

流れと伝熱の数値シミュレーション

—界面活性剤による乱流抵抗低減流れのモデル化とシミュレーション—

大学院工学研究院 人間機械システムデザイン部門

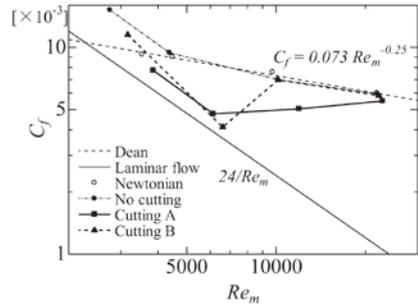
黒田 明慈 准教授 Akiyoshi Kuroda

工学博士

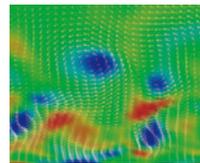
界面活性剤添加による乱流抵抗低減流れのモデル化とシミュレーションを行い、抵抗低減メカニズムを明らかにする。また、同時に伝熱解析を行って流動特性と伝熱特性を詳細に調べる。

■研究の内容

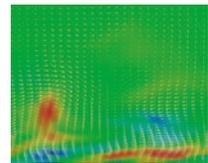
水に微量の長鎖状高分子あるいは棒状ミセルを形成する界面活性剤を添加すると、乱流域での抵抗が著しく低減することは Toms 効果として知られている。微小なダンベル状要素で高分子を模擬したモデルを構築し、本モデルを用いて二次元チャンネル内乱流の DNS（直接数値シミュレーション）を行い、Toms 効果を再現した。また、この離散要素が縦渦減衰による抵抗低減機構と壁面近傍の付加応力による抵抗増加機構の2つの機構を内在していることを示した。さらに要素に強い力が加わった場合に、要素が切断される効果を加えることにより、抵抗低減が特定のレイノルズ数範囲で生じるという特徴を再現することができた。モデル化の概要は次の通りである。ニュートン流体中に多数の棒状ミセルがネットワークを組まずに存在している状態を想定している。長鎖状高分子を模擬する要素モデルは、2質球を剛体棒で接続したダンベルで、これが流体から引張力を受ける方向を向き、流体はその反力を受けるものと仮定している。この要素にある程度の引張力が働くとその離散要素は破壊され、破壊された離散要素は流れ場に影響を与えないという効果を加えた。



摩擦係数のレイノルズ数依存性



要素添加後の流れ場



要素未添加の流れ場

壁近傍（流れに直交する断面）の速度ベクトル（色は圧力）要素を添加することによって乱れが減衰している様子が分かる

■応用例

- ・管内流動抵抗低減
- ・乱流境界層抵抗芸術
- ・伝熱促進

■産業界へのアピールポイント

本モデルによって界面活性剤による流動抵抗低減流れのメカニズムを明らかにすると同時に流れと伝熱の予測をすることができる。応用として地域冷暖房システムなどにおける流動抵抗低減によってシステムのランニングコストを削減などがある。

北海道大学大学院工学研究院 人間機械システムデザイン部門 マイクロエネルギーシステム研究室

研究室ホームページ: <http://mech-hm.eng.hokudai.ac.jp/~mes/>



※お問い合わせは 北海道大学 産学・地域協働推進機構まで（最終ページ参照）