

水を操る スプレーノズルの開発

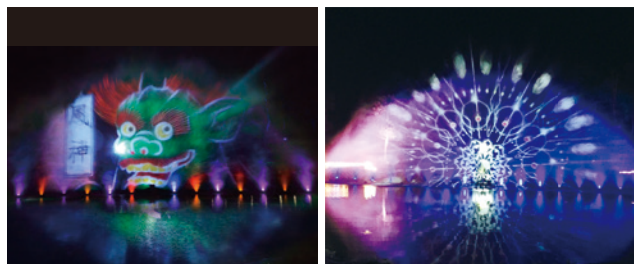
レジャー施設やイベントで人気のウォータースクリーンや、熱中症対策として導入されているミストシャワー、消火に用いられるスプリンクラー、清掃に使用される高圧洗浄スプレーなど、身近なところで活躍している水は、「スプレーノズル」によってさまざまな形に変えられて、優れた働きをしている。さらに、スプレーノズルは鉄鋼製造をはじめ、さまざまなプラントで多用されており、製品の品質向上に大きく関わっている。

スプレーノズルによって 多様な働きをする水

夜空に向かって勢いよく、スプレーノズルから水が噴射されると、水は細かい霧となって扇状に広がり、巨大なスクリーンが目の前に現れた。この「ウォータースクリーン」に映像が投影されると、映像はまるで3Dのように立体的にみえ、水を使った幻想的なショーに人々は歓声を上げた(図1)。

最近、レジャー施設やイベントなどに登場している「ウォータースクリーン」は、大量の水をスプレーノズルから噴射して薄い水幕を形成し、背後からプロジェクターやレーザーなどを照射して映像を投影する。建物の壁面に投影する「プロジェクションマッピング」が世に広まる一方で、大掛かりな装置と技術を必要とするウォーター

●ウォータースクリーン(図1)



集客アップを目的に導入するイベントやレジャー施設が増えている。

写真提供: (株) トゥーモ

スクリーンは多くの人がまだ見たことがなく、新しいエンターテインメントとして設置したいという施設が増えているという。

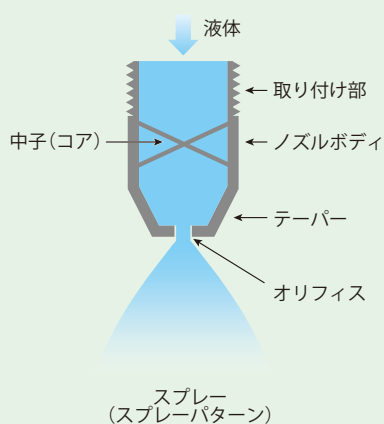
現在、一般的にウォータースクリーンと呼ばれているものは上から水を落とすタイプと下から扇状に吹き上げるタイプがある。いずれにしてもキーとなるのは「スプレーノズル」で、前者は細い直線噴射を行う直進ノズルを多数並べて使用し、後者は40～50mに及ぶ大きい扇形に噴射する扇形ノズルを使用する。噴射される水の粒子が粗いと映像が反射しやすくなり、粒子が細かいと柔らかな印象を与える。従来はプロジェクターの輝度が低かったが、映像技術は著しく向上しており、これに合わせてどのようなスプレーノズルを使用すればより美しく、大きく、安定した水幕ができるか、改良が続けられている。

スプレーノズルによって水の形状や圧力、噴霧流量、角度、幅を変えることで、水は多様な働きをする。安全・安心な水はその用途が大きく広がっており、世界には数十万種類のノズルが存在すると言われている。大部分はプラント等で使用される場合が多く、使用される環境や条件に合わせて、スプレーノズルは最適形に進化し、活躍のフィールドを広げているのである。

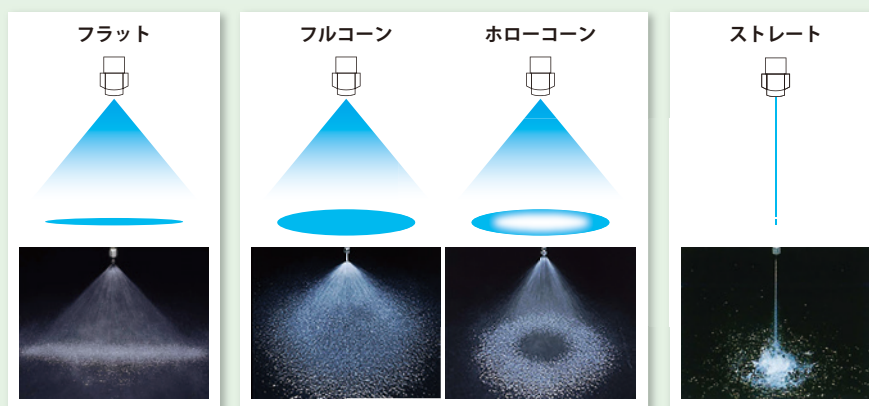
用途にあわせ進化した 多種多様なスプレーノズル

スプレーノズルとは、流体を噴出させる道具であり、通常は液体や気体、あるいは両方に圧力をかけることで、効率的に高速噴流

●スプレーノズルの構造(図2)



●代表的なスプレーパターン(図3)



写真提供: (株)いけうち

を得ることができる。スプレーノズルの国際規格は存在せず、メーカーごとに関連用語等が異なる場合があるが、基本的なノズルの構造は図2のようになる。気体あるいは液体のみを噴射するノズルを「一流体ノズル」、異なる二つの相の物質を混合して高压で噴射するノズルを「二流体ノズル」と呼ぶ。

噴射された水が拡散したときの断面形状のことを「スプレーパターン」と呼ぶ。非常にたくさんの種類があるが、代表的なものを挙げると(図3)、まず最もシンプルな形状となるのが、ノズル先端を押しつぶした形状にすることで扇形に噴霧する「フラットパターン」である。扇形ノズルのテーパ部と扁平なオリフィス部の形状を変えることで、噴射角度やスプレー厚みを変化させることができる。

次に円錐状に均一な円形パターンを描く「フルコーンパターン」と、円環状を描く「ホローコーンパターン」はいずれもスプレーノズル内部に中子が入挿入されており、管から直進してきた水を旋回させることで形成される。

また「ストレートパターン」は、円形状の開開口部をもつ直進ノズルを用いて、水が分裂しないように直線的な噴流として放出する。数MPaに及ぶ圧力で狭い断面積による噴流はきわめて高い衝突力が得られる。

スプレーパターンの他にも水の圧力や噴霧流量、粒子径、角度、

幅なども用途にあわせて仕様が決められる。

ノズルの材質も用途にあわせて選定されており、一般的にはステンレス鋼、黄銅、プラスチックが使用されている。ステンレス鋼は一般的にSUS303、SUS304が標準的に使用されている。使用環境条件や液体の性質によってはSUS316やSUS316Lなど、さらに耐食性に優れた材料が選ばれる場合もある。化学工場などで塩酸や硫酸を噴射する場合はハステロイやチタンが使用されている。黄銅は洗濯機や部品洗浄機で使用されたりプラントや船の防災用などで使用される。プラスチックは耐薬液用やコストが重視される場合に選ばれている。またデスケリングノズルなど、高い圧力がかかる場合は耐摩耗性に優れた超硬合金が使用されている。

エレクトロニクス分野で注目される「濡れない霧」

スプレーノズルから噴射される水の粒子径も重要な性能となる。水の粒子径を雨で例えると、スコールなどの雨はだいたい1mm以上、しとしと雨は0.3~1mm、霧雨になると100~300 μ m、霧になると10~100 μ m、もやになると10 μ m以下になる。この10 μ m以下になると、触れても濡れない状態となる。例えば小さなシャボン玉はものに当たっても弾かれるが、大きなシャボン玉は破裂してものを

スプレーノズルの広がる用途事例 1

夏場の乳量アップにつながる牛舎の冷房

猛暑の夏、街中では熱中症対策としてミストシャワーが設置され、涼をとる姿をよく見かけるようになったが、スプレーノズルを用いた冷房は農業や畜産の分野でも強い味方となっている。例えば、夏の牛舎はとにかく暑く、暑さで授乳牛は食欲不振となり、乳量が落ちてしまう。そこで微細な霧を噴射するスプレーノズルを設置し、水の気化熱で牛舎内を冷やす試みが行われている。夏の牛舎内温度を最大8℃低下させることが可能。導入前に比べ、授乳牛1頭あたりの乳量が平均3.6kg/日も増えるケースもあった。

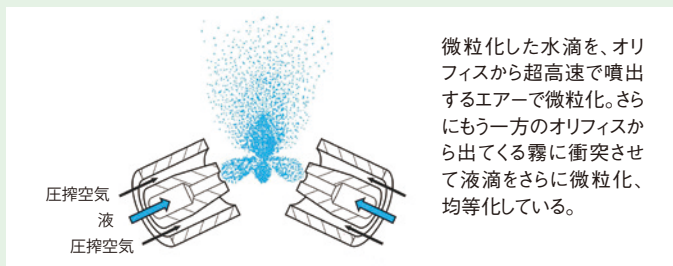


写真提供: (株)いけうち

■ 濡れない霧を発生する加湿器(図4)

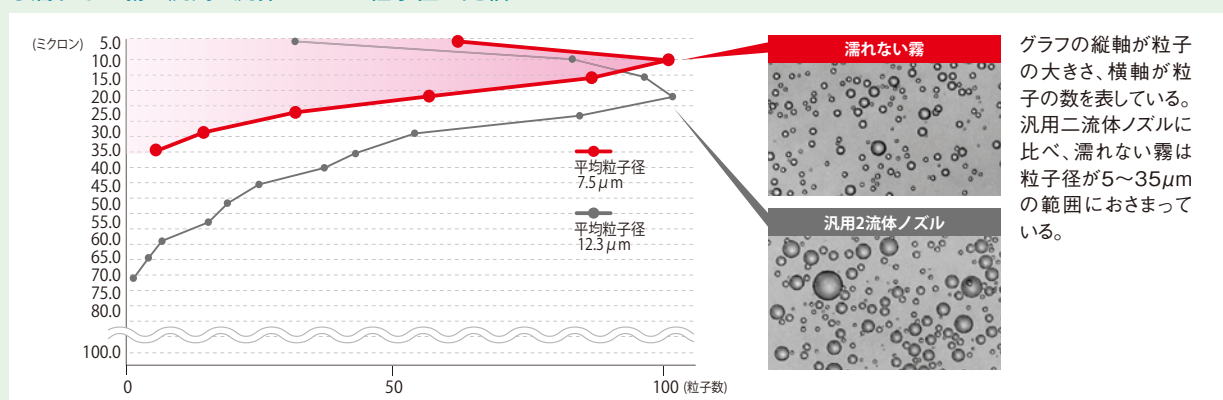


● 原理



微粒化した水滴を、オリフィスから超高速で噴出するエアで微粒化。さらにもう一方のオリフィスから出てくる霧に衝突させて液滴をさらに微粒化、均等化している。

● 濡れない霧と汎用2流体ノズルの粒子径の比較



資料提供:(株)いけうち

濡らしてしまうように、細かい水滴は、ぶつかっても破損せずに跳ね返り、ものを濡らさない。この超微細な霧を発生させる加湿器が開発され(図4)、特にエレクトロニクス分野をはじめ静電気対策が重要となる製造現場で注目されている。

静電気は生産トラブルや事故の原因となることがあり、引火物を使用する工場で静電気が発生すれば、スパークして火災や爆発につながる可能性がある。印刷工場で静電気が発生すれば、用紙が張り付き一度に何枚も流れ、機械が止まってしまう。半導体デバイス工場で、静電気が発生すると実装部品の吸着や装着不良を引き起こすことがある。湿度管理を行っていない工場には発注を見合わすケースもあるほど、静電気対策

が重視される傾向にある。

半導体デバイス工場では、静電気対策による加湿によって水が滴下することは決して許されない。濡れの原因は霧のなかの粗大粒子である。触れても濡れない10μm以下の超微細な霧を発生させるスプレーノズルは、2つのオリフィスが向き合う構造となっており、噴き出した霧が高速でぶつかり合う。ぶつかることで、より細かく、ばらつきが少ない粒子となり、物に付着することなく空間に漂う。ノズルの材料はフッ素系樹脂を使用して目詰まりしにくいように工夫をしている。濡れない霧はエレクトロニクス、印刷、プラスチック分野の導入が増え、国内で高いシェアを誇っている。

■ スプレーノズルの広がる用途事例 2

■ ワイン樽からのワインの蒸発を抑制

ワインは蒸発によって日々失われていく。「エンジェルシェア」(天使の分け前)と呼ばれたりするが、ワインセラーにとっては損失となる。湿度が低下すると樽が乾燥しワインが蒸発するため、2日に1回はワインを補充する必要がある。そこで微細な霧を発生するスプレーノズルを設置し、湿度を上げたところ、蒸発量は大きく減少し、補充は7日に1回で済むようになった。これをワインボトルに換算すると年間130本もの蒸発を防いだことになる。また補充回数が減ったことで空気に触れる頻度が減り、ワインの風味も向上したという。



写真提供:(株)いけうち

高品質な鉄鋼製造を支える スプレーノズル

鉄鋼材料の製造においてもスプレーノズルは重要な役割を果たしている。原料・製鉄工程から製鋼・厚板・熱延・冷延・表面処理工程まで、各工程に適したスプレーノズルが活躍している。なかでも鋼材の冷却時には条件に応じた散水を行うために、様々なスプレーノズルが使われている。スプレーノズルによる水冷は広い冷却範囲と水量制御性を持つため、有効な冷却が行える。例えば近年増加している自動車向けの高張力鋼板などは緻密な冷却が必要とされるため、鋼材の品質に大きく関わっている。

連続鋳造では、鋳型における冷却を一次冷却、鋳型の下での冷却を二次冷却と呼ぶが、二次冷却にはロールが複数配置されており、ロールの間には冷却のためのスプレーノズルが設置される。スプレーノズルの材質はステンレス鋼が多い(図5)。

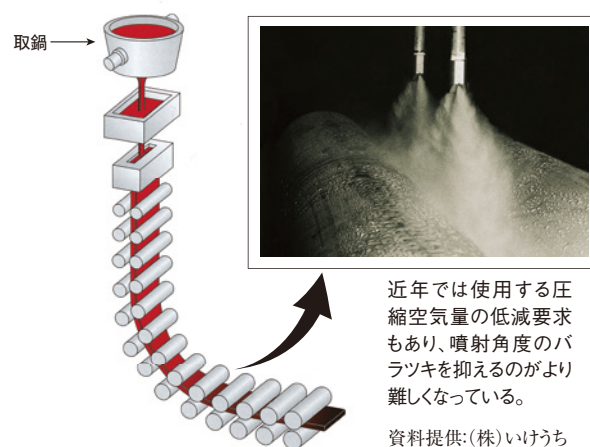
スプレーノズルが配置される場所によって、異なる噴霧流量が求められ、通常は上から下の段に進むほど噴霧流量が小さくなり、圧力が小さくなる。圧力が小さくなるほど噴霧角度が狭まていくが、大きな圧力の時と同じ噴霧角度が求められる。角度にバラツキがあると均一な冷却ができなくなり、最悪の場合バルジング変形(溶鋼の静圧でロール間の鋳片がたわむ)やブレイクアウト(外周部が破れ中の溶鋼が流れ出る)を起こす可能性があるためである。そこでスプレーノズル先端の形状や機構の改良を重ねることで、流量制御範囲(ターンダウン比)を拡げることにより操業上のトラブルや品質上のトラブルを回避することが可能になっている。ここで言うターンダウン比とは、スプレーの噴霧状態、例えば噴霧角度を一定に保つことが可能な、最大流用／最少流用の比を示す指標の一つである。例えば圧縮空気を使用しない二流体ノズルのターンダウン比は、1:4程度(圧力0.9MPa)であるのに対して、連続鋳造の二次冷却帯で使用されている圧縮空気と水を混合する二流体ノズルのターンダウン比は、1:20、最近では1:30まで向上している。

高圧デスケーリングノズルに欠かせない 超硬合金

鉄鋼製造の工程のなかでも、きわめて高い圧力で使用されるのがデスケーリングノズルである(図6)。その圧力は10MPa(およそ100気圧)以上であり、最も多く使用されているもので15MPaにも及ぶ。鋼板の熱間工程で生成した酸化スケールは表面疵の原因となるため、高圧デスケーリングノズルによってスケールを除去し、清浄な表面の鋼板が製造される。

特に近年、自動車用鋼板などの表面品質に対する要求はますます厳しくなりつつあり、スケール除去能力を高めるため、高圧化の傾向にある。高圧であるため、スプレーノズルは特に流速が速いオリフィス部の耐摩耗性が求められ、先端のノズル

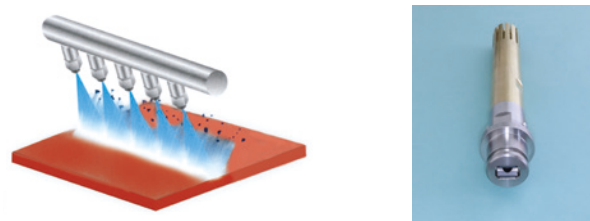
●連続鋳造二次冷却用二流体ノズル(図5)



近年では使用する圧縮空気量の低減要求もあり、噴射角度のバラツキを抑えるのがより難しくなっている。

資料提供: (株)いけうち

●高圧デスケーリングノズル(図6)



水の圧力は最も多く使用されているもので15MPaにも及び、超硬合金製のノズルチップが使用されている。

資料提供: (株)共立合金製作所

チップに硬度、靱性の高い超硬合金が使用されている。超硬合金を使用することでオリフィス部の形状が維持されるため、スプレー角度、衝突力分布を均一に制御することが可能となる。通常、高圧噴射でノズルは摩耗し、スプレーのパターン・流量・粒子径が不規則になるため、交換が必要となるが、超硬合金製のノズルチップは耐摩耗性が高いため、長寿命となる。従来は焼入れ鋼が使用されていたが1957年に超硬合金製のノズルチップが開発され、以降、デスケーリングノズルには標準使用されている。超硬合金は加工が難しいため、その製作は、粉末を混合し、中間材を製作したうえで、成形、焼結を行い、研削加工が行われる。

日本で開発された超硬合金を使用したデスケーリングノズルは優れた品質を持つことから、現在、国内にとどまらず、北米、欧州、アジアで高い実績を誇っている。

日本の鉄鋼材料の品質は世界最高レベルと言われているが、各製造ラインが求める高い要求を満たすよう、スプレーノズルは改良を繰り返しており、ノズル先端はノウハウの塊となっている。製造現場に合わせて進化を遂げてきたスプレーノズルが、日本の緻密なものづくりを支えているのである。

●取材協力 (株)トウモ、(株)いけうち、(株)共立合金製作所
●文 藤井美穂