

ミストシャワーの効率的な活用法 III

～気温と湿度の、効果への影響～

静岡市立清水第八中学校
3年 飯塚 颯

1 動機

アサガオのしぼむ時刻の研究のため、気温を下げるのに氷よりも霧吹きを噴霧して気化熱を利用する方が効果的だった。園芸用や観光施設などでミストシャワーを使っている所が増えているが、その冷却効果の程度や、どのくらいの範囲に効果があるのか調べてきた。

2 研究の目的

ミストシャワーを園芸用や実験用だけでなく、冷房をあまり使わずに暑さを乗り切るために多くの人に使ってもらいたいと考えている。観光施設などでミストシャワーが使われているが、必要以上に噴霧している可能性もあるので、ミストシャワーの効果が及ぶ範囲や効果の持続時間を調べ、効率よく活用する方法を探りたい。また、濡れない微粒子ミストシャワーとの冷却効果の比較をし、それぞれに適した活用方法を提案する。



三島スカイウオーク
入場ゲート付近

3 ミストシャワーの効果の調査

- (1) 調査1-1 ミストシャワーを使うとどのくらい気温が下がるのか
- 調査1-2 気温によってミストシャワーの効果に違いはあるのか

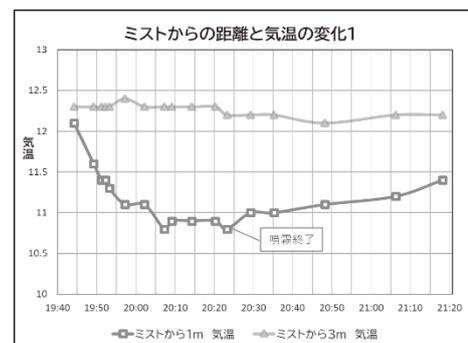
① 方法と内容

ミストの真下(温湿度計には直接かからない場所)と、1.5mの場所で噴霧前、噴霧中、噴霧後等の気温を計測。

② 結果と考察

涼しくなったと感じる -3°C 程度の効果はあると予想したが、15回ほどの実験では、噴霧前と後では $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ くらいの差が生じていた。 -7°C の差は、気温 37.1°C の特に暑い時間帯に記録していた。暑くてミストが気化しやすい状態であったことから、「気温が高い時の方が、ミストシャワーによる気温の下がり幅が大きくなる」(仮説1)と考えた。その検証として、 $37^{\circ}\text{C}\sim 11^{\circ}\text{C}$ の時の下がり幅を比較してみたが、ほとんどが仮説どおりのデータだった。仮説から外れるデータには湿度の違いが影響していると考え、調査2を行った。風の影響でうまく計測できず何日間も試みたが、思うようなデータがとれなかったため、風を遮れる車庫内での実験を試みた。(調査1-1, 2屋内実験)

また、最大効果(最も低い気温)には噴霧開始から20分以内で到達することもわかった。



- (2) 調査2 湿度によってミストシャワーの効果に違いはあるのか

① 方法と内容

調査1と同時に湿度のデータも取り、湿度が高い時と低い時の効果を比較する。

※気化熱で気温が下がるので、気化しにくい湿度の時の効果を知りたい。

② 結果と考察

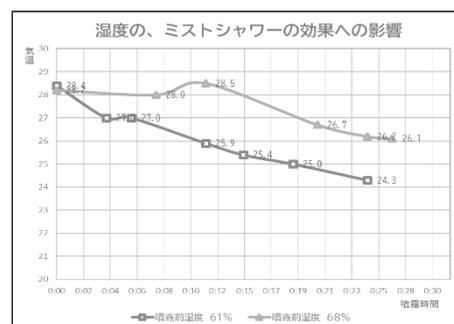
ミストシャワーの効果と気温との関係

	A 1	A 2	B	C	D	E	F	G	H
周辺の気温	37.1	34.4	33.7	30.8	28.8	28.4	24.4	12.2	11.7
ミスト中の気温	30.4	29.0	28.8	27.7	25.3	24.9	21.5	10.8	10.9
下がり幅	6.7	5.4	4.9	3.1	3.5	3.5	2.9	1.4	0.8
ミスト前の湿度	50	55	56	64	68	61	64	70	68
ミスト中の湿度	71	77	65	75	81	75	72	90	77

上の表のC～Eは気温に着目した仮説1から少し外れるデータだったので、湿度のデータを加えて考察し直してみると、湿度の影響が認められた。ミストは湿度が低い方が蒸発しやすくなるが、Dの場合は快晴であったことも蒸発を速めるのに関係したと考えられる。

上記の調査結果から、「同じ気温ならば湿度が低い方が気温の下がり幅が大きくなる」(仮説2)と考え、近い気温で湿度が違うデータを比較した。

予想通り、湿度の低い日の方が噴霧後の気温が低くなっていた。噴霧直後から差が生じ、気温の動きが安定してからも2℃近い差が続いていることも左のグラフで確かめられた。このデータは仮説2を立証しているが、気化しにくい湿度での活用方法を見つけたい。



(3) 調査3 ミストシャワーの効果はどこまで及ぶのか

① 方法と内容

範囲：ミストシャワーの下と、その周辺の気温を計測。

時間：ミストシャワー噴霧後の気温の変化を計測。

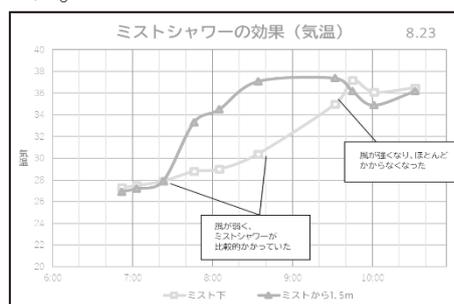
目指す気温を保つための噴霧時間と間隔を見つける。

② 結果と考察

屋外では風の影響で範囲の計測ができなかった。屋内の実験では、ミストの真下から1mと3mの位置で、噴霧中と噴霧後の気温と湿度が計測できた。1m地点で気温の下降が止まった20分後以降も、しばらく噴霧し続けたが、3m地点では気温・湿度ともに変化は見られなかった。



冷却効果の持続時間については、冬の実験では噴霧後60分経っても元の気温には戻らなかったが、夏は30分程度で噴霧前に近い気温まで戻ることがわかった。また、湿度についても、冬は噴霧終了直後から急激に下がり始めたが60分経っても元の湿度には戻らなかった。夏の実験では噴霧終了後、緩やかに湿度が下がり始めるが、冬と同じく元の湿度には戻らなかった。



これらの調査から次のように、ミストシャワーは気温によって冷却効果が異なることや、効果の及ぶ範囲が明らかになった。

4 調査1～3を通しての考察

調査1-1・2、調査2 (気温と湿度の効果への影響の調査) から

- ・ 気温が高い時の方が、ミストシャワーによる気温の下がり方が大きくなる
- ・ 噴霧から20分以内に最も低い気温(最大効果)になる
- ・ 同じ気温なら湿度が低い方が気温の下がり幅が大きくなる (天候が関係することもある)

調査3（風の影響を受けない条件下での効果の及ぶ範囲、効果の持続時間の調査）から

- ・ミストシャワーの冷却効果は半径1 m程度で、3 m離れると効果は見られない
- ・気温によって冷却効果の持続時間が異なり、夏は30分程度で噴霧前の気温近くまで戻る

これらのことから、ミストシャワーを効率よく使う方法として、次のように考えた。

「2m間隔で設置して、『20分噴霧し、5～10分休止する』を繰り返す」と、効率よく冷却効果が維持できる（仮説3）

噴霧間隔はタイマーなどを利用すればできるので、暑さ対策に効果的な方法だと思う。

5 調査4 屋外（風のある状況下）での仮説3の検証

三島スカイウオークに協力していただき、屋外で次の項目を測定した。

- (1) 調査4-1 風上と風下での効果の違い
- 調査4-2 風下での距離による効果の違い
- (2) 調査4-3 屋外でのミストシャワーの効果の限界を確かめる

① 方法と内容

風上・風下それぞれ2 m地点と、比較のために効果が及ばないと考えられる風上4 mのデータを測定した。

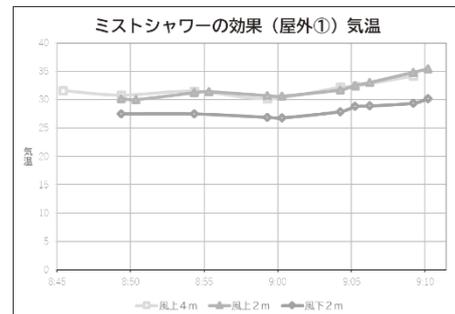
風下2 mで効果があることが確かめられたので、風下1.5 mと風下3 mでどのくらい効果に違いがあるのかを調べた。

調査3までの結果から、「無風の状況下では『効果が及ぶ範囲は半径1 m程度』とわかったが、屋外でも当てはまるのかを距離を細かく変えて計測し効果が及ぶ範囲を確かめる。



② 結果と考察

風上2 mも風下3 mも、ミストの当たらない風上10 mとほとんど同じ気温だった。2日間で測定した屋外のデータでは、効果が見られるのは「風下1.5 m」「風下2 m」で、風がミストを運んでも「風下3 m」では冷却効果は期待できないことがわかる。また、風上では「風上2 m」でもほとんど効果は出ないことがわかった。



このことから、自然の状況下ではミストが風に運ばれるため、「風下なら2 m、風上だと1.5 m程度の範囲で冷却効果が期待できる」と言える。風下3 mでも-2°C程度の効果が見られたが、その後、風向きが変わり、1.5 m地点での効果も小さくなり始めたので、自然な環境下での効果のブレを見ることができた。風向きが乱れた状況でも風下1.5 m地点が常に最も涼しかったのは、「ミストが当たらなくても効果は持続する」ということが影響していると考えられる。風向きが頻繁に変わることは自然な環境ではごく当たり前のことなので、「風向きや風速が安定しない」ということを条件に研究していく必要があると感じた。

6 調査5 高圧噴霧式微粒子ミストシャワーの効果はどのくらいか

高圧噴霧式微粒子ミストシャワーを設置している名古屋大学医学部構内にて測定した。

① 方法と内容

連続して設置されている噴霧口のうち、風の影響を受けにくい噴霧口の直下と、1 m、2.5 m、3 m、10 m以上離れた場所（比較のため）で、冷却効果、効果が及ぶ範囲、最大効果までの時間、噴霧後の効果の持続時間を測定した。

② 結果と考察

濡れないミストシャワーなので、直下での効果も測定できた。

ア 効果が及ぶ範囲と冷却効果について

- ・ミスト直下では -3°C 以上の効果が見られた
- ・ミストから1mでは -1.5°C 程度の効果が見られた
- ・ミストから3m離れると効果は見られない
- ・ミストから2.5m離れるとまったく効果がみられない場合と -3°C に近い効果が見られる場合があった

イ 最大効果までの時間について

今回協力していただいた高圧噴霧式微粒子ミストシャワーは水の粒子を非常に細かくして気化の速度を速め、通行する人の頭部あたりで気化することをねらっているため、効果にも風の影響が大きいと考える。一般的なミストシャワーでは20分で最低値になったが、今回は30分で最低値になったのも粒子が浮遊してかき混ぜられて時間がかかったとも考えられる。測定日は台風が接近していて風がややあり、建物の間での測定であったことや、 38°C という猛暑が関係しているのかもしれない。噴霧後の気温は直下ではすぐに上昇しているが、ミストから2.5mでは、噴霧終了後に 0.3°C 下がっていることから、風の影響を受けて効果に時間差が生まれたと考えられる。

ウ 湿度の効果への影響

予想したとおり、湿度はミスト直下が最も高く、離れていくほど低くなっている。しかし、通路での測定のため、人が通行したことで数値に乱れが生じていた。これはミストの粒子が大変細かい高圧噴霧式微粒子ミストシャワーならではの現象であると考えられる。人の通行で起こる対流の影響が確認でき、2.5m地点での冷却効果に差があったことの説明がついた。



10 : 26 撮影

13 : 47 撮影

左の2枚の写真を比較すると目に見えるミストの量から気化する速度が異なっていることがわかる。研究者の方によると、人の頭部あたりでの気化を目指して開発されたものなので、右のような状態になるのは好ましくないとのことだった。高温多湿な環境が多くなり、気化しにくくなっている。別の噴霧場所では地上近くまでミストが見えていた。測定日は 38°C を超える大変暑い日で、台風が近づいてきていることもあってか、条件が変動しやすく、安定した天気の日々のデータはまた異なっていると考えられる。

都心部での設置例が多いそうだが、ビル風やヒートアイランド化に加えて、湿度も高くなってきていて、効果が出にくくなっている地域もあるそうだ。暑さ対策でミストシャワーを利用しても気化しにくい湿度では、噴霧することでかえって湿度を上げることになってしまうので、適した条件を追究していきたい。

7 全体を通しての考察と今後の研究

気化しやすい微粒子でも多湿では気化しきれなくなってしまう。現在のミストシャワーの使用例は過剰噴霧であることが多い。そのため多湿を招き気化しづらくなり冷却効果を阻害してしまうということが確かめられた。「20分噴霧し、5~10分休止する」という噴霧の仕方は水の使用量も抑えられ、冷却効果を保証するためにも有効であると考えられる。今後は、さらにミストシャワーを暑さ対策に効果的に活用するために、気化に適した湿度で噴霧を制御する装置を開発したい。また、ミスト噴霧時の過剰水分の有効化に向けての研究を進めていきたい。