動的環境における冷却水漏洩の
異常検知検証設備の製作性検証作業

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

動的環境における冷却水漏洩の異常検知検証設備の製作性検証作業

1.2. 目的

本件は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「QST」）が、発電用ブランケットの開発のため、各種材料分析装置の整備に加えて、大面積熱負荷試験施設の増強、安全実証試験装置の増強や、強磁場環境下での性能試験に向けた技術開発を進めており、原型炉やスタートアップによる炉内機器開発にも幅広く対応可能なブランケットシステム開発のための基盤整備（相当環境下試験施設の整備）に向けた設計検討および製作性の検証（必要に応じた試作や稼働検証を含む）を目的とする。受注者は本整備の目的、要件を十分理解し、受注者の責任と負担において計画立案し、業務を実施するものとする。

また、本業務では将来的な設備整備を見据え、異常検知システムの技術成立性、安全性、保守性、運転性および拡張性に関する総合評価を行うとともに、設備保護方策、制御方式及び運用手順を含むシステム統合性の検討を実施するものとする。

1.3. 契約範囲

1）冷却水漏洩の異常検知手法案の検討および比較評価
2）冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備に関する設計検討
3）異常検知システムの成立性評価
4）設備保護シーケンス及び制御ロジックの検討
5）冷却水漏洩の異常検知検証設備の製作性検証（試作、模擬試験等を含む）
6）運転・保守方法および将来設備整備を考慮した拡張方策の検討
7）実証試験計画の策定
8）技術的リスク分析
9）報告書の作成

1.4. 貸与品

1）六ヶ所フュージョンエネルギー研究所の規程類
2）ブランケット工学試験棟の平面図
3）QST における既往の検討結果
4）その他

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。

表 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	1	契約後速やかに（下請がある場合のみ）	要
作業体制表	1	契約後 2 週間以内及び更新の都度	要
作業要領書	1	契約後速やかに	要
工程表	1	契約後 2 週間以内及び更新の都度	要
図書リスト	1	契約後2週間以内及び更新の都度	要
最終報告書	1	納入時	要
実証試験計画書	1	納入時	要
製作性検証計画書（試作を行う場合のみ）	1	製作性検証開始前	要
据付検証計画書（試作・模擬試験を行う場合において、必要であれば）	1	据付検証開始前	要
工場立会検査申請書（試作・模擬試験を行う場合のみ）	1	検査日の 1 週間前まで	不要
工場試験検査要領書（試作・模擬試験を行う場合において、必要であれば）	1	試験検査実施 2 週間前	要
工場試験検査成績書（必要であれば）	1	実施後 2 週間以内	要
現地試験検査要領書（試作・模擬試験を行う場合において、必要であれば）	1	試験検査実施 2 週間前	要
現地試験検査成績書（試作・模擬試験を行う場合において、必要であれば）	1	実施後 2 週間以内	要
完成図書（試作・模擬試験を行う場合のみ）	1	納入時	不要
打合せ議事録	1	打合せ後 2 週間以内	要
質問書	1	協議すべき技術課題が生じた場合直ちに	不要

*1 下請負がある場合に QST 様式にて提出すること。また、QST が確認後、書面にて回答する。

1.6. 納期

令和 9 年 3 月 31 日

1.7. 納入場所

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字表舘 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

1.8. 検査条件

作業完了後、1.5 に定める提出図書の確認及び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. 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。

1.10. 品質保証

ISO9001-2015 に定める品質保証と同等の品質保証により、本仕様書に定められた作業を行う。

1.11. 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。

1.12. 知的財産権、技術情報及び成果公開等の取り扱い

知的財産権の取扱いについては、別紙-1「知的財産権特約条項」に定められたとおりとする。

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.　適用法規・規格基準

下記の準拠すべき法令に従うこと。なお、本仕様書に記載されていない規格基準については、必要に応じて協議により適用すること。

1）労働安全衛生法
2）消防法
3）電気設備に関する技術基準を定める省令
4）電気設備に関する技術基準の細目を定める告示
5）電気技術規程
6）電気設備技術基準
7）電気用品取締法
8）電気用品の技術上の基準を定める省令
9）日本産業規格（JIS）
10）日本電気工業会標準規格（新 JEM）
11）日本電気学会電気規格調査会標準規格（JEC）
12）日本電線工業会規格（JCM）
13）六ケ所フュージョンエネルギー研究所安全管理規則
14）六ケ所フュージョンエネルギー研究所規定
15）その他関係法令・規格

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。

2. ~~技~~術仕様

2.1. 作業対象

QSTは、発電用ブランケットの研究開発を推進しており、各種材料分析装置の整備に加え、大面積熱負荷試験設備の増強、安全実証試験装置の整備及び強磁場環境下での性能試験に向けた技術開発を進めている。また、将来の原型炉及び民間事業者による炉内機器開発にも対応可能なブランケットシステム開発基盤として、相当環境下試験施設の整備を進めている。相当環境下試験施設では、高温高圧水冷却系統及び関連補機設備を組み合わせた試験環境を構築し、ブランケット関連機器及びシステムの性能評価、安全性評価並びに各種実証試験を実施することを目的としている。現在、ブランケット工学試験棟では大面積熱負荷試験設備等を活用した試験を実施しており、今後はこれらの設備を活用した統合試験環境の整備を計画している。高温高圧水を用いる冷却系統においては、配管等からの冷却水漏洩を早期に検知し、設備の安全性及び健全性を確保するとともに、機器損傷等の二次災害を防止することが重要である。このため、QSTは冷却水配管の漏洩時における早期異常検知手法の確立に向けて、高温高圧水噴出・漏洩実験装置を有している。現在の設備は静的試験を基に設計されているが、実際の運転環境により近い動的環境における異常検知性能を検証する必要がある。本業務は動的環境における冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備に向けた設計検討、製作性の検証及びこれらに係る報告書の作成を対象とする。

2.2. 作業項目

1）冷却水漏洩の異常検知手法案の検討および比較評価
2）冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備に関する設計検討
3）異常検知システムの成立性評価
4）設備保護シーケンス及び制御ロジックの検討
5）冷却水漏洩の異常検知検証設備の製作性検証（試作、模擬試験等を含む）
6）運転・保守方法および将来設備整備を考慮した拡張方策の検討
7）実証試験計画の策定
8）技術的リスク分析
9）報告書の作成

2.3. 作業内容

2.3.1. 冷却水漏洩の異常検知手法案の検討および比較評価

高温高圧水の漏洩時における物理現象（温度変化、圧力波、音響、振動、湿度変化等）を捉えるための各種異常検知手法（光学式水分計、音響センサ、振動計等の最新技術動向を含む）について文献調査および市場調査を実施すること。抽出した複数の手法について、ITER/TBMの模擬環境における適用性、応答性、耐ノイズ性（S/N 比）、および設備実装の観点から定量的なトレードオフ評価を実施し、最適な検知手法の組み合わせを提案すること。

2.3.2. 冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備に関する設計検討

以下の概念図及び技術要件に基づいて、冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備に関する設計検討を行うこと。図 1 には冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備改造案に関する概念図を示す。異常検知の検出器選定、システム設計に係る技術要件を表2にまとめる。

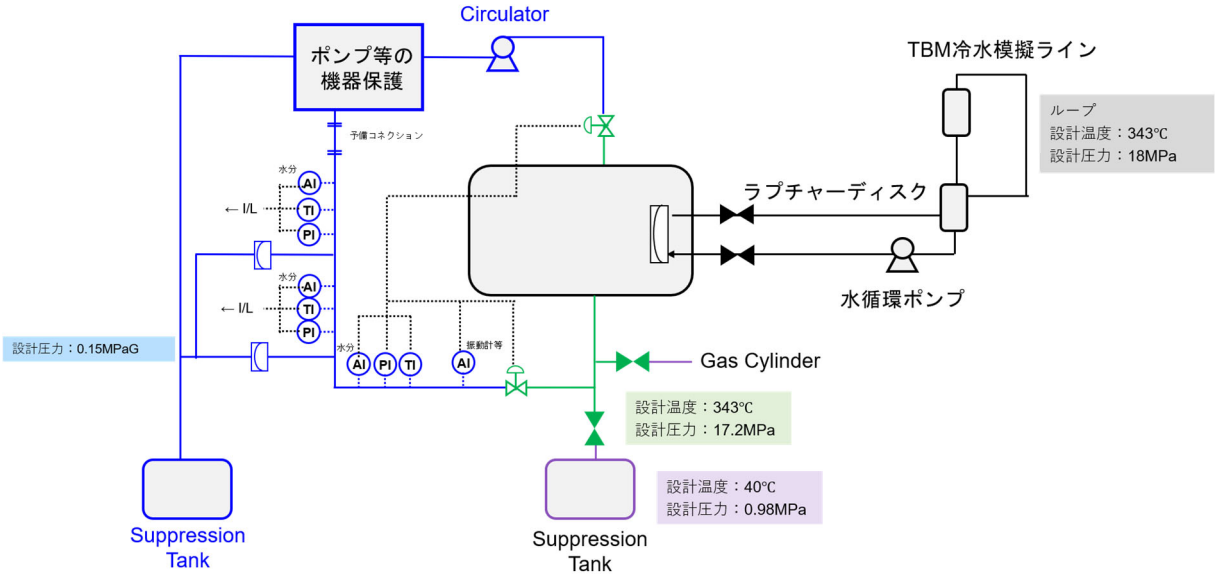


図1　冷却水漏洩の異常検知検証設備の整備改造案に関する概念図

表2　TBMとTESの連結基盤整備および同位体透過の評価設備の設計要件

No	項目	設計要件
1	循環ガスライン	1. 0.4～1.67 Nm3/H、吐出圧力：大気圧力でヘリウムガスを循環できるポンプを有すること 2. 高温高圧水がラプチャーディスク経由で循環ガスライン供給された際に、異常検知によってシャットダウンできる縁切弁を2つ以上を有すること。 3. 高温高圧水がラプチャーディスク経由で循環ガスライン供給された際にも、ポンプ等の各種設備を保護するための設備を有すること 4. ガス循環ラインの配管はITERのTESラインを考慮した配管長およびレイアウト（配管立ち上がり等）を極力模擬したものとする。配管立ち上がりに関しては、最低3mは確保すること。 5. 循環ガス配管内部に生じた凝縮水をSuppressionタンクに自重で回収できるような配管レイアウト（傾斜等）と極力すること。自重で凝縮水を回収できない箇所はドレン弁などを設置すること。 6. 循環ガスラインの機器、計装設備等の破壊を防ぐための設備保護（サプレッションタンク等）を有すること
2	異常検知の計器	1. 温度、圧力、水分計を含む3種類の計器は必ず導入すること。水分計は光学タイプを採用すること。 2. 1以外に、異常検知として応答速度が速い振動計または音響タイプを1か所設置すること。採用タイプの選定理由（候補機器の特性整理表）を報告書に含むこと。 3. 1に示す計器群を1ユニットとした際に、配管長、およ

		び配管レイアウトを考慮して、3ユニットを導入すること 4. 1に示す計器群の設置箇所を変更できるように、最低でも1か所以上の予備コネクション群（VCR）を有すること。（QSTが将来的に実験結果に応じて、計器群の設置箇所を変更する可能性があるが、位置変更工事は本仕様の対象外とする。） 5. 3、4記載の計器ユニットに容易にアクセスできるようにステージまたは足場を有すること。 6. 2-1記載の計器において、計器ユニットの1 out of 3になった際に、1-2で記載のシャットダウン縁切弁を閉止する制御を導入すること。また、検出端は、変更できる仕様とすること。 7. 各種計器は、1秒の測定周期を担保すること。可能な限り高速周期でのデータ収集が可能であることが望ましい。 8. 各種計器の測定周期、データ保存周期は変更できる仕様とすること 9. 実験中の計器指示の経時変化のトレンドを示せるシステムとすること

2.3.3. 異常検知システムの成立性評価

2.3.1および2.3.2で選定・設計したシステムについて、動的環境下（流体流動、配管振動等）における異常検知の成立性を評価すること。特に、センサの応答遅れ、信号処理における遅延、誤検知防止の妥当性について、計測制御の観点から総合的に評価し、要求される検知時間が担保できるか技術的根拠を提示すること。

2.3.4. 設備保護シーケンス及び制御ロジックの検討

異常を検知してから設備を安全に停止（シャットダウン）させるまでの設備保護シーケンスを策定すること。縁切弁の閉止タイミング、サプレッションタンクへの圧力逃がし、ポンプ等の補機類の保護連携について、制御ロジックを確立すること。

2.3.5. 冷却水漏洩の異常検知検証設備の製作性検証

実設備整備を想定した製作性検証として、製作手順、施工方法、据付方法、工程計画及び費用概算を検討すること。またシステム構成、計装構成、制御システム構成、設備保護構成及び設備配置の妥当性について総合的な成立性評価を実施する。本検討の過程において、机上検討のみでは技術的課題の払拭が困難と判断された要素技術については、部分試作、モックアップ、シミュレーション、模擬試験等を計画・実施し、その結果をもって製作性を裏付けること（試作の要否および規模はQSTと協議の上決定する）。

2.3.6. 運転・保守方法および将来設備整備を考慮した拡張方策の検討

実設備整備後の運用を見据え、通常運転手順、異常時対応手順、および計装機器の定期的な校正・メンテナンス方法について検討すること。また、将来的な実験条件の変更や、他設備との統合、測定ポイントの増設を見据えたシステムの拡張性・柔軟性を確保するためのハードウェア・ソフトウェア両面の設計方策を提示すること。

2.3.7. 実証試験計画の策定

本検証設備が完成した後に実施する冷却水漏洩異常検知の実証試験に関する試験計画を策定すること。

2.3.8. 技術的リスク分析

設備の設計、製作、据付、および運用に係る技術的リスクを、体系的な手法を用いて網羅的に抽出すること。抽出されたリスクについて、発生頻度および影響度による評価を行い、重大なリスクに対する低減策および代替案を整理した技術課題管理表を作成すること。

2.3.9. 報告書の作成

2.3.1～2.3.8の成果を取りまとめ、最終報告書としてまとめること。最終報告書には以下の内容を必ず含めること。

- 異常検知手法案の比較評価結果
- 必要な設計検討結果
- システム成立性評価結果
- 設備保護シーケンス検討結果
- 設備成立性および製作性の検証結果（試作や実証的検証を実施した場合はその結果を含む）
- 運転及び保守方法、拡張方策の検討結果
- 実機設備の製作に向けた課題・対応方針
- 実証試験計画書
- 技術課題管理表および体系的リスク分析結果
- 実設備整備時の工程計画および概算費用評価結果
- 今後の設備整備に向けた推奨事項

以上