

高温ガス炉水素製造システム
動特性解析コードの整備方針の作成及び整備作業

仕様書

令和6年7月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

エネルギー研究開発領域

高温ガス炉プロジェクト推進室

H T T R－熱利用試験準備グループ

目 次

I 一般仕様

1. 件名	1
2. 目的及び概要	1
3. 作業実施場所	1
4. 納期	1
5. 作業内容	1
6. 試験・検査	2
7. 業務に必要な資格等	2
8. 支給物品及び貸与品	2
9. 提出書類	2
10. 検収条件	2
11. 適用法規・規程等	2
12. 特記事項	3
13. 総括責任者	3
14. 検査員及び監督員	3
15. 産業財産権等	3
16. グリーン購入法の推進	3
17. 協議	3
18. その他	3

II 技術仕様

1. コード設計	4
2. コード改良方針	5
3. プログラミング及び試解析	5
4. 報告書の作成	5
参考文献	6

添付資料

- 別添 図 1 高温ガス炉水素製造システムの系統概念図の例
- 別添 図 2 RELAP コードと HAMBAC コードの取合い境界
- 別添 図 3 RELAP5 コード－HAMBAC コード間の取合い情報

I. 一般仕様

1. 件名

高温ガス炉水素製造システム動特性解析コードの整備方針の作成及び整備作業

2. 目的及び概要

本仕様書は、日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）エネルギー研究開発領域高温ガス炉プロジェクト推進室HTTR-熱利用試験準備グループが推進するプラントシミュレータの整備作業を受注者に請け負わせるための仕様について定めたものである。

原子力機構では、HTTR-熱利用試験及び将来的な高温ガス炉-水素製造システムの試験計画の立案のため、プラント過渡挙動を評価可能なプラントシミュレータの整備を進めている。これまで、高温ガス炉特有のヘリウム熱流動に係る評価モデルを追加したRELAP5/MOD3 コード（以下「RELAP5 コード」という。）と水素製造施設内に設置される水蒸気改質器での化学反応を考慮した熱物質収支解析コード HAMBAC の連成解析コードシステム（以下「接続コード」という。）を構築した。しかし、当該接続コードは、HTTR-熱利用試験施設の過渡解析に必要な以下の機能が搭載されていないという課題がある。

- ・ 取扱える非凝縮性ガス種類数が5種類と少ないこと。
- ・ 配管破断等に伴う流れ場の変動を適切に評価できないこと。

本作業では、当該接続コードに HTTR-熱利用試験施設の過渡解析に必要な機能を搭載するため、当該接続コードの改良に係るコード設計を行うとともに、非凝縮性ガス種類数の拡張に対して解析コードの改良及び試解析を行う。

3. 作業実施場所

受注者側実施施設

4. 納期

令和7年3月18日（火）

5. 作業内容

- (1) コード設計
- (2) プログラミング案の提案
- (3) プログラミング及び試解析
- (4) 報告書の作成

6. 試験・検査

該当なし

7. 業務に必要な資格等

該当なし

8. 支給品及び貸与品

(1) 支給品

なし

(2) 貸与品

- ・ RELAP5-HAMBAC 接続コードのソースファイル
- ・ RELAP5-HAMBAC 接続コードの関連資料
- ・ 試解析用データ

9. 提出図書

- | | | |
|--|--------------|-----|
| (1) 工程表 | 契約後速やかに | 2 部 |
| (2) 業務従事者等の経歴 | 契約後速やかに | 1 部 |
| (契約先の資本関係及び役員情報、本契約の実施場所、従事者の所属・専門性(情報セキュリティに関わる資格・研修等)、実績及び国籍についての情報を記すこと。) | | |
| (3) 委任又は下請負届 (原子力機構指定様式) | 作業開始 2 週間前まで | 1 部 |
| (4) 報告書 (A4 バインダー製本) | 期間内 | 3 部 |
| (5) 報告書 CD-R | 期間内 | 1 式 |

提出先：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

エネルギー研究開発領域 高温ガス炉プロジェクト推進室

H T T R - 熱利用試験準備グループ (大洗駐在)

10. 検収条件

「9. 提出図書」に定める提出品が全て提出され、仕様書に従い作業が実施されていることを原子力機構が確認した時をもって検収とする。

11. 適用法規・規定等

なし

12. 特記事項

なし

13. 総括責任者

なし

14. 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) 高温ガス炉プロジェクト推進室 HTTR-熱利用試験準備グループ員

15. 産業財産権等

該当なし

16. 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) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）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。

17. 協議

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関して疑義が生じた場合は、原子力機構と協議の上、その決定に従うものとする。

18. その他

- ・ 受注者は発注者と緊密な連絡を取りつつ作業を行うこと。原子力機構が必要と認めた場合には随時技術打ち合わせを行うこと。
- ・ 受注者は原子力機構から貸与される技術情報を第三者に提供するときには、事前に原子力機構の承認を得なければならない。
- ・ 貸与品（使用許可品）に関しては本契約以外での使用は、受注者が予め書面による許可を求め、原子力機構の承認を得なければならない。

II. 技術仕様

本作業では、原子力機構が貸与する RELAP5-HAMBAC 接続コードのソースファイルを用いること。RELAP5-HAMBAC 接続コードでは、ヘリウム熱交換型水蒸気改質器の熱物質収支解析コード HAMBAC コード及び軽水炉の過渡解析が可能な RELAP5 コードが接続され、ヘリウム熱を用いた水蒸気改質反応の計算が可能である。

1. コード設計

接続コードにおける非凝縮性ガス種類数の拡張及び配管破断等に伴う流れ場の変動を適切に評価するためのコード改良を反映したコード設計を行う。

図 1 に高温ガス炉水素製造システムの系統概念図を示す。水素製造を実施する水蒸気改質器は、高温ガス炉の熱を用いて水素を製造する反応器である。この触媒層では、化学反応によって熱物質収支が変化するため、過渡解析を実施するにあたり、化学反応速度を考慮した計算が HAMBAC コードにて実施される。

図 2 に改質器取合い境界、図 3 に取合い情報を示す。改質器へ接続される配管内の流体情報は、RELAP5 コードにて解析が行われる。改質器出入口にて、圧力、温度、流量及び組成を HAMBAC コードと取り合うことでデータの接続がなされる。水蒸気改質器では、反応に使用される原料ガスや生成ガスの他、起動停止に使用される窒素ガス、さらには反応器を加熱するためのヘリウムガスが流れる。

接続コードにおける改良点及び作業項目を以下に示す。

(1) 改良点

a. 非凝縮性ガス種類数の拡張

接続コード内の RELAP5 コードにおいて、同時に使用可能な非凝縮性ガス種類数を 5 種から 10 種へと拡張すること。追加されるガスは、HAMBAC と取合い、水蒸気改質器及び前後の配管内の熱物質収支計算にて取扱えるようにすること。

b. HAMBAC コード内の移流評価に係る基礎方程式の改良または再構築

接続コードは、水蒸気改質器内の熱物質収支変化を考慮し、定常解析及び流体や熱構造体の状態量の瞬時変化等の過渡変化（例えば、配管破断のような、流れ場の急激な変動）に対して、安定的（かつ高精度）に過渡解析を行うことができるようにすること。計算にあたり、HAMBAC コード内の移流評価に係る基礎方程式の改良または再構築を実施し、流れ場の変動に対する評価の精度を向上させること。具体的には接続コード内に対して、以下の改良を行う。

- ① 保存式を解くことで圧力分布を解くこと。
- ② ①で得られた圧力分布から流量分布を解くこと。
- ③ ②で得られた流量分布を用いて、風上差分法によるガス成分の移流評価を行うこと。

(2) 作業項目

- 接続コードにおける RELAP5 コードや HAMBAC コード等の取合いを表したコード体系を作成する。
- RELAP5 コード及び HAMBAC コード間に取り合うデータを整理し、その一覧表を作成する。
- 接続コードの制御に必要なインプット情報を整理し、当該インプット情報を読み込むための入力ファイルのフォーマットを提示する。

2. コード改良方針

「1. コード設計」で整理したコード設計内容を基に、改良すべきサブルーチンごとの改良箇所及び改良方針をまとめる。複数の改良方針が想定される場合は、複数案の改良方針を提示してもよい。

3. プログラミング及び試解析

「1. コード設計」(1)改良点の項目「a. 非凝縮性ガス種類数の拡張」に対して、実装に向けたプログラミングを行う。「2. コード改良方針」で示したコード改良方針を基に、貸与した接続コードを改良する。「b. HAMBAC コード内の移流評価に係る基礎方程式の改良または再構築」は、本作業では実施しないものとする。

作成した改良コードを使用して水素製造の起動停止の試解析を行い、炉外技術開発試験の計測データと比較すること。なお、試解析の条件及び炉外技術開発試験の計測データは原子力機構が提示する。

4. 報告書の作成

前項までの作業内容をまとめた報告書を作成する。報告書の文章は Microsoft Word、図面については Microsoft Excel（いずれも Windows 版）、あるいは同等互換のあるソフトで作成すること。報告書には以下を含めること。

- 接続コードにおける RELAP5 コードや HAMBAC コード等の取合いを表したコード体系図
- 接続コードのプログラムツリー
- 接続コードにおける RELAP5 コードと HAMBAC コードの計算時間同期（進行）方法を表した概念図
- 接続コードの使用方法や入力ファイル及び出力ファイルを説明したマニュアル
- 接続コードで新たに追加した入力データをまとめた表
- 接続コードで新たに追加したプログラムのソースコード
- 接続コードに新たに追加したサブルーチンの名称及び機能をまとめた表
- RELAP5 コード及び HAMBAC コードのサブルーチンの内、改良したものに関して、プログラムの改良内容をまとめた表

— RELAP5 コード及び HAMBAC コード間で取り合うデータをまとめた表

参考文献

- [1] 稲葉良知 他「HTTR 熱利用系炉外技術開発試験 熱物質収支解析コードの開発」JAERI-Data/Code 99-009 (1999)
- [2] 大橋弘史 他「天然ガスの二酸化炭素改質反応に関する研究」JAERI-Research 2000-058 (2000)

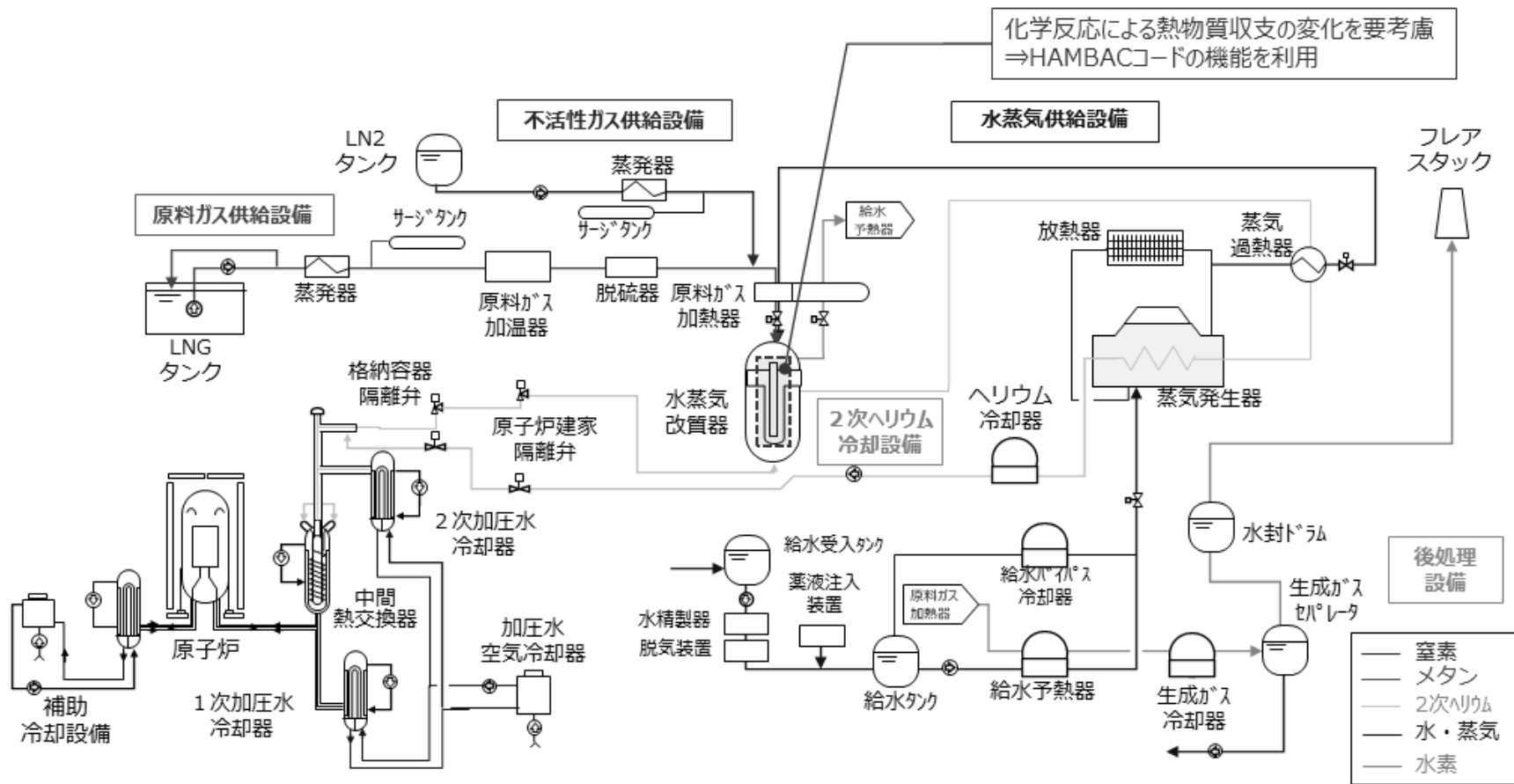


図1 高温ガス炉水素製造システムの系統概念図の例

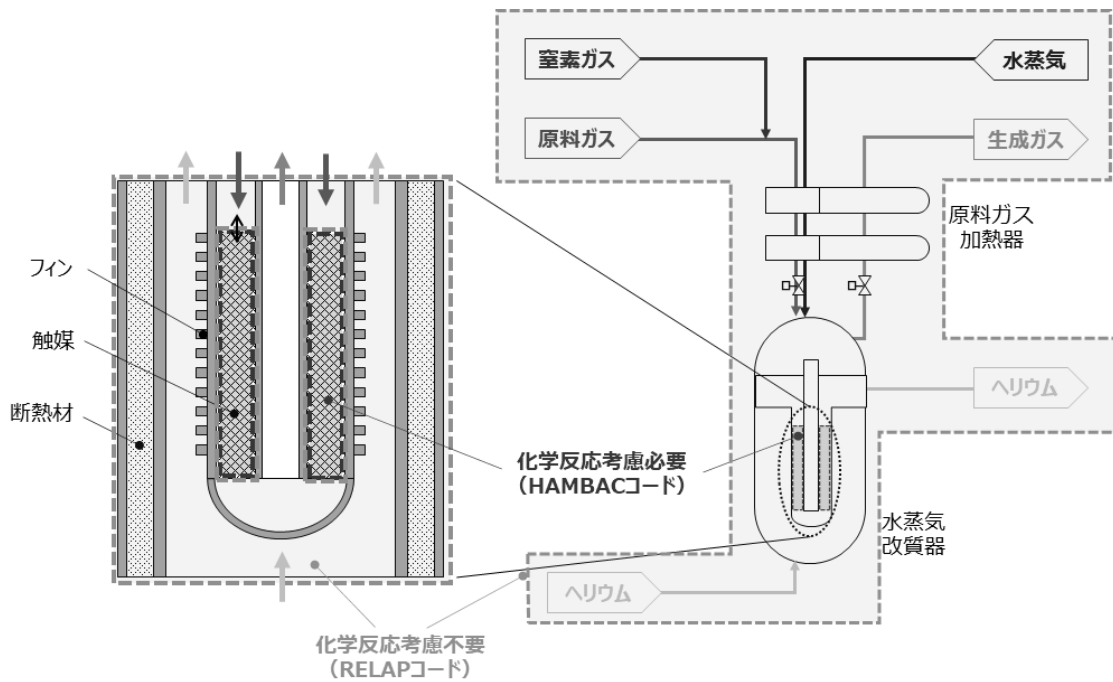


図2 RELAPコードとHAMBACコードの取合い境界

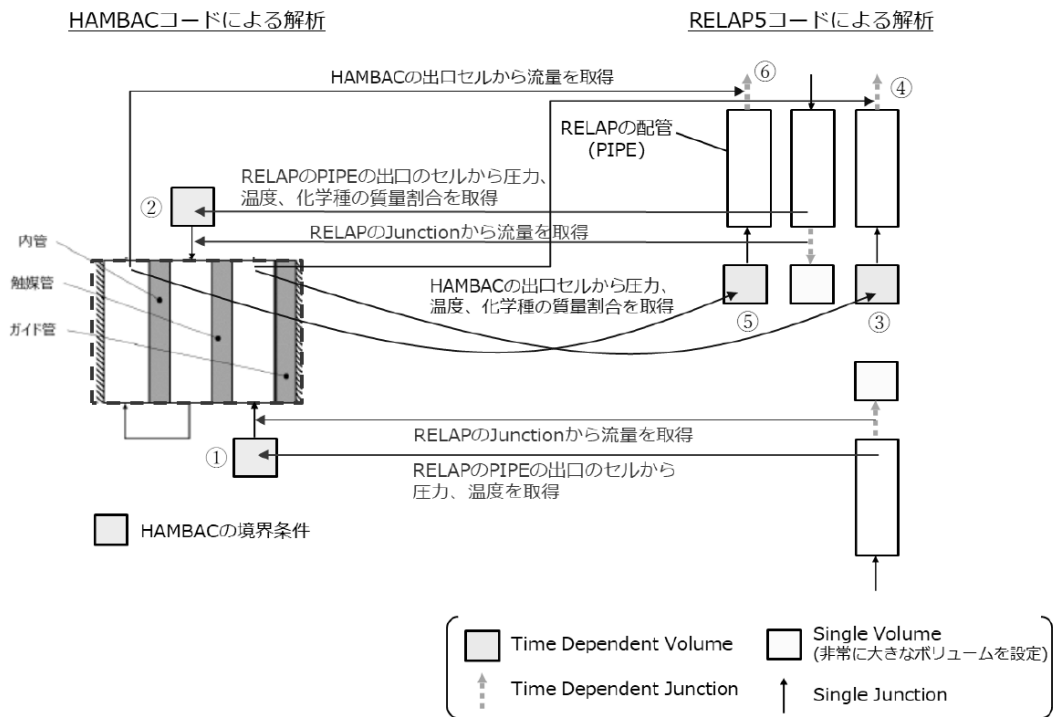


図3 RELAP5コード-HAMBACコード間の取合い情報