

# ファインケミカル用多目的攪拌機 FCM(Fine campaign mixer)について

奥野博之\*<sup>1</sup>・山本博信\*<sup>2</sup>

Hiroyuki Okuno・Hironobu Yamamoto

■ \*<sup>1</sup> 高砂香料工業株式会社 企画開発本部技術開発部 部長 ■

■ \*<sup>2</sup> 住友ケミカルエンジニアリング株式会社 事業本部ファインケミカルグループ 部長 ■

## 1. はじめに

ファインケミカルの分野では、攪拌目的の大部分をピッチドパドル翼で対応可能であるが、ここ10数年、晶析・固体混合・ガス吸収等に大型翼が採用され良好な結果を示している。しかし、最近の傾向は一基の攪拌槽・釜(ワンポット)で上記用途のほかに反応・洗浄・抽出・濃縮・蒸留操作を行う、いわゆる多目的槽によるキャンペーン生産が要求される。弊社で、従来導入してきた各社の大型攪拌機は、上記目的に対し若干オーバースペックになっているので、弊社の主要顧客である高砂香料工業株式会社と共同で安価なファインケミカル用多目的攪拌機を製作した。

## 2. 既存攪拌機の評価

通常、攪拌は低粘度域では、ピッチドパドル翼とバッフルの組み合わせで十分な攪拌効果が得られる。しかし中高粘度域(1 Pa・S以上)では、多段ピッチドパドル翼もしくは、アンカー翼とすることが多いが、攪拌効果が攪拌翼付近に限定され槽(釜)全体の流動が得られないことがあり、十分な攪拌効果が得られない場合が多かった。従って、この中高粘度域に大型翼を採用し攪拌効果を改善する努力が各メーカーでされ、いろいろな形状の翼が提案されている。

### (1) 大型翼の特徴

①下部に大型翼を持ちその吐出能力により中高

粘度域でも槽内に循環流を形成する。

②上部翼は、液面付近に位置し全体循環流を補助すると共にその形状により翼の特性(性能)を分担している。従って各社が翼上部の形状に工夫を凝らしてその特性をアピールしている。

### (2) 高砂香料工業株式会社で導入した大型翼の評価

①マックスブレンド：日本で最初に開発された大型翼で構造は、最もシンプルであり、縦スリットが、せん断効果および下降流の流路を確保し非常に性能の良い翼である。他翼に比べ上段翼が強いので、バッフルとの兼ね合いでフローパターンを良くしている。しかし、使用条件により中段翼で定常的な循環流(以下閉2次流と表現する)を発生し攪拌効果を減じることがある。基本的にせん断を必要とする攪拌に適する。

②フルゾーン：下部翼を後退させ、せん断効果よりも吐出能力を向上させ、更に上部翼は、全体流を補助し上下翼に交差角をもたせてS字状に上昇させ、滑らかな全体流を作っている。マックスブレンドがせん断に有効な翼とすれば、全体流が良好に取れる翼である。しかし、液面変化に応じ若干フローパターンが変わる、設計液面付近が最も良好な攪拌状態となる。

③スーパミックス(MR-203)－低中粘度域：低

中粘度域では、MR-203 で十分な攪拌効果が得られる。マックスブレンドの弱点である閉2次流を、上部翼を台形にすることで解消し、切り込みを入れせん断流を確保している。

(MR-205)－全粘度範囲：MR-203 とほぼ設計思想は同じであるが、他の翼と異なり翼前面に補助翼を設置し、低粘度域でも局所混合および全体流を確保し、全領域で良好な攪拌効果を示すが、構造が複雑で部品点数が多いため、コンタミ・部品の脱落等注意が必要である。

- ④ベンドリーフ：翼形状が、下部翼を下方向に後退させ、上部翼が三角錐となっている。従って下部翼で吐出流を確保し、上部翼を三角錐とすることにより閉2次流を防いで滑らかな全体流を作っている。設計的にはフルゾーンに近い。吐出混合性能は、フルゾーンに比べ若干おちるが液面変化に対するフローパターンは、フルゾーンほど変化しない。

いずれにしても、上記比較差は、大きな差ではなく強いて上げればという程度であり従来の翼(多段ピッチドパドル、アンカー)等に較べると格段良好な攪拌効果を示す。

各社開発コンセプトが若干違うので、その性能にあった攪拌目的に適用することが必要である。前述したように上記攪拌機の開発のコンセプトが、中高粘度域をも想定しているので、翼径が大きく低回転になっておりわれわれが期待する攪拌目的に対しオーバースペックとなっている。

各社大型翼の形状と FCM(Fine campaign mixer)の参考図を図1に示す。

### 3. ファインケミカル用多目的攪拌機としてのコンセプトおよび設計ポイント

各社が提案している中高粘度域用ではなく、安価なファインケミカル用多目的攪拌機としてコンセプトを限定する。

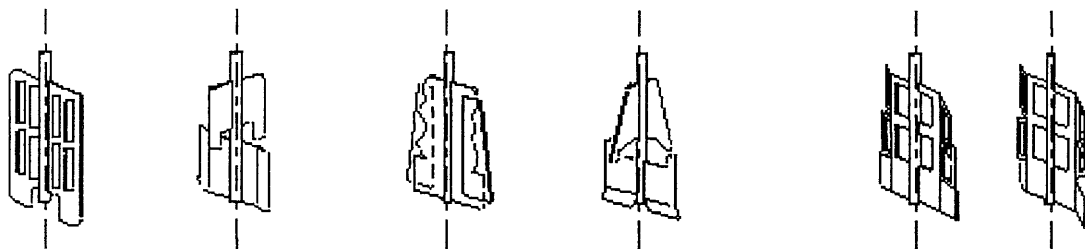
#### (1) 開発コンセプト

- ①従来の大形翼に比べ安価に製作でき・既設機器改造可能であること。
- ②コンタミ・異物混入を防止するためできるだけシンプルにする。
- ③リスラリー・晶析に必要な結晶を破碎しないマイルドな全体流を確保する。
- ④固体混合・ガス吸収を良くするため、液表面に巻込・せん断流を確保する。
- ⑤液面の変化(濃縮による液面低下 or 液仕込みによる増加)によるフローパターンの変動を少なくし、できるだけ低い液面まで攪拌可能とする。
- ⑥満液時は、低中粘度域を対象とし、高粘度は濃縮時(満液の半分)のみとする。

#### (2) 設計ポイント

各翼の使用実績及びスモールスケールモデルによるテストをふまえ、弊社独自の下記攪拌翼とした。

- ①槽・翼径比を  $D/d = 0.5$  とする。
- ②下部翼は、主目的が吐出なので、せん断より吐出を重視し翼を後退し、下部鏡とのクリアランスを最小にする。
- ③中段および上段翼は、



①マックスブレンド ②フルゾーン ③スーパーミックス(MR-205) ④ベンドリーフ Fine campaign mixer

図1

- ・閉 2 次流を防止し全体流を滑らかにし澱みをなくする
- ・液表面での上昇流を速やかに下降流とすると共に適度のせん断性能を与える構造とするため、縦スリットとし、中段および上段翼を上記目的に最適な後退角・翼幅を設定する。

④多目的であり液性は特定できないが、下記設計条件とする。

液面が半分するとき 比重 1.05, 粘度 2,000cp  
 ガス吸収時(満液) 比重 1.0, 粘度 1.0cp  
 P/V 値 0.8, インバータ制御とする。

⑤①, ④により攪拌翼径を小さくし既設設備対応(マンホール部より翼取替え可能)およびコストダウンを図る。

#### 4. 性能確認

(1)吐出能力：最下段翼を後退させることで、平板翼に対し 27%前後吐出能力が up した。

(2)ガス吸収時の所要 P/V 値：P/V 値 0.6 以上あればガス吸収可能⇒設計 P/V 値=0.8 とする。

(3)混合性能：スーパーミックスとマックスブレンドの中間程度の混合性能を示す。

完全混合時間(ヨード・ハイボ法脱色時間)  
 5.5 秒(at; 比重=1, 粘度=1 cp-P/V 値=0.164)

参考; マックスブレンド⇒約 9 秒

無次元混合時間 約 14(at;  $Re=約 4 \times 10^4$ )

参考; インペラー(50), ツインスター(21), マックスブレンド(18), スーパーミックス(10), フルゾーン(5)

(4)中低粘度時のフローパターンは従来の大型翼よりも良い

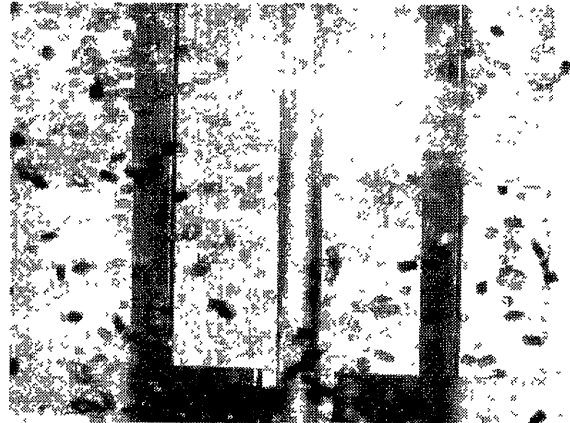
#### 5. おわりに

今回のスモールスケールモデルでのテストを通じ、開発コンセプトの内、かなりの部分を確認できた。その結果、当初の設計目的に対し、十分満足のいくインペラとなった。今後実機でその性能を検証する。また、上・中段の翼幅及び翼角度を変えることにより、更に多くの攪拌ニーズに対応可能なので、実績を重ね多くのデータを整備していきたい。更に、開発の段階で得た知見より、

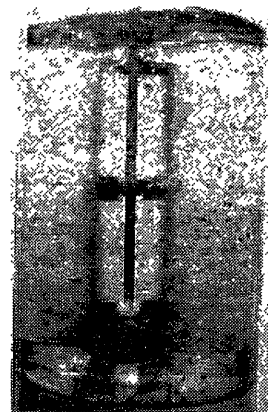
- ・巻き込みの障害となるセンターシャフトをなくする。
- ・下部大型後退翼とバランスのとれた上部台形翼とする。

ことが望ましい。今後、上記攪拌機についても、構造・強度設計等を進める。

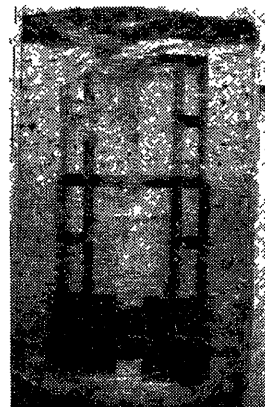
—フローパターンおよびガス巻き込み状況—



A 型(一般タイプ)139rpm P/V=0.14 時の拡大写真  
 (混合・ガス巻込状況)



A 型(一般タイプ)139rpm P/V=0.14



D 型(上部翼幅狭タイプ)232rpm P/V=0.56