

公募公告

令和8年1月29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

損傷炉心内の冷却材挙動に関する研究

(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、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取引停止を受けている者。

3. 応募要件

- (1) 高速炉の炉心損傷事故での炉心残留燃料の冷却過程で発生する条件を適切に模擬できる試験条件を設定できる技術力を有していること。
- (2) 壁面効果を排除した擬二次元・擬三次元の粒子充填層を適切に製作できる技術力を有していること。
- (3) 粒子充填層における圧力損失やボイド率分布の計測についての十分な技術を有していること。
- (4) 高速カメラを用いた粒子充填層内の微細な流動様式観察についての十分な技術を有していること。
- (5) X線CTや中性子ラジオグラフィーを用いた気液二相流のボイド率分布の計測についての十分な実績と技術を有していること。
- (6) 液体金属を用いた粒子充填層内気液二相流試験の実施と流動様式の可視化を含めた各種物理量の計測についての十分な技術を有していること。
- (7) 液体金属ナトリウムが用いられる高速炉の実機における流動条件と試験条件の差異について、その影響がどのような外挿性を持つのかを適切に分析できる技術力を有していること。
- (8) 粒子充填層内の気液二相流の圧力損失についてのLipinskiモデルや界面抗力項についての十分な知識を有していること。
- (9) SIMMERコードに実装されている運動量交換関数や抵抗係数や混合粘性モデル等のモデル式、流動様式によるそれらの切り替え、その妥当性確認実績、モデルパラメーターの変更が及ぼす影響等についての十分な知識を有していること。

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の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9日（月）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（総

合評価落札方式)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 大内 菜緒子

TEL: 080-7110-8274

実施計画書

1. 委託研究題目

「損傷炉心内の冷却材挙動に関する研究」

2. 委託研究の目的

本研究は、ナトリウム冷却高速炉における炉心損傷事故の炉容器内終息(IVR)達成に大きな影響を与える損傷炉心物質の冷却材挙動を対象として実施するものである。

ナトリウム冷却高速炉の設計検討においては、現在、再臨界が発生する可能性を回避するための炉心損傷事故対策の有効性が確認されてきている。炉心損傷事故の発生時には、溶融した炉心燃料が炉心領域外に排出され、原子炉容器下部プレナム内のナトリウムによって冷却される可能性が高いが、IVR 達成のためには、炉心に残留した燃料を安定的・継続的に冷却することが必要である。

炉心に残留した燃料の周囲は、前段の起因過程や遷移過程における炉心燃料の発熱冷却材のナトリウムが蒸発しボイド化していることが想定されるが、周囲のプレナム領域などでナトリウム蒸気が凝縮することにより炉心への冷却材の再流入が発生し得る。この際に、高温の炉心残留燃料により冷却材が沸騰し、それによる気液二相流が炉心内に形成される可能性が高い。炉心残留燃料は、溶融燃料が冷却材に触れた際に発生する熱的相互作用(FCI)により生成される粒子状の燃料の他、炉心損傷事故の起因過程において印加されたボイド反応度による過出力により破碎し粒径が細かくなっていることも想定され、そのようにして形成された粒子充填層を通過する気液二相流の圧力損失やボイド率分布が、炉心残留燃料を安定冷却する上で重要な要因となっていることが、これまでに行った、実機を対象にしたパラメータ解析により示されている。

そこで本研究では、粒子状の炉心残留燃料を含む損傷炉心内における気液二相流挙動の把握を目的とし、粒子充填層における気液二相流の圧力損失等を測定する基礎的な実験と、その実験結果の分析や評価を複数年かけて行う。これにより、受託者の有する実験技術により取得した実験的知見に基づき、炉心損傷事故の評価手法を整備することができる。

令和 6 年度は、空気一水系での粒子充填層の圧力損失測定試験などを行い、既存のモデル式との比較検討を行った他、高速カメラを用いた流動様式測定を行った。

令和 7 年度は、前年度の結果を受けて、粒子充填層の圧力損失の相関式を SIMMER の運動量交換関数へ実装するための検討を行った他、実機模擬性を向上させるための液体金属を用いた試験を開始した。

令和 8 年度(今年度)は、昨年度までの成果を踏まえて、液体金属を用いた試験

に加えて、相変化を伴う体系での空気－水体系での粒子充填層の流動試験を行う他、SIMMER コードへの実装のための検討を行う。

3. 委託研究の範囲

- (1) 空気－水体系での基礎的な試験と分析
- (2) 実機評価を目的とした体系での試験と分析
- (3) 圧力損失相関式の SIMMER への実装検討

4. 委託研究の内容

(1) 空気－水体系での基礎的な試験と分析

固体粒子の充填層に対して気液二相流を流動させる試験を行い、ボイド率分布や圧力損失といった気液二相流データを取得する。本試験の実施にあたっては、まず既往の実験データが存在する条件での測定を行い、その再現性を確認することで実験装置および手法の健全性を検証する。その上で、得られた結果から、気液相流速、ボイド率分布、粒子径および配管径などのパラメーターが流動特性に及ぼす影響を分析する。あわせて、Lipinski モデルなど既存のモデルとの比較検討を行うことで、データの妥当性と特性を評価する。

試験条件となる気液相流速については、既往の実機解析結果を反映し、実機で発生し得ると想定される範囲を含む設定とする。ここで、粒子径は圧力損失等に支配的な影響を与える重要な因子である。そのため、高速炉燃料ペレットの初期状態の相当直径に加え、実機での過出力時の破碎により生成される比較的小さな粒子径についても試験対象とする。なお、充填層内では圧力損失が大きいため、流れ方向の圧力変化が無視できない。したがって、気相の膨張(体積・流速の増加)を考慮し、測定区間における妥当な評価値を求めるためのデータ補正や補完を行う。

(2) 実機評価を目的とした体系での試験と分析

実機における炉心損傷事故時の冷却材挙動を評価するためには、前項の空気－水体系に加え、冷却材の沸騰現象や液体金属特有の物性の影響を考慮する必要がある。そこで本項目では、より実機模擬性の高いデータを取得し、評価手法の適用性を検証する。

まず、相変化を伴う流動挙動への影響を調査するため、誘導加熱により粒子を発熱させる体系での試験を行う。実機では冷却材の沸騰に伴い、気相体積の急激な増加や、それによる浮力上昇などの駆動力が生じるほか、温度上昇により表面張力などの物性値も変化する。これらの相変化や物性変化が圧力損失やボイド率分布に与える影響を定量的に把握する。あわせて、実機冷却材であるナトリウムの流動特性を模擬するため、液体金属を用いた気液二相流動試験を実施する。不透明な

液体金属内の挙動把握には中性子ラジオグラフィを適用し、圧力損失やボイド率分布データを取得する。

最終的に、これらの試験結果に基づき、空気－水系で得られた知見や実験相関式が、沸騰や液体金属を含む実機体系に対してどの程度の一般性や外挿性を持つかを検討する。これにより、流体物性や相変化の影響を含めた各種パラメーター依存性を明らかにし、実機解析において妥当性を持つ実験相関式の構築を行う。

(3) 圧力損失相関式の SIMMER への実装検討

これまでの実験研究およびモデル式との比較検討の結果から、Lipinski 型モデルを用いることにより、粒子充填層内の気液二相流圧力損失を精度良く評価できる見通しが得られている。特に、デブリベッド内の気液二相流動に関しては現在の SIMMER コードの圧力損失モデルよりも高精度な計算が可能であると考えられる。そのため、SIMMER の解析精度向上を目的として、圧力損失計算モデルの改良を行う。

令和 7 年度は、Lipinski 型モデルを SIMMER に実装するにあたり、問題となり得る点について整理し、関係者との議論を行った。その結果、(デブリ) 粒子が運動している状態においては Lipinski 型モデルの実装に課題が残ることが分かったが、粒子が静止している状態においては、Lipinski 型モデルを SIMMER に実装して適切な計算を行うことが可能である見通しを得た。令和 8 年度は、実際に SIMMER に Lipinski 型モデルを実装するためのプログラミング検討を行う。

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

大洗原子力工学研究所 高速炉研究開発部 原子力工学安全工学グループ
マネージャー 松場 賢一

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. 添付書類

提出書類一覧表(別紙1)

(別紙1)

提出書類一覧表

| 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 | 高速炉研究開発部 原子炉安全工学グループ | 1部 | |
| 成果報告書 | 研究期間終了時 | 研究開発推進部 研究協力課 | 1部 | |