

食品の安全と品質に 寄与する先進の攪拌体

エムレボ・ジャパン株式会社 代表取締役 萩野 忠彦

1 「ボールタービン[®]」誕生

攪拌機の攪拌羽根（インペラ）の形状は、攪拌の目的、溶液の状態、攪拌機の性能等に応じて様々な種類が存在する。弊社は攪拌コンサルティングカンパニーとして、自社製品の他、他社製品もお客様の相談・要望に応じて提案してきた。

そんな中で既存の攪拌羽根では対応が困難であるにも関わらず、改善要望が最も多かった依頼が「泡立ちを抑えながら目的の攪拌を行う」である。これらの改善要望を満たすことに特化し、「ボールタービン[®]」（写真1）は開発された。特に食品業界においては、泡立ちすることにより消泡材を使用しなければならない等の課題を有しており、泡立ちを抑えながら沈降物を巻き上げる攪拌や粘度の高い溶液の攪拌が多い



写真1 ボールタービン[®]

ため、非常に有効な選択肢の一つとなると考えている。

2 食品業界における 従来の攪拌羽根の課題

●沈殿してしまう

食品業界でよく使用されるピッチドバドル翼やプロペラ翼などの通常の攪拌羽根は、下向きの水流が発生する方向に回転する。このため、沈殿物がタンクの隅に押しやられて堆積したり、溶け残りが発生したりするなど、分散や溶解の攪拌で問題が発生する。

また、攪拌羽根の回転方向を逆にすることで攪拌羽根の真下の沈殿は解消しやすくなるが、タンクの隅の沈殿物はむしろ増えることが多くて分散や溶解の問題を解決できないだけでなく、攪拌羽根で発生した上向きの水流により液面に乱れが発生しやすくなり、溶液の飛散や気体の混入などの別の問題が発生する。

●泡立つ

泡立ちは、液面の波立ちや渦巻きにより溶液に気体が混入することで発生することが多い。

この波立ちや渦巻きは、生産効率を上げるために攪拌羽根の回転数を上げたりサイズを大きくしたりすると発生しやすく、長時間の攪拌や泡立ちやすい溶液の攪拌で問題となる。

なお、邪魔板を使用することで波立ちや渦巻きを防止することが可能だが、タンクの洗浄が煩雑になりやすい、邪魔板の下に沈降物が残りやすいなどの別の問題が発生する。

●粘度が高くて混ざらない

一般に、ディスパーサーやホモディスパーのような円板の円周にノコギリ状の歯がついた高粘度用の攪拌羽根は、溶液をせん断することで乳化や溶解促進または溶質の塊を破碎・分散するための羽根であり、効率よく全体を攪拌することや沈降防止には向かない。

また、パドル翼やプロペラ翼などの攪拌羽根は、羽根の周囲しか溶液が動かず、全体を攪拌できない。

3 ボールタービン®の構造とミキシング原理

図1、図2に示すように、ボールタービン®は、本体の液面の側に設けられた回転軸を接続するボス部分と、本体の容器の底側に中心から放射状に設けられた複数の溝と、この複数の溝が接続しないように設けられた空間とで構成されている。

なお、複数の溝は、中心部から外周に向かって斜め上方に傾斜している。また、本体には通常の攪拌羽根のような突起がない。

上記構造をもつボールタービン®の攪拌原理を以下に説明する。

まずボールタービン®を攪拌容器の溶液の中に浸漬させるとボールタービン®に形成された溝に溶液が入り込み満たされる。この状態でボールタービン®を回転軸周りに回転させると、溝の側面が溶液を押し始めて遠心力を与えるため、ボールタービン®は半径方向外側に向けて溶液を吐出する。この結果、ボールタービン®の下側の中心に設けられた空間に負圧が発

生し、吐き出された溶液分だけ攪拌容器の底の溶液が吸い込まれて巻き上げ流が生成される。

またボールタービン®の斜めに傾斜した溝から吐出される溶液は、溶液を斜め上方に吐き出すと共に、吐出後に容器の壁面に衝突してさらに上下に移動するため、容器の液面近くから容器底の隅まで効率よく攪拌することができる。

このように、ボールタービン®を溶液の中で回転させることにより、溶液の吐出と吸入が連続して発生することにより攪拌が行われている。

4 特徴

4-1 吸い上げる

斜めに大きく開いた角溝が、横方向に強力な

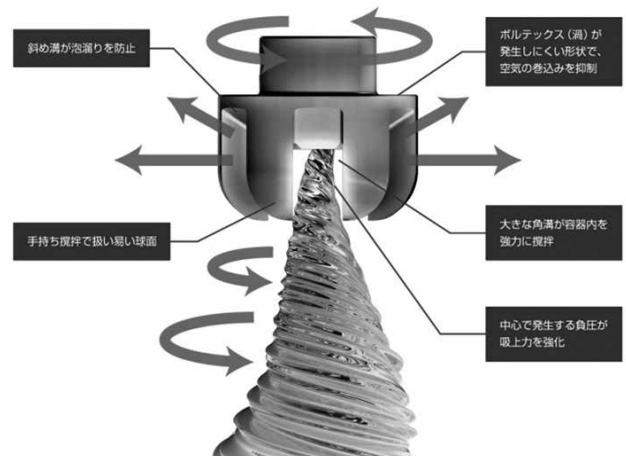


図1 ボールタービン®側面図

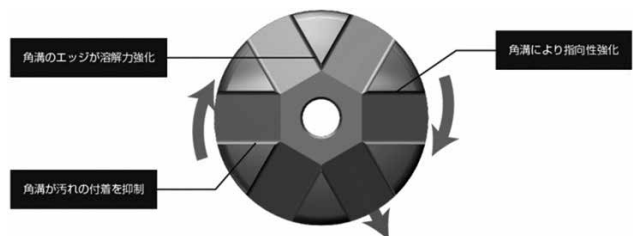


図2 ボールタービン®下面図

吐出流を作りだして沈降物を吸い上げる。写真2で観察されるように、攪拌開始10秒後、ボールタービン®が竜巻状の吸上流を形成し、斜め上方に吐出しているのに比べて、4枚羽根のパドル翼は吸上流を形成できていない。

また、写真3で観察されるように、攪拌開始後20秒でボールタービン®は水面近くまで攪拌が完了しているが、4枚羽根のパドル翼はようやく容器の下半分程度攪拌している状態であり、攪拌効率に大きく差がでていることが分かる。

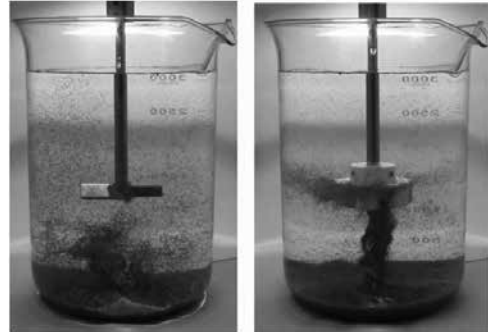


写真2 攪拌開始10秒後（攪拌条件 回転数100rpm
粘度水程度 容量3リットル）

4-2 泡立たない

ボルテックス（渦）が発生しにくい形状により、高速回転させても空気の巻き込みが抑制される。また、傾斜した溝が泡残りを防止する。

4-3 高粘度対応

強力な吐出流と吸上流が、高粘度液体を隅々まで攪拌する。

写真4で観察されるように、攪拌開始後15秒でボールタービン®は容器底に沈んだ溶質を勢いよく分散しているが、6枚羽根のパドル翼は容器底に沈んだ溶質をかろうじて巻き上げている程度で、攪拌能力に大きく差がでていることが分かる。

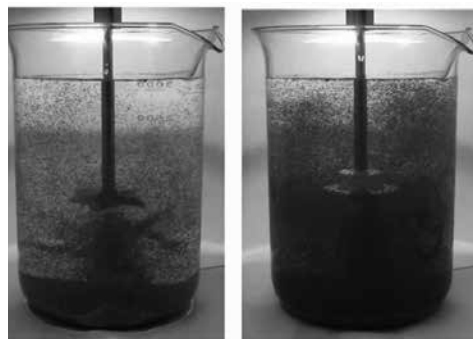


写真3 攪拌開始20秒後（攪拌条件 回転数100rpm
粘度水程度 容量3リットル）

4-4 洗浄カンタン

シンプルな形状により、洗浄性に優れている。

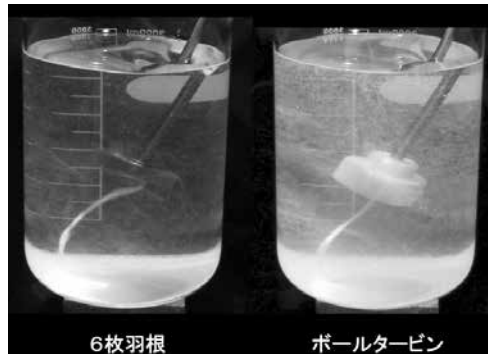


写真4 攪拌開始15秒後（攪拌条件 回転数600rpm
粘度100mPa・s 容量3リットル）

	吸上力	泡立抑制	分散性	高粘度	洗浄性	攪拌力	せん断抑制	スケールアップ
ボールタービン®	○	○	○	○	○	△	△	△
攪拌羽根（インペラ）	×	×	△	△	△	○	×	○

表1 ボールタービン®と攪拌羽根（インペラ）の比較

表2 具体的導入事例

業種	適用対象	課題	導入結果
食品製造	充填機	材料沈降	ドレッシングを袋に充填する際、胡椒等の沈降防止により、材料ロスを減少
食品製造	生クリーム製造工程	泡立ち 溶け残り	生クリームへ砂糖を溶解する際、泡立ちと溶け残り防止により、品質向上
食品製造	豆腐製造工程	泡立ち 急速攪拌	豆乳にニガリを投入する際、泡立ちを抑制した急速攪拌により、歩留りが向上。
医薬品製造・製薬	製薬工程	泡立ち	水面の泡立ちや渦が発生しにくく、界面活性剤の泡立ちが防止され、タンクの小型化と材料ロスを低減
樹脂製造(半導体用材料)	樹脂製造工程	泡立ち 水分混入	水面の泡立ちや渦が発生しにくく、泡立ちと空気中の水分混入が防止され、品質が向上
樹脂製造(自動車用材料)	樹脂製造工程	泡立ち	溶液の深さが浅くても泡立ちが発生しにくく、成型時のピンホールが減少し、歩留りが向上
ゴム製造	融着防止溶液	溶質沈降	製造された帯状ゴムを巻いた状態で保管するための融着防止溶液の溶質の沈降が防止され、品質が向上
印刷	インク	泡立ち 凝集沈降	メイン材料の沈殿防止や攪拌時の泡立ち防止に役立ち、ヘッド部分に材料や空気の詰まりが激減し、品質が向上

以上、表1の通りである（ある特定の条件での攪拌比較であり、すべての条件で性能を保証するものではない）。

5 具体的導入事例

食品業界を含め、他業界での具体的な導入事例は表2の通りである。

6 攪拌のその先へ…

弊社は攪拌コンサルティングカンパニーとして、2011年夏以降現在までに、3,000件近い案件を対応してきた。そんな中で痛切に感じることは、お客様が求めていることは、「希望している攪拌ができた」という結果のみであって、

その手段や道具や理論は何だって構わないという事実である。

よって弊社はお客様に最適な攪拌の提案をすることを大前提としているため、自社製品のみならず、他社製品に関しても、最適だと思われるものを積極的に提案している。各種形状の攪拌翼（インペラ）は、永年蓄積したノウハウを基に使用され続けているものであり、用途を特定すれば非常に有用である。そのため、ボールタービン[®]は従来の攪拌翼（インペラ）に置き換わる商品ではなく、今まで解決できなかった課題に対して新たな付加価値を提供する商品として考えている。

「攪拌のその先へ…」が弊社の行動指針であり、攪拌できたという結果にコミットし、食品業界においてお役に立てれば幸甚である。