

# ミストシャワーの効率的な活用法 IV

## ～気温と湿度の、効果への影響～

学校法人静岡理工科大学静岡北高等学校

1 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。近年、観光施設など人が集まる所でミストシャワーを設置し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を調べてきた。

### 2 研究の目的

ミストシャワーを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例が多いので、ミストシャワーの効果が及ぶ範囲や効果の持続時間、気温や湿度等の条件による効果の違いを調べ、ミストシャワーを効率よく活用した暑さ対策を提案する。



三島スカイウオーク  
入場ゲート付近

### 3 これまでの追究の結果と再考察

#### (1) 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

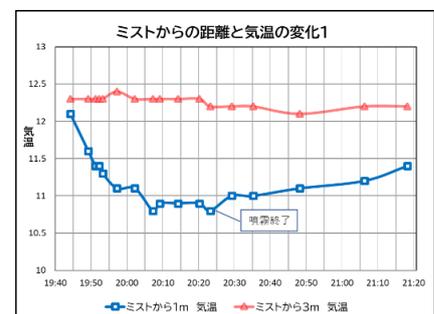
20 回ほどの実験では、 $-4\sim-7^{\circ}\text{C}$ の冷却効果が確認できた。 $-7^{\circ}\text{C}$ は、気温  $37.1^{\circ}\text{C}$  の特に暑い時間帯に記録していた。暑くてミストが気化しやすい状態であったことから、「気温が高い時の方が、ミストシャワーによる気温の下がり幅が大きくなる」(仮説 1) と考えた。その検証として、気温  $37^{\circ}\text{C}\sim 11^{\circ}\text{C}$  の時の下がり幅を比較してみたが、ほとんどが仮説どおりのデータだった。仮説から外れるデータには湿度の違いが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確認できた。

- 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

表 1 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。これらの結果から「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(グラフ 2)。

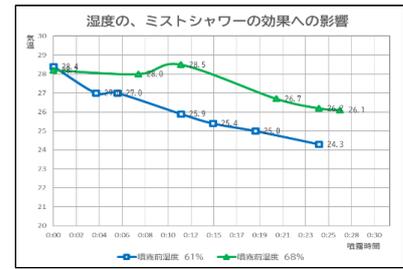
グラフ 1



グラフ2

ミストシャワーの効果と気温との関係 表1

	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



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、仮説2は立証された。今後は気化しにくい湿度での活用方法を見つきたい。

③ 調査3 ミストシャワーの効果はどこまで及ぶのか

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。

屋外では風の影響で範囲の計測ができなかったため、屋内で実験を行った。屋内の実験では、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。



(2) 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)

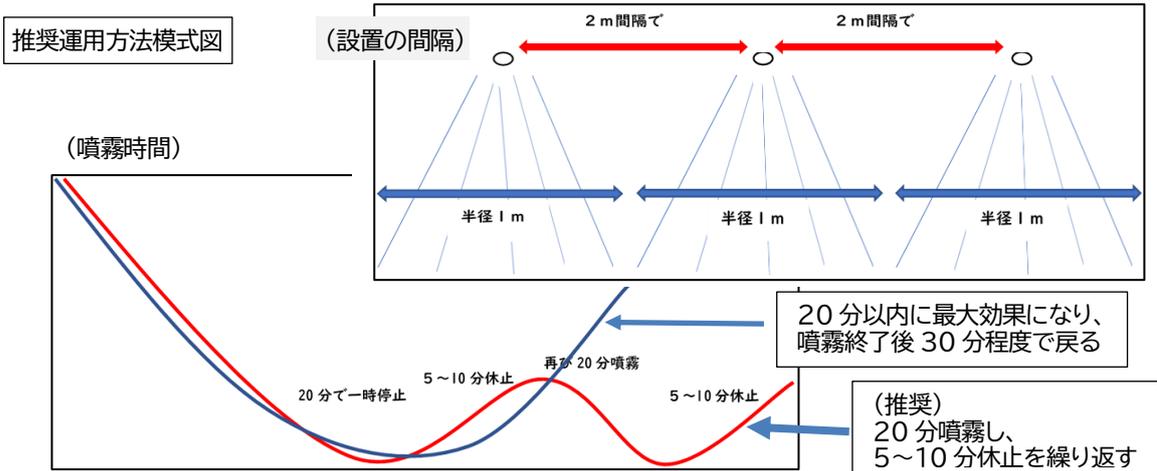
調査3 (風の影響を受けない条件下での効果の及ぶ範囲、効果の持続時間の調査) から

- ・ ミストシャワーの冷却効果は半径1m程度で、3m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)

再開後は20分以内に最大効果が期待できるが、同じ間隔の方が実用的であると考える。

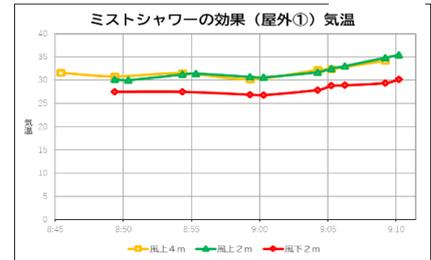


(3) 調査4 屋外（風のある状況下）での仮説3の検証

屋外で次の項目を測定した。（三島スカイウオークにて）

- 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
- 調査4-3 屋外での効果の限界を確かめる

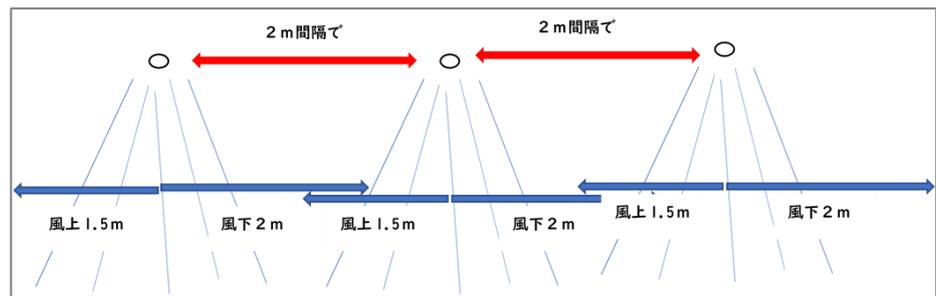
グラフ3



2日間の実験から、自然の状況下ではミストが風に運ばれるため、「風下なら2m、風上だと1.5m程度の範囲で冷却効果が期待できる」とわかったが、風により3mでも効果が見られることや1.5mでも効果が小さくなるなど、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1.5m地点が常に最も涼しかったのは、「ミストが当たらなくなっ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。

推奨運用方法模式図

(屋外での設置の間隔)



(4) 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。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箇所で、距離を変えて冷却効果、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。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。

① 効果が及ぶ範囲と冷却効果について

直下では効果が認められるが、噴霧口から離れると効果が安定せず、2.5m地点では効果が見られない場合と、-2.7°Cの効果が出た場合とがあった（表2）。微粒子のため風の影響を受けやすいためだと考える。

高圧噴霧式微粒子ミストシャワーの冷却効果が及ぶ範囲 表2

	調査①	調査②	調査③
ミスト直下	○	○-3.4°C	○-4.5°C
ミストから1m	△(直下+1.3°C)		
ミストから2.5m		×比較値と同じ	○-2.7°C
ミストから3m	×効果なし		

※ 比較値(ミストの影響を受けない10m以上離れた場所での数値)

② 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、①の結果のように、冷却効果にも風の影響が大きく表れる。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周囲に拡散してしまい、時間がかかったとも考えられる。測定日は38°Cの猛暑日で台風直前という気象状況や建物の間という測定条件も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。

### ③ 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、離れていくほど低かった。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。微粒子ミストシャワーは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ようだ。

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、噴霧することによ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。

## 4 湿度センサーによる噴霧制御

「噴霧後20分で最大冷却効果に到達する」ととらえてきたが、その時間の中で気化しにくい湿度に至っているのではないかと考え、時間による制御ではなく、気化しにくい湿度になったら、噴霧を中断できるようなセンサーを装備すれば過剰噴霧を避けられると考えた。

### (1) 湿度と冷却効果の関係を検証し直す

#### ① 方法と内容

これまでの「朝顔のしぼむ時刻と湿度の関係の実験」「屋内での調査」「屋外での調査（三島スカイウオークにて）」「高圧噴霧式微粒子ミストシャワーでの調査（名古屋大学医学部構内にて）」と、今年度場所を提供していただいた「静岡市立清水第三中学校通路」でのデータから冷却効果が上限に達した湿度を割り出し、さまざまな条件下での湿度の影響を見つける。

#### ③ 検証結果と考察

高温多湿な状況が増えて気化しにくくなっていることから湿度に着目し、冷却効果の上限が明らかなデータの湿度を拾い出した（表2）。

湿度75%~83%と差が見られるが、使用した温湿度計の誤差が±5%なので、誤差の範囲内であると考えられる。そのため、精密な値ではないが、80%程度で冷却効果は上限に達すると結論づけることとした。今後もデータを集めて精度を高めていきたい。

この結果から80%以上での噴霧は多湿を招き、気化を妨げるため、噴霧を中断することで、噴霧再開後の冷却効果を得やすくなると考えられる。そこで、これまでの「20分以内に冷却効果の上限に達する」という結論に加えて「湿度80%」という条件を加えて噴霧時間を制御すれば、過剰噴霧を防ぐことができると仮説をたてた。

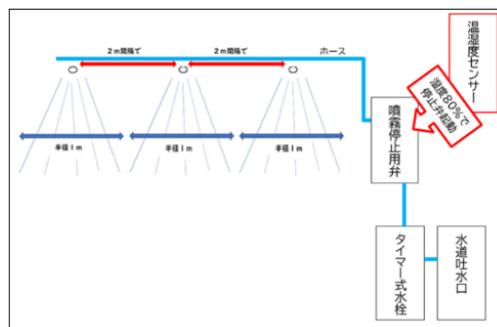
表3

効果上限時の気温湿度	
気温	湿度
11.1	79
23.5	77
24.9	75
25.8	81
27.2	83
27.7	75
27.8	81
28.0	80
28.0	79

## (2) 湿度センサーによる噴霧制御

(1) から得られた結果をプログラミングしたセンサーを接続し、噴霧を制御する仕組みを作り、自動で過剰噴霧を防げるようにする。

今年度は夏季に実験が行えなかった。そのため機器の検討で留まっており、人工的に高温多湿な環境を作り出しての実験も検討しながら、より適切な機器や仕組みを模索している。



## (3) 湿度と冷却効果の関係の検証

### ①方法と内容

自動制御に向けて、湿度を測定しながら手で噴霧を中断して、仮説を検証する。

**湿度 80%程度でミストが気化しにくくなり、冷却効果が上限に達するため、80%で噴霧を中断し、噴霧終了後の湿度が70%になる、もしくは20分経過後に噴霧を再開するのを繰り返すと最大冷却効果が持続する。(仮説4)**

### ②結果

実験が行えるタイミングの気温、湿度が低く、数日実験を行ったが、湿度80%での噴霧中断による影響を調べることができなかった。

## (4) 費用対効果についての考察

湿度の測定ができなかったため、消費水分量に着目して、1分間当たりの噴霧量を測定した。測定時には1噴霧口ごとに約100ml/分の水が噴霧されていることを確認した。噴霧口が60cm間隔で11個ついている装置で実験させていただいたので、合計22000ml程度の水が噴霧されており、20分間の噴霧で22L以上の水を消費していることになる。

3日間の測定中、この装置での最大冷却効果は気温25.6℃の時の-1.9℃であった。協力していただいた静岡市立清水第三中学校では運動時の熱中症対策として、実験時よりも多めに噴霧しており、噴霧口も60cm以下の間隔で4m幅に11個ついている。-1.9℃の冷却効果を得るために22L以上の水を消費するのは、気化による冷却効果から考えると過剰噴霧であるといえる。ここまでの研究で得た「2m間隔」の噴霧で効果が得られることを当てはめて考えると、4m幅では噴霧口は3つで済むので、現在の噴霧量で使用しても300ml/分で、20分間の噴霧では6Lの消費となる。コストの面でも効率よく冷却できることになるが、過剰噴霧は多湿につながり、気化しにくい環境を作り出すので、適正な噴霧量に留める方がよいと思う。そのためにも、噴霧時間や適正湿度で制御することが望ましいので、早急に制御の効果を検証したい。



枠内が推奨噴霧方法による使用水量

## 5 全体を通しての考察と今後の研究

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提案したい。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。