

令和 8 度 先進的な二相流計測技術開発のための請負作業

仕様書

1. 一般仕様

1.1. 件名

令和 8 年度 先進的な二相流計測技術開発のための請負作業

1.2. 目的および概要

日本原子力研究開発機構（原子力機構）安全研究センター熱水力安全研究グループでは、(I)電気インピーダンストモグラフィ法(Electrical Impedance Tomography; EIT)、(II)定温度流速計(Constant Temperature Anemometry; CTA)用の二相流計測装置の開発およびそれらを用いた計測手法の高度化を目的とした研究を行っている（関連契約番号：0602C04412, 0702C02954）。本契約に基づく業務ではこれら二つの計測手法について、原子力機構が所有している装置を調整し、それらを用いた計測を行ってデータを採取することを目的とする。また (I)については機械学習により、計測データを入力とした気相率の推定を行う。

1.3. 作業実施場所

- ・ 原子力機構 原子力科学研 安全研究センター 安全研究棟
- ・ 原子力機構 原子力科学研 安全基礎工学試験棟
- ・ 原子力機構が定める場所（受注者の事業所）

1.4. 納期

令和 9 年 2 月 26 日（金）

1.5. 作業内容

- I. EIT による気相率推定
- II. CTA に関する調査・液相計測
- III. 報告書の作成

作業内容の詳細については 2 節で説明する。

1.6. 業務に必要な資格等

無し

1.7. 支給品及び貸与品

本契約業務を遂行するにあたり、発注者である原子力機構は受注者に以下の実験装置を貸与する。

- (1) EIT 計測装置（二相流校正ループを含む）および計測データ（ダミーデータを含む）
- (2) CTA 計測装置
- (3) オシロスコープ
- (4) 高速データ収録装置 EDX-3000

1.8. 提出物

1.8.1. 提出図書等

提出物	確認	期限	部数
工程表	要	契約後速やかに	1 部
作業報告書	要	納品時	1 部
作業報告書の電子データ	不要	納品時	1 式
計測データ、機械学習データ (電子データ)	不要	納品時	1 式
個別報告資料 (電子データ)	要	その都度 (原子力機構の要求に応じて)	1 式
打ち合わせ議事録	要	その都度 (原子力機構の要求に応じて)	1 部

※電子データは DVD もしくは CD に収録して提出すること。

1.8.2. 報告書様式

- ・ 作業報告書は、ワードプロセッサ (MS Word) を使用し、ページ寸法は A4 を原則とする。Word ファイル及び PDF ファイルを提出すること。
- ・ 個別報告資料 (2 節を参照) は自由形式とするが、原子力機構担当者の同意を得ること。

1.8.3. 提出場所

安全研究センター 熱水力安全研究グループ

1.9. 検収条件

1.8 に定める提出物が全て納入され、その内容が本仕様書の記載事項に合致していることを原子力機構が承認した時点で検収合格とする。

1.10. 適用法規・規格基準

労働安全衛生法

1.11. 特記事項

作業内容の細部については、原子力機構担当者と事前に十分に打ち合わせる事。

1.12. 産業財産権等

この業務により作成された目的物 (上記提出図書等に定める報告書等) に係る著作権その他の目的物の使用、収益及び処分 (複製、翻訳、翻案、変更、譲渡・貸与及び二次的著作物の利用を含む) に関する権利は原子力機構に帰属するものとする。

1.13. 機密保持

受注者及び作業担当者は、本業務の実施に当たり、知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂

行以外の目的で、受注者、下請会社等の作業員を除く第三者への開示又は提供を行ってはならない。

1.14. 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（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様書に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.15. 協議

本作業を円滑に遂行するため、定期的に協議・打合せするものとする。この協議・打合せの主要な内容は議事録として、次回の協議等までに提出すること。また、作業において問題が生じた場合、受注者は遅滞無く原子力機構に報告し、両者の協議により対策を決めることとする。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、原子力機構と協議のうえ、その決定に従うものとする。

1.16. 検査員

- (1) 一般検査 管財担当課長

2. 技術仕様

2.1. 実施作業

受注者は以下の I-II に含まれる各項目の作業を行い、原子力機構担当者が同意した形式（Word, Power Point, Excel 等）の個別報告資料を作成する。個別報告資料は、原子力機構担当者が同意すれば一つの項目について複数ファイルに分散していてもよい。採取した計測データや機械学習に関するデータはその都度、電子データとして提出する。データ形式は原子力機構担当者と協議のうえ決定する。また、項目 III に従って総合報告書を作成する。

I. EIT による気相率推定

- (1) 原子力機構が所有する二相流校正ループと EIT 計測装置のメンテナンスと動作確認を兼ねたデータ採取を行う。動作確認は、ボイド率が制御された円筒管内二相流に対する電位パターンを計測することで行う。数十秒間程度の連続計測を行い、多数回の計測電位パターンを含む時系列データを採取する。一ケースのボイド率設定について行えばよい。
- (2) これまでに採取した計測電位データ（契約番号:0602C04412, 0702C02954）を入力として、流路断面内の時空間平均気相率の推定を行う。推定には機械学習（ニューラルネットワーク；NN）を用いる。以下の点に注意すること：
 - 最適な NN の構成を設計するために、生成 AI を補助ツールとして用いてよい。ただし、その際には実計測データではなくダミーデータを用いること。ダミーデータは原子力機構が準備する。EIT 用計測電位データの特徴を十分に反映した NN 構成を設計することが求められる。
 - 設計した NN を用いて、実計測データによる学習と推定を行う。学習と推定には TensorFlow などの実績があるオープンソースを用いること。
 - 学習と推定過程では、特に分極対策の有無と内部電極の有無による正解率や学習効率への影響に着目している。分極対策の有無（2 ケース）と内部電極有無（2 ケース）とを組み合わせ、全 4 ケースについての推定を行い、成績を比較すること。
 - 個別報告資料には、生成 AI とのやり取り、構築した NN、学習・推定結果（正解率や学習効率、その他指標）についてまとめること。満足できる正解率が得られなかった場合、その原因や改善案について記載すること。また、NN 以外の学習モデルについても調査を行い、適用性を検討すること。特に NN の設計は、原子力機構と十分に議論しながら進めること。

II. CTA に関する調査・液相計測

CTA として熱フィルムプローブを用いて二相流を計測する際、気相と液相の熱伝達率の違いに起因し、特に高ボイド率の条件において制御が間に合わずプローブの熱的損傷が発生する可能性がある。また、二相流のボイド率増加に伴って出力電圧信号が上昇し、計測レンジを超える場合がある。この 2 点を念頭に、CTA に対して以下の項目を実施する。

- (1) 厳密なボイド率設定ができる二相流装置において CTA 実験を行うための CTA システム調整を含む実験準備を行う。
- (2) 10%程度の間隔でボイド率を設定し、各ボイド率における電圧信号データを採取し、プローブが破損しないボイド率を検討する。また、同じボイド率において、熱フィルムプローブの設定加熱度を変え、設定加熱度の影響を調査する。データ採取前に、条件に合わせて出力電圧が計測レンジを超えないよう、CTA 制御装置の調整を行う。なお、データ採取に必要な機器は原子力機構が貸与する。

- (3) 実験作業中に CTA 制御装置の不具合や故障が発生した場合には、受注者は CTA 制御回路の補修を行い、都度、原子力機構担当者に報告し、協議すること。なお、実験中の予期せぬ事象により熱フィルムプローブが使用できない場合、原子力機構所有の代替熱フィルムプローブ等を使用し CTA 実験作業を行うこと。

III. 報告書の作成

I-II の一連の作業についての総合報告書を作成する。総合報告書は、I-II の各項目についての個別報告資料をその都度作成しておき、それらの目録としてもよい。