

吉田研究室 (連携大学院)

日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 熱流動研究グループ

機構論的熱設計手法のための二相流解析手法の開発

■ Design by Analysis

- 数値解析を主体とした設計方法の概念
- 従来の設計方法(実験を主体)に比べ必要な費用・時間の削減が可能
- 単相流解析や構造解析により自動車や航空機などの設計で活用

■ 原子力システムへの適用が期待

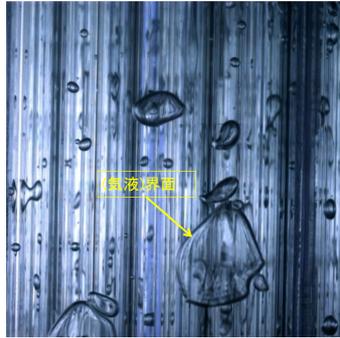
- 原子力システムで表れる二相流の解析が必要
 - 二相流とは水の沸騰などで生じる気相と液相が混ざった流れ
 - 時間とともに変化する(気液)界面が存在するため単相流に比べて現象がはるかに複雑

■ 二相流の数値解析には多くの課題

- 計算方法の開発
- 多くの計算時間・メモリ
 - 計算精度を求めると多くの計算時間・メモリが必要になる
 - 設計では条件を代えてたくさん計算する必要がある

■ 機構論的熱設計手法

- 現実的な計算時間で、二相流を含む原子力システムに対するDesign by Analysisを実現するための方法



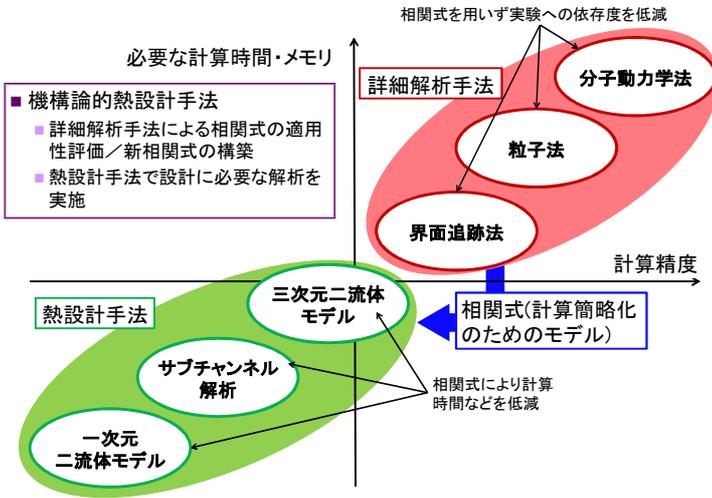
模擬原子炉流路内の二相流
液体と気体の間に、複雑な形かつ異なる大きさの気液界面が存在することが分かります。

■ 界面追跡法に基づく詳細二相流解析コードTPFIT

- 日本原子力研究開発機構で開発
- VOF(Volume Of Fluid)法(界面追跡法の一つ)を改良して利用
 - 流体の圧縮性(圧力による密度等の変化)を考慮
 - 少ない計算格子で高い計算精度
 - 体積保存性
 - 高い計算安定性
 - 不安定な条件(複雑に気液界面が変化)でも計算が可能
- 大規模計算機を利用可能
 - 数千個のコアを利用可能(現在のPCは~8個)
 - 10億個を超える計算格子を利用可能



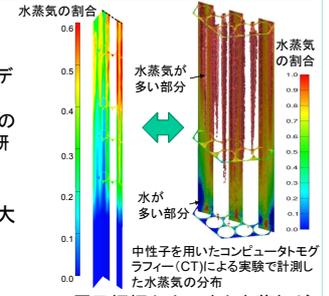
流路内の気泡 水噴流
解析結果の一例
流路内を流れる大小の気泡や空気に吹き出した水の流れ(水噴流)などを相関式を用いることなく解析できる。



- 機構論的熱設計手法
 - 詳細解析手法による相関式の適用性評価/新相関式の構築
 - 熱設計手法で設計に必要な解析を実施

■ 改良二流体モデルに基づく三次元二相流解析コード ACE-3D

- 改良二流体モデル
 - 界面追跡法と三次元二流体モデルを組み合わせた計算方法
 - 必要な相関式が少ない次世代の熱設計手法として日本原子力研究開発機構で開発中
- 大規模計算機を用いることで大量の計算を高速で実行できる



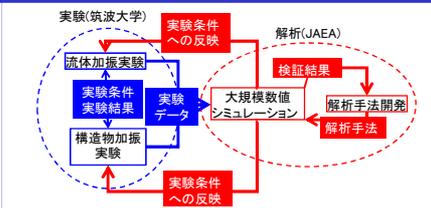
原子炉炉心内の水と水蒸気が混ざった流れの解析結果
水蒸気の分布などを計算により再現することができます。

様々な二相流解析手法と機構論的熱設計手法の概念
計算精度を求めると必要な計算時間・メモリが増えます。Design by Analysis実現には、①実験に依存しない、②計算時間が短い計算方法が必要です。計算時間が短い計算方法は、実験データなどをもとに作った相関式を使っているので、実験に強く依存しています。

応用・発展

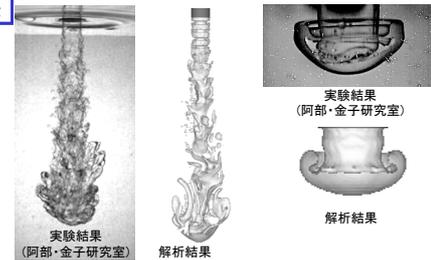
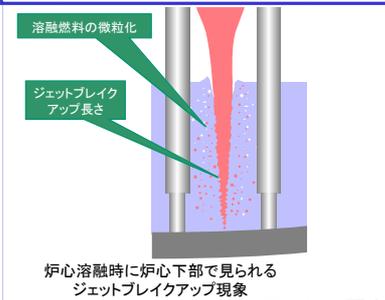
原子炉安全性向上のための基礎・基盤研究

■ 地震加速度付加時の詳細二相流解析手法開発



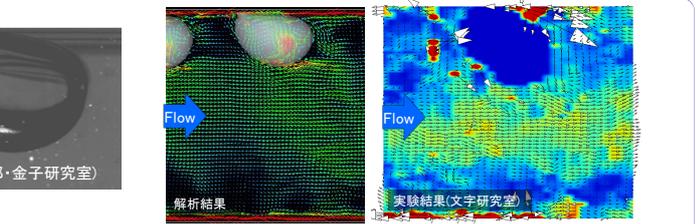
研究プロジェクトの構成
TPFITをもとにした解析手法開発を日本原子力研究機構(JAEA)が担当し解析手法を確認するための実験データの取得を筑波大学(阿部・金子研究室、文字研究室)で実施しています。

■ 過酷事故評価のための詳細解析手法開発

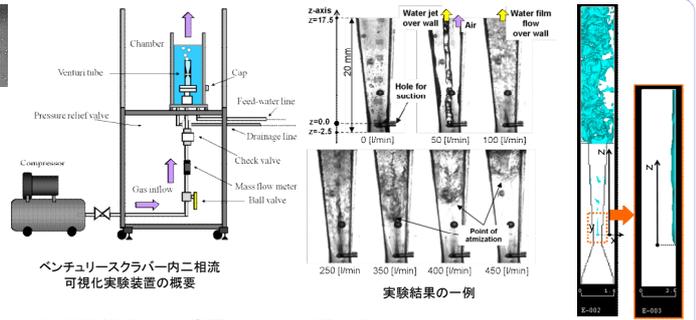


炉心溶融時に炉心下部で見られるジェットブレイクアップ現象

ジェットブレイクアップ時の界面形状の比較



気泡の形や速度分布の比較結果
開発した解析手法により計算した気泡の形を実験で観察した結果と比較した結果。解析手法が正しいことを実験と比較することで確認しています。



国内外の研究機関などと連携し過酷事故時の様々な状況に対して詳細解析手法の適用・拡張・検証を行っています。