

流体は噴射するとノズルから離れる距離により広がる性質がある。このため図5の四流体ノズルでは逆三角形の鋭利な先端まで液を広がる事なく高速で衝突させる事で、粒度分布の狭い粒径の揃った液滴を作り出す事ができる。この鋭利な逆三角形の先端がないと原料液の流れが広がり液滴の粒度分布が広がる。流体力学を知るものならば理解できるはずである。

微細な液滴のため1秒以下の極めて短時間で乾燥ができるので品質の劣化が少ない。健康食品では消化吸収が良いなど好ましい品質が得られる一方で微細すぎて粉舞が問題になるので、この粉舞を抑える為、造粒して粒を大きくするか油脂の添加などで粉舞を抑えるなど工夫が必要である。

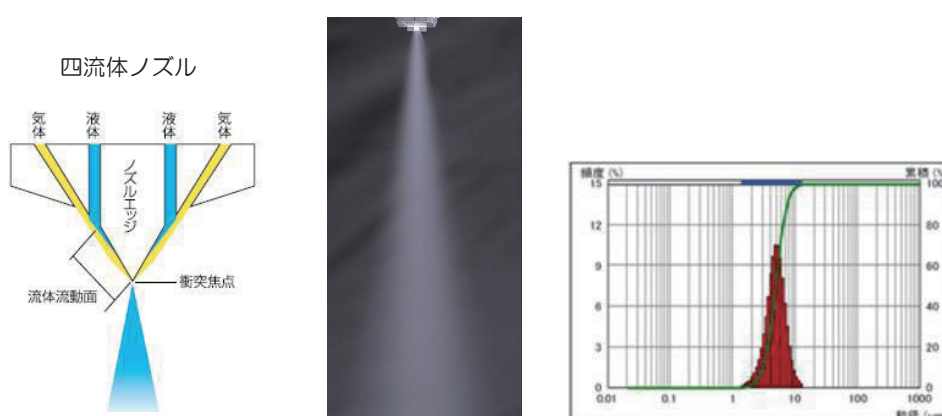


図5 四流体ノズルの構造と噴霧の様子及び噴霧液滴の粒度分布
(藤崎電機株式会社のカatalogより)

1.1.2 スプレードライヤの種類

スプレードライヤの噴霧方式と特徴について出来上がる製品の粒子径の大きさとの関連で調べてみると図6のような特徴が判る。

一般に二流体ノズルでは製品の平均粒子径の範囲は10～50 μm と言われている。しかし筆者の経験では10～20 μm と細かい製品が殆どであった。製品の粉舞の問題もあり普及率が5%程度と少ないのも頷ける。しかし実験室規模の装置では乾燥塔の容積が小さいため乾燥時間が取れないので二流体ノズルが主流である。

乾燥塔の容量が1 m^3 位の設備ではディスクタイプも見られるが乾燥できる粒子は決して大きくなく、実験室では細かい製品しか得られなかった事を実験経験のある諸氏は理解できるはずである。

図6で回転円盤(ディスク)の製品粒子径の範囲が30～100 μm となっているが原料液の濃度が30%程度までは30～50 μm と細かい製品が多い。濃縮で濃度を上げ50%位の高濃度

品は 30 ~ 50 μm と細かいものが多かった。

また圧力ノズル(加圧ノズル)では 50 ~ 120 μm と大きめであるが筆者の経験では 60 ~ 80 μm と粗めの製品が多く粉舞が少なかった。筆者の経験の多い食品では原料液の濃度が 30% 程度で 60 ~ 80 μm の製品が得られ、これが比較的粉舞が少なく好まれた。

筆者は二流体ノズルで生産した経験はないが、造粒製品の原料にする場合はディスクタイプの製品でも良いがスプレードライ品をそのまま包装して製品にする場合は 60 ~ 80 μm で、比較的粉舞の少ない加圧ノズルタイプを推奨する。

図 6 ではスプレードライ品の代表例として洗剤、粉乳、コーヒーミルクの製品粒子径を紹介した。洗剤は筆者も実務経験はないが文献によると原料液の濃度は 60% 程度と濃く、加圧ノズルで製造され製品粒子径は比較的粗く 200 ~ 1000 μm でディスクタイプでも 100 ~ 500 μm である。しかし洗剤もユーザーのハンドリング時の粉舞が問題視されるので加圧ノズルタイプが多いと考えられる。

コーヒーミルクは最近では製品粒子径が粗くコーヒーに加えた時サッと溶ける経験をした人が多いと思う。これは噴霧を二流体ノズルで行うが乾燥塔下部に流動層を設置して半乾きの粒子を流動層造粒する流動層内蔵型スプレードライヤ(GEA Niro)で製造されているためである。学校給食が止まる春休み、夏休みに余剰牛乳が加工業者に集められコーヒーミルクが造られる。

1.1.3 スプレードライヤの種類と選定方法、熱風の流し方

1) スプレードライヤの種類

スプレードライヤの種類は大きく分けて噴霧方式からディスクタイプ、ノズルタイプ(加圧ノズル)、二流体ノズルタイプの 3 種類である。しかし先にも記述したように二流体ノズルタイプは製品粒子径が小さく粉舞が問題になる事から工業的に採用されたケースは少ない。40 年以上の経験者である筆者も生産規模では二流体ノズルの経験はない。

従ってスプレードライヤと言えばディスクタイプと加圧ノズルタイプの 2 種類になる。

2) ステージでの分類

スプレードライヤ装置製造の老舗 GEA Niro 社によると予備乾燥と本乾燥のような乾燥プロセスの組み合わせからストレートステージ、ツーステージ、マルチステージのような分類がある。スプレードライヤは大型になるほど大きなスペースを要する事からコンパクト化が指向され登場した言葉である。

ベシックプラントは図 7 のように噴霧乾燥塔と製品の捕集のためのサイクロンのみの組

噴霧乾燥塔はほぼ蒸発水量によって乾燥塔の大きさが決まる。図 13 は蒸発水量(kg/H)と塔径(m)の関係を回転円盤(ディスクタイプ)、加圧ノズル並流、加圧ノズル向流の別に示した。また加圧ノズルと回転円盤につき塔径と塔長の関係を図 14 に示した。蒸発水量の大きさにより乾燥塔の大凡のサイズが判るので参考として示した。

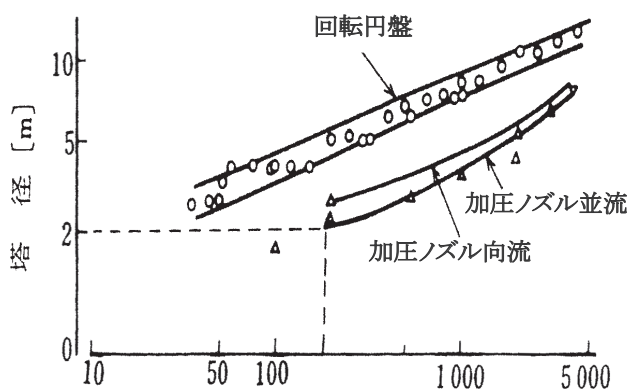


図 13 蒸発水量と乾燥塔の塔径の関係²⁾

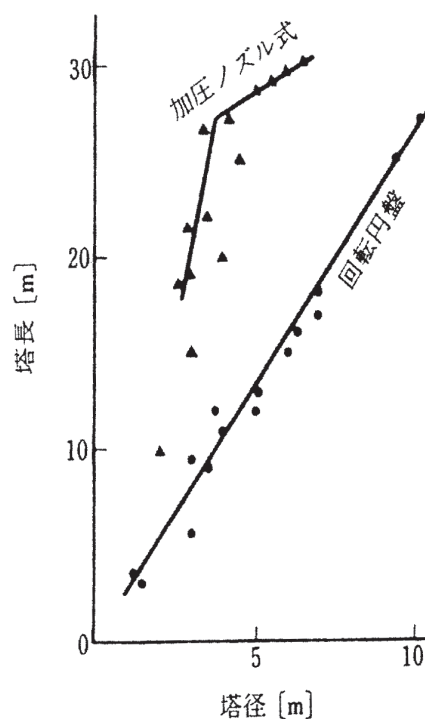


図 14 乾燥塔の塔径と塔長の関係²⁾

4) 特殊型スプレードライヤ

図 15 は特殊と称するには異論があるかも知れないが加圧ノズルを複数本多段で使い噴霧乾燥するものであるため特殊型に分類した。乾燥し易い洗剤などで例が見られる。

図 16 は空気中の酸素で品質がダメージを受けるような製品を噴霧乾燥する場合に窒素ガスなど不活性ガスを循環させて噴霧乾燥するクローズドシステム型スプレードライヤの例を示した。不活性ガスの熱風で噴霧乾燥し排気の水分を冷却除湿後、再び加熱して乾燥熱風として使うタイプである。

筆者も具体例を見た経験はないが噴霧に使う空気も乾燥に使う熱風も大気から取り入れた空気を HEPA (High Efficiency Particulate Air) フィルターで濾過し 0.3 μ m 以上の菌体を含む塵埃を 99.97% 以上の効率で除去し、無菌空気を用いて乾燥する装置である。乾燥から製品粉体の包装まで厳重な無菌管理の下に乾燥が行われるもので、それ以外は通常のスプレードライヤと変わらない。

Birs Plant は例として直径 15.2m ϕ 、高さ 67.1m のコンクリートの筒の下から温度 18 ~

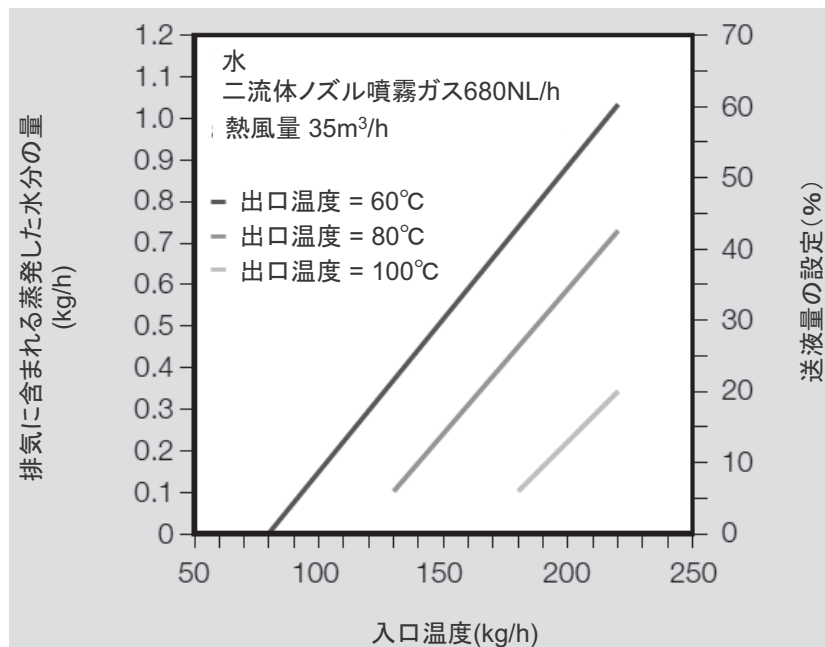


図 11 蒸発量と温度特性

質問 33 粘性のあるサンプルを噴霧する際の留意点とは？

粘性のあるサンプルは、大型のスプレードライヤーによる処理と比較して小型のスプレードライヤーによる処理の場合は特に注意が必要となる。なぜなら、粘性が高いサンプルほど噴霧した霧の液滴径が細くなりづらいからである。スプレードライでは、噴霧された液滴が乾燥するまでの間は装置の内壁などに付着しない事が必要となるが、小型のスプレードライヤーの場合は装置の乾燥室内に噴霧された液滴が滞留してられる時間が大型のスプレードライヤーと比べて短い。

そのため、その短い滞留時間内で乾燥できる程度の液滴径の噴霧が必要となり、サンプル液の希釈が必要となる場合がある。また、スプレーノズルの噴霧方式によっても対応可能な粘度範囲は異なり、2流体式ノズルで 300mPa·s 超音波式で 100mPa·s 弱くらいが適正粘度の上限の目安である。

質問 34 他の乾燥・微粉化手法との比較(凍結乾燥、粉碎など)とは？

「乾燥」または「微粉化」を目的とした他の代表的な手法である凍結乾燥、粉碎、流動層との相対的な比較を表に示す(表 2)。

例えば乾燥の手法という点では、凍結乾燥と比べるとスプレードライは圧倒的に処理が速い。例えば凍結乾燥で一晩かかる量を 1～2 時間の処理で完了させる事が可能である。表中