

ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制に関する研究 (第2報)ミスト散布による屋外環境改善の検討

Study on heat island control with water mist sprayer

(Part2) Improvement of Outdoor Environment with Water Mist Sprayer

学生会員 林 啓紀(名古屋大学) 学生会員 児玉 奈緒子(名古屋大学)
 正会員 辻本 誠(東京理科大学) 正会員 奥宮 正哉(名古屋大学)
 正会員 原田 昌幸(名古屋大学) 正会員 一瀬 茂弘(中部電力)
 正会員 奥山 博康(清水建設) 非会員 稲村 勝正(能美防災)
 正会員 坂谷 哲則(川本製作所) 正会員 進藤 義一(トーキン)

Akinori HAYASHI*1 Naoko KODAMA*1 Makoto TSUJIMOTO*2 Masaya OKUMIYA*1

Masayuki HARADA*1 Sigehiro ICTINOSE*3 Hiroyasu OKUYAMA*4

Katsumasa INAMURA*5 Tetsunori SAKATANI*6 Yoshikazu SHINDO*7

*1 Nagoya University *2 Tokyo University of Science *3 Chubu Electric Power Co.,Inc.

*4 Shimizu corporation *5 Nohmi Bosai Ltd. *6 Kawamoto Pump Mfg.Co.,Ltd. *7 Tokin Inc.

The purpose of this study is to establish the water mist spraying system which improves outdoor environment. We made a trial system and tried to verify its effects in outdoor field. Temperature descent by latent heat of water mist was expected on the days when outdoor temperature was high, humidity was low or wind was weak. The distribution of temperatures at the mist spraying section was complicated because of three flows; a down-current by latent heat of water mist, an up-current by heated ground, and a wind.

1.はじめに

微小粒径のウォーターミストを屋外空間に直接散布することで、その蒸散時に熱を奪うことができる。この効果によって、夏季における屋外の暑不快な環境の改善を低エネルギーで実現し、またヒートアイランド現象の緩和が図ることができると考え、実際にミスト発生装置を製作し、野外でその効果を検証することを試みた。

既報¹⁾²⁾では、ミスト散布の効果を温度、湿度等の物理量の計測や、一卵性双生児を被験者にしたミスト内外での心理量の測定をし、その測定値や申告値を用いて散布条件や気象条件によるミスト効果の相違、快適性の改善効果などを明らかにした。本報(第2報)ではミストによる温熱環境改善の効果を各条件ごとにさらに詳しく比較検討するとともにミスト散布区画内の温度分布や気流の性状についても検討する。第3報³⁾では、心理量と物理量、温熱環境指標の関係について考察し、既往の温熱環境指標の快適範囲との比較、検討を行う。

2.実験条件

2.1 実験フィールド

実験に用いたフィールドは、旧国鉄操車場跡地(ささ

しまライブ 24 : 名古屋市中村区)の南東部のエリアで、従来は駐車場(アスファルト敷)として利用されていた。この敷地のほぼ中央に、6 m 間隔で 5 本×5 本、計 25 本のミスト発生装置を設置した区画(24 m×24 m)を設けた(図1)。さらに、ミスト散布の影響を受けない領域として、ミスト散布区画の南側と北側に 2 カ所の領域を用意した。また、外気象の測定のために百葉箱を設けた。実験期間は、2003 年 7 月下旬から 8 月中旬にかけての約 1 ヶ月間である。

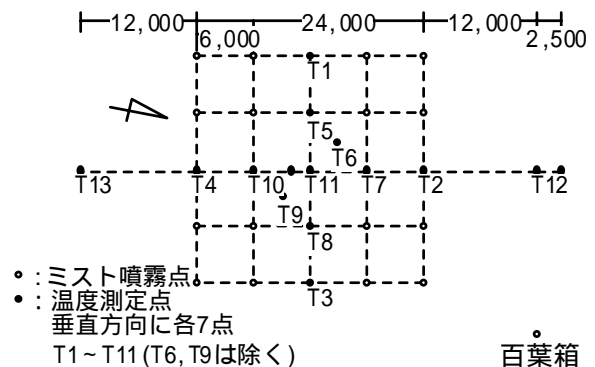


図1 ミスト散布場の配置図

表1 測定項目

	測定場所	測定機器
温度	T1 ~ T13 (地表,0.1m,0.75m,1.5m,3m,4.5m,6.0m) 0811以降(地表,0.1m,0.75m,1.5m,3m,3.8m,4.6m)	CC熱電対(TG - 0.32)
	T12 又は T13	アスマン通風乾湿度計(SIBATA)
	T12 又は T13	グローブ温度計(SIBATA)
湿度	T2(1.5m),T4(1.5m),T11(1.5m,3m) 百葉箱(高さ 0.8m)	セラミック湿度センサ気象用温湿度検出器 (NTK)*湿度と同時に温度も測定
風速	T11(1.6m), T12 から北へ 2.5m(5m)	3次元超音波風速計(R.M. Young Company)
日射	プレハブ小屋屋根上 1m(地上 4.5m)	ネオ日射計(英弘精機)

2.2 ミスト散布条件

散布方法により、ミストの蒸散性状がどのように異なるかを把握するために、基本条件に対して、散布水量および散布高さを変えた実験を行った。基本条件は、散布水量 6.0 ml/min・m²、散布高さ 6 m である。散布水量は夏日のクスノキの蒸散速度と同程度であり、散布高さは高さ 2 m 程度でミストが完全に蒸散することを前提に決定した。この基本条件に対して、高さが同じで水量を倍にした倍水量条件(散布水量 12.0 ml/min・m²)と、水量同じで散布高さを低くした 4.6m 条件の 2 つの条件を用意した。なお、散布水量 6.0 ml/min・m²は、0.33 l/h・m²であり、ミストツリー 1 本(6 m×6 mの領域を分担)とすると、13 l/h・本となる。

2.3 測定項目

屋外気象及びミストの気温低減効果、性状等を把握するため物理量の測定を行った。表 1 は、測定項目、測定位置、測定機器や測定間隔などを整理したものである。測定間隔は、いずれも 2 分間隔(8月13、16、18日は2秒間隔)であるが、アスマン通風乾湿度計、グローブ温度計の測定は 10 分ごとの目視による。

3.結果と考察

3.1 実験結果

表 2 に、各実験日におけるミスト内外の平均温度差と最大温度差を示す。ここでミスト内外の温度差とは、T12 における高さ 1.5 m の熱電対温度から T9 における高さ 1.5 m の熱電対温度を引いた値、あるいは T13 における高さ 1.5mの熱電対温度から T6 における高さ 1.5 m の熱電対温度を引いた値である。いずれの位置を用いるかは被験者がミスト内外へ移動する 10 分程度前の風向を参考に決めた。ただし、実験中の風向の変化により、ミストの影響がミスト外の指標に出でていることもあった。

表 2 から温度差は 1.0 から 2.0 ほど出ることが分かる。温度差平均値がマイナスのものが見られるが、これはミスト外よりもミスト内の温度が平均的に高かったことを表している。その要因としては、1 日の中で風向が目まぐるしく変化し、風上と風下が時間によって入れ替わってしまうことが多々あったためである。

3.2 外気象とミスト蒸散効果の関係

まず、気温(百葉箱)とミスト内外温度差の関係から考

える。図 2 を見ると比較的気温の低い領域でも内外温度差が 1.0 を超える場合も散見されるが、気温が 31 を超えるあたりから、ミスト内外温度差が大きくなる傾向がある。

次に、日射量とミスト内外温度差の関係であるが、図 3 をみると、日射量が大きくなるに従い、ミスト内外温度差が幾分大きくなる傾向が見られる。しかし、日射量が少ない 200 ~ 400 W/m² の領域でも、内外温度差が 1.0 程度みられる場合もあり、日射量とミスト内外温度差はそれほど強い関係が無いように思われる。

また、図 4 に示す風速とミスト内外温度差の関係についてみると、比較的大きな内外温度差を示したのは、風速が弱い 2.1 m/s 以下の領域であった。風速が 3.0 m/s を超えるような状況では、ミスト散布の効果は皆無であった。強風下では、冷やされた空気が飛ばされてしまうためである。

表 2 ミスト散布条件、気象条件とミスト内外温度差

実験日	散布量 (ml/ min ・m ²)	散布 高さ (m)	気温 ()	相対 湿度 (%)	温度差 平均値 ()	温度差 最大値 ()	
0721	6.0	6.0	29.6	47	-0.45	0.72	
0724			28.2	75	0.17	1.06	
0725			28.4	57	-0.37	0.36	
0727			29.5	50	-0.03	1.18	
0729			26.7	76	0.75	1.42	
0731			31.5	49	0.69	1.80	
0801	13.0		31.5	59	0.93	1.86	
0804			34.7	47	1.11	2.42	
0805			35.4	48	0.83	1.54	
0806			33.0	62	0.08	0.90	
0808			32.2	64	-0.14	0.10	
0810			6.0	4.6	33.3	50	0.63
0811	32.2	47			-0.22	0.40	
0813	30.5	58			0.10	1.45	
0816	25.4	86			0.26	0.67	
0818		29.8			74	0.30	1.20

* 気温, 相対湿度は百葉箱での値を使用

図5をみると、顕著な内外温度差がみられるのは相対湿度(百葉箱)が60%を超えない領域、特に50%以下の領域で内外温度差がよく現れている。湿度が低いほうが、よりミストが蒸散しやすいためと考えられる。

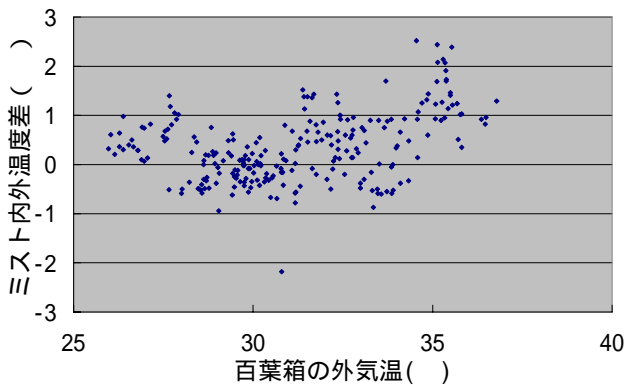


図2 外気温度とミスト内外温度差の関係

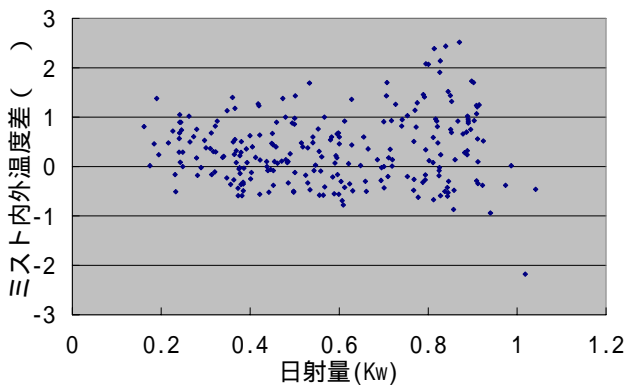


図3 日射量とミスト内外温度差の関係

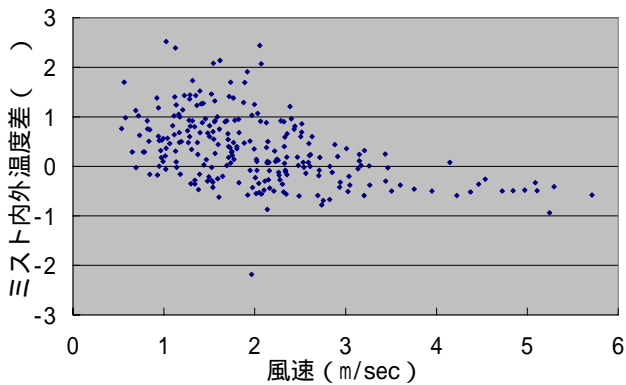


図4 風速とミスト内外温度差の関係

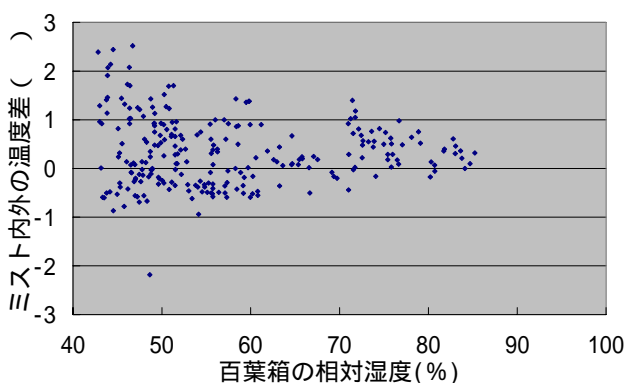


図5 相対湿度とミスト内外温度差の関係

3.3 ミスト散布条件による温度差の変化

基本水量では、全データのうち温度差が1.0 を超えるものは8.6%、2.0 を超えるものはなかった。また、温度差がマイナス、つまりミスト外よりもミスト内の温度が高い場合は、44.3%あった。実験中の風向の変化により、ミスト外の温度がミストの影響を受けたためであると考えられる。温度差の平均は、0.13、最大値は1.8であった(図6)。

倍水量では、温度差が1.0 を超えるものは31.0%、2.0 を超えるものは0.8%であった。マイナスのものは、19.2%であった。平均は、0.61、最大値は2.42であった(図7)。

4.6m散布では、温度差が1.0 を超えるものは11.0%、2.0 を超えるものは3.0%であった。マイナスのものは、39.2%であった。平均は、0.21、最大値は2.52であった(図8)。

以上より、基本水量よりも倍水量のほうが気温降下が大きくなり、また4.6m散布のほうが6m散布よりも気温降下が大きくなるといえる。

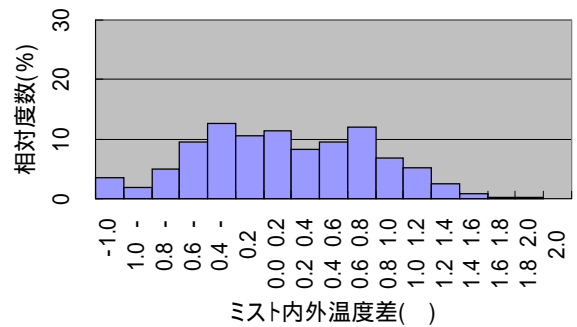


図6 基本水量でのミスト内外での温度差分布

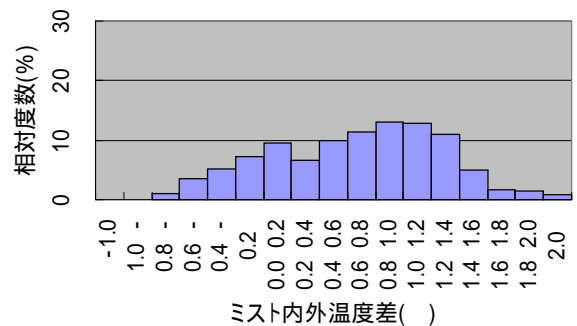


図7 倍水量でのミスト内外での温度差分布

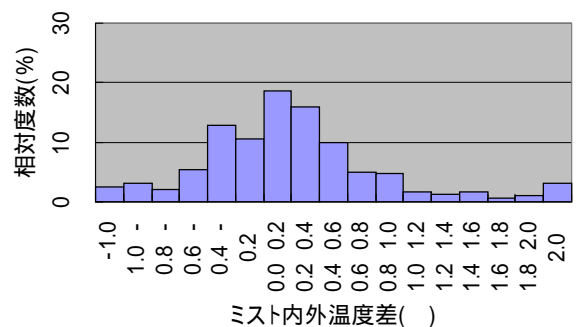


図8 4.6m 散布でのミスト内外での温度差分布

3.4 ミスト噴霧区画内の温度分布

8月8日 11:44 では、風速 5.9 m/s であり、南北方向の成分では北風で 4.7 m/s の強風であった。このときの温度分布を図 9(a)に示す。このように風の非常に強い時には、風による流入空気によりミスト散布区画内の温度分布はほぼ一様となり、ミストの効果は皆無である。図には示さないが、ミスト散布区画外との差も非常に小さい。

8月1日 11:38 付近では、南北方向の成分が 0.3 m/s 前後の北風、10分後の 11:48 付近では、南北方向の成分が 1.0 m/s 前後の北風、東西方向の成分は両者ともほぼ 0.0 m/s であった。このようにそれほど風速の大きくない風が、一方向から定常的に吹く場合には、図 9(b)、図 9(c)に示すようにミスト散布区画外からの流入空気とミスト噴霧によって冷やされた空気の分布を見ることができる。図 9(b)と図 9(c)を比較すると、風が 0.3 m/s と弱い(b)では、ミスト蒸散により冷やされた空気が 31.0 以下の領域が風下側(南側)に多く残っているが、(c)ではその領域が小さくなっている。これはミスト外の熱い空気が風によって流入し、この流入量が風速に伴い増加するからであると考えられ、流入量が増え過ぎると前述のように、ミスト外の空気と差が見られなくなると推察できる。

8月13日 12:00 では、ほとんど風のない時間帯であった。図 9(d)に示すようにほぼ無風の場合には、散布高さで冷やされた空気の下降流(T10,T7 付近)と地面で暖められた空気の上昇流(T11 付近)の様子が見て取れる。図 9(e)は図 9(d)から 10 秒後の温度分布図であるが、冷やされた空気の動きが図 9(d)の場合とは異なっており、T10 付近が上昇流となっている。このとき、ミスト蒸散による下降流と地面による上昇流は時間とともに変化し、位置を変えていると推察される。

4.まとめ

ドライミストの効果として、気温としては条件のよい日には平均 1 程度、最大 2 程度の降下が期待できる。気温が高く、相対湿度は低く、風速の小さい日に温度差が出やすい。特に風速は強い影響を与える。日射量は温度降下にはそれほど強い関係はない。また、ミスト散布条件については、散布量が多いほうが気温低下効果が期待でき、散布位置については散布高さが低いほうが気温低下効果が期待できる。

ミスト散布区画内の温度分布は単純ではなく、ミストの気化熱による下降流と、高温の地面による上昇流、風による外部空気の流入で非常に複雑である。

【参考文献】

- 1) 林啓紀他、ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制システム開発(その1)、日本建築学会大会梗概集 2004 年
- 2) 児玉奈緒子他、ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制システム開発(その2)、日本建築学会大会梗概集 2004 年
- 3) 児玉奈緒子他、ドライミスト散布によるヒートアイランド抑

制に関する研究(第3報) 空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2004 年

【付記】この研究は中部経済産業局地域新生コンソーシアム研究開発事業(平成 15 年度)の一環として行われたものである。

