

論 文

加熱気化式二流体噴霧装置の開発*¹

—構造と基本特性—

中村 誠*², 加島秀雄*², 紀國 崇*³DEVELOPMENT OF A VAPOR ASSISTED TWIN-FLUID TYPE
SPRAY UNIT

(DESIGN AND SPRAY PERFORMANCE)

Makoto NAKAMURA, Hideo KASHIMA and Takashi KINOKUNI
R & D Technical Center, SANDEN CORPORATION

A vapor assisted twin-fluid type spray unit was newly developed for the atomization of the liquid including deodorizing agents or insecticides. This unit utilized vapor jet stream. Water was supplied by a small plunger pump into the sintered metal vaporizing element and then heated with a ceramic heater to generate vapor. Without using an air compressor, fine spray of less than 20 micrometer particle size was obtained with stable vapor assisted atomization at a typical internal vapor pressure of 400 kPa and temperature of 160 °C. An application to deodorizers for professional use is also described.

Key words : Vapor assisted atomization, Twin-fluid type spray, Deodorizer

1. 緒言

近年、産業・交通・生活などの人間の営みに起因する環境事情の悪化が著しく、その進行を止め、改善する広範な努力がなされているが、その一方で、消臭・脱臭など室内の生活や作業空間における空気の状態 (Indoor Air Quality)¹⁾の改善や消毒・殺菌・防虫など衛生上の環境改善も強く望まれるようになった。筆者らはこのような身近な環境改善のための機器や衛生機器の開発に不可欠な薬剤散布・噴霧技術の確立

の一環として、加熱気化蒸気の噴出力を利用した二流体噴霧装置を開発した^{2,3)}。さらに、その応用のひとつとして料理やタバコ臭などの悪臭を対象とした業務用消臭剤噴霧機を開発した⁴⁾。

本研究においては、加熱気化式二流体噴霧装置の構造とその基本特性についての実験的検討を行ったので、ここに報告する。

2. 加熱気化式二流体噴霧装置の構造と
特性および実験方法

液体を加熱し、ノズルより噴出させる“加熱気化方式”の技術は、液体燃料と空気を予混合し燃焼させる家庭用暖房機の灯油バーナの気化器などで、よく知られている⁵⁾。ところが、この方式を単一液体 (薬剤等) の

* 1 平成6年1月20日 原稿受付

* 2 サンデン(株) 技術開発研究所

〒372 群馬県伊勢崎市寿町20

TEL 0270-24-4641

* 3 サンデン(株) 住環境統括部開発課

噴射装置に適用した例は、噴霧容量の比較的小さい風邪予防・治療用吸入器の例を除けば、あまり見られない。この方式の噴出ユニットは、適切な蒸発圧力・温度を選ぶことにより、高速蒸気噴出装置としての応用が可能と考えられる。さらに、この機構を、よく知られた二流体噴霧装置⁶⁾における噴霧の誘発力として利用することにより、種々の液剤を噴霧対象とした新しい型式の噴霧装置の開発が可能となる。従来、エアコンプレッサを用いた、いわゆるエアアシスト (Air Assisted) タイプ^{7,8)}の二流体噴霧機構 (内・外部混合型) では、可搬型の消臭剤噴霧装置への応用を考えた場合、サイズ・重量・振動騒音・コストなどに難点があり、全く新しい上記の方式の開発が必要となった。

2. 1 構造

本研究では、蒸気噴出流となる気化液として純水、またはエタノール水溶液を用いた。Fig. 1 に、今回開発した消臭剤の噴霧装置の構造を示す。圧力式電磁プランジャポンプで容器A内の液体 (純水 あるいはエタノール10%を含む純水) をフィルタを通して吸い上げ、気化器に供給する。気化器内の気化エレメント (焼結金属製) に流入した液体は、側面に密着したセラミックヒータにより加熱され蒸発する。このとき、蒸発温度はサーミスタとPIDコントローラにより一定に保たれ、安定した蒸発量が得られる。気化器内で蒸発した液体は、高速蒸気流としてノズルAから噴出され、ノズルBの先端でエジェクタ作用により容器B内の薬剤を吸い上げ、微細粒子となって

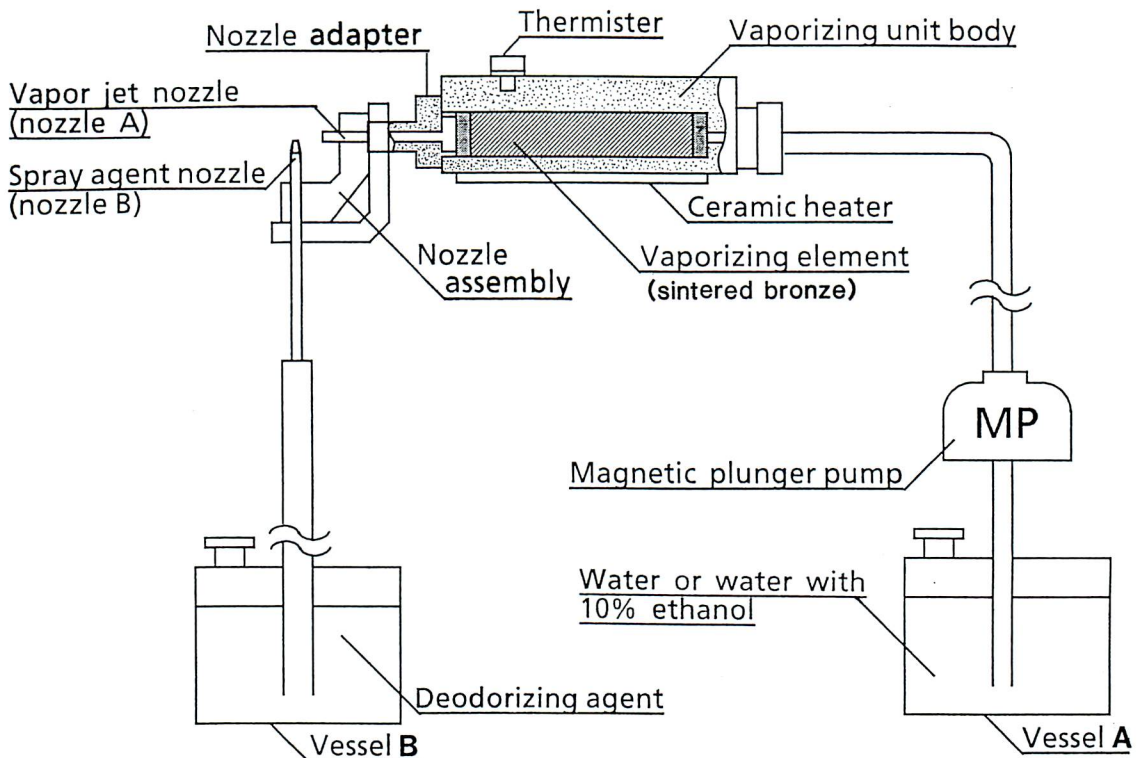


Fig. 1 Schematic construction of spray unit

噴出される。すなわち、結果として、この薬剤と水蒸気が混合物の形で噴霧されることになる。なお、ここで用いた各ノズルの幾何学的寸法は、ノズルAでは、噴孔長を19 mmに固定し、内径(噴孔径)を0.40-0.50 mmまで変化させ、最適値を求め、ノズルBでは、噴孔径をノズルAと同寸法とし、噴孔長を以下の理由により算出し、30 mmとした。

薬剤の噴霧流量は、その使用目的と効果の点から、およそ5 g/minが適切であることが予備実験で確認された。また、後述の理由により蒸気流量も同じく5 g/minとした。

2. 2 要求される特性

効率的(経済的)で、速効性のある消臭効果が得られ、散布液の拡散性がよく、かつ周囲の床や家財を濡らさないためには、噴霧の最大粒子径が、およそ20 μm (平均粒径: $D_{10} < 10 \mu\text{m}$)以下であることが望ましいことが、初期的調査にて判明した。そのための気化式二流体噴霧装置を得るには、(1) 気化器内の目づまりがないこと(耐用年数5年)、(2) 脈動のない安定した気化性能を有すること、また機械のメンテナンスなどの実用上の理由から、(3) 気化液と噴霧薬剤の消費量は1:1であること(容器A、Bに各液剤を補給する上で、その消費バランスは同量であることが望ましい)、(4) 噴霧ノズルからの液垂れのないこと、などの要求事項があげられる。

2. 3 実験

蒸気流量(Q_v)、薬剤噴霧流量(Q_s)は容器A・容器Bの重量を電子天秤で計測して算出した。粒径の観察は、常法に従い液

浸法(受止め液:シリコンオイル 動粘度1000 cst)および透過型光学顕微鏡(オリンパス製)を用いた。

3. 結果と考察

3. 1 気化器(蒸発流噴出部)の諸元と気化液の決定

気化器部分は空気圧送式二流体噴霧装置におけるエアコンプレッサに相当する。Fig. 2は、ノズルAの内径と蒸気流量との関係を示しており、ノズルAの内径が増大すると蒸気流量は比例的に増加することがわかる。前述の理由によって、蒸気流量は5 g/minが適切であるため、図よりノズルAの内径は0.42 mmに設定された。次にFig. 3は、気化器のサーミスタ検知部温度 T_{TH} と蒸気流量 Q_v との関係を表しており、温度の上昇にともない、 Q_v は僅かに減少傾向にあることがわかる。 P_v は圧力式電磁プランジャポンプにより制御される蒸発圧力である。図より、安定気化領域にあり、かつ所望の蒸気

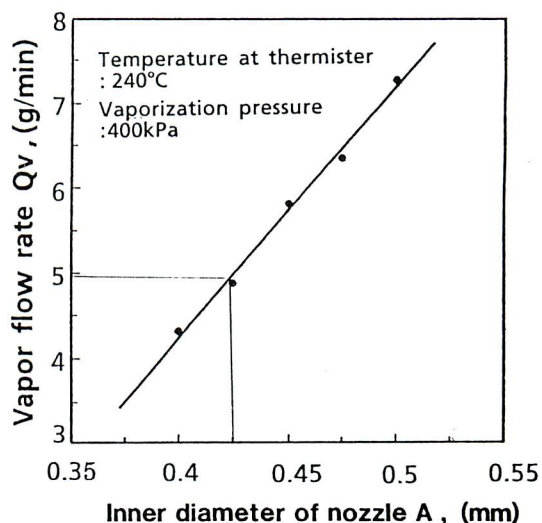


Fig.2 Determining vapor jet nozzle diameter to specified vapor flow rate Q_v

流量を得られる蒸発圧力とサーミスタ検知部温度として、 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ および 240°C を得た。このサーミスタ検知部温度は、約 160°C の蒸発温度に相当する。気化エレメント内部での蒸発部の温度が高すぎると局所膜沸騰を生じ、周期的な脈動（圧力変動）の発生が認められる。

別の実験結果より、気化の安定領域が $220\sim 260^\circ\text{C}$ の範囲にあることがわかった。蒸発の安定性については多成分系液媒体が有効であり、エタノール水溶液が防カビ・抗菌作用を有し、かつ安定性の高い媒体として知られていることから、これを採用することを検討したところ良好な結果が得られた。そこで、エタノール水溶液の気化安定性についての検討を行った。Fig. 4は、その結果を示したもので、水溶液中のエタノール濃度と蒸発圧力変動幅との関係を表している。図より、本水溶液では、エタノール濃度、約 $10\sim 20\text{ wt}\%$ 濃度範囲において、幅広い温度領域で純水（ 0% エタノール）より

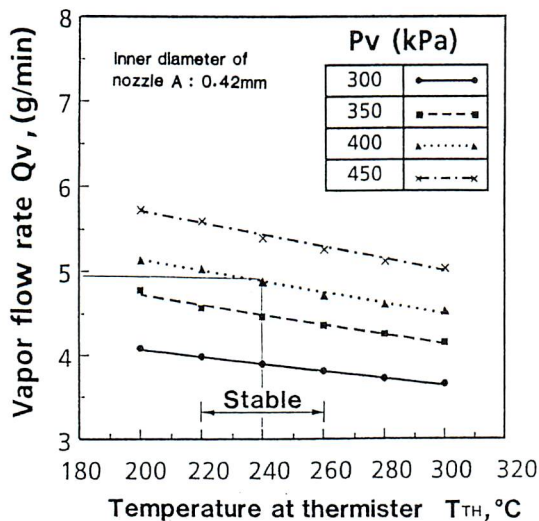


Fig. 3 Setting operation conditions for varied vaporization pressure Pv

も圧力変動の少ない、安定な気化特性が得られる⁹⁾ことがわかる。

3. 2 噴霧装置のノズルの相対位置と形状決定

Fig. 1の気化器を用いて、蒸気噴出ノズル（ノズルA）と薬剤噴霧ノズル（ノズルB）の相対位置（X, Y, Z方向）による薬剤噴霧流量の変化を測定した。ここでは、XはノズルAの先端とノズルBのセンターとの間隔、YはノズルAのセンターとノズルB先端との相対位置、Zは両ノズルセンター間の相対位置をそれぞれ表す。Fig. 5に、ノズルアセンブリの構造と各座標方向を示す。Fig. 6には、それらの測定結果を示す。図中の(a), (b), (c)は、それぞれ Fig. 5の各座標パラメータに対応するものである。いずれも、各々の相対位置に対する噴霧流量 Q_s を表したものである。Fig. 6の(a)より、Xの値には、充分設計上の自由度があり、使用目的に適した噴霧の粒径、パターン、到達度などが得られるようにその位置

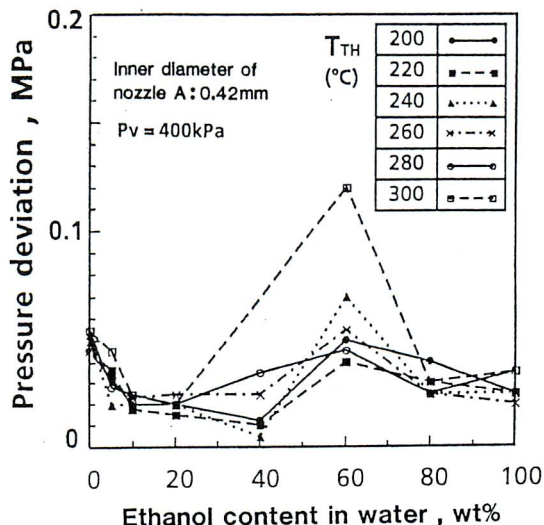


Fig. 4 Influence of ethanol content in water on pressure deviation from Pv

を決めることができる。Fig. 6の(b), (c)より、噴霧流量 Q_s のY, Z方向依存性は、Xに比べ大きく、噴霧流量のバラツキを10%に押さえるにはノズルの設定位置の交差を $\pm 100\mu\text{m}$ 程度に入れる必要があることがわかる。なお薬剤噴霧ノズルは、その噴霧流量の効率を考えると、わずかに蒸気噴出流の中(Y軸のプラス方向)に突出するのが良い。これは、ノズルBの先端近傍に衝突する蒸気噴出流の乱れ等の流体力学的特性が影響しているものと推察され、現在その詳細なメカニズムを検討中である。

Fig. 7は、ノズルBの先端形状の影響について調べた結果である。テーパ角は概ね 70° が良好で、ノズル先端での液唾れもなく、騒音(二流体の衝突および吸い上げ音)に関しても他に比べ小さい。また、噴霧流量もテーパ角 70° 以下では、比較的多いこと

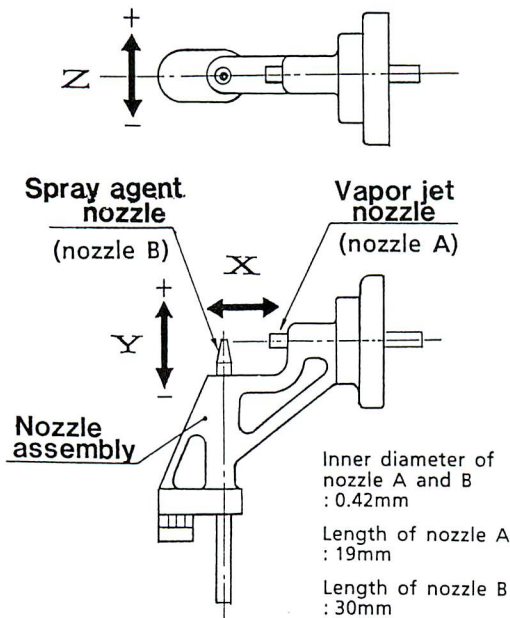


Fig. 5 Schematic construction of the nozzle assembly^{10,11)}

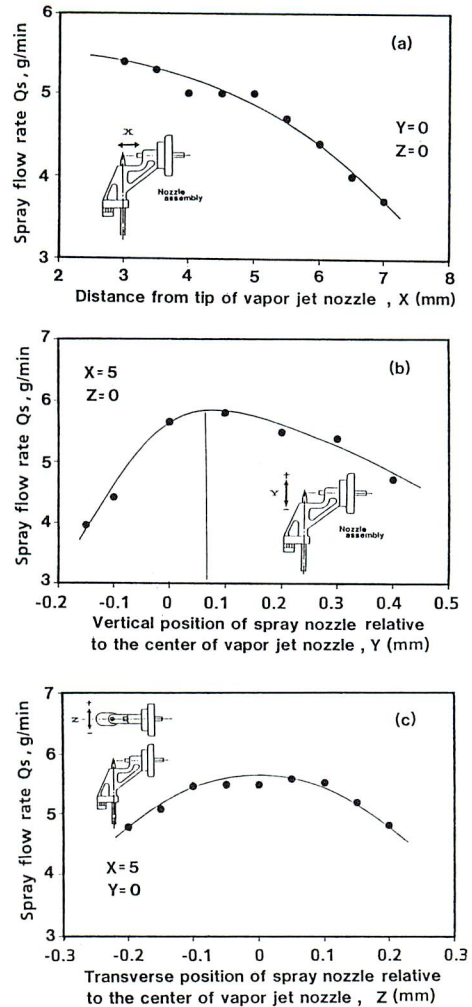
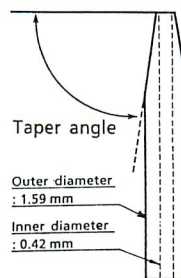


Fig. 6 Effect of design parameters of nozzle assembly on spray flow rate (a)X-direction,(b)Y-direction,(c)Z-direction



Taper angle	Spray flow rate ratio	Noise level (A filter)
90°	1	Acceptable (58 dB)
70°	1.2	Acceptable (57 dB)
45°	1.2	Greater than 90° (60 dB)

Fig. 7 Relative spray flow rate and noise level vs. taper angle of nozzle B

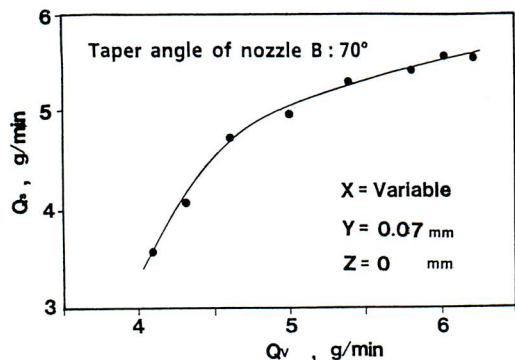


Fig. 8 Influence of vapor flow rate Q_v on spray flow rate Q_s

がわかる。Fig. 8に Q_v と Q_s の関係を示す。テーパ角を 70° ， Y ， Z 座標をそれぞれ最適値に固定し， X 座標を動かしたものである。この結果より， Q_s/Q_v を1に保つには，蒸気流量 Q_v をおよそ 5 g/min に制御する必要があることがわかる。

3. 3. 粒度分布について

Fig. 9および Fig. 10に粒径の分布の観察結果を示す。Fig. 9は，液浸法により写真撮影したものである。そのときの測定条件は，ノズルアセンブリの X ， Y ， Z の各寸法をそれぞれ， 5 ， 0.07 ， 0 mm ，ノズル B のテーパ角を 70° とし，エタノール $10\text{wt}\%$ 水溶液を用い，ノズルの下方 30 cm にて計測したものである。Fig. 10は，その粒度分布である。図より， $10 \mu\text{m}$ 以下の粒径を中心に約 $20 \mu\text{m}$ まで広く分散しているのがわかる。また， 160°C を越える加熱蒸気噴出流によって微粒化されるため，蒸散している粒子を含め，実用上の使用目的（ここでは， 100 畳までの広い空間に消臭剤などの薬剤を均一に噴霧すること）を満足する拡散性のより高い薬剤噴霧が実現されることが期待できる。

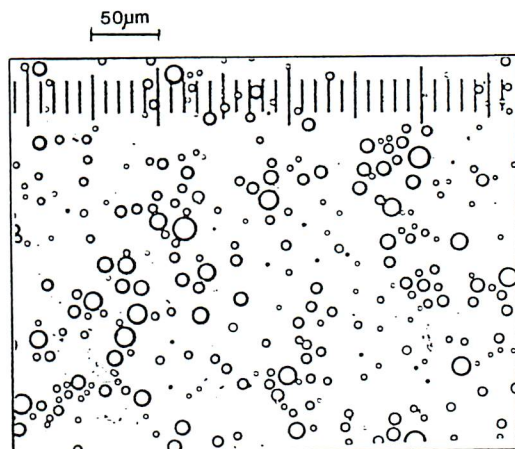


Fig. 9 An example of atomized particle distribution

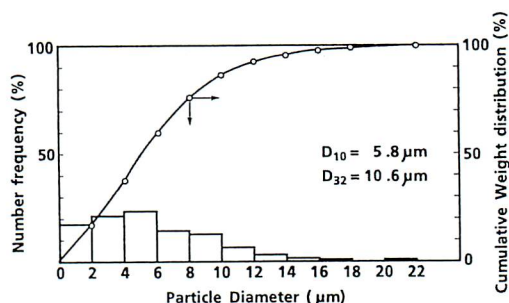


Fig. 10 particle size distribution of fig.9

4. 本噴霧装置の消臭剤噴霧機への応用

Fig. 11, 12に本噴霧装置の応用例としての業務用消臭剤噴霧機を示す。表1は，その主要諸元である。本機は，調理残飯臭やタバコ臭などの悪臭の除去を目的に，その噴霧媒体として天然植物系液体消臭剤を用い，噴霧微粒子の化学反応および感覚的中和相殺作用¹²⁾を利用した速効性の高い業務用消臭機である。図に示すように，噴霧ユニットのシステム構造は，Fig. 1と同様であるが，この噴霧ユニットには首振り用モータが連結され¹³⁾，コントローラによって4段

階に首振り角度幅が変えられるように制御される。仰角調節は、手動である。また、内部に一对のボトルを収容し、外装部には車輪およびハンドル（取手）が装着されている。このように、噴霧粒子の広域拡散を促進する首振り機能を備え、移動の容易な操作性の高い消臭機が開発できた。

さらに、噴霧ユニット自身の特性とそのコンパクト性から、水容器（一对のボトル）が必要であることを含めても、製品としての小型・軽量化が可能となり、かつ、低騒音化を図ることができた。また、本噴霧ユ

ニットは、本論文に述べられたような微粒化性能と拡散性を必要とする他の種々の薬剤噴霧への応用¹⁴⁾にも適している。

5. 結言

消臭剤噴霧機などを目的とした新しい薬剤噴霧装置として『加熱気化式二流体噴霧装置』の開発を試み、薬剤噴霧流量5 g / minの良好な噴霧特性が、アルコール水溶液の安定した気化による蒸気噴出と、これによる第二のノズル先端におけるエジェクタ効果により得られた。噴霧粒径は、10 μm以下の粒子径を中心に、大略~20 μmに分布している (D₃₂=10.6 μm)。気化器内蒸発圧力は4.0kg/cm²、温度は約160℃である。蒸気噴出ノズルと薬剤噴霧ノズルの相対位置の最適化を図り、工業的に充分得られる精

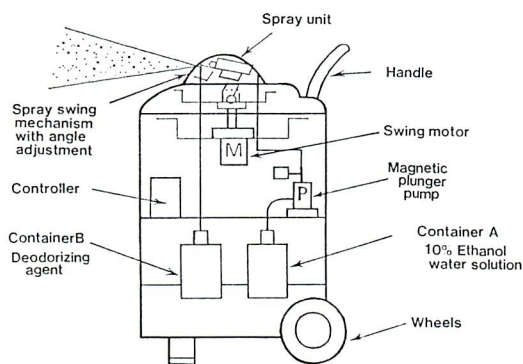


Fig. 11 Deodorizer machine for professional use

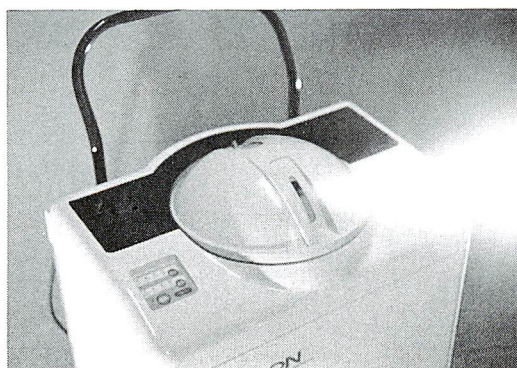


Fig. 12 Deodorizer in operation

Table 1. Specification of deodorizer machine for professional use

Type of spray	Vapor assisted twin-fluid type
Power source	100V 50/60Hz
Power consumption (ave.)	310/300W (50/60Hz)
Spray flow rate	5 ml / min
Preheating time for spray unit	40 s approx.
Mean diameter (D ₁₀) of atomized liquid	5.8 μm
Spray direction	
(a) Range of horizontal swing motion	0°, 60°, 120°, 240° (selective)
(b) Range of angle from horizontal line	25° to 55°
Space to be deodorized	25 to 500 m ³
Performance of deodorization	
(a) Deodorizing speed	(a) within 20 min (500 m ³)
(b) Lasting time of deodorizing effect	(b) More than 2 hs
Volume of container	
(a) Liquid A (pure water with 10wt% ethanol)	(a) 3 ℓ
(b) Liquid B (Deodorizing agent)	(b) 3 ℓ
Size	342(W) x 297(L) x 700(H) . mm
Weight	16 kg

度範囲で良好な噴霧特性を実現することができた。この新しい噴霧ユニットを用いて、業務用消臭剤噴霧機を開発し、大空間の短時間消臭処理が可能となった。また、本噴霧装置は、消臭剤のみでなく、殺菌、消毒、防虫など他の薬剤噴霧への応用にも適していると考えられる。

謝辞

本研究をまとめるに当たり、広範な御指導と御助言を賜った群馬大学工学部 生物化学工学科の佐藤正之先生に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 上村, 冷凍, 67-773,229 (1992)
- 2) 実開平4-99249号公報 (1992)
- 3) 実願平4-23335号 (1992)
- 4) 実開平5-51466号公報 (1993)
- 5) 熊沢, 他 4 名, 第26回燃焼シンポジウム講演予稿集, 119 (1988)
- 6) 倉林, 内燃機関, 15-188,73 (1972)
- 7) 稲村, 他 4 名, 日本機械学会論文集 (B編), 51-469,2880 (1985)
- 8) 斎藤, 他 4 名, 第13回液体微粒化講演論文集, 47 (1985)
- 9) 特開平6-415号公報 (1994)
- 10) 実願平4-23737号 (1992)
- 11) 実開平5-85451号公報 (1993)
- 12) 山内, 他 2 名, 臭気の研究, 23-1,7(1992)
- 13) 実開平4-61496号公報 (1992)
- 14) 実開平5-85455号公報 (1993)