

JT-60SA NBI 試験要領書及び運転手順書整備作業
仕 様 書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
那珂フュージョン科学技術研究所
ITER プロジェクト部 NB 加熱開発グループ

1 一般仕様

1.1 件名

JT-60SA NBI 試験要領書及び運転手順書整備作業

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、幅広いアプローチ活動の一環として実施されるサテライト・トカマク計画において、JT-60SA のプラズマ加熱実験運転に向けた中性粒子入射装置(以下「NBI」という。)の整備を進めている。本件では、NBI の調整試験及び運転に必要な試験要領書及び運転手順書の整備を実施するものである。

1.3 納期

令和8年2月27日

1.4 作業実施場所

受注者事業所内及び QST 那珂フュージョン科学技術研究所 ITER プロジェクト部 NB 加熱開発グループ内とする。必要に応じて以下の建屋及び設備において現場調査等を行うこと。その際の安全管理は QST 担当者の指示に従うこと。

- ① JT-60 制御棟中央制御室
- ② インバータ棟
- ③ 増設インバータ棟
- ④ JT-60 実験棟増築部 N-NBI 電源室
- ⑤ JT-60 実験棟増築部 N-NBI トランスヤード
- ⑥ その他 JT-60 NBI の関連設備

1.5 検査条件

2 項に示す作業が終了し、1.6 項に示す提出書類の完納及び 1.7 項に示す物品の返却を QST が認めたときをもって検査合格とする。

1.6 提出図書

表 1 に示す提出図書を提出すること。

表 1 提出図書

図書名	提出時期	部数	確認
外国人来訪者票 (QST 指定様式)	入構 2 週間前 (外国籍の者、又は、日本国籍 で非居住の者の入構がある場 合に提出のこと)	電子データ 1 式	要
試験要領書・運転 手順書	作業終了後速やかに	1 部及び電子ファイル	不要
作業報告書	作業終了後速やかに	1 部及び電子ファイル	不要
打合せ議事録	打合せ終了後速やかに	電子ファイル	不要
再委託承諾願 (QST 指定様式)	作業開始 2 週間前まで	1 部	要

※電子ファイルの形式は Microsoft Office 又は PDF とし、図面は AutoCAD 互換形式又は PDF とし、電子メール等で提出すること。提出方法の詳細は QST との協議により決定する。

(提出場所)

QST 那珂フュージョン科学技術研究所 JT-60 制御棟 4F

ITER プロジェクト部 NB 加熱開発グループ

(確認方法)

「確認」は次の方法で行う。

「再委託承諾願」は、QST の確認後、書面にて回答するものとする。「外国人来訪者票」は QST の確認後、入構可否を電子メールで通知する。QST の確認を要しない図書についても、QST が内容の修正を指示した場合は迅速に対応すること。

1.7 貸与品

受注者の求めに応じて以下の物品等を貸与する。

- ① JT-60 NBI 装置電源系の完成図書(電源仕様一覧、系統図、単線結線など)
- ② JT-60 NBI 装置電源系の点検記録、整備記録
- ③ JT-60 NBI 装置排気系の完成図書
- ④ JT-60 NBI 装置排気系の点検記録、整備記録
- ⑤ JT-60 N-NBI 装置の完成図書
- ⑥ JT-60 N-NBI 装置の点検記録、整備記録
- ⑦ JT-60 NBI 装置の運転マニュアル類

1.8 品質管理

別添「BA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」に従う。本契約の対象機器の品質重要度分類の等級はクラス C とする。

1.9 技術情報、成果公開の取扱い

本契約に関して発生する技術情報及び成果の取扱いは、次によるものとする。

(1) 技術情報の開示制限

受注者は、本契約を実施することにより得た技術情報を第三者に対して開示しようとするときは、あらかじめ書面により QST の承認を得なければならないものとする。QST が本契約に関し、その目的を達成するため受注者の保有する技術情報を了知する必要がある場合は、QST と受注者間で協議の上、受注者は当該技術情報を無償で QST に提供するものとする。

(2) 成果の公開

受注者は、本契約に基づく業務の内容及び成果について、発表若しくは公開し又は特定の第三者に提示しようとする時は、あらかじめ書面により QST の承認を得なければならないものとする。

1.10 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。

1.11 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。

1.12 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 JT-60SA NBI 用機器及び設備の概要

JT-60SA の NBI 用機器・設備の多くは、JT-60 の NBI 用機器・設備の再利用機器であり、JT-60SA の運転に向けて機器の改造や増強整備を実施した。JT-60SA NBI を構成する機器及び設備の概要を以下に記す。また、図 1 に JT-60 実験棟本体室内 NBI ビームライン配置状況、図 2 に那珂フュージョン科学技術研究所構内における JT-60NBI 機器配置図を示す。

(1) 正イオン NBI 用電源

- 正イオン NBI 電源設備は、加速電源、減速電源、偏向磁石電源、打消コイル電源、アーク電源、フィラメント電源の計 6 種類の電源から成り、それぞれの電源 12 式から構成されている。
- 加速電源はイオン源のアークチャンバ内に生成された正イオンを静電加速して、イオンビームとして引き出すための電源であり、2 段加速型加速管の加速電極(第 1 正電極)及び中間電極(第 2 正電極)に、第 1 正電極加速電圧 V_{acc} 及び第 2 正電極電圧 V_g を供給する電源である。減速電源は、イオン源の接地電極下流側に生成されるビームプラズマからの逆流電子を防止するための負極性電源である。加速電源と減速電源は、イオン源に共通の電力を供給している。
- アーク電源は、イオン源のアークチャンバとフィラメント間でアーク放電を発生させ、ソースプラズマを生成するための電源であり、フィラメント電源はアーク放電の陰極となるタングステン製フィラメントを加熱するための電源である。アーク電源及びフィラメント電源は、加速電源出力の高電位に電氣的に浮いた状態で使用される。
- 偏向磁石電源は、中性化セル通過後の残留イオンビームをビームダンプに導くための偏向磁場を発生させるための電源である。打消コイル電源は、JT-60 本体からの漏洩磁場によりイオンビームが不正な偏向を受けないように、漏洩磁場を打ち消す巻線コイルを励磁するための電源である。図 3 に主回路系統図を示す。

(2) 負イオン NBI 用電源

- 負イオン NBI 電源設備は、負イオンを生成するための負イオン生成部電源、負イオンをソースプラズマから引き出すと同時に電子を分離処理するための引出電源、負イオンを最大 500 kV まで加速するための加速電源、SF₆ ガス絶縁のケーブルダクト、サージブロッカー、偏向コイル電源等で構成される。
- 負イオン生成部電源は、フィラメント電源、アーク電源、バイアス電源、PG フィルター電源から構成される。フィラメント電源は、合計 48 本のタングステン製フィラメントを加熱し熱電子を放出させるための電源である。アーク電源は、フィラメントとアークチャンバとの間にアーク放電を発生させるための電源である。バイアス電源は、プラズマ電極をアークチャンバに対して正の電位にバイアスし、負イオンを同時に引き出される電子の量を抑制するための電源である。
- PG フィルター電源はプラズマ電極自体に通電して PG 前面を横切るフィルター磁場を作るための電源である。引出電源は、最大 10 kV まで負イオンを加速し、負イオンを引き出すための電源である。
- 加速電源は 3 つの直流電源を 3 段に積み重ねたもので、それぞれ最大で-490 kV、-360 kV 及び-180 kV の電位を供給する物である。図 4 に主回路系統図

を示す。

(3) 補助真空排気系

- 補助真空排気系設備は、主排気タンク内を大気圧からクライオポンプ作動領域 ($\sim 3 \times 10^{-3}$ Pa 以下)まで排気することと、クライオポンプ再生時にパネル面から放出される水素ガス又は重水素ガスを安全かつ円滑に排気することを主目的として設けられた設備である。
- また、補助真空排気系だけで、短パルスビームの引き出し運転が可能となる真空排気能力を有している。主な構成機器は、主排気ポンプをターボ分子ポンプ (TMP)とし、補助ポンプとしてメカニカルブースターポンプ (MBP)を 2 段、及びドライポンプ (DRP)とした真空排気設備と、本真空排気設備や冷媒循環系設備内に用いられている圧空バルブ及び金属シールゲート弁等の駆動源とするための圧空設備、及びこれらの運転監視を行う制御設備から成る。図 5 に系統図を示す。

(4) 一次冷却系

- 一次冷却系は大別するとビームライン循環系と RV 循環系から成り、それぞれ循環ポンプ、熱交換器、イオン交換樹脂塔及びバッファータンク等で構成される。また、主に、イオン源からのビーム引出し運転が長時間行われない場合のクライオパネルからの放射冷却による凍結を防止するため専用のポンプ (凍結防止ポンプ)を備える。一次冷却系の運転は中央制御室でのリモート運転と一次冷却棟でのローカル運転がある。
- ビームライン循環系は、大気圧のバッファータンクからフィルターを通して所定の流量をビームライン循環ポンプで定格の圧力まで昇圧し、C 型マニホールドで冷却水を本体室の各ユニットへ分流させ、全ユニットのビームライン機器、イオン源等の受熱機器に冷却水を供給する。RV 循環系は、バッファータンクから RV 循環ポンプにて所定の圧力に昇圧し、RV (I) (II)に供給される。図 6 に系統図を示す。

(5) 冷媒循環系

- 冷媒循環系は主排気タンク内に設置された 14 基のクライオポンプを作動させるために液体ヘリウムと液体窒素を供給・循環させるもので、主に水素ガスを排気するためのクライオパネルを 3.7K 以下の液体ヘリウムで冷却するための液体ヘリウムループと、水素ガスの予冷とクライオパネルへの常温からの輻射を軽減するためのシェブロンバッフルとシールド板を冷却するための液体窒素ループから構成される。
- 液体ヘリウムループは、クライオパネルとヘリウム冷凍機をトランスファーラインで接続し、液体ヘリウムとガスヘリウムを循環させる完全なクローズドサイクルであり、減圧ポンプを用いてクライオパネル内を大気圧以下に減圧することによってクライオパネルの温度を 3.7K 以下に冷却する。
- 液体窒素ループは、液体窒素貯槽からトランスファーラインを通してクライオポンプのシェブロンとシールド板及びヘリウム冷凍機内の第一熱交換器に液体窒素を圧送により供給するもので、大気開放の開ループ方式を取っている。クライオポンプを含めたヘリウム冷凍機は PLC 計装システムにより完全な自動運転が行われる。12 基のクライオポンプは各々独立に 4 つの運転モード「停止,予冷,定常,再生」のうちいずれかを選択することができる。図 7 に系統図を示す。

(6) 制御系

- 正イオン NBI を構成する 12 基のビームラインは、NBI 運転ボードや CPU 運転/マニュアル運転の運転方式の選択をはじめとして、各ユニットそれぞれ独立の運転形態をとることができる。あるユニットのトラブルを他ユニットへ波及させないこと及びイオン源の状態その他のユニット間の個体差に対応できることなどが必要であるため、NBI の運転制御は中央制御室からの集中遠隔制御方式であり、イオン源の運転は計算機システムを介する運転法 (CPU 運転) と介さない運転法 (マニュアル運転) のいずれも選択により NBI 操作デスク (CP1) により選択可能である。
- 負イオン NBI 装置の制御系の基本構成は、計算機システム、電源系制御設備、ビームライン系制御設備の 3 つであり、その機能として、イオン源の運転を全て中央制御室から遠隔で制御監視することができることとした。
- 計算機システムは、電源系制御設備及びビームライン系制御設備を統括して、イオン源を運転する運転制御機能と、各制御設備からの計測データの収集/処理機能、NBI 装置全体の運転状態監視機能、及び JT-60 全系制御設備の放電制御機能との交信機能などをもつ。
- 電源系制御設備は、イオン源運転のために必要な保護インターロックやタイミング制御の各機能、全系タイミング指令による実験入射の制御機能などをもつ。
- ビームライン系制御設備は、ビームライン系の遠隔操作項目に対する運転制御機能、電源系制御設備との間で必要なインターロック信号等の授受機能をもつ。図 8 に系統図を示す。

(7) 計測系

- 計測設備は、ビーム計測 (ビームモニタ) と真空計則の 2 種類からなる。ビームモニタは、光学的にビームの諸性質を測定するための装置であり、光ビームモニタ、赤外モニタ及び分光モニタから構成される。
- 光ビームモニタはビームの軸ずれと発散を測定するための装置であり、主排気タンクのドリフト排気部に設置される。
- 赤外モニタは、JT-60 本体のビーム対向面の温度分布を監視するための装置であり、主排気タンクのドリフト部に設置される。分光モニタはビームの組成とビーム中の不純物量を測定するための装置であり、主排気タンクの分光モニタ用窓に設置される。各主排気タンクに設置されたモニタは、それぞれの制御部によって 12 ユニットまとめて統括、制御、計測、記録がなされる。
- 真空度の計測としては、NBI 加熱装置を運転しているとき、即ち、水素ビームを入射しているときのビームライン内の真空度が、 $10^{-4} \sim 10^{-2} \text{Pa}$ の領域にあることから、この領域での正確な真空度の測定を行う必要がある。そのために、電離真空計を中心とした真空計則装置を取り付けた。
- なお、ビームラインの真空引きには差動排気システムを採用しており、ビームラインを 3 つの部屋 (P_1, P_2, P_3) に分け各々の部屋にクライオポンプを設置し排気している。よって、この各部屋の圧力が計測できるようにした。図 9 に系統図を示す。

2.2 既存の試験要領及び運転手順書の分析と対象機器の調査

2008 年まで実施した JT-60U の運転のための 2.1 項に示した各系統、NBI 機器・設備の試験要領、運転手順書の内容を分析するとともに、JT-60SA の運転に向けて整備した対象機器・設備の現在の仕様の調査を実施すること。

2.3 JT-60SA NBI の試験要領及び運転手順書の整備

JT-60SA NBI 用機器・設備の多くは JT-60 NBI 用機器・設備を再利用するが、長パルス化に向けた機器の改造や制御機器の更新により、JT-60SA における運転に向けては試験要領、運転手順を変更する必要があるが生じている。2.2 項で実施した対象機器・設備の現在の仕様の調査結果に基づいて、表 2 のそれぞれの図書を改訂し、JT-60SA NBI の運転に向けて整備すること。

表 2 JT-60 NBI 機器・設備の試験要領及び運転手順書

No.	図書名	対象機器、設備等
1	一次冷却系定常運転マニュアル	一次冷却系設備
2	冷却水パージ系操作要領書	一次冷却系設備
3	小型クライオポンプ運転マニュアル	真空排気系設備
4	補助真空排気系運転マニュアル	真空排気系設備
5	ガス導入系真空引き置換マニュアル	ガス導入系設備
6	JT-60NBI 運転班マニュアル	全体
7	JT-60NBI 中央制御盤運転マニュアル	制御系設備
8	単一試験系電源設備運転マニュアル	電源系設備
9	中性子モニタシステム運転マニュアル	中性子モニタ
10	正イオン源脱着作業要領書	正イオン源設備
11	クレーン作業マニュアル	安全
12	N-NBI 運転前チェックシート	ビームライン設備
13	負イオン源運転前点検シート	負イオン源
14	セシウムオープン運転前チェックリスト	負イオン源
15	イオン源用電源運転前チェックシート(P/N)	イオン源用電源設備
16	冷媒循環系運転マニュアル	冷媒循環系設備

2.4 作業報告書の作成

2.2 項及び 2.3 項の作業内容をまとめた作業報告書を作成し、整備した試験要領及び運転手順書とともに提出すること。

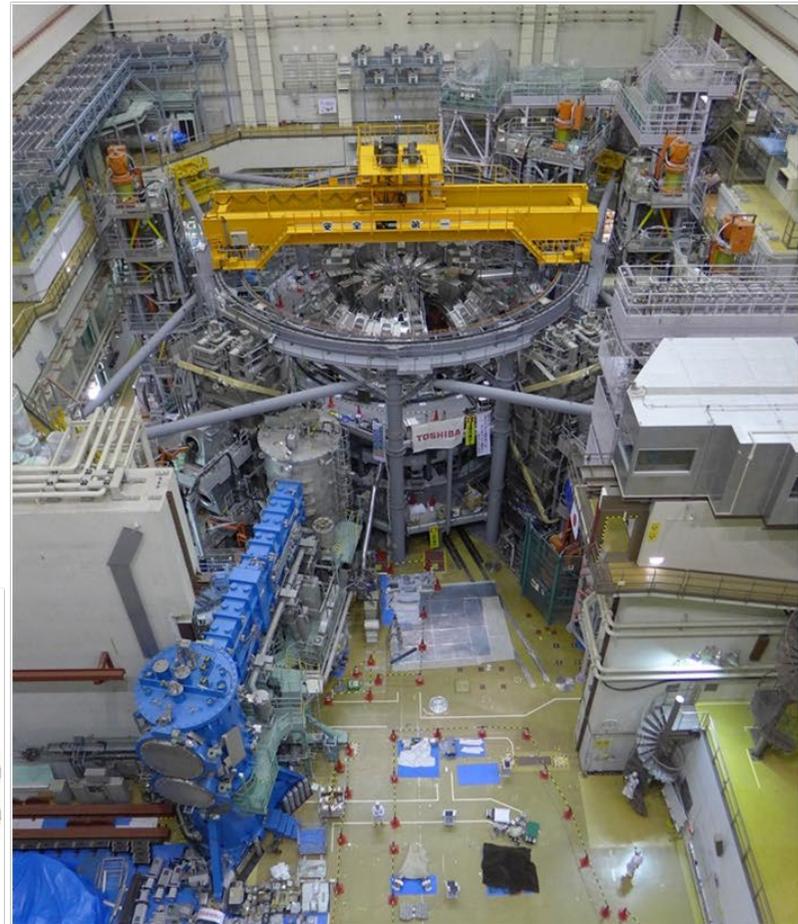
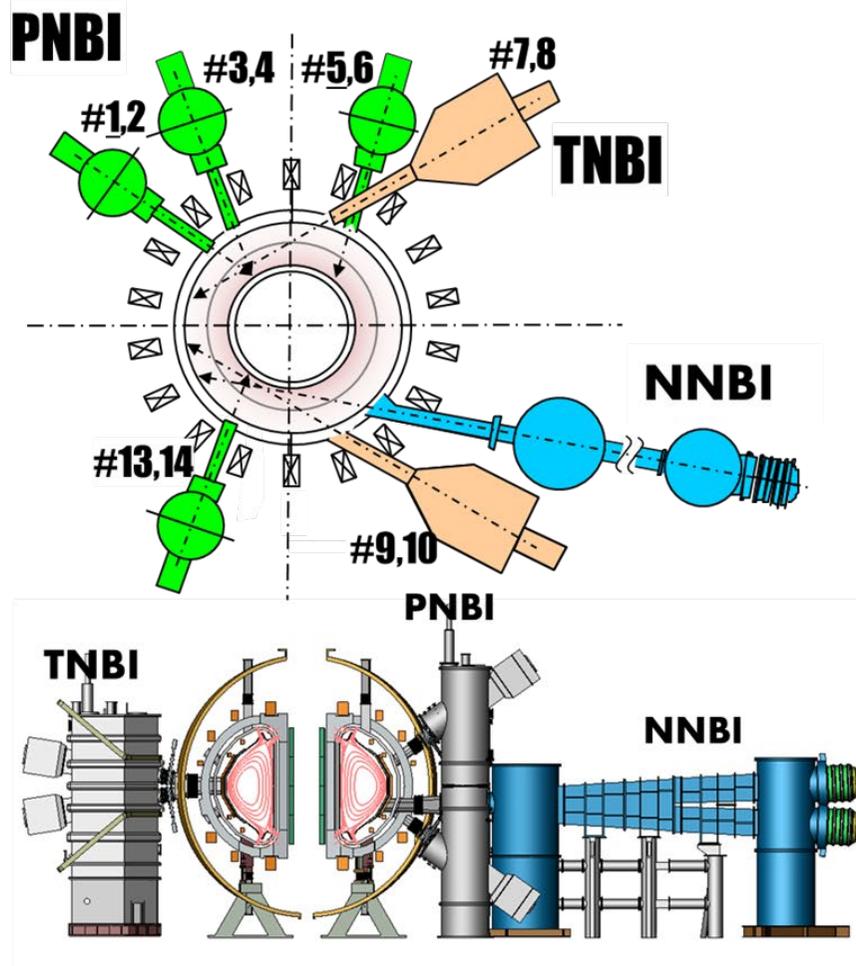


図 1.JT-60 実験棟本体室内 NBI ビームライン配置状況

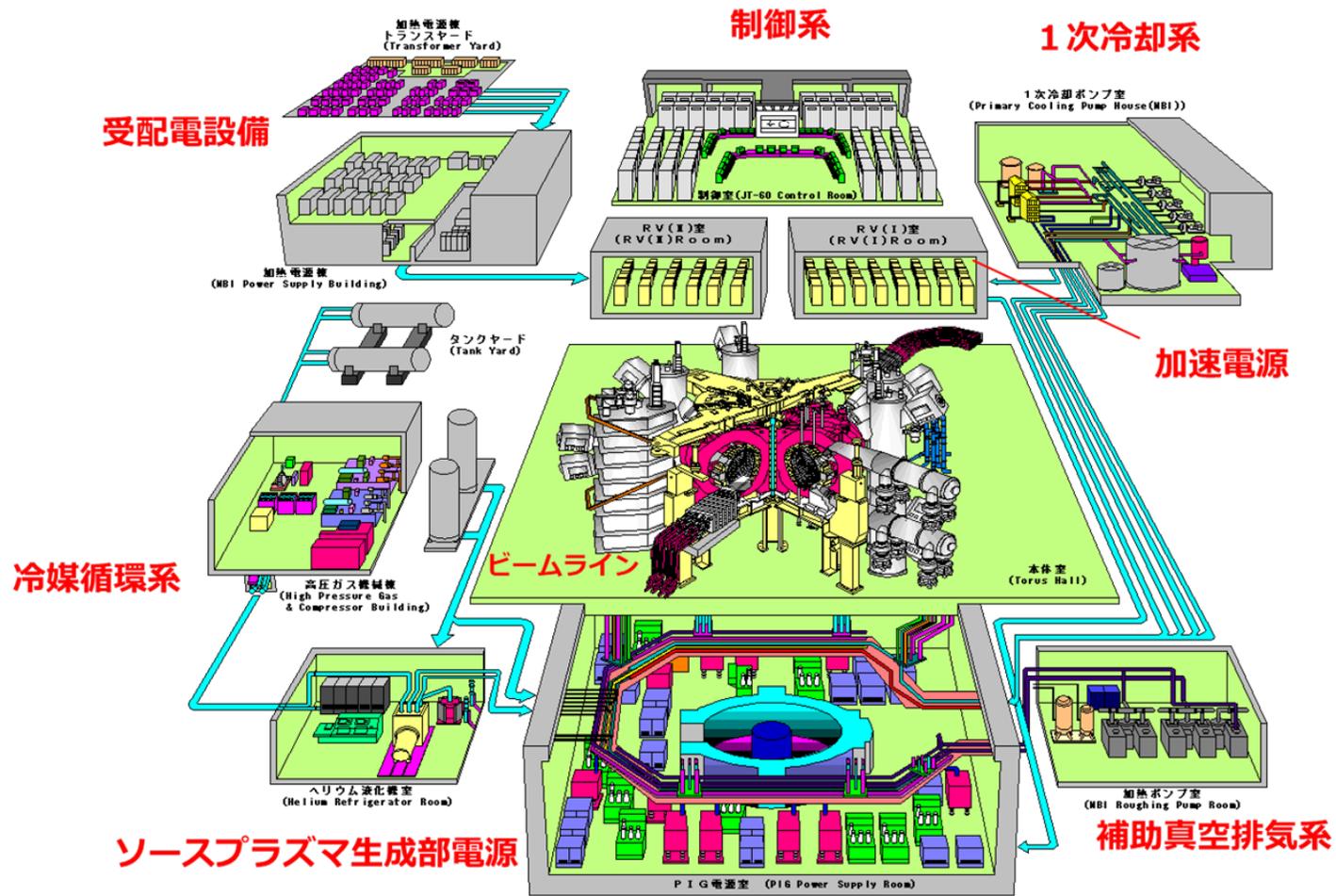


図 2. 那珂フュージョン科学技術研究所構内 JT-60NBI 機器配置図

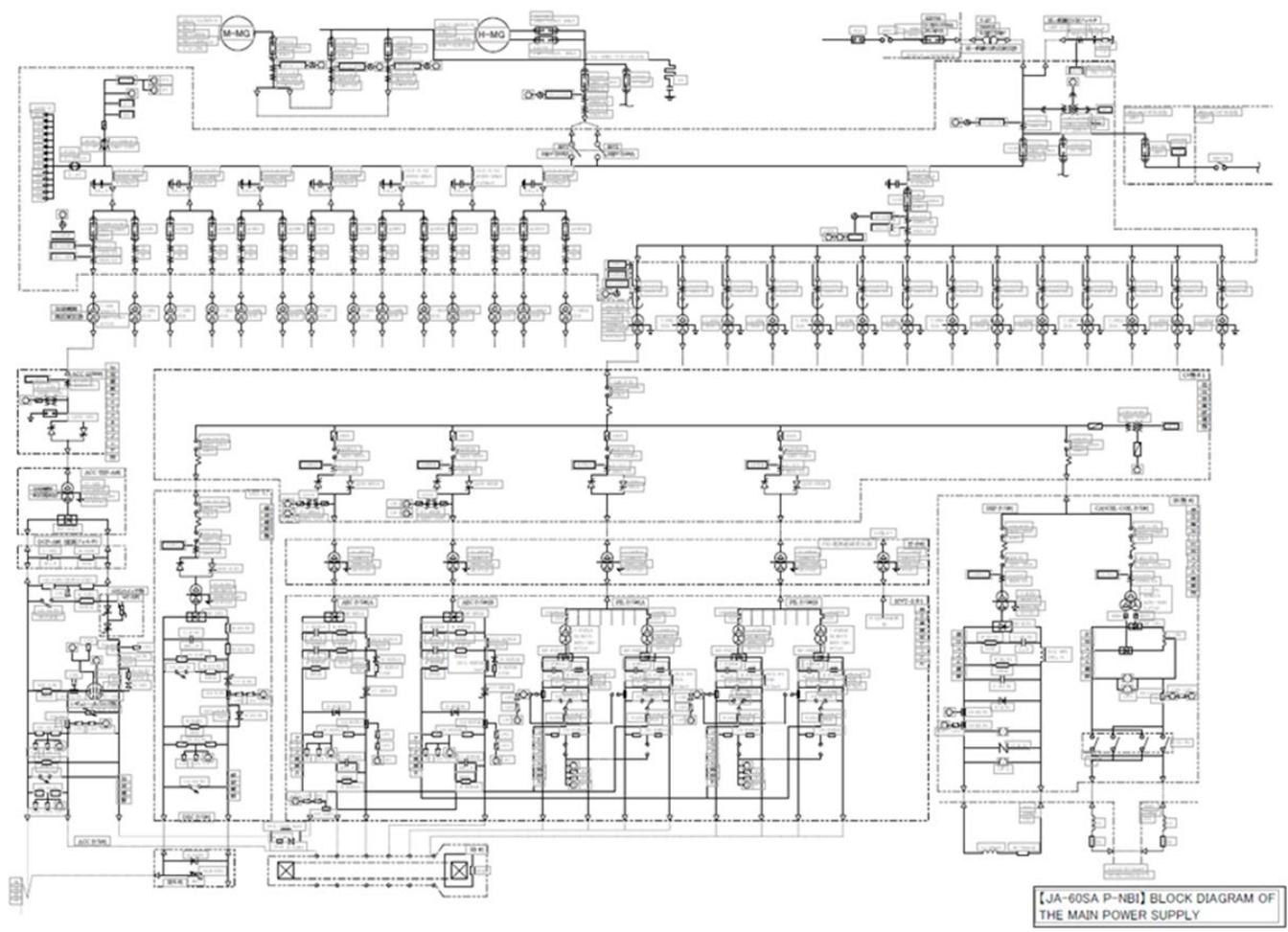


図 3.正イオン NBI 用電源主回路の系統図

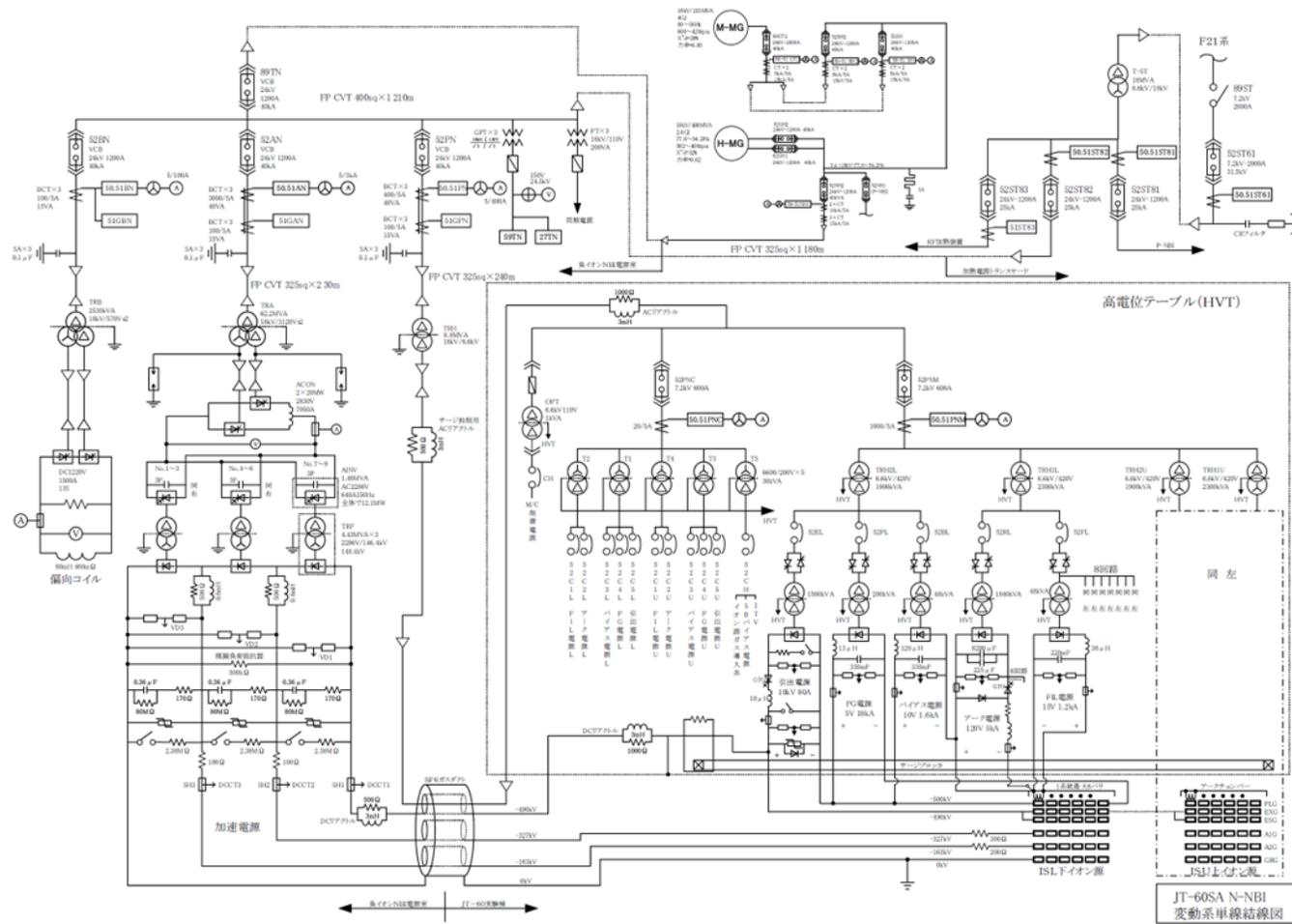


図 4. 負イオン NBI 用電源主回路の系統図

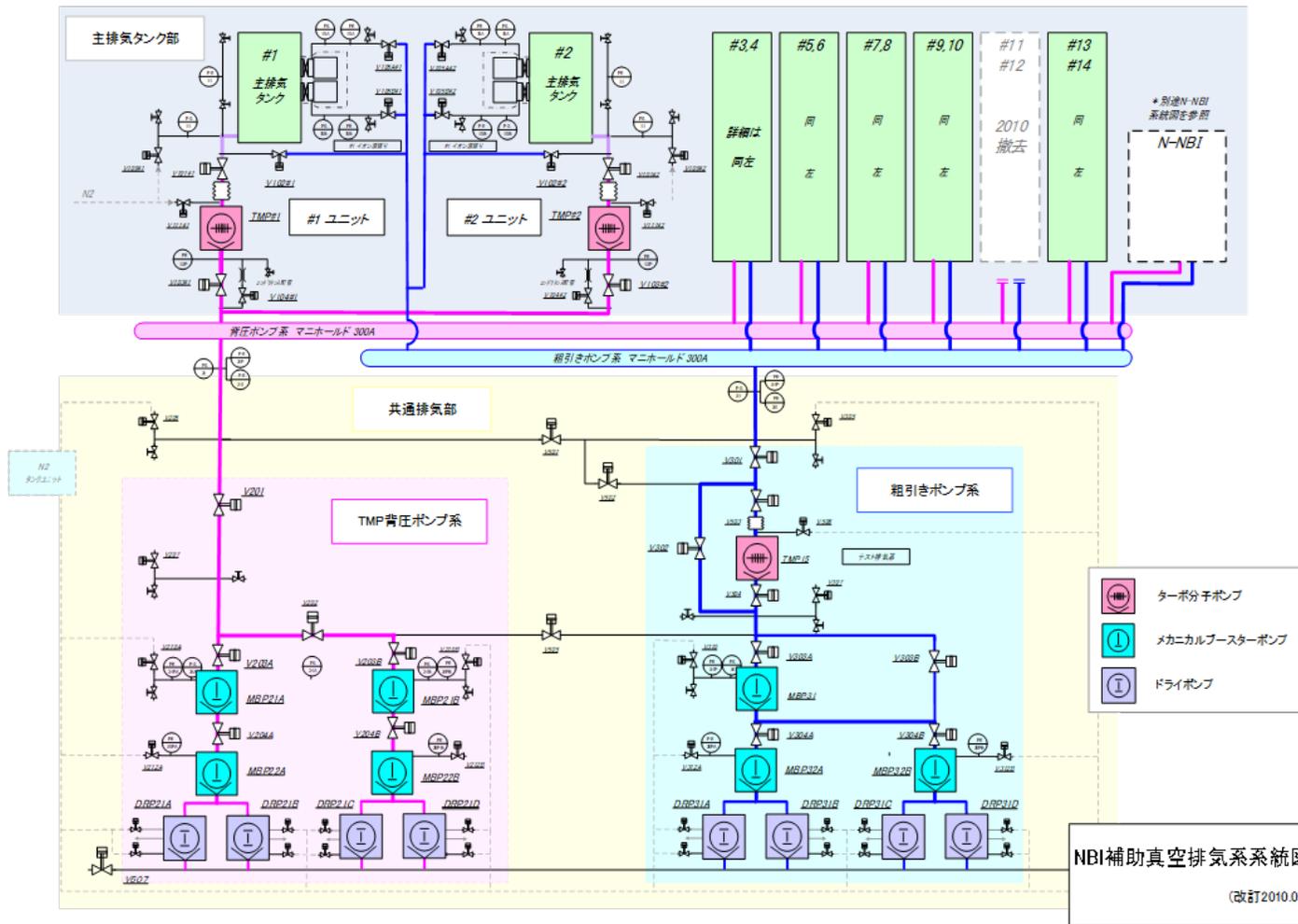


図 5.NBI 補助真空排気系の系統図

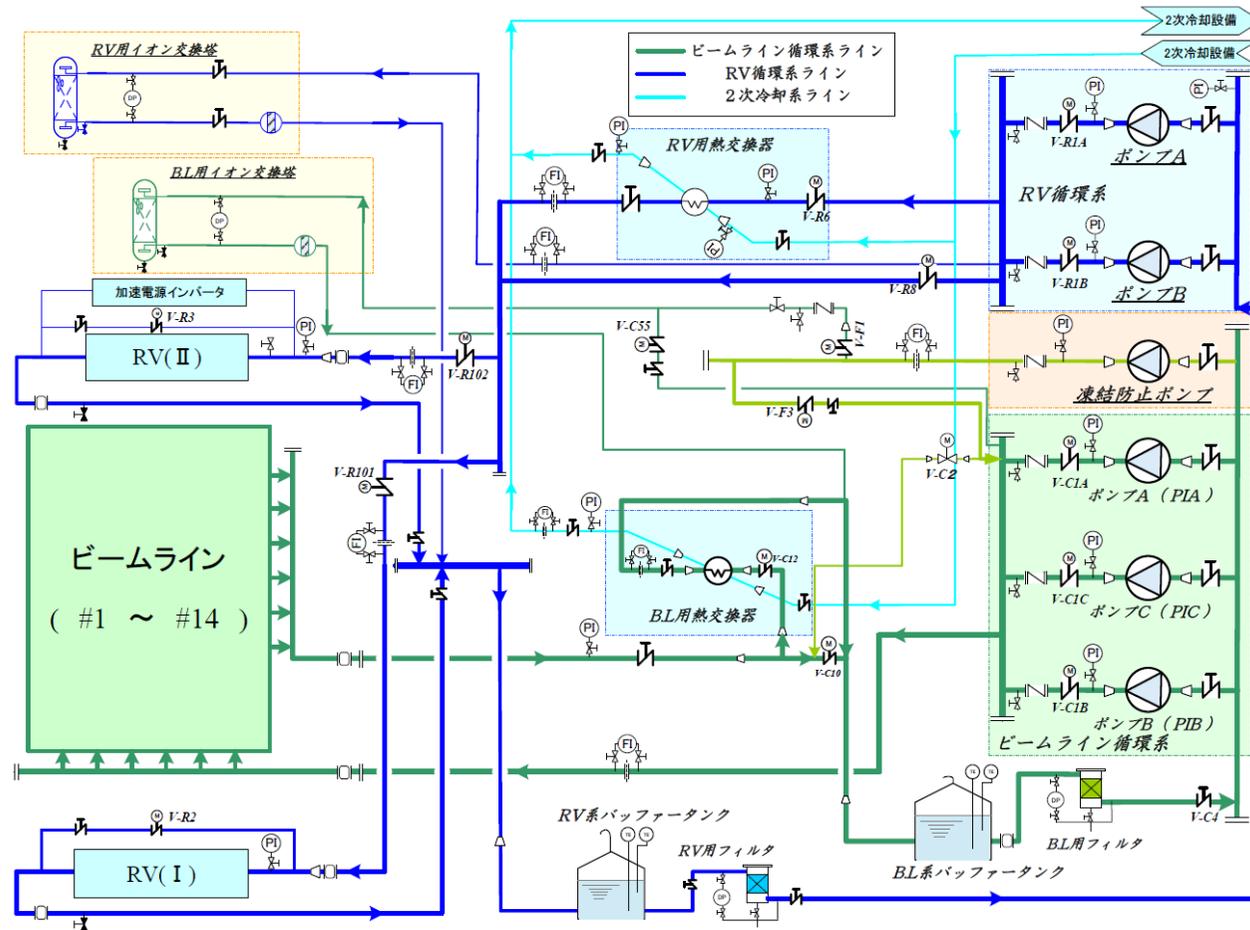


図 6.NBI 一次冷却系の系統図

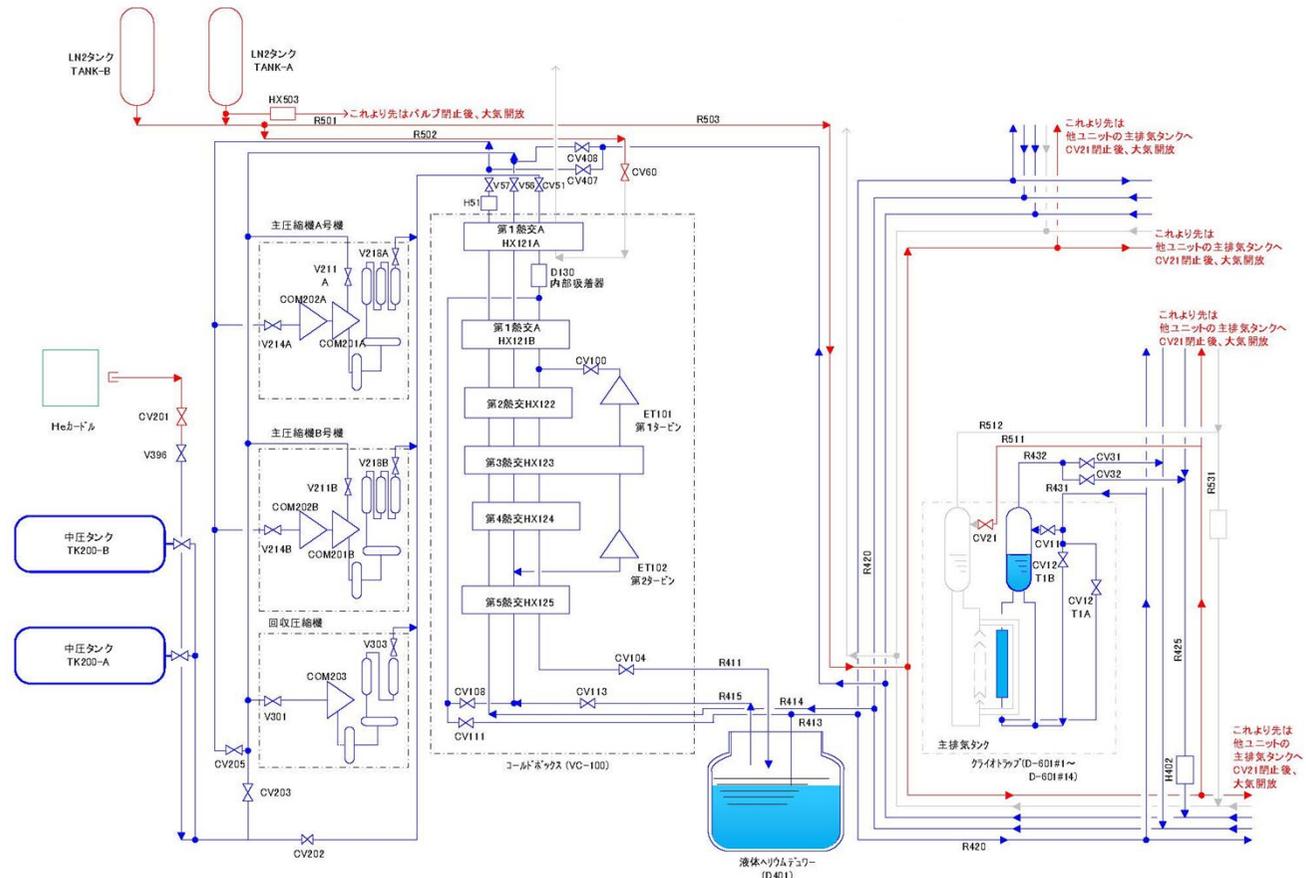


図 7.NBI 冷媒循環系の系統図

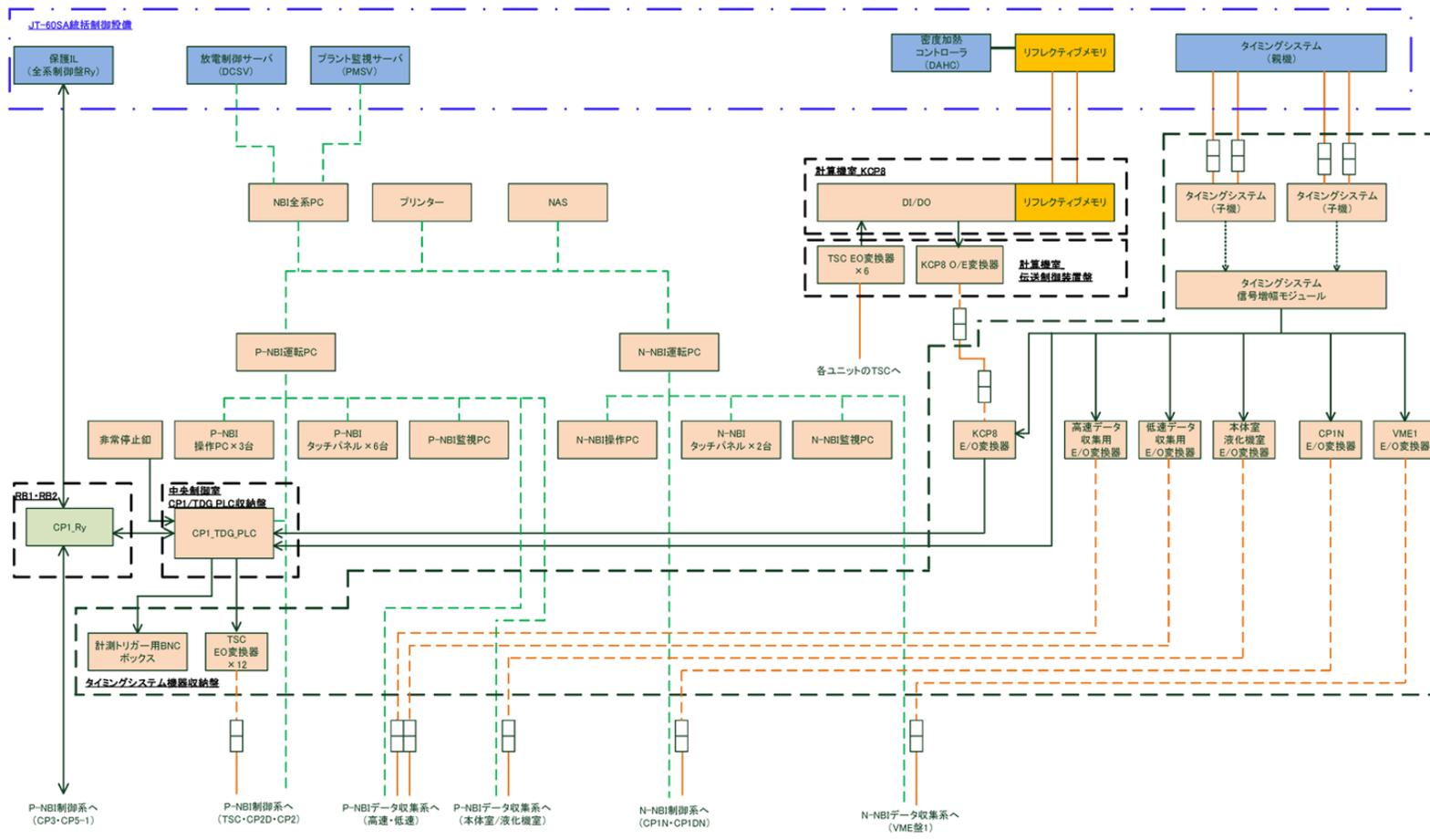


図 8.NBI 制御系の系統図

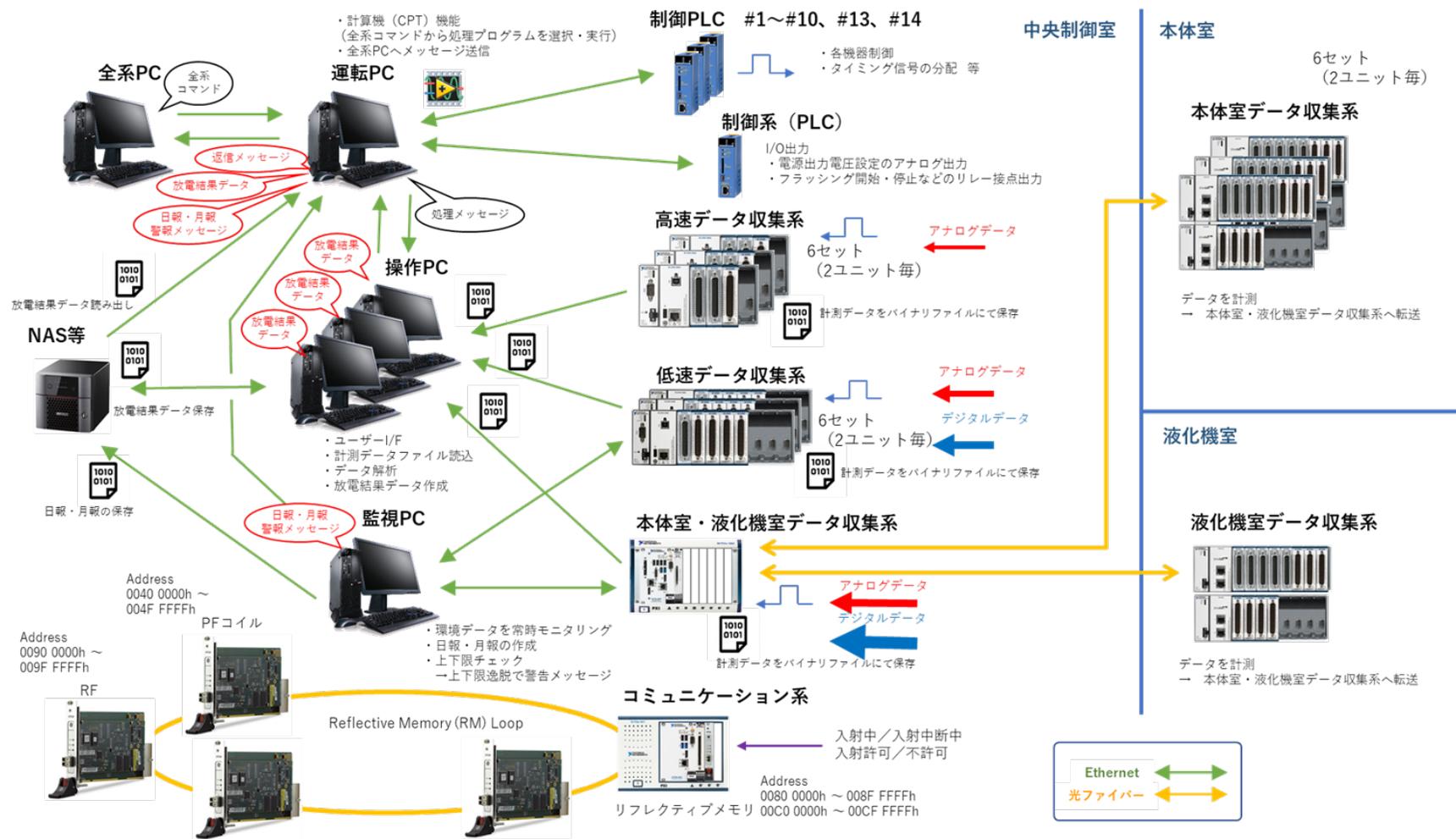


図 9.NBI 計測系の系統図

BA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

本契約については、契約一般条項によるほか、次の特約条項（以下「本特約条項」という。）による。

（定義）

- 第1条 本契約において「BA協定」とは、「核融合エネルギーの研究分野におけるより広範な取組みを通じた活動の共同による実施に関する日本国政府と欧州原子力共同体との間の協定」をいう。
- 2 本契約において「事業長」とは、BA協定第6条に定める「事業長」をいう。
- 3 本契約において「事業チーム」とは、BA協定第6条に定める「事業チーム」をいう。
- 4 本契約において「締約者」とは、BA協定の締約者をいう。
- 5 本契約において「実施機関」とは、BA協定第7条に基づき、締約者が指定する法人をいう。
- 6 本契約において「団体」とは、実施機関がBA計画の目的のために物品又は役務の提供に関する契約を締結する団体をいう。

（品質保証活動）

- 第2条 乙は、本契約書及びこの契約書に附属する仕様書（以下「契約書等」という。）の要求事項に合致させるため本契約内容の品質を管理するものとする。

（品質保証プログラム）

- 第3条 乙は、本契約の履行に当たっては、乙の品質保証プログラムを適用する。このプログラムは、国の登録を受けた機関により認証されたもの（ISO9001-2000等）で、かつ、本特約条項に従って契約を履行することができるものとする。ただし、これによることができないときは、甲の品質保証プログラム又は甲により承認を得た品質保証プログラムを適用することができる。

（品質重要度分類）

- 第4条 乙は、適切な製品品質を維持するため、安全性、信頼性、性能等の重要度に応じて甲が定める本契約内容の等級に従って管理を実施しなければならない。等級に応じた要求事項は、別表1のとおりとする。契約物品の等級は、仕様書に定める。

（疑義の処置）

- 第5条 乙は、本契約書等に定める要求事項に疑義又は困難がある場合には、作業を開始する前に甲に書面にて通知し、その指示に従わなければならない。

(逸脱許可)

第6条 乙は、契約物品について、契約書等に定める要求事項からの逸脱許可が必要と思われる状況が生じた場合は、当該逸脱許可の申請を速やかに甲に提出するものとする。甲は、乙からの申請に基づき、当該逸脱許可の諾否について検討し、その結果を乙に通知するものとする。

(不適合の処理)

第7条 乙は、契約物品が契約書等の要求事項に適合しないとき又は適合しないことが見込まれるときは、遅滞なくその内容を甲に書面にて通知し、その指示に従わなければならない。

(重大不適合の処置)

第8条 乙は、重大不適合が発生した場合、直ちにその内容を甲に報告するとともに、影響を最小限に抑え、要求された品質を維持するため、その処置方法を検討し、速やかに甲に提案し、その承認を得なければならない。

(作業場所の通知)

第9条 乙は、本契約締結後、本契約の履行に必要なすべての作業場所を特定し、本契約に係る作業の着手前に、甲に書面にて通知するものとする。当該通知には、本契約の履行のために、乙が本契約の一部を履行させる下請負人の作業場所を含む。

(受注者監査)

第10条 甲は、乙に対して事前に通知することにより、乙の品質保証に係る受注者監査を実施できるものとする。

(立入り権)

第11条 乙は、本契約の履行状況を確認するため、締約者、実施機関、事業長、事業チームの構成員及び乙以外の団体が、第9条に基づき特定した作業場所に立ち入る権利を有することに同意する。

2 前項に定める立入り権に基づく作業場所への立入りは、契約書等に定める中間検査等への立会い及び定期レビュー会合への参加の他、乙に対して事前に通知することにより、必要に応じて実施することができるものとする。

(文書へのアクセス)

第12条 乙は、甲の求めに応じ、本契約の適切な管理運営を証明するために必要な文書及びデータを提供するものとする。

(作業停止の権限)

第13条 甲は、乙が本契約の履行に当たって、契約書等の要求事項を満足できないことが認められる等、必要な場合は、乙に作業の停止を命じることができる。

2 乙は、甲から作業停止命令が発せられた場合には、可及的速やかに当該作業を停止し、甲の指示に従い要求事項を満足するよう必要な措置を講ずるものとする。

(下請負人に対する責任)

第14条 乙は、下請負人に対し、本契約の一部を履行させる場合、本特約条項に基づく乙の一切の義務を乙の責任において当該下請負人に遵守させるものとする。

(情報の締約者等への提供)

第15条 乙は、本契約の履行過程で甲に伝達された情報が、必要に応じて締約者、甲以外の実施機関、事業長、事業チームの構成員及び乙以外の団体に提供される場合があることにあらかじめ同意するものとする。

別表1 品質重要度分類とクラス毎の要求事項

項目	等級		
	クラス A	クラス B	クラス C
設計	設計レビュー及び独立検証 ¹⁾	設計レビュー及び検証	産業標準 ²⁾
検査・試験(工場立会検査、完成検査を含む)	認定検査員 ³⁾ による検査及び試験	乙により認定された検査員による検査及び試験	通常検査のみ
監査	完全監査 ⁴⁾ 及び評価	一般管理評価 ⁵⁾	ライン監査 ⁶⁾

- 1) 独立検証 : 乙の現設計者以外の者又は設計担当グループ以外のグループが実施する検証
- 2) 産業標準 : 乙の特に外部から指定されない場合に適用する企業標準
- 3) 認定検査員 : 公的資格がある検査項目について、乙以外の機関により認定された検査員
- 4) 完全監査 : 乙以外の第三者による、品質保証活動がルールに従って行われているかを確認するための定期的監査
- 5) 一般管理評価 : 乙による、品質保証活動がルールに従って行われているかを確認するための定期的な内部監査
- 6) ライン監査 : 乙の当該設備を担当しているグループの者が行う監査

以上