

ドライミストの蒸散効果を用いた夏季の暑さ対策

原田昌幸 名古屋市立大学 大学院芸術工学研究科 准教授
連絡先 052-721-3285 harada@sda.nagoya-cu.ac.jp

杉山 剛 なごミスト設計(有)
名古屋市千種区鹿子町 3-8-402 052-781-6006 nagomist2005@yahoo.co.jp

キーワード: ヒートアイランド (Heat Island), クールスポット (Cool Spot), 屋外 (Outdoor), 快適性 (Comfort), ウォータミスト (Water Mist)

都市のヒートアイランド対策が叫ばれる中、「微細な霧 (ドライミスト¹⁾)」を作って、うまく蒸散させれば、周囲の気温を下げるができるはずだ」という単純な発想から始まった研究プロジェクトである。ここでは、開発の経緯とミストの原理および愛・地球博を契機とした実用化とその後の展開についてまとめることとする。

1. はじめに

ドライミストシステムの開発意図から述べたい。ヒートアイランドとは、都市域の気温が周辺の郊外よりも高くなる現象である。主な要因は、建物の空調排熱や自動車の排熱量の増加、コンクリートやアスファルトでの日射熱の蓄熱量の増加、樹木や水面・土面の減少による水の蒸発散量の減少などである。特に、夏季における気温上昇は、屋外の環境を不快なものにするだけでなく、空調負荷を増大させることになり、経済的な損失も無視できない。加えて、集中豪雨などの都市気候への影響も懸念される²⁾。

この問題に対して、いち早く取り組んだ自治体は「風

の道」で知られるドイツのシュトゥットガルト市であろう。郊外から都市に吹き込む風の道を作れば、郊外の低温空気の流入によって濃みが解消され、空気が循環するという着想の下、風上に緑地を増やし、道路を拡幅するなど、風の通り道を考えた計画が立てられ、一定の成果を得ている。しかし、「風の道」は都市規模が大きくなると実行が困難となる。

日本での最初の取り組みは、東京都の屋上緑化の条例化であろう。一定規模以上の施設に屋上緑化を義務づけている。ただ、緑化には設置や維持管理の費用の問題や既存建築への導入の困難さがある。それならば、緑化に固執せず、植物による蒸散分だけを、蒸散しやすい形のミストで直接空気中に供給し、その冷却効果を利用してはどうか、というのがドライミストの発想である。言い換えれば、緑樹にヒントを得た「現在の打ち水」のイメージである (図-1)。また、外気温が下がれば周囲建物の空調負荷が下がり、室外機の効率も改善されることから、建物からの空調排熱を低減することにもつながると考えた。

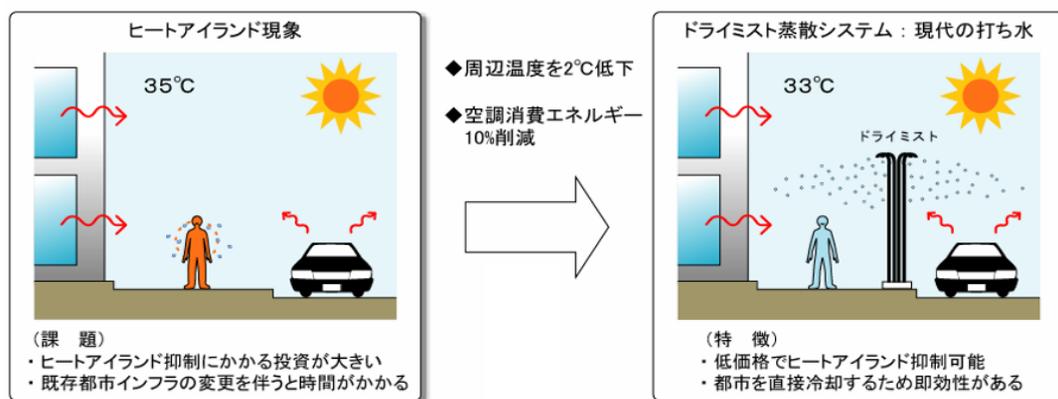


図-1 ドライミストによるヒートアイランド緩和

2. ドライミストシステムの開発と原理

ドライミストの開発は、経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業の開発助成(2003・2004年度)を受け、名古屋大学 3 研究室(辻本研究室(現在、東京理科大学)、奥宮研究室、原田研究室(現在、名古屋市立大学))と清水建設(株)、能美防災(株)、中部電力(株)、(株)川本製作所、(株)トーキンが共同で行った。

緑地や水辺など都市の中には周辺より気温の低い「クールスポット」が存在することが知られている。市民団体が行った名古屋市内の緑地と周辺との比較調査でも、夏季に終日 2~3℃の気温差がある、と報告されている³⁾。この気温差の過半が、緑樹の持つ蒸散効果であることに異論はなからう。文献⁴⁾によれば、クスノキの夏季の蒸散速度は 2,137 (mgH₂O/dm²/h/10 mmHg 飽差)である。名古屋の夏(気温 34℃、相対湿度 50%RH)のクスノキ林は、仮に地表面と同じ面積の葉を持つとして 1 時間あたり 450ml/m² (1 分あたり 7.5ml/m²) の水分を蒸散している。これが 2~3℃の気温低減の原資となる。本プロジェクトの目標はこの 2~3℃の気温低減を人工的に作った微小粒径のミストの蒸散により作ることである。

原理は単純であるが、実用化に向けては幾つかの課題があった。課題を整理すると、次の 4 点である。

- ① ミストの微小粒径化と流動性状の把握
- ② 効率(低エネルギー)の良い噴霧方式の確立
- ③ 人の快適性評価
- ④ ミスト噴霧の制御アルゴリズムの確立

効率よく気温を下げるためには、噴霧されたミストをすぐに気化させればよい。気化速度はミストの表面積に比例するため、粒径を小さくする必要がある。逆に噴霧されたミストの中に粒径の大きなものが含まれると未蒸散のまま水滴として人や周辺にかかり、濡れの原因となる(上記、課題①)。平均粒径が小さく、粒径の大きなミストを作らないノズルの開発(ザウター平均で 14μm を実現)と、噴霧後のミストの蒸散・流動性状の把握を、居住域と噴霧高さ・噴霧密度も含めて、フィールド実験⁵⁾と CFD⁶⁾により検討した。

ノズルの開発は課題②の効率の良い噴霧方式とも関係している。ミストの噴霧方式には水を直接ミスト化する方式(一流体)と水と空気を同時に噴霧しミスト

化する方式(二流体)がある。後者の方が微細化は容易であるが、空気を圧縮するエネルギーが大きいため、前者の方が格段に効率が良い。本システムでは一流体を採用し、高い圧力条件下(6MPa)でノズル開発を行い、微細化と低エネルギー化を実現した。

ミストが蒸散すると水の気化熱により気温が下がるが、同時に湿度が上がる。この湿度の上昇が蒸し暑さにつながり、不快となるのではないかという危惧がある。また、湿度が高い状況下で噴霧されたミストは完全に蒸散しないまま水滴として人にかかるのではという懸念もある。また刻々と気象が変化する屋外でミストの発停制御をどのように行うかという問題もあった。こういった問題の本質を把握し防ぐために、フィールド実験を行った。詳細は別稿⁵⁾に譲るが、実験では、気温、湿度、風速、降雨などの物理測定と被験者(一卵性双生児)を用いた心理生理評価を行い、その結果をもとに、人の快適性を加味した、ミストの噴霧位置・噴霧密度を求め、気象センシングデータを用いた自動制御のアルゴリズムを確立した(課題③と課題④)。

図-2 はミストのシステム概念図である。構成は単純で、上水を圧送しノズルから噴霧するための、高圧ポンプ(6MPa)、配管、各種の弁と特殊ノズルのみである。自動制御を行う場合は各種気象センサーとそれを制御する制御盤が、遠隔操作が必要な場合はそのための装置が付加される。実際にはこれらに加えて、噴霧位置や噴霧密度の検討、発停時の圧力制御による水滴のボタ落ち防止技術、噴霧ミストの配管などへ付着防止の工夫などに加え、衛生面への配慮が必要である。

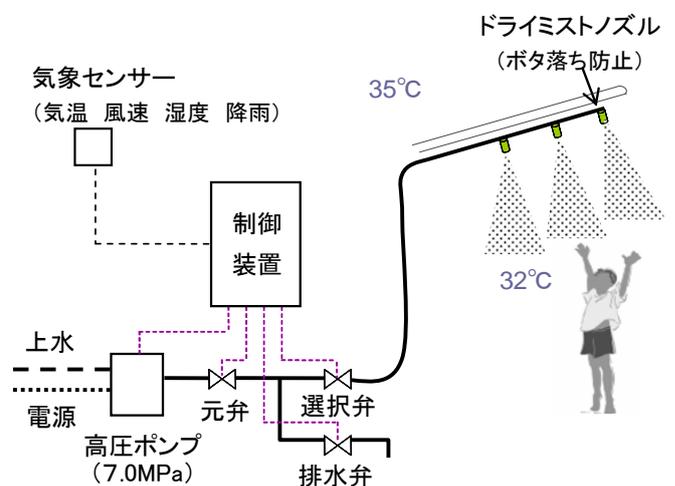


図-2 ドライミストシステムの概念図

3. 愛・地球博での実用化とその後の展開

経緯は省略するが、幸運にも 2 年間の研究開発プロジェクトが終了した直後の 2005 年 3 月から始まった愛・地球博において、「電気事業連合会ワンダーサーカス電力館」(4 月から稼働)、「グローバルループ」および「オーストラリア館」(ともに 7 月から稼働)の 3 カ所で実用化された。電力館は中部経済産業局と電気事業連合会の協力の下、ドライミストの性能の追加検証を行うことを目的としたプロトタイプであるが、残る 2 件は完全な製品である。電力館では入場を待つ人の待合スペース(約 320m²)に、グローバルループでは約 150 張の日よけテント(約 5,800m²)に、オーストラリア館では飲食するカフェスペース(約 240m²)に設置され、いずれも好評を得た。(写真-1 および表-1)。

また物理的にも期間中のグローバルループの実績値で 1~3°C の気温降下が観測され、このときのミスト噴霧量は 395ml/m²・h (6.6ml/m²・min)、電力消費量は 1.03W/m² と小さいものであった。ミストの蒸散により、空気の持つエンタルピーそのものはほとんど変化しないが、水の気化熱を冷却能力と考え、単純にこの気化熱量を電力消費量で割ると COP (成績係数) は約 150 で、一般的な家庭用エアコン(COP=5)の 30 倍である。

愛・地球博終了後のミストの普及についても簡単にまとめておく。万博の成功に加えて、翌 2006 年に東京都がヒートアイランド対策の一環としてドライミスト設置の助成(2 件のみ)を行ったことも重なり、ドライミストによる暑さ対策が社会的にも認知され始めた。表-1 にドライミストが設置された主な施設を、開発メ

ンバーが関与したものを中心にまとめた。表を見てわかるように、駅を始めとする利用者が多い施設を中心に導入が進んでいる。

ドライミストの蒸散効果を利用した暑さ対策のシステムの今後の課題であるが、設置費用の低減、設計から施工までの工期の短縮、小規模施設への対応、街区規模での実用化などが挙げられる。設置費用については、実用化当初に比較すれば大幅に低下したが一層の普及のためにはさらなる低価格化が望まれる。工期の短縮については、システムのユニット化などの対応が必要である。住宅等の小規模案件についてはネット上で制作方法を公開し個人が DIY で設置することを支援している。最後の街区規模の実施は、まさにドライミストの開発目的でもある。気温上昇の著しい中心街区での設置に期待をしている。文献⁹⁾によれば、外気温度が 2°C 下がると、建物空調負荷は 5.6% 低減され、空調機器の効率(COP)は 5% 向上するとある。都市部であればドライミストの消費エネルギーは周辺建物の空調負荷軽減で十分に相殺できるはずである。

おわりに

高温多湿と言われる日本の夏は、ミストを噴けば湿度が上がリ、不快感が増すのではという意見もあった。確かにミスト噴霧によって相対湿度は上がるが、調べてみると、夏季の都市の湿度は意外と低い。夏季の晴天時であれば、日中の相対湿度はせいぜい 50~55% 程度であり、70% を超えることはそれほど多くない。名古屋だと、気温が 30°C を超え湿度が 70% を超える時間



写真-1 愛・地球博「グローバル・ループ(左)」「オーストラリア館(右)」

はわずか13時間(2001年)と0時間(2002年)である。設置と運営を誰が行うかなどの課題はあるが、自治体の積極的な導入に期待したいところである。もちろん、街区規模の導入だけでなく、環境対策に積極的な企業の工場、まちの広場や歩道、駅のホームやカフェのテラス席、あるいはアミューズメントパークやイベント会場など、スポット的な設置はますます進むであろう。研究開発に一人として、高温化する都市の中でドライミストがホッと息のつけるやすらぎ空間を生み出すことを期待したい。

【引用文献及び注釈】

- 1) 「ドライミスト」は能美防災(株)の商標登録である。
- 2) 齊藤武雄, ヒートアイランド, 講談社, 1997
- 3) 名古屋東部丘陵気温分布測定結果、くらしの環境調査ネット

トワーク、1991.8

- 4) 図解生物学データブック, 丸善, 671,1986
- 5) 林啓紀・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2報)~(第4報), 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 I 1039-1046, 2004, 同 131-134,2005
- 6) 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に関する研究(第8報), 空気調和・衛生工学会中部支部研究発表会, 25-28, 2006
- 7) 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5報), 空気調和・衛生工学会中部支部研究発表会, 135-138,2005
- 8) <http://blog.livedoor.jp/misuto601/?blogid=1723171>
- 9) 坪井宣治, 市街地街路空間の温熱性状に関する研究, 名古屋大学工学研究科地圏環境工学専攻修士論文, 2000.3

表-1 ドライミストおよびドライ型ミストを設置した施設

設置年	施設	規模	備考
2005年	愛・地球博 グローバルループ(愛知)	日よけテント約150張に付設、噴霧面積	ライン型、噴霧水量9.2l/min。消費電力20.2kW
	愛・地球博 ワンダーサーカス館(愛)	入場待ち空間に設置、噴霧面積約320m ²	くも型、噴霧水量4.5l/min、消費電力1.0kW
	愛・地球博 オーストラリア館(愛知)	カフェスペースに設置、噴霧面積約240m ²	くも型とライン型、噴霧水量3.5l/min、消費電力0.75kW
2006年	安城産業文化公園デンパーク(愛知)	風車の広場内及びマーケット入り口	*愛・地球博グローバルループから移設
	六本木ヒルズ(東京)	66プラザの回廊、噴霧面積約180m ²	くも型、噴霧水量2.7l/min、消費電力0.75kW
	秋葉原クロスフィールド(東京)	屋外エスカレーターに付設、噴霧面積約135m ²	東京都H18年度ドライミスト補助金対象、噴霧水量1.7l/min、消費電力1.0kW
	個人住宅および個人マンション(愛知)	ベランダ3箇所	噴霧水量0.6l/min、消費電力0.75kW
	東名上郷SA(上り)(愛知)	手洗い前のテント部に付設	試験設置(8~9月)→2007年から常設
	JR東日本 仙台駅(宮城)	新幹線駅ホーム	試験設置(8~9月)
	戸越銀座商店街(東京)	商店街の2階部から送風機タイプ噴霧	【他社】東京都H18年度ドライミスト補助金対象
	渋谷Loft(東京)	建物に付設、歩行者向け	【他社】
2007年	函館五稜郭タワー(北海道)	アトリウム内部(面積940m ²)	くも型、噴霧水量1.2l/min、消費電力0.75kW、加湿対応
	新丸ビル(東京)	丸の内仲通りの歩道、噴霧面積約200m ²	柱に付設、噴霧水量2.0l/min
	相模鉄道 二俣駅(神奈川)	駅舎ホーム部とホームコンコース間の階段	試験設置、噴霧水量1.5l/min
	東京メトロ 東大島駅・他駅(東京)	ホーム	試験設置
	個人住宅(東京4件)および住宅メーカー実験邸(東京)	ベランダ・テラス	超磁歪素子ポンプ、噴霧水量0.15l/min、消費電力0.15kW
	名古屋大学経済学部研究棟(愛知)	歩廊下55m	ライン型。霧水量3.5l/min。消費電力0.75kW
	JRセントラルタワーズ(愛知)	待合場所 視覚展示を兼ねる	
	東京大神宮(東京)	境内	
	高知自動車道 南国SA(高知)		試験設置
	留学生博物館(中国・上海)	一階テラス	試験設置
	大阪世界陸上会場(大阪)	陸上競技場	【他社】大阪水道局ドライ型ミスト導入モデル事
	ユニバーサルスタジオジャパン駅(大)	駅コンコース	【他社】大阪水道局ドライ型ミスト導入モデル事
	2008年	高砂殿一宮(愛知)	屋外・チャペル前
全国都市緑化ぐんまフェア会場(群馬)		花と緑のシンフォニー群馬2008、藤棚	仮設、超磁歪素子ポンプ、噴霧水量0.2l/min、消費電力0.15kW
名古屋大学医学部新営2号館歩廊(愛知)		アルミニウム歩廊下全長100m	ライン型、2系統。噴霧水量2.9l/分・1.9l/分、消費電力0.75kW×2
新名神 土山サービスエリア(兵庫)			

ドライミストの蒸散効果を用いた夏季の暑さ対策

Countermeasure for heat in summer using transpiration effect of Dry-mist

ヒートアイランド	クールスポット	屋外	快適性	ウォーターミスト
Heat Island	Cool Spot	Outdoor	Comfort	Water Mist

はらだまさゆき
原田昌幸 名古屋市立大学 大学院芸術工学研究科 正会員
すぎやま
杉山 剛 なごミスト設計(有) 非会員

著者代表

0 5 2 - 7 2 1 - 3 2 8 5

0 5 2 - 7 2 1 - 3 2 8 5

harada@sda.nagoya-cu.ac.jp