

# タンク洗浄用スプレーボール®の開発

## 1. はじめに

近年、産業用タンク・配管などを対象として、組み付けや取り外しに出来るだけ手間をかけず、作業員がほとんど又は全く介在しないCIP(定置洗浄:Cleaning In Place)が主流となっている。

ここでは、様々な業界のタンク内の洗浄について、洗浄ノズルに着目し、当社製品の固定式・回転式スプレーボール®及び開発品の回転式スプレーボール®を紹介する。

なお、医薬品業界の重要工程の設備装置については洗浄バリテーションが実施されている。当社スプレーボール®も洗浄設備の1重要部品として採用され、顧客のリスクマネジメントに貢献している。

## 2. 洗浄とは

一般的に洗浄とは、汚れを取り除く行為を言う。

本報では、汚れ(表面に付着した固体物質)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を洗浄と定義づける。

なお、広義の洗浄には気体や液体の中の不純物を取り除く行為も含まれるが、ここでは除外する。

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からの要求は様々で、非常に幅が広いのである。

## 3. 固定式スプレーボール®

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として使用する。接液部がPTFEなので耐熱・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。また、顧客のタンクノズルオリエンテーションに合わせて噴射位置を設計するので、短時間に効率



Figure1 固定式スプレーボール®のイメージ図

の良い洗浄が可能であり、洗浄液の消費量を抑えられる。

穴は高精度の加工で効率よく配置されているが、小さな穴から圧力をかけて噴射されるため流体が引火性の場合、材質は導電性PTFEを推奨する。これは、噴射時に静電気が蓄積され、それが原因で引火する可能性があるからである。

使用本数の目安は、Table1のとおりである。

Table1 缶体容積あたりの型式ごとの使用本数

缶体容積	スプレーボール®の使用本数		
	型式	縦型反応槽	縦型貯槽
600ℓ以下	50	2本	1本
1~5m <sup>3</sup>	80	2本	1本
6~10m <sup>3</sup>	100	2本	1本

備考 上表の使用本数については、目安とする。

タンク内に攪拌軸やパッフルなどがある場合は、軸の裏側を洗浄するためにスプレーボール®の本数を増やすことを推奨する。

構造はFigure2のように①上ボール②下ボール③2段フランジで構成される。的確に狙った洗浄ポイントに噴射するため、ズレ防止目的から取り付けは2段フランジを採用している。

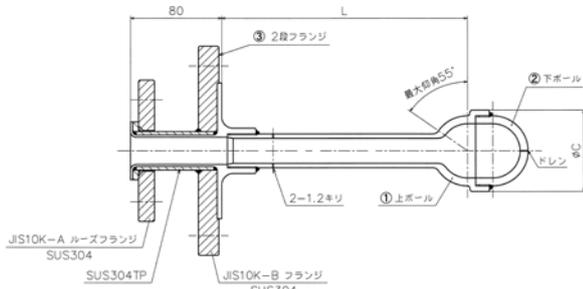


Figure2 固定式スプレーボール®の標準構造

標準寸法については、Table2のとおりである。

Table2 標準寸法

型 式	洗浄水量 (L/min)	フランジ 組み合わせ	φC	L(最大)	
				PTFE	導電性PTFE
SB-50	15~40	25A×50A	46	400	300
SB-80	30~70	25A×80A	72	600	370
SB-100	70~100	40A×100A	97	500	370

また、T字管などへスプレーボール®を取り付ける場合は、つなぎや振れ止めを付ける。これは、一定個所に穴が集中し、そこに噴射圧が加わることで反れを防止するためである。

フランジ組み合わせについては、Table2の他にサイズ指定が可能であり、フランジの材質についても標準ではSUS304となるが、SS400などの他材質の指定が可能である。

## 4. 回転式スプレーボール®



Figure3 回転式スプレーボール®のイメージ図

回転式スプレーボール®も用途・材質特性については、固定式スプレーボール®と同様だが、特徴としては以下のとおりである。

- 構造はFigure4にあるように、①本体②上ボール③下ボール④固定用リング⑤ツバで構成されており、上下のボールが逆回転する。洗浄水そのものが回転をコントロールするため、内部には回転用の部品がない。よって、シンプルな構造のため、メンテナンスが容易である。
- スプレーパターンは直進棒流を形成し、低圧でも効率的な洗浄が出来る。
- 噴射パターン(角度)、流量(穴径・穴数)は、顧客仕様により変更可能である。

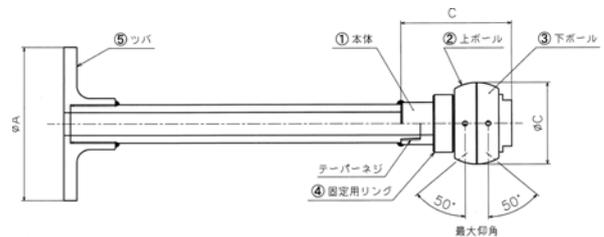


Figure4 回転式スプレーボール®の標準構造

取り付け方法は、タンクのノズルと配管側のノズルに⑤のツバを挟み込む形で取り付け。回転式スプレーボール®の場合、固定式スプレーボール®とは異なり、狙ったポイントに噴射する必要がないからである。

標準寸法については、Table3のとおりである。

Table3 標準寸法

型 式	洗浄水量 (L/min)	φA	φB	C	テーパネジ
SB-50R	約25	100	42	57	1/2"
SB-80R	約90	130	64	86	3/4"
SB-100R	約140	155	88	118	1"

## 5. 固定式と回転式の選定について

これまで、固定式スプレーボール®と回転式スプレーボール®について説明したが、実際にどちらを取り付けたら良いのかわからないというご意見をよくいただくので、固定式と回転式の特徴についてTable4で比較する。

Table4 固定式と回転式の比較

タイプ	洗浄水量	洗浄時間	ポイント洗浄	メンテナンス	価格
固定式	○	○	○	△	○
回転式	△	△	△	○	○

洗浄水量・洗浄時間・ポイント洗浄については、固定式は狙って洗浄するため、回転式のように洗浄液をまき散らすより

も効率的な洗浄が出来、洗浄水量と洗浄時間を抑えることが出来る。

一方、回転式はタンク内のリンスに向いており、構造がシンプルなので分解メンテナンスが容易である。また、穴径が大きいので目詰まりの心配がない。

## 6. 洗浄の課題

### 6-1) 背景

タンク洗浄の課題となるのが各ノズル内の洗浄である。

従来はタンク内の上鏡、マンホール(ハンドホール)、照明口(透視灯口)が洗浄出来ていれば、洗浄検査は合格であったが、近年では業界に限らず各ノズルの内部まで洗浄出来ていなければ不合格と判定されるようになった。

その背景として、従来はスプレーボール®で洗浄出来ないノズルの内部等の細かい部分は、作業員がブラシや布などの手作業で洗浄していた。その結果、人が介在したことにより布の繊維や埃などがタンク内に残留し、後工程に甚大な被害をもたらした。いわゆるコンタミネーション(以後コンタミと表記)問題である。

そこで、各業界ではコンタミゼロを目標に人手を介さない洗浄CIP(定置洗浄)を掲げたのである。CIPの利点として一つ、一定の洗浄効果が期待出来るため、製品の品質安定と向上が図れることが挙げられる。これらのことから、CIPが主流となり洗浄ノズルが注目されるようになったのである。

### 6-2) 課題の解決

まず、各ノズル内の洗浄について固定式スプレーボール®で検討した。同品で洗浄する場合、Figure5のようにパイプを長くし、下方向から各ノズルに噴射すれば洗浄は可能だが、Figure2のように最大仰角が55°のため、固定式スプレーボール®の真上に洗浄出来ない範囲が出来てしまう。また、顧客のタンクノズルオリエンテーションごとに噴射ポイントを設

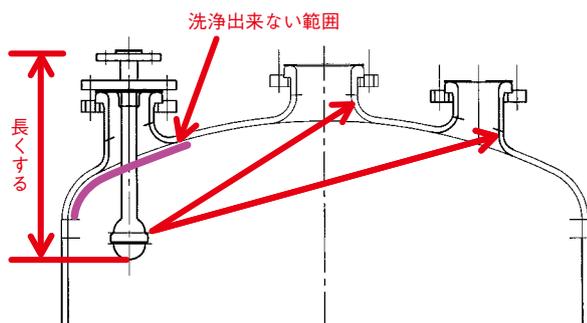


Figure5 ノズル洗浄検討案

計することは、骨が折れる作業である。

次に回転式スプレーボール®で検討した。同品で洗浄する場合、Figure4にもあるように最大仰角が50°であることと、決まった噴射軸しか通らないことからノズル内を洗浄することは到底不可能である。

## 7. 開発品 回転式スプレーボール®

前述のとおり固定式スプレーボール®では設計に手間がかかり、従来品の回転式スプレーボール®ではノズル内が洗浄出来ないことから、顧客要望に応えるため、新規にスリットタイプと穴配列タイプを開発した。次に各開発製品の特徴を説明する。



Figure6 回転式スプレーボール®のノズル(タイプ別)

### 7-1) スリットタイプ



Figure7 スリット洗浄イメージ

スリットタイプの構造・材質については従来からある標準品と同様で上下ボールが逆回転し、効率的な洗浄が可能である。洗浄不可範囲となりやすい真上・真下は直進棒流で洗浄し、マンホール・照明口・各ノズルは広域噴射(スリット)で洗浄する。(Figure7)

スリット開口部が広がっているため、噴射圧は穴形状と比較して若干弱くなるが、噴射に広がりがあるため穴よりも広範囲の洗浄を得意とする。

### 7-2) 穴配列タイプ

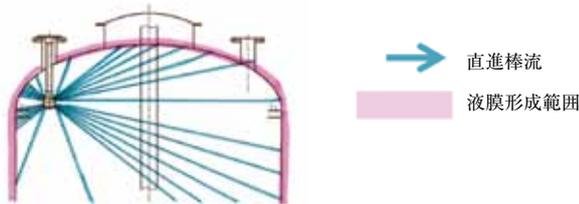


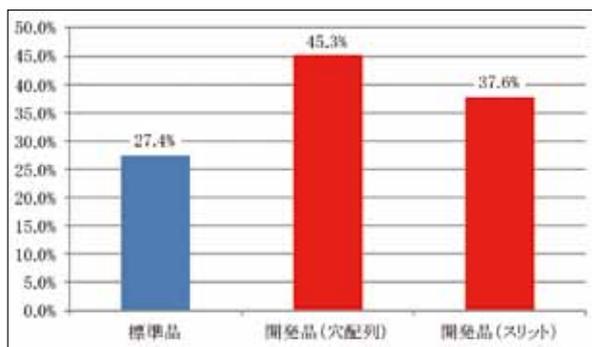
Figure8 穴配列洗浄イメージ

穴配列タイプの構造・材質についても従来からある標準品と同様で、上下ボールが逆回転する。洗浄不可範囲となりやすい真上・真下は直進棒流で洗浄し、マンホール・照明口・各ノズルは、縦2列に配列された小さな穴で洗浄する。この穴は水压を保ったまま洗浄ポイントに到達するので、固定式スプレーボール®のような高い洗浄力を発揮する。穴と穴との距離は、当社独自の設計・加工により密接されており、これにより各ノズル内への入射が可能となった。

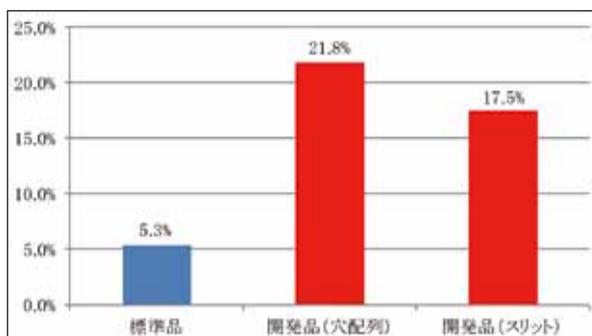
また、回転速度もスリットタイプと比較して低速のため、効率の良い洗浄が可能である。(Figure8)

### 7-3) 標準品と開発品の洗浄率比較

次に標準品と開発品であるスリットタイプ・穴配列タイプを洗浄率で比較するとFigure9のようになる。



タンク内洗浄率



ノズル内洗浄率

Figure9 タンク内とノズル内の洗浄率

この結果からもわかるように、タンク内・ノズル内の洗浄において標準品より開発品のスリット及び穴配列の方が優れていることがわかる。スリットタイプは短時間で広範囲を洗浄出来、穴配列タイプは強い圧力を保ったまま洗浄ポイントに到達するため、特にノズル内の洗浄に優れている。

なお、本洗浄評価試験は次の8. 洗浄評価試験で述べている当社が考案した洗浄評価試験で実施した結果であり、グラフの数値が低めに出ているのは、汚れに見立てた試料に固着性の高い物質を使用しているからであり、より厳しい条件で評価試験を実施しているためである。

## 8. 洗浄評価試験

代表的な洗浄評価方法として、目視検査や水を主体とした溶媒摘出法・表面からのサンプリング検査などがあるが、洗浄評価方法を定める際には、対象とする設備装置に関する一般的な汚れをまず考え、適切な洗浄評価方法を選択する必要がある。

代表的な洗浄評価方法とその長所・短所について、Table5にまとめる。

Table5 洗浄評価法の比較

評価方法	長 所	短 所
目視検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>容易に実施可能</li> <li>表面の汚れが検出可能</li> <li>分析装置等が不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主観的</li> <li>設備全体の検出は不可</li> <li>低濃度が検出不可</li> </ul>
リンス水のサンプリング検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>容易に実施可能</li> <li>洗浄剤その他の水溶性物質が検出可能</li> <li>洗浄サイクルの日常的モニタリングに使用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>付着残留物が検出不可</li> <li>高精度の分析対象物の回収が煩雑</li> </ul>
スワブ検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>付着物質が検出可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>検査者により結果が変動する</li> <li>設備内に入ったり分解する必要がある</li> </ul>

洗浄評価試験方法や検査タイミングについては、各社運用マニュアルで規定されており、各業界において特に基準が定められているわけではない。

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可能か確認するためである。ここでの検査方法は目視検査が主流で、方法としては汚れに見立てたリボフラビン又は食紅(粘度は約100cp程度)を実機タンク内に霧吹きなどで全体にまんべんなく吹き付けた後、スプレーボール®を1~2分程度(顧客により異なる)稼働し、その後、目視にて汚れが落ちているか確認するというものである。リボフラビンの場合は、ブ

ラックライトを照らすと反射するので汚れを見つけやすいが、光に弱いという特性があるので取扱いには注意が必要である。食紅は入手・取扱が簡単のため利用されることが多い。洗浄判定で目視を採用する場合、Table5にもあるように、容易に実施可能で分析装置が不要であるという長所はあるが、判定者の知識や経験により判定レベルが左右されるという短所がある。そこで、このような差を無くすために、洗浄評価試験結果を簡易的に数値化する方法を考案した。この評価方法の長所は、特殊な材料や分析機器を必要としないため、簡単に安価で洗浄評価試験を実施出来、結果がすぐに得られるというところである。また、目視とは異なり数値化が可能なので、判定レベルが判定者により左右される心配がない。課題として、設備全体の試験が難しく、設備に入ったりする必要があるということである。

現在、実用化に向けて改良を検討している。

## 9. おわりに

今回はタンク内洗浄ノズルと、洗浄評価試験について紹介した。従来は当社の洗浄ノズルは固定式・回転式共に1種類しかなかったため、顧客の広い要望にお応えすることが出来なかった。

このたび新しい洗浄ノズルの開発により、様々な噴射パターンを提供が可能となった。それにより、今後は各用途に合わせた洗浄ノズルを選定いただければ幸いである。

また、従来の技術の枠にとらわれることなく、洗浄評価試験の数値化に成功した。この取り組みを皮切りに、更なる洗浄率の向上や新しい洗浄方法を考案し、時代や環境に順応したサービスの開発にも努めていきたいと考える。

今後も真の顧客ニーズを追及し、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。

## 10. 参考文献

- 1)バルカー バルフロンライニングカタログ



本吉 真由美  
研究開発本部  
商品開発部