

沸騰・凝縮を伴う気液二相流が精度よく解ける 世界有数のソフトウェア

Advance/FrontFlow/MP

アドバンスソフトウェア株式会社

概要

Advance/FrontFlow/MPは、沸騰・凝縮を伴う気液二相流解析ができる高精度な解析ソフトウェアです。二相流モデルは二流体モデルを使用し、メッシュは非構造格子を使用します。気泡合体、固体凝集、膜沸騰や核沸騰の構成方程式を考慮した解析や、並列計算により、大規模なモデルを高速に解くことができます。

複雑な気液二相流動の解析

燃料集合体上部ノズル部

噴流の間や上部ノズル取手部上方などの低速領域に気泡が集まる状況や、気液二相流の流動特性を予測することができます。

速度勾配は下流に流れるに従って拡散します

上部ノズル直下流側に速度勾配の大きな領域が形成されます

気泡は並列流路からの噴流の間や上部ノズル取手部上方などの低速領域に集まります

メッシュ図

循環流をかせぐためにノズルで噴流を生じさせます

液相速度分布

気相速度分布

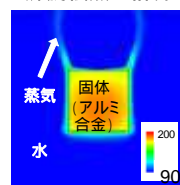
水蒸気体積割合分布

出典：革新的実用原子力技術開発費補助事業平成18年度成果報告書概要版「高温高圧二相自然循環炉の熱流動システム評価手法の開発」。

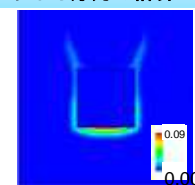
焼入れ解析

各時刻で、壁面上の各メッシュにおける熱伝達様式が、液単相、サブクール核沸騰、飽和核沸騰、遷移沸騰、膜沸騰、蒸気単相のどの領域にあるかを判定し、その領域に応じた熱伝達相関式を使用することができます。

固体と流体の沸騰熱伝達計算



発生蒸気と液温上昇による浮力の計算

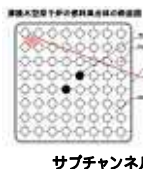


固体と流体の温度分布 ()

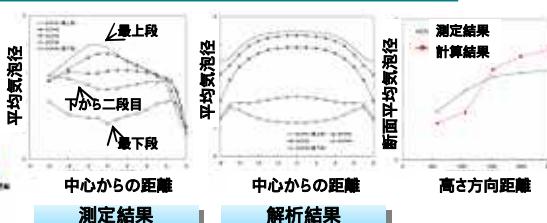
気相体積の割合 (ボイド率)

気泡合体を考慮した気液二相流の解析

サブチャンネル内の気泡合体挙動の解析



サブチャンネル



下段では気泡径が2mm以下の比較的小さいサイズであるため壁近傍に集まる「鞍型分布」を形成し、下流側に発達するにつれて合体によって気泡が大型化してサブチャンネル中心に集まる「砲弾型分布」を形成する測定結果を解析結果は再現しています。解析結果は高さ方向の断面平均気泡径分布も概ね再現しています。

出典：革新的実用原子力技術開発費補助事業平成19年度成果報告書概要版「高温高圧二相自然循環炉の熱流動システム評価手法の開発」。

固体粒子の凝集解析

気液二相流中の固体粒子(介在物)の凝集過程とその挙動を計算することができます。

気液二相流中の固体粒子の凝集肥大及び浮上分離挙動解析

流入境界 溶網 0.35m/s

領域: 3.6m x 1.2m

流出境界

液相速度[m/s]

粒子径50 μmの個数濃度[m⁻³]

粒子径50 μmの生成・消滅速度[s⁻¹]

入口における粒子径分布

プロットは代表径

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

入口における粒子径分布

特徴

1. 沸騰や凝縮を伴う気液二相流を、高精度・安定的に解析可能 (解析が困難な水平管の沸騰解析ができる)
 - ・各相の質量とエネルギーの保存精度を高める数値アルゴリズムを開発しました。
 - ・沸騰や凝縮を伴う場合でも質量誤差0.1%以下、熱収支誤差1%以下に抑制します(当社実績ケースでの結果)。
2. 固体の熱伝導および応力・歪み解析との連成解析が可能
3. 気泡の合体を考慮した高精度な解析が可能
 - ・浮力と層流せん断と乱流による気泡合体モデルとボビュレーションバランス方程式を解きます。
 - ・計算負荷を低減するため、代数スリップモデルにより横ドリフト速度を計算します。
4. 並列計算による大規模な解析を低コストで実現
5. 非構造格子によって形状模擬精度の高い解析が可能
 - ・メッシュ形状は6面体、4面体、3角柱、4角錐、これら5の混合が可能です。
6. 固体粒子の凝集解析が可能
 - ・速度差と乱流による凝集モデルとボビュレーションバランス方程式と粒径グループ毎の運動方程式を解きます。
7. 豊富な構成方程式と蒸気表を利用可能
 - ・乱流モデル(混合型二相k-ε、分散型二相k-ε)、力(抗力、揚力、壁面潤滑、乱流拡散)、壁面熱伝達(液単相、サブクール核沸騰、飽和核沸、遷移沸騰、膜沸騰、蒸気単相の各領域に対する熱伝達相関式)を装備しています。