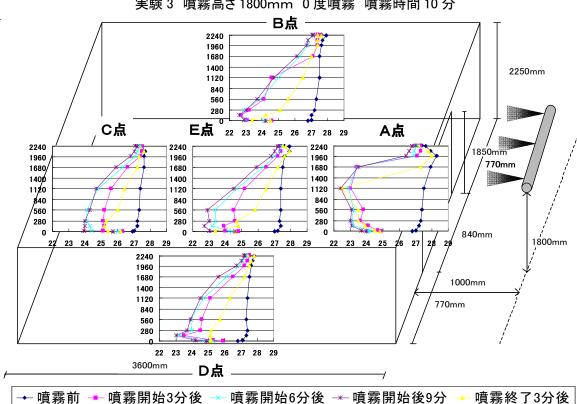
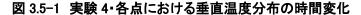


図 3.4-2 実験 2・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化



実験 3 噴霧高さ 1800mm 0 度噴霧 噴霧時間 10 分



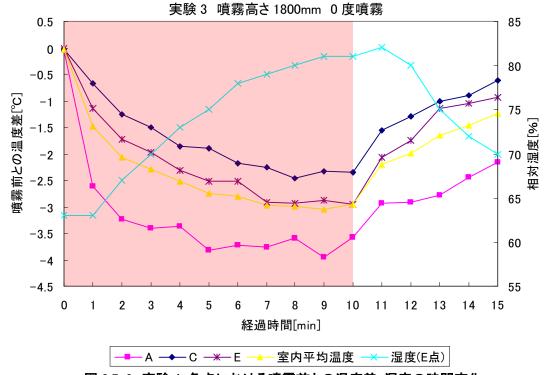
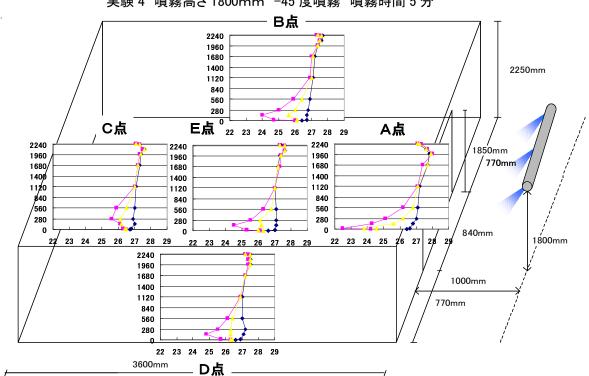
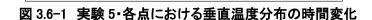


図 3.5-2 実験 4・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化



実験 4 噴霧高さ 1800mm -45 度噴霧 噴霧時間 5分



噴霧終了3分後

→ 噴霧前 → 噴霧開始3分後

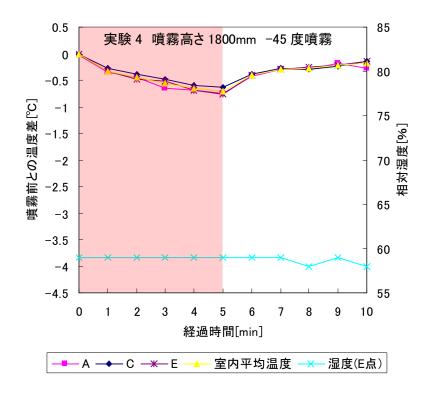


図 3.6-2 実験 5-各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

#### 3.2.2 連続噴霧実験の考察

図 3.3-1 図 3.3-2 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、上層部ではほとんど変化が見られない。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 3.4-1、図 3.4-2 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。

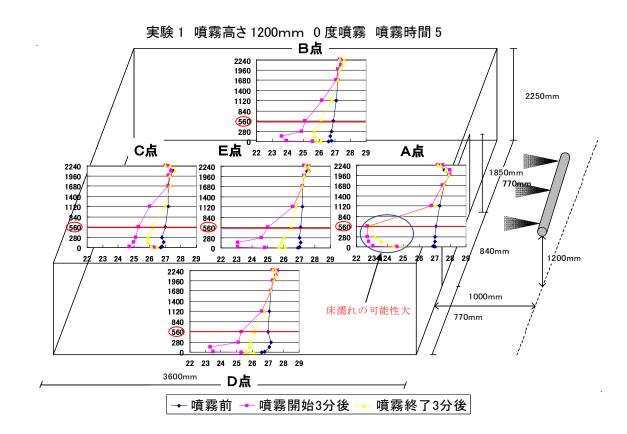
図 3.5-1、図 3.5-2 の実験 3 では全体的に大きな温度降下が見られるが、噴霧位置からの距離が遠くなるにつれて上部での温度降下の大きさが小さくなっている。また、実験 1 の場合と同様の理由で A 点での熱電対の濡れ、A、B、D、E 点での床濡れの可能性がある。

図 3.6-1、図 3.6-2 の実験 4 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。また図 3.6-2 のグラフでは、相対湿度がほとんど変化していないが、これは湿度測定点である E 点の 1120mm が噴霧高さとほぼ同位置のため、温度降下同様に相対湿度の上昇が確認できなかったと判断できる。

実験 1 や実験 4 に比べ、実験 2 や実験 3 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 3 で比較すると、実験 2 の方が室内の垂直方向温度分布が均一であることが確認できた。

また、実験 1 と実験 3 は、 噴霧高さを変えて、同じ 0° 噴霧を行った実験であるが A 点の測定位置では、床濡れと計測点の濡れがグラフより懸念されるため測定データの信頼性が低いと考えられる。

そのため A 点の測定データを考慮しない場合、実験 1 と実験 3 は、室内における各点の垂直温度分布が、図 3.7 のように実験 1 では 560mm での値、実験 3 では、1120mm の値より下の領域で温度降下が確認することができ、噴霧位置の高さよりも上層の領域での温度降下が著しく少ないことがわかり、ミスト噴霧によって噴霧位置より低い位置に上層域とは混ざりにくい境界層ができたためと考えられる。



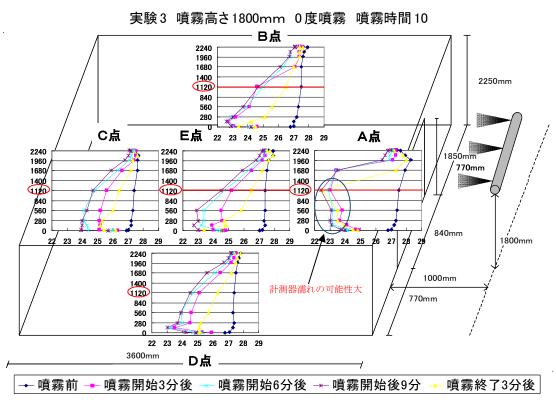


図 3.7 実験 1 及び実験 3 垂直温度分布

#### 3.2.3 濡れ検知センサー適用実験

濡れ検知センサー使用実験では細霧冷房を自動制御した場合、室内の温湿度がどのように変化するかを確認するために行った。

濡れ検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3.8~3.11に示す。

各実験におけるセンサーの反応時間は表 3.2 に示すとおりである。

表 3.2 センサー反応時間

	投 0.2 ピング 及心時間					
	実験5	実験6	実験7	実験8		
噴霧開始	0:00	0:00	0:00	0:00		
停止	1:14	1:32	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	10:35	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					

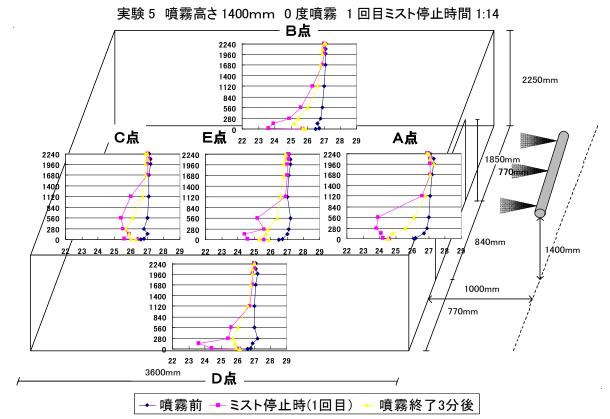


図 3.8-1 実験 5・各点における垂直温度分布の時間変化

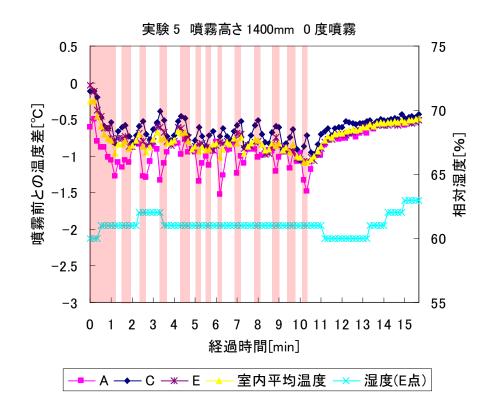


図 3.8-2 実験 5・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

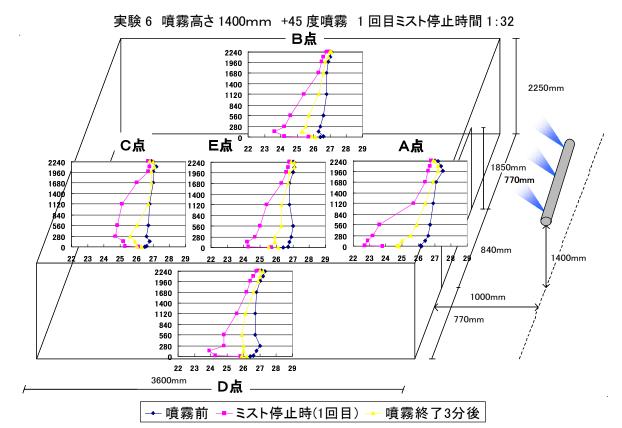
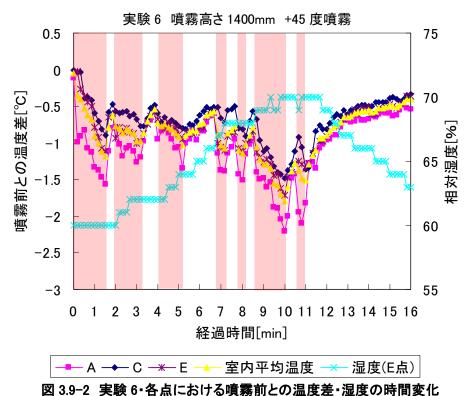


図 3.9-1 実験 6・各点における垂直温度分布の時間変化



0.0 2 天秋 0 日本1505170克務別と70厘尺在 厘尺75时间及

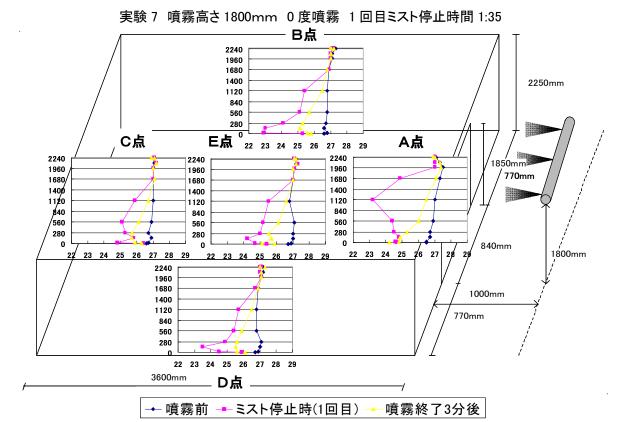


図 3.10-1 実験 7・各点における垂直温度分布の時間変化

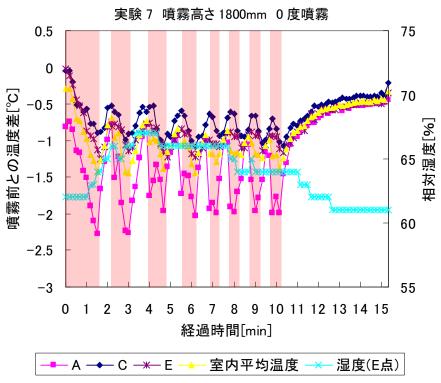


図 3.10-2 実験 7-各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

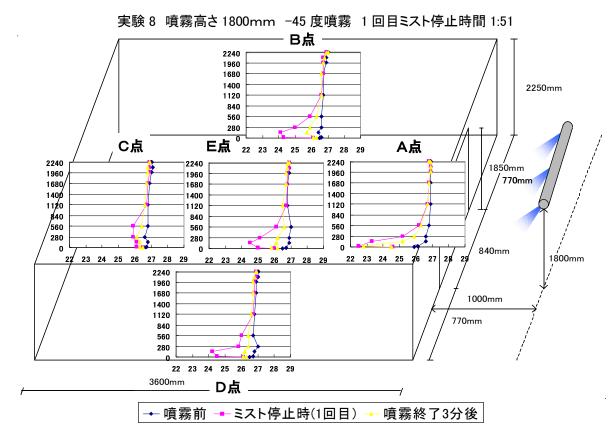


図 3.11-1 実験 8・各点における垂直温度分布の時間変化

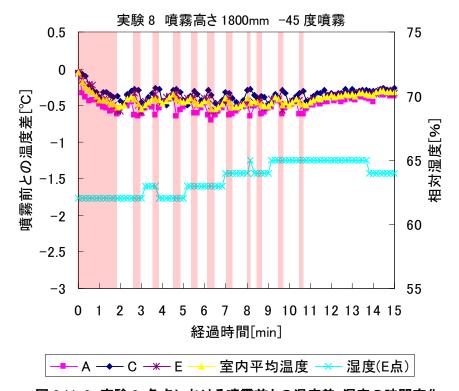


図 3.11-2 実験 8・各点における噴霧前との温度差・湿度の時間変化

#### 3.2.4.濡れ検知センサー適用実験の考察

図 3.8-1、図 3.8-2 の実験 5 では高さ 1125mmより下部で温度降下が見られる。また、室内平均温度が約 1<sup> $\circ$ </sup> の温度降下した時点でセンサーにより噴霧停止し、温度が約 0.7 になると噴霧を再開している。

図 3.9-1、図 3.9-2 の実験 6 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 1 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 3.10-1、図 3.10-2 の実験 7 では同条件での連続噴霧の実験 3 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。この実験では室内平均温度が約 1.3 での温度降下で噴霧を停止し、その後、降下した温度が約 0.8 で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。室中央の相対湿度が、65%で安定していることからも、センサー設置により過加湿を防止する効果は確認できたといえる。

図 3.11-1、図 3.11-2 の実験 8 では温度降下している点が 560mm より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いるため、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 6 以外の実験 5/7/8 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。

濡れ検知センサーを使用した本実験も、連続噴霧を行った実験同様に、0°噴霧を行った 実験 5 と実験 7 の垂直温度分布より、ミスト噴霧位置よりも高い上層域では温度降下がほ とんど確認することができなかった。

#### 3.2.5.連続噴霧と間欠噴霧の比較検討

次に連続噴霧実験と濡れ検知センサーを用いた間欠噴霧実験の比較検討を行った。 まずセンサーの有無で温度降下の変化に差があるか否かの検討を行うために、同様な噴霧 条件で実施した実験 3・実験 7(噴霧高さ 1800mm、噴霧角度 0°)と実験 4・実験 8(噴霧高さ 1800mm、噴霧角度-45°)の2組の実験について、室内の各点における垂直温度変化のグラフを図 3.12 のように示した。2組の実験ともに連続噴霧実験の方が噴霧量の多い分、温度 降下が若干大きく表れているが、非常に似た特徴をもっていることが分かる。

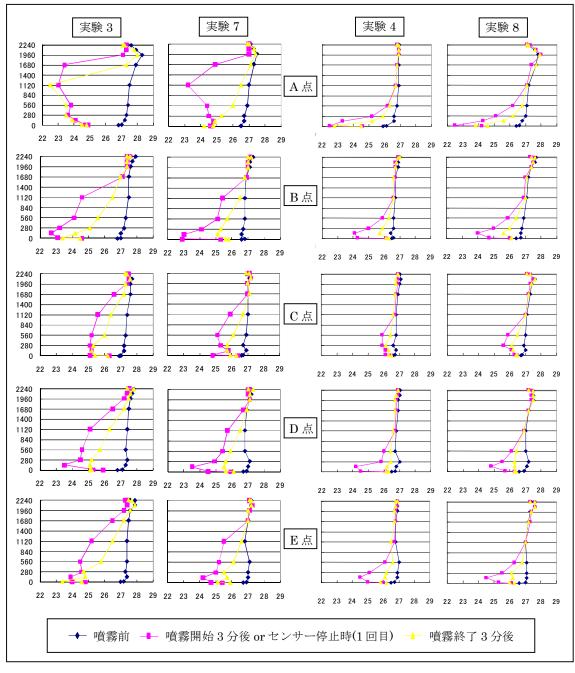


図 3.12 実験 3-実験 7・実験 4-実験 8 の各点における垂直温度分布の比較

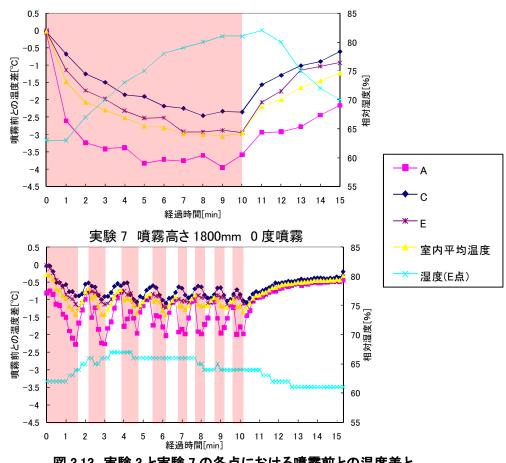
このことからも、温度降下に関しては連続噴霧でも床濡れ検知センサーを用いた実験においても室内における温度降下の特徴に変化は現れないが、床濡れ検知センサーを取り入れたことにより、床濡れに対する設置環境毎の噴霧間隔の予測検討を行うことなく細霧冷房装置を利用することができるため、この床濡れ検知センサーの役割は大きい。

次に第2章同様、室内における温度降下量と垂直分布に対する標準偏差の算出を行った。表3.3の結果より、全実験を通して室内の温度降下が大きい実験は、実験2、実験3、実験7であると判断できる。しかし、図13.3に示す、実験3と実験7における噴霧中の相対湿度の経時変化を見ると、実験3のグラフでは、噴霧開始5分程度で室内の中心が相対湿度75%以上となり、ミスト噴霧を行う環境として過加湿の状態と判断できる。しかし、実験7のグラフでは10分間噴霧を行っても相対湿度が65%前後と非常に安定した噴霧が行えている。また実験2についても噴霧中の相対湿度が80%を超えてしまっている。

以上のことから、本実験におけるもっとも効果的な噴霧が行える条件として、実験 7 の高さ  $1800 \mathrm{mm}$  からの室内向  $0^\circ$  水平方向噴霧であると判断した。

表 3.3 各実験における温度降下量と標準偏差の値

	噴霧高さ	噴霧角度	噴霧時間	センサ	温度降下量	標準偏差	最大相対湿度
実験1	1200mm	0°	5分		-1.53	1.45	66%
実験2	1200mm	+45°	7分	なし	-2.04	1.26	82%
実験3	1800mm	0°	10分	なし	-1.89	1.3	82%
実験4	1800mm	-45°	5分		-0.49	0.75	59%
実験5	1400mm	0°	4分43秒		-0.98	0.92	63%
実験6	1400mm	+45°	6分28秒	あり	-0.47	0.36	70%
実験7	1800mm	0°	5分34秒	ליכמ	-1.37	1.09	67%
実験8	1800mm	-45°	4分19秒		-0.57	0.79	65%



実験 3 噴霧高さ 1800mm 0 度噴霧

# 図 3.13 実験 3 と実験 7 の各点における噴霧前との温度差と 相対湿度の経時変化の比較

#### 3.3.まとめ

本実験では、通常では再現することが難しい外部風及び日射のない条件での細霧冷房の 冷却効果について検討を行うために、無風室での細霧冷房の適用実験を行っている。無風 室での実験は、細霧冷房を利用する環境としては非常に厳しい条件であるため、本検討で 濡れ検知センサーが有効に働くことが確認できれば、実際の家庭での利用も可能であると 考えることが出来る。

結果としては、室内の冷却効果は、高い位置からの室内向き 0° 水平方向噴霧が最も効果的であり、一方で「低い位置からの噴霧」は、無風条件のために中層部での温度降下の割合が、「高い位置からの噴霧」に比べて著しく小さかった。また、濡れ感知センサーを利用したことによる効果は、室内の相対湿度の推移の面で、非常に高い効果が確認できたといえる。

# 第4章 細霧冷房の数値モデル化

#### 第4章 細霧冷房の数値モデル化

#### 4.1.解析モデルの概要

まず本研究における解析の概要について解説する。

本研究では、数値解析によって細霧冷房(ミスト粒子)を再現するにあたり、数値解析ソフト Fluent6.3 を用いて数値モデル化を行っている。このモデル化は、形状生成及びメッシュ生成が可能な Gambit2.4.6 を利用し作成した対象モデル空間において空気相と分散相の気液二相の混相流の解析を行うことを目的としている。今回の解析では室内外の空気相を連続相としてオイラー法で扱い、飛散するミストを分散相としてラグランジュ法を用いた解法を行っている(オイラー・ラグランジュアプローチ)。この解法では、連続相と分散相は、各々計算され、連続相から分散相、分散相から連続相の相互変化を考慮することで全体の解析を行っている。本解析で使用している Fluent では、ナビエストークの式(NS 方程式)に対し、時間平均を用いた解法をとっている。

ここで今回 Fluent において使用した解析用スキームについて表 4.1 にまとめた。

さらに Fluent では、すべての流れに対して、質量保存と運動量方程式を解いており、伝 熱もしくは圧縮性を伴う流れについては、エネルギー保存の方程式が解かれている。

つぎに、ミスト粒子の解法について解説する。

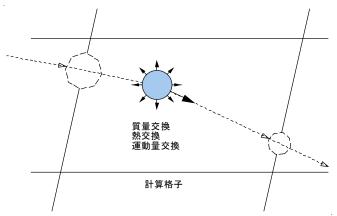


図 4.1 分散相モデルの概要

表 4.1 解析用スキーム一覧

Solve	Solver(解法)				
Solver	Pressure-Based				
Space	3D				
Velocity Formulation	absolute				
Gradient Option	Green-Gauss Cell Based				
M	Model				
Viscous Model	k-epsilon				
k-epsilon Model	standard				
Near-Wall Teratment	standard wall functions				
Radiation Model	off				
Spieces Model	spieces transport				
Mixture Material	mixture-template				

	Phase Model		
Number of Continous Phase Interactions per DPM	100		
Particle Treatment timestep size(S)	0.02		
Tracking Parameters(Max,Number of stream)	500		
Injection	Properties		
Injection Type	pressure-swirl-atomizer-model		
Number of Particle Streams	200		
Particle Type	Droplet		
Material water-liquid			
Evaporating Spieces	h <sub>2</sub> 0		
Water Temperature(K)	301		
Flow Rate(Kg/s)	0.00067/0.00083		
Injection Inner Diameter(m)	0.00016		
Spray Half Angle(deg)	30		
Upstream Pressure(Pa)	5000000		
Sheet Constant	12		
ligament constant	0.5 Conditions		
Operating Pressure(Pa)	101325		
Gravity(m/s²)	Z=-9.8		
Boussinesq Parameters Temperature(K)	288.16		
	Conditions utlet)		
Mass Flow Specification Method	mass Flow Rate		
Mass Flow Rate(kg/s)	0.0081(48m³-0.5回換気)		
Direction Specifaction Method direction vector			
Reference Frame	absolute		
Flow Direction(X,Y,Z)	(1,0,0)		
Turbulence			
Specification Method	k and Epsilon		
Turbulence Kinetic Energym <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	1		
Turbulence Dissipation Rate(m²/s³)	1		
	Vall)		
Wall Motion	stationary-wall		
Shear-Condition	No-slip		
Wall Roughness Height(m)	0		
Wall Roughness Constant	0.5		
Thermal conditions	convection		
Material name	Concrete		
Heat Trasfer Coefficient(W/m²·K)	23		
Free steam Temperature(K)	305		
Wall Thickness(m)	0.1		
Heat Generation Rate(w/m²)	0		
DPM Discrete hase Model Conditions Boundry conditype	reflect		
	terial		
 水の密度	998.2kg/m³		
水の動粘性係数	1.0048 × 10 <sup>-6</sup> m²/s		
水の表面張力	0.07194N/m		

#### 4.2.分散相モデルの解法

本解析は分散相であるミスト粒子と連続相である空気の気液二相の混相流として解析を 行っている。分散相モデルの扱いについては、運動量、熱移動、相変化(蒸発)の相互作用を 考慮したものとなっている。

ラグランジュ法により解かれる粒子にかかる作用力の釣り合いを積分することで分散相 粒子であるミスト粒子の飛跡を予測する。この作用力の釣り合いは、粒子の慣性と粒子に 働く力とを等式化するものである。順に解説する。

#### ①運動量について

本解析で扱う空気中のミスト粒子の受ける運動量は、空気の速度場、重力、付加質量効果によるものであるために、以下の式として表される。

#### 単位粒子質量辺りの抵抗力

$$Fp = \left[ \frac{\overline{18\mu_g} \frac{C_D Re_\rho}{24} \left( u_g - u_p \right) + \frac{g \left( \rho_p - \rho_g \right)}{\rho_p} + \frac{\rho_g}{2\rho_p} \frac{d}{dt} \left( u_g - u_p \right) \right] m_p$$
 粒子と空気の速度場 重力 付加質量効果

ここでいう右辺第 3 項の付加質量効果とは、特殊な状況下で重要となる粒子の作用力の 釣り合いにおける付加的な作用力であり、「仮想質量」力、すなわち、粒子の周囲の流体が 加速するのに必要な力である。

#### ②熱移動について

ここでは周囲空気との対流熱伝達、ミスト粒子の蒸発潜熱を考慮している。

# 気液間の熱伝達

$$m_{
m p} c_{
m p} rac{{
m d} T_{
m p}}{{
m d} t} = k_{
m h} A_{
m p} ig( T_{
m g} - T_{
m p} ig) + rac{{
m d} m_{
m p}}{{
m d} t} {
m l}$$
ミスト粒子からの熱移動 蒸発潜熱

#### ③相変化について

さらにミスト粒子の蒸発による質量変化の考慮は下記の式で算出する。

#### ミスト粒子の初期質量

$$m_p(t+\Delta t)=m_p(t)-N_iA_pM_i\Delta t$$
 微小時間後のミスト粒子の質量 蒸発による質量変化量

また、右辺第2項のN:(物質iが単位時間毎に蒸発する分子数)は次式で求められる。

$$N_i = k_m \left[ \frac{p_{sat}(T_p)}{RT_p} - X_i \frac{p_g}{RT_g} \right]$$

分散相の液滴からの蒸発は、液滴の温度が蒸発温度  $T_{vap}$  に達した時点で開始され液滴の温度が沸点  $T_{bp}$  に達するか液滴の揮発成分が完全に消費し尽くされるまで継続される。

	記号表
A:表面積 [m2]	p <sub>sat</sub> : 飽和蒸気圧 [Pa]
c:比熱 [kJ/(m2·K)]	R:気体定数 [Pa·m³/(mol·K)]
CD:抵抗係数 [-]	Rep: 周囲空気の粘性抵抗と粒子の相対速度を
d:粒径 [m]	基準としたレイノズル数 [-] =pgdp ug-up /µg
F:運動量 [N·m/s]	u:速度 [m/s]
g:重力加速度 [m/s2]	t:時間 [s]
k <sub>h</sub> : 熱伝達率 [W/(m2·K)]	T:温度 [K]
k <sub>m</sub> :質量伝達率 [m/s]	$X_i$ :連続相に含まれる蒸発物質のモル分率
l:蒸発潜熱 [kJ/kg]	μ: 粘性係数 [Pa·s]
m:質量 [kg]	ρ: 密度 [kg/m³]
M:蒸発物質の分子量 [kg/mol]	添え字
N:蒸気のモル流束 [kgmol/(m²·s)] p:圧力 [Pa]	g:周囲空気,i:蒸発物質,p:粒子

ここで本解析における分散相モデルの利用に関しての解析プロセスを図 4.2 のフロー図に示す。

各粒子については、初期位置、速度、粒径、温度を定義することで使用する解析モデルに分散相を組み込むことが出来る。この初期条件や分散相の物性を定義する入力値は、飛跡および伝熱/物質移動の計算時に用いる。飛跡および伝熱/物質移動は、粒子が流れを通って移動する際の連続相の局所的な条件を使用しつつ、粒子にかかる作用力の釣り合いと、粒子/輻射による伝熱や物質移動から導出する。

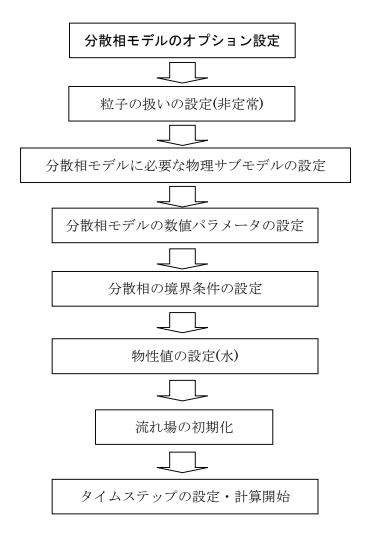


図 4.2 分散相モデルの利用ステップ

#### 4.3.噴霧モデルの概要

#### 4.3.1.微粒化の原理について

ノズルの噴霧形状は、ホロコーンタイプとなっており、ノズル内部の流動状態とノズル 先端のオリフィスを通過し、噴霧に至るまでの理論上の進行過程を図 4.3 に示す。

採用している渦巻き噴射弁の水流は、ノズル内部で旋回流となり、先端のオリフィスを 通過時に薄い液膜を形成する。液膜上では、慣性による遠心力と空気との摩擦力の釣り合 いによって波動が生じ、その作用により液柱、液滴へと分裂していく。

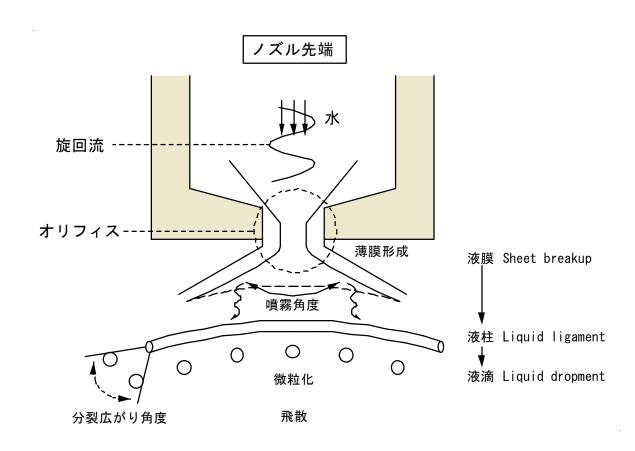


図 4.3 ノズル先でのミスト噴霧に至る進行過程

#### 4.3.2.噴霧器の設定

本解析での噴霧器モデルの設定は、pressure-swirl-Atomizer Model を利用して数値モデル化を行っている。4.2.1 で述べたように、ミスト粒子は、圧送された水が、オリフィスを通過直後に液膜、液柱、液滴の流れで分裂し形成されるものである。ここでそのモデルの構成式を順に解説する。

#### ①液膜の形成について

噴霧流量と液膜の噴出軸方向の速度 v、液膜厚さ haの関係は次式で表される。

$$\dot{m} = \pi \rho_1 v h_a (d_{ori} - h_a)$$
  $\pm 4.2.2-1$ 

また、液膜の噴出軸方向の速度 v は Han らによるアプローチ、以下の式で求められる。

$$k_{v} = \max \left[0.7, \frac{4\dot{m}_{l}}{\pi d_{ori}^{2} \rho_{l} cos(\theta)} \sqrt{\frac{\rho_{l}}{2\Delta t}}\right] \qquad \ddagger 4.2.2-3$$

$$v = Vcos(θ)$$
  $ੜ 4.2.2-4$ 

#### ②液膜から液柱への分裂について

本解析の Pressure-Swirl-Atomizer Model では、周囲の気体や液体粘性、表面張力が液膜の分裂に与える影響を考慮している。当モデルの理論展開については、Senecal らによるものであり、膜で成長する波状モードが基礎となっている。ここで液膜における波動の振幅増幅率を算出するための分散関係式について以下の式を利用している。

$$\begin{split} \omega &= \frac{1}{(tanh(kh) + Q)} \Biggl\{ -2m \, \nu_{\,_{l}} k^{2} tanh(kh) \\ &+ \sqrt{4 \, \nu_{\,_{l}}^{\ 2} k^{4} tanh^{2}(kh) - Q^{2} V^{2} k^{2} - [tanh(kh) + Q] \biggl[ -Q V^{2} k^{2} + \frac{\sigma k^{3}}{\rho_{l}} \biggr] } \\ & \pm 4.2.2 \text{-} 5 \end{split}$$

また、薄膜の厚さに比べて長い波動については、Dombrowski と John が提案した薄膜の分解に関するメカニズムを採用している。そのため薄い液膜で起こる不安定な波動が、臨界振幅に達した際に、液膜の分裂過程からリガメント(液柱)が形成されると仮定され、分裂時の表面における外乱の値が $\eta_b$ に達した場合、分裂にかかる時間 $\tau$ は、次式から求められる。

$$\eta_b = \eta_a e^{\Omega \tau} \rightarrow \tau = \frac{1}{\Omega} \ln \left( \frac{\eta_b}{\eta_a} \right)$$
 \Rightarrow 4.2.2-6

上記の式の最大成長速度 $\Omega$ は、式 4.2.2-5 を k の関数として数値を最大化することによって得られる。また、リガメントの長さ  $L_b$ については、以下の式より算出する。

$$L_{b} = V = \frac{V}{\Omega} \ln \left( \frac{\eta_{b}}{\eta_{a}} \right)$$
 \$\pi 4.2.2-7

本噴霧器モデルでは、 $\ln(\eta | \eta | \eta | \eta)$ は、ノズルの特性を表すパラメータである Sheet constant として与えられ、Dombrowski と Hooper は、12 という薄膜定数の値が、2~200 のウェーバー数の範囲で、薄膜実測分裂長に良好に一致しているとしている。

ここでは、周囲気体と液体の境界面に働く慣性力と表面張力の比であるウェーバー数 We が、We<27/16 の場合、波長は薄膜の厚さに比べると長く、逆に We>27/16 であれば短いとしている。

次に分裂時に形成されたリガメント(液柱)の直径は質量保存から求めるため、1 波長当たり 2 つの薄膜内の液滴からリガメント(液柱)が形成されると仮定した場合、その直径は以下の式で表される。

上記の式における  $K_b$  は、最大成長速度の $\Omega$ に対応する波数である。リガメント(液柱)の直径は、分裂長の関数である薄膜長さに依存するため、膜の長さは分裂長と、噴霧器のオリフィスの中心線から中間線までの動径距離 $[(d_{ori}\cdot h_a)/2]$ から次式によって算出される。

このメカニズムは、薄膜の厚さに比べて短い波動には使用されず、短い波動の場合は、リガメント(液柱)の直径は次式のように、薄膜の分裂波長に正比例しているとされている。

ここで、 $C_L$ はリガメント定数で、通常は 0.5 を用いる。本解析における設定は、ligament constant として 0.5 を与えている。

#### ④液滴の平均粒径について

波動が長波長であれ、短波長であれ、リガメント(液柱)から液滴への分裂は、以下の式によって算出される。(Weber)

$$\bar{d} = 1.88d_L(1 + 30h)^{\frac{1}{6}}$$
  $\stackrel{1}{\cancel{\sim}} 4.2.2-11$ 

ここで、無次元数である Oh は Ohnesorge 数(オーネゾルゲ数)と呼ばれ、Weber 数と Reynolds 数 Relを用いて次式で定義される。

$$Oh = v_l \sqrt{\frac{\rho_l}{\sigma_l d_L}} = \frac{\sqrt{We_l}}{Re_l}$$
 
$$\vec{\approx} 4.2.2-12$$

#### ⑤噴霧粒子の粒径分布について

本解析におけるミスト粒子の粒径分布の扱いは、ロジン・ラムラ粒径分布法を用いて 行っている。

ロジン・ラムラ分布関数では、液滴の直径  $d_p$  と、 $d_p$  より大きい液滴の質量分率  $Y_d$  の間に次式のような指数関係が存在すると仮定している。

$$Y_{d} = e^{-\left(\frac{d_{p}}{\overline{d}}\right)^{n}} \qquad \qquad \sharp 4.2.2 \text{-} 13$$

本解析での発生粒子の流刑分布は散布パラメータ n=3.5 のロジン・ラムラ分布に従っている。

最後に、噴霧器モデル設定時に行うパラメータ条件と、出力される項目を図にまとめる。

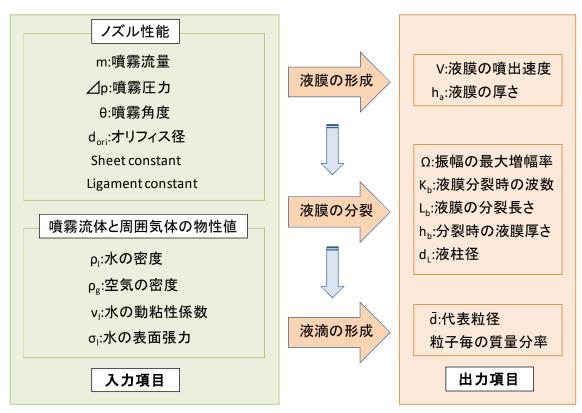


図 4.3 噴霧モデルにおける粒径算出フロ一図

記さ	ラ衣
C <sub>L</sub> : ligament constant	V:液膜の噴出速さ[m/s]
d <sub>L</sub> :液柱径 [m]	We:液膜厚さと密度を基準にしたWeber 数
d <sub>ori</sub> : ノズル出口径 [m]	We <sub>i</sub> : 液膜厚さと密度を基準にしたWeber 数
d <sub>p</sub> : 粒径 [m]	Y <sub>d</sub> : 粒径がd より大きい粒子の質量分率 [-]
d : Rosin-Rammlar 分布における基準粒径 [m]	η:振幅 [m]
h:液膜厚さ[m]	<i>θ</i> : 噴霧角度 [rad]
k : 液膜上の波数 [s <sup>-1</sup> ]	ν:動粘性係数 [㎡/s]
k <sub>v</sub> : 流速係数 [-]	ρ:密度 [kg/?]
K:分裂時の波数 [s <sup>-1</sup> ]	σ:表面張力 [N/m]
L:分裂時の液膜長さ[m]	τ:分裂時の波動周期 [s]
:質量流量 [kg/s]	ω:振幅の増幅率 [s <sup>-1</sup> ]
n:Rosin-Rammlar 分布における拡散定数 [-]	Ω: 振幅の最大増幅率 [s <sup>-1</sup> ]
Oh : Ohnesorge 数	添え字
Δp: 噴霧圧力 [Pa]	a:オリフィス通過直後
Q:気相と液相の密度比 [-]	b:液膜から液柱への分裂
Re <sub>l</sub> :液膜の粘性抵抗を基準にしたReynolds 数	l:液相
v:噴出軸方向の速度 [m/s]	L:液柱

#### 4.4.乱流モデルの概要

乱流モデルを特徴づけるものは速度の変動であり、そのため輸送される量、すなわち、運動量、エネルギー、化学種濃度などが混合され輸送される量もまた変動することになる。これらの変動は、スケールが非常に小さいためすべてを計算することは難しく、当然、時間も非常に掛かる。そのため時間平均やレイノルズ平均(アンサンブル平均)を利用して小スケールの変動を除去することで計算の単純化を図る。しかし、変更された方程式には含まれる未知数が増加するために、これらの未知数を、既知量からの算出する過程で乱流モデルを用いる。

本解析では、流れを支配する瞬間的なナビエ・ストークス方程式における解変数に、レイノルズ平均を適用している。

#### 4.3.1 乱流モデルの解法

本解析では標準  $\mathbf{k}$ -  $\epsilon$  モデルを利用して解析を行っている。乱流モデルの中では 2 方程式 モデルが最も簡易的であり、二つの輸送方程式を解くことにより、乱れ速度と長さスケールを独立して求めることが可能である。Fluent の標準  $\mathbf{k}$ -  $\epsilon$  モデルはこのタイプに属している。

標準  $\mathbf{k}$ -  $\epsilon$  モデルは、乱流運動エネルギー( $\mathbf{k}$ )とその散逸率( $\epsilon$ )の輸送方程式に対する半経験的モデルであり、 $\mathbf{k}$ のモデル輸送方程式は厳密な方程式から導かれる一方、 $\epsilon$ のモデル輸送方程式は、物理的な推論によって得られたものであり、数学的に厳密な輸送方程式とほとんど類似点はない。

ここで、乱流運動エネルギー( $\mathbf{k}$ )とその散逸率( $\epsilon$ ) は、下記の輸送方程式によって得ることができる。

$$\begin{split} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \bigg[ \Big( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \Big) \frac{\partial k}{\partial x_j} \bigg] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \\ &\stackrel{\mathbb{Z}}{\to} 4.3.1 \text{-} 1 \end{split}$$

これらの方程式では、 $G_k$  はレイノルズ応力であり平均速度勾配による乱流エネルギーの生成を表し、次式によって表される。

$$G_{k} = -\rho \overline{u'_{i} u'_{j}} \frac{\partial u_{i}}{\partial x_{i}}$$
 \Rightarrow \Rightarrow 4.3.1-3

標準 k-  $\epsilon$  モデルでは、レイノルズ平均アプローチで乱流をモデル化するためにレイノルズ応力を適切にモデル化しなければならず、ここでは平均速度勾配に関連づけるブシネスクの仮説を使用しているため  $G_k$  は次のようにも表すことが出来る。

$$G_k = \mu_t S^2$$
 式 4.3.1-4

ここでSは、次式により定義される平均ひずみ速度テンソルの強さである。

$$S = \sqrt{2S_i \, S_i \, j} \qquad \qquad \vec{x} \, 4.3.1-5$$

式 4.3.1-3 の  $G_b$  は浮力による乱流運動エネルギーの生成を表し、 $Y_M$  は、圧縮性乱流における膨張変動の散逸率への寄与を表している。ここで $C_{1\epsilon}$ , $C_{2\epsilon}$ , $C_{\mu}$ は、モデル定数であり、また  $\sigma_k$  と  $\sigma_\epsilon$ は、 $\kappa$  と  $\kappa$  に対する乱流プラントル数として下記のデフォルト値を持つ。

$$C_{1\epsilon} = 1.44, C_{2\epsilon} = 1.92, C_{u} = 0.09, \sigma_{k} = 1.0, \sigma_{\epsilon} = 1.3$$

さらに渦粘性係数すなわち乱流粘性係数 $\mu_t$ は、kと $\epsilon$ から次式として表せる。

また本解析での、壁近傍セルの乱流モデルの設定は、標準壁関数を用いている。(Launder と Spalding)

# 第5章 数値計算と実測実験との整合性の検討

#### 第5章 数値解析と実測実験との整合性の検討

#### 5.1.解析概要

本章では、第3章で示した実測データを数値流解析の汎用ソフトであるFluent6.3を用いて数値モデル化を行い,実測結果との整合性の検討を行った。数値解析のモデル化に伴う概要は第4章に解説したものとする。

本項の目的は、実際の住戸に細霧冷房を取り付ける際に、数値計算により事前に効果的な噴霧の検討が行うことができれば、取り付けの際の一つの設計手段として活用できると考えたためである。そのために、まず前項での実測データと数値計算における結果との整合性を確認することで数値計算の使用の可否を判断することとする。

これまでの富士実験住宅での実測実験と無風室での実測実験の検証より,温度降下がより効果的であると判断した噴霧条件を表5.1にまとめた。

実験No.	噴霧水平距離	噴霧高さ	噴霧角度	噴霧時間	濡れ検知の有無	
		富士等	実験住宅実	験		
実験3	1000mm	2100mm	0°	8分55秒	有	
実験4	1000mm 2100m		-45°	8分58秒	<b>1</b> 71	
	無風室実験					
実験2	1000mm	1200mm	+45°	7分	4111.	
実験3	1000mm	1800mm	0°	10分	無	
実験6	1000mm	1400mm	+45°	6分28秒	<del>=</del>	
実験7	1000mm	1800mm	0°	5分34秒	有	

表 5.1 実測実験での効果的な噴霧結果一覧

両実験より,濡れ検知センサー利用し 1800mm 以上の高さから噴霧角度 0° で室内側を向けた噴霧が共通してより大きい温度降下が見込めたために,本検討では特に無風室で行った実験 7 の実測データとその他に,表 5.2 に示す無風室で行った実験から噴霧角度の異なる実験 8 噴霧高さの異なる実験 5 の 3 つの実験について検討を行った。

表 5.2.整合性の確認	を行った噴霧条件
--------------	----------

実験No.	噴霧水平距離	噴霧高さ	噴霧角度	噴霧時間	濡れ検知の有無
無風室実験					
実験5	1000mm	1400mm	0°	4分43秒	
実験7	1000mm	1800mm	0°	5分34秒	有
実験8	1000mm	1800mm	-45°	4分19秒	

#### 5.2.検討モデルの概要

図 5.1 に検討モデルの詳細を,表 5.3,表 5.4,表 5.5 に境界条件,噴霧条件,使用した水の物性値を示す。また検討に用いた実測データは,表 5.2 に示したものを利用し,与条件のうち屋根面温度,壁面温度は、噴霧前に実測した各表面温度を与え,また大気圧境界面と領域内初期条件においても,室外で測定した温湿度とした。風速は,無風室での実験であるために0m/s としたが、無風室の室外における境界面は大気圧境界面と設定した。本検討では,噴霧開始からの室内の各測定点における温度の経時変化を比較するために,非定常計算を行った。計算時間については,60 秒の前計算を行った後,実測データに基づいた噴霧間隔(第3章表3.2)でモデル化を行った。乱流モデルは,標準 k・ε モデルを用い,計算格子サイズは,20cm×20cm×20cmとした。また、対象領域には、重力加速度 9.8m/s²を与えている。

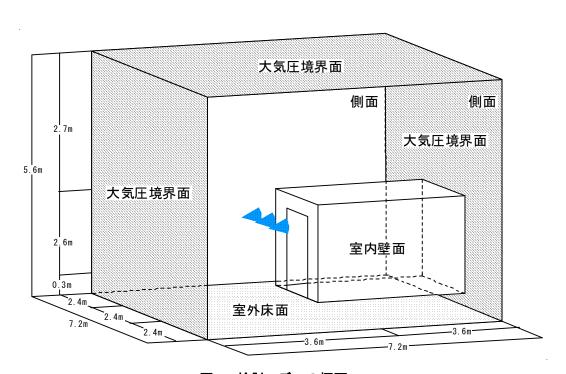


図 5.1.検討モデルの概要

## 表 5.3.対象領域の境界条件

部・	位	流体境界条件	熱境界条件	その他条件
	天井面		壁面温度:27.25℃	
室内壁面	床面	no-slip	壁面温度:26.85℃	室内湿度:62%RH
	壁面		壁面温度:26.75℃	
室外床面		no-slip	表面温度:27.15°C	コンクリート
側	面	大気圧境界	外気温度:27.15℃	
大気圧境界面		大気圧境界	外気温度:27.15℃	
		人名丘境介	外気湿度:62% RH	

## 表 5.4.ノズルの噴霧条件

ノズル噴霧量(一個当たり)	0.83g/s	
噴霧圧力	5MPa	
水温	28°C	
ノズルロ径	0.16mm	
噴霧位置	X=3.3,Y=4.7,Z=2.35	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	X=3.6,Y=4.7,Z=2.35	
	A:X軸正方向からY軸負方向へ 0°	
噴霧方向	B:X軸正方向からY軸負方向へ-45°	
	C:X軸正方向からY軸負方向へ+45°	
噴霧角度	60°	
分裂広がり角度	6°	
sheet constant	12	
ligament constant	0.5	
·		

## 表 5.5.水の物性値

水の密度	998.2kg/m³
水の動粘性係数	$1.0048 \times 10^{-6} \mathrm{m^2/s}$
水の表面張力	0.07194N/m

#### 5.3.計算結果と考察

#### 5.3.1.室内温度推移グラフによる比較検討

計算結果の検討にあたって、無風室で行われた実測実験の結果より実験 5、実験 7 と実験 8 のそれぞれのケースについて、図 5.2 に示すような各高さに設置した熱電対より得られた 温度と数値解析によって算出した同点の温度を経時温度変化グラフで表し、各点の温度変化に対する整合性の検討を行った。ここでモデルケースにおける断面の位置(灰色の面)及 び断面方向については図 5.3 に示した通りである。また全点における比較データは、巻末 資料 I (A-P100)に示すこととする。

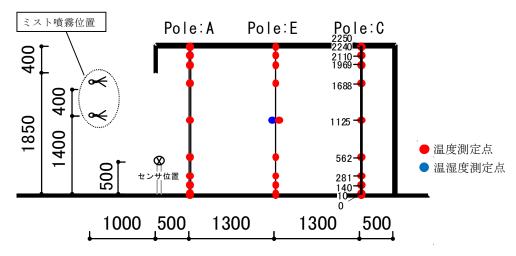


図 5.2.温度推移比較断面詳細

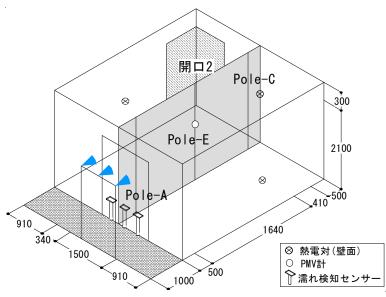


図 5.3 .検討モデルでの温度推移検討位置

本解析で算出した室内温度の推移を、無風実験の実験 7 の A・E・C 点で熱電対によって計測した温度データを用いて比較を行ったものが図 5.4 である。中低層域に分類される、1125mm、562mm、281mm の高さでは、実験値、解析値の両データともにミスト噴霧開始直後から温度降下が起こり、若干の温度差はあるもののミストの発停による温度推移も非常に似た波形を示していることが確認できる。

特に、C 点の各高さの温度推移を見ると、30 秒程の時間的のずれはあるもののほぼ一致 した波形で温度が推移していることが見て取れる。

次に E 点の各高さにおける温度推移を比較すると、噴霧直後からほぼ同様の推移をして、最初の温度降下のピーク地点での温度も概ね一致している。特に、どの点においても垂直高さ 562mm 地点での値は、両データが近似した推移を示しており、噴霧前と噴霧時の平均温度差も近い値を示している。

また A 点 E 点 C 点の位置による比較を行った場合、噴霧位置に近い A 点の温度推移は、 温度の上下が大きく、一方で E 点、C 点については両データともに 0.5℃前後の振幅で推移 している。このことは、室内における温度降下の特徴が数値解析でもうまく再現されてい るといえる。

以上のように、実験 7 での実測値と解析値の比較を行った結果、非常に高い整合性を持つデータもあったが、全データの検討を行った場合、図 5.5 に示すように室内の高い位置では数値解析によるデータの方が温度降下は大きく、一方で床近傍のデータについては、実測データの方が低い温度で推移していることが特徴として見られ、さらに実測実験のデータは、ミスト噴霧高さよりも高い室内の計測点でのデータでは、ほとんど温度降下が見られなかったのに対し、解析結果では噴霧高さよりも高い位置での温度降下も十分見られたため、室内のあらゆる点での整合性を確認することは困難であるといえる。この結果に対しては、実験 5 の各点での温度推移(資料 I -A P.120)を見た際に、1125mm 以上にあるすべての計測点において、両データの温度推移にほとんど近似が見られなったことからも確認でき、特に低い位置からのミスト噴霧では、解析によるモデル化が困難である印象を受けた。

この解析値と実験値で上下方向の温度差が起きた理由としては、実験時に実際のミスト噴霧を行った際、ミスト噴霧高さを中間として室内の上層域と下層域が非常に混ざりにくい境界層が存在したことが推測される。そのためミストにより冷えた空気が室内の下層域に滞留したために床近傍の温度降下が著しく見られたものと考えたが、本数値解析では、そのことが適当に再現されなかったことが、原因だと考えられる。この点については次項の温度コンター図の検討でも確認することが出来る。

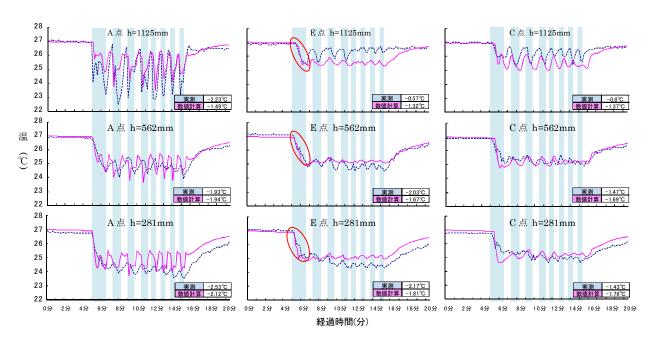


図 5.4 .実験 7 における 解析結果と実測データとの温度推移及び平均温度差の比較

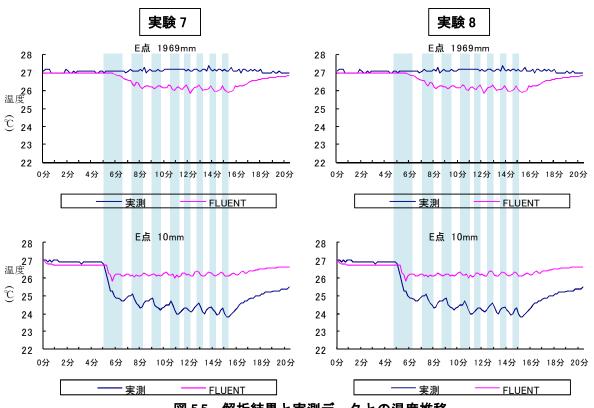
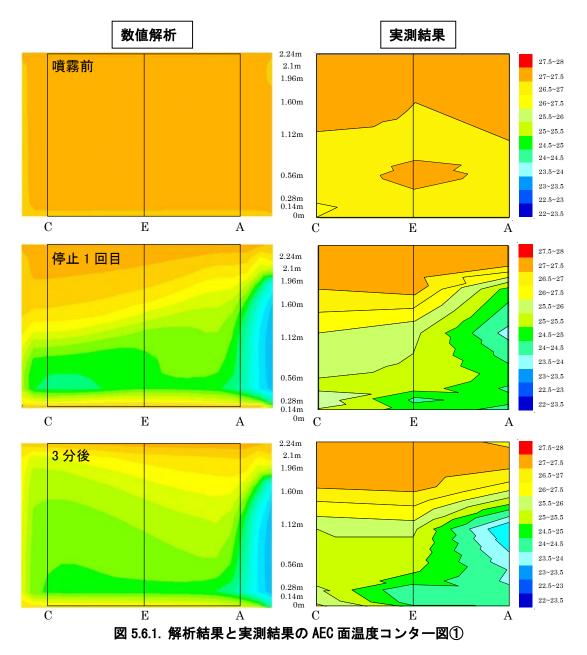


図 5.5.解析結果と実測データとの温度推移

# 5.3.2.温度コンター図による比較検討

次に数値解析結果によって算出した AEC 断面の温度コンター図と、実測により得られた A 点 E 点 C 点の計 33 点の実測データから作成した温度コンター図を用いて室内の室温分布についての比較検討を行った。実測結果の温度コンター図に関しては、実際の測定点は 33 点であるため、各点間の値は線形補間利用し作成している。図 5.6 は、第 3 章の検討でも比較的高い整合性があった実験 7 における温度コンター図である。両コンター図がどの時点データであるかは、表 3.2(第 3 章)の実験 7 の発停時間一覧に示すとおりである。

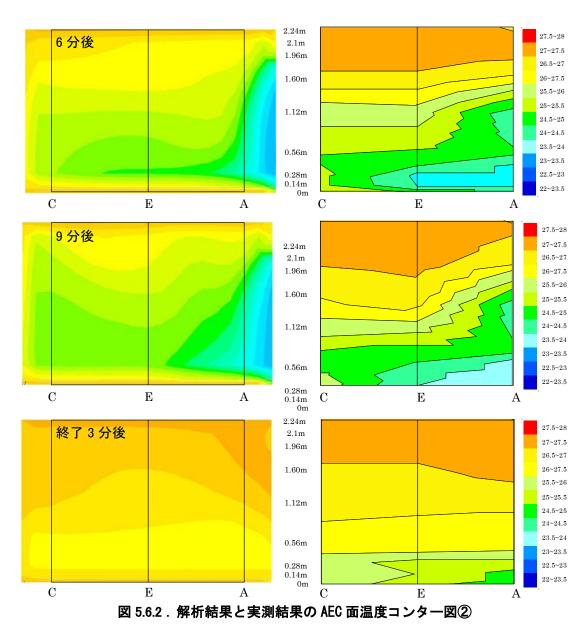
実測実験より得られた温度コンター図を見ると、噴霧が行われた停止一回目の以降の温度コンター図で、1800mm より高い位置における空間の温度のほとんど変化がないことが分かる。



これは前述したように噴霧高さより高い上層部とは冷気が混ざりにくくなっていることが 可視化されている。

一方で、数値解析により算出した温度コンター図は、E点 C点間の上層部の温度が、よく下がっており、噴霧高さ以上の高さまで冷気が拡散していることが確認できる。

また、室内低層部の床面付近では、実測値では 4℃程の温度降下が確認できるのに対し、数値解析データでは、十分な温度降下を確認することが出来ず、異なる傾向を示した。中層部の比較については、両データともほぼ同様なコンターを示しており、両データの整合性を概ね確認することができる。



75

# 5.4.解析結果と実測結果の相対的評価の検討

これまで数値解析結果と実測結果の経時変化による室内温度分布の推移について考察を行い、室内の上層域と下層域における温度推移が、両データでの整合性の確認がほとんど出来なかったことを説明してきたが、これらの結果を受けて、ある時間における垂直温度推移のみについて両データの比較検討を行った。

図 5.7 に示すグラフは、実験 5、実験 7、実験 8 における噴霧前の E 点における垂直温度 分布、ミスト噴霧時に濡れ検知センサーによる停止制御が初めて行われた同点の垂直温度 分布と、ミスト噴霧が完全に終了してから 3 分後の垂直温度分布を両データ分、プロット したものである。各実験のミスト停止時の温度分布を解析値と実測値で比較すると、中間 層以上の温度データでは、解析値の方が温度降下を確認できるのに対し、床近傍での高さでは、実測値の方が、温度降下が大きくなっている。 さらに各点の温度について両データ を比較した場合、全体的に一致する傾向が見られなかった。

このような結果を受けて、解析値と実験値の両データを、相対的に評価するために、実験 5、実験 7、実験 8 の上記の垂直温度分布データを解析値と実測値に分けてグラフ化し、検討を行った。

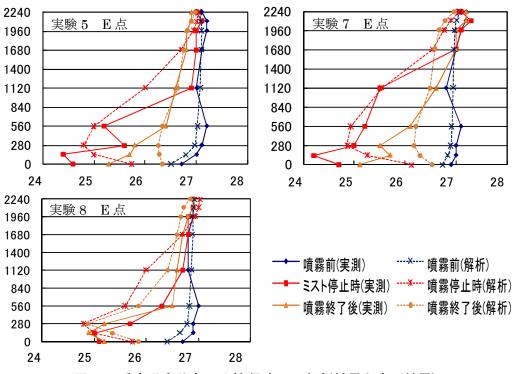


図 5.7. 垂直温度分布の比較 (E 点での解析結果と実測結果)

図5.7のミスト停止時のデータのみを抽出した図5.8を見ると、両結果ともに実験7では、3つの実験の中で、最も温度の変位が大きいことが分かる。また実験5、実験8のデータを比較した場合、両結果ともに1120mm または1400mm の中層域で、2つの分布が交差し、同様な傾向を示していることが確認できる。

次に、3つの実験の垂直温度降下量を比較した場合は、表 5.6 に示すように実測値では、実験 7、実験 5、実験 8 の順に温度降下量が大きいのに対し、解析値でも、同様の傾向が見て取れる。この表 5.6 から解析値と実測値の温度降下量を比較した場合、ミスト噴霧による熱量収支が室中央の垂直方向で、非常に近いことを表していると考えられる。

以上のように、今回の整合性の検討では、各条件における実測結果と解析結果の室内温度分布を絶対的に評価し、その結果を持って諸条件毎の温度分布として表すことは今回の解析方法では非常に困難であるが、一方で異なる噴霧条件毎に解析を行った結果を用いて、相対的な優劣を評価することは可能であると考えられる。

もし、この相対的な評価が行うことが出来れば、細霧冷房設置の際の特殊な例、たとえば前例のない取り付け高さや居室サイズの場合であっても、どの噴霧条件で噴霧することが最も効果的かどうか判断することが出来る。もちろん、図 5.8.のように両データの結果が垂直高さでの温度推移として近い傾向であることが前提となるため、この検討に関しては、さらに異なる条件での解析事例を増やす必要があると考えられる。

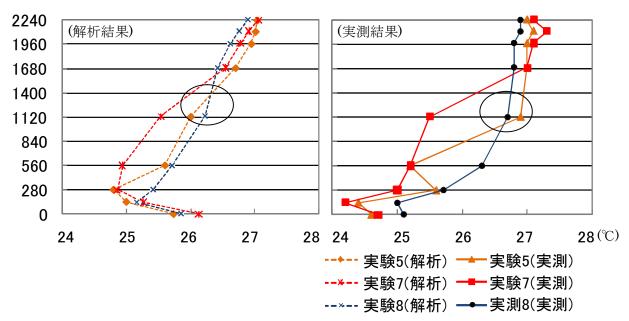


図 5.8. 各実験における垂直温度分布の比較 (E 点での解析結果と実測結果)

表 5.6.各実験における垂直温度分布の温度降下量

	平均温度降下量(°C-E点)			
	実験5	実験7	実験8	
実測値	0.98	1.13	0.62	
解析值	0.87	0.93	0.68	

# 5.5.まとめ

本章では、第6章で行う数値解析による検討のために、実測実験(無風実験)より得られた 結果と実測条件をモデル化した解析結果との整合性の確認を行った。

結果としては、室内全体の冷却効果に対しては、整合性の確認が行えたが、垂直温度分布のような室内の部分的な温度推移に関しては評価することが難しいと判断した。この結果より、解析結果を用いた設計手法の検討は、噴霧条件毎の相対的な優劣に特に着目して行うこととした。

# 第6章 数値解析による 家庭用細霧冷房の設計手法の検討

# 第6章 数値解析による家庭用細霧冷房の設計手法の検討

# 6.1.解析概要

本章では、第 5 章に行った実測実験と数値解析の整合性の結果を受けて、実際に諸条件を与えた仮想住戸に対し、数値解析を用いた細霧冷房装置の設計を試みている。また本解析では、実測実験では設定することが難しい、湿度条件を可変することで湿度の異なる条件での冷却効果の検討も行っている。

実測実験での噴霧水量は、ノズルーつ当たり 50cc/ml のタイプを利用して噴霧を行っているが、実験後に完成した 40ml/min のノズルタイプのものも考慮して異なる噴霧水量に対しての評価も同時に行い、2種類の噴霧角度、3種類の湿度条件、2種類の噴霧水量の3つのパラメーターを組み合わせ、計12個のケーススタディから最も効果的に行える噴霧方法を選び出すこととしている。

ここでは、設計手法の検討の前提条件として考慮される施工可否判定に関しては、ベランダの屋根部軒下のみ施工可能とし、地域気象条件については、東京都内に立地することを想定した場合の検討も合わせて行うことで、一連の設計手法の流れを行うものとした。

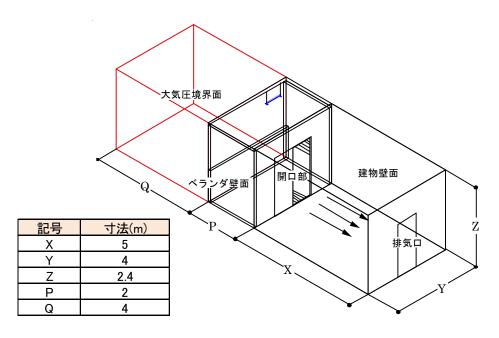
# 6.1.1.解析領域の検討

図 6.1 に示すように 11m、奥行き 4m、高さ 2.4m の空間にベランダに面した 48m³の居室を想定し、形状生成及びメッシュ生成が可能な Gambit2.4.6 を用いてモデル化を行い、解析対象とした。また本解析での空間の最小メッシュサイズは、解析時間を考慮した上で20cm 立方と設定し、室内壁面及びベランダ壁面は、コンクリートに壁厚 100mm を与え、外側壁面に、外気温を与えることで壁面への外部からの熱伝達を考慮した。室外の外部境界面は、大気圧とし、室内の気流速は、室内側排気面に改正建築基準法に基づく 0.5 回/hの換気回数を与えるのみとした。

本解析でのノズル位置、平断面図等の詳細は、図 6.2~図 6.5 に示し、解析にあたって境界条件は表 6.1 にまとめた。

また、解析で用いた乱流モデルは、標準  $\mathbf{k}$ -  $\epsilon$  モデルとし、壁付近の乱流の扱いは標準壁関数を用いた。また、対象空間内では  $\mathbf{Z}$  軸方向に-9.8m/ $\mathbf{s}$ <sup>2</sup> の重力加速度が生じるものとしている。

粒子と空気相の運動量、熱移動、相変化の相互作用は、第 4 章の分散相モデルによって計算し、Pressure-Swirl-Atomizer Model を用いて粒子のモデル化を行っている。



区分:大気圧境界面/ベランダ壁面/建物壁面/排気口

図 6.1 解析対象居室のモデルケース

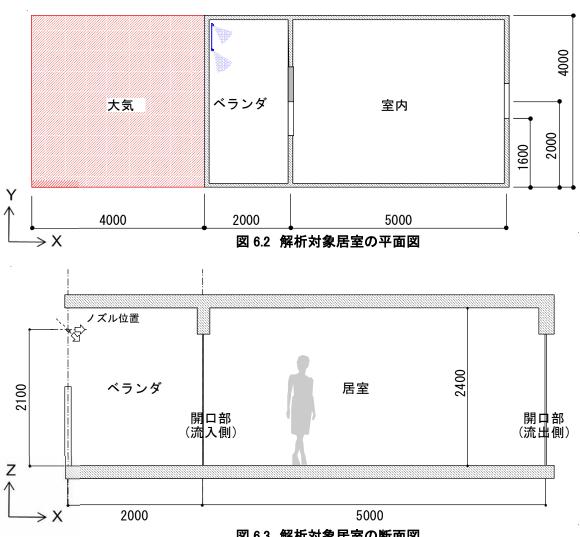
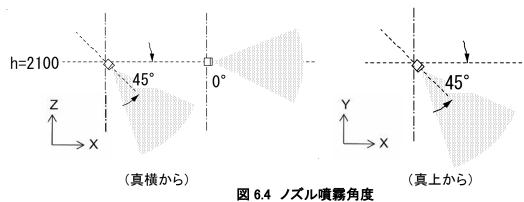


図 6.3 解析対象居室の断面図



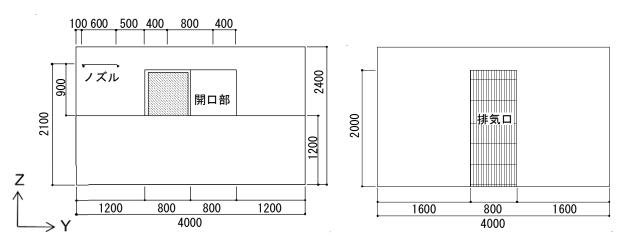


図 6.5 解析対象居室のベランダ側及び排気側立面図

表 6.1 解析領域の境界条件

部位	流体の境界条件	熱境界条件
室内壁面	no−slipの壁面	壁裏面温度:32℃ 壁厚:100mm 熱伝達率:23W/㎡
ベランダ壁面	no−slipの壁面	壁裏面温度:32℃ 壁厚:100mm 熱伝達率:23W/㎡ 壁外気温:32℃
室内排気口	換気回数0.5回/h	空気温度:32℃
大気圧境界面	大気圧境界	外気温度:32℃ 湿度:40/60/80% 質量分率 (0.0118/0.0179/0.0239)

### 6.1.2.解析用ケースの作成

今回解析を行ったケース一覧を表 6.2 に示す。すべてのケースにおいて外気温度と室内温度の初期値はこれまでの実験を参考として  $32^{\circ}$ としている。気温の異なる条件でケースを作成しなかった理由は、文献 5 より、ミストの気化には気温はほとんど依存することなく、相対湿度のみに依存していると判断したためである。よって相対湿度の違いによるミスト噴霧に対して特に着目するために、噴霧条件毎に、相対湿度 5 80%、5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80% 5 80

ここで、解析条件として与えたミストの噴霧条件を、表 6.3 に示す。基本的には、第 3 章同様に、使用したノズルのカタログ値を参考とし、分裂広がり角度等の噴霧モデル化に関する値の設定は、文献 5 を参考として設定を行った。水温の設定は、東京水道局データ参照の 8 月の水道平均水温 28 とし、水の物性値に関しては第 5 章同様の設定を行った

	20	- / //////	<del>5</del> 2	
case No.	噴霧角度(°)	流量(ml/min)	相対湿度(%)	質量分率
case1	0°	100	40	0.0118
case2	0°	100	60	0.0179
case3	0°	100	80	0.0239
case4	0°	80	40	0.0118
case5	0°	80	60	0.0179
case6	0°	80	80	0.0239
case7	(-)45°	100	40	0.0118
case8	(-)45°	100	60	0.0179
case9	(−)45°	100	80	0.0239
case10	(−)45°	80	40	0.0118
case11	(-)45°	80	60	0.0179
case12	(-)45°	80	80	0.0239

表 6.2 ケーススタディー覧

表 6.3 噴霧条件

ノズルタイプ	Pressure-Swirl-Atomizer Model	
ノズル噴霧量(一個当たり)	40ml/min,50ml/min(0.67g/s,0.83g/s)	
噴霧圧力	5MPa	
水温	28°C	
ノズルロ径	0.16mm	
噴霧位置	X=-2.0,Y=3.3,Z=2.1	
<b>唄務</b> 位直	X=-2.0,Y=3.9,Z=2.1	
噴霧方向	X軸正方向からY軸負方向へ-45°,Z軸方向0°	
<b>唄務刀凹</b>	X軸正方向からY軸負方向へ-45°,Z軸方向-45°	
噴霧角度	60°	
分裂広がり角度	6°	
sheet constant	12	
ligament constant	0.5	

<sup>5)</sup> 伊他:ドライミストの冷却効果と CFD 解析、日本建築学会環境系論文集、vol.63、No.733.2008.11

# 6.1.3 解析時間について

本解析では、全ケースともに表 6.4 に示すように噴霧前に 1 分間の前計算を行い、その後 1 分 0N/1 分 0FF での間欠噴霧を 3 回行った後、ミスト噴霧を終了させた。また噴霧後の 室内の温度変化を確認するために噴霧終了後も 5 分間の計算を継続した。

各ケースでの計算時間は、各 11 分であるが、実際にミストを噴霧した時間は 3 分のみである。 1 分 ON/1 分 OFF の間欠運転を行ったのは、実測実験によって検証を行い効果が確認された、過加湿を未然に防ぐための濡れ検知センサーを使用した場合を想定している。

表 6.4 噴霧間隔一覧

解析時間(分)	経過時間(秒)	解析状況	噴霧状況	(総)噴霧量
0分	0	計算開始		
1分後	60		噴霧開始	100ml/min
2分後	120		噴霧停止	
3分後	180		噴霧開始	100ml/min
4分後	240		噴霧停止	
5分後	300		噴霧開始	100ml/min
6分後	360		噴霧停止	
7分後	420			
8分後	480			
9分後	540			
10分後	600			
11分後	660	計算終了		
計				(300ml)

#### 6.2.解析結果

### 6.2.1.温度コンター図による検討

解析結果として、まず各ケースの図 6.6 に示す断面における計算開始 120 秒後、180 秒後、360 秒後、660 秒後の温度コンター図を湿度毎にまとめて示す。

(全ケースにおける1分毎の温度コンター図は、資料I(B-P109)に参照。)

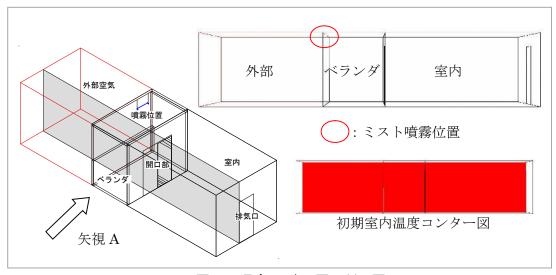


図 6.6 温度コンター図の断面図

図 6.7~図 6.9 に示す湿度別にまとめた温度コンター図を、各湿度の傾向として考察すると、40%RH では相対湿度低いために、ミストの気化が速く、室内の全体の冷却効果が非常に大きいことが見てとれ、また、噴霧停止後の温度の戻りが速く、気化が十分に行われていると捉えることができる。噴霧角度で比較を行った場合、一見すると差がほとんどないように思えるが、case4、case10 の 360 秒地点を比較すると、 $0^\circ$  で噴霧を行った case4でのベランダにおける温度の下がりが大きく、ベランダでミストを気化させ室内には冷気だけを取り込むことを前提とした噴霧を行う条件においては、 $0^\circ$  噴霧で行った方が良いといえる。

60%RHのケースについては、40%RHでの噴霧よりも若干温度の降下が小さいが、室内は 3℃程度下がっていることが見て取れ、噴霧する条件としては問題がないと考えられる。しかし、噴霧水量が 100ml の両データでは、660 秒後の温度の戻りがあまり見られないため、噴霧過多になっている可能性がある。

80%RH の各ケースでは、室内の温度降下がほとんど見られないため、噴霧されたミストは気化することなく地面もしくは床面に落ちてしまったとことが推察出来るために、この湿度環境下でのミスト噴霧は困難であると考えられる。

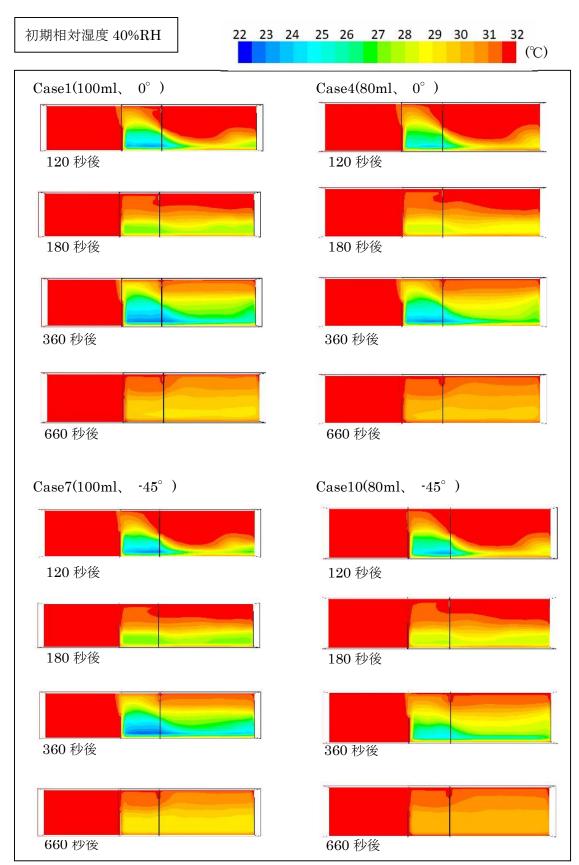


図 6.7 初期相対湿度 40%における温度コンター図

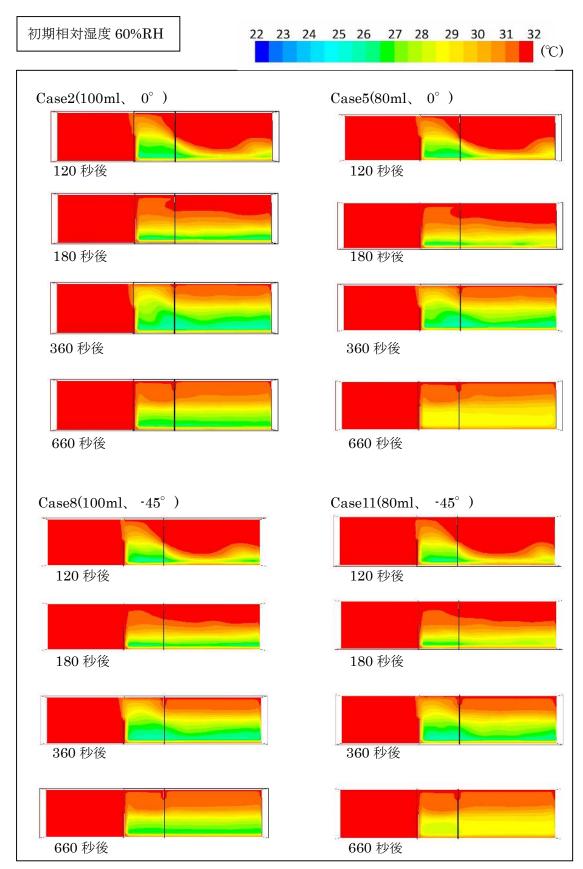


図 6.8 初期相対湿度 60%における温度コンタ一図

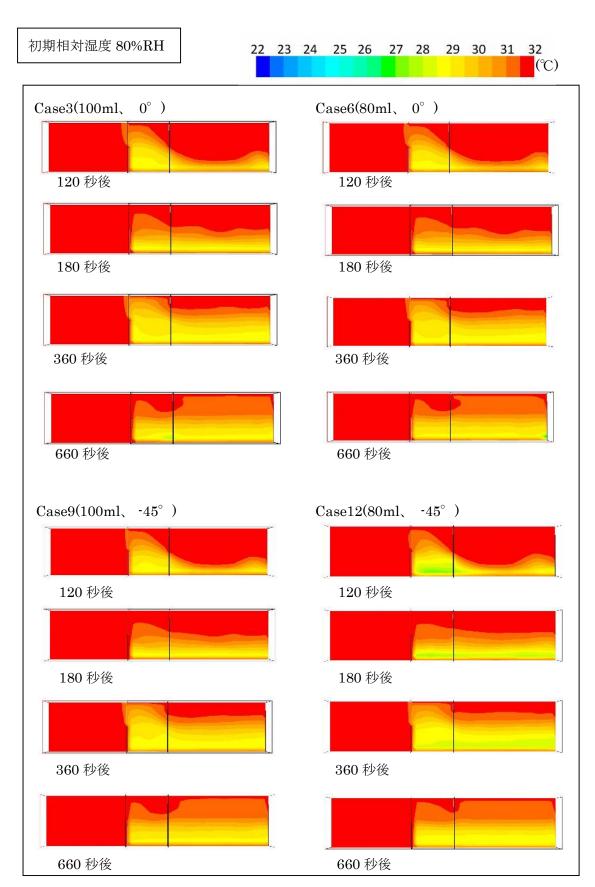


図 6.9 初期相対湿度 80%における温度コンタ一図

# 6.2.1.相対湿度毎の噴霧水量の検討

異なる湿度環境下の冷却効果の検討行うために、代表して Case1~3(40%RH~80%RH)の 100ml/min、0° 噴霧の 3 つのケーススタディに対して、結果の考察を行った。

図 6.10~図 6.12 には、Case1~3 における 60 秒おきの室内平均温度と温度降下量をまとめている。ここでの示す温度降下量は、噴霧前の平均室温と、60 秒おき平均室温の差を取ったものとしている。

図 6.10 を見ると、120 秒後に一回目に 100ml のミスト噴霧を終えた後、次のミスト噴霧までの 60 秒間で、室内温度が 1.68  $\mathbb{C}$ 降下していることが分かる。同様に、3 回目までに、1.32  $\mathbb{C}$ 、0.84  $\mathbb{C}$  と、徐々に温度降下の割合が低くなってきている。これは、室内の湿度がミスト噴霧によって徐々に上昇するために蒸散量が減っているためと考えられる。

他の湿度においても同様に、図 6.11、図 6.12 にグラフ化しているが、60%RH で噴霧を開始した Case2 を見ると、1回目のミスト噴霧による温度降下は、1.65%であるのに対し、3回目のミスト噴霧では、0.46%しか温度が降下していないことが分かる。同量の水を噴霧しているにも関わらず温度降下量が、著しく下がっているため、60%RH 条件下での100ml/min 噴霧は、噴霧水量が過大であると考えられる。その後の温度推移についても、

Case1では、室温の戻りが速いのに対し、Case2では、室温が横ばいになっているため、 気化せずに床面に付着したミスト粒子が、徐々に気化していることが推測できる。これは Case3に関しても同様な推移が見られる。

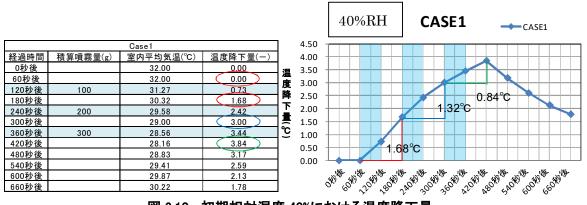


図 6.10. 初期相対湿度 40%における温度降下量

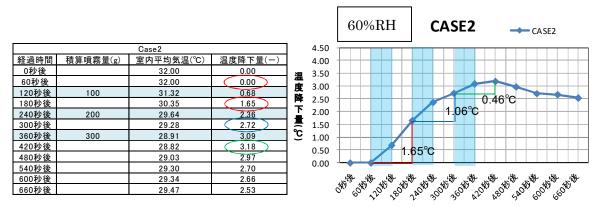


図 6.11. 初期相対湿度 60%における温度降下量

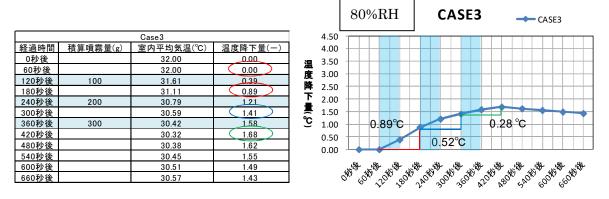


図 6.12. 初期相対湿度 80%における温度降下量

#### 6.3.最適化噴霧条件の検討

# 6.3.1.気象条件の検討

各ケースの解析結果を利用して実際に最も効果的に噴霧が行える噴霧条件について検討を行う。今回の検討では、第 5 章での実測実験と解析結果との整合性の結果を受けて、室内における温度分布での部分的な評価は行わず、室全体の温度降下に対して特に着目し、各ケースに対する相対的な優劣の評価を行うものとした。

また、湿度条件における検討は、6.2 の結果を受けてすべてケースにおいて 80%RH の条件でのミスト噴霧は、困難であるとし、60% RH 以下のケースについてのみ対象とすることとした。

まず地域気象条件について検討を行うと、本解析でモデル化を行った居室は、東京 23 区内にある住宅での導入を想定し、解析を実施しているため、東京の過去 3 年分の気象データを整理し、夏季における日中の温度と相対湿度についてまとめた。

表 6.5 のデータは、気象庁の過去気象データベースを利用し、東京における 2006 年~2008 年までの 3 年間のデータの内、7 月~9 月の 92 日×3 年、276 日分について、AM8:00~ PM20:00 を対象として、一時間を 1 コマとして、各平均温度と平均相対湿度毎にまとめたものである。また図 6.13 は、表 6.5 のデータをグラフ化したものである。

06-08年	-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80%-
−26°C	62h	141h	305h	412h	420h
26-28°C	41h	135h	247h	248h	44h
28-30°C	41h	168h	376h	119h	8h
30−32°C	60h	292h	214h	9h	0h
32-34°C	55h	130h	7h	0h	0h
34-36°C	41h	13h	0h	0h	0h

表 6.5 2006 年~2008年の夏季における温湿度データ

# 3年分の温湿度ヒストグラム(06-08年/7月-9月)

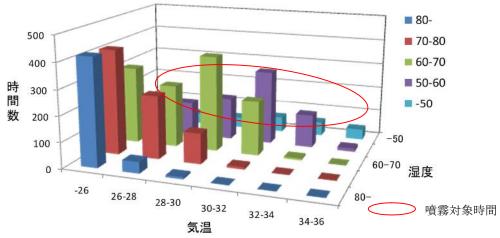


図 6.13 2006 年~2008 年の夏季における温湿度ヒストグラム

細霧冷房が必要とされる温湿度条件は、26℃以上、70%未満とし、図表の赤字、赤枠で示す部分である。

温度条件については、基本的にはミストの気化に影響がないと考えられ、制限を設ける必要はないが、ASHRAE(Koch ほか、1960)などの研究成果による、被験者が「暑くも寒くもない」と、50%以上が答えた条件を参考とし、決定した。

以上のような条件をもとに表 6.6 に東京の夏季における細霧冷房の噴霧適用概要をまとめた。

06年~08年(7-9月)	時間(h)		割合(%)	条件
総時間数	3588		100	
細霧冷房必要時間数	2248		63	気温26℃以上
細霧冷房可能時間数	2240	1882	84	気温26℃以上湿度70%RH以下
細霧冷房不可時間数	2248	734	16	相対湿度70%以上
可能時間数の内: 50-70%RH	1000	1582	84	
可能時間数の内: 50%RH以下	1882	300	16	

表 6.6 2006 年~2008年の夏季における細霧冷房適用時間

表より、東京で細霧冷房の噴霧を行う場合、細霧冷房を必要とする時間は、全時間数に対して約6割、そのうち噴霧を行い、実際に効果的な冷却が期待できる時間は、8割を超えるため、東京都での細霧冷房の利用は、十分に行えると考えられる。

また、解析により検討した湿度条件に対しての検討を行うと、細霧冷房可能時間数 1882 時間の内 50-70%RH の時間数の占める割合が、8 割以上となっているため、各ケースにおける解析結果の検討においては、中間の値を示す相対湿度 60%の条件で噴霧を行った 4 つのケースで検討を行うこととした。

# 6.3.2 室内温度推移による検討

次に、全 12 ケースの室内温度推移について検討を行うために図 6.14 に平均室内温度の時間変化をまとめた。

本図からは、全ケースにおいて 420 秒後の室内温度が最も低いことが確認できる。また温度降下の大小に関しては、100ml/min 40%RH で噴霧を行っている case1、case7 の温度降下が著しいことが見て取れるが、全体の推移として 3 つの傾向があり、A.80%RH におけるケース、B.40%RH、80ml/min での噴霧を行った case4、case10 を含む 60%RH の全ケース、C.40%RH、100ml/min で噴霧を行ったケース、に大別することが出来る。この結果からは、40%RH での環境で噴霧を行った場合、100ml で噴霧することが、もっとも温度降下が期待でき、同状況下での 80ml/min の噴霧では、噴霧水量が少ないことが推察できる。諸条件毎の室内温度をプロットした図 6.15 を見ると、噴霧量毎の温度降下は、100ml/minでの噴霧を行った方が一見、効果的だと見られるが、相対湿度を合わせて見た場合、40% RH条件下での噴霧でなければ、80ml/min の噴霧とほとんど温度降下に差はなかった。

本結果のまとめとして全ケースにおける平均室内温度降下量を算出し、表 6.7 に示した。

#### 32.0 --- Case1(0°100ml 40%) 31.5 ---- case2(0°100ml 60%) 31.0 Case4 (0°80ml 40%) 30.5 室内温度(°C) Case5 (0°80ml 60%) Case6 (0°80ml 80%) 30.0 -Case7 (-45°100ml 40%) 29.5 Case8 (-45°100ml 60%) Case9 (-45°100ml 80%) 29.0 Case10 (-45°80ml 40%) 28.5 Case11 (-45°80ml 60%) Case12 (-45°80ml 80%) 28.0 240 420 540 600 660 経過時間(S)

Case別 平均室温の時間変化

図 6.14. 全ケースの平均室内温度の時間変化

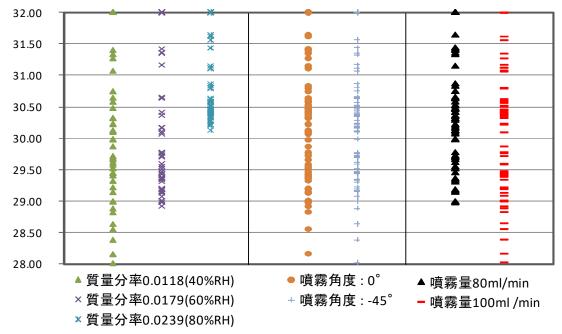


図 6.15 噴霧条件毎の室内温度変化

case2 case3 case4 case5 case6 case7 case9 case10 case11 case12 case1 case8 相対湿度(%) 40 60 80 40 60 80 40 60 80 40 60 80 噴霧角度(゜) -45 -45 -45 0 0 0 0 0 -45 -45 -45 0 噴霧水量(ml/min) 100 100 100 80 80 80 100 100 100 80 80 平均温度降下量(℃) 1.10 2.06 2.00 1.61 1.82 1.08 2.19 1.97 1.10 1.57 1.74 1.27

表 6.7 室内における平均温度降下量

次に、6.3.1.の結果を受けて、実際に 60%条件下での噴霧について、最も効果的な噴霧方法を検討する。表 6.8 に示す 60%RH の条件下での平均温度降下量だけで、噴霧条件を決定した場合、case2 がもっと効果的な噴霧が行えると判断できる。

噴霧角度については、室内側0°水平噴霧で行う条件の方が、若干ではあるが噴霧量に関わらず温度降下が大きいため0°噴霧が有効と考えられる。また、これは第2章及び第3章実測による結果とも同様の傾向を示している。

しかし、噴霧量については、6.2.2 で行ったように、図 6.16 の噴霧水量の異なる case2、case5 の室内温度推移を比較した場合、2 つのケースは異なる噴霧量であるのに対して、最大温度降下の見られる 420 秒後の平均室温が同値を示している。また、660 秒後の平均室温の戻りが、case5 の方が速いことが分かる。この結果から case5 が噴霧量に対して十分な気化が行われたと捉え、80ml/min で噴霧を行う case5 が、解析を行ったモデルケースにおける噴霧水量の適量値であり、今回与えた条件の中での相対的な評価として最適な設置条件であると判断した。

表 6.8 60%条件下での平均室内温度降下量

	case2	case5	case8	case11
	Casez	Caseo	Caseo	Caseri
噴霧角度(゜)	0	0	-45	-45
噴霧水量(ml/min)	100	80	100	80
平均温度降下量(℃)	2.00	1.82	1.97	1.74
優劣の評価	1	3	2	4
最適な条件		0		

0° 水平方向噴霧の室内平均温度推移

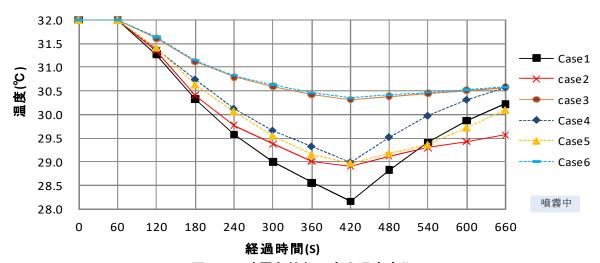


図 6.16. 噴霧条件毎の室内温度変化

### 6.4 まとめ

本章では、第 3 章における解析値と実測値の整合性の検討を受けて、実際に各諸条件を与え住戸への設置を想定した場合の最適な設計条件の検討を行った。順序としては、設置が行えるか否か検討を行い、条件として与えた東京における夏季の気象条件による検討を行った。気象条件については、夏季における温度、湿度、風速の 3 点について検討を行うべきであるが、本解析で風速を入れたモデル化まで至らなかったために、風速については除外している。

次に異なる相対湿度条件における検討を行ったが、今回の場合設定した条件が東京であったため、60%RH の条件での検討を行えたが、家庭用細霧冷房の導入は、日本はもちろんのこと、海外での適用も視野に入れているため、その地域に卓越した相対湿度での検討ができることは非常に有効であるといえる。

また第5章での整合性の確認の際に、室内の部分的な温度推移(垂直温度分布等)の整合性が一致せず、室内全体の温度推移に特に着目した検討を行ったため、室内全体が各諸条件で、どの程度温度降下が見込めるかどうかの検討は可能であったが、室内の各部分がどのように温度降下するかの検討は、適切に行えなかったといえる。

しかし、今回のモデルケース以上の大きな居室空間や小さな居室空間や、建築途中の空間に対してどの程度の冷却降下をもたらすかといった検討には、有効に利用できると考えられる。

以上のように本解析を用いた家庭用細霧冷房の設計を行う場合は、室全体の冷却効果の検討には、条件毎の結果に対して相対的な冷却効果の優劣で判定することとし、室内の部分的な温度変化を検討するには、これまで実測結果をもとに実測値によるモデル化を行うことでより精度の高い設計が行えると考えられる

# 第7章 総括

#### 第7章 総括

本研究では、家庭用細霧冷房の導入の際の最適な設計手法の検討を行っている。 方法としては、実在する住戸における実測実験と、風速や日射等の影響を排除した無風室 での実測実験から得られた 2 つの実測データと、数値解析による居室を想定したモデルケ ースでの解析データを加えた、3 データを利用して行っている。

基本的な設計の流れについては、2つの実測実験により得られた結果もとに、設計の検討を行うことが可能であるが、適用地域固有の卓越した湿度条件での検討や、実測実験による間取り(サイズ)とは明らかに異なる条件での検討を行う場合には、数値解析による検討は、各噴霧条件に対して相対的な評価が行えるといえる。

第2章では、住宅メーカーの所有する実験住宅の2階、ベランダに面する居室空間を対象に、細霧冷房を導入し室内の冷却効果や、室内の部分的な温度推移の傾向について検討している。評価方法としては、室内の60カ所に設置した熱電対の温度データを用いて室内の温度降下量を算出し、また温度降下のバラつきを見るために垂直温度分布に対して標準偏差を利用し検討を行っている。結果としては、ベランダでの噴霧を行う場合、ベランダの2100mmの高さからの室内向き0°水平方向噴霧及び、1400mmの高さからの室内向き45°上向き噴霧の2条件を、居室の利用条件によって使い分けることで有効な噴霧が行えるとしている。

第3章では、実測で再現することが難しい外部風及び日射のない条件での細霧冷房の冷却効果について検討を行うために、無風室での細霧冷房の適用実験を行った。本実験では、手動によって電源のON/OFFだけを行う連続運転噴霧と、細霧冷房による過加湿により起こる床濡れを防止する対策として濡れ検知センサーを用いた自動制御噴霧を行っている。無風室での実験は、細霧冷房を利用する環境としては非常に厳しい条件であるため、本検討で濡れ検知センサーが有効に働くことが確認できれば、実際の家庭での利用も可能であると考えられる。

結果としては、室内の冷却効果は、高い位置からの室内向き 0° 水平方向噴霧が最も効果的であり、一方で「低い位置からの噴霧」は、無風条件のために中層部での温度降下の割合がが、「高い位置からの噴霧」に比べて著しく小さかった。また、濡れ感知センサーを利用したことによる効果は、室内の相対湿度の推移の面で、非常に高い効果が確認できたといえる。

第4章では、数値解析で利用している分散モデルや乱流モデルなどの、解説を行っている。 本解析では、室内外の空気相を連続相としてオイラー法で扱い、飛散するミストは、分散 相としてラグランジュ法を用いた解法を行っている。またその上で、分散相と連続相の相 互作用を考慮した計算を実行している。 第5章では、第6章で行う数値解析による検討のために、実測実験(無風実験)より得られた 結果と実測条件をモデル化した解析結果との整合性の確認を行った。

結果としては、室内全体の冷却効果に対しては、整合性の確認が行えたが、垂直温度分布のような室内の部分的な温度推移に関しては評価することが難しいと判断した。この結果より、解析結果の検討は、噴霧条件毎の相対的な優劣に特に着目して行うこととした。

第 6 章では、数値解析を利用して検討用モデルケースに対して、各諸条件の内、最も有効であるとされる噴霧方法について検討を行っている。本解析では、実測実験では再現することが難しい、湿度条件を与えることができるため、適用地域固有の卓越した相対湿度での検討ができることは非常に有効であるといえる

本検討では第5章の結果を受けての検討のため、室内の部分的な温度推移の検討に関しては深く行えなかったが、室全体の温度降下の傾向から、設定した噴霧条件の内で、その地域に合う、もっとも有効だとされる噴霧方法を相対的に評価することが出来たといえる。

以上のように本解析を用いた家庭用細霧冷房の設計を行う場合は、室全体の冷却効果の検討には、条件毎の結果に対して相対的な冷却効果の優劣で判定することとし、室内の部分的な温度変化を検討するには、これまで実測結果をもとに実測値によるモデル化を行うことでより精度の高い設計が行えると考えられる。

今後の課題としては、様々な条件で実測実験を行い、実際の室内の部分的な温度分布を実 測実験からモデル化し、数値解析による設計手法と組み合わせることでより高い精度で、 細霧冷房による冷却効果の予測が行えるようにする必要がある。また、今回の解析実験で は、室外風速の設定を的確に行えていないため、今後、風速の考慮を行っていく必要があ ると考えられる。

さらに、今回数値解析によって設計した条件が、実際の家庭への適用時に、適切な設計であるのといえるのかどうか、解析結果と実測結果の整合性を確認する必要があると考えられる。

# 参考文献

- 1) 総務省統計局「全国消費者実態調査」2004
- 2) (社) 日本冷凍空調工業会 2009.4「世界各国のエアコン需要の推定調査」
- 3) 財団法人日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」2005
- 4) 大手山他: ドライミスト装置の開発と環境勘定, 日本建築学会梗集, 2007
- 5) 伊他: ドライミストの冷却効果と CFD 解析、日本建築学会環境系論文集、vol. 63、No. 733. 2008. 11
- 6) 山田英貴他:ウォーターミスト噴霧を用いた採涼システムに関する研究その
- 1, 日本建築学会梗概集 2007 . D-1. pp. 773-774,
- 7) 石井智洋他:実験住宅におけるドライミスト噴霧に関する研究(第 1~2 報), 日本建築学会学術講演梗概集, D-2. P575-578, 2009. 9
- 8) 加藤史郎他: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, 日本建築学会学術講演梗概集, 2009. 9
- 9) AncysJapan: Fluent6.3.2User Manual
- 10) AncysJapan: Gambit2. 4. 6 User Manual
- 11) 石原正雄著:建築換気設計,朝倉書店

# 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた修士論文指導教員の辻本誠教授に深謝致します。辻本誠教授には卒研から約4年間、研究以外にも多くの御指導を受け賜り、教授との会話は、すべてが知を刺激するものばかりで、まだまだ半人前の私にとっては自身の成長に大きく刺激を頂いたと思います。今後ともご迷惑をお掛けしますが、修論を区切りとしてこれまでの感謝の気持ちをここに記し、厚く御礼申し上げます。

西田幸夫先生にも、約4年間の間、多くの助言や日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂き、非常に感謝しております。辻本研究室の飴と鞭とはよくいったものですが、西田先生の存在は、非常に大きく、私を始め多くの卒論生にとって頼りになる存在であると思います。今後ともご迷惑をお掛けしますが、ご指導ご鞭撻のほど宜しくお願い致します。

本研究の数値解析を行うにあたり尹 奎英准教授には、お忙しい中、定期的なゼミを 行って頂くなど数値解析を進めていく中で多大なるご尽力を頂き厚く御礼申し上げま す。ご教授いただきました解析に関する知識は、本研究室の後輩にも伝えていきたいと 思います。今後とも宜しくお願い致します。

また本研究での共に学んだ、松浦郁実氏、長岐雅博氏のお二人には、あらゆる面で非常に助けられとても充実した院生生活を過ごせたと思います。

松浦氏とは3年間、一緒に研究室で過ごしましたが、最初は中途半端な私の存在に、 戸惑っている部分もありましたが、今では気のおける仲間となり、今後もお互い刺激し 合える仲で入れることを願っております。

長岐氏とは、あらゆる場面でパートナーのように行動を共にし、日常生活はもちろんのこと、学業の面でも多大なる影響、ご尽力を頂いたかと思います。長岐氏の英語能力がなければ国際学会での私は無く、本当に感謝しております。また原宿かすう工房での実験や上海渡航など思い出は、数多く、今後とも良い関係で居られたらと思います。

修士1年加藤史郎氏には、修士論文の研究において多大なご協力を頂き、ここで厚く 御礼申し上げます。今後とも宜しくお願い致します。

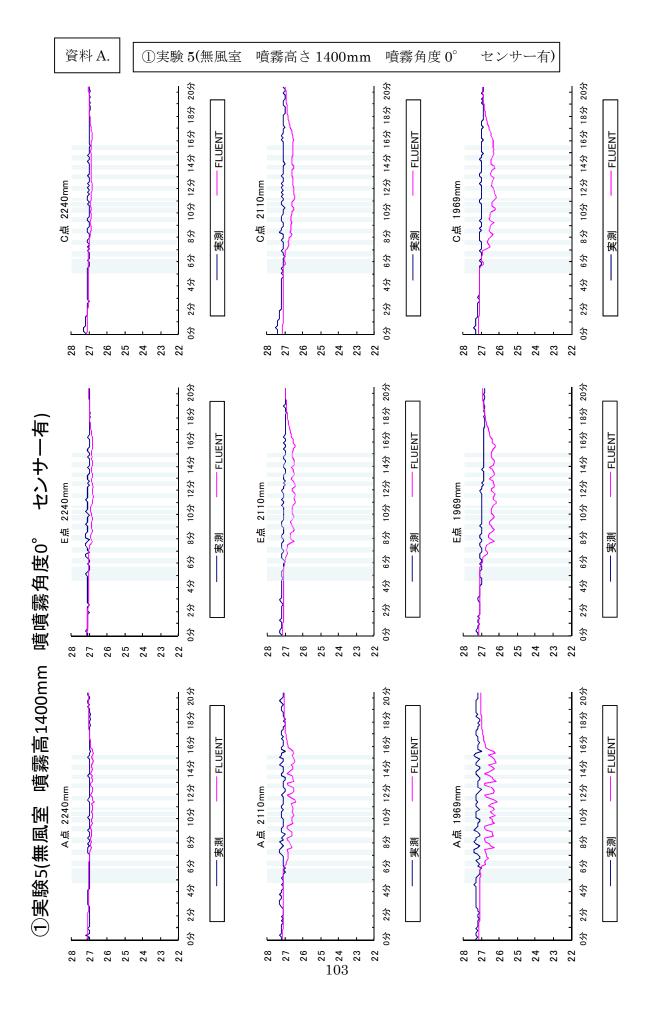
また、辻本研究室川村淳之佑氏、前川結宇理氏、戸張彩香氏、紅谷真司氏、その他卒研生の皆様にも厚く御礼申し上げます。

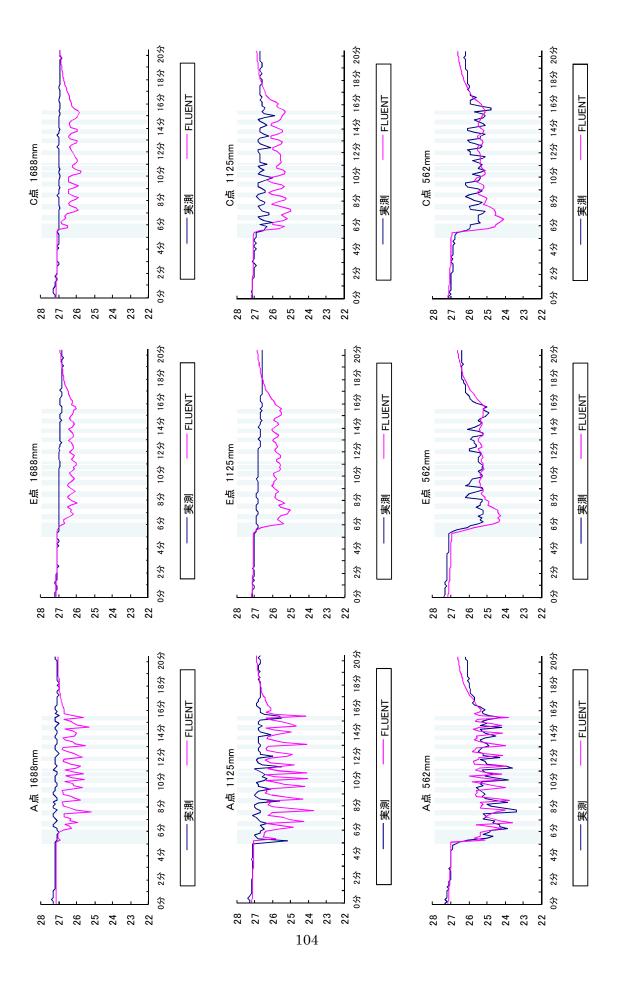
最後に、ここに書ききれなかった方々を含め、学生生活でお世話になったすべての 方々に感謝の意を込めて厚く御礼申し上げます。

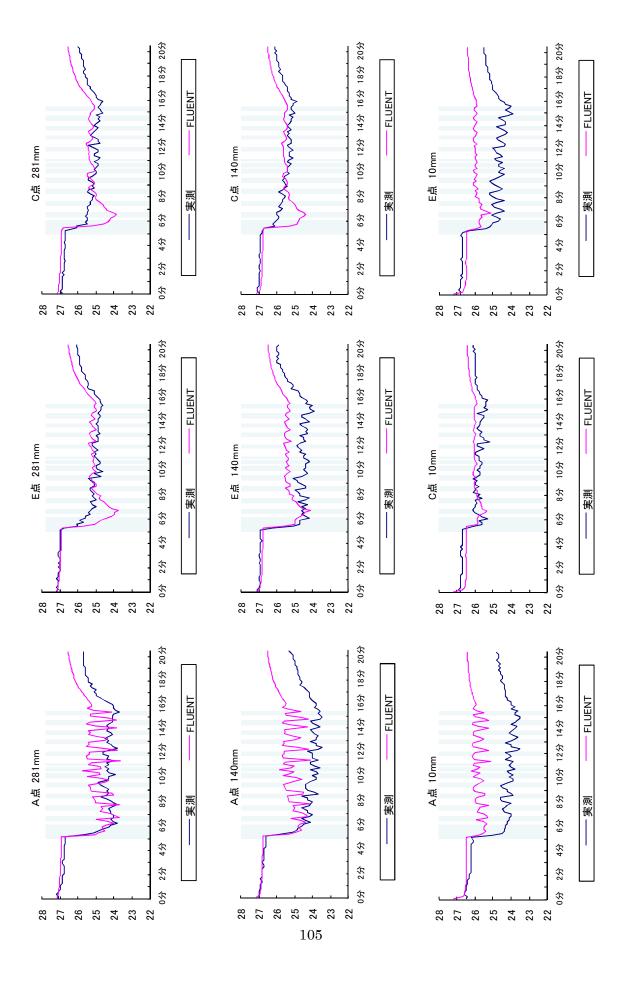
2010年3月 石井 智洋

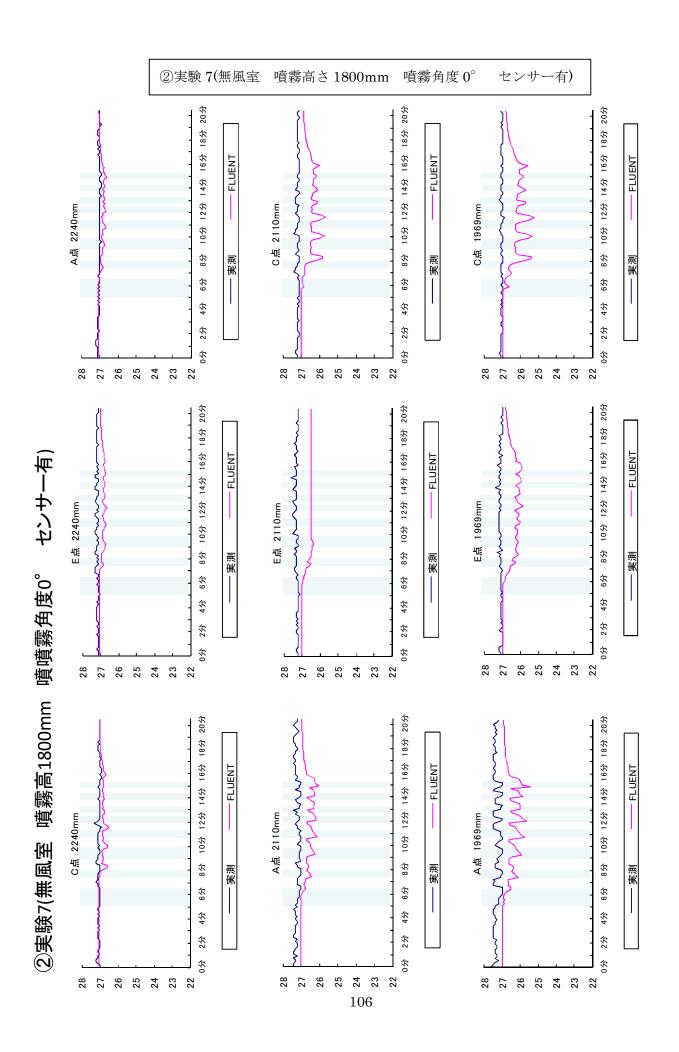
# 参考資料編 1 解析結果データ

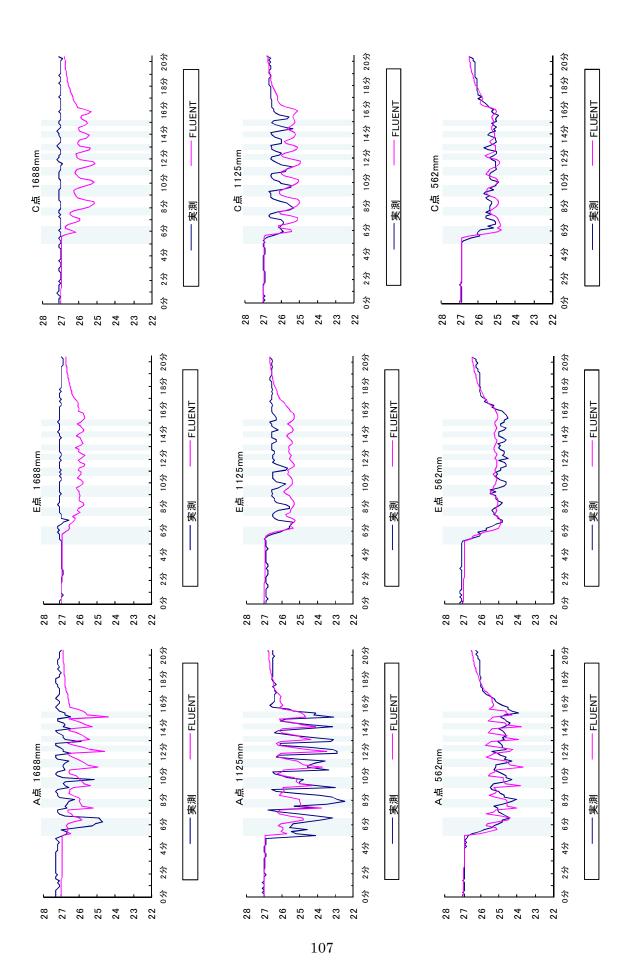
A. 第5章	数値解析と実測実験との整合性の検討ー検討データー	103
B. 第 6 章	数値解析による家庭用細霧冷房冷却効果の検討-解析結果	112

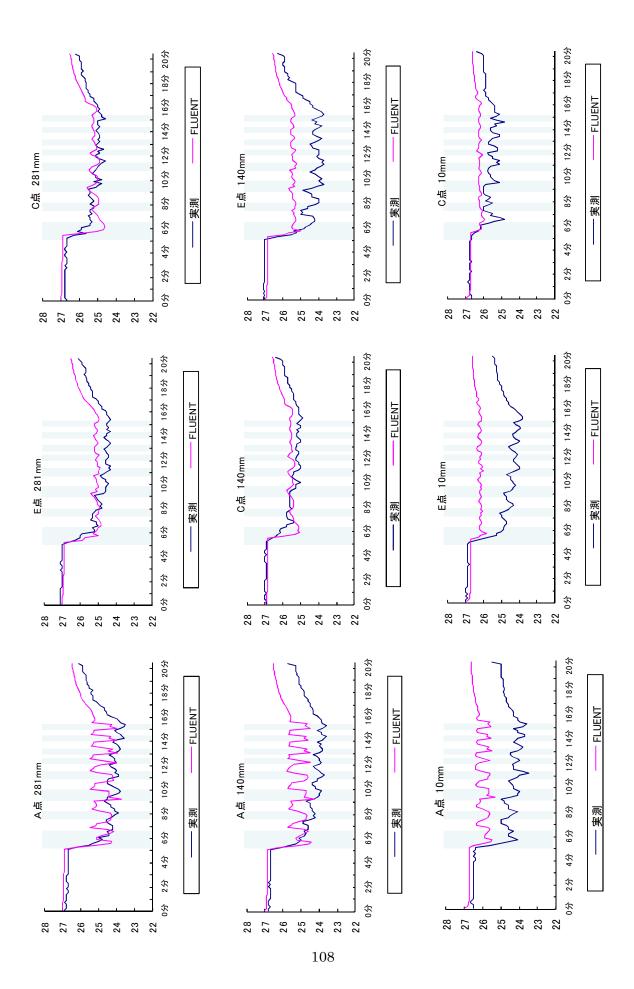


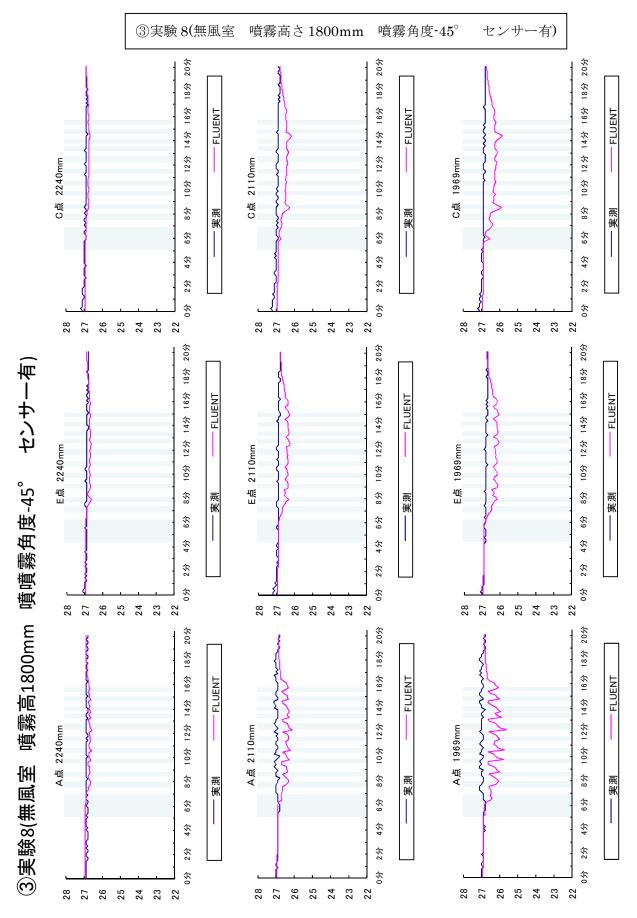


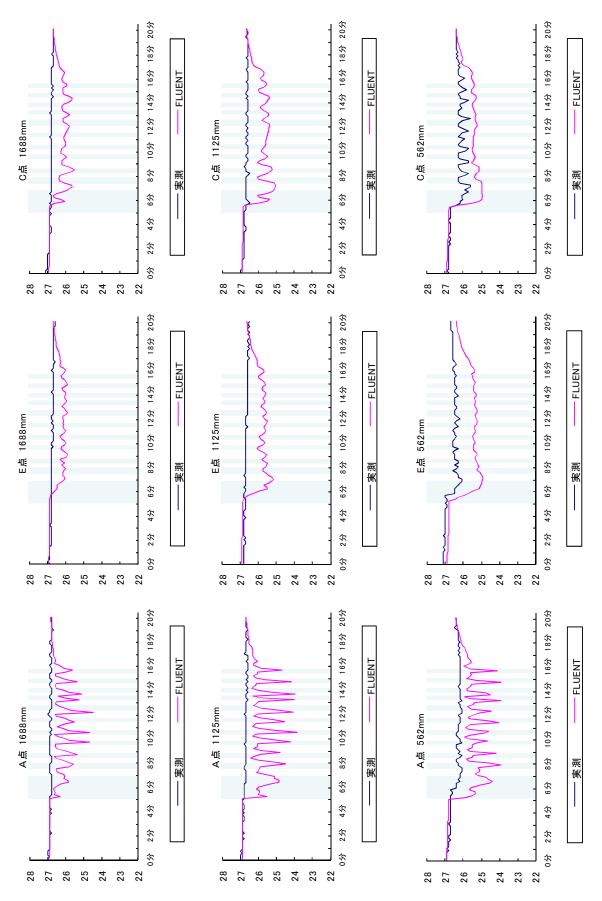


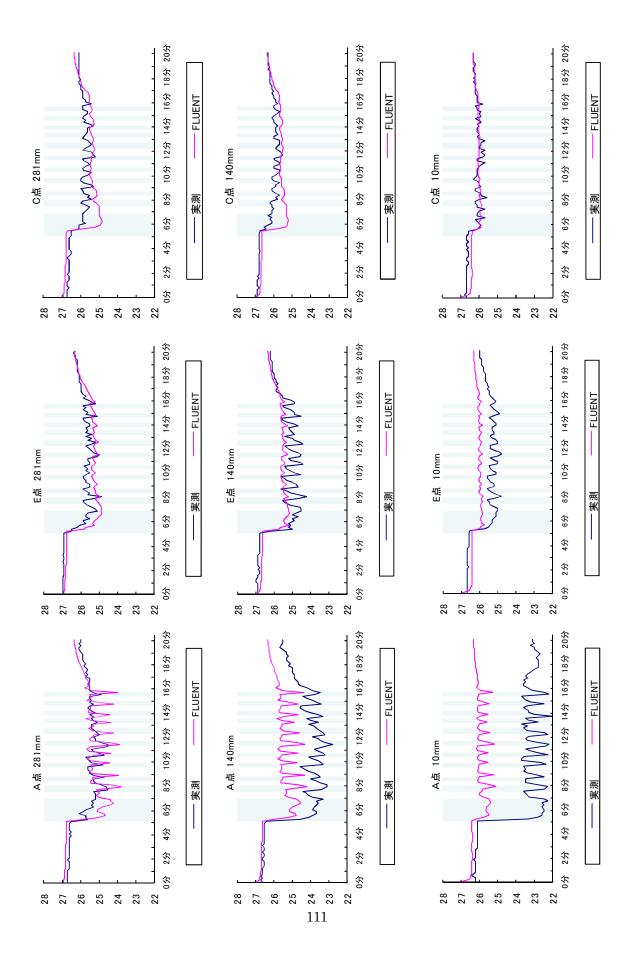






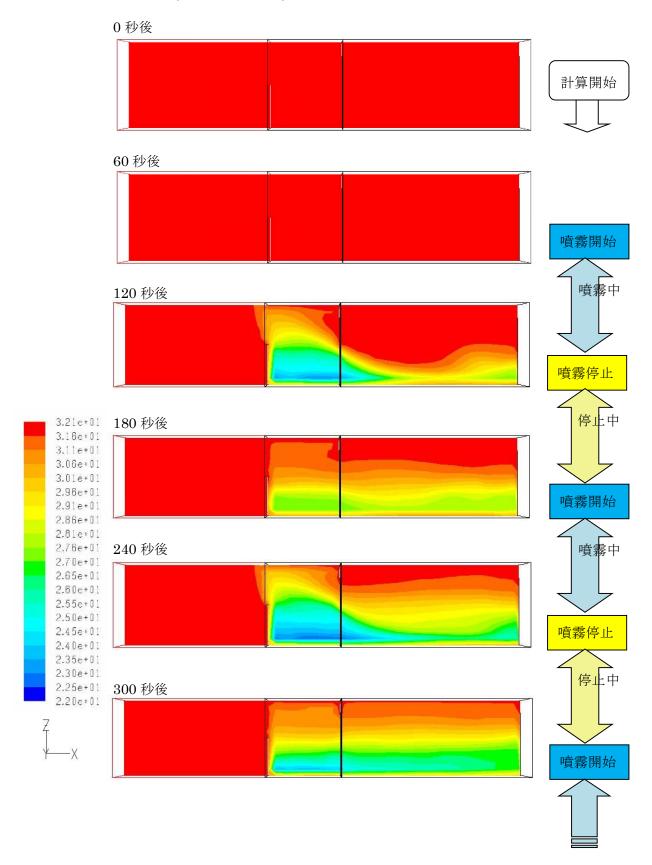


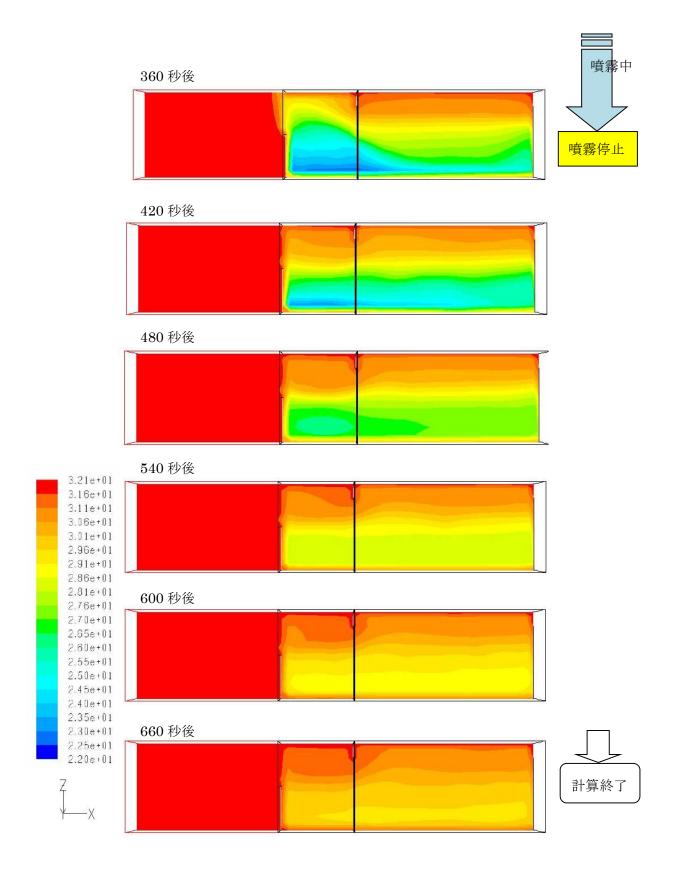




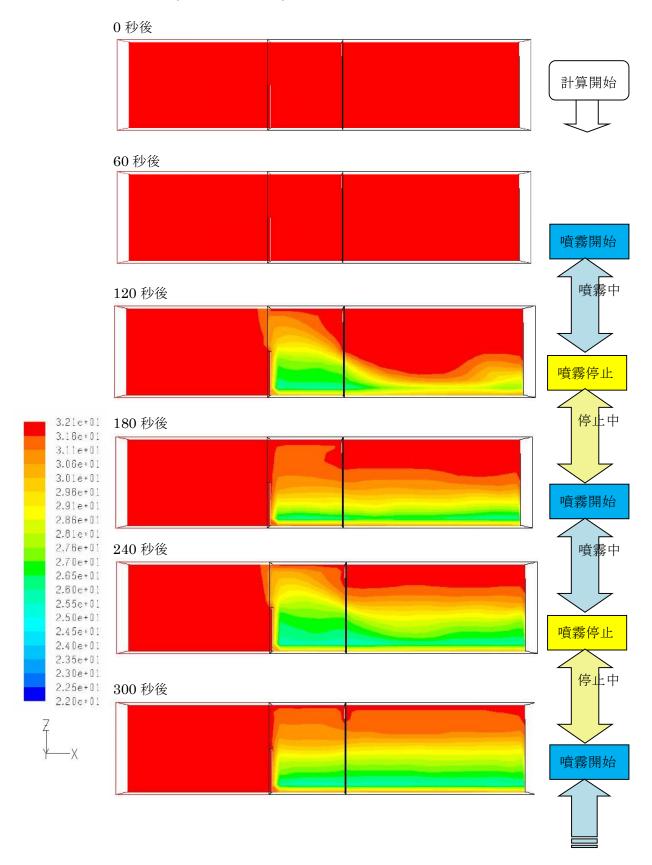
### 資料 B.

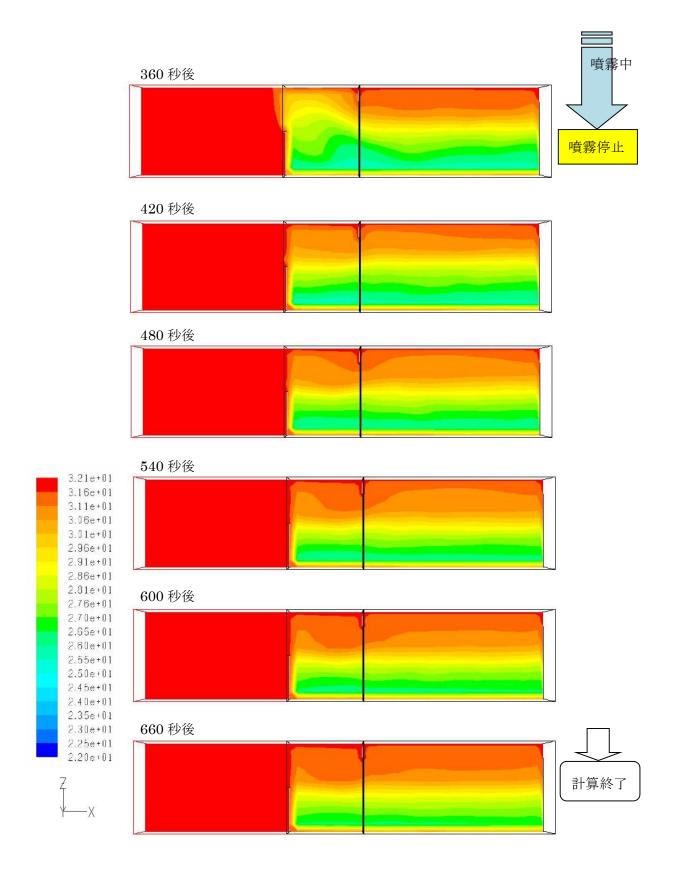
①Case1(噴霧角度 0°,流量 100ml/min, 相対湿度 40%)



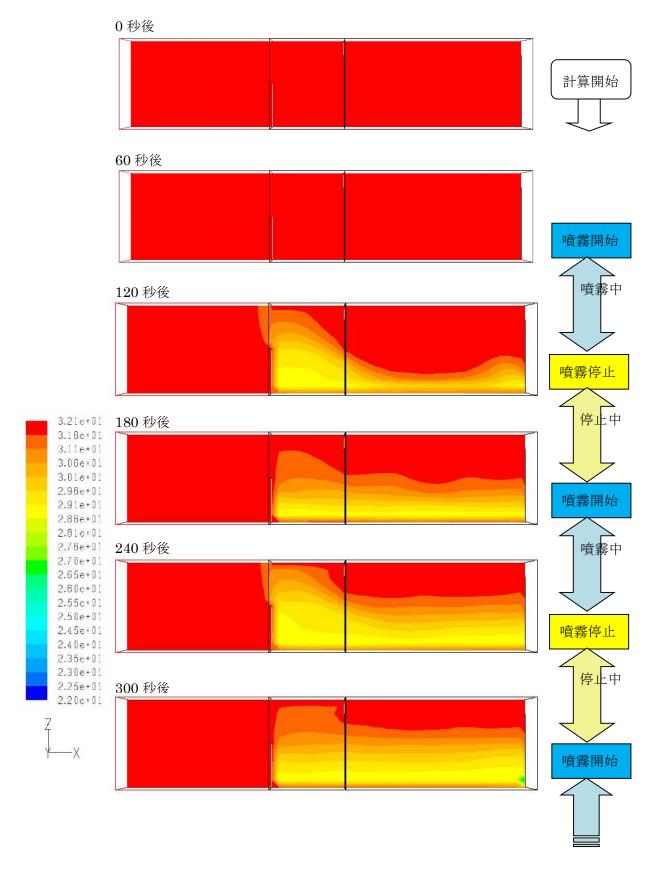


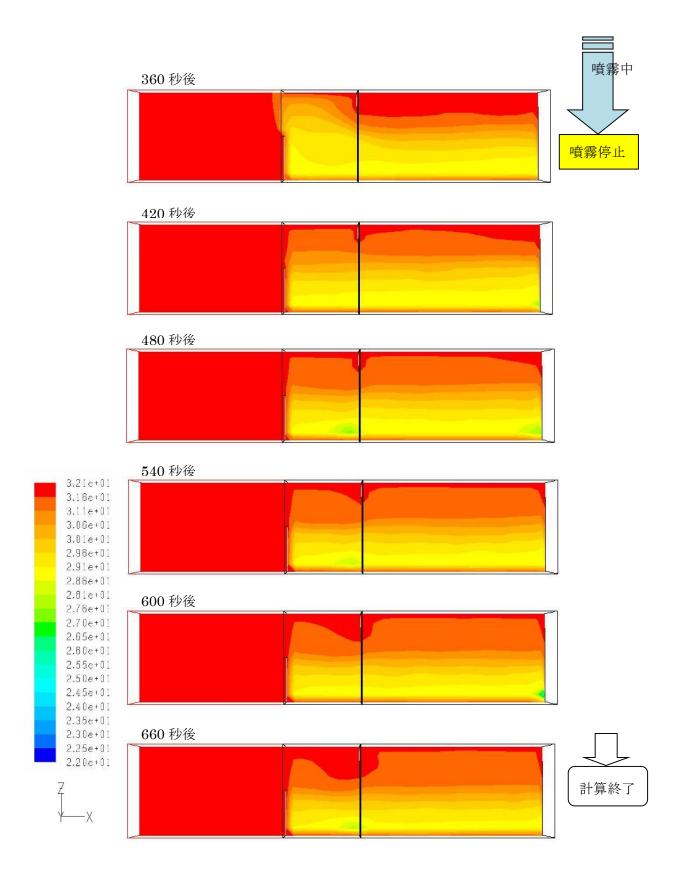
### ②Case2(噴霧角度 0°,流量 100ml/min, 相対湿度 60%)



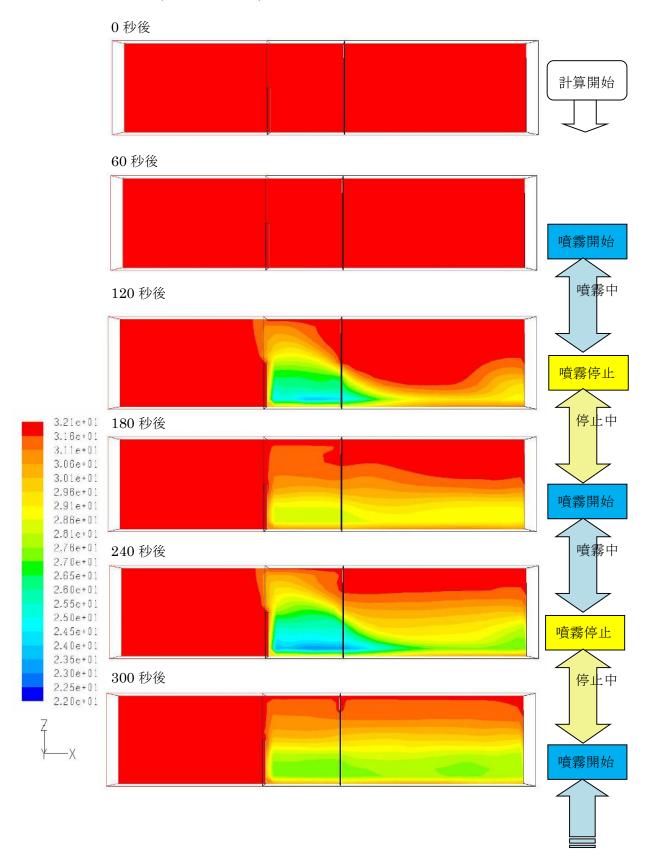


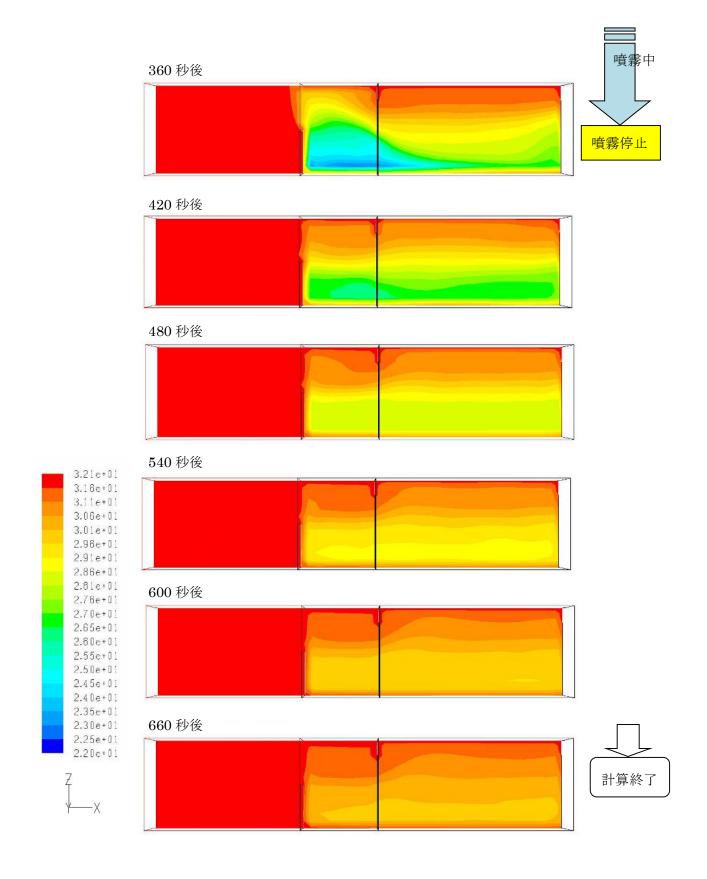
### ③Case3(噴霧角度 $0^{\circ}$ ,流量 100ml/min,相对湿度 80%)



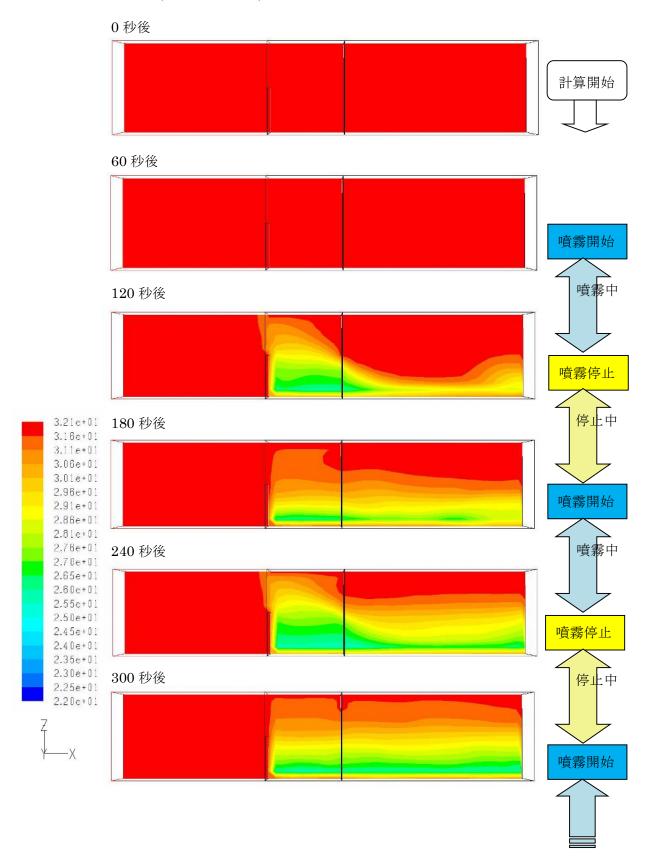


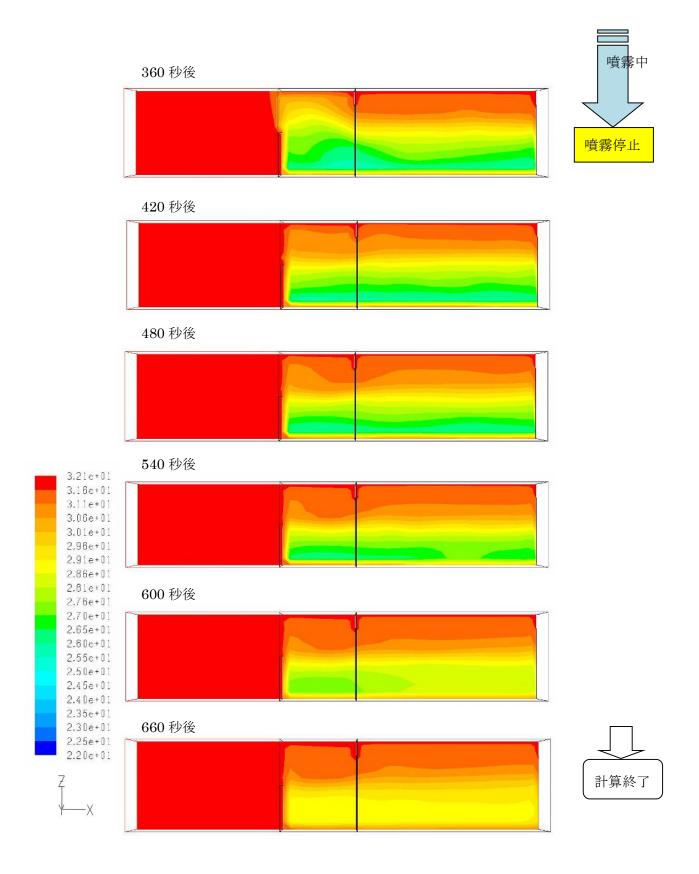
### ④Case4(噴霧角度 0°,流量 80ml/min, 相対湿度 40%)



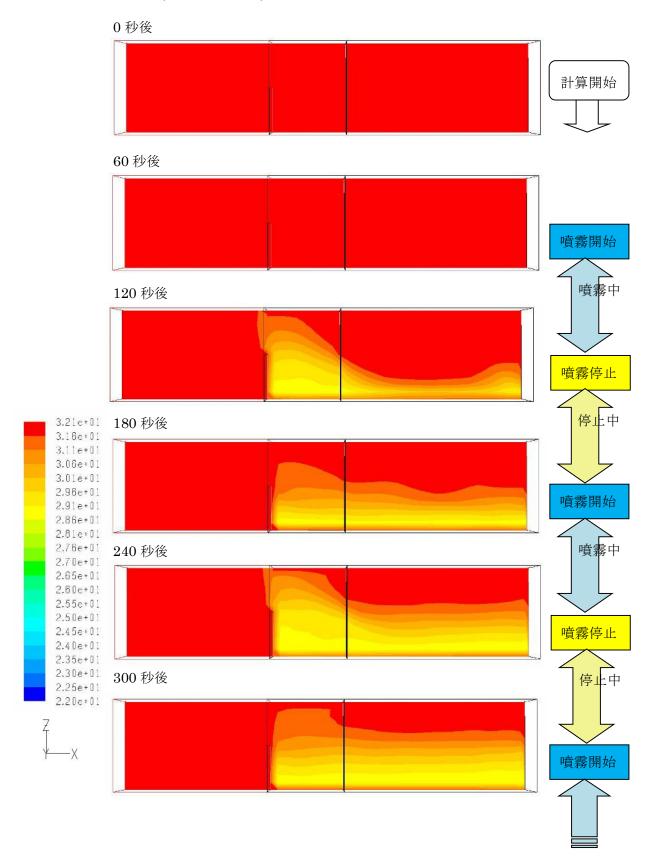


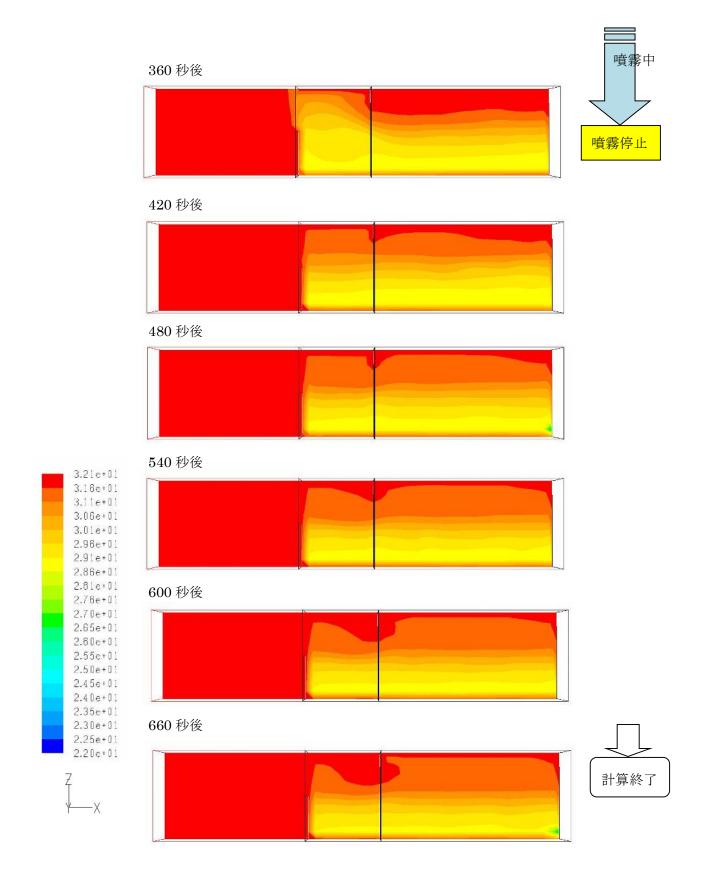
### ⑤Case5(噴霧角度 0°,流量 80ml/min, 相対湿度 60%)



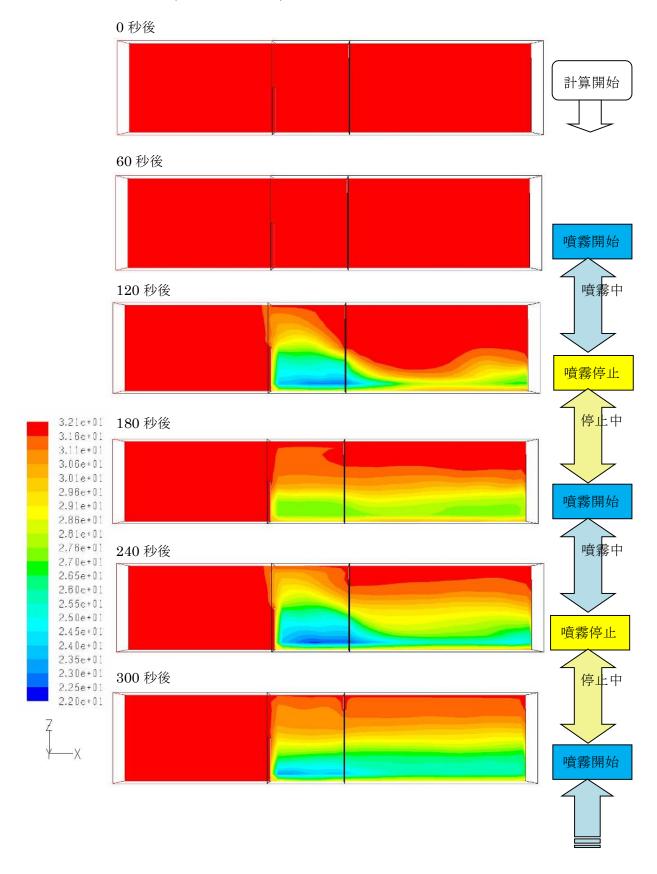


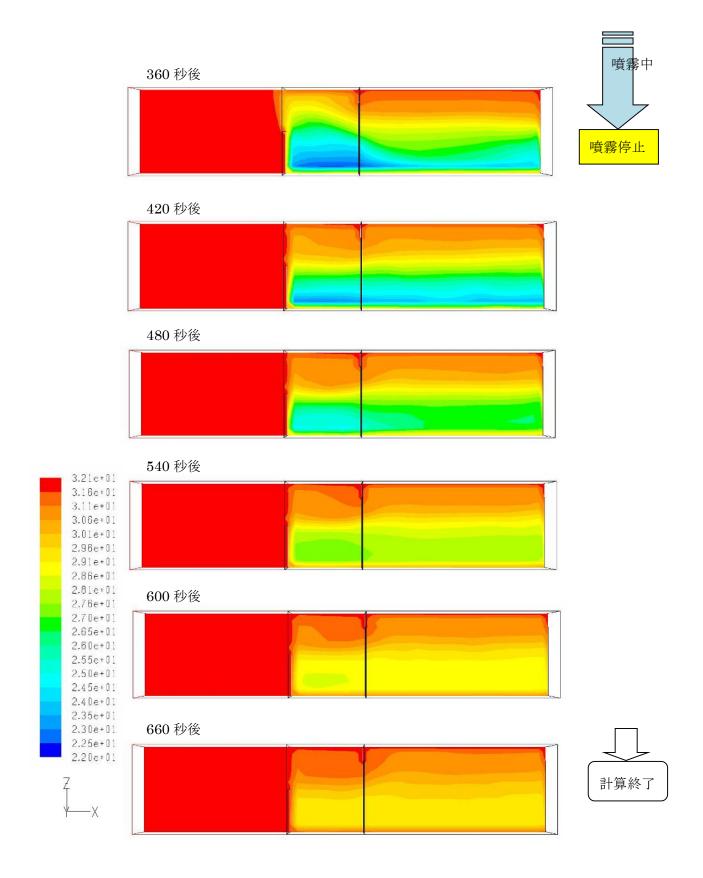
### ⑥Case6(噴霧角度 $0^{\circ}$ ,流量 80ml/min, 相対湿度 80%)



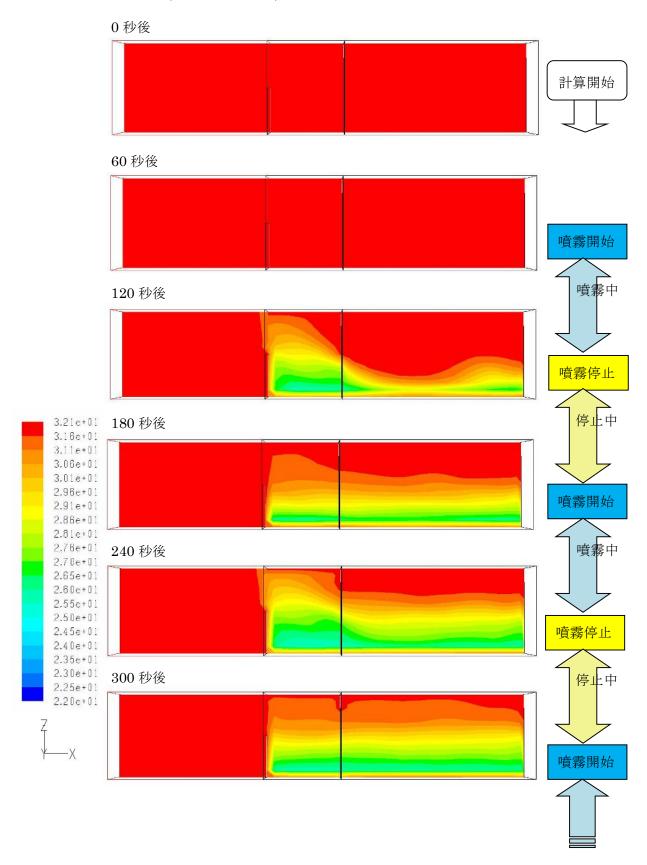


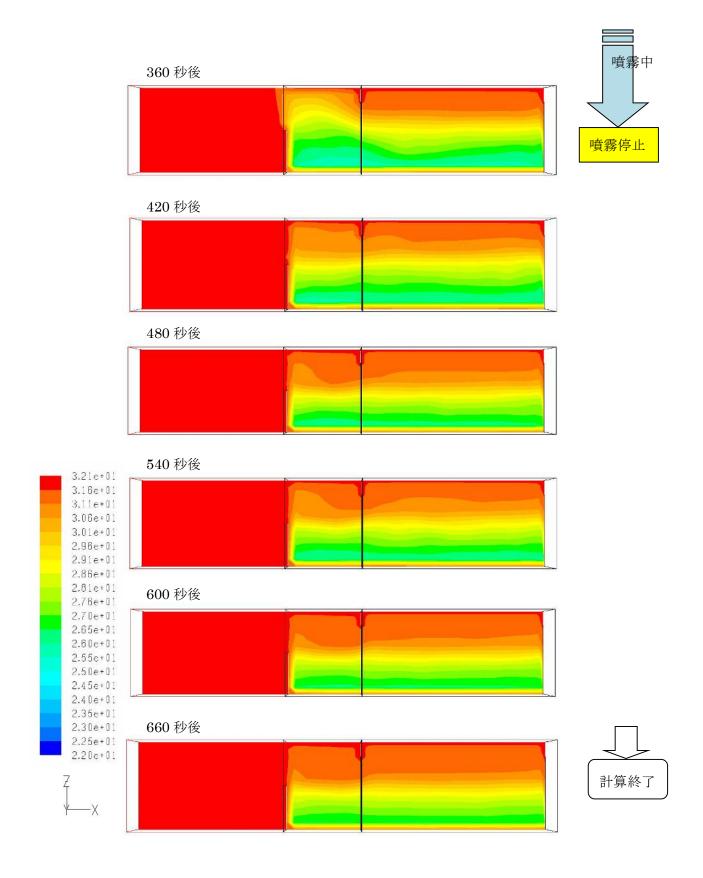
### ⑦Case7(噴霧角度-45°,流量 100ml/min, 相対湿度 40%)



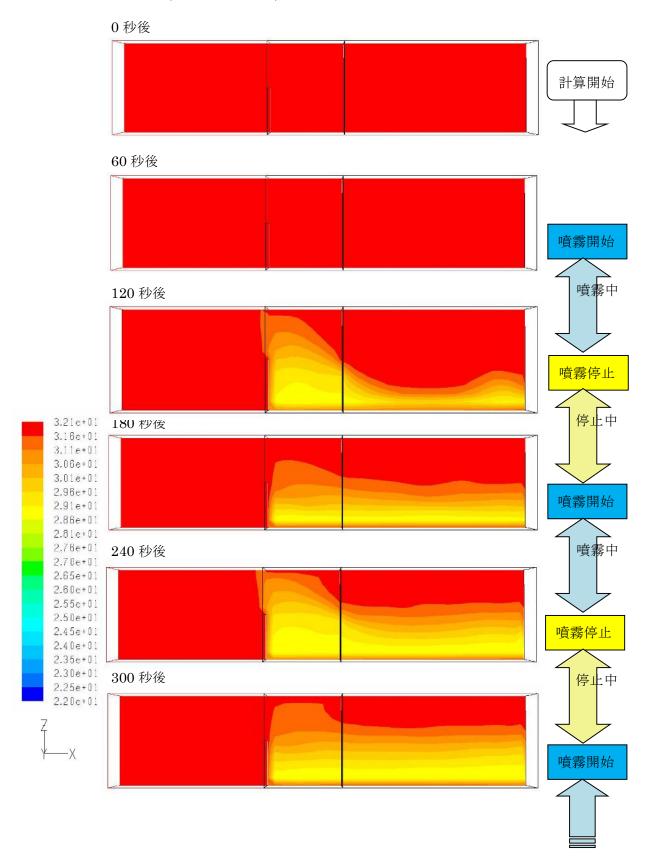


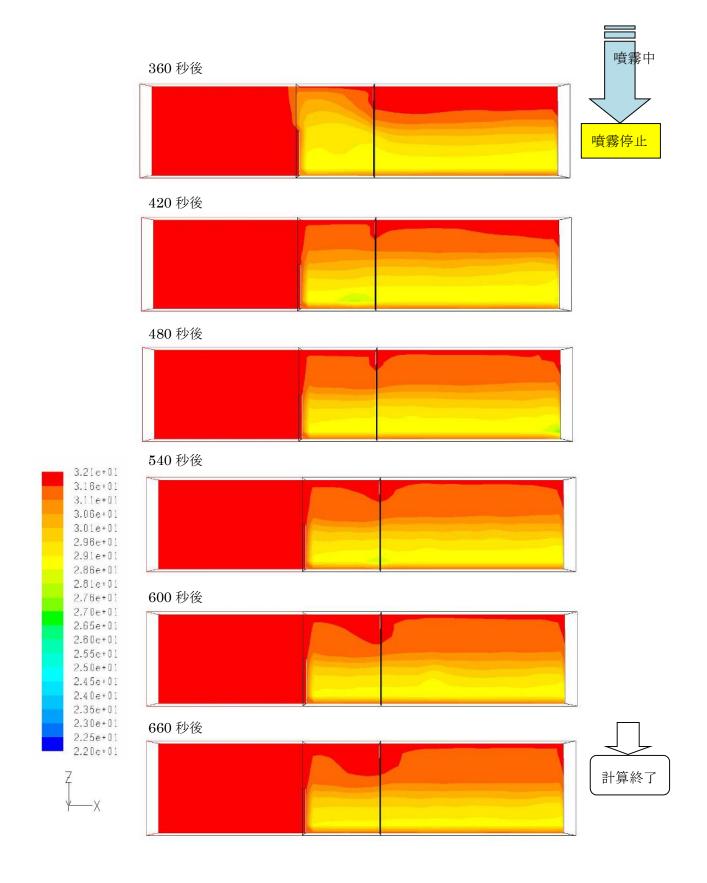
### ⑧Case8(噴霧角度-45°,流量 100ml/min, 相対湿度 60%)



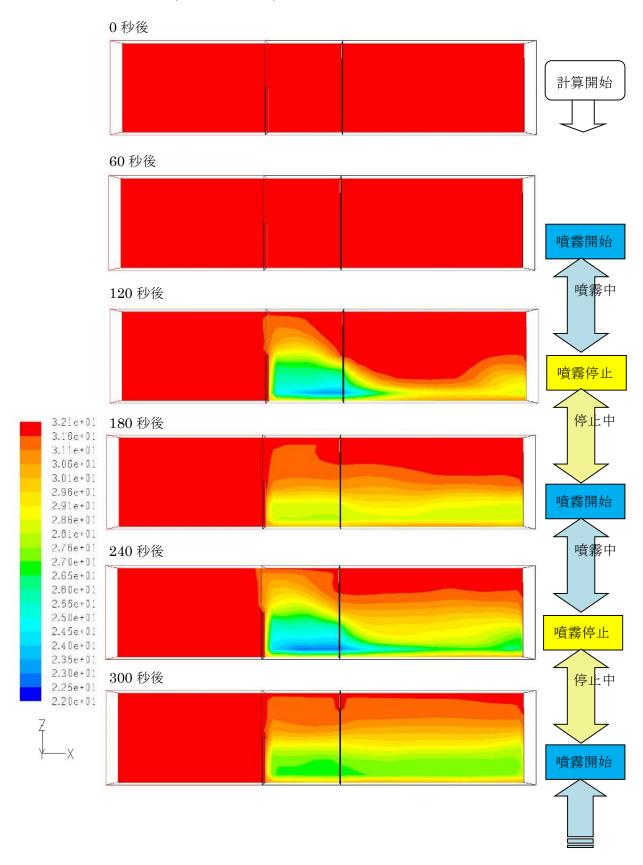


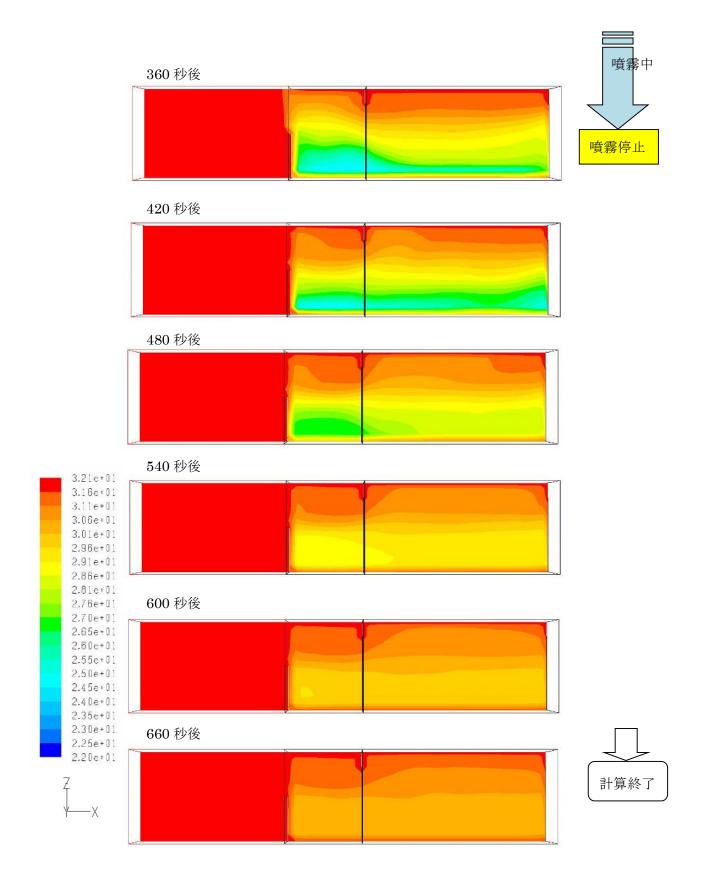
### ⑨Case9(噴霧角度-45°,流量 100ml/min, 相対湿度 80%)



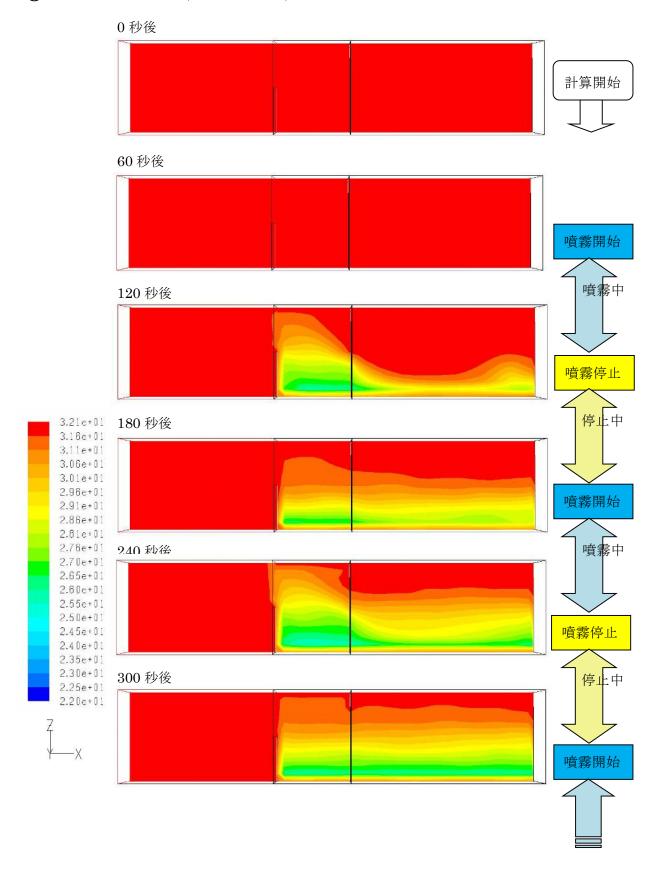


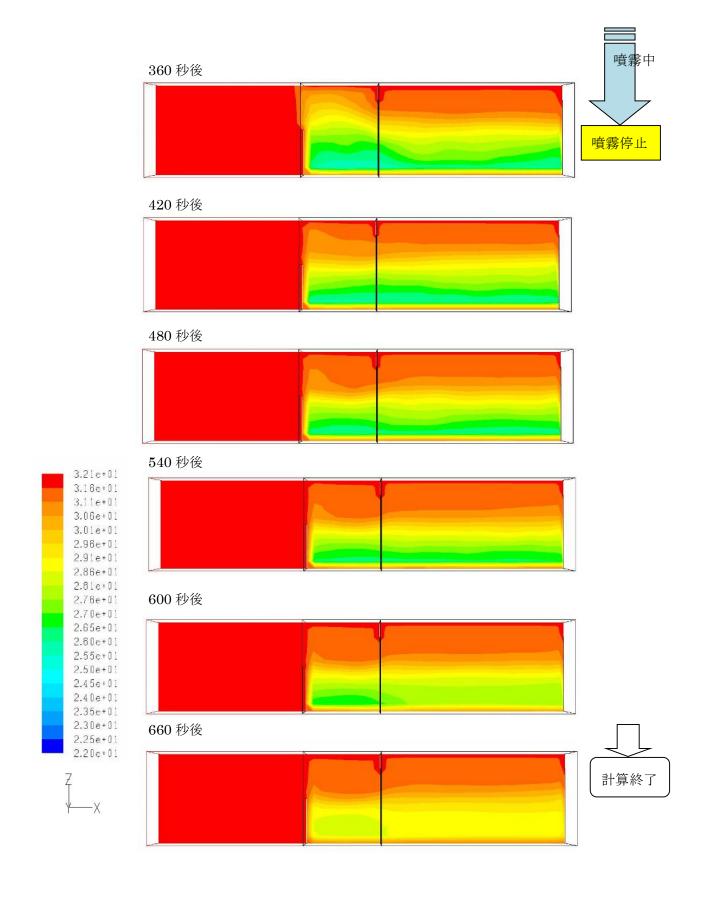
### ⑩Case10(噴霧角度-45°,流量80ml/min,相対湿度40%)



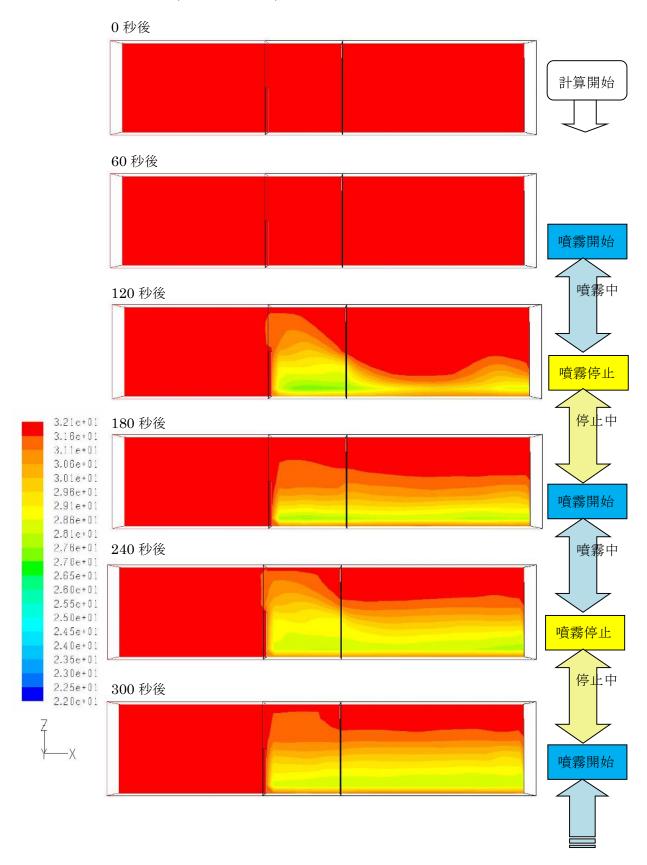


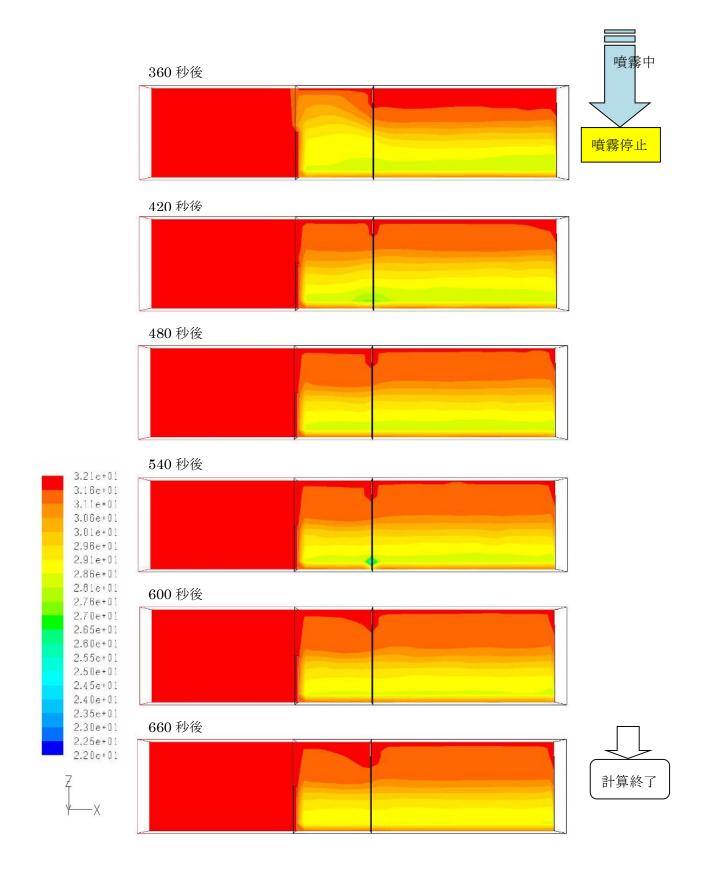
## ①.Case11(噴霧角度-45°,流量80ml/min,相対湿度60%)





### ⑫Case12(噴霧角度-45°,流量80ml/min, 相対湿度80%)





# 付録

1).	既存の細霧冷房装置一覧	.138
②.	家庭用細霧冷房(ドライミスト)の解説書	.139



家庭用ドライ	<u>(ミスト装置向けポン</u> 	<b>プの変遷</b> 第一世代		第二	世代		第三	世代	2009/06/02時点
		Tyria		I I mm				La Projection	A 19
写真				The Contract		-			137
							100	164 N	
呼称	高圧洗浄機A	三連プランジャー	高圧洗浄機B	小水量高圧ポンプ	小水量高圧ポンプ		超磁歪素子動	カカ高圧ポンプ	
開始時期	AJP-80A 2006/06	ポンプ 2006/06末	AJP-2000 2006/07	2006/10	2006/12	0号機 2006/12	1号機 2007/09	2号機 2008/04	3号機(現行) 2009/03
ポンプ形式	三連プランジャー	三連プランジャー	三連プランジャー	ピストン	-	2000/12	超磁歪素子を用い	ハたアクチュエータ	2009/03
<u>メーカー</u> 価格	RYOBI 14,800円	マルヤマエクセル 48万円	RYOBI 30,000円	sera(ドイツ) 20~30万円	マルヤマエクセル	_	GMM	テック -	26万円
消費電力 COP※	1400W 2.98	750W 5.56	1500W 2.78	100~150W 27.8~41.7	110~140W 29.8~37.9	_	140W 29.8	140W 29.8	73W 57.1
水量	6L/min	3.3L/min	3∼7L/min	~433ml/min	-	-	100ml/min	100ml/min	100ml/min
<u>吐出圧</u> 重量	8.2MPa 9.0kg	7.0Mpa 32kg	2~8.2MPa 15.7kg	8.0MPa 12.0kg	7MPa -	_	5.5MPa -	5.5MPa -	5.5MPa (サイス*) φ 90xH210
騒音値	90db 価格が安価で、	-	85db	70db		70db	70db	68db	51 db 消費電力・騒音共
	調達が容易。		AJP-80Aと比較し	要3相200V電源。 流量調節により、余	要3相200V電源。	小型化を実現した		騒音を低減。	消貨電力・騒音共 に大幅に低減。
	消費電力が		て低騒音。	剰水をなくすことが 可能。	東京ビックサイト 「エコプロダクツ	が、本体の温度上		構造の問題で内部 に空気が溜まり、運	500時間の連続運
備考	非常に高い。	受注生產品。	調圧弁付きの為、	脈動が大きく、要ア キュムレータ。	2006」にあたり、 sera製ポンプ故障	昇が著しく、長時間 の使用が不可。	熱し、温度上昇を抑 えた。	転が停止してしまう 欠陥有。	転試験済。 量産予定。
	水量過多。		排水が少ない。	耐久性に難有?	の為急遽導入され	(会社により回収)	2/20		
	(8割排水)			(12月に損傷)	た試作機。		※使用する水	騒音NC-55 量は100ml/minとする	騒音NC-45
ミスト冷却装	<u>使懂一覧</u>	T	T	1			7K DZ 7H 7 W 7K	<u> </u>	78 (711)23 HE23 1170117
				4000	-	40.00	and subtract	400	
写直			九天堰	3000	T	AND THE	1	AT.	0
320					A				ATT
		Programme.	4400	700	Va 7		A STATE OF THE PARTY OF THE PAR	3	-162200
メーカー	スーパー	ドライミスト	双葉 フィールドミスト	リース モイスチ	ヤーミスト	****	SuperFogSystem	スーパー工業 SuperFo	ogJetter
呼称	SDM150	SDM540 二流体(空気、水)	FM150	MM12-FS	MM6-F 一流体+ファン	きらきらミスト	SFS-104	SFJ-1003	SFJ-3200
<u>噴霧方法</u> 価格	-	-	-	-	-	350万	一流体	-	+ファン -
消費電力		ッサー3700W、ミスト		ポンプ750W ファン230W	ポンプ750W ファン80W	800W	750W	ポンプ250W ファン160W	4000W
冷房能力 COP	3545W 0.96	8340W 2.25	3545W 0.96	25020W 25.5	12510W 15.1	12510W 15.6	166800W 238	10008W 24.4	208500W 52.1
粒径		4 μ m		12	μ m	-	20 μm∼	30 μ m	-
水量 吐出圧	85ml/min 0.4MPa	200ml/min 0.4MPa	85ml/min 0.4MPa	600ml/min 9.8MPa	300ml/min 9.8MPa	300ml/min 6.0MPa	4000ml/min -	170~240ml/min -	5000ml/min -
重量 騒音値	4.5kg 85db	4.5kg 85db	4.3kg 85db	50kg 55db	10kg 64db	150kg 55db	67kg	72kg	-
734 11 112	わずか1mの位置で	oodb	0000	大型オープン空間	大型オープン空間	新製品。	レンタル有。	レンタル有。	要3相200V電源。
	超微細な霧を作ることができる。	噴出量がSDM150	衝撃に強い。	での冷却、加湿が可能。	での冷却、加湿が可能。	ポンプー体型。 病院にも適した		ポンプー体型。	ポンプー体型。
備考	キノコ栽培用加湿 器としても使われ、	の2倍と、能力が高 くなっている。	能力はSDM150と	扇風機型で電気と	扇風機型で電気と	デザイン性。5色。 液晶タッチパネル。	SFSシリーズの 一つで、出力とノズ	移動が容易で	大型ファンと36個の
	マイナスイオンも売	(4)(0)	同等。	水道があればどこ	水道があればどこ	温湿度自動運転。	ルにバリエーション 有。	設置場所を選ばな	ノズルで広範囲を
参照URL	IJ.		http://drymist	でも使える。 .com/spec.html	でも使える。	タイマー設定可。		ال ا	冷却。
2 Milonia	1					-072 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 -	Water State Company of the Company	1	
				A STATE OF	an a same		To the second		San Contract of the Contract o
写真									
						1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -			1
75						• 44			
74						7			
メーカー		4		N/j55		COOL letter cart		ンテックス	un-it(フランス)
メーカー 呼称	涼霧システム 涼霧がンプ	CLJ-300		Jetter CLJ-590D	CLJ-S	COOLJetter cart CLJ-C300A	レインオ WM-0500	ヾーミスト WM-560	unik RYU110
メーカー	<u>涼霧システム</u> 涼霧ポンプ 一流体	-	COOL CLJ-370		-		レインオ	<b>デーミスト</b>	unik RYU110 一流体+ファン 120万円
メーカー 呼称 噴霧方法	涼霧ポンプ	_ ポンプ400W	COOL CLJ-370 - ポンプ400W	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン - ポンプ400W	- ポンプ45W		レインオ WM-0500	デーミスト WM-560 一流体+ファン	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W
メーカー 呼称 <u>噴霧方法</u> 価格 消費電力 冷房能力	涼霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W	ー ポンプ400W ファン60W 12927W	COOL - ポンプ400W ファン400W 19599W	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン - ポンプ400W ファン1500W 58797W	- ポンプ45W ファン145W 4170W	CLJ-C300A - 130W 5004W	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W	デーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W
メーカー 呼称 <u>噴霧方法</u> 価格 消費電力 冷房能力 COP 粒径	涼霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 µ m	ー ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 20 $\mu$ m	COOL CLJ-370  - ポンプ400W ファン400W 19599W 24.5 20 μ m	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン - ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μ m	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9	CLJ-C300A  - 130W 5004W 38.5 -	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3	デーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 $\mu$ m
メーカー 呼称 <u>噴霧方法</u> 価格 消費電力 冷房能力 COP	涼霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8	ー ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 20 $\mu$ m 310ml/min 6.0MPa	COOL CLJ-370 ー ポンプ400W ファン400W 19599W 24.5	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン - ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9	- ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9	CLJ-C300A  - 130W 5004W 38.5	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3	デーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4
メーカー 呼称 魔務方法 通婚者 消費電力 冷房能力 COP 粒経 水量 吐出圧 重量	源霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 μ m 1400ml/min	ー ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 20 $\mu$ m 310ml/min	COOL CLJ-370  - ポンプ400W ファン400W 19599W 24.5 20 μ m 470ml/min	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 - 100ml/min	CLJ-C300A  - 130W 5004W 38.5 - 120ml/min	レインオ WM-0500 一流体 	デーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min
メーカー 呼称 <u>噴霧方法</u> 価格 消費電力 冷房能力 COP 粒径 水量 吐出圧	涼霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 μ m 1400ml/min 6.0MPa	ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 20 μ m 310ml/min 6.0MPa 10kg	COOL CLJ-370  - ポンプ400W ファン400W 19599W 24.5 20 μ m 470ml/min 6.0MPa 26kg	Jetter CLJ-590D -流体+ファン - ホンブ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 - 100ml/min 1.0MPa 12.5kg	130W 5004W 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg	WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 - 400ml/min	(一ミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 280ml/min - 43.7kg - -	unik RYU110 -流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン1907 477 10 μm 500ml/min - 43kg 45db
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費電力 COP 粒屋 水量 吐出圧 重量 騒音値	原轄ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20μm 1400ml/min 6.0MPa 500kg	ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 20 μm 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db	COOL	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン ポンプ400W ファン1500W ファン1500W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	130W 5004W 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg 48db	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 - 400ml/min -	<del>ベミスト</del> WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 - 280ml/min - 43.7kg ポンプー体型。	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min - 43kg
メーカー 呼称 魔務方法 通婚者 消費電力 冷房能力 COP 粒経 水量 吐出圧 重量	京霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370  - ポンプ400W ファン400W 19599W 24.5 20 μ m 470ml/min 6.0MPa 26kg	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 - 100ml/min 1.0MPa 12.5kg	- 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg 48db 新製品。 ポンプー体型。	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 400ml/min 	(一ミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 280ml/min - 43.7kg - -	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ボンブ250W ファン190W フの850W 47.4 10 μ m 500ml/min 43kg 45db フランスで4000台
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費電力 COP 粒屋 水量 吐出圧 重量 騒音値	原轄ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20μm 1400ml/min 6.0MPa 500kg	ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 20 μm 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db	COOL CLJ-370 ボンブ400W 7アン-400W 19599W 24.5 20 μm 470ml/min 6.0MPa 26kg 66.db	Jetter CLJ-590D 一流休十ファン ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 77db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg 48db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 400ml/min 	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 280ml/min 43.7kg ポンプー体型。 首振り機能付。	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ボンブ250W オンプ250W 47.4 10 μ m 500ml/min 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費 配力 COP 粒径 吐出圧 重量 騒音値	京霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン -流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W 5004W 38.5 120ml/min 1.3MPa 40kg 49db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円		unik RYU110流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費電力 COP 粒屋 水量 吐出圧 重量 騒音値	京霧ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 μ m 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、 自然な涼しさを作り 出す。	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D 一流休十ファン ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 77db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg 48db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円		unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ボンプ250W オンプ190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売楽績。 首振り機能付。 レグ外月24,000円
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費 配力 COP 粒径 吐出圧 重量 騒音値	原務ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン -流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W 5004W 38.5 120ml/min 1.3MPa 40kg 49db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円		unik RYU110流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費 電力 冷廃能力 COP 粒隆 吐出圧 重量 ・ 機・考	原務ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン -流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W 5004W 38.5 120ml/min 1.3MPa 40kg 49db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円		unik RYU110流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費 配力 COP 粒径 吐出圧 重量 騒音値	原務ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン -流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W 5004W 38.5 120ml/min 1.3MPa 40kg 49db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円		unik RYU110流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費 電力 冷房能力 COP 粒隆 吐出圧 重量 ・ 機・考	原務ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK)	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D 一流体+ファン -流体+ファン ポンプ400W ファン1500W 30.9 20 μ m 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	- 130W 5004W 38.5 120ml/min 1.3MPa 40kg 49db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばな	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円		unik RYU110流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消費 電力 冷房能力 COP 粒隆 吐出圧 重量 ・ 機・考	原轄ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μ m 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。	- ボンブ400W ファン60W ファン60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。	COOL CLJ-370 CLJ-370 ボンブ400W ファン400W 19599W 24.5 20 μm 470ml/min 6.0MPa 26kg 66db  別途ボンブ必要。 (KYZ-40IK)	Jetter CLJ-590D -流体+ファン -流体+ファン -流体+ファン 1500W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db	ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 - 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	CLJ-C300A  - 130W 5004W 38.5  120ml/min 1.3MPa 40kg 48db 新製品。 ポンプー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 400ml/min - - - 間欠運転設定可。 レン外月31.500円	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 280ml/min 43.7kg ボンブー体型。 首振り機能付。間欠運転設定可。 レン外月42,000円 mmpagedeste.jp/h= mpage52.htm	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ボンプ250W フン250W 47.4 10 μ m 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://miatum-junet/index.html
メーカー 呼称 噴霧方法 価格 消度配力 小房区PP 粒径 水量量 吐出圧 重音値  ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	原轄ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μ m 1400ml/min 6.0MPa 50kg ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。	- ボンブ400W ファン60W ファン60W ファン60W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 48db が 10kg	COOL CLJ-370  ポンプ400W ファン400W ファン409W 19599W 24.5 20 μ m 470ml/min 6.0MPa 26kg 66.db  M途ボンブ必要。 (KYZ-40IK)	Jetter CLJ-590D - 流体+ファン - 流体+ファン - 流体+ファン - ボンブ400W ファン1500W 30.9 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77db - バイナンブ必要。 (KYZ-40IK)	ー ポンプ45W プアン145W 4170W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db	CLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。ポンプー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ	レインオ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 - 400ml/min 		unik RYU110 沈妹+ファン 沈妹+ファン 120万円 ポンプ250W ファン1305W 47.4 10 μ m 500ml/min 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レクル月24,000円 http://mist.am- jk.net/index.html
メーカー 呼称 ・ で で で で で で で で で で で で で で で で で で で	原務ポンプ - 流体 - 750W - 750W - 750W - 77.8 - 20 μm - 1400ml/min - 6.0MPa - 50kg - 77ンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。 - 141th //www.kirinsikauch - 162je/yelen.html	ー ボンブ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ボンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。	COOL   CLJ-370   CLJ-3	Jetter CLJ-599D -流体+ファン -流体+ファン -流体+ファン -ボンブ400W ファン1500W 30.9 30.9 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77db  別途ボンブ必要。 (KYZ-40lK)	ポンプ45W オンプ45W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ポンプー体型。	- 130W - 130W 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg 48db 新製品。ボンブー体型。移動が容易で設置場所を選ばない。カタログのみ	レイング WM-0500 一流体 213W 16680W 78.3 400ml/min - 間欠運転設定可。 レンタル月31,500円 MID 70 MID 70 MID 70 MID 70 JMP-02 遠心分離 2ファン	<ul> <li>モミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W</li> <li>11676W</li> <li>44.9</li> <li>280ml/min ー</li> <li>43.7kg</li> <li>ボンブー体型。 首振り機能付。 間欠運転設定可。</li> <li>レクル月42,000円</li> <li>ロクル月42,000円</li> </ul>	unik RYU110 -流体+ファン -流体+ファン 120万円 ポンプ250W ファン190W 47.4 10 μ m 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000合 以上の販売実績。 首振り機能付。 レグル月24,000円 http://mistum-i.net/index.html
メーカー 呼称 ・ では、	原務ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 500kg  ファンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。 しまた。 ico ge/lychm html	ー ポンプ400W ファン60W 1292TW 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。	COOL CLJ-370 CLJ-370 CLJ-370 ボンブ400W 19599W 24.5 20 μm 470ml/min 6.0MPa 26kg 66db  別途ボンブ必要。 (KYZ-40IK)	Jetter CLJ-590D - CLJ-590D - 流休+ファン - 流休+ファン - ボンブ400W ファン1500W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77.db - 7	ポンプ45W ポンプ45W イ170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ポンプー体型。 ボンプー体型。 ニューヨー ミストクール MF-VILT 一流体+ファン 35万 ポンプ410W	- 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min 1.3MPa 40kg 48db 新製品。ボンブー体型。移動が容易で設置場所を選ばない。カタログのみ - 120ml/min 4mg-4041 - 流体+ファン 70万円 ボンブ200W	レインク WM-0500 一流体  213W  16680W  78.3  400ml/min	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 280ml/min 43.7kg ポンプー体型。 首振り機能付。 間欠運転設定可。 レクル月42,000円 mmag c52 htm.	unik RYUI10 一流体+ファン 120万円 ボンブ250W インス 100万円 ボンブ250W 47.4 10 μ m 500ml/min 43kg 45db フランスで4000合 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://mist.un- j.tott/index.html
メーカー       呼称       噴霧方法       価格       消費館力       へのOP       放置       吐出圧       重量       騒音値       参照URL       写真       メーカー       噴霧方法       価格	原務ポンプ - 流体 - 750W 58380W 77.8 20 μm 1400ml/min 6.0MPa 50kg - 77ンを使わずに、自然な涼しさを作り出す。  Latter/www.kirinch.such iso.je/yolm.html 50kg/yolm.html 50kg/yolm.html	ポンプ400W ファン60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 110kg 48db  別途ポンプ必要。 (KYZ-401K) 首振り機能付。	COOL  CLJ-370  CLJ-370  ボンブ400W  19599W  24.5  20 μm  470ml/min  6.0MPa  26kg  66db   別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK)  http://www.kiringikauc  オリジン工業 スポットクール  SPT-25003S  一流体+ファン  98.000円	Jetter CLJ-590D - 元。 CLJ-590D - 元。 - 元。 ポンプ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77db 70kg 77db 70kg 7.7kg 7.7	ポンプ45W アンプ45W イナング45W イナング45W 4170W 21.9	CLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120mi/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。ポンプー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - ストイツ州 - MG-4041 - 流体+ファン 70万円	レイング WM-0500 一流体	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 43.7kg ポンプー体型。 首振り機能付。間欠連転設定可。 レクル月42,000円 電子型である。 エアコン AS-E22T ヒートボンブ 45,000円	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レグル月24,000円 http://mistam-j.tnst/index.huml
メーカー 呼霧方法 価章 の カー COP 数径 水量 重音 値  場 参照 URL  写真 メーカー 呼霧方法 消費 能力 COP	原務ポンプ - 流体 - 750W - 58380W - 77.8 - 20 μm - 1400ml/min - 6,0MPa - 50kg - 772を使わずに、自然な涼しさを作り出す。 - inthe //www.kirinoikeuch ico.jg/lyohm.html - EVEF - セヤシ - MJ-600-20 - 流体 - ボンブーW - アアン1500W - 41700W	ポンプ400W	COOL CLJ-370 CLJ-370  ボンブ400W 19599W 24.5 20 μm 470ml/min 6.0MPa 26kg 66db  加速ポンブ必要。 (KYZ-40IK)  http://www.kirinoikeuce  オリジン工業 スポットクール 98,000円 250W 12510W 12510W	Jetter CLJ-590D - 1	ポンプ45W アンブ45W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ポンプー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボンブー体型の ボールーの ボールの ボールの ボールの ボールの ボーの ボールの ボールの ボールの ボールの ボーの ボーの ボーの ボーの ボーの ボーの ボーの ボー	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120m/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。 ボンブー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - ※ ストGYM - MG-4041 - 流体+ファン 70万円 ボンプ250W - 12510W - 1251	レインク   WM-0500   一流体	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 280ml/min 43.7kg ポンプー体型。 首振り機能付。間欠連転設定可。 レクル月42,000円 本ののの円 本ののののののののののののののののののののののののののののの	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売美績。 首振り機能付。 レグル月24,000円 http://mistam-j.tnet/mdex.html
メーカー 呼称	原務ポンプ - 流体 - 750W - 58380W - 77.8 - 20 μm - 1400ml/min - 6.0MPa - 50kg - 77.2を使わずに、自然な涼しさを作り出す。 - 140ml/min	ポンプ400W	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D -流体+ファン -流体+ファン -流体+ファン1500W ファン1500W 35979W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77db  別途ボンブ必要。 (KYZ-40IK)  Mico jp/lychmseihin html	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブーな型。 ボンブーな型。	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120m/min - 1.3MPa - 40kg - 48db 新製品。ポンプー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - ZX-FGYM MG-4041 - 流体-ファン 70万円 ポンプ200W フアン250W 12510W 27.8 10-330 μ m 300ml/min	レイング WM-0500 一流体	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 43.7kg ボンブー体型。 首振り機能付。間欠連転設定可。 レクル月42,000円 asadratnajo/k- www.ga522tm. 高工通ゼネラル エブコン AS-E22T ヒートポンブ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4,78	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μ m 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レグル月24,000円 http://mist.am-j.tnst/index.html
メーカー 呼務 (	原轄ポンプ - 流体 - 750W - 58380W - 77.8 - 77.8 - 79.0 - 1400m/min - 6.0MPa - 50kg - 77.8 - 1400m/min - 1400	ー ボンブ400W ガンシ60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D - CLJ-590D - 流体+ファン - 流体+ファン - ボンブ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77.db - 70kg 77	ポンプ45W アンブ45W ファン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ポンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブーな型。 ボンブーな型。 53万 ボンブ410W ファン175W 20850W 35.6 500ml/min 6.5MPa 53kg	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。 ボンブー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA ミストGYM MG-4041 - 流体 + ファン 70万円 ボンブ200W ファン250W - 12510W - 27.8 - 10~30 μm - 4.5MPa - 95kg	レイング WM-0500 一流体	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 44.9 43.7kg ポンプー体型。 音振り機能付。間欠運転設定可。 レン外月42,000円 本のはのものにある。 エアコン AS-E22T ヒートポンプ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4,78 -	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://mistum-inst/index.huml  GMMチック 超磁型素子動力 3号機 一流体 30万円 73W 4170W 57.1 16 μm 110 mm/min 55MPa 110 mm/min 15 mm/min 10 mm/min 15 mm/min 10 mm/
メーカー 呼称	原轄ポンプ 一流体 - 750W 58380W 77.8 20 μ m 1400ml/min 6.0MPa 50kg - 772を使わずに、自然な涼しさを作り出す。 上はp://www.kirinsik.euch   150 jp://polym.html	ー ボンブ400W ファン60W 12927W 28.1 310m/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。	COOL CLJ-370	Jetter CLJ-590D - CLJ-590D - 流体+ファン - 流体+ファン - ボンブ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db - 70kg 77	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ポンプー体型。 ニューヨー ミストケール MF-VILT 一流体+ファン 35万 ポンプ410W ファン175W 20850W 35.6 500ml/min 6.5MPa	- 130W - 130W - 130W - 130W - 130W - 38.5 - 120ml/min - 1.3MPa 48db 48db 新製品。ポンプー体型。移動が容易で設置場所を選ばない。カタログのみ - 1251W - 1250W - 12510W - 12510W - 12510W - 12510W - 1300ml/min 4.5MPa	レイング WM-0500 一流体	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 43.7kg ボンブー体型。 首振り機能付。間欠連転設定可。 レクル月42,000円 asadratnajo/k- www.ga522tm. 高工通ゼネラル エブコン AS-E22T ヒートポンブ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4,78	unik RYUI10 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W フン190M 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://miatum-ji.ntst/index.html
メーカー 呼務 (	原轄ポンプ	ー ボンブ400W ファン60W 12927W 28.1 310m/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。	COOL   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   T-2700W   19599W   24.5   20 µm   470ml/min   6.0MPa   26kg   66db   CLJ-370   CLJ-37	Jetter CLJ-590D - CLJ-590D - 流体+ファン - 流体+ファン - ボンブ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db - 70kg 77	ポンプ45W アンブ45W ファン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ポンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブーな型。 ボンブーな型。 53万 ボンブ410W ファン175W 20850W 35.6 500ml/min 6.5MPa 53kg	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120mi/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。 ボンブー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - ※ストGYM - MG-4041 - 流体+ファン 70万円 ボンブ200W - 12510W - 12510W - 12510W - 12510W - 130mi/min - 4.5MPa - 95kg - 63db	レインメ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 400ml/min - 1 間欠運転設定可。 レグル月31.500円 MICIX 物塵キャッチくん JMP-02 遠心分離+ファン 38.70円 400W 20850W 52.1 0~500ml/min - 1 遠心分離式の為、	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44,9 280ml/min 43,7kg ボンブー体型。 首振り機能付。間欠運転設定可。 レクル月42,000円 eadreta-jp/h= wpsgc52htm 富士通ゼネラル エアコン AS-E22T ヒートポンブ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4,78 - 内43db+外45db	unik RYU110 一流体十ファン 120万円 ポンプ250W フンシ190M フの数50W 47.4 10 μm 500ml/min 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://miatum-it.ntds.html
メーカー 呼務 (	原轄ポンプ	ポンプ400W オンプ400W ファン60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db  別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。  ***  **  **  **  **  **  **  **  **	COOL   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   T-270400W   7アン400W   7アン400W   24.5   CLJ-370   CLJ-37	Jetter CLJ-590D - CLJ-590D - 流体+ファン - 流体+ファン - ボンブ400W ファン1500W 58797W 30.9 20 μm 1410ml/min 6.0MPa 70kg 77 db - 70kg 77	ポンプ45W ファン145W 170W 21.9 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ボンブー体型。 ボンブー体型。  ボンブー体型。 5xkpール MF-VILT 一流体+ファン 35万 ボンブ410W ファン175W 20850W 35.6 500ml/min 6.5MPa 53kg 75db	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120m/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。 ボンブー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - KA	レインメ WM-0500 一流体 - 213W 16680W 78.3 - 400ml/min - 1 間欠運転設定可。 レグル月31.500円 MICIX 粉塵キャッチくん JMP-02 遠心分離4ファン 38万円 400W 52.1 0~500ml/min - 1	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 44.9 43.7kg ポンプー体型。 音振り機能付。間欠運転設定可。 レン外月42,000円 本のはのものにある。 エアコン AS-E22T ヒートポンプ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4,78 -	unik RYU110 -流体+ファン 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://mistum-junts/index.html  GMMデック 超磁差素子動 - 流体 30万円 73W 4170W 57.1 16 μm 100ml/min 5.51MPa (ザ/ズ) ゆ 90xH210 51db 小型・小水量・低消費電力・低騒音と、
メーカー 呼称	原轄ポンプ	ポンプ400W オンプ400W ファン60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db 別途ポンプ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。  ボンブーW ファン550W 25020W 200ml/min 6.0MPa 45kg+16kg	COOL   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   T-2700W   19599W   24.5   20 µm   470ml/min   6.0MPa   26kg   66db   CLJ-370   CLJ-37	グリーン	ー ポンプ45W ファン145W 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 ファン175W 20850W 35.6 53MPa 53Mpa 75db	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120mi/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。 ボンブー体型。 移動が容易で 設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - ※ストGYM - MG-4041 - 流体+ファン 70万円 ボンブ200W - 12510W - 12510W - 12510W - 12510W - 130mi/min - 4.5MPa - 95kg - 63db	レインメ WM-0500 一流体 - 16680W 78.3 400ml/min 	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 280ml/min - 43.7kg ボンブー体型。 首振り機能付。間欠連転設定可。 レンタル月42,000円 エデコン エデコン AS-E22T 上ートボンブ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4.78	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レグル月24,000円   http://mistum-linet/mides.html
メーカー 呼称	演奏ポンプ 一流体 - 750W   58380W   77.8   20 µm   1400ml/min   6.0MPa   50kg   77.8   1400ml/min   6.0MPa   6.0MPa   6.0MPa   720 µm   720 µm   720 µm   720 µm   720 µm   720 µm   1000ml/min   6.0MPa   45kg+70kg   834200V電源。   91 別途ポンプ必要。	ポンプ400W オンプ400W ファン60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db  別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。  ***  **  **  **  **  **  **  **  **	COOL   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   T-2700W   19599W   24.5   20 µm   470ml/min   6.0MPa   26kg   66db   CLJ-370   CLJ-37	グリーン	ポンプ45W ファン145W 1720M 21.9 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ボンブー体型。 ボンブー体型。 ボンブー体型。 5xトクール MF-VILT 一流体+ファン 35万 ボンブ410W ファン175W 20850W 35.6 500ml/min 6.5MPa 53kg 75db	TAMPA	レインオ WM-0500 一流体 16680W 78.3 400ml/min - - 間欠運転設定可。 レン外月31,500円 MIDIX 物産キャッチくん JMP-02 遠心分離+ファン 38万円 400W 20850W 52.1 0~500ml/min - - - - - - - - - - - - -	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11676W 44.9 280ml/min インブー体型。 首振り機能付。間欠運転設定可。 レン外月42,000円 金値をはあった上 ************************************	unik RYUI10 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W フ2850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レン外月24,000円 http://mistum-junt.index.html  GMMデック 超磁変素子動 一流体 30万円 73W 4170W 57.1 16 μ m 100ml/min 5.51MPa (ザ/ズ) ゆ 90xH210 51db 小型・小水量・低減費を定での利用に適している。
メーカー 呼称	原轄ポンプ	ポンプ400W オンプ400W ファン60W 12927W 28.1 310ml/min 6.0MPa 10kg 48db  別途ポンブ必要。 (KYZ-40IK) 首振り機能付。  ***  **  **  **  **  **  **  **  **	COOL   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   CLJ-370   T-2700W   19599W   24.5   20 µm   470ml/min   6.0MPa   26kg   66db   CLJ-370   CLJ-37	グリーン	ポンプ45W ファン145W 170W 21.9 4170W 21.9 100ml/min 1.0MPa 12.5kg 65db ボンブー体型。 ボンブー体型。  ボンブー体型。 5xkpール MF-VILT 一流体+ファン 35万 ボンブ410W ファン175W 20850W 35.6 500ml/min 6.5MPa 53kg 75db	TLJ-C300A  - 130W - 130W - 38.5 - 120m/min - 1.3MPa - 40kg - 48db - 新製品。 ボンブー体型。 移動が容易で設置場所を選ばない。 カタログのみ  KAMAKURA - KA	レインメ WM-0500 一流体 - 16680W 78.3 400ml/min 	ペーミスト WM-560 一流体+ファン 283,000円 260W 11876W 44.9 44.9 43.7kg ボンブー体型。 首振り機能付。間欠運転設定可。 レクル月42,000円 エアコン AS-E22T ヒートボンブ 45,000円 460W(170~800) 2200W 4.78 - 内43db+外45db	unik RYU110 一流体+ファン 120万円 ポンプ250W 20850W 47.4 10 μm 500ml/min - 43kg 45db フランスで4000台 以上の販売実績。 首振り機能付。 レグル月24,000円 http://mistam-it.net/midex.html

# 資料②

細霧冷房及び家庭用細霧冷房の解説書

### なごミストの技術

### ドライミストのコンセプト・・・(=なごミスト)

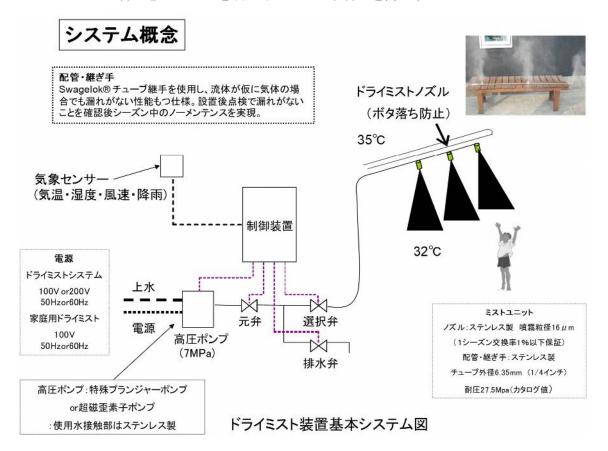
- ・ザウター平均16μmでミストを噴霧させることで,化粧落ちのしないミストを実現。
- ・ミスト噴霧量は、真夏のクスノキ林の蒸散量を参考とし、7.5ml/m・分。
- エネルギー消費の少ない「特殊高圧ポンプを使用した一液式」を採用。
- ・水に接触する部分をSUS製にすることで安全面を考慮。(真鍮の排除)

### 〇なごミストの特長と仕様(大・中規模)

- ・ポンプー台でノズル15~66個(50㎡~300㎡)に対応し、最大でCOP300。
- ・半屋外に設置することで,周辺建物の空調負荷を10%低減。
- ・時間/温度/湿度/風速/雨の最大5点を制御することで快適な噴霧が可能。

### ○家庭用なごミストの特長と仕様

- ポンプに超磁歪素子を使用すること断続的な運転が可能。
- ・ノズル2個(約100ml),消費電力73Wで冷却能力はエアコンの約2倍。
- ・防音対策をしない状態で騒音レベル51dB,NC値45(事務所)。
- ・定期的なメンテナンスを行えば半永久的に利用が可能。
- ・取り外しが容易のため水と電気があれば持ち運びが自由。
- ・タイマー・濡れ感知センサを利用することで床濡れを防止。



(3)

### ·性能

吐出圧力:6MPa消費電力:750W

#### ·耐久性

プランジャー型高圧ポンプ耐久25000時間以上(適切なメンテナンスを行った場合)

#### ・自動制御システム採用の場合

気温/相対湿度/感雨およびスケジュールタイマー による発停制御。電子式リレー採用。

滞留水対策のため、事前に強制噴霧する設定を含む。

### ・シーズンオフメンテナンス

ノズル・管内水分除去: 窒素ガスパージ ポンプオイル交換のみ







### 家庭用ドライミストシステム仕様

#### 性能

吐出圧力:5MPa消費電力:73W 超磁歪素子を使用することで高圧かつ小水量を実現。 リモコンによるON/OFFが可能。

#### ·耐久性

ノズル/Oリング/弁(吐出側)の3部品の交換及び定期的なメンテナンスを行えば半永久的に使用可能。

## ・シーズンオフメンテナンス

ユニットの取り外しを行い、ノズルの凍結防止。 消耗部品のメンテナンス(1~2年に一回)







#### なごミストとエアコン使用料金比較

エアコンとドライミストの使用料金比較参考例							
	家庭用エアコン	家庭用ドライミスト	ドライミストシステム	業務用エアコン			
消費電力	800W	70W	750W	3kw(4馬カ)			
対象面積	10∼15 m²	10∼15 m²	150 m²	50 m²			
ノズル数	_	2個	30個				
一日(8時間)の電気量	6400Wh	480Wh(実質4時間)	4500Wh(実質6時間)	24kWh			
ーヶ月(240時間)の電気量	192kWh	14.4kWh	135kWh	720kWh			
一日の使用水量	_	$0.024\mathrm{m}^3$	$0.54\mathrm{m}^3$				
一ヶ月の使用水量	_	0.72 m³	16.2 m³				
一日(8時間)のコスト	140.8円	15.36円	210円	528円			
ーヶ月(240時間)のコスト	4224円	460円	6270円	15840円			

※ドライミスト装置を利用する場合は、タイマーを利用して間欠運転をすることで過度の湿度上昇を防ぐことが可能です。上記のモデルでは、1分ON/1分OFFの間欠運転を行った場合の試算となります。

### なごミストとエアコンのCO2排出量比較

## 1日5時間 × 1ヵ月(30日) 使用した場合・・・

## ただし、ミストは2分稼働、1分停止の3分周期で運転

	クーラー(800w)	ドライミスト(75w)	
消費電力量[kWh·月]	120	6.75	
使用水量[m³·月]	_	0.54	
CO <sub>2</sub> 排出量[kg-CO <sub>2</sub> ]	40.68	<b>→</b> 2.4	



-38.28[kg-CO<sub>2</sub>・月]=ブナの木 3.5本分

## ブナの木1本が1年間に吸収する CO<sub>2</sub>の量(11kg)※に相当

※出典:大和ハウス株式会社, xevo(試算:独立行政法人森林総合研究所)

### なごミスト関連 細霧冷房導入例

設置年	施設	常設	規模	備考	引用文献及び情報提供元
	愛・地球博 グローバルループ(愛知)		日よけテント約150張に付設。噴霧面積5,800㎡	ライン型。噴霧水量91.2l/min。消費電力20.2kW	能美防災株式会社
2005年	愛・地球博 ワンダーサーカス館(愛知)		入場待ち空間に設置。噴霧面積約320㎡	くも型。噴霧水量4.5l/min。消費電力1.0kW	能美防災株式会社
	愛・地球博 オーストラリア館(愛知)		カフェスペースに設置。噴霧面積約240㎡	くも型とライン型。噴霧水量3.5l/min。消費電力0.75kW	能美防災株式会社
	六本木ヒルズ(東京)	0	66プラザの回廊。 噴霧面積約180㎡	くも型。 噴霧水量2.71/min。消費電力0.75kW	能美防災株式会社
2006年	秋葉原クロスフィールド(東京)	0	屋外エスカレータに付設。噴霧面積約135㎡	東京都H18年度ドライミスト補助金。ライン型。 噴霧水量1.71/min。 消費電力1.0kW	能美防災株式会社
2000-	個人住宅(愛知)	0	ベランダ3箇所	噴霧水量0.61/min。消費電力0.75kW(東京理科大+なごミスト設計制)	なごミスト設計有限会社
	個人マンション(愛知)	0	ベランダ	噴霧水量0.21/min。消費電力0.75kW(東京理科大)	なごミスト設計有限会社
	新丸ビル(東京)	0	丸の内仲通りの歩道。噴霧面積約200㎡	柱に付設。噴霧水量2.01/min(能美防災)	能美防災株式会社
	相模鉄道 二俣駅(神奈川)		駅舎ホーム部とホームコンコース間の階段部	試験設置。噴霧水量1.50/min。10年常設へ(東京理科大+なごミスト設計(制)	三機工業株式会社
	個人住宅(東京4件)		ベランダ・テラス	超磁歪素子ポンプ。噴霧水量0.15l/min。消費電力0.15kW(東京理科大学辻本研)	なごミスト設計有限会社
2007年	住宅メーカー試験住宅(東京)		ベランダ・テラス	08年継続実験。超磁歪素子ポンプ。噴霧水量0.15I/min。消費電力0.15kW	なごミスト設計有限会社
	名古屋大学経済学部研究棟(愛知)		噴霧面積 約200㎡ 歩廊	ライン型。噴霧水量3.51/min。消費電力0.75kW(なごミスト設計 衛)	なごミスト設計有限会社
	東京大神宮(東京)		境内	クモ型ノズル(能美防災)	能美防災株式会社
	留学生博物館(中国・上海)	0	一階テラス		なごミスト設計有限会社
	高砂殿一宮結婚式場	0	屋外チャペル前	自立型・噴霧水量0.52/min・消費電力0.75kW(なごミスト設計(有)	
	第25回全国都市緑化ぐんまフェア 花と緑 のシンフォニー群馬2008』の会場		藤棚	超磁歪素子ポンプ。噴霧水量0.21/min。消費電力0.15kW(東京理 科大+なごミスト設計桶)	なごミスト設計有限会社
	名古屋大学医学部新営2号館歩廊	0	アルミハニカム歩廊下全長100m	ライン型。2系統。196m 噴霧水量2.9g/分・1.9g/分 消費電力 0.75kw×2(なごミスト設計制)	なごミスト設計有限会社
2008年	ミッドランドスクエアサンクンガーデン	0	B1階半屋外歩廊	ライン型。30m噴霧水量1.82/分消費電力0.75Kw(なごミスト設計侑)	なごミスト設計有限会社
	名古屋大学全学教育棟	0	中庭広場	支柱型 噴霧水量0.75½/min・消費電力0.75kw(なごミスト設計 衛)	なごミスト設計有限会社
	原宿かすう工房		店舗軒先	ライン型 1.60/min 消費電力0.75kW 対象面積80㎡	なごミスト設計有限会社
	個人住宅(名古屋市内)	0	テラス下(ペットの暑さ対策)	ライン型。10m噴霧水量0.6g/分消費電力0.75Kw(なごミスト設	なごミスト設計有限会社
	相模鉄道 二俣川(神奈川)	0	駅舎プラットホーム	ライン型 自動制御	三機工業株式会社
	第10回記念フラワードーム		展示ブース	家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社
	たいよう保育園	0	お迎え用玄関・縁側	ライン型 1.60/min 消費電力0.75kW 対象面積80㎡	なごミスト設計有限会社
2009年	神楽坂まつり		神楽坂中腹の商店軒先	ライン型 1.6g/min 消費電力0.75kW 対象面積50㎡	なごミスト設計有限会社
	名古屋市立大学病院	0	駅と病院を繋ぐ歩廊	ライン型 3.3ℓ/min 消費電力0.75kW 対象面積300㎡	なごミスト設計有限会社
	たばこ店「SMOKE」	0	店舗軒先	家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社
	個人住宅H邸(世田谷区)	0	縁側	家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社
	個人住宅用家庭用ドライミスト販売件数 全国38件			家庭用ドライミスト(噴霧量100ml/min 消費電力75w)	なごミスト設計有限会社

#### なごミストの年間使用時間

○対象時間:2006年(並夏)及び2008年(暑夏)の7月から9月の3ヶ月間 各日朝8時~夜8時までの12h/日

表1.2006年及び2008年 ミスト噴霧可能時間数

2006年(7月~9月)	時間(h)	割合(%)	条件
総時間数	1196	100	
ミスト必要時間数	396	33	気温28℃以上
ミスト可能時間数	354	89	
ミスト不可時間数	42	11	相対湿度70%以上

2008年(7月~9月)	時間(h)	割合(%)	条件
総時間数	1196	100	
ミスト必要時間数	561	47	気温28℃以上
ミスト可能時間数	498	89	
ミスト不可時間数	63	11	相対湿度70%以上

2年間分(7月-9月)温湿度ヒストグラム

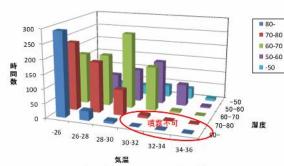


表2. 2年間のミスト噴霧可能時間数

2006年と2008年	時間(h)	割合(%)	条件
総時間数	2392	100	
ミスト必要時間数	957	40	気温28℃以上
ミスト可能時間数	852	89	
ミスト不可時間数	105	11	相対湿度70%以上

※2006年(並夏)と2008年(暑夏)の7月から9月の3ヶ月間で気温28℃を超える時間数は957時間、そのうち857時間はミストが噴霧できる環境条件である。

