

最適な攪拌機の選定 ～流動解析による攪拌効率比較～

研究・開発機関 : ユニチカ株式会社
 利用施設 : FOCUSスパコン、A、Hシステム
 計算規模 : 約100並列、計算時間10～20時間
 利用ソフトウェア : STAR-CCM+(流体力学解析ソフト)

Before

- 攪拌機の選定は、これまでの経験と勘で行なわれていた。
- 分散液の粘度が低めの場合や1回に作る量があまり多くない場合には、品質のばらつきは小さかったが、粘度が高い場合や作る量が多い場合には品質バラつきが大きい傾向があった。

After

- いくつかの攪拌機モデルの中から、分散液の混ざり具合、液量、粘度など想定した各要素に関してシミュレーションを行うことで結果が出た攪拌機を選定でき、分散液の品質が向上した。
- 最適設計により、設備制作の短縮と制作費用の削減も達成できた。

背景と目的

攪拌機とは2種類以上の異なるものを混ぜ合わせるための機器で、料理に使う泡だて器などは身近な攪拌機と言えます(図1)。攪拌機で混ぜるときには、混ぜたいものが固体か液体か気体か、最終的に欲しい状態は何かなど、目的に応じて混ぜる時間・強さ・温度を変えます。例えば、ホイップクリームを作る時には、生クリームと空気を混ぜ合わせます。この時、温度が高すぎたり、かき混ぜすぎたりすると分離してボソボソになってしまいます。そのためクリームを冷やし、飛び散らないように、滑らかになるようにと温度や強さ、混ぜる時間などを工夫します。工業製品を作るときにも、原料を混ぜるときや化学反応を起こすときに攪拌機を使います。しっかり混ざるか、現実的な時間で作れるかなどを考えて最適な攪拌機を選ぶ必要があります。



図1 家庭用ミキサーイメージ

本稿では、原料を混ぜて分散液を作る際に、できるだけ短い時間で品質の整った分散液を作るための攪拌機を選定するため、計算流体力学シミュレーションを行った事例を紹介します。

利用成果

混ざり具合の指標を計算するため、図2に示すような液体混合のモデルを考えました。赤と青の液体は混ざるものとして、体積分率から計算するとカラーバーの矢印部分の色が完全に混合の状態です。カラーバーの色は濃度分布を表しており、赤もしくは青が残っている場合は、その周辺の混ざり具合が良くなく、初期状態から液体が動いていないことを示します。つまり、容器の中に完全混合の色が多いほど混ざり具合が良いことと言えます。

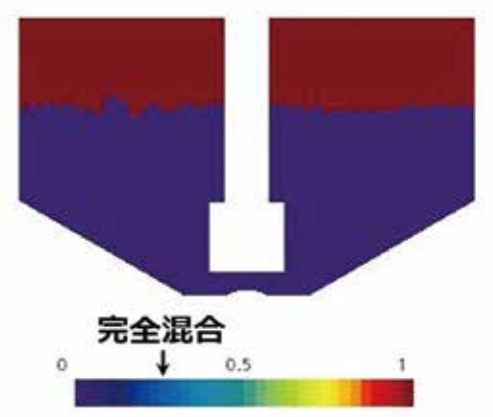


図2 混ざり具合を計算するための液体のモデル

本検討では、表1に示す5種類の攪拌機モデルに関して、シミュレーションを行い、混ざり具合や他の要素の比較を行いました。ここでは混ざり具合に注目した解析結果を示します。モデルCでは、液体の上部端部に赤色が、中央下部には青色が多く、混ざりが悪い部分がある事が考えられます。モデルDでは、上部に赤や黄色が、下部は青色が多く、上下で分離している可能性が考えられます。モデルBは、全体的に良く混ざっていますが、容器中央部の軸周辺に赤色が見られ、軸周辺では混ざりが悪い可能性が示唆されました。

他方、モデルA、モデルEでは、容器底部中央は青色が多く、この部分は液体が混ざりにくく多少の分離は起きているかも知れませんが、全体的には混ざりが良いことがわかりました。これらのことから検討中のモデルにおいては、モデルA、モデルEが良く、モデルC、モデルDは選択しない方が良いことが示唆されました。

その他、作成する分散液の量が異なる場合、粘度が高い場合でも計算結果を比較しました。どの程度の動力が必要か、導入費用などの比較も行い、最終的にモデルEが総合的に良いモデルであると結論付け、モデルEの攪拌機を作成し実験を行いました。その結果、変更前の攪拌機と比べ、液の量や粘度を変えた場合でも得られる分散液の品質が安定していることを確認できました。

シミュレーションを活用することで、これまでの勘と経験だけに頼らず、最適な設備設計ができるため、設備作成の時間と費用を抑えることができました。今後は、これらのデータを蓄積していき、機械学習などのデータ解析とも組合せることで、さらなる開発の促進と精度向上が期待できます。

	モデルA	モデルB	モデルC	モデルD	モデルE
解析に使ったモデル					
所定時間後の濃度分布					
混ざり具合の指標	○	△	×	×	○

表1 検討で用いた攪拌機モデル、計算後の容器内の濃度分布、および混ざり具合の指標