

テストブランケット モジュールセット試作体の設計製作

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

テストブランケットモジュールセット試作体の設計製作

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。)において、製作上のリスク抽出のため、テストブランケットシステム(以下「TBS」という)の試作を行う計画である。本件は、量子科学技術研究開発機構(以下「QST」)が進めるITER・テストブランケットモジュール(以下「TBM」)計画に関連し、TBM及びその遮蔽体であるTBM Shieldを組み合わせたTBM SETの設計・製作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) TBM SET の既往設計の妥当性確認
- 2) TBM SET 試作体の設計
- 3) TBM SET 試作体の製作
- 4) イーター向け図書の作成
- 5) 報告書の作成

1.4. 支給品及び貸与品

1.4.1. 支給品

必要な場合、TBMの構造材料として、表1に示すF82Hを支給する。支給品の受取り及び残材の返却は受注者の責により実施すること。F82H以外の材料については受注者が調達すること。

表1 支給可能なF82H鋼材

ID	製品区分	製品サイズ	数量
P1	板	長さ 500mm × 幅 250mm × 厚さ 12mm	6
P3	板	長さ 500mm × 幅 250mm × 厚さ 30mm	2
P4	板	長さ 500mm × 幅 250mm × 厚さ 50mm	7
P6	板	長さ 110mm × 幅 110mm × 厚さ 60mm	1

P7	板	長さ 84mm×幅 84mm×厚さ 75mm	2
P8	板	長さ 1700mm×幅 140mm×厚さ 60mm	1
P9	板	長さ 10mm×幅 400mm×厚さ 1mm	20
S 1	鍛造円柱	外径Φ120×465 *切断代 5mm/箇所	2
S 2	鍛造円柱	外径Φ120×150	2
S3	鍛造円筒	外径φ 108.4mm×長さ 450mm (肉厚 15mm)	6
F1	鍛造塊	長さ 800mm×幅 600mm×厚さ 600mm	1
A-1	溶加棒	外径 1.0mm × 1000mm	10
A-2	溶加棒	外径 2.0mm × 1000mm	10
B-1	溶加棒	外径 1.6mm × 1000mm	5
FB1	溶接ワイヤー	外径 1.2mm、ボビン巻き、12.5kg/巻	13

1.4.2. 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 における大面積熱負荷試験装置の完成図書

1.5. 納入物

- 1) 表 2 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 2 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) TBM SET 試作体一式を製作の上、1.7 項の納入場所に搬入すること。

表 2 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	WS

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	1	令和 8 年 3 月	要	DE
設計検討・溶接基礎検証結果報告書	1	溶接基礎検証完了後	要	IR
要素試験結果報告書	1	要素試験完了後	要	IR
FDR 向け図書	1	最終設計レビュー 2 ヶ月前	要	-
製作報告書	1	輸送開始前	要	MR
輸送要領書	1	輸送開始前		TP
最終報告書	1	納入時	要	PR
イーター向け図書*2	1	隨時	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生じたとき	要	DR
その他 QST が指定する図書	指定する数	指定する時期	不要	-

* 設計報告書に記載すべき項目は、第 2 章の技術仕様に示す。

*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

No.	項目	納期
①	設計妥当性確認報告書	令和 8 年 3 月 31 日
②	本項①を除く、「1.3 契約範囲」で定めるすべての作業	令和 11 年 3 月 30 日

1.7. 納入場所

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駒字表館 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

図書納入先： ブランケット工学試験棟事務室 1

製作物納入先： ブランケット工学試験棟 実験室 B

1.8. 検査条件

納入物の員数確認、提出図書の内容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) 納入物の員数が 1.5 項の条件を満足すること。
- 2) 報告書の記載内容が第 2 章に定める技術仕様を満足すること。

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 3 の通りとする。作業対象機器である TBM SET の品質クラスはクラス 1 (QC1) である（表 4 参照）。

表 3 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		
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 4 作業対象の品質クラス等 (最大)

	TBM-set	WCS	TES	NAS
欧洲・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 Shield。

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量研にホールドポイントの解除を求めなければならない。量研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5に示す。

表 5 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

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

TBM-set の設計に当たっては、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、中性子の遮蔽といった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。筐体内にはトリチウム増殖材料(Li_2TiO_3)及び中性子増倍材料(Be)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。トリチウム回収系と冷却系及び中性子計測などの計測系を合わせて、TBS と呼ぶ(図 3)。TBM に加圧水型の軽水炉に相当する温度・圧力条件の冷却水を供給するシステムを WCS という。

核融合原型炉用燃料増殖ブランケットは、中性子遮蔽とエネルギー回収を行いつつ、炉全体で 1.05 以上のトリチウム増殖率(以下「TBR」という。)を確保できることが求められる。被覆率を考慮するとブランケット単体では 1.19 以上の TBR が求められることから、中性子増倍材料として従来の Be ペブルからベリライドブロック(Be_{12}Ti 等)を用いた設計を採用する方針となっている(図 4)。さらに、支持構造は原型炉における遠隔保守方式に対応している必要があることから、ディスラプション時のトルク負荷に耐うる構造を有したセンターサポート構造をとっている(図 5)

大面積熱負荷試験装置は、熱源となる電子銃、試験体を収納する真空容器、試験体を冷却する高温高圧水ループ及びこれらのシステムを冷却するための二次冷却システムにより構成される。本装置は TBM 第一壁全体に 0.3 MW/m^2 の定常熱負荷を与え、かつ最大 2.2 MJ/m^2 非定常熱負荷を付与できる仕様とした。高温高圧水ループは TBS 用の約 $1 / 4$ の流量を供給可能である。真空容器は TBM 全体を収納可能な容積を有しており、さらに増強設計により shield 部を含む構造を保持できるようになる。電子銃は試験体に正対し、これにより TBM における冷却水の流動方向を模擬した条件で熱負荷試験を実施する事を可能とした。電子銃の周辺には光学、熱画像及び X 線を撮像するカメラを設置し電子ビーム及び試験体の状態を監視する。大面積熱負荷試験装置の諸元を表 6 に示す。

本契約においては、ITER 新ベースラインに対応し、原型炉燃料増殖ブランケット設計を TBM 計画において試験する要求が生じたことに対応し、現 TBM 設計から原型炉燃料増殖ブランケット設計に TBM 設計を切り替えるための試作体試作を含めた設計活動を実施する。試作体寸法は、増强大面積熱負荷試験装置(1.4.2 貸与品 3 参照)で試験可能な範囲を超えないこと。

作業対象は以下の通り。

- 1) 既往設計を ITER 新ベースラインに適用することの妥当性の確認
- 2) ITER サイズ原型炉への適用を妨げない燃料増殖ブランケット設計の検討
- 3) 上記の TBM SET (TBM 本体及び shield) 設計の検討
- 4) 溶接手法の選定及び溶接仕様の確定
- 5) 材料の調達 (F82H 以外) 及び、部材の加工・調整
- 6) TBM SET 試作体製作による、製作性の確認
- 7) 上記に基づく、ITER への設計変更に伴う設計報告書の作成

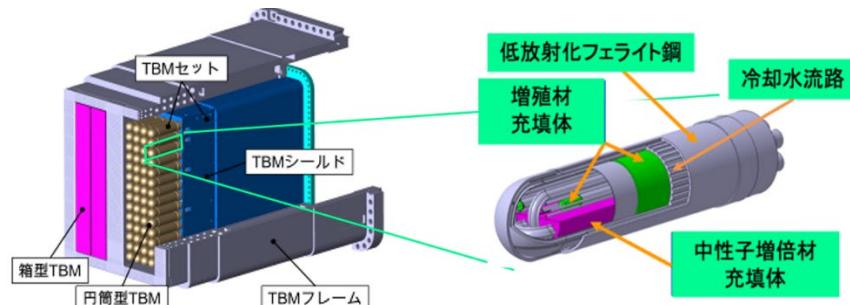


図 1. 現 TBM 設計（円筒型）を採用した TBM ポートプラグの外観（左）と TBM を構成する円筒型のサブモジュールの構造（右）。

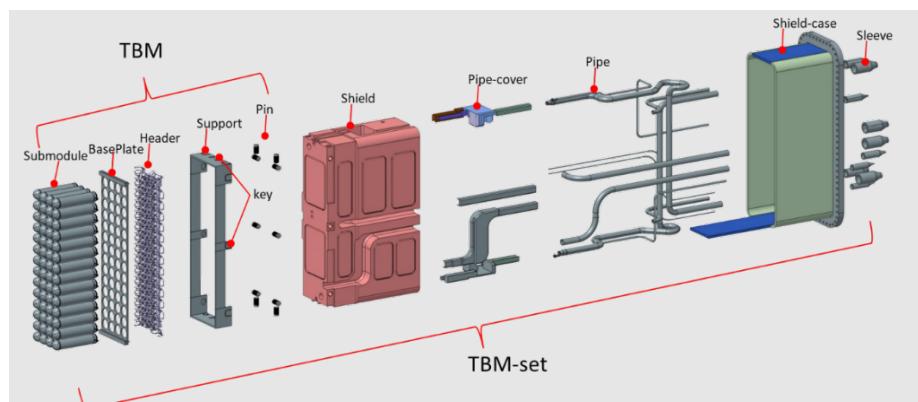


図 2. TBM-set の構成。

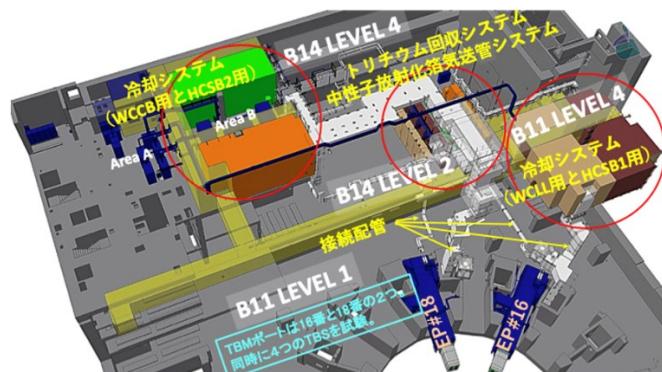


図3. ITERに設置されたTest Blanket System

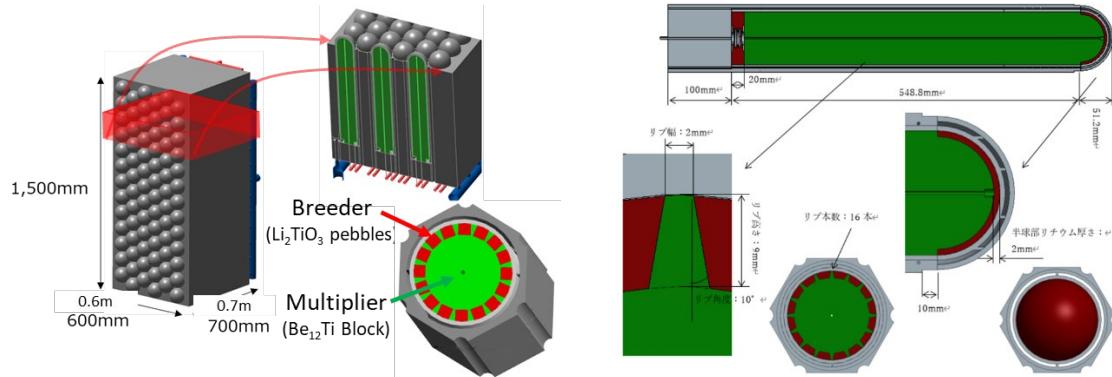


図4 ベリライドブロックを中性子増倍材に採用した原型炉増殖ブランケット設計 概念図

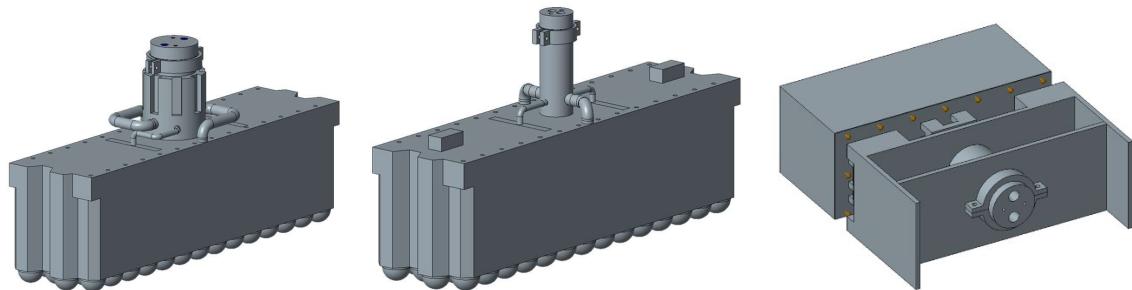


図5 原型炉増殖ブランケットの支持構造。(左) センターサポート構造のみの支持構造、(中) キー構造を備えた支持構造、(右) バックプレート部把持側構造

表6 大面積熱負荷試験装置の諸元

電子銃	
型式	Von Ardenne EH800V
最大出力	600 kW
加速電圧	60 kV
走査周波数	20 kHz
高温高圧水ループ	
流量	0.15 kg/s
温度	~355 ° C
圧力	~18.7 MPa

2.2. 設計仕様

2.2.1. 構造、機能要求

TBM SET の試作体試験体の概念案を図 6 に示す。TBM 本体については図 5 に示した原型炉増殖ブランケットの中央部（全長の 1/3）の構造を模擬した試験体を想定する。試験体

には高温高圧水、バージガスを供給できる形状であり、中性子計測用気送子の照射端及び配管を導入可能な構造を設計する。shield 部は配管構造とともに shield ケースに収まる構造となる（図2参照）。shield ケースのフランジが真空境界となる（図2参照）。TBM SET 試作体全体は、増強される大面積熱負荷試験装置の増強真空容器に取り付け可能な寸法を超えないものとする。

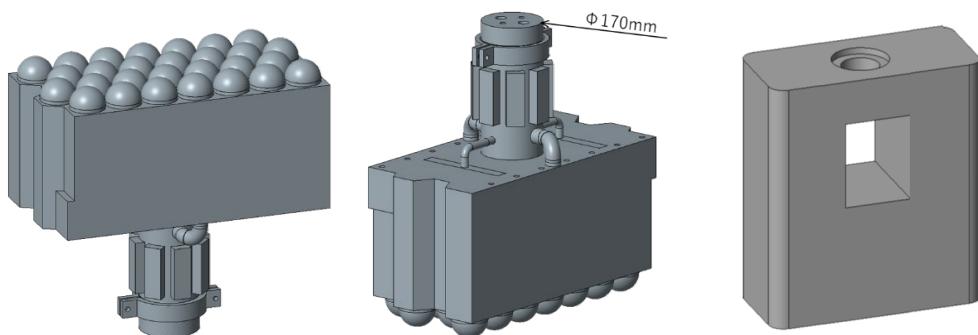


図6 TBM SET 試作体試験体 構造案：(左) TBM 試験体 (中) 支持構造 (右) shield 部

試験体構造に関する要求事項は以下の通り：

- 1) 設計検討の対象は、TBM SET (TBM 本体、shield 及び shield ケース、配管) 試作体とする。寸法、総重量及び取り付けフランジが、大面積熱負荷試験装置の増強真空容器の制限を超過しないよう留意すること。
- 2) 設計検討に関する要求事項
 - (1) これまで検討されてきた燃料増殖ブランケット設計を参考しつつ、熱構造解析、熱流動解析、核解析、電磁力解析により、ITER サイズ原型炉への適用を妨げない燃料増殖ブランケット設計を提案すること。
 - (2) 各溶接部仕様については、要素試験をもとに溶接手法の選定を進め、これを決定することとする。要素試験検討には、F82H 配管と SUS316L 配管との異材接合を含む。
 - (3) サブモジュール部の一箇所については、中性子計測用気送子の照射端の設計を、配管とり回しも含めて検討する。
 - (4) 把持構造及び配管取り回し設計の検討においては、TBM 本体取り付け取り外し工程、配管接合・切り離し工程、及び TBM ポートの寸法制限に留意すること。設計検討にはストリーミングを考慮すること。
 - (5) 部分試作試験を実施し、各構造要素における加工、溶接、溶接後熱処理、取り付けを含む構造成立性、及び物性への影響を評価することとする。本部分試作を通して、設計を決定する。設計の決定には、支持構造、気送子照射端設計を含む。
 - (6) 設計において、TBM 本体構造は低放射化フェライト鋼 F82H、燃料増殖材は Li 酸化物セラミック、中性子増倍材はベリライドを想定する。shield 部材材料は 316L(N)-IG を想定する。

3) 試作体製作に関する要求事項

- (1) 試作体は、機能の要点を押さえつつも、増強熱負荷試験装置での実験を妨げないこと。
- (2) 部分試作試験結果をもとに定めた設計に基づき、試作体を設計すること。TBM 本体の設計においては、増殖・増倍材の充填手順を含む。
- (3) TBM 本体の構造は低放射化フェライト鋼 F82H 製とする。
- (4) 充填される増殖・増倍材はアルミナペブル及び TiAl 等金属間化合物ブロックの模擬材を用いることも可とする。

2.2.2. 大面積熱負荷試験装置との取合い

製作した試作体は、大面積熱負荷試験装置の増強真空容器への据付を妨げないことをとする。増強真空容器の情報を聴取し、取り付け可能となる寸法であること。

フランジ接続部の構造は、TBM SET フランジ構造と類似の構造とすること。

試作体に供給できる高温高圧水が以下の条件であることに留意すること。

高温高圧水条件：

- 設計圧力：18.5 MPa
- 設計温度：355°C
- 試験（運転）圧力：15.5 MPa
- 試験（運転）温度：325°C
- 流量：0.15 kg/sec (純水)
- 許容圧損：0.026 MPa (循環ポンプ揚程：0.182 MPa、既存系統の圧損：0.156 MPa)

2.3. 設計検討

2.3.1. TBM SET の既往設計の妥当性確認

図 4 及び図 5 に示す QST における既往の設計検討結果について、2024 年ベースライン及び設計要求事項 (SRD-56 V7.0 以降) 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、妥当性を確認する。

2.3.2. ベリライドブロックを中性子増倍材とした TBM SET 試作体の設計

これまでの原型炉用燃料増殖ブランケット設計を参考にしつつ、ITER サイズ原型炉への適用を妨げない燃料増殖ブランケット設計の検討を行う。

検討にあたっては以下の点を考慮すること。

- ・ フェライト鋼構造物にかかる電磁力負荷が支持構造である真空容器が許容できる範囲になること。
- ・ 遠隔保守方式として、これまでの原型炉と同じ上部ポートからのセグメント単位での交換を想定すること。

- ・ 最大限のプラズマ体積が確保できるよう、支持構造・遮蔽構造も含めたバックプレート部から増殖ブランケットまでを含むブランケットセグメントのプラズマ側面先端の真空容器表面からの小半径方向の位置が、インボード側赤道面で 810mm 以下、アウトポート側赤道面で 1250mm を超えない構造とできること。

ITER サイズ原型炉における制約については、令和 7 年度第 1 回 ITER/BA/原型炉 科学技術意見交換会（4） フュージョンエネルギーの早期実現に向けた展開 ITER サイズ原型炉（<https://www.qst.go.jp/uploaded/attachment/46289.pdf>）を参照すること。

ITER サイズ原型炉の条件として未定義の負荷条件については、ITER 設計条件を参照すること。必要な文書については、QST と協議の上、QST より提供する。
最終的な設計案は、QST と協議の上これを決定する。

2.4. TBM SET (TBM 本体及び shield) 設計の検討

2.3 で検討した ITER サイズ原型炉のブランケット設計について、実環境で検証すべき要素を有した TBM SET 設計を検討する。TBM 本体部設計は、TBM に与えられる制限（重量制限等）を満たしつつ、燃料増殖ブランケット構造の要素を検証可能な設計を検討する。shield 部設計は、ブランケット支持構造、バックプレート部構造の要素を検証可能としつつ、TBM ポートの制限を満たした設計とする。設計には、気送子配管照射端構造を含む。

最終的な設計案は、QST と協議の上、これを決定する。

2.5. 溶接手法の選定及び溶接仕様の確定

2.3 及び 2.4 の設計検討と並行して、各溶接部仕様の検討を行う。検討にあたっては要素試験を実施し、その結果をもとに溶接手法の選定を進める。要素試験検討には、F82H 配管と SUS316L 配管との異材接合を含む。

2.6. 材料の調達及び、部材の加工・調整

試作体試作に要する F82H の原材料は QST より支給する。必要な部材形状及び寸法への加工、及び加工後熱処理等については、受注者が QST と確認の上で実施する。F82H が不足した場合は、受注者が QST と製作仕様を協議し合意した上で調達を実施する。

2.7. TBM SET 試作体製作による、製作性の確認

TBM SET 試作体製作に先立ち、部分試作試験を実施し、各構造要素における加工、溶接、溶接後熱処理、取り付けを含む構造成立性、及び物性への影響を評価することとする。本部分試作の結果を、TBM SET 試作体製作設計に反映する。

TBM SET 試作体は、検証すべき TBM SET 製作時における技術課題要素をふくむ構造であって、必ずしも TBM SET と同形状である必要はない。

一方で TBM SET 試作体は、大面積熱負荷試験装置の増強真空容器への据付けを妨げないものとする。

2.8. 検査

検査要領書の確認の後、以下の検査を実施すること。

- 1) 寸法検査：以下を対象とする。
 - ① 試験体外半球、内半球の内径・外径
 - ② 試験体半球部とフランジ表面の距離
- 2) 溶接部検査：高温高圧水系、及び真空境界となる溶接部を対象に以下の溶接部検査を実施する。
 - ① 表面検査：浸透探傷検査(JIS Z 2343) を実施し、JIS B 8265 を満足し、表面に割れによる浸透指示模様がないことを確認する。
 - ② 目視検査：溶接による著しい変形、割れ、アンダーカット、スパッタの付着などの有害な欠陥がないことを目視して検査する。

また、溶接部に対しては溶接仕様で定めた溶接部検査を実施する。
- 3) 充填状態検査：TBM 本体の模擬増殖材・増倍材の充填状態を X 線 CT 等により確認する。
- 4) 耐圧試験：高温高圧水系を対象とする。水圧検査とする。試験圧力は 25.8 MPa、保持時間は 10 分とし、水圧指示値の低下が無いことを確認することを想定するが、詳細な条件は協議の上、作業要領書において定める。

2.9. ITER 向け設計文書作成

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10年6月）、同設計の承認（令和11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7にこれら必要文書のリストと概要を示す。文書は全X件で、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

2.10. 最終報告書の作成

- ・ 試作を通して明らかになった、TBM SET 製作にむけた技術的課題の解決方法、製作コストの見通し及び製作工程上の課題について、設計検討も含めて総括し、これを報告する。
- ・ 製作工程管理、特に増殖・増倍材装填工程に関する検討結果を含む。
- ・ 検査を含む品質保証戦略についての検討結果を含む。

表7 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	レビュー
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
2.9	Qualification Summary Report for PIC Components	XB5ABP			CP		Qualification Synthesis Report for PIC Component	C94L6Z	-
2.1	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	ZWT3PG		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	-

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 - 作成