燃料システム安全試験施設におけるコールド深冷蒸留装置の基本設計業務

仕　様　書

令和 8 年 10 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

ブランケット研究開発部

トリチウム工学研究グループ

1. 件名

燃料システム安全試験施設におけるコールド深冷蒸留装置の基本設計業務

2. 目的・概要

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。）では、六ヶ所フュージョンエネルギー研究所（以下「六ヶ所研」という。）の構内に核融合原型炉開発に必要な大量トリチウム取扱施設である燃料システム安全試験施設（以下「新施設」という。）を整備する。新施設においては核融合原型炉のトリチウム燃料循環システムの統合性能実証試験を実施することを計画しており、1 日あたり 37TBq（1,000 Ci）以上のトリチウムを使用する予定であることから、「大量トリチウム取扱施設」に該当する。一方、システム全体の運転特性の把握やプロセスの最適化においては、放射線管理の厳格な制約を受けず、高い頻度かつ柔軟に試験・操作が可能な非放射性（コールド）環境での装置運用が極めて重要となる。本業務は、新施設に整備する水素同位体分離系（ISS）のうち、トリチウムを含まない安定同位体（軽水素：H2、HD、重水素：D2）の分離に特化した「非トリチウム（コールド）深冷蒸留装置」の基本設計を行うことを目的とする。QST が提示する設備条件及び最新の建屋情報に基づき、多重閉じ込め等の制約最適化、システムのプロセス設計、機器サイジング、及び配置検討を実施するものである。

3. 一般仕様

3.1. 作業範囲

燃料システム安全試験施設におけるコールド深冷蒸留装置の基本設計業務 一式

3.2. 納期

令和 9 年 3 月 31 日

3.3. 納入場所

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字表舘 2-166

QST　六ヶ所フュージョンエネルギー研究所　原型炉 R&D 棟

ブランケット研究開発部　トリチウム工学研究グループ

3.4. 検査条件

第 3.5 項に定める提出図書の内容確認及び報告書が本仕様書に定める技術仕様を満足すると QST が認めたときをもって検査合格とする。

3.5.　提出図書

図書名	提出時期	部数	備考
品質計画書	契約後速やかに	1部	ISO9001に定める品質保証と同等の体系に基づき、本業務の品質管理方針及び確認方法を示す
作業体制表	契約後2週間以内及び変更の都度	1部	業務責任者、担当技術者及び再委託先を含む実施体制を示す
提出図書リスト	契約後2週間以内及び更新の都度	1部	本表に基づく図書番号、名称及び提出予定日の一覧
作業工程表	契約後速やかに	1部	主要マイルストーン（打合せ、中間確認及び各図書の提出時期）を含む工程
再委託承諾願*	作業開始 2 週間前まで	1部	QST様式による。下請負がある場合に提出すること
打合せ議事録	打合せ後 1 週間以内	1部	打合せ内容、決定事項及び宿題事項を記載し、QSTの確認を受けること
報告書**	作業完了時	1部	4.2項に規定する検討の前提及び検討結果を纏め、併せて詳細設計における課題と提言を示す
プロセスフローダイアグラム（PFD）**	作業完了時	1部	主要機器、主要ライン及び制御方式を示す
ヒートマスバランス計算書**	作業完了時	1部	PFDに記載する各主要ラインについて、温度、圧力、流量、組成及び密度を纏める
P&ID（配管計装図）**	作業完了時	1部	計装記号、インターロック方針並びにパージ・置換ラインを含む
蒸留塔サイジング計算書**	作業完了時	1部	理論段数、段効率又はHETP、実段数、塔径、圧力損失、ホールドアップ及び熱交換器仕様を含む
機器配置図及びCADデータ***	作業完了時	1部	2次元・3次元レイアウト、保守スペース及び搬入経路を示す
設計条件整理書**	検討条件の確定後速やかに	1部	4.1項の検討条件について、QSTとの協議により確定した内容を纏める
機器リスト及び計器リスト**	作業完了時	1部	P&IDに対応する主要機器及び主要計器の仕様を整理する
ユーティリティリスト**	作業完了時	1部	電気、冷却水、液体窒素・液体ヘリウム及び不活性ガス等の前提条件並びにそれぞれの負荷を整理する

*QST が確認後、書面にて回答する。
**電子版として提出可とする（クラウドへの提出可）。
提出図書は、指定部数の紙媒体に加え、編集可能な電子データ（Word、Excel、CAD データ等）を併せて提出すること。データ形式は QST と協議の上決定する。
QST は、提出図書を受領した日から 14 暦日以内に確認を完了し、修正を要する場合は受注者に修正を指示する。修正等を指示せず受理する場合は、その旨を通知するか当該期限をもって受理したものとする。
本表に定める図書のほか、QST が必要と認めた資料については、協議の上、提出時期及び部数を定めて提出すること。

3.6. グリーン購入法の推進
本契約において、グリーン購入法に該当する環境部品が発生する場合には、調達基準を満足した物品を採用することとする。
本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法に該当するため、当該基準を満たしたものであること。

3.7. 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。

3.8. 貸与品
以下に示す物品をQSTより貸与する。貸与品の取扱いは第3.9項(1)の機密保持の対象とし、業務完了後は速やかに返却し、複写した電子データはQSTの指示に従い消去すること。
（1）本作業に関係する図書

3.9. 機密保持、技術情報及び成果の公開
(1) 機密保持
受注者は、本業務の実施に当たり、知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂行の目的で受注者及び下請会社等の作業員に開示する場合を除き、第三者への開示、提供を行ってはならない。
(2) 技術情報及び成果の公開
受注者が、本業務の実施に当たり、知り得た情報・成果のうち、QSTが機密情報でないと認めた情報、成果については、あらかじめ書面によりQSTの承認を得ることで、第三者へ開示できることとする。また、QSTが本契約に関し、その目的を達成するため、受注者の保有する機密情報ではない技術情報を無償でQSTに提供するものとする。

4. 技術仕様

4.1. 検討条件

QSTより下記条件を提示する。

(1) 設備要件

・本装置はトリチウムを取り扱わないため、トリチウム設備特有の厳密な多重閉じ込めや真空排気系への特別な放射線対策は必須としないが、高圧ガスとしての防爆・可燃性ガス安全基準を遵守すること。

・ 装置は基礎物性データの取得や運転パラメータの最適化試験に用いるため、流量・温度・圧力条件の変更に対して柔軟に対応できる制御構成とすること。

・ 以下を参考に、深冷蒸留塔の設計上をQSTと協議の上決定することとする。

・原料ガス組成：H:D = 1:1、H-rich、またはD-rich

・流量：1~5 mol/h

・運転圧力：大気圧近傍

・温度：20~25 K

・還流比：可変

・要求分離性能：缶出流D_2組成≧99%。ただし、製品ガスの再供給による複数回の蒸留操作または複数の深冷蒸留塔を組み合わせた運転により達成してもよいものとする。なお、得られた高純度D_2は他の実験への利用を想定する。

(2) 設置要件

・本装置は「非トリチウム（コールド)」環境用であるが、管理区域に設置する。搬入経路等を考慮して設備レイアウトを行うこと。

(3) 適用法規・基準等

(ア) 高圧ガス保安法

(イ) 放射性同位元素等規制法

(ウ) 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準及び同解説　令和3年版

(エ) 公共建築工事標準仕様書(電気設備工事編)

(オ) 公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)

(カ) 建築設備設計基準

(キ) 労働安全衛生法

(ク) JIS B 8265（圧力容器の構造－一般事項）又はこれと同等の規格

(4) 資料等

（ア）トリチウム大量取扱施設安全審査　専門家検討会報告書（昭和60年8月、科学技術庁原子力安全局）

（イ）施設全体配置図

（ウ）各階平面図、断面図（X・Y）

（エ）設備詳細設計書

（オ）その他関連図書

4.2. 作業内容

4.1項の検討条件に基づき下記内容を実施し、報告すること。

(1) プロセスフローダイアグラム（PFD）及びヒートマスバランスの作成

4.1項で決定する原料ガス（H_2, HD, D_2）の流量・組成条件に基づき、極低温（約20K付近）での気液平衡モデルを用いて深冷蒸留のプロセスフローダイアグラム（PFD）を作成する。また、各ストリームの温度・圧力・流量・組成を明記したヒートマスバランス計算を実施する。

(2) 深冷蒸留塔のサイジング検討

理論段数及びヒートマスバランスの結果をもとに、段効率又はHETPを設定して所要の実段数を求め、蒸留塔の塔高、塔径、内装形式（規則充填物、不規則充填物又は棚段）、凝縮器及び再沸器の必要伝熱面積・熱負荷を設計・サイジングする。塔径及び内装の選定に当たっては、圧力損失等を考慮すること

(3) P&ID（配管計装図）の作成

試験装置としての操作性（バルブ操作の容易性、パージ・置換ラインの確保、計測点の適切な配置）を重視し、P&IDを作成する。

(4) 機器配置及びコールドボックス設計の検討

蒸留塔本体、熱交換器群、配管類を格納する真空断熱容器（コールドボックス）内の機器配置を検討し、設置スペースのフットプリント及び保守スペースを含めた2次元レイアウトを作成する。

以上