

微細水ミストによる気温低下量に関する実験的研究
 -密閉ボックスを用いた日射影響の検討-

1073325 高崎 綾太 1073440 森 洋樹
 指導教員 成田 健一

1. 研究目的 微細水ミストは、微粒子化した水を人工的に発生させることで水分蒸発を引き起こし、周囲の気温を低下させる効果があると報告されている。しかし、主に温度計を用いた測定では、水滴が温度計に付着し結果的に湿球温度の測定を行っていることが予想された。一方、超音波風速温度計は音速の気温依存性を利用しているため、水滴の影響を受けずに乾球温度を計測できる。

昨年度は、この超音波風速温度計を利用し、これまでの方法では、気温低下量を過大評価していることがわかった。今年度は、日射が微細水ミストの蒸発に与える影響を検討するため、透過率を考慮したガラスボックス(2000×1000×1000 mm)を用いて日射有無の比較実験を試みた。

2. 実験概要 屋外で測定を行う場合、風の影響を避けることは難しいため、ガラスボックスを用いて実験を行った。できるだけ密閉された状態での変化を調べるため、ガラスの接合部にはゴムホースを使用し気密性を維持した。噴霧実験時のボックス内の測器の配置を図 1 に示す。ガラスの表面温度を計測するため、0.3 mm の T 熱電対を外側に貼り付けた。噴霧実験当初は E 熱電対を 1 個だけ使用していたが、ボックス内が均一であるか不明確であった。そのため、ノズル近辺に E 熱電対を追加し、気温変化がボックス全体一様であるか検討した。密閉されたボックスの実験では急激な湿度上昇が起こるため、超音波風速温度計による気温測定において水蒸気補正を無視できない。そこで、絶対湿度の測定に赤外吸収湿度計を使用し、超音波風速温度計と併せて設置した。超音波風速温度計は大気の水蒸気の影響を含んだ音仮温度を測定するため、この音仮温度から水蒸気補正をして気温を算出する。補正後の気温と補正前の気温を比較したものと補正式を図 2 に示す。そして、噴霧した微細水ミストがボックス内で写真 1 の矢印が示すように拡散するようファンを設置し、ノズルを傾け斜めに噴霧するよう設置した。

実験プロセスを図 3 に示す。密閉してから気温、湿度が安定するまでおよそ 30 分間要した。そして、噴霧してから 20 分間の検討は噴霧してから気温の回復が見られる時間であったためである。噴霧時間については、実験当初は湿度が 70% で噴霧を停止していたが、噴霧時間がバラバラで比較することができなかったため、噴霧してから湿度がおよそ 70% になる 1 分 30 秒間で統一した。蒸発が日射によって行われたか明確にするため、様々な日射量の条件で実験を行った。それに加え、遮熱シートを用いて人為的に日射遮蔽する実験も行った。その場合には、遮熱シートを噴霧 5 分前に被せた。噴霧量は、ノズルにビニール袋をかぶせ噴霧し、電子天秤にて測定した。噴霧量は、1 分 30 秒間で平均 97.88g であった。

3. 測定結果・考察 日射有と日射遮蔽の比較を図 4.5 に示す。この二つのケースは噴霧前の相対湿度がほぼ同一である。図 4.5 の下図に示す矢印 A は噴霧前と噴霧後の絶対湿度の増加量 $\Delta x [g/m^3]$ を示すものである。これにボックスの容積をかけたものが増加した水蒸気増加量で、日射有 $9.56g/m^3 \times 2 m^3 = 19g$ 、日射遮蔽 $7.62g/m^3 \times 2 m^3 = 15g$ と、日射

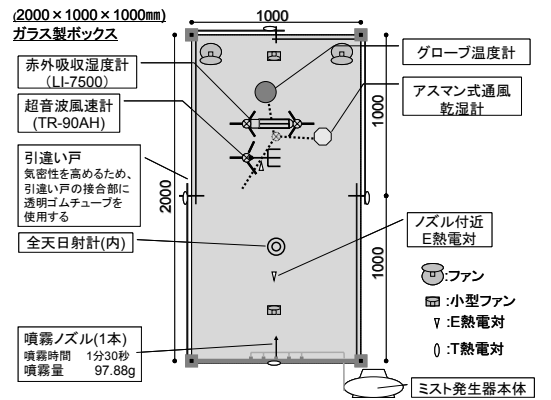


図 1 ボックス内の配置図

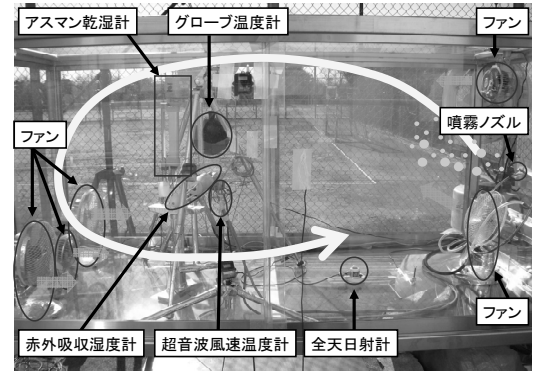


写真 1 横から見た実験ボックス

ボックス内の超音波温度の補正前後の比較【日射有】

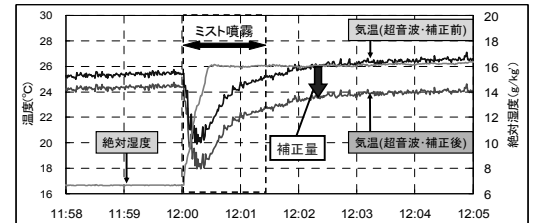


図 2 超音波気温の補正前後の比較と補正式

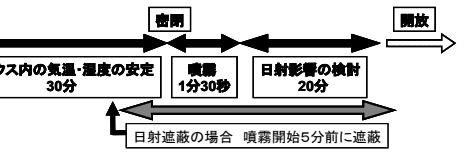


図 3 実験プロセス

有のほうが蒸発していた。また噴霧量およそ 100g に対しておよそ 2 割蒸発し、残りの 8 割が水滴となってボックスに付着した結果であった。このことは、他の実験ケースでも同じことが言える。下図の矢印 B は気温低下量 Δt [°C] で、噴霧直前の気温と気温低下した最小値との差である。

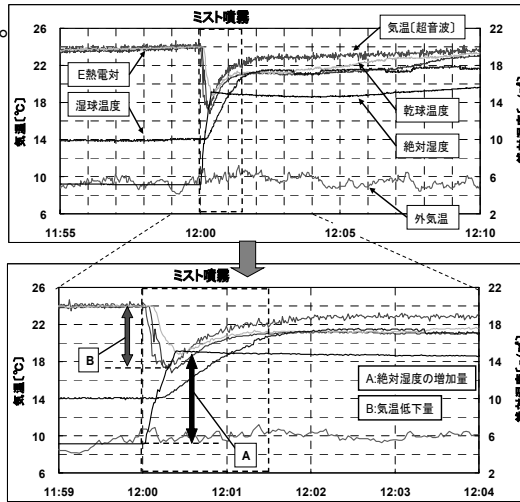


図 4 ボックス内の超音波気温・熱電対温度・絶対湿度 日射有 (下図は上図の噴霧時詳細図)

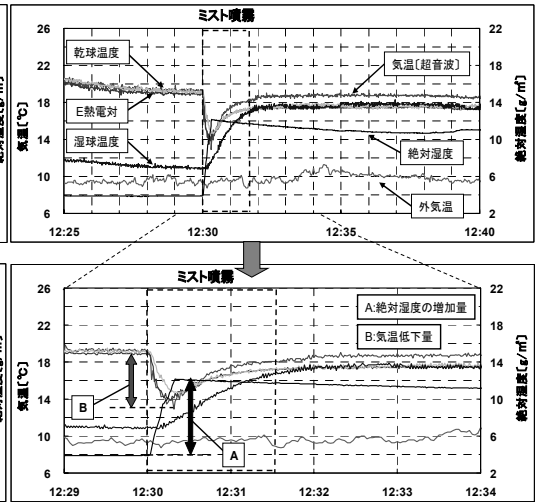


図 5 ボックス内の超音波気温・熱電対温度・絶対湿度 日射遮蔽 (下図は上図の噴霧時詳細図)

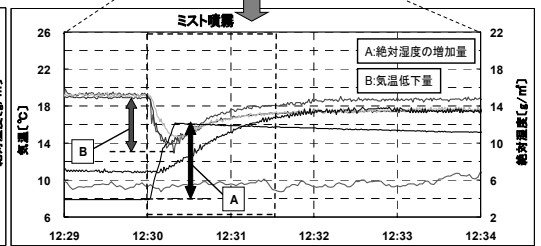
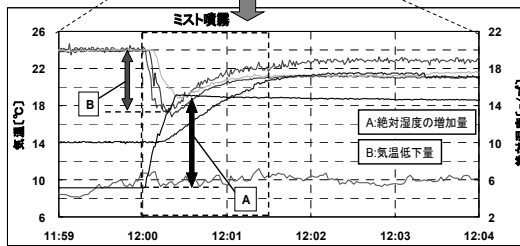


図 6 に絶対湿度の増加量 Δx [g/m³] に対する気温低下量 Δt [°C] の比率と日射量の関係を示す。もし、日射が影響していないとすれば $-\Delta t / \Delta x$ [°C/(g/m³)] の値が一定値になるはずである。しかし、結果は右下がりになっていることから、微細水ミストの蒸発に日射エネルギーが影響している可能性が示唆された。一方、日射を完全に遮蔽した場合、 $-\Delta t / \Delta x$ [°C/(g/m³)] の値は日射有との関係性が見られなかった。これは日射有無の比較実験のため、日射以外の実験環境は同一であると仮定したが、遮熱シートを被せることにより、実験環境に違いが起きてしまった可能性があると考えられる。

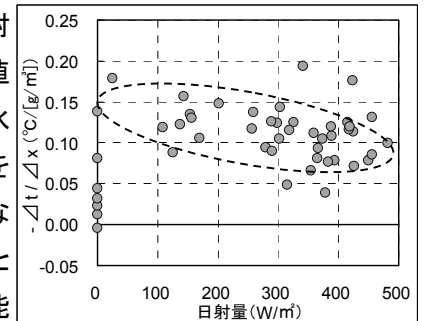


図 6 気温低下量 Δt ・絶対湿度の増加量 Δx の比率と日射量の関係

次に、日射エネルギーが蒸発にどの程度影響を与えているか確かめるため、ボックス内の熱収支を考察した。図 7 に、噴霧した微細水ミストの蒸発に必要な熱量 Q_x [J] と、ボックス内の気温が低下したときに失った熱量 Q_t [J] との差と、日射量の関係を示す。熱量 Q_x は絶対湿度の増加量 Δx [g/m³] に気化熱 L [J/g]、容積 V [m³] をかけた値である。そして、熱量 Q_t は気温低下量 Δt [°C] に容積比熱 $C_p \rho$ [J/m³ K]、容積 V [m³] をかけて求めることができる。日射量は、噴霧してから気温が安定するまでの 2 分間の平均値である。もし、日射量がないときに $Q_x - Q_t$ が 0 kJ になり、 $Q_x - Q_t$ が日射量に比例するような関係になれば、日射の熱量が蒸発に必要な熱量 Q_x に影響している可能性があると考えられる。図 7 の直線 A は日射が当たる面積 (およそ 2 m²) における 10 秒間の日射量を熱量に換算した値である。実験値は直線 A に近い傾きを持った関係であることから、日射の熱量が、蒸発に必要な熱量 Q_x に影響している可能性がある。しかし、日射量がないとき、およそ 20 kJ と日射以外の熱量が、蒸発に寄与している可能性がある。

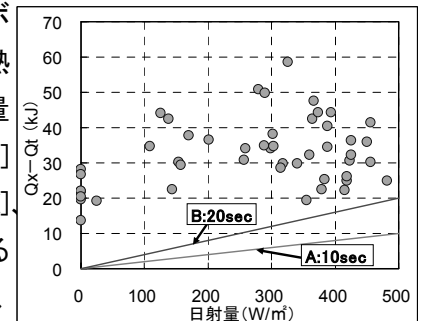


図 7 熱量 $Q_x - Q_t$ と日射量の関係

ひとつの可能性として、ガラスの表面から熱量を奪っていると考え、ガラスの表面温度とボックス内の気温との関係を検討した。その結果、ボックス内の気温より低い値であったことから、ガラス表面からの熱量が蒸発に影響しているとは言い難い。残る可能性として、ボックス内に設置した測器等による蓄熱が影響している可能性が高いと言えるが、今回の実験では確認できなかった。

4. まとめ 今回の実験で熱収支的には未知の項が残ったが、日射の熱量が蒸発に影響している可能性がある。しかし、熱収支の誤差要因として測器等の蓄熱が蒸発に影響している可能性が高いと考える。そのため、測器等の蓄熱を軽減させる工夫が必要である。また、噴霧量の 8 割が水滴となって残ってしまったことから、実験精度を向上させるには噴霧量をさらに減らし、微細水ミストを短時間で一様に拡散できるよう改良することが望ましいと考えられる。