

ドライミスト装置の開発と環境勘定

正会員 ○大手山亮*
同 辻本 誠**
同 石井智洋***

ドライミスト ヒートアイランド 環境勘定
消費エネルギー 小水量高圧ポンプ

1. 研究の背景と目的

ドライミストは平成15年度、16年度の中経産局地域新生コンソーシアム研究開発事業「ドライミストの蒸散効果によるヒートアイランド抑制システムの開発」プロジェクトにおいて、辻本、奥宮により基本的な開発がなされた。この間、平成16年度の実験(20m×12m×4mHの屋根有り空間で10ml/分/m²のミストを噴霧)において小規模^{1,2}ではあるが、半屋外空間において夏季の環境調整機能を持つシステムとしての性能を確認した。

その後平成17年度には愛・地球博における採用、平成18年度には東京都ドライミスト装置設置事業補助金による秋葉原クロスフィールドでの事例、森ビル株式会社による六本木ヒルズへの導入事例等に代表される実社会への適用事例が増える一方、平成18年度には東京理科大学辻本研究室においてシステムの各素材に関する検討と、システム全体についての幾つかの屋外実験とを繰り返す中で、家庭用の装置など新たな利用形式のドライミストの発展を見た。

本研究は平成18年度に辻本研究室において、従来500m²を超える大規模施設を対象とした噴霧しか実施されなかったドライミストを、家庭でも噴霧できる小規模なレベルまでスケールダウンする過程と、そこで得られた新たな知見を含めてドライミストとは何かを考察すると共に、ドライミストの環境勘定・目標世帯普及率の試算を行った。

2. 家庭用ドライミスト装置開発の方法と過程

2.1 家庭用装置の開発

平成18年6月に従来の高価な汎用高圧ポンプを使用せずに、市販の高圧洗浄機A、7月には高圧洗浄機Bを利用してドライミストの噴霧実験を行った。

また配管系は衛生面で配慮した SUS316 製のステンレスチューブ継手と合成ゴム製高圧ホースを用いた。共に配管の基準サイズを呼び径 1/4 インチに統一した。噴霧ノズルは愛・地球博で使用された 50ml/min・個タイプのノズルを使用することに設定した。この結果、配管についてはパイプ部分で従来の直径 17.3mm から直径 6.35mm まで小型化に成功し、チューブ継手を利用することで設計・組立の手間と工期が大幅に短縮された。また、ポンプ価格も従来使用してきたポンプ価格の 15 分の 1 程度になった。この装置は平成 18 年 7 月 29 日、30 日にドライミストノズル 8 個を使用し、愛知県名古屋市内において初めて民間のマンションに設置した。図 1 に設置後の様子を示す。しかし、ポンプが発する騒音が問題となった。また、高圧

ホースの材質由来の滞留水への臭い移りが発生し衛生面でも課題を残した。平成 18 年 8 月末には合成ゴムホースをテフロン製に変更した装置(ノズル数 12 個)をもう 1 基、民間住宅へ設置した。

2.2 装置の改良

装置改良の目標はこのドライミスト装置が求める条件(圧力水量、騒音、消費電力)に合致する小流量高圧ポンプの検討であった。平成 18 年 10 月に小水量高圧ポンプ A を導入、消費電力が 100~150W 程度と従前のポンプと比較して約 10 分の 1 程度で噴霧に成功した。



図 1: 家庭用に設置された第一世代ドライミスト装置

表 1: 小規模噴霧型ドライミスト装置仕様

	第1世代 (第1期)	第1世代 (第2期)	第2世代
ポンプ	高圧洗浄機A	高圧洗浄機B	小水量高圧ポンプA,B
開発時期	2006年6月	2006年7月	2006年10月(A)、12月(B)
配管仕様	SUS316 チューブ・継手、サイズ1/4	SUS316 チューブ・継手、サイズ1/4	SUS316 チューブ・継手、サイズ1/4
高圧ホース	合成ゴム	テフロン +ステンレス ラス	テフロン +ステンレス ラス
消費電力	1400W	1500W	100~150W
最大吐出圧	8.2MPa	8.2MPa	8.0MPa
ポンプ形式	3連 プランジャー	3連 プランジャー	A:ピストン B:3連 プランジャー
電源	単相100V	単相100V	三相200V
質量	9.0kg	15.7kg	12.0kg
騒音値	90dB	85dB	70dB
水量	60 /分	3~70 /分	~433ml /分
COP	5.78	5.40	53.4~80.9
利点	ポンプ価格安、調達が容易	ポンプ価格安、調達が容易	水量、消費電力、騒音小
欠点	騒音、消費電力、水量過多。ゴム臭発生、衛生面の不安	騒音、消費電力、水量過多。	安定運転・圧力調節難、Aは振動過多、高価。

平成 18 年 12 月 14 日~16 日にはこれを東京ビッグサイトで開催された環境見本市「エコプロダクツ 2006」⁴に出展し公開した。

3. ドライミストと環境勘定

3.1 前提条件

ドライミストの環境緩和作用を森による気温緩和作用と比較し、現実に進められている施策におけるコストなどに置き換えることでその有効性を明らかにする。ここでは表 1 の装置(第 2 世代)をモデルにし、200ml/分のドライミストを噴霧するとした。辻本ら⁵に拠ればクスノキ林の蒸散量は 7.5ml/m²・分であり、森林の蒸散量の代表値

としてこの値を採用することとした。森の貨幣価値のうち、イニシャルコストは地価を、ランニングコストについては高知県が設定した「森林環境税」の税収から荒廃した人工林を自然林に近い混交林に作り変えるために行われた強制間伐に要する予算額を用いた。

3.2 ドライミストの環境勘定

表2に試算されたドライミストの環境勘定を示す。東京23区部に、理想的な小規模噴霧型ドライミスト装置と等価な環境緩和作用を生み出す森を作るコストと、エアコン(冷却作用のみ)を比較した。

表2 ドライミストの環境勘定結果

項目	イニシャルコスト	ランニングコスト(年間)	消費エネルギー 上段: 単位時間 下段: 年間当り	上段: 消費電力 下段: 供給した 冷却量
東京23区部に26.7㎡の森を作り、維持するコスト	¥24,075,390 (*1)	¥53.5 (*2)	N/A	N/A
ドライミストのコスト 有効面積26.7㎡	¥400,000 (*3)	¥1,648 (*4)	¥0.19/㎡・h(*5) 49.8kWh(*7)	0.15kW(*6) 0.16GJ(*8)
エアコン(冷却作用のみ)のコスト	¥92,066 (*9)	¥26,579 (*10)	¥0.60/㎡・h 1,656 kWh(*12)	1.0kW(*11) 1.0GJ(*13)

(*1)第2世代型小規模噴霧型ドライミスト装置(ノズル4つ:仕様50ml/分・個)が噴霧する水量200mlが効果を与える面積(7.5ml/㎡換算で26.7㎡)に対応する東京都の地価を算出した。平成17年1月1日現在、東京23区部における全用途平均の地価は東京都の報道発表資料⁹より901,700円/㎡であった。よって東京23区部平均地価より、仮定したドライミストの有効範囲26.7㎡の地価を計算すれば24,075,390円となる。

(*2)高知県における26.7㎡当たりの強度間伐費用は、3ヵ年平均額を用いれば535.4円/年である。東京23区内に森を作り維持する費用とは、東京23区内任意の場所に更地を設定し、10年に1度の手入れのみで自然に森が成長すると仮定した。

(*3)第2世代ドライミスト噴霧装置の価格は現状の製作費用である価格を基に40万円と設定した。

(*4~*7)夏季に332時間噴霧(愛知万博での実績値)した場合の電気代と水道代を合わせたランニングコスト。

(*8)ドライミスト噴霧総水量(200ml/分×332時間)と気温30℃における水の蒸発潜熱(2,428kJ/g)の積。

(*9)エアコンのイニシャルコストは26.7㎡の室内に適した能力のエアコン価格の平均値⁷。

(*10~*12)ドライミストノズル4個がカバーする面積(26.7㎡、16.2畳)に相当する面積を冷却するために必要な動作時平均消費電力量1.0kWとし、冷房期間3ヶ月間(7月1日~9月30日の92日)、1日18時間使用した場合。電気料金は¥16.05/kWh(東京電力)として試算した。

(*13)水谷傑ら⁸による。また、エアコンのCOPから逆算すれば、COP=6.04とすればほぼこの値に合致する。

3.3 環境勘定の考察

表2のうち網掛け部分でのイニシャル+ランニングコスト比較をする。仮に100年を単位として森を作ると考えれば次式 $\frac{24075390 + 53.5 \times A}{400000 + 1648 \times A} = N$ より、A=100[年]としたとき、Nの値は42.6

となる。つまり、森の持つ様々な価値のうちその約1/40が気温緩和作用に相当すると言えるならば、森の持つ気温緩和作用に相当する価値をドライミストが提供できる、と考えられる。しかし、現在のところ森の価値を総合的に算定する手段は確立されていない。

4. 家庭用ドライミストの目標世帯普及率

東京23区における人工排熱インベントリ⁹を基に、家庭に設置されたドライミスト¹⁰が戸建+集合住宅からの人工排熱(顕熱)の総量を潜熱として処理するのに必要な世帯普及率は、表3に示すように7.6%である。

表3 家庭用ドライミストの目標世帯普及率

人工排熱源の例 (顕熱のみ)	構成比 (%)	排熱量 (TJ/day)	ミスト 噴霧量 ¹¹ (㎡/min)	水道供給 能力 ¹² に対する 割合	目標世帯 普及率 ¹³
自動車	32.1%	505.8	144.7	5.7%	17.4%
戸建+ 集合住宅	14.0%	219.9	62.9	2.5%	7.6%
生産工場・ 清掃工場・ 火力発電所 (顕熱全体)	17.4%	274.3	78.5	3.1%	9.5%
	100%	1574.3	450.3	17.7%	54.3%

5. まとめ

- ①500㎡を超える大規模施設を対象として噴霧されていたドライミスト装置の小型化を試み、高圧洗浄機を利用したドライミスト装置を開発した。
- ②装置に改良を加えたがポンプの振動対策やポンプの小水量化に伴う噴霧圧力保持困難等の改善課題が明らかになった。
- ③ドライミストの環境勘定を行った結果、100年単位では森の持つ価値の1/40が気温緩和作用に相当するならばドライミストが森の気温緩和作用と同等の冷却量を提供できると結論付けた。
- ④家庭用ドライミストの東京での目標普及率を7.6%と試算した。

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に関する研究(第4報)、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会講演論文集2005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に関する研究(第5報)、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会講演論文集2005年

³50ml/min・個タイプのドライミストノズル4つ使用の場合。計算式は以下の脚注5参照。

⁴「エコプロダクツ2006」主催:(社)産業環境管理協会、日本経済新聞社、後援:経済産業省、環境省、文部科学省、国土交通省等。出展規模572社・団体、確定来場者152,966人。日本最大級の環境総合展。

⁵辻本誠「最近気になる用語149ドライミスト」冷凍2003年9月号第81巻第947号

⁶東京都報道発表資料「東京の土地2004土地関係資料集 第7章 地価」2005年6月

⁷価格.com(http://kakaku.com/)による。

⁸「住宅内における用途別エネルギー消費と住まい方の実態に関する研究」2006年11月 日本建築学会環境系論文集 第609号 117-124

⁹「平成15年度 都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書」国土交通省・環境省 平成16年3月

¹⁰3ドライミストの環境勘定で述べた仕様ものを想定。

¹¹試算に用いた水の密度は1000kg/㎡

¹²水道供給能力は平成17年9月8日における東京都区部での最大配水量3673000㎡/dayから算出。「東京の水道」東京都水道局サービス推進部広報サービス課平成18年度第4類第39号

¹³平成17年度国勢調査速報値。東京都区部の総世帯数:4,146,481世帯

*大成建設(当時・卒論生)

**東京理科大学 工学部第二部建築学科教授, 工博

***なごミスト設計(当時・卒論生)

* Taisei Corporation

** Professor, Tokyo University of Science, Dr.Eng.

***Nago-Mist