

高温ガス炉用炉心解析システム ARCANUM の高速
化及び構成するコード群のシステム化

仕様書

令和 7 年 12 月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力基礎工学研究センター

炉物理・熱流動研究グループ

1. 件名

高温ガス炉用炉心解析システム ARCANUM の高速化及び構成するコード群のシステム化

2. 目的

当グループでは現在、高温ガス炉の実証炉の炉心設計に資するため、高温ガス炉用炉心解析システム ARCANUM を開発している。ARCANUM は、名古屋大学が開発している Characteristics 法を用いた中性子輸送計算コード GENESIS を中核とした格子計算部と、新たに作成した三角メッシュの S_N 法及び拡散計算法を用いた炉心核計算コード (ARCANUM-core) を中核とした炉心計算部に分類される。令和 7 年度までに格子計算部及び炉心計算部の主な機能を実装した。R8 年度は、(1)ARCANUM-core の高速化と、(2)簡易な入力による高温ガス炉の炉心計算を実現するための ARCANUM を構成するコード群のシステム化、(3)ARCANUM の検証のための全炉心燃焼計算を行う。

そこで本作業では、この三つの作業を実施する。

3. 作業内容

3.1 ARCANUM-core の高速化

高温ガス炉の実証炉の炉心設計に適用できるように、ARCANUM-core を高速化する。炉心計算の計算時間としては、令和 6 年度に実施した高温ガス炉の炉心核計算コードに求められる要件調査の結果より、下記の条件で、1 サイクルの計算で 1 日程度を想定している。しかし、現在の ARCANUM-core は並列化に対応しておらず、この計算時間を達成できない。そこで ARCANUM-core の高速化に取り組む。具体的には、ARCANUM-core のアルゴリズムを見直して高速化を行うと共に、OpenMP を用いた並列化に取り組む。

表 1 高温ガス炉設計計算での解析条件

計算手法	S_N 法
エネルギー群数	25~40 群
軸方向分割数	20 程度
燃料要素内径方向分割数	96 程度
燃焼ステップ	20 ステップ (Predictor-Corrector 法考慮)

3.2 ARCANUM を構成するコード群のシステム化

簡易な入力で高温ガス炉の炉心計算を実現するため、ARCANUM の炉心計算部を簡易な入力で自動実行できるようにシステム化する。具体的には、軽水炉の炉心解析コードと同様の簡易な入力でガス炉の全炉心燃焼計算を実行する。まず、格子計算部で整備した断面積テーブルから必要な条件で断面積を内挿し、得られた断面積で炉心計算を行う。また、炉心計

算結果を用いて、必要な燃焼度・燃焼ステップまで Predictor-Corrector 法を用いた燃焼計算を行う。

入力形式については、例えば ORNL の PARCS コードのように、燃焼集合体の配置と制御棒位置、出力、流量、燃焼期間などの入力を与えることを想定している。なお、入力形式の詳細や実装方法については原子力機構担当者と協議の上、決定する。

3.3 ARCANUM の検証のための全炉心燃焼計算の実施

ARCANUM の動作確認として、HTTR 相当の高温ガス炉全炉心体系を対象に、燃焼計算を実施する。なお、フィードバック計算や核熱連成計算などは行わない。本計算によって得られた各燃焼ステップでの実効増倍率の推移を MVP-BURN 及び北海道大学が開発している炉心解析コード CBZ を用いて計算した結果(参照解)と比較する。また、参照解については原子力機構担当者が提供する。

3.4 備考

システムの作成条件は下記の通りである。

- C++11 以降の規格に準拠すること。また、Boost ライブラリや Blitz ライブラリを使用する場合は原子力機構担当者と協議すること。
- 作成した炉心核計算コードは Linux (Ubuntu 22.04 LTS) 上で GCC コンパイラを用いてコンパイルし、動作できるようにすること。
- 様々な環境下でコンパイルすることを想定し、コメント文については、全角は避けること。

4. 貸与品

本作業を行う上で必要な以下の報告書等の電子データを必要に応じて貸与する。なお、引き渡し方法はオンラインストレージもしくは DVD 等のメディアの送付とする。

- 令和 6 年度に実施した高温ガス炉の炉心核計算コードに求められる要件調査の報告書(成果図書)
- MVP-BURN 及び CBZ を用いて計算した HTTR 相当の高温ガス炉全炉心燃焼計算結果
- 高温ガス炉用炉心解析システム ARCANUM のソースファイル一式

5. 提出図書

提出図書は、表 2 に示す。なお、重要と思われる事項については、事前に原子力機構の確認を受けるものとする。

表 2 提出図書一覧

No	項目	様式	提出部数	提出期限
1	報告書	受注者	2部	作業終了後速やかに
2	報告書電子データ	受注者	1部	作業終了後速やかに
3	ソースファイル	受注者	1部	作業終了後速やかに
4	入出力ファイル	受注者	1部	作業終了後速やかに
5	打ち合わせ議事録	受注者	1部	作業終了後速やかに

・ No.1、No.3、No.4については、事前に原子力機構が確認を行うものとする。

6. 作業の進捗報告

受注者は、対面、ビデオ会議システム、電話、電子メール等を利用して、一か月毎を目安に発注者に対して作業の進捗状況の報告を行う。報告内容については、必要に応じて受注者が議事録を作成し、二週間以内に提出する。

7. 納期

2027年2月26日

8. 提出場所

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 第2研究棟 213号室

9. 検査員及び監督員

検査員

(1) 一般検査 管財担当課長

監督員

(1) 納品物点検 原子力基礎工学研究センター 炉物理・熱流動研究グループ 多田 健一

10. 検収条件

納入された物品が「5. 提出図書」に記載の通りであることの確認並びに、原子力機構担当者が仕様書の定める業務が実施されたと認めた時をもって作業を完了したものとする。ただし、納入後1年以内に納提出図書に欠陥が発見された場合には、提出図書を無償で訂正するものとする。

11. 特記事項

- a) 受注者は、本作業で得られた情報を発注者に無断で第三者に漏らしてはならない。また、論文に発表してはならない。
- b) 疑義が生じた際にはその都度原子力機構担当者と協議するものとする。

以上