

512 雪ミスト冷房に関する基礎研究

～冷涼感の評価～

Basic Study on Air-Conditioning by Spraying Cold Water made from Snow -Evaluation of its coolness-

○ 下田 慎 (室工大・院) 正 媚山 政良 (室工大)
山森 英明 (室工大) 榎 清 (元室工大)
荻沢 史晃 (室工大)

SHIMODA Makoto, Muroran Institute of Technology, 27-11 Mizumoto, Muroran
KOBAYAMA Masayoshi, do.
YAMAMORI Hideaki, do.
ENOKI Kiyoshi, do.
OGISAWA Fumiaki, do.

Key Words: Mist, Snow, Temperature, Relative humidity, coolness

1. 緒言

近年,都心部ではヒートアイランド現象が問題となっている.その主な原因は,建物の空調設備や自動車からの人口排熱,太陽光によるアスファルトやコンクリートへの蓄熱,自然環境の減少などが上げられる.

ヒートアイランド現象の対策として,本研究室では雪ミスト冷房(仮称)の研究を進めている.雪を雪氷冷熱エネルギーとして考え,雪解け水を使用した雪ミスト冷房は,以前からある噴霧冷房(なごミスト¹⁾)の前進的な技術である.冷水を噴霧することから得られる冷涼感の評価が本研究の目的である.

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

実験装置の概略図を Fig.1 に示す.実験装置内壁に厚さ 100mm の断熱材($\lambda=0.037\text{W/mK}$)を張り,実験装置壁面に $500\times 500\text{mm}^2$ の換気用窓を対面に設置してある.また,自作のサイクロン²⁾により,ミストを除去した実験装置中心温湿度の測定を試みた.サイクロンの概略図を Fig.2 に示す.

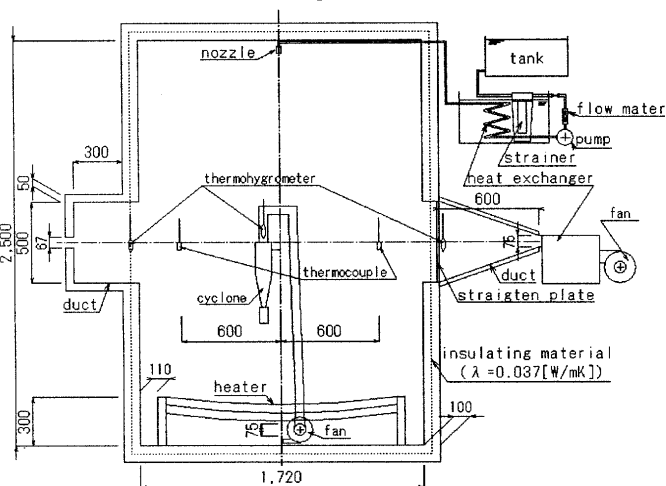


Fig.1 Outline of experimental apparatus

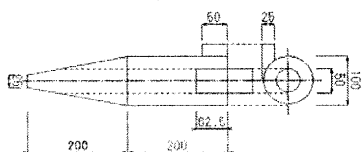


Fig.2 Outline of cyclone

2.2 実験方法

換気用に使用する熱風発生機は,送風温度 30℃,送風量

$0.0246\text{m}^3/\text{s}$ で常に送風させる.実験装置下部に設置したヒーターとサイクロン用送風機の熱負荷から,定常状態での実験装置出口温度が 35℃(熱負荷 0.19kW),40℃(0.37kW),45℃(0.59kW)の 3 通りになるようにヒーターの熱量を調節した.また,噴霧水は圧力 6MPa,流量 3L/h で温度は 5℃,25℃の 2 通りとした.よって,実験条件は計 6 通りである.

実験手順について以下に示す.

- 1) 実験装置内をヒーターと熱風発生機により,50℃まで加熱する.
- 2) サイクロン用送風機とヒーターによって,熱負荷を目的の実験条件に調節し,実験装置内温湿度が定常状態になるまで加熱する.
- 3) 定常状態になったところで,噴霧水圧力,温度を実験条件に合わせ,実験装置内温度,実験装置出入り口,中央温湿度の測定を開始する.5 分間隔の間欠噴霧を 1 時間続ける.
- 4) 実験装置出口温湿度に変化が見られなくなった時点で測定を終了する.

3. 実験結果および考察

3.1 間欠噴霧中における実験装置中心温湿度の変化

Fig.3 に出口温度 35℃(0.19kW)の条件における,実験装置中心温湿度の変化を示す.

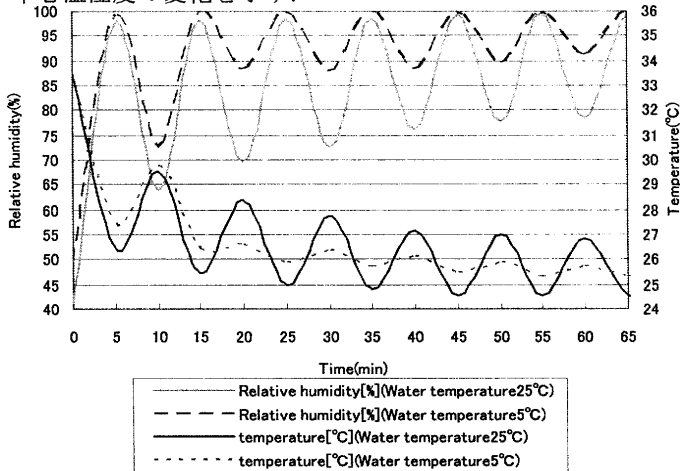


Fig.3 Temperature and Relative humidity

Fig.3 から実験装置中心温湿度の変化幅は噴霧水温度 5℃の条件の方が噴霧水温度 25℃の条件よりも少ないことが確認された.これは,熱負荷に対してミストの除去熱量の割合が大きい条件では,噴霧水温度が低い方が,ミストの顕熱交換

の割合が大きくなり、蒸発しにくいため実験装置内空気の温湿度の変化が遅くなると考えられる。

他の条件では噴霧水温度の違いによる、実験装置中央湿度の変化幅の違いは殆ど見られなかった。

3.2 出口温度(熱負荷)の違いと実験装置出口温湿度の変化

Fig.4 は噴霧水温度 5°C の条件における、出口温度 35°C (0.19kW),45°C(0.59kW)の実験装置出口温湿度の変化を実験時間 1 時間までは 5 分ごとに、それ以降は 10 分ごとに測定開始から終了までプロットした空気線図である。

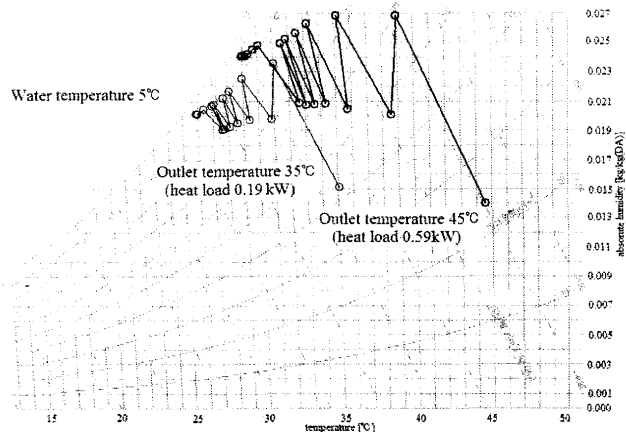


Fig.4 Psychrometric diagram

Fig.4 から、どちらの条件も噴霧中の実験装置出口空気は空気線図上で等比容積変化しているのがわかる。比容積は(1)式のように表すことができる³⁾。ここで、実験装置内空気の全圧力は、噴霧しているミスの量が実験装置の容積、換気用送風量に対して小さいことから標準気圧と同じであると考えられる。したがって、(1)式から絶対湿度と乾球温度が逆数の関係を保って変化、すなわちミスが蒸発したことによる潜熱変化量が、実験装置内空気の顕熱変化量と等しいことを示している。

噴霧を止めると、実験装置内のミスが熱負荷と換気によって蒸発し、間欠噴霧を続けることで蒸発しづらい環境となり実験装置出口温湿度は定常状態になると考えられる。

$$v = 4.555 \times 10^{-3} \times (0.622 + x) T P_0 / P \quad \dots(1)$$

v : 比容積[m³/kg(DA)] x : 絶対湿度[kg/kg(DA)]
 T : 乾球温度[K] P_0 : 空気的全圧力[mmHg]
 P : 標準気圧[mmHg]

3.3 実験装置内の熱収支

噴霧水温度 25°C の条件において実験装置出口温湿度に変化が見られなくなった時点の熱収支を Fig.5 に示す。実験装置の熱収支を計算するために用いた式を以下に示す。

$$Q_{Total} = Q_{mist} + Q_{air} + Q_{wall} \quad \dots(2)$$

$$Q_{mist} + Q_{air} = (h_{out} - h_{in}) \rho V - Q_{airloss} \quad \dots(3)$$

$$Q_{airloss} = (h_{in} - h_{in}') \rho V \quad \dots(4)$$

$$Q_{air} = (h_{out}' - h_{in}') \rho V \quad \dots(5)$$

Q_{Total} : 全熱量[kW]
 Q_{mist} : ミスによる除去熱量[kW]
 Q_{air} : 換気による熱量[kW]
 Q_{wall} : 実験装置内壁から逃げる熱量[kW]
 $Q_{airloss}$: 噴霧前後の実験装置入り口のエンタルピー差[kW]
 ρ : 空気の密度[kg/m³]
 V : 換気用送風量[m³/s]
 h_{in} : 噴霧後の実験装置入り口のエンタルピー[kj/kg(DA)]
 h_{out} : 噴霧後の実験装置出口のエンタルピー[kj/kg(DA)]
 h_{in}' : 噴霧前の実験装置入り口のエンタルピー[kj/kg(DA)]
 h_{out}' : 噴霧前の実験装置出口のエンタルピー[kj/kg(DA)]

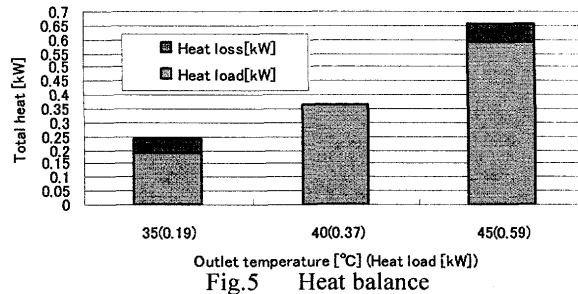


Fig.5 Heat balance

Fig.5 より、熱負荷と全熱量はほぼ等しいことから、実験装置内の熱収支がとれていると考えられる。完全に一致しない原因として以下のことが考えられる。

実験装置中心、出口温湿度を測定するための温湿度計が高湿度対応型であり、センサ部分が発熱する。その発熱量が測定不可能であるため熱収支が一致しないと考えられる。他に、実験装置内外壁の表面温度は全部で 8 ヶ所、熱電対を用いて測定しているが、表面温度にばらつきがあるため正確に測定できていないことが考えられる。

3.4 噴霧水温度の違いと実験装置中心、出口温湿度の関係

Table.1 に実験装置出口温湿度に変化がなくなった時点における、噴霧水温度の違いと実験装置中央、出口温湿度の関係をそれぞれの条件について示す。

Table.1 Temperature and Relative humidity

		Water temperature 25°C			Water temperature 5°C		
Outlet temp[°C]		35	40	45	35	40	45
Heat load[kW]		0.19	0.37	0.59	0.19	0.37	0.59
Center	temperature[°C]	24.3	25.7	26.4	24.8	25.3	27.6
	humidity[%]	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
Outlet	temperature[°C]	25.3	26.95	27.7	25.9	26.4	29
	humidity[%]	95.55	94.7	94.95	94.95	94.15	94.1

Table.1 から、実験装置中央湿度は全ての条件において、飽和状態を示している。出口温度 40°C(0.37kW)の条件以外、噴霧水温度 25°C の条件の方が噴霧水温度 5°C の条件より、実験装置中心温度が低いことが分かる。噴霧水温度 5°C で、出口温度が 35°C(0.19kW),45°C(0.59kW)の条件の時、換気空気の絶対湿度が他の実験条件より高かったため、このような結果が得られたと考えられる。

しかし、出口温度 40°C(0.37kW)の条件における、実験装置中央温度を見ると、噴霧水温度 5°C の条件の方が噴霧水温度 25°C の条件と比べて、約 0.4°C 低いことが分かる。これは、換気空気の絶対湿度が同じ状態で噴霧すると、飽和状態になった時に噴霧水の顕熱差が実験装置中央温度をより冷却したと考えられる。これは実験装置出口温湿度にも影響を及ぼしていると考えられる。

4. 結言

1. 熱負荷に対して、ミスが除去する熱量の割合が大きくなるほど、冷水を噴霧することで実験装置内温湿度の変化幅を小さくすることができると考えられる。
2. 噴霧水温度を下げるほど、ノズル真下の乾球温度をより低くすることができると考えられる。

参考文献

- 1) 辻本 誠：ミスの蒸散効果を利用したヒートアイランド対策 - そのコンセプトと初歩的検討 - 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表論文集第 4 号,(2003)
- 2) 原田幸夫 他：小型サイクロンの圧力損失に関する一実験式について、昭和 30 年、日本機械学会論文集,21 巻 105 号(第 3 部),(1980),pp367-373
- 3) 媚山 政良：「利雪工学特論」 - 雪利用の基礎と実践 -, (2003),p79