

エレメント積層・整列型 混合技術のご紹介

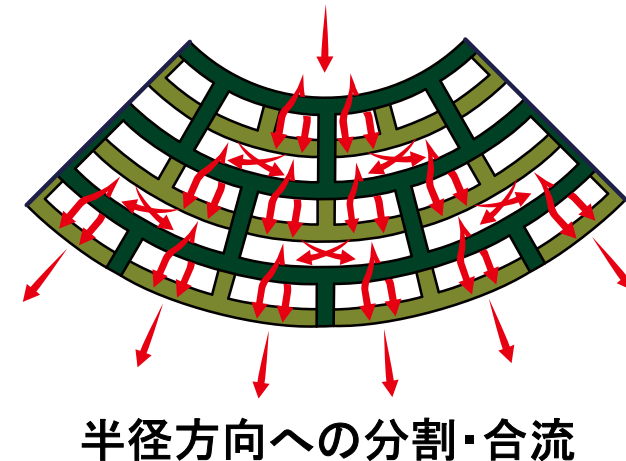
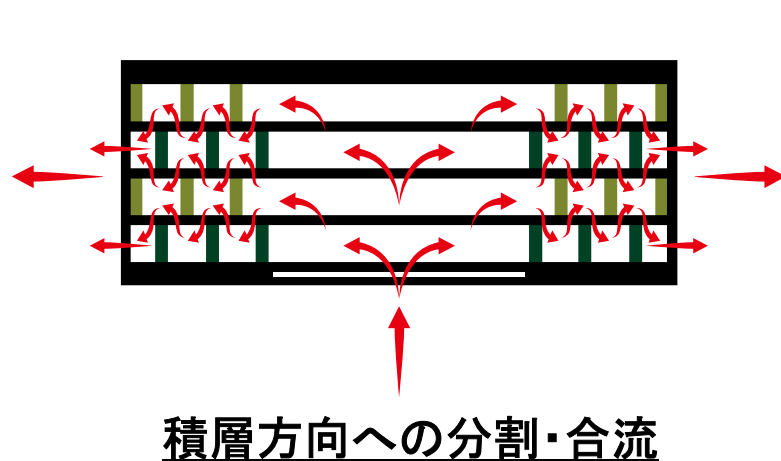


2022年6月
アイセル株式会社
望月 昇

MSEミキサー：積層型混合技術の基本構造

積層方向及び半径方向に流体を分割・合流して混合を促進

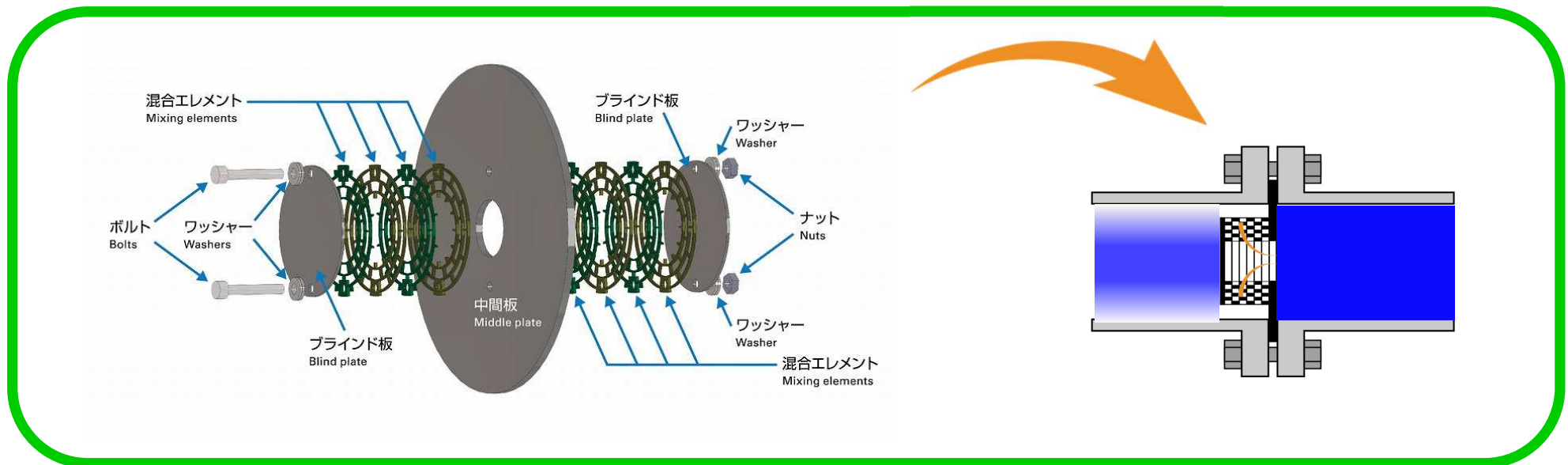
積層型混合装置の基本技術であるMSEミキサーは、外開き及び内開きの多孔板状の混合エレメントの積層体から構成されます。流体は、混合エレメントの貫通孔が連通して形成される複雑な流路を通過することにより、積層方向・半径方向に分割・合流を繰り返して混合されます。



MSEスタティックミキサー: 積層型静的混合器 (1/5)

配管に設置するだけで流体を混合

MSEスタティックミキサーをフランジ間に挿入するだけで、短距離で流体を混合することができます。液やガスの混合はもちろん、気液混合にも使用することができます。



<特徴>

■ 3次元的分割・合流作用による短距離での効率的混合

■ 設置が容易

大口径配管用はフランジ間に挿入するだけ、小口径配管用はねじ込むだけで使用可能。既設設備であっても容易に設置可能。

■ 圧力損失の調整が可能

混合エレメントの厚さ・サイズや、積層枚数の変更により圧力損失の調整が可能。

■ 種々の材料での製作が可能

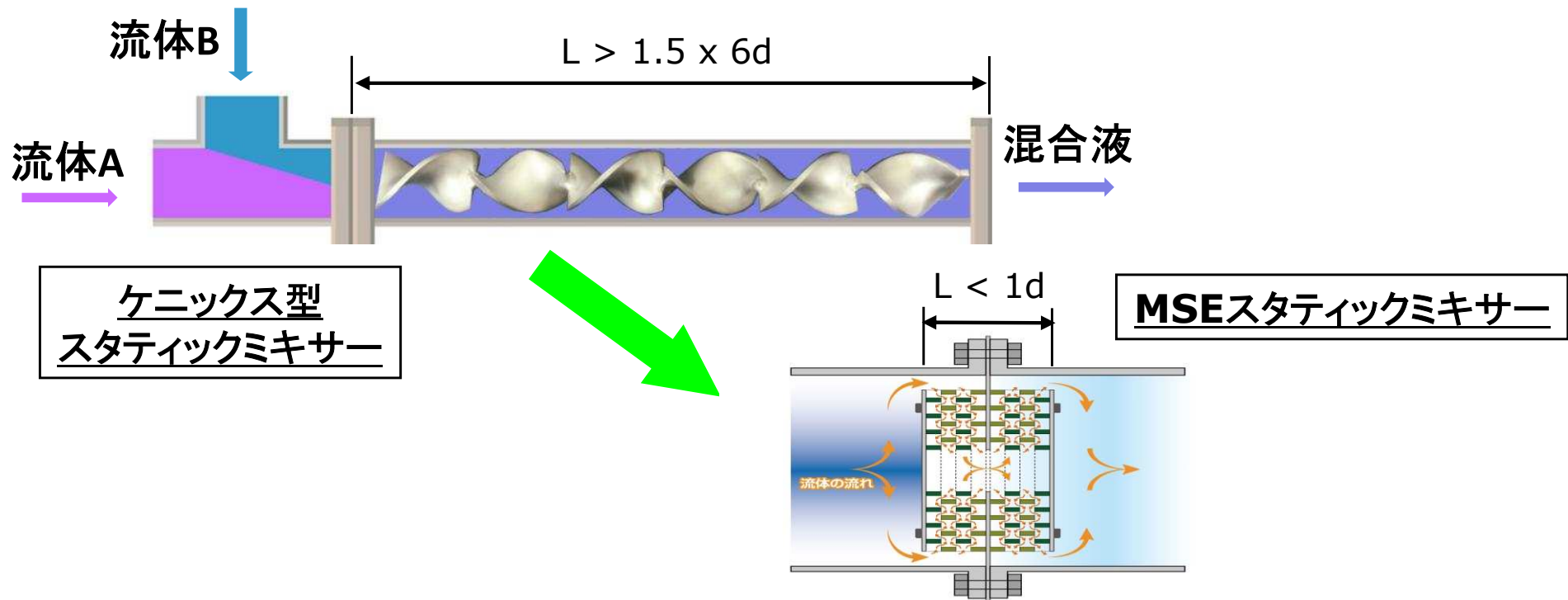
構成部品の形状がシンプルなので、耐熱性・耐腐食性等の種々の材料での製作が可能。

MSEスタティックミキサー: 積層型静的混合器 (2/5)

短距離での混合が可能

我が国で幅広く使用されているケニックス型スタティックミキサーは、6エレメントを基本構成とし、1つのエレメントは配管内径の1.5倍の長さを必要とするため、少なくとも配管内径の9倍の長さを必要とします。

一方、MSEスタティックミキサーは、流体が貫通孔が複雑に連通する流路を流れるため、短距離での混合が可能です。圧力損失や混合度は、混合エレメントの積層枚数により調整可能です。



MSEスタティックミキサー: 積層型静的混合器 (3/5)

特に流量比の大きい流体の混合、希薄溶液の均一化に優れる

JIS B 8702の静的混合装置の性能測定方法により、内径25mm配管中を0.5m/sec.で流れる水流中に、流量比0.2%で難溶性の粘度約1000cP CMC2260 1.5wt%水溶液を注入。

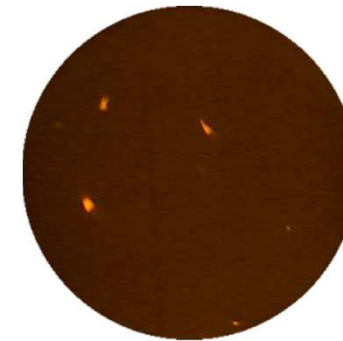
⇒ MSEスタティックミキサーはケニックス型を大きく上回る混合性能を示しました。



ミキサー無し(none)



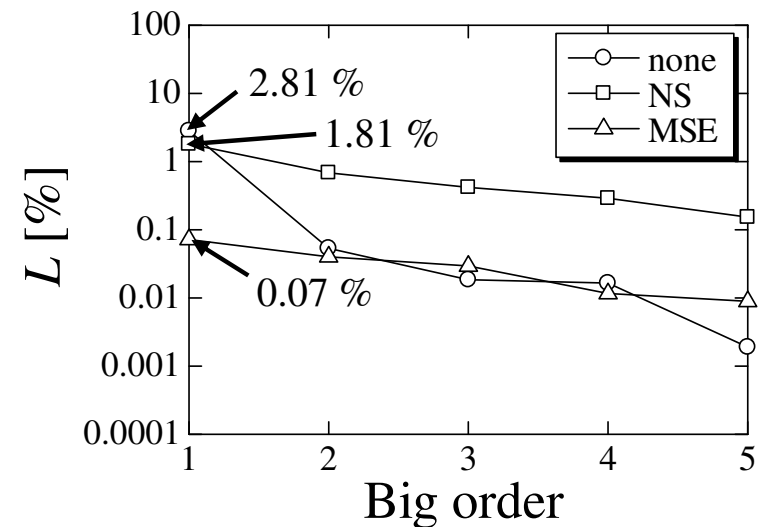
ケニックス(NS)



MSE

	None	NS	MSE
混合度 M [%]	6.82	50.54	99.99
中間輝度 R_{med} [-]	72	36	70
最大輝度 R'_{max} [-]	255	255	93
偏在度 $Dev.$ [-]	-0.17	0.02	0.00

- ・ M の差異が大きい。
- ・ ミキサー無し, ケニックスでは R'_{max} が大きい。

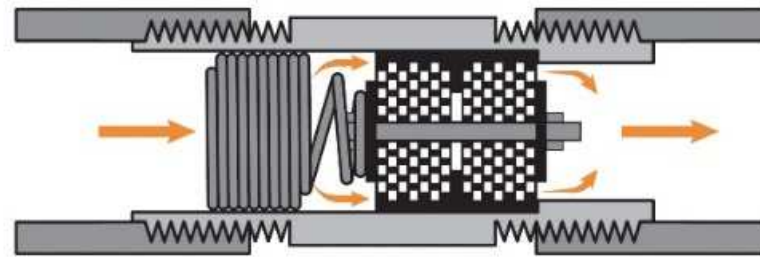
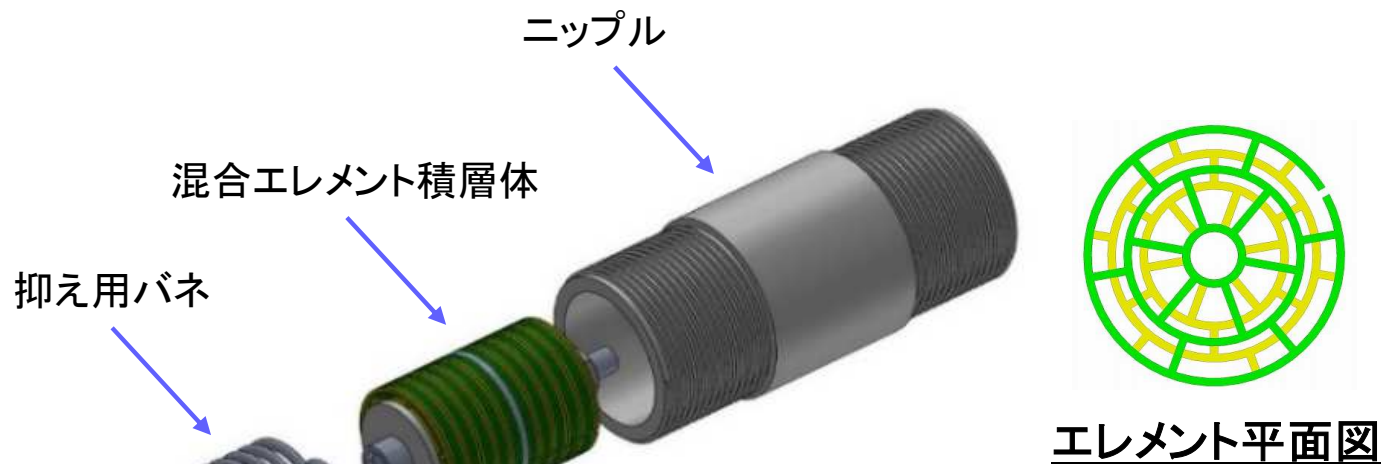


MSEではLが1%未満
→ 顕著な混合性能の差異

MSEスタティックミキサー: 積層型静的混合器 (4/5)

小径配管用のニップルタイプは配管にねじ込むだけで使用可能

混合エレメントの積層体がニップル内部に収納されているので、配管にねじ込むだけで使用できます。サイズは20A(3/4B)、15A(1/2B)、10A(3/8B)、8A(1/4B)があります。



設置状態



気液混合

MSEスタティックミキサー: 積層型静的混合器 (5/5)

これまでの主な実績

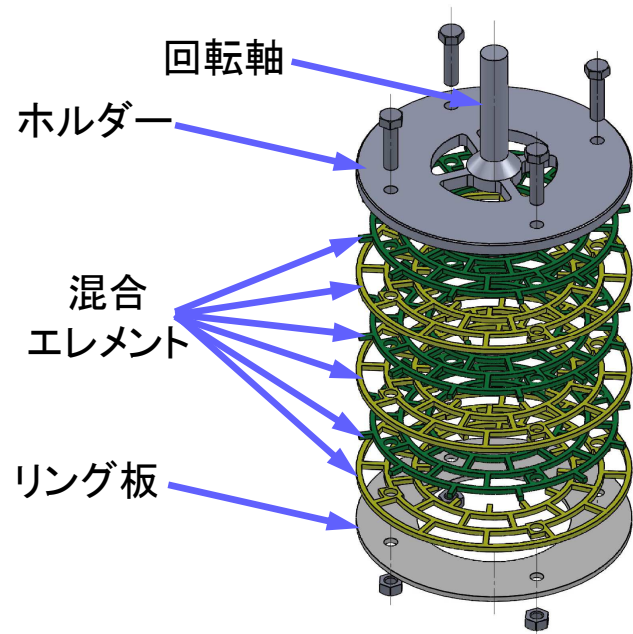
分野	対象技術	目的
水処理	希釈	攪拌槽・攪拌翼による高分子液体凝集剤の希釈設備へインラインミキサーとして適用し、同等の希釈性能を確認。設備の連続化によりコストダウン・省スペース化を達成。
食品	液体混合	食用油中への微量のシリコンオイルの混合につき、良好な混合性能を示した。積層体中への閉塞の可能性があるとの理由により採用は見送り。
石油	気泡分散	往復動ポンプ入口で液体中の気泡を微細化することにより、ポンプの動作不良を解消し安定操作を実現。
化粧品	微粒子製造	エマルジョン製造用プレミキサー
機械	油水混合	切削水中への油分の混合
製紙	希釈	新規開発の添加剤を原料へ添加するにあたって、添加剤である高分子エマルジョンの希釈が可能なことを確認。
食品	希釈	鶏卵殺菌装置における短距離での次亜塩素酸の希釈
食品	ゲル製造	100Aミキサーによる高せん断力を活かしたゲル製造。ケニックス型より改善傾向有り。

MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (1/11)

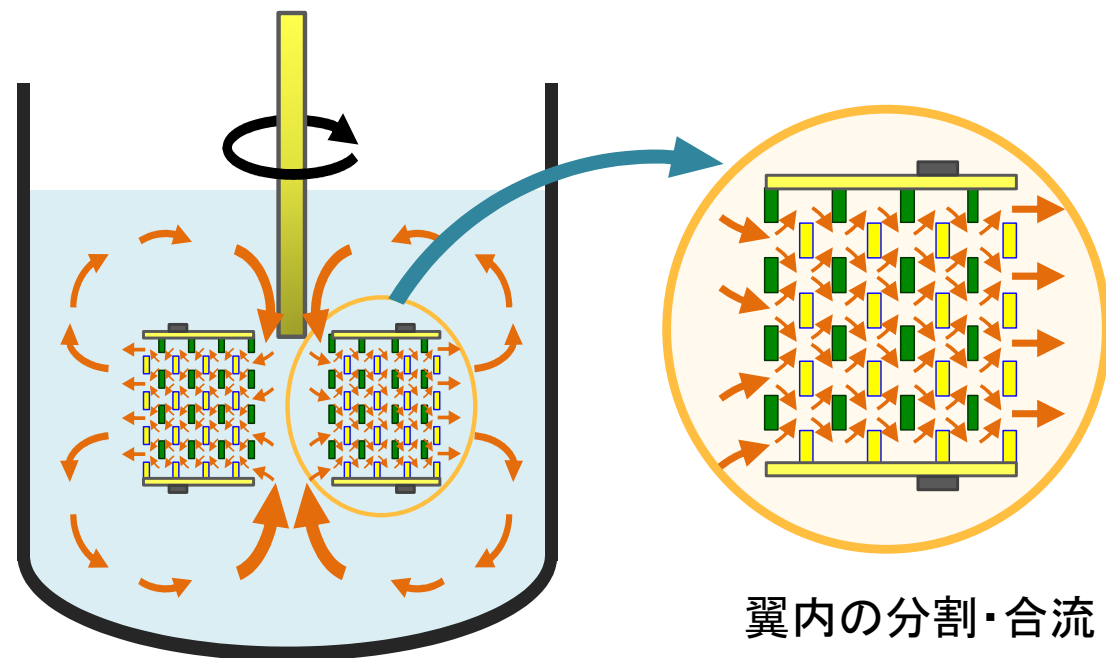
流体を翼中央部から吸い込み、翼内部で分割・合流して攪拌

MSE攪拌翼は、混合エレメントの積層体を、ホルダーとリング板で挟んで固定したものに回転軸を取り付けて構成されます。攪拌槽内で翼が回転すると、翼内部に保持された流体は遠心力により翼外周部に吐出されるので、翼中央の中空部には翼上下から流体が流れ込みます。これにより攪拌槽内に循環流れが形成されます。

翼内において、流体は混合エレメントの貫通孔が連通して形成される複雑な流路を通過するため、積層方向及び半径方向に分割・合流され、攪拌槽内の流体を攪拌し、混合します。



分解斜視図

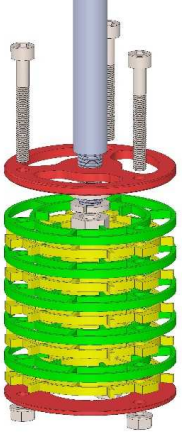
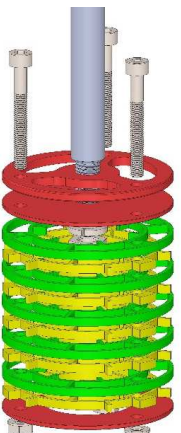
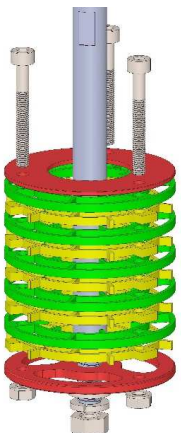
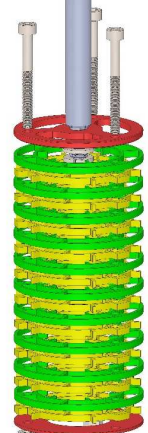
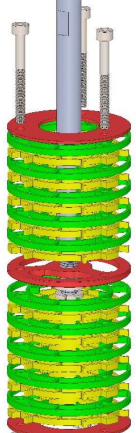
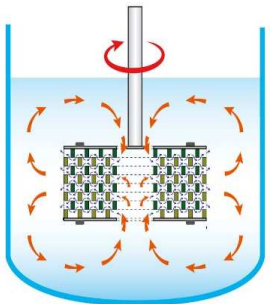
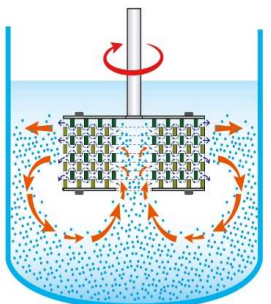
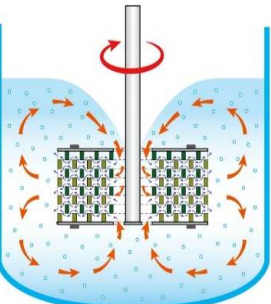
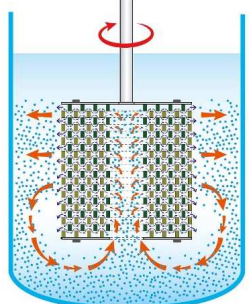
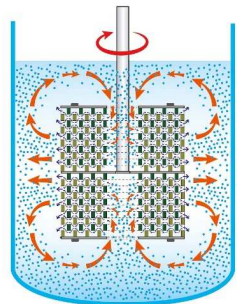


攪拌槽内の循環流

翼内の分割・合流

MSE攪拌翼：積層型攪拌翼 (2/11)

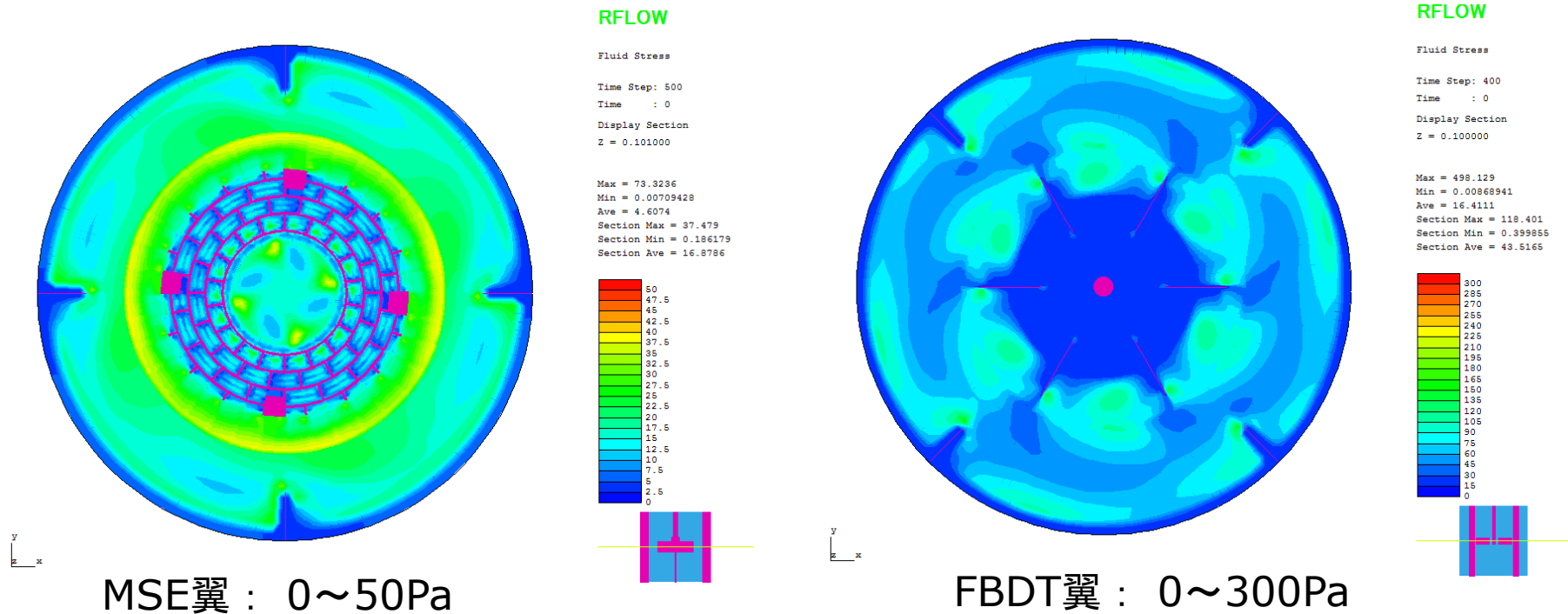
吸込み、巻上げ等の多彩な攪拌が可能

ホルダー：上部	ホルダー：上部	ホルダー：下部	ホルダー：上部	ホルダー：中間
ブライト：なし	ブライト：上部	ブライト：なし	ブライト：なし	ブライト：なし
通常攪拌	発泡抑制 粒子巻上げ	ガス吸込み	循環流量増加	循環流量増加 上下均等攪拌
				
				

MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (3/11)

一様でせん断応力の小さいマイルドな攪拌

流動解析ソフトRflowによる翼周辺のせん断応力分布について示します。MSE攪拌翼では円周上に並ぶ小室内に一様なせん断応力場が形成されていますが、6枚平羽根ディスクタービン翼(FBDT翼)ではせん断応力分布は幅広く、また、MSE攪拌翼と比較して高いせん断応力分布を示しています。

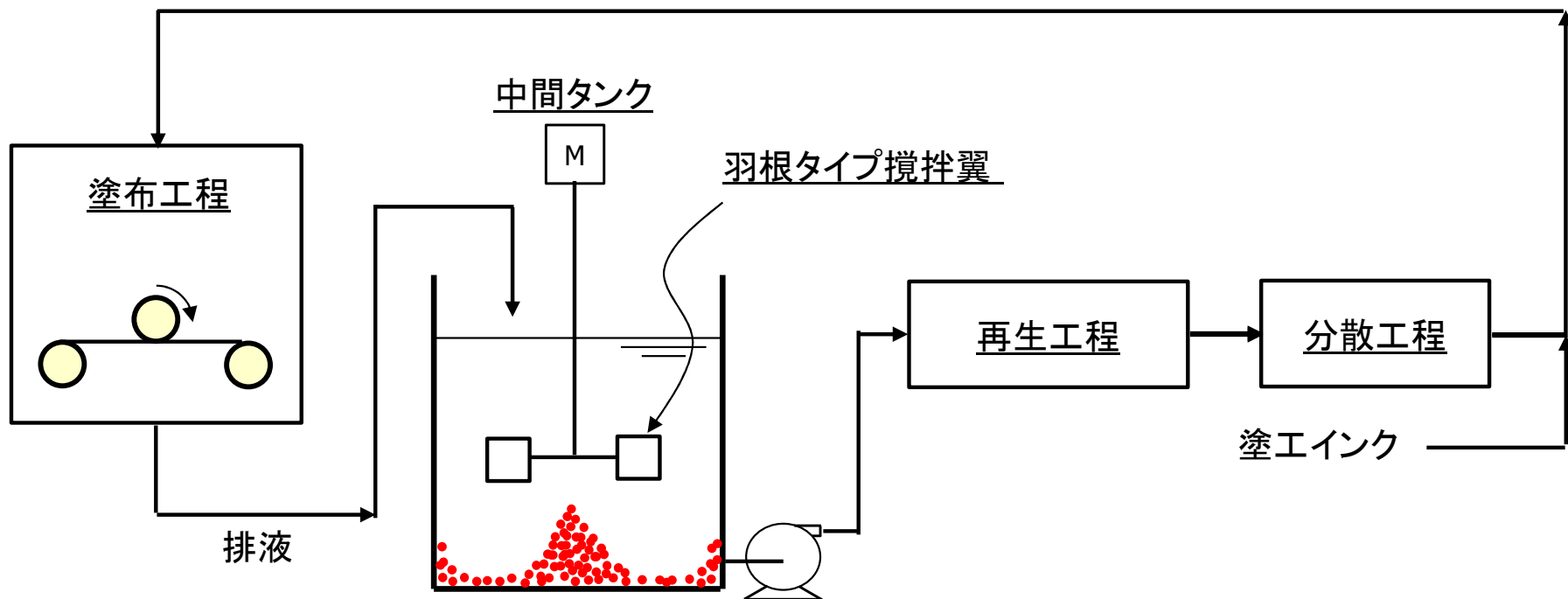


MSE翼と羽根タイプ翼のせん断応力分布の比較

MSE攪拌翼：積層型攪拌翼 (4/11)

インクの再生工程での巻上げ攪拌による粒子の沈降防止 (1/2)

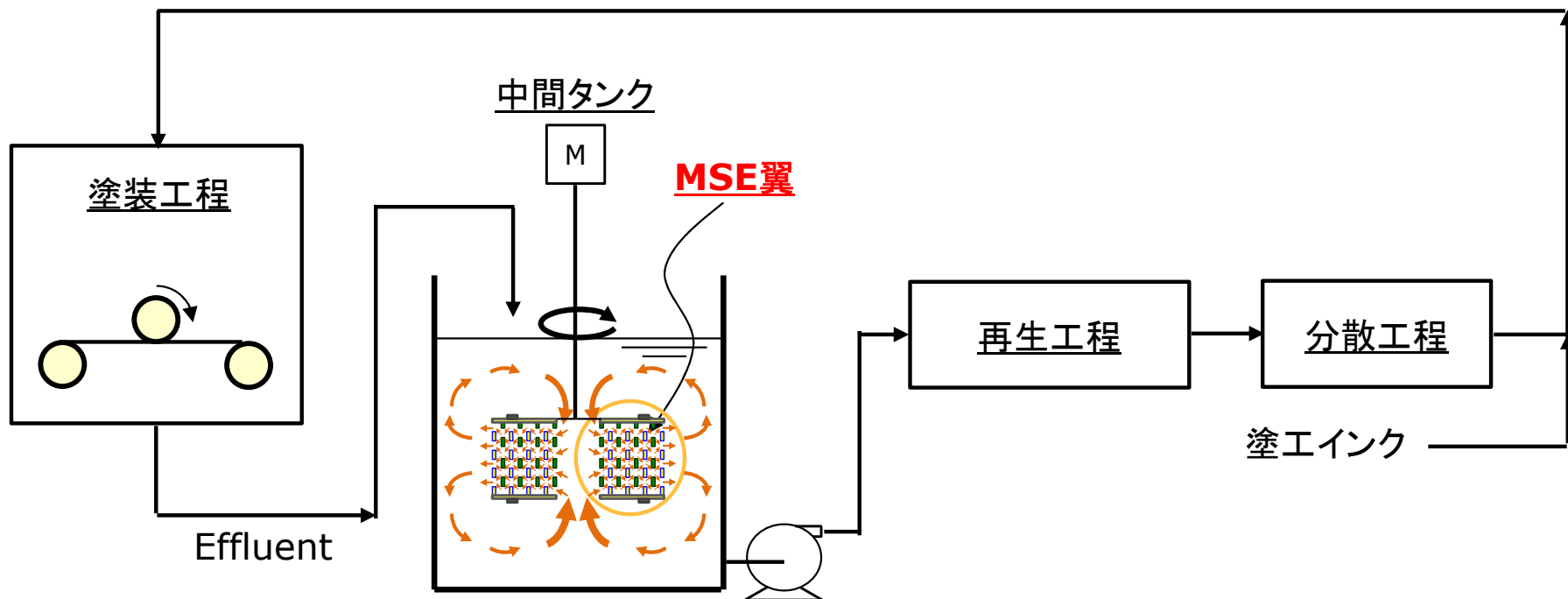
- 塗装技術を有するA社が、インクの再生プロセスにおける中間タンクで問題を抱えていました。
- 再生プロセスにおける中間タンクでは、印刷工程からのインク排液を一時的に貯蔵していますが、排液に含まれる粒子がタンク下部に蓄積するのを防ぐために、排液中に含まれる粒子を巻き上げておく必要があります。A社は羽根タイプの攪拌翼を使用していました。
- しかしながら、羽根タイプの攪拌翼では粒子の巻上げ能力が低いため、回転数を高くしなければならず、そのため羽根先端でのせん断力が大きくなり、副生成物が発生する等の問題がありました。



MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (5/11)

インクの再生工程での巻上げ攪拌による粒子の沈降防止 (2/2)

- 検討を重ねた結果、羽根タイプの攪拌翼をMSE攪拌翼に変更することによりこの問題を解決しました。
- MSE攪拌翼は、翼中央の中空部からの強力な巻上げ流れにより粒子を巻き上げることができるため、中間タンク底部に粒子が蓄積しなくなりました。
- また、MSE攪拌翼により流体に作用するせん断応力は、羽根タイプの攪拌翼と比較して小さいので、副生成物の発生も見られなくなりました。

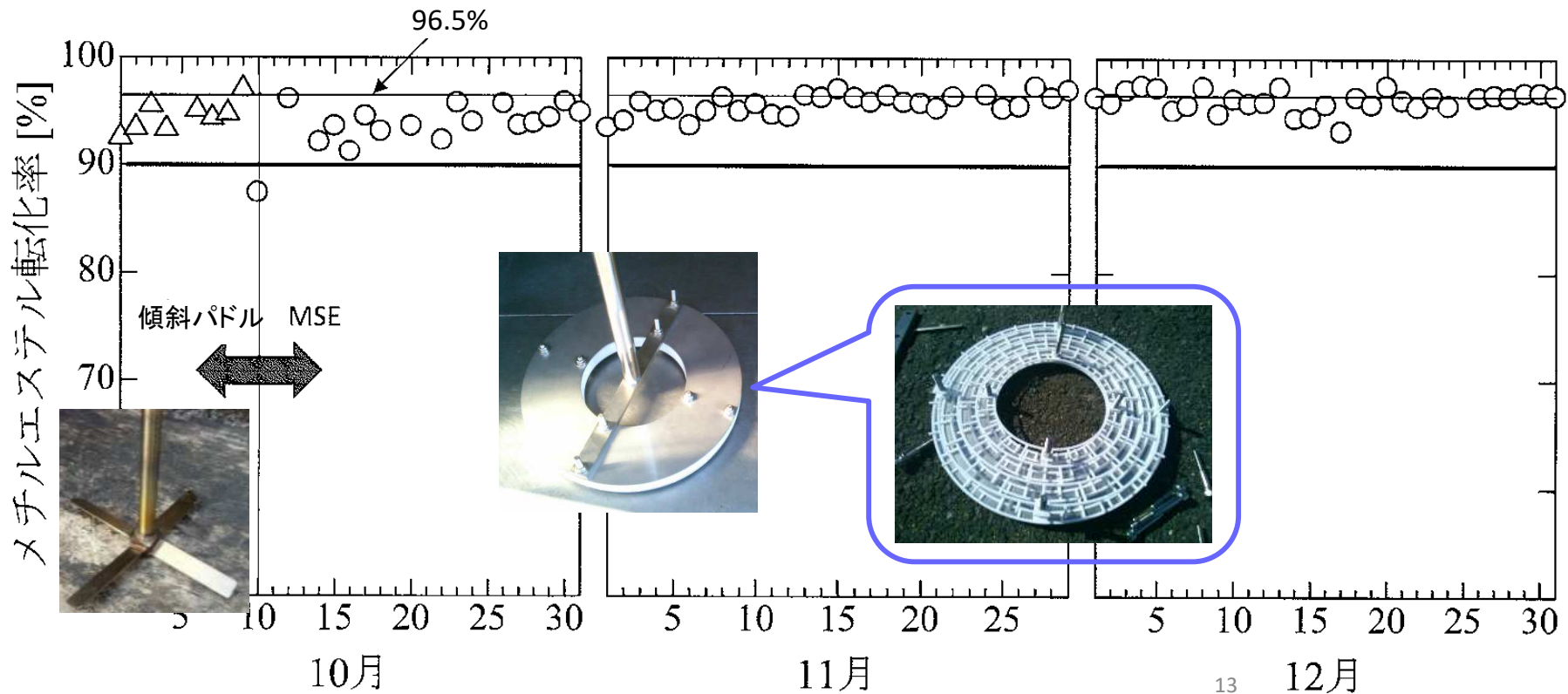


MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (6/11)

翼内の分割・合流により接触界面を増加させて反応を促進

■ BDF製造プラントのメチルエステル化工程用攪拌槽における攪拌翼を、4枚傾斜パドル翼から同じサイズのMSE翼に交換し、これによりメチルエステル化転化率がJIS K2390の規定値に相当する96.5%をほぼクリアするようになりました。

■ 翼内での分割・合流作用により、反応原料の植物油、メタノール及び触媒のKOHの各々の接触面積が増加したことが原因と推定されます。



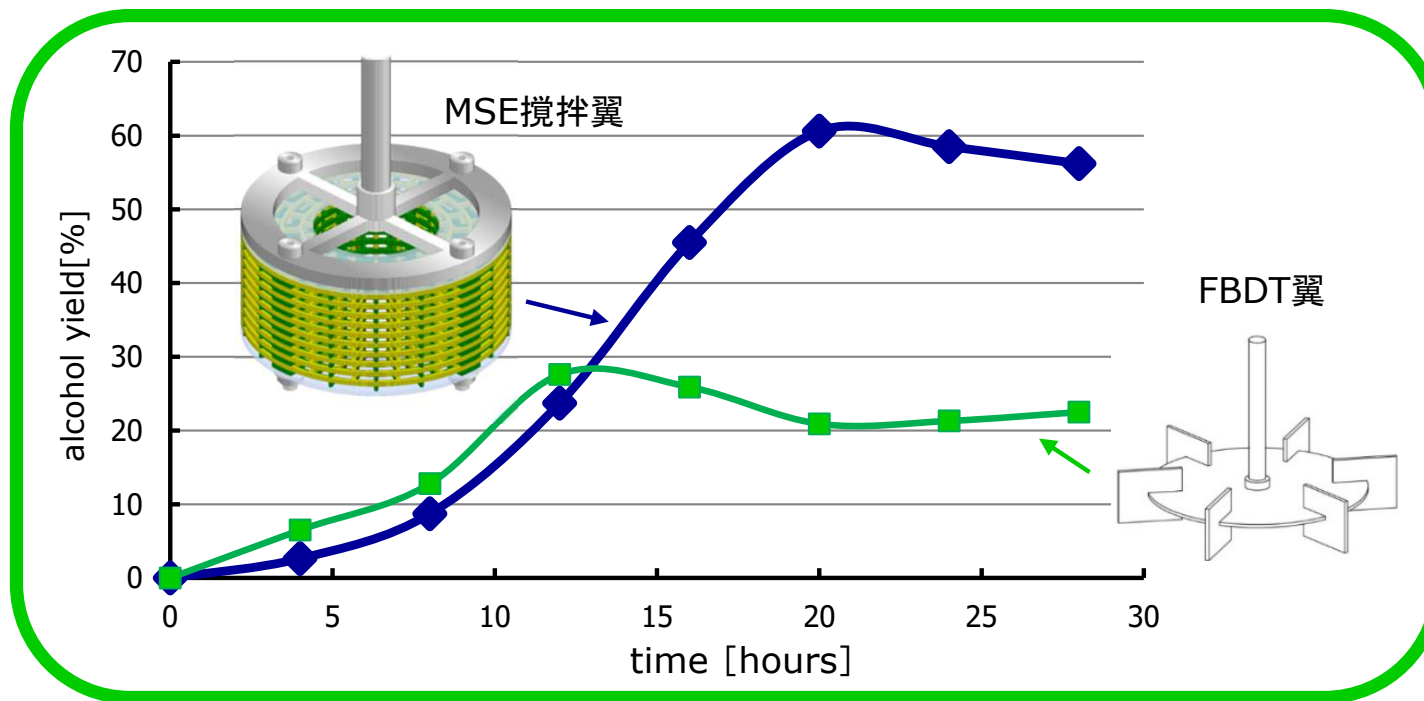
メチルエステル転化率の経時変化

MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (7/11)

マイルドな攪拌によりワイン酵母による発酵でアルコール濃度が増加

ワイン酵母 *Issatchenkia orientalis kudryavtsev* 株を使用した発酵実験で、MSE攪拌翼と6枚平羽根ディスクタービン翼 (FBDT翼) との性能を比較しました。培養開始後20時間経過以降においてMSE攪拌翼はFBDT翼に対して約2倍のアルコール濃度を示しました。

攪拌翼周辺のせん断応力が小さいことにより、酵母に対して与えるストレスが小さいことが原因と推測されます。

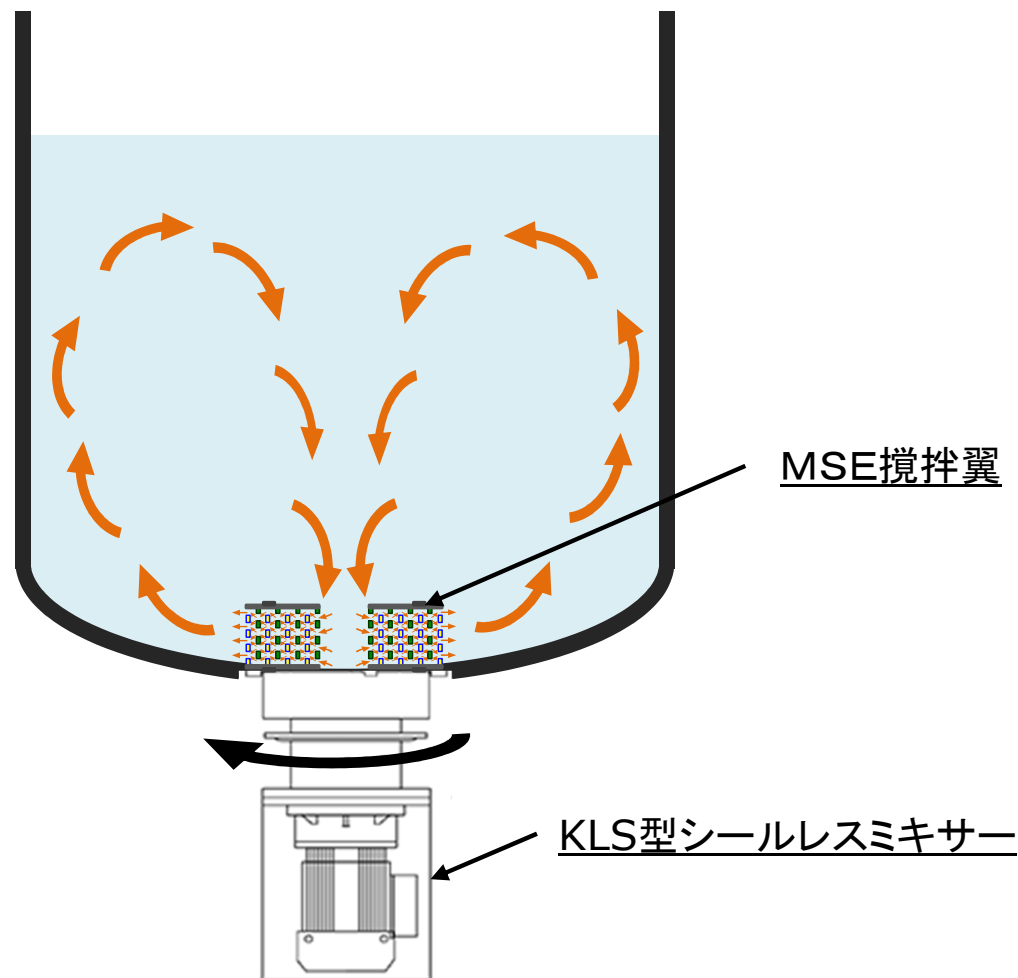


酵母培養によるアルコール発酵で産生したアルコール分率の経時変化

MSE攪拌翼：積層型攪拌翼 (8/11)

KLS型シールレスミキサーとの組合せ

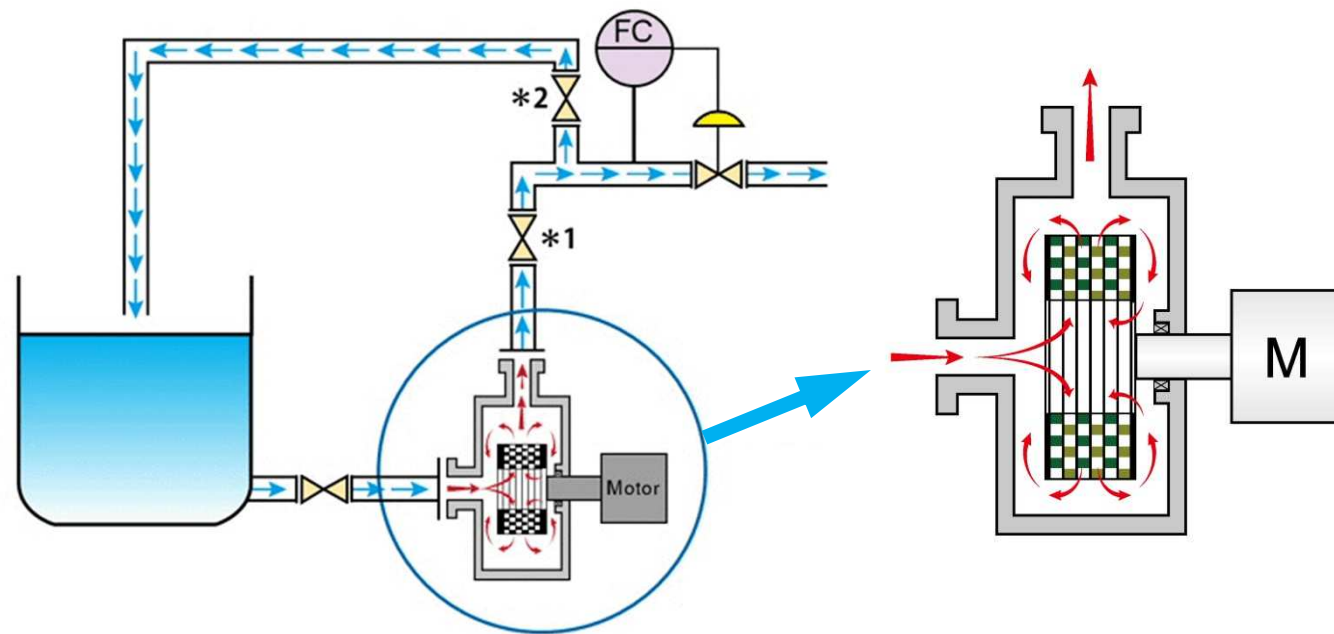
大阪サニタリー社製のKLS型シールレスミキサーと組み合わせることにより、浮遊粒子を溶解させたり、均一に液中に分散させる等の操作が可能になります。閉塞が懸念される場合には、後に示す整列型攪拌翼の使用で対応可能です。



MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (9/11)

ポンプミキサー

MSE攪拌翼をケーシング内で回転させることにより、流体を連続的に混合しながら圧送するポンプミキサーを構成することができます。攪拌槽が不要になるため設備面での大きなメリットが期待できます。ポンプミキサー出口のバルブや、循環ラインに設置したバルブにより流体の混合度合を制御できます。



MSE型ポンプミキサー

MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (10/11)

MSE攪拌翼のメリット

● 多様な攪拌が可能

☆ マイルドな攪拌が可能

⇒ ほぼ円筒形で突出部分がないため、液面の変動が小さく、回転が安定している。

☆ 多彩な攪拌が可能

⇒ 側面部からの強い吐出流に伴い発生する吸込み流れにより、粒子の巻上げやガスの吸込み攪拌が可能。

● 条件に対応した設計が可能

☆ 混合エレメントの板厚、外径、内径、小貫通孔及び大貫通孔が任意に変更可能

⇒ 混合対象物、粘度等物性に対応した設計が可能

☆ 各種材料による製作が可能

● 現場での調整が可能

☆ 混合エレメントの積層枚数、積層パターンの変更が可能

⇒ 積層枚数の増減による翼側面部からの吐出流量調整により、現場で手軽に攪拌槽内の循環流量の調整が可能。積層パターンの変更も可能。

MSE攪拌翼: 積層型攪拌翼 (11/11)

実績

分野	対象技術	目的
化学	<u>印刷用インクの再生</u>	印刷用インクの再生プロセスにおける、中間タンク内に保管されたインクに含まれる微粒子の巻き上げ。
エネルギー	<u>BDFの製造</u>	バイオディーゼル(BDF)燃料製造における、メチルエステル化反応率の改善。
化粧品	<u>微粒子の製造</u>	詳細不明
化学	気液反応	気液反応において、気体供給ノズルなしでの気体の吸込みによる反応促進
エネルギー	エマルジョン燃料の製造	ポンプミキサーによるエマルジョン燃料の製造
プラスチック	ポリウレタンの製造	ポリウレタン原料である発泡性の1,000cP及び 20,000cPの原料液の発泡なしでの混合
石油化学	潤滑油の混合	潤滑油のマイルドな混合
化学合成	ポリスチレンの製造	MSE攪拌翼内部の一様なせん断応力分布による、単一ピークの粒径分布を有するポリスチレン粒子の製造。

注: 太文字下線は商業実績

MRdE攪拌翼: 整列型攪拌翼 (1/2)

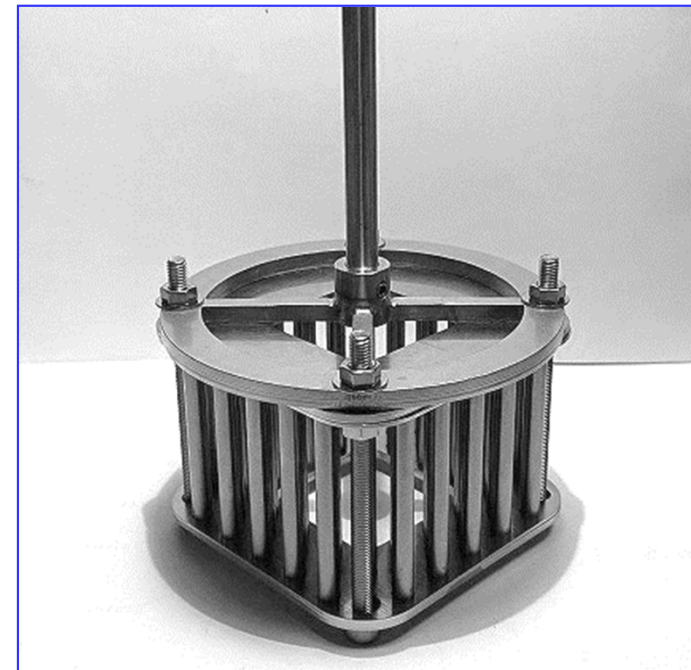
MSE攪拌翼に対する閉塞対応、洗浄性アップ

MSE攪拌翼は、主に半径方向及び積層方向の分割・合流の繰り返しにより攪拌槽内の流体を混合しますが、流体中に粒子が含まれる場合に積層体内部に閉塞の可能性があり、また使用後は原則として分解洗浄が必要になります。MRdE攪拌翼 (円柱整列型攪拌翼)は、平面視で翼の内側から外側への流路が繋がっているため粒子の閉塞の心配がなく、使用後の洗浄も容易になりました。

共回り防止のために円柱を四角状に配列することも可能で、円柱の代わりに板状体を配列することも可能です。スラリー混合、培養、フロック形成等の用途が期待されます。



円周配列



四角配列

MRdE攪拌翼: 整列型攪拌翼 (2/2)

流体を翼中央部から吸い込み、翼内部で分割・合流してさらにマイルドに攪拌

MSE攪拌翼と同様に、MRdE攪拌翼は中央に中空部を有するので、翼の回転により翼内部に保持された流体が遠心力により外部に放出され、攪拌槽の上下部の流体が翼中央の中空部に吸い込まれます。吸い込まれた流体は千鳥状に配列された円柱群を流れる際に、主に半径方向への分割・合流により攪拌され、混合されます。流体は角部のない円柱群間を流れるので、MSE翼よりさらにマイルドな攪拌が可能のため、培養等への用途が期待されます。

