

## 第1～第3世代小規模噴霧型ドライミスト装置の開発と環境勘定

辻本研究室 5103404 大手山亮





# 目次

## 第 1 章. 序

- 1 -

1.1. はじめに .....	- 1 -
1.2. 研究の背景と目的 .....	- 1 -
1.3. ミスト総論.....	- 1 -
1.3.1. 水の蒸発潜熱が大きいことを利用して、冷房効果をねらう。 .....	- 1 -
1.3.2. アミューズメント利用 .....	- 12 -
1.3.3. 化粧品への応用 .....	- 12 -

## 第 2 章. ドライミストのシステム - 15 -

2.1. ドライミストの基本コンセプト .....	- 15 -
2.2. ドライミストの効果.....	- 16 -
2.2.1 屋根の有無.....	- 16 -
2.2.2 気温の降下.....	- 16 -
2.2.3 湿度の上昇と心理反応 .....	- 17 -
2.2.4 ヒートアイランド緩和への展開 .....	- 17 -

## 第 3 章 ドライミスト使用水についての考察..... - 21 -

3.1. 水道水.....	- 21 -
3.1.1. 水質 .....	- 21 -
3.1.2. 残留塩素概略 .....	- 21 -
3.1.3. 総トリハロメタン概略 .....	- 22 -
3.2. 地下水.....	- 23 -
3.2.1. 水質基準 .....	- 23 -

3.2.2.	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素概略 .....	- 24 -
3.3.	湧水 .....	- 24 -
3.3.1.	基準 .....	- 24 -
3.4.	レジオネラ属菌概要 .....	- 27 -
3.4.1.	レジオネラ属菌の性質 .....	- 27 -
3.4.2.	レジオネラ属菌リスク概要 .....	- 28 -
3.4.3.	レジオネラ症について .....	- 30 -
3.4.4.	水道水におけるレジオネラ属菌 .....	- 31 -
3.4.5.	ドライミストシステムにおけるレジオネラ属菌のリスク検討 .....	- 31 -
3.4.6.	ドライミストシステムにおけるレジオネラ属菌繁殖危険部位の検討 .....	- 31 -
3.5.	水質検討のまとめ .....	- 33 -

## 第 4 章. 小規模噴霧型ドライミスト装置の開発 ..... - 37 -

4.1.	第 1 世代小規模噴霧型ドライミスト装置 .....	- 37 -
4.1.1.	開発概要 .....	- 37 -
4.1.2.	第 1 世代（第 2 期）小規模噴霧型ドライミスト装置の民間への設置 .....	- 38 -
4.2.	第 2 世代小規模噴霧型ドライミスト装置 .....	- 38 -
4.2.1.	開発概要 .....	- 38 -
4.2.2.	第 2 世代小規模噴霧型ドライミスト装置の利点 .....	- 39 -
4.3.	第 3 世代小規模噴霧型ドライミスト装置 .....	- 44 -
4.3.1.	開発概要 .....	- 44 -
4.4.	小規模噴霧型ドライミスト装置のまとめ .....	- 44 -

## 第 5 章. 技術公開 - 46 -

5.1.	無料のブログを利用した技術公開 .....	- 46 -
5.1.1.	公開の目的 .....	- 46 -
5.1.3.	検索キーワードから読むドライミストへの期待度 .....	- 46 -

## 第 6 章. ドライミストの環境勘定 - 49 -

6.1.	環境勘定概論 .....	- 49 -
6.1.1.	環境勘定の分類 .....	- 49 -
6.1.2.	表示単位による分類 .....	- 49 -
6.1.3.	物（量）的環境勘定 .....	- 49 -
6.1.4.	物（量）的環境勘定の長所と短所 .....	- 50 -
6.1.5.	貨幣的環境勘定について .....	- 50 -
6.1.6.	貨幣的環境勘定の長所と短所 .....	- 50 -
6.2.	間接法によるドライミストの環境勘定(その 1) .....	- 50 -
6.2.1.	前提条件 .....	- 50 -
6.2.2.	計算過程 .....	- 50 -
6.2.3.	ドライミストの代替する森林面積と価値 .....	- 51 -
6.2.4.	試算結果 .....	- 51 -
6.3.	間接法によるドライミストの環境勘定(その 2) .....	- 51 -
6.3.1.	前提条件 .....	- 51 -
6.3.2.	試算結果 .....	- 55 -
6.3.3.	勘定結果考察 .....	- 56 -

## 第 7 章. ドライミストとは何か。～今後の展望～ .....

7.1.	目標世帯普及率の試算 .....	- 59 -
7.2.	目標世帯普及率のまとめ .....	- 60 -
7.3.	ドライミストとは何か。普及の観点から。 .....	- 61 -
7.3.1.	二酸化炭素排出量の削減効果 .....	- 61 -
7.3.2.	失われた蒸発潜熱の補填 .....	- 61 -
7.3.3.	小規模噴霧型ドライミスト装置の普及に向けたパッケージ案 .....	- 62 -

## 第 8 章. まとめ - 65 -

## 謝辞 - 67 -

巻末付録：ドライミスト研究・開発 blog\*\*\*\*\*東京理科大学 工学部 建築学科 辻本研究室  
～ドライミストによる環境改善に関する研究開発～2006年5月～2007年2月アーカイブ



# 第1章. 序

(この稿のうち、1.1～2.2.3までは平成15年に東京理科大学 辻本誠教授、及び名古屋大学 奥宮正哉教授により発表された「なごミストについて」を、その後の研究開発による結果を交えて再編成したものである。)

## 1.1. はじめに

ドライミストは平成15年度、16年度の中部経済産業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、辻本誠、奥宮正哉によって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・m<sup>2</sup>のミストを撒く)において小規模<sup>1,2</sup>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ドライミストの完成を果たした。

その後平成17年度には愛・地球博における採用、平成18年度には東京都による資金補助による秋葉原での事例、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、家庭にも適用できる小規模噴霧可能なドライミスト(第1世代、第2世代、第3世代小規模噴霧型ドライミスト装置)など新たな利用形式のドライミストの発展を見た。

## 1.2. 研究の背景と目的

平成17年度までに大規模な施設に対するドライミストのシステムが一応の完成を見た。本研究では平成18年度に辻本研究室において、従来500m<sup>2</sup>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イノベーションの過程と、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。

## 1.3. ミスト総論

愛・地球博で大々的に登場して以来、ミストの利用はさらに多く見られるようになってきた。健康食品メーカーの売り出す洗面器大のミスト発生器(マイナスイオン効果、アロマ効果、加湿効果)や化粧品メーカーによるミスト噴霧式ファウンデーションなどその形態は様々である。

ミストの利用事例をその目的別に分類してみると以下ようになる。

### 1.3.1. 水の蒸発潜熱が大きいことを利用して、冷房効果をねらう。

我々の「ドライミスト」以外にも、日本国内外でミスト噴霧による屋外冷房の手法をと

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 見玉奈緒子他、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

る実例が多く見られる。日本国内では名古屋・栄のオアシス21がこの目的においてドライミストに先行した事例として挙げられる。また、海外の例では実際に確認されたものとして、シンガポールの空港および市内、バンコク市内の屋台やショッピングモール、ヤンゴン鉄道駅で設置されているファンと噴霧ノズルの組み合わせがあった。さらに、パリ：ポンピドゥーセンター裏にあるパスタレストラン入り口、パリの駅、プラハのオープンカフェでもミストを噴霧する事例が報告されている。

以下にいくつかアジアでの事例を紹介する。

図1にはバンコク市北部、BTSの「Mo Chit」駅近く、チャトゥチャック・ウィークエンドマーケット内のある屋台に設置されていたファン付きミスト噴霧装置を示した。図の通り、ミストの質としては「ドライ」なものではなく人のみならず床面まで濡れる性質のものである。しかし、高温多湿であるバンコクの暑い夏<sup>3</sup>では、明確な分析によるものではないが僅かに蒸散し、気温より低温になったミストが肌に直接当たることによって冷却され涼しく感じ、子供達や外国人に人気であった。

図2にはバンコク市中心部「Siam Square」東急百貨店前に設置されていたファン付きミスト噴霧装置を示した。この日は店舗前のオープンスペースで祭りが催されており、多くの人で賑わっていた。しかし前述したように「濡れ」を感じ、さらに床面まで濡れるので噴霧装置の周りには人が集まりにくく、場合によってはその影響範囲を避けて人が通ることも観察された（図3）。このように、床面への濡れとその水が下水へ移動することを考えればエネルギーも水もその分浪費になることが考えられる。図4では、噴霧ノズルの詳細を示した。これによればノズルの材質は真鍮製で配管は溶接式であることがわかる。ノズル交換の手間がかかると思われる。

図5には実際に噴霧に使用されている高圧ポンプを示した。このポンプはデンマークのDanfoss社製との記載があり運転圧力は約65kg/cm<sup>2</sup>と読み取れる（図6）。

図7にはバンコク市北西部、ラチャダピーセーク通り（地下鉄タイカルチャーセンター駅前）沿いのショッピングセンター「Robinsons」のファン付きミスト噴霧装置を示す。柱にいくつも設置される形式であり噴霧高さが約4m程度あり、噴霧されたミストは通行人の顔の高さに達する頃には大部分気化し濡れを感じにくい設置方法であった。これとほぼ同様の装置、設置方法でミャンマー：ヤンゴン駅のプラットホームの一部にもファン付きミスト噴霧装置が設置されていた。（軍事上の利用により撮影不可。）

図8にはパリのポンピドゥーセンター付近で撮影されたスパゲティ店に設置されたミスト噴霧の様子を示す。

図9, 10にはマルセイユ国鉄駅に設置されたミスト噴霧装置を示す。比較的大空間におけるミスト噴霧の実例として貴重な事例である。東京ビッグサイトや幕張メッセのような規模の展示場などの大空間ではこのようなミストを使った空調が広まる可能性もある。

これと似た方式で、屋外に適用された例が図11のプラハにおける事例である。柴田<sup>3</sup>によればプラハの気象は我々が日本で設定しているドライミスト噴霧開始条件を超えることが少なくヒートアイランド緩和と言う意味で噴霧を行っているのではないと思われる。

<sup>3</sup> 「気象データから見たドライミストの適応性」柴田由希 2006年度 辻本研究室卒業論文

図12～14にはシンガポールでのミスト噴霧の例を示す。前出の柴田によれば、シンガポールはプラハとは対照的に、高温多湿の気象条件が続くことによって気化熱を奪って気温を下げる目的でのドライミストの噴霧は適さないという報告がなされている。しかし、図1で示したような、水滴が直接人に当たることで感じられる涼感の効果は否定しておらずミスト噴霧が全く意味を持たないとは言えない。

図15にはカンボジアでのミスト噴霧事例を示す。カンボジアに関しては気象データの分析を行っていないので今後ミスト噴霧の効果予測の調査が必要である。

図16ではミスト噴霧装置ではないものの、水の蒸発潜熱が大きいことを利用して、冷房効果をねらう装置として「エア・クーラー」の例を示した。ここではインドのものを示したが東南アジアの他のいくつかの都市でもこの装置を見かけることがある。仕組みは、箱の内部にファンが設置してあり、側面に水を含ませたフィルター(図16、17では植物質のものが使われている)が備わっている。ファンが回ることでこのフィルターを通して外気を取り込んで正面から冷たい風が吹き出す、というものである。しかし、この装置は第3章で述べるレジオネラ渦の懸念があり衛生面では問題があると考えられる。



図 1：チャトゥチャック・ウィークエンドマーケットのファン付きミスト噴霧装置



図 2：バンコク「Siam Square」東急百貨店前に設置されていたミスト噴霧装置



図 3：ファン付きミスト噴霧装置の近傍には人がまばら。濡れるからか。



図 4：図 2,3 のミスト噴霧装置に使われているノズル。真鍮製と思われる。噴角が広い。



図 5 : 図 2,3,4 のミスト噴霧装置のポンプ部。デンマークの Danfoss 社製。



図 6 : 図 2,3,4 のミスト噴霧装置運転時の圧力。約  $65\text{kg/cm}^2$  (約  $6.4\text{MPa}$ ) と読める。



図 7(左右) : バンコク市北西部、ラチャダピーセーク通り沿いのショッピングセンター「Robinsons」のミスト噴霧装置。



図 8 : パリ、ポンピドーセンター付近、スパゲティ店でのミスト (撮影 : 吉田治典)



図 9：フランス・マルセイユ国鉄駅のミストの例(1) (撮影：山田健太郎)

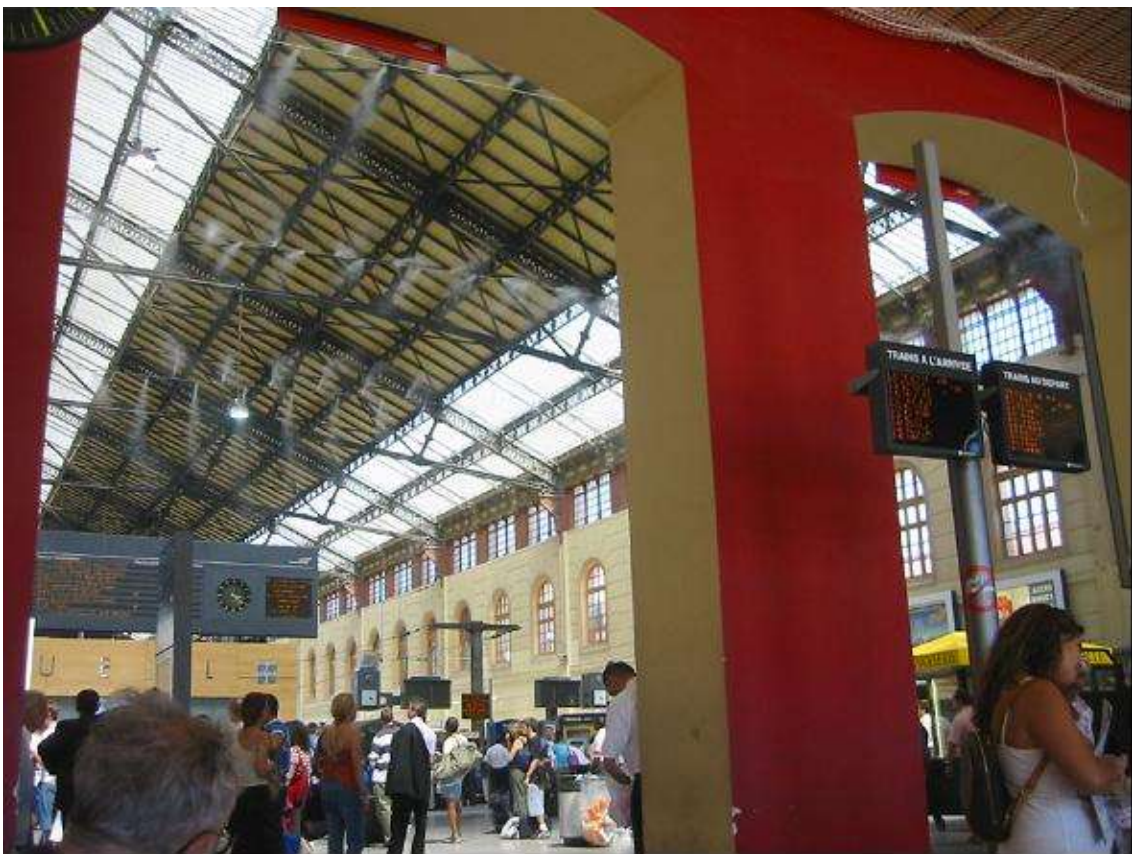


図 10：フランス・マルセイユ国鉄駅のミストの例(2) (撮影：山田健太郎)



図 11：プラハでのミスト噴霧装置の例（撮影：佐藤歩）



図 12：シンガポールのミストの例(1)（撮影：奥宮正哉）



図 13 : シンガポールのミストの例(2) (撮影 : 奥宮正哉)



図 14(左右) : シンガポールのミストの例(3) (撮影 : 奥宮正哉)



図 15 : カンボジア シェムリアブ(アンコールワット)近郊におけるミストの例



図 16 : インド、アグラ(タージマハル)にある安宿に置かれた「エア・クーラー」の例。  
ミストを噴霧するものではない。側面に水を含ませた植物質のフィルターが備わっており、  
箱の内部のファンが回るとそのフィルターを通して吸気し、正面から冷気を噴出する。



図 17：図 14「エア・クーラー」の植物質のフィルター。ここを通して吸気する。  
レジオネラ渦(第 3 章参照)が懸念される。

以上のように水の蒸発潜熱が大きいことを利用して、冷房効果をねらう装置の例を列挙したが、アジア・ヨーロッパ各都市で見られた装置に対し現在我々の「ドライミスト」の技術的課題は、いかに小さなエネルギーでミスト噴霧を行うか、どのようなポンプを使用し、どのような配管を使用するか、またどのように湿度・風との関係でミスト噴霧を制御するかどうか、である。

### 1.3.2. アミューズメント利用

a:霧が漂うことでもたらされる幻想感、清涼感を狙ったタイプである。水の蒸発潜熱が大きいことを利用して、冷房効果をねらうタイプと大きく異なる点は霧(ミスト)がすぐに消えては困るので、使用水量が随分多く、水滴としての密度も高いので、壁面等への付着、水滴化による「無駄」が多いことが挙げられる。エネルギー的にも多消費型と考えられる。立川市・国営昭和記念公園(こどもの森)に設置されていたものが例として挙げられる。

b: 光に対するミストの乱反射性、不透過性を利用して映像スクリーンや照明効果など光に関係するアミューズメントの素材として用いるタイプのである。これも現在のところ基本的には前述の応用利用である。図18に光とミストを併用した例として東京都文京区「東京ドームシティLaQua」の事例を示す。

### 1.3.3. 化粧品への応用

化粧品メーカーからファンデーションを機械的に微細なミスト状にし、顔面に噴霧する製品が2006年9月21日に発売された(図19)。厳密には「塗装」に近いのでドライミストと

は異なるが、スラリー状のファンデーションを人に向けて機械的に微細噴霧する点で類似点を見出している。



図 18：光利用型の例。東京ドームシティ「LaQua」



図 19：化粧品へのミストの応用事例。SK-II「エアータッチファンデーション」



## 第2章. ドライミストのシステム

### 2.1. ドライミストの基本コンセプト

ドライミストの基本的なコンセプトは以下の3つである。

- ① 森の蒸散量を基準とする
- ② 居住域では水滴を感じさせない
- ③ エネルギー消費量をできるだけ小さく

図 20 に基本的なドライミストシステム概念を示す。

①に示した「森の蒸散量」については、クスノキ林の真夏の蒸散量(7.5ml/分/m<sup>2</sup>)<sup>4</sup>を基準としている。辻本らに拠れば、この散布量は日本の都市内の広域に散布することも想定して、多すぎもせず、少なすぎることもない量である<sup>5</sup>。また、ドライミストは樹を植えることのできない場所（道路、公開広場など）に森の持つ冷却効果を与えることができ、ヒートアイランド抑制が期待できる。

②に挙げた水滴が居住域に届かないことをコンセプトにしたのは、公共空間では不快を訴える人が出るのではないかという判断に基づく。そういう訴えが出ればシステムそのものが受け入れられなくなる恐れがある。しかし、平成18年度に六本木ヒルズでアンケート調査を行った<sup>6</sup>結果全く水滴が触れないよりも僅かに水滴に触れる方が涼感を感じると答える回答者が多かったので、単純な気化熱による気温降下と共に、気温よりも低い温度（日本では肌の表面温度よりも確実に低い）の微小水滴が肌に触れ、肌の表面温度が下がることにより感じられる涼感もドライミストの新たに評価すべき「快適さ指標」になり得るだろう。

③に挙げたエネルギー消費量の極小化の試行錯誤は圧縮空気を噴出して水を誘引する2流体のノズルとの比較などから、現在の60気圧(6.0MPa)に加圧した水を直接送り込み噴霧する1流体ノズルが選択されている。エネルギー消費の実績値としては愛知万博グローバルループでのCOP300が挙げられる。これに準拠した同じ方式の小型化を目指した。平成18年度11月の時点で40ml/個・分のドライミストノズル(霧のいけうち社製KBN80031)を8つ使用したユニットにおいて、合計流量320ml/分あたりの消費電力は、ドイツSera社製ピストンポンプ「R409.1-26K.1/20」を使用した場合に150Wであったので、実際のm<sup>2</sup>あたりの電気使用量は3.52W(KBN80031ノズル1個あたり18.7W)となっている。この値は噴霧ノズル数を多くし、流量の多いポンプを使い、かつミストに出来ない余剰水を排出しないことなどでさらに小さくなってゆく。逆に平成18年7月に東京理科大学辻本研究室が開発した第1世代小

<sup>4</sup> 辻本誠、奥宮正哉、原田昌幸「ミスト蒸散効果を利用したヒートアイランド対策—そのコンセプトと初歩的検討—」2003年

<sup>5</sup> 辻本誠「ドライミスト発生装置とその効果について」MATERIAL STAGE Vol.5, No.9 2005 p85

<sup>6</sup> 細野美晴「ドライミスト環境下におけるアンケート調査 ～ミスト噴霧状態と心理量～」2006年度辻本研究室卒業論文

規模噴霧型ドライミスト装置など小規模噴霧のために流量の大きい高压ポンプを使用するとこの値は大きくなることは自明である。

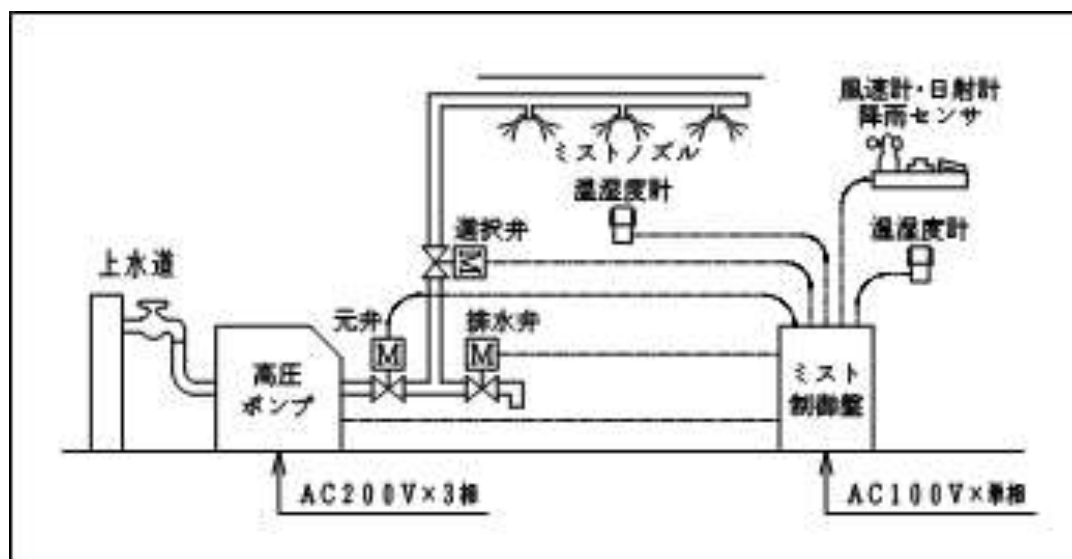


図 20：ドライミストシステム概念図

## 2.2. ドライミストの効果

### 2.2.1 屋根の有無

元々はヒートアイランド緩和を目的としたシステムであるため、屋根無しの屋外を対象としていたが、実際に実験ができる小規模なスケールでは、平成15年度の実験<sup>7,8</sup>で明らかにされたように日射の影響が大きすぎて効果が顕著に現れない。この結果と半屋外空間の夏季の環境改善をシステムの新たな対象範囲にすることを視野に入れ、以下の2.2.2、2.2.3の分析を行った。なお、熱の発生がある、閉鎖されて換気のない空間（一般的な建築空間）へのミストの直接散布は、湿度が100%に近づけば温度降下が起こらなくなるので基本的に対象外である。

### 2.2.2 気温の降下

平成18年度秋葉原や六本木ヒルズでのドライミスト噴霧結果で分かるように、約2.0℃の温度降下を得ている<sup>9,10</sup>。このことは、名古屋市で市民団体が行った市内緑地との比較調査<sup>11,12</sup>などで、夏季、終日2～3℃の差があることが報告されていることとも整合する。ただし、

7 林啓紀ほか、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、空調調和・衛生工学会学術講演論文集、2004.9

8 見玉奈緒子ほか、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）

9 株式会社 クロスフィールドマネジメント 『冷んやリフト』平成18年度 運転結果報告（ドライミスト噴霧結果報告）2006年10月10日

10 森ビル株式会社 省エネルギー型外気冷却システム「ドライミスト」 効果測定報告 2006年09月25日

11 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ワーク、1991年8月4日

12 坪井宣治、市街地街路空間の温熱性に関する研究、名古屋大学工学研究科地圏環境工学専攻修士論文、2000.3

測定精度を論じる場合、微小な水滴が混在する空気の温度は、たとえ微小でも水滴の蒸発潜熱が大きいいため、空間的、時間的に大きく変動していて測定が困難なことも事実である。特に測定端子に水滴が付着すると、極端な場合は露点温度を測定することになり、蒸散効果を過大評価するおそれがあり測定には注意が必要である。ドライミストをこの種の計測器を含む制御系と組み合わせて運転する場合は特に注意が必要である。

### 2.2.3 湿度の上昇と心理反応

ドライミストでは水を非常に微細なミスト状に散布することから明らかなように気温は約2.5℃降下するが、必然的に湿度が平均で10%程上昇する。ドライミストシステムの説明に際しても「湿度が上昇して不快感が増さないか」との質問が確実にあり、これに答えることは重要な課題である。

まず実測値での湿度上昇であるが、平成18年8月6日に東京理科大学九段校舎北棟辻本研究室テラスで測定された図21、図22、図23のような結果を用いて述べる。

この温度と湿度の動きは、図24に矢印で示された等エンタルピ線上での変化になっている。これを受けて、従来の研究結果から課題に答えると、屋内での定常状態の温度・湿度下における快適性については、ASHRAE (Koch ほか、1960) の研究成果 (相対湿度75%までは気温が温冷感を決める) があり、図24の湿り空気線図上のそれぞれの赤太線の位置で被験者がその温冷感を示す比率が最も高くなる。つまり、この赤太線より右側では50%以上の被験者がその温冷感を訴えるということである。これに対し、ミスト散布を相対湿度75%までで制御して行うことができれば、環境は図中の矢印上を移動するので、過半数が暑いとは言わない環境、すなわち「暑い」から「少し暑い」の間の環境へシフトできる。すなわち、「ミストによる温度降下で暑さが和らげられる効果が、湿度上昇で暑さが増す効果を上回る」と予測できる。柴田に拠れば<sup>13</sup>全国主要都市においてミスト散布による温度降下が期待できない条件 (気温30℃以上かつ相対湿度70%以上としている) は年間に数時間である。

### 2.2.4 ヒートアイランド緩和への展開

辻本ら<sup>14</sup>によれば、外気温度が2℃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5.0%向上する。この結果、ミスト蒸散システム稼動中は周辺の建築物で、空調消費エネルギーが約10%削減される。以上からミスト散布のためのエネルギーが1.5W/m<sup>2</sup>あれば、ミスト蒸散の空間と建築物の空間が一致しているとして、空調消費エネルギーが15W/m<sup>2</sup>程度を超えるような都市空間 (全電気) では、ミスト蒸散によるヒートアイランドの緩和が、省エネルギーと共存できる。

<sup>13</sup> 「気象データから見たドライミストの適応性」柴田由希 2006年度 辻本研究室卒業論文

<sup>14</sup> 辻本 誠 「ミストの蒸散効果を利用したヒートアイランド対策—そのコンセプトと初歩的検討—」2003年

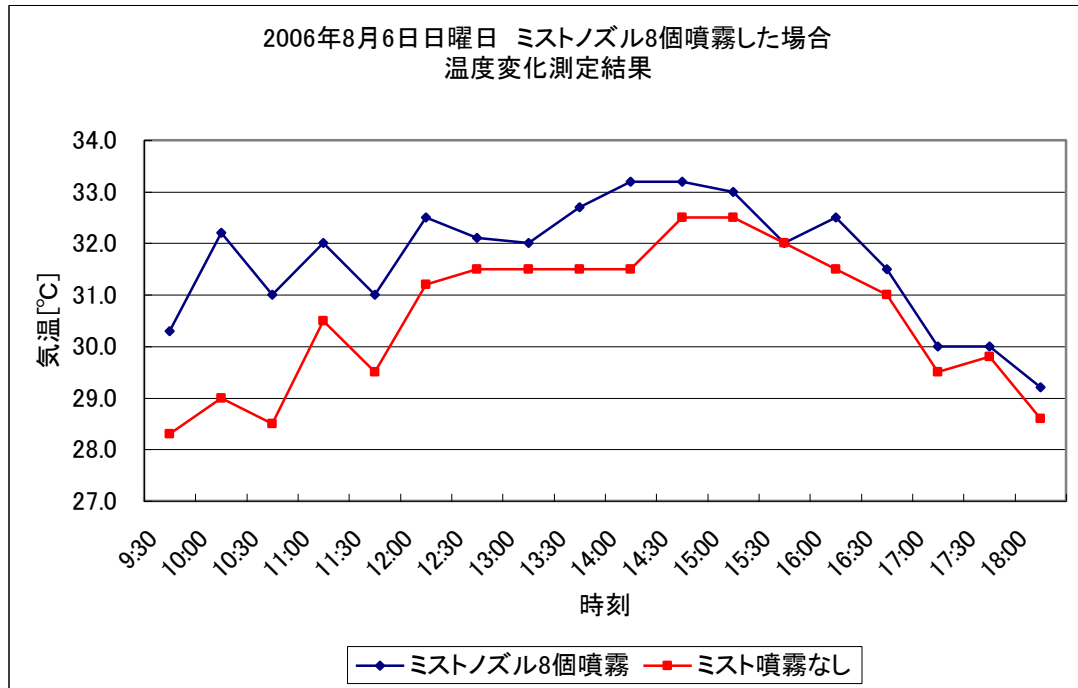


図 21 : ドライミストノズル 8 個噴霧した場合の温度変化

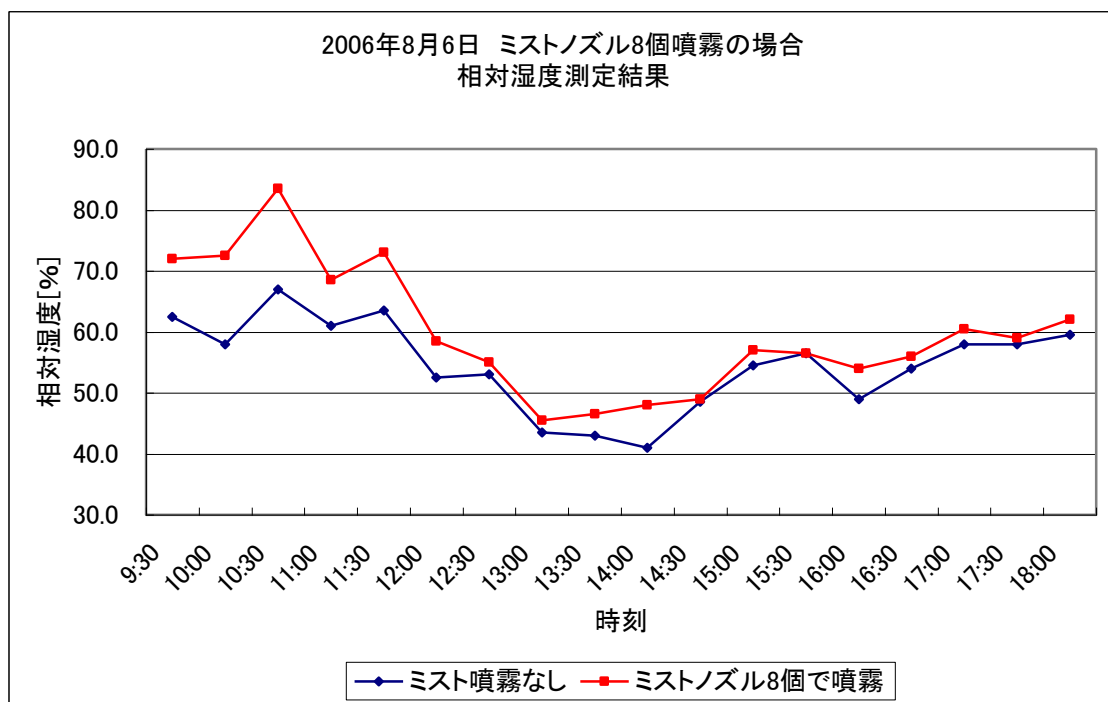


図 22 : ドライミストノズル 8 個噴霧の場合の相対湿度変化

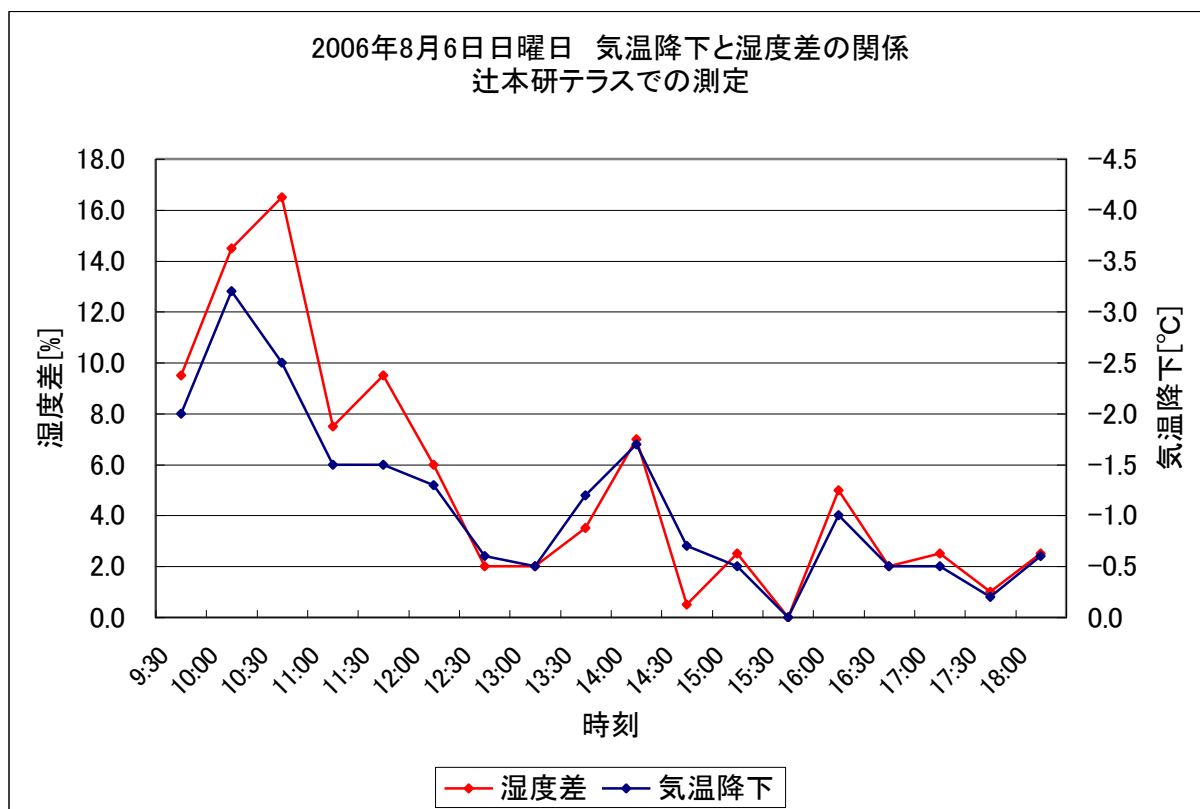


図 23 : ドライミスト噴霧による気温降下と湿度差の関係

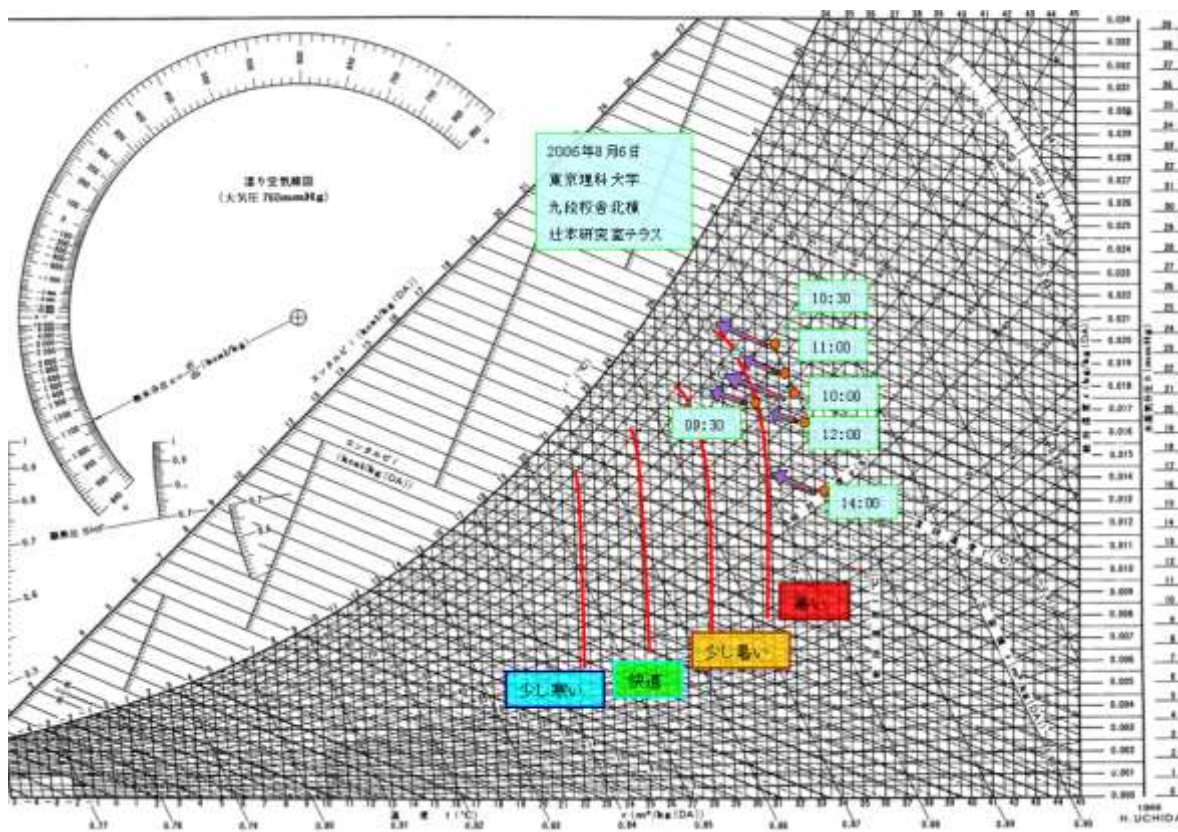


図 24 : 湿り空気線図上での温冷感とドライミスト噴霧実測データによる状態変化



## 第3章 ドライミスト使用水についての考察

ドライミストに関わる「水」そのものについて、健康影響の視点から調査検討を行った。

### 3.1. 水道水

#### 3.1.1. 水質

水道法の目的である「清浄な水の供給」を確保する為に水道法第4条では大きく2つの観点から「清浄な水の要件」を示している。1つは人の健康に対して悪影響（急性および慢性）を生じさせないという点、もう1つは異常な臭味や洗濯物などへの着色などの生活上の障害をきたさないという点である。

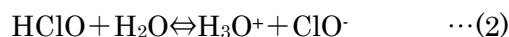
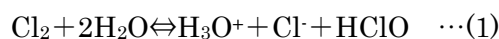
平成16年改正を経た現在の水質基準項目は50項目定められており、この他に水質管理目標設定項目27項目、要検討項目、その他の項目などと整理されている。

水質基準項目はWHOガイドライン第3版で取り入れられた考え方に従って水質基準項目とすべき物質を選定している。具体的にはまず数々の毒性評価から飲料水中の許容濃度を算出して評価値とし、浄水から評価値の1/10に相当する濃度を超えて検出されるか、検出される恐れのある物質を水質基準項目として選定してある。

水質管理目標設定項目は水質基準には該当しないものの、場合によっては浄水において評価値の1/10に相当する濃度を超えて検出される恐れのある項目、とされている。こちらは定期水質検査義務がないのだが毒性評価が暫定的であるゆえに分類されているものも含まれているので継続的な水質検査と監視が必要であるとされる<sup>15</sup>。

#### 3.1.2. 残留塩素概略

残留塩素は実は水質基準項目ではなく、「水質管理目標設定項目」の第16項に分類されている。目標値は1.0mg/l以下。WHOガイドライン第3版では暫定的に5.0mg/lとされており実際には0.6~1.0mg/lの値が示されている。残留塩素が生じるメカニズムを図25に示す。



※(1)、(2)の反応が続けて起こる。

図 25 : 残留塩素生成のメカニズム

このように、浄水中のpHに依存して殺菌力を持つ次亜塩素酸HClOが生成することがわかる。(次亜塩素酸イオンClO<sup>-</sup>にも殺菌力はあるが次亜塩素酸よりは弱い。) 残留塩素のう

<sup>15</sup> 日本環境管理学会編「改訂3版 水道水質基準ガイドブック」丸善 2003年

ち遊離残留塩素として問題となるのは上記の塩素 (Cl<sub>2</sub>)、次亜塩素酸 (HClO)、次亜塩素酸イオン (ClO<sup>-</sup>) である。

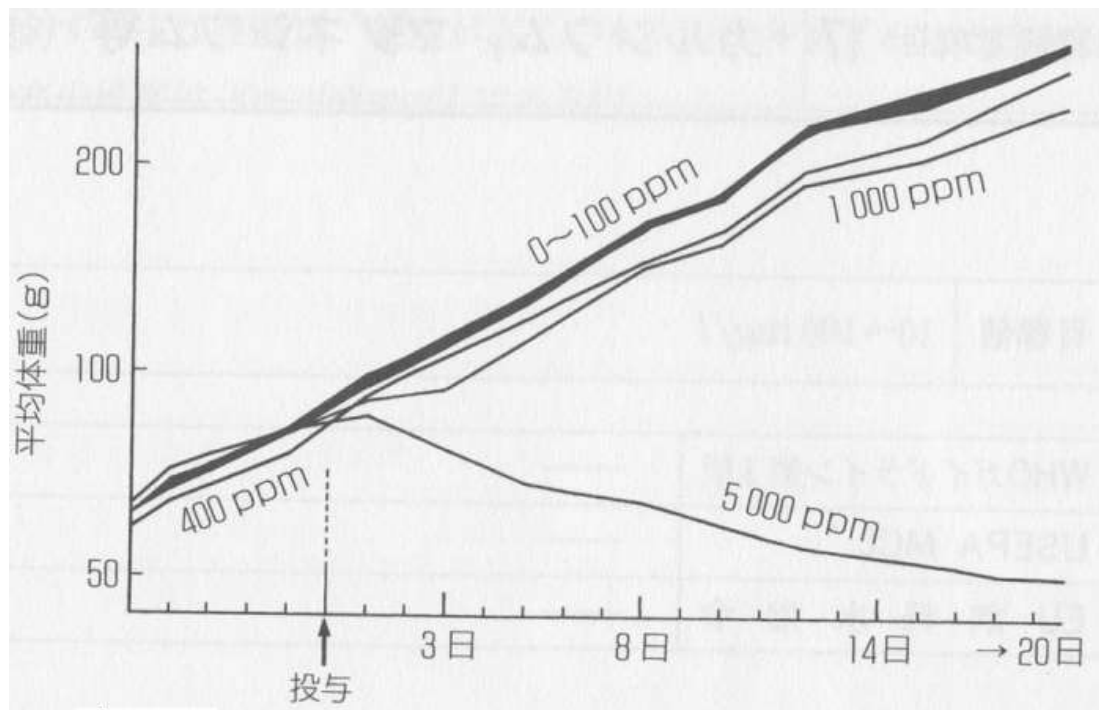
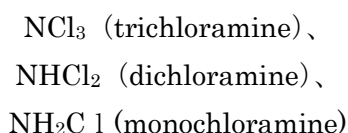


図 26 : 次亜塩素酸ナトリウム投与群(ラット)の平均体重

そのほかに結合残留塩素が生じることがあり、浄水中に含まれるアンモニアに塩素を注入すると主に



が生成する。これらは加水分解によって次亜塩素酸 HClO を生じ消毒作用を示す。残留塩素を有する水の健康影響だが、次亜塩素酸ナトリウムを 0ppm から 5000ppm に調整した飲料水をラットに与えたときの体重変化を調べた研究によると、5000ppm に調整した飲料水を飲ませた場合にのみ明らかな体重減少が生じた<sup>16</sup>。図 26 にグラフを示す。

### 3.1.3. 総トリハロメタン概略

総トリハロメタンは水質基準項目 26 項に挙げられており実は残留塩素よりも扱いが大きい。基準値は 0.1mg/l 以下である。トリハロメタンはその名のとおりメタン分子の 4 つの水素原子のうち 3 つをハロゲンに置換した物質の総称である。水道水中で問題となるのは  $\text{CHCl}_3$ 、Chloroform、 $\text{CHBr}_3$  bromoform、 $\text{CHBrCl}_2$  Bromodichloromethane、 $\text{CHBr}_2\text{Cl}$  Chlorodibromomethane の 4 種である。トリハロメタンは水中で主に塩素と、水中に偶然に存在する塩素イオンと天然に由来する有機物が反応して生成する。各国から収集したデータによれば塩素処理した浄水中のトリハロメタン濃度は一般的に原水中の濃度よりも高い (原水中にはほとんど検出されない)。トリハロメタンの前駆物質は自然界に由来するも

<sup>16</sup> 藤本進:モダンメディア、Vol.29 No.2 (1983)

のであるからし尿、下水処理排水中に多く含まれる。

飲料水中のトリハロメタンは、有機物量、水温、pH 値が各々高く、また塩素注入時から時間が経つほど生成量が大きくなる。したがって水温の高くなる夏季にはトリハロメタン濃度が高くなる傾向がある<sup>17</sup>

トリハロメタンの健康影響については、CHCl<sub>3</sub> Chloroform に関して急性毒性で主に肝臓への障害、慢性毒性として主に精神障害、発がん性が知られている。CHBr<sub>2</sub>Cl Chlorodibromomethane に関しては発がん性について知見が得られていないという。CHBrCl<sub>2</sub> Bromodichloromethane については経口摂取で中程度の毒性を示し、発がん性が知られている。CHBr<sub>3</sub> bromoform については CHCl<sub>3</sub> Chloroform よりも毒性が強く局部粘膜刺激があり蒸気吸引によって肝臓障害が認められている 図 27 に Chloroform と bromoform の発ガン試験結果を示す<sup>18</sup>。

	種	系統	実験方法				
			性	匹数	投与方法	実験期間	
CHCl <sub>3</sub>	マウス	5A	雄 雌	30	経口 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6m/kg	4 か月	肝臓癌
	マウス	B6C3F1	雄 雌	50	経口 138, 227mg/kg	92~93週間	肝線維芽細胞癌
	ラット	Osborne-Mendel	雄	50	経口 238, 477mg/kg	92~93週間	腎上皮細胞癌
			雌	50	経口 90, 180mg/kg	111 週間	腎上皮細胞癌
	ラット イヌ マウス	Sprague-Dawley Beagle ICC-Swiss C57B1 CVA CF/I	雄	50	経口 100, 200mg/kg	111 週間	甲状腺癌
			雌	50	経口 17, 60mg/kg	5 か月	なし
			雄	50	〃	〃	なし
			雌	50	〃	〃	なし
雄			50	〃	〃	なし	

図 27：トリハロメタンの発ガン試験

## 3.2. 地下水

### 3.2.1. 水質基準

地下水の水質基準は環境基本法第 16 条の規定に基づき、カドミウム等 26 項目について、人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準（環境基準）を設定している。また同時に水質汚濁防止法に基づく規制も適用されている。

環境省が平成 16 年度にまとめた地下水の調査結果<sup>19</sup>によれば、水質基準を上回る超過率の高い物質は「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素 NO<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>:5.5%（群馬県では 27.6%）」、「砒素 2.0%（島根県は 33.3%）」、「フッ素 0.5%」、「テトラクロロエチレン 0.5%」、「トリクロロエチレン 0.4%」である。

<sup>17</sup> 日本環境管理学会編「改訂 3 版 水道水質基準ガイドブック」丸善 2003 年

<sup>18</sup> 日本建築学会編「建築・都市の水環境調査法」丸善 平成 7 年 p306 表 5.11

<sup>19</sup> 環境省 H16 地下水調査結果 [http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=7508&hou\\_id=6663](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=7508&hou_id=6663)

### 3.2.2. 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素概略

このうち近年問題視されている硝酸性窒素および亜硝酸性窒素に関して、国立環境研究所の説明<sup>20</sup>によれば「亜硝酸性窒素は亜硝酸塩として含まれている窒素のことで、水中では亜硝酸イオンとして存在する地下水汚染の原因物質。硝酸性窒素と同様、肥料や家畜の糞尿や生活排水に含まれるアンモニウムが酸化されたもので、きわめて不安定な物質で、好気的環境では硝酸性に、嫌気的環境ではアンモニウム性に速やかに変化する。作物に吸収されずに土壤に溶け出し、富栄養化の原因となる。また人に与える影響としては、嘔吐、チアノーゼ、虚脱昏睡、血圧低下、脈拍増加、頭痛、視力障害等が見られる。」との事である。また、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は水道水の水質基準の第10項にも定められており急性毒性として成人の場合致死量：硝酸カルシウム：54~462mg/kg、亜硝酸ナトリウムで32~154mg/kg、体重4kgの乳児以外の人口群では硝酸性窒素濃度で111mg/lが最大無作用量として立証されているという<sup>21</sup>。

最も憂慮すべきは、人口構成の中では体重4kg乳児について、摂取した亜硝酸塩を直接、または生体内の硝酸塩の還元で生じる亜硝酸塩を原因とするメトヘモグロビン血症（赤ちゃんの血液が酸欠状態になり全身が真っ青になってしまう、別名ブルーベビー症）誘発に最も敏感であるという点である。中でも大部分は出生後3ヶ月以内、遅くとも1年以内に限って発生する。WHOでは11.29mg/l以上含有する水については中毒発生の可能性がある」と指摘している。幸いにも日本でメトヘモグロビン血症の発症例は殆どないという。

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は通常の浄水方法では除去できず、生物処理、イオン交換、逆浸透により除去することができるが、コスト面で問題が残る。

## 3.3. 湧水

### 3.3.1. 基準

サンプルとして平成12年度東京都が調査した都内30箇所の湧水の水質調査結果を参照した<sup>22</sup>。表1に調査結果の引用を示す。

これに拠れば、ほぼすべての湧水に水道法上飲み水に適さないとされる大腸菌が検出されている。湧水自体は生活のために利用するなどの目的に応じて適用する基準等が変わってくると予想され、ミストにして人間の口から体内に入ることを考えると何らかの浄水処理をせずにドライミストに供することは難しいと思われる。

人間の飲用に用いるためには水道法に拠る水質基準をクリアすることが必要であり、少なくとも大腸菌については対策を講じる必要がある。大腸菌の殺菌には加熱、紫外線照射などの方法がとられる。その他、水道水の基準に適合するような前処理が必要になることは間違いがなく、コスト対効果の面から検討する余地が大いにある。

しかし、コストを度外視しアトラクションとしてのミストを企画する際には処理されたミネラルウォーター等を水源とした贅沢なドライミストの噴霧も可能であろう。

<sup>20</sup> EICネット（独）国立環境研究所 <http://www.eic.or.jp/>から引用。

<sup>21</sup> 日本環境管理学会編「改訂3版 水道水質基準ガイドブック」丸善 2003年

<sup>22</sup> 東京都環境局自然環境部水環境課 <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/sizen/yuusui/index.htm>

表 1：東京都内の湧水の水質調査結果(平成 12 年度)

調査地点		豊水期	渇水期	気温	水温	色相	臭気	透視度	pH 値	全窒素	硝酸性窒素	亜硝酸性窒素	塩化物イオン	電気伝導率	全硬度	大腸菌群数	湧水量
		平成 12 年	平成 13 年	℃	℃			度		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mS/m	mg/L	MPN/100ml	L/分
1	明治神宮 (清正の井)	10月4日		19.8	17.3	無色	無	50以上	6.2	4.28	4.26	0.002未満	10	13.1	—	10	46.3
			2月1日	8.8	15.7	無色	無	50以上	6	4.11	3.82	0.002未満	10	14.3	43.9	0	39.6
2	原寺分橋下	10月4日		22.6	16.8	無色	無	50以上	6.2	7.84	7.62	0.002未満	16	23.6	—	7	3100
			2月22日	18.1	16.1	無色	無	50以上	6.3	8.88	7.33	0.002未満	16	23.3	79.6	0	1140
3	おとめ山公園	10月4日		20	19.3	無色	無	50以上	6.3	6.21	5.99	0.002未満	20	30.5	—	140	44.1
			2月1日	8.2	14.7	無色	無	50以上	6.6	7.46	6.88	0.002未満	20	31.1	93.9	16	29.6
4	水川神社	9月26日		24.4	18.5	無色	無	50以上	6.1	13.2	11	0.002未満	27	33.9	—	7	45.6
			1月24日	8.1	16.1	無色	無	50以上	6.5	10.3	8.67	0.002未満	26	32.4	87.5	0	23.1
5	弁天池児童遊園	9月26日		25.5	21.4	無色	無	50以上	6.4	8.32	7.76	0.002未満	19	28.9	—	84	25.2
			1月24日	7.5	13.6	無色	無	50以上	7	7.46	7.02	0.002未満	19	27.5	77.8	0	10.6
6	六郷用水 (三菱山)	9月26日		24.7	18	無色	無	50以上	6.6	5.12	5.12	0.002未満	14	25.6	—	36	2.1
			1月24日	7.4	14.3	無色	無	50以上	7.3	4.06	3.82	0.002未満	12	25.3	80	0	0.3
7	赤羽自然観察公園	9月19日		25	18.9	無色	無	50以上	6.8	6.17	5.75	0.002未満	17	38.2	—	210	99.6
			2月5日	7.6	16.4	無色	無	50以上	6.7	5.5	5.42	0.002未満	16	37.5	149	4	63.5
8	清水山憩いの森	9月19日		23.3	17.6	無色	無	50以上	6.2	5.56	5.01	0.002未満	16	21.5	—	39	164
			2月5日	6.6	15.4	無色	無	50以上	6.5	5.69	5.13	0.002未満	15	20.8	55.1	2	50.5
9	不動の滝 (板橋)	9月19日		20.2	18.2	無色	無	50以上	6.9	7.85	8.22	0.002未満	33	34.9	—	130	4.8
			2月5日	5.7	12.6	無色	無	50以上	7.3	8.89	8.67	0.002未満	30	36.1	107	33	1.9
10	矢川緑地 (池中央)	9月27日		23.5	18.8	無色	無	50以上	6.4	5.04	5.07	0.002未満	10	25.6	—	24	201
			2月2日	6.4	15.6	無色	無	50以上	6.6	3.31	3.44	0.002未満	9	24.3	81.6	0	84.1
11	親水公園 (公社大蔵)	9月25日		21.4	17.5	無色	無	50以上	6.1	6.23	5.91	0.002未満	18	24.3	—	76	274
			1月25日	5.5	16.7	無色	無	50以上	6.4	7.89	6.47	0.002未満	15	24.3	71.7	14	181
12	等々力不動尊	9月25日		21.1	18.4	無色	無	50以上	7.3	7.93	8.09	0.002未満	16	23.4	—	41	70.7
			1月25日	4.1	14.2	無色	無	50以上	7.1	8.49	7.76	0.002未満	15	23.3	63.2	2	44.9
13	野川公園 (三鷹市)	9月28日		26.1	15.1	無色	無	50以上	6.1	5.88	5.93	0.002未満	10	19.2	—	0	605
			2月22日	18.2	16.1	無色	無	50以上	6.2	7.07	6.56	0.002未満	11	20.1	66.3	2	596
14	都立農業高校 神代農場	9月28日		24.1	15.4	無色	無	50以上	6	10.7	8.65	0.002未満	12	22.6	—	2	747
			2月22日	19.4	16.3	無色	無	50以上	6.2	8.56	8.35	0.002未満	12	22.4	75.5	2	502
15	貫井神社	9月28日		23.8	16.8	無色	無	50以上	6.1	8.06	8.19	0.002未満	13	22.7	—	0	209
			2月22日	17.1	16.3	無色	無	50以上	6.2	9.11	8.4	0.002未満	13	24	79.6	0	109
16	真姿の池 (合流点前)	9月28日		23.1	16.9	無色	無	50以上	6.1	5.42	5.1	0.002未満	11	18.9	—	2	1050
			2月22日	15.9	15.9	無色	無	50以上	6.3	5.82	5.93	0.002未満	10	19.9	65.3	2	396
17	日立中央研究所	9月28日		24	16.9	無色	無	50以上	6.2	7.37	6.56	0.002未満	19	23.8	—	2	5230
			2月22日	15	16.1	無色	無	50以上	6.4	8.08	7.22	0.002未満	16	23.6	83.7	0	553
18	南沢緑地 保全地域内	9月19日		24.3	17.1	無色	無	50以上	6.1	9.27	7.56	0.002未満	14	24.9	—	0	6990
			2月5日	9.7	17	無色	無	50以上	6.3	8.47	7.09	0.002未満	13	23.8	81.6	29	6530
19	竹林公園(池)	9月19日		24.8	16.9	無色	無	50以上	6.1	9.4	8.6	0.002未満	16	23.8	—	7	1780
			2月5日	8.8	16.9	無色	無	50以上	6.3	7.63	7.31	0.002未満	15	23.6	79.6	2	1760

20	ママ下湧水	9月27日		25.7	18.9	無色	無	50以上	6.5	9.79	7.73	0.002未滿	10	29.3	—	120	2200
		2月2日		8.3	17.2	無色	無	50以上	6.7	3.98	3.97	0.002未滿	10	27.3	95.9	13	1470
21	諏訪神社	9月20日		28.4	19	無色	無	50以上	6.4	10.5	9.24	0.002未滿	7	27.3	—	4	787
		2月19日		16.3	16.5	無色	無	50以上	6.6	9.14	9.14	0.002未滿	8	24.9	91.8	2	180
22	和田町一丁目湧水	9月20日		21.1	14.7	無色	無	50以上	6.2	3.43	3.61	0.002未滿	5	15	—	15	101
		2月19日		11.3	14.6	無色	無	50以上	6.9	2.65	2.62	0.002未滿	4	13.4	53.1	0	30.8
23	黒川清流公園 (湧水池)	9月27日		22	17.1	無色	無	50以上	6.2	5.22	5.15	0.002未滿	17	23.4	—	5	1220
		2月2日		4.9	15.5	無色	無	50以上	6.6	6.63	5.79	0.002未滿	18	26.4	98	2	492
24	白滝神社(流下)	9月20日		24.7	17.7	無色	無	50以上	6.1	8.49	7.03	0.002未滿	7	28.3	—	5	638
		2月19日		15.1	16.8	無色	無	50以上	6.5	9.36	8.73	0.002未滿	10	25.7	91.8	20	192
25	二宮神社(池尻)	9月20日		26.4	16.2	無色	無	50以上	6	12.5	11.6	0.002未滿	11	27.5	—	5	2490
		2月19日		16.3	16.4	無色	無	50以上	6.1	11	10.1	0.002未滿	12	26.7	89.8	4	1300
26	白石の井戸	9月20日		25.7	16.3	無色	無	50以上	5.8	12	10.8	0.002未滿	8	21.8	—	10	111
		2月19日		15.7	15.9	無色	無	50以上	6	9.71	9.28	0.002未滿	8	22.1	68.4	4	29.3
27	子安神社	9月27日		24.8	17.5	無色	無	50以上	6.1	10.1	10.1	0.002未滿	13	21.9	—	0	2100
		2月2日		3.6	15.8	無色	無	50以上	6.2	6.68	5.34	0.002未滿	13	20.8	71.4	0	1280
28	勘珠寺弁天池	9月27日		22.1	16.1	無色	無	50以上	6.5	8.68	8.68	0.002未滿	9	17.4	—	2	578
		2月2日		3.9	15	無色	無	50以上	6.8	8.28	7.59	0.002未滿	9	15.9	61.2	37	70.8
29	芹ヶ谷公園	9月25日		23.3	17.7	無色	無	50以上	6.3	6.25	6.21	0.002未滿	11	25.3	—	19	901
		1月25日		4.5	16.4	無色	無	50以上	6.6	7.06	6.17	0.002未滿	11	26.4	110	20	741
30	狭山公園	9月19日		26.8	21.5	無色	無	50以上	5.7	1.35	1.36	0.002未滿	6	6.7	—	10	36
		2月5日		9.5	12.6	無色	無	50以上	6.1	0.6	0.49	0.002未滿	5	5.2	19.9	0	34.6

### 3.4. レジオネラ属菌概要

#### 3.4.1. レジオネラ属菌の性質

図 28 に「レジオネラ属菌」の電子顕微鏡写真を示す<sup>23</sup>。

「レジオネラ属菌」は、自然界の土壌と淡水に生息するグラム陰性<sup>24</sup>の桿菌(棒状の菌)であり、菌体の一端に1本の鞭毛があり、運動性。一般に 20～50℃で繁殖し、36℃前後で最もよく繁殖する。レジオネラ属菌はアメーバなどの原生動物の体内で増殖するため、これらの生物が生息する生物膜<sup>25</sup> (バイオフィルム) の内部にレジオネラ属菌が保護されている。ということは盛夏にドライミスト配管内またはタンク、ポンプ内に有機物が入り込む事態が発生し、適温に温められたまま放置され生物膜が形成されてしまうとドライミストによるレジオネラ属菌禍が起り得る。

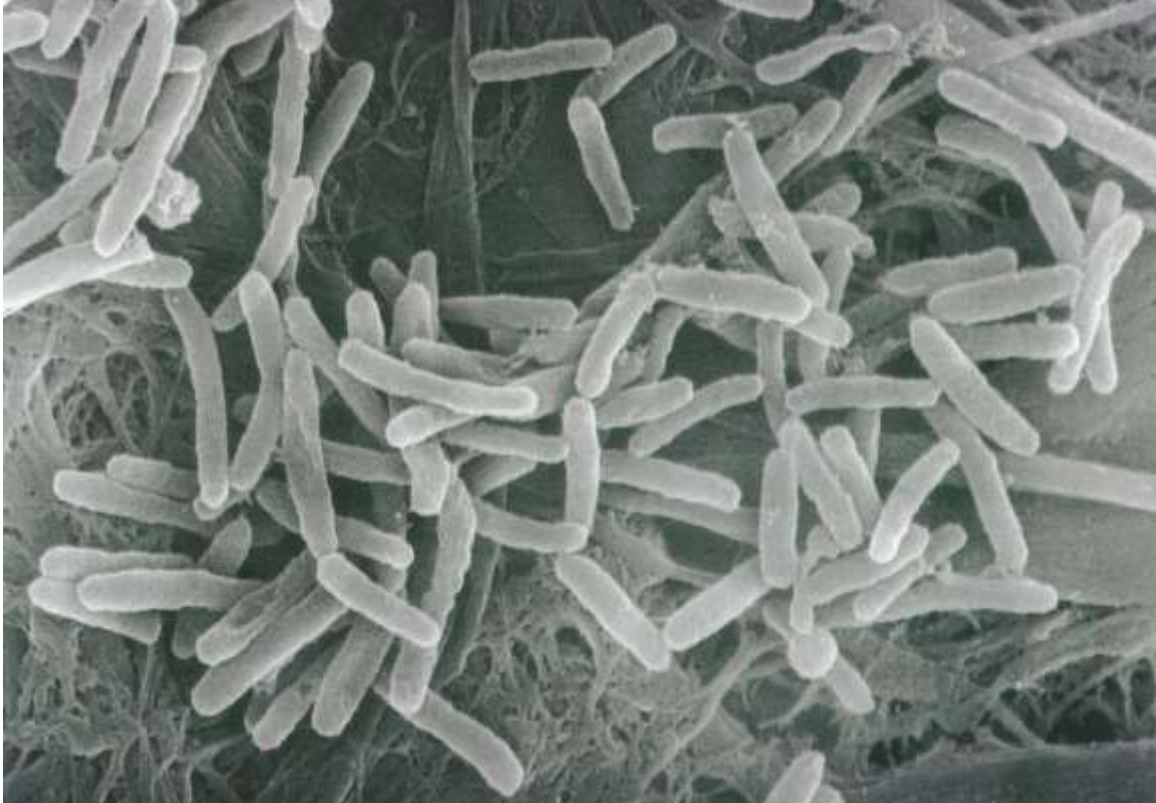


図 28 : レジオネラ属菌

<sup>23</sup> 東西化学産業株式会社 <http://www.tohzai.co.jp/pool-spa/Legi/prob-02.html>

<sup>24</sup> 原核細胞生物にとって重要な細胞壁 (ペプチドグリカン) の厚さでグラム陰性が陽性に区別される。細胞膜が薄いと陰性菌に区別される。大手山が悩まされ続けている足のオデキはグラム陽性菌の仕業であることが判明している。例：大腸菌がグラム陰性菌、乳酸菌などの放線菌はグラム陽性菌。

<sup>25</sup> 配管内部やろ過剤に付着した微生物が増殖し、それらが産出する粘性物質で形成されたもの。よく見るあの「ぬるぬる」。温かく栄養分がある水が循環する配管、ろ過剤内では形成されやすい。東西化学産業株式会社 <http://www.tohzai.co.jp/pool-spa/Legi/prob-02.html>

### 3.4.2. レジオネラ属菌リスク概要

表 2 に日本における主なレジオネラ属菌によるレジオネラ感染事例を示す。

表 2：レジオネラ渦の例

1996年1月	東京都新宿区の大学病院で、新生児3名が発症し、うち1名が死亡した。加湿器が感染源と考えられた。
1998年5月	都内特別養護老人ホームにおいて生物浄化方式の循環式浴槽を感染源とするレジオネラ症患者が12例発生し、うち1例がレジオネラ肺炎で死亡（この事件を契機にレジオネラ症防止対策がとられるようになった。）
1999年6月	愛知県で自宅の24時間風呂で水中分娩したことにより新生児が感染し、死亡した。
2000年3月	静岡県掛川市内にオープンした複合レジャー施設内の温泉が感染源、23名が発症しうち2名が死亡。
2000年6月	茨城県石岡市にオープンした入浴施設が感染源となり、143名が発症し、うち3名死亡した。
2002年7月	宮崎県日向市にオープンした温泉入浴施設が感染源となり、295名が発症し、うち7名が死亡した。
2002年8月	鹿児島県薩摩郡東郷町（現薩摩川内市）の温泉施設が感染源になり9名が発症し、うち1名が死亡した。

このように入浴施設や温泉施設、加湿器からの感染が多い。また、1999年からの統計を図 29～31 に示す<sup>26</sup>。図 29 に拠れば 2005 年は特異的であるが概ね 100 から 200 名程度の患者が発生している。図 30 に拠れば夏季に特異的とまではいえないが概ね夏季に患者発生数が増えることがわかる。図 31 に拠れば男性で高齢者のほうが患者数罹患率共に最も高い。レジオネラ症が非常に恐ろしいのはその致死率の高さであろう。

<sup>26</sup> 国立感染症研究所 感染症情報センター [http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1111/h1126-2\\_13.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1111/h1126-2_13.html)

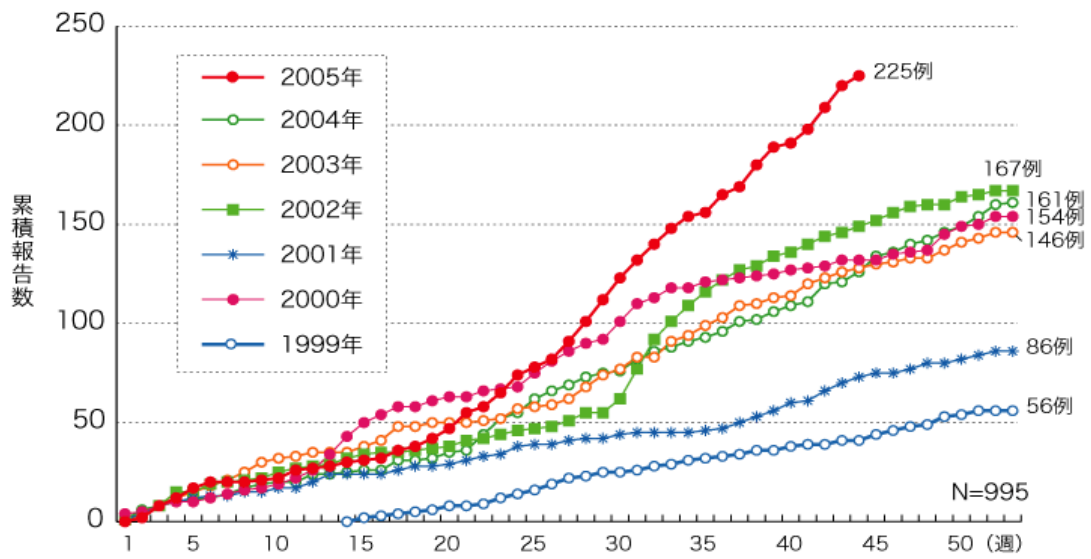


図 29：レジオネラ症の年次別類型報告数推移（1999年4月～2005年第44週）

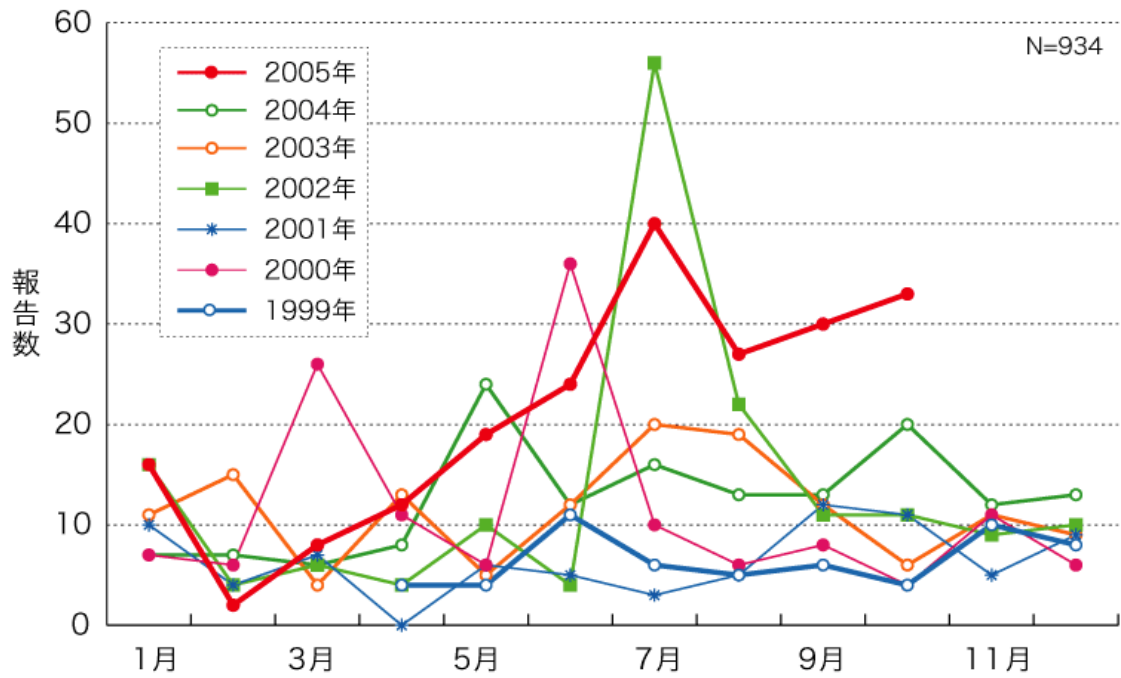


図 30：レジオネラ症の発症月別報告数（1999年4月～2005年第44週）

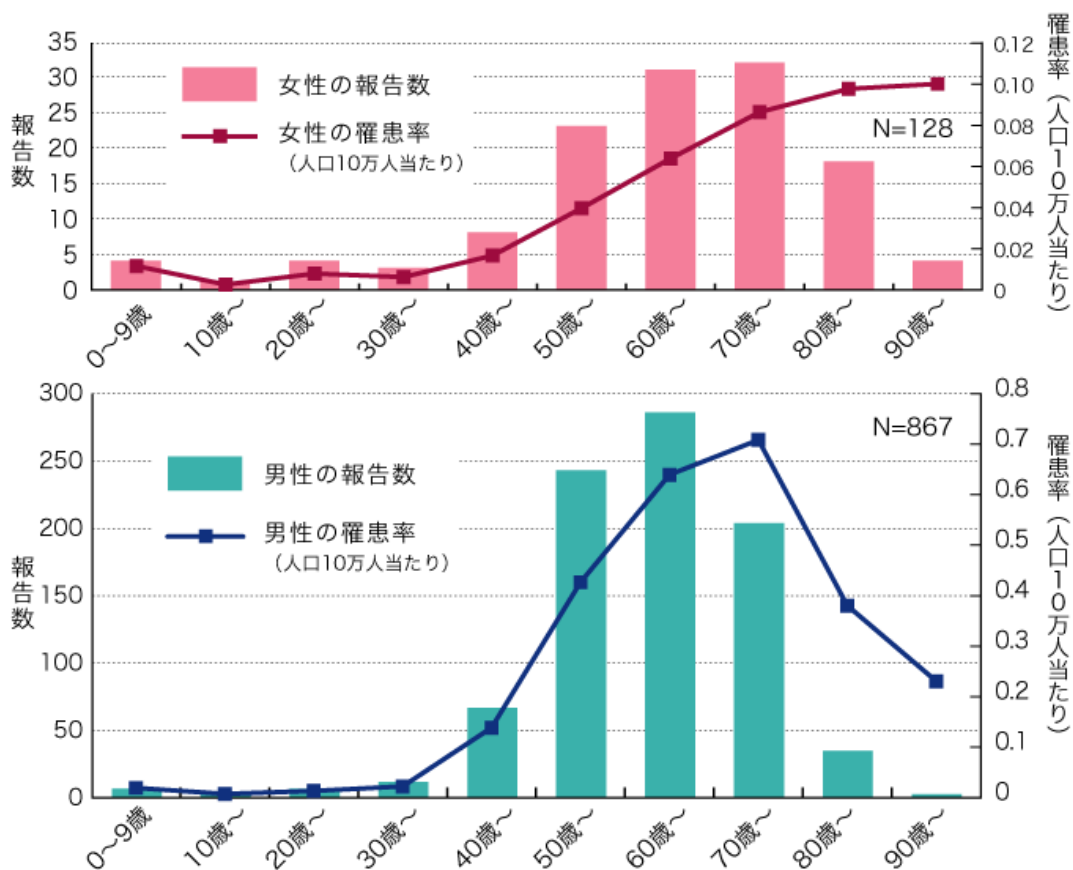


図 31：レジオネラ症の性別・年齢群別報告数と罹患率（人口10万人当たり）1999年4月～2005年第44週まで

### 3.4.3. レジオネラ症について

レジオネラ属菌の感染によりおこる疾患を「レジオネラ症」と呼ぶ。「レジオネラ肺炎」と肺炎にならない自然治癒型でインフルエンザに似た「ポンティアック熱」の2つの病型がある。

レジオネラ肺炎は、発病率1～6%、2～10日（平均4～5日）の潜伏期を経て発病し、悪寒、高熱、全身倦怠感、頭痛、筋肉痛などが起こり、呼吸器症状として痰の少ない咳、少量の粘性痰、胸痛・呼吸困難などが現れ、症状は日を追って重くなる症状を示す。腹痛、水溶性下痢、意識障害、歩行障害を伴う場合もある。レジオネラ肺炎は、病勢の進行が早く、死亡例は発病から7日以内が多いとされている。医療機関への受診が遅れ、有効な抗生剤療法が間に合わないと、致死率は60～70%にも達する。（間に合えばおおよそ10～20%の致死率。）ポンティアック熱に関しては発病率95%と高いものの致死に至ったケースはない<sup>27</sup>。

これまでに報告されているレジオネラ症の感染源は給水・給湯設備、冷却塔水、循環式浴槽、加湿器、水景施設、蓄熱槽等である。このうちドライミストに類似する感染源は加湿器（超音波式、回転霧化、遠心噴霧方式）、水景施設（噴水、池、アトラクションとしてのミストも含まれる？）と見てよいだろう。

またレジオネラ症の感染経路は、レジオネラ属菌で汚染された水の「エアロゾル<sup>28</sup>」の吸入のほか、汚染水の吸引、嚥下（飲み込むこと）・経口感染等が考えられている。健常者が

<sup>27</sup> 厚生労働省レジオネラ症の知識と浴場の衛生管理  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/legionella/about.html>

<sup>28</sup> 気体中に浮遊する微小な液体または固体の粒子をエアロゾル(aerosol)という。ドライミストはエアロゾル。

入浴することによる皮膚からの感染はほとんどないという。

### 3.4.4. 水道水におけるレジオネラ属菌

水道水は塩素による消毒が義務づけられていることから、水道水におけるレジオネラ汚染の可能性は低いといわれている。しかしながら、貯水槽などのうち維持管理が適正に行われていないために、水道水の滞留による残留塩素の消失や水温の上昇、あるいは藻類等の微生物による著しい汚染がみられる給水系統では当然注意が必要といわれている<sup>29</sup>。

### 3.4.5. ドライミストシステムにおけるレジオネラ属菌のリスク検討

レジオネラ属菌は 20℃以上の水が停滞または循環する人口環境水〔冷却塔水、給湯水、修景水（公園の噴水など）温泉、浴場（特に 24 時間風呂など）〕には高率に生息する。よって 3.4.2 で述べたような入浴施設や温泉施設で多くの感染例が報告されている。また感染はそれら効率でレジオネラ属菌が含まれたエアロゾルを吸入することによって起こる。

以下図 32 に一般的なレジオネラ症発症のプロセスを示した。

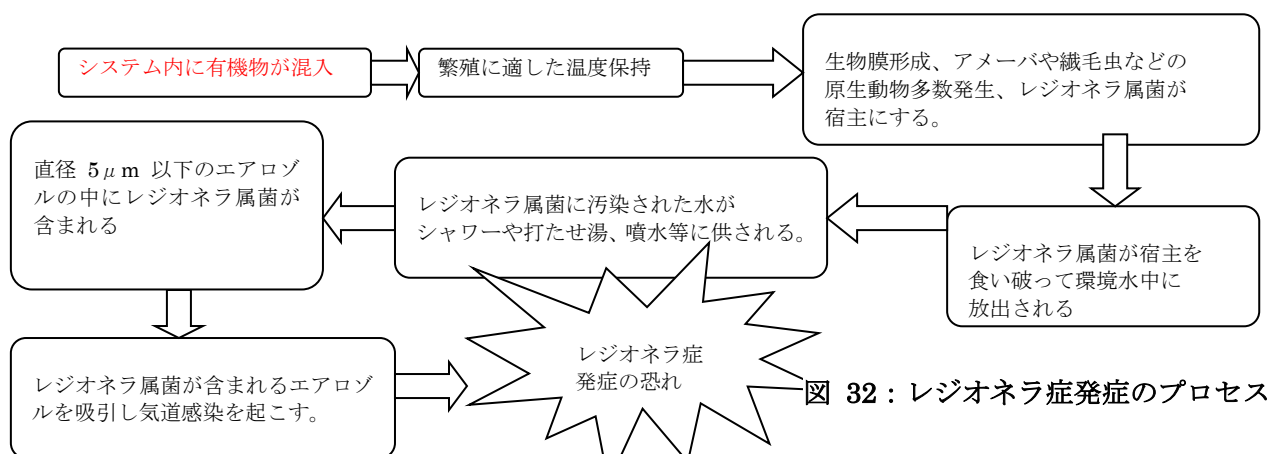


図 32：レジオネラ症発症のプロセス

ドライミストのシステムはそもそも水を循環する（使いまわす）ことがない。

水道水を吸い上げて圧をかけ噴霧するいわば 1 次的な利用だけである。すなわち 3.4.4 で示したとおり（水質基準を満たした）水道水を 1 次利用する限りレジオネラ属菌による汚染リスクは低いと言える。

### 3.4.6. ドライミストシステムにおけるレジオネラ属菌繁殖危険部位の検討

ドライミストは基本的に水道水を 1 次利用するだけなので大きなリスクは考えにくい、と述べたが、「敢えて」図 34<sup>30</sup>にドライミストシステム「内」でレジオネラ属菌発生のおそれがある部位（円）を示す。すべて使用水が滞留する可能性のある部位である。これらの部位は有機物混入とその状態で夏空の下、使用水を滞留させたまま放置するなどした場合にリスクが生じるだろう、と判断した。

またドライミストシステム外では、使用する水道水の水質が問題になる。直結式水道を利用する場合は特に問題はないと思われるが、受水槽式水道（図 33<sup>31</sup>）を採用している場合にはレジオネラ属菌対策が必要となる場合が考えられる。（円内：レジオネラ属菌が繁殖する恐れのある部位。）

<sup>29</sup>厚生省（当時）生活衛生局長「建築物等におけるレジオネラ症防止対策について」平成 11 年 11 月 26 日発表報道資料 [http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1111/h1126-2\\_13.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1111/h1126-2_13.html)

<sup>30</sup> なごミスト設計有限会社パンフレット「なごミスト：ドライミストの蒸散作用による暑さ対策」より抜粋、一部改。

<sup>31</sup> 山口県周南市水道局工務課給水係「水道管理ガイド」より抜粋、一部改。 <http://www.city.shunan.yamaguchi.jp/~suido/kanri/suidokanri/suidokanri1.htm>

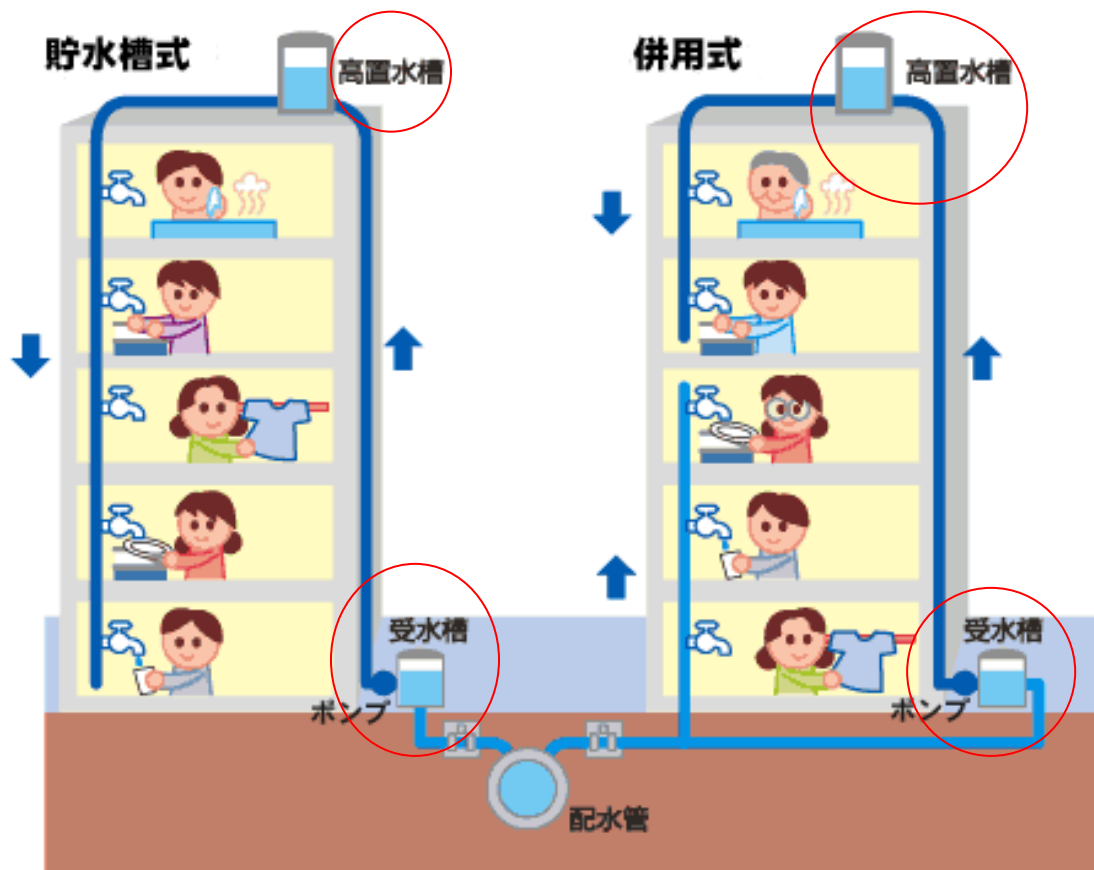


図 33 受水槽式給水の図

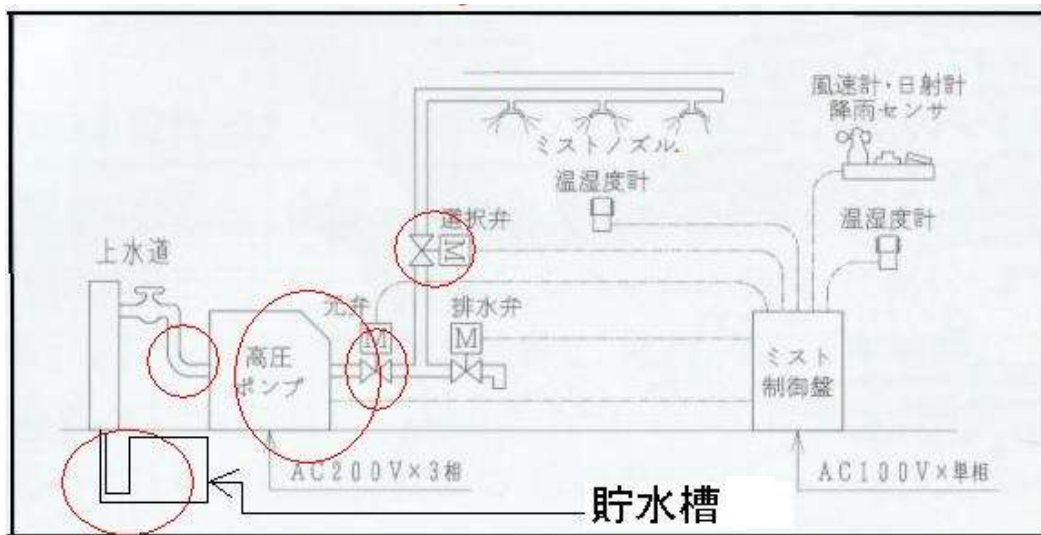


図 34：ドライミストシステム上レジオネラ渦が懸念される部分

すなわち維持管理が適切でない受水槽、高置水槽を経由した水道水をドライミストに供した場合レジオネラ属菌によるレジオネラ症禍が発生する恐れもある。

厚生省（当時）の資料に拠れば「簡易専用水道<sup>32</sup>に該当しない一部の小規模の貯水槽など

<sup>32</sup>簡易専用水道の定義：県営水道又は市営水道から供給される水を一旦受水槽に貯めた後、いろいろな方法で圧力をかけて給水する水道で、受水槽の有効容量の合計が10立方メートルを超える水道。  
設置者、管理者には「保健所への届出」、1年以内ごとに1回、厚生労働大臣の登録を受けた機関による「法定検査（管理状況検査）の受検」（水道法 第34条の2第2項、水道法施行規則第56条第1項）、「施設の維持管理」の義務がある。

のうち維持管理が適正に行われていないために、水道水の滞留による残留塩素の消失や水温の上昇、あるいは藻類等の微生物による著しい汚染がみられる給水系統では注意が必要である」としている。また、設計・施工及び維持管理に関するレジオネラ防止対策の基本となる考え方として、外部からのレジオネラ属菌の侵入防止、できるだけ水温を 20℃以下に維持（増殖適温にしない）、機器及び配管内におけるスケール、スラッジ、藻類などの発生防止・死水域の発生防止、残留塩素の確保、等の施策を挙げている。

### 3.5. 水質検討のまとめ

以上述べたとおり、水質基準を満たした水道水を用い、システム内に有機物混入及び使用水の長時間滞留、温度の保持が複合的な事象が発生しない限りドライミストによるレジオネラ症誘発のリスクは低いといえる。しかし、使用する水道水が管理の悪い受水槽式給水システムを経由した場合にはドライミストシステムに入る前での水質チェックが必要となるだろう。

表 3 に東京都が行ったレジオネラ属菌の調査結果を示す。

表 3：東京都が行ったレジオネラ属菌の調査結果<sup>33</sup>

	調査数	検出	不検出	検出率
冷却塔水（1987～98）	214	118	96	55.1%
給湯水（1996～99）	193	11	182	5.7%
修景用水（1994～96）	95	19	76	20.0%
空調用加湿水（1998）	32	0	32	0.0%
浴槽水				
特別養護老人ホーム（1999）				
循環式風呂（24 時間風呂）	94	60	34	63.8%
普通風呂	38	0	38	0.0%
家庭用（1996～97）				
循環式風呂（24 時間風呂）	97	80	17	82.5%
普通風呂	30	0	30	0.0%
温泉水	20	6	14	30.0%
プール水				
プール（1997）	49	0	49	0.0%
ジャグジー（1999）	30	4	26	13.3%
雑用水 <sup>34</sup>	73	5	68	6.8%

簡易専用水道の設置者が行なう管理は、以下の通り。（水道法第 3 4 条の 2 第 1 項、水道法施行規則第 5 5 条）

①1 年以内ごとに 1 回、貯水槽を清掃する。②水が汚染されるのを防止するため、水槽の点検等を行なう。③水に異常を認めたときは、必要な水質検査を実施する。④供給する水が人の健康を害するおそれがあることを知ったときは、直ちに給水を停止し、関係者に周知する。

千葉県保健福祉局健康部保健所環境衛生課 <http://www.city.chiba.jp/hokenfukushi/kenkou/hokenjo/kankyo/>

<sup>33</sup> 東京都福祉保健局健康安全室環境水道課 [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/k\\_regio/reg/sub5.htm](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/k_regio/reg/sub5.htm) より引用。

※レジオネラ属菌が検出された場合は、「新版レジオネラ症防止指針」P. 8 5～9 4『付録 1. 環境水のレジオネラ属菌検査方法』に示す方法で生菌数を測定し、検出限界値の 10CFU/100ml を超えて検出した場合をいう。また、「不検出」とは、10CFU/100ml 未満の場合をいう。CFU: Colony Forming Unit。菌数を計数する際の単位で、平面培地に菌が発育し形成したコロニーの数を表す。原則として、コロニー 1 個は元の細菌 1 個に相当する。

<sup>34</sup> 水資源の有効利用の一環として、雨水、あるいは下水処理水等をさらに高度処理した再生水を便器の洗浄水などの再利用水、雑用水の用途はこれまでは便所洗浄水がほとんどであったが、一部では車両等の洗浄に使用され、さらには修景用水や観水用水にまで用途を拡大する方向にある。こうした用途への雑用水の使用の拡大は、必然的にエアロゾルの発生を伴い、レジオネラ感染の場になる可能性が増大する恐れがある。

東京都健康安全研究センター <http://www.tokyo-eiken.go.jp/index-j.html> より。

ミストに供するためにはどのような水源であれ人の口に水滴が入ることを考えると少なくともノズル先での水質は水道法上の水質基準に適合する必要がある問題はその間に達するまでの水質浄化法である。世間には様々な浄化方法が存在するがコストや目的にあった浄化法を適切に組み合わせることで水源自体はほぼ自由に選ぶことができるだろう。



図 35 冷却塔<sup>35</sup>

<sup>35</sup> 中野区 HP <http://www.city.tokyo.nakano.lg.jp/010/d11100039.html> より引用。冷却塔とは空調設備の一つで、循環水を冷却するための機器。

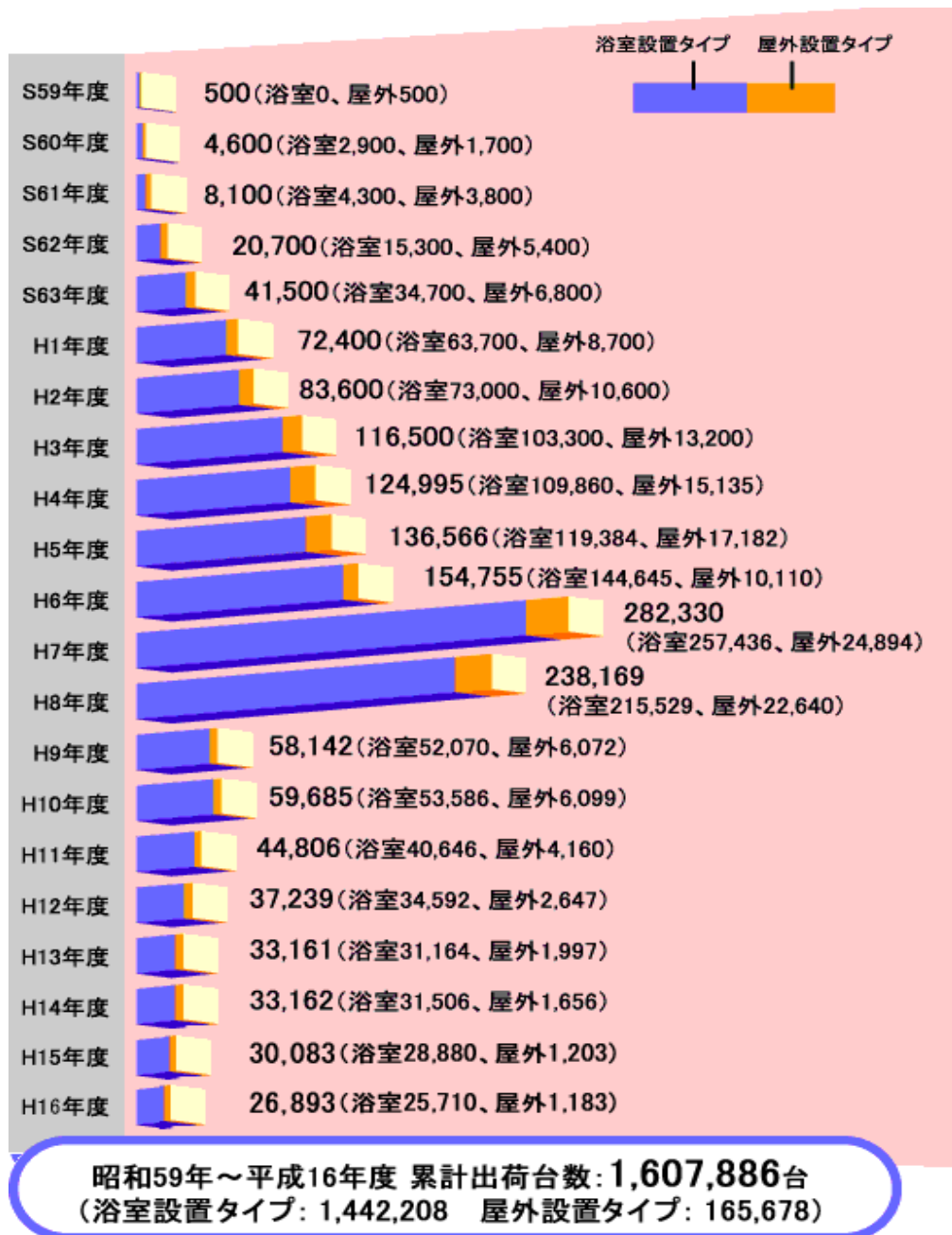


図 36 : 24 時間風呂出荷台数の推移<sup>36</sup>

<sup>36</sup> 24 時間風呂協議会 <http://www.cnet-ta.ne.jp/24furo> より引用。



## 第4章. 小規模噴霧型ドライミスト装置の開発

### 4.1. 第1世代小規模噴霧型ドライミスト装置

#### 4.1.1. 開発概要

平成18年7月には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（第1期：RYOBI社製AJP-80A、第2期：同社製AJP-2000）を利用してドライミストの噴霧実験を行った（表4）。また配管系はSwegelok社製のステンレスチューブ継手と共栄産業㈱の合成ゴム製高圧ホース「キョウエイエテルナ高圧ホース」を用いた。共に配管の基準サイズを1/4インチに統一した。また噴霧ノズル個数は50ml/min/個タイプのノズルを8個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・組立の手間と時間が大幅に短縮された。また、ポンプ価格が1.5～3.0万円程度に抑えられることとなり、従来使用してきたポンプ価格の15分の1程度になった。

表4：第1世代小規模噴霧型ドライミスト装置ポンプ仕様表

仕様/機種	AJP-80A（第1期）	AJP-2000（第2期）
サイズ	長さ395×幅230×高さ270mm	長さ675×幅270×高さ275mm
最大吐出圧	8.0MPa	2～8.2MPa
水量	6ℓ/min	3～7ℓ/min
許容水温	60℃	40℃
ポンプ形式	3連プランジヤー	3連プランジヤー
電源	単相100V	単相100V
電流	50Hz/60Hz：14A	50Hz/15A、60Hz/14A
消費電力	1400W	50Hz/1500W、60Hz/1400W
質量	9.7Kg	15.7Kg
騒音値	90dB（ポンプ近傍）	85dB（ポンプ近傍）

問題点は噴霧水量に対し、ポンプ能力が高いことによるミスト噴霧に供されない余剰水の排水、消費電力、そして騒音である。

使用ノズルが8個要求する総水量は毎分0.4ℓ/minであるのに対し、第1世代で使用した高圧洗浄機の吐出水量は常用圧力6.0MPaにおいて第1期で6.0ℓ/min以上、第2期で3～7ℓ/min以上とそれぞれポンプが吐出する水量の僅か5.7%～13.3%程度しか使用されず、大部分が噴霧されずに余剰水として排出されてしまった。

この点に関する改善策として、余剰水を容量70ℓのポリプロピレン製タンクに戻し、再びポンプに供給する方式も採ったが余剰水がポンプから得る熱の蓄積によって1時間程度でタンク水温が40℃を超えポンプにダメージを与えかねない状況となった為、このような余剰水を再利用する方式で安定的なシステムの構築は困難となり、余剰水は排水することを標準仕様とした。

また、消費電力は前述の使用条件において第1期、第2期双方で1200～1400Wに達し、ノズル8個使用の小規模噴霧におけるCOPは11.7～13.6となりエアコンの代表的COP6.12<sup>37</sup>に対して大きく優位であるとは言い難い。

また、騒音面でも第1期に使用したAJP-80Aは騒音レベルが90dBに達し、家庭に持ち込むことは絶望的な状況であった。この点を改善するべく第2期として騒音レベルが5dB小さいAJP-2000を導入し、後述する名古屋市の個人宅へ設置した小規模噴霧型ドライミスト

<sup>37</sup>松井達郎「快適ライフの知恵袋 エアコンの除湿」  
(社)化学工学会 SCE・Net(Senior Chemical Engineers Network) <http://www.sce-net.jp/pdf/aircon.pdf> から、代表8種のエアコンCOPを独自に平均した値。

装置にも使用したが、なお騒音が激しい状況にあり更なる改善を施す必要に迫られた。

#### 4.1.2. 第1世代（第2期）小規模噴霧型ドライミスト装置の民間への設置

平成18年7月29日、30日に愛知県名古屋市中で第1世代（第2期）小規模噴霧型ドライミスト装置を初めて民間のマンションに施工した（図37）。しかし、ここで問題であったのはマンションでの騒音対策であり第2期のAJP-2000でも苦情が寄せられかねないほどの騒音であった。この為この物件では連続運転ではなく5分噴霧25分停止という間欠運転にて対応した。

ここでは室内に設置したアスマン乾湿度計により約2℃の温度降下を確認した。

さらに、平成18年8月末には同仕様の小規模噴霧型ドライミスト装置を、ノズル数12個にしてもう1基民間住宅へ設置した。



図37：愛知県名古屋市中に設置した第1世代（第2期）小規模噴霧型ドライミスト装置

## 4.2. 第2世代小規模噴霧型ドライミスト装置

### 4.2.1. 開発概要

第1世代小規模噴霧型ドライミスト装置の問題点を改善したのが第2世代小規模噴霧型ドライミスト装置である。主たる目標は小規模噴霧型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。また、合成ゴム製の高圧ホースをテフロン製のTEFLON FLEXIBLE HOSE シグマフレックス中圧タイプMに変更し、衛生面での改善を図った。その他配管系は引き続きswagelok社のステンレスチューブ継手を使用している。

平成18年10月にはドイツSera社製小水量高圧ポンプR409.1-26K.1/20を、同12月にはマルヤマエクセル社の小水量高圧ポンプ試作機導入し実験を行った。表2に前者の仕様を示す。また、平成18年12月14日~16日には東京ビッグサイトで開催された「エコプロダクツ2006」に出品し、一般公開した。

#### 4.2.2. 第2世代小規模噴霧型ドライミスト装置の利点

Sera社製小水量高圧ポンプ R409.1-26K.1/20 の最大流量はちょうどノズル 8~10 個分でありかつ、水量調整できる機能を持ち合わせているため余剰水を極限まで減らす事が可能になった。また騒音値も実測地で 70dB まで低下したため騒音面でも性能改善を図ることに成功した。消費電力はノズル 4 個噴霧で約 100W、8 個噴霧で約 150W 程度と大幅な改善が図られ、エネルギー効率は 50ml/min/個タイプのノズルを使用した場合、ノズル 4 個の場合で COP81.7、ノズル 8 個の場合 COP163.4 と大幅な改善が実現した。

また、テフロン製の高圧ホースを使用したことによりホース部分の重量も約半分に軽量化がなされた。

表 5：第2世代小規模噴霧型ドライミスト装置のポンプ仕様

sera社製定量ポンプ選定見積り仕様書

平成16年10月13日

見積番号	SYS-11199	日時	2006/10/13	客先名	学芸法人東京理科大学
1. 仕様					
A. 送液の種類	水				
B. 比重	0.998 (20℃)				
C. 吸入高さ	m				
D. 吐出圧力	6.0 MPaG				
E. 液温	20 ℃				
F. 粘度	1.01 cp				
G. 吐出流量	0.4 L/min(MAX)				
H. 運転条件	<input type="checkbox"/> 連続運転(24h) <input type="checkbox"/> 間欠運転				
J. 電源					
2. ポンプ					
A. 型番	R 409.1-26K.1/20				
B. 形式	ピストン式ポンプ				
C. 最大吐出圧	8.0 MPaG				
D. 吐出流量	0-26 L/h ※50Hz				
E. 吸入高さ	3.0 mWS				
F. 接続口径	G3/4"				
G. ストローク数	150 回/min ※50Hz				
H. ストローク長	10 mm(MAX)				
I. 消費電力	0.37 kW				
J. 潤滑油	L				
3. 構成材料					
A. ポンプ本体	1.4122v (ステンレススチール)				
B. プロセスチェックバルブ	1.4571(SUS316Ti), 1.4581				
C. バルブボール	1.4401 (SUS316)				
D. バルブシール	EPDM(エチレンプロピレンゴム)				
E. ピストン	1.4571(SUS316Ti)				
F. ピストンシール	PTFE(テフロン)/PE(ポリエチレン)				
4. 外形寸法					
A. 寸法	L295×W200×H525				
B. 質量	12 kg				
C. 洗浄計画	別添				
5. 性能					
A. 消費電力	0.37 kW				
B. 回転数	~3000 rpm				
C. 電圧	200-254/346-440V/3相/50Hz				
D. 保護等級	IP55				
E. 防塵					
6. 備考					
★インバータ:3相200Vから単相100Vに直機。					
★流量調整:ストローク長さ調整ダイヤルによる手動調整方式。					

しかし、導入後、通算運転時間 100 時間ほど経過した 2006 年 11 月末時点で SeraR409.1-26K.1/20 が故障した。ポンプのピストンを構成する「Locking ring」呼ばれる部材が破断したことにより加圧できなくなった。また、ポンプボディ部に「孔食」とみられる腐食部分が数箇所確認され赤錆が発生していた。

これらの腐食のはっきりとした原因は 2007 年 2 月 17 日現在調査中であるが、ポンプ接液部分の材質が水の使用に耐えなかった事や、塩化物による応力腐食割れなどの要因が考えられている。

ステンレス鋼の腐食の場合、最も一般的にみられるのがこの孔食とされる。孔食発生の機構は、ステンレス鋼表面の不動態膜が破壊されることにより、その部分が局部電池の陽極となり、陰極との面積の比が大きいことと、孔中に酸素が不足していることとなどの要因が重なって腐食が深くなっていく。このような孔食の生ずる因子の第一として「ハロゲンイオン」の存在、実際には Cl<sup>-</sup> の存在があげられる。

図 38～図 42 故障の概要を示す。

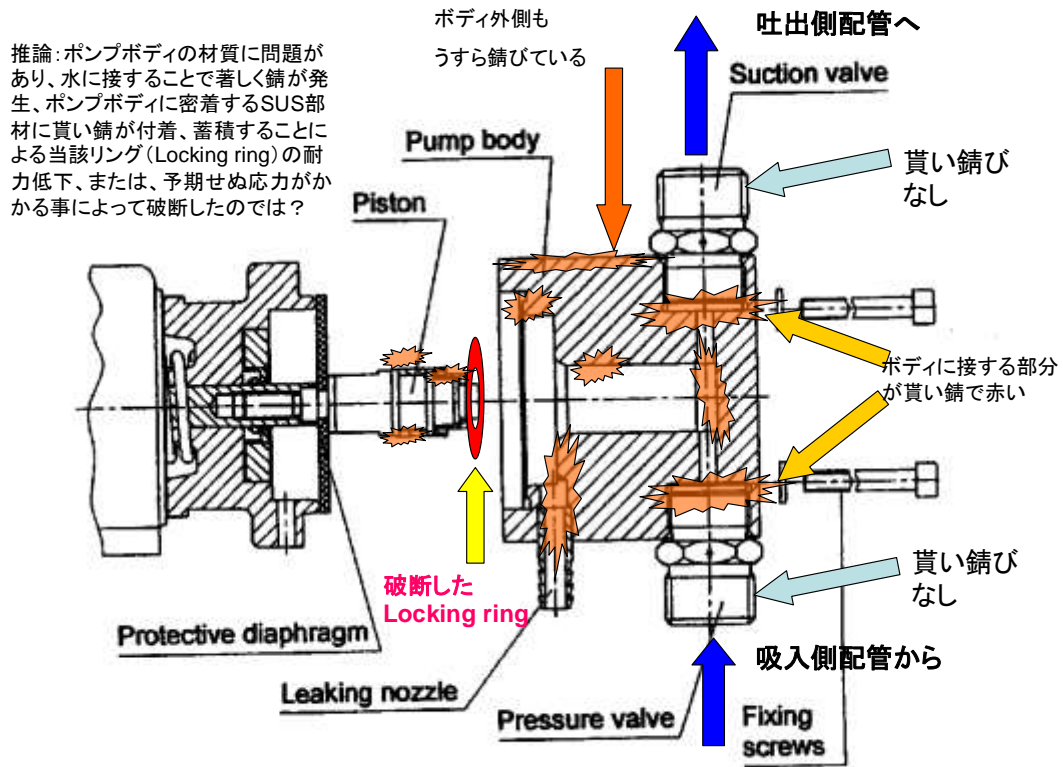


図 38 : SeraR409.1-26K.1/20 故障概要

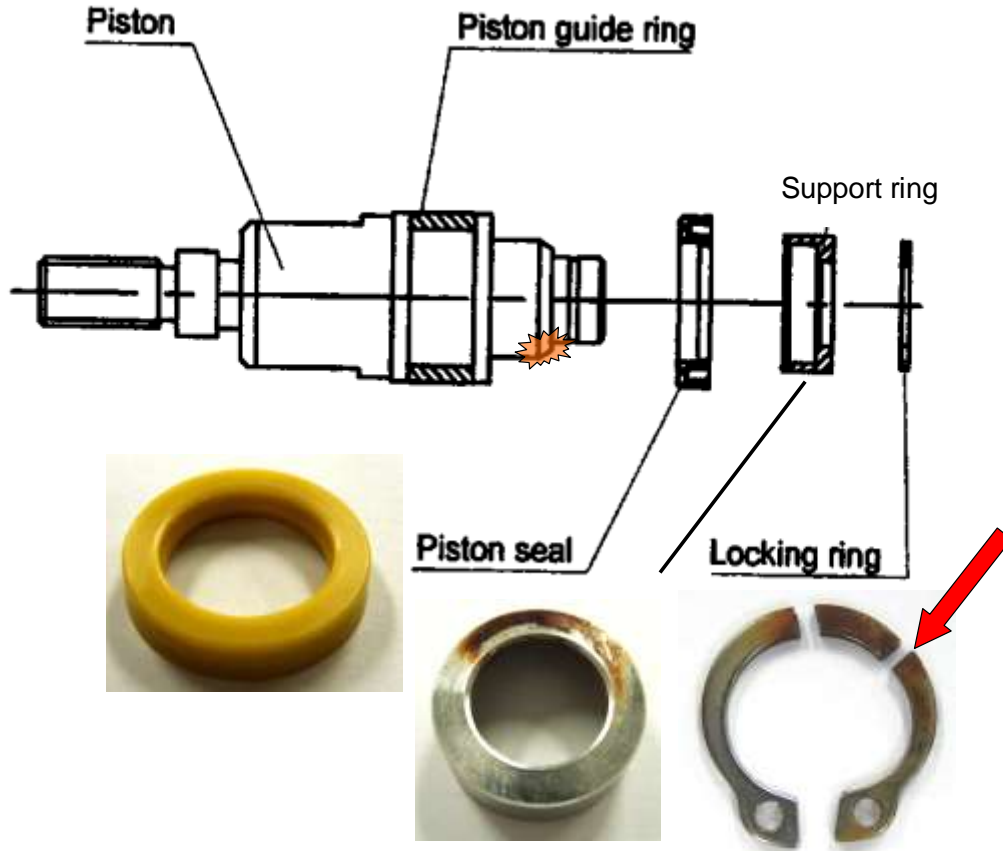


図 39 : SeraR409.1-26K.1/20 破断部分

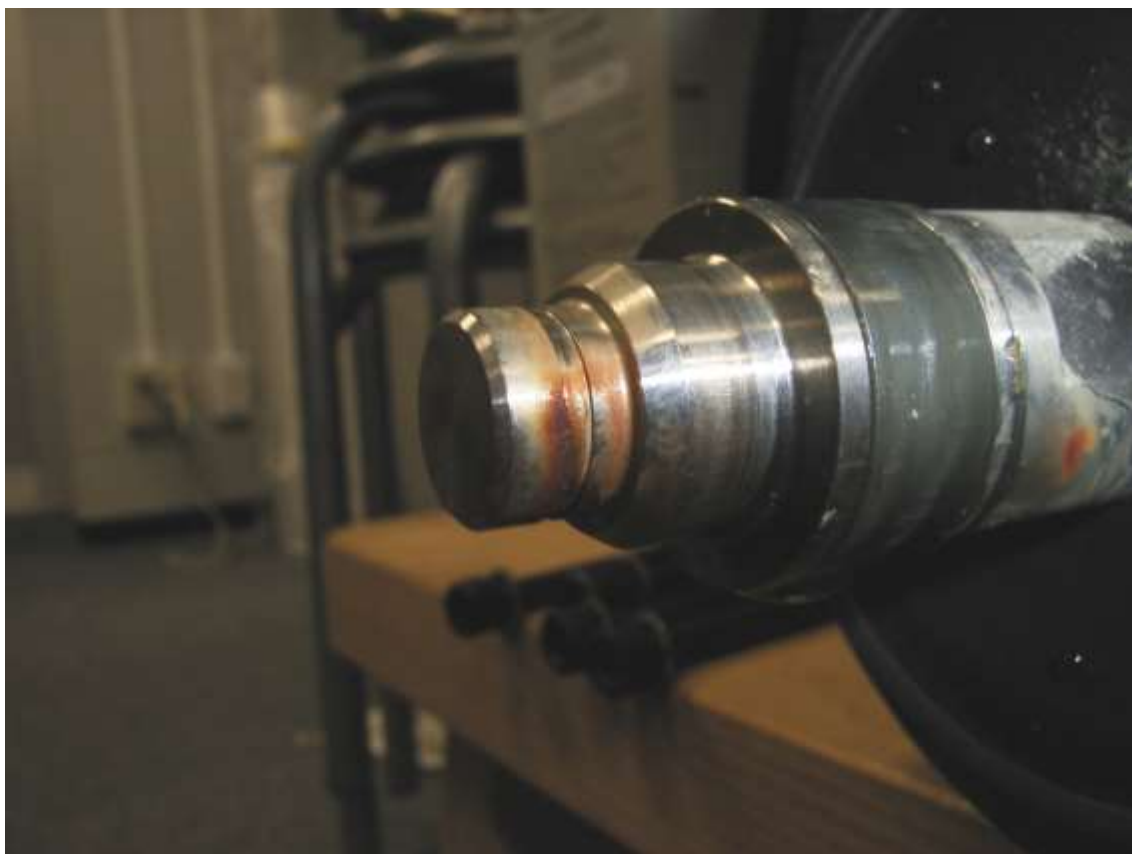


図 40 : SeraR409.1-26K.1/20 故障したピストン部分 錆びの発生が見られる



図 41 : SeraR409.1-26K.1/20 ポンプボディの発錆状況 24 時間湿潤試験後。孔食様の

錆がみられる



図 42 : SeraR409.1-26K.1/20 ポンプボディ 拡大。

仕様書には、このポンプの接液部分は「ステンレス鋼 1.4122v」という EN 規格<sup>38</sup>の高炭素ステンレス鋼が使用されていると記載があった。

1.4122 を含むステンレス鋼の組成比較を表 6 に示す。

表 6 : ステンレス鋼の組成比較

EN 呼称	1.4122	1.4021	1.4301	1.4401
JIS 呼称	—	SUS420	SUS304	SUS316
金属組織	Martensitic	Martensitic	Austenitic	Austenitic
C	0.33~0.45	0.16~0.25	≦0.07	≦0.07
Si	≦1.00	≦1.00	≦1.00	≦1.00
Mn	≦1.50	≦1.50	≦2.00	≦2.00
P max	0.04	0.040	0.045	0.045
S	≦0.015	≦0.015	≦0.015	≦0.015
N	—	—	≦0.11	≦0.11
Cr	15.50~17.50	12.00~14.00	17.00~19.00	16.50~18.50
Mo	0.80~1.30	—	—	2.00~2.50

<sup>38</sup> EN 規格 (European Norm) は欧州の統一規格。

Ni	≦1.00	—	8.00~10.50	10.00~13.00
----	-------	---	------------	-------------

ステンレス鋼とは鉄に約 10.5%以上の Cr を加えて耐食性を向上させた合金を指す。一般的に含有する C 量が多いほど機械的性質は増すが耐食性に劣るといわれる。表中の C 量比較を見ると明らかに 1.4122 鋼は SUS304、SUS316 よりも炭素量が多いことがわかる。

ステンレスの腐食の原因はステンレス鋼中の炭素の存在量に由来するとされ、ステンレス鋼中の Cr が C と結びつき  $Cr_{23}C_6$  (炭化クロム) を生成して結晶粒界に析出する為にクロム量が欠乏しステンレス鋼表面の不動態膜形成に障害が出る。この現象を防ぐために C 量を減らしたものが生産されている。

SUS420 は C 量が多く機械的性質に優れるが水に濡れると錆が発生することは免れない<sup>39</sup>という。SUS420 よりも C 量が多い 1.4122 ステンレス鋼はより錆が発生しやすいと考えることが出来ないだろうか。

原因究明は未だ完了していないが、ポンプに使用されるステンレス鋼の種類に今後は十分注意することが必要であろう。

この故障のために、代替機としてマルヤマエクセル社製の小水量高圧ポンプ試作機 (3 相 200V、50Hz において流量 1.1ℓ/分) を導入した。

<sup>39</sup> 「マルテンサイトステンレス鋼のさび防止」社団法人腐食防止協会腐食センター 腐食センターニュース No.036 2005 年 12 月 1 日

### 4.3. 第3世代小規模噴霧型ドライミスト装置

#### 4.3.1. 開発概要

第2世代小規模噴霧型ドライミスト装置の機能をさらに高めることになるのが第3世代小規模噴霧型ドライミスト装置である。モータを使用する高圧ポンプから超磁歪素子を動力としたポンプに仕様変更し、消費電力を約30W程度まで低減させる試みに着手した。2007年2月19日現在も開発途中である。具体的な仕様は6.0MPaにおける流量を200ml/minとし設計している。この場合50ml/分・個タイプのノズルを4つ使用した場合COPは約270となる。

#### 4.4. 小規模噴霧型ドライミスト装置のまとめ

表7に開発した小規模噴霧型ドライミスト装置の変遷を示す。

表7：小規模噴霧型ドライミスト装置の変遷

	第1世代 (第1期)	第1世代 (第2期)	第2世代	第3世代
開発時期	2006年6月	2006年7月	2006年10月、 12月	2007年2月 現在開発中。
ポンプ	RYOBI 高圧洗浄 機 AJP-80A	RYOBI 高圧洗浄 機 AJP-2000	小水量高圧 ポンプ	超磁歪高圧 ポンプ
配管	SUS316 チューブ・ 継手	SUS316 チューブ・ 継手	SUS316 チューブ・ 継手	SUS316 チューブ・ 継手
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	テフロン ＋ステンレス ラス
消費電力	1400W	1500W	100～150W	30W
最大吐出圧	8.2MPa	8.2MPa	8.0MPa	≥6.0MPa
ポンプ形式	3連 プランジャー	3連 プランジャー	ピストン、3連 プランジャー	超磁歪素子
電源	単相 100V	単相 100V	三相 200V	単相 100V
質量	9.0kg	15.7kg	12.0kg	未定
騒音値	90dB	85dB	70dB	65dB(見込み)
水量	6ℓ/分	3～7ℓ/分	～433ml/分	200ml/分
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	消費電力、騒 音、ポンプサイ ズ小
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、脈動過 多。高価。	開発が難航、精 密部品を使う ため耐久性に 不安。高価。



## 第5章. 技術公開

### 5.1. 無料のブログを利用した技術公開

#### 5.1.1. 公開の目的

上記のように辻本研究室で行った小規模噴霧型ドライミスト装置の開発過程は、その技術の周知を普及、並びに新たな知見の獲得と議論の場を提供するために無料の livedoor blog を利用して随時公開した。

ドライミスト研究開発 blog : <http://blog.livedoor.jp/misuto601/>

ドライミスト技術の紹介による一切の商業目的を意図せず失敗を含めてできるだけ多くの情報をリアルタイムに発信することにより、より広くドライミスト技術が普及されることを意図したものである。

#### 5.1.2. 無料ブログによる技術公開の効果

平成 18 年 5 月から平成 19 年 2 月 10 日現在のアクセス数は 8600 アクセスを超える。このカウントは 1 日に同一人物が複数回のアクセスをしても「1」とカウントする。また、総ページビュー数（同一人物の複数ページへの閲覧もカウントする）は総アクセス数の約 2.5 倍であることから、平均して一人の閲覧者は複数のページを閲覧する傾向がある事が分かり、一定の有益な情報を提供していると評価することが出来る。

また、アクセス解析により閲覧者の属性を調査すると企業、大学、省庁ドメインが多い事が判明し、選択的にドライミストを普及させる仕掛け側の閲覧者を集める傾向にあることもわかった。

閲覧する企業の中には 1 社でページビュー数が 300 を超えるケースもあり、2007 年夏以降「雨後の筈」的にドライミストが販売・普及する可能性を感じさせる。

また、ブログの閲覧者から技術協力・コンタクトを受けたケースも多く、辻本研を訪れる来訪者の事前調査にも大きな役割を持っていることがわかった。中にはブログ掲載記事の更新が滞ると、何か技術的トラブルがあったかと問い合わせを頂くケースもあった。

この結果、ウィキペディアから我々のドライミストブログへのリンク、Google 検索で「ドライミスト」について 2~4 位に表示されるなど、我々の活動は日本におけるドライミスト研究の拠点としての地位を確立したと、言えよう。

#### 5.1.3. 検索キーワードから読むドライミストへの期待度

ドライミストブログへの訪問者の多くは検索エンジン経由でブログへ辿り着くが、その検索ワードを集計すると世間がドライミストのどのような面に興味を持っているのか分析が可能である。

表 8 に 2006 年 7 月 1 日から 10 月 30 日までに様々の検索エンジンからミストブログに辿りついたケースについてその検索ワードとその順位、検索性数に対する比率を示す。

興味深い点はドライミストに続く検索キーワードに「価格」、「自作」、「家庭用」という単語を含むものが上位にランクされているところである。

また、直接「ドライミスト」と検索せずとも、どのような事柄を検索した際に、このブログに辿り着いたのか、ドライミストがどのようなキーワードと関連付けられる可能性があるのかも知ることが出来る可能性を示唆している。

表 8：2006年7月1日から10月30日までの検索キーワード

順位	比率	検索キーワード
1	15.80%	ドライミスト
2	4.90%	ドライミスト 価格
3	2.30%	ドライミスト 自作
4	1.90%	ドライミスト 家庭用
5	1.90%	ドライミスト 秋葉原
6	1.60%	ドライミスト 辻本
7	1.50%	ドライミスト
8	1.20%	ドライミスト 東京理科大学
9	1.10%	家庭用ドライミスト
10	1.00%	AJP-80A
11	1.00%	ドライミスト ノズル
12	0.90%	辻本誠 東京理科大学
13	0.80%	辻本研
14	0.70%	辻本研究室

以上のように、ドライミストの技術開発情報をブログ形式で公開する試みは一定の成果を上げたと言える。

巻末資料編に2006年5月から2007年2月までのドライミスト・ブログ記事を添付した。



## 第6章. ドライミストの環境勘定

ドライミストは省エネルギーではあるものの高い普及率の住宅用ヒートポンプ(クーラー)に比べて即効性、適用できる気象条件の範囲に劣るため、クーラーを嫌う人を除いては通常の経済的選択に頼ってはいは普及しないと思われる。その為、別の付加価値を説得力ある形で提示することによってはじめて普及に向けて動き出すと考えられる。その付加価値を創成する手段として「環境勘定」という概念を用いることとした。

### 6.1. 環境勘定概論

#### 6.1.1. 環境勘定の分類<sup>40</sup>

環境勘定には多種多様な定義があり、以下のように分類される。

#### 6.1.2. 表示単位による分類

(表示単位による分類のほかにマクロ、ミクロの経済的視点による分類もある)

①物(量)的勘定：環境や資源の状況を主として物量単位で表す勘定で、環境資源勘定、自然資源勘定などがある。

②貨幣的勘定：環境や資源の状況を貨幣換算して、環境と経済を関係付けようとするもので、環境経済勘定、グリーン GDP などがある。

③ハイブリッド勘定：物量表示の環境勘定と貨幣表示の経済勘定を結合したもので、NAMEA などがある。

#### 6.1.3. 物(量)的環境勘定

環境や資源の状況を量的に表す場合、異なる種類のものを集計することは意味をなさないことが多い。しかし、いくつかの場合は意味のある集計が可能である。

##### ①重量で表す方法

マテリアル・バランス表：質量保存則を利用する。

##### ②エネルギー量で表す方法

エネルギーバランス表：エネルギー保存則を利用する。

ここで、質量とエネルギーの変換がある場合には、質量保存則とエネルギー保存則は独立には成立しない。その場合には、アインシュタインの質量・エネルギー等式  $E=mc^2$  により換算され、マテリアル/エネルギーバランス法(熱力学の第一法則)となる。

##### ③地球温暖化力で表す方法

地球温暖化力 = 温室効果ガス量 × GWP

GWP: Global Warming Potential (地球温暖化係数)

その他にオゾン層破壊力で表す、酸性化力で表す(酸性化力 = 酸性物質量 × 酸性化係数)方法などがあるがドライミストにはなじまないと思われるのでここでは省略する。

<sup>40</sup>一橋大学経済学研究科 2006 年度特別講義資料(環境経済勘定) 講師：増田信彦/富山大学経済学部教授 <http://www.econ.hit-u.ac.jp/~masuda/index.htm>

#### 6.1.4. 物（量）的環境勘定の長所と短所

物（量）的環境勘定の長所は客観的な数値が得られるということである。またその短所は、

- ①経済との関係がわからない
- ②前述した集計可能なもの以外の多くのものは、一つずつ列挙しなければならない

という点である。

#### 6.1.5. 貨幣的環境勘定について

環境や資源の状況を貨幣換算して、環境と経済を関係付けるものである。

#### 6.1.6. 貨幣的環境勘定の長所と短所

貨幣的環境勘定の長所は、

- ①環境と経済の関係を示すことができる
  - ②一つの貨幣単位で表せるので、すべてのものが集計できる
- という点にある。また、短所は環境の状況を経済評価する各種の方法があるが、いずれも客観性で劣る、という点にある。

### 6.2. 間接法によるドライミストの環境勘定(その1)

～水田による夏季の気温緩和作用貨幣換算法を応用したドライミストの気温緩和効果の貨幣価値推算、エアコンとドライミストを冷却能力だけで比較する～

#### 6.2.1. 前提条件

竹下<sup>41</sup>が行った水田による夏季の気温低下の貨幣評価法に基づき、森林の気温低下機能について貨幣価値換算を行った。

目指すところは森林の気温緩和作用をエアコンのランニングコストを用いて間接的に推算することである。

#### 6.2.2. 計算過程

前崎<sup>42</sup>に拠れば、森林の持つ作用のうち気温の緩和作用について、森林の内外での気温差は約1℃と言う事が出来る。

また、辻本<sup>43</sup>らに拠ればクスノキ林の蒸散量は7.5ml/m<sup>2</sup>・分である。

竹下の方法より、あらかじめ定義された面積(8畳、13.2 m<sup>2</sup>)あたり1℃の気温効果をもたらすエアコンの消費エネルギー、コストを算出する事で、森の価値を間接的に推定する事とする。

ここでクスノキ林の蒸散量で森林の蒸散量を近似すれば、森林 13.2 m<sup>2</sup>当りの蒸散量は13.2 m<sup>2</sup>×7.5=99ml/分となる。

よって森林 13.2 m<sup>2</sup>が1時間当り放出する蒸散量は上記より 5940ml/h である。

竹下の試算に拠れば1時間当たり8畳間の室温を1℃下げるための冷房に必要な電力量は0.28kWh である。

この電力量から、東京電力の従量電灯 B 料金<sup>44</sup>税込み 16.05 円/kWh をかければ、8畳間の室温を1℃下げるための1時間当りの電気エネルギーのコストは4.49 円/h、となる。

これを基に森林が1 m<sup>2</sup>当たり1℃気温を下げる機能についてエアコンの稼動する夏季に限って貨幣価値換算を行えば、

<sup>41</sup>竹下伸一「気候緩和機能の貨幣評価法に関する一考」．京都大学大学院．水環境工学小ゼミ 資料 2004.02

<sup>42</sup>前崎武人「森林の社会的機能とその評価」北海道立林業試験場 光珠内季報 昭和 51 年度 No.29 1976 年 7 月

<sup>43</sup>辻本誠「最近気になる用語 149 ドライミスト」冷凍 2006 年 3 年 9 月号第 81 巻第 947 号

<sup>44</sup>東京電力 <http://www.tepco.co.jp/e-rates/custom/gokatei/juuryou/index-j.html>

0.34 円/㎡・℃となる。

ドライミストは夏季 332 時間(愛知万博実績)稼動したとすれば、ドライミストが稼動できる条件と等しい場合において、エアコンを基準として森林が気温緩和する能力の価値は 112.9 円/㎡・℃・332h と言える。

### 6.2.3. ドライミストの代替する森林面積と価値

ここで、第 2 世代小規模噴霧ドライミスト装置(使用ノズル：50ml/分・個×4 個)の導入における代替森林面積を推算する。

このドライミスト装置で 2.0℃の気温降下が見られた場合、1℃の気温緩和作用範囲は 200ml÷7.5ml/㎡×2.0=53.3 ㎡の森林に相当すると仮定する。

ランニングコストを試算すると、

332 時間噴霧する水道代<sup>45</sup>は 0.20×60 分×332 時間×0.213 円/ℓ≒849 円。

332 時間噴霧する電気代は 0.15kW×332 時間×16.05 円/kWh≒799 円。

ランニングコストの合計は：849 円(水道代)+799 円(電気代)=1648 円

と試算できる。

故に、332 時間運転で 1 時間当たり 1648 円÷332=4.96 円/53.3 ㎡・℃・h=0.093 円/㎡・℃・h となり、ドライミストでは、単位面積当たりの森の蒸散・気温緩和作用を 0.093 円/㎡・℃・h で生み出せると言う事が出来る。

### 6.2.4. 試算結果

失われた森の気温緩和作用に対し、それを補填する税が導入された場合、その税収を森の維持に割り当てると共に、ドライミストにも気温緩和作用について税収の一部を引き当てる事が一定の説得力を持つと考えられる。この場合、自前で森を作るコストを差し引けば 0.25 円/㎡・h の収入になる。

## 6.3. 間接法によるドライミストの環境勘定(その 2)

### ～高知県における森林環境税に基づく

#### 第 2 世代型小規模噴霧型ドライミスト装置の貨幣価値換算～

### 6.3.1. 前提条件

高知県では全国に先駆けて、高知県森林環境保全基金条例に基づき森林の環境を守るために通称「森林環境税」として県民税の均等割に 500 円(年額)が加算され、その税収が森林環境の保全に使われるシステムを導入した。その目的は森林による水源かん養作用の保全だけではなく、森林のさまざまな公益的機能を守るという意味合いを持つ。

森林環境税の税収による具体的な使途である森林環境保全事業は以下<sup>46</sup>のようなものである。(以下「森林環境保全のための新税制(森林環境税)の考え方」(平成 14 年 12 月 高知県)からの引用)。

#### 1. 事業目的

- ・全ての県民に、森林の役割とそれぞれの立場で参加できる森林保全の取組みを認識いただき、「全ての県民が支える森づくり」という理念の定着を図る。
- ・公益上重要で、緊急に整備する必要のある森林を対象に混交林化を進め、水源のかん養をはじめとする森林の環境面の機能を保全する。

#### 2. 事業内容

- ①県民参加の森づくり推進事業(仮称)
- 森づくりへの理解と参加を促す広報事業

<sup>45</sup> 東京都水道局より。http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/life/r\_keisan.htm

<sup>46</sup> 「森林環境保全のための新税制(森林環境税)の考え方」平成 14 年 12 月 高知県

- ・多様な媒体により、森林への関心の高い方に限らず幅広い県民を対象に実施。
- ・県産材の利用など、一人ひとりの行動と森林保全の繋がりを分かりやすくPR。
- 森林所有者への働きかけ
  - ・森林の現状や支援制度をきめ細かく情報提供し、間伐への理解と行動を促進。
- 「こうち山の日」の実施に関する事業
- 森林への理解を促し、森づくりへの参加の場として活用するモデル林の整備。
- ②森林環境緊急整備事業（現：森林環境緊急保全事業）
  - 森林の環境面の機能を保全するため、公益上重要で緊急に整備する必要のある森林を混交林に誘導。
  - これにより、管理に多くの人手を要せず、安定して機能を発揮できる森林を実現。
  - 森林所有者との協定に基づき、森林の現況に応じた強度間伐を、県が直接実行。

（引用終わり）

この中で森林の価値を表す事業として上記②に示される「森林環境緊急保全費」への使途に注目した。

森林緊急整備保全費の使途は森林環境緊急保全費、森林保全ボランティア活動推進事業費に大きく区分され、本論では前者の森林環境緊急保全費の中で荒廃した人工林を本数間伐率で40%以上の強度間伐を行い自然林に近い混交林に誘導する事業に対して支出された費用を試算に用いた。

表9に森林環境税の歳入と強度間伐に支出された森林環境緊急保全費、強度間伐された森林の面積の関係を示す。

**表9：高知県における森林環境税歳入額と強度間伐に供された予算額**

	森林環境税 歳入額	強度間伐 予算実績	歳入額に 占める 割合	強度間伐 実施面積 (ha)	実施面積 (㎡)	強制間伐 費用(円/㎡)
平成15年度	¥115,972,601	¥19,878,934	17%	91.49	914900	¥21.7
平成16年度	¥133,546,604	¥68,424,035	51%	322.98	3229800	¥21.2
平成17年度	¥161,535,675	¥103,693,368	64%	601.46	6014600	¥17.2
					3ヵ年平均 費用(㎡当り)	¥20.0

また、ドライミストが森林と等価に比較対照し得る「蒸散作用」についてはその個々の定量化が困難なことからここでは全体の価値における森林の蒸散作用そのものの貨幣価値割合を示すことは省略し、高知県において強度間伐に供された予算額とその面積により、森林の貨幣価値を仮定し、蒸散作用の貨幣価値とした。

日本学術会議第18期答申で述べられた森林の持つ多面的な機能の一覧を表10に示す。

**表10：森林の多面的な機能の種類と定量化の可否・試算例<sup>47</sup>**

1. 生物多様性保全機能	定量化可否	試算例	貨幣価値換算
遺伝子保全	×		
生物種保全	×		

<sup>47</sup> 「地球環境・人間生活に関わる農業及び森林の多面的な機能の評価について」日本学術会議 第18期答申 平成13年11月

植物種保全	×		
動物種保全（鳥獣保護）	×		
菌類保全	×		
生態系保全	×		
河川生態系保全	×		
沿岸生態系保全（魚つき）	×		
<b>2.地球環境保全機能</b>			
地球温暖化の緩和	×		
二酸化炭素吸収	○	97533 千トン/年	代替法で 1 兆 2400 億円/年
化石燃料代替エネルギー	×		
地球気候システムの安定化	×		
<b>3.土砂災害防止機能／ 土壌保全機能</b>			
表面侵食防止	○	51.1 億m <sup>3</sup> /年	代替法で 28 兆 2,600 億円/年
表層崩壊防止	○	96393ha/年	代替法で 8 兆 4,400 億円/年
その他の土砂災害防止	×		
落石防止	×		
土石流発生防止・停止促進	×		
飛砂防止	×		
土砂流出防止	×		
土壌保全（森林の生産力維持）	×		
その他の自然災害防止	×		
雪崩防止	×		
防風	×		
防雪	×		
防潮	×		
その他	×		
<b>4.水源涵養機能</b>			
洪水緩和	○	1107121 m <sup>3</sup> /sec	代替法で 5 兆 5,700 億円/年
水資源貯留	×		
水量調節	×		
水質浄化	○	1864.25 億m <sup>3</sup> /年	代替法で 12 兆 8,100 億円/年
<b>5.快適環境形成機能</b>			
気候緩和	×		

夏の気温低下と冬の気温上昇	×		
木陰	×		
大気浄化	×		
塵埃吸着	×		
汚染物質吸収	×		
快適生活環境形成	×		
騒音防止	×		
アメニティー	×		
<b>6.保健・レクリエーション機能</b>			
療養	×		
リハビリテーション	×		
保養	×		
休養(安らぎ・リフレッシュ)	×		
散策	×		
森林浴	×		
レクリエーション(遊び)	×		
行楽	×		
スポーツ	×		
つり	×		
<b>7.文化機能</b>			
景観(ランドスケープ)・風致	×		
学習・教育	×		
生産・労働体験の場、	×		
自然認識・自然とのふれあいの場	×		
芸術	×		
宗教・祭礼	×		
伝統文化	×		
地域の多様性維持(風土形成)	×		
<b>8.物質生産機能：(市場価格形成)</b>			
木材	○	1998 万 m <sup>3</sup> /年(1999)	3,838 億円/ 年(1999)
燃料材	×		
建築材	×		
木製品原料	×		

パルプ原料	×		
食料（きのこ等）	○	41.6 万 t/年（1999）	2888 億円/ 年（1999）
肥料	×		
飼料	×		
薬品その他の工業原料	×		
抽出成分	×		
緑化材料	×		
観賞用植物	×		
<b>工芸材料</b>	×		

注：定量評価の可否については原則を示す。試算はいずれも林野庁（2000）による。  
・生物多様性保全機能、文化機能についても、ごく一部で定量評価は行われている。

以上の条件より、東京 23 区部に森を作って気温緩和を目指す場合、ドライミストを設置する場合、並びに一般のエアコンの冷却作用のみ用いて気温緩和を目指す場合の 3 つの視点で、各々のイニシャルコスト、ランニングコスト、及び消費電力量の面から比較する。

### 6.3.2. 試算結果

環境勘定試算結果を表 11 に示す。

表 11：東京 23 区部に森を作るコストとドライミストを設置するコスト

項目	イニシャルコスト	ランニングコスト(円/年)	消費エネルギー(kWh)	供給した冷却量
東京 23 区部に 26.7 m <sup>2</sup> 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	¥400,000(*3)	¥1,648(*4)	¥0.19/m <sup>2</sup> ・h(*5)	0.15kW(*6)
有効面積 26.7 m <sup>2</sup>			49.8kWh(*7)	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/m <sup>2</sup> ・h	1.0kW(*11)
			1,656 kWh(*12)	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/m<sup>2</sup>換算で 26.7 m<sup>2</sup>)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<sup>48</sup>より 901,700 円/m<sup>2</sup>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 m<sup>2</sup>の地価を計算すれば 24,075,390 円となる。

(\*2)高知県における表 8 より 26.7 m<sup>2</sup>当たりの強度間伐費用は、3 ヶ年平均額を用いれば 535.3 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 世代小規模噴霧型ドライミスト噴霧装置の価格は 40 万円とした。

(\*4~\*7)夏季に 332 時間噴霧(愛知万博での実績値)した場合のランニングコスト。第 2 世代型小規模噴霧型ドライミスト装置のランニングコストは 6.2.3 で算出した値を利用した。

(\*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 m<sup>2</sup>の室内に適した能力のエアコン価格の平均値。価格.com (<http://kakaku.com/>)による。

(\*10~\*12)ミストノズル 4 個がカバーする面積(26.7 m<sup>2</sup>、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「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 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。

### 6.3.3. 勘定結果考察

表 11 のうち、網掛け部分でのイニシャル+ランニングコストの比較をする。仮に 100 年

<sup>48</sup> 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

(:A)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、100年単位で森を考え、イニシャル+ランニングコストの総費用で森の持つ様々な価値を定義したとき、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、6.3.1で述べたとおり現在のところ森の価値を推定する方法は知られていない。

一般に、ドライミスト装置の設置規模が大きくなるほどノズル1つ当りのコストは安くなる。このことから大規模噴霧に関しては更なるイニシャルコスト、ランニングコストの低減が可能である。

小規模噴霧型ドライミスト装置はまだ規模に応じたポンプ価格が高いためにイニシャルコストの面では普及に障害があると考えられるものの、各建物の所有者が屋上緑化の代替手段として簡単に導入が可能なシステムである。建物への負担が軽くなり、メンテナンスも比較的容易であろう。このことから、各建物の敷地面積に対応するだけのドライミスト装置を設置することを義務付ければ環境対策にかかる経済的負担を軽減するのに役に立ちはしないか。

また、技術単体ではなく、高反射率塗料を利用して建物屋上をクールルーフ化し、さらにドライミストと組み合わせるなど、複数の技術とのコラボレートも容易なシステムと考えられる。この場合も建築物への熱負荷を減少させることが出来、ヒートアイランド対策が可能となる。

## 第7章. ドライミストとは何か。～今後の展望～

## 7.1. 目標世帯普及率の試算

東京都 23 区部における各人工排熱源から排出される「顕熱」を、東京都 23 区部の家庭に普及させた小規模噴霧型ドライミスト装置(以下家庭用ドライミスト)が潜熱化するのに必要な普及率を算出した。

想定する家庭用ドライミストは1世帯当たりドライミストノズル数4個(総ミスト噴霧量200ml/min)の小規模噴霧型ドライミスト装置である。

表 12: 各人工排熱源からの排出顕熱を潜熱化するために目標となる家庭用ドライミストの目標世帯普及率

人工排熱源 (顕熱のみ)	構成比 (%)	排熱量 (TJ/day)	ミスト 噴霧量 <sup>49</sup> (m <sup>3</sup> /min)	水道供給能力 <sup>50</sup> に対する割 合	目標世帯 普及率 <sup>51</sup>	東京都区部に おける 同等世帯普及率 <sup>52</sup>
業務ビル	29.8%	469.6	134.3	5.3%	16.2%	食器洗い機 (17.1%)
自動車	32.1%	505.8	144.7	5.7%	17.4%	食器洗い機 (17.1%)
戸建て住宅	7.5%	118.1	33.8	1.3%	4.1%	軽自動車 (4.4%)
集合住宅	6.5%	101.8	29.1	1.1%	3.5%	プラズマテレビ (3.1%)
戸建+集合 住宅	14.0%	219.9	62.9	2.5%	7.6%	輸入自動車 (6.5%)
生産工場・ 清掃工場・ 火力発電所	17.4%	274.3	78.5	3.1%	9.5%	20万円以上の ユニット家具 (9.2%)
(全体)	100%	1574.3	450.3	17.7%	54.3%	システム キッチン(56.1%)

\*人工排熱1.0TJ/day 当たり、家庭用ドライミストの目標世帯普及率0.035%である。

試算結果より、戸建・集合住宅から排出される人工排熱量に相当する顕熱を潜熱化するのに必要なドライミスト噴霧量は62.9 m<sup>3</sup>/min である。

このドライミスト噴霧量を家庭に設置された家庭用ドライミストで実現するために目標とすべき世帯普及率が7.6%である。

つまり、戸建・集合住宅からの全ての人工排熱を処理するために、全ての世帯が家庭用ドライミストを導入する必要はなく、全体の7.6%の世帯が導入すれば全ての住宅からの人工排熱のうちの顕熱を潜熱化するに値するドライミストを噴霧することが可能である。

この目標世帯普及率を超えた場合は戸建・集合住宅以外の人工排熱削減量に振り替えて

<sup>49</sup>試算に用いた水の密度は便宜上1000kg/m<sup>3</sup>とした。

<sup>50</sup>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 m<sup>3</sup>/day。「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

<sup>51</sup>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

<sup>52</sup>普及率は総務省統計局「平成16年全国消費実態調査：主要耐久消費財結果表」

<http://www.stat.go.jp/data/zensho/2004/submenu3.htm> を参照

考える事ができる。

例えば、世帯普及率が 17.1%に上昇したとすると、戸建・集合住宅からの人工排熱量をキャンセルする効果に加えて生産工場・清掃工場・火力発電所からの人工排熱量に相当する顕熱も家庭用ドライミストが肩代わりして間接的に潜熱化できる、とすることが出来る。

同じように、世帯普及率が 54.3%に達すると東京都 23 区部から環境へ排出される人工排熱量(顕熱)を潜熱化するのに必要なドライミスト噴霧量を戸建・集合住宅に設置された家庭用ドライミストのみで達成できると考えられる。

以下に戸建・集合住宅からの人工排熱を家庭用ドライミストで相殺する概念図を示す。

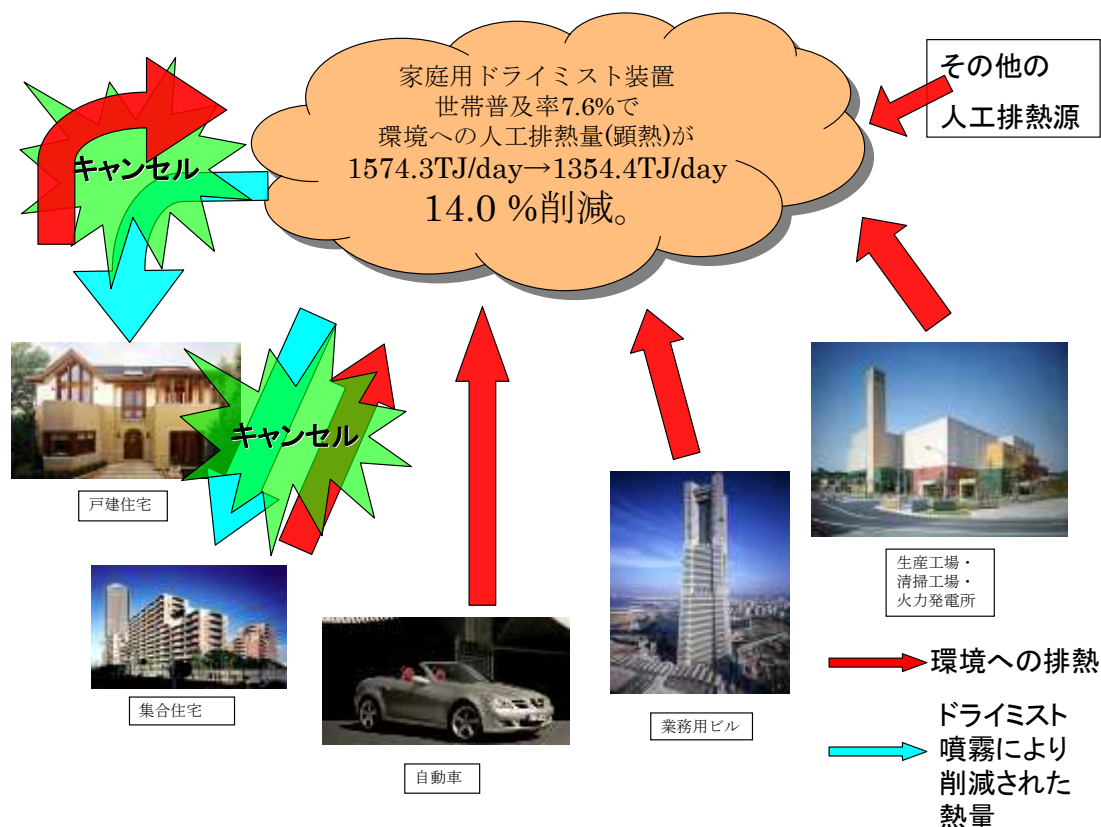


図 43：東京都 23 区部において排出される人工排熱(顕熱)量を家庭用ドライミストで削減する

## 7.2. 目標世帯普及率のまとめ

以上の検討から、家庭用ドライミストが戸建・集合住宅から排出される排熱に相当する顕熱を潜熱化し、ヒートアイランド抑制に効果をもたらすための世帯普及率を 7.6%(輸入自動車の普及率に相当)とすることが出来る。これをヒートアイランド抑制のための第 1 次目標世帯普及率として提案したい。この普及率で環境へ排出される顕熱が 14.0%削減できる。

この普及率を達成した後、各種工場・発電所から排出される人工排熱(顕熱)相当量を家庭用ドライミストが肩代わりして潜熱化することを目標とする第 2 次目標世帯普及率を 17.1%(食器洗い機の普及率に相当)として提案したい。この普及率を達成できれば環境へ輩出される顕熱量を 31.4%削減できる。

理想的には環境へ排出される顕熱全てを潜熱化するに等しいドライミストを噴霧することが望ましいが、表 12 で示したように、東京都水道局の最大配水量に対して 17.7%を占めることとなり現実的ではない。よって、現実的な値として前述の第 2 次目標世帯普及率で

使用される水道水の、東京都水道局の最大配水量に対する割合 5.6%が限度と考える。

### 7.3. ドライミストとは何か。普及の観点から。

現在高い普及率を誇る住宅用ヒートポンプ(クーラー)は、環境中での生命維持に必然と言うわけではない。1950年代米国で起こった大衆消費活動の爆発的伸張の結果ともいえる。

窓の開けられないオフィスであれば多少のクーラー使用はやむをえないとしても個人の住宅レベルでは窓を開け、風を通すことで幾らかの涼をとることが出来よう。この風でも我慢のならない時にはドライミストを噴霧すれば良い。

ドライミストを噴霧することがエアコンを使用することに対してどれ程有利なのか考察してみる。

#### 7.3.1. 二酸化炭素排出量の削減効果

ドライミストとエアコンを二酸化炭素排出量という観点から比較する。まず、各々のランニングコストを算出する。

平成15年度、都内での1世帯あたりの平均水道使用量<sup>53</sup>は16 m<sup>3</sup>/月である。それに対し夏季に、1ヶ月に100時間噴霧した場合の使用水量は1.2 m<sup>3</sup>であり、平均水道使用量に対する割合は約7.0%である。

この時、水道料金<sup>54</sup>は呼び径20mmの一般用で基本料金を除き26.4円～195.6円となる。(従量料金制により、世帯あたり月ごとの使用水量によって単価が異なる)。

同じように、ドライミスト運転にかかる電気代は想定するドライミストを環境勘定で想定した第2世代型とすれば240.75円となる。

同規模におけるエアコン噴霧の場合、環境勘定の6.4.2試算結果において算出された結果から1ヶ月100時間の運転で1,605円のコストがかかる。

よって、トータルのランニングコストが267.15円、エアコンにかかるコストが1,605円となる。

以上の条件から二酸化炭素換算<sup>55</sup>を行えば、エアコンでは8.34kgCO<sub>2</sub>/月であるのに対し、ドライミストでは1.53kgCO<sub>2</sub>/月であり、1ヶ月当りの削減量は81.7%になる。

7.2で推算した目標世帯普及率7.6%を仮に全国で達成時、全国の住宅から排出される二酸化炭素量を試算すれば、住宅からのCO<sub>2</sub>排出量は6.2%削減され、全国での世帯普及率17.1%を達成した場合14.0%の削減となる。これは全国から排出される二酸化炭素の全体量<sup>56</sup>と比較すれば世帯普及率7.6%の場合0.9%、17.1%の場合2.0%の削減効果が期待できる。

言い換えれば、限りある水道能力ゆえにドライミストの二酸化炭素排出削減効果は2.0%が限界とも考えられる。しかし、エアコンを止めドライミストにシフトする大きな動機付けになることは明らかではないだろうか。

#### 7.3.2. 失われた蒸発潜熱の補填

\* 表13に環境省発表の平成13年度ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書より、東京都の自然状態と現況の1日辺りの平均熱収支の比較を示す。

<sup>53</sup> 東京都水道局<よくある質問>「もっと知りたい「水道」のこと」<http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/faq/qa-14.htm>

<sup>54</sup> 東京都水道局<水道・下水道料金の計算方法>[http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/life/r\\_keisan.htm#jirei1](http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/life/r_keisan.htm#jirei1)

<sup>55</sup> 電気：0.555kgCO<sub>2</sub>/kWh(改正・地球温暖化対策推進法 平成17年6月公布による。)

水道：0.58kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(身近な地球温暖化対策 環境家計簿 環境省による。)

<sup>56</sup> 環境省 我が国の温室効果ガス排出量 2005年度(平成17年度)の温室効果ガス排出量速報値<概要>より

表 13：東京都の自然状態と現況の1日辺りの平均熱収支の比較

項目	自然状態	現況	内容
日射	328.1	328.3	大気から地表面へ
放射（下向き）	351.3	358.1	
反射	68.5	69.4	地表面から大気へ  (うち人工排熱) ( " )
放射（上向き）	426.2	458.3	
対流顕熱	65.9	90.5	
蒸発潜熱	126.6	53.2	
人工顕熱	0	26.9	
人工潜熱	0	5.2	
伝導	-7.8	14.9	

(単位：W/m<sup>2</sup>)

都市化に伴い、自然状態の蒸発潜熱が58.0%減少し、対流顕熱が37.3%の増加、また人工顕熱が26.9W/m<sup>2</sup>生じている。ドライミストは都市化に伴い減少した蒸発潜熱を補填し、都市生活によって排出される人工顕熱を潜熱化することによってヒートアイランドを緩和する試みである、と捉えてはどうか。

### 7.3.3. 小規模噴霧型ドライミスト装置の普及に向けたパッケージ案

本年度我々は大型パラソルに取り付けるタイプの小規模噴霧型ドライミスト装置を製作した。今後に向けて新たなスタイルの小規模噴霧型ドライミスト装置の提案をする。

まず、小規模噴霧型ドライミスト装置の普及に向けて、超磁歪素子を用いた第3世代型のようなコンパクトで消費電力及び稼動騒音が小さいポンプの開発が急務である。一般のモータを動力としたポンプを使用するのであればドライミストシステムの新規性は薄まり、東南アジア諸国で見られるミスト噴霧装置と差別化を図る上では結果的にはノズルしか差異がなく、その価格も安価になれば東南アジア諸国のシステムの容易に取り入れられるのでドライミストそのものの先進性は劣る。

よって日本で開発するのであれば第3世代型のようなポンプを開発し小規模噴霧装置に適用する事が重要であると考ええる。

以上のように第3世代型の基本的な要素を開発すると同時に、パラソルヒーターに第3世代型を組み合わせ、夏季にも稼動することも提案したい。ドライミストは夏季に限られた時間だけ運転される。その為、1年の大部分の時期は稼動されない。同様に、パラソルヒーターも冬季のみの稼動でそれ以外の時期には殆ど用途がない製品である。

これら2つの装置を組み合わせることによって、製品の年間稼働時間を増やすことが可能であると考ええる。ここで例として図44, 45にパラソルヒーターの概要、図32にパラソルヒーターの図面を示す。

このパラソルヒーターのガスボンベ部に夏季は水タンクを設置し、内部に超磁歪素子ポンプユニットを設置する。1台当りノズル数2個とした場合、水タンクを1個500ならば、連続8時間以上の運転が可能であり個人宅の庭での使用に限らずオープンエア店舗にも設置することが可能になる。

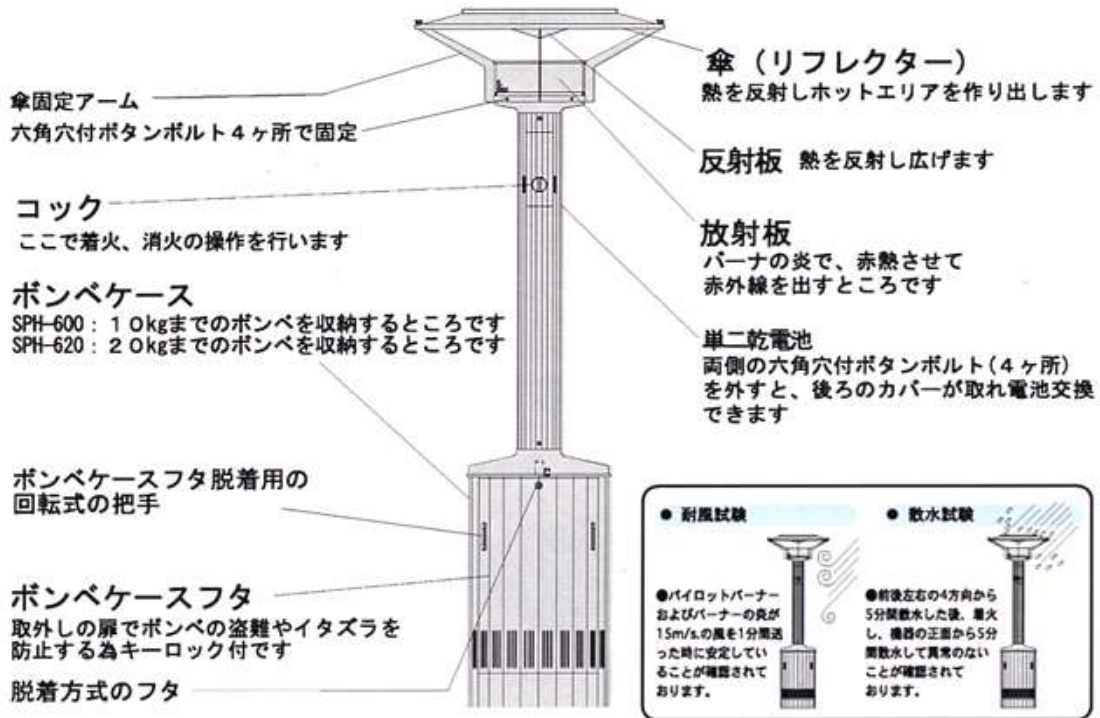


図 44：山岡金属工業(株)「パラソルヒーター」概要

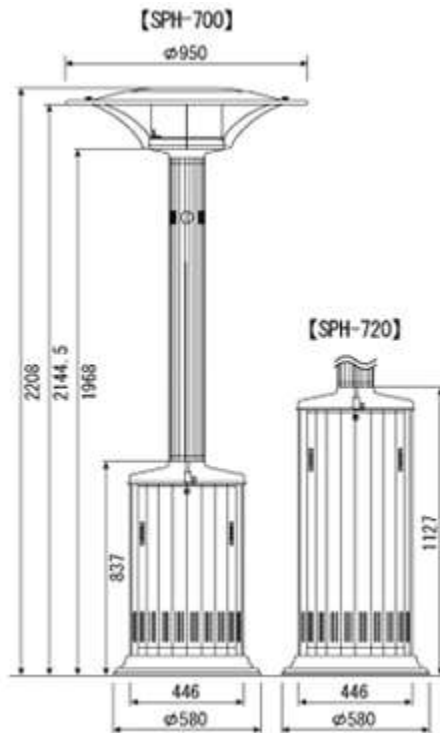


図 45：パラソルヒーター図面



## 第8章. まとめ

①大規模に噴霧されていたドライミスト装置の小型化を試み、2006 年度に第 1 世代～第 3 世代までの小規模噴霧型ドライミスト装置の研究・開発を行った。

②第 1 世代小規模噴霧型ドライミスト装置(第 2 期)を一般家庭に持ち込み、実際に設置・稼動を行った。しかし、騒音問題や消費電力過多、噴霧されない余剰水の大量発生など問題点が浮き彫りになった。

③第 1 世代型の問題点を改善するべくポンプの性能及び配管の衛生対策面で改良を加えた第 2 世代小規模噴霧型ドライミスト装置を開発し、2006 年 12 月に東京ビッグサイトで行われた「エコプロダクツ 2006」に出展した。しかし、ポンプの材質選択、振動対策、噴霧圧力保持、熱の発生等の改善課題も明らかになった。

④第 2 世代型の問題点を改善するために超磁歪素子を用いた第 3 世代型の開発に着手し、消費電力を 30W 程度まで軽減することで COP を改善し、運転音も抑えることを目指した。

⑤ドライミストに供する水の検討を行い、水道水を使用するならば水由来の衛生的な問題はほぼ回避できるとした。

⑥ドライミストの環境勘定を行い、100 年の単位で考えると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、と結論付けた。

⑦ドライミストの目標世帯普及率を試算し、ヒートアイランド抑制に効果をもたらすための第 1 次世帯目標率を 7.6%、第 2 次世帯目標普及率を 17.1%とした。第 2 次目標普及率達成時の使用水量は、東京都水道局が東京都 23 区部へ配水できる最大配水量に対して 5.6%を占める。また、全国の世帯普及率 17.1%達成時には国内の二酸化炭素排出量を 2.0%削減する事が出来ると試算した。

以上



## 謝辞

本論文を執筆するに当り、懇切丁寧なご指導、ご援助を頂いた東京理科大学工学部第 2 部建築学科辻本誠教授、並びに西田幸夫講師に深く感謝いたします。

また、惜しみなく多大なご指導、ご協力を頂きました能美防災(株)稲村勝正氏、三機工業(株)内山聖士氏、並びになごミスト設計(有)杉山剛氏にも感謝申し上げます。ありがとうございました。

大手山亮  
2007年2月



## <巻末付録・資料編>

ドライミスト研究・開発 blog\*\*\*\*\*

東京理科大学 工学部 建築学科 辻本研究室

～ドライミストによる環境改善に関する研究開発～

2006年5月～2007年2月アーカイブ