

公募公告

令和8年2月17日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

研究開発推進部長 川西 智弘

(住所) 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1

下記のとおり公募します。

1. 公募に付する事項

(1) 件名

金属燃料炉心安全性および乾式再処理技術に関する研究

(2) 内容

別添実施計画書のとおり

(3) 履行期限

令和9年2月26日

2. 公募に参加する者に必要な資格に関する事項

(1) 公募参加資格

国もしくは機構の競争参加資格を有すると認められた者とする。なお、機構の競争参加資格の認定を受けていない者であっても、参加意思確認書を提出することができるが、その者が応募要件を満たすと認められ、競争的契約手続きに移行した場合に技術提案書等を提出するためには、技術提案書等の提出時までには、当該資格の認定を受ける必要がある。

(2) 公募に参加できない者

競争に係る契約を締結する能力を有しない者及び破産者で復権を得ない者。資格審査申請書及びその添付書類に故意に虚偽の事実を記載した者等。

過去3年間で情報管理の不備を理由に当機構からの取引停止を受けている者。

3. 応募要件

- (1) ナトリウム冷却高速炉の炉心・燃料設計および安全評価に係る専門的な知識および研究開発経験を有すること。
- (2) 六角形状ダクトや荷重パッド部の接触形態および接触断面形状変化を取り扱える詳細シェルモデルによる高速炉燃料集合体の湾曲挙動の解析技術および実験解析経験を有すること。
- (3) 金属燃料炉心のシビアアクシデント時のナトリウム沸騰や燃料破損などの複雑な現象を解析できる技術及びコード開発経験を有すること。
- (4) 乾式再処理技術における電解還元装置を設計及びそれを用いた実験技術を有すること。

4. 応募要件等を満たす意思表示

本公募に参加を希望する者は、3項に示す応募要件を満たすことを証明する資料を参加意思確認書に添付の上、以下の期限までに「6. 連絡先」まで、持参又は郵送（書類書留郵便等の配達記録が残るものに限る）により、提出すること。

上述の資料の様式は自由とするが、応募者の組織として意思決定が確認できる書類とする。

応募要件を満たす者があった場合には、機構は、応募要件の遂行能力を確認し、確認結果を書面にて通知する。

期限：令和8年2月27日（金）必着（郵送による場合も同様とする）

5. 備考

- (1) 応募がなかった場合には、特定の者と随意契約を行う。
- (2) 応募があった場合で、かつ確認の結果合格者があった場合には、一般競争入札により決定することとなる。その場合には別途公告する。
- (3) 手続きにおいて使用する言語及び通貨は、日本語及び日本国通貨に限る。

6. 連絡先

〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

研究開発推進部 研究協力課 渡邊 加奈

TEL：080-7260-1682

実施計画書

1. 委託研究題目

「金属燃料炉心安全性および乾式再処理技術に関する研究」

2. 委託研究の目的

本研究は、日米民生用原子力研究開発ワーキンググループ(以下、「CNWG」という。)における金属燃料高速炉の炉心安全性および乾式再処理技術に関する協力、並びに高速炉実証炉開発のための金属燃料サイクル技術の評価に資するものである。

金属燃料高速炉の炉心安全性に関しては、炉心損傷防止対策の一つとして期待される径方向膨張反応度の評価に必要となる炉心湾曲挙動の解析、および炉心損傷に至った場合の事象進展解析を行う。炉心湾曲解析では、解析コードの検証データ取得に向けた複数体の模擬燃料集合体装置による熱湾曲実験を行う。また、炉心損傷挙動解析では、分散燃料のクラスト形成モデルの検証解析を実施するとともに、燃料破損時の熔融/固化物挙動解析の高度化を図る。

乾式再処理技術に関しては、金属燃料高速炉サイクル導入において酸化燃料を金属燃料に転換することにより核燃料物質供給を担う電解還元プロセスについて、効率的な還元反応の進行が期待される電極構造にて、高電流密度においても高耐久性を示す表面酸化金属からなる酸素発生陽極、並びに還元状況把握のためのセンサーを用いた UO_2 の電解還元試験を行い、性能を確認する。廃棄物処理については、使用済塩から FP を除去するための技術開発として、FP 元素が混合する系での FP 吸着挙動計算コードの適用性を検証するほか、カラム方式の性能評価に向けた試験データを蓄積する。また、塩廃棄物固化体処分時の課題の検討結果、並びに塩廃棄物処理主要工程の遠隔操作に対応した機器開発に向けた課題と課題解決アプローチの検討結果を提示する。

さらに、燃料概念の具体化に向けて金属燃料サイクル技術の評価を行うと共に、開発計画を立案するため、現状の知見と課題の整理を進める。

3. 委託研究の範囲

(1) 金属燃料炉心安全性に関する研究

- ① 炉心湾曲挙動
- ② 炉心損傷挙動

(2) 乾式再処理技術に関する研究

- ① 電解還元技術開発
- ② 廃棄物処理技術開発

(3) 金属燃料サイクル技術の課題整理

(4) 報告書の作成

4. 委託研究の内容

日米二国間の高速炉協力として実施している CNWG の主要な課題である「金属燃料高速炉の事故解析(Metal-fueled fast reactor accident analysis)」において、高速炉の安全性向上の観点で重要な炉心湾曲反応度評価およびシビアアクシデント時挙動の評価手法の開発を実施している。

炉心損傷防止対策の一つとして期待される炉心湾曲反応度を精度良く評価するには、詳細な炉心湾曲挙動の評価が必要であり、照射期間中における集合体間の様々な接触形態や接触断面の形状変化を考慮できる詳細解析コードが開発されている。本研究では、詳細解析コードの検証に向けて、複数の模擬集合体群からなる小規模炉心の熱湾曲挙動データを取得するための準備を進めるとともに、実証規模の炉心体系を見通せる、多数の模擬集合体群熱湾曲試験に向けた計画案を検討する。また、継続して模擬集合体熱湾曲実験の解析を行う。

金属燃料炉心の炉心損傷事故評価は、起因過程における即発臨界超過や事故後の再臨界発生を回避する観点から重要であり、金属燃料の特徴を適切に反映した事象進展を解析する必要がある。国内においても、これまでに金属燃料炉心の炉心損傷起因過程解析コードの開発例はあるが、実験的な検証はほとんど行われていなかった。また、金属燃料の局所的な動的挙動を解析した例はない。ここでは、金属燃料炉心損傷事故解析の定量性向上に向け、過年度に導入した分散燃料のクラスト形成モデルの検証し、その結果に基づき、モデルの高度化を検討する。また、共晶反応評価モデルの更なる高度化に向けて、検証データの拡充を図る。

乾式再処理技術に関しては、2018 年度から CNWG における新たな課題として酸化物燃料の電解還元および乾式再処理で発生する主要な廃棄物の処理に関する技術協力が実施されている。電解還元は、熔融塩化物浴中において酸化物燃料を電気化学的に金属に転換するプロセスであり、これまでに使用済酸化物燃料等を用いた試験において、その原理的な成立性が確認されている。他方、電解還元プロセスの実用化を目指すためには、主要な課題として、高温の熔融塩化物中において優れた耐久性を持つ実用的な酸素発生陽極材料、並びに高い処理速度と効率を実現する電解還元装置の設計が挙げられる。そこで本研究では、効率的な還元反応の進行が期待される電極構造にて、高電流密度においても高耐久性を示す表面酸化金属からなる酸素発生陽極、並びに還元状況把握のためのセンサーを用いた UO_2 の電解還元試験を行い、効率良く還元を実施できることを確認する。また、試験研究の中で電解還元プロセス管理に有用なデータを蓄積していく。

乾式再処理における廃棄物処理技術については、2023 年度までにアルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類、ハロゲン等の複数種の FP 元素を含む模擬使用済塩に A 型ゼオライトを浸漬させる試験を、ゼオライトへの吸着により塩中の FP 濃度が既に低下した状態を含

めて実施し、各 FP 元素の吸着挙動を調べた。その結果、FP 元素のゼオライトへの吸着挙動が共存する他種 FP 元素の影響を受けることが示されたことから、数種の FP 元素が混合する系での FP 吸着挙動モデルを考案すると共に、本モデルに基づいて複数種の FP 元素が混合する系での FP 吸着挙動計算コードを構築し、2025 年度までに本コードの妥当性を検証した。そこで、本モデルの実機での適用性を評価する。更に、使用済塩からの FP 吸着除去方法として期待されているゼオライトカラム方式の性能を明らかにすることを旨し、実機を想定した FP 元素を含む模擬使用済塩を流すゼオライトカラム試験を引き続き実施し、カラム方式の性能評価に向けたデータを蓄積する。

更に、乾式再処理で発生する廃棄物固化体の地層処分時の安全評価に必要な情報の整理結果に基づいて固化体の物性値を取得し、塩廃棄物固化体処分時の課題を検討した結果を取りまとめるほか、塩廃棄物処理主要工程の遠隔操作に対応した機器開発に向けた課題と課題解決アプローチの検討結果も取りまとめる。

このほか、燃料技術の具体化に向けて金属燃料サイクル技術の評価を行うと共に、開発計画を立案するため、金属燃料と炉心の性能・安全性および燃料処理・製造関連設備と施設設計などに関する現状の知見と課題を整理する。

(1) 金属燃料炉心安全性に関する研究

① 炉心湾曲挙動

ビームモデルおよび詳細シェルモデルによる炉心湾曲解析コードによって、2025 年度までに実施した集合体群による炉外 4 層体系の動作確認実験を対象とする解析を実施する。また、2026 年度に実施する集合体群相互作用実験で想定する温度分布による炉心変形解析を行う。

複数の模擬集合体群からなる小規模炉心の熱湾曲挙動データを取得するため、2025 年度までに製作した模擬燃料集合体(以下、試験体)による多層体系熱湾曲相互作用実験を実施する。また、2027 年度以降に実施する多様な温度分布による熱湾曲相互作用実験に向け、ヒータ付き試験体を整備する。さらに、実証規模の炉心体系を見通せる、多数の模擬集合体群熱湾曲試験に向けた検討を継続する。

② 炉心損傷挙動

金属燃料炉心の炉心損傷起因過程解析コードの高度化を継続する。2026 年度は、冷却材流路の共晶に係る評価モデルの開発に関して、2025 年度に導入した分散燃料のクラスト形成モデルの検証のため、公開されている炉外試験等を対象に熔融燃料の移動現象や侵入長等の再現性を確認する。上記の再現性確認結果を踏まえて、CANIS 解析モデルの改良・高度化方針を検討する。

また、共晶反応評価モデルの更なる高度化に向けて、ピン外流動挙動測定試験の追加試験を実施しデータを拡充するとともに、得られた知見を整理し、検討する。

(2) 乾式再処理技術に関する研究

① 電解還元技術開発

電解還元プロセスの実用化を目指すためには、主要な課題として、高温の溶融塩化物中において優れた耐久性を持つ実用的な酸素発生陽極材料、並びに高い処理速度と効率を実現する電解還元装置の設計が挙げられる。酸素発生陽極材料の開発では、Fe や Ni 等の鉄族元素を含む導電性酸化物、および表面を酸化処理した Ni 等の金属材料について、基礎試験により電気化学的特性や耐久性を評価してきた。一方、電解還元装置に関しては、2019 年度に製作した工学規模電解還元試験装置 (kg 規模で UO_2 を使用可) を用いた UO_2 還元試験を継続して実施し、還元速度や電流効率などの観点からスケールアップに伴う改良を行うことで、2024 年度に 1kg の UO_2 粉末を金属に還元した。また、2025 年度は還元状況把握のためのセンサーを用いた還元試験を実施し、装荷試料内部の還元状況をリアルタイムで把握できる見通しを得た。

そこで、2026 年度は効率的な還元反応の進行が期待される電極構造にて、高電流密度においても高耐久性を示す表面酸化金属からなる酸素発生陽極並びに還元状況把握のためのセンサーを用いた UO_2 の電解還元試験を行い、陽極の耐久性、陰極での還元速度を保ちつつ、効率良く還元を実施できることを確認する。また、これらの試験研究の中で電解還元プロセス管理に有用なデータを蓄積していく。

② 廃棄物処理技術開発

FP 吸着挙動計算コードで使用している FP 吸着挙動モデルの実機での適用性を評価する。また、2025 年度に引き続き、実機で想定される FP 元素を含む溶融塩を流すゼオライトカラム試験を実施し、カラム方式の性能評価に向けたデータを蓄積する。このほか、乾式再処理で発生する廃棄物固化体の地層処分時の安全評価に必要と判断された物性値を取得し、シミュレーション解析に基づく塩廃棄物固化体処分時の検討を行った結果を取りまとめる。更に、塩廃棄物処理主要工程の設計検討に向けた調査結果に基づき、高温融体の移送・制御や各工程の遠隔自動化やメンテナンス等の技術を調査すると共に、候補材料選定の検討結果や設備概念の具体化と機能要求に対する適合性の検討結果を取りまとめる。

(3) 金属燃料サイクル技術の課題整理

燃料技術の具体化に向けた金属燃料サイクル技術の評価および開発計画立案のため、金属燃料と炉心の性能、金属燃料炉心の安全性、乾式再処理・電解還元・金属燃料製造の設備と施設設計などに関する現状の知見と課題を整理する。これらの現状知見には、米国との連携 (日米共研 CRADA) による情報や各種公開文献が含まれる。

(4) 報告書の作成

(1)、(2) および (3) の成果を報告書にまとめる。

上記を行うに当たっては、委託者と受託者との間で打合せ等あるいは他の通信手段で連絡をとり、緊密に連携することとする。

5. 実施場所

受託者側実施施設

6. 研究期間

契約締結日～令和9年2月26日

7. 受託者側実施責任者

契約締結時に決定する。

8. 委託者側実施責任者

国立研究開発法人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 高速炉安全設計グループ
研究主幹 深野 義隆

9. 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に適用する環境物品が発生する場合はそれを採用することとする。
- 2) 本仕様に定める提出図書(納入印刷物)においては、グリーン購入法に該当するためその基準を満たしたものであること。

10. 特記事項

- 1) 提出書類の所有権、著作権等、技術情報に係わる権利に関しては別途協議し決定する。
- 2) 受注者は、本契約の実施にあたり、知り得た情報を厳重に管理し、本契約遂行以外の目的で、受注者および下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。
- 3) 受注者は、成果情報を本契約以外のための使用、もしくは第三者への開示を行わないものとする。
- 4) 受注者は、成果情報を学会等で発表、若しくは学会誌等で公開・開示する場合には、いかなる場合においても必ず日本原子力研究開発機構との事前協議を行い、日本原子力研究開発機構による確認を得てから行うこと。
- 5) 本委託研究を実施するために必要とされる受注者所有の解析コードの所有権の日本原子力研究開発機構への移転は求めないものとする。

11. 提出書類

提出書類	提出期限	提出先	部数	備考
研究計画書	契約締結後速やかに	高速炉安全設計グループ	1部	
成果報告書の電子ファイル	研究期間終了時	研究開発推進部 研究協力課	1部	
		高速炉安全設計グループ	1部	エクセル等の数値データを含む