



JAEA-Testing

2006-005



JP0650569

放射線標準施設棟 加速器マニュアル

Operation and Maintenance Manual of the Accelerator
Installed in the Facility of Radiation Standards

藤井 克年 川崎 克也 古渡 意彦 谷村 嘉彦
梶本 与一 清水 滋

Katsutoshi FUJII, Katsuya KAWASAKI, Munehiko KOWATARI, Yoshihiko TANIMURA
Yoichi KAJIMOTO and Shigeru SHIMIZU

東海研究開発センター
原子力科学研究所 放射線管理部

Department of Radiation Protection
Nuclear Science Research Institute
Tokai Research and Development Center

JAEA-Testing

August 2006

日本原子力研究開発機構

Japan Atomic Energy Agency

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。

本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。

なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行つ
ております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4

日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課

電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

* 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency

Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to

Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,

Japan Atomic Energy Agency

2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan

Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5901

© Japan Atomic Energy Agency, 2006

放射線標準施設棟 加速器マニュアル

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター

原子力科学研究所 放射線管理部

藤井 克年、川崎 克也、古渡 意彦、谷村 嘉彦、梶本 与一、清水 滋

(2006年7月3日受理)

日本原子力研究所（現在、日本原子力研究開発機構）は、平成12年6月に最大4MVでイオンを加速できるファン・デ・グラーフ型加速装置を放射線標準施設棟に設置し、単色中性子および高エネルギー γ 線の照射設備の整備を開始した。その後、本設備を利用して中性子および高エネルギー γ 線の計測技術や線量評価法に関する研究・技術開発を推進するとともに、放射線測定器の性能試験および校正を行っている。

本マニュアルは、この加速器の使用方法、運転手順、メンテナンス作業および周辺機器の操作等を収録したものである。本マニュアルの内容を作業者が履行することで、加速器の誤操作の防止および性能の維持を図り、さらに放射線障害の防止および作業の安全管理の徹底が図られると考える。本マニュアルは、加速器の運転操作およびメンテナンス作業を初めて行う者を利用対象者とするために、経験が浅い者にも理解しやすい内容とした。

Operation and Maintenance Manual of the Accelerator
Installed in the Facility of Radiation Standards

Katsutoshi FUJII, Katsuya KAWASAKI, Munehiko KOWATARI, Yoshihiko TANIMURA,
Yoichi KAJIMOTO and Shigeru SHIMIZU

Department of Radiation Protection
Nuclear Science Research Institute
Tokai Research and Development Center
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 3, 2006)

4MV Van de Graff accelerator was installed in the Facility of Radiation Standards (FRS) in June 2000, and monoenergetic neutron calibration fields and high energy γ -ray calibration fields have been developed. The calibration fields are provided for R&D on dosimetry, and for the calibration and type-test of radiation protection instruments.

This article describes the operational procedure, the maintenance work and the operation of the related apparatuses of the accelerator. This article focuses on the sufficient safety and radiation control for the operators, the maintenance performance of the accelerator, and on the prevention of the malfunction due to the mistakes of the operator. This article targets the unexperienced engineers in charge of operation and maintenance of the accelerator.

Keywords : Van de Graff Accelerator, Monoenergetic Neutron Calibration Field, High Energy γ -ray Calibration Field, Operational Procedure, Maintenance

目 次

1.	はじめに	1
1.	1 はじめに	1
1.	2 装置概要	2
2.	運転手順	8
2.	1 日常運転のフロー	8
2.	2 運転前点検	9
2.	3 立ち上げ	10
2.	4 ビーム調整	17
2.	5 ビーム照射	22
2.	6 加速器停止	25
2.	7 パルスビーム調整	30
2.	8 終了時点検	34
3.	加速器の機器	35
3.	1 電圧関係機器	35
3.	2 ビームライン機器	39
3.	3 イオン源機器	44
3.	4 付帯機器	59
4.	加速器制御系	61
4.	1 加速器制御盤	61
4.	2 制御系配線	62
4.	3 運用ソフトの操作方法	65
5.	インターロック	111
5.	1 インターロックパネル	111
5.	2 加速器制御装置インターロック	114
5.	3 非常停止スイッチ	116
6.	メンテナンス作業	118
6.	1 タンク開閉手順	118
6.	2 タンク内の定期的な点検・交換	125
6.	3 ターゲット交換	134
6.	4 計画停電時の作業	136
7.	異常時の対応	138
7.	1 一般的な処置	138
7.	2 火災	138
7.	3 地震	138
7.	4 予期しない停電	138
7.	5 加速器装置の異常	139
7.	6 冷却の停止	139
8.	あとがき	140
謝辞		140
参考文献		141
付録		142

Contents

1.	Introduction	1
1.	1. Introduction	1
1.	2. Outline of accelerator	2
2.	Operation procedure	8
2.	1 Operation flow chart	8
2.	2 Before the operation	9
2.	3 Power-on	10
2.	4 DC beam operation	17
2.	5 Irradiation	22
2.	6 Power-off	25
2.	7 Pulse beam operation	30
2.	8 After the operation	34
3.	Description of the accelerator equipment	35
3.	1 Charging system	35
3.	2 Beam line devices	39
3.	3 Ion source	44
3.	4 Peripherals	59
4.	Control system	61
4.	1 Console	61
4.	2 Wiring	62
4.	3 Operation of AccelNET	65
5.	Interlock	111
5.	1 Interlock panel	111
5.	2 Software interlock	114
5.	3 Emergency shutdown	116
6.	Maintenance work	118
6.	1 Tank open and close	118
6.	2 Periodic maintenance	125
6.	3 Change in target	134
6.	4 Blackout	136
7.	Emergency responses	138
7.	1 Principles	138
7.	2 Fire	138
7.	3 Earthquake	138
7.	4 Sudden blackout	138
7.	5 Trouble on the accelerator	139
7.	6 Loss of coolant	139
8.	Summary	140
	Acknowledgments	140
	References	141
	Appendices	142

1. はじめに

1.1 はじめに

原子力科学研究所の放射線標準施設棟¹⁾は、昭和55年6月に竣工し、放射線測定器の γ (X)線、 β 線、中性子線に関する性能試験および校正に有効利用されてきた。しかし、大型加速器の研究開発が進み、より広範囲なエネルギーの中性子や高エネルギー γ 線に対する線量評価法や放射線防護技術の確立が求められてきた。そこで、平成12年6月に、既設の放射線標準施設棟の隣に増設棟(図1.1-1参照)を建設した。増設棟には、最大4MVでイオンを加速できるファン・デ・グラーフ型加速装置(以下「加速器」という。)が設置され、新たに単色中性子照射設備および高エネルギー γ 線照射設備を整備し中性子や高エネルギー γ 線の計測技術や線量評価法に関する研究・技術開発が推進されるとともに、これらの照射設備を用いた放射線測定器の新たな性能試験および校正が行われている。

本マニュアルは、加速器の使用方法、運転手順、メンテナンス作業、周辺機器の操作等を収録し、加速器の運転および保守における放射線障害の防止並びに作業の安全管理の徹底、加速器の誤操作の防止および性能の維持を一層図ることを目的とした。

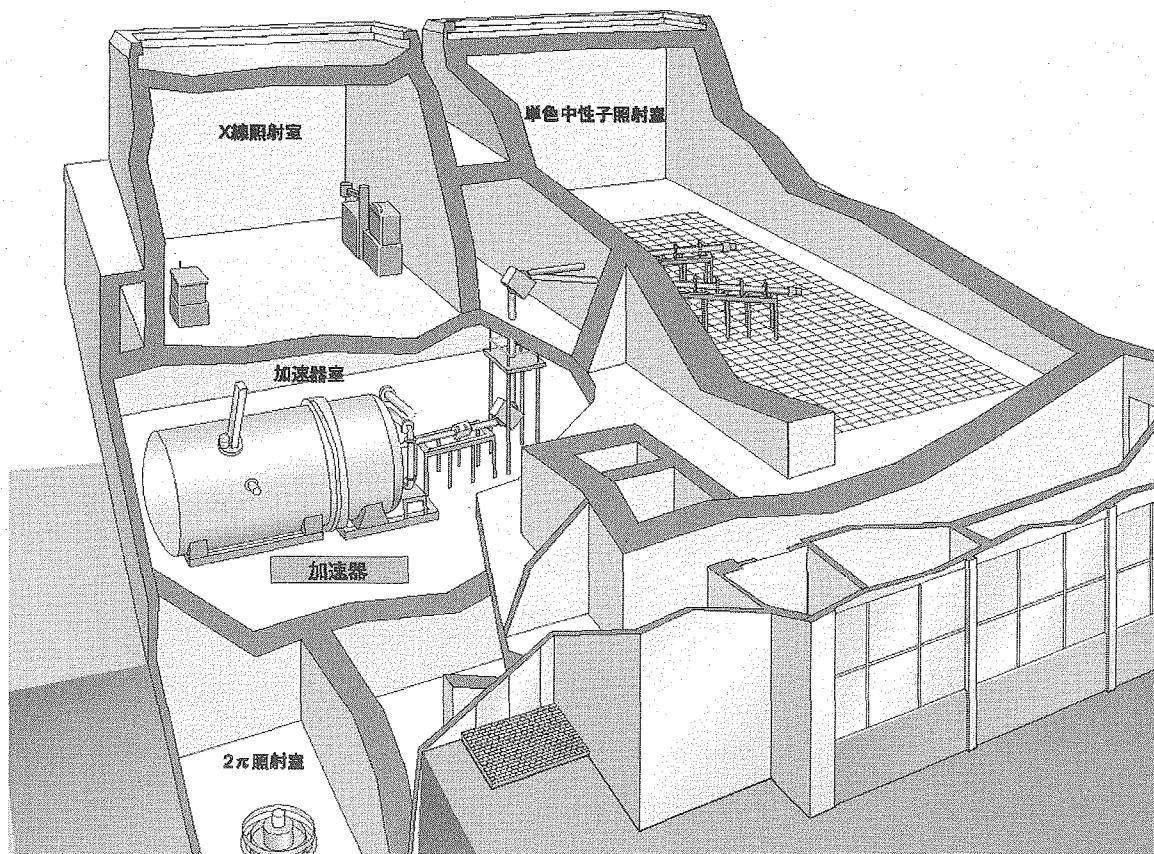


図1.1-1 放射線標準施設棟増設棟鳥瞰図

1.2 装置概要

1.2.1 加速器の構成・性能

本加速器は、米国 National Electrostatics Corp.(NEC)製 4UH-HC 型ペレトロン加速器であり、加速器本体、ビームライン、ターゲット管、冷却装置、真空装置および制御装置などで構成される。

本加速器は、加速電圧が最大 4.0MV、イオン電流が最大 $50\mu\text{A}$ まで連続可変でき、パルス化ビームはパルス幅 2~7 nsec(FWHM)、繰り返し周波数が 0.5~4MHz まで可変できる。また、加速器本体系およびビームライン系の到達真空度は 1×10^{-7} Torr 以上である。表 1.2-1 に加速器の主な仕様²⁾³⁾を示す。

表 1.2-1 加速器の主な仕様

・ 加速電圧	0.6MV~4.0MV
・ 加速電圧安定度	±150V
・ イオン電流	0~ $50\mu\text{A}$
・ イオン電流安定度	±3%
・ 加速粒子	陽子、重陽子
・ イオン源	デュオプラズマトロン正イオン源
・ パルス幅	2~7 nsec (FWHM)
・ パルス周波数	0.5, 1, 2, 4 MHz

1.2.2 加速器本体および加速器室内付帯装置

加速器本体には、イオン源、チャージングチェーン、加速管、パルス化装置、イオン源機器の電源、加速電圧モニタ機器、制御装置—CAMAC から信号伝達する光ファイバーが内蔵され、本体内部の放電を防止するための SF₆ ガスを供給する装置およびイオン源を冷却するフロン溶液循環器が連結されている。加速器室内には、写真 1.2-1 に示す加速器関係の電源がすべて集中している分電盤、加速器タンクとストレージタンクとの間で SF₆ ガスを搬送する SF₆ ガス搬送装置、各所の冷却水を循環させる冷却水装置、バルブ等の機器を動作させる圧搾空気のための圧搾空気供給装置が設置されている。また、屋外に写真 1.2-2 に示す SF₆ ガストレージタンクおよび冷却水装置のクーリングタワーが設置されている。これら加速器本体、付帯装置の詳細については、「3.1 電圧関係機器」、「3.3 イオン源機器」、「3.4 付帯機器」を参照のこと。

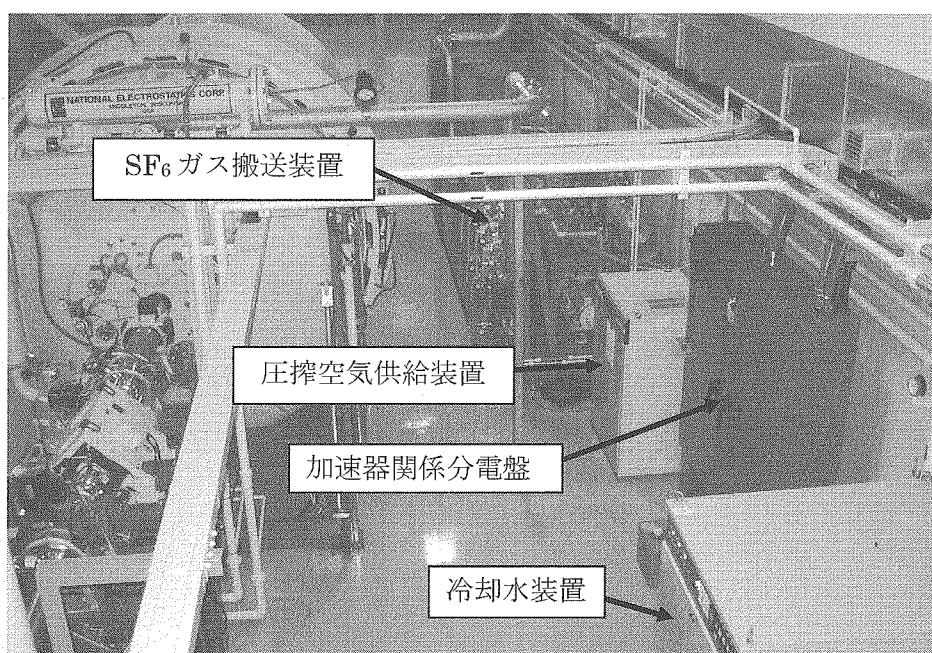


写真 1.2-1 加速器室

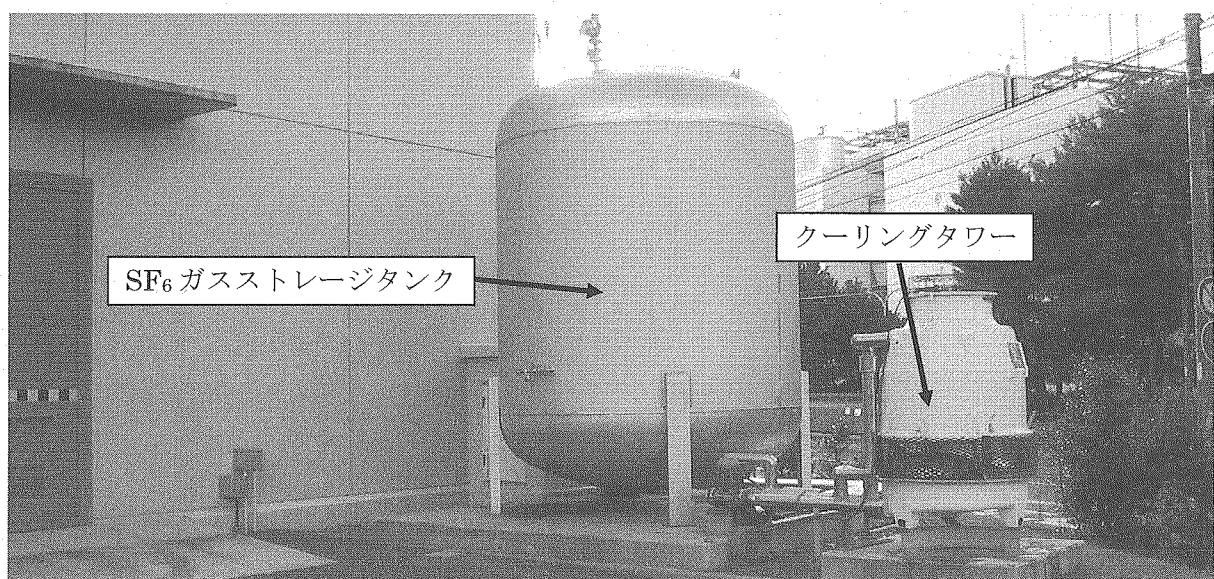


写真 1.2-2 屋外（北側）

1.2.3 ビームラインおよびターゲット管

ビームラインは振分マグネット室で2本に分れており、一方を中性子発生用、もう一方を高エネルギー γ 線発生用として使用している。ビームラインおよびターゲット管の様子を写真1.2-3に示す。ビームラインには、加速イオンを止めて電流量のモニタや照射・停止に用いるファラデーカップ、イオンビームの広がりをモニタするビームプロファイルモニタ、ビームを収斂させる四重極レンズ等を複数設置し、90°分析電磁石、イオンビームを2つのビームラインに分岐させる振分電磁石、ガス target の真空保持膜の破損によるビームライン系の真空低下時に遮断させる高速シャッター、ビームラインの真空引きを行う真空装置があり、電磁石およびファラデーカップなどを冷却する冷却水装置および真空バルブやファラデーカップなどを動作させる圧搾空気供給装置が加速器室から連結されている。これらビームライン系機器はCAMACを介して制御装置で遠隔操作される。これら機器の詳細については、「3.2 ビームライン機器」を参照のこと。

ビームラインの先端に取り付けるターゲット管は、中性子発生用としてはトリチウム専用および他の単色中性子発生用の2種類があり、 γ 線発生用としては、高エネルギー γ 線発生用の1種類で、計3種類である。高エネルギー γ 線発生用ターゲット管は γ 線発生用ビームラインに取り付けられ、中性子発生用ビームラインではトリチウム専用ターゲット管、他の単色中性子発生用ターゲット管を用途に応じ交換して使用する。ターゲット管にはターゲット、ターゲット識別装置、ピックアップリング、イオン電流測定端子、熱画像装置、真空装置、ターゲット冷却装置などが取り付けられている。

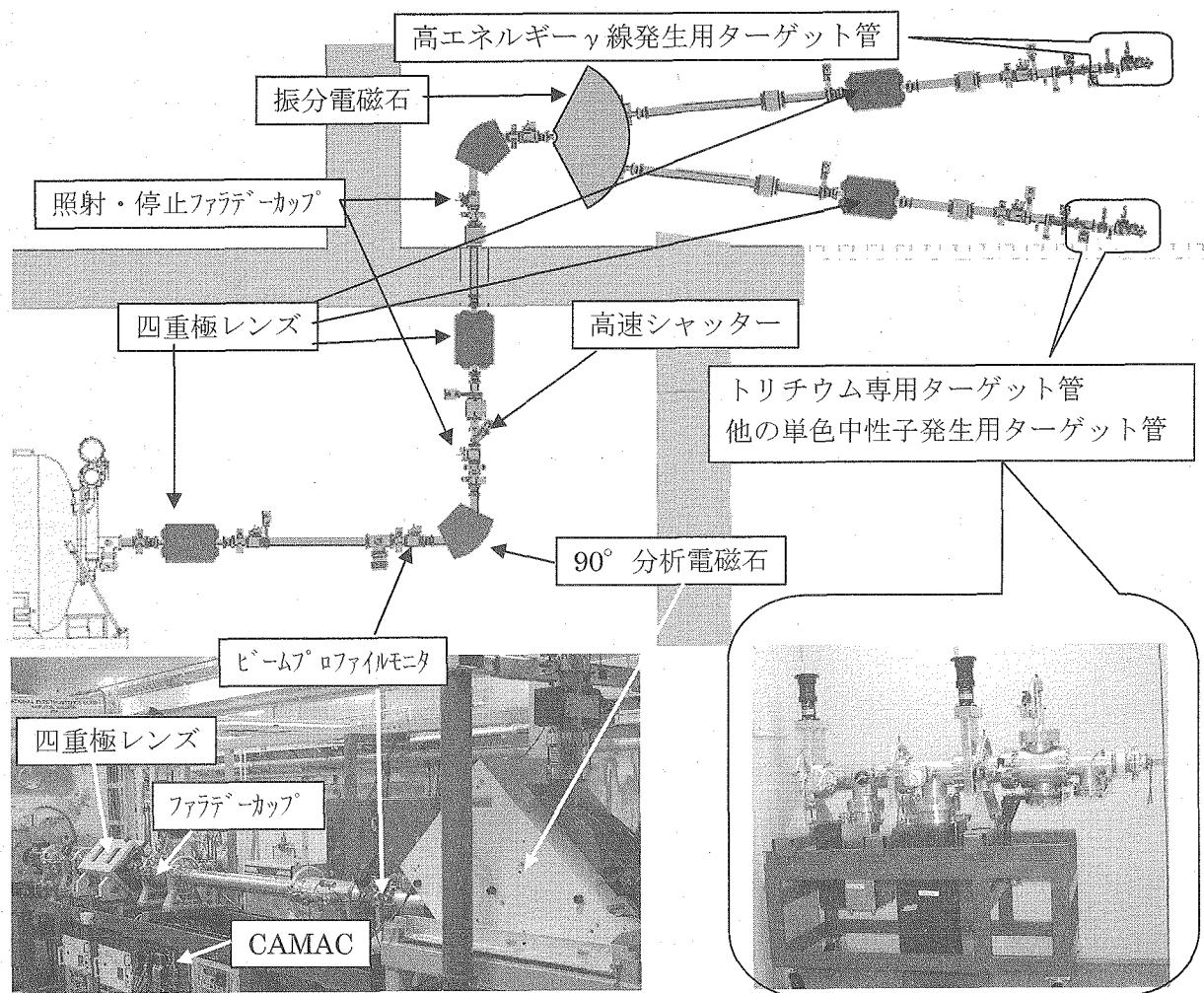


写真1.2-3 ビームラインおよびターゲット管

1.2.4 制御装置

制御装置は加速器制御室に写真 1.2-4 のように配置されている。加速器運用ソフトウェアの入った Linux PC および加速器機器の微調整を行う操作ノブ、加速器室および単色中性子照射室の監視モニタ、冷却水の温度表示等があり、加速器制御室において一括して加速器の運転操作が行えるようになっている。また、ターゲット部に加速イオンが衝突した際の温度分布をモニタする熱画像測定システムが整備されている。制御装置の詳細および操作方法は「4. 加速器制御系」を参照のこと。また、制御装置には、加速器の制御手順に対応させて加速器安全機構および関連する各部屋のインターロック機構を接続し、加速器および作業者の安全を確保している。写真 1.2-5 には、これらのインターロック状態を表示するパネルを示す。この詳細については「5. インターロック」を参照のこと。

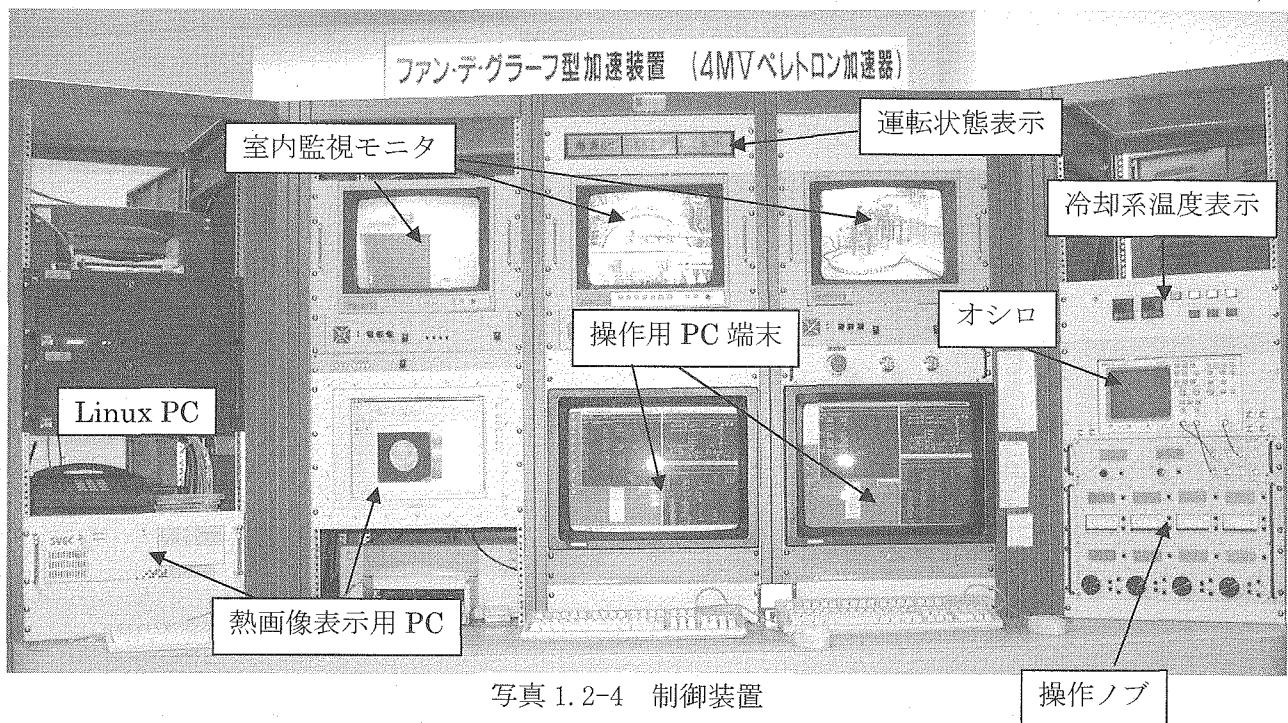


写真 1.2-4 制御装置

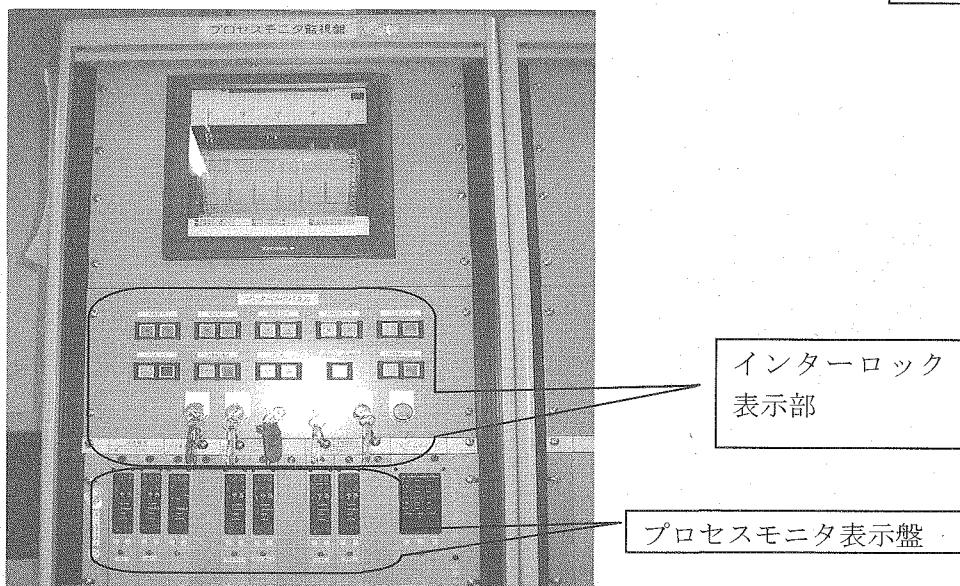


写真 1.2-5 インターロックパネル

1.2.5 使用する核反応

本加速器を利用し、使用する核反応は 6 種類である。表 1.2-2 に使用する核反応⁴⁾を示す。これらの反応を利用して単色中性子校正場⁵⁻⁷⁾および高エネルギー γ 線校正場の整備を行っている。

表 1.2-2 使用する核反応

ターゲットの種類 および核反応	校正場の エネルギー点	加速電圧	ターゲットの仕様
トリチウム $^3\text{H}(\text{d},\text{n})^4\text{He}$	n : 14.8 MeV 19 MeV	2.0 MV (D_2) 2.9 MV	$^3\text{H}\text{-Ti}$ 蒸着 厚さ 0.5~2mg/cm ²
重水素 $^2\text{H}(\text{d},\text{n})^3\text{He}$	n : 5.0 MeV	2.3 MV	^2H (ガス) 形状 1cm $\phi \times 2.4$ cm
トリチウム $^3\text{H}(\text{p},\text{n})^3\text{He}$	n : 1.2 MeV 2.5 MeV	2.5 MV 3.6 MV	$^3\text{H}\text{-Ti}$ 蒸着 厚さ 0.5~2mg/cm ²
リチウム $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})^7\text{Be}$	n : 144 keV 250 keV 565 keV	1.9 MV 2.0 MV 2.3 MV	LiF 蒸着 厚さ 約 0.1mg/cm ²
スカンジウム $^{45}\text{Sc}(\text{p},\text{n})^{45}\text{Ti}$	n : 8 keV 24 keV	3.0 MV	Sc 蒸着 厚さ 約 0.1mg/cm ²
フッ素 $^{19}\text{F}(\text{p},\alpha\gamma)^{16}\text{O}$	γ : 6~7 MeV	2~3 MV	CaF 蒸着 厚さ 約 5mg/cm ²

1.2.6 加速器の使用にかかる共通用件及び作業基準

加速器設備を使用する場合は、下記の使用方法および注意事項を厳守して行うこと。

- (1) 加速器の運転保守は、加速器の構造、運転手順を把握している技術者が行う。また、放射線作業は、原則として2名以上で実施し、万一、不具合等が発生したときは管理担当係長に連絡すること。
- (2) 加速器設備を使用するときは、管理担当係にある加速器メインキーと加速器室ドアロックキーを所持して、管理区域入口キーで汚染検査室入り口扉を開けて所定の作業を行う。加速器室で作業するときには、加速器室ドアロックキーを所持して行い、単色中性子照射室に入域するときはインターロックパネル上の安全キーを所持すること。当日の運転及び保守作業が完了したときは、上記加速器メインキーと加速器室ドアロックキーの返却及び管理区域入口キーで汚染検査室入り口扉を施錠して当該キーを返却すること。
- (3) 加速器の運転・保守作業を行う場合は、「2. 運転手順」並びに「4. 加速器制御系」および「6. メンテナンス作業」を参照し、手順に沿って行うこと。
- (4) 予め停電日時がわかっているときの処置と復旧作業は、「6.4 計画停電時の作業」に沿って行うこと。
- (5) ろ過水の断水がある場合は、予め冷却水装置を停止させること。
- (6) トリチウム専用ターゲット管の交換及びトリチウムターゲット自体の交換、並びにトリチウム専用ターゲット管の保管時、トリチウムターゲットの保管時には、別に定める「トリチウムターゲット取扱いマニュアル」の作業手順及び保管管理方法に沿って行うこと。
- (7) 加速器室の酸素濃度計の異常表示が加速器制御装置の表示板に発生した場合は、SF₆ガスが漏洩した可能性があるため、加速器制御室にある緊急排気装置の運転ボタンを押して加速器室の空気を排気させる。加速器室のガス濃度を確認するため、加速器室に立ち入る場合は、加速器制御室にある簡易式ガス探知機を携帯してガス濃度を確認しながら入室すること。
- (8) スカンジウムターゲットを使用する際に用いる加速電圧制御装置の操作では、±50kVがターゲット管先端部に印加されるため、安全な操作を実施する必要がある。このため、本装置を操作・点検する場合は、別に定める「ターゲット電圧制御装置取扱いマニュアル」の操作方法に沿って行うこと。

2. 運転手順

2.1 日常運転のフロー

本加速器の日常運転のフローを図 2.1-1 に示す。本章で記述する日常運転手順とは、データベースに保存されている条件での運転である。データベースに保存されていない新規の運転条件を設定する場合は、「2.4 ビーム調整」を参考にして別途行う。

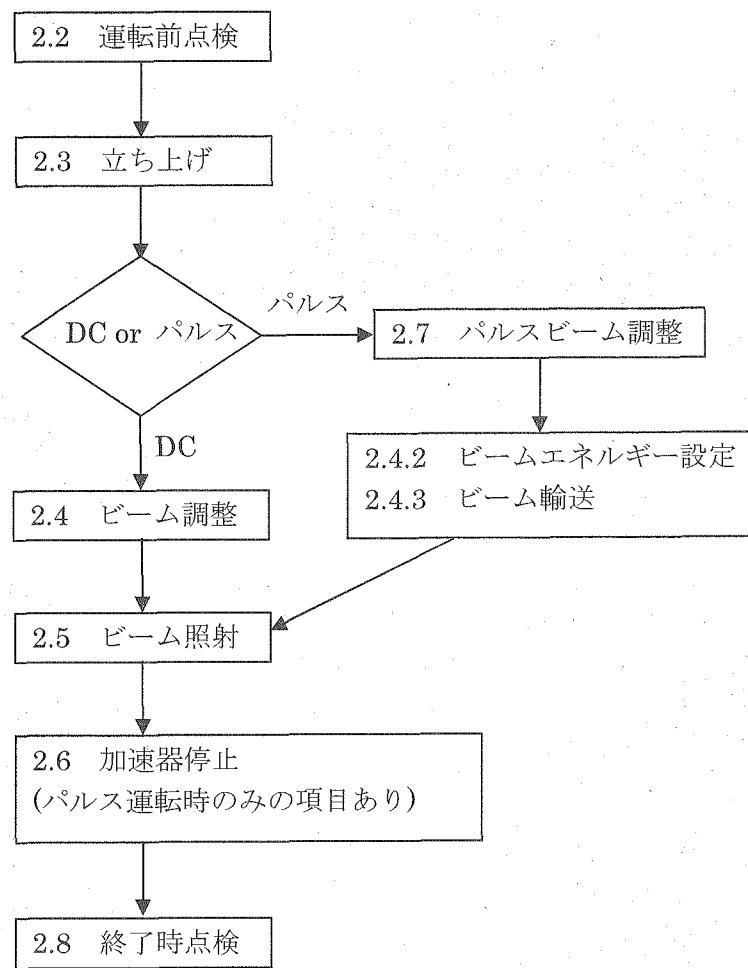


図 2.1-1 日常運転のフロー図

2.2 運転前点検

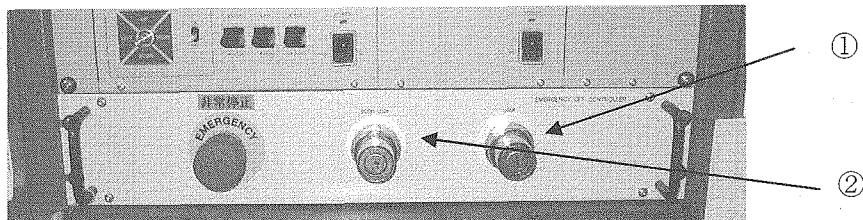
加速器運転者は、「加速器運転前・終了時点検表」(記録様式 3)に従い、運転前に以下の事項について確認を行うこと。

- ① 「加速器ログ」(記録様式 2)に日付、使用者、使用目的等を記入する。
- ② 加速器運用ソフトウェアを使用して「log rod」「log vacuum」を行い、機器の作動時間、真空系の真空度を印刷する。印刷した機器の作動時間、真空度、タンク圧力を確認し、加速器ログに貼り付ける。この場合のタンク圧力は、通常 5 気圧程度(65psi 以上)で有ることを確認する。
- ③ 「1.2.4 制御装置」の写真 1.2-5 に示すプロセスモニタ表示盤でモニタが正常に作動していること、および単色中性子照射室、加速器室の線量率を確認する。
- ④ 「2.4.2 ビームエネルギー設定」の xcrt15 の「OXY MON」に示す酸素濃度計指示値(通常 : 20%程度)を確認してから加速器室に入り、冷却水装置の作動確認、「水不足」表示消灯、冷水圧力(0.5MPa 程度)確認、イオン源冷却液の液量確認、圧搾空気供給装置の水抜き、減圧弁空気圧力(5kgf/cm² 程度)確認、SF₆ストレージタンクのガス圧力(0.03MPa 以上)確認、加速器室の目視点検を行う。
- ⑤ 単色中性子照射室において、ターゲット冷却液の液量確認、空調作動確認およびターゲット空気冷却を作動させる。また、室内の目視点検を行う。
- ⑥ 「1.2.4 制御装置」の写真 1.2-5 に示す遮蔽扉、入口扉、安全キーなどの建家関係のインターロック表示部を確認する。

2.3 立ち上げ

2.3.1 電源投入

制御装置の中央に配置されているメインの電源を投入し立ち上げ作業を開始する。以下に個々の手順を順次示す。この項では図表番号は省略する。



① 加速器メインキー ON

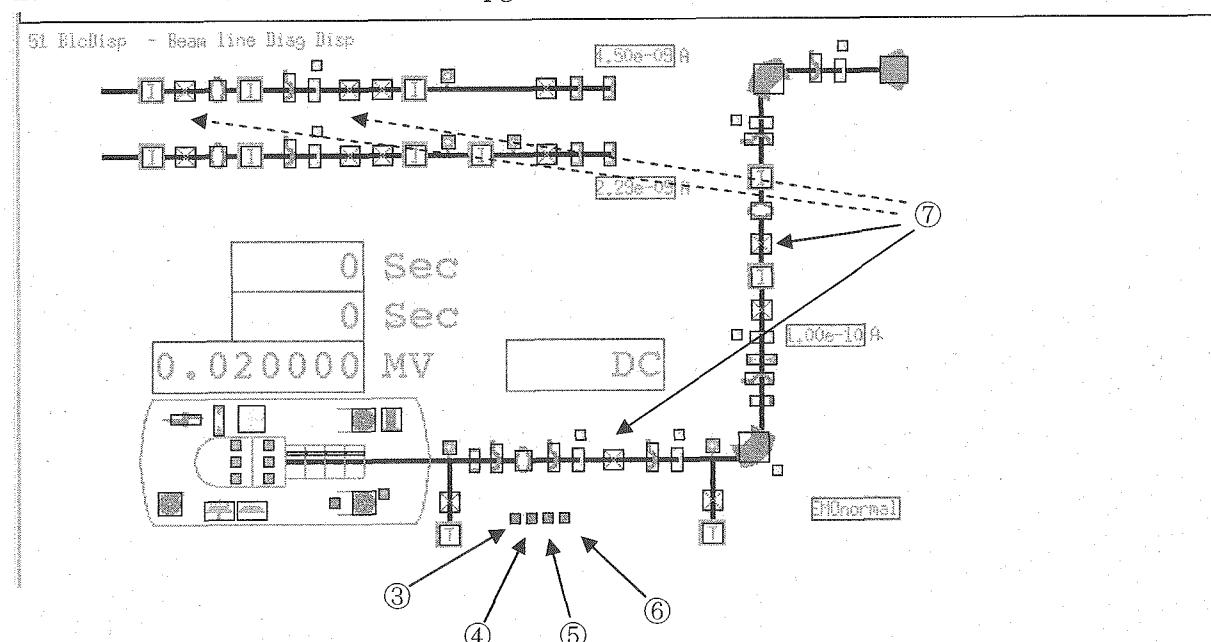
加速器室の監視装置により人がいないことを確認し、加速器室ドアロックを行う。

② ドアロック（キー） ON

以下の操作に関しては 4.3.2 AcccelNET の操作参照のこと。

(1) ビームライン機器、マグネット×3台の電源を入れる。

xcrt 51 ページを表示 — コマンド pg 51 ↓ (以下ページ表示コマンドは略)



③ ビームライン電源 ON

④ マグネット BM 01-1 電源 ON

⑤ マグネット BM 02-1 電源 ON

⑥ マグネット BM 03-1 電源 ON

⑦ 使用するビームラインのバルブ Open

- (2) NMR 磁場測定装置は、マグネット電源が off となっている際には、動作を停止させている。
このため、BM 01-1 電源を on にした際に作動させる必要がある。

xprt 40 ページ

Magnet field Set	12557.9 G	nop
Field Deviation	-12530.8 G	
HPB 01-1 Magnet field Read	27.6 G	
Range Select	1.2 T	
NMR 01-1 Magnet field Read	2564.24 G	
Probe Select SR	0.1-0.25 T	
Fld Srch Sup Dir SR	Stop	nop
Fld Srch Sup Spd SR	Normal	nop
Reset SC	nop	nop
Field Lock Status	nop	nop
Field read LSB	256424	nop
Field read MSB	0	nop
BM 01-1 Calculated Mass	16.644 AMU	
Calculated Energy	0.166438 MeV	
Calculated Energy	0.146438 MeV	
BM 01-1 Magnet Radius	0.324 M	
BM auto tuning steps	6	
BM auto tuning time	20 Sec	
BM auto tuning type	norm	

⑧ NMR down

- (3) ロータリングシャフトを動かし、タンク内部機器の電源を入れる。

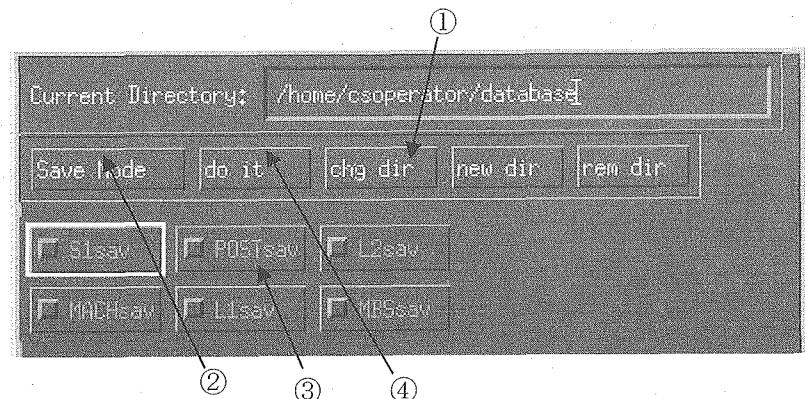
xprt 15 ページ

15 AccSetup - Accelerator Control		
BLH TX-1	off	13939:44:36 hrs
RS TX-1	off	3202:45:14 hrs
CH TX-1	off	2745:53:07 hrs
CH TX-2	off	2745:08:32 hrs
COL TX-1	off	
CPS TX-1	0.02 KV	-0.02 KV
CPS T -1	0.00 KV	0.00 KV
TKN TK-1 PR	71.2 psig	Pressure
TKN TK-1 TR	22.1 DegC	Flow
TKN TK-1 DewPtR	-100.0 DegC	
OXY NON	20.2 %	OxyOK
TPS TK-1 PurSC	on	on
ModeSC	gvm	gvm
GvnVR	0.000000 MV	
TrvVC	3.9441 MV	
Gvn-Ref	-200.00 KV	
CtlGain	50.07 %	
CPD0gain	20.03 %	
DvpVC	0.00 %	off
UpvVC	0.00 %	nop
LEsltCR	-1.45e-08 A	rest
HEsltCR	1.53e-09 A	rest
SlitDiff	0.0 Decades	on

⑨ ロータリングシャフト RS TX-1 ON

2.3.2 各装置設定データ呼び出し

dbsave を利用して、今回使用する条件と同じパラメータ条件をデータベースから呼び出す。

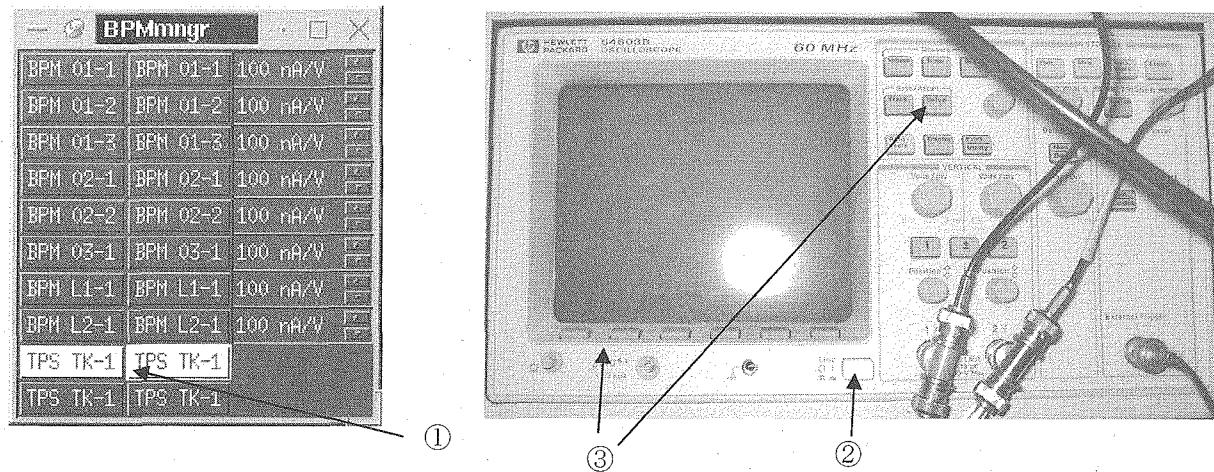


- ① ディレクトリを選択する
- ② 「restore」モードに設定
- ③ 呼び出すパラメータを選択(すべて選択する)
- ④ 実行

※このとき、マグネットの電源が入っていなければ、マグネットの磁場設定値の呼び出しは反映されない。

2.3.3 電圧印加

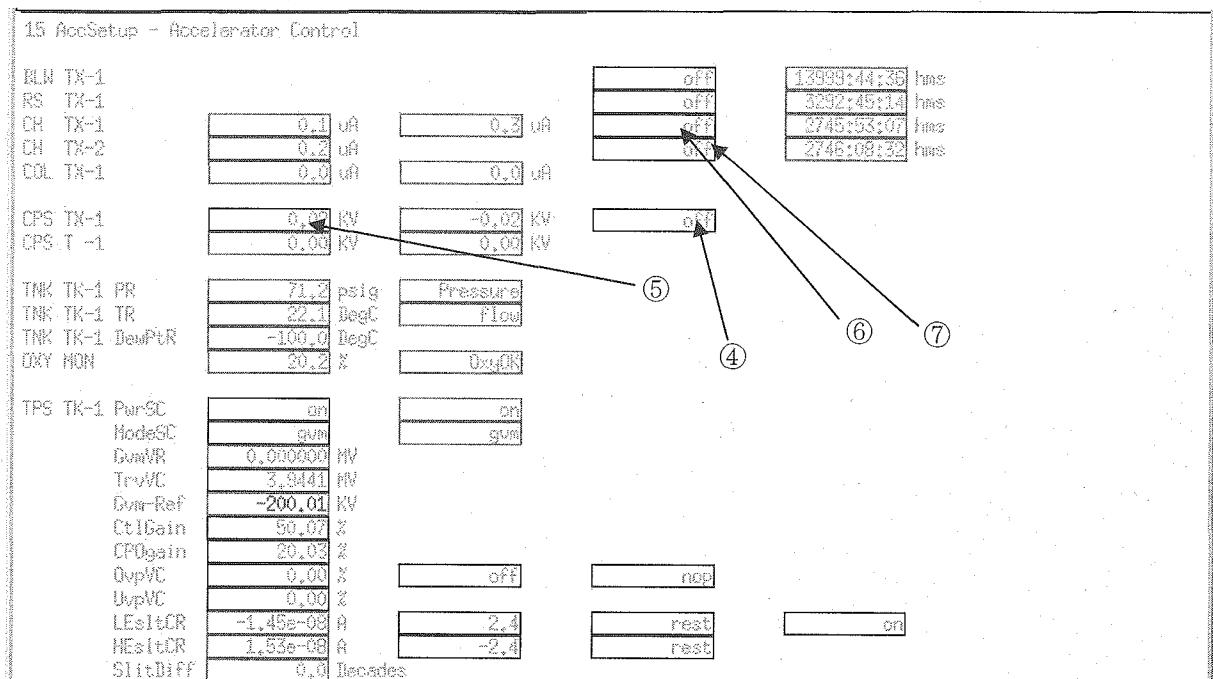
(1) 電圧印加前からオシロスコープを使用し、CPO シグナルがモニタできる状態にする。



- ① BPMmngt TPS TK-1 選択
- ② オシロ電源 ON
- ③ CPO シグナルをモニタする設定選択 (set up memory 偶数にして、recall)

(2) チェーンを作動して電圧を発生させる。

xctrl5 ページ

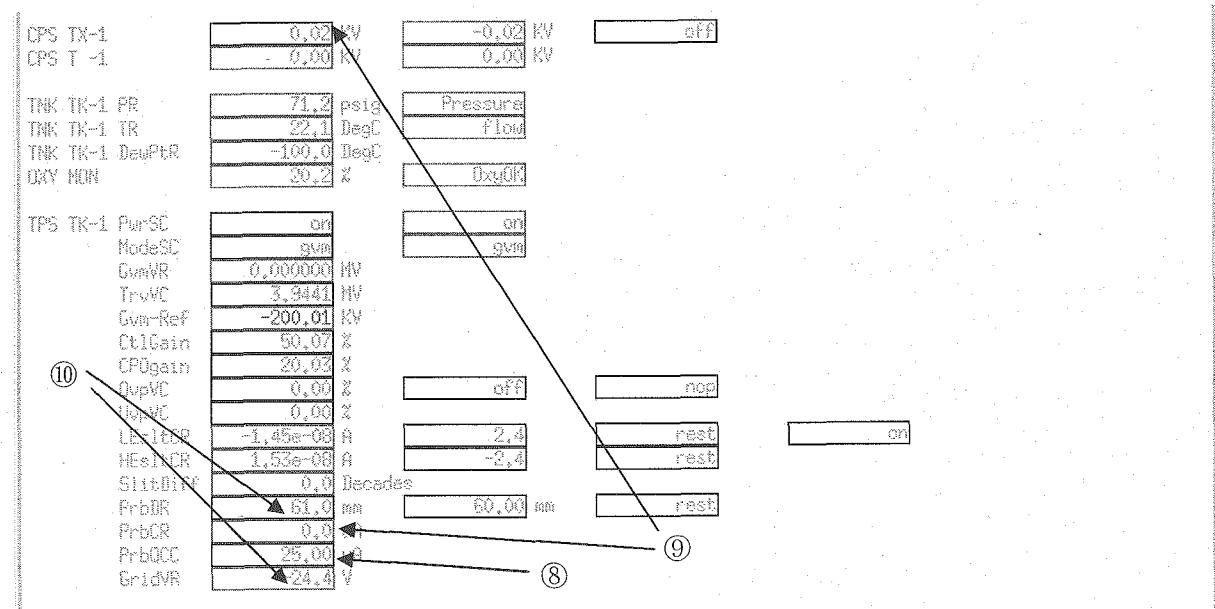


- ④ チャージング電源 CPS TX-1 ON
- ⑤ チャージング電源 電圧 CPS VC 「 4 kV 」 設定 (ch 4)
- ⑥ チェーン 1 CH TX-1 ON
- ⑦ チェーン 2 CH TX-2 ON

※チェーンが動き出すと電圧が発生する。この時、加速器室の監視モニタの音声信号により、異音等があればすぐにチェーンを止めること。

(3) 電圧安定化のためにプローブの調整を行う。

xert 15 ページ



⑧ PrbQCC 「30」 μ A 設定

⑨ PrbCR が 30μ A 程度になるように CPS を調整

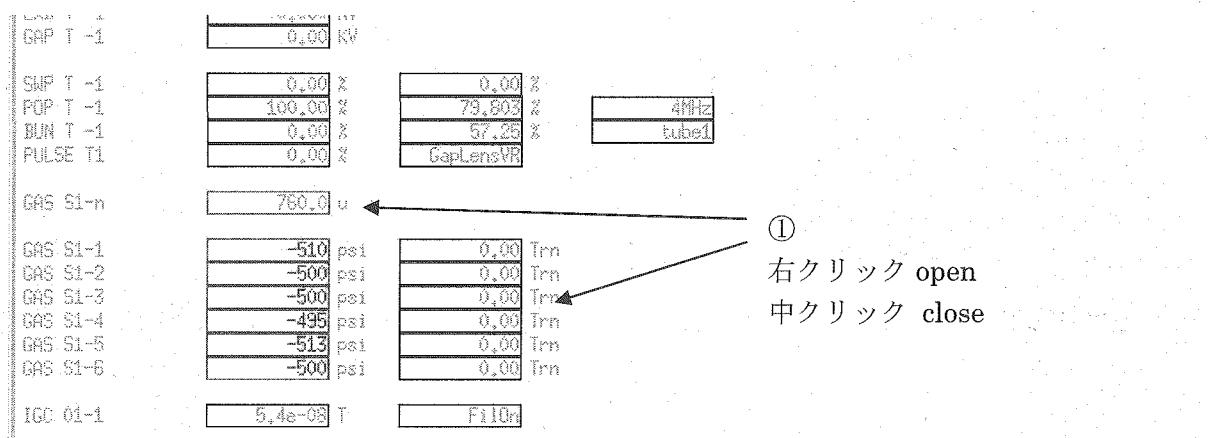
⑩ gridVR が-10V 程度になるように PrbDR を調整

2.3.4 ビーム発生

(1) ガス、フィラメント、アークショート等イオン源各機器の調整を行いビームを発生させる。

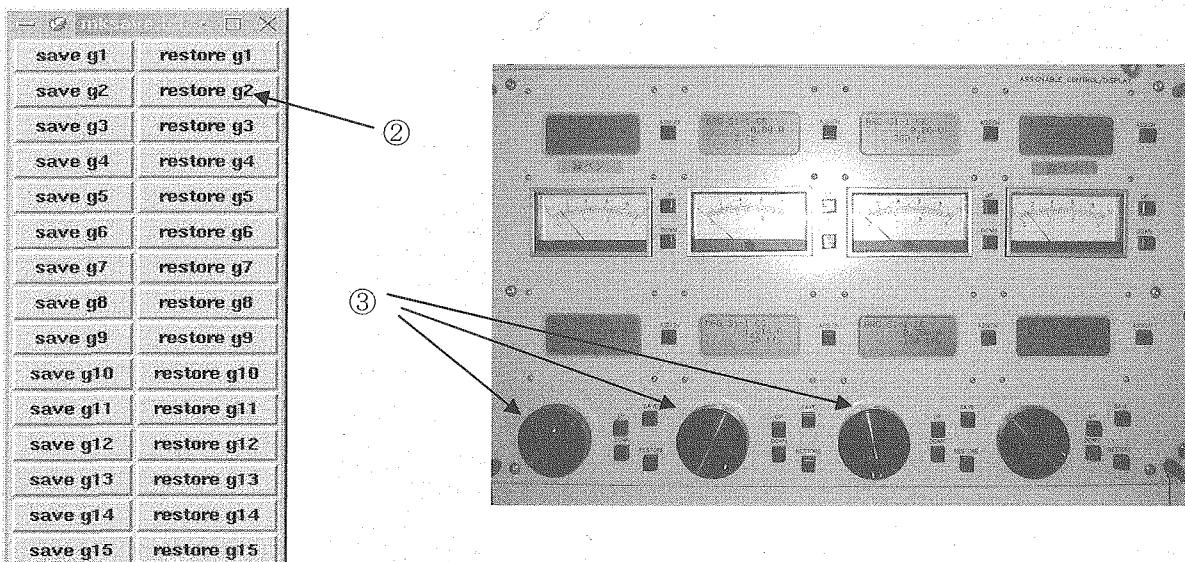
ガスボトルは1~4に水素ガスが、5および6に重水素ガスが入っている。GAS S1-n 真空計は反応が遅いためガスバルブの open は注意してゆっくりと行う。このとき、ガスの流入によりイオン源の真空度が $100 \mu\text{ Torr}$ 程度まで低下する。

xctrl10 ページ



① GAS S1-n を確認しながらガスバルブ open

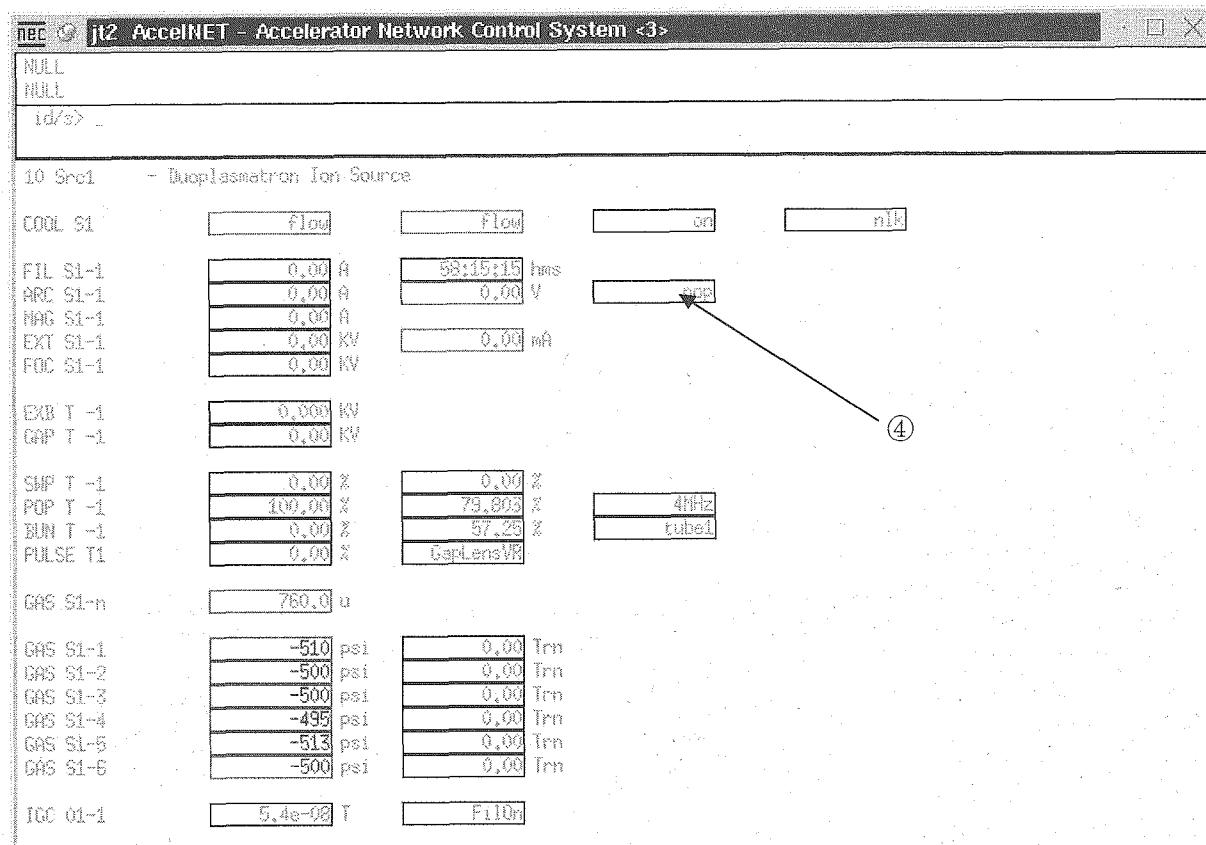
(2) mksave の restore g2 を利用し、ノブによりフィラメント等を調整する。



(3) LaB₆(ハウ化ランタン) フィラメント ARC START 時の設定値

FIL CR	: 28~30 A
GAS S1-n	: H ₂ 100~200 u D ₂ 80~150 u
ARC CC	: 0.5~4A
MAG 電流	: 0.3~1.3 A

※ LaB₆(ハウ化ランタン) フィラメントは、蒸発による消耗を避けるため、32.5A(1700°C)以下で使用すること

(4) 上記状態で ARC short を行いアーカーをスタート
xcr10 ページ

④ ARC short

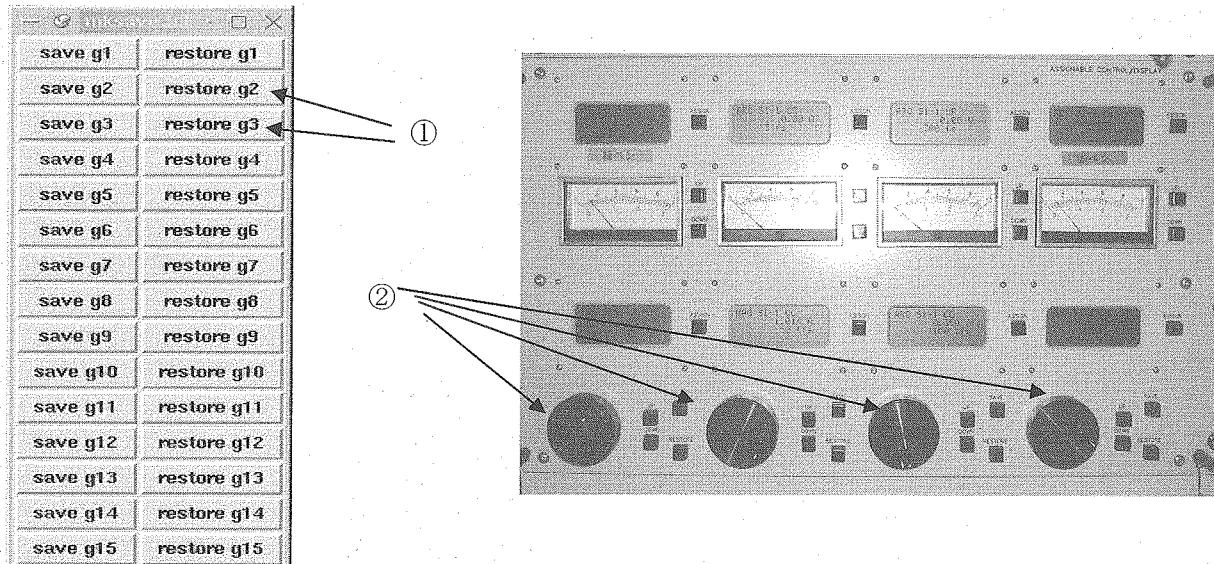
アーカー電流が流れる (ARC CR 0.3A 以上) であれば OK

2.4 ビーム調整

ビームの状態は時間とともに変化することもあるため、2~3時間に一度は確認を行うこと。

2.4.1 ビーム電流値の調整

ARC CC、SWP offset VC、FOC VC、ExB VC を調整し目的のビーム電流とする。



① ARC CC を調整する場合 : restore g2
SWP VOffset、FOC VC、ExB VC を調整する場合 : restore g3

② ノブを使用し各値を設定（下記参照）

フーラデーカップ FC01-1 CR でビーム電流を確認しつつ、
ARC CC でビーム電流を大まかに設定 *ARC VR が 100V 程度になるよう FIL、MAG も調整
SWP VOffset
FOC VC
ExB VC } FC01-1 CR が最大となるように調整

ExB はイオン種によって設定値が異なるため、目的イオンの付近で最大値となるようにする。
ExB VC 設定値

H ⁺ (p)	: 陽子	: 2.30 kV 付近
D ⁺ (d)	: 重陽子	: 1.66 kV 付近
D ₂ ⁺ (d ₂)	: 重水素分子	: 1.20 kV 付近

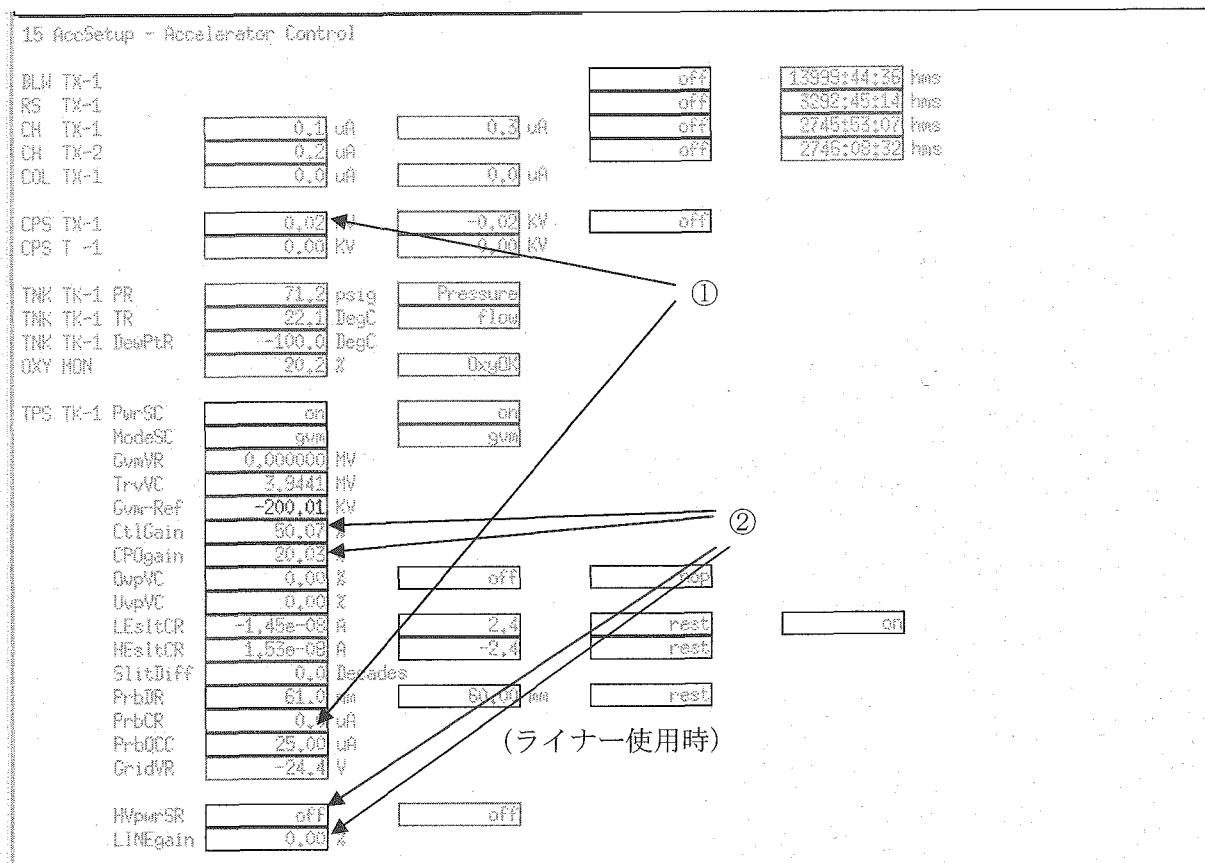
*ビーム電流を低くしたい場合に、ARC CC では設定できない場合(ビーム電流 1 μA 以下程度)は、FOC を下げることにより、ビーム電流を小さくする。
この場合、ExB VC は FOC 最大のときに設定し、その後 FOC を下げてからは調整しないこと。

2.4.2 ビームエネルギー設定

ビームエネルギーは、分析マグネットとして使用している BM 01-1 の磁場の値で決定している。BM01-1 の磁場測定値、加速器の電圧を調整し、目的のビームエネルギーとする。

(1) ビームの発生により負荷が増大し、プローブのバランスが変化しているため再度調整する。

xert 15 ページ



① PrbCR が PrbQCC と同程度になるように CPS を調整

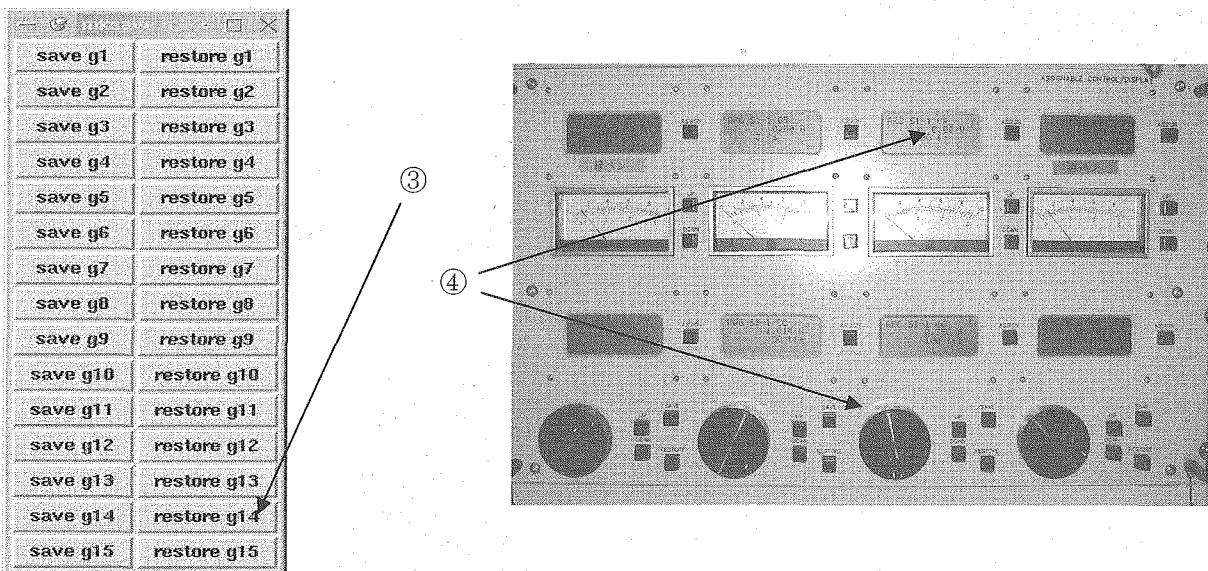
② オシロで CPO の信号を確認しながら CtlGain、CPOgain を調整（下記参照）

ライナー使用時 HVpwr SC ON 、LINEgain 調整（下記参照）

TPS の Gain 調整

ライナー不使用時	ライナー使用時
CtlGain : 50~80%程度	LINEgain : 50~80%程度
CPOgain : 20~50%程度	CtlGain : 50~80%程度 CPOgain : 50~80%程度

(2) ノブを使用し、NMR の値が目的の値となるよう微調整する。

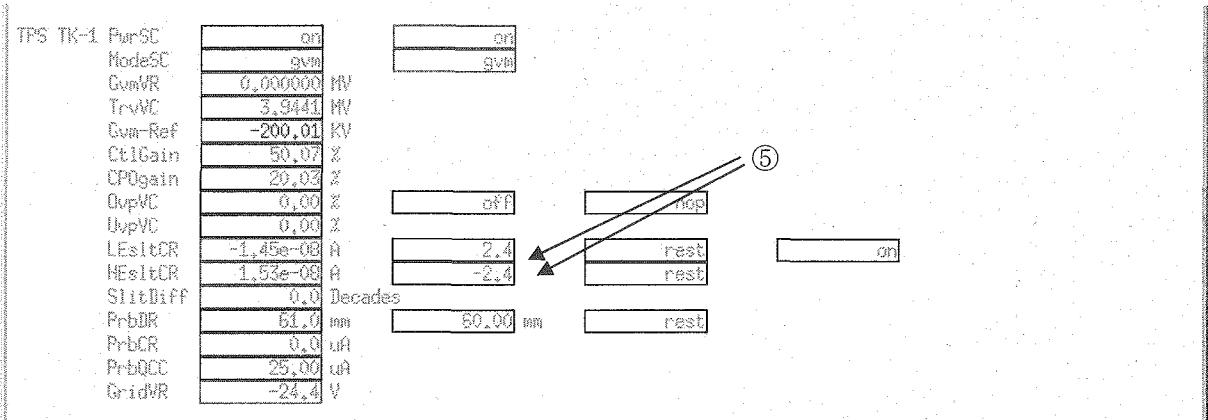


③ restore g14 で BM01-1 CC をノブに呼び出し

④ ノブを使用し、BM01-1 CC を微調整して NMR 01-1 magnet field Read を目的の値にする。

(3) slit を LE+2.0mm, HE-2.0mm に設定する。

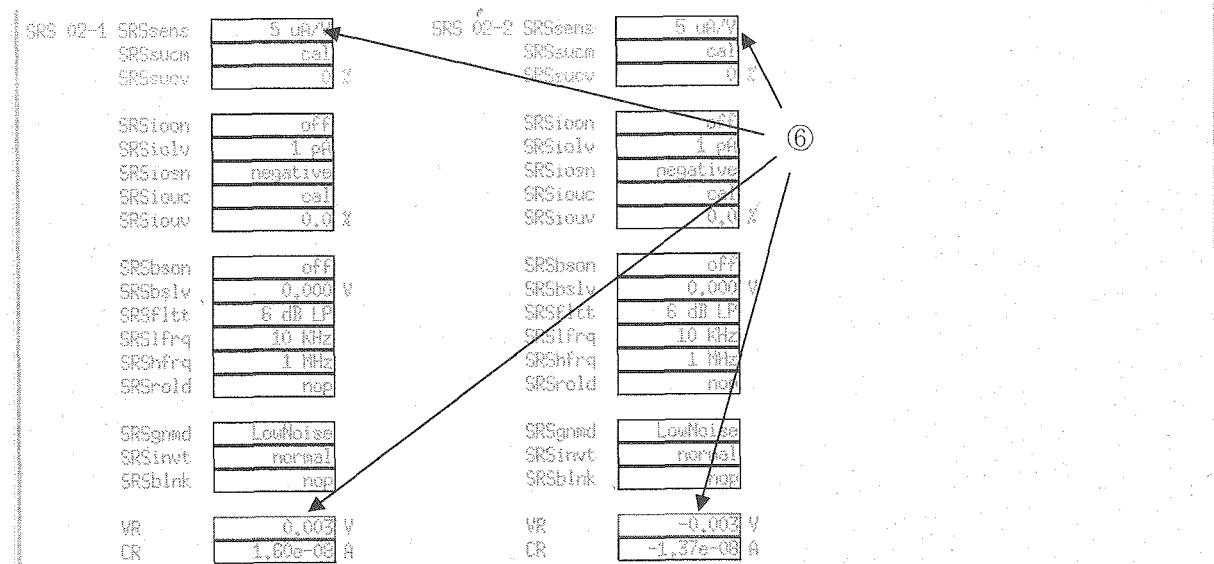
x crt 15 ページ



⑤ LEslitDC 「+2.0mm」 , HEslitDC 「-2.0mm」 に設定する

(4) スリット電流のアンプゲインが両側同じで、レンジも適正であることを確認する。

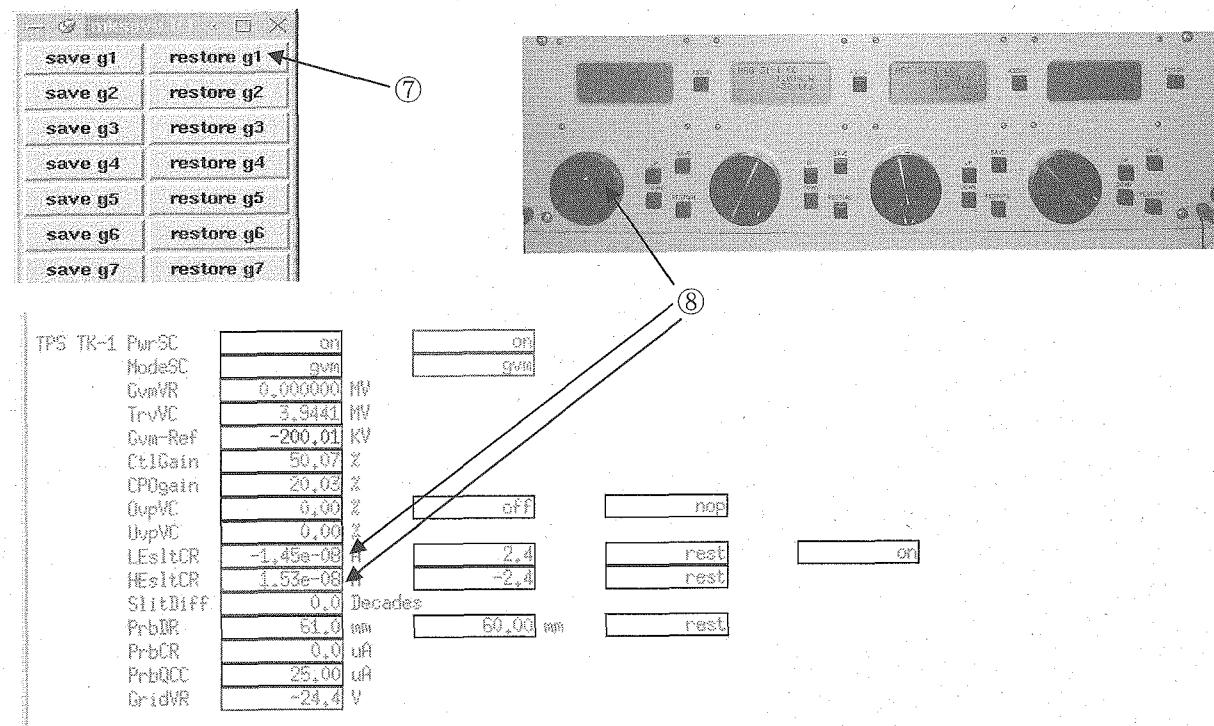
xcrt 30 ページ



(6) 下段 VR が 1~4V 内になるように SRS 02-1 SRSsens、SRS 02-2 SRSsens を調整する。

SRS 02-1 と SRS 02-2 は同じ設定にすること。

(5) ノブを使用し、ターミナル電圧を微調整する。



⑦ restore g1 で TPS TrvVC をノブに呼び出し

⑧ TPS TryVC を微調整して LEslitCR、HEslitCR が同程度になるように調整

2.4.3 ビーム輸送

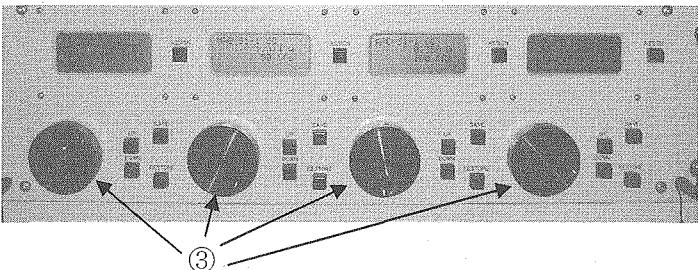
FC02-1 からターゲットまでの輸送でビーム損失が少なくなるように、また、ターゲットにビームがよく当たるように ([モニタ計数 / ビーム電流] が高くなるように) 調整する。調整時には、ビームがビームラインに直接あたり穴があくなどダメージを受けることもあるため、最初は $2\mu\text{A}$ 程度でターゲットまでの輸送を行い、ビームがターゲットまで輸送できていることを確認してから、電流を増やす。

単色中性子照射室の準備を確認する。

- ① ターゲット部分空気冷却
単色室インターロック(ドア、入室者なし、パーソナルキー)

mksave の restore を使用し、ノブによってビームライン 02 (垂直のライン) からターゲットまでを繰り返し調整する。

save g0	restore g0	② L1 ビームライン使用時 restore g7& g10
save g6	restore g6	② L2 ビームライン使用時 restore g12& g15
save g7	restore g7	
save g8	restore g8	
save g9	restore g9	
save g10	restore g10	
save g11	restore g11	
save g12	restore g12	
save g13	restore g13	
save g14	restore g14	
save g15	restore g15	



③

L1 ビームライン使用時	L2 ビームライン使用時
② restore g7 BL-02 調整をノブへ restore g10 BL-L1 調整をノブへ	② restore g12 BL-02 調整をノブへ restore g15 BL-L2 調整をノブへ
③ ノブのパラメータをすべて微調整してビームを輸送 {BL-02 調整、BL-L1(2)調整を繰り返す}	
調整するパラメータ	
BM 02-1CC MS 02-1CC MQ 02-1XCC MQ 02-1YCC BM 03-1CC MQ L1-1XCC MQ L1-1YCC	BM 02-1CC MS 02-1CC MQ 02-1XCC MQ 02-1YCC BM 03-1CC MQ L2-1XCC MQ L2-1YCC

※ここに表示されている以外のパラメータは変更しないこと。
変更した場合、「2.4.2 ビームエネルギー設定」から再度やりなおす。

2.5 ビーム照射

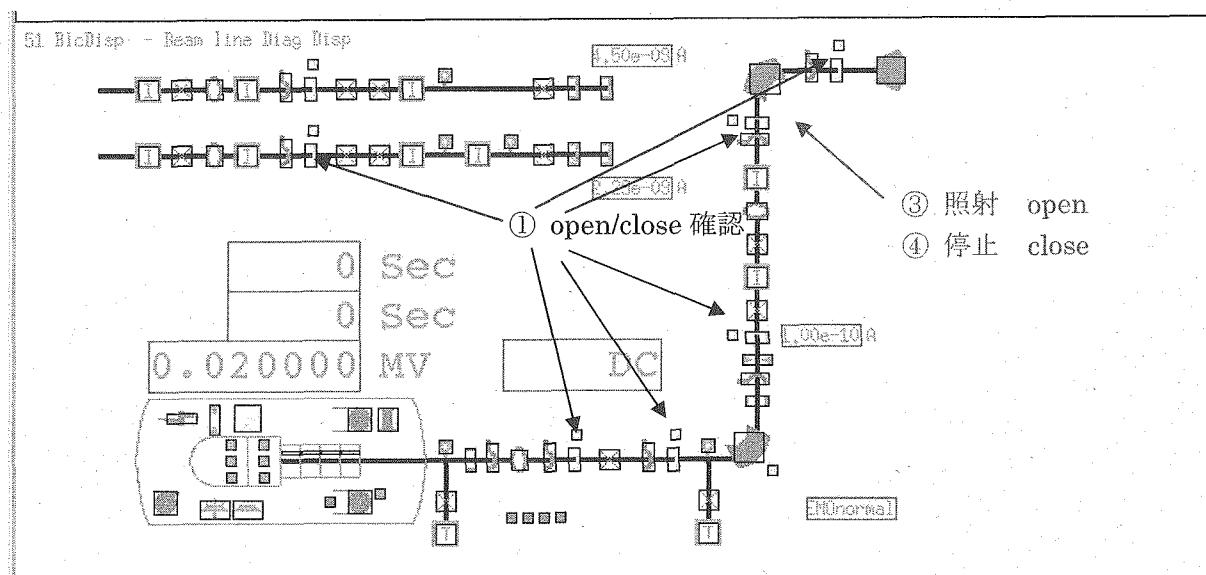
ビームの照射、停止は BL-02 のファラデーカップ(FC02-1、FC02-2)で操作する。FC02-1、FC02-2 は連動して同時に動くようになっている。

2.5.1 手動での照射

ファラデーカップを自分で操作し、照射・停止を行う。

準備 (ビームライン L2 使用時で示す)

xcrt 51 ページ



- ① BL-02 以外のファラデーカップ (FC01-1、FC01-2、FC03-1、FCL2-1) open
FC02-1、FC02-2 close の確認
- ② インターロック状態の確認(照射できる状態であること)

照射

- ③ FC02-2 を選択して open

停止

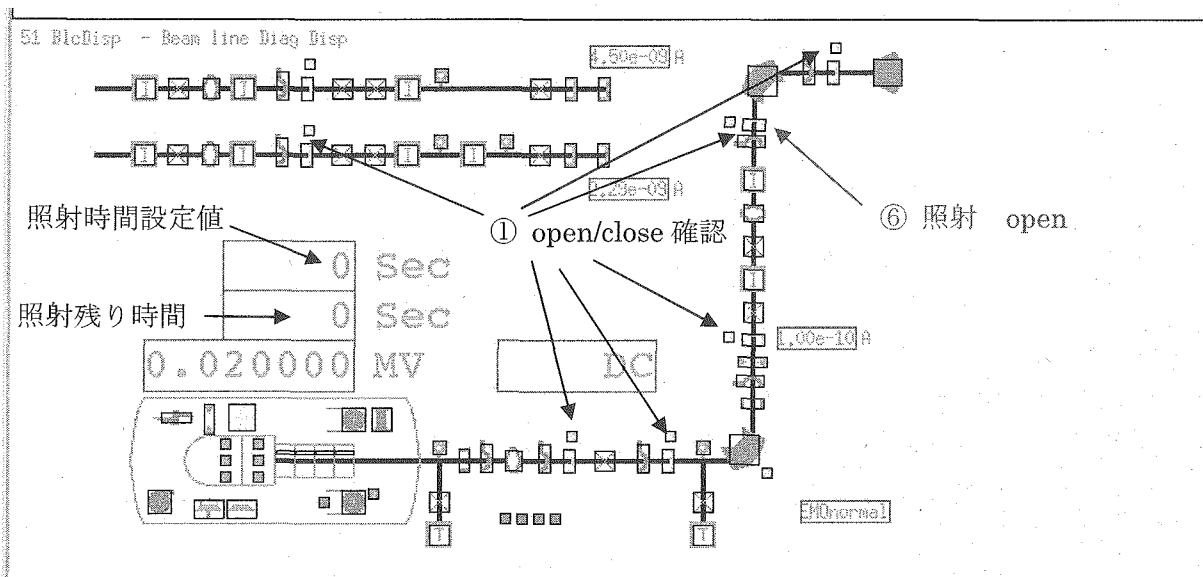
- ④ FC02-2 を選択して close

2.5.2 タイマーでの照射

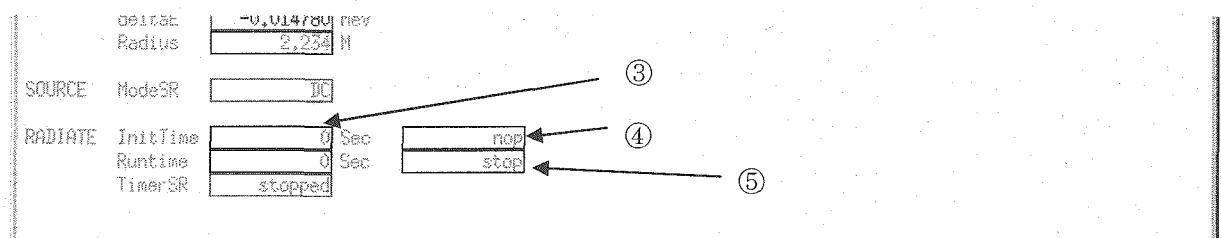
xcrt20 にタイマー照射時間を入力し、設定した照射時間が経過すると自動で FC02-1、FC02-2 が閉まり、ターゲットへのビームは停止する。

準備（ビームライン L2 使用時で示す）

xcrt 51 ページ



xcrt 20 ページ



- ① BL-02 以外のファラデーカップ (FC01-1、FC01-2、FC03-1、FCL2-1) open
FC02-1、FC02-2 close の確認
- ② インターロック状態の確認(照射できる状態であること)
- ③ 照射時間設定
- ④ タイマーリセット
- ⑤ Runtime Enable SC run モードに

照射

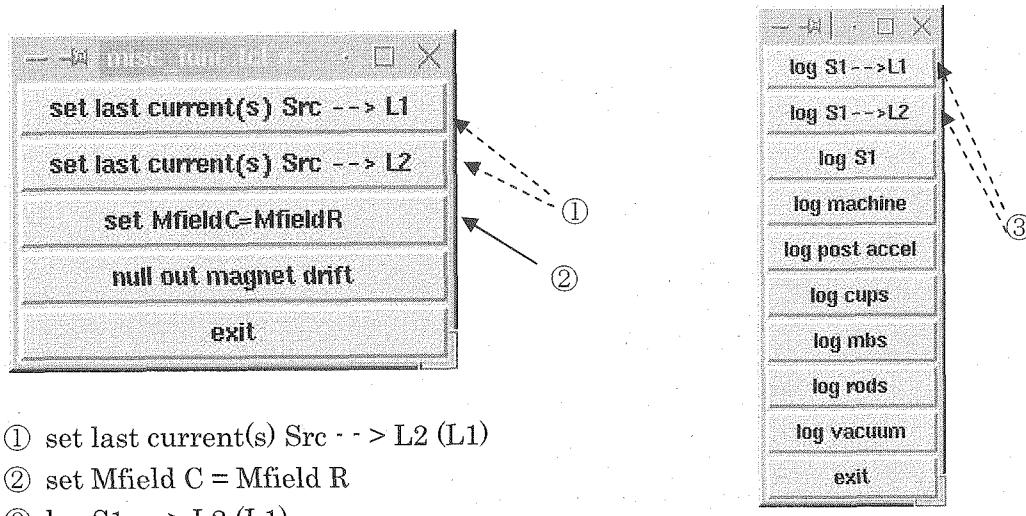
- ⑥ FC02-2 を選択して open

停止

照射残り時間 0 になると自動で FC02-2 close

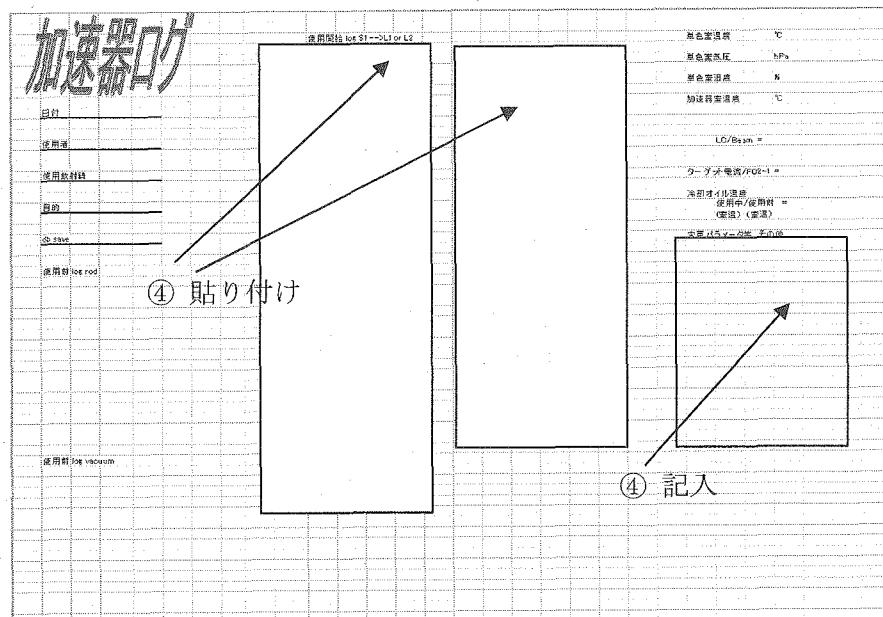
2.5.3 ログ

照射条件ごとに設定値のログを印刷し、加速器ログ book に貼り付ける。これは照射時の条件を記録するためのものなので、照射作業の合間などに行う。



- ① set last current(s) Src --> L2 (L1)
- ② set Mfield C = Mfield R
- ③ log S1 --> L2 (L1)

印刷したログを貼り付ける



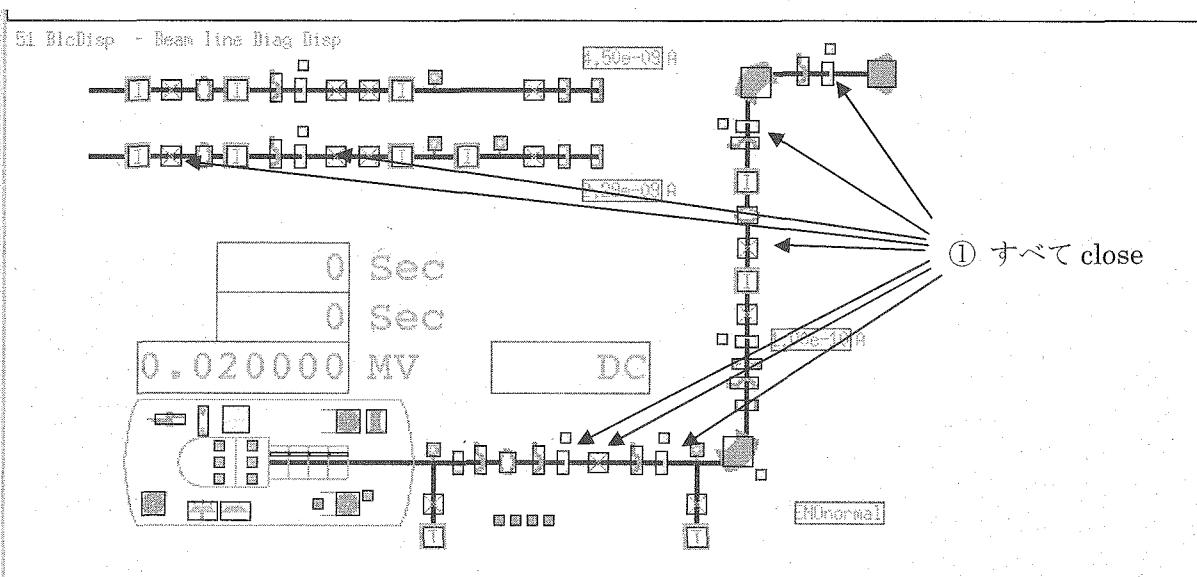
- ④ 加速器ログ book に印刷したログを貼り付ける。
- また、途中でパラメータを変更した場合などはそれを記入する。

2.6 加速器停止

照射作業終了後、加速器の停止作業を行う。

(1) ファラデーカップ及びバルブの閉、ライナーの OFF

xprt 51 ページ



① すべてのファラデーカップ、バルブ close

-----ライナー使用時のみ-----

ライナーを使用中の場合、ターミナル電圧を変更すると大幅な電圧振動が起こるため、まずライナーを OFF にする。

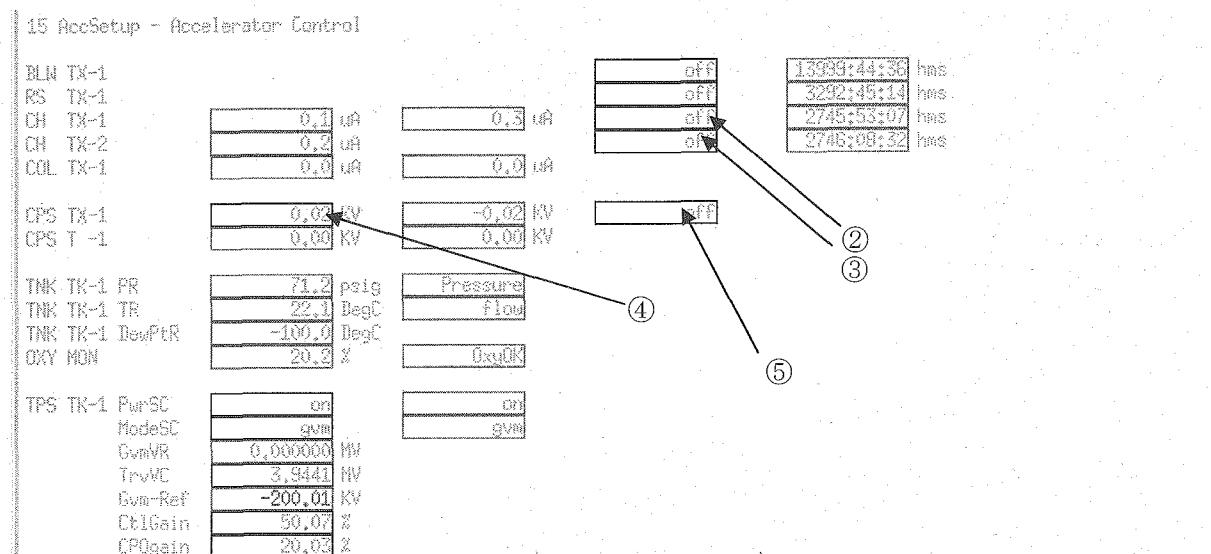
CH TX-2	0.2 uA	off	2746108:32 hrs
COL TX-1	0.0 uA	0.0 uA	
CPS TX-1	0.02 KV	-0.02 KV	off
CPS T -1	0.00 KV	0.00 KV	
TNK TK-1 PR	71.2 psig	Pressure	
TNK TK-1 TR	22.1 DegC	Temp	
TNK TK-1 DewPtn	-100.0 DegC		
OXY MON	20.2 %	Oxygen	
TPS TK-1 PurSC	on	on	
ModeSC	off	off	
GunVR	0.000000 KV	0.000000 KV	
TruVC	3.9441 KV		
Gun-Ref	200.01 KV		
CtlGain	50.07 %		
CPDGain	20.63 %	off	②
DvpVC	0.00 %	nop	
UpVC	0.00 %		
LESltCR	-1.45e-08 A	2.4	
HESltCR	1.55e-08 A	-2.4	
SlitDiff	0.0 Decades	rest	
PrbDR	61.0 nm	rest	
PrbCR	0.0 uA		
PrbQCC	25.00 uH		
GridVR	-24.4 V		
HVpwrSR	off	off	
LINExgain	0.00 %		③

② CtlGain を 30%に設定

③ LINEgain 0 %に設定、HVpwr off にする

(2) チェーンを止め電圧を落とす。

xert 15 ページ



② チェーン1 CH TX-1 OFF

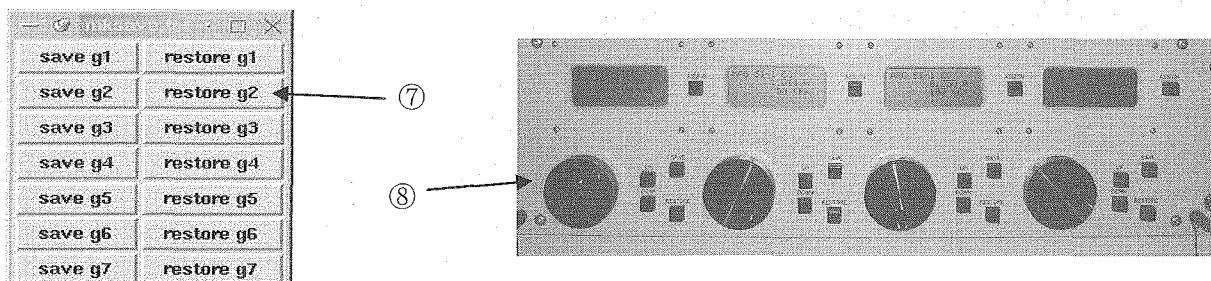
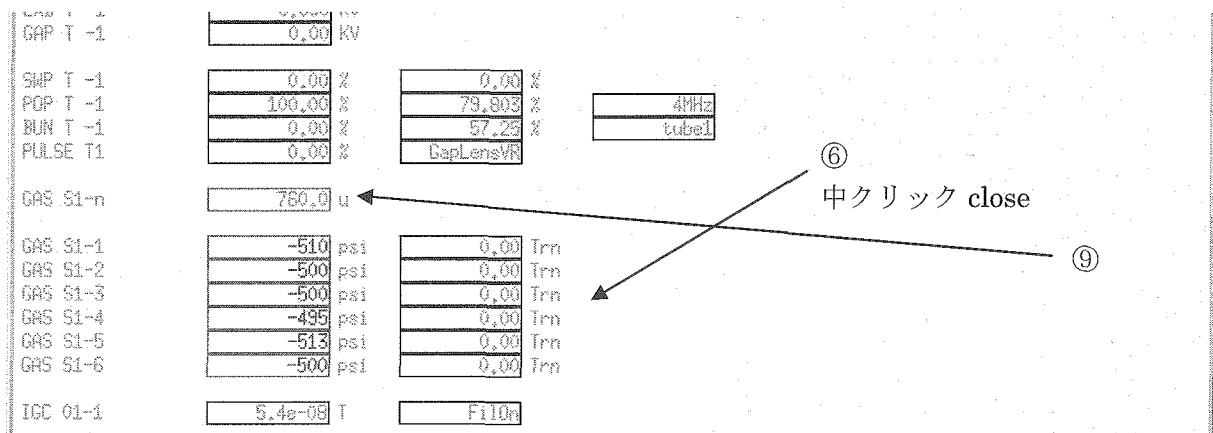
③ チェーン2 CH TX-2 OFF

④ チャージジング電源 電圧 CPS VC 「 0 kV 」 設定

⑤ チャージング電源 CPS TX-1 OFF

(3) ガスバルブを閉め、フィラメント電流を 0 にする。

xcrt 10 ページ

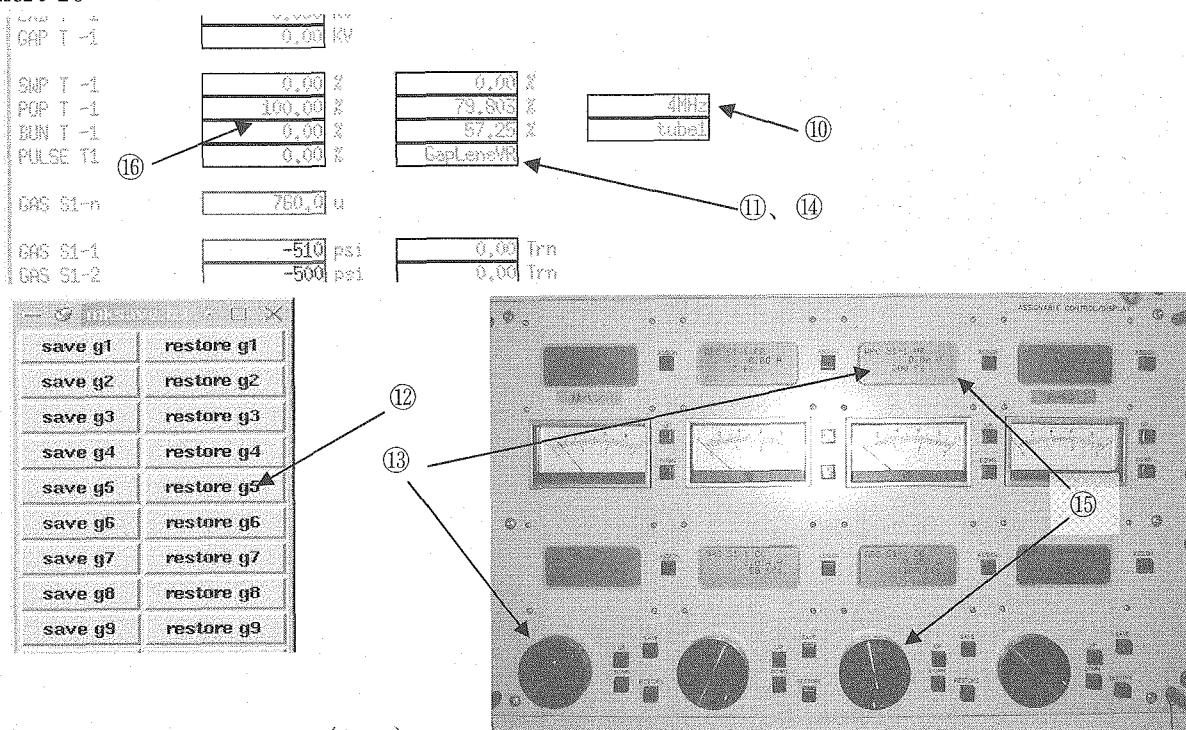


- ⑥ ガスバルブ close (ガスが出始めるところから 1.00Trn 閉める)
- ⑦ restore g2
- ⑧ FIL CC をノブを使用して 0 にする
- ⑨ GAS S1-n が 0.0~0.5 程度まで下がることを確認する

----- パルス運転時のみ -----

(4) スイープ、バンチャー、ポップを停止する

xcrct 10 ページ



⑩ POP RateSel 4MHz (OFF)

⑪ PULSE T1 RBsel SWP tuneVR を選択

⑫ restore g5

⑬ SWP VC を SWP tune が 50%から大きく変動しないように 0%まで下げる

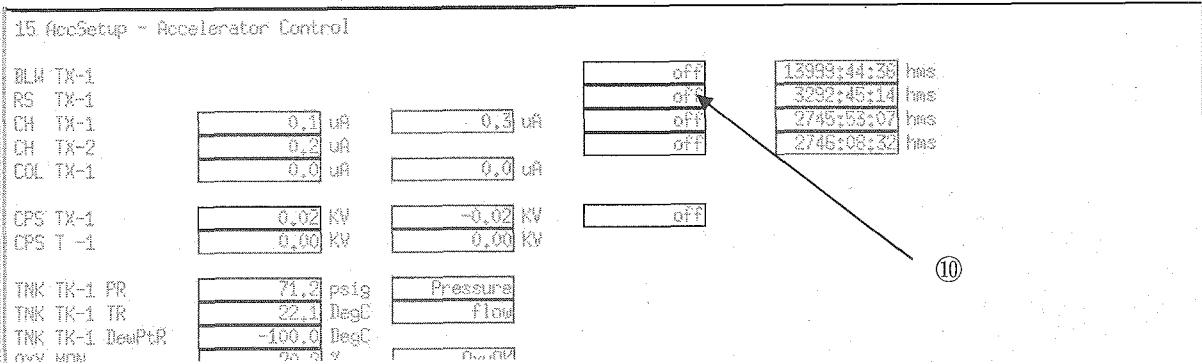
⑭ PULSE T1 RBsel BUN tuneVR を選択

⑮ BUN VC を BUN tune が 50%から大きく変動しないように 32%まで下げる

⑯ BUN VC をコマンド「ch 0」で 0%に

(5) シャフトを止める

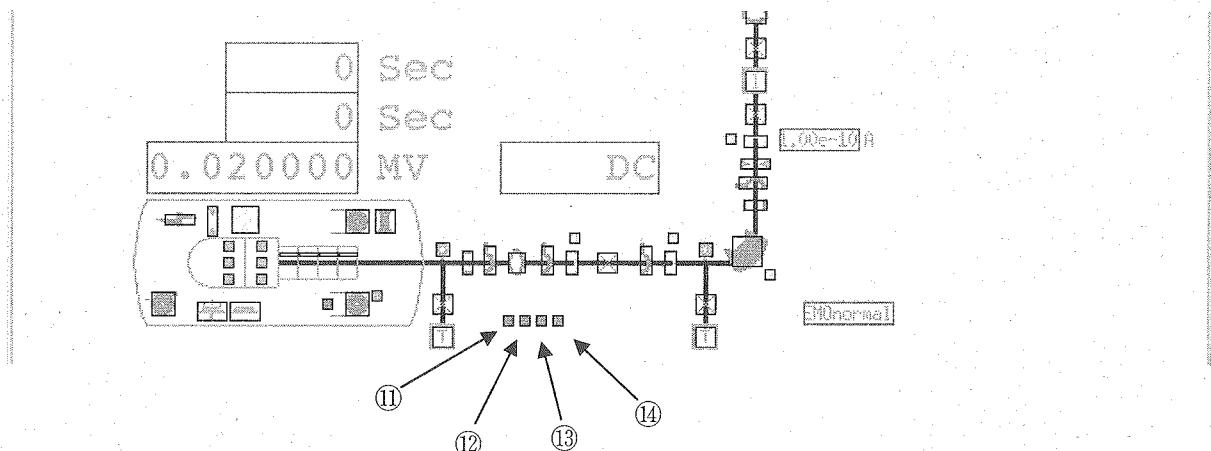
xcrct 15 ページ



⑩ ロータリングシャフト RS TX-1 OFF

(6) マグネット、ビームライン電源 OFF

x crt 51 ページ



⑪ ビームライン電源 OFF

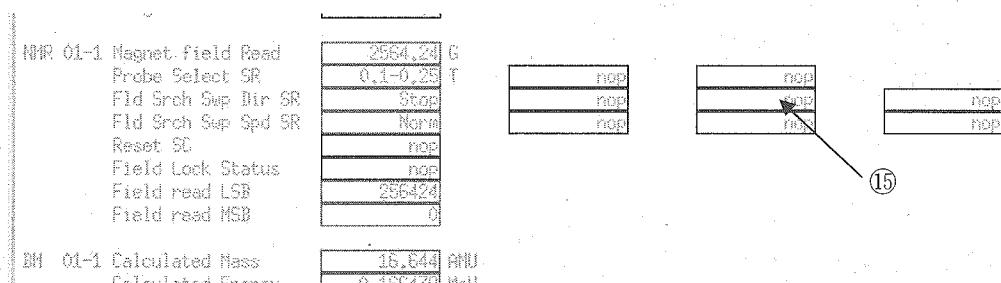
⑫ マグネット BM 01-1 電源 OFF (中クリック)

⑬ マグネット BM 02-1 電源 OFF (中クリック)

⑭ マグネット BM 03-1 電源 OFF

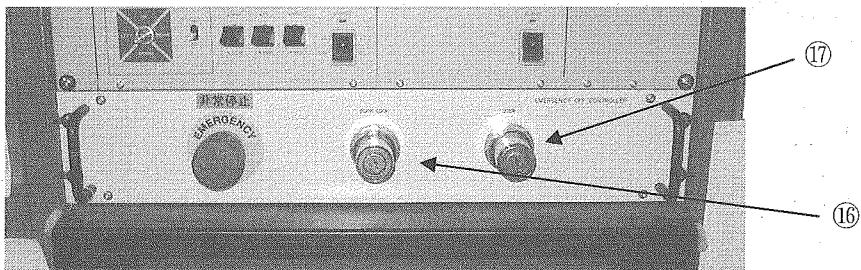
(7) NMR 磁場測定装置はマグネット電源が入っていないときは、常に動作し続けるので止める。

x crt 40 ページ



⑮ NMR stop

(8) キー OFF



⑯ ドアロック (キー) OFF

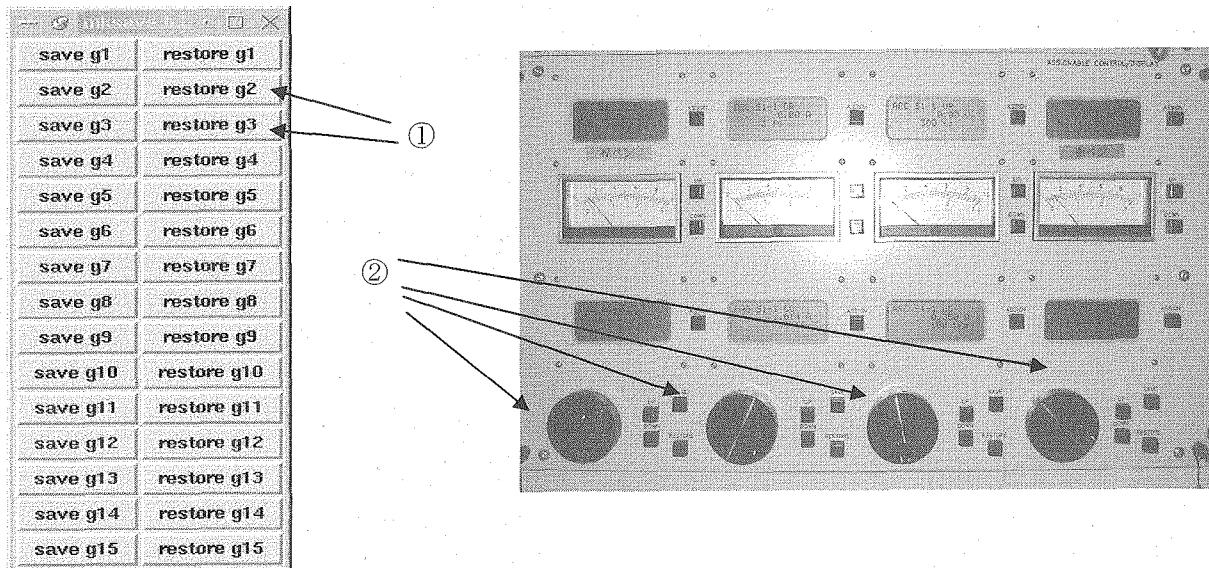
⑰ 加速器メインキー OFF

2.7 パルスビーム調整

2.7.1 ビーム電流値の調整

ARC CC、SWP offset VC、FOC VC、ExB VC を調整し目的のビーム電流の 10 倍程度とする
(パルス化した際に 1/10 程度のビーム電流となるため)。

※ビーム電流が非常に高いため CPS が足りなくなり、加速電圧が不安定になるため、CPS を随時調整すること。



① ARC CC を調整する場合 : restore g2

SWP offset VC、FOC VC、ExB VC を調整する場合 : restore g3

② ノブを使用し各値を設定（下記参照）

フーラデーカップ FC01-1 CR でビーム電流を確認しつつ、
ARC CC でビーム電流を大体設定
SWP offset VC
FOC VC
ExB VC } FC01-1 CR が最大となるように調整

ExB はイオン種によって設定値が異なるため、目的イオンの付近で最大値となるようにする。
ExB VC 設定値

H ⁺ (p)	: 陽子	: 2.30 kV 付近
D ⁺ (d)	: 重陽子	: 1.66 kV 付近
D ₂ ⁺ (d ₂)	: 重水素分子	: 1.20 kV 付近

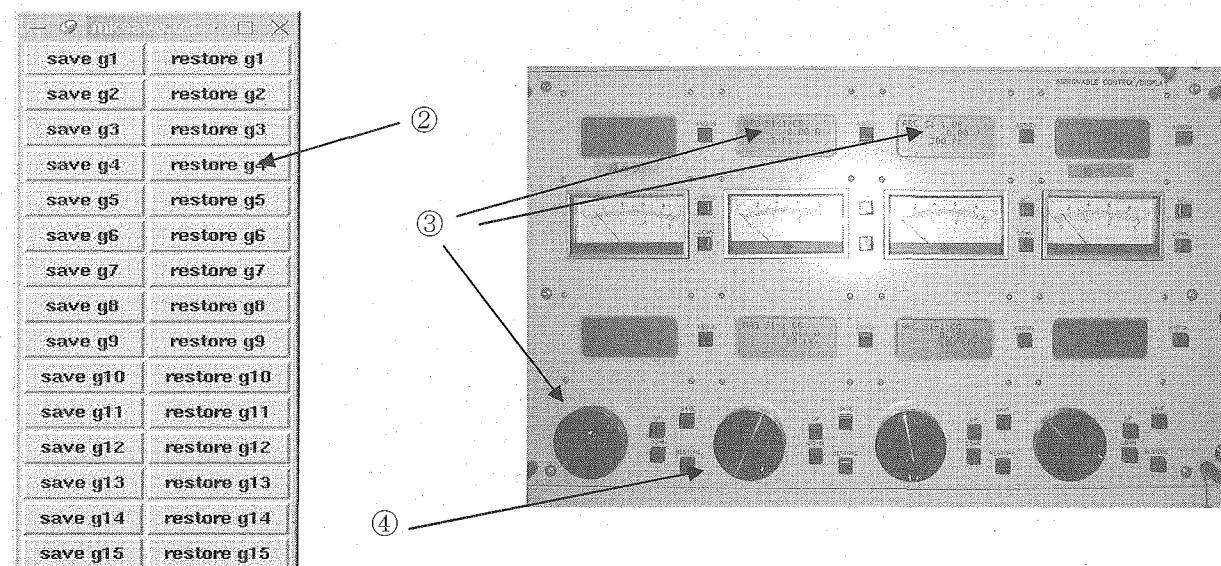
2.7.2 パルス化

パルス化装置の調整を行い、パルスビームにする。パルス化機器の動作原理は「3.3.2 パルス化装置」を参照のこと。

- (1) スイープの調整を行う。

xprt 10 ページ

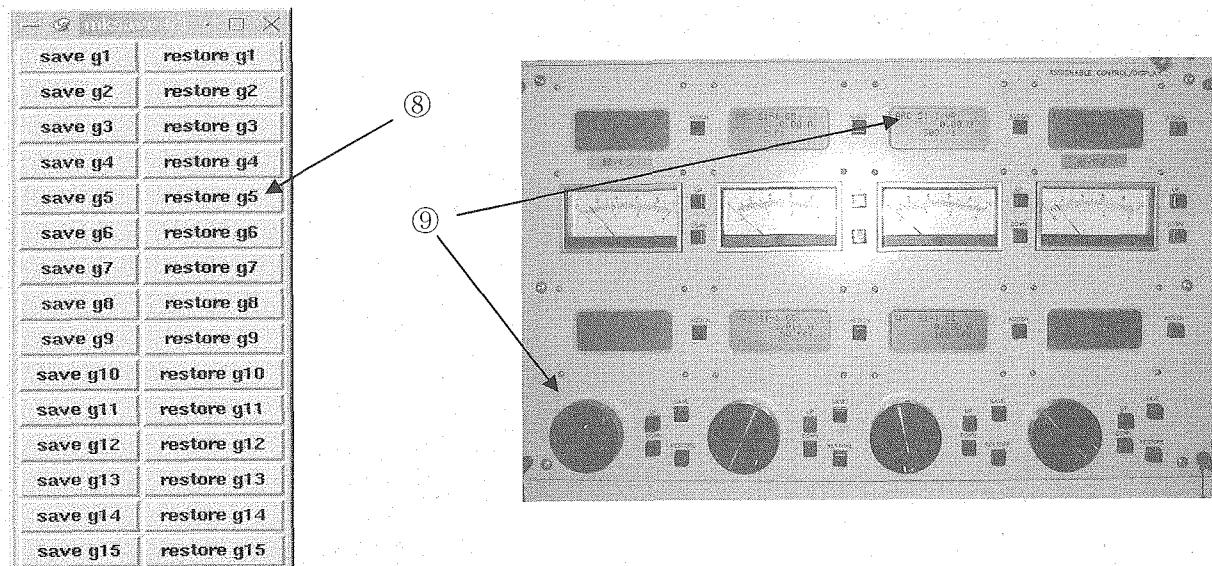
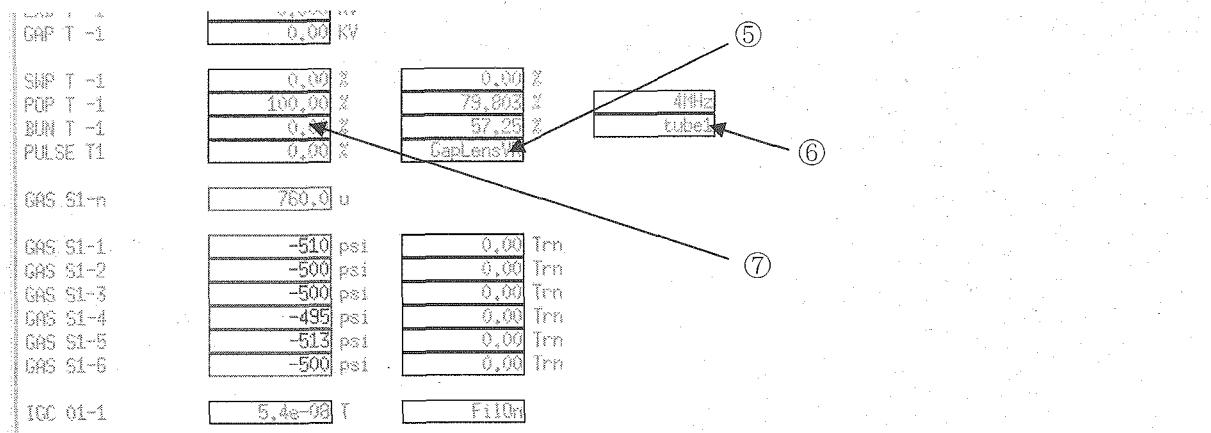
GAP T -1	0.00 KV
SMP T -1	0.00 %
POP T -1	100.00 %
BUN T -1	0.00 %
PULSE T1	0.00 %
	4MHz
	tube1
GAS S1-n	760.0 u
GAS S1-1	-510 psi
GAS S1-2	-500 psi
GAS S1-3	-500 psi
GAS S1-4	-495 psi
GAS S1-5	-513 psi
GAS S1-6	-500 psi
ICC 01-1	5.4e-09 T
	FillOn



- ① PULSE T1 RBsel SWP tuneVR を選択
- ② restore g4
- ③ SWP VC を SWP tune が 50%から大きく変動しないように上げていき、FC01-1 のビーム電流が 1/10 程度になるようにする(途中加速電圧の変化にも注意④も同時に)行う)
- ④ CPS を下げる(ビーム電流が減少し、電圧が高く不安定になるのを防ぐ)

(2) バンチャーの調整を行う。

xcr10 ページ



⑤ PULSE T1 RBsel BUN tuneVR を選択

⑥ BUN tube sel を確認

D ⁺ (d), D ₂ ⁺ (d ₂) 使用時 : tube1
H ⁺ (p) 使用時 : tube2

⑦ BUN VC をコマンド「ch 32」で 32%に

※このとき BUN tuneVR が 50%から大きく変動しないことを確認する。

80%などにとんだ場合は、もう一度とばして 1 周させる。

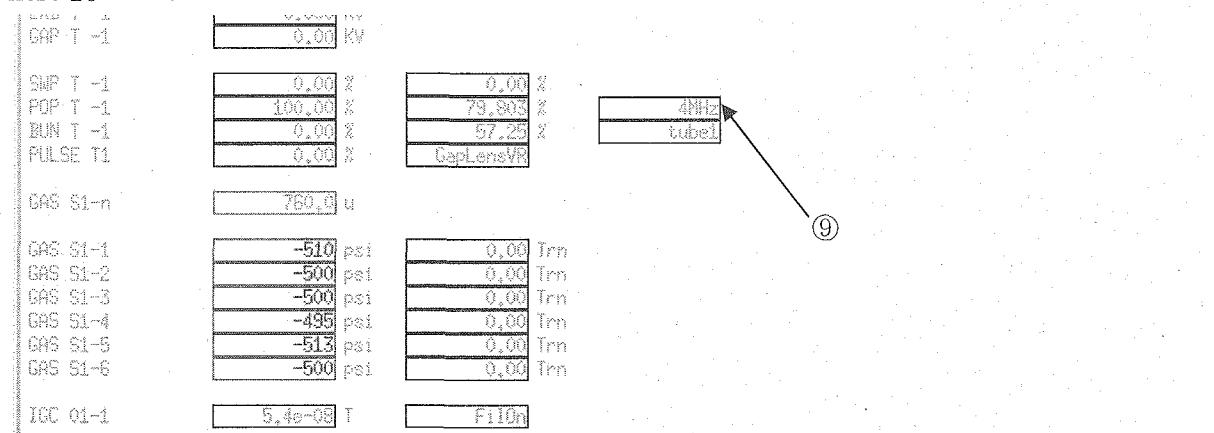
⑧ restore g5

⑨ BUN VC を BUN tuneVR が 50%から大きく変動しないように上げていく

値は以前に行った同条件のパルス運転時の値にする

(3) 4MHz 以外のパルスビームを使用する場合はポップの調整を行う。

xcrt 10 ページ



⑨ POP RateSel 目的の周波数選択

※ポップは周波数選択後、30秒後から動作を開始する

以降は「2.4.2 ビームエネルギー設定」へ

2.8 終了時点検

加速器運転者は、「加速器運転前・終了時点検表」（記録様式 3）に従い、運転終了後に以下の事項について確認を行うこと。

- ① Xcrt 51 ページ上の表示において加速器機器に異常（赤色表示）のないことを確認する。
- ② 加速器ログ（記録様式 2）に記入漏れのないことを確認する。
- ③ 放射線発生装置使用記録表（記録様式 1）に必要事項の記入を行う。
- ④ 単色中性子照射室において、ターゲット空気冷却の停止、被照射機器の撤収、室内の目視点検を行う。
- ⑤ 酸素濃度計指示値を確認してから加速器室に入り、加速器室内の目視点検を行う。

3. 加速器の機器

ここでは、加速器についている様々な機器および機能⁸⁾について概略を記述する。詳細に関してはそれぞれの機器のマニュアルを参照のこと。

3.1 電圧関係機器

3.1.1 電圧発生関係の機器および仕組み

高電圧発生の仕組みを図 3.1-1 に示す。本加速器では左右 2 本ずつ計 4 本のペレットチェーンがあり、このペレットチェーンに静電誘導により「+」の電荷を乗せ接地側から高圧ターミナルに運び、また同時に「-」の電荷を乗せターミナルから接地側に運ぶという方法で高電圧を発生させている。

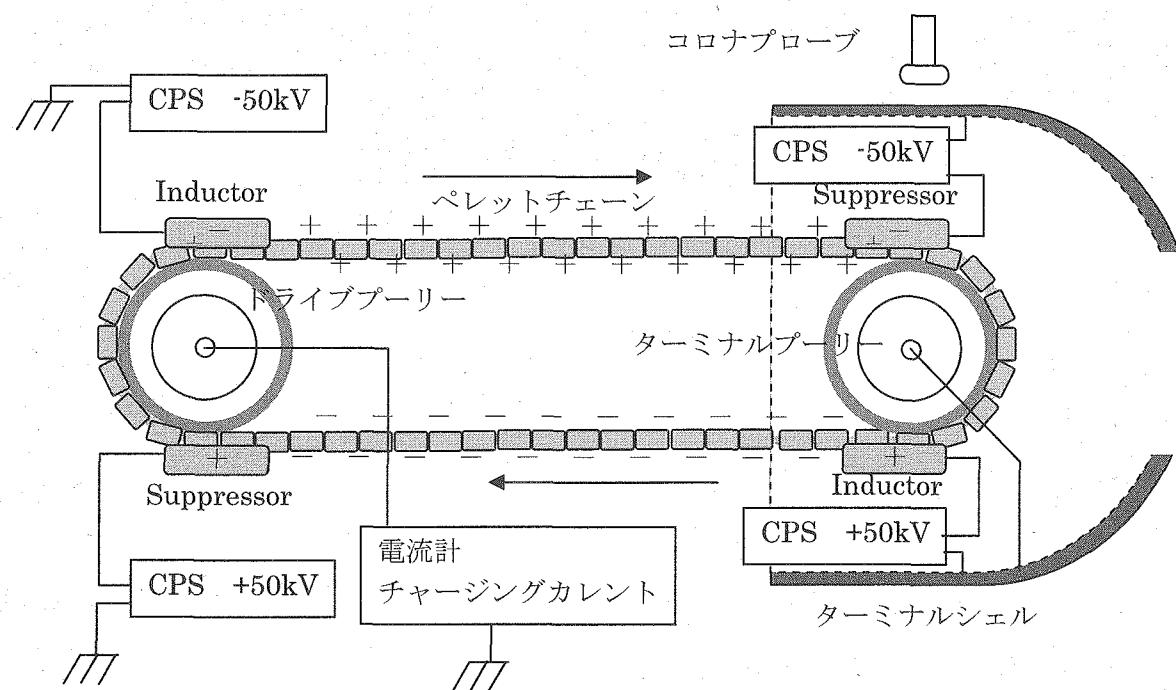


図 3.1-1 電圧発生の仕組み

CPS (チャージングパワーサプライ) で Inductor および Suppressor 部分に電圧をかけ、チェーンをまわすと、Inductor の部分をペレットチェーンが通過する際、ペレットチェーンの金属部分に静電誘導により電荷が乗り、そのまま運ばれ、Suppressor 部分を通過しシーブを通して電荷が取り去られる。これによりターミナル部分に+電荷が蓄えられ、高電圧が発生する。

3.1.2 電圧安定化関係の機器および仕組み

(a) TPS

TPS(Terminal Potential Stabilizer Controller)は電圧安定化システム⁹⁾の中心装置である。ターミナル電圧は、チャージング電流と負荷電流（ビーム電流、加速管電流、コロナプローブ電流等）とのバランスで決まる。このTPSはGVM(Generating Voltmeter: ターミナル電圧測定装置)もしくはslit(H.E.slitとL.E.slit)の電流差（ビームエネルギーのずれ）とCPO(Capacitor Pick-off: ターミナル電圧のリップル測定装置)の信号を利用し、コロナプローブの電流を制御することによりターミナル電圧の安定化を行っている。また、放電時等のチャージングチェーンの停止、Liner(ライナー)の制御等、他の電圧関係機器の制御も行っている。TPSのブロック図を図3.1-2に示す。

詳細は「Terminal Potential Stabilizer Controller MODEL TPS7.0 INSTRUCTION MANUAL」を参照のこと。

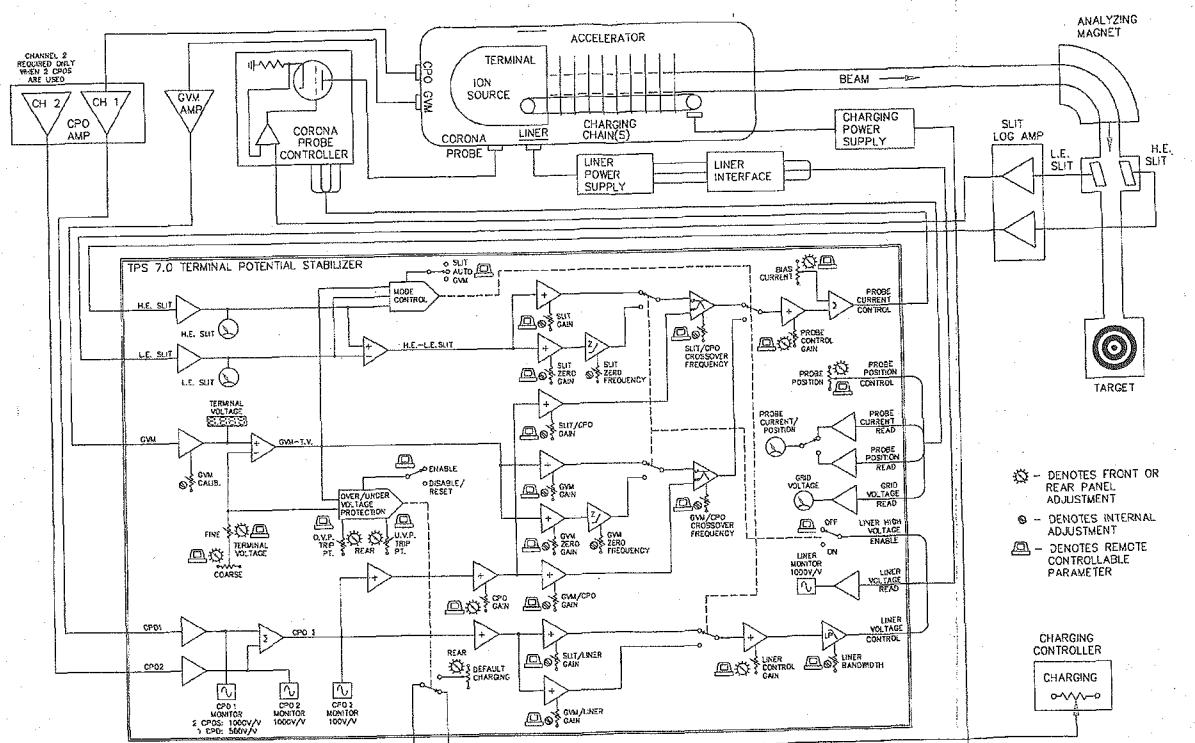


FIGURE 1-1: TPS-7.0
TERMINAL POTENTIAL STABILIZER
BLOCK DIAGRAM

図3.1-2 TPSのブロック図

(b) コロナプローブ

コロナプローブは図 3.1-1 に示すように、ターミナルシェルの近傍に位置している。コロナプローブは写真 3.1-1 に示すように先端の 12 本の針を通してプローブ電流が流れ、その電流を調整することによりターミナル電圧を安定化させる装置である。プローブ電流は TPS により制御されている。コロナプローブは真空管につながっており、この真空管のグリッド電圧を調整することによりプローブ電流を制御している。グリッド電圧のとれる値は 0~−25V であるため、−10V 程度になるようにプローブ位置を調整する必要がある。また、プローブに取り付けられた針の先端部は長期間使用した場合、放電等で針の先端が鈍磨するため、一定期間で交換する必要がある。

(c) ライナー

ライナーは写真 3.1-1 に示すようにタンク内面に設置されているアルミ板である。ライナーに数 kV 程度の電圧をかけ、この電圧を CPO の信号を利用し制御することにより電圧安定化を行っている。コロナプローブでは 1Hz 程度までの振動に対し安定化が行われているのに対し、ライナーではより高周波成分に対し効果を発揮する。

ライナーは CPO シグナルのフィードバックゲインを上げて使用するため、少し大きめの電圧変動があると、電圧が振動を起こしてしまう。このため、長時間の照射などでは注意が必要となる。

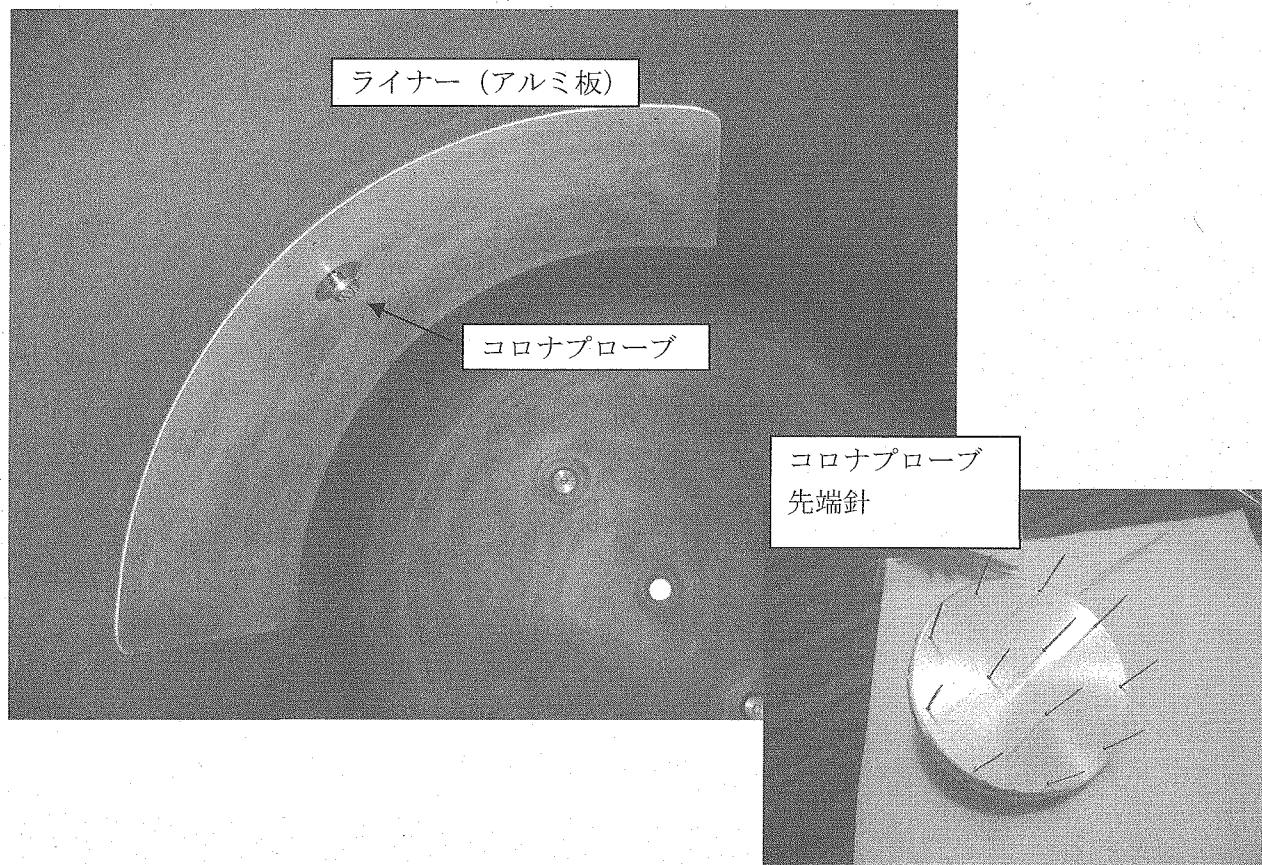


写真 3.1-1 コロナプローブおよびライナー

(d) GVM

写真 3.1-2 に GVM を示す。GVM とは generating voltmeter 発電電圧計（回転電圧計）である。加速器タンク内面下部に設置されている。ターミナルシェルの高電圧による静電誘導を利用して電圧を測定している。GVM の値はタンク内の温度、SF₆ ガス圧力、ターミナルシェルの位置によって値が多少変化するため、タンク開閉後には、それが生じることもある。

(e) CPO

写真 3.1-2 に CPO を示す。CPO とは capacitor pick-off の略である。GVM の横に設置されており、GVM と同様に静電誘導を利用して、ターミナルの電圧リップルを測定する装置である。この信号が主に電圧安定化のフィードバック信号として利用される。

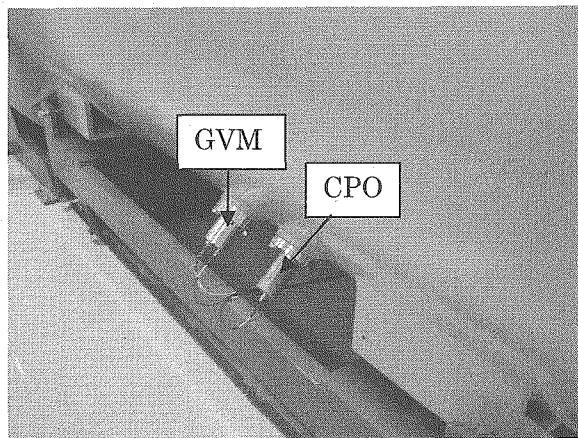


写真 3.1-2 GVM および CPO

3.1.3 ビームエネルギー関係の機器および仕組み

ビームエネルギーは加速電圧によってきまる。しかし、GVM での電圧測定値は不確かなため、次に述べるスリットおよび分析電磁石の磁場でエネルギーを決定する。

(a) スリット

BM01-1 の後についており、H.E.slit(高エネルギー側)と L.E.slit(低エネルギー側)の 2 つの板の電流差でビームエネルギーのずれの目安とする。スリットはそれぞれ位置を調整することができる。本加速器ではビームエネルギーを決定する際は+2.0mm、-2.0mm に設定し電圧を調整することとしている。

(b) 分析電磁石

BM01-1 を分析電磁石として使用している。分析電磁石による磁場の値は、HPB 型磁場測定器も設置されているが、NMR 磁場測定器で測定した値を使用する。

3.2 ビームライン機器

ビームライン(BL)はタンクから BM01-1 までが BL01、BM01-1 から BM02-1 までの垂直ビームラインが BL02、BM02-1 から BM03-1 が BL03、振分後の γ 線用ビームラインが BL-L1、中性子用ビームラインが BL-L2 である。ビームラインにはビーム輸送系、真空系、その他の機器が多数設置されている。

3.2.1 ビーム輸送関係の機器および仕組み

ビーム輸送関係機器の配置の様子を BL01 は図 3.2-1 に、BL02 および BL03 は図 3.2-2 に、BL-L1 および BL-L2 は図 3.2-3 にそれぞれ示す。

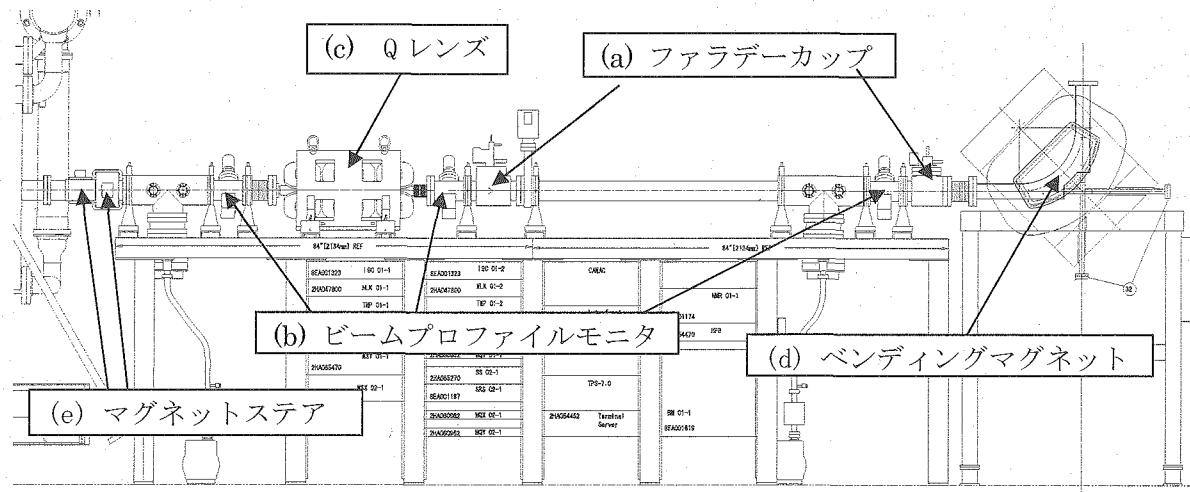


図 3.2-1 BL01

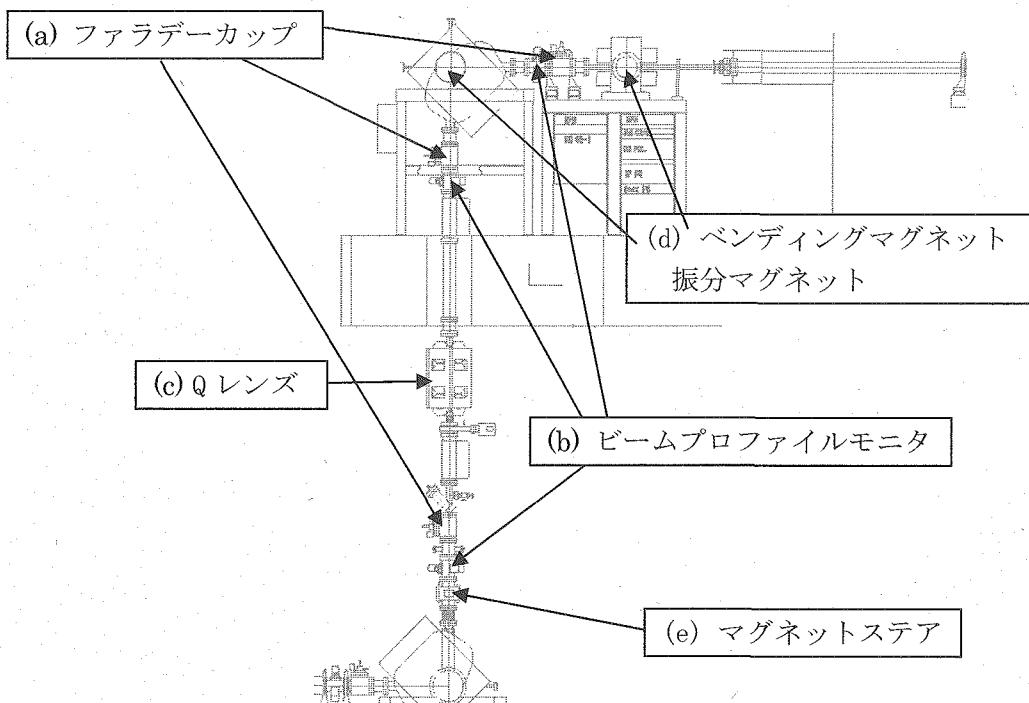


図 3.2-2 BL02 および BL03

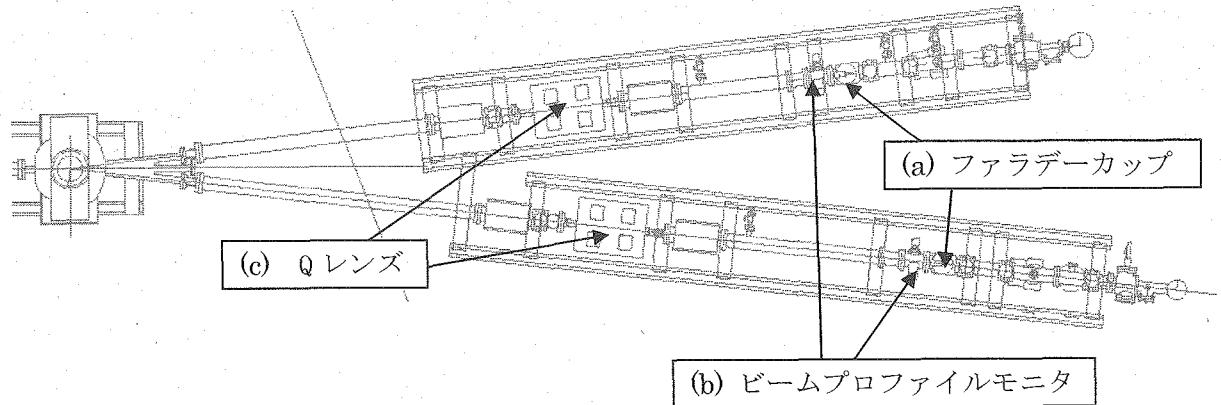


図 3.2-3 BL-L1 および BL-L2

(a) ファラデーカップ

ビーム電流測定器であるが、ビームストッパーの役目も果たしているため、冷却水循環により冷却を行っている。特に BL02 の 2 つのファラデーカップは常に連動して動作するようになっておりビームシャッターとして使用している。このファラデーカップの in/out でビーム照射、停止を行う。

(b) ビームプロファイルモニタ

ビームの位置、広がりをモニタする装置。内部でアールのついたワイヤが回転しており、このワイヤにビームが当たることにより発生する電子を測定し、ビームの位置、広がりをオシロを利用してモニタする。図 3.2-4 にオシロでのビームプロファイルモニタの画面例を示す。

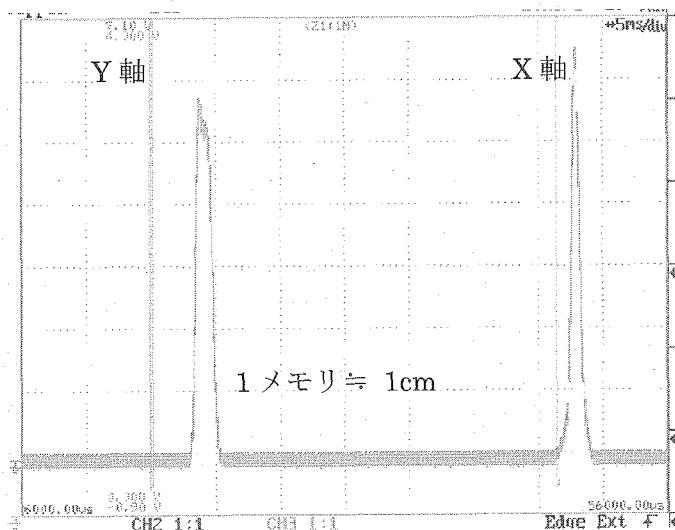


図 3.2-4 ビームプロファイルモニタ画面例

(c) Q レンズ

magnetic quadrupole lenses : 4 極磁石レンズ。4 極の電磁石によりビームを収束させる。X 方向で収束させると、Y 方向では発散するため、本装置では、X、Y、X と 3 つが 1 セットとなったトリプレット型を使用している。これにより X、Y 両方向で収束させることができる。

(d) ベンディングマグネット、振分マグネット

ビームを曲げるための電磁石。百数十 A の電流を流すため冷却水により冷却を行っている。振分マグネットは BL L1、L2 にビームを振り分けるためのマグネットであり、BL L1 使用時は極性を negative に、BL L2 使用時は極性を positive に設定する。

(e) マグネットステア

電磁石により単一方向の磁場を発生させ、ビームを曲げることにより、ビームの輸送を行う。BL01 には X 方向および Y 方向のステアがそれぞれ 1 つ、BL02 には X 方向のステアが 1 つ設置されている。

3.2.2 真空系の機器および仕組み

ビームラインは数台の真空ポンプにより 1.0×10^{-7} Torr 程度の真空に保持されている。真空系の機器¹⁰⁾としてはターボポンプ、イオンポンプ、高速バルブ等が設置されている。真空系機器の配置の様子を BL01 は図 3.2-5 に、BL02 および BL03 は図 3.2-6 に、BL-L1 および BL-L2 は図 3.2-7 にそれぞれ示す。

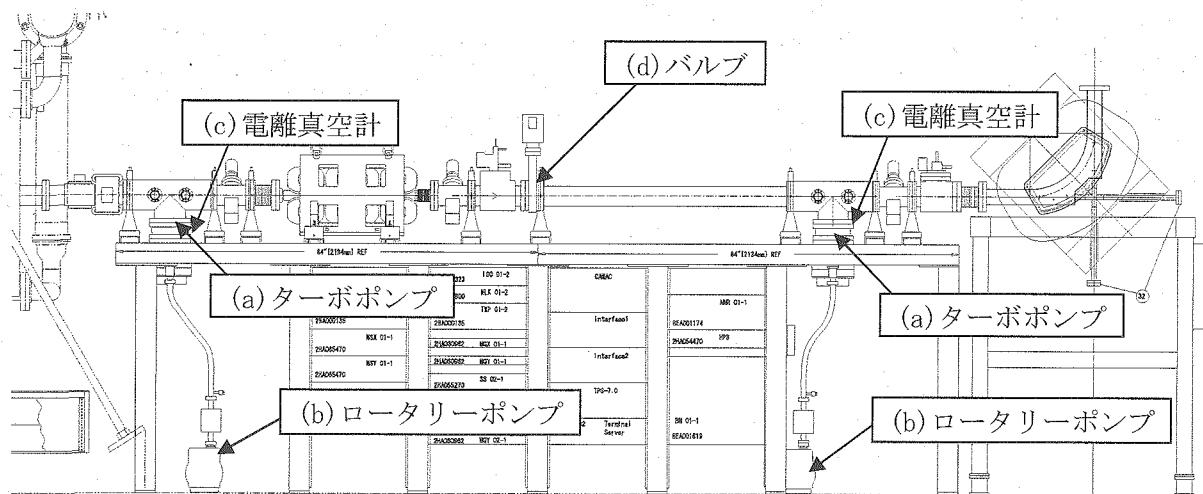


図 3.2-5 BL01

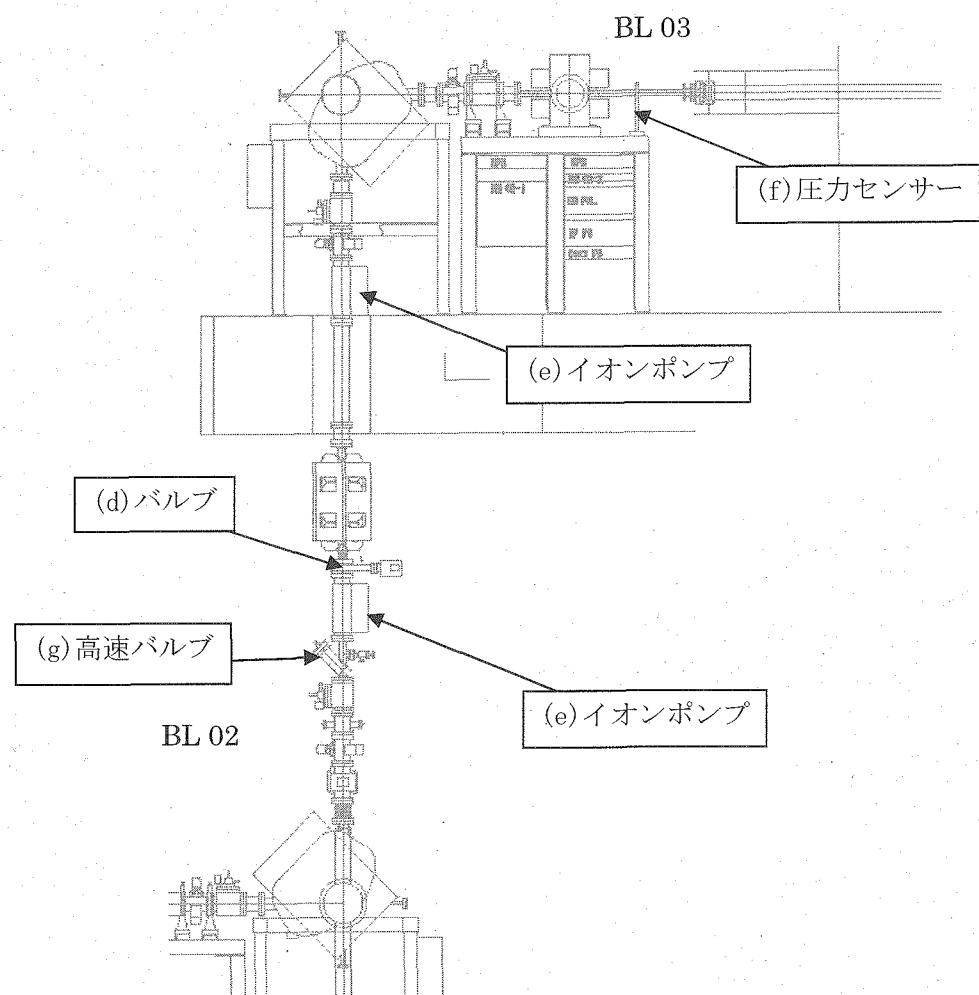


図 3.2-6 BL02 および BL03

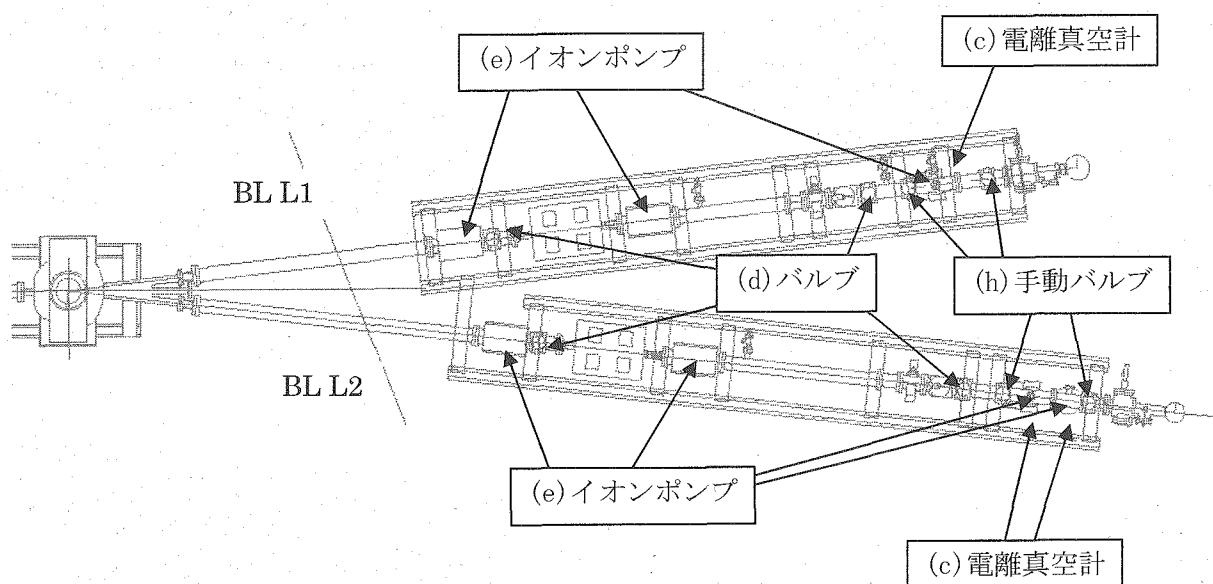


図 3.2-7 BL-L1 および BL-L2

(a) ターボポンプ

BL01 には真空ポンプとしてターボポンプが 2 台設置されている。ターボポンプは大気圧の状態からの使用はできない。このため、補助ポンプとしてロータリーポンプが接続されている。ビームラインとターボポンプ間、ターボポンプとロータリーポンプ間にはそれぞれバルブが入っており、インターロックもある。このため、ポンプ動作開始時や停止時には、「6.4 計画停電時の作業」を参照して操作を行うこと。

(b) ロータリーポンプ

ターボポンプの補助ポンプとして使用する。メンテナンスとして年一回オイルの交換を行っている。

(c) 電離真空計

熱電子の電離により作られたイオン数（電流）の変化で圧力を測定する。フィラメントを使用しているため、真空度の悪いところでは使用できない。

(d) バルブ

ビームラインを区切る遠隔バルブ。圧搾空気供給装置からの空気圧で操作している。

(e) イオンポンプ

BL01 以外のビームラインはイオンポンプで真空保持を行っている。イオンポンプの動作可能圧力は、 1×10^{-5} Torr 以下であるため、ビームラインがこの圧力以上になっている場合は最初にターボポンプでの真空引きが必要となる。

(f) 圧力センサー

振分マグネットの直後に圧力センサーが設置してある。この圧力センサーは重水素ガスターゲット使用時の真空保持膜破損などにより真空度が低下した場合、(g) 項の高速バルブを閉めるためのものである。圧力センサー感度を最大に設定した場合 2.5×10^{-4} Torr 程度で作動する。

(g) 高速バルブ

(f) 圧力センサーと連動して働くバルブ。この高速バルブにより、ターゲット側の真空度低下が起きた場合、センサーが反応して 35 msec でバルブが閉じ、加速器タンク側の真空を保持する。高速バルブは遠隔では操作できず、閉まった場合は手動で開ける必要がある。

(h) 手動バルブ

ビームライン先端部は、ターゲット交換などの度に、頻繁に大気圧に開放される。よって、手動バルブが設置されている。このバルブを使用して、大気圧に開放する区間を最小限にしターゲット交換を行う。このバルブにはセンサー等は設置されておらず、バルブの開閉状況は現場でなければ確認できない。

3.3 イオン源機器

本加速器のイオン源はターミナルシェル内部に収納されており、デュオプラズマ型イオン源、パルス化装置、ビーム輸送系の3つの要素から構成されている。また、イオン源ガスには水素および重水素の2種類のガスを使用しており、陽子および重陽子を加速する。また、イオン源と加速管はターミナルゲートバルブで区切られており、イオン源メンテナンスの際に、加速管の真空を保ったまま作業が行える。

イオン源の構成図を図3.3-1に電源等の配線図を図3.3-2示す。また、イオン源の構成品は以下のとおりである。

- デュオプラズマ型イオン源
 - フィラメント
 - マグネットおよび中間電極
 - アノード
 - エクストラクター（引き出し電極）

- パルス化装置
 - スイープ
 - ポップ
 - バンチャー

- ビーム輸送系
 - フォーカス（インツェルレンズ）
 - ギャップレンズ
 - ExB（イークロスビー、ベロシティセレクター）

これらの電源およびアンプ等の装置は、ターミナルシェル内のシールドボックスに入っており、運転制御は、光ファイバーを利用し、ライトリンク電源、CAMACを通してAccelNETで操作される。

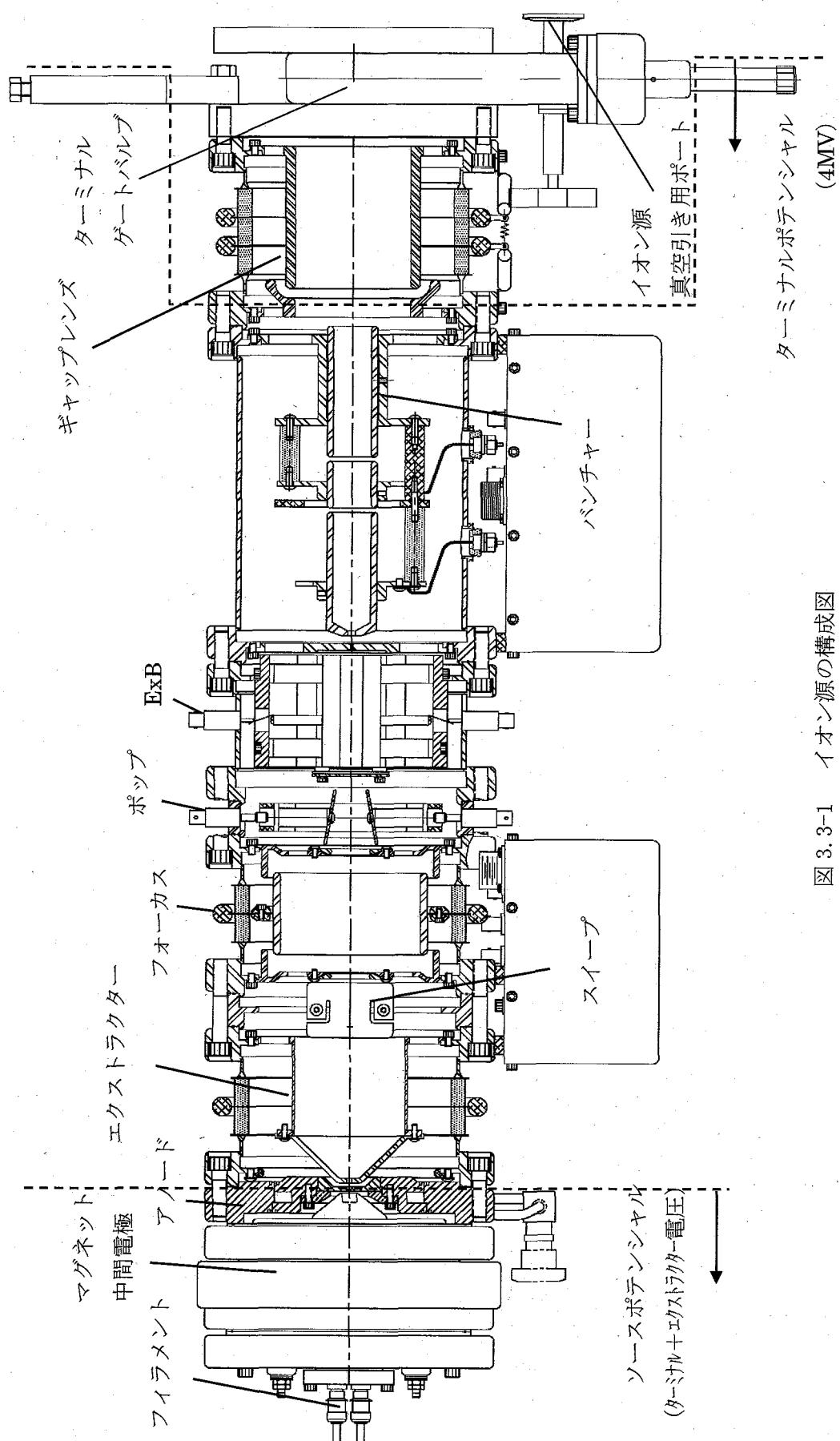


図 3.3-1 イオン源の構成図

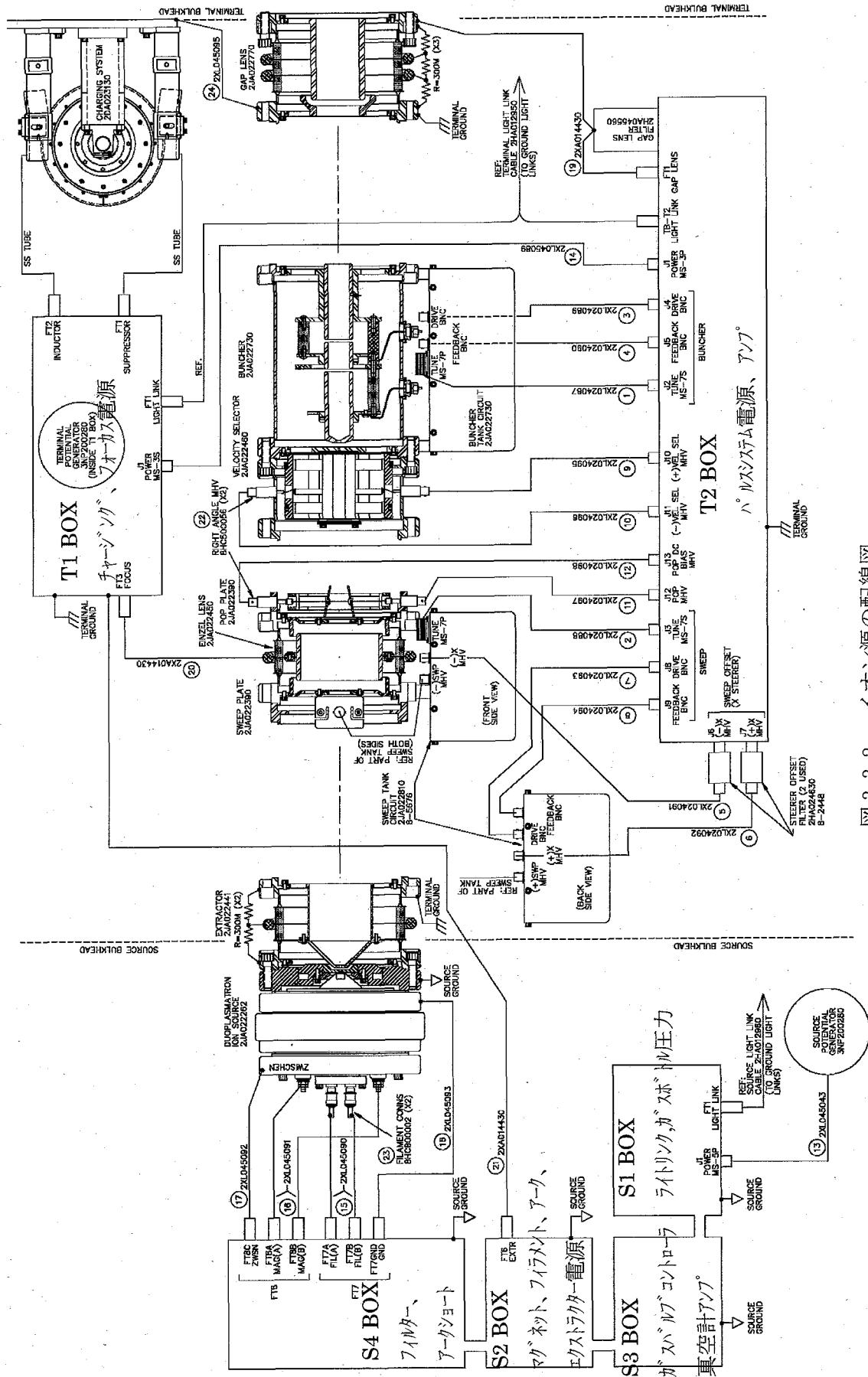


図 3.3-2 イオン源の配線図

3.3.1 デュオプラズマ型イオン源

デュオプラズマ型イオン源の構成図を図 3.3-3 に示す。デュオプラズマトロンは 10^4 ガウス程度の強磁場内の熱陰極アーク放電によって発生する濃いプラズマを利用するもので、熱陰極(フィラメント)、中間電極、陽極(アノード)の 3 電極からなる。また、その後ろに引き出し電極(エクストラクター)がある。

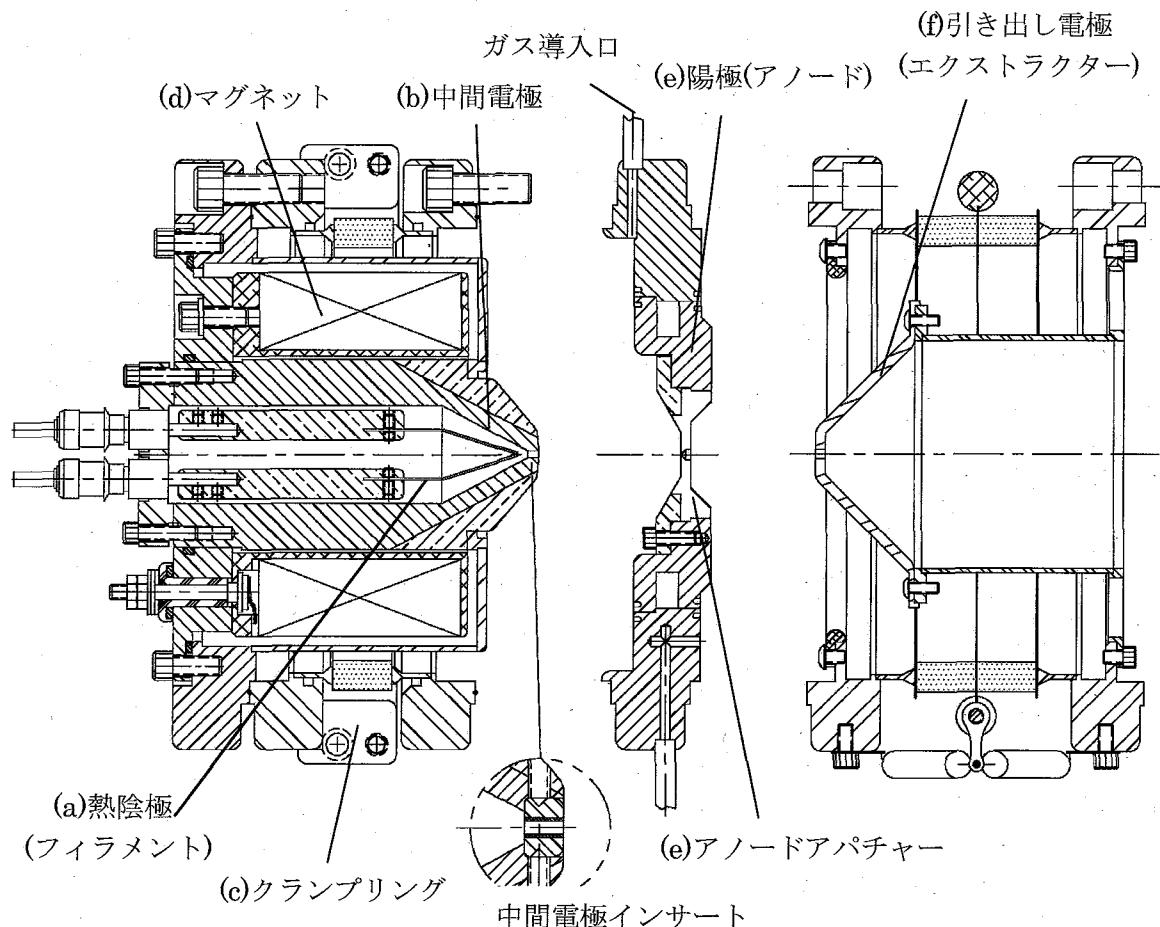


図 3.3-3 デュオプラズマ型イオン源の構成図

(a) フィラメント

熱電子を放出する。熱電子により数十Vのアーク電圧で、放電路に沿ってプラズマが生じる。

(b) 中間電極(zwischen)

小孔により幾何学的にプラズマを圧縮する。電磁軟鋼でできており、アノードとともに磁極を構成し磁気的にもプラズマを圧縮する。小孔部分は取り外し可能で、孔径 $0.105'' \phi / 0.095'' \phi$ のものを使用している。

(c) クランプリング

アークショート(中間電極とアノード間)のギャップとなっているので、取り付けの際は、手前側に完全に密着させ、アノード側にギャップがあるように取り付ける。

(d) マグネット

永久磁石ではなくソレノイドである。プラズマを閉じこめる磁場を作り出す。磁束が弱すぎたり、また強すぎてもビーム電流が微振動することがある。

(e) アノード(アノードアパチャー)

陽極。アノードアパチャーは陽極孔の部分にタンタルを埋め込んだもので、孔径 0.3mm のものを使用している。大電流で孔が融けたり、また、なにかのカス等で中間電極と短絡した状態になったりするので注意が必要。

(f) 引き出し電極

エクストラクターとも呼ばれ、プラズマからイオンビーム引き出す。電圧は 20kV である。この 20keV のエネルギーでバンチャーの長さが設計されているため、パルスビーム時に電圧を変更しないこと。また、この 20kV 分イオン源部分はターミナルポテンシャルより高くなっている(ソースポтенシャル)。

(g) イオン源冷却装置

イオン源部分はフロリナート液の循環により冷却されている。揮発性液体のため、年 1 回程度の補充が必要となる。

3.3.2 パルス化装置

パルス化装置の構成図を図 3.3-4 に示す。本加速器のパルス化装置はスイープ、ポップ、バンチャーハの 3 つから構成される。陽子、重陽子とともに半値幅 2nsec 程度のパルス幅が可能で、パルスの繰り返し周波数は 0.5, 1, 2, 4MHz が可能である。

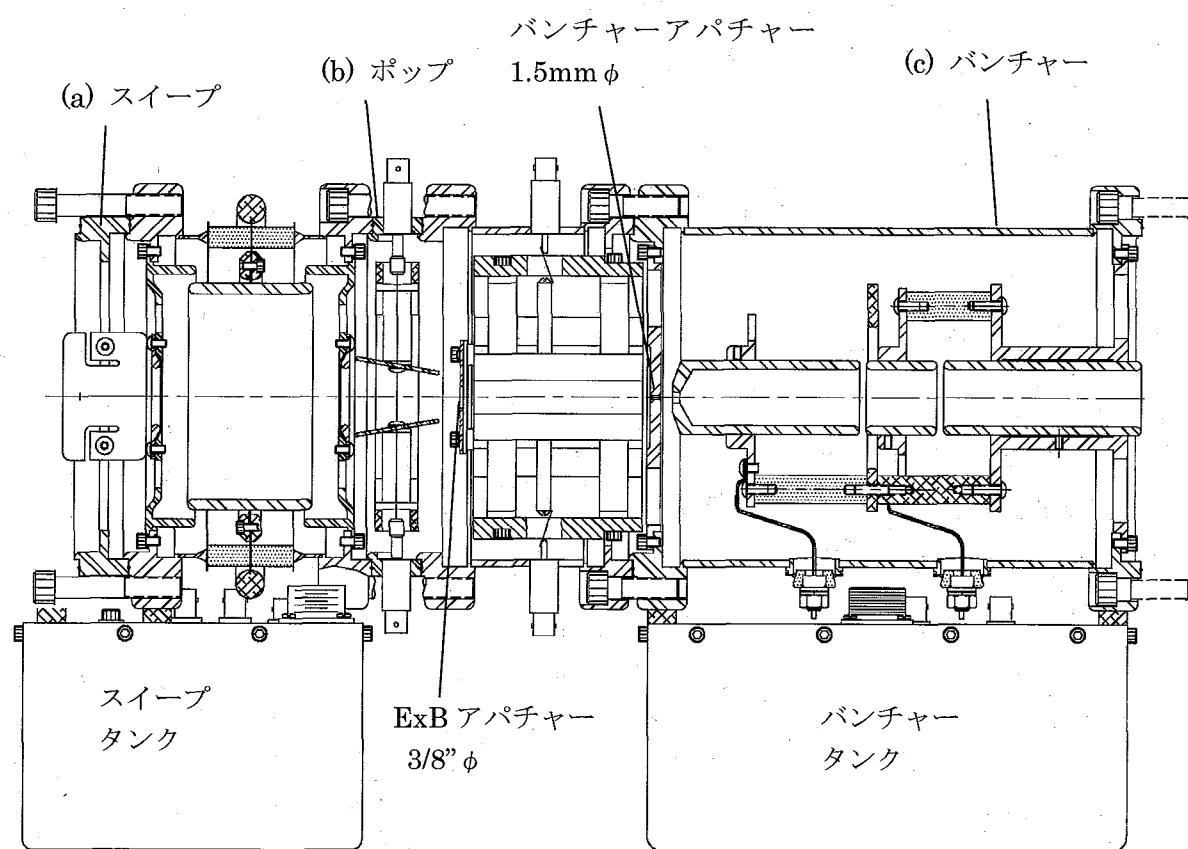


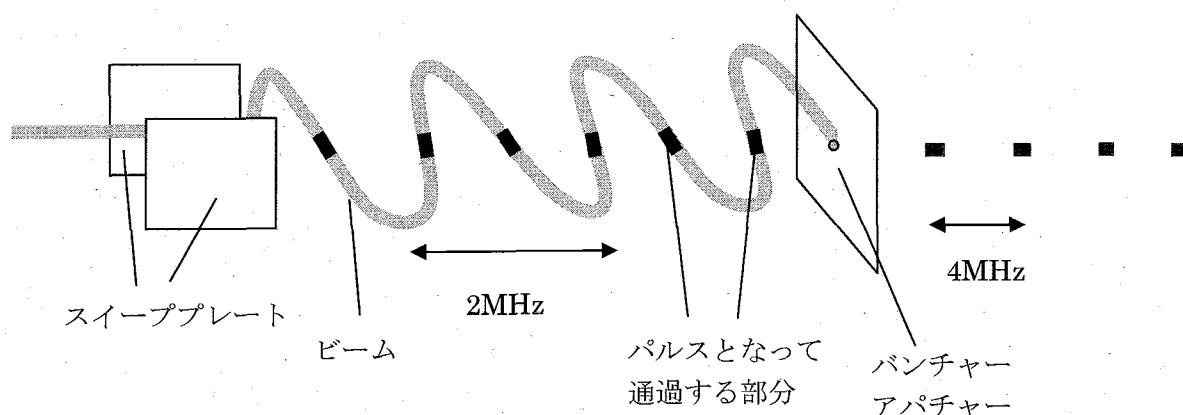
図 3.3-4 パルス化装置の構成図

(a) スイープ

スイープは図 3.3-6 に示すように 2 枚のプレートで構成されており、2MHz の RF (高周波) 回路で動いている。この正弦波の電圧変化でイオンビームを左右(X 方向)に振り、1.5mm ϕ のバンチャーアパチャーを通過することにより、4MHz のパルスビームを作る。軸がずれている場合きれいな 4MHz とならないために、スイープオフセットでプレート間に DC 電圧をかけて調整することができる。また、スイープはチョッパーとも呼ばれる。模式図を図 3.3-5 に示す。

コンソールでのスイープの操作はアンプでの振幅の操作であり、大きければそれだけパルスの幅が狭くなるが、ビーム電流もすくなくなってしまう。

スイープでのパルス化イメージ



スイープオフセットがずれないと

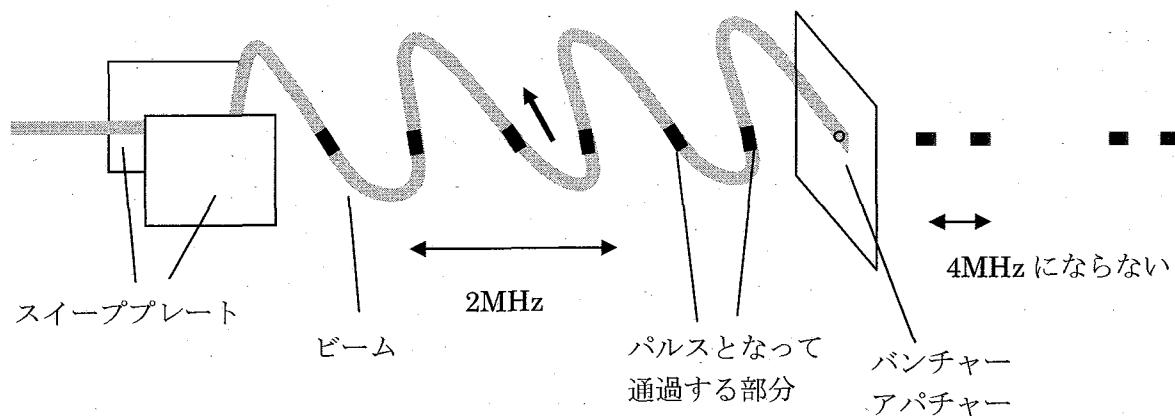


図 3.3-5 パルス化イメージ模式図

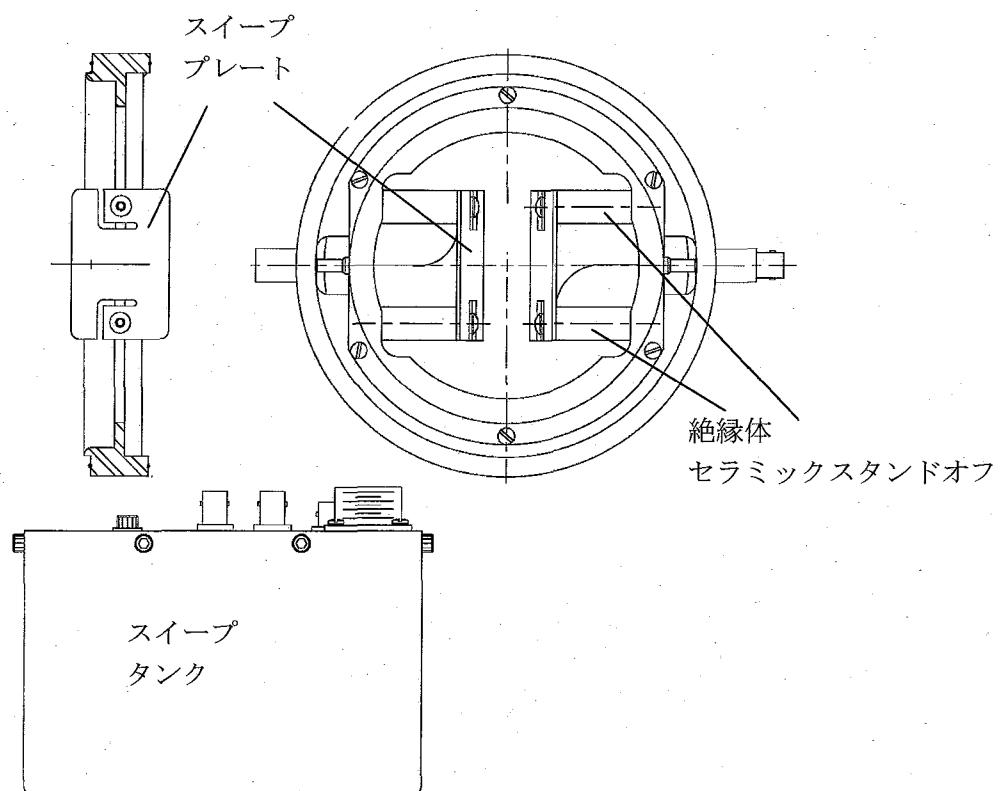


図 3.3-6 スイープ

スイープタンクの回路を図 3.3-7 に示す。回路はインダクタンスとキャパシタンスからなる LC 共鳴回路である。チューニングは電圧、電流のフェイズディテクターの信号をフィードバックにして、チューニングモータで可変コンデンサを動かすことを行っている。

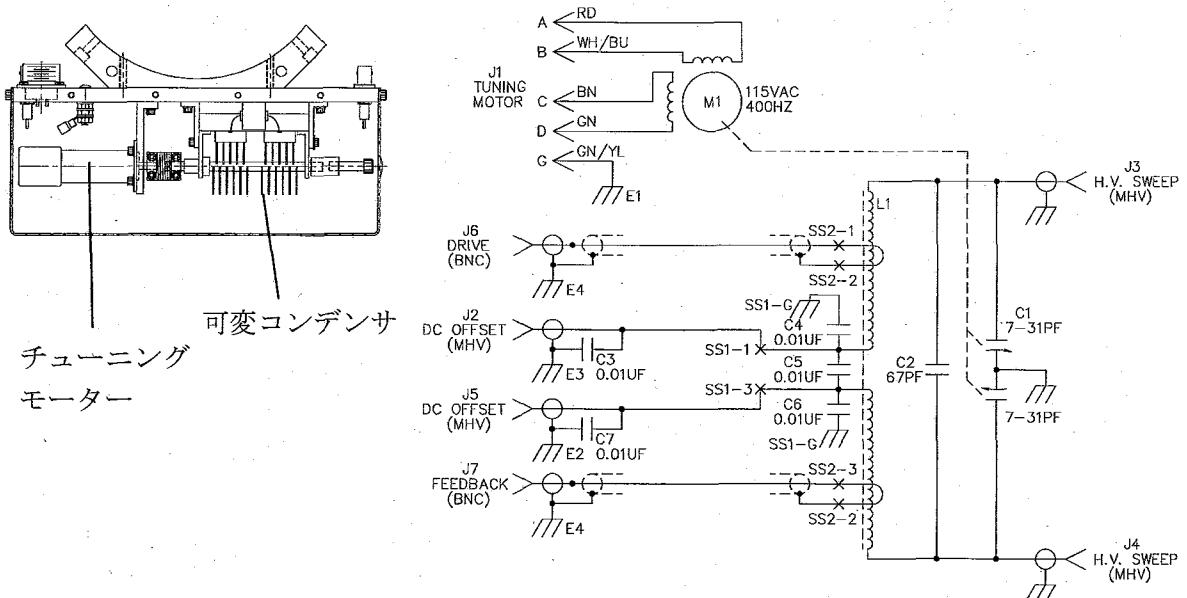


図 3.3-7 スイープタンク内部および回路図

(b) ポップ

ポップは図 3.3-8 に示すように、スイープとまったく同じ 2 枚のプレートで構成されている。しかし、その動作は異なっており、片方のプレートに 200V のバイアス電圧がかかり、もう片方のプレートには 800V の電圧が印可される。この 800V の電圧がパルスの繰り返し周波数にしたがって 200V までポップダウンする。電圧変動の様子を図 3.3-9 に示す。この電圧が 200V に落ちているときのみビームはバンチャーアパチャーを通過することができる。ポップは Y 方向の電圧変化で、通過できないビームは上方に行くことになる。

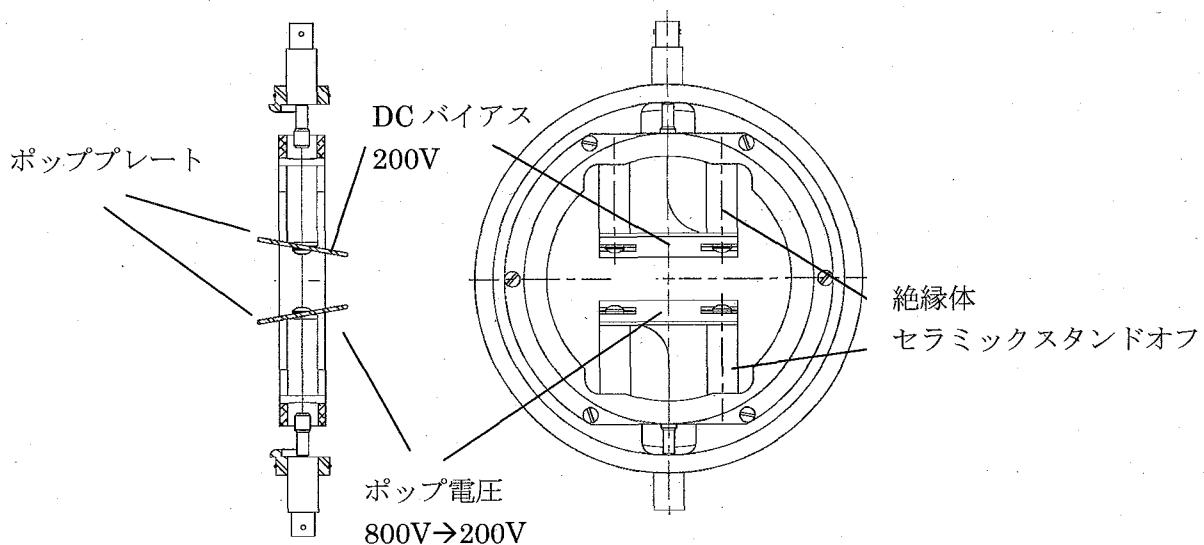


図 3.3-8 ポップ

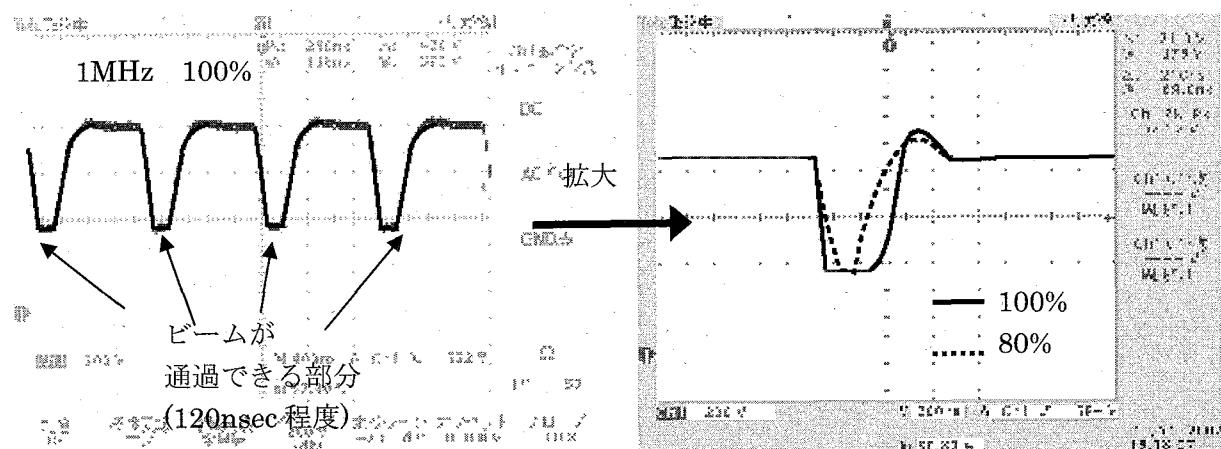


図 3.3-9 ポップ電圧の変動

ポップ電圧のコントロールは、電圧の落ち具合のコントロールなので、100%で最もビームが通過できる時間が長く、50%では 200V まで落ちきらず、ビームが通過することができない。

(c) バンチャ-

バンチャ-は図 3.3-10 に示すように、L1 チューブ、L2 チューブおよびドリフトチューブの 3 つのチューブで構成されており、スイープと同様 RF 共鳴回路で動いている。電圧は 8MHz の正弦波で、パルスビームの前の方を減速、後ろの方を加速して、パルスビームを圧縮する。入口およびチューブ間のギャップにおいて 2 回バンチを行っている。2 番目のギャップが 62.5nsec 後にくるように、20keV の陽子、重陽子のスピードに応じて、重陽子ビームの場合は 8.66cm の L1 チューブを使用し (L2 はグラウンド)、陽子ビームの場合は 12.24cm となるように L1、L2 両方を使用する (L1-L2 短絡)。バンチャ-でビームにかかる電圧は ±4kV 程度であると推測している。また振幅は通常 p-p 10kV 程度であると推測している。また、前面には孔径 1.5mm ϕ のバンチャーアパチャ-がついており、スイープおよびポップで起動が変化したビームはここで止められる。

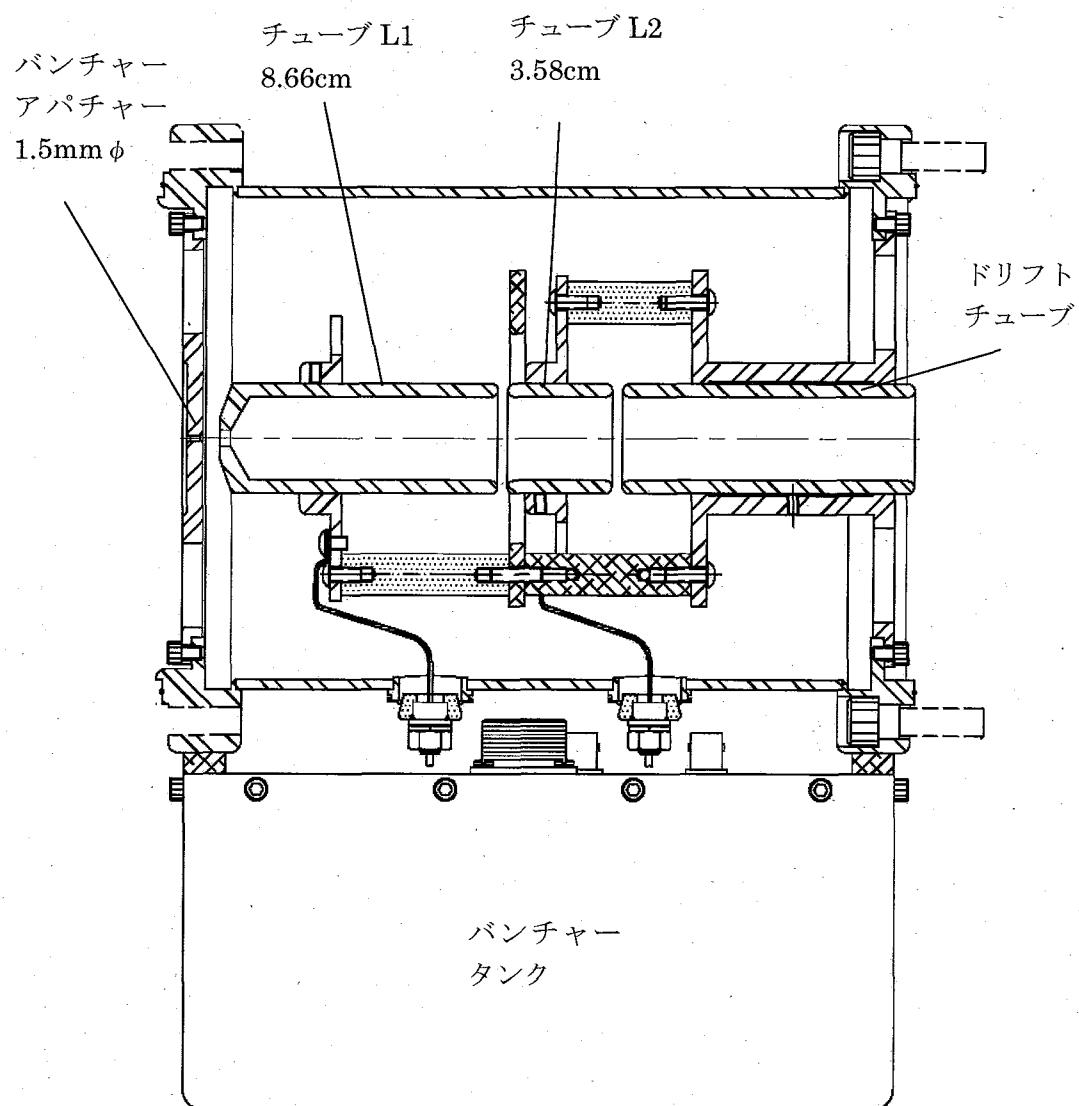


図 3.3-10 バンチャ-

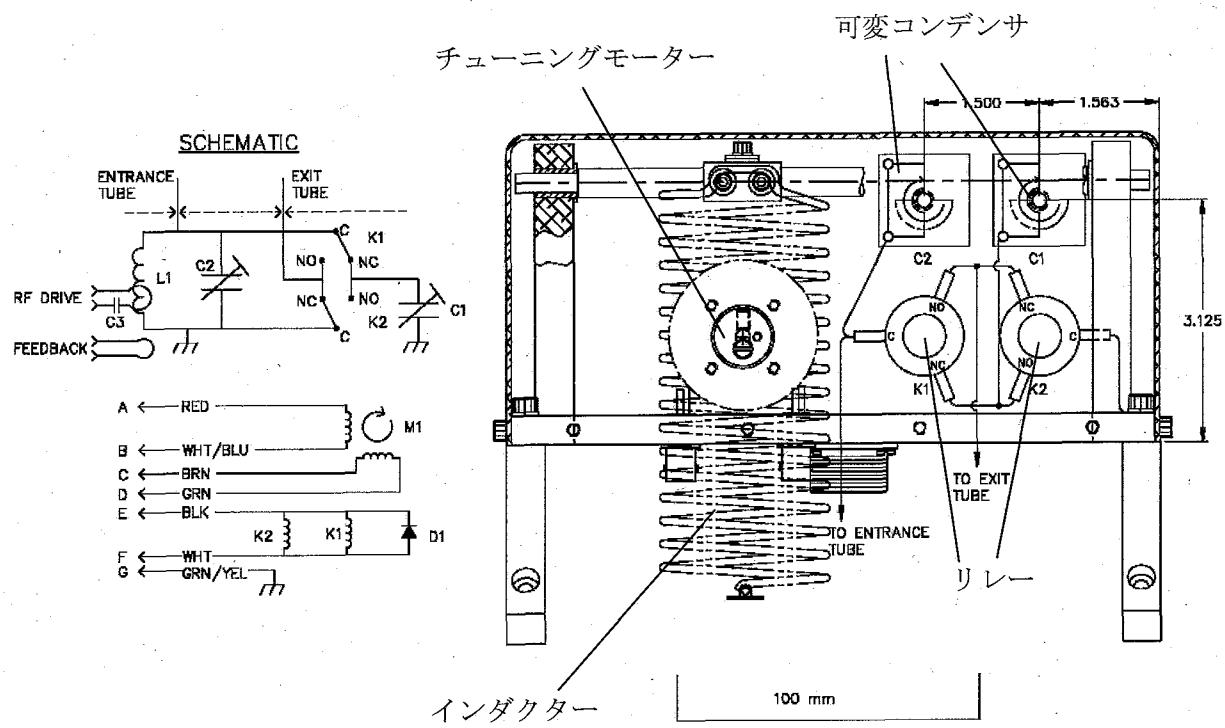


図 3.3-11 バンチャータンク内部および回路図

バンチャータンクの回路は図 3.3-11 に示すように、インダクタンスとキャパシタンスからなる LC 共鳴回路である。チューニングは電圧、電流のフェイズディテクターの信号をフィードバックにして、チューニングモーターでインダクターの長さを調整することで行っている。また、陽子用、重陽子用のチューブ長さの切り替えはバキュームリレーのペアを使用して行っている。このため、あまり大きな電圧をかけた状態でチューブ長さのスイッチングを行うと破損するおそれがある。

AccelNET の page10 で "tube 1" = リレー 0V NC, L1 チューブのみ、重陽子用
 "tube 2" = リレー 24V NO, L1+L2 チューブ、陽子用

3.3.3 イオン源内ビーム輸送系

本イオン源にはビーム輸送系として、フォーカス（AINツェルレンズ）、ExB（イークロスピ一、ベロシティセレクター）、ギャップレンズがついている。これらはデュオプラズマ型イオン源で発生したイオンを効率よく、またイオン種を選択して、加速管まで輸送するためのものである。これらビーム輸送系の配置図を図3.3-12に示す。

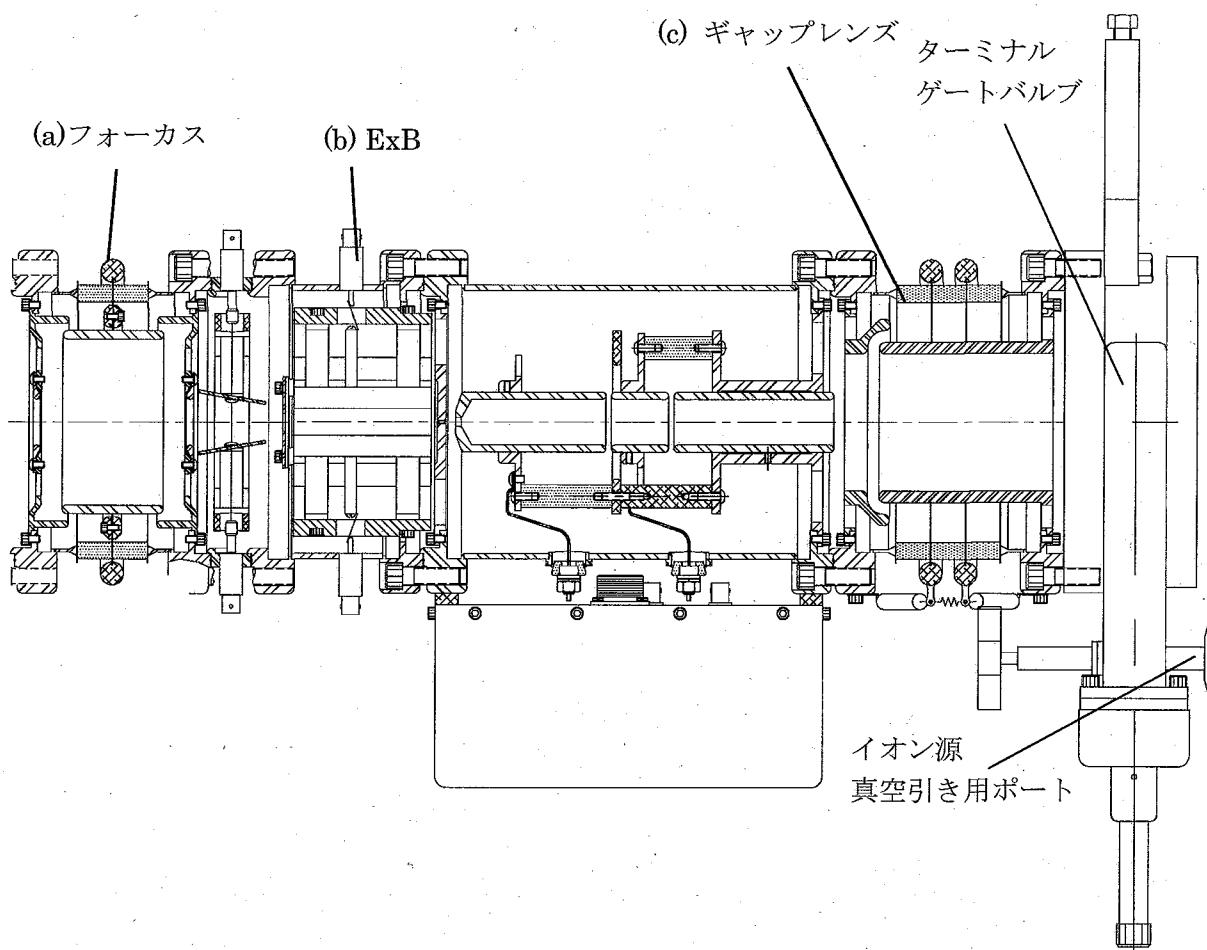


図3.3-12 ビーム輸送系機器の配置図

(a) フォーカス

フォーカスは図 3.3-13 に示すように 3 電極構成で外側の電極電位の等しいインツェルレンズである。中間の電極には+の電圧がかかる。両端の電位は等しいので、ビームがこのレンズを通過してもエネルギーは変わらない。また、レンズの両側にはタングステングリッドが入っている。

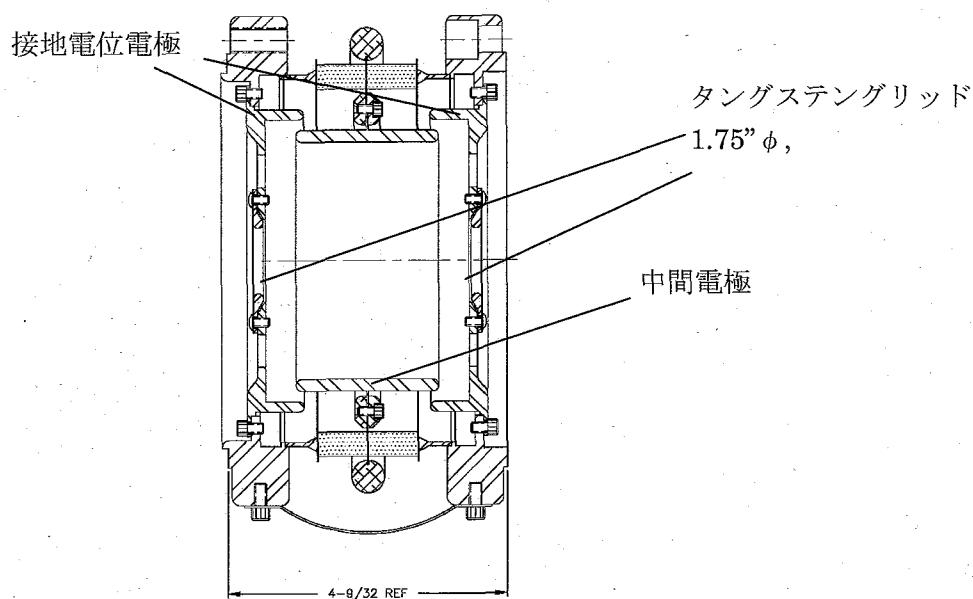


図 3.3-13 フォーカス

(b) ExB

ExB は図 3.3-14 に示す構造で、直交する電場、磁場を用いた速度分離器である。Y 方向に電場を、X 方向に磁場をかけている。磁場は永久磁石を使用して発生させている。使用電圧は陽子：2.1kV、重陽子・ H_2^+ ：1.5kV 程度である。

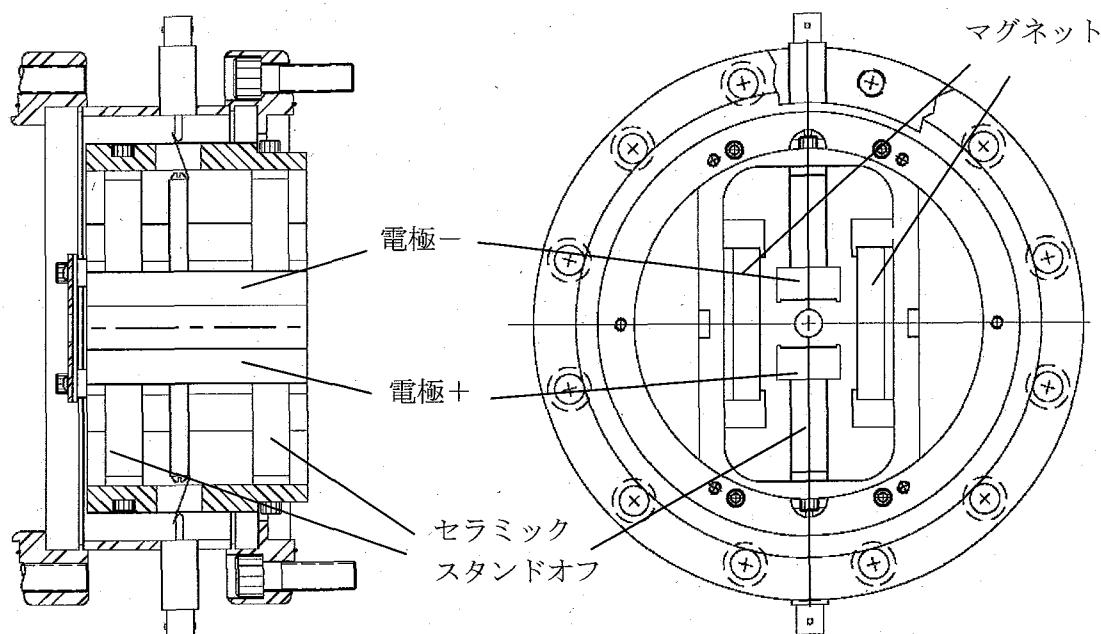


図 3.3-14 ExB

(c) ギャップレンズ

ギャップレンズは図 3.3-15 に示すように 2 電極の加速型レンズである。高圧電源は T-2Box 内にあり、フィードスルーを通して -60kV をゲートバルブにつないでいる。

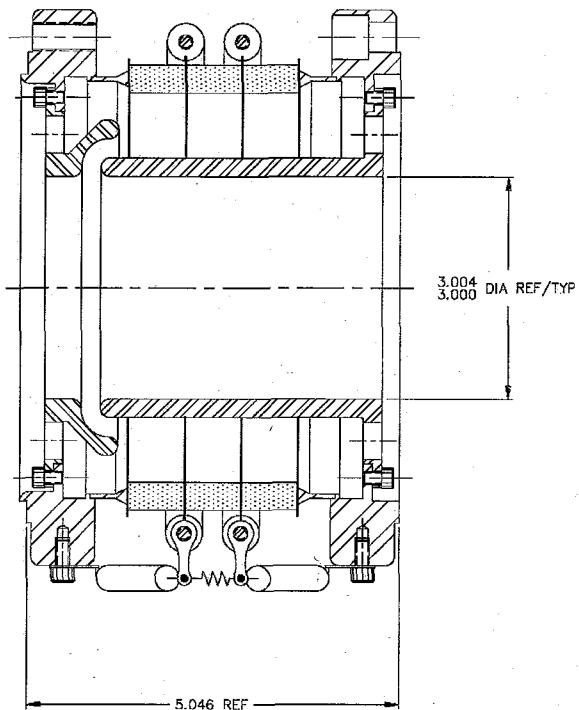


図 3.3-15 ギャップレンズ

3.3.4 イオン源ガス

水素ガスおよび重水素ガスの2種類のイオン源ガスを使用している。イオン源内にガスボトルは6本あり、ボトル1~4は水素ガス、5および6は重水素ガスに割り当てている。それぞれのボトルにセンサーがついており、ガスの残圧を AccelNET で確認することができる。しかし、表3.3-1に示すようにゼロ点がずれており、正しい圧力を表示していないため、残量の判断に注意する必要がある。ガスボトル No.2 以外はすべて-70前後の表示となつたときが残圧0である。なお、ガス量はバルブで制御しているが、圧力センサーは反応が遅いため、このバルブの開閉はゆっくりと注意して行う必要がある。

表 3.3-1 ガスボトル圧力表示
(2006年2月)

ガスボトル No.	ガス	実際の圧力(psi)	表示圧力(psi)	ゼロ点(psi)
No.1	H ₂	145	81	-64
No.2	H ₂	145	178	33
No.3	H ₂	145	70	-75
No.4	H ₂	145	75	-70
No.5	D ₂	145	67	-78
No.6	D ₂	145	76	-69

3.4 付帯機器

加速器付帯機器として、SF₆ ガス搬送装置、冷却水装置、圧縮空気供給装置がある。これらの本体は加速器室に設置されている。付帯機器の操作およびトラブル時の対処方法などの詳細については、それぞれ製造業者による取扱説明書を参照のこと。

3.4.1 SF₆ ガス搬送装置

本加速器では、加速器タンク内の絶縁ガスとして SF₆ ガスを使用している。この SF₆ ガスを加速器タンクと屋外のストレージタンク間で搬送するための装置が SF₆ ガス搬送装置である。写真 3.4-1 に示す。加速器タンクとストレージタンクはほぼ同容量である。加速器タンクへのガス輸送後でもストレージタンク、配管部分が大気圧以下となって空気等が混入しないよう、ストレージタンクの圧力は 0.03MPa 以上にしておく必要がある。また、ストレージタンクの貯蔵圧力は 0.88MPa 以下、加速器タンクの圧力は 0.55MPa 以下とする。SF₆ ガスが漏れなどにより減少し不足している場合は、ストレージタンクにポンベからガスを補充する。

操作時は 14 個のバルブの開閉を設定し、運転を行う。ポンプ等の故障、ガスの排出、空気の混入を防ぐため確実にバルブの状態を確認して運転を行う必要がある。また、SF₆ ガス搬送装置のポンプ冷却にも冷却水を使用しており、冷却水装置運転時でなければ運転はできない。

本装置を用いて SF₆ ガスの搬送・真空排気・空気の搬入を行う場合の加速器タンク上部のバルブ操作及び本装置のバルブ操作は、「6.1 タンク開閉手順」を参照のこと。

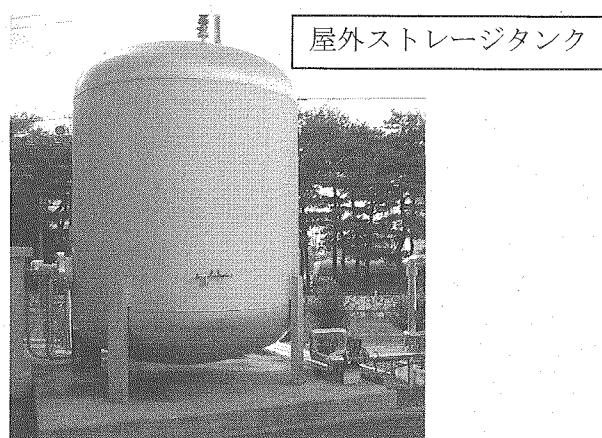
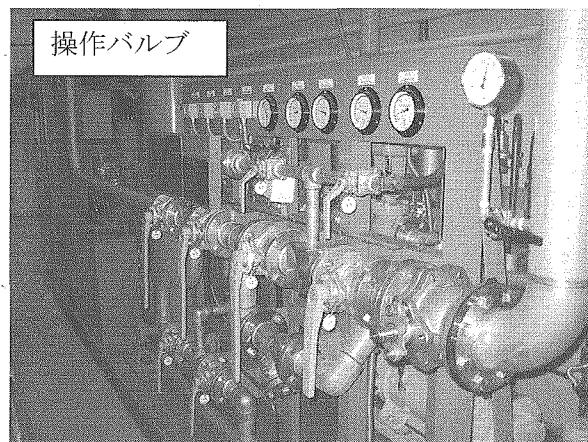
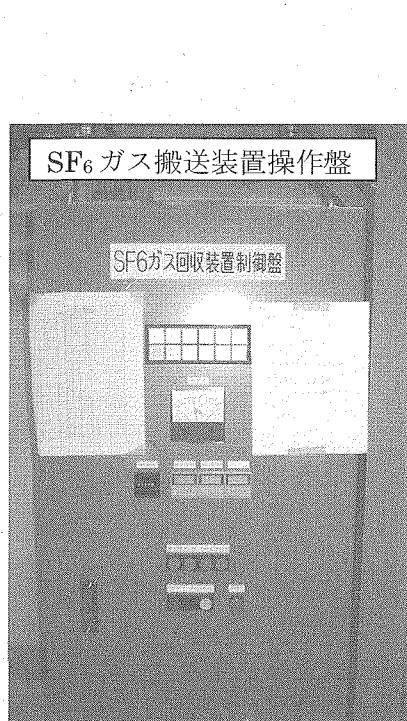


写真 3.4-1 SF₆ ガス搬送装置

3.4.2 冷却水装置

冷却水装置は加速器室および屋外に設置されている。写真 3.4-2 に示す。この冷却水装置は、イオン源冷却液、加速器タンク内ガス、ベンディングマグネット、振分マグネット、ファラデーカップ、SF₆ ガス搬送装置の冷却を行っている。この冷却水装置は、実際に機器を冷却するための冷水装置（一次冷却側、加速器室）と、循環している一次冷却水を冷却するためのクーリングタワー（二次冷却側、屋外）から成る。一次冷却水には循環系に不純物を堆積させないため蒸留水を使用しており、閉鎖系のため減少はあまりないが、加速器使用前に水量を確認し、少なければ補充を行う。二次冷却側の冷却水はろ過水を使用しており、水量が減少した際はボールタップ弁により自動的に給水される。

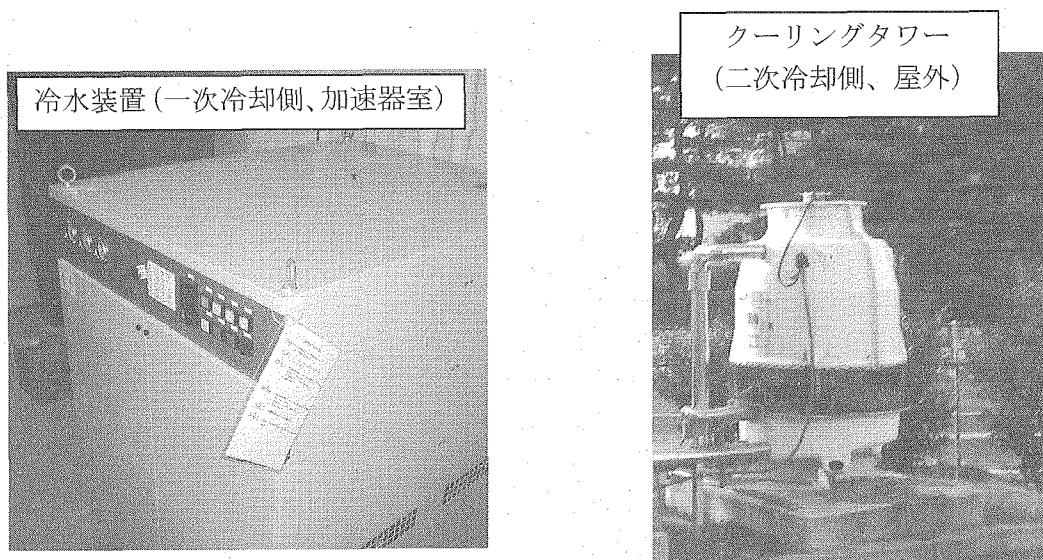


写真 3.4-2 冷却水装置

3.4.3 圧搾空気供給装置

圧搾空気供給装置は写真 3.4-3 に示すように加速器室に設置されている。この圧搾空気供給ラインには減圧弁および単色中性子照射室の貯蔵タンクに接続されており、0.5MPa の空気が大量に使用できるようになっている。この圧搾空気によりビームラインバルブ、ターボポンプバルブ、ファラデーカップ、熱画像用ミラーの駆動を行っている。圧力が低下した際には、バルブ、ファラデーカップ等は閉/IN の状態となる。また、ターゲット部分に空気を吹き付けてターゲット冷却にも使用している。

日常管理としては、運転前点検の確認時及び長期間運転しないときは週 1 回の周期で本体側面のドレン蛇口を開けて、タンク内の結露した水の排水を行うこと。

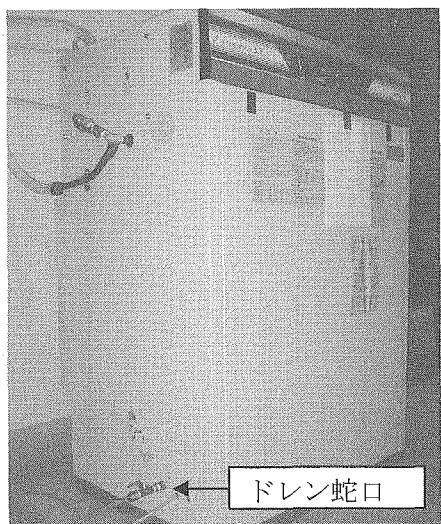


写真 3.4-3 圧搾空気供給装置

4. 加速器制御系

4.1 加速器制御盤

加速器制御室にある制御盤上には、操作用 Linux PC および操作ノブ、加速器室および単色中性子照射室の監視モニタ、冷却水の温度表示等があり、加速器制御室において一括して加速器の運転操作が行えるようになっている。制御盤を写真 4.1-1 に示す。

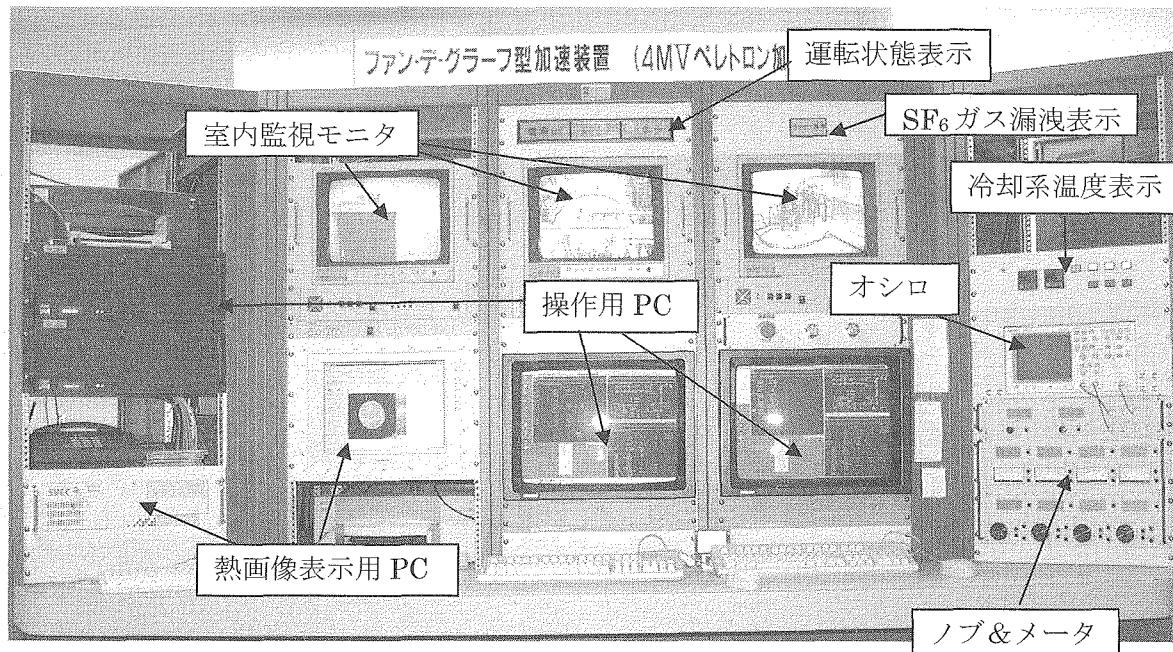


写真 4.1-1 加速器制御盤

以下に、個々の装置等の概略を示す。

(a) 操作用 PC

2 台設置されており、右側がメインコントロールコンピュータ (JT2) で、左側がセカンドコントロールコンピュータ (JT1) となっている。OS は Linux で、加速器運用ソフトウェア AccelNET がインストールされている。基本的に運転操作は JT2 から行うようになっており、オシロへの信号選択、ノブ&メータの選択は JT2 からのみ行うことができる。

(b) ノブ&メータ

加速器運転で使用する様々な機器のパラメータを微調整するための装置。上部メータにリードバック値を、下部のノブにコントロール値を登録し、ノブを使用することで、アナログ的にパラメータを変化させることができる。パラメータの登録は JT2 からのみ可能となっている。

(c) 運転状態表示

加速器の状態を表している。向かって左側から電源 ON、加速器室電気錠 ON、運転中の表示盤で、動作中は赤色点灯する。

(d) オシロ

CPO シグナル（ターミナル電圧の変動）、BPM シグナル（ビームの位置、広がり）を観測するのに使用している。

(e) 冷却系温度表示

加速器室冷却水装置の運転状態、温度の表示。また、もう一方はターゲット冷却液の温度表示で、L1 と L2 を切り替えて表示させることができる。

(f) 室内監視モニタ

モニタは 3 台あり、右側が単色中性子照射室、中央が加速器室、左が単色室地下・加速器室入口・振分マグネット室の 3 つを切り替えて表示させるモニタとなっている。中央の加速器室モニタには、加速器本体の異常音(ペレットチェーンの破損等)をモニタするための音声機能を有している。

(g) 熱画像表示用 PC

ビームライン先端部に取り付けられた熱画像カメラと接続されており、赤外線をキャッチして専用ソフトでターゲットの熱画像を見ることができる。この熱画像により、ターゲットでのビームの形状、ターゲットの温度を観測しながらビームの調整を行う。

(h) SF₆ ガス漏洩表示

加速器室に設置している酸素濃度計の表示値が通常の 20%から異常に低下した場合に表示灯が点灯する。これは、加速器タンクから SF₆ ガスが大量に漏れたときに酸素濃度が低下して感知させるセンサーで、この異常表示が発生した場合は、加速器制御室にある加速器室の緊急排気装置の運転用スイッチを入れ、同室に置いてある簡易式ガス感知器を持参して、加速器室のガス濃度を確認する。

4.2 制御系配線

電圧発生系機器やビームライン機器などの加速器機器はベンディングマグネット、イオンポンプなどの一部がターミナルサーバーに、その他の全てが加速器室の CAMAC に接続されている。さらに、ターミナルサーバーからは BNC で JT1 および JT2 に、CAMAC からはリボンケーブルで JT1 に接続されている。また、さらに JT2 はノブ&メータ、BPM 用のパルスジェネレーター、オシロと接続されている。このように JT1 は CAMAC を介したデータ送受信を、JT2 は実際の運転操作を行うようになっている。

加速器タンク内のイオン源などターミナル電位となる部分では、高電圧になるため絶縁が必要となる。このため、イオン源機器への指令信号をライトリンク box で光信号に変換し、光ファイバーを利用しフィラメント電源、パルス化電源などのターミナル機器と信号の入出力を行っている。加速器制御系の配線図を図 4.2-1、4.2-2 に示す。

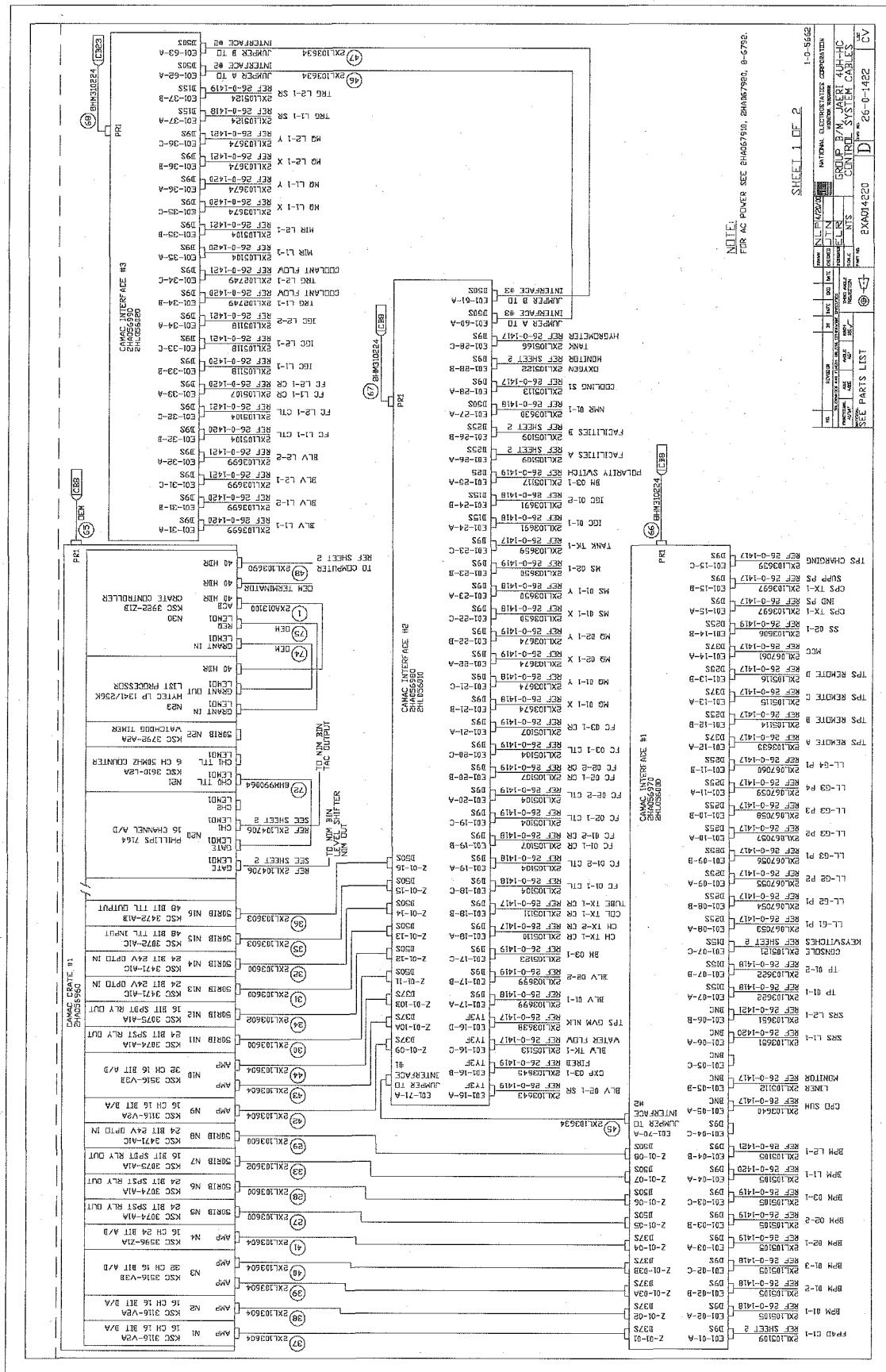


図 4.2-1 加速器制御系の配線図 (1)

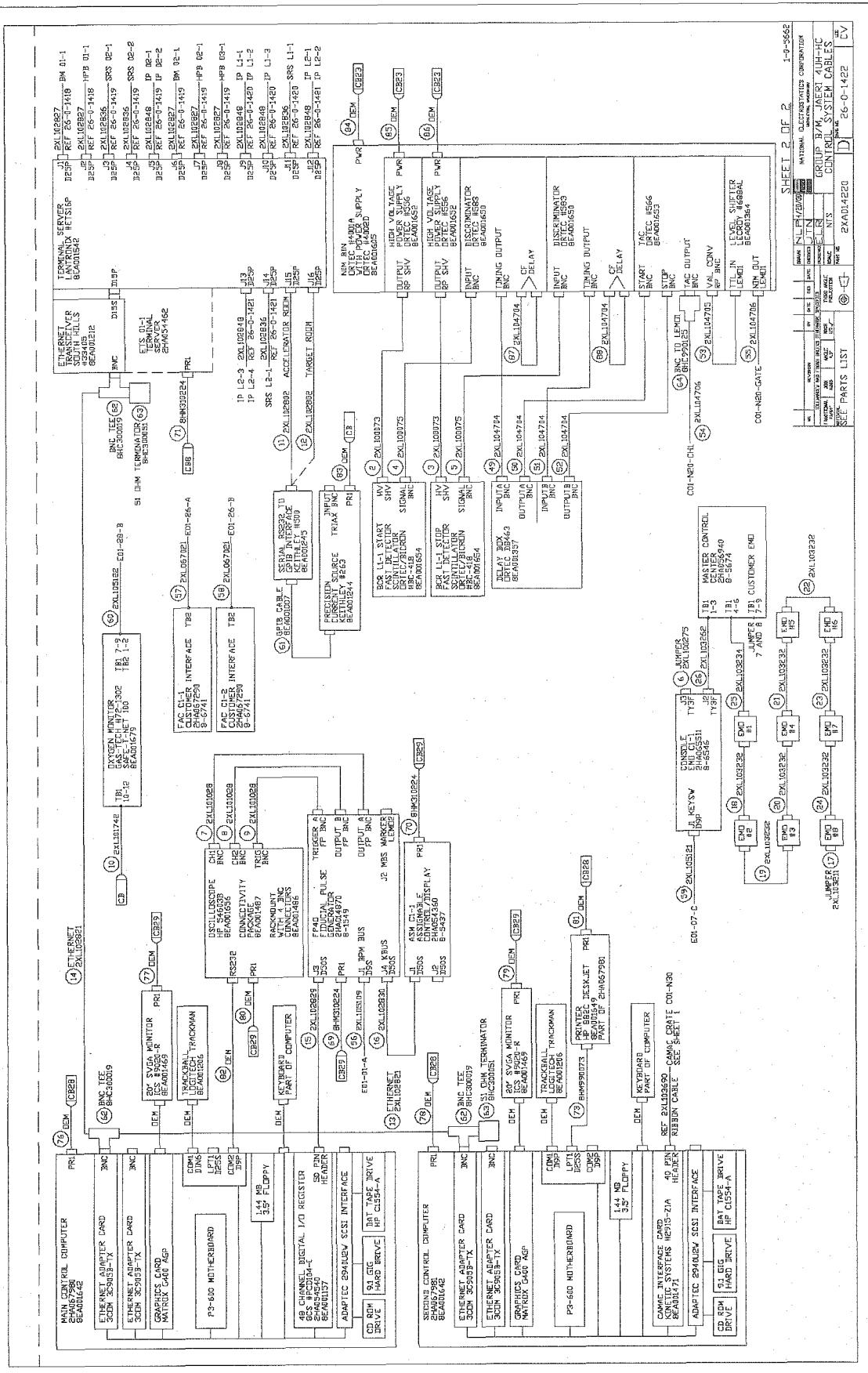


図 4.2-2 加速器制御系の配線図 (2)

4.3 運用ソフトの操作方法

操作用 Linux PC (JT1,JT2) には、加速器運用ソフトウェア (AccelNET) がインストールされている。この AccelNET を使用して加速器の運転操作を行う。ここでは操作用 Linux PC (JT1,JT2) および AccelNET の操作、機能について記述する。

4.3.1 操作用 PC, AccelNET の起動・終了

JT1,JT2,AccelNET は停電時等以外、通常は停止させない。このため、本項は通常時行う必要のない特別な作業となる。

(a) JT1,JT2 の起動手順

JT1 が AccelNET のサーバとなるので、JT2 を起動する前に JT1 を起動する。

一般に csadmin として JT1 へ、csoperator として JT2 へログインすること。

JT1 を起動する

```
LOGIN      : csadmin ↓  
PASSWORD   :       ↓
```

JT2 を起動する

```
LOGIN      : csoperator ↓  
PASSWORD   :       ↓
```

(b) AccelNET の起動手順

JT1 の terminal においてコマンド入力

csadmin@jt1>dbstart ↓

"Do you want to clear the database?" と表示される。

y ↓

プロンプトが戻ったら、コマンド入力

csadmin@jt1>startio ↓

全ての i/o ジョブがスタートし、AccelNET プログラムを動かせるようになる。

画面上の AccelNET アイコンをクリックし、メインメニューを表示させる。

(c) AccelNET の停止手順

AccelNET で操作している全ての機器の停止を確認する

JT1 の terminal においてコマンド入力

csadmin@jt1>dbshutdown ↓

(d) JT1,JT2 の停止手順

JT1 が AccelNET のサーバとなっているので、JT2 を停止してから JT1 を停止する。

JT2 の停止

画面下部タスクバー「KDE メニュー」より「logout」選択

「shutdown」選択で終了

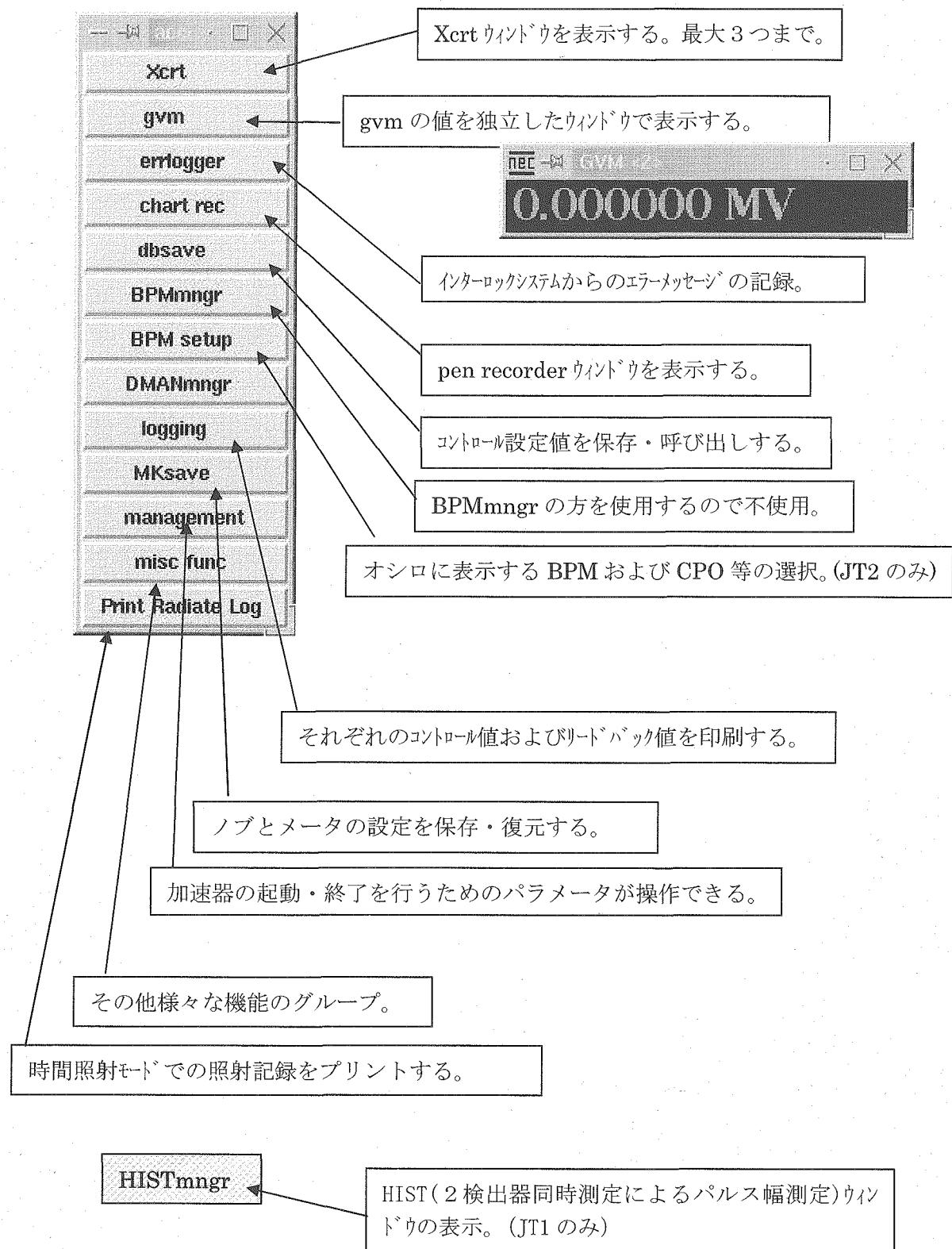
JT1 の停止

画面下部タスクバー「KDE メニュー」より「logout」選択

「shutdown」選択で終了

4.3.2 AcceINet の操作

(a) インメニュー



(b) Xcrt ウィンドウ

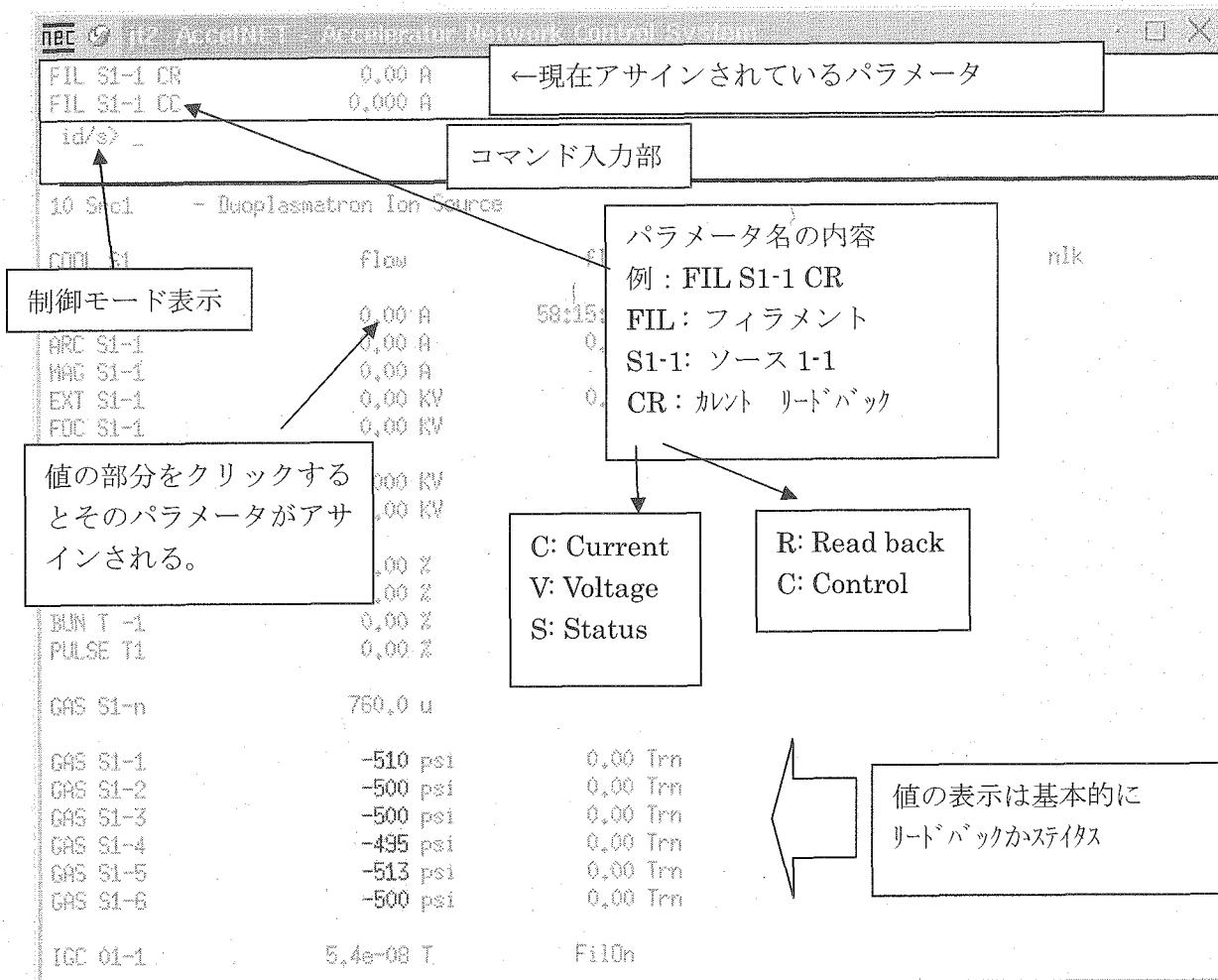
(1) 画面説明

機器の操作はこの Xcrt ウィンドウ上で行う。Xcrt は数十ページで構成されており、各ページごとに種々のパラメータがまとめられている。

表示ページを変更する際はコマンド

pg n (n はページ番号)

を入力する。



(2) コントロール値の操作

操作するパラメータには、電源 ON/OFF、ファラデーカップ in/out 等のステイタス、機器の電圧、電流などの数値の 2 種類ある。ステイタスはマウスによる操作で、数値はコマンド入力、マウスによる操作、ノブによる操作の 3 種類の方法で変更することができる。

制御を行えるのはコントロール値で、パラメータ名の最後が CC や VC、SC など「C」になっているものである。CR や VR などはリードバック値のため、制御できない。制御対象をアサインする場合はこのコントロール値の方を選択してクリックする。

まず、操作するにあたり基本的なコマンド、基本的なマウスの使用方法を示す。

基本的なコマンド

Xcrt ページ変更

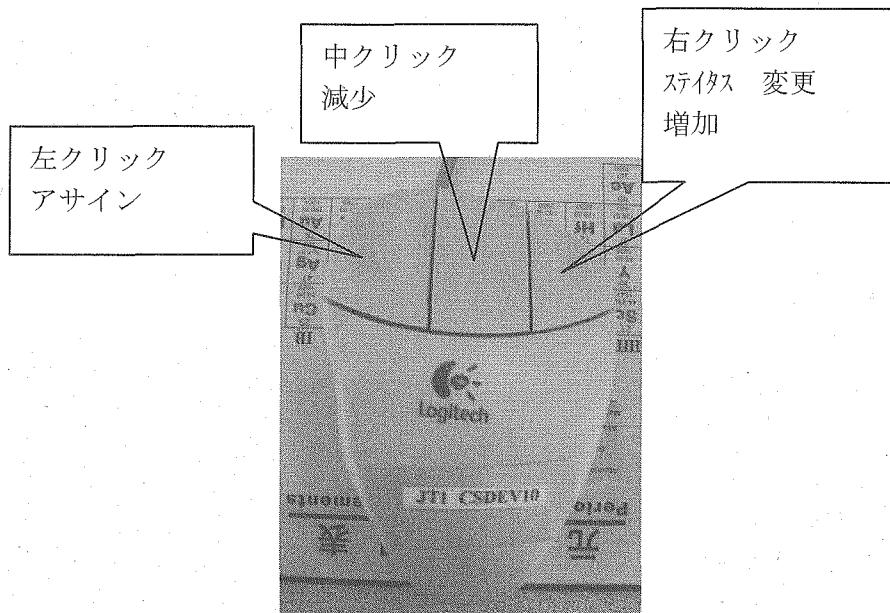
pg n (n はページ番号)

パラメータ数値変更

ch n (n はコントロール値)

※その他のコマンドは Xcrt ページ 2 のコマンド一覧の説明を参照のこと。

基本的なマウスの使用方法 (id 制御モード)



実際の操作

ステイタス操作

マウスの左クリックで制御対象をアサインした後、右クリックで変更を行う。

コマンドによる数値操作

マウスの左クリックで制御対象をアサインした後、コマンド

ch n (n はコントロール値)

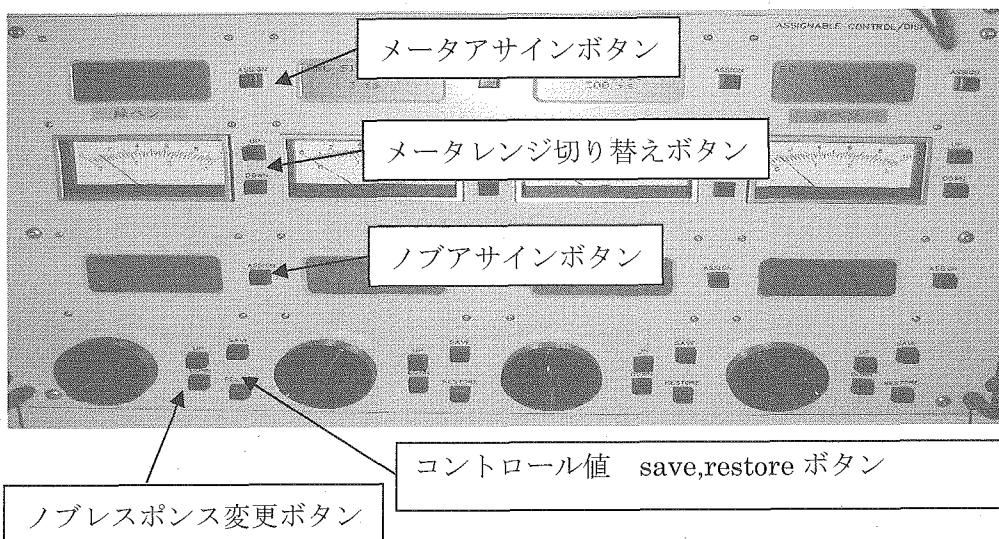
を入力する。スリット位置、プロープ位置はこのコマンド入力でしか変更できない。

マウスによる数値操作

マウスの左クリックで制御対象をアサインした後、右クリックで増加、左クリックで減少。イオン源ガスバルブの制御はマウスでのみ変更できる。

ノブによる数値操作

ノブ&メータは上部に4つのメーターがあり、下部に4つのノブがある。以下に主要な操作ボタンの機能を示す。なお、メーターにはリードバック値を、ノブにはコントロール値をアサインして使用する。



メータアサインボタン

マウスの左クリックで現在アサインされているリードバック値をメータに持ってくる。メータにアサインされたパラメータは液晶部分に表示される。

メータレンジ切替ボタン

up と down があり、押すことによりレンジが切り替わる。変更できるレンジはアサインされているパラメータによって決まる。レンジは自動で切り替わるが up と down を同時押しすることにより、レンジ固定ができる。

ノブアサインボタン

マウスの左クリックで現在アサインされているコントロール値をノブに持ってくる。ノブにアサインされたパラメータは液晶部分に表示される。

ノブレスポンス変更ボタン

up と down があり、押すことによりノブのレスポンスが変更される。up を押すとノブ1回転あたりの変化量が小さく、down を押すとノブ1回転あたりの変化量が大きくなる。

コントロール値 save , restore ボタン

save ボタンを押すと現在のコントロール値が一時保存され、restore ボタンを押すとこの save 値が呼び出される。操作を行う際は最初に save ボタンを押して、値を保存しておくとよい。

※ xy 制御モードでの操作

コントロール値の操作方法にはもう一つ xy 制御モードがある。これは 2 つのパラメータを同時にマウスの位置で制御するモードである。しかし、ステイタス操作が行えないため通常は使用することはない。通常は前述してきた id 制御モードによって操作を行う。ここでは参考に xy 制御モードでの操作を示す。

コマンド

xy ↓

を入力する。

これで制御モードが xy 制御に変更される。

マウスの中クリックで制御対象を X にアサイン、右クリックで Y にアサインする。

マウスの左クリックを押しながら、マウスを左移動すると X の制御値が減少、右に移動すると増加する。また下に移動すると Y の制御値が減少、上に移動で増加する。右上に移動すると、X と Y の制御値を同時に増加できる。

通常の id 制御モードに戻すときは、

コマンド

id ↓

を入力する。

これで通常の id 制御モードになる。

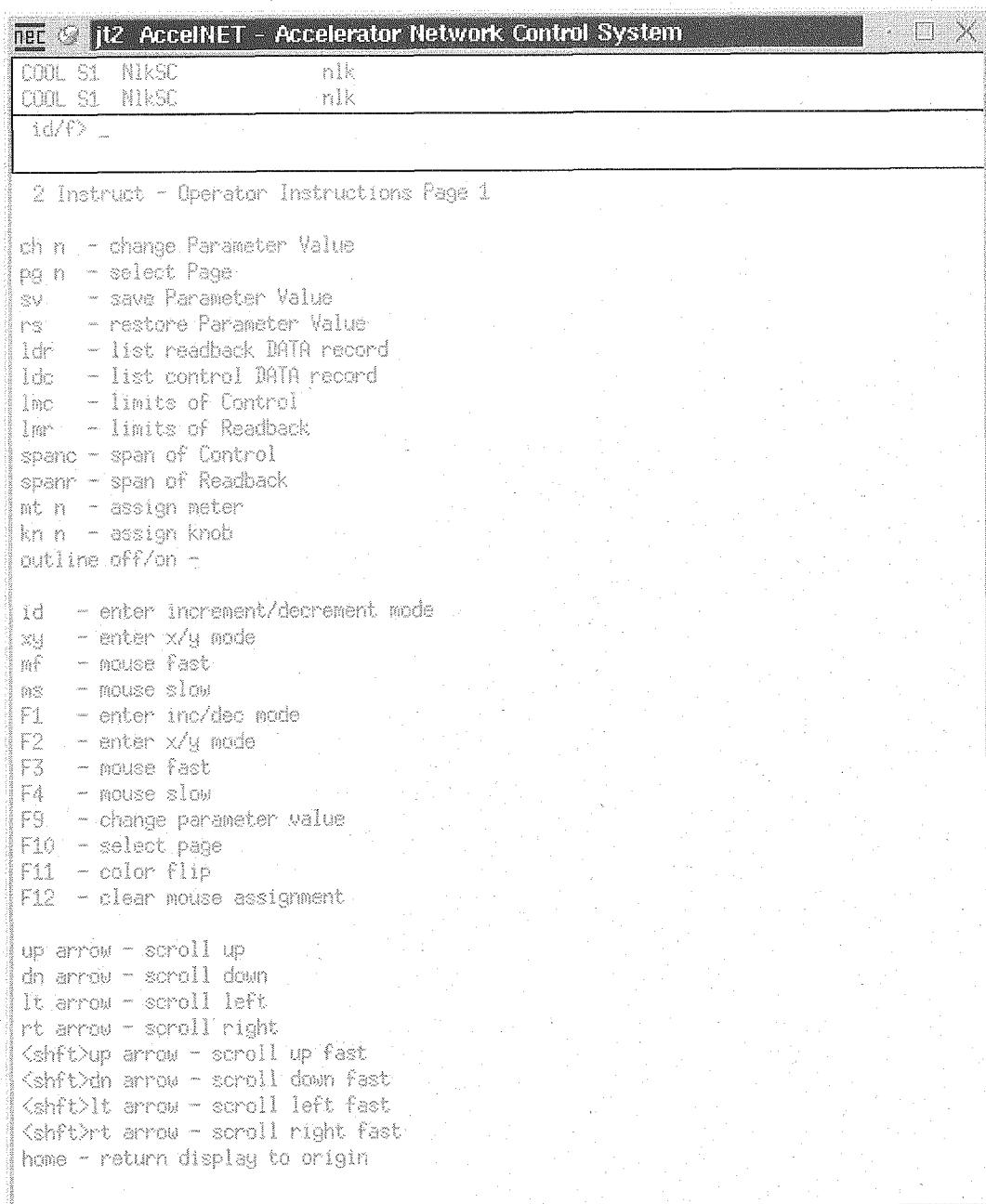
(c) Xcert 各ページ

Xcert は数十ページで構成されており、各ページごとに種々のパラメータがまとめられている。以下に各ページのパラメータ内容について説明する。説明はわかりやすいように可能な限り見開きページで扱い、左ページに Xcert 画面を、右ページにパラメータの内容を示した。

jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System	
COOL S1	nlk
COOL S1	nlk
id/f3 _	
0-Contents - Table of Contents Page 1	
0	Table of Contents
2	Operator Instructions
10	Duoplasmatron Ion Source
11	Beam line
12	L1 target Beam line
13	L2 target Beam line
15	Accelerator Control
20	Machine Setup Information
21	BPM assignments
22	Interlock Management
23	Faraday Cup Management
30	tpc SRS amplifier control
31	tpc SRS amplifier offsets
32	target SRS amplifier control
33	target SRS amplifier offsets
40	BM 01-i related controls
41	BM 02-i related controls
42	BM 03-i related controls
43	BM nn-i misc controls
45	MBS Sequencer
50	Icon Legend
51	Beam line Diag Disp
52	Shorting Node
99	FP4U controls

Page 0 目次

ページ番号	内容
0	ページ一覧
2	コマンド
10	イオン源
11	ビームライン
12	L1 ビームライン
13	L2 ビームライン
15	加速器コントロール
20	マシンセットアップ インフォメーション
21	BPM わりあて
22	インターロック管理
23	フラティーカップ 管理
30	TPS アンプ コントロール
31	TPS アンプ オフセット
32	ターゲットアンプ コントロール
33	ターゲットアンプ オフセット
40	BM01-1 関連コントロール
41	BM02-1 関連コントロール
42	BM03-1 関連コントロール
43	BMnn-1 ベンディングマグネットコントロール
45	MBS シーケンサー
50	アイコン説明
51	ビームライン図
52	ショーティングロット
99	FP4D コントロール



Page 2 コマンド

ch n	パラメータの値を n にする
pg n	ページ n を表示する
sv	現在の選択されたパラメータの値をセーブ (ファイルではなく一時的に)
rs	一時的にセーブされてる値の呼び出し (上記 sv に対応)
ldr	リードバックデータのリスト
ldc	コントロールデータのリスト
lmc	コントロールのリミット値
lmr	リードバックのリミット値
spanc	コントロールの全範囲
spanr	リードバックの全範囲
mt n	メーター n に割り当てる
kt n	ノブ n に割り当てる
outline off/on	アウトラインの表示/非表示
id	id 制御モードに変更
xy	xy 制御モードに変更
mf	マウスでの増加/減少 大
ms	マウスでの増加/減少 小
F1	増加/減少モードに変更 (コマンド id と同じ)
F2	xy モードに変更 (コマンド xy と同じ)
F3	マウスでの増加/減少 大 (コマンド mf と同じ)
F4	マウスでの増加/減少 小 (コマンド ms と同じ)
F9	パラメータの値変更 (コマンド ch と同じ)
F10	ページ変更 (コマンド pg と同じ)
F11	カラー反転
F12	アサインの解除
↑	上スクロール
↓	下スクロール
←	左スクロール
→	右スクロール
shift+↑	速く上スクロール
shift+↓	速く下スクロール
shift+←	速く左スクロール
shift+→	速く右スクロール
home	最初の表示に戻る

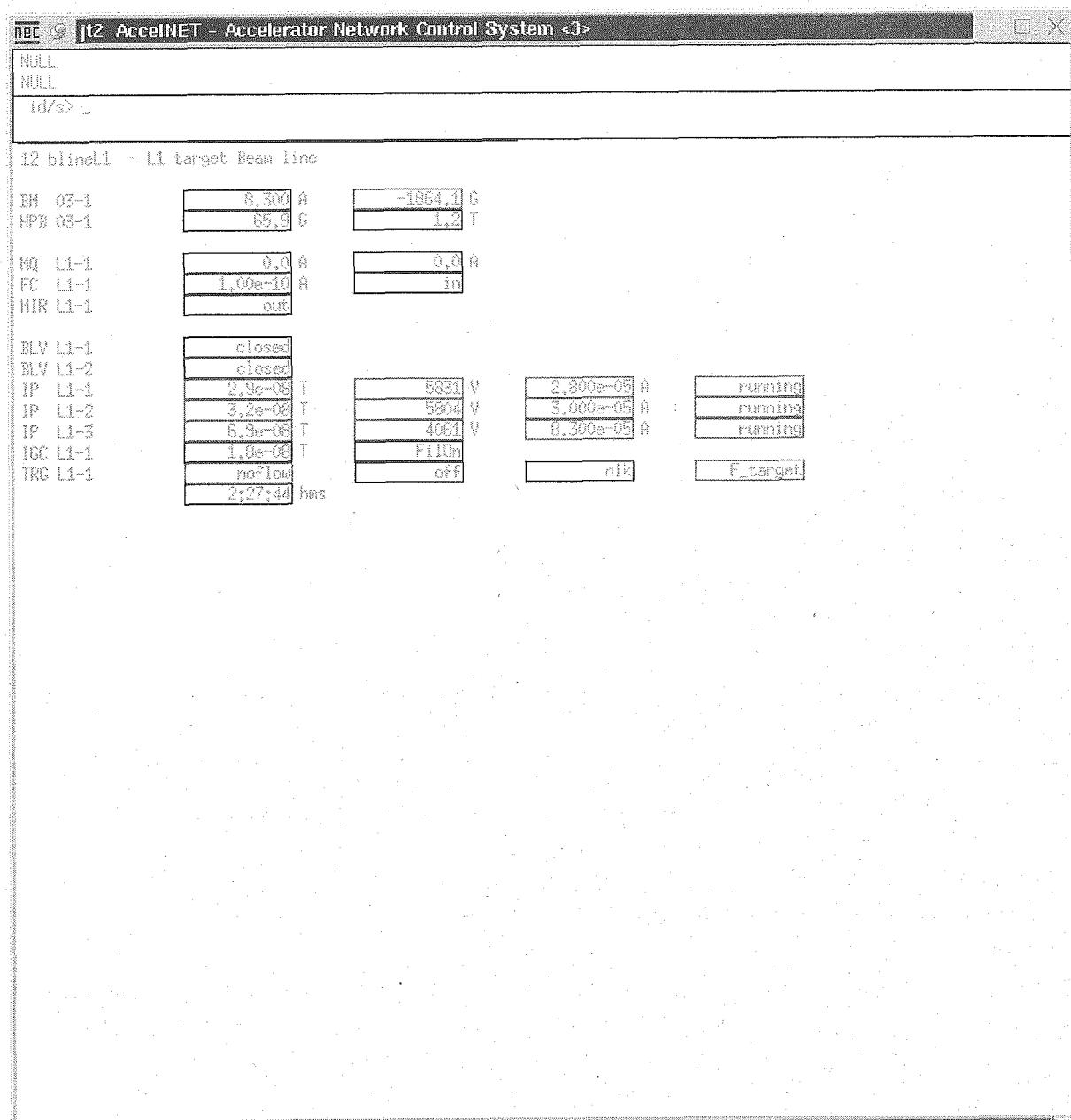
jt2 AcceNET - Accelerator Network Control System <3>

NULL			
NULL			
id/○			
10 Src1 - Duoplasmatron Ion Source			
COOL S1	<input type="button" value="flow"/>	<input type="button" value="flow"/>	<input type="button" value="on"/>
FIL S1-1	0.00 A	58115.15 hrs	
ARC S1-1	0.00 A	0.00 V	<input type="button" value="stop"/>
MAG S1-1	0.00 A		
EXT S1-1	0.00 KV	0.00 mA	
FOC S1-1	0.00 KV		
EXB T -1	0.000 KV		
GAP T -1	0.00 KV		
SMP T -1	0.00 %	0.00 %	
POP T -1	100.00 %	79.802 %	<input type="button" value="4kHz"/>
BUN T -1	0.00 %	57.25 %	<input type="button" value="tube1"/>
PULSE T1	0.00 %	GapLength#	
GPS S1-n	750.0 u		
GRS S1-1	-510 psi	0.00 Trn	
GRS S1-2	-500 psi	0.00 Trn	
GRS S1-3	-500 psi	0.00 Trn	
GRS S1-4	-495 psi	0.00 Trn	
GRS S1-5	-513 psi	0.00 Trn	
GRS S1-6	-500 psi	0.00 Trn	
IGC 01-1	<input type="button" value="5.4e-03 T"/>	<input type="button" value="FillOn"/>	

- ページ 10 イオン源
- COOL S1 冷却水。イオン源の冷却液。最初はバイパスしないと流せない。nlk: インターロック
byp: バイパス
- FIL S1-1 イオン源フィラメント。通常は 27~31A 程度で使用。使用時間は 15A 以上で動作。
- ARC S1-1 アーク電流および電圧。電流一定にするために電圧でコントロールしている (<150V)。
- ARC S1-1 アーク電流に比例してビーム電流も大きくなる。フィラメント、ガス圧、マグネット等イオン源内部のパラメータで簡単に変化。
- ARC S1-1 アークスタートさせるときにアーケショートを使う。
- MAG S1-1 プラズマ制御のためのマグネット電流。
- EXT S1-1 エクストラクター。引き出し電極。通常 20kV で使用 (BUN との関係からパルスでは特に)。
- FOC S1-1 フォーカス。ビームの収束。アイソウェルズ。
- ExB T-1 (イークロスピード)。ペロシティエレクター。電場と磁場で通過するイオンを選択。2.2kV : p
1.6kV : D⁺, H₂⁺
- GAP T-1 ギャップレンズ。ビームを収束させる。
- SWP T-1 スイープ電圧およびスイープオフセット。
スイープ電圧: ビームを 2MHz 正弦波で左右に振ってパルス化する (パルスは 4MHz)。値はその振幅。%表示になっている。
スイープオフセット: スイープの平板にかける DC オフセット電圧。0~100% (-5kV~5kV, 50% = 0V)
- POP T-1 ポップ電圧、ポップディレイおよび周波数。
ポップ: ビームを上に振る。%表示。100% で一番通る。
ポップディレイ: スイープ周波数との同期遅延。100% = 250nsec
周波数: 4, 2, 1, 0.5 から選択。4MHz は動作していない状態。
- BUN T-1 バンチャ電圧、バンチャーディレイおよびチューブセレクト。
バンチャ電圧: バンチする電圧。%表示。
バンチャーディレイ: スイープ周波数との同期遅延。100% = 250nsec
チューブセレクト: tube1=重水素ビーム、tube2=陽子ビーム
- PULSE T-1 パルス関係の様々なパラメータのリードバック。
ギャップレンズ電流・電圧、ExB 電流 +/- ・電圧 +/- ・スイープ電圧、スイーチューン、スイープオフセット電圧 +/- ・バンチャ電圧、バンチャーチューン、バンチャーディレイ、ポップ電圧、ポップディレイ、ポップ周波数、を選択できる。値はすべて%。
- GAS S1-n イオン源内の圧力。単位は μ Torr。100~200 程度で通常使用。
- GAS S1-1~6 ガスボンベ 1~6 の残圧。およびバルブの値。1~4 は水素、5, 6 は重水素充填。
バルブの開閉はガス圧の反応は遅いためできるだけゆっくり。また open(ガス出始めの) turn 数から約 1.0turn 閉めて完全閉。
- IGC 01-1 付ゲージ 01-1 での圧力。およびフィラメント on/off

jt2 AcceINET - Accelerator Network Control System <3>				
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
<i>id/s> _</i>				
ii blinet - Beam line				
BL nn-1	<input type="button" value="off"/>			
MS 01-1	-0.00 A	-0.00 A	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
HD 01-1	0.0 A	0.0 A		
FC 01-1	1.00e-10 A	in		
FC 01-2	1.00e-10 A	in		
BN 01-1	0 A	-12530.3 G	<input type="button" value="nop"/>	<input type="button" value="DCoff"/>
HFB 01-1	27.6 G	1.2 T		
NMR 01-1	2564.24 G			
MS 02-1	0.05 A		<input type="button" value="off"/>	
HD 02-1	0.0 A	0.0 A		
FC 02-1	1.00e-10 A	in		
FC 02-2	1.00e-10 A	in		
BN 02-1	0 A	-12516.6 G	<input type="button" value="nop"/>	<input type="button" value="ICoff"/>
HFB 02-1	31.7 G	1.2 T		
FC 03-1	1.00e-10 A	in		
BN 03-1	0 A	-1864.1 G	<input type="button" value="nop"/>	
HFB 03-1	65.9 G	1.2 T		
TP 01-1	run/prot	<input type="button" value="open"/>		
TP 01-2	run/prot	<input type="button" value="open"/>		
IGC 01-1	5.4e-06 T	F110n		
IGC 01-2	2.3e-06 T	F110n		
IP 02-1	1.5e-09 T	5827 V	1.500e-06 A	<input type="button" value="running"/>
IP 02-2	1.5e-08 T	5811 V	1.800e-05 A	<input type="button" value="running"/>
BLV 01-1	closed			
BLV 02-1	open	<input type="button" value="fired"/>		
BLV 02-2	closed			

- ページ 11 ビームライン 1
 BL nn-1 ビームライン全般の電源 (ステアや Q レンズ)。
- MS 01-1 マグネティックステア 01-1。X 方向電流、Y 方向電流。X 電源、Y 電源。
 MQ 01-1 Q レンズ 01-1。X 方向電流、Y 方向電流。
 FC 01-1 フラティーカップ 01-1。電流値。ポジション (in/out)。
 FC 01-2 フラティーカップ 01-2。電流値。ポジション (in/out)。
- BM 01-1 ベンディングマグネット 01-1。電流値、デルタ G(磁場のコントロールとリードバックの差)。チューンステイタス。電源。
 HPB 01-1 HPB による磁場の値。測定レンジ。
 NMR 01-1 NMR による磁場の値。
- MS 02-1 マグネティックステア 02-1。X 方向電流。X 電源。
 MQ 02-1 Q レンズ 01-1。X 方向電流、Y 方向電流。
 FC 02-1 フラティーカップ 02-1。電流値。ポジション (in/out)。
 FC 02-2 フラティーカップ 02-2。電流値。ポジション (in/out)。
- BM 02-1 ベンディングマグネット 02-1。電流値、デルタ G(磁場のコントロールとリードバックの差)。チューンステイタス。電源。
 HPB 02-1 HPB による磁場の値。測定レンジ。
 FC 03-1 フラティーカップ 03-1。電流値。ポジション (in/out)。
- BM 03-1 ベンディングマグネット 03-1。電流値、デルタ G。チューンステイタス。
 HPB 03-1 HPB による磁場の値。測定レンジ。
- TP 01-1 ターボポンプ 01-1。状態 (作動中/停止)。ターボポンプバルブ状態 (open/close)。
 TP 01-2 ターボポンプ 01-1。状態 (作動中/停止)。ターボポンプバルブ状態 (open/close)。
- IGC 01-1 ポンゲージ 01-1 での圧力。およびフィルメント on/off
 IGC 01-2 ポンゲージ 01-2 での圧力。およびフィルメント on/off
 IP 02-1 ポンポンプ 02-1 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。
 IP 02-2 ポンポンプ 02-2 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。
 BLV 01-1 バルブ 01-1 状態 (open/close)。
 BLV 02-1 バルブ 02-1 (高速シャッターバルブ) 状態 (open/close)。ステイタス (fired/ready)。
 BLV 02-2 バルブ 02-2 状態 (open/close)。



ページ 12 L1 ターゲットビームライン

BM 03-1 ベンディングマグネット 03-1。電流値、デルタ G。

HPB 03-1 HPB による磁場の値。測定レンジ。

MQ L1-1 Q レンズ L1-1。X 方向電流、Y 方向電流。

FC L1-1 ファラデー・カップ L1-1。電流値。ポジション (in/out)。

MIR L1-1 ミラー L1-1 ポジション (in/out)。

BLV L1-1 バルブ L1-1 状態 (open/close)。

BLV L1-2 バルブ L1-2 状態 (open/close)。

IP L1-1 付ンボソフ L1-1 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

IP L1-2 付ンボソフ L1-2 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

IP L1-3 付ンボソフ L1-3 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

IGC L1-1 付ンゲージ L1-1 での圧力。およびフィラメント on/off。

TRG L1-1 ターゲット冷却液状態。冷却液コントロール。インターロック、バイパス (on にするときはバイパスしてから)。ターゲット種類。

使用時間 (シャッター用ファラデー open でカウント)。リセット可。

jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System <3>			
NULL			
NULL			
id/s>			
13 blineL2 - L2 target Beam Line			
BM 03-1	B,300 A	-1864,1 G	
HPP 03-1	65,0 C	12 T	
MQ L2-1	0,1 A	0,0 A	
FC L2-1	1,00e-10 A	in	
MPP L2-1	out		
BLV L2-1	closed		
BLV L2-2	closed		
IP L2-1	3,0e-06 T	5993 V	2,900e-05 A
IP L2-2	3,1e-06 T	5990 V	3,000e-05 A
IP L2-3	2,0e-06 T	5993 V	2,500e-05 A
IP L2-4	1,3e-06 T	5995 V	4,000e-05 A
IIC L2-1	7,5e-03 T	Fill0n	running
IIC L2-2	1,1e-06 T	Fill0n	running
TRG L2-1	Flow	on	running
	18;33;05 hms.	nlk	2H_target

ページ 13 L2 ターゲットビームライン

BM 03-1 ベンディングマグネット 03-1。電流値、デルタ G。

HPB 03-1 HPB による磁場の値。測定レンジ。

MQ L2-1 Q レンズ L2-1。X 方向電流、Y 方向電流。

FC L2-1 フラテーカップ L2-1。電流値。ポジション (in/out)。

MIR L2-1 ミラー L2-1 ポジション (in/out)。

BLV L2-1 バルブ L2-1 状態 (open/close)。

BLV L2-2 バルブ L2-2 状態 (open/close)。

IP L2-1 ポンプ L2-1 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

IP L2-2 ポンプ L2-2 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

IP L2-3 ポンプ L2-3 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

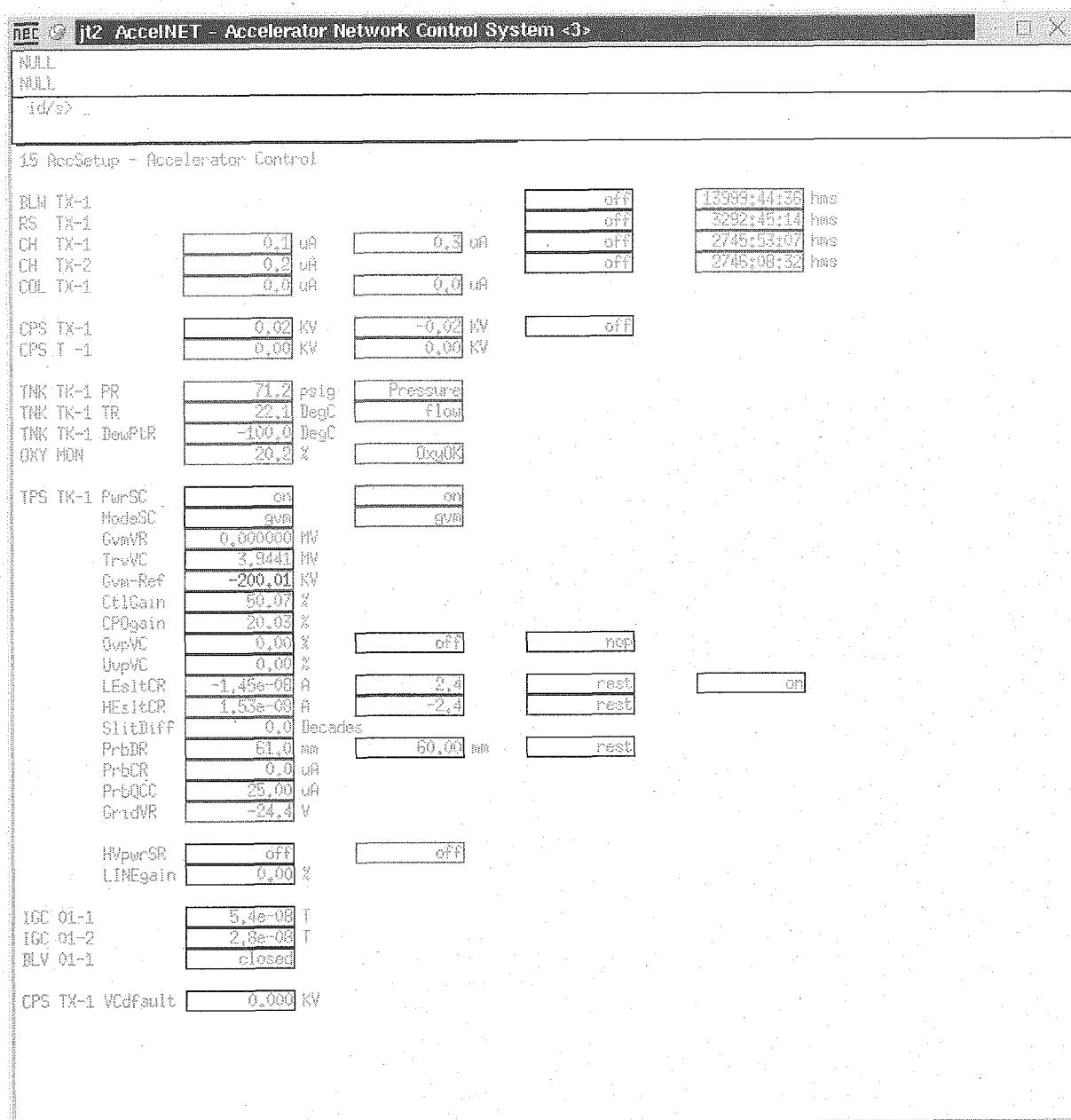
IP L2-4 ポンプ L2-4 での圧力。電圧値。電流値。動作状態。

IGC L2-1 ボンゲージ L2-1 での圧力。およびフィルメント on/off。

IGC L2-2 ボンゲージ L2-2 での圧力。およびフィルメント on/off。

TRG L2-1 ターゲット冷却液状態。冷却液コントロール。ロック、バイパス (on にするときはバイパスしてから)。ターゲット種類。

使用時間 (シャッター用ファルダー open でカウント)。リセット可。



ページ 15 加速器コントロール

BLW TX-1 プロワー状態(on/off)。タンク内のSF₆を循環させる。使用時間(リセット不可)。

RS TX-1 ローテリングシャフト状態(on/off)。タンク内イン源部分の電源供給。使用時間(リセット不可)。

CH TX-1 チェーン TX-1 電流。および lost 電流 (lost=CH1+CH2-(col+tube+prb)) ビームを出している時はビーム電流にほぼ相当する。)。使用時間(リセット不可)。

CH TX-2 チェーン TX-2 電流。使用時間(リセット不可)。

COL TX-1 カラム電流。チューブ(加速管)電流。

CPS TX-1 チャージングパワーサプライ。1kV=約 10 μA。アップチャージとダウンチャージ。TX-1 はビームライン側。タンク外に電源がある。

CPS T-1 イン源側チャージングパワーサプライ。

TNK TK-1 PR	タンク内圧力。および状態。
TNK TK-1 TR	タンク内温度。および冷却水状態。
OXY MON	加速器室内酸素濃度。
TPS TK-1 PwrSC	ターミナルポテンシャルスタビライザー、電圧安定化装置の電源。
ModeSC	TPS のモード。Gvm, slit, auto の 3 種のモードがある。
Gvm モード	: gvm(回転型電圧計)の値をフィードバックとして電圧を制御する。
Slit モード	: BM01-1 後の HE スリット、LE スリットにあたっているビーム電流をフィードバックとして電圧を制御する。
Auto モード	: スリットにビームが十分な量あたっているときは slit モードで、あたってないときは gvm モードで制御される。
GvmVR	gvm(回転型電圧計)で計測されたターミナルの電圧値。
TrvVC	ターミナル電圧の設定値。
Gvm-Ref	ターミナル電圧の設定値と gvm での計測値の差。
CtlGain	コントロールゲイン。フィードバック信号のゲイン。
CPOGain	CPO 信号(ターミナル電圧のリップル信号)のゲイン。
OvpVC	オーバービッカアップボルテージ。設定値よりターミナル電圧が高くなった場合電源を切るように設定する。
UvpVC	アンダービッカアップボルテージ。設定値よりターミナル電圧が低くなった場合電源を切るように設定する。
LEsltCR	低エネルギー側スリット電流値。およびスリット位置。
HEsltCR	高エネルギー側スリット電流値。およびスリット位置。
SlitDiff	HE スリット、LE スリットの電流の差。比べるのはアンプを通した後の値なので、ページ 30, 31 のアンプの設定も注意。
TPS TK-1 PrbDR	コロナプローブ位置。
PrbCR	プローブ電流。
PrbQcc	プローブ電流設定値。設定値だが、この値にプローブ電流がなるわけではない。ただ設定値と電流値が合っている方がターミナル電圧が設定値に近くなる。はず。
GridVR	グリッド電圧。-10V 程度に合わせる。
HVpwrSR	ライナーへの高電圧。
LINEgain	ライナーゲイン。
IGC 01-1	イシングレージ 01-1 での圧力。およびフィラメント on/off
IGC 01-2	イシングレージ 01-2 での圧力。およびフィラメント on/off
BLV 01-1	バルブ 01-1 状態 (open/close)。
CPS TX-1 VCdfault	Ovp か Uvp でいったん落ちた後に戻るデフォルトの CPS の値。

REC jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System <3>

NULL
NULL
id/s> _

20 Setup - Machine Setup Information

SETUP	TotImgE	0.020 MeV	
	TotMechE	0.000 MeV	
	TotPartE	0.020000 MeV	
	Ospecies	2.000000 AMU	
	AtomNumb	H	
	BLsel	L2	
BM 01-1	Ecalc	0.166438 MeV	
	Mcalc	18.644 AMU	
	deltaE	0.146438 MeV	
	Radius	0.324 M	
BM 02-1	Ecalc	0.000025 MeV	
	Mcalc	0.003 AMU	
	deltaE	-0.019975 MeV	
	Radius	0.324 M	
BM 03-1	Ecalc	0.005220 MeV	
	Mcalc	0.522 AMU	
	deltaE	-0.014780 MeV	
	Radius	2.234 M	
SOURCE	ModeSR	DC	
RADIATE	InitTime	0 Sec	hop
	Runtime	0 Sec	stop
	TimerSR	stopped	

ページ 20 セットアップ

SETUP TotInje 粒子の加速管への入射エネルギー。エクストラクターの電圧がこれに相当。
 TotMachE マシンの電圧。タービナルの電圧がこれにあたる。Gvmで計測しているのもこれ。
 TotPartE ビームのエネルギー。TotPartE=TotInje+TotMachE

0species 核種。質量を入力する。陽子 : 1.007276、重陽子 : 2.013551。

AtomNumb 原子番号 (H/He)。現在 He は使用していない。
 BLsel 使用するビームラインを選択 (L1/L2)。

BM 01-1 Ecalc NMR から計算したエネルギー。 $E = \frac{R^2 B^2}{1440^2 M}$ R:電磁石半径 (Radius)
 B:磁束密度 (NMR01-1)
 M:質量 (0species)

Mcalc NMR および GVM から計算した mass。 $M = \frac{R^2 B^2}{1440^2 E}$ E:エネルギー (TotPartE)

DeltaE TotPartE と Ecalc の差。DeltaE=Ecalc-TotPartE
 Radius 電磁石半径。設計値は 0.325m

BM02-1 Ecalc HBP02-1 から計算したエネルギー。
 以下 BM01-1 と同様。

BM03-1 Ecalc HBP03-1 から計算したエネルギー。
 以下 BM01-1 と同様。電磁石半径設計値は 2.2m

SOURCE ModeSR 伊ン源のビームモード (DC/Pulse)。ビームに関係なく BUN15%以上で pulse 表示。

RADIATE InitTime 照射時間設定値。照射とは FC02-1 が open の状態 (他の部分は関係なし)。
 RunTime 照射残り時間。および時間照射モードの start/stop。
 TimerSR 時間照射モードの状態。(使用/未使用)。

BPM assignments			
BPM 01-1	nop	nop	100 nA/V
BPM 01-2	nop	nop	100 nA/V
BPM 01-3	nop	nop	100 nA/V
BPM 02-1	nop	nop	100 nA/V
BPM 02-2	nop	nop	100 nA/V
BPM 03-1	nop	nop	100 nA/V
BPM L1-1	nop	nop	1 uA/V
BPM L2-1	nop	nop	100 nA/V
TPS TK-1	Assigned nop	Assigned nop	
BPM nn-1	Assigned nop	Assigned nop	

ページ 21 BPM 関係

BPM 01-1 BPM の信号選択。および増幅度。

以下同様

BPM の選択は通常 BPMmngr で行う。

22 NLNetstat - Interlock Management			
BLV 01-1	<input type="button" value="closed"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="5.4e-08"/>
BLV 02-2	<input type="button" value="closed"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="1.8e-08"/>
BLV L1-1	<input type="button" value="closed"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="3.4e-08"/>
BLV L1-2	<input type="button" value="closed"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="3.2e-08"/>
BLV L2-1	<input type="button" value="closed"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="6.9e-08"/>
BLV L2-2	<input type="button" value="closed"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="3.1e-08"/>
CH TX-1	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="2.8e-08"/>
CH TX-2	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="2.0e-08"/>
CPS TX-1	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="1.8e-08"/>
RS TX-1	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="3.2e-08"/>
BL nn-1	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="nlk"/>	<input type="button" value="3.4e-08"/>
FC 02-n	<input type="button" value="nlk"/>		
FC L1-1	<input type="button" value="nlk"/>		
FC L2-1	<input type="button" value="nlk"/>		
TPS TK-1 DvpNIKSC	<input type="button" value="nlk"/>		
FAC C1-1	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="on"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="on"/>	<input type="button" value="on"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
FAC C1-2	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="on"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>
FAC C1-3		<input type="button" value="off"/>	<input type="button" value="off"/>

ページ 22 インターロック管理

インターロックのバイパスが可能であるが、行ってはならない。

jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System <3>					
NULL					
NULL					
1d/3>					
23 FCstat - Faraday Cup Management					
FC 01-1	1,00e-10 A	2,72e-06 A	in	nop	
FC 01-2	1,00e-10 A	2,70e-06 A	in	nop	
FC 02-1	1,00e-10 A	1,82e-06 A	in	nop	
FC 02-2	1,00e-10 A	1,00e-10 A	in	nop	
FC 03-1	1,00e-10 A	1,83e-06 A	in	nop	
FC L1-1	1,00e-10 A	0,00e+00 A	in	nop	
FC L2-1	1,00e-10 A	1,83e-06 A	in	nop	

ページ 23 ファラデーカップ管理

FC 01-1 ファラデーカップ 01-1 の現在の電流、セーブしてある電流値、カップの状態(in/out)。以下同様。

ファラデーカップでの電流値セーブは [misc func] 中の [set last current] でも行えます (L1, L2 以外)。

REC jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System <3>

NULL			
NULL			
id/s> ...			
30 tpsSRS - tps SRS amplifier control			
SRS 02-1 SRSsens	5 uA/V cal 0 %	SRS 02-2 SRSsens	5 uA/V cal 0 %
SRSioon	off	SRSioon	off
SRSiolv	1 pH	SRSiolv	1 pH
SRSiogn	negative	SRSiogn	negative
SRSiouc	cal	SRSiouc	cal
SRSiouv	0.0 %	SRSiouv	0.0 %
SRSbson	off	SRSbson	off
SRSbslv	0.000 V	SRSbslv	0.000 V
SRSfltt	6 dB LP	SRSfltt	6 dB LP
SRSlfreq	10 KHz	SRSlfreq	10 KHz
SRShfreq	1 MHz	SRShfreq	1 MHz
SRSgald	nop	SRSgald	nop
SRSgmrd	LowNoise	SRSgmrd	LowNoise
SRSinvr	normal	SRSinvr	normal
SRSblink	nop	SRSblink	nop
VR	-0.003 V	VR	-0.003 V
CR	1.60e-08 A	CR	-1.37e-08 A
SRSrst	nop	SRSrst	nop
SRSautoR	nop	SRSautoR	nop
KII 02-1	0.00000e+00 A current off	0.00000 V nop	

ページ 30 slit アンプコントロール

SRS SRSsens	感度の設定。1pA/V～1mA/V
SRSsucm	感度の cal/uncal モードの設定。
SRSsucv	uncal モードでの感度副尺設定。0～100% uncal とは任意の感度が選べるモード。
SRSioon	入力オフセットカレントの on/off。
SRSiolv	入力オフセットカレントの cal モードでのレベル。1pA～5mA
SRSiosn	入力オフセットカレントの neg/pos 選択。
SRSiouc	入力オフセットカレントの cal/uncal モード設定
SRSiouv	uncal モードでの入力オフセット副尺設定。0.0～100.0%
SRSbson	バイアス電圧の on/off
SRSbslv	バイアス電圧レベルの設定。-5V～5V
SRSfltt	フィルタタイプ 設定。
SRS1frq	lowpass フィルタの 3dB 点設定。0.03Hz～1MHz
SRSshfrq	highpass フィルタの 3dB 点設定。0.03Hz～10kHz
SRSrold	overlord したときのためのフィルタリセット。
SRSgnmd	アンプのゲインモード 設定。
SRSinvt	信号の反転設定。
SRSblnk	ブランクインパートのあるなし。
VR	電圧リードバック
CR	電流リードバック
SRSrst	全設定リセット。
SRSAutoR	
KII 02-1	ケスレー電流源コントロール

31 tpsSRSof - tps SRS amplifier offsets	
SPS_02-1 of_1pA	0.000e+00 A
of_2pA	0.000e+00 A
of_5pA	0.000e+00 A
of_10pA	0.000e+00 A
of_20pA	0.000e+00 A
of_50pA	0.000e+00 A
of_100pA	0.000e+00 A
of_200pA	0.000e+00 A
of_500pA	0.000e+00 A
of_1nA	0.000e+00 A
of_2nA	0.000e+00 A
of_5nA	0.000e+00 A
of_10nA	0.000e+00 A
of_20nA	0.000e+00 A
of_50nA	0.000e+00 A
of_100nA	0.000e+00 A
of_200nA	0.000e+00 A
of_500nA	0.000e+00 A
of_1uA	0.000e+00 A
of_2uA	0.000e+00 A
of_5uA	0.000e+00 A
of_10uA	0.000e+00 A
of_20uA	0.000e+00 A
of_50uA	0.000e+00 A
of_100uA	0.000e+00 A
of_200uA	0.000e+00 A
of_500uA	0.000e+00 A
of_1mA	0.000e+00 A
SPS_02-2 of_1pA	0.000e+00 A
of_2pA	0.000e+00 A
of_5pA	0.000e+00 A
of_10pA	0.000e+00 A
of_20pA	0.000e+00 A
of_50pA	0.000e+00 A
of_100pA	0.000e+00 A
of_200pA	0.000e+00 A
of_500pA	0.000e+00 A
of_1nA	0.000e+00 A
of_2nA	0.000e+00 A
of_5nA	0.000e+00 A
of_10nA	0.000e+00 A
of_20nA	0.000e+00 A
of_50nA	0.000e+00 A
of_100nA	0.000e+00 A
of_200nA	0.000e+00 A
of_500nA	0.000e+00 A
of_1uA	0.000e+00 A
of_2uA	0.000e+00 A
of_5uA	0.000e+00 A
of_10uA	0.000e+00 A
of_20uA	0.000e+00 A
of_50uA	0.000e+00 A
of_100uA	0.000e+00 A
of_200uA	0.000e+00 A
of_500uA	0.000e+00 A
of_1mA	0.000e+00 A

ページ 31 slit アンプのオフセット

オフセットの値を入力可能

ページ 32, ページ 33 は L1, L2 ターゲット用の SRS アンプであり内容は slit 用の SRS アンプと同様なので省略。

REC jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System <3>			
NULL			
NULL			
td/sz			
40 Magnet1 - BM 01-1 related controls			
BM 01-1 DC Pwr Status Rd	0	0	0
Pwr Status Read	ok	ok	ok
Reset SC	nop	nop	nop
Magnet Status Word	bffffca	bffffca	bffffca
General Failure SR	ok	ok	ok
Transistor SR	ok	ok	ok
Over Current SR	ok	ok	ok
Overload SR	ok	ok	ok
Fuse Failure SR	ok	ok	ok
Water Flow SR	flow	flow	flow
Temperature SR	nk	nk	nk
Water Flow SR aux	flow	flow	flow
Temperature SR Aux	ok	ok	ok
Ready SR	nop	nop	nop
Current Ctl	118,869 A	118,869 A	118,869 A
Current Read	0 A	0 A	0 A
Voltage Read	0 V	0 V	0 V
Magnet field Set	13557.3 G	13557.3 G	13557.3 G
Field Deviation	-12530.3 G	-12530.3 G	-12530.3 G
HPB 01-1 Magnet field Read	27.6 G	27.6 G	27.6 G
Range Select	1.3 T	1.3 T	1.3 T
NMR 01-1 Magnet field Read	2564.28 G	2564.28 G	2564.28 G
Probe Select SR	0,1-0,29 T	0,1-0,29 T	0,1-0,29 T
Fld Srch Svp Dir-SR	nop	nop	nop
Fld Srch Svp Spd SR	nop	nop	nop
Reset SC	nop	nop	nop
Field Lock Status	nop	nop	nop
Field read LSB	256424	256424	256424
Field read MSB	0	0	0
BM 01-1 Calculated Mass	16,644 AMU	16,644 AMU	16,644 AMU
Calculated Energy	0.165433 MeV	0.165433 MeV	0.165433 MeV
Calculated Energy	0.146438 MeV	0.146438 MeV	0.146438 MeV
BM 01-1 Magnet Radius	0.324 M	0.324 M	0.324 M
BM auto tuning steps	6	6	6
BM auto tuning time	20 Sec	20 Sec	20 Sec
BM auto tuning type	norp	norp	norp

ページ 40 BM 01-1 関連のコントロール

BM 01-1 DC Pwr Status Rd 直流電源 on/off

Pwr Status Read 電源 on/off

Reset SC リセット。

Magnet Status Word

General Failure SR 状態。

以下、ステータス表示

Current Ctl 電流設定値。

Current Read 電流リードバック

Voltage Read 電圧リードバック

Magnet field Set 磁場設定値。

Field Deviation 磁場設定値と HPB 計測値の差。

HPB 01-1 Magnet field read HPB による磁場計測値。

Range Select レンジ選択。

NMR 01-1 Magnet field read NMR による磁場計測値。HPB よりも精度が高い。

Probe Select レンジ選択。

Fld Srch Swp Dir SR どの方向に探しに行くか。(up/down/stop)

Fld Srch Swp Spd SR 探索速度。(fast/Norm/slow)

Reset SC リセット。

Field Lock Status ロック状態表示。ロック状態でなければ計測中。

Field read LSB (MSB)

BM 01-1 calculated ~~

NMR 等からの計算値。ページ 20 の説明参照。

BM 01-1 Magnet Radius 電磁石半径。設計値は 0.325m

BM auto tuning steps

BM auto tuning time

BM auto tuning type

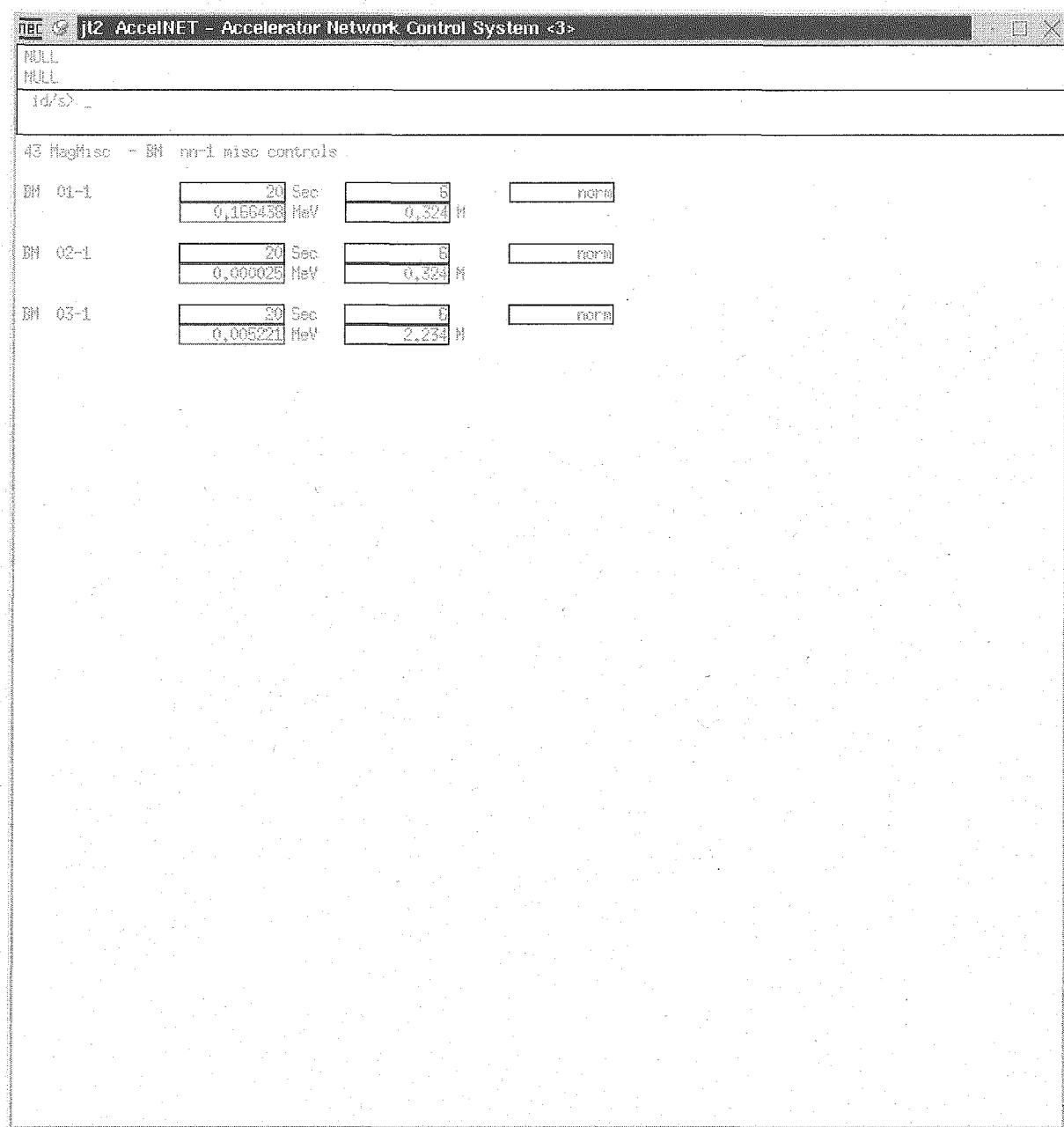
ページ 41 は同様の内容なので省略。

jt2 AccelNET - Accelerator Network Control System			
NULL			
NULL			
id/f> _			
42 Magnet3 - BM 03-1 related controls			
BM 03-1 Pwr Status Ctl	off		
Polarity Status Rd	Positive		Inop
Current Ctl	8,300 A		
Current Read	0 A		
Magnet field Set	1930.0 G		Inop
Field Deviation	-1864.1 G		
HPB 03-1 Magnet field Read	65.9 G		
Range Select	1.2 T		
BM 03-1 Calculated Mass	0.523 AMU		
Calculated Energy	0.005226 MeV		
deltaE (Ecalc-Etot)	-0.014774 MeV		
BM 03-1 Magnet Radius	2,234 M		
BM auto tuning steps	6		
BM auto tuning time	20 Sec		
BM auto tuning type	norm		

ページ 42 BM 03-1 関連のコントロール

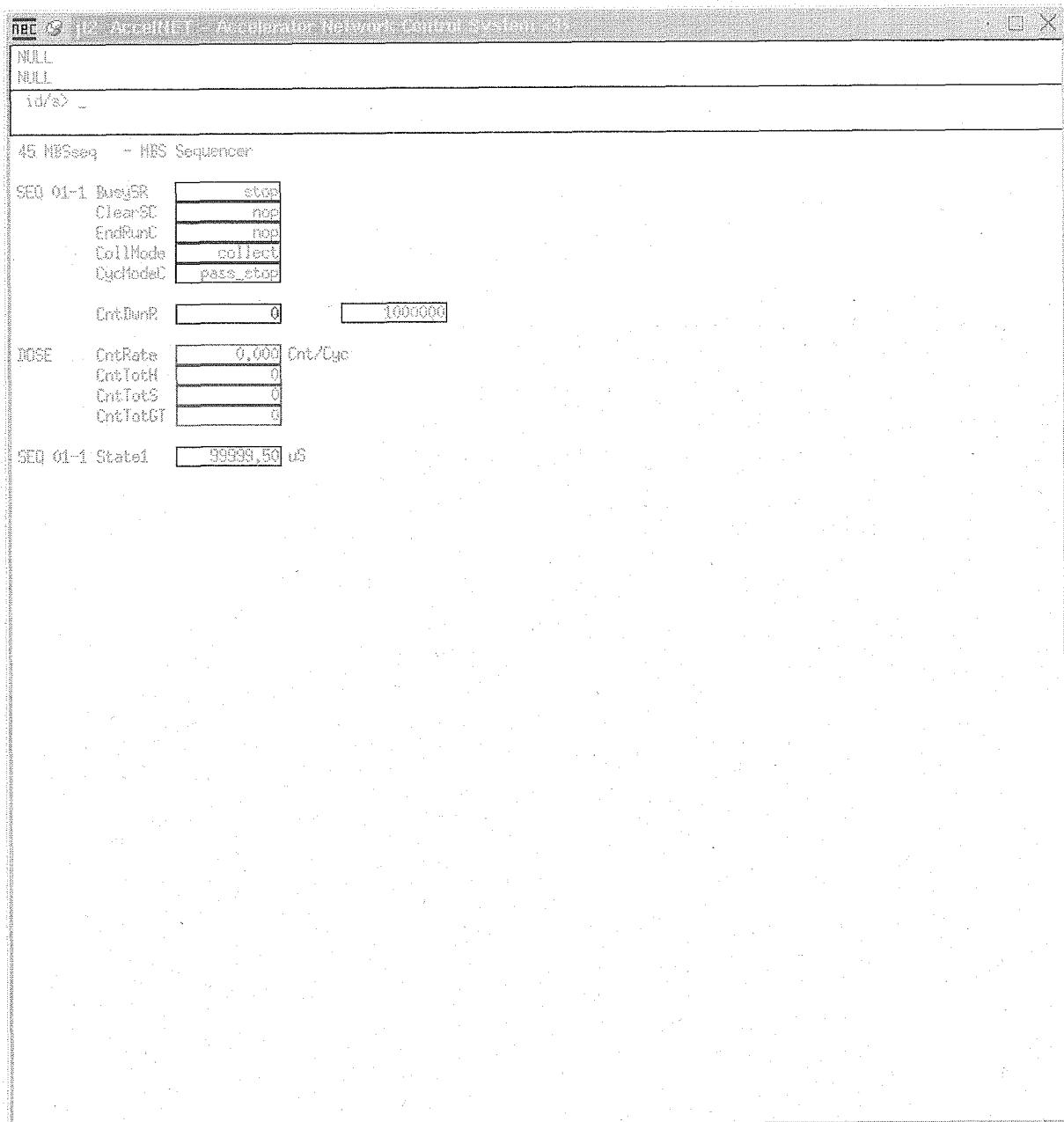
BM 03-1 Pwr Status Ctl 電源。On/off
 Polarity Status Rd neg/pos 選択。Negative:L1 ピーライン
 Positive:L2 ピーライン

その他の項目はページ 40, 41 と同様のため省略。



ページ 43 マグネット関係コントロール

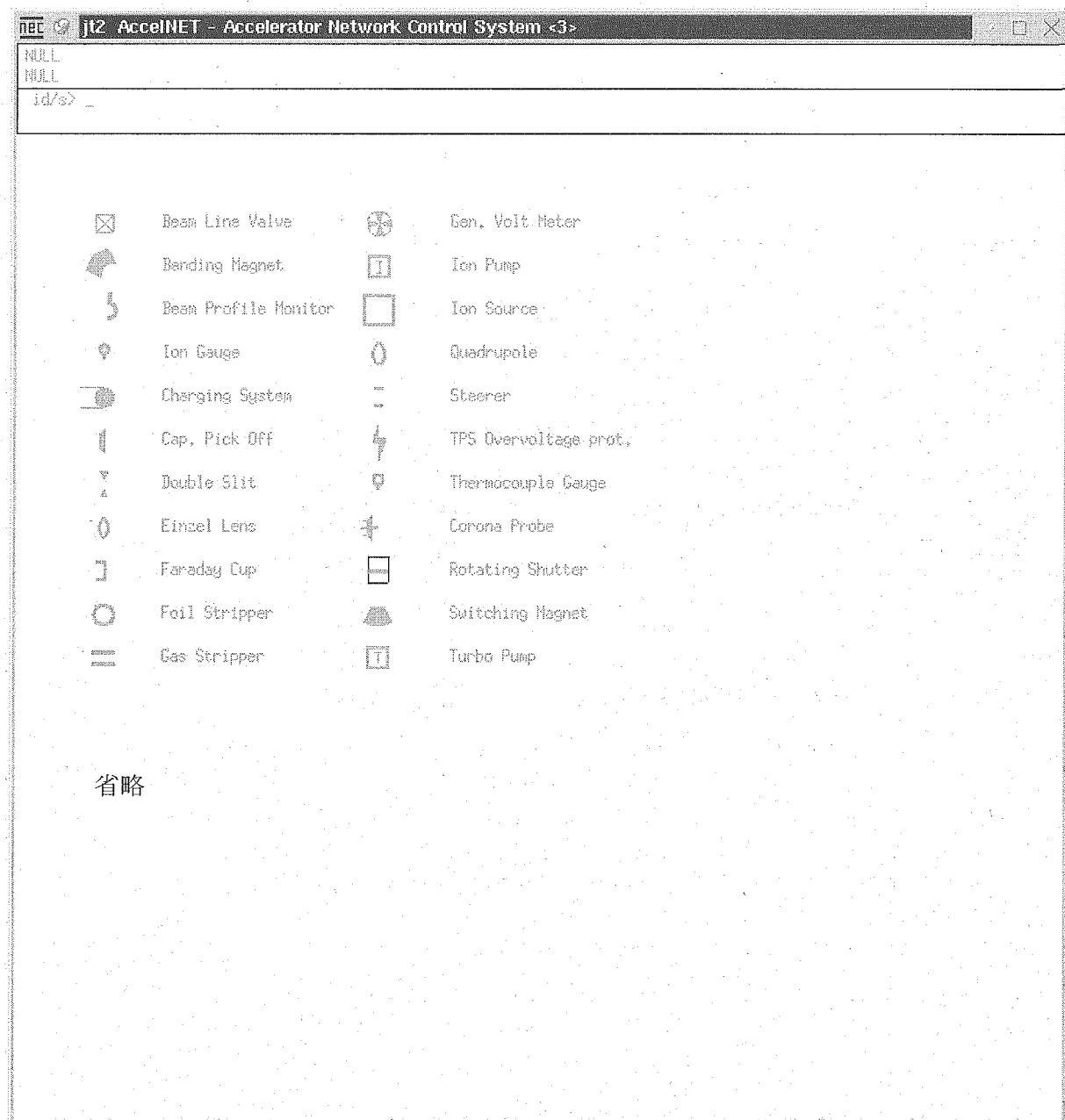
ページ 40, 41, 42 から設定関係を抜き出したもの。



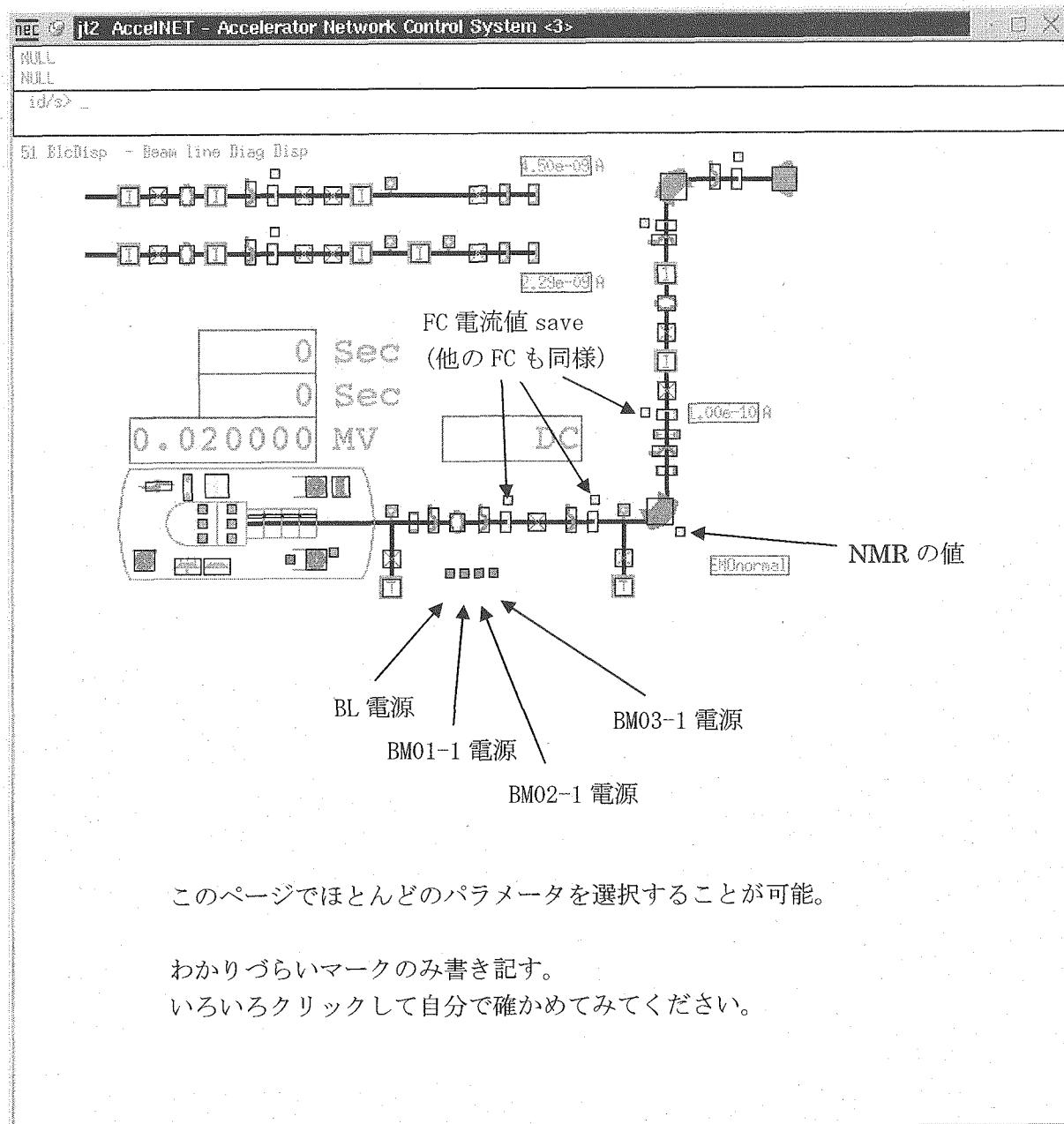
ページ 45 2 検出器同時測定によるパルス幅測定のコントロール

SEQ 01-1 BusySR	測定の状態(start/stop)。
ClearSC	クリア。
EndRunC	終了。
CollMode	コレクトモード。Collect/tune
CycModeC	サイクルモード選択。Pass_Stop/Pass_run/Count_run
CntDwnR	
DOSE CntRate	測定情報表示。
~~	
~~	

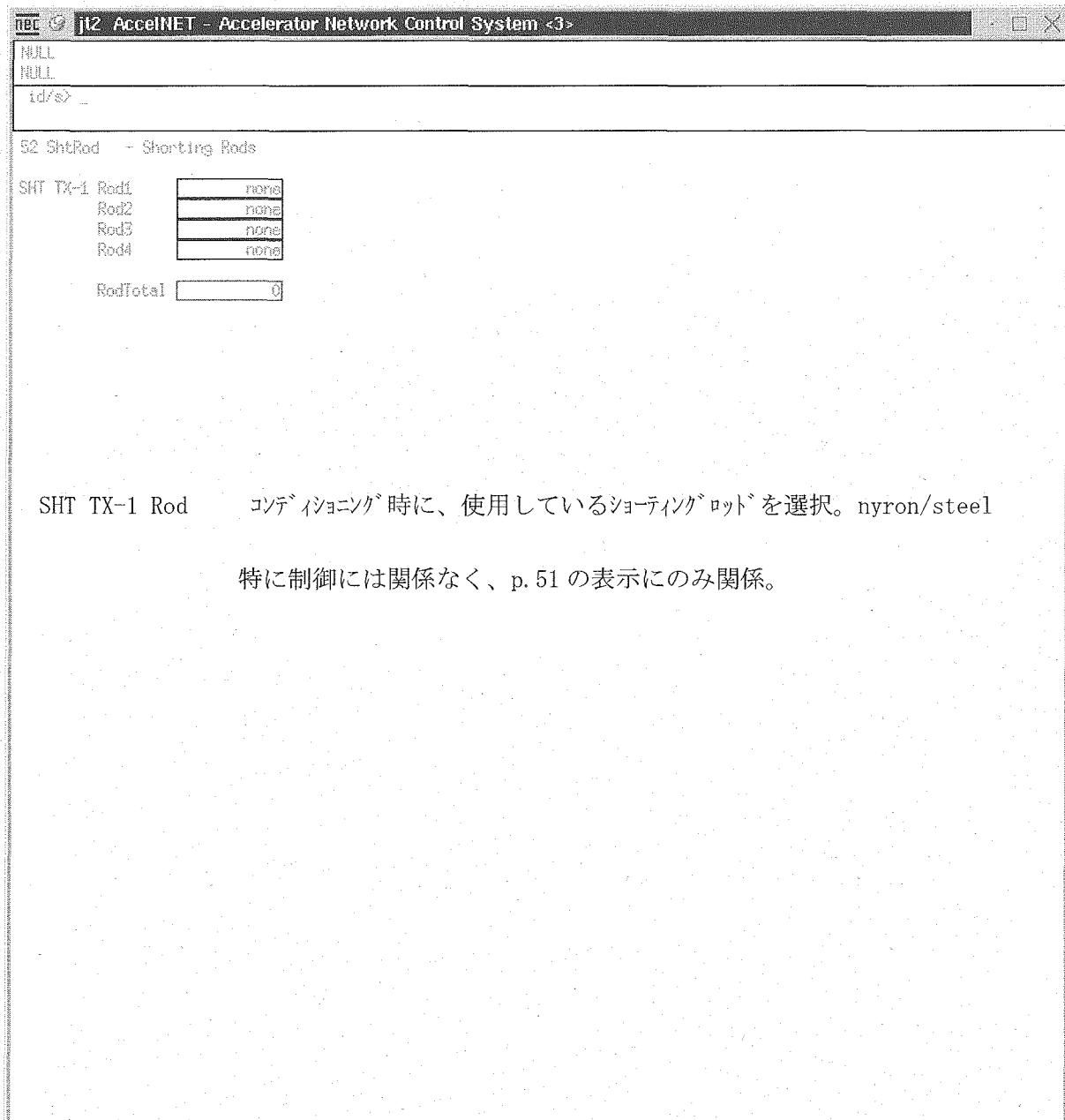
ページ 50 アイコン説明



ページ 51 ビームライン系統図の表示



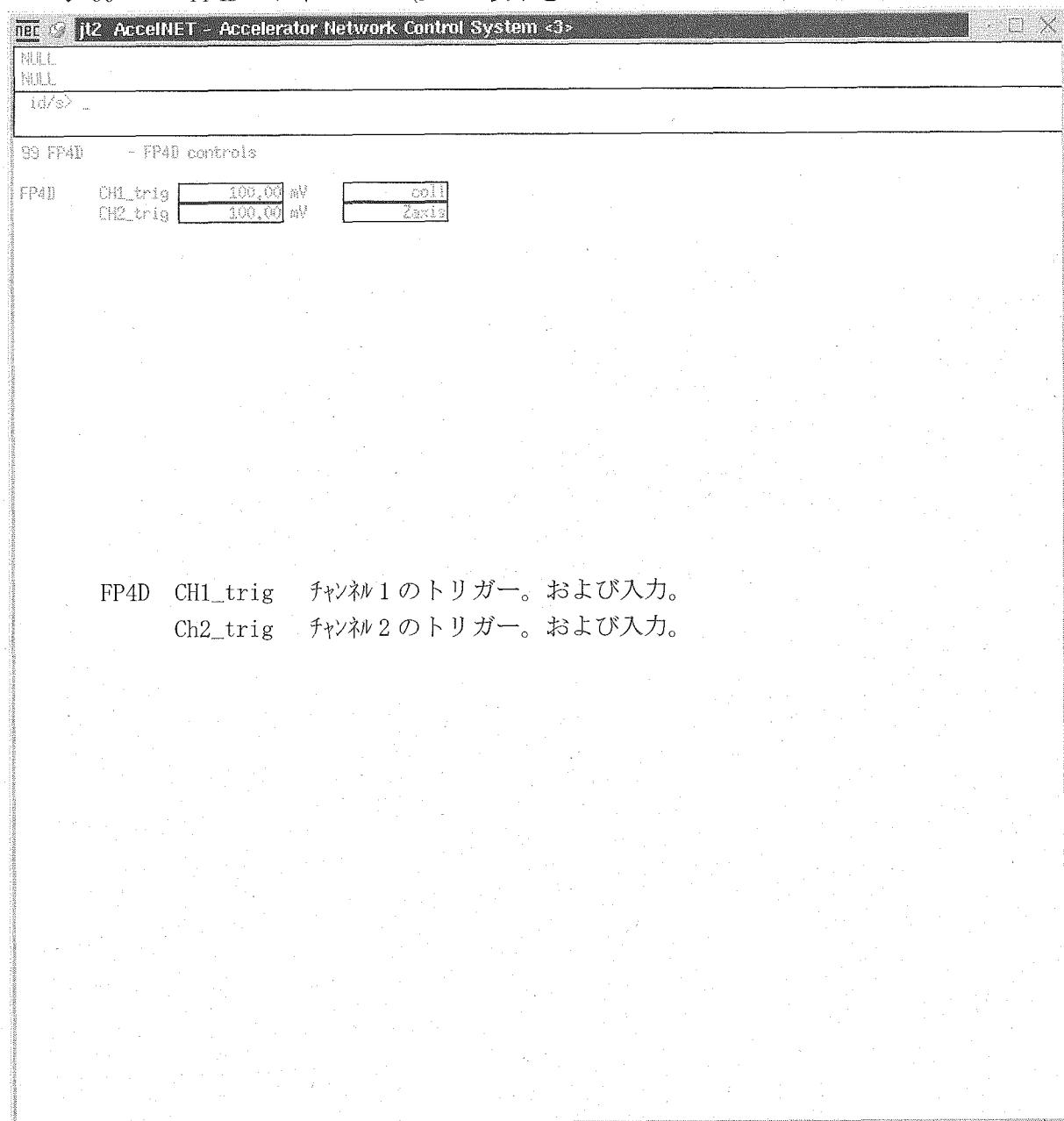
ページ 52 ショーティングロッド



SHT TX-1 Rod コンディショニング時に、使用しているショーティングロッドを選択。nyron/steel

特に制御には関係なく、p. 51 の表示にのみ関係。

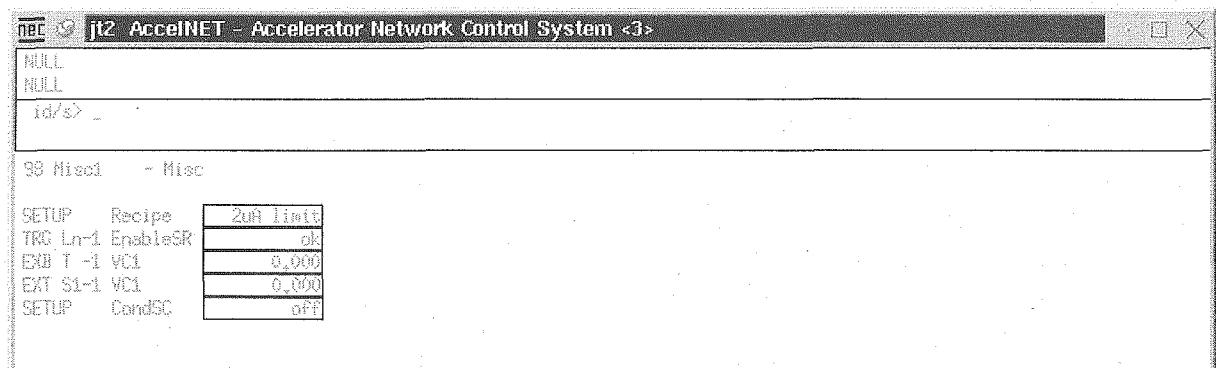
ページ 99 FP4D コントロール (BPM の表示をしているオシロへの入力信号)



FP4D CH1_trig チャンネル1のトリガー。および入力。

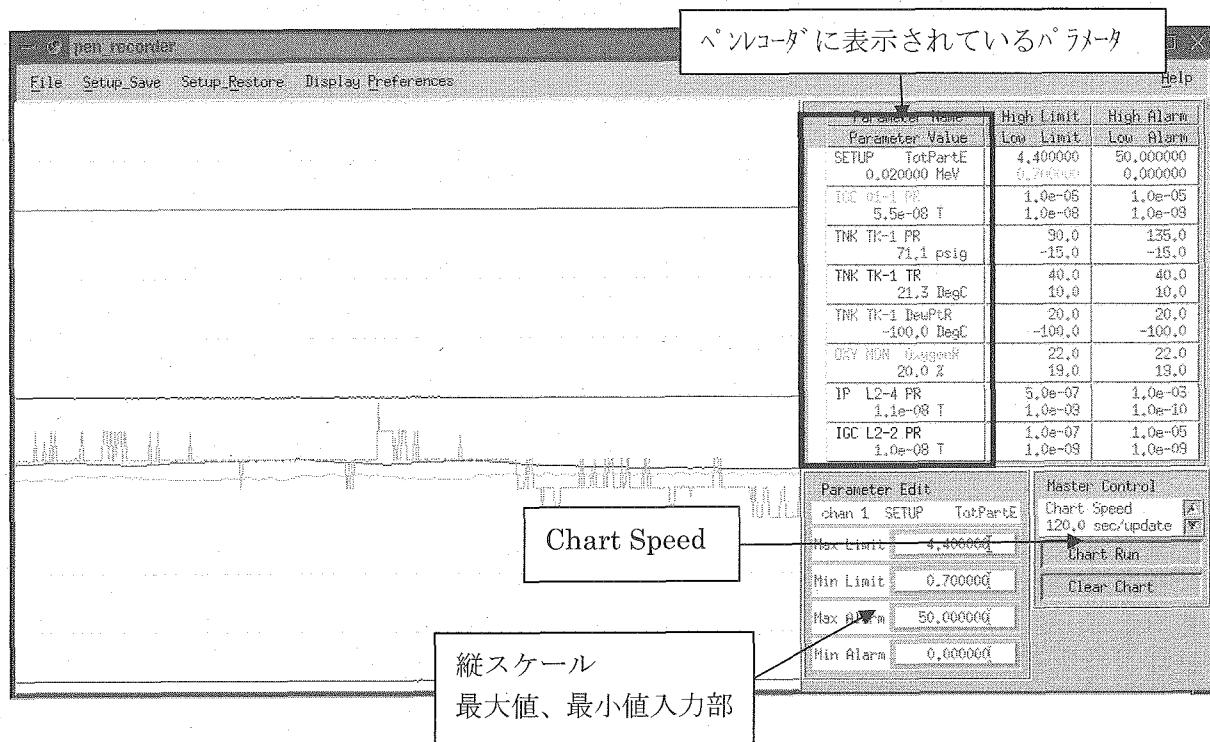
Ch2_trig チャンネル2のトリガー。および入力。

ページ 98 その他



- SETUP Recipe 電流制限。
 TRG Ln-1 EnableSR ターゲットで電流制限使用選択。
 ExB T-1 VC1 ExB 電圧設定。インターロックをバイパスして使用するとき。
 EXT S1-1 VC1 EXT 電圧設定。インターロックをバイパスして使用するとき。
 SETUP CondSC 4MV 以上電圧をかけるとき使用。コンディショニング時。

(d) ペンレコーダー



パラメータの登録

Xcrt ウィンドウでパラメータをアサインし、コマンド[pen n] (n=1~8)と入力する。パラメータは8個まで登録できる。

Setup save

上部メニューの Setup_save で現在のパラメータ組み合わせをセーブできる。14個まで可能。

Setup restore

上部メニューの Setup_restore で上記の save したパラメータ組み合わせを呼び出すことができる。14個まで可能。

縦スケール

画面上でパラメータをクリックし、画面右下部分で最大値、最小値を入力できる。

横スケール

Chart speed	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	5.0	10	15	30	60	120
1 画面の時間	1 分	2 分	5 分	10 分	20 分	50 分	100 分	2.5 h	5 h	10 h	20 h

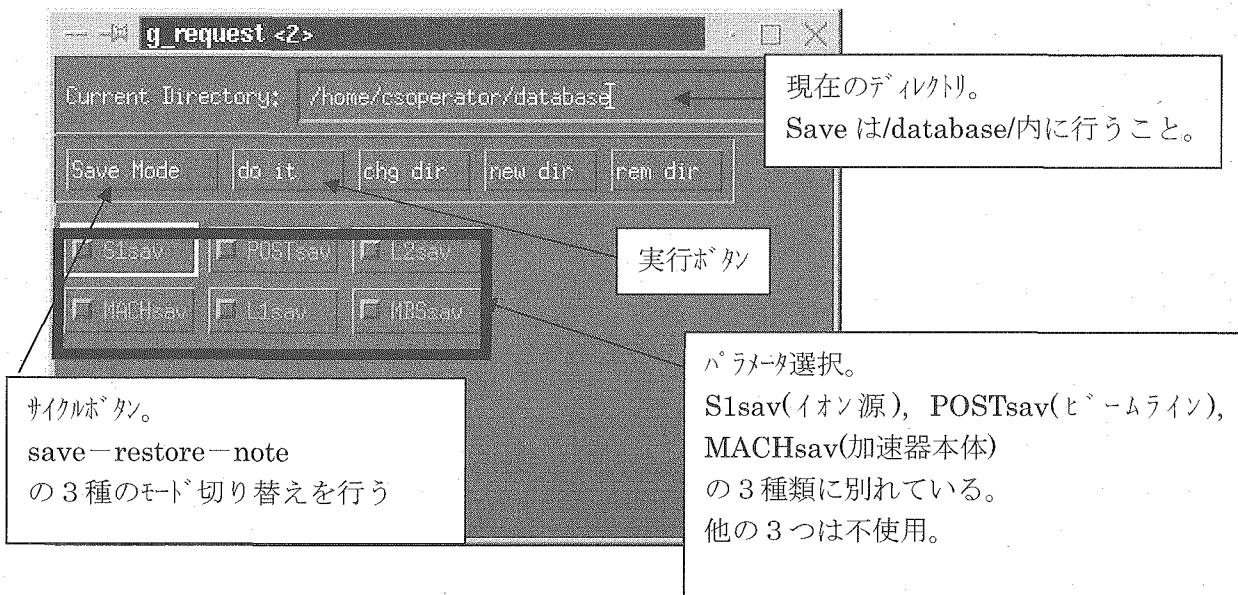
その他

JT1、JT2 でそれぞれ独立にペンレコーダーを起動することが可能。

ペンレコーダーと言ってはいるがサンプリングしてるので連続値ではない。

(e) データベースセーブ

現在のイオン源、加速器本体、ビームラインのコントロールパラメータの値を save(保存)することができる。また、以前に保存した値を restore(呼び出す)ことができる。

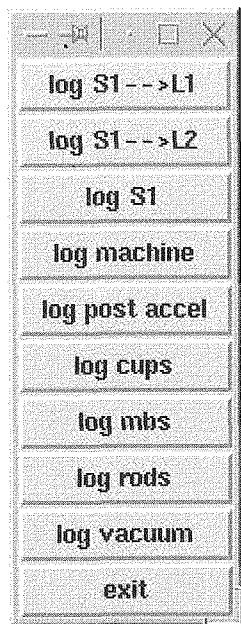


Save されるパラメータ

S1sav	MACHsav	POSTsav
ARC S1-1 CC	SETUP 0species	MS 01-1 XCC
MAG S1-1 CC	SETUP AtomNumb	MS 01-1 YCC
EXT S1-1 VC	SETUP BLsel	MQ 01-1 XCC
FOC S1-1 VC		MQ 01-1 YCC
EXB T -1 VC	TPS TK-1 PwrSC	MS 02-1 XCC
GAP T -1 VC	TPS TK-1 ModeSC	MS 02-1 YCC
BUN T -1 DelayDC	TPS TK-1 TrvVC	MQ 02-1 XCC
BUN T -1 TubeSelC	TPS TK-1 CtlGain	MQ 02-1 YCC
POP T -1 VC	TPS TK-1 CP0gain	BM 01-1 MfieldC
POP T -1 DelayDC	TPS TK-1 PrbQCC	BM 02-1 MfieldC
SWP T -1 VCoffset	TPS TK-1 PrbDC	BM 03-1 MfieldC
	TPS TK-1 LINEgain	MQ L1-1 XCC
	CPS TX-1 VCdfault	MQ L1-1 YCC
	COOL S1 CoolSC	MQ L2-1 XCC
		MQ L2-1 YCC
		SRS 02-1 SRSsens
		SRS 02-1 SRS1frq
		SRS 02-1 SRSinvt
		SRS 02-1 SRSgnmd
		SRS 02-2 SRSsens
		SRS 02-2 SRS1frq
		SRS 02-2 SRSinvt
		SRS 02-2 SRSgnmd
		SRS L1-1 SRSsens
		SRS L1-1 SRS1frq
		SRS L1-1 SRSinvt
		SRS L1-1 SRSgnmd
		SRS L2-1 SRSsens
		SRS L2-1 SRS1frq
		SRS L2-1 SRSinvt
		SRS L2-1 SRSgnmd
		IGC L1-1 FilSC
		IGC L2-1 FilSC
		IGC L2-2 FilSC

(f) Logging

それぞれのコントロール値およびリードバック値を印刷する。



印刷されるパラメータは、/AccelNET/tokai/Scalelists/内のファイル名[rlog]で終わるファイルで編集可能。

メニュー	対応ファイル
log S1→ L1	S1rlog, MACHrlog, POSTrlog, L1rlog, VACrlog, FCrlog
log S1→ L2	S1rlog, MACHrlog, POSTrlog, L2rlog, VACrlog, FCrlog
log S1	S1rlog
log machine	MACHrlog
log post acccel	POSTrlog
log cups	FCrlog
log mbs	mbsrlog
log rods	RODrlog
log vacuum	VACrlog

/AccelNET/tokai/Scalelists/内のファイルで、[strog]はインターネット上で表示するパラメータ。

[sav]は dbsave で save されるパラメータ。[sav]は編集を行わないこと。

(g) MKsave

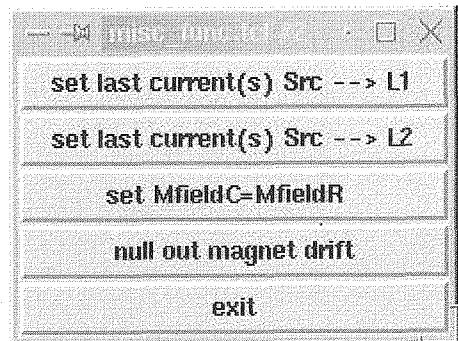
コントロールパネル右にあるメータ、ノブにアサインされるパラメータグループを保存/呼び出します。15 グループ設定できる。



現在のグループ設定

g1	コンディショニング
g2	付源スタート
g3	付源調整
g4	パルス調整(ポップ)
g5	パルス調整(パンチャー)
g6	BL01 調整 for L1
g7	BL02 調整 for L1
g8	X 方向調整 for L1
g9	Y 方向調整 for L1
g10	L1 調整
g11	BL01 調整 for L2
g12	BL02 調整 for L2
g13	X 方向調整 for L2
g14	Y 方向調整 for L2
g15	L2 調整

(h) misc func



Set last current(s) Src → L1(L2)

イオン源からターゲットまでのファラデーカップがすべて in になり、カップの電流を自動的に順次記録していく。FC L1(L2)-1 は含まれていないため、手動で電流値 save および open する必要がある。この電流値は log cups で印刷される。

Set MfieldC = MfieldR

データベースから設定値をリストアした際、磁場のコントロール値とリードバック値は同じくなるが、ビームを最適化するため BM の電流を調整すると、磁場のコントロール値はそのままリードバック値のみ変化する。そのためこのコマンドでリードバック値にコントロール値を合わせることができる。dbsave でデータベースに save する前にはこのコマンドを使ってコントロール値を実際の磁場測定値にあわせる必要がある。

null out magnet drift

Set MfieldC = MfieldR の逆でコントロール値にリードバック値を合わせることができる。マグネットが設定値からドリフトしていた場合に有効である。

* 注意) Danfysik 社のマグネット用電源は、測定用のホールプローブよりも安定しているので、このリセットはおそらく役に立たない。このコマンドは、オペレータの誤り等によって設定が変更された場合、もとの設定値へ戻すことができる。

5. インターロック

インターロックは作業者等の安全保護および機器の保護のために設置されている。加速器の運転に際して、電圧発生、ビーム輸送、ビーム照射、それぞれに必要なインターロック条件があり、インターロックパネルおよび加速器制御装置で管理している。インターロック系の機能は常に正常に動作させ、バイパス等でインターロックを解除することは特別に必要な場合を除き行ってはならない。

5.1 インターロックパネル

加速器制御室に設置されているインターロックパネルでは、加速器制御装置、遮蔽扉、パーソナルキー等の入力信号をうけて、加速器室扉および単色中性子照射室扉の電気錠ロック、入口扉表示灯の点灯、照射可能信号の出力を行っている。写真 5.1-1 にインターロックパネルを、写真 5.1-2 に表示灯を示す。

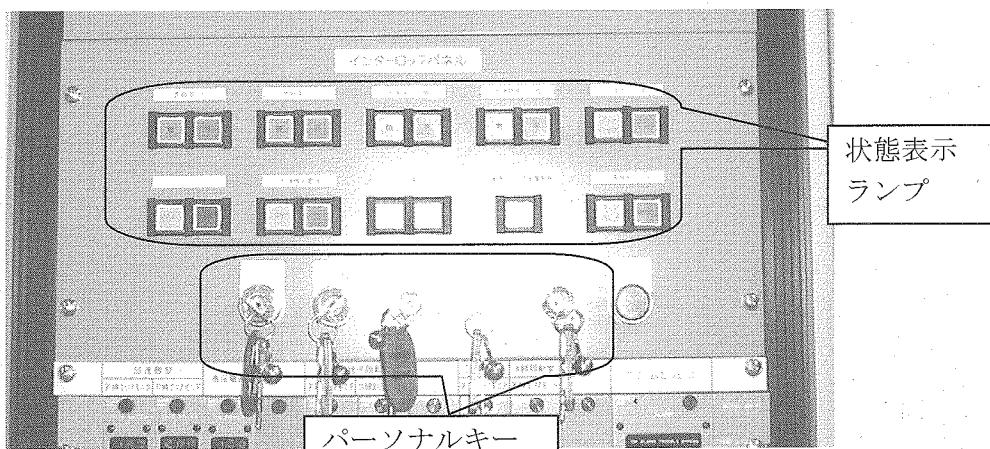


写真 5.1-1 インターロックパネル

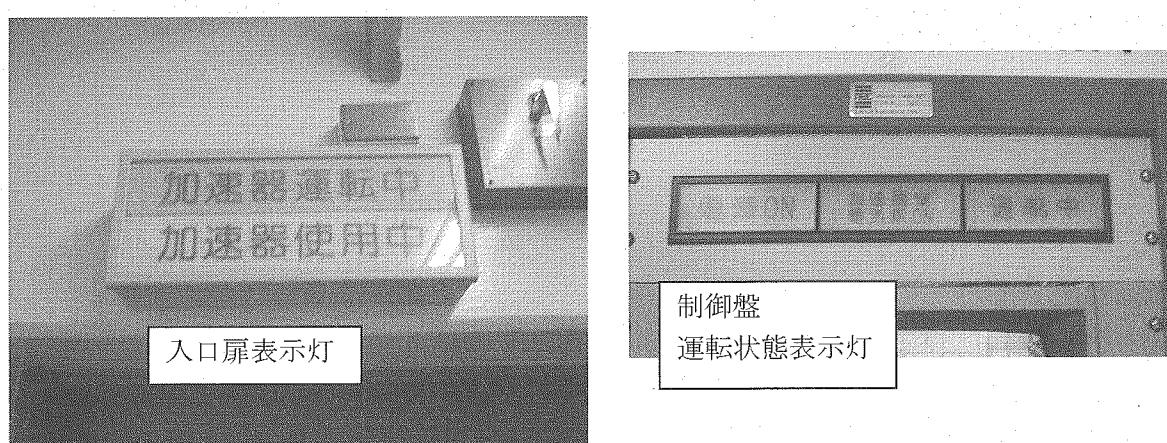


写真 5.1-2 表示灯

インターロックパネルの状態表示ランプの内容は次のとおりである。

遮蔽扉(内)	単色中性子照射室地下と加速器室との間の遮蔽扉 開/閉 状態
遮蔽扉(外)	単色中性子照射室の屋外との遮蔽扉 開/閉 状態
照射室入口扉	単色中性子照射室入口扉 開/閉 状態
加速器室入口扉	加速器室入口扉 開/閉 状態
照射室ロック	単色中性子照射室入口扉の電気錠ロック 状態
加速器室ロック	加速器室入口扉の電気錠ロック 状態
キースイッチ	パーソナルキーの状態 (5個すべてONでONとなる)
加速器主電源	加速器メインキー電源 ON/OFF
照射可	照射可能信号 ON/OFF 状態
回転灯	単色中性子照射室の室内回転灯 状態

次に使用順にインターロック条件、状態を示す。またインターロックの系統図を図5.1-1に示す。

- ① 加速器主電源メインキーをONにすることにより、単色室および加速器室入口扉表示灯「使用中」が点灯する。
- ② 加速器室入口扉閉で、加速器室ドアロックキーONにすることにより、加速器室入口扉の電気錠ロックがかかり、加速器室の回転灯が点灯・鳴動する。この状態で、加速器の高電圧を発生させることができる。
- ③ 全ての扉閉、全てのパーソナルキーONになると、単色室および加速器室入口扉表示灯「照射中」が点灯し、単色室入口扉の電気錠ロックがかかり、単色室内回転灯が点灯・鳴動する。この状態になると、インターロックパネルから加速器制御装置に「照射可」信号がでて、ターゲットにビームを照射することができる。

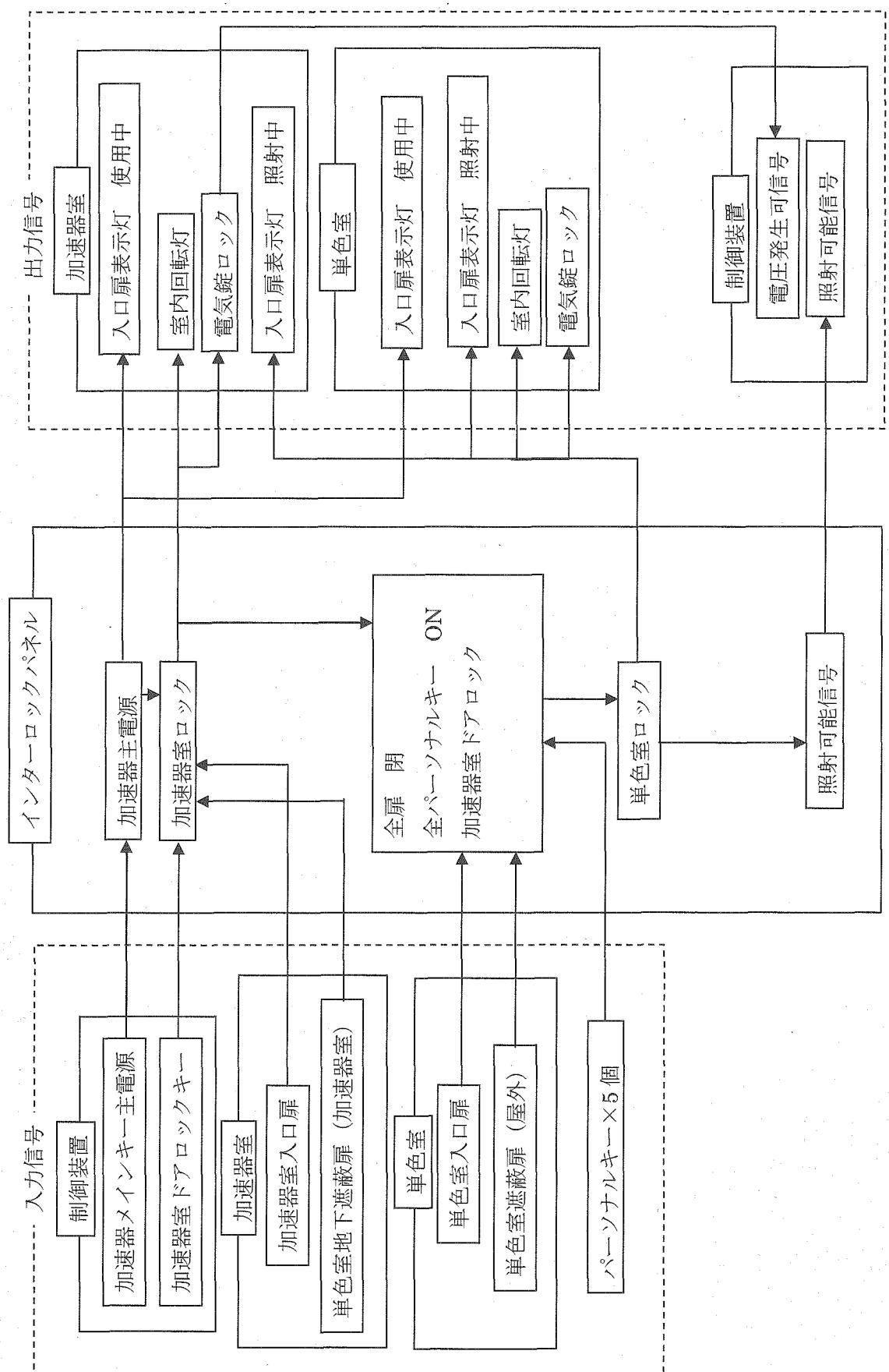


図 5.1-1 インターロック系統図

5.2 加速器制御装置インターロック

加速器制御装置では、インターロックパネルからのインターロック信号および加速器機器の状態により様々なインターロックがかかっている。それぞれの機器について、作動条件を表 5.2-1 に示す。また、ビーム照射・停止用フーラーデカップル(照射シャッター)は、許可申請による各ターゲットのビーム電流制限値を超えると照射シャッターを開けることができない。これは、単色中性子照射室から外部への漏洩線量率を制限し、法令に基づく作業者の許容被ばく線量を維持するもので、これらのビーム電流制限値を表 5.2-2 に示す。これらインターロックが作動した際は、AccelNET 上に警告が表示されるため、その表示に従うこと。

表 5.2-1 機器の作動条件

機器名	作動条件
加速器タンクプロワー BLW	冷却水装置 ON タンク圧力 0 psi 以上
ロータリングシャフト	イオン源冷却 ON BLW ON
チェーン CH TX-1 CH TX-2	加速器室ロック CPS 0.2kV 以上
EXT	加速器室ロック
ExB	加速器室ロック
BLV 01-1	IGC01-1, IGC01-2 1E-5 Torr 以下
BLV 02-1	IP02-1, IP02-2 1E-5 Torr 以下
BLV L1-1	IP L1-1, IP L1-2 1E-5 Torr 以下
BLV L1-2	IP L1-2, IP L1-3 1E-5 Torr 以下
BLV L2-1	IP L2-1, IP L2-2 1E-5 Torr 以下
BLV L2-2	IP L2-2, IP L2-3 1E-5 Torr 以下
FC 01-1	BLV 01-1 open
FC 02-1	ビームシャッターとして使用しているため、常に FC 02-2 に連動して動作 (FC 02-1 のみの動作はできない)
FC 02-2	BLV 02-1, BLV 02-2 open インターロックパネル 照射可 ビーム電流制限内 (表 5.2-2 参照)
FC 03-1	BM 03-1 negative (positive) 選択 BLV L1-1 (L2-1) open
FC L1-1	BLV L1-2 open L1 ターゲット冷却液 flow
FC L2-1	BLV L2-2 open L2 ターゲット冷却液 flow

表 5.2-2 ビーム電流制限値

ターゲット	加速イオン	ビーム電流制限値
トリチウム	p : 陽子	~50 μ A
	d : 重陽子	~6 μ A
重水素	d : 重陽子	~3 μ A
リチウム	p : 陽子	~50 μ A
スカンジウム	p : 陽子	~50 μ A
フッ素	p : 陽子	~50 μ A
炭素	p : 陽子	~50 μ A

5.3 非常停止スイッチ

本加速器装置にかかる非常停止ボタンには2種類ある。一方は加速器関係分電盤のブレーカーにつながっており、全ての電源をOFFにしてしまう電源非常停止系統。もう一方は制御装置に非常停止信号を送り、インターロックによりロータリングシャフト、チェーンを止め、イオン源を停止し、電圧を落とす加速器停止系統である。

5.3.1 電源非常停止系

感電、火災発生時等のためのもので、加速器ビームラインの架台に十数個、加速器制御パネルに1個設置されている。写真5.3-1に示す。この非常停止スイッチを押すと、加速器室の加速器関係分電盤の主ブレーカーが落ち、全ての電源がOFFとなる。

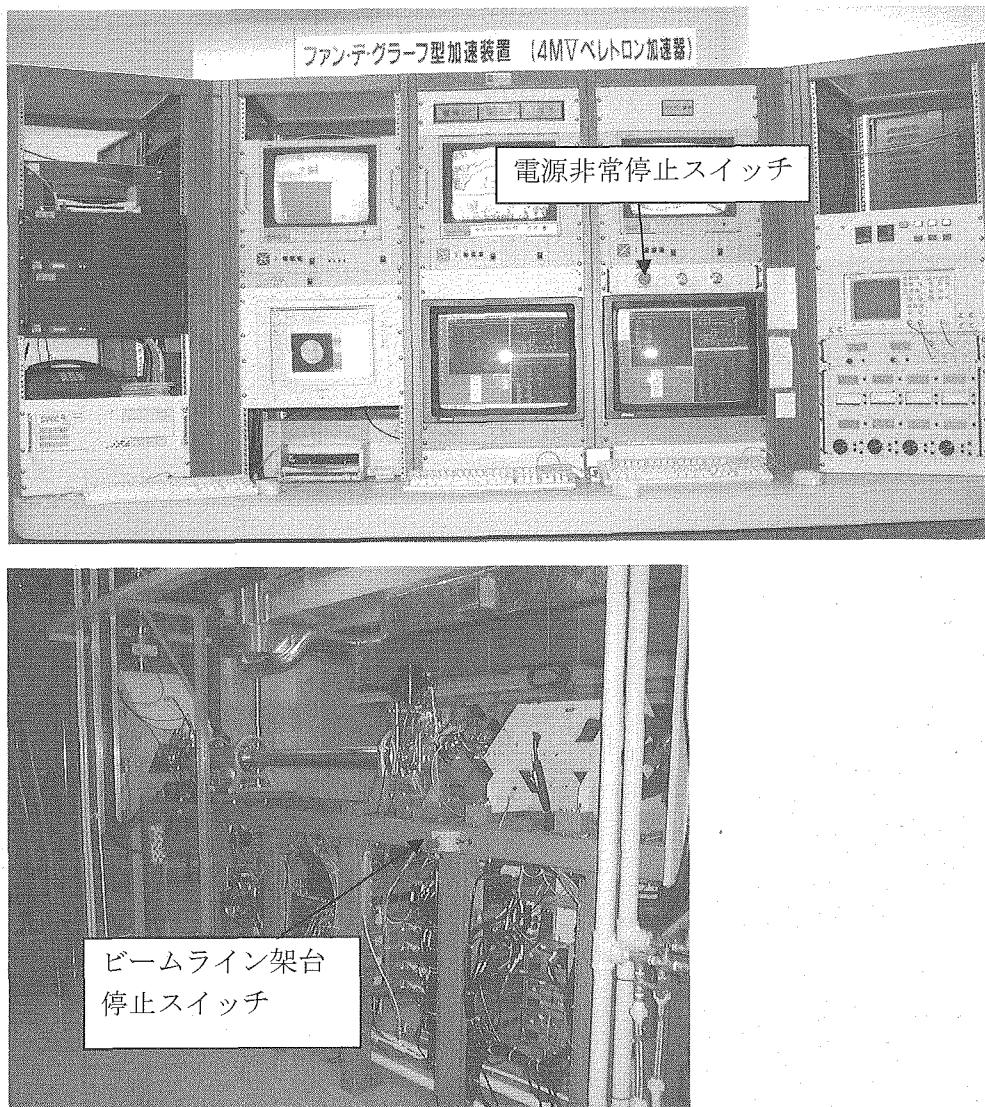


写真5.3-1 電源非常停止スイッチ

5.3.2 加速器停止系

加速器停止系の非常停止スイッチは、単色中性子照射室グレーチング上及び地下にそれぞれ1個、加速器室に1個の計3個設置されている。この非常停止スイッチを押すと、ロータリングシャフト、チェーンの動作が停止し、ビーム電流、電圧がOFFとなる。加速器停止スイッチの配置図を図5.3-1に示す。

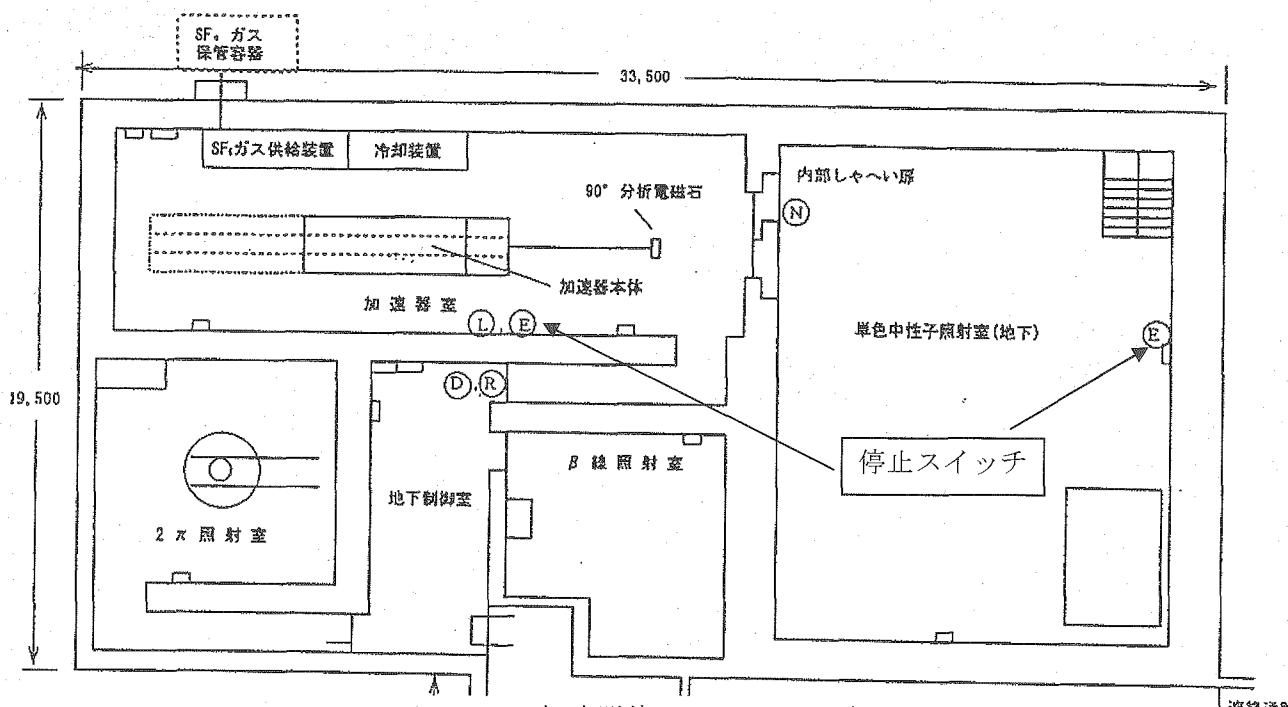
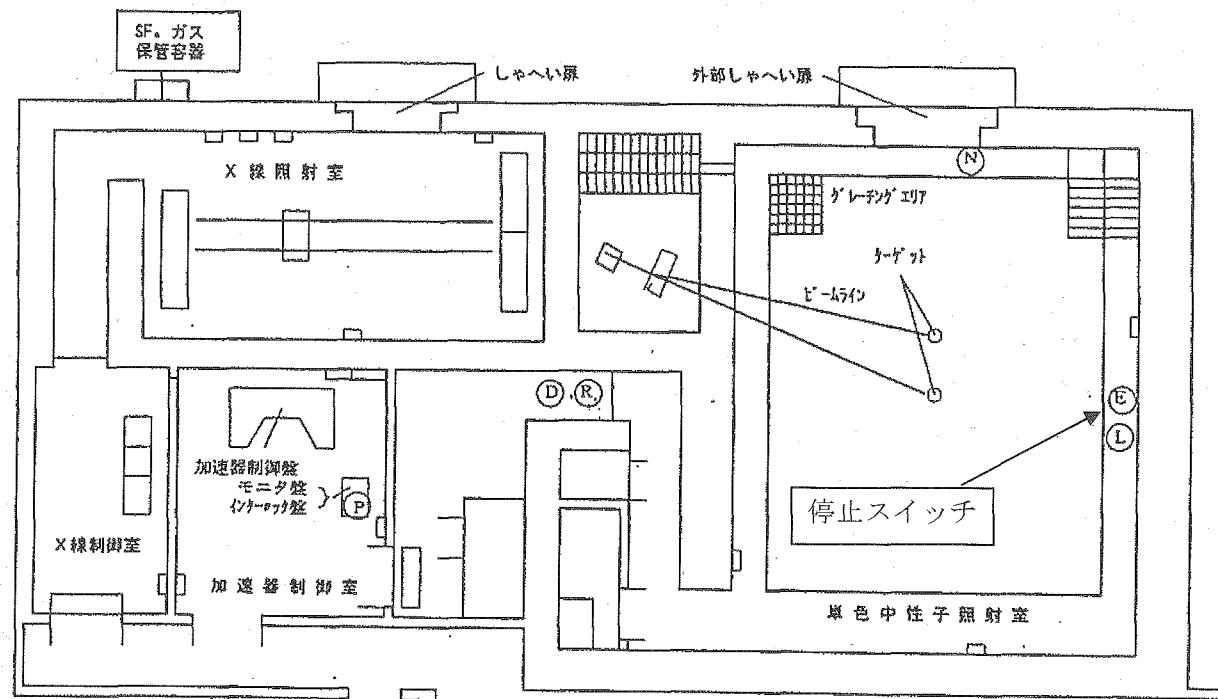


図 5.3-1 加速器停止スイッチ配置

6. メンテナンス作業

製造業者に依頼して、加速器定期点検を年1回行っている。点検項目は、タンク内SF₆ガス用の乾燥剤交換、ロータリーポンプのオイル交換および付帯装置であるSF₆ガス搬送装置、冷却水装置、圧縮空気供給装置の点検である。本マニュアルでは、これとは別に機構職員が行う点検・交換作業などのメンテナンス作業について手順を示す。

6.1 タンク開閉手順

6.1.1 タンク開時の手順

(1) コントロール装置上での準備（作業場所：制御室）

- ① BLW、SOURCE COOLING、LINER、TPS、RS、CPSをOFFにする。
- ② FIL CC、ARC CC、MAG CC、EXT VC、FOC VC、EXB VC、GAP VC、POP VC、POP Delay、SWP VC、BUN VC、BUN Delayを全て0にする。
- ③ SWP OffsetVCを50%にする。
- ④ POP 4MHzにする。

(2) 絶縁ガス(SF₆)のバランス（作業場所：加速器室）

回収装置のバルブ操作を行い、加速器タンクとストレージタンクのガス圧力をバランスさせる。バルブの操作は回収装置に表示されているバルブ操作表を確認の上行うこと。写真6.1-1にバルブ操作表を示す。

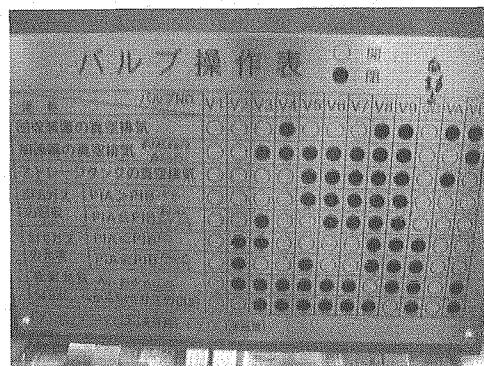


写真 6.1-1 バルブ操作表

◆バランス手順

- ① SF₆圧力確認表（制御盤に貼ってある）にガス圧力を記入する。
- ② 加速器タンク上部のバルブ(VA-1～4)を全て閉じ、VA-3バルブのみ開く。（写真6.1-2参照）
- ③ 回収装置VB、V4、V3、V2の順にバルブを開く。（写真6.1-3参照）

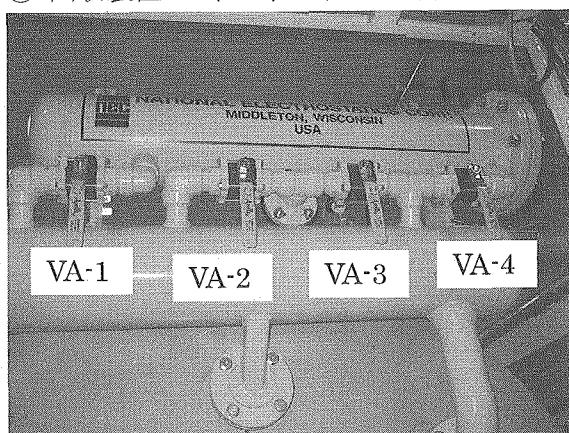


写真 6.1-2 加速器タンク上部バルブ

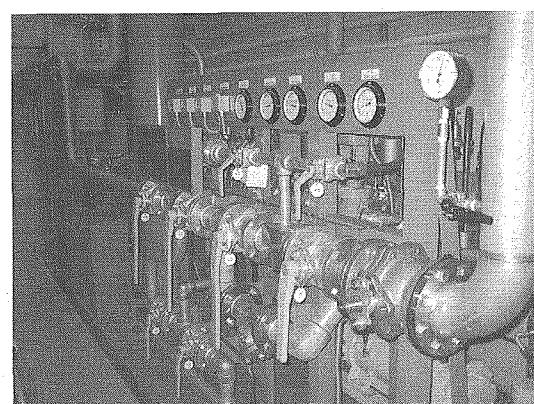


写真 6.1-3 回収装置バルブ

- ④ 回収装置 V1 バルブを少しづつ開けて加速器タンクとストレージタンクの SF₆ ガス圧力をバランスさせる。(V1 バルブは、全開ではなく半開くらいにする。一気に開けると、加速器タンク内部のケーブル類が振動したりする可能性があるので少しづつバランスさせることにしている。)
- ⑤ 音が静かになったら V1 バルブを完全に開ける。
- ⑥ 加速器タンク側とストレージタンク側の圧力計指示がほぼ同じになることを確認する。

(3) 絶縁ガス (SF₆) の回収運転 (作業場所 : 加速器室)

加速器タンクとストレージタンクのバランス作業が終了後、回収装置を使用して、ガスをストレージタンクに搬送する。回収運転時の加速器タンクの到達真空度は 100Pa である。

◆回収運転手順 (所要時間 2.5 時間程度)

- ① 回収装置 V3 バルブを閉じる。
- ② 回収装置 V5 バルブを開ける。
- ③ 制御盤『回収運転』ボタンを押し、SF₆ ガスをストレージタンクに回収する。(写真 6.1-4 参照)

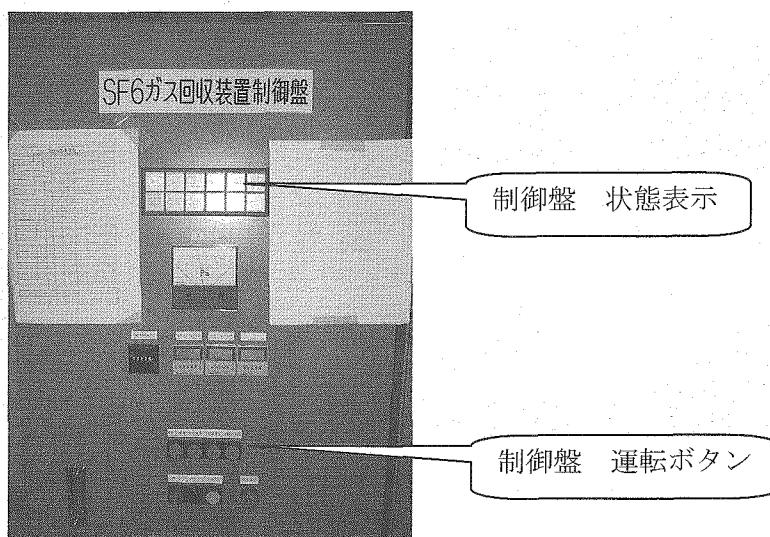


写真 6.1-4 回収装置制御盤

- ④ ポンプが自動停止し、停止ランプが点灯するのを確認する。
- ⑤ ポンプ停止後、制御盤『停止』ボタンを押す。
- ⑥ ストレージタンク圧力を確認表に記入する。

(4) 加速器タンクへの空気充気 (作業場所 : 加速器室)

- ① A.T.上部の VA-3 バルブ (EVAC) を閉じ、VA-2 バルブ (FILL) を開ける。
- ② 回収装置 V2、V4、V5、VB の順にバルブを閉める。
- ③ 回収装置 V1 バルブをいったん閉めた後、V8 バルブを開ける。
- ④ 回収装置 V1 バルブを少しづつ開け、空気を充氣する (V1 バルブを開ける際、空気が入る音を確認しながら 45°位まで少しづつ開ける。音がしなくなったら全開にする。(本作業の所要時間は約 25 分程度である。))

(5) 加速器タンクを開ける（作業場所：加速器室）

- ① 加速器タンク下部の加速器機器用 AC 電源ケーブル 1 本（写真 6.1-5 参照）及び信号ケーブル 1 本（写真 6.1-6 参照）を抜く。



写真 6.1-5 加速器タンク下部
AC ケーブル

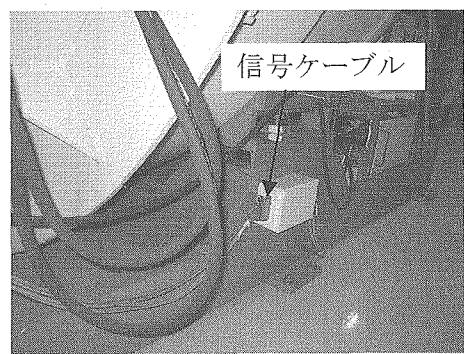


写真 6.1-6 加速器タンク下部
信号ケーブル

- ② 加速器リング上部にあるリング止レバーをはずす。（写真 6.1-7 参照）

- ③ 油圧ジャッキ（タンク横に設置）のレバーを O 側にする。

- ④ ジャッキを動かし、リングを回転させる。（写真 6.1-8 参照）

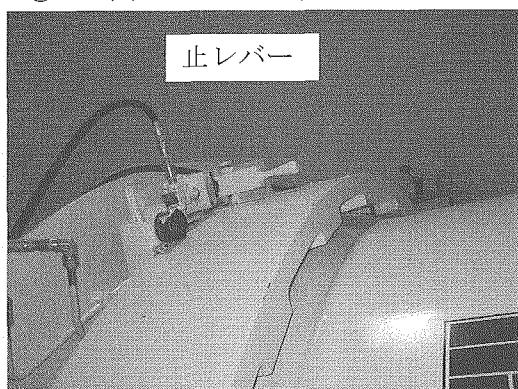


写真 6.1-7 リング止レバー

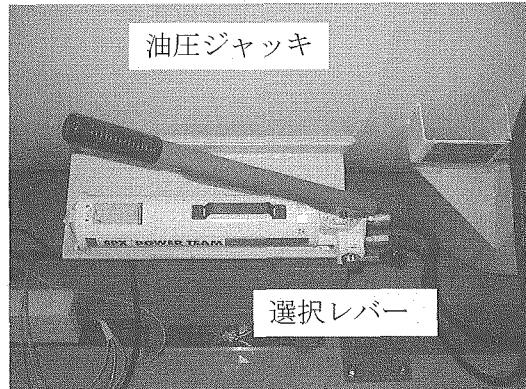


写真 6.1-8 油圧ジャッキ

- ⑤ 加速器室奥の壁に設置してあるジャッキと加速器タンク後部に取り付けてあるロープを接続する。（写真 6.1-9 参照）

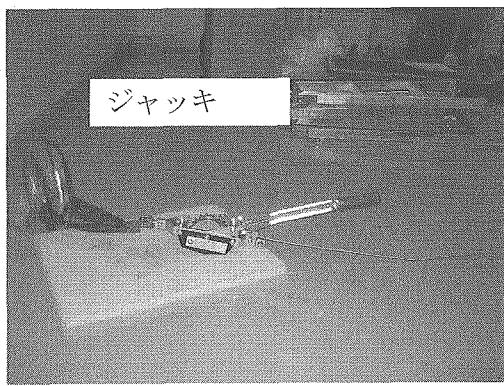


写真 6.1-9 タンク開用ジャッキ



ジャッキとロープ
を接続

- ⑥ 加速器タンクが動き出すまでジャッキで引っ張る。
- ⑦ 動き出したら両側から二人でタンクを止まるまで押す。

(6) ターミナルシェルの取り外し（作業場所：加速器室）

- ① 写真 6.1-10 に示すようにシェル用台座をターミナルカバー下部に設置する。

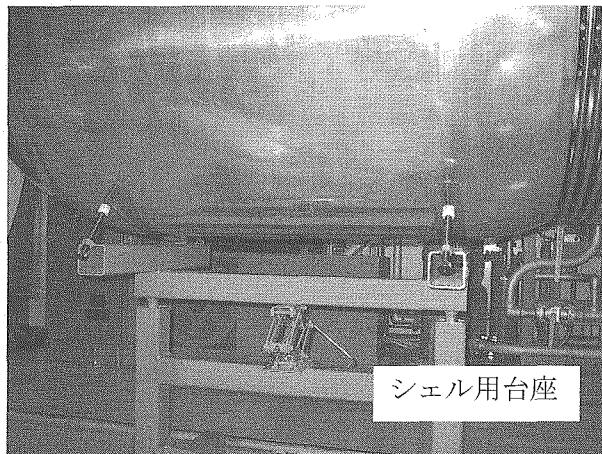


写真 6.1-10 ターミナルシェル台座

シェルを保持する際は台座金具をのばし、ボルト部分のみで保持するように設置する。
また、シェルの平らな部分に台座金具がくるようする。

- ② 加速器フープ（金属製の円管）高圧側 5 本程度を専用工具を用いて碍子（ガイシ）から外す。
(写真 6.1-11, 写真 6.1-12 参照)

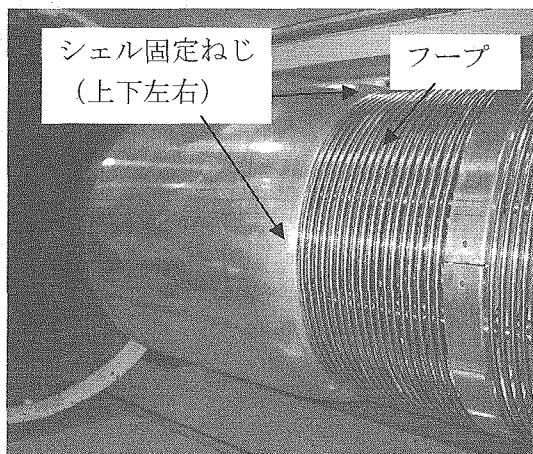


写真 6.1-11 ターミナルシェル、フープ

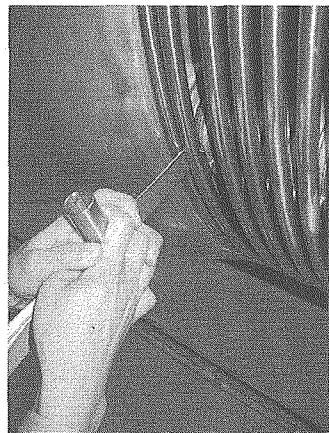


写真 6.1-12 フープ取り外し

フープを外す際は碍子を引っかけてこわさないように、引っ張って外す。

- ③ 六角ドライバー(3/16インチ)でカバー固定ねじ4本(上下左右)をゆるめる。(写真6.1-13参照)



写真6.1-13 シェル固定ねじ部

シェル固定ねじはこの奥にあるため、六角ドライバー(3/16インチ)を使用する。

- ④ ビーム進行方向を向いて反時計回りに2~3°シェルを回転させる。写真6.1-14に示すシェル留金具からはずすためである。
- ⑤ 上下左右にある4個のシェル留金具を引抜時に引っ掛けらない様に倒す。(写真6.1-15, 写真6.1-16参照)

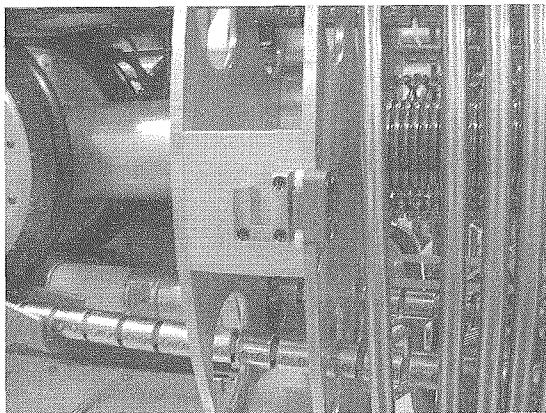


写真6.1-14 シェル留金具受け側

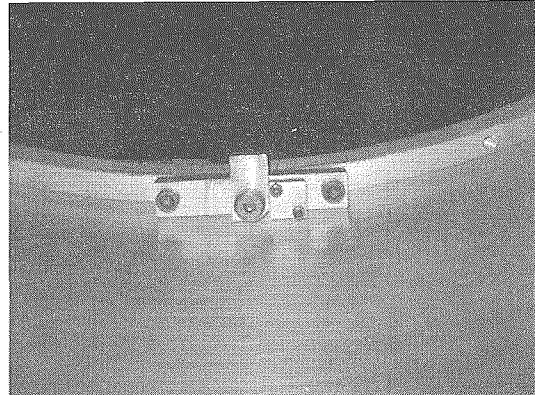


写真6.1-15 シェル留金具固定時

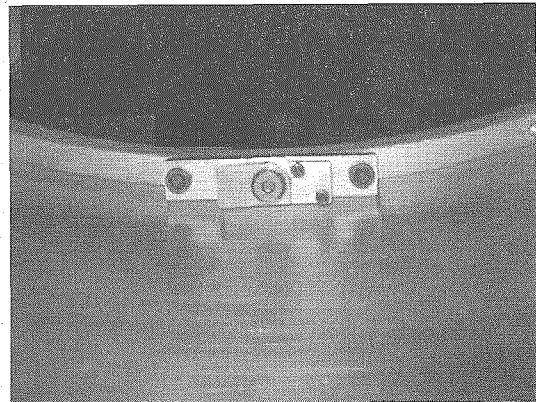


写真6.1-16 シェル留金具引き抜き時

- ⑥ カバーがイオン源部にあたらないようにゆっくり引抜く。

6.1.2 タンク開時のローリングシャフト動作手順

タンク開時にシャフトを動作させる際は、ターミナル機器すべての電源がONになってしまふため、出力が0であることを確認して行う。特に高電圧電源などは感電・放電の危険があるため注意する。

◆ワークステーション上で準備（作業場所：制御室）

- ① BLW、SOURCE COOLING をONにする。
- ② FIL CC、ARC CC、MAG CC、EXT VC、FOC VC、EXB VC、GAP VC、POP VC、POP Delay、SWP VC、BUN VC、BUN Delay が全て0であることを確認する。
- ③ SWP OffsetVCを50%であることを確認する。
- ④ RSをONにする。

6.1.3 タンク閉時の手順

タンク閉時の手順はほぼタンク開時の逆手順となる。タンク開時の手順を参照の上行うこと。

(1) イオン源周辺の点検（作業場所：加速器室）

- ① バイパスバルブの閉、イオン源冷却系の接続、冷却系バルブ（緑色）の開を確認する。
- ② イオン源付近の配線を確認する。
- ③ ガスケット固定に使用したテープが残っていないか確認する。
- ④ ガスボトル支持金具の確認をする。
- ⑤ チャージダウンの線に、他の線が接触していないか確認する。
- ⑥ GAP、FOCUS の線が他の線と接触していないか確認する。
- ⑦ GAPレンズのワイヤーを取り付けているか確認する。

(2) コントロール装置上でイオン源の試験（作業場所：制御室）

- ① 「6.1.2 タンク開時のRS動作手順」に従い、RSをONにする。
- ② FIL CC: 5A、MAG CC: 1A、EXT VC: 3kV、FOC VC: 3kV、EXB VC: 1.4kV、GAP VC: 3kVにして読み値を確認する。
- ③ ARC CC: 1Aにして制御電圧が150Vになることを確認する。
- ④ SWP Offsetが動くことを確認する。
- ⑤ GAS S 1～6のバルブが動くことを確認する。
- ⑥ SWP VC、BUN VC,BUN Delay、POP、POP Delayが動くことを確認する。

(3) ターミナルシェルの取り付け（作業場所：加速器室）

- ① カバーを台座に乗せたままターミナルに奥まで挿入する。
- ② 取り外し時にしまった上下左右のカバー留金具を立てる。
- ③ カバーをビーム進行方向に見て時計回りに回し、ターミナルに固定する。
- ④ 六角ドライバーで上下左右の4箇所のねじを固定する。
- ⑤ カバーホルダを取り外す。
- ⑥ 加速器フープを高圧側から専用工具で取り付ける。

(4) 加速器タンクを閉める（作業場所：加速器室）

- ① 加速器タンク後部でジャッキに接続しているロープをはずす。
- ② タンク内に使用した工具等を置いてないことを確認する。
- ③ レール上及びタンク移動範囲内に障害物がないかを確認する。
- ④ 二人以上でタンク両側を押して停止するまで押して閉める。
- ⑤ 加速器機器用 AC 電源ケーブル 1 本及び信号ケーブル 1 本を接続する。
- ⑥ 油圧ジャッキのレバーを C 側にする。
- ⑦ 油圧ジャッキを動かし、リング部分のツメ同士がピッタリ合うまで回転させる。
- ⑧ リング止め金具をはめる（倒す）。

(5) 加速器タンクの真空引き（作業場所：加速器室）1.5 時間程度

- ① 加速器タンク上部 VA-1～4 バルブを閉める。
- ② 加速器タンク上部 VA-3 バルブを開ける。
- ③ 回収装置 V1、V2 バルブを開ける。
- ④ 制御盤『加速器/ST 真空排気運転』ボタンを押す。
- ⑤ ポンプが自動停止したら『停止』ボタンを押す。

(6) 絶縁ガス (SF_6) のバランス（作業場所：加速器室）20 分程度

- ① 加速器タンク上部 VA-3 バルブ(EVAC)を閉じる。
- ② 加速器タンク上部 VA-2 バルブ(FILL)を開ける。
- ③ 回収装置 VB、V4、V5、V6、V7 の順にバルブを開ける。
- ④ 回収装置 V1 バルブを少しずつ開ける。
- ⑤ 音が静かになったら V1 バルブを完全に開ける。
- ⑥ A.T.側と S.T.側の圧力計指示がほぼ同じになることを確認し、VB バルブ側の圧力を制御盤の「 SF_6 圧力確認表」に記入する。

(7) 加速器タンクへの絶縁ガス (SF_6) の充填（作業場所：加速器室）30 分程度

- ① 回収装置 V1～V9 バルブを全て閉じる。
- ② 回収装置 V1、V3、V4、V6、V7 の順にバルブを開ける。
- ③ 制御盤『充填運転』ボタンを押す。
- ④ ポンプが自動停止したら制御盤『停止』ボタンを押す。
- ⑤ 回収装置 VB バルブ側の圧力を制御盤の「 SF_6 圧力確認表」に記入する。
- ⑥ 回収装置 VB、V1、V3、V4、V6、V7 の順にバルブを閉める。
- ⑦ 加速器タンク上部 VA-1～4 バルブを全て閉める。
- ⑧ 加速器タンク上部 VA-1、VA-4 バルブを開ける。

6.2 タンク内の定期的な点検・交換

機器の細かな説明については「3.3 イオン源機器」を参照すること。

6.2.1 イオン源開放時の準備

- ① ギャップレンズと加速管の間にあるターミナルゲートバルブを開める。ノブは下側にあり、ボールドライバーで開閉できる。
- ② アノードのバイパスバルブを開ける。
- ③ ゲートバルブ脇のポートより窒素ガスをベントする。

6.2.2 フィラメント交換

フィラメントには電気化学工業株式会社(デンカ)のデンカベータプラス C2B (LaB₆ フィラメント)を使用している。この LaB₆ フィラメントは数千時間使用可能なため、交換の必要はほとんどない。

◆ フィラメント交換手順

- ① 配線をはずし、フィラメントフランジを取り外す。(写真 6.2-1 参照)

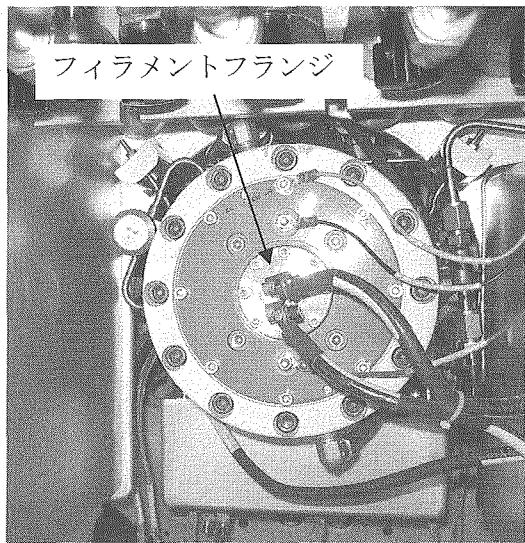


写真 6.2-1 イオン源部分

- ② フィラメントを新品に交換する。
- ③ ダミーフィラメント室フランジを使用して、位置合わせを行い接触しないことを確認する。
(写真 6.2-2 参照)

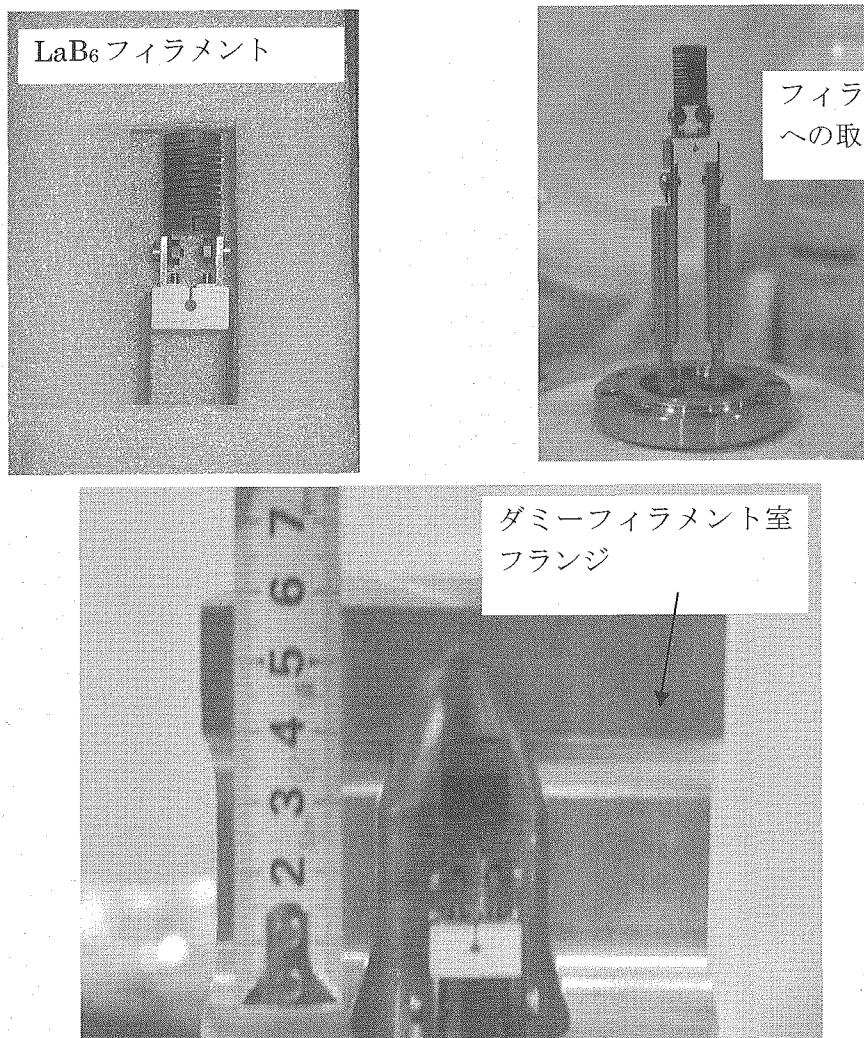


写真 6.2-2 フィラメント交換

- ④ フィラメントフランジを専用のアルミガスケットをつけ、取り付ける。
- ⑤ フィラメントの絶縁および断線していないことをテスターで確認し、配線を元通りにつける。

◆アウトガス作業手順

フィラメントには最初様々な不純物がついているため、ベーキングしてアウトガスを行う。

- ① ゲートバルブのところのポートにターボポンプを取り付け、 1×10^{-5} Torr 程度まで真空引きを行う(アノードのバイパスバルブは開けたまま)。
- ② 真空ゲージを見ながらフィラメント電流をあげていく。
 - 真空が悪くなる(3×10^{-5} Torr 程度まで。 10^{-5} Torr 前半をキープするように)。
 - そのまま待つ。
 - 1×10^{-5} Torr 以下になったらまたフィラメント電流をあげる
 - 上記を最大使用電流 32.5 A まで行う。
- ③ 32.5 A で 1×10^{-5} Torr 以下になり、特に真空が悪くなるようなことがなくなればアウトガス終了。

6.2.3 アノードアパチャー、中間電極インサート交換

アノードアパチャーは劣化し、孔が埋まったり、Ta インサートの脱落などが起こるため、年1回程度交換することを推奨する。中間電極インサートは特に異常がない限り交換の必要はない。

- ① フロリナートクーリングの緑のバルブを閉める。
- ② 容器を用意して、イオン源下側のスエージロックを外し、すべてのフロリナートを受ける。また、上の緑バルブの近くのスエージロックも外す。このフロリナートはクーリングシステムに戻しておく。
- ③ 配線を外し、中間電極フランジを取り外す。(写真 6.2-3 参照)

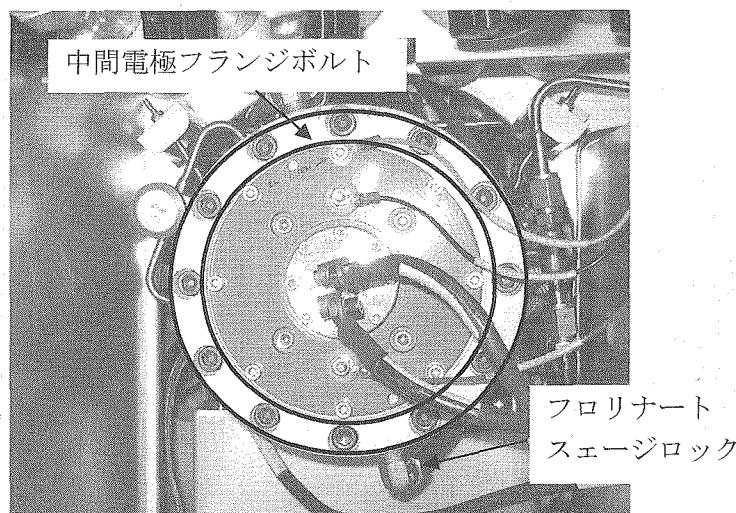


写真 6.2-3 中間電極フランジ取り外し

- ④ 中間電極インサートは小さな六角ネジでおさえられてるだけなのでゆるめて取り外し、交換する。（写真 6.2-4 参照）

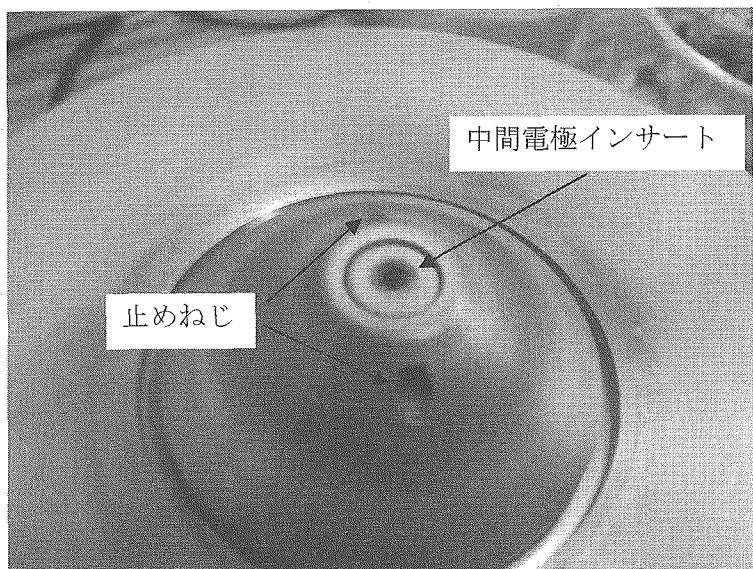


写真 6.2-4 中間電極フランジ

- ⑤ アノードアパチャーは銅のクランプリングでとめられている。ボールドライバーで銅のクランプリングを取り外し、アノードアパチャーを取り外す。（写真 6.2-5 参照）
⑥ 新品のアノードアパチャーに専用のアルミガスケットを付け、元通りに取り付ける。

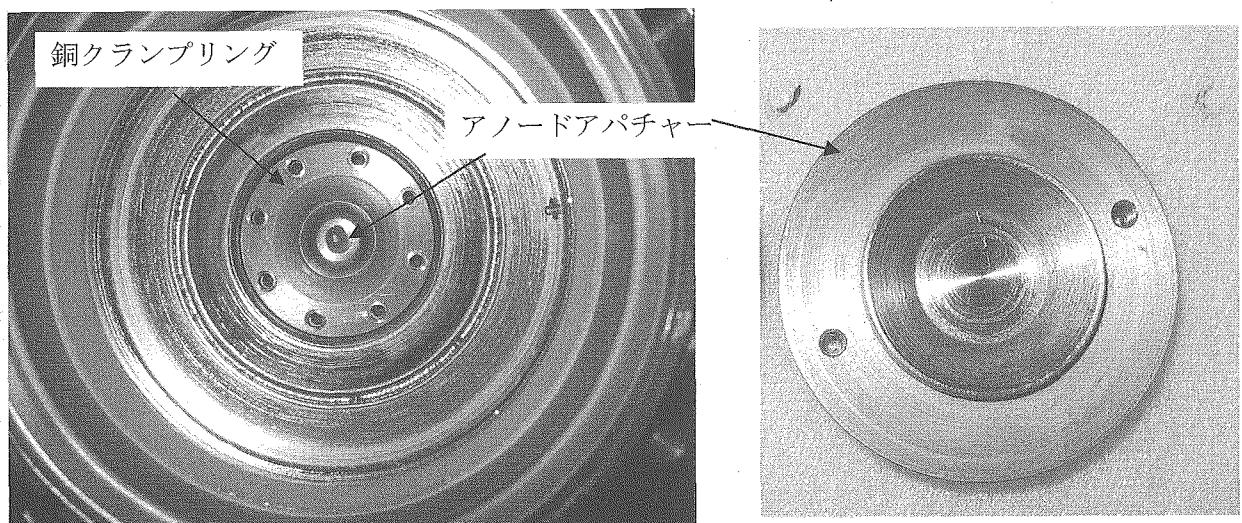


写真 6.2-5 アノードアパチャー

- ⑦ 中間電極フランジに 5.5 インチのアルミガスケットをつけ、取り付けを行い、ボルトで固定する。

6.2.4 イオン源内部のメンテナンス

スイープおよびポップのセラミックスタンドオフは、ビームによるスパッタによって表面に金属が付着し導通してしまう。このため、定期的にサンドブラストを行う。また、フォーカスの両側についているタンクステンメッシュは、長時間使用しているとビームにより穴が空くので、状況に応じ交換を行う。これはスイープおよびポップの取り外し時に確認できる。

◆イオン源内部メンテナンス手順

- ① ターミナルシェル用台座に写真 6.2-6 に示すイオン源保持アームを取り付け、イオン源を保持する。この保持アームの位置はそのときの取り外し状況、取り外すパーツにより異なる。イオン源の支えられている位置を把握し注意して取り外しを行うこと。(写真 6.2-7 参照)

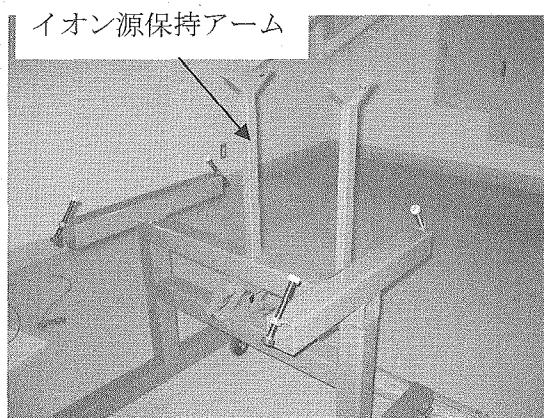


写真 6.2-6 ターミナルシェル台座
イオン源保持アーム

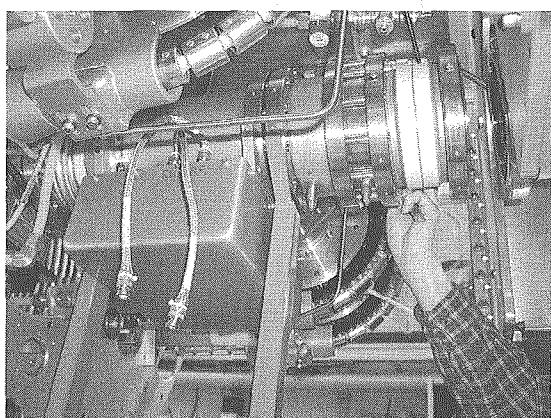


写真 6.2-7 イオン源保持例

- ② スイープを取り外す。スイープはエクストラクターとフォーカスにはさまれているだけなのでこの部分のボルトを外すと抜け落ちるため、注意して取り外す。
- ③ フォーカスを取り外す、このとき POP も同時に外れるため注意する。
- ④ 取り外したフォーカスのタンクステンメッシュを確認し、必要があれば交換する。(写真 6.2-8 参照)

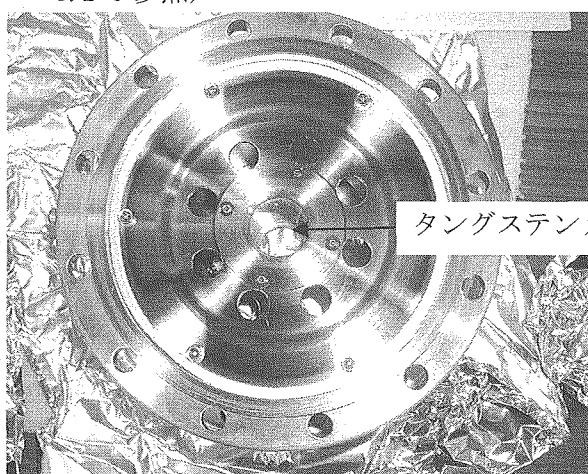


写真 6.2-8 フォーカス

- ⑤ スイープ、ポップのセラミックスタンドオフを取り外しサンドブラストを行いきれいにする。
 (写真 6.2-9 参照)

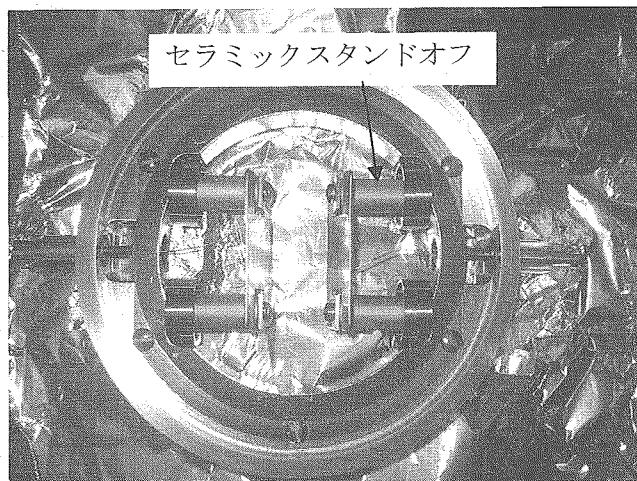


写真 6.2-9 シーブリング

セラミックスタンドオフの取り外し、取り付けの際はプレートの向きに注意して、元通りになるように行う。

6.2.5 イオン源ガスの補充

◆イオン源ガス補充手順

- ① イオン源ガスボンベのバルブ（黒）を閉める。
- ② イオン源ガスボンベを取り外す。
- ③ 写真 6.2-10 に示す専用配管を使用して、イオン源ガスボンベ、ターボポンプ、補充用ガスを接続する。

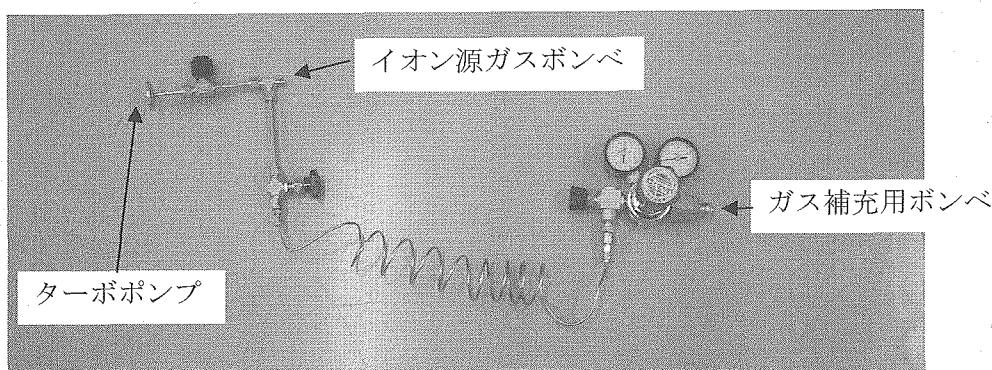


写真 6.2-10 ガス補充用配管

- ④ バルブを操作し配管を真空引きする。
- ⑤ バルブ、減圧弁を操作しイオン源ガスボンベに 1MPa までガスを補充する。
- ⑥ イオン源ガスボンベを元の位置に取り付ける。
- ⑦ ゲートバルブのところのポートにターボポンプを取り付け、コントロール装置からイオン源バルブを操作し、配管部分の空気を真空引きする。
- ⑧ 真空引き終了後、コントロール装置からイオン源バルブを操作し、閉めておく。
- ⑨ イオン源ガスボンベのバルブ（黒）を開ける。

6.2.6 共鳴回路のチューニング

スイープとバンチャーは RF 共鳴回路であり、正しいチューニング(50 オーム)を維持するためオートチューニングシステムがついている。しかし、このオートチューニングシステムは RF ラインの電圧と電流にのみ反応するものであり、チューニングモーターの一回転の間に 2 箇所止まるポジションがある。このうち 1 箇所は正しいチューン位置(50 オーム)であるが、もう 1 箇所は 50 オームを示さないミスチューンの位置である。このオートチューニングシステムは、(大きな変化がなければ)最初のチューン位置を維持するように働くので、タンクを開けたときは毎回、正しいチューニング位置であることを確認し、ずれているときは正しい位置になるように調整を行う。

◆マニュアルチューニング手順

(1)接続

- ① sweep offset を除くターミナル関係のコントロールをすべてゼロにする(EXT,FOC,GAP 等)。 sweep offset は 50% にセットする。
- ② パルスシステムの電源、アンプの入っている T-2 BOX をターミナルに近づけておき、長い AC 電源用のケーブルで上部の T-1BOX J1 と T-2 BOX J1 を接続する。
- ③ T-2 BOX のふたをあけて、バンチャーアンプ(スイープアンプ)の J2 に breakout ケーブルを取り付け、このケーブルの pin 1 に+、pin 6 に-で 0~10V のパワーサプライを接続する。配線図を図 6.2-1 に示す。

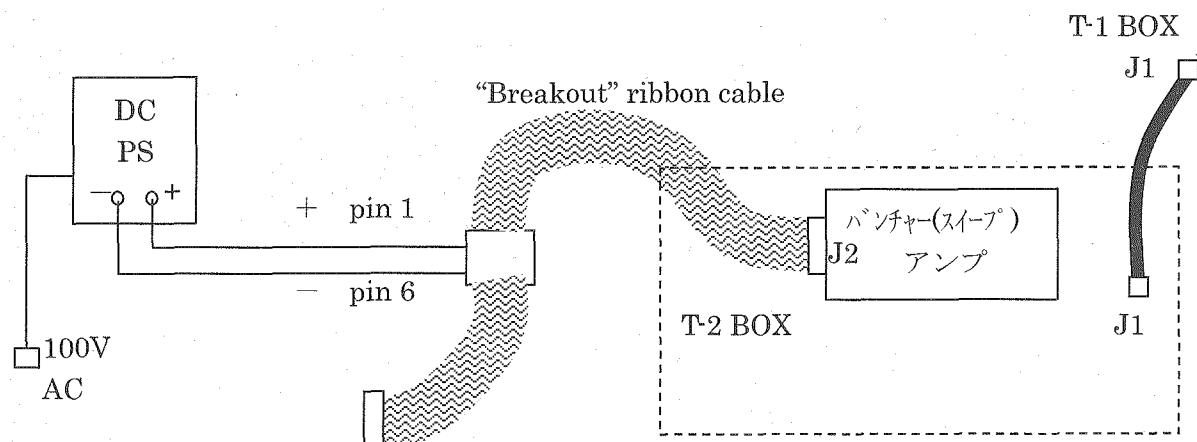


図 6.2-1 チューニング時配線図

- ④ V-I box を T-2 Box の buncher output(sweep output) と buncher(sweep) RF input もしくは 50 オームダミーロードの間につなぐ。V および I のアウトプットと同じ長さのケーブルでオシロの入力につなぐ。この部分のケーブルにはすべて RG-58(50 オーム)のケーブルを使用する。配線図を図 6.2-2 に示す。

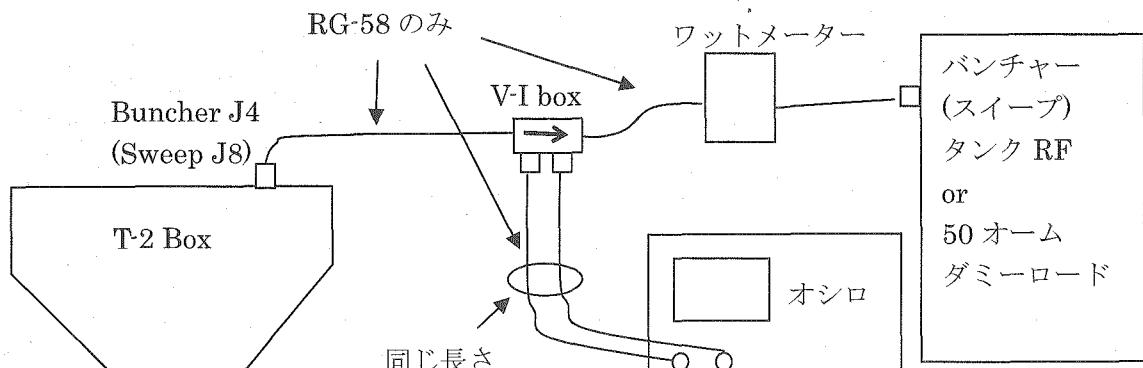


図 6.2-2 チューニング時配線図

(2) テスト

① RF チェック

まず、50 オームダミーロードを取り付けた状態でシャフトをまわし、DC PS を 3V 程度にする。この時オシロにはバンチャーでは 8MHz、スイープでは 2MHz の位相、波高とともに同じ図 6-2-3 のようなシグナルが見えるはずである。この時、オートチューニングが働く状態にしても(T-2 Box からのモータードライブコネクタをつなぐ)、モーターは動かない。この状態でモーターが動くようであれば、アンプ内の V-I box を取り替えたり、IC をチェックする。また、ワットメーターで戻り方向の電力がゼロであることを確認する。共鳴回路のチューンとはこの戻り方向の電力をゼロにするためのものであり、チューンがずれているとアンプでの電力消費があり、アンプ内の故障の原因となる。

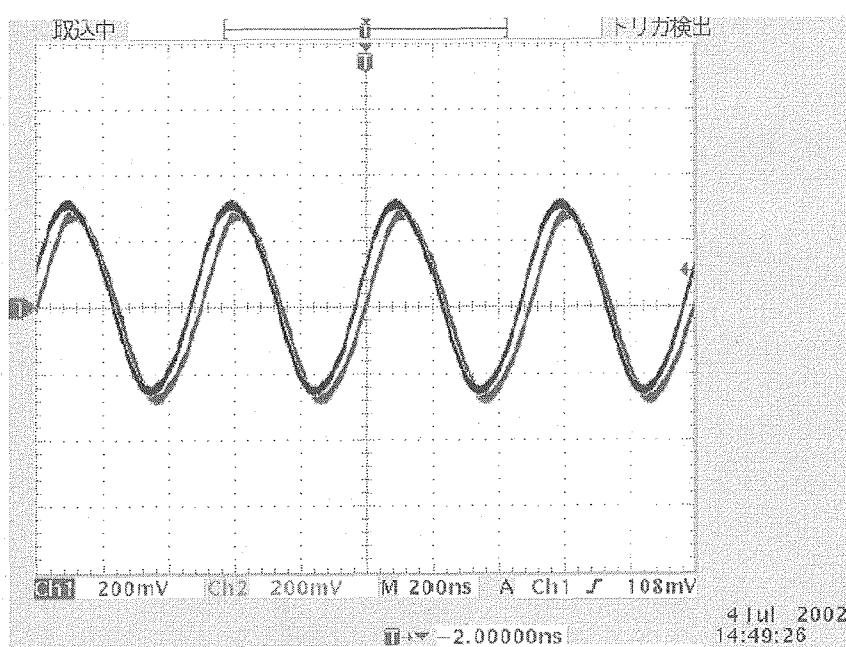


図 6.2-3 正常なチューン時のシグナル

② オートチューンチェック

ダミーロードをはずし、RF アウトをタンクにつなぐ。DC PS を 3V 程度にし、オシロで観測する。シグナルがダミーロードの時と同じように位相、波高ともにほぼ同じで止まれば OK。バンチャーレの場合はロング、ショート両方のチューブで確認を行う。また、DC PS を少し上げ波高を変えても、位相、波高ともにほぼ同じとなって止まるることを確認する。また、ワットメーターで戻り方向の電力がゼロであることを確認する。もし位相、波高が同じでない位置でオートチューンが止まるようであれば、モーターを半周させ正規の位置になるよう位置をあわせる。

③ マニュアルチューン（スイープでチューンがおかしいことはほとんどなく、このマニュアルチューンを行うのはまれなので、バンチャーレのみ記述する。スイープの場合も方法はほぼ同じである。）

モーターテストボックスをつなぐ。このテストボックスの電源はスイープオフセット電源につながる電源ケーブルをはずして、その電源ケーブルをテストボックスにつなぎ確保する。チューブをロングチューブにして(リレー on)、モーター位置をレンジの中央もしくは前と同じ位置に動かす。オシロで観測しながら位相、波高ともにほぼ同じとなるように可変コンデンサ C2 を調整する。チューブをショートチューブ(リレー off)にして、同じように可変コンデンサ C1 を調整する。これら可変コンデンサの調整はタンクカバーをつけたままでもできるが、カバーをはずした際は、カバーをつけたときにチューンが変化するので注意すること。

④ 確認

モーターテスト box をはずし、T-2 Box からのモータードライブコネクタをつなぎ、オートチューンで V-I が位相、波高ともにほぼ同じとなって止まるることを確認する。また DC PS で波高を変えてもチューンがはずれることなく、止まるることを確認する。ワットメーターでも戻りがゼロであることを確認する。ライトリンクもつないでチューブを切り替えてオートチューンの確認を行う。オートチューンでチューンが維持されたまま動けば調整終了である。

6.3 ターゲット交換

本項では、表1.2-2に示すリチウムターゲット、スカンジウムターゲット、重水素ターゲット、フッ素ターゲットの交換について述べる。トリチウム専用ターゲット管及びトリチウムターゲットの交換は、別に定める「トリチウムターゲット取扱いマニュアル」を参照のこと。

ターゲット交換時に最も注意することは、使用済みターゲットは放射化していると認識して作業を行うことである。このため、取り扱い時には、より細心の注意が必要である。

◆ターゲット交換手順

- ① ターゲット交換表(記録様式4)に使用済みターゲットおよびこれから使用するターゲットに関し、必要事項を記入する。
- ② コントロール装置で、ターゲット冷却液循環を停止する(Xcrt 12or13 ページ)。
- ③ コントロール装置ですべてのバルブが閉になっていることを確認する。
- ④ ターゲット直近の手動バルブを閉める。(写真6.3-1参照)
- ⑤ 直近の真空引きポートより窒素ガスでベントする。(写真6.3-1参照)

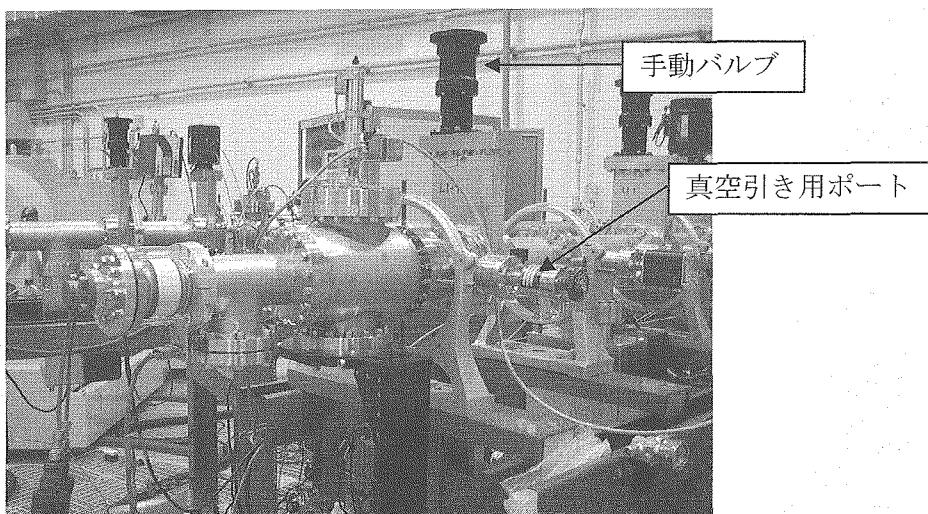


写真6.3-1 ターゲット交換時の準備

- ⑥ 銅ホルダー部分のボルトをゆるめておき(法兰ジ取り外し後はゆるめるのが困難なため)、ボルトを外し、ターゲット法兰ジを取り外す。(写真6.3-2参照)

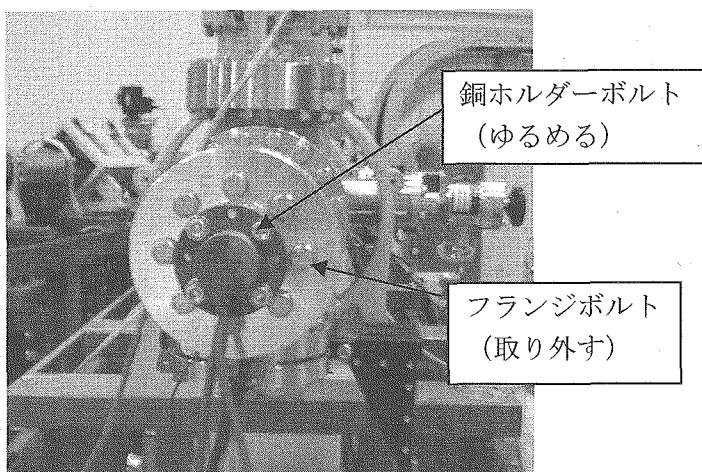


写真6.3-2 ターゲット法兰ジ取り外し

- ⑦ ターゲットフランジをばらし、ターゲットを交換する。（写真 6.3-3 参照）
- ⑧ ターゲットフランジを組み上げる（写真 6.3-3 参照）。組み上げ時には O リングの状態を確認し、接触面はアルコールを使用してゴミ等を拭き取る。このとき、ターゲットパッキング背面が確実に銅ホルダーに接触するように、ターゲット押さえがぐらついていないことを確認する。接触していない場合、ターゲット冷却が効かなくなり、照射時に非常に高温になってしまう。

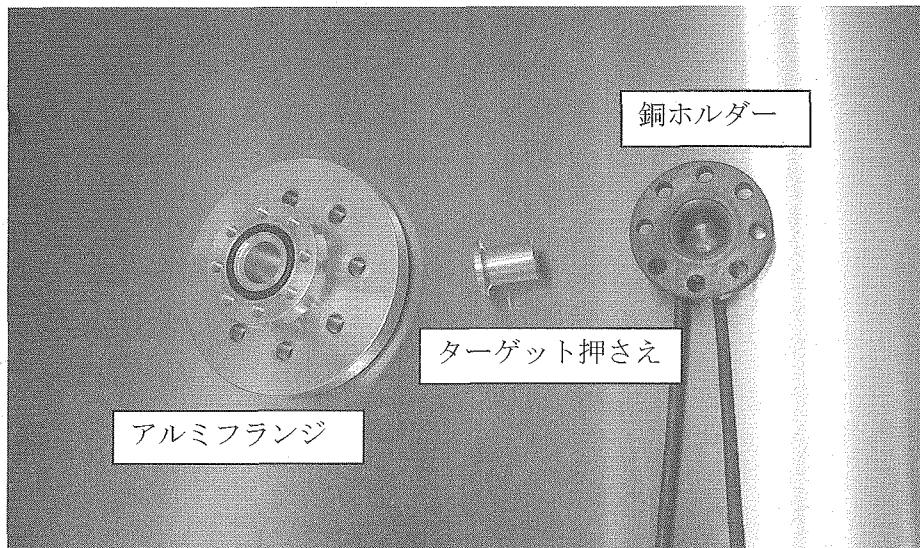


写真 6.3-3 ターゲットフランジ一式

- ⑨ ターゲットフランジをビームラインに取り付け、ボルトで固定する。取り付け時には O リングの状態を確認し、接触面はアルコールを使用してゴミ等を拭き取る。
- ⑩ コントロール装置で取り付けたターゲットを正しく認識することを確認する(Xcrt 12or13 ページ)。
- ⑪ ターボポンプを使用して、ターゲット部分の真空引きを行う。真空度が 1×10^{-5} Torr 以下になるまで真空引きを行う。
- ⑫ 真空引きポートのバルブを閉め、ビームライン手動バルブを開ける。このときイオンポンプの状態を確認し、真空度が 1×10^{-5} Torr 以下になることを確認する。

6.4 計画停電時の作業

計画停電の際はあらかじめすべての電源を落としておく。

6.4.1 電源 OFF 手順

- ① コントロール PC (JT1,JT2) の終了

BLW,TPS,ターゲットクーリング,IGC 等すべて OFF であることを確認

JT1 の terminal においてコマンド入力

csadmin@jt1>dbshutdown ↓

JT2,JT1 の順で電源を落とす

画面下部タスクバー「KDE メニュー」より「logout」選択

「shutdown」選択で終了

- ② イオンポンプ電源(単色室)OFF

対象 : IPL1-1,2,3 IPL2-1,2,3,4

HVOFF

電源 OFF

- ③ 加速器室ターボ OFF

現地にある「ターボポンプ操作手順」の停止手順参照のこと

- ・ポンプバルブ close
- ・フォアポンプバルブ close
- ・ターボポンプ off

- ④ 高速シャッター電源(振分マグネット室)OFF

スイッチ「disable」

電源 OFF

- ⑤ イオンポンプ電源(振分マグネット室)OFF

対象 : IP02-1,2

HV OFF

電源 OFF

- ⑥ 加速器室内付帯装置 OFF

コンプレッサー電源 OFF

冷却水装置 OFF (現地にある長期間休止する場合の操作参照)

「装置運転」 OFF

「タワー運転」 OFF

- ⑦ 分電盤 OFF

加速器室内加速器関係分電盤 OFF

- ⑧ 基幹電源 OFF

加速器室最奥の電源 OFF

6.4.2 電源復帰作業

① 基幹電源 ON

加速器室最奥の電源 ON

② 分電盤 ON

加速器室内加速器関係分電盤 ON

③ 加速器室内付帯装置 ON

コンプレッサー電源 ON

冷却水装置 ON (現地にある長期間休止する場合の操作参照)

「タワー運転」 ON

「装置運転」 ON

④ 加速器室ターボ ON

現地にある「ターボポンプ操作手順」の停止手順参照のこと

- ・ターボポンプ on

- ・フォアポンプバルブ open

ビームラインが真空のとき、ターボの回転数が 800Hz まで上がってから、

- ・ポンプバルブ open

ビームラインが大気圧のとき、すぐに

- ・ポンプバルブ open

⑤ イオンポンプ電源(振分マグネット室)ON

対象 : IP02-1,2

電源 ON

HV ON

⑥ 高速シャッター電源(振分マグネット室)ON

電源 ON

スイッチ 「enable」

リセット

⑦ イオンポンプ電源(単色室)ON

対象 : IPL1-1,2,3 IPL2-1,2,3,4

電源 ON

HV ON

⑧ コントロール PC (JT1,JT2) の起動

JT1,JT2 の順で起動

JT1 の terminal においてコマンド入力

csadmin@jt1>dbstart ↓

"y" 入力

csadmin@jt1>startio ↓

7. 異常時の対応

加速器の運転利用において事故、火災、地震等の非常事態が発生した場合は、「放射線標準施設棟事故対策活動手引」に従うものとする。ここでは、このような非常事態時および軽微な異常時に加速器に関して行う対応について記述する。異常時には人員の安全確保を最優先とする。したがって、加速器運転者は安全確保が保たれる範囲で、災害の拡大防止、機器の損傷防止に努める。

7.1 一般的な処置

事故あるいは異常事態が発生し、または発生するおそれのある場合、次の原則に基づいて臨機の措置を講ずる。

(1) 安全保持

人員の安全確保を第一とし、物質損耗への配慮は第二とする。

(2) 通報・連絡

緊急を要する場合は、非常電話「6222」で連絡する。また、連絡系統に従い連絡する。

(3) 拡大防止

人員の救助、拡大防止、初期消火等に努める。

(4) 過大評価

事故の危険性は過大に評価することがあっても、過小に評価するこがないようとする。

7.2 火災

加速器運転中に火災が発生した場合は、「非常停止スイッチ」を押し、加速器を停止させ、非常電話「6222」および棟内の作業者にページングで連絡を行う。可能な範囲で常備してある消火器で初期消火を行う。

7.3 地震

加速器装置等に損耗を及ぼすおそれのある地震が発生した場合には、「非常停止スイッチ」を押し加速器を停止させる。地震がおさまった後、加速器室および単色中性子室の機器の点検を行う。点検時に注意すべき点は、SF₆ ガスの漏洩、真空系のリーク、ビームライン機器の位置のずれ等である。

7.4 予期しない停電

7.4.1 瞬間停電時

瞬間停電または電圧低下で、加速器が停止しなかった場合は、ビーム照射を停止し、電圧、ビーム、ビームライン機器、真空系、インターロック系、放射線モニタなどの状態を確認する。異常が認められた場合は、電圧、ビームを停止し点検を行うこと。

7.4.2 停電時

停電時には加速器の主電源が切れるため、操作が行えなくなる。ビームラインの遠隔バルブはすべて閉になり、真空ポンプもすべて停止する。加速器本体の電圧は自動的に下がり、イオン源も電源が落ち、ビームは出なくなるため、安全上は問題ない。停電復帰後、「6.4.2 電源復帰作業」を行い、機器の点検を行う。

7.5 加速器装置の異常

7.5.1 真空度低下

加速器運転中に真空度が大きく低下した場合、すべてのバルブを閉じ、直ちに電圧、ビームを落とし運転を停止する。また、真空度が低下している部分の真空ポンプは停止させる。イオンポンプは真空度の悪い状態では電源が自動で停止するようになっているが、動作させ続けると電源が故障する場合がある。

7.5.2 放電

大放電が連続して起こる場合、直ちにチェーンを止め、電圧関係機器、イオン源機器の故障がないか確認する。異常がなければ、徐々に電圧を上げていく操作を行う。放電が起きた電圧付近では特に注意して電圧を上げること。

一度放電が起きてもその後通常状態に復帰した場合は、イオン源機器等の故障がないか確認を行い、異常がなければそのまま運転を継続する。

7.6 冷却の停止

本加速器装置で冷却装置により冷却されている加熱源には、イオン源、加速器タンク内ガス循環器、ベンディングマグネット、振分マグネット、ファラデーカップ、SF₆ガス搬送装置がある。これらは、直接ビームが当たることにより発熱するファラデーカップを除き、冷却水の供給が停止した場合はインターロックが作動し電源が OFF になる。また、ファラデーカップの加熱もビームが発生しないため停止する。よって、冷却水が停止した場合でも加熱が継続する機器はない。冷却装置が停止した場合は、被冷却機器の電源 OFF を確認し、点検を行う。

8. あとがき

本マニュアルの作成を終え、今後、本加速器の運転に係る者が内容をよく熟知し、加速器が長年にわたり安定して運転されることを切に希望するものである。また、今後もマニュアル改訂が継続され、さらに使いやすく、役に立つマニュアルが作成されることを希望するものである。

また、本マニュアルを有効に利用できるように、各種記録表のフォーマットを付録として添付した。

謝辞

本加速器の円滑な運用にあたりご指導頂いた、保安管理部の吉田真氏、環境放射線管理課の村上博幸氏、放射線管理第1課の山本英明氏、線量管理課の吉澤道夫氏に感謝の意を表します。また、本マニュアルの作成にあたり、加速器の円滑な運用の一助のために貴重な資料をご提供頂いた National Electrostatics Corp. および伯東株式会社の関係諸氏に感謝の意を表します。さらに、本マニュアルをまとめるにあたり貴重なご意見を頂いた、放射線計測技術課の山口恭弘氏に感謝の意を表します。

最後に、これまで加速器の円滑運転に当たり尽力された元線量管理課の千田徹氏、大洗研究開発センター放射線管理第2課の川崎朋克氏、線量管理課の高橋聖氏はじめ関係各位皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 清水 滋：保健物理－研究と管理－No.43, JAERI-Review 2001, 132-135, (2001)
- 2) 吉澤 道夫, 谷村 嘉彦, 三枝 純, 藤井 克年, 清水 滋, 吉田 真: 单色中性子校正場の整備状況, 第3回「最近の外部被ばく線量測定・評価に関するワークショップ」報文集, JAERI-Conf 2003-002, 22-31, (2003)
- 3) Y.Tanimura, M.Yoshizawa, J.Saegusa, K.Fujii, S.Shimizu, M.Yoshida, Y.Shibata, A.Uritani, K.Kudo : Construction of 144, 565keV and 5.0MeV monoenergetic neutron calibration fields at JAERI, Radiat. Prot. Dosim., V.110, 85-89, (2004)
- 4) 谷村 嘉彦, 藤井 克年, 三枝 純, 吉澤 道夫, 吉田 真, 武田 直人, 瓜谷 章, 柴田 泰成, 工藤 勝久: 原研・放射線標準施設における单色中性子校正場の開発(II), 日本原子力学会「2002年秋の大会」, 127, (2002)
- 5) 清水 滋, 藤井 克年, 梶本 与一, 川崎 朋克, 山本 英明: 原研東海シングルエンド・ペレトロン加速器の現状, 第16回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会報告集, 32-35, (2003)
- 6) 藤井 克年, 清水 滋, 谷村 嘉彦, 三枝 純, 吉澤 道夫, 吉田 真: 原研・放射線標準施設における单色中性子校正場の開発(I), 日本原子力学会「2002年秋の大会」, 126, (2002)
- 7) ISO : ISO8529, part1, (2001)
- 8) 熊谷 寛夫: 加速器(実験物理学講座28), 共立出版, (1975)
- 9) J.A.Ferry, J.J.Kolonko, S.H.Phillips, S.J.Lundstrum : Accelerator Terminal Voltage Stability, Nucl. Instrum. Meth., B64, 309-312, (1992)
- 10) アルバック: 真空ハンドブック(新版), オーム社, (2002)

付録

記録様式 1 放射線発生装置使用記録表

記録様式 2 加速器ログ

記録様式 3 加速器運転前・終了時点検表

記録様式 4 ターゲット交換表

記録様式 1

放射線発生装置使用記録表 (4UH-HC型ペレトロン加速器)

課長附

No. 1

種類	ファン・デ・グラーフ型加速装置(4MV)	管理責任者	
使用場所	放射線標準施設棟 単色中性子照射室、加速器室	管理担当者	
使用条件	最大電圧:4MV、最大電流:50μA、イオンの種類:陽子、重陽子	製造会社名	伯東(株)
	ターゲットの種類:Sc(p), Li(p), ^3H (d), ^3H (p, d), F(p), C(p)	設置年月日	平成12年7月24日

記録様式 2

単色室温度 °C
単色室気圧 hPa
単色室湿度 %
加速器室温度 °C

LC/Beam =
ターゲット電流/FC2-1 =

冷却オイル温度
使用中/使用前 =
(室温)
変更パラメータ等、その他

log S1 → L1
(2ページ目)

使用開始 log S1→L1 or L2

log S1 → L1
(1ページ目)

測定番号

日付 _____

使用者 _____

使用放射線 _____

目的 _____

db save _____

使用前 log rod

log rod

使用前 log vacuum

log vacuum

記録様式 3

加速器運転前・終了時点検表

運転前点検

年 月 日 点検者

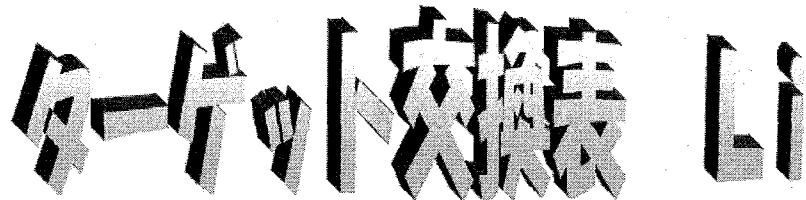
加速器制御室		
加速器ログ記入	<input type="checkbox"/>	
真空度確認	<input type="checkbox"/>	1.0 × 10 ⁻⁷ Torr 以下
機器作動時間確認	<input type="checkbox"/>	
加速器タンク圧力確認	<input type="checkbox"/>	65psi 以上
単色中性子照射室 中性子線量率	s^{-1}	
単色中性子照射室 γ 線線量率	$\mu\text{Sv}/h$	
加速器室 中性子線量率	s^{-1}	
加速器室 γ 線線量率	$\mu\text{Sv}/h$	
加速器室		
冷却水装置 動作	<input type="checkbox"/>	
水量(水不足消灯)確認	<input type="checkbox"/>	
冷水圧力	MPa	規定値 0.5MPa
イオン源冷却液 液量確認	<input type="checkbox"/>	適正範囲内
圧搾空気供給装置 動作確認	<input type="checkbox"/>	
水抜き作業	<input type="checkbox"/>	
減圧弁空気圧	kgf/cm ²	規定値 5 kgf/cm ²
SF ₆ ストレージタンク圧力	MPa	規定値 0.03MPa 以上
室内目視確認	<input type="checkbox"/>	
単色中性子照射室		
ターゲット冷却液 液量確認	<input type="checkbox"/>	
ターゲット空気冷却 作動確認	<input type="checkbox"/>	
空調作動確認	<input type="checkbox"/>	
室内目視確認	<input type="checkbox"/>	

運転終了時点検

年 月 日 点検者

加速器制御室		
Xcrt51 ページ表示確認	<input type="checkbox"/>	赤色表示なし
加速器ログ記入	<input type="checkbox"/>	
放射線発生装置使用記録表記入	<input type="checkbox"/>	
単色中性子照射室		
ターゲット空気冷却停止	<input type="checkbox"/>	
被照射物の撤収	<input type="checkbox"/>	
室内目視確認	<input type="checkbox"/>	
加速器室		
室内目視確認	<input type="checkbox"/>	

記録様式 4



国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位
名称	記号
面積	平方メートル
体積	メートル ³
速度	メートル毎秒
加速度	メートル毎秒 ²
波数	メートル ⁻¹
密度(質量密度)	キログラム毎立法メートル
質量体積(比体積)	立法メートル毎キログラム
電流密度	アンペア毎平方メートル
磁界の強さ	A/m
(物質量)濃度	モル毎立方メートル
輝度	カンデラ毎平方メートル
屈折率	(数の)1
	1

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン ^(a)	rad	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
周波数	ヘルツ	Hz	s^{-1}
压力	ニュートン	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー、仕事、熱量	パスカル	Pa	N/m^2
工率、放射束	ジュール	J	$N \cdot m$
電荷、電気量	ワット	W	J/s
電位差(電圧)、起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	アラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	スージーメンス	S	A/V
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2
インダクタンス	ヘンリィ	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
光度	ルーメン	lm	$cd \cdot sr^{(c)}$
(放射性核種)放射能	ルクス	lx	lm/m^2
吸収線量、質量エネルギー	ベクレイ	Bq	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
ギガ分与、カーマ		Gy	J/kg
練量当量、周辺線量当量	シーベルト	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$
方向性線量当量、個人線量当量、組織練量当量			

(a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときのいくつかの用例は表4に示されている。

(b) 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“1”は明示されない。

(c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。

(d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa · s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
のモーメント	ニュートンメートル	N · m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
表面張力	ニュートン每メートル	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} = s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$
熱流密度、放射照度	ワット每平方メートル	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
熱容量、エントロピー	ワット每ケルビン	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量熱容量(比熱容量)	ジュール毎キログラム	J/(kg · K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エンントロピー	一ケルビン	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エネルギー(比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
熱伝導率	ワット每メートル毎ケルビン	W/(m · K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール每立方メートル	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
電界の強さ	ボルト每メートル	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
体積電荷	クーロン每立方メートル	C/m ³	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
電気変位	クーロン每平方メートル	C/m ²	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
誘電率	フーリド每メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー每メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール每モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
モルエンントロピー	ジュール每モル每ケルモル熱容	J/(mol · K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
吸収線量率	グレイ每秒	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット每平方メートル	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット每平方メートル每ステラジアン	W/(m ² · sr)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = kg \cdot s^{-3}$

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨクタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^9	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^6	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^3	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^2	ヘクト	h	10^{-21}	ゼット	z
10^1	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
分	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10800) \text{ rad}$
秒	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648000) \text{ rad}$
リットル	L	$1L = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3$
トン	t	$1t = 10^3 \text{ kg}$
ネーピ	Np	$1Np = 1$
ベル	B	$1B = (1/2) \ln 10 (Np)$

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	$1eV = 1.60217733(49) \times 10^{-19} J$
統一原子質量単位	u	$1u = 1.6605402(10) \times 10^{-27} kg$
天文単位	ua	$1ua = 1.49597870691(30) \times 10^{11} m$

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	里	1 海里=1852m
ノット	ト	1 ノット=1 海里每時=(1852/3600)m/s
アード	a	$1a = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3$
ヘクタール	ha	$1 ha = 1 hm^2 = 10^4 m^2$
バル	bar	$1 bar = 0.1 MPa = 100kPa = 10^5 Pa$
オングストローム	Å	$1 Å = 0.1 nm = 10^{-10} m$
バーン	b	$1 b = 100 fm^2 = 10^{-28} m^2$

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	$1 erg = 10^{-7} J$
ダイニン	dyn	$1 dyn = 10^{-5} N$
ボアズ	P	$1 P = 1 dyne \cdot s/cm^2 = 0.1 Pa \cdot s$
ストークス	St	$1 St = 1 cm^2/s = 10^{-4} m^2/s$
ガウス	G	$1 G = 10^{-4} T$
エルステッド	Oe	$1 Oe = (1000/4\pi) A/m$
マクスウェル	Mx	$1 Mx = 10^{-8} Wb$
チルブ	sb	$1 sb = 1 cd/cm^2 = 10^4 cd/m^2$
ホル	ph	$1 ph = 10^4 lx$
ガル	Gal	$1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2$

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリ	Ci	$1 Ci = 3.7 \times 10^{10} Bq$
レントゲン	R	$1 R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg$
ラド	rad	$1 rad = 1 cGy = 10^{-2} Gy$
ラム	rem	$1 rem = 1 cSv = 10^{-2} Sv$
X線単位	IX unit	$1 IX unit = 1.002 \times 10^{-4} nm$
ガンマ	γ	$1 \gamma = 1 nT = 10^{-9} T$
ジャンスキ	Jy	$1 Jy = 10^{-26} W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$
フェルミ	fm	$1 fermi = 1 fm = 10^{-15} m$
メートル系カラット		$1 metric carat = 200 mg = 2 \times 10^{-4} kg$
トル	Torr	$1 Torr = (101.325/760) Pa$
標準大気圧	atm	$1 atm = 101.325 Pa$
カリ	cal	$1 cal = 1 J = 10^4 erg$
ミクロ	μ	$1 \mu = 1 \mu m = 10^{-6} m$