

炉心変形反応度解析評価手法の
実機評価への適用性確認解析作業

仕様書

令和8年5月

日本原子力研究開発機構
大洗原子力工学研究所
高速炉研究開発部
システム熱流動工学グループ

I. 一般仕様

1. 件名

炉心変形反応度解析評価手法の実機評価への適用性確認解析作業

2. 背景・目的

本件は、日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）にて開発・整備を進めている核-熱-炉心構造連成解析による炉心変形反応度解析評価手法を用いて、実機評価への適用性確認に向けた解析作業を行うものである。

なお、本件は経済産業省からの受託である「令和5年度高速炉実証炉開発事業（基盤整備と技術開発）」の一部として実施するものである。

3. 契約範囲

- (1)炉心変形反応度解析評価手法の実機適用性確認に係る解析
- (2)炉心変形反応度解析評価手法の機能高度化検討に係る解析
- (3)報告書作成

4. 提出図書

- | | |
|------------------------|-----|
| (1) 作業実施計画書（契約後直ちに） | 1 部 |
| (2) 品質保証計画書（契約後速やかに） | 1 部 |
| (3) 業務従事者等の経歴（契約後速やかに） | 1 式 |

※本件は機密情報を扱うため、以下の情報を記した書類を提出のこと。

契約先の資本関係・役員の情報、本契約の実施場所、氏名、所属・専門性
(情報セキュリティに係る資格・研修等)・業務経験及び国籍。

*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。

- | | |
|---|-----|
| (4) 打合せ議事録（打合せ後1週間以内、電子ファイル可） | 1 部 |
| (5) 最終報告書（作業終了後速やかに） | 1 部 |
| (6) 委任又は下請負届（原子力機構指定様式）
（作業開始2週間前まで ※下請負等がある場合に提出のこと。） | 1 式 |
| (7) 作成データ（作業終了後速やかに） | 1 式 |
- 作成文書・図面・解析コード・解析データの電子ファイル（CD-ROM,DVD 等）
【図書等については、原子力機構の確認を得るものとする。】

確認は次の方法で行う。原子力機構は、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、確認できない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは確認したものとする。

(提出場所)

日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所
高速炉研究開発部 システム熱流動工学グループ

5. 納期

令和9年2月26日(金)

6. 検収条件

以下に示す項目の確認をもって検収するものとする。

- ・3項に定める作業が完了していること。
- ・4項に定める提出図書類が完納されていること。
- ・8項に定める貸与品の返却が完了していること。

7. 検査員及び監督員

検査員： 一般検査 管財担当課長

監督員： 大洗原子力工学研究所
高速炉研究開発部 システム熱流動工学グループ
グループリーダー

8. 貸与物件

本件契約の作業上必要となる解析プログラム、文献、技術報告書、資料、データ等のうち、原子力機構が認めたものについて、随時無償にて貸与する。機構内で作業を行うために必要な作業場所・環境についても無償で貸与する。

9. 作業実施場所

日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所
FBR サイクル国際研究開発センター(Fセルボ)

10. 品質管理

- (1) 受注者は、本件に係る品質管理プロセスを含む品質保証計画書を原子力機構に提出し、その確認を得ること。受注者は、受注者の品質保証計画書を遵守して、本仕様書に定められた作業を行うこと。また、受注者が作業の一部を下請会社等に外注する場合、品質に関する要求事項が下請会社等にまで確実に適用されていること。
- (2) 受注者は、契約期間中に品質保証計画書を変更した時及び不適合が発生した際に原子力機構からの要求があった場合には、立入調査及び監査に応じるものとする。

11. グリーン購入法の推進

- (1) 受注者は、本件に係る品質管理プロセスを含む品質保証計画書を原子力機構に提出し、その確認を得ること。受注者は、受注者の品質保証計画書を遵守して、本仕様書に定められた作業を行うこと。また、受注者が作業の一部を下請会社等に外注する場合、品質に関する要求事項が下請会社等にまで確実に適用されていること。
- (2) 受注者は、契約期間中に品質保証計画書を変更した時及び不適合が発生した際に原子力機構からの要求があった場合には、立入調査及び監査に応じるものとする。

1 2. 産業財産権等の取扱い

産業財産権等の取扱いについては、「知的財産権特約条項」に定められたとおりとする。

1 3. 情報セキュリティの取扱い

情報セキュリティの取扱いについては、別紙-2「情報セキュリティ強化に係る特約条項」による。

1 4. 協議

当該作業を実施する上で疑義が生じた場合は、機構は受注者と協議の上その措置を定め議事録に記載する。受注者はその決定に従うものとする。

1 5. 特記事項

(1) 作業の実施に当たって原子力機構は、必要に応じて、受注者に大洗原子力工学研究所の所有する大型計算機等の利用及び作業場所の便宜をはかるものとする。また、以下について支給及び貸与を行う。

1) 支給品

- イ. 電気、ガス、水
- ロ. 記録用紙

2) 貸与品等

- イ. 机、椅子
- ロ. パーソナルコンピュータ、周辺機器
- ハ. ワークステーション
- ニ. 大型計算機端末機
- ホ. 計算コード
- ヘ. マニュアル及び参考図書

(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当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機構の確認を受けた場合はこの限りではない。

(3) 受注者は機構構内での業務遂行に当たって、大洗原子力工学研究所防護活動措置規則など所内規程を遵守するものとし、機構が安全確保の為の指示を行ったときは、その指示に従うものとする。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、受注者は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。

(4) 受注者責任者並びに作業員は、利用を許可された設備、機器、物品等は滅失破損が生じないよう、使用・管理を行うものとする。

(5) 納入物件の所有権、及び納入物件に関わる著作権（著作権法第27条及び第28条に規定する権利を含む）は、機構に帰属するものとする。

(6) 貸与物件は、契約終了後速やかに機構に返還するものとする。機構外への持ち出しは不可とする。

(7) 実施担当者は本契約終了後速やかに貸与物件・情報及び納入物件に関わるメモ（諸データ及

び作成過程における記録を含む)を消去し、諸資源(計算機出力を含む)を消却もしくは機構に引き渡さなければならない。機構外持ち出しを承認された電子物件・電子成果情報については、完全に消去されたことを確認できるエビデンスを示すこと。

(8)受注者は、上記の各項目に従わないこと及び作業員の資質の不足により生じた機構の損害及びその他の損害についてすべての責を負うものとする。

II. 技術仕様

1. 目的

本件は、原子力機構にて開発・整備を進めている炉心変形反応度解析評価手法を用いて、実機適用性確認及び実機適用にあたり必要な機能の高度化検討に係る解析作業を行うものである。

2. 作業内容

2.1 炉心変形反応度解析評価手法の実機適用性確認に係る解析

(1) 炉心変形解析

汎用有限要素解析コードFINAS (Ver.21) を使用し、集合体熱湾曲試験解析を実施する。単体集合体及び複数体集合体の集合体群のモデルに温度分布を与え、各集合体の水平変位、拘束棒や隣接集合体との接触荷重などを対象とした解析を実施する。令和6年度は、「常陽」炉外試験の単体試験及び単列試験の解析を実施し、試験結果との比較を行うとともに、電中研で実施中の炉外熱湾曲試験の単体集合体試験解析を実施し、試験結果との比較を行い、課題の抽出を行った。令和7年度は、炉外熱湾曲試験の単体集合体試験解析を継続するとともに、7体単列試験の解析を実施し、試験結果との比較を行い、課題の抽出を行った。令和8年度は、炉外熱湾曲試験の7体単列試験解析を継続するとともに、7体2層体系試験の解析を実施し、試験結果との比較を行う。なお、解析コード、解析条件（寸法・形状、温度分布、物性値等）などの計算の実施に必要な情報は別途原子力機構担当者から提供するが、当該コードの適用及び習熟については受注者にて対応すること。

(2) 炉心変形反応度解析評価手法の解析モデル作成及び実機適用性解析

高速炉実機炉心及び小型炉心を対象とした核-熱-炉心構造連成解析を実施し、同解析の検証のための国際ベンチマーク問題の検討に資する。汎用炉心解析システムMARBLE、プラント動特性解析コードSuper-COPD、サブチャンネル解析コードASFRE、およびFINASを統合プラットフォームPSSPを用いて連成させた核-熱-炉心構造連成解析コードを使用する。令和6年度はPhénix、FFTFを対象とした炉心核計算モデルを作成した。また、国際ベンチマーク用の小型炉心体系の変形反応度問題の検討を継続するとともに、MARBLE及び汎用輸送計算コードGMVPを用いた反応度計算を実施し、今後のモデル高度化のための課題抽出及び対応策の検討を行った。また、令和7年度はPhénixのEOL試験の炉心、実証炉の炉心候補（金属燃料炉心）を対象に炉心核計算モデルを作成した。また、FFTFのCycle8A試験（11ケース）を対象に反応度の妥当性確認解析を実施するとともに、複数の試験データを用いて反応度に対する解析の妥当性を統合的に確認方法について検討を行った。さらに、国際ベンチマーク用の小型

炉心体系の変形反応度問題の計算を継続し、現在米国で進められている詳細解析手法開発の共同検証のためのベンチマーク問題高度化検討を行った。令和8年度は令和7年度に整備した Phénix の EOL 試験の炉心核計算モデルを核-熱-炉心構造連成解析に組込むための核計算コード側の設定を行う。具体的には、実証炉の炉心候補（酸化燃料炉心等）を対象に炉心核計算モデルを作成し、FFTF の Cycle8A 試験（30 ケース程度）を対象に反応度の妥当性確認解析を継続する。国際ベンチマーク用の小型炉心体系の変形反応度問題の計算を継続し、現在米国で進められている詳細解析手法開発の共同検証のためのベンチマーク問題高度化検討を行う。なお、解析コード、解析条件、サンプル入力データなどの計算の実施に必要な情報は別途原子力機構担当者から提供するが、当該コードの適用及び習熟については受注者にて対応すること。

2.2 炉心変形反応度解析評価手法の機能高度化検討に係る解析

(1) 炉心変形反応度解析評価手法の適用性確認

令和 6 年度までの手法整備において、炉心変形反応度簡易評価手法の主要な機能の開発（ γ 発熱評価、輸送計算、一次摂動論に基づく反応度評価手法、軸方向変形の取扱）及び実機体系での検証を完了した。令和 7 年度には輸送計算ソルバーに三角メッシュを使用する機能を整備した。この整備の効果を把握するため、令和 8 年度は XYZ メッシュによる変形反応度及び三角メッシュによる変形反応度並びに直接法による参照解を実機規模体系で比較し、有効性を検証する。参照解用コードの選定に当たっては原子力機構担当者と協議して決定する。また、その他の高度化として、集合体内出力分布を Super-COPD の集合体内出力分布へ受け渡す整備を行う。なお、本検討で使用するコード等は原子力機構から貸与する。検証計算の解析条件等は原子力機構担当者と協議して決定するものとする。

(2) 炉心変形反応度計算手法の高度化検討

有限要素法は任意形状の体系を計算できることから炉心変形反応度評価においてこれまでに開発された核計算手法の中で最も高い親和性を有する可能性がある手法である。令和 7 年度までの検討で、2 次元拡散有限要素法ソルバーの整備を行った。本年度の検討では、2 次元体系を対象に SP3 近似に基づく有限要素法ソルバーを整備し、検証を行う。また、3 次元化に向けて必要となる技術開発要素の調査及びその作業量の見積を行う。

2.3 報告書作成

2.1 および 2.2 の検討および解析結果を報告書にまとめる。

以 上

知的財産権特約条項

(知的財産権の範囲)

第1条 この特約条項において「知的財産権」とは、次の各号に掲げるものをいう。

- (1) 特許法(昭和34年法律第121号)に規定する特許権(以下「特許権」という。)、
実用新案法(昭和34年法律第123号)に規定する実用新案権(以下「実用新案
権」という。)、意匠法(昭和34年法律第125号)に規定する意匠権(以下「意
匠権」という。)、半導体集積回路の回路配置に関する法律(昭和60年法律第43
号)に規定する回路配置利用権(以下「回路配置利用権」という。)、種苗法(平成
10年法律第83号)に規定する育成者権(以下「育成者権」という。)及び外国
における上記各権利に相当する権利(以下「産業財産権等」と総称する。)
- (2) 特許法に規定する特許を受ける権利、実用新案法に規定する実用新案登録を受け
る権利、意匠法に規定する意匠登録を受ける権利、半導体集積回路の回路配置に
関する法律第3条第1項に規定する回路配置利用権の設定の登録を受ける権利、
種苗法第3条に規定する品種登録を受ける地位及び外国における上記各権利に相
当する権利(以下「産業財産権等を受ける権利」と総称する。)
- (3) 著作権法(昭和45年法律第48号)に規定するプログラムの著作物及びデータ
ベースの著作物(以下「プログラム等」という。)の著作権並びに外国における上
記各権利に相当する権利(以下「プログラム等の著作権」と総称する。)
- (4) コンテンツの創造、保護及び活用の促進に関する法律(平成16年法律第81号)
に規定するコンテンツで甲が本契約において制作を委託するコンテンツ(以下「コ
ンテンツ」という。)の著作権(以下「コンテンツの著作権」という。)
- (5) 前各号に掲げる権利の対象とならない技術情報のうち秘匿することが可能なもの
であって、かつ、財産的価値のあるものの中から、甲、乙協議の上、特に指定す
るもの(以下「ノウハウ」という。)を使用する権利

2 この特約条項において、「発明等」とは、特許権の対象となるものについては発明、実
用新案権の対象となるものについては考案、意匠権、回路配置利用権及びプログラム等
の著作権の対象となるものについては創作、育成者権の対象となるものについては育成
並びにノウハウを使用する権利の対象となるものについては案出をいう。

3 この特約条項において知的財産権の「実施」とは、特許法第2条第3項に定める行為、
実用新案法第2条第3項に定める行為、意匠法第2条第3項に定める行為、半導体集積
回路の回路配置に関する法律第2条第3項に定める行為、種苗法第2条第5項に定める
行為、プログラム等の著作権については著作権法第2条第1項第15号及び同項第19
号に定める行為、コンテンツの著作権については著作権法第2条第1項第7の2号、第
9の5号、第11号にいう翻案、第15号、第16号、第17号、第18号及び第19

号に定める行為並びにノウハウの使用をいう。

(乙が単独で行った発明等の知的財産権の帰属)

第2条 本契約に関して、乙単独で発明等を行ったときは、甲は、乙が次の各号のいずれの規定も遵守することを書面で甲に届け出た場合、当該発明等に係る知的財産権を乙から譲り受けないものとする。(以下、乙に単独に帰属する知的財産権を「単独知的財産権」という。)

- (1) 乙は、本契約に係る発明等を行ったときは、遅滞なく次条の規定により、甲にその旨を報告する。
- (2) 乙は、甲が国の要請に基づき公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求める場合には、無償で当該知的財産権を実施する権利を国に許諾する。
- (3) 乙は、当該知的財産権を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該知的財産権を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、甲が国の要請に基づき当該知的財産権の活用を促進するために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、当該知的財産権を実施する権利を第三者に許諾する。
- (4) 乙は、甲以外の第三者に委託業務の成果にかかる知的財産権の移転又は専用実施権(仮専用実施権を含む。)若しくは専用利用権の設定その他日本国内において排他的に実施する権利の設定若しくは移転の承諾(以下「専用実施権等の設定等」という。)をするときは、合併又は分割により移転する場合及び次のイからハマまでに規定する場合を除き、あらかじめ甲に通知し、承認を受けなければならない。

イ 乙が株式会社である場合、乙がその子会社(会社法(平成17年法律第86号)第2条第3号に規定する子会社をいう。)又は親会社(同法第4号に規定する親会社をいう。)に移転又は専用実施権等の設定等をする場合

ロ 乙が承認TLO(大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律(平成10年法律第52号)第4条第1項の承認を受けた者(同法第5条第1項の変更の承認を受けた者を含む。))又は認定TLO(同法第12条第1項又は同法第13条第1項の認定を受けた者)に移転又は専用実施権等の設定等をする場合

ハ 乙が技術研究組合である場合、乙がその組合員に移転又は専用実施権等の設定等をする場合

- 2 甲は、乙が前項に規定する書面を提出しない場合、乙から当該知的財産権を無償で(第7条に規定する費用を除く。)譲り受けるものとする。
- 3 乙は、第1項の書面を提出したにもかかわらず同項各号の規定のいずれかを満たしておらず、かつ満たしていないことについて正当な理由がないと甲が認める場合、当該知

的財産権を無償で甲に譲り渡さなければならない。

(知的財産権の報告)

第3条 乙は、本契約に係る産業財産権等の出願又は申請をするときは、あらかじめ出願又は申請に際して提出すべき書類の写しを添えて甲に通知しなければならない。

2 乙は、前項に係る国内の特許出願、実用新案登録出願、意匠登録出願を行う場合は、特許法施行規則第23条第6項及び同規則様式26備考24等を参考にし、当該出願書類に国の委託事業に係る研究の成果による出願であることを表示しなければならない。

3 乙は、第1項に係る産業財産権等の出願又は申請に関して設定の登録等を受けた場合には、設定の登録等の日から30日以内に、甲に文書により通知しなければならない。

4 乙は、本契約に係るプログラム等又はコンテンツが得られた場合には、著作物が完成した日から30日以内に、甲に文書により通知しなければならない。

5 乙は、単独知的財産権を自ら実施したとき、及び第三者にその実施を許諾したとき（ただし、第5条第2項に規定する場合を除く。）は、甲に文書により通知しなければならない。

(単独知的財産権の移転)

第4条 乙は、単独知的財産権を甲以外の第三者に移転する場合には、当該移転を行う前に、その旨を甲に文書で提出し、承認を受けなければならない。ただし、合併又は分割により移転する場合及び第2条第1項第4号イからハまでに定める場合には、当該移転の事実を文書より甲に通知するものとする。

2 乙は、前項のいずれの場合にも、第2条、前条、次条及び第6条の規定を準用すること、並びに甲以外の者に当該知的財産権を移転するとき又は専用実施権等を設定等するときは、あらかじめ甲の承認を受けることを当該第三者と約定させ、かつ、第2条第1項に規定する書面を甲に提出させなければならない。

(単独知的財産権の実施許諾)

第5条 乙は、単独知的財産権について甲以外の第三者に実施を許諾する場合には、甲に文書により通知しなければならない。また、第2条の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者と約定しなければならない。

2 乙は、単独知的財産権に関し、甲以外の第三者に専用実施権等の設定等を行う場合には、当該設定等を行う前に、文書により甲及び国の承認を受けなければならない。ただし、第2条第1項第4号イからハまでに定める場合には、当該専用実施権等設定の事実を文書により甲に通知するものとする。

3 甲は、単独知的財産権を無償で自ら試験又は研究のために実施することができる。甲が甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に再実施権を許諾

する場合は、乙の承諾を得た上で許諾するものとし、その実施条件等は甲、乙協議の上決定する。

(単独知的財産権の放棄)

第6条 乙は、単独知的財産権を放棄する場合は、当該放棄を行う前に、その旨を甲に報告しなければならない。

(単独知的財産権の管理)

第7条 甲は、第2条第2項の規定により乙から単独知的財産権又は当該知的財産権を受ける権利を譲り受けたときは、乙に対し、乙が当該権利を譲り渡すときまでに負担した当該知的財産権の出願又は申請、審査請求及び権利の成立に係る登録までに必要な手続に要したすべての費用を支払うものとする。

(甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の帰属)

第8条 本契約に関して、甲及び乙が共同で発明等を行ったときは、当該発明等に係る知的財産権は甲及び乙の共有とする。ただし、乙は、次の各号のいずれの規定も遵守することを書面で甲に届け出なければならない。(以下、甲と乙が共有する知的財産権を「共有知的財産権」という。)

- (1) 当該知的財産権の出願等権利の成立に係る登録までに必要な手続は乙が行い、第3条の規定により、甲にその旨を報告する。
- (2) 乙は、甲が国の要請に基づき公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求める場合には、無償で当該知的財産権を実施する権利を国に許諾する。
- (3) 乙は、当該知的財産権を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該知的財産権を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、甲が国の要請に基づき当該知的財産権の活用を促進するために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、当該知的財産権を実施する権利を第三者に許諾する。

2 甲は、乙が前項で規定する書面を提出しない場合、乙から当該知的財産権のうち乙が所有する部分が無償で譲り受けるものとする。

3 乙は、第1項の書面を提出したにもかかわらず同項各号の規定のいずれかを満たしておらず、さらに満たしていないことについて正当な理由がないと甲が認める場合、当該知的財産権のうち乙が所有する部分が無償で甲に譲り渡さなければならない。

(共有知的財産権の移転)

第9条 甲及び乙は、共有知的財産権のうち自らが所有する部分を相手方以外の第三者に

移転する場合には、当該移転を行う前に、その旨を相手方に通知して文書による同意を得なければならない。

(共有知的財産権の実施許諾)

第10条 甲及び乙は、共有知的財産権について第三者に実施を許諾する場合には、あらかじめ相手方に通知して文書による同意を得なければならない。

(共有知的財産権の実施)

第11条 甲は、共有知的財産権を試験又は研究以外の目的に実施しないものとする。ただし、甲は甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に実施許諾する場合は、無償で当該第三者に実施許諾することができるものとする。

2 乙が共有知的財産権について自ら商業的实施をするときは、甲が自ら商業的实施をしないことにかんがみ、乙の商業的实施の計画を勘案し、事前に実施料等について甲、乙協議の上、別途実施契約を締結するものとする。

(共有知的財産権の放棄)

第12条 甲及び乙は、共有知的財産権を放棄する場合は、当該放棄を行う前に、その旨を相手方に通知して文書による同意を得なければならない。

(共有知的財産権の管理)

第13条 共有知的財産権に係る出願等を甲、乙共同で行う場合、共同出願契約を締結するとともに、出願等権利の成立に係る登録までに必要な費用は、当該知的財産権に係る甲及び乙の持分に応じて負担するものとする。

(知的財産権の帰属の例外)

第14条 本契約の目的として作成される提出書類、プログラム等及びその他コンテンツ等の納品物に係る著作権は、すべて甲に帰属する。

2 第2条第2項及び第3項並びに第8条第2項及び第3項の規定により著作権を乙から甲に譲渡する場合、又は前項の納品物に係る著作権の場合において、当該著作物を乙が自ら創作したときは、乙は、著作者人格権を行使しないものとし、当該著作物を乙以外の第三者が創作したときは、乙は、当該第三者が著作者人格権を行使しないように必要な措置を講じるものとする。

(秘密の保持)

第15条 甲及び乙は、第2条及び第8条の発明等の内容を出願公開等により内容が公開される日まで他に漏えいしてはならない。ただし、あらかじめ書面により出願申請を行

った者の了解を得た場合はこの限りではない。

(委任・下請負)

第16条 乙は、本契約の全部又は一部を第三者に委任し、又は請け負わせた場合においては、当該第三者に対して本特約条項の各条項の規定を準用するものとし、乙はこのために必要な措置を講じなければならない。

2 乙は、前項の当該第三者が本特約条項に定める事項に違反した場合には、甲に対し全ての責任を負うものとする。

(協議)

第17条 第2条及び第8条の場合において、単独若しくは共同の区別又は共同の範囲等について疑義が生じたときは、甲、乙協議して定めるものとする。

(有効期間)

第18条 本特約条項の有効期限は、本契約締結の日から当該知的財産権の消滅する日までとする。