

新型燃料のふるまい解析および
モデルの妥当性評価作業

仕 様 書

1. 一般仕様

1.1 件名

新型燃料のふるまい解析およびモデルの妥当性評価作業

1.2 目的及び概要

本仕様書は、日本原子力研究開発機構（以下「機構」という。）が資源エネルギー庁より受託した令和 8 年度原子力の安全性向上に資する技術開発事業（安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備）において、機構が開発した燃料ふるまい解析コード FEMAXI を用いた解析作業を受注者に請け負わせるための仕様について定めたものである。

解析作業は、新型燃料の燃料ふるまい解析コードの妥当性確認及び不確かさ評価を目的に、燃料ふるまい解析コード FEMAXI を用いた解析及びそれらの入力・出力データの整理を実施するものである。また、核燃料の物性に関する参考文献等情報を整理するとともに、物性に関するデータと合わせてリレーショナルデータベースへのデータ入力を行う。

受注者は本仕様書に示す基本的な要件を満たしたうえで、解析手法、条件等を十分理解し、本業務を実施する。また、受注者の裁量、責任及び負担において計画立案し、本業務を実施するものとする。

1.3 契約範囲

- (1) 新型燃料の照射試験におけるふるまい解析----- 一式
- (2) 各要素モデルの感度解析、及び不確かさ解析----- 一式
- (3) 燃料物性データの整理作業----- 一式
- (4) 提出図書----- 一式

1.4 納期

納期：令和 9 年 2 月 26 日

1.5 納入場所

(1) 納入場所

茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 第 1 研究棟 207 号室

(2) 納入条件

持込渡し

1.6 提出図書

提出を必要とする図書名及び提出時期等は、以下の通りとする。

提出図書名	提出時期	提出部数
作業計画書	作業前まで	2部（確認後1部返却）
作業報告書 （解析結果を含む）	作業終了時	1部（コピー製本） 1部（電子ファイル）
情報セキュリティに係る書類（契約先の 資本関係・役員の情報 本契約の実施場 所、従事者の所属・専門性（情報セキュ リティに係る資格・研修等）・実績及び 国籍についての情報を記した書類※）	契約締結後 速やかに	1部
その他必要図書 ^{*1}	随時	必要部数

*1：協議により機構が必要と認めたもの

※※提出した内容に変更が生じた場合は、その都度提出すること。

（提出場所）

茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 第1研究棟207号室

1.7 支給品及び貸与品

FEMAXIを利用したふるまい解析やデータベースへのデータ入力に必要なパソコン・什器、報告書及び解析コードを無償にて貸与する。また、これらに使用する電気を支給する。その他、必要となる資料及び情報等の支給及び貸与については機構側と協議を行い、その指示に従うこと。

1.8 作業実施場所

作業は、受注者の事業所等で実施することができるものとするが、ふるまい解析コードの実行ならびに、データベースへのデータ入力については機構が指定する場所にて作業を実施すること。

1.9 検収条件

本書の2.技術仕様に記載した作業を終了させ、1.6項に示す提出図書の完納をもって検収とする。

1.10 グリーン購入法

提出図書(納入印刷物)の作成にあたっては、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」を使用すること。

1.11 特記事項

- ・ 本契約の実施により新たに生じた、または、機構より開示された技術情報に付加された技術情報(但し、受注者が引き合い前から自己所有していた情報は除く。以下、「成果技術情報」という)の取扱いについては、以下の各号によるものとする
 - (1) 受注者は、業務履行上、知り得た情報を機構の許可なく使用、公開及び第三者に口外してはならない。
 - (2) 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、機構と協議し、その決定に従うものとする。
- ・ 受注者は、検討の結果、本仕様書に規定する作業の実施が困難であることが判明した場合には、これに替わる合理的代替案を検討し、発注者に申し入れること。
- ・ 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。

1.13 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) 軽水炉工学研究センター 燃料・材料研究グループ 研究副主幹

2. 技術仕様

2.1 概要

解析作業は、機構が資源エネルギー庁より受託した令和 8 年度原子力の安全性向上に資する技術開発事業（安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備）において、新型燃料の燃料ふるまい解析コードの妥当性確認及び不確かさ評価を目的に、機構が開発した燃料ふるまい解析コード FEMAXI を用いた照射試験の解析及びそれらの入力・出力データの整理ならびに報告を含む解析作業を実施する。妥当性確認のための照射試験におけるふるまい解析作業の詳細は 2.2 項に示す。また、FEMAXI に組込まれた各要素モデルのふるまいに与える影響評価や不確かさ評価のための解析を実施する。不確かさ評価等に係る解析作業の詳細は 2.3 に示す。

2.2 新型燃料の照射試験におけるふるまい解析

本解析作業では、新型燃料用に改良された燃料ふるまい解析コード FEMAXI を用いて、照射試験条件の計 15 ケースにおける燃料ふるまい解析を実施する。解析条件は 2.2.1 項に示すが、詳細な条件等は機構が提示する。

本解析作業はケース毎に、以下に示す入力・出力データ処理、報告を含む。なお、入力・出力データ処理は、機構が開発し、機構内ネットワーク内で管理している MySQL データベース FFDB を用いて実施することから、当該作業は機構にて行うものとする。

- 入力データ処理：機構が提示する照射条件を基に解析条件に応じた入力データを整理し、FFDB に収納し、解析を実施する。入力データに要する要素モデルや物性値等は機構が提示する。
- 出力データ処理：解析により得られた温度分布、FP ガス放出率、ギャップ幅、等のデータを整理してグラフ化を行う。また、機構が提示する照射試験データの内、燃料温度等、解析結果と比較可能な測定データについて FFDB の所定のテーブルに収納する。
- 報告：解析作業の進捗状況の共有のため、1.6 に示す作業報告書と別に、定期的に機構へ簡易的な報告を実施する。報告内容、方法や頻度等は、適宜協議し決定する。なお、計算の収束性及び安定性にも配慮することとし、各ケースで発散、不安定となり解析の継続が困難となる場合においても、原因調査のため、上記同様に出力データ処理及び報告を合わせて実施し、機構側と協議した上で、再度入力データ改良を行い、解析を実施する。

2.2.1 解析条件

本作業では、燃料ふるまい解析コード FEMAXI の新型燃料用の要素モデルの妥当性確認を目的として、米国アイダホ国立研究所 Advanced Test Reactor (ATR) での照射試験条件を

ベースとしたふるまい解析 12 ケース、標準的な商業炉（加圧水型軽水炉）の照射条件によるふるまい解析 3 ケース計 15 ケースとする。表 2.2-1 に解析条件を示す。なお、詳細な解析条件等は機構が提示する。

表 2.2-1 新型燃料の照射試験解析条件

項目	内容
照射実験炉	・ 米国アイダホ国立研究所 Advanced Test Reactor (ATR) ・ 加圧水型軽水炉 (PWR)
新型燃料	Cr coated Zry、FeCrAl-ODS/UO ₂ 燃料
入力データ数（ケース数）	・ 各種照射条件や入力条件を変更した解析計 15 ケースを行う。 ・ 被覆管 (Cr coated Zry、Zry、Fe-Cr-Al (ODS)) ・ 燃焼度 (100 GWd/t)
出力データ	所定の燃焼度 (100 GWd/t) まで、機構が指定する燃焼度における以下のデータを出力する ・ 温度分布 ・ 燃料棒内圧 ・ FP ガス放出率 ・ ギャップ幅、燃料棒内空隙厚み合計値 ・ ボンディング割合 ・ 被覆管による水素吸収量 ・ 被覆管外径変化量 ・ 被覆管外面酸化層厚さ

2.3 各要素モデルの感度解析、不確かさ解析

本解析作業では、新型燃料用に改良された燃料ふるまい解析コード FEMAXI の要素モデルのパラメータや要素モデル自体の感度解析と不確かさ解析の両方あるいはいずれか一方を計 60 ケース実施する。解析条件は 2.3.1 項に示すが、詳細な条件等は機構が提示する。

本解析作業はケース毎に、以下に示す入力・出力データ処理、報告を含む。なお、入力・出力データ処理は、機構が開発し、機構内ネットワーク内で管理している MySQL データベース FFDB を用いて実施することから、作業は機構にて行うものとする。

- 要素モデルが有する不確かさの評価：機構が指定する熱・機械物性モデルについて、物性データベース MPDB もしくは相当のデータファイルに格納された実測物性デー

タを用いて、同じく機構が指定する FEMAXI 要素モデルの不確かさを評価し、標準偏差の形で整理する。

- 感度解析：2.2 項で示した照射条件をもとにクリープ等物性データ条件を変化させて解析を行い、影響評価を行う。詳細な条件等は機構が提示する。
- 入力データ処理：機構が提示する照射条件を基に解析条件に応じた入力データを整理し、FFDB に収納し、解析を実施する。入力データに要する要素モデルや物性値等は機構が提示する。
- 出力データ処理：解析により得られた温度分布、FP ガス放出率、ギャップ幅、等のデータを整理してグラフ化を行う。また、機構が提示する照射試験データの内、燃料温度等解析結果と比較可能な測定データについて FFDB の所定のテーブルに収納する。
- 報告：解析作業の進捗状況の共有のため、1.6 に示す作業報告書と別に、定期的に機構へ簡易的な報告を実施する。報告内容、方法や頻度等は、適宜協議し決定する。
なお、計算の収束性及び安定性にも配慮することとし、各ケースで発散、不安定となり解析の継続が困難となる場合においても、原因調査のため、上記同様に出力データ処理及び報告を合わせて実施し、機構側と協議した上で、再度入力データ改良を行い、解析を実施する。

2.3.1 解析条件

本作業では、改良された燃料ふるまい解析コード FEMAXI の各モデルによる影響評価や不確かさ評価のための解析を目的として、2.2 項で示した照射試験条件を基に、モデルのパラメータやモデルを変更する計 60 ケースのふるまい解析を実施する。表 2.3-1 に解析条件を示す。なお、詳細な解析条件等は機構が提示する。

表 2.3-1 感度解析条件、不確かさ解析条件

項目	内容
照射実験炉	・ 米国アイダホ国立研究所 Advanced Test Reactor (ATR) ・ 加圧水型軽水炉 (PWR)
新型燃料	Cr coated Zry、FeCrAl-ODS/UO ₂ 燃料
入力データ数 (ケース数)	2.2 項の Cr coated Zry、また所定の燃焼度までのケースを基本に、以下に示すような要素モデルのパラメータ、もしくは要素モデルを変更した解析を計 60 ケースを行う。

	・ Cr coated Zry に関する要素モデルのパラメータ ・ 不確かさ評価を行った要素モデル
出力データ	所定の燃焼度まで、機構が指定する燃焼度における以下のデータを出力する ・ 温度分布 ・ 燃料棒内圧 ・ FP ガス放出率 ・ ギャップ幅、燃料棒内空隙厚み合計値 ・ ボンディング割合 ・ 被覆管による水素吸収量 ・ 被覆管外径変化量 ・ 被覆管外面酸化層厚さギャップ幅 ・ 被覆管厚さ ・ 被覆管内面酸化膜厚 ・ 被覆管応力 ・ 被覆管ひずみ 等

2.4. 燃料物性データの整理作業

(1) 文献の調査・情報整理

機構が指定する文献の出典情報に加え、その文献中の図表の被引用文献に記載されているデータを、該当する燃料仕様や照射履歴を確認し、新規データセットとして整理を行う。被引用文献は機構が供する。

文献数：15

(2) データベースのテーブル入力・動作確認

上記のデータを機構内ネットワーク内で管理している MySQL データベース MPDB のテーブルに入力する。また、機構担当者の指示に基づき格納済データの編集を行う。なお、入力データ処理は、機構が開発し、機構内ネットワーク内で管理している MySQL データベースを用いて実施することから、作業は機構にて行うものとする。

データ入力後にデータベースの動作確認を行う。動作確認内容は、機構と協議のうえ、決定する。

編集・入力データ数：5000

以上