

TBM トリチウム回収システムモックアップ の設計製作据付作業

仕様書

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 ブランケット工学研究グループ

1. 一般仕様

1.1. 件名

TBM トリチウム回収システムモックアップの設計製作据付作業

1.2. 目的

国際熱核融合実験炉(以下「イーター」という。)にて核融合炉ブランケットの実証試験を行うために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。)が開発を進めているテストブランケットモジュール(以下「TBM」という。)、及び補機サブシステムからなるテストブランケットシステム(以下「TBS」という。)製作上のリスク抽出のため試作を行う計画である。

本件は、TBM 計画に関連し、トリチウム回収システム(以下「TES」という。)及びトリチウム計量システム(以下「TAS」という。)の計測制御系を含むモックアップの設計製作、据付を通じて調達にかかるリスクを明らかにし、調達コスト評価に資する作業について記載するものである。受注者は、対象機器の設計方針と構造を十分理解の上、受注者の責任において計画を立案し、本作業を実施するものとする。

1.3. 契約範囲

- 1) TES/TAS 及び制御系の既往設計の妥当性確認
- 2) TES/TAS モックアップの設計
- 3) TES/TAS モックアップの製作
- 4) TES/TAS モックアップの据付
- 5) イーター向け図書の作成
- 6) 報告書の作成

1.4. 貸与品

- 1) QST における既往の検討結果
- 2) イーター機構指定の図書リスト及び様式
- 3) QST ブランケット工学試験棟完成図書
- 4) I&C integration kit (2.3.3 項参照)

1.5. 納入物

- 1) 表 1 に示す図書を指定時期に指定部数、1.7 項の納入場所に納入すること。
- 2) 提出図書は指定部数の冊子体の他に電子版を提出すること。表 1 に示す図書及び最終的に採用した設計データファイルを格納した電子媒体も提出すること。電子版のファイル形式は QST と受注者協議の上、決定するものとする。
- 3) TES/TAS モックアップ一式を製作の上、1.7 項の納入場所に搬入・設置すること。

表 1 提出図書

| 図書名称 | 印刷物 提出部数 | 提出時期 | 確認 | 識別 記号 |
|-----------------------|-------------|--------------------|----|----------|
| 再委託承諾願 | 1 | 契約後速やかに（下請がある場合のみ） | 要 | - |
| 品質計画書（Quality plan） | 1 | 契約後及び変更の都度速やかに | 要 | PL |
| 作業体制表(1.14 項参照) | 1 | 契約後 2 週間以内及び更新の都度 | 要 | PL |
| 作業要領書 | 1 | 契約後速やかに | 要 | WP |
| 工程表(1.14 項参照) | 1 | 契約後 2 週間以内及び更新の都度 | 要 | WS |
| 設計妥当性確認報告書（2.3.1 項参照） | 1 | 令和 8 年 3 月 | 要 | DE |
| 設計報告書* | 1 | 製作開始前又は令和 10 年 2 月 | 要 | DE |
| 製作要領書 | 1 | 製作開始前 | 要 | MP |
| 製作報告書 | 1 | 輸送開始前 | 要 | MR |
| 輸送要領書 | 1 | 輸送開始前 | 要 | TP |
| 据付計画書 | 1 | 据付開始前 | 要 | PL |
| モックアップの運転手順書 | 1 | 据付完了前 | 不要 | - |
| 試験検査要領書 | 1 | 試験検査開始前 | 要 | NP |
| 試験検査成績書 | 1 | 納入時 | 要 | IR |
| 最終報告書 | 1 | 納入時 | 要 | PR |
| イーター向け図書*2 | 1 | 随時 | 要 | - |
| 打合せ議事録（1.15.2） | 1 | 打合せ後 2 週間以内 | 要 | MI |
| 質問書 | 1 | 協議すべき技術課題が生じた場合直ちに | 不要 | NO |
| 不適合の報告*3 | 1 | 報告すべき事項が生じた場合直ちに | 要 | NR |
| 逸脱許可*4 | 1 | 許可を要求する必要があるとき | 要 | DR |

* 設計報告書に記載すべき項目は、第 2 章の技術仕様を示す。

*2 イーター向け図書文書とは、最終設計レビューに必要な図書であり、リストと様式、記載内容は QST が提示する。

*3 不適合の報告とは、本契約に関する品質保証及び技術仕様の不適合が生じた場合の報告であり、報告すべき事項が生じた場合は直ちに報告すること。

*4 逸脱許可とは、本契約の遂行に関し品質保証の規定を逸脱することが必要と受注者が判断した場合にあらかじめ申請し、許可を得るものであり、QST の確認前に逸脱してはならない。

要確認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。

ただし、再委託承諾願(QST 指定様式)については、QST が確認後、文書にて回答するものとする。

1.6. 納期

令和 8 年 3 月 31 日

設計妥当性確認報告書

1.7. 納入場所

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館 2 番地 166

国立研究開発法人 QST 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所

ブランケット工学試験棟 1F 実験室 A,B,2F 制御室, 3F 事務室 1

1.8. 検査条件

納入物の内容確認、動作確認をもって検査合格とする。実施時期及び判定基準は以下の通りとする。

時期：納入時

判定基準

1) 報告書の記載内容が第 2 章に定める技術仕様を満足していること。

2) TES/TAS モックアップが搬入据付され、制御室より遠隔制御にて動作し、データ収集ができること

1.9. 品質保証

1.9.1. 一般時事項

品質保証については別紙-1「イーター調達取決めに係る調達契約の品質保証に関する特約条項」に準ずるものとする。なお、別紙-1 において甲は QST、乙は受注者を指すものとする。品質分類のクラスによる要求事項は表 2 の通りとする。作業対象機器である TES/TAS の品質クラスはクラス 1 (QC1) である (表 3 参照)。

表 2 品質クラスに応じた要求項目

| 適用される 品質分類 ⁽¹⁾ | クラス 1 | クラス 2 | | クラス 3 | |
|------------------------------|---|-------|--|-------|---------------------------------|
| 適用される安全重要度分類 | SIC-1 / SIC-2 / SR / NSR | SIC-2 | SR / NSR | SR | NSR |
| 設計 | 設計レビューと独立検証 ⁽²⁾ を含む設計管理 | | 設計レビューと検証を含む設計管理 | | 当事者間の別の合意が無い場合、設計レビューは不要 |
| ソフトウェア | ライフサイクル管理を含む設計、運転に使用するソフトウェアの許容 | | 使用するソフトウェアの同定と妥当性確認 | | 別の合意が無い場合、特に要求はない |
| 納入される最低限の文書及び記録 | 品質計画, 製作及び検査計画, 要領書, 計算ノート (設計が含まれる場合), 作業手順書, 特殊工程の品質 (適用される場合), 作業員の能力, | | 品質計画, 製作及び検査計画, リリースノート, 構造仕様の場合の図面, EN 10204 Type 3.1 (又は同等の基準) | | EN 10204 Type 2.1 (又は同等の基準)に基づく |

| | | | |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|
| | 構造仕様の場合の図面, リリースノート, 適合性の認定, EN 10204 Type 3.1 (又は同等)に基づく部品や装置にトレース可能な材料認証及び検査図書 | に基づく部品や装置にトレース可能な材料認証及び検査図書 | 適合性の認定, |
| 実施者の監視 | 品質及び監視を含む実施者の監査 | サイト内でのレビューに限定 | 当事者間の別の合意が無い場合、監視は不要 |
| 測定及び検査装置 | 校正された測定及び検査装置(M&TE)の管理 | | 妥当性確認のための校正されたM&TEの管理 |
| 溶接の最低限の非破壊検査(N.D.E.) ⁽³⁻⁴⁾ | 100%の目視、表面及び体積検査 | 100%の目視及び表面検査、20%の体積検査 | 100%の目視, 10%の表面及び体積検査 |
| 特殊工程 要員の能力及び訓練(溶接、ブレージング, N.D.E.) | 文書化された要員の能力及び訓練 | | |
| 品質保証(QA)要求事項 | QA 代表者の特殊工程及び検査に関連する文書の承認 | QA 代表者による特殊工程と検査についての協議 | 必要に応じてQA 代表者の協議 |

注記:

1. クラス4のシステム及び機器は特段のQA 要求事項はない。
2. ‘独立’とは、基の設計者に含まれない個人、グループ、部署、部門を意味する。‘独立’はまた第三者機関を指してもよい。
3. 要求された体積検査が適用できない溶接においては、適用される技術仕様の性能検査及び試験の要求事項に対する証明を作成すること。
4. 溶接された恒久的な吊り上げ部材は、吊り上げの前後で100%のN.D.E.検査を実施すること。

表 3 作業対象の品質クラス等（最大）

| | TBM-set | WCS | TES | NAS |
|-----------|--|---------|--------|----------|
| 欧州・フランス規制 | | | | |
| 機器数(配管除く) | 2 | 206 | 272 | 46 |
| 圧力カテゴリ* | IV | IV | IV | III |
| 核レベル | N2 | N2 | N3 | 非核圧力容器規制 |
| ITER 機構分類 | | | | |
| 安全クラス | NSR* ¹ SIC-1★ ² | SIC-1 | SIC-1 | SIC-2 |
| 品質クラス | QC1 | QC1 | QC1 | QC2 |
| 耐震クラス | SC1(SF) | SC1(SF) | SC1(S) | SC1(S) |
| トリチウムクラス | N/A | TC2A | TC1B | TC2A |

| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 真空クラス | VQC1A | N/A | N/A | N/A |
| 遠隔操作クラス | RH1 | RH1 | N/A | N/A |
| 資産保全クラス | Cat 2 | Cat 2 | Cat 2 | Cat 2 |

*数字が大きいほどリスクが高い。他のレベル・クラスは数字が小さいほどリスクが高い。

*1:TBM、*2:TBM シールド。

1.9.2. 品質計画書の作成

- 1) 受注者は本契約の履行に当たり、受注者が適用する品質計画書を作成し、関連する作業着手前に QST の確認を得ること。QST が指定する品質計画書の様式に則って、必要事項を記載すること。
- 2) 設計、解析に関わる要員が満たすべき資格と力量を有していることが示された作業体制を品質計画書に記載し、QST の確認を得ること。

1.9.3. 監査

- 1) 必要に応じて受注者の品質保証に係る監査を行う。ただし、ISO9001 未認証の受注者に対しては、契約後、速やかに行う。
- 2) 必要と判断した場合、再度監査を実施する。
- 3) 2 回目以降の監査では、対象分野を限定して実施する。
- 4) 受注者が品質に係る重要業務をアウトソースする場合は、必要に応じて当該業務のアウトソース先の業務の実施状況の確認も本監査に含むことができるものとする。
- 5) 監査の時期及び実施する範囲は、監査を実施する少なくとも 14 日より前に受注者に通知されるものとする。

1.9.4. 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表 4 に示す。

表 4 ホールドポイント

| 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 | 設計報告書の承認 | 製作開始 | 設計報告書の承認 |
| 3 | 製作報告書・輸送計画書作成 | 輸送開始 | 工場受け入れ検査・輸送計画の確認 |
| 4 | 据付計画書の作成 | 据付開始 | 据付計画の確認 |
| 5 | 試験検査成績書の作成 | 引き渡し | サイト受け入れ検査の計画と結果の確認 |

1.10. 保証

- 1) 第2章の技術仕様に定める仕様及び機能要求を満足すること。
- 2) 納入品に不具合が生じ、それが受注者の責でない場合も、問題解決のための協議へ積極的に参加し、情報の照会には可能な限り対応すること。

1.11. 適用規格及び基準

1.11.1. モックアップの設計製作

イーターに持ち込む TES 実機と同様に欧州整合規格などへの準拠が望ましいが、モックアップの設計製作、据付を通じて実機調達にかかるリスクを明らかにし、調達コスト評価に資する目的を満足する範囲で合理化できるものとする。

1.11.2. イーター向け図書

設計に当たっては、以下の基準を適用すること。各作業に適用する規格及びイーター機構における要求事項及び各種指針等の文書（以下「IO 図書」という。）については、設計条件として QST より提示する。

- 1) French Decree No. 2015-799 dated from 1st July 2015 concerning Pressure Equipment
- 2) French Order dated from 21st December 1999 concerning the classification and evaluation of the conformity of pressure equipment (ESP)
- 3) The French Order dated from 30th December 2015 concerning Nuclear Pressure Equipment (NPE)
- 4) The Notified body agreed by ASN: roles and missions and expectations.
- 5) The guide n° 8 from ASN (amended version dated from 4th September 2012)
- 6) RCC-MRx Edition 2018
- 7) The French order for the “basic nuclear installation” (INB) dated from 7th February 2012.
- 8) ITER Tritium handbook, Plant Control Design Handbookほか関連するIO図書

1.12. 産業財産権、技術情報及び成果公開等の取り扱い

産業財産権の取扱いについては、別紙-2「知的財産権特約条項」に定められたとおりとする。ただし、秘密保持について、イーター機構が原子力事業者としての義務を果たすために、その安全性、品質保証、信頼性のための目的で情報及び知的財産の伝達を要求した場合、QSTにより当該情報及び知的財産をイーター機構に伝達するものとする。当該情報及び知的財産の伝達について、QSTは実施した日から1か月以内に受注者に通知する。伝達された情報及び知的財産が秘密なものであって、イーター協定と情報及び知的財産に関する附属書に従って秘密を保持し続けられなくてはならない場合、QSTはその旨をイーター機構に通知するものとする。

1.13. 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。

1.14. 工程管理

- 1) 本件の履行に当たり、作業の工程表を作成する。提出図書の提出日及び確認までに必要な最大日数も記載すること。工程表のファイル形式は QST と受注者が協議の上、決定するものとする。工程表を変更する必要がある場合は、改訂版を提出し、QST の確認を得ること。工程の遅延が発生する可能性があると受注者が判断した場合は、直ちに QST に報告し、遅延を解消するための対策を提案すること。
- 2) 設計、解析に関わる要員が満たすべき資格と力量を有していることが明記された作業体制表を作成し、QST の確認を得ること。

1.15. 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。

打合せの実施に当たっては、以下の要領に従うものとする。

- 1) QST と受注者は、常に緊密な連絡を保ち、本仕様書の解釈及びシステムの設計に万全を期すものとする。必要に応じ、テレビ会議又は対面で打合せを行うものとする。
- 2) 打合せをした場合、打合せ後 2 週間以内に受注者は打合せ議事録を作成し、QST に提出する。確認の方法は、1.5 項に従うものとする。
- 3) アクションリストを作成し管理すること。打合せごとにアクションリストを更新すること。アクションリストは打合せ議事録と合わせて提出すること。
- 4) 打合せ議事録を含む技術的な連絡は文書（技術連絡シート）をもって行うものとする。
- 5) 受注者は QST からの質問事項に対しては速やかに回答すること。回答は書面によることを原則とし、急を要する場合については、あらかじめ口頭で了承を得て、1 週間以内に正式に書面を提出し、QST の確認を得ること。所定期日以内に回答書面の提出がない場合は、QST の解釈を優先する。

2. 技術仕様

2.1. 作業対象

TBMは ITER の水平ポートに設置し、表面熱負荷及び核発熱の除去、トリチウムの増殖、中性子の遮蔽という核融合炉ブランケットの機能について、実証試験を行うための試験体である。TBMは後方に遮蔽体(以下「Shield」という。)を接続し、Shieldの後端部のフランジを介してFrame内に設置する(図1)。TBMとShieldを合わせたものをTBM-setと呼ぶ(図2)。

TBMの筐体構造は、全て低放射化フェライト鋼(F82H)で製作する。筐体内には増殖及び増倍材料の粒子を充填し、プラズマから入射した中性子を増倍しつつ、増殖材料中のLiと中性子との核反応を利用して、燃料であるトリチウムを生産する。筐体内及び充填体内には、冷却流路又は冷却配管を設置し、核発熱を除熱する。トリチウム回収系

(TES/TAS)と冷却系(WCS)及び中性子計測系(NAS)などの補機系を合わせて、TBSと呼ぶ(図3)。TES/TASは、TBMに生成するトリチウムを回収し、計量してトリチウムプラントに送るシステムである。図4にTES/TASの系統図を示す。システム本体はトリチウム建屋L2のトリチウムプロセスルームと呼ばれる部屋の所定の場所に、NASとともに設置運用される。システムはTBMを介してヘリウムガスを循環させる主循環系に、乾燥塔、パラジウム拡散器といったサブシステムが付随し、ガスを分取してトリチウム濃度を測る一方で、PVTC法でトリチウムを計量するTASの機能が付加されている。TES/TAS本体とTBMを繋ぐ配管はTBMシールドを貫通し、パイプフォレスト、補機ユニット、ギャラリーを通過する建屋接続配管を介して、トリチウムプロセスルームの本体に至る。とくにAEUを出て本体に至るまでの配管はガードパイプにNASの配管と共に収められ、定期的にガードパイプ内をパージできるようにになっている。このパージガスは、TES/TASを介してトリチウムプラントに送られ処理される。

QSTでは六ヶ所研にブランケット工学試験棟(図5)を建設し、TBMの安全実証試験を開始した。実験室Bに設置されている大面積熱負荷試験装置(図6)は、TBMの試作体に、電子銃を用いてITERのプラズマ相当の熱を負荷できる装置である。TBM試験体にはWCS相当の冷却水とTES相当のヘリウムパージガスを流通させながらの試験を行うことからTESの試作体は実験室Bに隣接する実験室Aへの設置、配管の実験室BのTBMモックアップへの引き回しと接続並びに、2F制御室からの遠隔制御が想定されている。

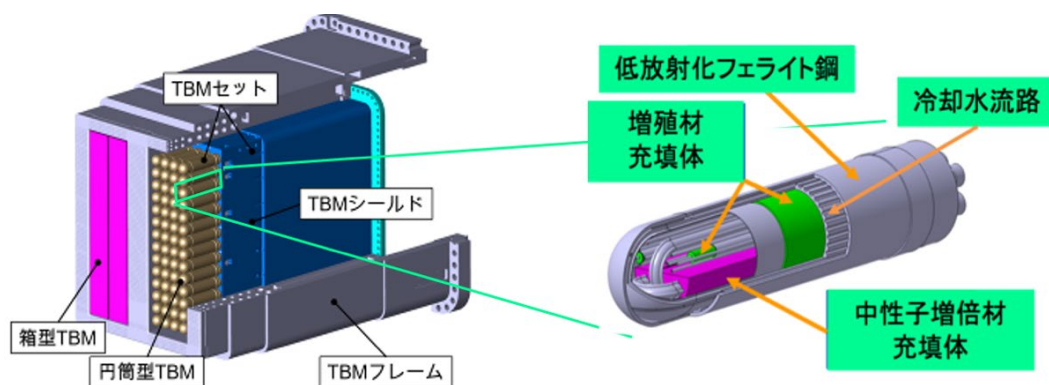


図1. TBMポートプラグの外観(左)とTBMを構成する円筒型サブモジュールの構造(右)。増殖材充填層と中性子増倍材充填層は並行してヘリウムガスで掃気される。

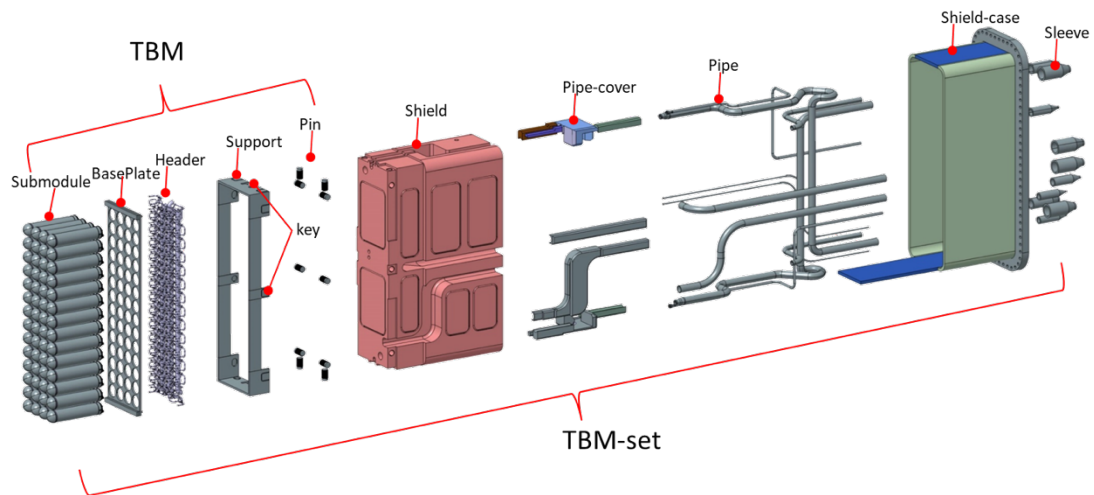


図2. TBM-setの構成、貫通配管のうち最も細い配管から順にNAS>TES/TAS>WCSとなる。

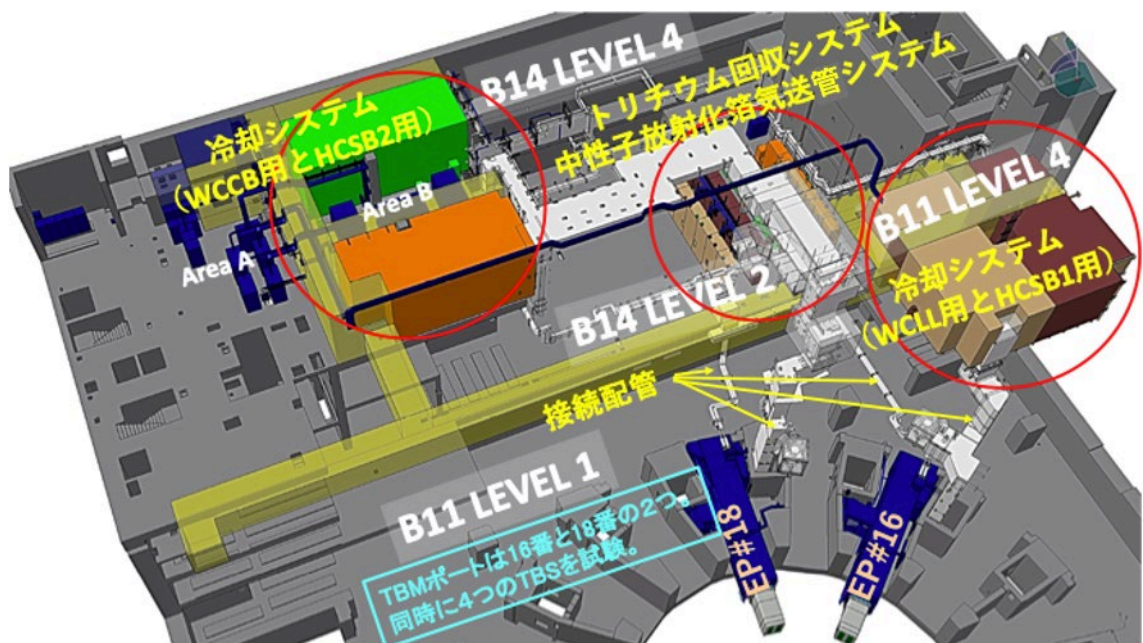


図3. ITERに設置されたTest Blanket System。TES/TAS本体はB14、LEVEL 2 に設置され接続配管を経由してTBMに至る。

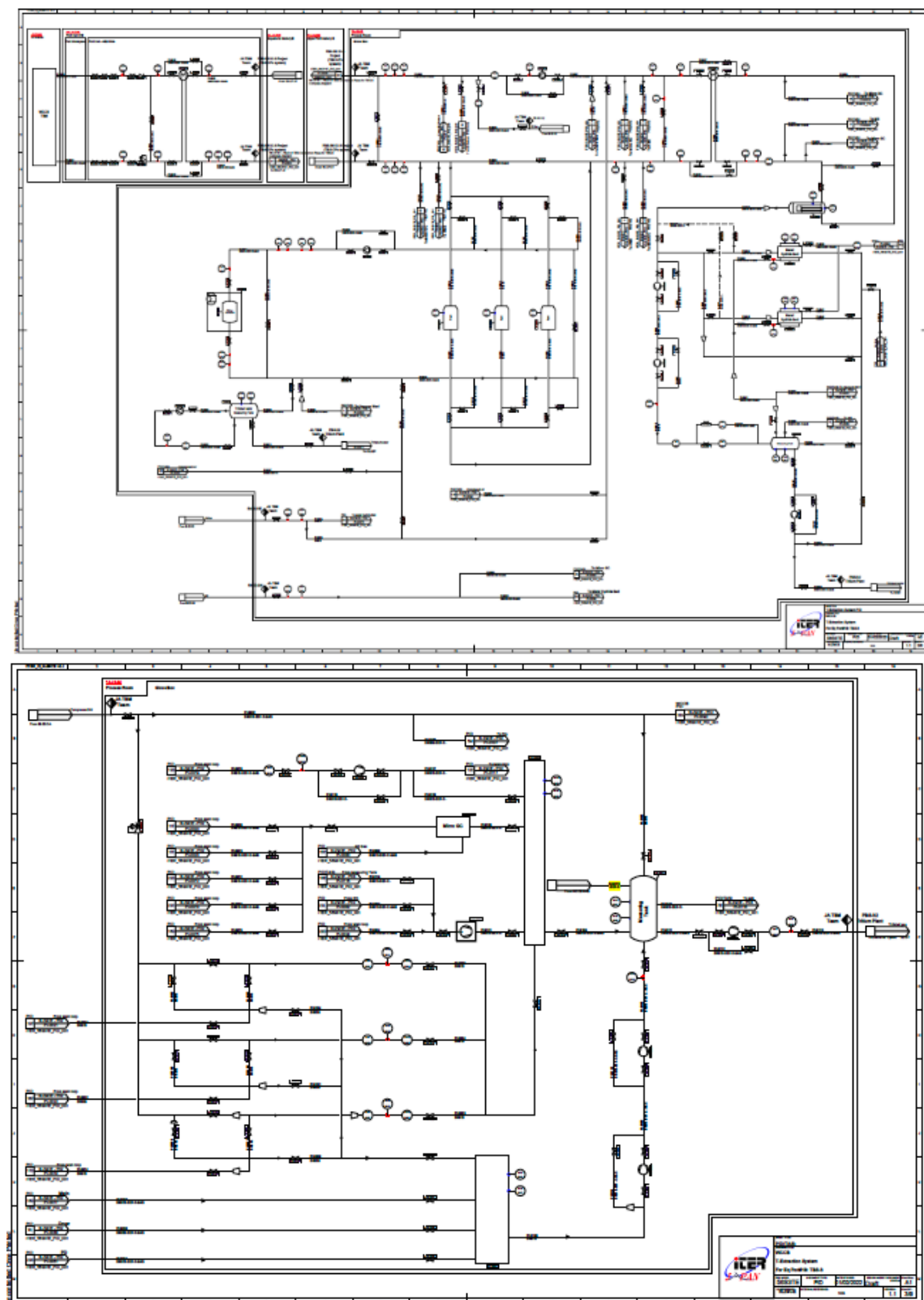


図4 TES(上)/TAS (下) の系統図



図5 ブランケット工学試験棟

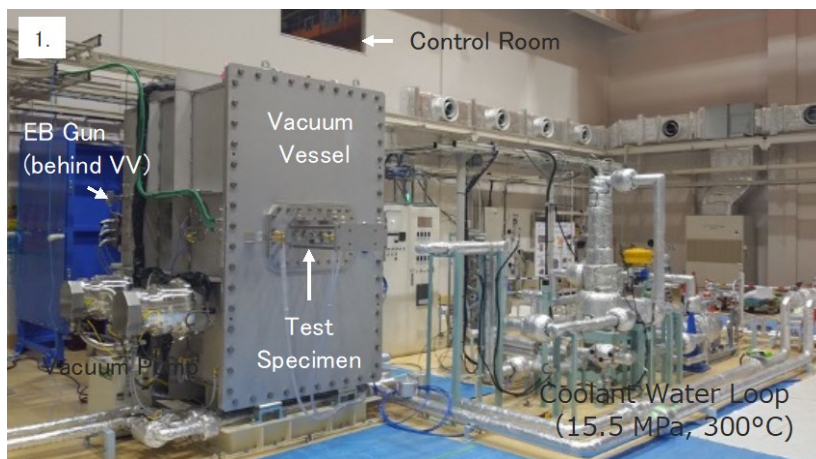


図6 大面積熱負荷試験装置（実験室B）

2.2. 作業項目

- 1) TES/TAS及び制御系の既往設計の妥当性確認
- 2) TES/TASモックアップの設計
- 3) TES/TASモックアップの製作
- 4) TES/TASモックアップの据付
- 5) イーター向け図書の作成
- 6) 報告書の作成

2.3. 作業内容

2.3.1. TES/TAS及び制御系の既往設計の妥当性確認

以下に示すQSTにおける既往の設計検討結果に基づき、2024年ベースライン及び設計要求事項（SRD-56 V7.0）の導入に伴う負荷条件並びに使用期間等の変更に対応するための設計変更の要否、妥当性を確認した結果を初年度の成果物に含めること。受注者が図4の系統図、その他改善点があれば抽出し、発注者：QSTに報告し、系統図の変更点を整理する。

- | | |
|--|---|
| 1. System Requirement Document, SRD-56.S3 | 11. System Detailed Performance Definition |
| 2. System Design Description (DD) | 12. Component Technical Specification |
| 3. System Load Specification | 13. I&C safety functions |
| 4. Arrangement or Layout Drawing | 14. Estimate of the fluid activation and contamination |
| 5. Process Flow Diagram (PFD) | 15. Design Justification Plan (including qualification) |
| 6. Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) | 16. Design Compliance Matrix (DCM/VCM) |
| 7. Electrical system architecture (Single Line Diagram) | 17. Functional Analysis Report - FAR |
| 8. Equipment or Component List (including the list of PE/NPE equipment and equipment attributes) | 18. Assembly or Installation Plan |
| 9. Detailed Model-DM | 19. System Commissioning Plan |
| 10. Computer codes and software for analyses | 20. Concept of Operations |
| | 21. Maintenance or Inspection Plan |
| | 22. Decommissioning Plan |
| | 23. Industrial Manufacturing Assessment |

2.3.2. TES/TASモックアップの設計

2.3.1において抽出された課題の解決に資するTES/TASモックアップの設計を行う。主に既往報告にて抽出された課題、設計レビューで抽出された解決すべき課題の解決を図るとともに、製作するモックアップの設計を確定させる。これらをもって最終設計レビューへのインプット文書作成、実機調達コスト評価に資する。現状の製作する機器案は表5及び図7に示すが、QSTの承認の後に内容の変更を可能とする。

2.3.3. TES/TASモックアップの製作

2.3.2の設計に基づいてモックアップのエンジニアリング、製作を行う。製作する機器は表5及び図7に示す。TES/TASの制御点数は39点あるが、今回モックアップであるため通常制御とインターロック系統とし、安全系は除外するものとする。これらモックアップを作成し、工場受け入れ検査に合格ののち、QST六ヶ所核融合エネルギー研究所、ブランクett工学試験棟に輸送し、据付ける。製作には機器だけではなく、2F制御室からの遠隔制御プログラムの作成も含む。このプログラムの作成に際してはQSTがイーターよりI&C integration kitを入手し貸与する。受注者はPLC (Programmable Logic Controller) としてSiemens社のSIMATIC S7を用いることが望ましい。イーターが提供するI&C Integration kitはmini-CDACとPSH(Plant system host)であり、Software platformはEPICSである。これらはPLCにS7の使用が想定されているので、Step-7、EPICSにて統括制御、監視、データ収集システムを構築すること。図8、9参照

表5 TES/TASモックアップ機器リスト案

| No. | Subsystem | Component | Device ID | Amount | Remark |
|-----|-------------------------------|---------------|--------------|--------|--|
| 1 | AEU | | | | |
| 2 | | 緊急遮断弁 | VG-3901～4 | 2 | 実機ではA系・B系の4台だが、モックアップは一台で、資格試験に供する。制御設計の動作試験の観点でカタログ品を一台追加し、合計2台とすることも可。 |
| 3 | | 計装品 | - | 4 | 圧力計の2003と上記遮断弁動作のため、電磁弁を1つとすることも可。 |
| 4 | Member (AEU, Process room) | 弁 | VG, VPG etc. | Tbd | 制御の観点で空操弁とする。数量は制御ロジックの整合を確認の上最終化する。 |
| 5 | | 配管 | PI | Tbd | 実験室AからBへ壁を貫通させ引き回すこと。He循環系はDN15sch10とする。 |
| 6 | | 圧力逃しタンク | TA-3701 | 0 | 設計は実施するが、モックアップ製作から除外することも可。 |
| 7 | | 配管サポート | - | - | 実験室B内機器は実情に合わせて製作することとし。実験室A内は実機配置に合わせて製作する。 |
| 8 | | 保温材 | - | - | 機器に応じて使用。AEUに相当する機器には施工不要とする。 |
| 9 | | 配線・電線管 | - | - | モックアップの配置に合わせる。配線・盤類の接続はITERのカタログに従う。 |
| 10 | | 磁気シールド | - | 1 | モックアップ製作の対象外としても可。ITERにおける周辺磁場を考慮し、機器動作を可能とする遮蔽を設計すること。 |
| 11 | | その他 | - | - | ガード配管系統の製作は不要とする。ただし、類似の容積をもつタンク等により雰囲気ガス処理の動作確認を可能とすること。 |
| 12 | Main loop system | 循環ポンプ | PB-3001 | 1 | |
| 13 | | 水素センサ | MAG-3001 | 1 | |
| 14 | | 水素計測用ドライポンプ | PV-3002 | 1 | |
| 15 | | 再生熱交換器2 | HX-3002 | 1 | |
| 16 | Drier system | 乾燥塔(A) | DS-3201 | 1 | モックアップでは1塔のみとする。運転動作観点では2塔切替を行えること。但し、2塔目は乾燥塔の模擬体でも可。 |
| 17 | | 乾燥塔(B) | DS-3202 | 1 | |
| 18 | | 乾燥塔(C) | DS-3203 | 1 | |
| 19 | | 一時貯留タンク | TA-3202 | 1 | |
| 20 | | 再生ガス循環ポンプ1 | PB-3201 | 1 | |
| 21 | | 移送ポンプ3 | PV-3203 | 1 | TEP輸送ポンプを、PV-3303のみでも可とする。 |
| 22 | Pd membrane diffuser system | パラジウム拡散器 | GMS-3301 | 1 | |
| 23 | | ターボ分子ポンプ | PV-3301 | 1 | |
| 24 | | 粗びきポンプ | PV-3302 | 1 | |
| 25 | | 水素吸蔵合金タンク (A) | RHB-3301 | 1 | モックアップは1台のみとする。運転動作観点では2塔切り替えを行う。2塔目は模擬体でも可。 |
| 26 | | 水素吸蔵合金タンク (B) | RHB-3302 | 1 | |
| 27 | | 計量タンク | TA-3301 | 1 | |
| 28 | | 移送ポンプ2 | PV-3303 | 1 | |
| 29 | Vacuum exhaust system | 真空排気マニホールド | DF-3401 | 1 | |
| 30 | | ターボ分子ポンプ | PV-3401 | 1 | |
| 31 | | 粗びきポンプ | PV-3402 | 1 | |
| 32 | | 低圧計量タンク (A) | TA-3401 | 1 | TAS→低圧計量タンク→DSといった一連の運転検証のため、これは2台納入するものとする。但し、一方は模擬体でも可とする。 |
| 33 | | 低圧計量タンク (B) | TA-3402 | 1 | |
| 34 | | 移送ポンプ1 | PV-3403 | 1 | |
| 35 | AMS | AMSマニホールド | DF-3501 | 1 | TASの動作確認の観点で必要 |
| 36 | Glovebox | グローブボックス | GB-3601 | 1 | GB内の作業環境を模擬可能であること。モックアップから漏洩するガスを実験室Aの雰囲気と隔離、屋外に排気する機能を設けること。 |
| 37 | | GB雰囲気循環ポンプ | PB-3601 | 1 | 既製品のダイヤフラムポンプで可能。モックアップとしては不要。 |
| 38 | | GB用ローカルクーラ | AC-3601 | 1 | 要。 |
| 39 | Instrument | 電離箱 | MRH- | 1 | 入手性を調査するものとする。 |
| 40 | | 質量分析計 | MAS-3540 | 1 | |
| 41 | | マイクロGC | MAN-3550 | 1 | |
| 42 | | GC用自動サンプラー | - | 1 | TASの動作確認の観点で1つ分必要。電離箱との動作の連携確認方法は協議の上、決定するものとする。 |
| 43 | | その他計装品 | - | 74 | |
| 44 | Member | 弁 | VG | 220 | 制御の観点で空操弁とする。数量は制御ロジックの整合を確認の上最終化する。 |
| 45 | | 配管 | PI | 167 | 全てをDN15Sch10にする必要はない |
| 46 | | 配管サポート | - | - | |
| 47 | | 保温材 | - | - | Dryer, PMD, ZrCoには必要。 |
| 48 | | 配線・電線管 | - | - | 配線・盤類の接続はITERのカタログに従う。 |
| 49 | | サポートスキッド | - | - | モックアップとしては不要と考えられる。 |
| 50 | | GB外部架台 | - | - | |
| 51 | | その他 | - | - | |

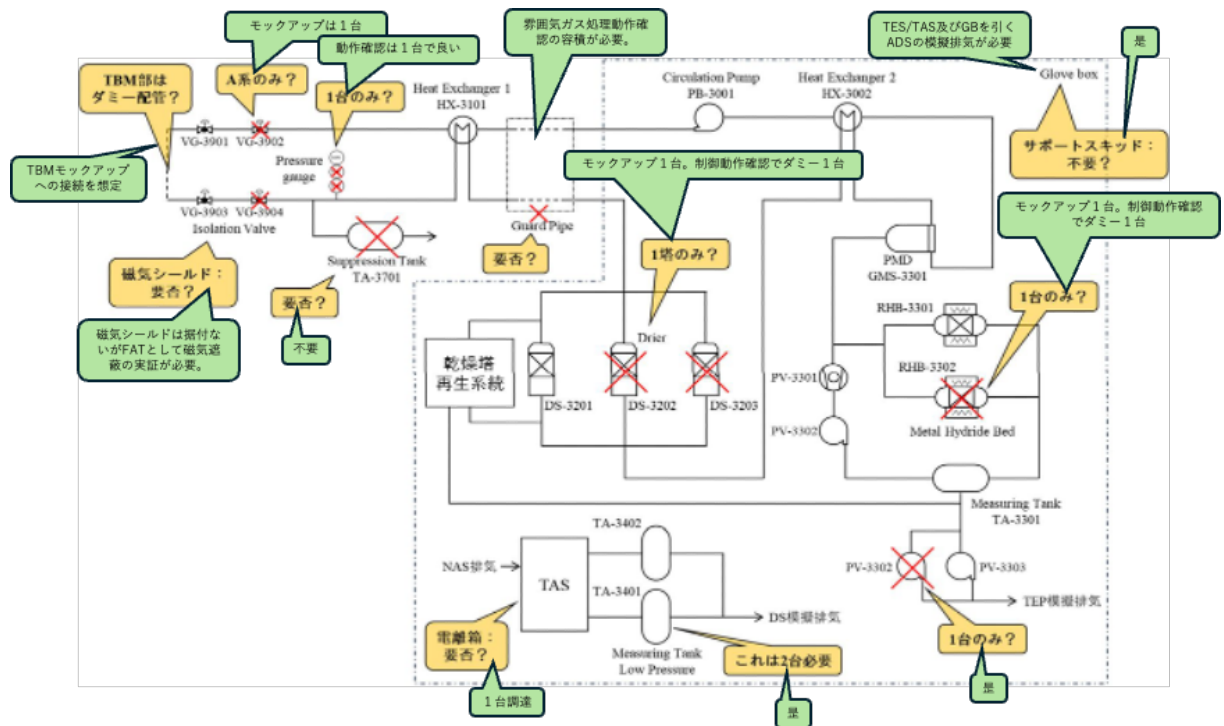


図7 TES/TASモックアップシステムイメージ図

機能

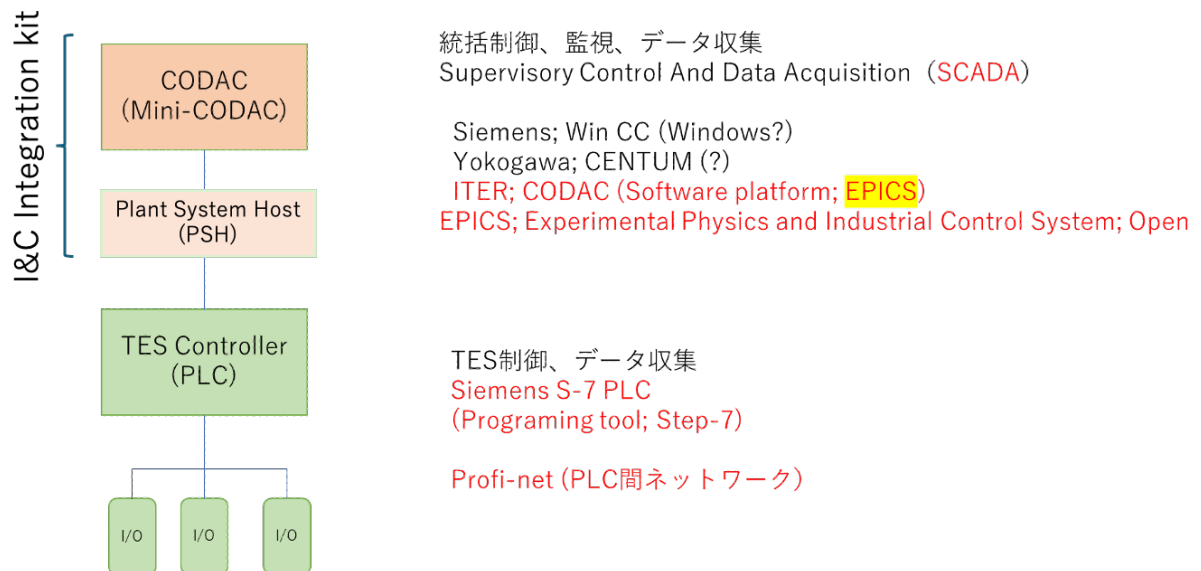


図8 TES/TASのSCADA概略案（モックアップにおいては、上記からの逸脱は可能とする）

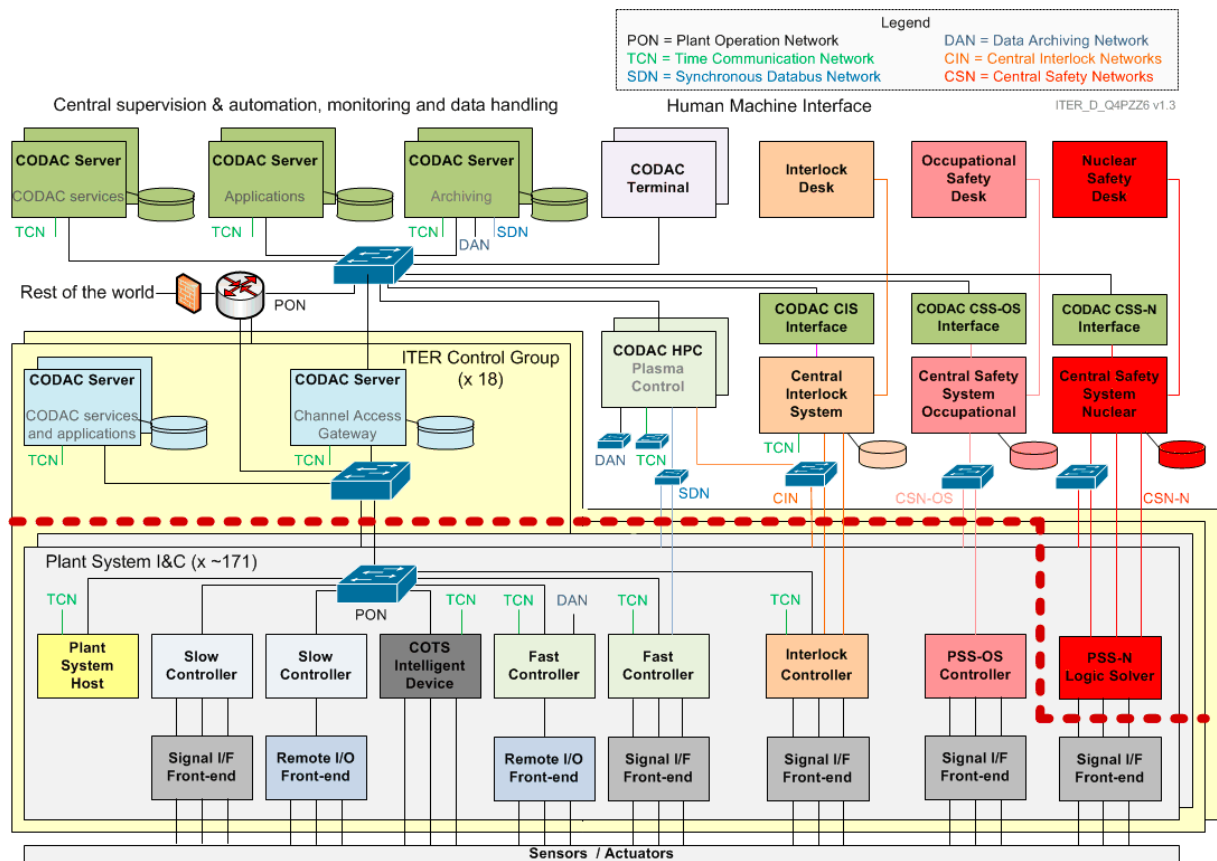


図9 イーターのPlant System I&C physical architecture

I&C Integration Kit のハードウェア構成は以下の通り：

- 1) 産業用コンピュータ（内部に以下の仮想マシンを搭載）
 - Mini-CODAC（開発・テスト用）
 - PSH（Plant System Host）（プラント I&C および PLC との I/F 用）
- 2) 産業用ネットワークスイッチ
 - 1GbE 対応、VLAN 構成可能（DAN/SDN テスト用）
- 3) Cubicle Monitoring Unit
 - 監視用 PLC を含むユニット（複数構築可能）
 - 電源ケーブル、光トランシーバー、SDN ファイバー等の周辺機器

ソフトウェア構成は以下の通り：

- 1) CODAC Core System（CCS）
 - ITER の標準制御ソフトウェア
 - Mini-CODAC および PSH にプリインストール済み
 - バージョンアップはインターネット経由で可能
- 2) CODAC 開発環境
 - GUI 開発用のグラフィカルワークステーション追加可能

- アーカイブサーバーの追加も可能 (Mini-CODAC のディスク容量制限のため)
- 3) ITER Collaborative Tools (外部連携)
- SVN (ソフトウェアリポジトリ)
 - SDD (Self Description Database)
 - CODAC Distribution Server (CCS バージョン管理、ハードウェア構成情報)
- 4) アドレス設定ツール
- MAC アドレスから PON/TCN アドレスを割り当てるツール

2.3.4. TES/TASモックアップの据付

モックアップの各種構成機器は、工場受け入れ検査に合格ののち、QST六ヶ所核融合エネルギー研究所、ブランケット工学試験棟に輸送し、据付ける。TES/TASモックアップはブランケット工学試験棟 1F 実験室Aに設置する。設置領域はイーターのトリチウムプロセスルームに指定された寸法 (GBの幅) と面積を維持すること。GBの高さは実験室Aの天井高に合わせるものとする。TES/TASからは水素まじりのHeガスが排出されるが、これら排ガスは実験室Aの排気ダクトを通じて排気される仕組みを設けること。モックアップは2F制御室から遠隔制御できるように設計製作据え付けされ、本モックアップの動作確認を現地受け入れ試験とする。

2.3.5. イーター向け図書の作成

本作業期間中にイーターTBM計画では予備設計レビュー (令和8年6月)、同設計の承認 (令和8年12月)、最終設計レビュー (令和9年6月)、同設計の承認 (令和10年3月) といったマイルストーンが設定されていることから、途中までに得られている成果に基づきインプット文書案を作成すること。表6にこれら必要文書のリストと概要を示す。具体的な記載内容については別途QSTと協議の上決定することとする。表6において、CDR: 概念設計レビュー、PDR: 予備設計レビュー、FDR: 最終設計レビュー、MRR: 製作性レビュー (本件の対象外) の列の略語の意味は以下の通り:

PL: PreLiminary、CS: ConSolidated、CP: ComPlete、UD: UpDate of CP if needed
IfU: If Useful、S: At any Stage

本件の作業対象は最終設計レビューのためのインプット文書の作成までとし、レビュー後の技術課題解決は含まないものとする。

2.3.6. 報告書の作成

2.3.1~2.3.4の成果を最終報告書としてまとめること。

表6 イーター向け図書リスト

| Doc. # | [Design Aspect] and System Design Documents | Procedure/ Guideline | CDR | PDR | FDR | MRR | ICP Doc Types | TDTC UID | 本件における作業 |
|--------|--|------------------------|-----|-----|-----|------|--|------------------------|----------|
| 1 | Design Requirements | | | | | | | | - |
| 1.1 | System Requirements Document (SRD or Sub SRD) (1) | 25DSU2 | CP | UD | UD | | System Requirements Document-SRD | BXPZJS | レビュー |
| | | | | | | | Sub-System Requirements Document-sSRD | BXQ4VC | - |
| 1.2 | Interface Control Document (ICD) | 28VNJG | CP | UD | UD | | Interface Control Document-ICD | BZVDCD | レビュー |
| 1.3 | Interface Sheet (IS) | | PL | CS | CP | | Interface Sheet-IS | BZKUP3 | レビュー |
| 1.4 | Configuration Management Model-CMM | V2ERKH | PL | CS | CP | If U | Not Applicable | WA46NH | 更新 |
| 1.5 | System Load Specification | 22MAL7 | PL | CS | CP | | Load Specification | WBBFYH | レビュー |
| | Design Description | | | | | | | | - |
| 1.6 | System Design Description (DDD) | 2M24AM | PL | CS | CP | | System Design Description-DD | BXQ6H5 | 更新 |
| 1.7 | System Layout Drawing | See TDTC | PL | CS | CP | | System Layout Drawing | WA9HY6 | 更新 |
| 1.8 | Building Drawing | See TDTC | PL | CS | CP | UD | Site & Building Drawing | W9ZKZY | - |
| 1.9 | Process Flow Diagram (PFD) | T7GQGS | CP | UD | UD | | Process Flow Diagram-PFD | BK6T9E | 更新 |
| 1.1 | Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) | | | PL | CP | | Piping and Instrumentation Diagram-PID | C7Z4TS | 更新 |
| 1.11 | Single Line Diagram (SLD) | | PL | CP | UD | | Single Line Diagram | C7Z3TJ | 更新 |
| 1.12 | Cabling Diagram-CBD | | | PL | CP | UD | Cabling Diagram-CBD | C7YW7M | 更新 |
| 1.13 | Detailed Wiring Diagram-WD | | | | PL | CP | Detailed Wiring Diagram-WD | BK6V8E | 更新 |
| 1.14 | Instrumentation and Control Document (PCDH Deliverables) (2) | 27LH2V | | PL | CS | CP | Instrumentation and Control Document | C94MZN | 更新 |

| | | | | | | | | | |
|------|--|------------------------|------|------|------|------|--|--|---------------|
| 1.15 | Instrumentation and Control - Physical and Functional Architecture | | | PL | CP | CP | Instrumentation and Control - Physical and Functional Architecture | C8D6LA BXQF2A | 更新 |
| 1.16 | Equipment or Component List | See TDTC | PL | CS | CP | UD | Component list | WBXM7R | 更新 |
| 1.17 | Bill Of Material-BOM | See TDTC | | PL | CS | CP | Bill of Material - BOM | W9ZCNP | 更新 |
| 1.18 | System Detailed Performance Definition | See TDTC | If U | If U | If U | | Technical Requirements Specification | WBYZ5V | - |
| 1.19 | Component Technical Specification | | | PL | CP | UD | Technical Requirements Specification | WBYZ5V | 作成 |
| 1.2 | Assembly Drawing | See TDTC | | PL | CP | UD | Assembly Drawing | CBU322 | 作成 |
| | | | | | | | Isometric Drawing | CBU3LR | 作成 |
| | | | | | | | Support Drawing | CBU3KA | 作成 |
| 1.21 | Cubicle Internal Definition | 7KLR8R | | | CP | UP | Cubicle Internal Definition | BK6VFR | 作成 |
| 2 | [Definition Justification] | | | | | | | | - |
| 2.1 | Design Justification Plan | See TDTC | PL | CP | UD | | Verification and Validation Plan | WCJ4P2 | レビュー |
| 2.2 | Design / Verification Compliance Matrix (DCM/VCM) | 473LQM | PL | CS | CP | UD | Compliance Matrix - DCM or VCM or ICM | C7YUNE | レビュー |
| 2.3 | Interface Compliance Matrix | 3L775F | | | CP | | Compliance Matrix - DCM or VCM or ICM | C7YUNE | - |
| 2.4 | Functional Analysis Report - FAR | See TDTC | PL | CP | UD | | Functional Analysis | WBBZYV | レビュー |
| 2.5 | Structural Integrity Report | 35BVV3 | PL | CS | CP | | Structural Integrity Report | C7ZZBT | レビュー |
| 2.6 | Calculation report (3) | See TDTC | | | CP | If U | Calculations | C826XY | レビュー |
| 2.7 | Engineering Analysis (4) | See TDTC | PL | PL | CP | If U | Engineering Analysis | C824CS | レビュー |
| 2.8 | Qualification Plan | XB5ABP | | PL | PL | CP | Qualification Plan-QP | C94HZF | 作成(1.9.2 項参照) |
| 2.9 | Qualification Summary Report for PIC Components | XB5ABP | | | | CP | Qualification Synthesis Report for PIC Component | C94LGZ | - |

| | | | | | | | | | |
|------|--|------------------------|------|------|-----------------|------|---|------------------------|------|
| 2.10 | Acceptance Plan (FAT, SAT) | See TDTC | | | PL | CP | FAT & SAT Plan and Procedure | CBUJD9 | 作成 |
| 2.11 | Factory Acceptance Test Procedure | See TDTC | | | | CP | FAT & SAT Plan and Procedure | CBUJD9 | - |
| 2.12 | System Commissioning Plan | VVSZNU | | PL | CP | | Commissioning Plan | WBYPHH | 作成 |
| 2.13 | Commissioning Test Procedure | X8KGJE | | | PL | | Commissioning Test Procedure | WBY7QR | 作成 |
| 2.14 | Requirement Validation Matrix | 7WT3PG | | PL | CP | | Compliance Matrix - DCM or VCM or ICM | C7YUNE | レビュー |
| 2.15 | ROX and Research and Development Report | See TDTC | If U | If U | If U | If U | ROX and Research and Development Report | WCJ2U9 | レビュー |
| 3 | [Manufacturing] | | | | | | | | - |
| 3.1 | Manufacturing execution document (manufacturing procedure, test procedure...) (5) | See TDTC | | | | CP | Manufacturing execution document | CBQCMG | - |
| 3.2 | Part Drawing | See TDTC | | | PL ⁶ | CP | Part Drawing | WAD9FG | 作成 |
| 3.3 | Manufacturing Process Qualification Records | See TDTC | | | | CP | Manufacturing execution document | CBQCMG | - |
| 4 | [Assembly and Installation] | | | | | | | | - |
| 4.1 | Installation Drawing | See TDTC | | | CP | | Installation Drawing | CBU2MH | 作成 |
| 4.2 | Assembly or Installation Plan (<i>part of Construction Work Package Description-CWP</i>) | See TDTC | | PL | CP | | Installation Execution Document | CBUK45 | 作成 |
| 5 | [Operation and Maintenance] | | | | | | | | - |
| 5.1 | Concept of Operations | XA95GG | | PL | CP | | Concept of Operations | WA44CK | レビュー |
| 5.2 | Operation and Maintenance Manual | See TDTC | | | If U | PL | Equipment Operation and maintenance Manual | WNMXF4 | 原案作成 |
| 5.3 | System Maintenance and In-Service Inspection Plan | See TDTC | | PL | CP | | System Maintenance and In-Service Inspection Plan | WBZZXJ | 作成 |
| 6 | [Decommissioning] | | | | | | | | - |
| 6.1 | Decommissioning Plan | TYHA8S | | PL | CP | | Decommissioning Document | WA8RU6 | 作成 |
| 7 | [Product Lifecycle Records] | | | | | | | | - |

| | | | | | | | | | |
|-----|--|------------------------|------|------|------|------|--|------------------------|----------------|
| 7.1 | Design Plan | U34ACR | S | If U | If U | | Design Plan | WBZTQN | - |
| 7.2 | Issue or Risk or Opportunity Analysis Report | 22F4LE | S | S | S | UD | Not Applicable | N.A. | - |
| 7.6 | Quality Plan | 22MFMW | If U | If U | If U | If U | DA-Suppliers Quality Plan DA Quality Plan Contractors Quality Plan | N.A. | — レビュー — |