

攪拌槽内流れの解析

Numerical Analysis of Impeller-Induced Flows in an Unbaffled Stirred Tank

人見大輔, 宇都宮大学大学院工学研究科, 〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2, E-mail:dhitomi@cc.utsunomiya-u.ac.jp
 加藤好一, 佐竹化学機械工業株式会社, 〒335-0021 戸田市新曽 227-1, E-mail:kato01@satake.co.jp
 杉山 均, 宇都宮大学大学院工学研究科, 〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2, E-mail:sugiyama@cc.utsunomiya-u.ac.jp
 久保卓也, 宇都宮大学大学院工学研究科, 〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2, E-mail:kubot@ace.ees.utsunomiya-u.ac.jp
 Daisuke HITOMI, Utsunomiya University, Graduate school of Engineering, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, 321-8585 Japan
 Yoshikazu KATO, Satake Engineering Co. Ltd, 227-1 Niizo, Toda, 335-0021 Japan
 Hitoshi SUGIYAMA, Utsunomiya University, Graduate school of Engineering, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, 321-8585 Japan
 Takuya KUBO, Utsunomiya University, Graduate school of Engineering, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, 321-8585 Japan

Numerical analysis for flows induced by the impellers, Rushton disc turbine and a pitched blade turbine, in an unbaffled stirred tank were performed. Unstructured meshes were used in order to accurately consider geometries of the impellers and the vessel and governing equations which were adopted a rotating reference frame attached to the impellers were discretized by means of a finite element method. Standard k-ε model and a k-ε model modified to time-scale were adopted. The calculated results were compared to experimental ones which were taken by means of laser Doppler velocimetry. The numerical results were reproduced experimental ones as for circulation patterns. However, circumferential velocity near free surface and the shafts were so weak in the numerical results, whereas experimental ones showed the so-called Rankin's combined vortex.

1. 緒言

攪拌は機械工学分野だけでなく化学工学分野においても重要な役割を担っており、その流れ場はインペラ形状および回転数などにより流れのパターンは大きく変化する。非効率な攪拌を防ぐためにもそれらを考慮して正確な解析を行うことが重要となる。

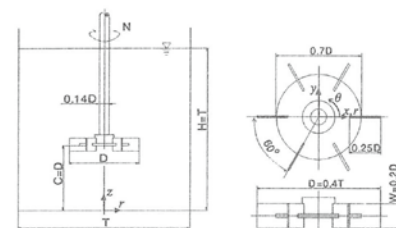
本研究では、非構造格子を用いインペラとしてタイプの異なる Rushton ディスクタービンおよび四枚ピッチドブレードタービンによる邪魔板のない攪拌層内流れの解析を行った。乱流モデルとしては標準 k-ε モデルおよび乱流時間スケールに変更を加えた Durbin のモデル⁽¹⁾(以下 dke と略する)を用い、実験結果との比較検討を行う。

2. 結果と考察

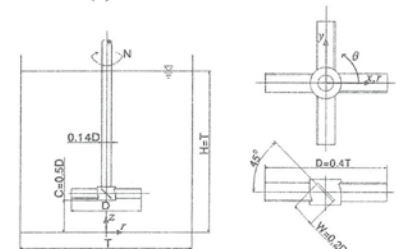
解析対象とした攪拌槽の概略図および座標系を図 1 に示す。座標系は下壁円盤中心位置を原点とし、半径方向座標を r 軸、円周方向座標を θ 、高さ方向座標を z 軸とした。本論文では実験において各方向の速度を測定し時間平均した結果を、 $Re=9181$ における非構造格子を用いて得られた計算結果に対し周方向に平均した流れ場と比較した。

図 2(a)に Rushton インペラの場合の $r-z$ 断面の速度ベクトルを示す。両結果とも Rushton インペラによって生じる槽壁に向かう流れ(幅流)は、ディスクをはさんで上下にふたつのループを形成する。図 2(b)にインペラから半径方向に 1mm 離れた位置での半径方向速度を示す。dke モデルは k-ε モデルと比べ、実験結果に近づき改善が見られる。しかしながら、どちらの計算結果とも実験結果と比べ吐出領域で最大でおよそ 1.4 倍大きく予測している。これは計算が吐出し領域の槽壁近傍とシャフト近傍で軸方向速度を過大に予測したと指摘できる。

図 3(a)に、四枚ピッチドブレードタービンの場合の $r-z$ 断面の速度ベクトルを示す。双方の結果ともにインペラ近傍において循環ループが見られる。計算結果は実験結果に見られる斜流パターンを良好に再現できた。図 3(b)にインペラ翼端から 1mm 離れた位置での半径方向速度を示す。実験では最大速度の位置が $r = 0.2T$ であるのに対して計算では $r = 0.15T$ で最大値をとる。これはインペラ直下で軸方向速度を大きく予測したため、ピーク位置にずれが生じた。

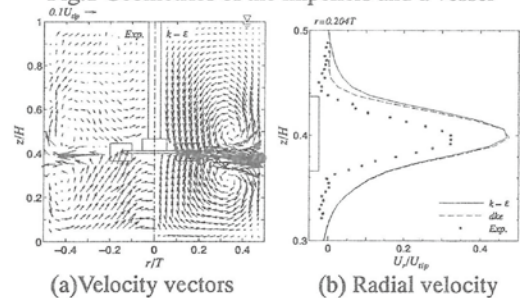


(a) Rushton disc turbine



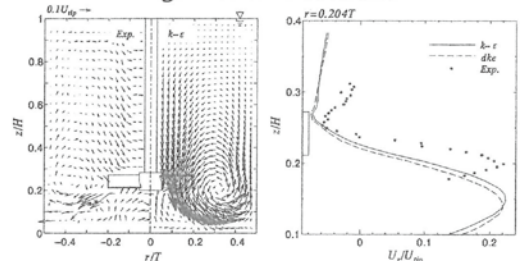
(b) Pitched blade turbine

Fig.1 Geometries of the impellers and a vessel



(a) Velocity vectors (b) Radial velocity

Fig.2 Rushton disc turbine



(a) Velocity vectors (b) Radial velocity

Fig.3 Pitched blade turbine

3. 参考文献

- (1) Durbin, P.A., *Int. J. Heat and Fluid Flow*, 7(1996),89-90