

令和 6 年度 OpenFOAM による格納容器熱流動挙動
に関する CFD 解析

仕様書

1 一般仕様

1.1 件名

「令和 6 年度 OpenFOAM による格納容器熱流動挙動に関する CFD 解析」

1.2 目的および概要

原子力機構では、大型模擬格納容器 CIGMA を用いて、シビアアクシデント時の格納容器熱流動挙動に着目し、格納容器健全性の観点から格納容器閉じ込め機能評価において重要なトップヘッドフランジ過熱実験を行っている。本作業では、トップヘッドフランジ過熱実験解析のための解析ソルバの整備のため、衝突噴流に関するオープンソース CFD コード OpenFOAM による流体-固体の熱連成解析を実施し、実験相関式等との比較検証を行う。ソルバに問題があれば、改良を行う。

1.3 契約範囲

- (1) OpenFOAM の chtMultiRegionFoam ソルバの調査
- (2) OpenFOAM による衝突噴流解析
- (3) 報告書作成

1.4 納期

令和 7 年 2 月 14 日 (金)

1.5 納入場所および納入条件

1.5.1 納入場所

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 熱水力安全研究グループ
(原子力科学研究所 安全研究棟 東 304 号室)

1.5.2 納入条件

持ち込み渡しとする。

1.6 検収条件

1.7 で定める提出物が全て納入され、その内容が本仕様書の記載事項に合致している事を原子力機構が承認した時をもって、検収合格とする。

1.7 提出物

1.7.1 提出図書等

- (1) 実施要領書（従事者名簿、工程表を含む）

契約後および変更の都度速やかに 1部

- (2) 作業報告書 納品時 1部

- (3) 本契約で開発したソースコード、CAD データ、メッシュデータ、解析入力・結果データ、作業報告書（MS Word 文書）等を含むファイル等の電子データ 納品時

1式

- (4) 打合せ議事録 その都度 1部

1.7.2 報告書様式

報告書は、ワードプロセッサ（MS Word）形式を使用し、ページ寸法は A4 を原則とし、Word ファイルおよび PDF ファイルを提出すること。

1.7.3 解析結果データ

解析結果の時系列データを間引かないこと。

1.8 貸与品

昨年度までの解析結果等は無償で貸与する。

また、本作業で使用する OpenFOAM のソースコードは OpenFOAM の公式ホームページからダウンロードして用いること。OpenFOAM のバージョンは契約締結後に協議の上、決定する。

1.9 原子力機構大型計算機の使用

受注者は、本作業の実施にあたり、原子力機構の大型計算機を使用しない。

1.10 機密事項

受注者及び作業担当者は、本作業のために入手した情報等を本作業の実施以外の目的に使用してはならない。また、他へ開示してはならない。

1.11 権利の帰属等

この業務により作成された目的物（上記納入品目に定める成果報告書等）に係る著作権その他の目的物の使用、収益及び処分（複製、翻訳、翻案、変更、譲渡・貸与及び二次的著作物の利用を含む）に関する権利は、当機構に帰属するものとする。

1.12 グリーン購入法の推進

(1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達法の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。

(2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.13 協議

本作業を円滑に遂行するため、必要に応じて協議・打合せするものとする。この協議・打合せの主要な内容は議事録として、次回の協議等までに提出すること。また、作業において問題が生じた場合、受注者は遅滞無く原子力機構に報告し、両者の協議により対策を決めることとする。本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、原子力機構と協議のうえ、その決定に従うものとする。

1.14 保証

検収後 1 年以内に判明した入力コード、ソースコードの不備等で、納入者の責に帰すべき事項については、無償にて速やかに対処を行うこと。

1.15 検査員及び監督員

検査員

(1) 一般検査 管財担当課長

監督員

(1) 提出物検査 安全研究センター 熱水力安全研究グループ員

1.16 特記事項

- (1) 詳細な作業内容については、原子力機構担当者と十分に打ち合わせた上で実施することとする。
- (2) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (3) 受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、結果について機構の確認を受けること。

2 技術仕様

2.1 OpenFOAM の chtMultiRegionFoam ソルバの調査

OpenFOAM に実装されている流体-固体熱連成ソルバ chtMultiRegionFoam

について、ソースコードの調査を行い、流体-固体間の熱伝達で過不足が生じる原因を調べ、対策を示すこと。必要に応じて、ソルバの改良を行うこと。

2.2 OpenFOAM による衝突噴流解析

OpenFOAM を用いて、図 1 に示すような加熱流体を壁面に衝突させる解析を行い、既往の実験相関式等と比較し、可視化結果を示す。

- ノズル出口位置やノズル径、噴出速度、温度は、実験相関式の適用範囲内で決定する。
- 噴流のノズル内の流れは考慮せず、ノズル出口部に流入条件（流量および温度）を設定する。
- 十分な体系幅を確保し、流出境界の影響がないようにする。
- 時間刻みはクーラン数が最大で 1.0 程度になるようにする。
- 実験相関式との比較パラメータは、Nusselt 数、平均熱流束とする。

解析条件を以下に示す。

- 計算が不安定になる場合は、適切に計算が終了するよう OpenFOAM におけるソースコード、もしくは入力ファイルの改良等を行う。

以下の点の影響について実験相関式と比較し、検証する。

- 乱流モデル：kOmegaSST
- 計算格子：適切な流れ場をシミュレートできるように計算格子を作成し、格子幅の検証を行う（流体側：500 万～2000 万セル、4 ケース程度）。場合によっては、流体側と接触している固体側の計算格子幅も検討する。

その他、解析および結果の評価に関する詳細は、契約締結後に機構担当者との打ち合わせ時に説明する。

2.3 報告書作成

上記作業に関する報告書を作成すること。一連の解析実行作業に関して、留意点および問題点に関する記述等も含むこと。

以上

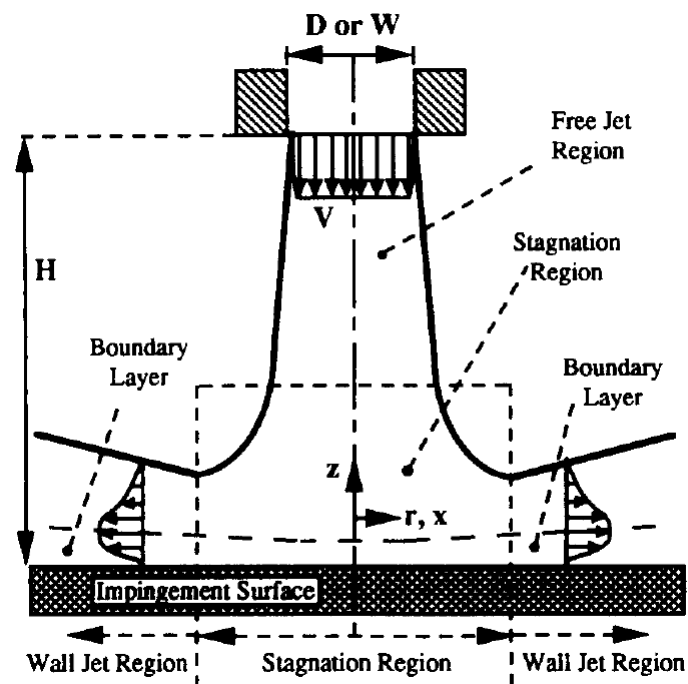


図1 解析概要*

* R. Viskanta, Heat transfer to impinging isothermal gas and flame jets, Exp. Thermal Fluid Sci. 6(2) (1993) 111-134.