

RDS/RFCC 全体最適処理技術開発 —トリクルベッド内気液流体の CFD モデリング(第2報)—

(出光) ^{た な か り ゆ う ぞ う} 田中隆三, ^{ひ ら ま つ よ し ふ み} 平松義文, ^{さ か く ら け い} ○坂倉圭, ^{み う ら ゆ う き} 三浦裕紀, ^{は ら だ し ん ご} 原田真吾

1. 緒言

本研究の目的は、重油直接脱硫（RDS）装置のガードリアクターを対象として、装置運転上の制約となる偏流に伴うヒートスポットや圧力損失上昇を解消することである。リアクター内部で想定される流動、伝熱および反応の物質移動現象を数値流体力学（CFD）解析で再現することが有効なアプローチと考える。数多くのトリクルベッドに関する論文が報告されているが、偏流に伴うヒートスポットに着目した研究はほとんど見られない。本検討では、ヒートスポットの解析を目的として、コールド実験にて液ホールド量分布を計測し、CFD の妥当性を検証し、固化部解析に関する考察を行った。

2. 実験

触媒を充填した円筒容器の上部から水-空気を供給し、充填層の通過距離と水の分散状態の関係を計測した。図.1 はγ線 CT 法を用いた実験装置を示し、γ線源と検出器が円筒周囲を回転することで瞬時に内部の液ホールド量を計測する。実験はミズーリー大で実施した。

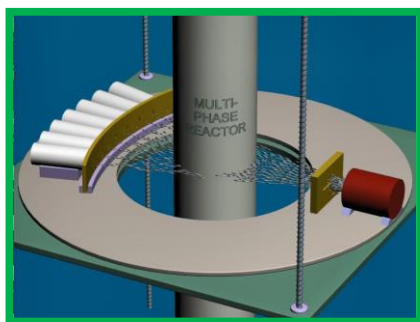


図 1. γ線 CT 法計測装置

3. 計算モデル

式①、②に基礎式として運動量保存則と液体積率の保存則を示した。粒子は離散要素法（DEM）を用い、気液は流体体積（VOF）法にて3次元で解析した。液の分散を表現するため、毛管力項を追加し、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \nabla u = -\frac{1}{\rho_f} \nabla p + \tau \nabla^2 u / \rho_f + g + F_p / \rho_f + F_c / \rho_f \quad (1)$$

u : 速度ベクトル p : 圧力 g : 重力加速度 τ : 動粘性係数

F_p : 粒子流体間抗力モデル

$F_c = \pi \cdot d \cdot \alpha \cdot \sigma$ 毛管力モデル

d : 粒子径 σ : 表面張力係数 α : モデル係数

$$\phi_v \frac{\partial F}{\partial t} + \nabla \cdot \phi_v F u = 0 \quad (2)$$

ϕ_v : 粒子を除く空間率

F : 気液流体率

毛管力係数を調整して、実験とのフィッティングを行った。

4. 結果

図.2 は CFD モデルによる塔上、中、下段断面の液相体積率分布である。上部から下部に下降しながら、半径方向に液が分散している様子が分かる。本計算結果と実験結果の比較を図.3 に示した。それぞれ、上段、下段の位置に相当する。この結果より、本解析モデルにて、トリクルベッド内の液の挙動を解析できると判断した。このモデルを用いて、固化部を低空隙率領域として、熱流動場の解析を行い、液による徐熱の重要性を示した。

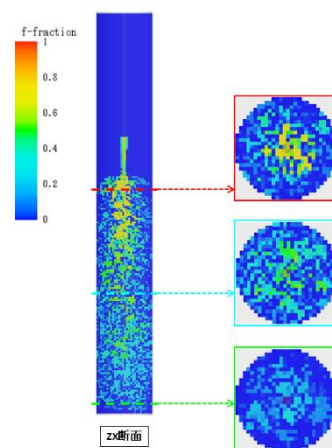


図 2. CFD 結果：液体積率分布

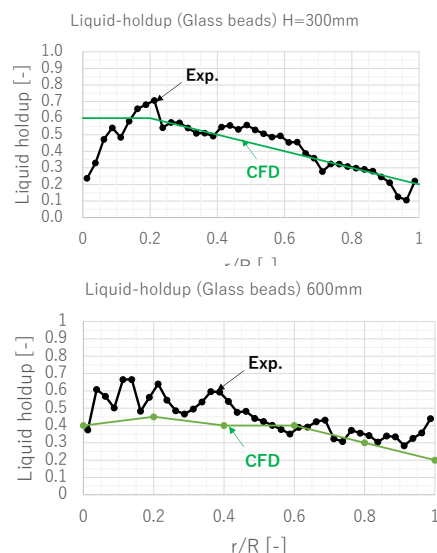


図 3. 計測結果と CFD の比較

5. 謝辞

本研究は、経済産業省が実施する「高効率な石油精製技術に係る研究開発支援事業費補助金」事業の一環として行われたものである。