燃料システム安全試験施設内装設備の基本設計業務

仕　様　書

令和８年５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

内容

1.　件名 3
2.　概要 3
3.　一般仕様 3
3.1.　作業範囲 3
3.2.　納期 3
3.3.　納入場所 3
3.4.　検査条件 3
3.5.　ホールドポイント 3
3.6.　グリーン購入法の推進 4
3.7.　協議 4
3.8.　貸与品 4
3.9.　機密保持、技術情報及び成果の公開 4
4.　技術仕様 5
4.1.　検討条件 5
4.2.　業務内容 6
4.3.　提出図書 7

図 1　大量トリチウム取扱施設におけるトリチウムの閉じ込め概念（TPL の例） 13
図 2　燃料システム安全試験施設の設備系統概略図 14
図 3　トリチウム除去設備系統概略図 14
図 4　実験設備系統概略図 15

1.　件名

燃料システム安全試験施設内装設備の基本設計業務

2.　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）を整備するに当たり、試験施設建屋の認可申請関連検討作業、設備の基本設計及び既存実験室の安全装置更新と分析装置整備を実施する。

本件は、QST が提示する新施設の内装設備であるトリチウム除去設備及び実験設備等の基本要件に基づき、トリチウム除去設備及び実験設備等の基本設計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内装設備の基本設計業務　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 4.3 項に定める提出図書の確認及び図書の内容が本仕様書に定める技術仕様を満足することの確認をもって検査合格とする。

3.5.　ホールドポイント

品質保証の一環として、ホールドポイントを設ける。ホールドポイントでは、受注者は作業を停止し、後続タスクの開始前に QST にホールドポイントの解除を求めなければならない。QST は当該ホールドポイントに関して、受注者から適切な文書を全て受領した日から 14 暦日以内に、受注者に対して、ホールドポイントの解除の是非を判断するものとする。本件におけるホールドポイントを以下の表に示す。

番号	ホールドポイント	後続タスク	解除の条件
1	品質計画書作成	作業開始	品質計画書の確認
2	PFD	P&ID作成	PFDおよびHeat & Mass Balanceの報告書確認
3	P&ID	4.3章の表No13～の図書	P&IDの確認

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（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）が適用される環境物品（事務用品、OA 機器等）の採用が可能な場合は、これを採用するものとする。

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。

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 側より貸与する。

(1) 本作業に必要となる図面や設計書類等

(2) その他、関連資料

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

以下の検討条件について示す。ただし、詳細については必要に応じて別途 QST より提示する。

(1) 新施設の概要

新施設では、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目標としており、設備・機器は、1 日 37 TBq(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、旧放射線障害防止法の下で制定された“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）”の定義に基づく「大量トリチウム取扱施設」に該当する。このため、新施設はトリチウムを安全に取り扱うために、多重閉じ込め障壁や、各障壁にトリチウム除去設備を設ける必要がある。図 1 に閉じ込め概念を示す。

トリチウム除去設備には、作業者の被ばく防止、作業環境及び周辺環境の汚染防止のため、以下の機能・設備を設ける。

- 多重の閉じ込め障壁（例：1 次/実験装置、2 次/ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ、3 次/作業室）
- 適切な性能を有する廃棄（排気/排水処理）設備
- １次閉じ込め系は、トリチウムの漏洩・透過防止対策を講じ、その排気系統には必要に応じてトリチウム除去設備を設ける。（排出ガス処理設備）
- ２次閉じ込め系は、トリチウムに対する漏洩・透過防止対策及び適切な風向管理等に十分考慮し、必要に応じてトリチウム除去設備を設ける。（不活性ガス精製設備）
- ３次閉じ込め系は、気密性、換気等に十分考慮し、異常時に対する最終的な隔壁として機能すること（空気浄化設備）。応答性良いﾄﾘﾁｳﾑﾓﾆﾀｰ/自動緊急遮断弁採用等を設ける。

(2) 新施設の設備条件

a. 基本要件概要を以下に示す。安全設備のシステム別要件を表 1 に示す。

	項目	要件
全体要件（共通）	トリチウム貯蔵量	100 g
	最大使用量	100 g
	安全構造	3重閉じ込め（1次～3次）
	基本方針	高気密・負圧・フェイルセーフ
	トリチウム除去方式	触媒酸化＋水分除去
	耐震設計	Bクラス
設計パラメータ	流量範囲	20 ～ 450 Nm^3/h
	温度範囲	常温 ～ 500℃

	圧力範囲	負圧 ～ 約0.7 MPa
	トリチウム濃度	最大72 μCi/cc（入口）
	排出基準	≤2×10^{-5} μCi/cc
	除染係数	10^{2} ～ 10^{4}
	気密度	10^{-6} ～ 10^{-3} Acc/sec

b. 施設内設備の概略図を図 2 に示す。

c. 設備に含まれる主要機器リストを表 2 に示す。

d. トリチウム除去設備の系統概略図を図 3 に示す。

e. 実験装置の系統概略図を図 4 に示す。

f. 耐震安全性の分類：建屋設備甲類相当。注）官庁施設の総合耐震・対津波計画基準に基づく耐震クラス。

なお、詳細は(3)資料等に従うものとする。

(3) 適用法令・基準等

特記なき場合は、国交省大臣官房官庁営繕部が制定又は監修したものとする。

a. 共通

（ア）放射性同位元素等の規制に関する法律

（イ）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

(4) 資料等

検討に必要な以下の資料等を貸与する。

a. 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）

b. 建屋概略計画図（各階平面図、断面図（X・Y））

c. 建屋構造図

d. 設備等荷重条件

e. 内装設備と他の設備のインターフェイス

1. 機械設備設計条件

2. 電気設備設計条件

3. 設備系統図（換気、排水、ユーティリティ）

f. 設備概略配置図

g. 設備機器リスト

h. その他（受注者からの求めに対し、QST が必要と認めた資料）

4.2. 業務内容

4.1 項の検討条件に基づき、下記内容を実施し、4.3 項に示す提出図書を提出すること。

(1) QSTより提示する設備の検討条件に基づき、内装設備全体系統の要求事項を明確にし、設備設計条件を整理する。

(2) (1)で整理した設計条件に基づき、プロセスフローダイアグラムを作成する。

(3) (1)及び（2）に基づき、系統設備構成を明確にするためにP&IDを作成する。

(4) (2)及び(3)に基づき、主要機器、主要計器及びユーティリティについて整理する。

(5) 別添の各室配置図に基づき、機器設置位置を検討する。(配置図に関しては今後変更される可能性がある)

(6) ハザード分析を実施し、プロセス設計上の安全性および運転性の評価する。

(7) (1)、(2)及び（3）に基づき、プロセス制御方針を検討する。

(8) 別添の各室配置図、設備等の概略配置図に基づき、概略機器配置を検討し、２次元機器配置図面を作成する。(配置図に関しては今後変更される可能性がある)

(9) 定期的な進捗確認打ち合わせを実施し、QSTと設計進捗を確認する。

4.3. 提出図書

報告書の内容は以下の表の内容の項目を最低限含むものとする。

No.	図書項目	提出時期	備考
1	再委託承諾	再委託を開始する４週前	－
2	品質計画書	契約後速やかに、および更新の都度	－
3	作業体制表	契約後２週間以内および更新の都度	－
4	工程表	契約後２週間以内および更新の都度	－
5	提出図書リスト	契約後２週間以内および更新の都度	－
6	打ち合わせ議事録	打合せ後１週間以内	－
7	設計検討報告書	作業完了時	4.2章に規定されることに対する検討前提、検討結果を纏める。また、詳細設計における課題と提言をまとめる
8	インターフェースコントロールドキュメント Interface Control Document	ホールドポイント2までに	検討対象である内装設備と検討対象外設備（プロセス、ユーティリティ）のインターフェイスをまとめる
9	プロセスフローダイアグラム（PFD）	ホールドポイント2までに	
10	ヒートマスバランス計算書 Heat & Mass Balance	ホールドポイント2までに	PFDに記載される各主要ラインに対して、運転条件（組成、圧力、温度、密度、流量など）を纏めること
11	P&ID作成手順書	ホールドポイント3までに	

12	P&ID	ホールドポイント3までに	
13	ハザード分析報告書 Hazard Analysis Report	作業完了時	手法は受注者から提案し協議の上決定する。
14	プロセス制御システム仕様書 System & Process Control Description	作業完了時	通常制御、シーケンス、インターロックなどの制御および使用するハード情報を纏める。
15	システム容量計算書 System Sizing Calculation Sheet	作業完了時	設計検討報告書に含んでも良い。
16	プロジェクトライフサイクルコスト見積り Project Lifecycle Cost Estimate	作業完了時	内装設備実装までにかかる今後のエンジニアリング費と調達費用、コンストラクション費用を概算する
17	トリチウムインベントリ計算報告書	作業完了時	内装設備にある各設備、配管のトリチウムインベントリの計算前提、計算結果を纏める
18	ユーティリティリスト	作業完了時	電気、水（再冷水、チラー水等）、イナートガス、圧力空気等の前提およびそれぞれの負荷を整理する。
19	機器リスト	作業完了時	
20	計器リスト	作業完了時	
21	2次元機器配置図	作業完了時	

出図書の確認方法は以下とする。

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、当該期限までに審査を完了し、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。

表 1　設備の基本要件例※

※数値は既存大量トリチウム取扱施設の要件を参考としている。新施設に合わせて一部変更される予定である。

設備名称	区分	項目	要件
1. 貯蔵ベッド設備（TSS）	能力	貯蔵量	100 g
		受入量	25 g／回
		供給量	最大100 g／回
	条件	貯蔵形態	金属水素化物（ZrCo）

		温度	常温
		圧力	約10^{-3} Torr
	安全	気密度	≤1×10^{-5} Acc/sec
		ポンプ	オイルフリー・二重シール
	機能	クリーンアップ	Heスイープ＋Ti吸着
2. グローブボックス設備（GBS）	雰囲気	ガス	窒素
		圧力	0～－40 mmAq（負圧）
		温度	常温
	性能	気密度	≤0.1 vol%/hr
		耐圧	±200 mmAq
	構成	台数	10基（5ブロック）
	機能	圧力制御	ブロック毎負圧制御
3. 排ガストリチウム除去設備（ERS）	処理条件	ガス	空気・窒素
		流量	20 Nm^3/h
		温度	20～500℃
	トリチウム	入口濃度	0.2 μCi/cc
		出口濃度	≤2×10^{-5} μCi/cc
	性能	除染係数	≥10^4
	方式	処理	触媒酸化＋乾燥塔
	運用	運転	ワンススルー＋循環可
4. グローブボックスガス精製設備（GPS）	条件	ガス	窒素
		流量	150 Nm^3/h～
		温度	20～200℃
		圧力	－40 mmAq～0.035 MPaG
	性能	除染係数	≥100
		触媒酸化	≥200
		乾燥塔性能	≥200
	制御	方法	負圧制御＋O_2除去（水素添加）
5. 空気浄化設備（ACS）	運転	通常流量	50 Nm^3/h
		事故時流量	～300 Nm^3/h

	条件	温度	20～200℃
	トリチウム	入口濃度	最大72 μCi/cc
		出口濃度	≤2×10^{-5} μCi/cc
	性能	除去係数	100（事故）～2000（通常）
	方式	処理	触媒酸化＋湿式スクラバー
	機能	補助	ERSバックアップ
6. 乾燥塔再生設備（DRS）	運転	再生温度	350℃
		再生時間	32 hr
		流量	200 Nm^3/h
	性能	吸着量	15→2 wt%
		水分除去量	90 L/サイクル
	対象	再生対象	GPS・ERS乾燥塔
7. 真空排気設備（VPS）	能力	排気量	0.27 Torr・L/s
	条件	ガス	H同位体・He・N_2・O_2
	設計	ポンプ	オイルフリー・二重シール
	性能	気密度	≤1×10^{-6} Acc/sec
	安全	対策	N_2希釈（水素濃度管理）
8. トリチウム水貯槽設備	方式	サンプリング	真空移送方式
	対象	貯槽	低・中・高レベル廃液
	性能	気密度	≤1×10^{-3} Acc/sec
	条件	雰囲気	空気
	制御	圧力	負圧制御
9. フード設備（HDS）	給気	空気	室内空気
	排気	接続	フード排気系
	性能	風速	0.75～1.25 m/s
10. 放射線管理設備（TMS）	方式	測定	通気型電離箱
	性能	気密度	≤1×10^{-6} Acc/sec
	測定範囲	濃度	10^{-6}～10^{2} μCi/cc級
	対象	測定点	GB・ERS・ACS 等
11. 中央制御設備（CCS）	システム	制御	DCS

	信号	種類	アナログ＋接点
	電源	条件	AC100V±10%
12. ユーティリティ設備（ULS）	冷水	能力	112.8 kW
		温度	10.5→6℃
		流量	21.6 m^3/h～
	冷却水	温度	32→37℃
	窒素	タンク容量	5 m^3
		蒸発量	100 m^3/h～

表 2　設備等の主要機器リスト

設備名称	構成機器
模擬真空容器 (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	1.8 m^3タンク
真空排気ポンプ (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	TMP クライオポンプ 粗びきポンプ
パラジウム拡散器 1 (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	パラジウム拡散器 ターボ分子ポンプ 粗びきポンプ 移送ポンプ
深冷蒸留装置 (一部ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	分離カラム 同位体平衡器 タンク 移送ポンプ 真空断熱容器 分析システム
貯蔵ベッド (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	貯蔵ベッド ターボ分子ポンプ 粗びきポンプ
バッファタンク (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	タンク
模擬ブランケット (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	モックアップブランケット ターボ分子ポンプ 粗引きポンプ 移送ポンプ
パラジウム拡散器 2 (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	パラジウム拡散器 ターボ分子ポンプ 粗引きポンプ 移送ポンプ タンク
不純物処理系 (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	触媒反応器 吸着塔 再生システム
ペレット実験装置 (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	ペレット入射装置 ペレット製造装置 真空容器 ターボ分子ポンプ
	粗びきポンプ タンク
真空排気設備（装置排気）	ターボ分子ポンプ

(フード内)	スクロールポンプ 移送ポンプ
排ガストリチウム除去設備（ERS）	低圧タンク 高圧タンク フィルタ 圧縮機 触媒反応器 予熱器 冷却器 乾燥塔
グローブボックスガス精製設備（GPS）	ブロア フィルタ 予熱器 触媒塔 冷却器 乾燥塔 加湿器 タンク
空気浄化設備（ACS）	ブロア フィルタ 予熱器 触媒塔 冷却器 スクラバー塔
乾燥塔再生設備（DRS）	タンク
	ヒーター
	凝縮器
	ブロア
トリチウム水貯槽	タンク 移送ポンプ 真空ポンプ フィルタ
水トリチウム除去設備（WDS） (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	交換塔 移送ポンプ デミスター
	電解槽 貯蔵ベッド 水素精製装置
T含有水素貯蔵系 (ｸﾞﾛｰﾌﾞﾎﾞｯｸｽ内)	貯蔵ベッド