

CFDによる家庭用ドライミストの室温降下に関する研究

辻本研究室

4105058 千葉 周平

1. 研究背景・目的

現在、家庭での冷房使用における室外機の排熱がヒートアイランド現象の進行の一因となっている。そこで排熱を減少させるために、小型少水量の家庭用ドライミストが開発された。

本研究では数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics, 以下 CFD) を用いた解析計算と実測実験から CFD の整合性を確認し、実測実験で得た結果を基に、一般集合住宅の一居室に家庭用ドライミストを設置したときの室温降下の様子を CFD によって予測し、実際に設置する際の最適な設置条件への検討材料とする。

2. ドライミスト蒸散冷却効果の実測実験

2.1 実測実験の概要

2008年7月25日、9月2,3,5日に富士市内にある住宅メーカーにて実験が行われた。図-1のように室内には熱電対計60点(A~E点に各12点ずつ)、PMV計、アスマン乾湿球計、ベランダには家庭用ドライミストが設置され、実験はミストの角度・高さ、上り框からの距離、開口2の開閉を組み合わせる21通り行われた。

ミストによる室内の温度変化を知るために、噴霧の前後5分間も測定が行われた。噴霧時間は最大10分であり、床濡れを目視で確認次第噴霧が停止された。

2.2 実測実験結果の考察

行われた実験を再構成し、効果があったと思われる9通りの実験(表-1)を選んで、効果に影響があると判断される条件を選択した。実験1~9のA~E点の高さ150mm, 300mm, 600mm, 1200mm, 1800mmの5点における平均温度降下を表-2に示す。これを見ると、実験7, 8が高い効果を示している。

これより、噴霧位置が高いと粒子の飛距離が長くなり、より高い位置で蒸散することで冷気が広範囲に行き渡り、冷却効果が大きいのではないかと推測される。

3. CFD解析と実測結果との比較・検討

3.1 計算概要

富士での実測実験をもとに、家庭用ドライミスト蒸散冷却の数値モデル化を行い、実測結果との比較を行った。与条件として屋根面・壁面・床面・大気圧境界面はウェザーステーションで測定した温度、領域内初期条件はPMV計で測定した温度・相対湿度を与えた。解析には数値流体解析の汎用ソフトであるFluent6.3を用いた。解析条件を表-3に示す。乱流モデルは標準k-εモデルを採用した。解析では実測実験と同様に噴霧せずに5分間の計算を行った後、10分間ミストを噴霧し、更に5分間放置し、計20分間の計算を行った。

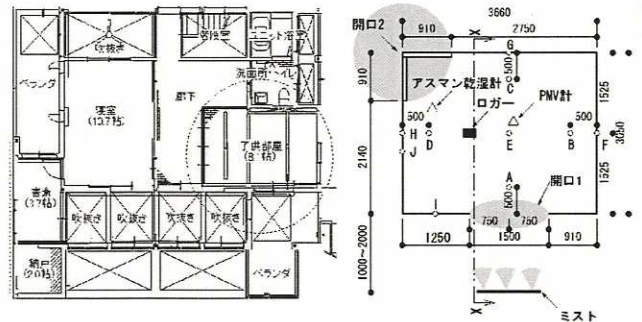


図-1 実験住宅2階平面¹⁾

表-1 実験条件¹⁾

実験番号	実験日	開口2	噴霧距離 (mm)	噴霧高さ (mm)	噴霧角度	噴霧時間
実験1	7月25日	開	1000	1200	0°	5分
実験2	7月25日	開	1000	1200	45°	7分
実験3	7月25日	開	1000	1200	90°	10分
実験4	7月25日	開	1000	1400	0°	5分
実験5	7月25日	開	1000	1400	45°	10分
実験6	7月25日	開	1000	1400	90°	10分
実験7	9月5日	開	1000	2100	0°	10分
実験8	9月5日	開	1000	2100	-45°	5分
実験9	9月5日	開	1000	2100	-90°	10分

表-2 各実験での温度降下

	ボール					
	A	B	C	D	E	5点平均
実験1	-1.90	-1.70	-1.50	-1.44	-1.74	-1.66
実験2	-1.10	-0.82	-0.94	-1.04	-1.08	-1.00
実験3	-2.18	-1.56	-1.56	-1.18	-1.82	-1.66
実験4	-1.56	-1.06	-1.12	-0.72	-1.16	-1.12
実験5	-1.52	-1.22	-1.28	-1.36	-1.38	-1.35
実験6	-1.12	-0.52	-0.42	-0.54	-0.70	-0.66
実験7	-3.30	-2.72	-2.62	-2.34	-2.96	-2.79
実験8	-2.68	-2.22	-2.52	-1.44	-2.62	-2.30
実験9	-1.20	-0.68	-1.16	-0.76	-0.80	-0.92

表-3 実測を模した数値計算の解析条件

噴霧条件	ノズル数	3個		
	噴霧圧力	4.8MPa		
	水温	26°C		
	ノズル口径	0.16mm		
ノズル位置	x=1.5m, y=2.8m, z=1.4m			
	x=2.0m, y=2.8m, z=1.4m x=2.5m, y=2.8m, z=1.4m			
噴霧方向	X軸正方向			
境界条件	壁厚	0.1m		
	壁表面温度	各実験とも流入空気温度(外気温)に同じ		
	熱伝達率	9W/m ²		
	初期温度	実験5:29.8°C	実験7:29.5°C	実験8:29.4°C
	pressure-outlet温度 mass-flow-inlet温度	実験5:29.3°C	実験7:28.1°C	実験8:28.5°C
mass-flow-inlet流量	0.0043kg/s			
流体条件	流体	no-slip		
	流入空気温度 流入空気湿度	実験5:29.3°C 実験5:81%RH	実験7:28.1°C 実験7:71%RH	実験8:28.5°C 実験8:71%RH

3.2 計算結果

室中央E点における各実験・解析の垂直温度降下を図-2に示す。実験5, 7, 8を比較すると、温度降下量は実験7が一番大きく、実験8, 5の順に小さくなっている。解析結果も概ね同様の傾向を示している。

また室中央に設置されたPMV計の位置における、解析と実験の温度変化をそれぞれ図-3, 4に示す。これらも図-2と同様の傾向を示しており、CFD解析にはある程

度の整合性があると考えられる。

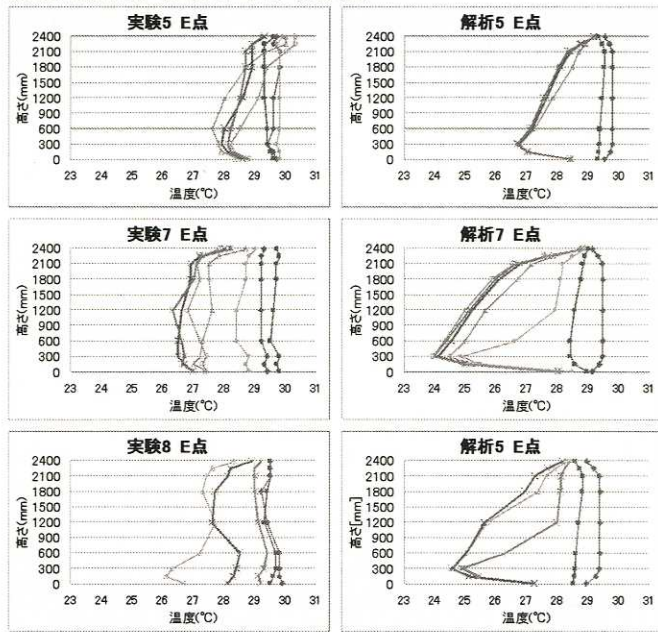


図-2 E点における垂直温度降下

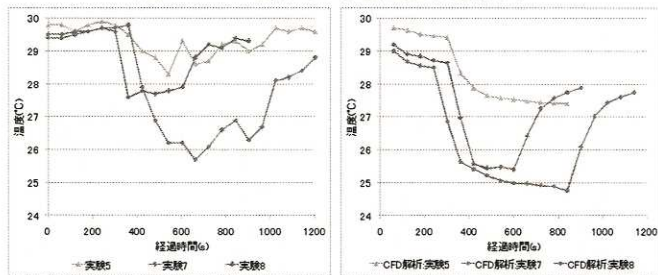


図-3 E点高さ1000mmにおける実験・解析の温度変化

4. CFD解析による家庭用ドライミストの冷却効果の検討

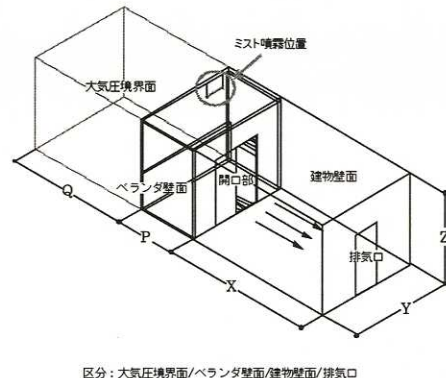
4.1 計算概要

都内集合住宅の一般的な間取りは、2LDK(50 m²)または3LDK(80 m²)であり、ベランダに面する居室は10畳~12畳程度の広さである。そこで図-3に示すような48 m²の居室を想定した計算空間を解析対象とし、居室に面するベランダ上部よりミストを噴霧する。また、ミストの蒸散は温度よりも湿度に依存することと実測実験においてより高い位置での噴霧の方に効果が出ていることよりケース(表-3)を設定した。

解析概要は3.1計算概要とほぼ同様であり、ミストを噴霧せずに1分間の計算を行った後、ミスト1分ON/OFFを計算6分後まで繰り返し(計3回・3分の噴霧)、その後5分間噴霧せずに計11分間の室内温度の挙動を計算した。

表-3 ケース一覧

case No.	噴霧角度(°)	流量(ml/min)	相対湿度(%)	質量分率	換気回数
case1	0°	100	40	0.0118	0.5回/h
case2	0°	100	60	0.0179	
case3	0°	100	80	0.0239	



区分: 大気圧境界面/ベランダ壁面/建物壁面/排気口

図-3 数値計算用モデルケース

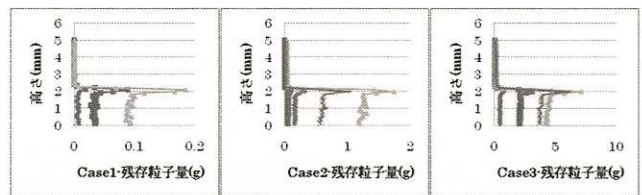


図-4 case1~3の残存粒子量

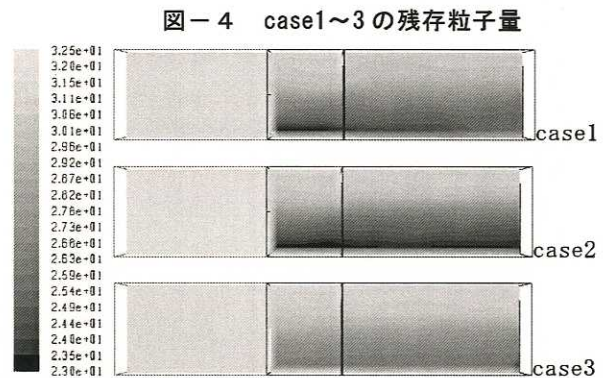


図-5 case1~3の噴霧終了1分後の温度カウンター図

4.2 計算結果

図-4に case1, 2, 3 の一定時間経過後の居室内の床面近傍の残存粒子量の高さ分布を示す。いずれの条件でも相対湿度が上がるにつれ、計算領域内のミスト粒子の残存量は増える結果となった。特に80%RHのケースでは噴霧終了5分後での総流量の約1/3の粒子が残存している。

図-5には case1~3 の噴霧終了1分後の温度カウンター図を示す。この図から相対湿度が高いほど温度降下が小さいことがわかる。

5. まとめ

本研究では実測実験とCFD解析との比較から、数値計算の整合性を確認することが出来た。よって計算によって得られた家庭用ドライミストの蒸散冷却効果の結果も、実際に近いものであろう。したがってこの結果を、家庭用ドライミストを設置する際の最適な設置方法への検討材料とすることが出来ると考えられる。

脚注

1) 紅谷真司 「実験住宅における最適な家庭用ドライミストの噴霧条件について」 辻本研卒業論文 2009