

高洗浄性回転式スプレーボール®の開発

1. はじめに

従来より、食品業界や医薬品業界では、製品の貯蔵、調合、殺菌といった様々な用途に、サニタリータンクなどのタンクが使用されている。これらタンクは内部を清浄状態に維持する必要があることから、組み付けや取り外しに出来るだけ手間をかけず、作業員がほとんど、または全く介在しないCIP（定置洗浄:Cleaning In Place）洗浄が主流となっている。ここでは、CIP洗浄の中でも一般的な洗浄手法・アイテムである洗浄ノズルに着目し、開発品である回転式スプレーボール®について紹介する。

なお、洗浄とは汚れ（表面に付着した固体物質）を取り除く行為をいい、汚れを後工程の処理・加工などに問題ない程度まで取り除く行為と本報では定義する。洗浄の清浄度は目的、及び用途によって付着物を100%除去するレベルから、見た目で少なくなっていれば合格とするレベルまで各業界の要求は様々だが、特に医薬品業界の洗浄に対する要求水準は近年ますます高まっている。

2. 回転式スプレーボール®



医療・化学・食品などあらゆる業界の反応槽、攪拌槽、貯槽などのタンク内の洗浄用ノズルとして使用する。接液部はPTFEであるため耐熱・耐薬品性を生かし、タンク内に常時装着しておくことが出来る。内部に回転用の部品はなく、洗浄水そのものが回転をコントロールするシンプルな構造であり、散水する上下ボールが逆回転し洗浄する。回転・噴射時に静電気が蓄積されるため、使用環境が引火性流体である場合は、回転式スプレーボール®の材質は帯電防止PTFEが推奨される。

3. 洗浄の課題

タンク洗浄の課題は、影になりやすいノズル内部の洗浄である。従来はタンク内の上鏡やマンホール・照明口が洗浄出来ていれば問題なかったが、近年ではどの業界でもノズルの洗浄性が重要になっている。これまでは洗浄できていないノズルやマンホールは、人の手による拭き上げ洗浄などを実施していたが、人が介したことによるコンタミネーション（以後コンタミ）により、後工程で甚大な被害が出たため、人の手を介さない洗浄がより一層求められるようになった。そこでコンタミゼロを目標に、人手を介さないCIP洗浄（定置洗浄）により、ノズルなどの影になりやすい場所でも高い洗浄性を有する洗浄アイテムのニーズは一層高まっている。

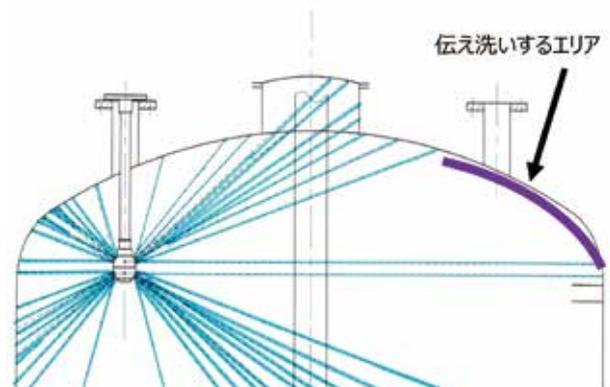


Figure1 従来品の洗浄シミュレーション

当社ではこのようなニーズに応えるため、2020年にスリットタイプや穴配列タイプといった比較的広範囲に散水洗浄出来る回転式スプレーボール®を開発している。例えば、穴配列タイプのスプレーボール®(従来品)は、Figure1に示すように、仰角15°~45°の噴射穴を多数有していることから、その角度にあるマンホールやノズルなどには高い洗浄性を発揮する。しかしながらそれ以外の角度、特に15°より低角側の噴射穴は少なく、噴流が直接当たらない低角エリアは未だ伝い流れによる洗浄をせざるを得なかった。特に大型のタンクなどでは、このような噴流が直接当たらないエリアにノズルが位置することが多く、洗浄残しが生じることもあった。このような洗浄残しがあった場合、洗浄残しを無くすために長時間洗浄を行うことが多いが、高価な洗浄液を多量使用することになってしまったため、時間もコストもかかり洗浄効率が悪い。以上のようなことから、高い洗浄効率を有するエコな洗浄ノズルのニーズは高まっている。

4. 開発品 高洗浄性回転式スプレーボール®



4-1) 開発品の特徴

上述の背景を踏まえ、顧客要望に応えるため、新規穴配列を有した回転式スプレーボール®を開発した。次に特徴を紹介する。

- 飽和的角度の直進性噴流により、タンク上鏡部にムラのない洗浄を可能に(高い洗浄性能)
- 現行品と比較し、洗浄流量は20%削減(節水効果)
- 上下ボールの逆回転により、上ボールは低速回転を実現
- 洗浄水で回転するシンプル構造で、メンテナンスも容易
- PTFEライニングノズルに入るようヘッド外径は小径

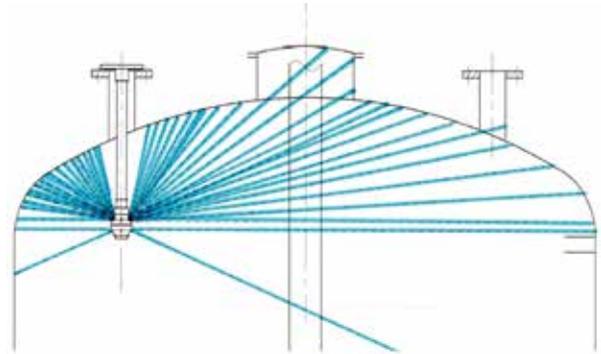


Figure2 開発品の洗浄シミュレーション

特に大きな特徴は、仰角0°~75°の多数の噴射穴が高精度に開いていることである。これによりFigure2に示すようにタンクの上鏡部全体にムラなく噴流が直接当たる。また下ボールの回転コントロールにより上ボールは低速回転を実現しており、噴流は直進性を有する棒流となり、広範囲に高い洗浄作用を実現出来る。また低角側の噴射穴は多数開いているため、大きいタンクでもノズル内に噴流が入りやすい。一方でヘッド外径を小型化することで穴同士の干渉リスクが高まるが、当社独自の設計・加工により高精度な穴配列を実現している。噴射穴角度や噴射穴数もカスタマイズ可能であるため、顧客仕様に合わせて高洗浄性を実現出来る洗浄ノズルになっている。

4-2) 定性的な洗浄性能評価

当社製品のスプレーボール®を納品する際、顧客立会いのもと洗浄評価試験が実施されることがある。これは、実機タンクにスプレーボール®を取り付け、顧客要望レベルの洗浄が出来ているか確認するためである。今回、開発品の洗浄性を確認するために、一般的な洗浄評価試験であるリボフラビン試験を実施した。具体的には、汚れに見立てた蛍光試料であるリボフラビンをタンク内にまんべんなく吹き付けた後、スプレーボール®で約1分程洗浄し、ブラックライトを照射し、リボフラビン残渣(緑色発光の有無)があるかを確認した。その結果、Figure3に示すように試料が残存しやすいマンホールやノズル内に、リボフラビンによる緑色発光はほとんど確認されなかった。

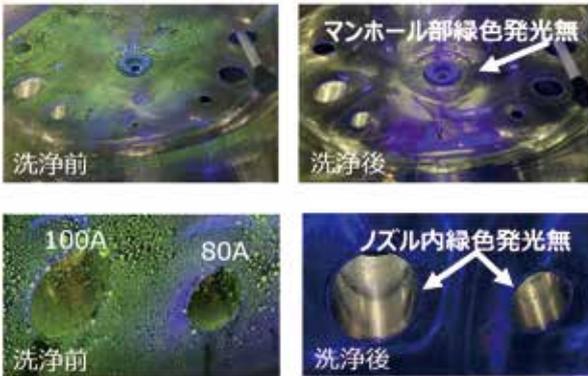


Figure3 リボフラビン試験結果

4-3) 洗浄性能の評価(従来品との比較)

次に80Aフランジへの装着を想定した回転式スプレーボール®(SB-80)にて従来品と開発品で洗浄性能を比較した。従来品は0.15MPa時の洗浄流量が約90L/minであるのに対し、開発品は0.15MPa時の洗浄流量は約70L/minと、20%程流量は低い。これは、顧客の洗浄液をなるべく節約したいという要望に応えたものによる。

まず初めに、定性的な試験としてアクリル噴射テスト機を用いた試験を行った。具体的にはテスト機内面に汚れに見立てた紅色試料を塗布し、試料を固着させた後、0.15MPaで30秒洗浄し、試料の残存具合を目視で評価するというものである。その結果、Figure4に示すように、従来品は紅色試料が残存しているのに対し、開発品はほとんど紅色試料が



Figure4 従来品との比較

残存していないことを確認した。特に30秒後の写真は洗浄中の様子であるが、開発品は直進性棒流(Figure4青棒部)になっていることから、このような高い洗浄性を実現出来ていると推察出来る。また開発品は従来品よりも洗浄流量が20%低いにも関わらず、高い洗浄性を有していることから、洗浄効率が高いことが確認出来る。洗浄時間を短く出来ることから、従来品よりも大幅に洗浄液の節約が可能なエコで高洗浄性スプレーボール®になる。

次に当社独自試験で洗浄性能を定量的に評価した。より固着性の高い試料を使用し、内径φ1200のタンクの内鏡部、及びノズル内の洗浄性を評価した。その結果、Figure5のグラフに示すように鏡部・ノズル内双方で、開発品は高い洗浄性を示すことを確認した。特に距離が遠くなるにつれ伝え洗いにしやすいため、洗浄性は低下しやすいが、今回開発品は距離が遠くてもさほど洗浄性は低下しておらず、ノズル内に関しても比較的高い洗浄性を有していることが確認出来た。従来品と比較し鏡部は1.5倍以上、ノズル内は3倍以上も洗浄効率が向上するスプレーボール®であることを確認した。

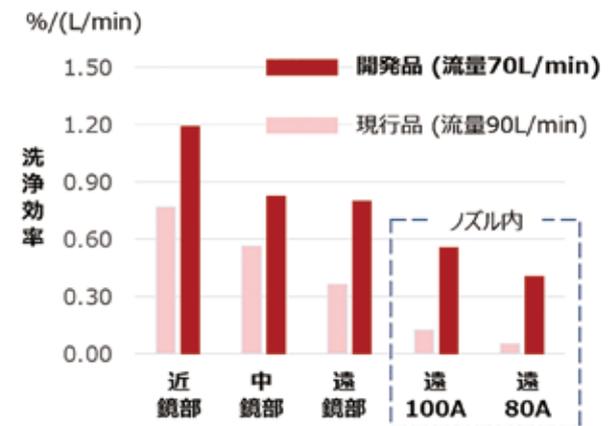


Figure5 鏡部とノズル内の洗浄性

5. 開発品のラインアップと構成

開発品は、2材質(PTFE単体・帯電防止PTFE)×2サイズ(50Aフランジ取り付け用SB-50と80Aフランジ取り付け用SB-80)の4ラインアップがある。SB-50とSB-80の特徴はFigure6のとおりで肉厚ライニングノズルにも入るような外径になっている。また、洗浄圧力は0.15Mpa～0.2Mpaほどの比較的低压用になっている。



Figure6 開発品のラインアップ

回転式スプレーボール®は先端のみの取り扱いもあるが、接液部すべてをPTFE希望の場合は、取り付け部との一体型を推奨している。取り付け部の構成は、Figure7, 8に示すように樹脂挟み込み型と二段フランジ型の2パターンがあり、スプレーボール®自体はパイプと溶接する。挟み込みタイプはつば部をタンクノズルに挟み取り付け、二段フランジタイプは顧客タンクのノズルにボルト固定する。なお、当社実績としては先端だけの引き合いよりも、取り付け部も含めた一体型の引き合いのほうが多い。これは顧客タンクに合わせ最適なスプレーボール®全長(L)を決めることが出来るためである。また顧客仕様に合わせて、取り付け部やパイプ部はカスタマイズすることも出来る。例えばスプレーボール®を取り付けるノズルにT字管がある場合などは、パイプ部に穴をあけてT字管内を洗浄するといった事例もある。

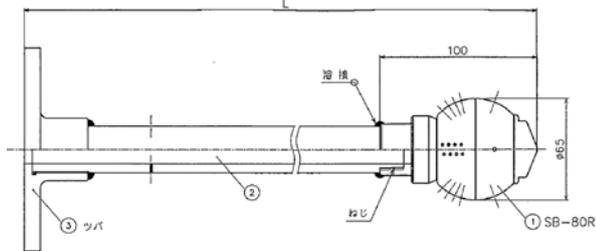


Figure7 挟み込み型の標準構造 (SB-80例)

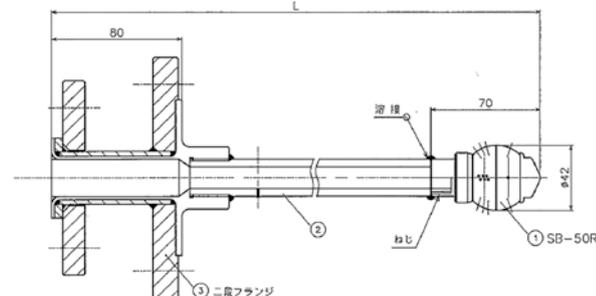


Figure8 PTFEライニング二段フランジ型の標準構造 (SB-50例)

スプレーボール®1本に対する推奨タンク径はFigure6記載のとおりである。ただし、タンク径に加え使用可能な洗浄流量にもよるが、基本的にはスプレーボール®は2本使いを推奨す

る。これは1本使いだと攪拌軸などにより、どうしても影が出来る部分が出てしまうからである。

また現在、もうワンサイズ上の100Aフランジ装着用のSB-100も開発中である。

6. その他の洗浄アイテム

これまでは開発品のスプレーボール®について紹介したが、ここではその他の洗浄アイテムについて紹介する。開発品のスプレーボール®は高い洗浄性を有してはいるものの、どうしても噴流が当たらないような影になる部分についての洗浄性には課題がある。特にバッフル・攪拌軸がついたノズル内部については、スプレーボール®により時間をかけて洗浄しても汚れが落ち切らない場合もある。このような場合、ノズル専用の洗浄アイテムである当社スプレーリング (Figure9) の使用が好ましい。

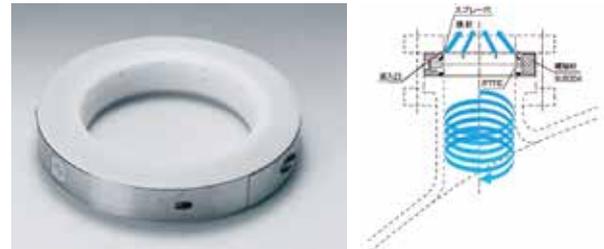


Figure9 スプレーリング外観と洗浄イメージ図

スプレーリングの特徴は次のとおりである。

- トルネード噴流によりノズル内部の高い洗浄性
- 中心方向の噴流によりバッフル・攪拌軸の高い洗浄性
- 接液部はオール変性PTFEであり、耐薬品性・耐熱性・耐クリープ性に優れている
- 揮発性溶剤に適応した帯電防止PTFEタイプもあり
- 補強部分はSUS304であり、圧縮荷重による変形が抑制可能
- 薄型設計により、小スペース化・軽量化出来る
- 製品ラインアップは40A～300Aまで

特に医薬品業界では、洗浄に対する要求水準が高くなっていることからスプレーリングの需要はますます高くなっている。先述した回転式スプレーボール®に加え、すべてのノズル・マンホール・照明口にスプレーリングを搭載させ、一切の洗浄残しが無いようにするといったケースもある。また、スプレーリングは消防法対応用や第一種圧力容器対応用など、顧客用途に合わせてカスタマイズも可能である。

その他の洗浄アイテムとして、T字管やベーパー管といった配管洗浄用のPTFE加工品なども実績が豊富であり、顧客仕様に合わせた一品一葉の洗浄アイテムの提供も可能である。

7. おわりに

今回、タンク洗浄ノズルとして開発品である回転式スプレーボール[®]について紹介した。洗浄液の節約など顧客現場のニーズをくみ取ることで、従来のスプレーボール[®]よりも約

20%洗浄液を節約出来、洗浄性は1.5倍以上向上する環境にやさしいスプレーボール[®]を開発することが出来た。今後も真の顧客ニーズを迫及し、新しい製品・サービスを提供出来るよう尽力していく所存である。

8. 参考文献

- 1)バルカー バルフロライニングカタログ
- 2)本吉真由美:バルカー技術誌. No.38, 21-25 (2020)



馬場 貴大
高機能樹脂・製品本部
加工品グループ