

## ものづくり計算センター CAE 基礎 ＜流体解析/定常熱流体解析の活用法＞

キーワード：CAE、CAD、CFD、流体解析、熱流体解析、定常、気流解析、乱流、非構造格子系

### 流体解析とは

流体解析 (Computational Fluid Dynamics, CFD) とは、コンピュータを用いて気体や液体などの流体の挙動をシミュレーションする技術です。計測の難しい流速・圧力・温度等の分布やベクトル(大きさ・向き)を計算することができ、設計検討に用いられています。流体解析は、生成するメッシュの形状により、構造格子系(メッシュが六面体のみ)、非構造格子系(メッシュが六面体以外)に分けられます。構造格子系は計算が早い、非構造格子系は計算精度が高いという長所があります。

本報では、多管式熱交換器(円柱状の胴の内部に円管を多数配置した熱交換器)を対象に、非構造格子系熱流体シミュレーションソフトウェア scFlow (株式会社ソフトウェアクレイドル製)を用いた定常熱流体解析について紹介します。

### 解析の流れ

解析の流れは以下の通りです。

【手順①: CAD データの作成・読み込み】図 1 に、解析モデル (CAD データ) および解析条件を示します。ソフトウェアによりますが、CAD データには、STEP、Parasolid、SAT、IGES など中間形式のソリッドデータを用います。

【手順②: 流体領域の抽出】流体解析では、製品のソリッドデータをそのまま使用するのではなく、気体あるいは液体が流れる部分(流体領域)を 3D データに抽出して使用します。図 2 に示すように、熱交換器の流体領域を抽出し、解析の安定化のため、流体の入口・出口を延長します。

【手順③: メッシュの作成】流体領域にメッシュを作成します。固体の熱伝導を考慮しない場合は固体部(製品部)にはメッシュを作成せず、熱伝導を考慮する場合は固体部にもメッシュを作成します。本報では熱交換器の気体部と液体部は管壁(円管部)を介して熱交換を行うため、図 3 に示すように、固体部にもメッシュを作成しました。また、流体は壁面付近に境界層と呼ばれる速度勾配・温度勾配を持つ領域が存在するため、解析精度の向上を目的に壁面に沿った薄いメッシュ(境界層メッシュ、図 3(c))を作成します。

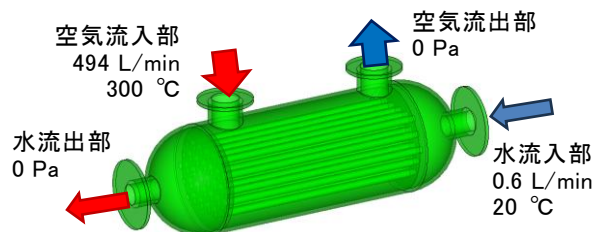


図 1 解析モデル (CAD データ) と解析条件

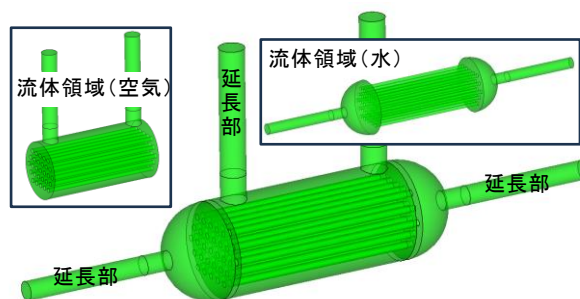


図 2 流体領域の抽出

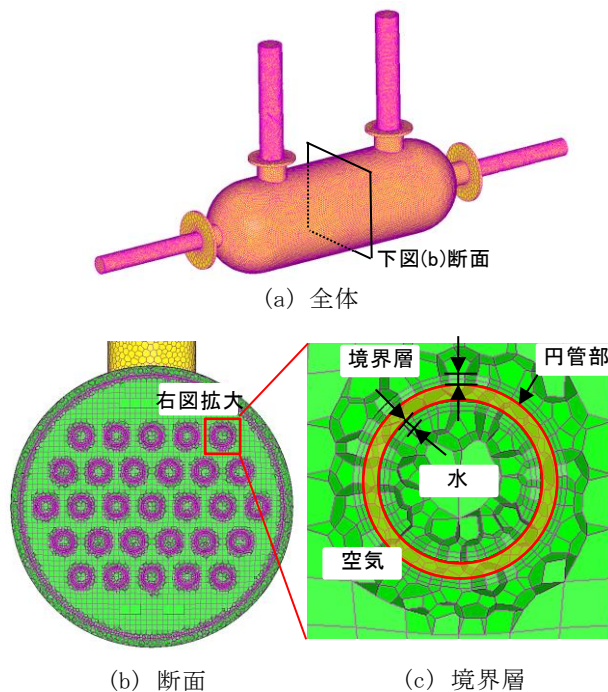


図 3 メッシュ分割

【手順④: 乱流モデルの設定】流体解析では、乱流の不規則現象を時間平均した計算モデルを使用します。本報では、メッシュの細かさや流速の大きさ

から、SST  $k-\omega$  モデルを選択しました。乱流モデルの詳細については別報で紹介する予定です。

【手順⑤：物性値の入力（気体、固体）】流体解析には、流体の密度、粘性係数が必要になります。熱流体解析を行う場合は、さらに比熱、熱伝導率などの物性値が、固体の熱伝導も考慮する場合は、固体の物性値が必要になります。多くのソフトウェアではライブラリに代表的な材料データが収録されており、該当するものを選択します。

【手順⑥：境界条件の入力（流量、温度、発熱など）】境界条件として、流入口の流量（流速や圧力でも可）・流出口の圧力を設定します。モデル上で該当する面を選択し、流量や圧力の値を入力します。ここでは、図 1 に示す境界条件を設定しました。また、熱交換器本体の材質をステンレスとしました。

【手順⑦：解析・結果表示】以上の設定を行い、解析をスタートします。定常解析では、流体・熱の状態が釣り合ったところ（無限時間後の様子）で収束となり解析が完了します。

### 結果の表示と性能向上案の検討

解析結果を示します。結果表示でよく用いられるものとして、コンター図とベクトル図があります。コンター図は任意断面における物理量の分布を示すもので、温度（図 4）や流速（図 5）等の表示に用いられます。また、ベクトル図は任意断面における物理量の向きと大きさを示すもので、主に流速の表示に用いられます（図 6）。また、三次元的な流れの特徴を把握するために流線（図 7）が活用されます。

次に、性能向上の設計検討として、バッフル板と呼ばれる仕切り板を熱交換器内部に設置した場合の解析結果を図 8 に示します。気流が大きく蛇行して水管と直交するような流れになることがわかります。その結果、空気の出口温度は 119 °C から 68 °C へ低下し、熱交換能力は、1.8 kW から 2.3 kW へ大きく向上しました。一方で、圧力損失は 53 Pa から 102 Pa へ増大することも解析より明らかになりました。

### おわりに

以上のように、流体解析を用いることで、目に見えない気流や温度分布の確認、性能向上に向けた設計検討を行うことができます。

今回、紹介した流体解析の他にも、ものづくり計算センターでは、さまざまな CAE ソフトウェアを用いてお客様の技術課題を解決いたします。ご興味ある方はぜひご相談ください。

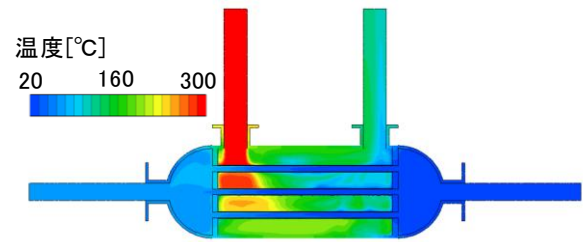


図 4 温度コンター

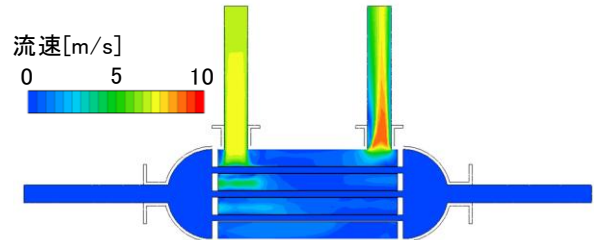


図 5 流速コンター

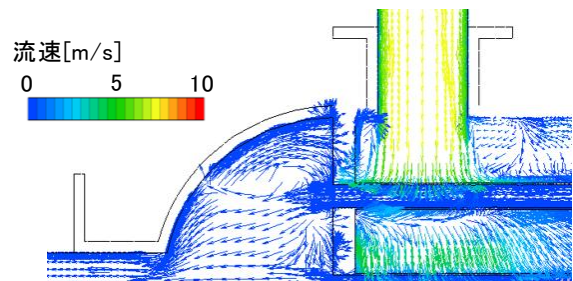


図 6 流速ベクトル（空気流入付近の拡大）

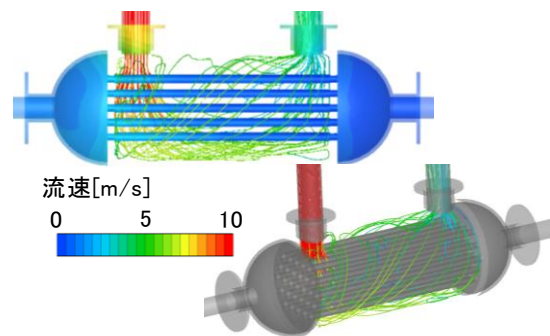


図 7 流線

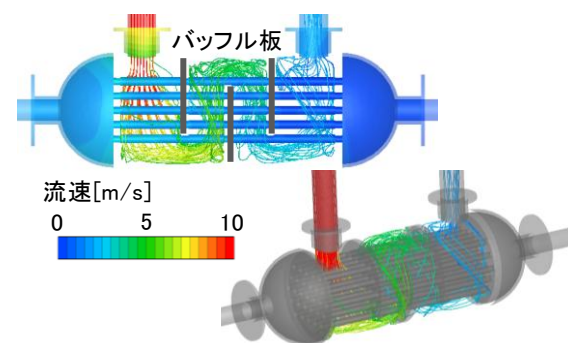


図 8 流線（バッフル板あり）

※ テクニカルシートの内容の一部または全部を転載する場合には、前もって大阪技術研に連絡の上、了解を得てください。

発行日 2026年5月1日  
作成者 ものづくり計算センター  
加工成形研究部 精密・成形加工研究室 四宮 徳章  
特殊加工研究室 三木 隆生