

固定式タンク洗浄装置“CIPeace®”の上市

Launch of the Fixed-Type Tank Cleaning Device “CIPeace®”

水谷祐太*・竹井一剛**・田村晴海**・有木陽菜**

Yuta Mizutani・Kazuyoshi Takei・Harumi Tamura・Haruna Ariki

拡散噴霧技術を適用した固定式タンク洗浄装置「CIPeace」を開発した。直線噴霧と拡散噴霧の組み合わせにより、従来課題であった装置上部の洗浄効率向上を実現した。その結果、直線噴霧のみの場合と比較して洗浄時間を1/3、使用洗浄液量を1/4に低減した。固定式の特徴であるコンタミレス性を維持しながら洗浄液使用量を削減することに成功し、化学品製造プロセスにおける環境負荷低減を達成した。

We developed a fixed-type tank cleaning system, CIPeace applying a spray diffusion technology. The combination of direct jet spraying and diffused spraying enabled improved cleaning efficiency in the upper part of the cleaning device, which had been a challenge for conventional systems. Compared with a system employing only direct jet spraying, CIPeace reduced the cleaning time by approximately 67% and the consumption of cleaning solution by 75%. The system successfully reduced cleaning solution consumption while maintaining the contamination-free characteristics inherent to a fixed cleaning configuration, thereby reducing the environmental impact of chemical manufacturing processes.

Key Words :

CIP（Cleaning In Place）技術
拡散噴霧
固定式タンク洗浄装置
洗浄効率向上
コンタミネーション防止（コンタミレス）

【セールスポイント】

- ・高効率洗浄（洗浄時間1/3、洗浄液量1/4）
- ・コンタミレス構造（固定式）

まえがき

医薬品及び電子材料分野では、製品の高純度化・高品質化の要求が年々高まってきており、製品設備における洗浄性能の重要性は、ますます増大している。特に、プロセス機器の洗浄においてはCIP（Cleaning In Place）洗浄が主流となっており、図1に示す当社プロセス機器事業部のGL（グラスライニング）反応機や粉体機器にも採用されている。CIP洗浄とは工場生産設備の配管・タンク・熱交換器などの機器を分解することなく、薬品や水を配管内に循環させて内部を効率的に洗浄する技術である。例としてGL反応器に洗浄装置を設置した際の缶内洗浄の模

式図を図2に示す。同技術は、作業者の曝露防止、安全性向上、省力化、洗浄品質の安定化、さらにはコンタミネーションリスク低減といった観点から広く普及している。

一方で、CIP洗浄の中核を担う洗浄装置には、依然として改良の余地が残されている。特に医薬用途では回転式に見られる摺動部からの摩耗粉混入リスクを回避するため固定式が主流であるが、回転式と比較した際の洗浄効率の低さが課題となっている。

また、近年は環境負荷低減や省資源化の観点から、洗浄液使用量削減も重要な性能指標となっている。

*プロセス機器事業部 品質保証室

**プロセス機器事業部 技術部 装置設計室

使用される機器例

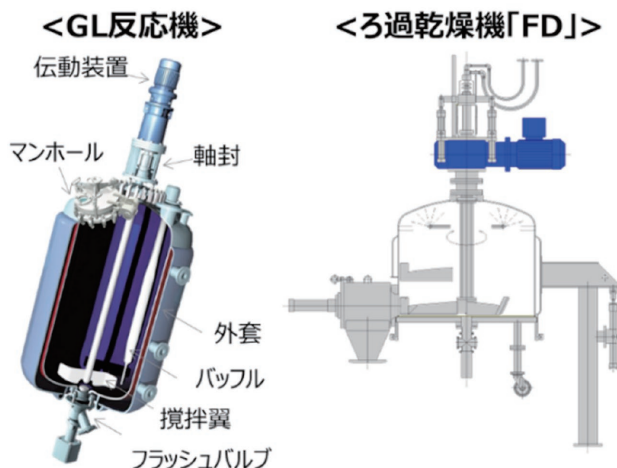


図1 当社 GL 反応器とろ過乾燥機 (FD)

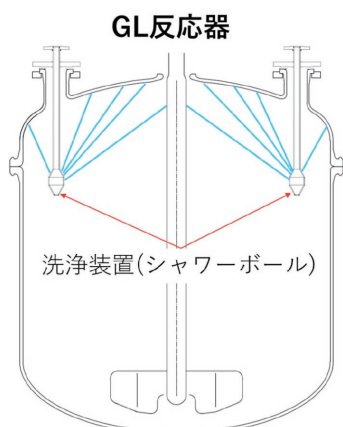


図2 洗浄装置の設置模式図

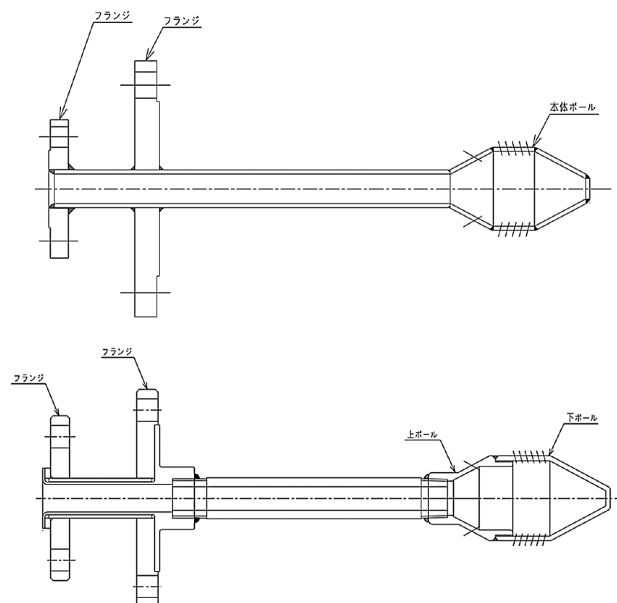
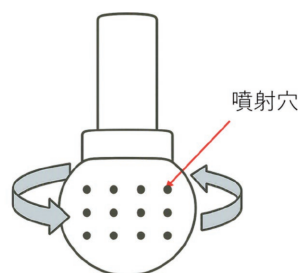


図3 固定式洗浄装置の構造
(上：金属製 CIPeace, 下：PTFE 製 CIPeace)



洗浄水が噴射した際の勢いで
先端のボールが回転する

図4 回転式洗浄装置のイメージ図

本報ではこれらの課題を解決するために開発した、拡散噴霧技術を応用した固定式タンク洗浄装置「CIPeace (シーアイピース)」について報告する。

1. CIP 洗浄技術

1.1 高効率洗浄実現に向けた従来技術の課題

CIP 洗浄装置は、大別すると「固定式」と「回転式」に分類される。固定式は図3に示す通り、摺動部を持たずコンタミネーションリスクが低い一方、直線噴霧による洗浄に限定されるため、洗浄ムラが生じやすく、洗浄時間が長くなり、その結果洗浄液量が増大する傾向にある。これに対し回転式は図4に示す通り、回転噴霧により均一な洗浄を実現できるものの、回転部の摩耗に起因する摩耗粉の発生や定期メンテナンスが課題となる。表1にそれぞれの性能比較を示す。特に医薬用途においては、異物混入リスクの低減が最重要視されるため、固定式洗浄装置の採用が一般的である。一方で、従来の固定式洗浄装置には、以下のような課題が存在していた。

・噴射穴はドリル加工の制約上、洗浄装置の施工面

表1 固定式・回転式洗浄装置の性能比較

タイプ	洗浄液量	洗浄時間	コンタミレス
固定式	△	△	○
回転式	○	○	×

に対して垂直方向にしか設けられず、洗浄に最適な噴射角度を設定できない。このため洗浄液の到達範囲に偏りが生じ、洗浄ムラの要因となる(図5)。
・洗浄装置本体は、壁面にあたることで跳ね返り流れ落ちた洗浄液に頼って洗浄されるため、洗浄残りが発生しやすく、自己洗浄性に課題がある。

これらの課題を解決し、コンタミネーションリスクを排除しながら高効率な洗浄を実現する固定式洗浄装置の開発が求められていた。さらに、これらの問題は洗浄性能の低下のみならず、洗浄結果を常に同じ状態に管理できていることを確認する洗浄バリデーションにおいても再現性確保の阻害要因となっ

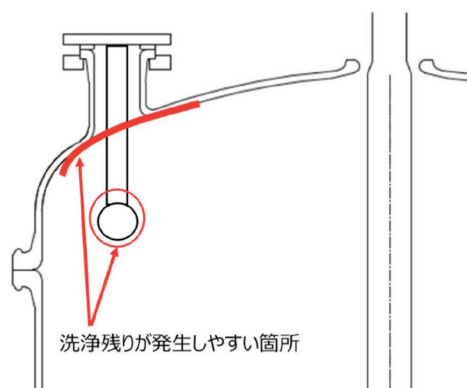


図5 洗浄残りが発生しやすい箇所（従来）

ていた。このため、医薬分野においては品質保証上の観点からも重要な改善対象となっていた。

1.2 拡散噴霧技術

本開発では、固定式洗浄装置が有するコンタミレス性を損なうことなく、回転式洗浄装置に匹敵する洗浄性能を実現することを目指した。そこで、新たなアプローチとして拡散噴霧技術を採用した。拡散噴霧は、図6に示すように、2本の直線状噴霧流を衝突させることで広範囲に拡散した楕円形に広がるフルコーン状噴霧を形成する技術である。これにより、従来の直線噴霧では困難であった洗浄装置上部の範囲についても均一な洗浄が可能となる。この特性を活用し、図7に示すように、洗浄装置近傍の洗浄ムラが生じやすい領域には拡散噴霧を、遠距離領域には直線噴霧を配置することで、高効率な洗浄が可能となる。拡散噴霧技術の特徴は、噴霧が壁面での跳ね返りに依存せず、噴霧口近傍で広範囲に拡散する点にある。これにより、タンク形状の影響を受けにくく、洗浄液を均一に分布させることが可能となるため、安定した洗浄性能が得られる。拡散噴霧孔は、孔径、孔間距離、および衝突角度の最適化により、均一な液滴分布と広い噴霧範囲を両立した。

まとめると本技術の特徴は以下の通りである。

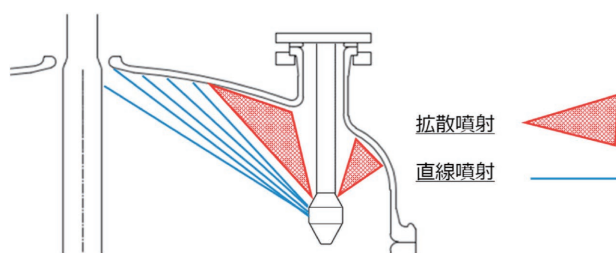


図7 拡散噴霧と直線噴霧の使い分けのイメージ図

- ・特殊なスリット加工が不要で、直線孔のみで構成可能
- ・噴霧の拡散により洗浄装置近傍の洗浄ムラを低減

2. 方法

2.1 実証設備と試験条件

グラスライニング反応槽（φ1200 mm）の上蓋を対象として洗浄試験を実施した（図8）。

本試験では、開発品の洗浄性能を評価するため、洗浄評価手法として一般的に用いられるリボフラビン試験を採用した。本手法は医薬分野において広く用いられており、汚染物質の代替として蛍光性物質であるリボフラビンを反応槽内に均一に噴霧した後、洗浄装置による洗浄を実施する。

洗浄後、ブラックライトを照射し、緑色に蛍光発光するリボフラビンの残存状況を確認することで洗浄状態を評価した。リボフラビンの発光が認められない場合は洗浄が十分であると判断し、発光が認められる場合は洗浄残りが存在すると判断した。

2.2 試験結果

比較結果を以下に示す。図9に直線噴霧のみを用いた洗浄装置の結果、および拡散噴霧と直線噴霧を組み合わせた CIPeace の洗浄結果、表2に洗浄評価結果を示す。

直線噴霧のみのケースでは、洗浄開始1分後に洗浄装置設置ノズル近傍で洗浄残りが確認され、洗浄完了までに合計3分を要した。一方、CIPeace（開

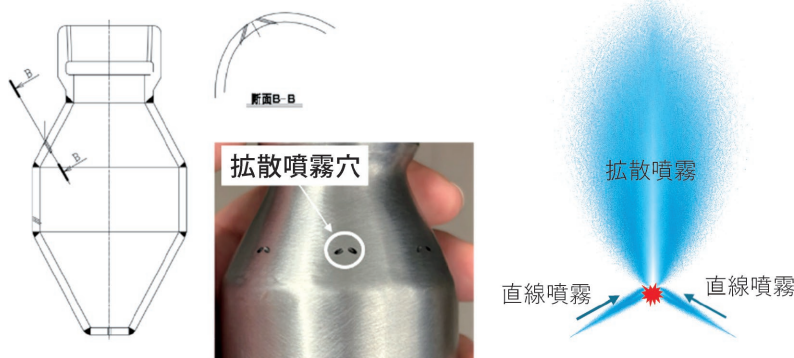


図6 拡散噴霧技術について

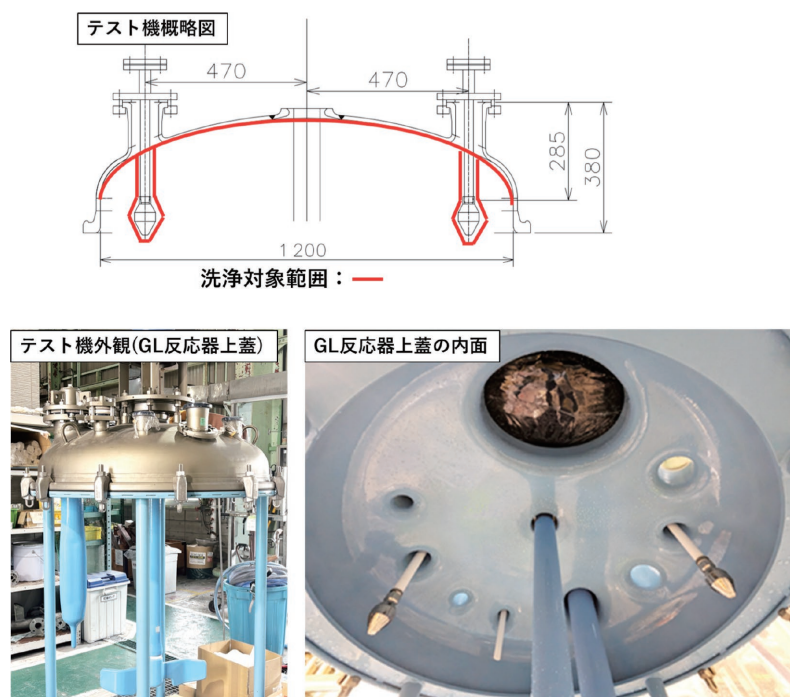


図8 テスト装置概略図と実物写真

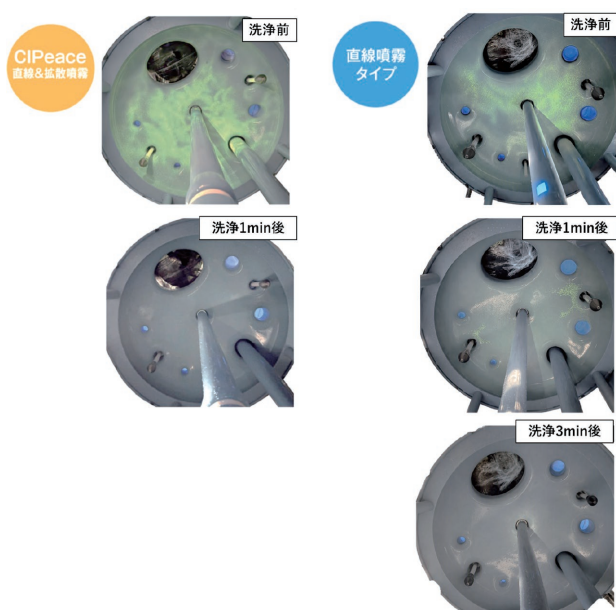


図9 CIPeaceと直線噴霧のみを用いた洗浄装置の洗浄結果

表2 洗浄評価の結果

洗浄評価	CIPeace	直線噴霧ケース
洗浄時間(min)	1	3
流量(L/min)	45	60
使用洗浄液量(L)	45	180

※洗浄圧力0.15MPa

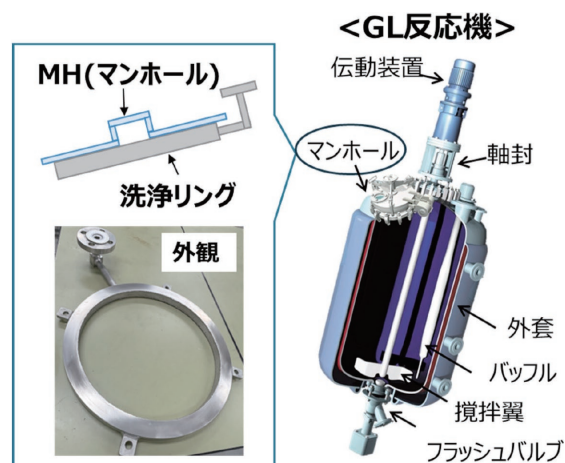


図10 MH 洗浄用リング

発品)では、1分でノズル近傍を含む上鏡全面の洗浄が完了し、洗浄残りは確認されなかった。これにより、洗浄時間を約1/3に短縮できることを確認した。洗浄時間の短縮は設備稼働率および作業効率の向上だけでなく、使用する洗浄液量の低減にも寄与し、環境負荷低減の観点からも有効である。

2.3 他装置への拡散噴霧の適用効果

拡散噴霧技術はCIPeaceに限らず、各種CIP洗浄装置への適用が可能である。例えば、図10に示すマンホール部洗浄リングや、図11に示すヘッダー管の配管部に拡散噴霧孔を設けることで、マンホール蓋部、ヘッダー配管内部の効率的な洗浄に適用できる。図12にマンホール洗浄リングへ拡散噴霧技

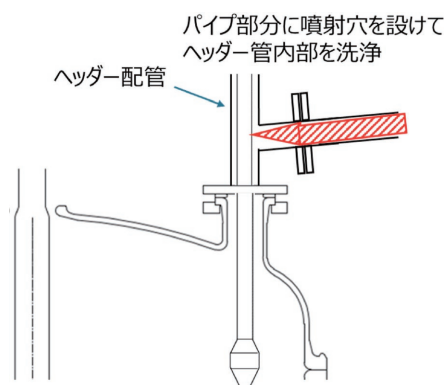


図11 ヘッダー管内部洗浄のイメージ図

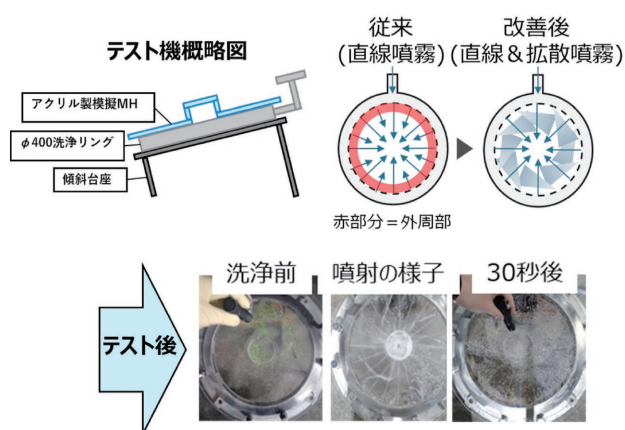


図12 洗浄リングテスト概略図とテスト結果

術を適用した事例を示す。拡散噴霧の適用により、外周部および隙間部の洗浄残りが解消され、洗浄の均一性が向上した。これは、拡散噴霧によって形成される旋回流により、洗浄液がリング内部へ均一に供給されたことによるものと考えられる。また、洗浄時間は従来の1～2分から約30秒へ短縮された。

2.4 まとめ

本開発では、固定式洗浄装置の利点であるコンタミレス性を維持しながら、直線噴霧技術に拡散噴霧技術を組み合わせることで洗浄性能の向上を実現した。主な成果を以下に示す。

- ・ 洗浄時間を従来比約1/3に短縮
- ・ 洗浄液使用量を従来比約1/4に削減
- ・ 固定式洗浄装置の利点であるコンタミレス性を維持
- ・ 拡散噴霧技術の適用により、他のCIP洗浄デバイスにおいても洗浄性能向上を確認

以上の結果より、本技術は洗浄工程の効率化、設備稼働率の向上、ならびに洗浄液使用量の削減による環境負荷低減に有効であることを確認した。

むすび

本稿では、拡散噴霧技術を適用した固定式洗浄装置「CIPeace」を開発し、その有効性を検証した。

本技術により、従来の固定式洗浄装置における課題であった洗浄ムラを改善し、コンタミネーションリスクを抑制しながら高効率なCIP洗浄を実現した。特に、洗浄時間の短縮および洗浄液使用量の削減を達成できたことは、経済性と環境負荷低減の両面において大きな効果を有する。また、洗浄工程の効率化による設備稼働率の向上にも寄与し、生産性向上の観点からも有効であることを確認した。

今後は、各種プロセス機器への適用拡大ならびに図13に示すように製品ラインナップの充実を進めるとともに、医薬・電材分野を中心とした市場展開を推進し、洗浄品質の向上と省資源化に貢献していく。



金属製CIPeace



導電性PTFE製CIPeace
(左：CIPeace-50, 右：CIPeace-80)

図13 製品ラインナップ