インバータ式高周波熱プラズマ装置の製作

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　増殖機能材料研究開発グループ

1　一般仕様

1.1　件名

インバータ式高周波熱プラズマ装置の製作

1.2　目的

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いる。

発電ブランケットの実機環境における健全性を担保するに当たり、3D プリンター技術を用いた先進増殖機能材料の成形・開発が重要とされており、インバータ式高周波熱プラズマ装置を用いて 3D プリンティングに最適な高品質球状粉末を生成し、スケールアップしたベリライドブロックの熱サイクルによる挙動と特性評価を実施する。

本件は、原型炉環境を模擬した試験に供する高品質な供試体を製作・整備するための基盤装置を製作するものである。

1.3　契約範囲

(1) インバータ式高周波熱プラズマ装置
(2) 関連装置類の設計、据付及び設置(2 次側入力電力配線敷設、各種配管接続、アンカー打設含む)
(3) ベリライド飛散防止対策及び排気系統の整備
(4) 当該機器における特定化学物質等障害予防規則(ベリリウム及びその化合物)の設置届または変更届に関する書類
(5) 提出図書の作成及び納入
(6) その他、上記の装置を製作・設置に伴う必要な作業
(7) 打ち合わせなどを含む協議が発生した際の議事録作成

1.4　支給品

下記について無償で QST より支給又は貸与を行う。
本作業の実施に際して、QST からの支給又は貸与が必要と認められる物品、関連データ、図面等その他、打合せ等において QST が支給又は貸与が必要と認めたもの
※標記の件を実施するにあたり、その他、必要な情報がある場合、QST に要請すること。

1.5　納入物

表 1 に示す図書を指定時期に指定部数、1.6 項の納入場所に納入すること。
提出図書は指定部数の冊子体の他に電子板を提出すること。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。電子板のファイル形式は QST と協議の上、決定するものとする。

表 1 提出図書

No.	図書名称	印刷物 提出部数	提出時期	確認
1	全体工程表	1	契約後 2 週間以内及び更新の都度	要
2	作業体制表	1	契約後 2 週間以内及び更新の都度	要
3	作業要領書	1	契約後速やかに	要
4	提出図書リスト	1	契約後速やかに	要
5	外形図(寸法及び重量記載)	1	図面作成後速やかに	要
6	断面図(部品名称、材料記載)	1	図面作成後速やかに	要
7	制御盤図(寸法及び重量記載)	1	図面作成後速やかに	要
8	配管系統図(配管取合含む)	1	図面作成後速やかに	要
9	警報一覧リスト	1	作成後速やかに	要
10	電気制御系統図	1	図面作成後速やかに	要
11	運転計画方案図	1	作成後速やかに	不要
12	立会試験検査要領書	1	立会試験検査開始前	要
13	立会試験検査報告書	1	立会試験検査後 2 週間以内	要
14	納入試験検査要領書	1	据付開始前	要
15	納入試験検査報告書	1	検査後 2 週間以内	要
16	製作報告書	1	輸送開始前	要
17	輸送計画書(パッキングリスト、消耗品リスト含む)	1	輸送開始前	要
18	据付計画書	1	据付開始前、変更の都度	要
19	作業者名簿	1	据付開始前、変更の都度	不要
20	据付報告書	1	据付完了時	要
21	特定化学物質設置届または変更届に関する書類	1	作成後速やかに	要
22	打合せ議事録	1	打合せ後 2 週間以内	要
23	情報管理要領書	1	作成後速やかに	不要
24	質問書	1	協議すべき技術課題が生じた場合直ちに	不要

※ 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、当該期限までに確認を完了し、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。

※ 提出図書 No.5～10 については、QST の確認をもって製作工程へと移行する。

※ 提出図書 No.20 については、施工図を含めること。

※ 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 9 年 3 月 12 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
QST 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所
共同研究棟　Be 製造室
（※提出図書はブランケット工学試験棟　事務室 2）

1.8　検査条件
第 1.7 項に示す納入場所に第 2 項及び第 1.5 項に示す物品の納入及び据付調整後、装置が正常に動作することの確認をもって検査合格とする。

1.9　契約不適合責任
契約不適合責任については、契約条項のとおりとする。

1.10　保証
本装置の保証期間は検査後 1 年とし、この期間内に設計製作上の不備により不具合が生じた場合は無償にて修理すること。ただし、天災・戦争・火災等不可抗力によるもの、貴社の過失によるものについては除外する。

1.11　適用法規・規格基準
・労働安全衛生法
・特定化学物質等障害予防規則
・日本産業規格（JIS）
・日本電気工業会企画（JEM）
・電気学会電気規格調査会標準規格（JEC）
・日本電線工業会規格（JCS）
・電気設備技術基準
・電気事業法
・六ヶ所フュージョンエネルギー研究所安全管理規則
・六ヶ所フュージョンエネルギー研究所諸規程
・その他受注業務に関し、適用又は準用すべき全ての関係法令・基準等

1.12　技術情報及び成果公開等の取り扱い
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、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。このため、機密保持を確実に行える具体的な情報管理要領書を作成・提出し、これを厳格に遵守すること。

1.13　安全管理

作業計画に際し綿密かつ無理のない工程を組み、材料、労働安全対策等の準備を行い、作業の安全確保を最優先としつつ、迅速な進捗を図るものとする。また、作業遂行上既設物の保護及び第三者への損害防止にも留意し、必要な措置を講ずるとともに、火災その他の事故防止に努めるものとする。

作業現場の安全衛生管理は、法令に従い受注者の責任において自主的に行うこと。

受注者は、作業着手に先立ちQSTと安全について十分に打合せを行った後着手すること。

受注者は、作業現場の見やすい位置に、作業責任者名及び連絡先等を表示すること。

作業中は、常に整理整頓を心掛ける等、安全及び衛生面に十分留意すること。

受注者は、本作業に使用する機器、装置の中で地震等により安全を損なう恐れのあるものについては、転倒防止策等を施すこと。

1.14　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。

1.15　工程管理

本件の履行に当たり、作業の全体工程表を作成する。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。全体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。全体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。

1.16　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。

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、オンライン会議、対面で打合せを行うものとする。

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。

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。

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。

受注者はQSTの指示よって、特定化学物質等障害予防規則に必要な健康診断等を実施すること。

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　概要

高周波誘導熱プラズマにより粉末を処理することを目的としたインバータ式高周波電源を採用した装置である。誘導結合型熱プラズマの超高温場において、粉末原料を蒸発または溶融し、球状粒子や機能性粒子などを作製することを目的とする。図 1 に参考図を示す。

2.2　性能

(1) プラズマ発生方式: アルゴンガスを主体とした誘導結合型の熱プラズマを発生すること。
(2) 高周波電源出力: 最大 100kW（水素ガス混合時）で、出力調整が可能である。
(3) 動作圧力（参考）: 10～60kPa の範囲でプラズマが発生可能であること。
(4) 装置冷却: 水冷方式で冷却すること。
(5) 粉末回収: チャンバーを解体し、刷毛やスクレーパなどにより粉末を回収可能な機構を有すること。
(6) 到達真空度: 1kPa 以下であること。
(7) 動作圧力調整: 圧力コントローラによりバルブ開閉を自動調整すること。
(8) ガス流量調整: マスフローコントローラにより流量調整が可能であること。
(9) 排ガス冷却: 冷却機構を具備すること。
(10) 圧力逃がし弁: 機械式の圧力逃がし弁を有すること。

2.3　構成

(1) プラズマトーチ: 1 式
(2) 高周波電源: 1 式
(3) 集中制御盤: 1 式
(4) チャンバー: 1 式
(5) 冷却水分岐管: 1 式
(6) 真空排気関連機器: 1 式
(7) 粉末供給機: 1 式
(8) ガスボンベ架台: 1 式
(9) 冷却ユニット: 1 式
(10) 昇圧トランス: 1 式

2.4　各機器の仕様

プラズマトーチ（日本電子製プラズマトーチ使用）
(1) 許容印加電力: 最大 100kW
(2) 適用周波数: 400kHz
(3) トーチ内径: φ60mm
(4) 誘導コイル巻数: 8 ターン
(5) 構造: 水冷二重管方式

(6) 冷却 水冷

(7) ガス配管接続口

プラズマガス Radial 用: 2 箇所

プラズマガス Tangential 用: 2 箇所

キャリアガス（原料粉末）用: 1 箇所

2.5　高周波電源

INV 電源部（TD-100H）

(1) 入力電源: 三相 440V50/60Hz、140KVA

(2) 公称高周波出力: 20～100kW（連続可変）

(3) 発振周波数: 350-450kHz

(4) 冷却方式: 水冷/空冷

(5) 外形寸法: 高さ 2650×幅 650×奥行 1520mm

(6) マッチング BOX 部: 熱プラズマ用整合コンデンサ、トランス内蔵

2.6　集中制御盤

(1) INV コントローラ

表示形式：Edc(V)、Idc(A)をアナログメータで表示すること。

入力電源：DC24V±5% 50W（高周波電源内より供給）

(2) 真空圧力コントロール: 設定値入力によるバルブ開度自動制御を行うこと。

(3) ガス流量制御: マスフローコントロール方式により、流量調整を行うこと。

(4) 種別: マスフローコントローラ、手動開閉バルブ

2.7　仕様／個数

(1) プラズマガス（アルゴン用）: 最大 200L/min×2 個

(2) プラズマガス（窒素（酸素選択可）用）: 最大 200L/min×1 個

(3) プラズマガス（水素用）: 最大 50L/min×1 個

(4) キャリアガス（粉末）（アルゴン用）: 最大 20L/min×1 個

(5) 真空ポンプ冷却（窒素用）: 最大 20L/min×1 個

(6) 逆洗フィルター（アルゴン用）: ボンベレギュレータより配管（制御盤は介さない）

(7) 使用圧力: 0.3MPa

2.8　チャンバー

外形寸法: 高さ 2950×幅 740×奥行 7400mm

(1) 反応部

構造: 水冷二重チャンバーを連結

冷却: 水冷方式

主要材質: ステンレス、銅

圧力逃がし弁: 大気圧付近を超えると吹き始めること。

ポート: 圧力逃がし弁用×1、圧力センサー用×1、予備ポート×2

(2) 回収部

構造: 水冷二重容器をガス管へルール継手にて連結

冷却: 水冷方式

主要材質: ステンレス

(3) ガス冷却部

ガス冷却方式: 水冷パイプとの熱伝達による熱交換

構造: 多管式熱交換構造

主要材質: ステンレス

2.9　冷却水分岐管

(1) 総流量: 約 1000L/min

(2) 系統分岐管: 約 16 系統

(3) 配管材質: 樹脂、ブレードホース

(4) 分岐管材質: ステンレス（継手類は真鍮）

(5) ドレインポート: 分岐管出口側最下部にドレインポート（バルブ付き）

(6) 圧縮空気導入ポート: 分岐管入口側最上部にエア導入ポート（バルブ付き）

(7) 流量検知: 予備系統を除く全系統出口側に流量スイッチを各 1 台

(8) 元バルブ: 分岐元管入口、出口側に各 1 台

(9) 圧力計: 分岐元管入口、出口側に各 1 台

2.10　真空排気関連機器

(1) フィルター部: ゲートバルブ接続、多層式粉末フィルター、ふるい落とし方式はガス逆洗パルス式であること。

(2) 圧力制御: 配管接続規格は NW50、配管材質はステンレス、圧力調整バルブは自動バタフライバルブであること。

(3) 真空ポンプ: ドライポンプ、排気速度 2500L/min クラスであること。

2.11 粉末供給機

テーブル式フィーダー：真空対応品

2.12 ガスボンベ架台

ボンベ設置数：7m^3 ボンベ 6 本立て立て仕様

2.13 冷却ユニット

(1)冷却方式：クーリングタワー冷水またはチラーによる熱交換方式であること。

(2)設置場所は屋外のため、屋外仕様とする。また、建屋の壁貫通に係る作業を含むこと。

(3)耐重塩害対策及び積雪対策を施すこと。

2.14 昇圧トランス

仕様：乾式自冷 210V/440V 150KVA

2.15 ユーティリティ

(1) 電源：INV 装置　200V/140A 140kVA 相当

制御盤　200V/100A 30kVA 相当

冷却ユニット　200V/100kVA 相当

(2) 接地：単独 A 種

(3) ガス：プラズマトーチ用、他　※2.12 ガスボンベ架台より接続。

流量：プラズマ用 最大 200 L/min

キャリア用 最大 20 L/min

ガス種 アルゴン、他

※2.7 仕様／個数の必要数に準じる。

圧力 0.3MPa

(4) 冷却水　※2.13 冷却ユニットより取水。

水温：20～30℃

水圧

入口：0.3～0.4 MPa

出口：0.1MPa 以下、(差圧で 0.3MPa 以上であること)

流量：合計 約 1000 L/min

水質：200μS/cm 以下 (100μS/cm 以下の純水利用を推奨)

(5) 排気設備

真空ポンプ用 接続規格 NW40

(6) メンテナンス用エアー

圧力：約 0.4MPa

流量：約 300L/min 10 分程度

(7) ドレイン用排水口：メンテナンス用 1 箇所

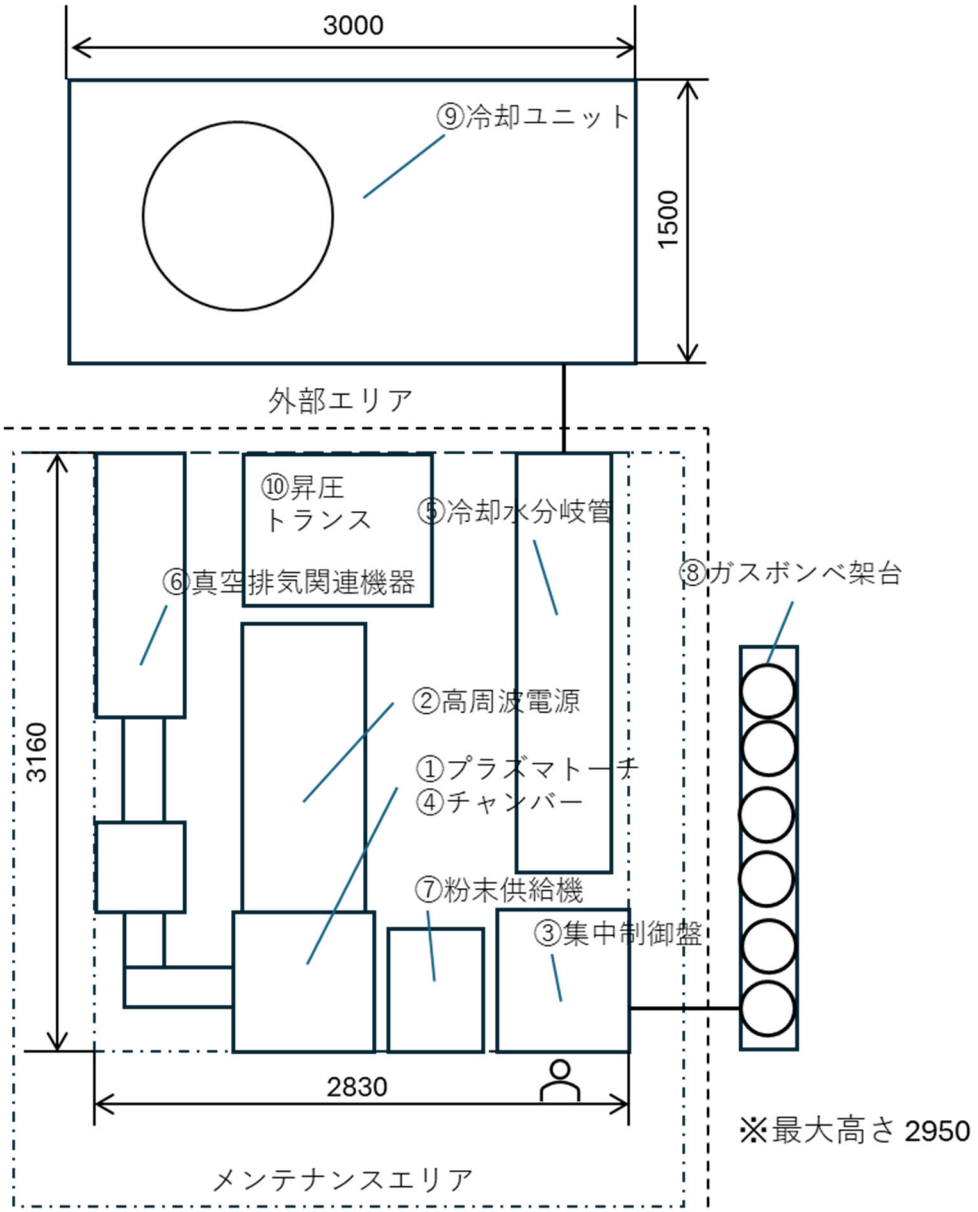

図 1．インバータ式高周波熱プラズマ装置参考図

以　　上