

令和 7 年度 OpenFOAM による炉心出口温度 に関する CFD 解析

仕様書

1 一般仕様

1.1 件名

「令和 7 年度 OpenFOAM による炉心出口温度に関する CFD 解析」

1.2 目的および概要

原子力機構では、重大事故時の炉心損傷の判断指標の一つである炉心出口温度（CET）と燃料被覆管温度の関係に着目した大型非定常試験装置（LSTF）による総合効果実験を行っている。本作業では、CET の径方向分布について実験で取得した知見を補完するとともに、それらのモデル化を検討するため、数値流体力学（CFD）による炉心上部での、二次流れ等の三次元流動挙動に着目し、CET を評価する。

1.3 契約範囲

- (1) CET 解析用計算格子作成
- (2) OpenFOAM による試計算
- (3) 報告書作成

1.4 納期

令和 8 年 2 月 13 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）、作業報告書に掲載されたグラフデータ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

本作業の実施にあたり、原子力機構から受注者に LSTF 実験に関連する資料及び昨年度作成した CAD データを無償で貸与する。

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 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。

1.13 検収条件

「1.7.1 提出図書等」の確認並びに、原子力機構が仕様書の定める業務が実施されたと認めた時を以て、業務完了とする。

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 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。

1.16 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

1.17 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の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、O A 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。

2 技術仕様

2.1 CET 解析用計算格子作成

図 1 に示す昨年度作成した計算体系に対し、図 2 に示す制御棒案内管の側壁の孔（4 方向×2 か所）を模擬し、上部炉心板を通過する流れと合流する流れを予測する。軸対称境界は使用せず、全体を模擬すること。格子解像度は最大 2000 万セル程度の計算格子を 4 ケース作成し、格子依存性及び安定的に除熱計算ができることを確認すること。

2.2 OpenFOAM による試計算

圧力容器頂部 1%小破断冷却材喪失事故に関する LSTF 実験の解析を行う。解析条件は以下のとおりである。

- 使用コード : OpenFOAM
- ソルバ : buoyantPimpleFoam
- 圧力 7 MPa、蒸気単相、炉心出力 1.3 MW
- 境界条件 : 炉心頂部付近の Position 9 の温度計測データを利用し、図 3 に示すような出力分布毎に入口条件を設定すること。
- 蒸気の質量流量は出力区分に応じて、炉心出力、実験により得られた流入温度での比エンタルピー及び飽和蒸気温度での比エンタルピーから求めること。
- 乱流モデル : kOmegaSST
- 乱流エネルギー : MATiS-H 等の既往研究データを参考に決定すること。
- 壁による除熱の影響は、飽和蒸気温度一定のケース及び UCP の入口温度・出口温度から求めた除熱量を熱流束一定で与えるなど除熱の影響を考慮したケースの 2 ケースを設定し、影響を定量化すること。
- 時間刻みはクーラン数が最大で 1 程度
- 解析時間は 10 秒程度

解析により、20 点の CET 計測位置での温度を取得し、実験データと比較する。また、主流方向（制御棒案内管有及び無断面）、流路断面の速度分布、温度分布をカラーコンター及びベクトル等で示し、熱流動挙動を明らかにする。

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

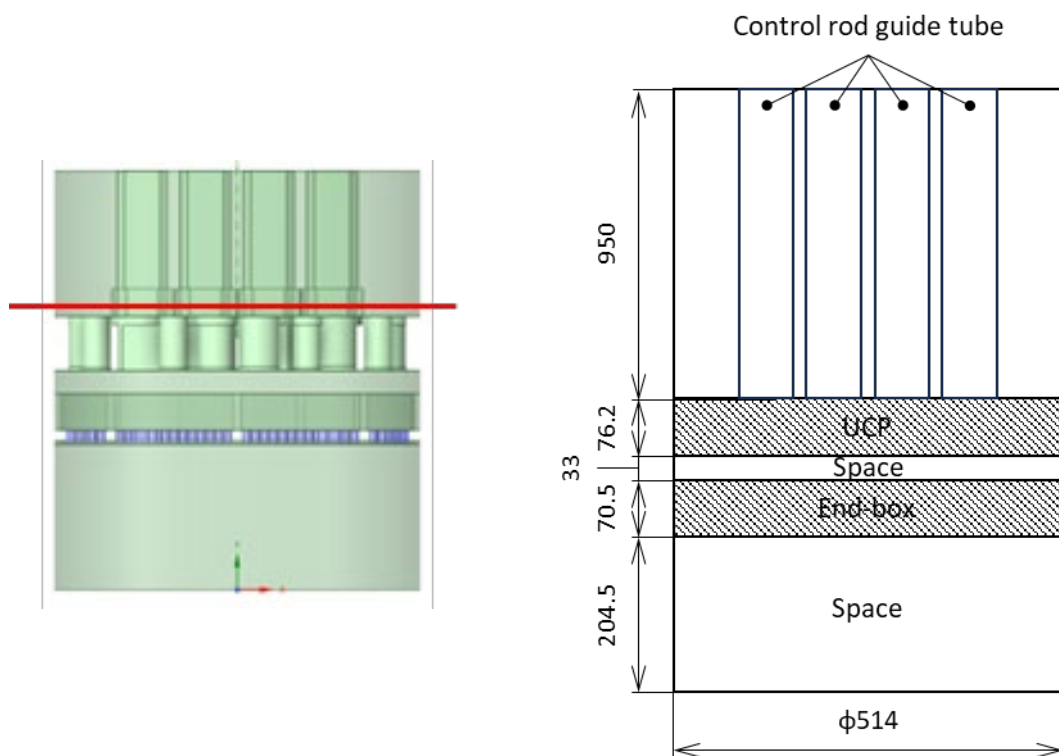


図1 解析体系の概略図

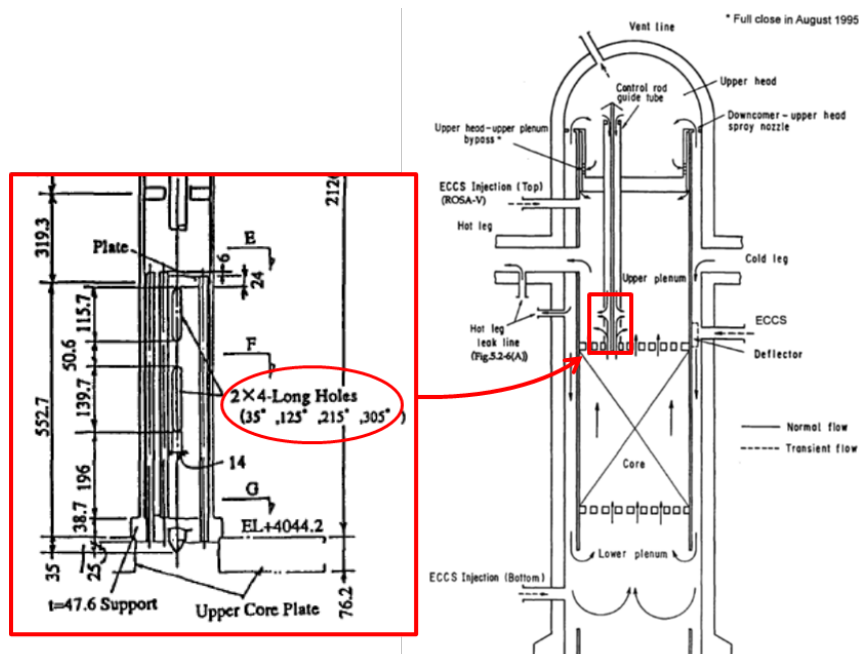


図2 制御棒案内管の側壁の孔[1]

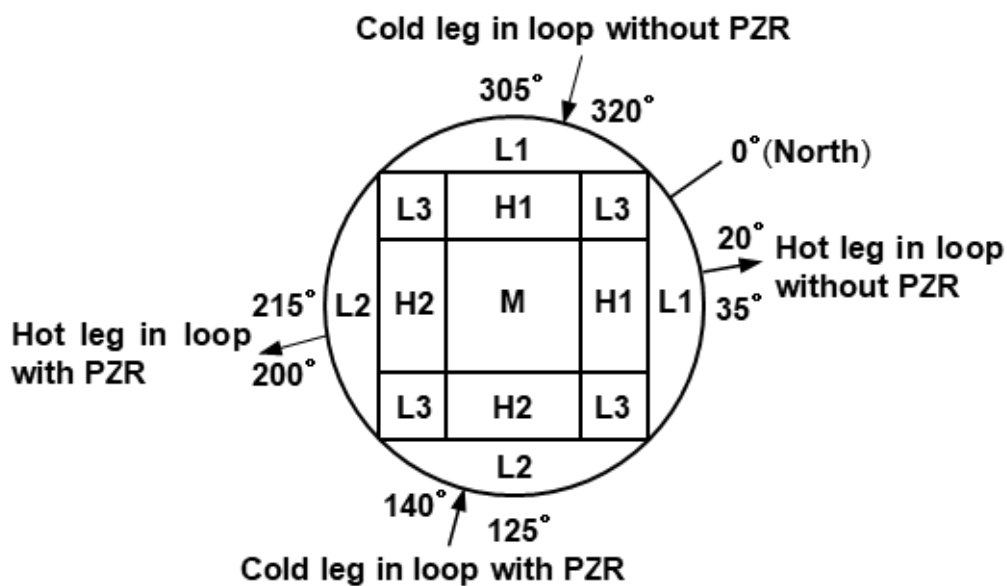


図3 炉心出力分布

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

参考文献

- [1] The ROSA-V Group, ROSA-V Large Scale Test Facility (LSTF) system description for the third and fourth simulated fuel assemblies, JAERI-Tech 2003-037, 2003.