

311 落下冷水による大空間の冷房に関する研究 空間内熱負荷と冷水流量の関係について

Study on the dropping water type air conditioning
the effect of between heat load and water flow rate

○学 高橋 章太郎 (室工大・院) 正 媚山 政良 (室工大)
正 榎 清 (室工大) 学 下田 慎 (室工大)

TAKAHASHI Shoutaro, Muroran Institute of Technology, 27-11 Mizumoto, Muroran
KOBIYAMA Masayoshi, do.
ENOKI Kiyoshi, do.
SHIMODA Makoto, do.

Key Words: Snow, Dropping water, Vast space, Atrium, Cooler, Dehumidification

1. 緒言

1 トンの雪は石油換算で約 10.8 リッターに相当する冷熱エネルギーを有し、さらに雪 1 トンあたり約 30kg の二酸化炭素排出量を抑制できる¹⁾。

この雪の冷熱エネルギーを有効活用できれば地球環境負荷の低減に貢献できると考えられる。

本研究ではこの雪を用いた冷房システムの 1 つとして落下冷水冷房を提案している²⁾。本冷房システムは空間上部の一部分よりシャワー状に雪解け水を落下させ、空間内を冷却除湿するシステムであり、これにより空間内空気の比エンタルピーの低下に寄与するものと期待される。本報告では熱負荷と冷水流量が空間内の温湿度に及ぼす影響を実験的に調べた。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概略図を Fig.1 に示す。

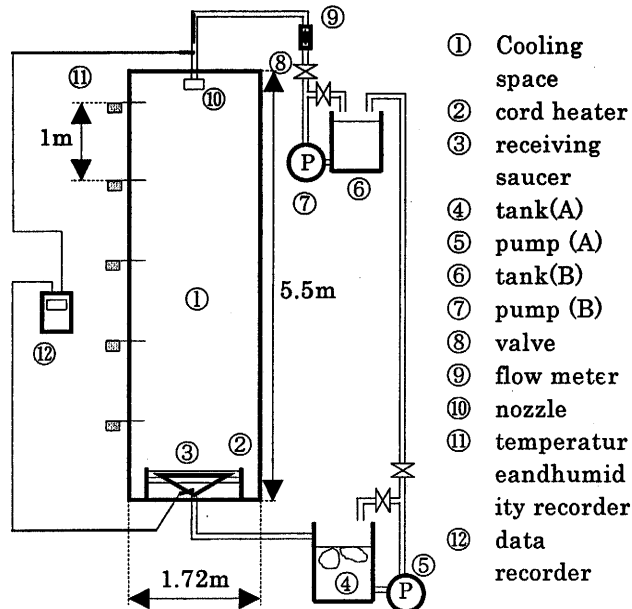


Fig.1 Diagrammatic illustration of experimental apparatus

下部のヒーターは実際のアトリウムの熱負荷を模して 1kW から 3kW まで調整が可能になっている。

冷水の入口温度は雪解け水の使用を想定しているので約 0°C に近くなるようにした。

実験手順は次の通りである。

- 1) 空間内をコードヒーターで暖め 60°C まで上がった所でヒーターを止め 50°C にする。

- 2) 空間内温度が約 50°C になったら実験条件に合わせた熱負荷をかけ、流量を調整し流水温度と空間内温度湿度の測定を開始する。
- 3) 空間内温度、湿度に時間的变化がなくなったときに測定を終了する。

3. 実験結果および考察

3-1. 空間内空気状態の遷移

実験条件 15L/min, 熱負荷 1kW 時における空間内温度の時間的变化を Fig.3-1-1 に、湿度の時間的变化を Fig.3-1-2 に示す。また熱負荷 1kW 時の各流量における空気線図を Fig.3-1-3 に示す。

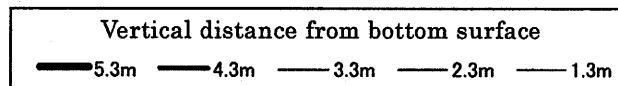
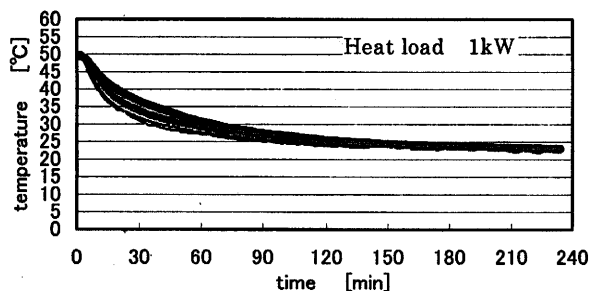


Fig.3-1-1 air temperature

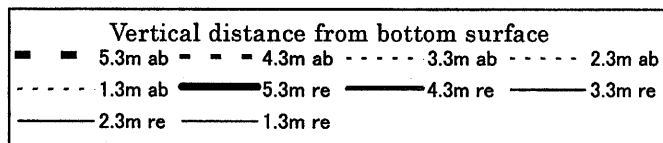
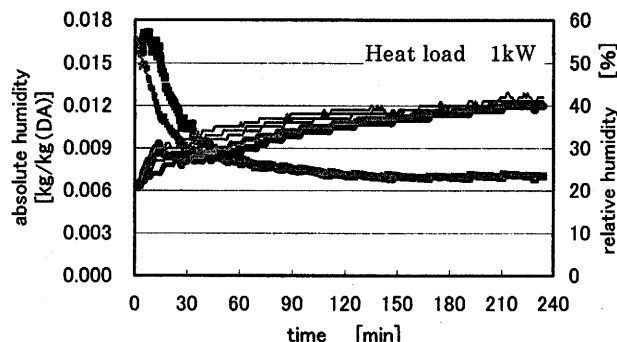


Fig.3-1-2 relative and absolute humidity

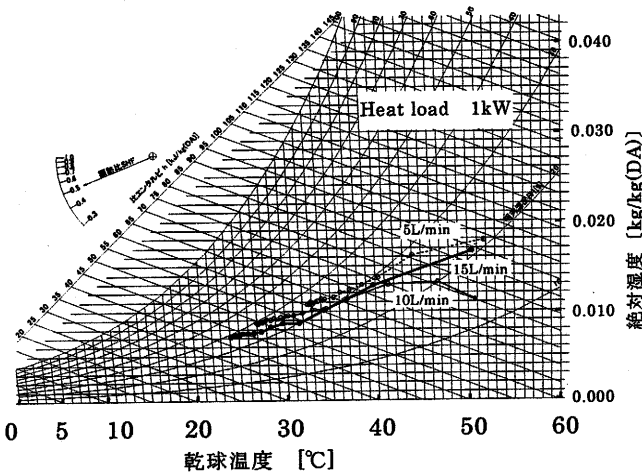


Fig.3-1-3 Psychrometric chart

これら3つの図より、実験開始直後は空間内が急激に冷却減湿のされた状態となる。これは冷水の温度と空間内の温度には大きな差があり冷水と空気の間での顕熱交換が活発に行なわれ、また冷水を飽和状態の空気と考えると冷水の飽和水蒸気分圧よりも空気の水蒸気分圧の方が高いので冷水表面に水蒸気が凝縮されるため比エンタルピは減少する。この状態が続く、ヒーターより供給される熱量と、壁を通し外部へ流出する熱量と冷水の吸収する熱量が等しくなると定常状態となる。この傾向はどの実験条件においてもほぼ同様であった。

3-2. 熱負荷による温度と湿度の違い

十分に時間が経ち定常状態に達した時の各熱負荷と温度と絶対湿度の関係を図Fig.3-2-1, Fig.3-2-2に示す。ここで熱負荷が3kW、流量5L/min、10L/min時における温度、絶対湿度がプロットされていないがこれは、この2つの実験条件においては実験開始時に温度が上昇し冷却できなかったためであり、データとして記載しなかった。また次の吸収熱量についても同様である。

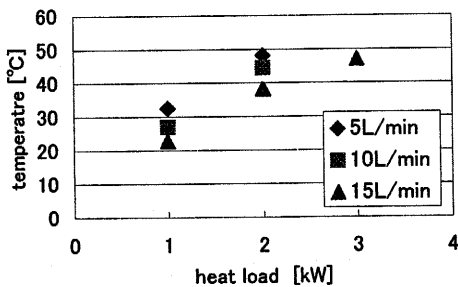


Fig.3-2-1 temperature by changing heat load

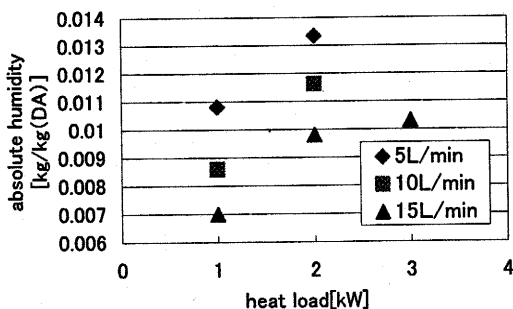


Fig.3-2-2 absolute humidity by changing heat load

図より熱負荷が小さいほど、また流量が多いほど空間内温度、絶対湿度を低くすることができる。これは流量が多くなるにつれ落下する水滴の径が大きくなり水滴の落下速度が速くなる。そのため熱伝達率が高くなり空気と冷水の顕熱交換が活発になり空気の温度を低くできるものと考えられる。さらに熱伝達率は高くなるが径が大きいため水滴そのものの温度は上がりにくいので空気の水蒸気分圧と冷水の飽和水蒸気分圧の差が大きくなり絶対湿度が低くなったものと考えられる。

また熱負荷が大きいほど落下直後から空気と冷水の顕熱交換が活発に行われるが、空間下部に行くにつれ水温が高まり顕熱交換されにくくなり空間内温度が高くなったと考えられる。それと同時に水温が高まり空気の水蒸気分圧と冷水の飽和水蒸気分圧の差が小さく絶対湿度が高くなったと考えられる。

3-3. 熱負荷による冷水の吸収熱量の違い

定常状態に達した時の各熱負荷と冷水の吸収熱量の関係を Fig.3-3-1 に示す。

$$\text{吸収熱量 } Q = c_w \rho V (T_{out} - T_{in}) \dots (1)$$

Q : 冷水の吸収熱量 [W] c_w : 水の比熱 [J/kg · K]
 ρ : 水の密度 [kg/m³] V : 冷水の流量 [m³/s]
 T_{out} : 冷水出口温度 [K] T_{in} : 冷水入口温度 [K]

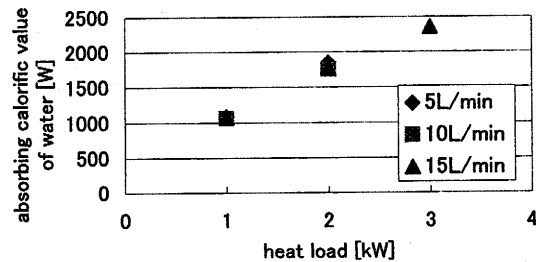


Fig.3-3-1 absorbing calorific value of water by changing heat load

この図より熱負荷により吸収熱量も変化するが定常状態においては流量を変化させても吸収熱量はほとんど変わらないことが分かる。また負荷が高くなるにつれ熱負荷と吸収熱量の間の差が大きくなっていることも分かる。

この差は装置外部への放熱が原因と考えられる。実際、装置壁面付近内外の空気の流れを自然対流と考え、外部放熱量を算出した結果、吸収熱量と外部放熱量の和と熱負荷がほぼ等しくなった。本装置では外部へ放熱される熱量を考慮し熱収支を考えなければいけない。

4. 結言

本研究より以下の結果が得られた。

- ・ 熱負荷が低いほど、流量が多いほど空間内温度、絶対湿度を低くする事ができる。
- ・ 流量、熱負荷が変化すると空気線図上での軌跡も変化していく。
- ・ 本装置において流量 5L/min, 10L/min 時では熱負荷が 3kW(1014W/m²)の空間の冷房には適さない。

5. 参考文献

- 1) 媚山政良 利雪工学特論 2003年 pp15-16
- 2) 佐藤孝信 「落下冷水による大空間の冷房の可能性に関する研究」日本雪工学会誌 20 巻 2 号 2004年 pp130-136