

ITER ジャイロトロン試験用電源と既設電源機器との組
み合わせに関する検討及び試験
仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

核融合エネルギー部門 那珂核融合研究所

ITERプロジェクト部 RF加熱開発グループ

第1章 一般事項

1. 件名

ITER ジャイロトロン試験用電源と既設電源機器との組み合わせに関する検討及び試験

2. 目的

量子科学技術研究開発機構（以下「量研機構」という。）那珂核融合研究所では、ITER ジャイロトロンの性能確認試験において ITER サイトのジャイロトロン用電源と同等の性能を有する主電源を導入し、ジャイロトロンの試験を行う。高電圧電源装置は既存の高電圧電源機器と組み合わせた電源システムとして使用する。本件では、高電圧電源装置と既存の電源機器との組み合わせに関する検討及び関連する評価試験を実施する。

3. 契約範囲

ITER ジャイロトロン試験用電源と既設電源機器との組み合わせに関する検討及び試験
1式

4. 作業実施場所及び条件

4.1 作業場所

受注者社内または

茨城県那珂市向山 801-1 量研機構 那珂核融合研究所 JT-60 附属実験棟

4.2 作業条件

本作業を行う JT-60 附属実験棟は、放射線管理区域（第Ⅱ種管理区域）を含む。

5. 納期

令和4年3月25日

6. 支給品及び貸与品

6.1 支給品

本作業に必要な電力（100V、200V、400V）及び水（上水、工業用水）は支給する。

6.2 貸与品

評価試験にて使用する試験器及び計測器機材として、以下に示すものについては無償にて貸与する。

・直流高電圧電源、DC 電源、電圧プローブ、電流プローブ、光絶縁プローブ、絶縁アンプ、オシロスコープ、メモリーハイコーダ、データログ、ファンクションジェネレータ、マルチメータ、検電器、絶縁抵抗計、LCR テスター、PC

7. 提出書類

| No | 書類名 | 提出時期 | 部数 | 確認 |
|-----|----------------|------------------|------|------|
| (1) | 報告書 | 納入時 | 3部 | 不要 |
| (2) | 再委託承諾願※ | 下請けの 作業開始2週間前 | 1部 | 要 |
| (3) | その他量研機構が要求する書類 | 必要の都度 | 必要部数 | 都度協議 |

※下請等が発生する場合、量研機構の指定様式で提出すること。

(提出場所)

量研機構 那珂核融合研究所 ITERプロジェクト部 RF加熱開発グループ

(確認方法)

「確認」は次の方法で行う。

量研機構は、確認のために提出された書類を受領したときは、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、必要な場合には修正を指示するものとし、修正等を指示しないときは確認したものとする。

「再委託承諾願」は、量研機構確認後、書面にて回答するものとする。

8. 検査条件

第2章に示す作業の終了の確認及び第1章第7項に示す書類が提出されていることの確認をもって検査合格とする。

9. 品質管理

作業に係る全ての工程において、十分な品質管理を行うこと。

10. 適用法規・規程・規格・基準（那珂核融合研究所にて作業する場合）

本作業を遂行するに当たり、下記の法規・規程等を遵守すること。

10.1 那珂核融合研究所内諸規程、規則等

- (1) 那珂核融合研究所安全衛生管理規則
- (2) 那珂核融合研究所防火管理規則
- (3) 那珂核融合研究所電気工作物保安規程・規則
- (4) 那珂核融合研究所事故対策規則、要領
- (5) 那珂核融合研究所リスクアセスメント実施要領
- (6) 那珂核融合研究所エックス線装置保安規則
- (7) 那珂核融合研究所放射線障害予防規程
- (8) 那珂核融合研究所放射線安全取扱手引
- (9) その他、那珂核融合研究所内諸規程

10.2 法規・規格・基準等

- (1) 電気事業法
- (2) 労働基準法

- (3) 労働安全衛生法
- (4) 消防法
- (5) 放射性同位元素等の規制に関する法律
- (6) 日本工業規格 (JIS)
- (7) 電気設備技術基準
- (8) 電気学会電気規格調査会標準規格 (JEC)
- (9) 日本電機工業会規格 (JEM)
- (10) 日本電気協会電気技術規程 (JEAC)
- (11) 日本電線工業会規格 (JCS)
- (12) その他、受注業務に関し適用又は準用すべき全ての適用法令・規格・基準

1 1. 技術情報・成果の取扱い及び機密保持

受注者は、業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他の全ての資料及び情報を、発表若しくは公開してはならない。また、本業務遂行以外の目的で第三者に開示や提供してはならない。ただし、あらかじめ書面により量研機構の承認を受けた場合はこの限りではない。

1 2. 産業財産権等

産業財産権等の取扱いについては、別紙－1「産業財産権等の取扱いについて」に定められたとおりとする。

1 3. 安全管理（那珂核融合研究所にて作業する場合）

1 3. 1 一般安全管理

- (1) 受注者は、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。
- (2) 受注者は、業務の実施に当たって各種届の提出等、必要な手続きを行うこと。
- (3) 受注者は、業務の実施に当たって関係法令及び所内規程を遵守すること。また、量研機構が安全確保の為の指示を行ったときは、その指示に従うこと。
- (4) 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。
- (5) 受注者は、作業内容及び作業中の安全について、事前に量研機構と十分な打合せを行った後作業に着手すること。
- (6) 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。
- (7) 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。

1 3. 2 放射線管理

- (1) 受注者は、管理区域内で作業を行う場合は、那珂核融合研究所が定める放射線管理に関する規則等を遵守しなければならない。
- (2) 受注者は、放射線管理に関して、量研機構の指示に従うこと。

14. 特記事項

- (1) 受注者は、量研機構が量子科学技術の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力及び高い信頼性を社会的に求められていること認識し、量研機構那珂核融合研究所の規程等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行し得る能力を有する者を従事させること。
- (2) 受注者は、異常事態等が発生した場合、量研機構の指示に従い行動するものとする。
- (3) 受注者は、機構が伝染性の疾病（新型インフルエンザ等）に対する対策を目的として行動計画等の対処方針を定めた場合は、これに協力するものとする。

15. 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書類（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。

16. その他

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、量研機構と協議の上、その決定に従うものとする。

第2章 技術仕様

1. 概要

ITER ジャイロトロン性能確認試験に使用するために導入される新たな高電圧電源装置は、電源室に設置される。高電圧電源装置は、出力先を切り替えることでジャイロトロン出力試験装置及び長パルスジャイロトロン試験装置の2つの装置に対して主電源としての給電が可能となる。また、長パルスジャイロトロン試験装置は、受電先を切り替えることで従来の高電圧電源と新たな高電圧電源装置の両方から受電が可能となる。さらに、高電圧電源装置は、アノード電源（以下「APS」という。）及びボディ電源（以下「BPS」という。）等の加速電源機器と組み合わせてジャイロトロン発振に必要な電力を給電する電源システムとなる。

新たな電源システムを使用して ITER ジャイロトロン性能評価試験を実施するにあたり、第2項から第6項に示す検討や検証試験を行い、報告書を作成すること。

高電圧電源装置の出力仕様を表1に、APS変調運転時の高電圧電源装置の出力性能を表2に、APS変調運転をしない時の高電圧電源装置の出力性能を表3に、パルスパワーシステム（以下「PPS」という。）を使用した運転（APS変調運転なし）時の高電圧電源装置の出力性能を表4に、APSの仕様を表5に、BPSの仕様を表6に示す。また、高電圧電源装置の基本回路構成を図1に、ジャイロトロン出力試験装置の回路構成を図2に、長パルスジャイロトロン試験装置の回路構成を図3に示す。

表1 高電圧電源装置の出力仕様

| No | 項目 | 仕様 | 備考 |
|----|------------------------|------------------------|------------------|
| 1 | 定格出力電圧 | -80kV | - |
| 2 | 定格出力電流（パルス） | 100Ap | DC～10kHzパルスの範囲 |
| 3 | 定格出力電流（平均値） | 100A | - |
| 4 | 定格出力電力 | 8MW | - |
| 5 | 代表的な使用定格範囲 | -50k～-60kV/ 80A～90A | - |
| 6 | 出力電圧リップル（電流変調時のノイズを含む） | <0.5%pp | - |
| 7 | 出力電圧精度 | <±0.5% | - |
| 8 | 出力効率 | >95% | - |
| 9 | 出力パルスのジッター | <1μsec | 出力トリガ信号と出力電圧パルス間 |
| 10 | 出力パルスの遅延時間 | <20μsec | 出力トリガ信号と出力電圧パルス間 |
| 11 | 出力電圧の再現性 | <±0.5% | - |
| 12 | アークへの注入エネルギー | <10J | - |

| | | | |
|----|----------------|--------------------------|------------------------------|
| 13 | デプレストコレクタステージ数 | 4 段 | - |
| 14 | デプレストコレクタ電極電圧 | $0 > V_d > -80\text{kV}$ | 各ステージ独立に 0~-80kV の範囲で設定可能とする |
| 15 | デプレストコレクタ電極電流 | $< 100\text{A}$ | 全コレクタ電極の合計電流は 100A 以内とする |

表 2 APS 変調運転時の高電圧電源装置の出力性能表

| No | 項目 | 仕様 | 備考 |
|----|--|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 出力電圧 10%~90%立上り時間 | $< 160 \mu \text{ sec}$ | ランプアップ中のコレクタ電流 $\cong 0\text{A}$ |
| 2 | 出力電圧 10%~90%立下り時間 | $> 100\text{msec}$ | ランプダウン中のコレクタ電流 $\cong 0\text{A}$ |
| 3 | セットリング時間 | $< 220 \mu \text{ sec}$ | - |
| 4 | 出力電圧のオーバーシュート／アンダーシュート | $< \pm 1\%$ | - |
| 5 | オーバーシュート／アンダーシュート (APS 変調時、出力電圧-10kV~-70kV において) | $< \pm 2\%$ | - |
| 6 | オーバーシュート／アンダーシュート (APS 変調時、出力電圧-70kV~-80kV において) | $< \pm 2\%$ | - |
| 7 | 最大 APS 変調周波数 | 10kHz | - |
| 8 | APS 変調におけるコレクタ電流変化振幅 | 0~100A | - |
| 9 | APS 変調における 10%~90%ランプアップ時間 | $10 \mu \text{ sec}$ | - |
| 10 | APS 変調における 10%~90%ランプダウン時間 | $10 \mu \text{ sec}$ | - |
| 11 | 最大変調運転時間 | 5min | ケーブルのスイッチング損失の制限による |

表 3 APS 変調運転をしない時の高電圧電源装置の出力性能表

| No | 項目 | 仕様 |
|----|------------------------|--------------|
| 1 | 出力電圧 10%~90%立上り時間 | 40 μ sec |
| 2 | 出力電圧 10%~90%立下り時間 | 40 μ sec |
| 3 | セッティング時間 | 50 μ sec |
| 4 | 出力電圧のオーバーシュート/アンダーシュート | < \pm 1% |
| 5 | 最大変調周波数 | 10kHz |
| 6 | 最大変調運転時間 | 5min |

表 4 PPS を使用した運転 (APS 変調運転なし) 時の高電圧電源装置の出力性能表

| No | 項目 | 仕様 | 備考 |
|----|----------------------------|---------------------|----------------|
| 1 | 定格出力電圧 | 0~-120kV | - |
| 2 | 定格出力電流 | 100A | - |
| 3 | パルス運転繰り返し周波数 | \leq 1Hz | - |
| 4 | 運転デューティ | <0.25% | - |
| 5 | 最大パルス幅 | 5msec | - |
| 6 | 出力電圧のオーバーシュート/ アンダーシュート | \leq 1% | - |
| 7 | セッティング時間 | \leq 60 μ sec | - |
| 8 | 電圧立上り時間 (10%~90%) | \leq 60 μ sec | コレクタ電流のランプアップ中 |

表 5 APS の仕様

| No | 項目 | 仕様値 |
|----|----------|-------------|
| 1 | 電源の形式 | 四象限電源 |
| 2 | パルス幅 | 3600s |
| 3 | 定格カソード電圧 | 40kV~50kV |
| 4 | 定格出力電圧 | -20kV~+10kV |
| 5 | 定格電流 | 500mA |
| 6 | 変調機能 | 電源本体の変調は不要 |

表 6 BPS の仕様

| No | 項目 | 仕様値 |
|----|---------------------|-----------------------|
| | パルス幅 | 3600s |
| | 定格出力電圧 | 30kV |
| | グランド～ボディ間設定電圧 範囲 | 0kV～40kV |
| | 定格電流 | 50mA |
| | 定格立ち上がり時間 | <50 μ s (10%～90%) |
| | 緊急停止時の入力電力 | <10J |
| | 変調機能 | 電源本体の変調は不要 |

2. 電源システムの出力試験検討

高電圧電源装置と加速電源機器を組み合わせた電源システムについて、模擬負荷抵抗を負荷とした出力試験を実施するにあたり、出力試験の試験項目及び試験方法を検討して、試験要領書を作成し報告書として提出すること。

3. BPS の出力電圧高速可変制御機能追加検討及び検証

電源システムを用いて ITER ジャイロトロン性能確認試験を実施するにあたり、ジャイロトロンが発振中に正規モード発振より逆モード発振へ遷移することがある。この時に、BPS の電圧を 5～10%程度高速で一定短時間低下させることにより、発振を正規モードへ回復させることが出来る。現在の BPS の出力電圧応答時間は 200ms～300ms であり、発振を正規モードへ回復させるには高速での可変機能が必要である。そのため、BPS に 5ms～10ms の高速で出力電圧を可変できる機能を追加する技術開発を行い、検証試験を実施すること。BPS の出力電圧高速可変制御の構成案を図 4 に示す。

4. ジャイロトロンヒータ電圧設定の高精度化機能追加設計検討及び検証

ジャイロトロンヒータ電源の出力電圧の設定精度は 1～2%程度であるが、電源システムを用いて ITER ジャイロトロン性能確認試験を実施するにあたり、最適なジャイロトロンの発振パラメータを設定するためには、0.1%の高精度な設定精度を確保する必要がある。そのため、ジャイロトロンヒータ電源の出力電圧の設定精度を高精度化するための設計検討を行い、検証試験を実施すること。ジャイロトロンヒータ電圧設定の高精度化制御の構成案を図 5 に示す。

5. APS のバランス制御の検討

電源システムを用いて ITER ジャイロトロンの性能確認試験を実施するにあたり、APS の

出力電流の確保が重要となるが、現在の APS は 2 台の直流電源（20kV／300mA 出力）を並列接続した回路構成で、2 台の直流電源の出力電流のバランス制御が行われていないために、電流バランスが悪く直流電源の合計出力電流は 400mA 程度に制限されてしまい、直流電源の能力を十分に発揮できていない。そのため、2 台の直流電源の電流バランスを制御し最大出力電流の 600mA を確保できるように、直流電源の制御方法を検討すること。APS のバランス制御の構成案を図 6 に示す。

6. ボディケースの帯電検証試験

ITER ジャイロトロンにはボディ電位部を保護するためにボディケースを設置している。ボディケースは材質がポリカーボネートであるが帯電することが懸念されており、ITER ジャイロトロンの性能確認試験においてボディケースの帯電を抑えることが重要となる。ボディケースの設置図を図 7 に示す。ボディ保護材の帯電検証試験を実施すること。

(1) ボディ電位部の電圧条件

- ・ 電圧 : DC 0kV～+30kV

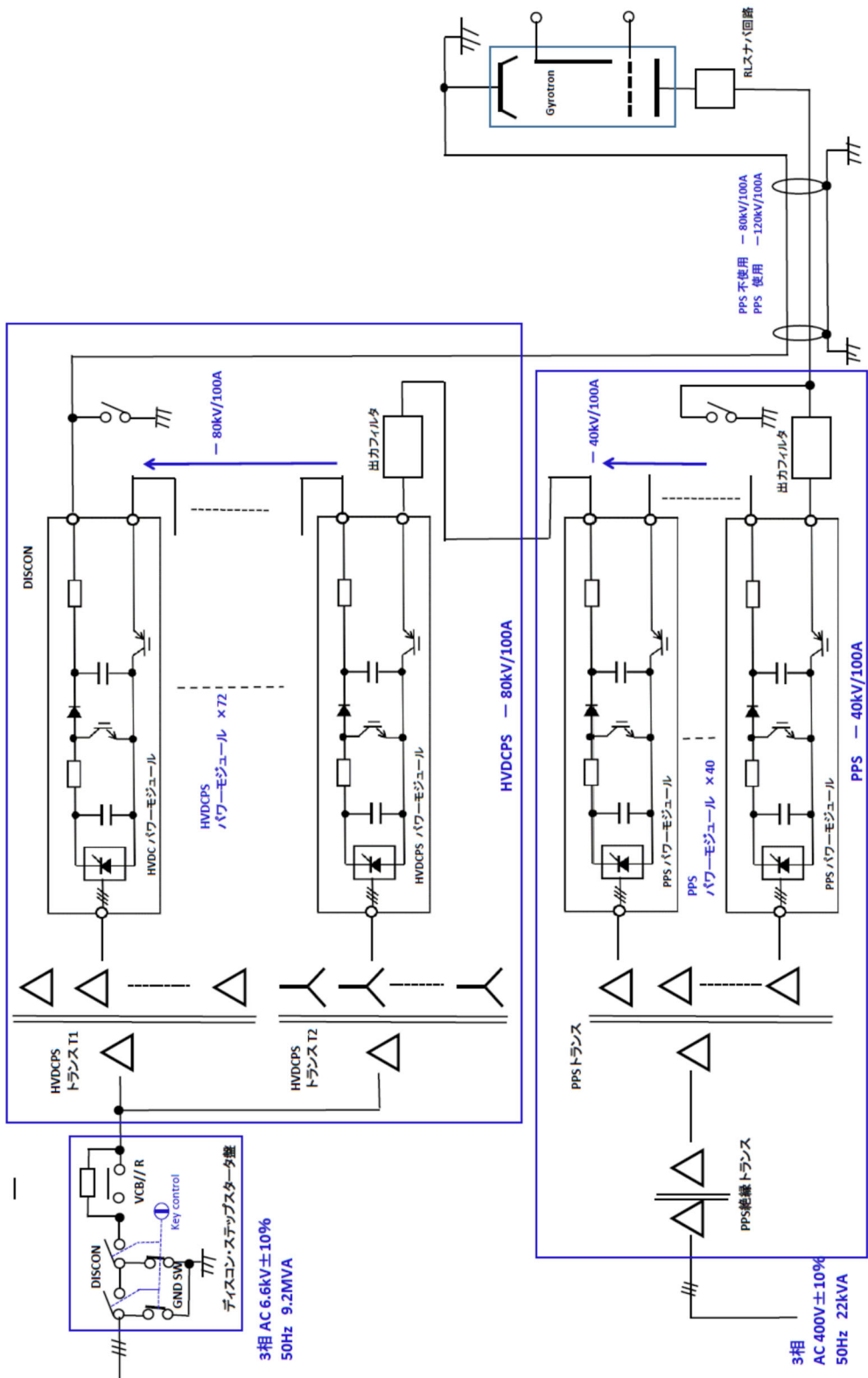


図1 高電圧電源装置の基本回路構成図

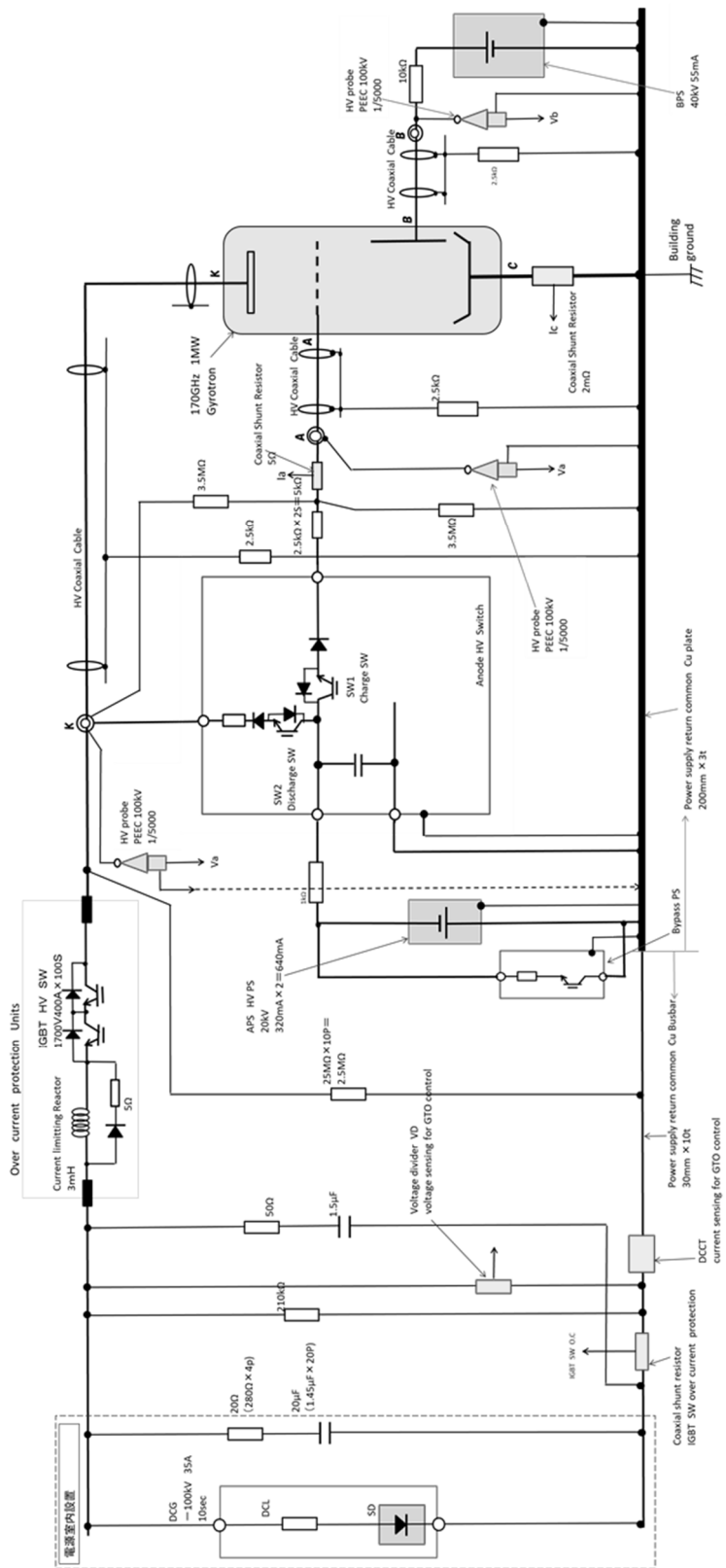


図2 ジャイロトロン出力試験装置の回路構成図

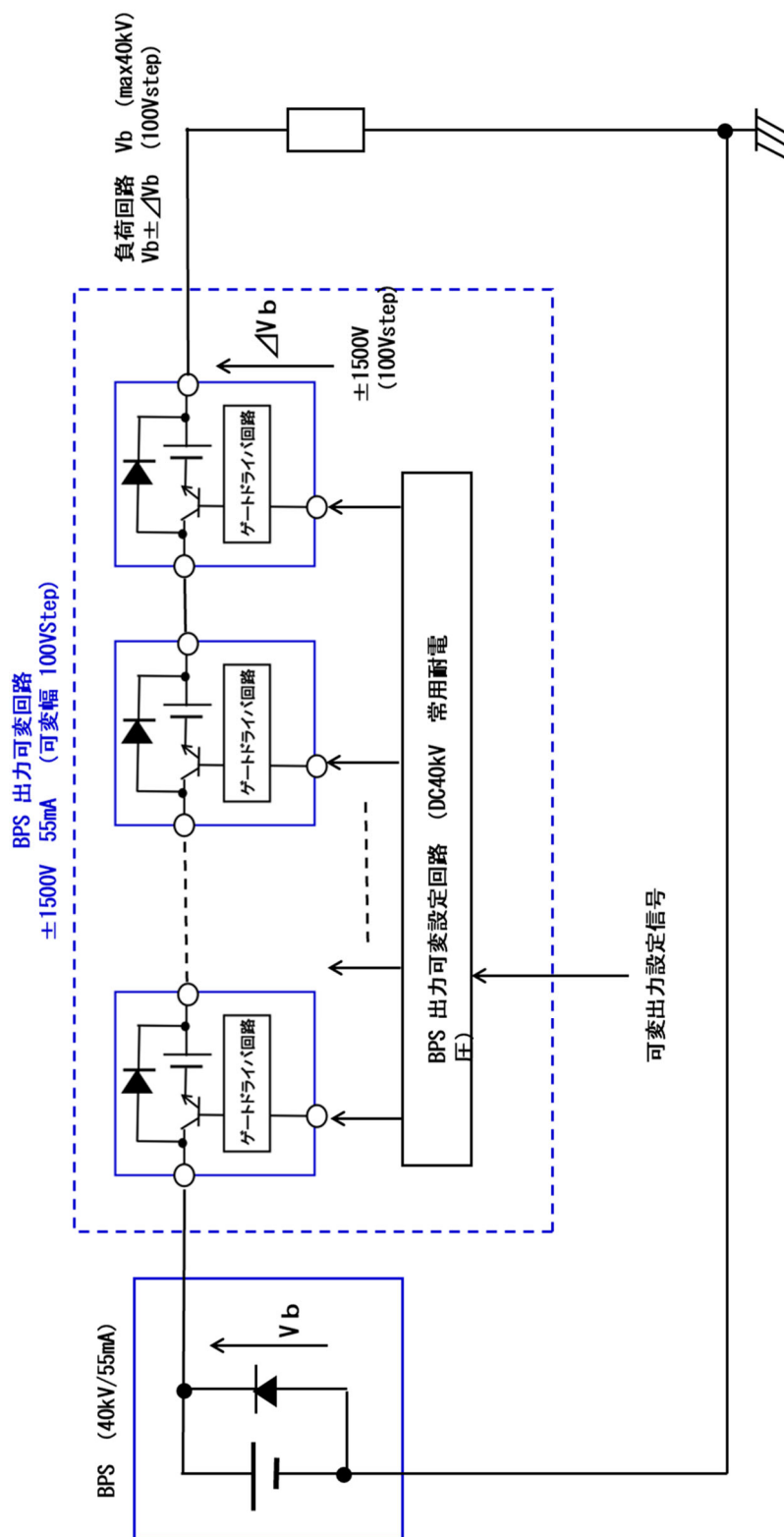


図4 BPSの出力電圧高速可変運転制御の構成案

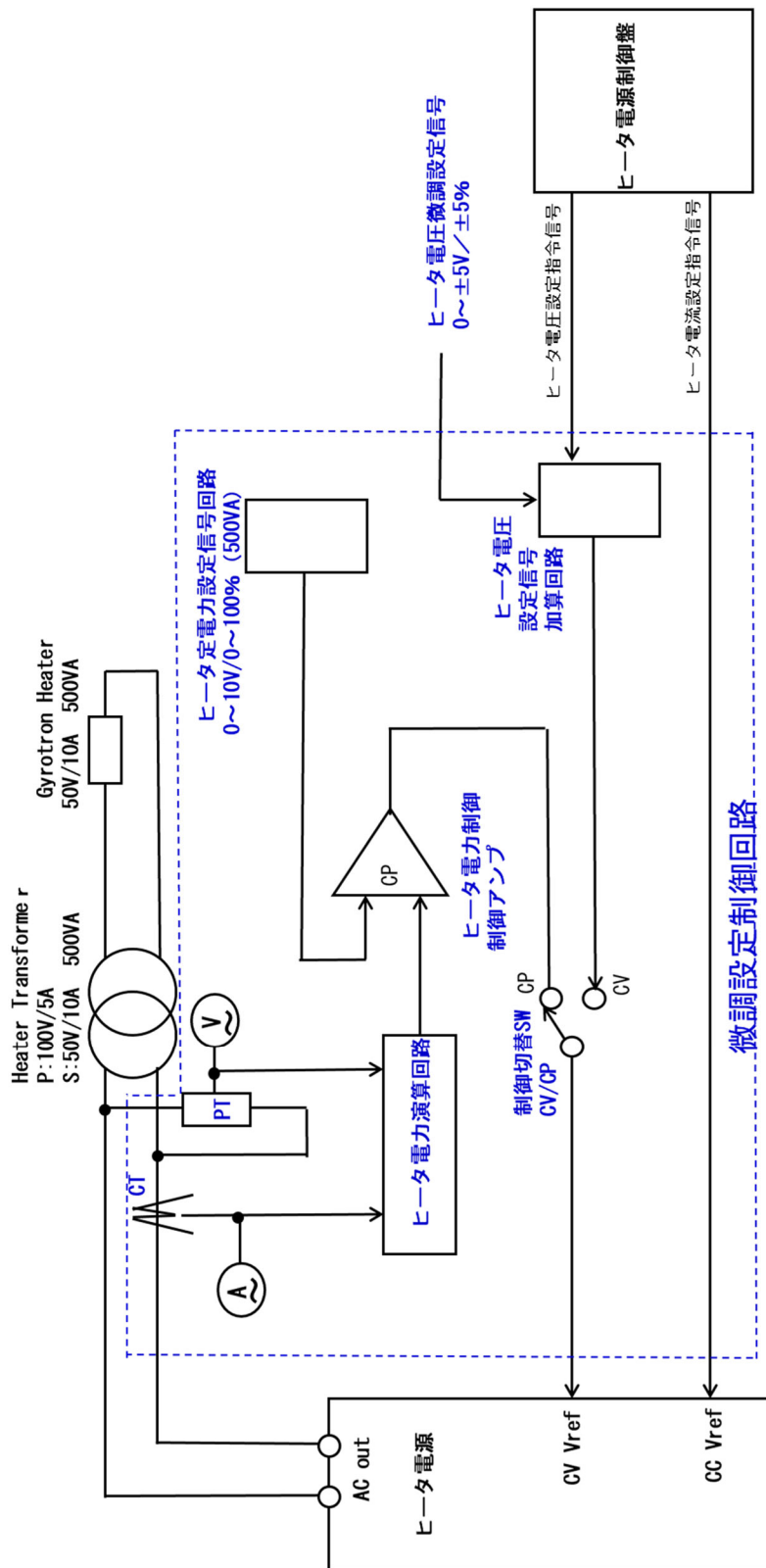
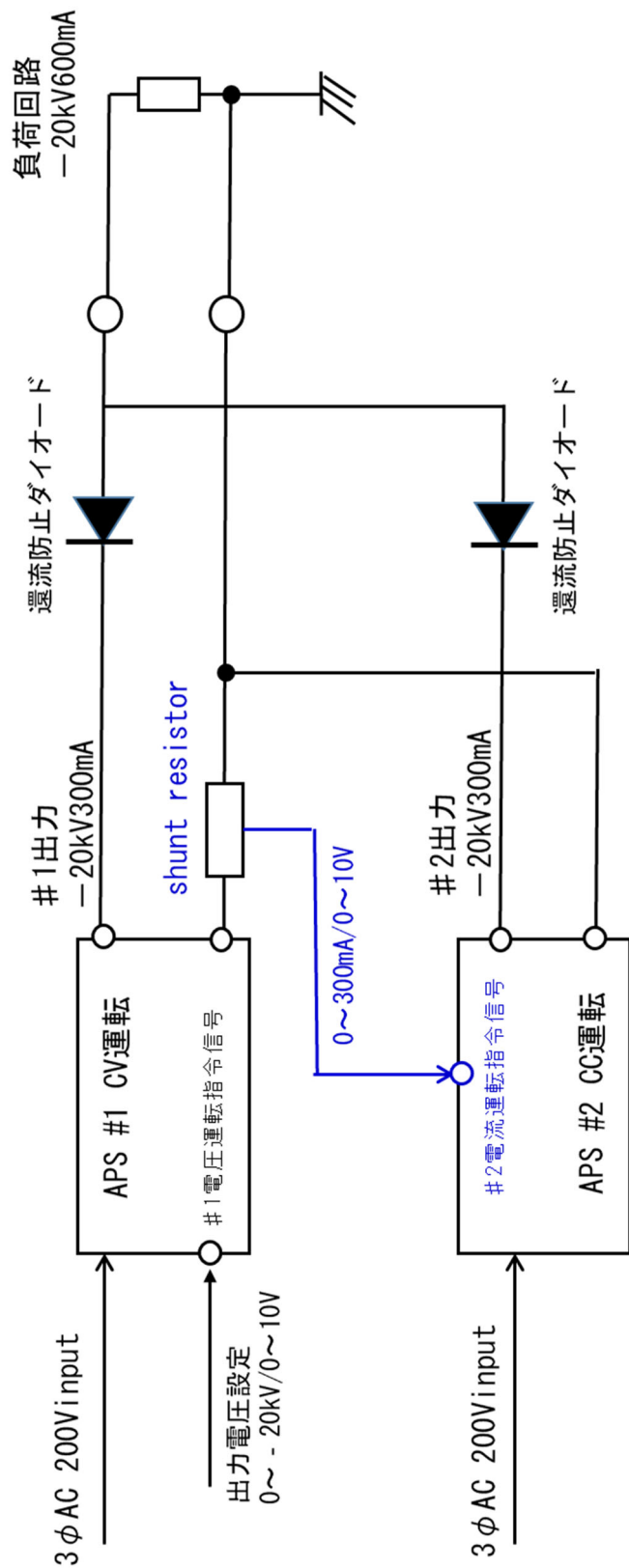


図5 ジャイロトロンヒータ電圧設定の高精度化制御の構成案



APS用直流電源並列運転時の出力電流のバランス制御

①APS #1 はCV制御（定電圧制御）、APS #2 はCC制御（定電流制御）を行う。

②APS #1 の出力電流検出信号をAPS #2 の電流運転指令信号として運転することで、APS #1 とAPS #2 は常に同じ電流値で運転される。

③上記のようにして2台の直流電源は出力電圧を定電圧制御しながら、出力電流のバランスを維持した状態で運転することが可能となる。

図6 APSのバランス制御の構成案

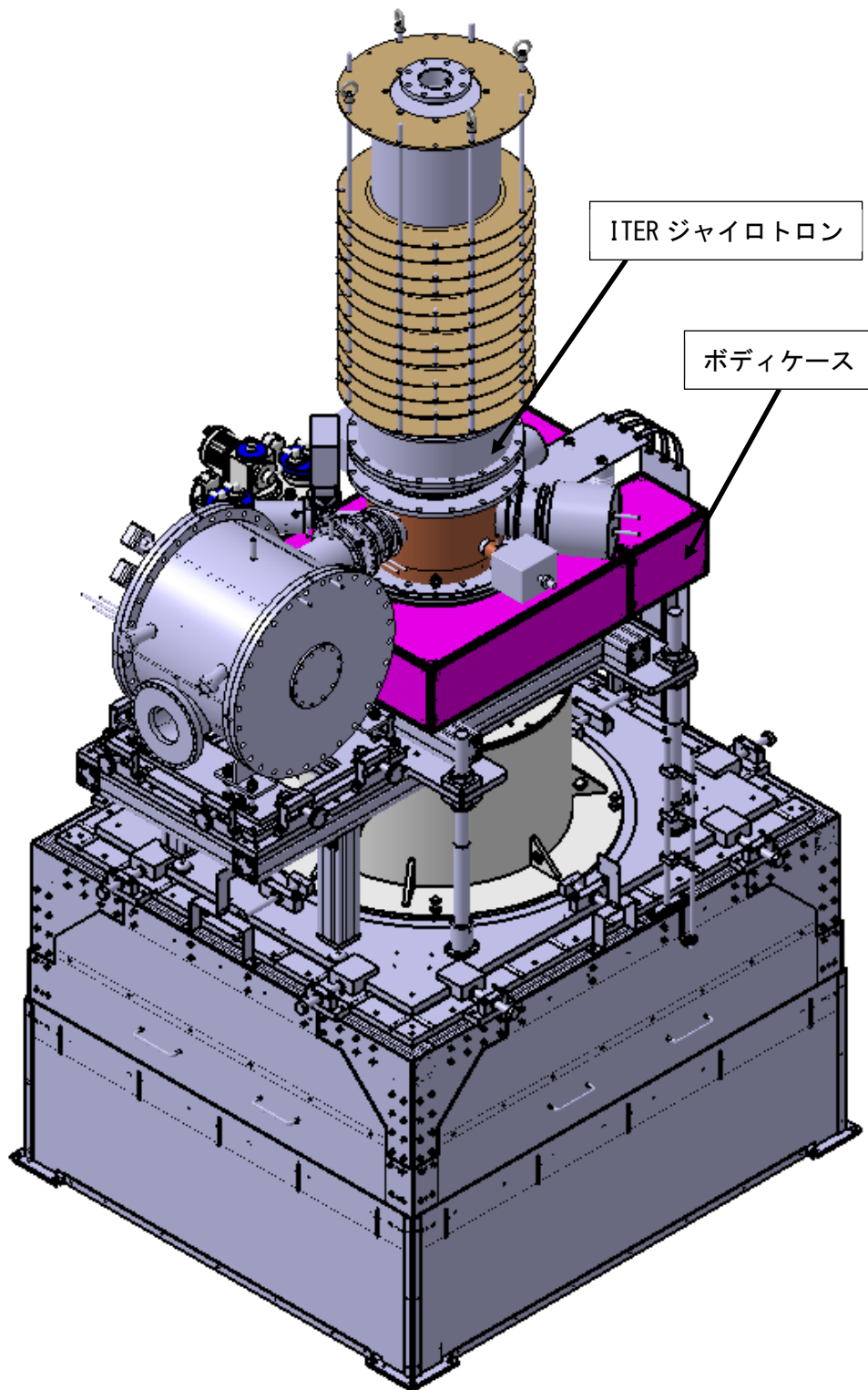


図7 ボディケースの設置図

産業財産権等の取扱いについて

(受注者が単独で行った発明等の産業財産権の帰属)

第1条 受注者は、本契約に関して、受注者が単独でなした発明又は考案（以下「発明等」という。）に対する特許権、実用新案権又は意匠権（以下「特許権等」という。）を取得する場合は、単独で出願できるものとする。ただし、出願するときはあらかじめ出願に際して提出すべき書類の写しを添えて量研機構に通知するものとする。

(受注者が単独で行った発明等の特許権等の譲渡等)

第2条 受注者は、受注者が前条の特許権等を量研機構以外の第三者に譲渡又は実施許諾する場合には、本取扱いの各条項の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者と約定しなければならない。

(受注者が単独で行った発明等の特許権等の実施許諾)

第3条 量研機構は、第1条の発明等に対する特許権等を無償で自ら試験又は研究のために実施することができる。量研機構が量研機構のために受注者以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に再実施権を許諾する場合は、受注者の承諾を得た上で許諾するものとし、その実施条件等は量研機構、受注者協議の上、決定する。

(量研機構及び受注者が共同で行った発明等の特許権等の帰属及び管理)

第4条 量研機構及び受注者は、本契約に関して共同でなした発明等に対する特許権等を取得する場合は、共同出願契約を締結し、共同で出願するものとし、出願のための費用は、量研機構、受注者の持分に比例して負担するものとする。

(量研機構及び受注者が共同で行った発明等の特許権等の実施)

第5条 量研機構は、共同で行った発明等を試験又は研究以外の目的に実施しないものとする。ただし、量研機構は量研機構のために受注者以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に実施許諾する場合は、無償にて当該第三者に実施許諾することができるものとする。

2 受注者が前項の発明等について自ら商業的实施をするときは、量研機構が自ら商業的实施をしないことに鑑み、受注者の商業的实施の計画を勘案し、事前に実施料等について量研機構、受注者協議の上、別途実施契約を締結するものとする。

(秘密の保持)

第6条 量研機構及び受注者は、第1条及び第4条の発明等の内容を出願により内容が公開される日まで他に漏えいしてはならない。ただし、あらかじめ書面により出願を行った者の了解を得た場合はこの限りではない。

(委任・下請負)

第7条 受注者は、本契約の全部又は一部を第三者に委任し、又は請け負わせた場合においては、その第三者に対して、本取扱いの各条項の規定を準用するものとし、受注者はこのために必要な措置を講じなければならない。

2 受注者は、前項の当該第三者が本取扱いに定める事項に違反した場合には、量研機構に対し

全ての責任を負うものとする。

(協議)

第8条 第1条及び第4条の場合において、単独若しくは共同の区別又は共同の範囲等について疑義が生じたときは、量研機構、受注者協議して定めるものとする。

(有効期間)

第9条 本取扱いの有効期限は、契約締結の日から当該特許権等の消滅する日までとする。

以上