

公募公告

令和 7 年 5 月 2 3 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 7 6 5 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 8 年 2 月 2 7 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、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) 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。
- (7) 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や、流動様式によるそれらの切り替えや、その妥当性確認実績や、モデルパラメーターの変更が及ぼす影響についての十分な知識を有していること。
- (8) 液体金属ナトリウムを用いた高速炉の実機における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。

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7年6月6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（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排除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、熔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・継続的に冷却でき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、熔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可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できるかどうかにおいて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。

3. 委託研究の範囲

- (1) 気液二相流動試験データの取得
- (2) 解析コードへ実装する実験関連式の構築
- (3) 実機解析への適用性の確認

4. 委託研究の内容

(1) 気液二相流動試験データの取得

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。試験条件となる気相流速や液相流速については、これまでに行った実機解析で得られた結果を反映し、実機で発生することが想定される範囲を含んだものとする。ここで、粒子径は圧力損失等に大きな影響を与える重要なパラメータであることから、高速炉の燃料ペレットの初期状態の相当直径だけでなく、実機での過出力時の破碎により生成が想定される比較的小さな粒子径についても、試験での調査の対象とする。

なお、粒子充填層においては一般に、壁面近傍の空隙率が大きくなるが、これまでの解析において、その空隙率分布がボイド率分布や圧力損失に大きな影響を及ぼすことが分かっているため、壁面近傍の領域の影響を考慮した実験手法の検討あるいは実験結果の整理を行う。ここで、粒子充填層内では、圧力損失により絶対圧力が大きく低下し、それにより気相体積と気相流速が増加するため、測定部分におけるそれらの妥当な値を求めるため、必要に応じて内挿補完などを行う。

(2) 解析コードへ実装する実験関係式の構築

これまでの本委託研究での試験結果の整理には、気相流速や液相流速に基づき粒子充填層内気液二相流での圧力損失を評価できる Lipinski の式が使用されてきた。炉心損傷事故の解析に使用される SIMMER コードでは、指定した連続相と分散相の間の相対速度に基づき運動量交換関数を算出する Ishii-Zuber の式が使用されており、固定された粒子充填層だけではなく、粒子が流動する状況を含め、任意の連続相・分散相の速度における運動量交換関数を算出できる。そのため、SIMMER コードに対して、本研究での粒子充填層の試験データの整理結果を反映することができるのかどうかについて検討を行う。

これまでの試験解析においては、流動様式の変化によって圧力損失が大きく変化することを確認している。そのため、圧力損失等を評価するためのモデルを解析コードに組み込むにあたっては、流動様式の適切な判定が必要である。SIMMER コードにおける運動量交換関数においては、界面積濃度が考慮されており、その界面積濃度は、一般に流動様式に大きく依存することが知られている。しかしながら、単純な体系を除くと界面積濃度の実測データはほとんどなく、界面積濃度の実験式の検証は困難である。そのため、これまでの研究で得られた、粒子充填層内の微細な領域での気液界面の可視化の成果と圧力損失測定結果などから、界面積濃度を陰に含んだ形で運動量交換関数へと反映させる手法についても検討を行う。なお、流動様式の切り替えにより圧力損失の変化が不連続とならないよう留意する。

(3) 実機解析への適用性の確認

実機体系においては高温の液体金属ナトリウムが使用されるため、これまでの空気－水系の試験結果がどの程度の一般性や外挿性を持って実機体系に適用できるのかについて検討を行う。そのために、密度や粘性や表面張力といった物性の異なる流体を用いた試験を行って試験データを取得する、あるいは、そのような流体を用いた試験の結果を参照するなどする。それにより、試験での混相流挙動がそれらの流体の物性を含めた各種のパラメーターにどのように依存するのかを調査し、それらのパラメーター変化に対して一般性を持ち、かつ実機解析への適用に際しても妥当性を持った実験関連式の構築に向けて検討を進める。

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8年2月27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	