

連携記事

スプレーノズルから発生する多様な霧とその活用について

A Wide Variety of Fogs Generated with Spray Nozzles and its Applications

片岡 章 (株) いけうち
Akira Kataoka 営業本部
係長

1 はじめに

当社は1954年に貿易商社として創業、1961年にスプレーノズルの開発販売を行う製造業に転換して今年で59年目となる。長寿命で精度に優れたスプレーノズルを提供することを目的にスタートし、現在は国内だけでなく海外でも一定の認知を得るようになった。

今でこそ当社もスプレーノズルや霧のメーカーとして認めもらえるようになったが、先輩諸兄に聞いたところ創業当時は鳴かず飛ばずで随分と苦労している。当時は一般的にノズルの精度は悪くかつ耐久時間も短いというのが普通で、つまり安かろう悪かろうという時代だった。当社はそこに高品質のノズルを提案していったわけだが、ユーザーにもノズルの品質による影響についてあまり理解してもらえず、良い物を作ってもなかなか売れなかったのだ。

他にも、ユーザーとどのような『霧』が必要かという話をする際、「霧(モヤ)のような霧が欲しい」「霧雨に近いしっとりした霧が良い」など個人の感覚でやり取りし正しく伝わらない、ということでも苦労したとい聞いている。これを解決するために、まとめたものが霧の分級法である。霧を粒子の大きさで分級することで、誤解のないやり取りができるようにしたのだ。

色々な苦労をしつつも、商売として成り立つように霧の技術開発を続け、ユーザーには霧をどのように利用すれば良いかという啓蒙を60年近く続けている。本稿でも霧に触れる機会が少ないであろう皆さんに、霧の可能性と業界での活用方法を検討していただくためのヒントとして、霧の技術の基礎となる分級法と、それぞれの分級の霧が現在産業界でどのような用途に用いられているかをご紹介します。

2 霧の分級法

当社が提唱している霧の分級法を図1に示す。一般的な雨粒の大きさを $1,000\mu\text{m}$ 以上の粗霧(ソム)と定義し、 $1,000\mu\text{m}$ 未満～ $300\mu\text{m}$ を中霧(チュウム)、 $300\mu\text{m}$ 未満～ $100\mu\text{m}$ を細霧(サイム)、 $100\mu\text{m}$ 以下～ $10\mu\text{m}$ を微霧(ビム)、 $10\mu\text{m}$ 未満の霧を超微霧(チョウビム)と定義している。この分級は1980年頃に霧に関する気象庁の定義(微小な浮遊水滴により視程が 1km 未満のものを霧、微小な浮遊水滴や湿った微粒子により視程が 1km 以上、 10km 未満のものを靄)や民間の認識(霧の中でもよりソフトな肌触りのものを靄というなど。諸説ある。)、過去に行われた国内外での霧や雲に関する発表をもとに数値化し定義したものである。また、後述する加湿や冷却などの用途に適した霧として、最大粒子径 $50\mu\text{m}$ 、平均粒子径 $10\mu\text{m}$ 以下のものをドライフォグ(写真1)と定義、平均粒子径 $10\sim 30\mu\text{m}$ のものをセミドライフォグ®(写真2)と定義している。

これによりスプレーノズル選定の際、ユーザーと認識のずれが起きにくくなり、大雑把ではあるが異業種間においても似た用途に同じ分級の霧が活用できることも示せるなど、霧を工業資材として規格化、利用することに役立てるようになった。以下に例を挙げると、例えば金型に離型剤を塗布する用途と、食品のアイスコーン内側へチョコレートを塗布する用途には同程度の粒子径の霧が活用できる、などがある。

またユーザーの理解促進に役立てる点も重要である。例えば製鉄所での利用を例に挙げると、連続溶融亜鉛メッキライン(CGL)のトップロール前を冷却する用途や、溶銑予備処理の排ガスを冷却しバグフィルター焼損を防止する用途、圧延時のヒューム飛散を防止する用途、高炉の出銑口での粉塵を防止する用途などには同程度の粒子径の霧が活用できる(霧を発生さ

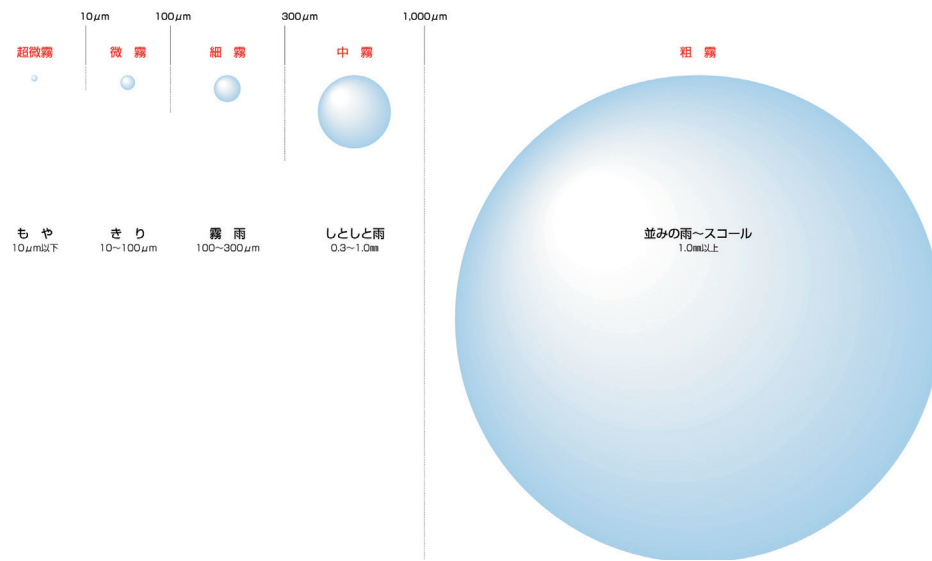


図1 霧の分級法

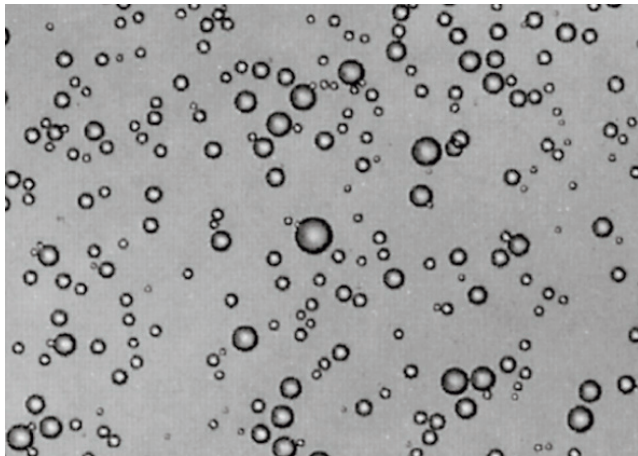


写真1 ドライフォグ粒子の様子

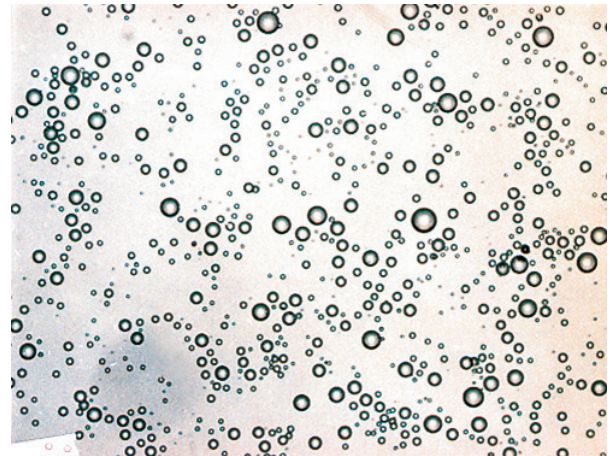


写真2 セミドライフォグ®粒子の様子

せるスプレーノズルの種類や数量、噴霧流量、周辺環境、レイアウトなどはそれぞれ異なってくるが)。実例が提示されることで、専門家ではないユーザーにも霧のイメージを理解してもらいやすくなり、霧を活用しやすいものになっている。

3 静電気対策に利用される濡れない霧

分級の中でも、一般的に霧に触れても『濡れない』と認識されているものが超微霧と微霧（超微霧寄りの一部分）である。どちらも発生後すぐに蒸発し空气中に溶け込むという性質を持ち、蒸気とともに空气中の湿度上昇にきわめて高い効果を発揮する。これは産業界において空気が乾燥することによる不具合を予防する用途、例えば紙の伸縮や段ボールの割れ予防などに利用されているが、昨今最も重要になっているのが静電気対策としての利用である。高湿度下では静電気が発生

しないことが知られており、特に年々精緻化し続ける電子機器製造の現場や車輛製造の現場において、加湿は必要不可欠なものとなっている。静電気対策には他にもイオナイザーを活用する除電という方法があるが、こちらが発生した静電気を除去するのに対して湿度上昇による対策は帯電予防であり、静電気が発生しない環境を構築するという違いがある。

霧を使った加湿では加湿量が一定であれば、霧の粒子が小さくなるほど総表面積が増加するため、速やかに蒸発し湿度が上昇する。これは霧が蒸発するまでの間に浮遊・移動する距離が短くなるということでもあり、粒子が完全蒸発する前に機器などに接触して濡らしてしまうといったリスクが低減する。そのため現場では小さな粒子のものほど好まれるのだが、実際には液体を微粒化する際にはエネルギー（主に電力）が必要となるため、設備レイアウトや稼働時のコストなどから理想的な粒子の大きさを導き出すこととなる。そのため、当社では狭いスペースの加湿や霧粒子の付着が厳禁といった

用途にはドライフォグを利用、蒸発距離の長く取れる空間ではセミドライフォグ®を利用するなど使い分けることで霧の品質とコストの最適化を行っている。

また、少し別の話題になるのだが、ドライフォグは粒子が細かいことで広範囲へ均一に拡散するという性質を持っており、空間へ充満させる用途や微細な隙間に侵入する用途にも利用される。空気中に浮遊するホコリなど、非常に微細な粒子となっているものもドライフォグであれば捕捉できることから、施設内のホコリに吸着し鎮塵するだけでなく、薬液を利用することで空間の殺菌・消毒に高い効果を発揮する。この用途には食品工場や医療施設などでの使用が多く、ノズル(図4の部分)には耐腐食性のあるチタン材質が利用される。

3.1 ドライフォグ発生装置の仕組み

ドライフォグは液体と気体を混合して噴霧する、2流体ノズルを用いて生成する。2流体ノズルは液体と気体の混合比率を変化させることで粒子の大きさや噴霧流量を変えることができ、混合方式の違いによって内部混合形、外部混合形、衝突形の3種類に分類される(図2～4。※図4は当社独自の

内部混合形

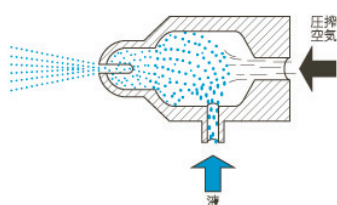


図2 内部混合形

外部混合形

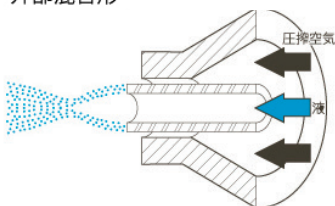


図3 外部混合形

衝突形

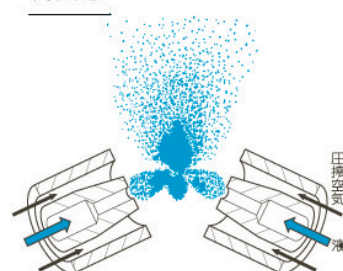


図4 衝突形

機構のため一般のものとは若干構造が異なる)。順に制御性に優れる、目詰まり(異物による噴孔詰まり)がしにくい、微粒化・均質化性能に優れるなどの特徴があり、ドライフォグはこの中でも衝突形により生成される。

衝突形は外部混合形のノズルに角度をつけ、2つ向かい合わせた形となっている。微粒化の原理としては、まずそれぞれのノズル中央部から液体を噴射し、せん断作用によって微粒化。液体を囲む形で気体を噴射し、混合することでさらに微粒化。次に向かい合ったノズル間で微粒化した粒子を衝突させ、相互せん断を繰り返すことで微粒化させ、同時に発生する3.3～4万ヘルツの超音波によってさらに微粒化する。また最新のドライフォグ加湿器(AKIMist®(アキミスト)“E”(写真3))では、さらに気体を噴射衝突させることで微粒化を促す構造となっている(しかし消費するエネルギー量は従来比で20%低減するなど大きく改良されている)。実際の現場では空間広さや目標湿度などが異なることから、ドライフォグ加湿器(写真3)を他の装置と組み合わせたドライフォグ加湿システム(AirAKI®(エアラキ)(写真4))として利用することも多い。



写真3 ドライフォグ加湿器(AKIMist®“E”)



写真4 ドライフォグ加湿システム(AirAKI®)

3.2 ドライフォグ加湿システムの構成

ドライフォグ加湿システム (AirAKI[®]) は主に加湿制御系、給水系、駆動系の三つからなる。①加湿制御系…ドライフォグを噴霧する加湿器と湿度を制御する機器、湿度センサーなどで構成され、空間湿度が設定値となるように自動で制御運転を行う。②給水系…逆浸透膜純水器とその他装置で構成され、各現場の水質に適した水処理を行う。③駆動系…コンプレッサー、フィルター、レシーバータンクなどで構成され、加湿器へ微粒化のための空気を供給する。この中では加湿制御系が最も重要な要素に思えるが、仮に供給される水質と空気の質が適切でない場合、非常に粗大な粒子が発生する、水中に含まれるシリカが析出して加湿器の噴孔を閉塞させる、シリカが現場設備や生産品に堆積して不具合を発生させるなどさまざまなトラブルが発生することから、給水系や駆動系も同様に重要な役割を担っていることがわかる。

3.3 セミドライフォグ[®] 発生装置の仕組みと構成

セミドライフォグ[®]は液体をポンプにより5～6MPaに加圧し、1流体ノズルへ供給することで生成する。高圧で供給された液体はノズル内部で旋回し、噴孔部から空円錐の形に液膜として噴射、液膜が先端部でちぎれることで微粒化していく。微粒化にコンプレッサーエアーを必要としないため、セミドライフォグ[®]はドライフォグの1割程度のエネルギー量で生成することができる。またこちらも実際の現場では加湿装置 (LYOHMer[®]-E (写真5)) だけを使用するのではなく、制御系や高圧ポンプと組み合わせた加湿システム (AirULM[®] (エアウルム) (写真6)) として利用されることが多い。

4 暑熱対策・熱中症対策として利用される霧

前述の電子機器製造の現場においては、生産設備は稼働時に発熱し、また高密度に配置された機器同士が互いに発



写真5 加湿装置 (LYOHMer[®]-E)

熱の影響を与え合うことでより高温となるため、空調機器での冷房が必要となっている。しかしエアコンなどで冷房すると湿度が低下し、低下した湿度を回復させるために蒸気を使って加湿すると温度が上昇するという、ジレンマのような事態が起こりがちである。これもドライフォグやセミドライフォグ[®]であれば、湿度の上昇と同時に気化熱による温度低下も行われるため、非常に高効率の冷房、加湿が可能となる。

産業界ではこの気化熱を暑熱対策としても利用している。多くは工場や倉庫などの温度を低下させることによる環境改善、作業者の熱中症対策としてである。工場扇と霧を組み合わせたフォグファン (COOLJetter[®] (クールジェッター)) が利用されており (写真7)、気化熱を利用するため従来のエアコンよりも圧倒的に消費電力が低く、またスポットクーラーよりも冷房範囲が広く排熱も出ないというメリットがある。湿度の影響を受けやすい業界でも利用できるケースがあり、例えば大型機械部品を扱う企業では工場内で鉄材の加工を行っているが、むき出しのまま保管している鉄材に錆びなど



写真6 加湿システム (AirULM[®])



写真7 フォグファン (COOLJetter[®])



写真8 フォグ冷房の実例

は出ておらず、同じ施設内で溶断・溶接作業まで行えている。また、製鋼工場では耐火物補修時に作業員向けに大型のものが使用されている。この用途においても粒子径は大きな意味を持っており、どちらの企業も稼働コストの点、濡れ防止の点からセミドライフォグ®を使用したフォグファンを稼働させている。セミドライフォグ®よりも粒子径の大きな霧を利用した場合、水滴の付着や錆びの発生などの問題が発生するため、現場の状況に合わせた機器選定やレイアウトが必要となる。

また産業界だけでなく一般施設においてもこの気化熱を利用した冷房が行われている。昨今ヒートアイランド対策として街頭で多く見られるようになったフォグ（ミスト）冷房（写真8）である。屋外では風の影響を大きく受けることから、この用途にもドライフォグではなくある程度粒子径が大きいセミドライフォグ®が利用される。

フォグ冷房は霧が歩行者の頭上ギリギリの位置で気化するように機器類を設置することで最大限の効果を発揮する。そのため日中の風向きや温度の変化、周囲の建築物の配置、歩行者の動線などさまざまな要素を考慮してレイアウトを行うことが求められる。日頃街中で何の気なしに目にするこういった冷房は、微細均一な霧を発生させる技術と、この霧を有効に利用するためのノウハウの2つが必要となっており、単に霧を噴霧しているわけではないのである。

5 粉塵対策として利用される霧

霧の活用としてもう一つ大きなものに、空中に浮遊するホコリや砂といった異物に対して噴霧し、付着落下させる鎮塵がある（写真9）。散水として広く普及した手法であり、中間処理施設の破砕所や製鉄所のコークスヤード（原料ヤード）、圧延ライン、バイオマスプラントの木質チップヤードなどさまざまな現場で行われているが、まだ改善の余地が多く残った分野である。粉塵対策は生産性や利益には直結しにくい



写真9 鎮塵の実例

め軽視されがちだったが、近年労働環境の改善や環境意識の高まりから対策を行う機運が著しく高まってきている。しかし闇雲に散水をするだけでは、粉塵は浮遊したまま水溜まりができてしまうだけであるため、ここでも適切な粒子径の霧というものが考えられる。

粉塵となる微粒子は構成物質や形、大きさ、量などがそれぞれ異なる。鎮塵を行う場合、浮遊する微粒子の大きさと霧の粒子径が大きく異なる場合うまく捉えることができないことから、現場ごとに霧の粒子径を選定する必要がある。また気象条件や、受け入れ物の組成の違いでも状況が変わるため、同一現場においても日々霧の粒子径や噴霧量などが変化できるのが理想である。

そのため、前述の2流体ノズル（気体と液体の混合比率を変化させることで粒子径や流量の調整が可能）を利用し、状況に応じて微霧～細霧～中霧という分級の霧を、水量も併せて変化させながら噴霧することが一つの解決策となる。また1流体ノズルを利用する場合には、粒子径や噴霧流量の異なる複数のタイプを併用・切り替えて使用することで状況に応じた利用が可能となる。また机上だけでなくどちらも事前に実地で実証実験を行い選定していくことが望ましい。

6 終わりに

本稿で紹介した霧の用途は、多種多様な業界、目的に利用される中の極々一部分でしかなく、産業界のみならず一般生活においてもスプレーノズルや微粒化技術はおよそ何らかの関連性を持っている。霧を発生させる技術を向上させることは、広く社会に貢献していくことに繋がっており、当社を含め各メーカーにおいては今後の益々の研究と開発努力が重要となっている。

（2019年4月22日受付）