

核融合炉構造材料の規格化に係る
照射後試験技術の整理と課題分析

仕様書

令和 8 年 8 月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
六ヶ所フュージョンエネルギー研究所
核融合炉材料研究開発部
核融合炉構造材料開発グループ

1. 一般仕様

1.1. 件名

核融合炉構造材料の規格化に係る照射後試験技術の整理と課題分析

1.2. 目的

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「QST」という。）は、原型炉統合設計・技術検討活動の一環として、核融合炉構造材料の規格化・標準化に向けた検討を進めている。そのためには、照射済み材料の照射後試験（PIE）データを安定的かつ高品質に取得するための試験技術及び試験環境を整備することが重要である。

QST では、材料規格化・標準化に必要な照射データの取得を目的として、微小試験片を用いた照射後試験技術の開発を進めている。本件は、これらの微小試験片技術をホットセル環境へ適用するために必要となる技術的要件を整理することを目的とする。

具体的には、照射済み試験片の受入から、解体、洗浄、加工、試験、観察、保管及び廃棄までの一連のセル内作業について、作業フロー及び作業内容の分析を行うとともに、マニピュレータ操作、必要治具、セル内設備構成、作業内容及び取扱試料条件に応じた遮蔽条件、並びにホットセルの概念レイアウト及び概略寸法について検討し、核融合炉構造材料の規格化に係る照射後試験技術に関する課題及び要求事項の整理を行うものとする。

1.3. 契約範囲

- 1) 核融合炉構造材料の規格化に係る照射後試験技術の整理と課題分析：1式
- 2) 提出図書の作成： 1式

1.4. 貸与品及び支給品

1.4.1. 貸与品

- 1) 照射試験マトリックスに関する関連資料
- 2) PIE試験計画に関する関連資料
- 3) その他、本作業に必要な図面や設計書類等

1.4.2. 支給品

なし。

1.5. 納入物

- 1) 表1.1に示す図書とそれらを格納した電子媒体を指定された時期に指定数納入すること。

- 2) 電子媒体には関連する計算モデルや結果データを含むものとする。電子版のファイル形式等の詳細はQSTと受注者協議の上、決定するものとする。

表 1.1 提出図書

図書名称	印刷物 提出部数	提出時期	確認
再委託承諾願	1	契約後速やかに（下請負がある場合に提出のこと。）	要
工程表	1	契約後速やかに	要
作業体制表	1	契約後速やかに	要
作業要領書	1	契約後速やかに	要
作業報告書	1	作業完了時	要
打合せ議事録	1	打合せ後 2 週間以内	要

※確認を要する図書の確認方法は以下のとおりとする。QST は、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに確認を完了し、受理しない場合には修正を指示する。修正等を指示せず受理する場合、その旨通知するか当該期限をもって受理したものとする。この確認は、確認が必要な図書 1 部をもって行うものとする。

1.6. 納期

令和9年3月19日

1.7. 納入場所

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館 2-166

QST 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所 管理研究棟

1.8. 検査条件

1.5 項に示す提出図書の完納及び提出図書の内容確認並びに仕様書に定めるところに従って業務が実施されたと QST が認めたときをもって検査合格とする。

1.9. グリーン購入法の促進

- 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。

1.10. 機密保持

受注者は本業務の実施に当たり、知り得た情報を厳密に管理し、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。

1.11. 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ついて疑義が生じた場合は、QST と協議の上、その決定に従うものとする。

2. 技術仕様

本技術仕様は、核融合炉構造材料の規格化に係る照射後試験技術の整理と課題分析と付随する作業について定める。

2.1. 作業条件

- 受注者は、次項以降に示す要求事項を満足するように作業の仕様を指定する責任を負う。
- 本作業は、以下の項目について検討を実施するものである。
 - 1) 照射済み試験片の PIE に係るセル内作業フロー及び作業分解の実施
 - 2) 微小試験片を対象としたマニピュレータ作業性及び必要治具の検討
 - 3) セル機能要求及びセル内設備構成の整理
 - 4) 作業内容及び試料条件を考慮した遮蔽条件の整理
 - 5) セル概念レイアウト及びセル概略寸法の検討
 - 6) 提出図書の作成
- 本作業を行うにあたり、前提条件として以下について考慮すること。

1) 想定する PIE 施設の概要

本 PIE 施設は、放射化した照射済み試料（試験片・構造体）を遠隔で取り扱えるように設計された施設である。その機能には、微小試験片を用いた破壊検査（機械的試験や金属組織観察等）、非破壊検査（表面観察、寸法検査、ガンマ線測定等）に加え、照射済み構造体を対象とした様々な試験が含まれる。PIE 施設の建物内には、非管理区域と放射線管理区域があり、非管理区域には居室、会議室、緊急時対応室、控室、倉庫、トイレ、更衣室、ロッカールーム、通路、給湯室等に加え、監視制御室、入退域エリア、電気室（非常用電源含む）、コールド機械室、コールド実験室、工作室、トラックヤードが含まれる。放射線管理区域には操作室に隣接してコンクリートセルが配置され、バックヤードに必要な応じて鉄セルが設置される。さらに微細構造解析装置群室、ホット実験室（グローブボックスやフードを含む）、ホットメンテナンス室、ホット工作室、放射線管理室、試料一時保管室、トリチウム除去系を含むホット機械室、廃液タンク、低レベル廃棄物保管室、放射化物保管エリアが含まれる。

2) 照射試料の組成、形状、個数、性状

原子炉等で照射された試料の多くは、あらかじめ試験片形状に加工されたもので、照射モジュールを構成する照射リグ内のキャプセル内に装填された照射試験片である。なお、一部の試験片は照射キ

ャプセルに封入された状態で本 PIE 施設に搬入することを想定する。対象とする核融合炉構造材料は、低放射化フェライト鋼（密度 7.87 g/cm³）、クロムジルコニウム銅合金（密度 8.7 g/cm³）、純タングステン（密度 19.25 g/cm³）の 3 種類とする。

3) 照射試料の試験内容

本 PIE 施設では、照射済み試料の受け入れ、非破壊検査、解体、試験片の洗浄・前処理、試験片の製作・加工、施設内の試験片情報の管理、PIE の実施、試験片の保管、廃棄物の管理を主要な機能とする。このうちセル内作業の中心となる微小試験片を用いた機械的試験に必要な試験条件を表 2.1 に示す。

表 2.1 機械的試験の想定

試験	試験片タイプ	雰囲気	試験温度
引張試験	・微小平板試験片 ・微小丸棒試験片	大気/真空	室温~550℃
靱性試験	・コンパクトテンション（CT）試験片 ・曲げ靱性試験片	大気/真空	-196~550℃
疲労試験	・微小丸棒試験片	大気/真空	室温~550℃
疲労き裂進展試験	・CT 試験片	大気/真空	-196~550℃

- その他、外部との取り扱い条件、設備要求事項、安全要件、配置上の制約条件等、検討を実施するために必要な要件が発生した場合は、QST と協議を行い反映させることとする。

2.2. 実施内容

- 照射済み試験片の照射後試験に係るセル内作業フロー及び作業分解の実施：照射試験マトリックスを基に、照射キャプセルの受入・解体、照射済み試験片の洗浄・加工・試験・観察・保管・廃棄、及び機器保守に係るセル内作業を整理し、作業フロー及び作業分解表を作成すること。
- 微小試験片を対象としたマニピュレータ作業性及び必要治具の検討：微小試験片を対象として、マニピュレータによる把持、搬送、位置決め、治具交換、試験機への装着及び回収に係る作業性を評価し、必要な治具及び設備条件を

整理すること。

- セル機能要求及びセル内設備構成の整理：セル内で実施する各作業について、必要な試験設備、加工設備、搬送設備、保管設備及び保守設備を整理するとともに、試料搬送、機器更新及び保守作業まで含め一連の関連する作業を総合的に考慮し、微小試験片によるデータ取得における品質確保を実現するためのセル機能要求を取りまとめること。
- 作業内容及び試料条件を考慮した遮蔽条件の整理：代表線源による既往の遮蔽評価結果を踏まえ、取扱対象物の大きさ、数量、作業内容及び保管条件に応じたセルの遮蔽条件を整理すること。
- セル概念レイアウト及びセル概略寸法の検討：作業フロー、設備配置、マニピュレータ到達範囲、搬送動線及び保守スペースを考慮し、各セルの概念レイアウトを作成するとともに、セル概略寸法を提案すること。また、ホットセル内機器の保守、交換及び異常時対応を想定した維持管理方法を整理し、セル設計上の留意事項を取りまとめること。なお、成果物にはセル概念レイアウト図及びセル概略寸法一覧表を含めること。セル概略寸法の提案に当たっては、その算定根拠及び寸法を支配する要因を整理すること。なお、本検討におけるホットセル概略寸法とは、将来の施設整備に向けた規模感の把握を目的とした概略検討とし、詳細設計を行うものではない。
- 提出図書の作成：上記検討結果を取りまとめた作業報告書を作成すること。本作業報告書には、セル内作業フロー、作業分解表、マニピュレータ作業性評価結果、セル機能要求、遮蔽条件整理結果、セル概念レイアウト図及びセル概略寸法一覧表を含めること。

以上