

JAERI-M

7 2 5 0

表面現象研究用加速器の建設

1977年9月

小原 建治郎・大塚 英男・山田 礼司

阿部 哲也・曾根 和穂

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

表面現象研究用加速器の建設

日本原子力研究所東海研究所核融合研究部

小原建治郎・大塚 英男・山田 礼司

阿部 哲也・曾根 和穂

(1977年8月9日受理)

核融合装置における真空壁の表面現象の研究の一翼を担う低エネルギー加速器が、昭和52年3月に完成し核融合研究部炉心工学研究室に設置された。本装置は最大加速電圧400kVの高周波コッククロフト・ウォルトン型のイオン加速器で、従来の加速器に比べていくつかの優れた特徴を有している。本報告はこの加速器の設置仕様、主要構成機器の概略、安全機構、試験結果について述べたものである。

Construction of Ion Accelerator for Ion-Surface Interaction Research

Kenziro OBARA, Hidewo OHTSUKA, Rayji YAMADA
Tetsuya ABE and Kazuho SONE

Division of Thermonuclear Fusion Research, Tokai Research Establishment,
JAERI

(Received August 19, 1977)

A Cockcroft-Walton type ion accelerator for ion-surface interaction research was installed at Plasma Engineering Laboratory, Division of Thermonuclear Fusion Research, JAERI, in March 1977. Its maximum accelerating voltage is 400 kV. The accelerator has some outstanding features compared with the conventional type.

Described are setup of the accelerator specification of the major components, safety system and performance.

Keywords : Ion-Surface Interaction, Ion Accelerator, Cockcroft-Walton Type, 400 kV, Construction, Specification, Safety System, Performance,

目 次

1. はじめに.....	1
2. 装置の設置仕様.....	1
2.1 装置構成.....	2
2.2 定格仕様.....	2
2.3 外形寸法.....	2
2.4 重 量.....	3
2.5 設置場所に必要な条件.....	3
2.6 必要設備.....	3
3. 主要構成機器の概略.....	5
3.1 イオン源.....	5
3.2 引出電源およびレンズ系.....	5
3.3 90°二重焦点分析電磁石.....	5
3.4 モータ・ジェネレータ.....	6
3.5 質量計算器.....	6
3.6 加速装置.....	6
3.7 静電三重四極子レンズ.....	7
3.8 ビーム走査装置.....	7
3.9 排気系.....	7
3.10 圧縮空気供給装置.....	8
3.11 冷却装置.....	8
3.12 テレメータ装置.....	8
3.13 サーボ装置.....	8
3.14 制御盤.....	8
4. 安全機構.....	23
4.1 停電時.....	23
4.2 断水時.....	23
4.3 過電流, 通負荷.....	23
4.4 高電圧部.....	23
4.5 X線防護.....	23
5. 試験結果.....	24
謝 辞.....	24

1. はじめに

プラズマ—壁相互作用を研究することを目的として「真空壁の表面現象の研究」が昭和50年度に発足した。この分野に関する本格的な研究の必要性は、プラズマ中への不純物原子の混入の問題と関連してここ数年間に急速に高まってきた。不純物原子がプラズマへ混入すると放射損失が増大するが、この放射損失のほとんどは制動放射によるものである。これは原子番号の2乗に比例して増大する。昭和56年9月に完成予定の臨界プラズマ試験装置(JT-60)のような高温プラズマでは、数パーセントの鉄不純物の混入によって10MWを超えるエネルギー損失が予想されるという。不純物発生の主要な原因はプラズマ粒子が真空壁を衝撃することにあるのでその機構および発生量を明らかにし、その対策をたてる必要がある。また将来のD-T核融合炉へ進んだ場合には、高エネルギー(最大3.52MeV)のヘリウムイオンが発生し、さらにきびしい壁表面の侵食が予想され、これがまたプラズマへの不純物混入の原因ともなる。

不純物原子の発生を現象面から見ると、主として真空壁のスパッタリング、プリスタリング(フレーキングを含む)、局所的な蒸発および吸着、吸蔵ガスの脱離などが考えられる。これらの表面現象の研究のために2種類の加速器が設計・建設された。ひとつは加速電圧が0.1~6kVという非常に低いものであり、もうひとつは30~400kVという比較的高い加速電圧を有するイオン加速器である。本報告は後者についてのものであり、 H^+ 、 D^+ 、 He^+ 、 Ne^+ などの気体イオンのみならず、 Fe^+ 、 Ni^+ などの金属イオンが引き出せる特徴を有している。また排気系はターボ分子ポンプとスパッタイオンポンプを使用して清浄排気を目ざしている。以下にその概要を述べる。

2. 装置の設置仕様

図2.1に加速器の設置図について示す。加速器は実験室A、実験室Bに設置されている(以下実験室AをA室、実験室BをB室とよぶ)。A室には高電圧部と加速管、B室にはビーム輸送管、ターゲットチェンバーおよび制御盤が設置されている。両室は厚さ約250mmのコンクリート壁で仕切られており、連絡は厚さ10mmの鉛板を内張りした扉の開閉によっている。

高電圧部収納のA室には、放電防止の配慮がなされており、室内の突起部を極力少なくしたり、天井や壁、階段に丸味を持たせ、照明灯も埋め込み式にしている。また機器の設置場所に必要な条件として、室内の温度および湿度を所定の値(17~25℃、50%以下)に制御する必要から、A、B室の空調設備は2系流に分離されている。以下に装置の構成、加速器の仕様について述べる。

1. はじめに

プラズマ—壁相互作用を研究することを目的として「真空壁の表面現象の研究」が昭和50年度に発足した。この分野に関する本格的な研究の必要性は、プラズマ中への不純物原子の混入の問題と関連してここ数年間に急速に高まってきた。不純物原子がプラズマへ混入すると放射損失が増大するが、この放射損失のほとんどは制動放射によるものである。これは原子番号の2乗に比例して増大する。昭和56年9月に完成予定の臨界プラズマ試験装置(JT-60)のような高温プラズマでは、数パーセントの鉄不純物の混入によって10MWを超えるエネルギー損失が予想されるという。不純物発生の主要な原因はプラズマ粒子が真空壁を衝撃することにあるのでその機構および発生量を明らかにし、その対策をたてる必要がある。また将来のD-T核融合炉へ進んだ場合には、高エネルギー(最大3.52MeV)のヘリウムイオンが発生し、さらにきびしい壁表面の侵食が予想され、これがまたプラズマへの不純物混入の原因ともなる。

不純物原子の発生を現象面から見ると、主として真空壁のスパッタリング、プリスタリング(フレーキングを含む)、局所的な蒸発および吸着、吸蔵ガスの脱離などが考えられる。これらの表面現象の研究のために2種類の加速器が設計・建設された。ひとつは加速電圧が0.1~6kVという非常に低いものであり、もうひとつは30~400kVという比較的高い加速電圧を有するイオン加速器である。本報告は後者についてのものであり、 H^+ 、 D^+ 、 He^+ 、 Ne^+ などの気体イオンのみならず、 Fe^+ 、 Ni^+ などの金属イオンが引き出せる特徴を有している。また排気系はターボ分子ポンプとスパッタイオンポンプを使用して清浄排気を目ざしている。以下にその概要を述べる。

2. 装置の設置仕様

図2.1に加速器の設置図について示す。加速器は実験室A、実験室Bに設置されている(以下実験室AをA室、実験室BをB室とよぶ)。A室には高電圧部と加速管、B室にはビーム輸送管、ターゲットチャンバーおよび制御盤が設置されている。両室は厚さ約250mmのコンクリート壁で仕切られており、連絡は厚さ10mmの鉛板を内張りした扉の開閉によっている。

高電圧部収納のA室には、放電防止の配慮がなされており、室内の突起部を極力少なくしたり、天井や壁、階段に丸味を持たせ、照明灯も埋め込み式にしている。また機器の設置場所に必要な条件として、室内の温度および湿度を所定の値(17~25℃、50%以下)に制御する必要から、A、B室の空調設備は2系流に分離されている。以下に装置の構成、加速器の仕様について述べる。

2.1 装置の構成

- (1) 電動発電機 (M.G)
- (2) 高電圧発生装置
- (3) 高電圧部
- (4) 高電圧部 90°二重焦点分析電磁石
- (5) 排気系
- (6) 絶縁柱
- (7) 基礎台
- (8) フィードバック抵抗
- (9) 加速管
- (10) 三重四極子レンズ
- (11) ラック
- (12) ビーム輸送管
- (13) ターゲットチェンバー
- (14) 制御盤
- (15) X線遮蔽
- (16) 圧縮空気供給装置
- (17) 冷却装置

2.2 定格仕様

分析質量範囲	1 ~ 260 a.m.u
加速電圧	1 ~ 400 kV
加速イオン種	気体および固体イオン
ビーム電流	10 μ A以下
ビームスポット寸法	5 mm ϕ 以下 (最大エネルギー時ターゲット上でのもの)
ビーム走査範囲	最大50 mm \times 50 mm
イオン注入均一性	98%以上
電流積算範囲	10 ⁻⁹ ~ 10 ² C (プリセット付)

2.3 外形寸法 (概略)

単位 m

装置全体	幅 3.3 \times 高さ 3.3 \times 奥行 7.3
高電圧部	3.3 \times 2.9 \times 1.9
高電圧部必要床面積	6.5 \times 5.1 \times 4.7
ビーム輸送管	1.2 \times 2.1 \times 4.0

2.4 重量(概略) 単位 kg

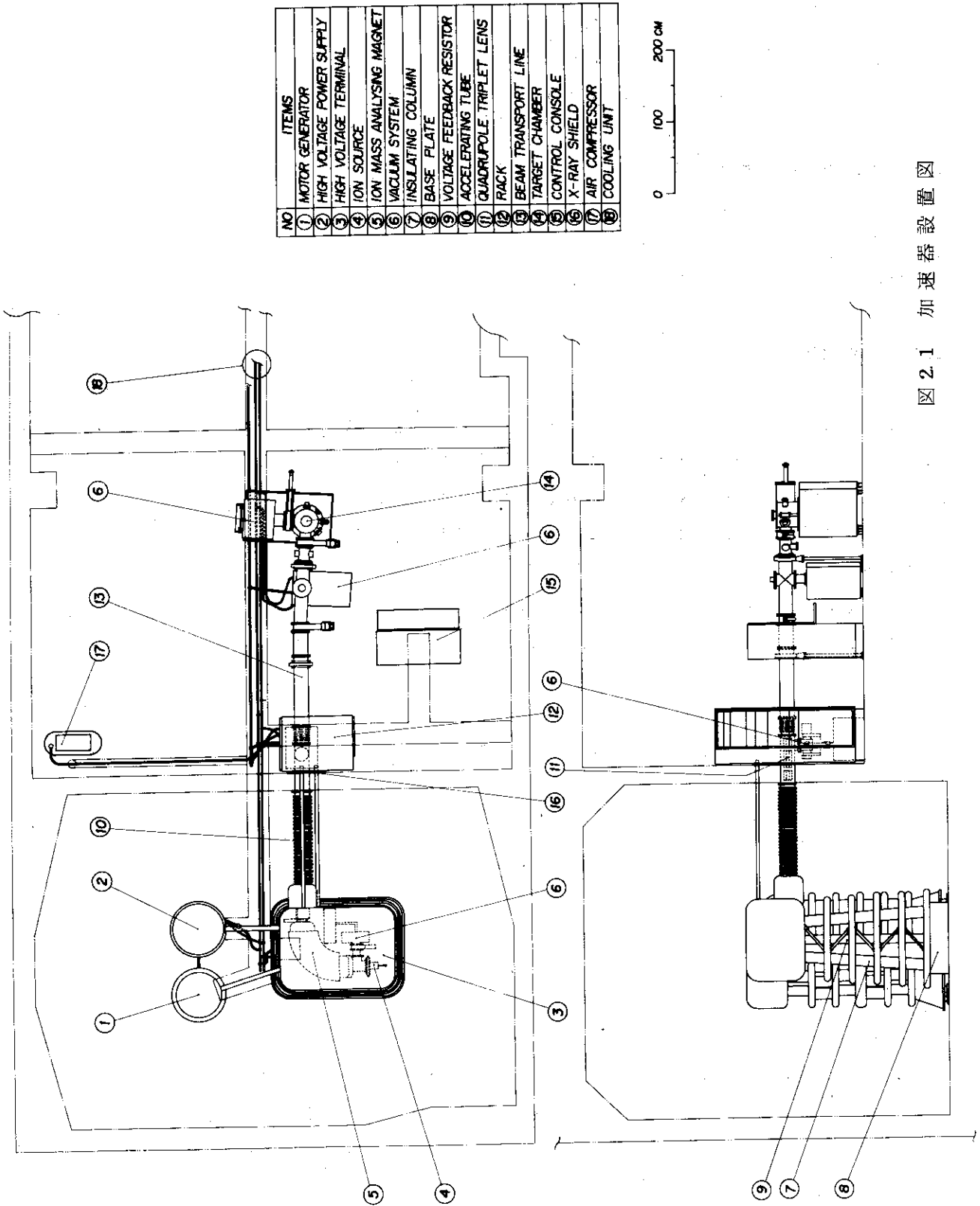
総重量	2,600
高電圧部	1,500
ビーム輸送管	850
制御盤	250

2.5 設置場所に必要な条件

温度範囲	17~23℃
湿度範囲	50%以下

2.6 必要設備

電源	3φ, 3W, 50Hz, 200V \pm 10V / 5V, 20kVA以上
	1φ, 2W, 50Hz, 100V \pm 10V, 3kVA以上
	3φ, 3W, 50Hz, 200V \pm 10V / 5V, 0.4kVA以上
	3φ, 3W, 50Hz, 200V \pm 10V / 5V, 2kVA以上
接地抵抗	6Ω以下
冷却水量および温度	22ℓ/min, 15℃以下
圧縮空気圧力	5kg/cm ²



NO	ITEMS
①	MOTOR GENERATOR
②	HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY
③	HIGH VOLTAGE TERMINAL
④	ION SOURCE
⑤	ION MASS ANALYSING MAGNET
⑥	VACUUM SYSTEM
⑦	INSULATING COLUMN
⑧	BASE PLATE
⑨	VOLTAGE FEEDBACK RESISTOR
⑩	ACCELERATING TUBE
⑪	QUADRUPOLE TRIPLET LENS
⑫	RACK
⑬	BEAM TRANSPORT LINE
⑭	TARGET CHAMBER
⑮	CONTROL CONSOLE
⑯	X-RAY SHIELD
⑰	AIR COMPRESSOR
⑱	COOLING UNIT

图 2.1 加速器設置図

3. 主要構成機器の概略

加速器は主として次の4つの部分から構成されている。

I. 高電圧部

これにはイオン源、イオン引き出し系および第1集束レンズ、分析電磁石、第2集束レンズ、スリットが含まれる。これらはA室床面設置の基礎台上の絶縁柱によって支えられており、必要電力はMGから供給される。図3.1実験室Aの内部を参照。

II. 加速管および高電圧発生装置

III. 排気系

IV. 制御盤

以下に構成機器の概略について述べる。

3.1 イオン源

図3.2, 3.3にイオン源の概略図を、図3.4にイオン源の一部を示す。イオン源にはhollow cathode型を使用している。このイオン源の特徴としては、イオンの初期エネルギー幅が小さい、エミッタンス(引き出されたイオンの横方向の拡がり)が小さい、ビームの出力が大きく、かつ消費電力が少ないなどがあげられる。またイオン源物質には、気体、液体および固体のイオン化物質が適用でき、広範囲に種々の重イオンを得ることができる。イオン源は蒸発物質の特性に応じてオープン(イオン源物質を蒸発させるための加熱炉)の形が変えられるようになっており、3種類のもので用意されている。陰極は電子放出用のタングステンフィラメントをはさんだ2枚のタンタルから構成されている。アウトレットプレートには磨耗を少なくするためタングステンを使用している。また円筒状の陽極絶縁物は窒化ボロンで出来ており、陽極の一部(アーク発生部)には高温時の合金生成や再結晶による変質をできるだけ少なくするために、タングステンを使用している。

3.2 引出電源およびレンズ系

図3.5にビーム系の電極構成について示す。イオン引出装置はイオン源と一体に組み合わされている。引出電圧は0, 10, 20, 30 kVと段階的に選択設定でき、またレンズ電圧は0~30 kVの間で連続可変できる。これらの強い電界の働きにより、十分に集束されたイオンビームがイオン源から引出される。

3.3 90°二重焦点分析電磁石

分析電磁石は、引出ビーム中にあるいろいろな重量を持つ多くの同位元素、および多種の電

荷イオンから必要なイオンを有効に選別分離するために使用される。質量分解能は500以上で、1~260 a.m.uまでのイオン質量が分析できる。分析電磁石の形状、寸法は、半径500mmの扇形で20mmの磁極間隙を持っている。またこの加速器は、分析電磁石が主加速装置の前にあるいわゆる後段加速のため

- ① 必要なイオンだけを加速することになるのでX線放射が少ない。また不要なイオンの加速がないため加速管の汚染が少ない。
- ② イオンのエネルギーを分析電磁石の調整なしに変化できる。
- ③ 分析イオンの引出電圧(最大30kV)が小さいので、電磁石を小型にできる。

などの特徴を持っている。図3.6に高電圧部の概略図を図3.7に高電圧部の一部を示す。

3.4 電動発電機(M.G)

M.Gは電動機と発電機を絶縁軸で駆動して、5kVAの電力をイオン源電源、分析電磁石電源、引出電源、レンズ電源など高電圧部に設置されている各装置に供給するためのものである。本装置は自立型に設計されているため、振動は高圧部に装置されている各装置には伝わらない。出力電圧は3φ、200Vで、励磁装置の電圧調整器により調整される。図3.1および図3.6を参照。

3.5 質量計算器

ターゲット上に加速される分離イオンの質量は、イオン引出電圧と分析電磁石の磁場をもとにして、小型アナログ計算機により計算され、自動的にデジタル表示される。

分離イオンの質量数の計算は次式により計算される。

$$M = K \frac{ZB^2}{V_{acc}}$$

M : イオンの質量

K : 定数

Z : 電荷数

B : 分析電磁石の磁場強度

V_{acc} : 引出電圧

3.6 加速装置

加速装置は、加速管と高電圧発生装置によって構成されている。加速管はアルミニウム製電極と絶縁ガラス管からなっており、アルミニウム製電極にはイオンビーム加速電位が抵抗により均等に順次分圧されている。

また、X線防護のため加速管の入口にはX線放射抑制装置(サブレッサー)を設けている。図3.1を参照。

図 3.8 に 500 kV 直流電源の概略を，図 3.9 にその組立中の写真を示す。高電圧発生装置は，①コッククロフトーウォルトン型直流昇圧回路，②直流昇圧回路用高周波発振器，③電圧測定用抵抗，④電圧制御ポテンショメータ，出力電圧および出力電流読取用計器等を備えた遠隔制御装置の 4 つのユニットからなっている。

3.7 静電三重四極子レンズ（トリプレットレンズ）

図 3.10 にトリプレットレンズの一部を示す。トリプレットチェンバー内に装備されているこのレンズは，円筒状の四極子電極 3 組から構成され，加速管を出た直後のビームの集束に用いられる。各レンズ電極には，多段高電圧発生用整流器に接続された昇圧トランスから，±8 kV の対称モードの高電圧がかけられ，ターゲット上にイオンビームの焦点を結ばせるようになっている。図 3.5 を参照。

3.8 ビーム走査装置

この装置は，トリプレットレンズに接続するビームライン円筒管内部に設置されている。縦軸（Y 方向）および横軸（X 方向）走査用の 2 組の静電偏向板を，イオンビームの方向に対してお互いに直角となるように配置している。これらの走査板には対称モードの高電圧が印加されるため，一台の共通電源と，X および Y 方向走査用にそれぞれ独立した 2 台の対称高電圧増巾器が設けられている。走査範囲はターゲット部において，最大 50 mm × 50 mm に走査することができる。また，X 方向偏向板にバイアス電圧を印加することにより，イオンビームを水平方向に曲げ中性粒子をトラップすることができる。図 3.5 を参照。

3.9 排気系

図 3.11 に真空排気系統図を示す。加速器には，次の 4ヶ所にそれぞれの目的に応じた高性能真空ポンプが取り付けられている。なお到達真空度は，イオン源部，ビーム輸送管中間部，ターゲットチェンバー部において 10^{-7} Torr 台である。

- ① 高電圧部（イオン源付近）
油回転ポンプ，ターボ分子ポンプ（200ℓ/sec）
- ② 中間部（加速管出口付近）
油回転ポンプ，ターボ分子ポンプ（400ℓ/sec）
- ③ 中間部（ターゲットチェンバー入口付近）
油回転ポンプ，ターボ分子ポンプ（400ℓ/sec）
- ④ ターゲットチェンバー部
油回転ポンプ，ソーブションポンプ，スパッタイオンポンプ（1000ℓ/sec）

3.10 圧縮空気供給装置

図 3.15 に配管系統図について示す。付設のペビーコンプレッサーから供給された圧縮空気は、圧力調節弁によって $5\text{kg}/\text{cm}^2$ に調圧され、高電圧部に設置されている遠隔操作用ニューマチックゲート弁に供給されている。弁の開閉は高電圧部リレー盤内の操作スイッチによる。

3.11 冷却装置

これは、ビーム輸送管に設置されている二台のターボ分子ポンプおよび高電圧部に設置されている二台の熱交換器に冷却水を供給するために使用される。なお冷却水は、屋外に設置されている冷凍機から出口温度 15°C で供給されるようになっている。図 3.15 を参照。

3.12 テレメータ装置

高電圧部に設置されてある機器の制御は、テレメータシステムにより行なっている。高電圧部に設置されてある機器の各パラメータの計測値は交換装置により、一定の周波数をもった光パルスに変換され、次に高電圧側から低電圧側へ光導波管によって伝送される。伝送された信号により制御盤の各指示計には高電圧側の機器の動作状態が表示されるようになっており、その制御はサーボ装置を介して行なわれる。なおテレメータは、分析電磁石電流、引出電源電流、動作圧力、イオン源電源内のフィラメント電圧・電流、アノード電圧・電流、電磁石電流、オープン電流用の各伝送器から構成されている。

3.13 サーボ装置

高電圧部にある機器の制御は、テレメータシステムの他にサーボユニット方式により行なっている。各々のサーボユニットは電子回路、サーボモータ、および歯車装置により構成され、制御盤にあるポテンショメータにより制御される。この装置により制御される機器は、フィラメント、アノード、電磁石、オープンおよびガス導入用ニードルバルブの5つである。

3.14 制御盤

制御盤は左右二面から構成されており、各々の盤には次に示す機器の指示計ならびに操作スイッチが取り付けられている。図 3.16 実験室 B の内部を参照。

① 左側制御盤

イオン源関係

第1集束レンズおよび分析電磁石関係

ビームプロファイルモニター用オッシュロスコープ

ビーム輸送管内動作圧力指示計

② 右側制御盤

三重四極子レンズ関係

ビーム走査系関係

高電圧発生装置関係

電流積算計

M.G, 油循環装置用操作スイッチ

ターゲット加熱装置

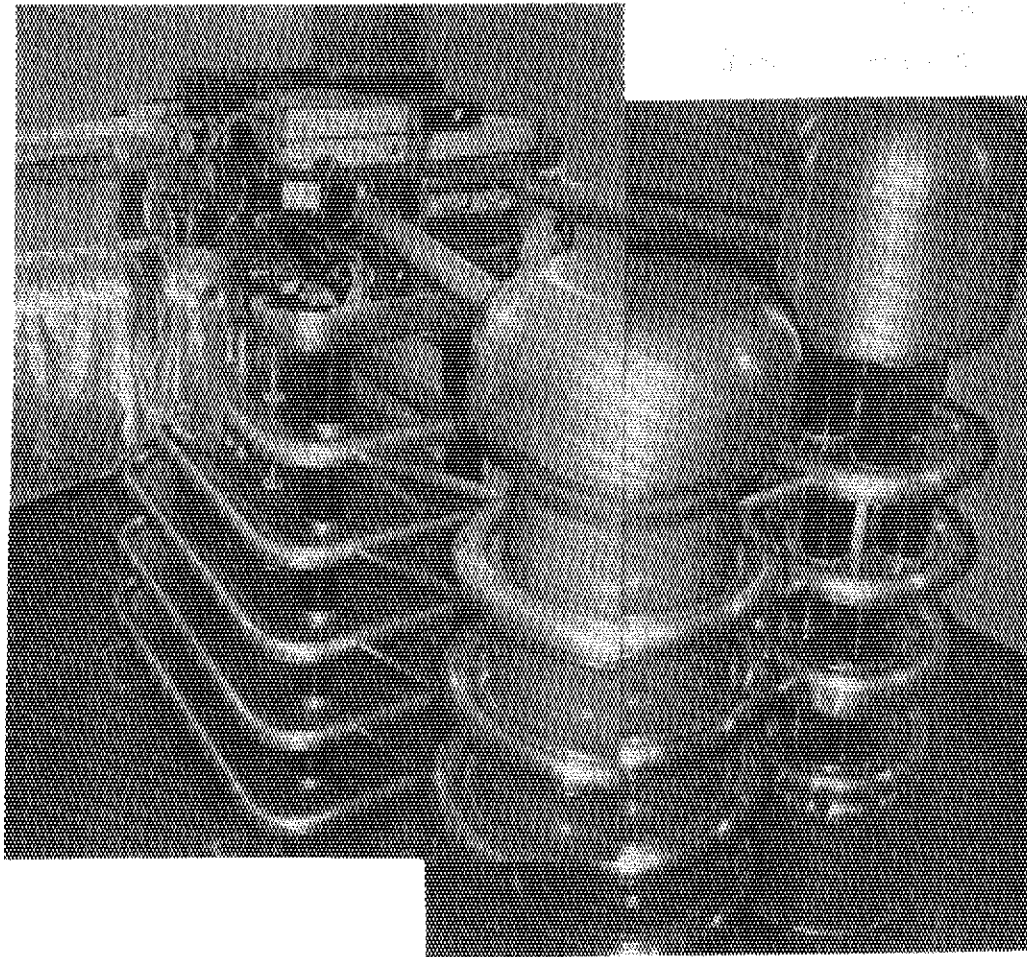


図 3.1 実験室 A の内部

右手前：コッククロフト昇圧回路内蔵容器

右 奥：M. G 装置

左 奥：高電圧部，左側のシートのかかっている部分は加速管

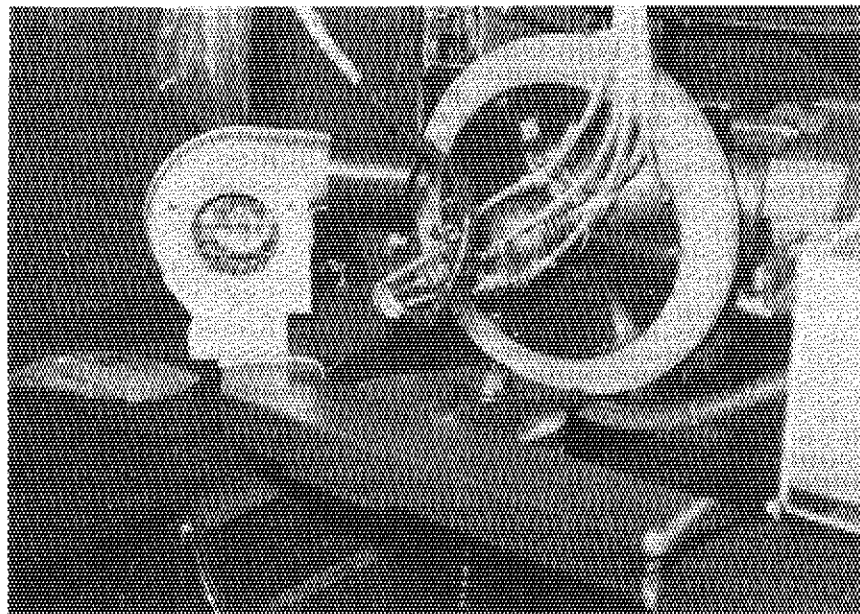


図 3.4 イオン源の一部

ガスインジェクターアッセンブリがみえる。

左側にあるのは冷却用ファン

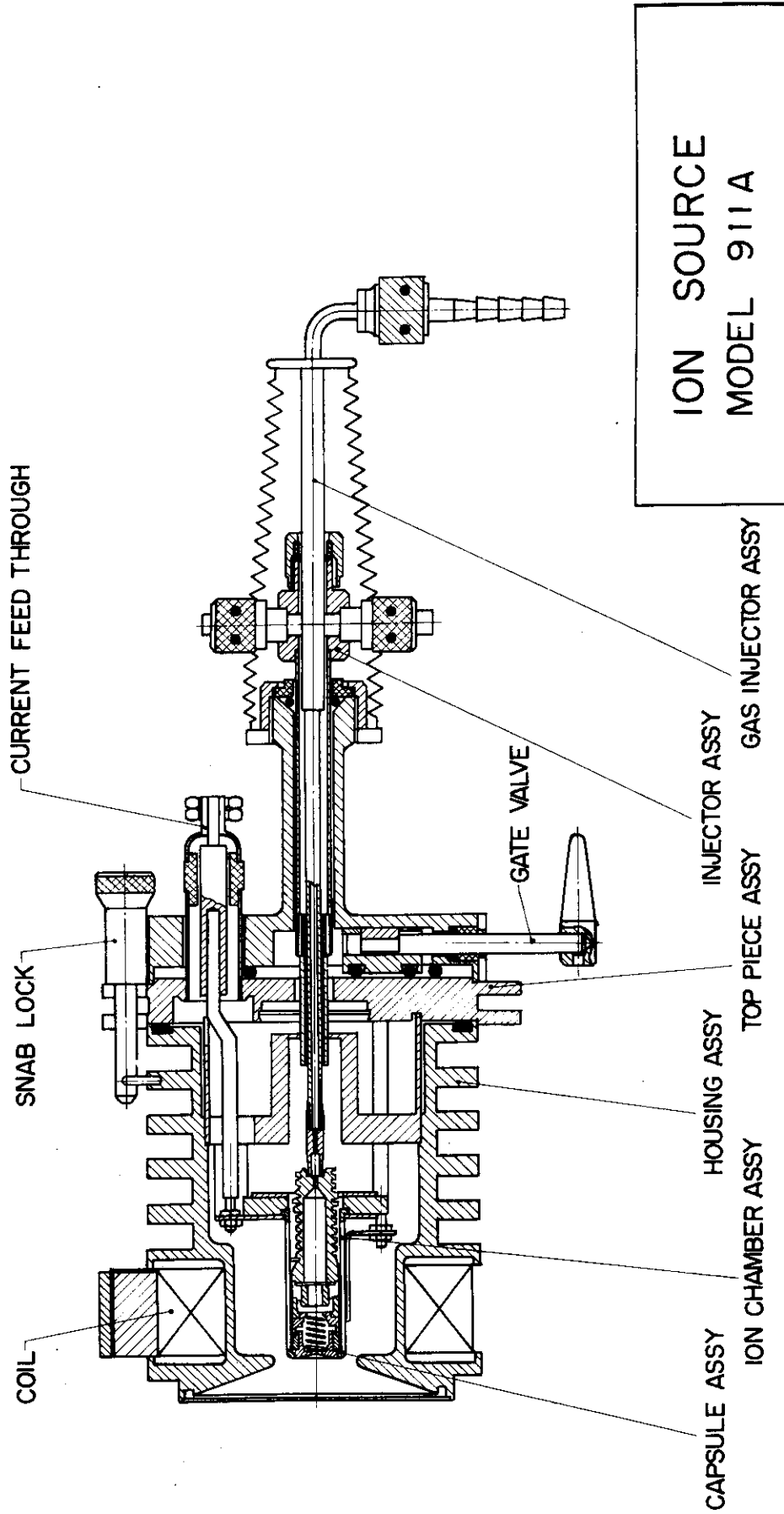
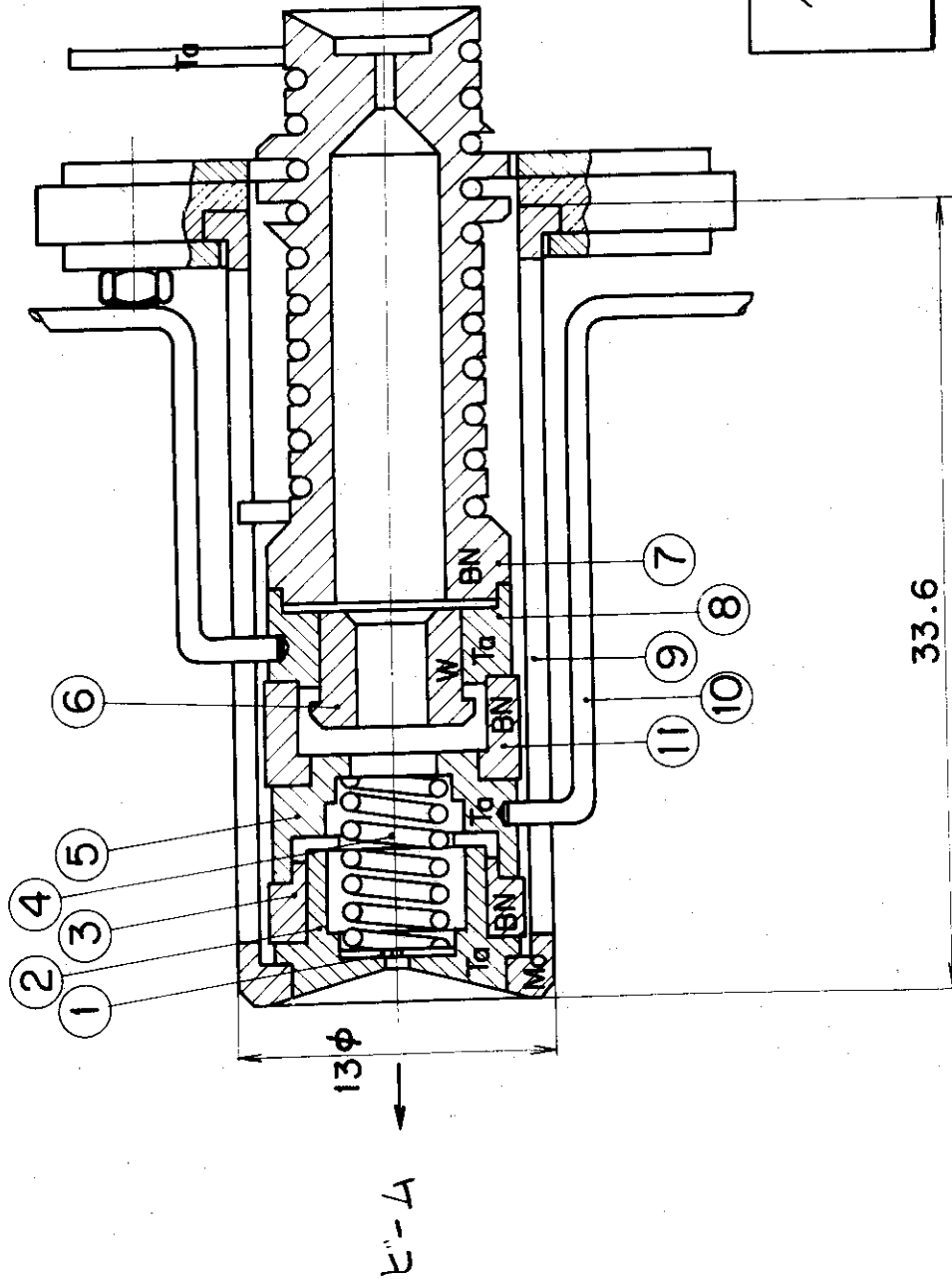


図 3.2 イオン源 (1)

番号	名称
①	アウトレットプレート
②	アウトレットキャップ
③	インシュレーター
④	フィラメント
⑤	リヤキャップ
⑥	アノードインサート
⑦	オーブン
⑧	アノードインサートブッシング
⑨	ターミナルチューブ
⑩	フラメントコネクション
⑪	アノードインシュレーター



イオンチェンバーアセンブリ
(911A型)

図 3.3 イオン源 (2)

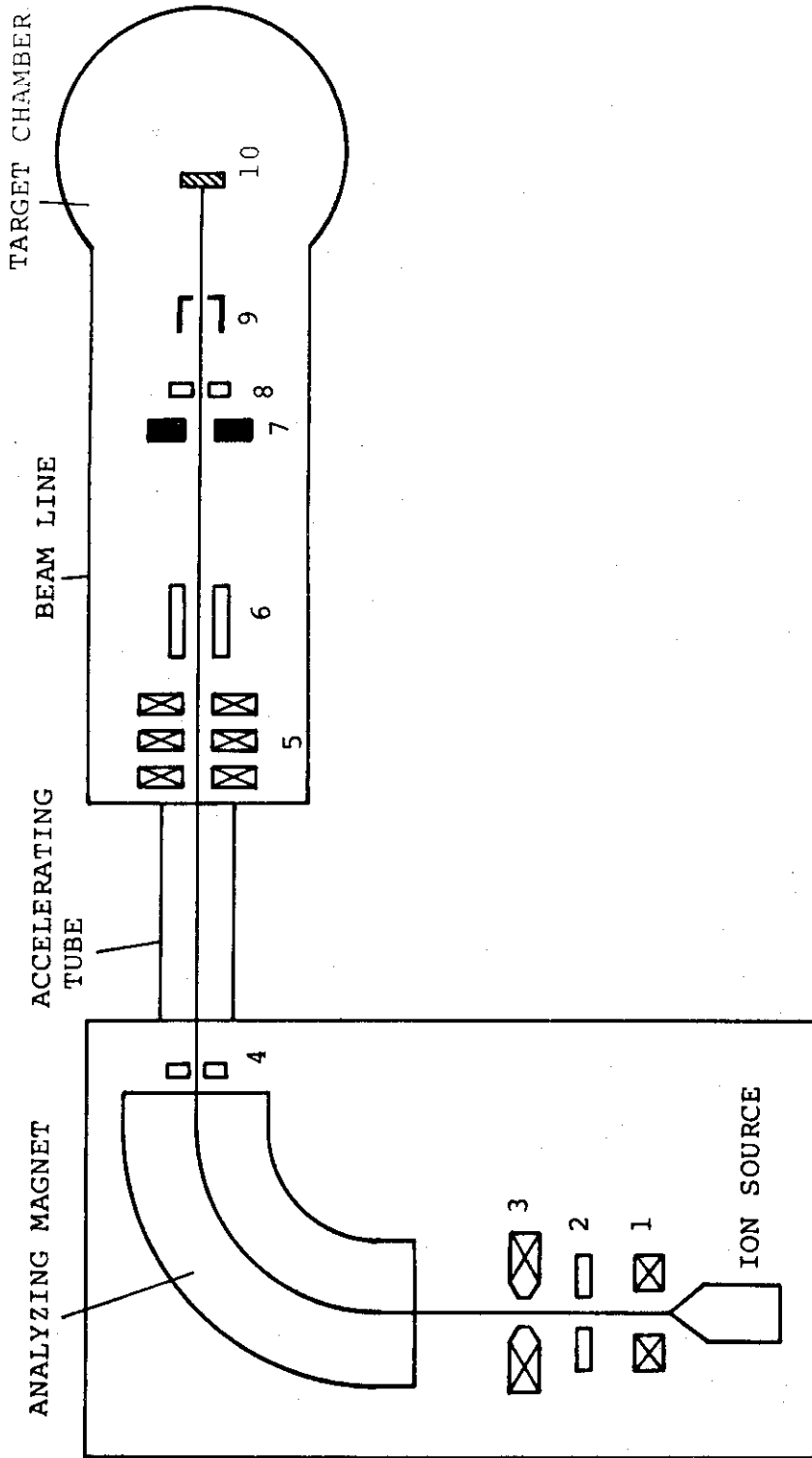
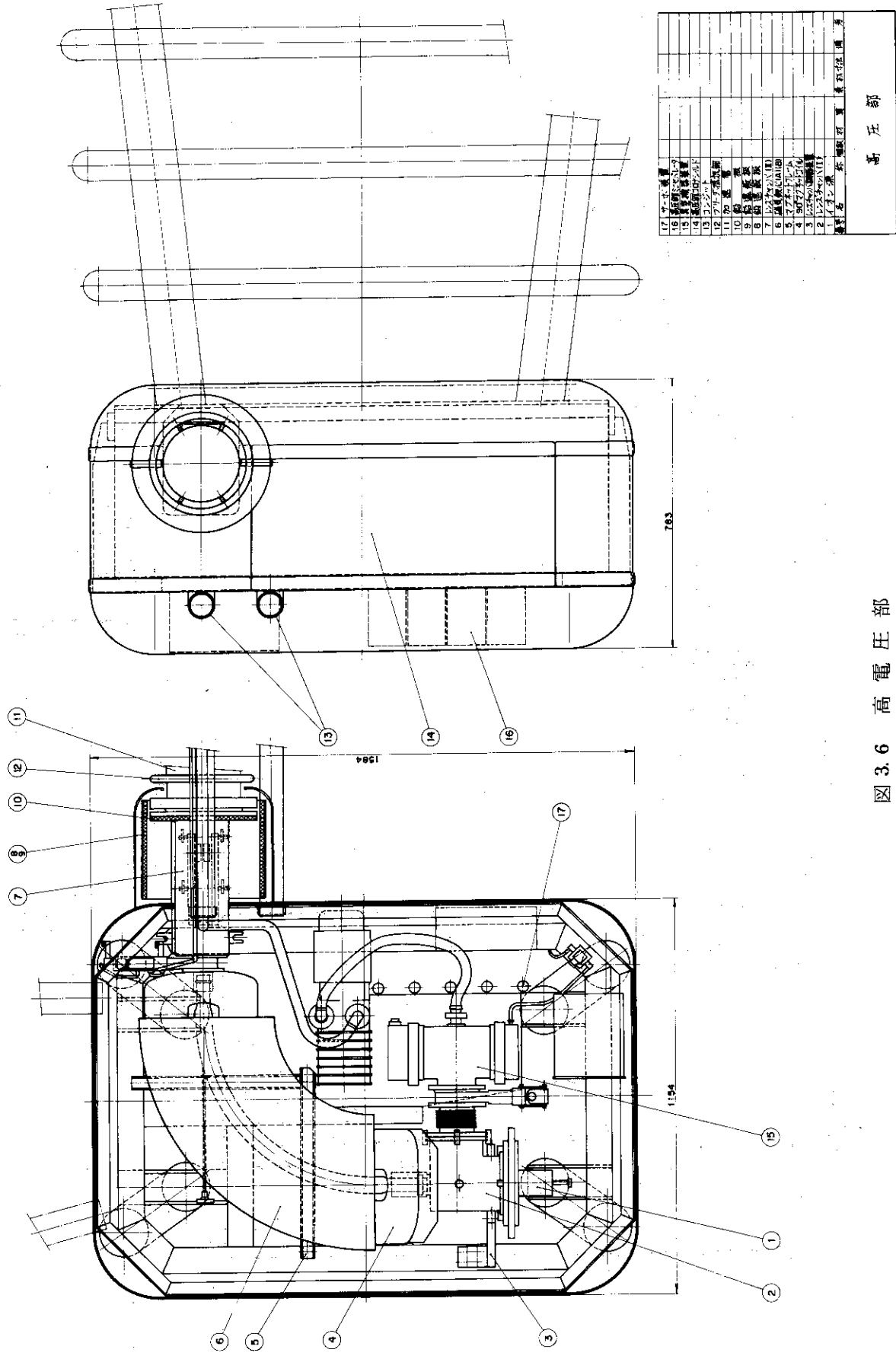


図 3.5 ビーム系の電極構成

- 1 : 第1集束レンズ
- 2 : 引出し電極
- 3 : 第2集束レンズ
- 4 : スリット
- 5 : 静電三重四極子レンズ
- 6 : 静電偏向板
- 7 : ビームプロファイルモニター
- 8 : スリット
- 9 : フォラダーカップ
- 10 : ターゲットホルダー



図番	品名	数量	単位	材料	備考
17	六角ボルト				
16	六角ナット				
15	六角ワッシャー				
14	六角ボルト				
13	六角ナット				
12	六角ワッシャー				
11	六角ボルト				
10	六角ナット				
9	六角ワッシャー				
8	六角ボルト				
7	六角ナット				
6	六角ワッシャー				
5	六角ボルト				
4	六角ナット				
3	六角ワッシャー				
2	六角ボルト				
1	六角ナット				
高電圧部					

図 3.6 高電圧部

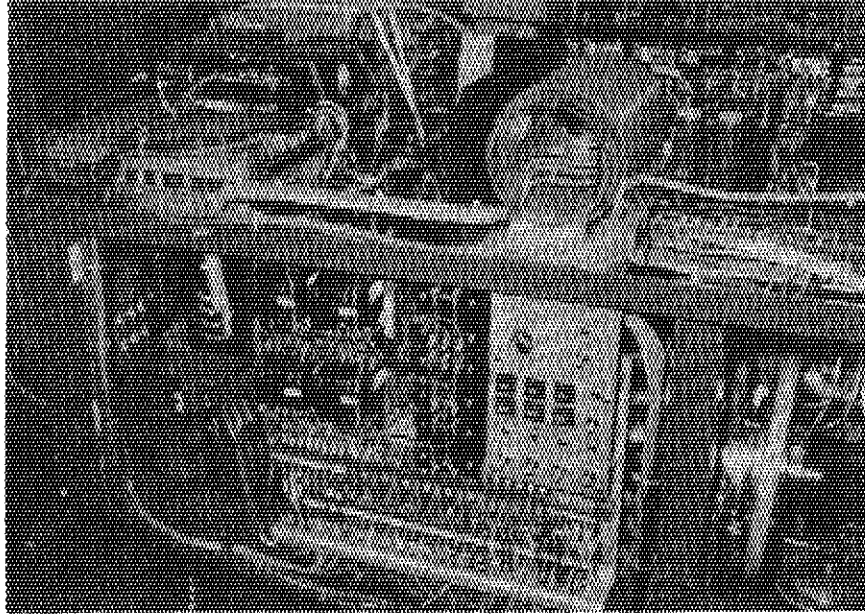
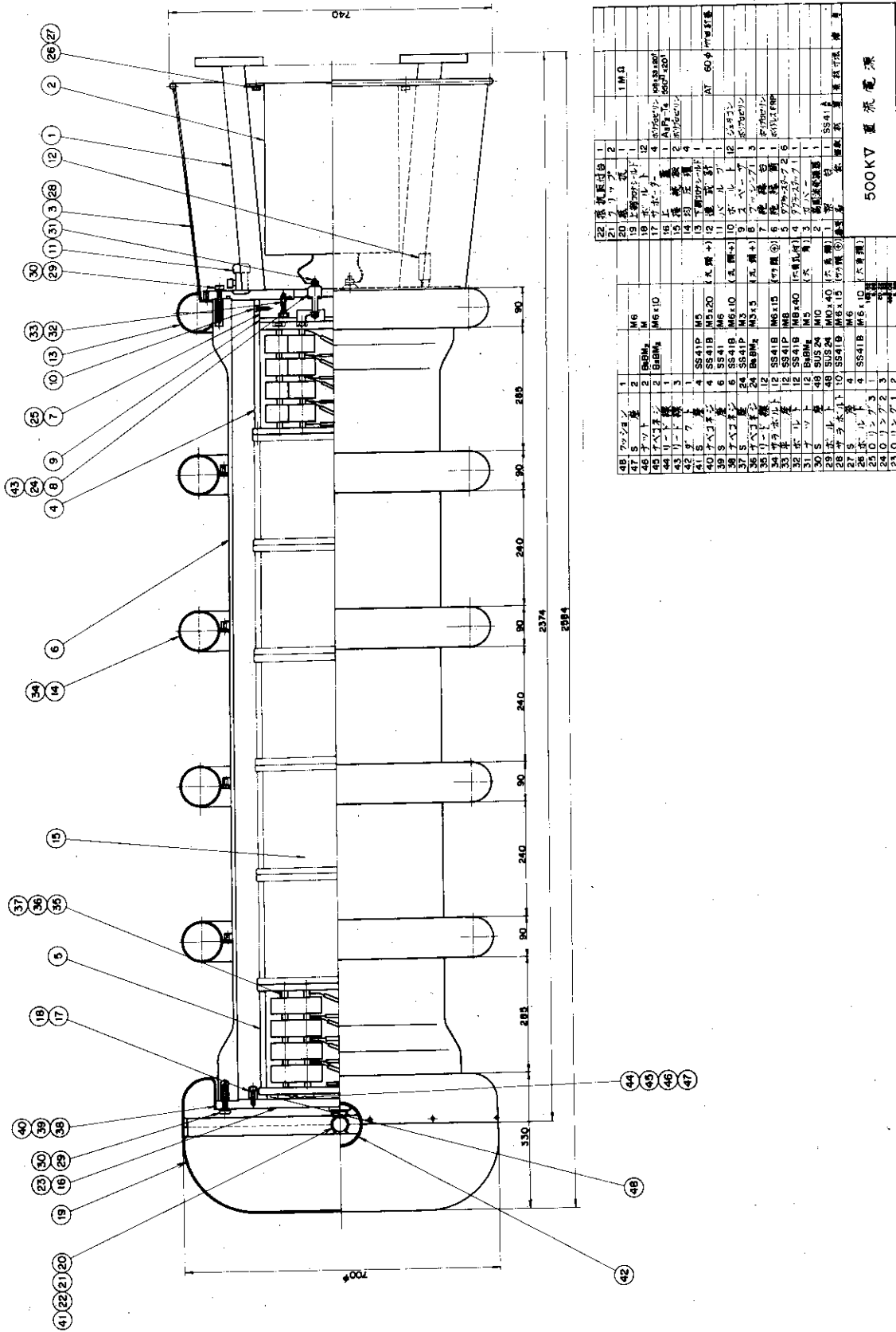


図 3.7 高電圧部の一部

手前に見えるのはリレー操作盤および引出電圧切換スイッチ。
加速管との接続は向側左の部分。



部材番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47					
材料	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス			
規格																																																				
数量	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
備註																																																				

図 3.8 500KV 直流電源

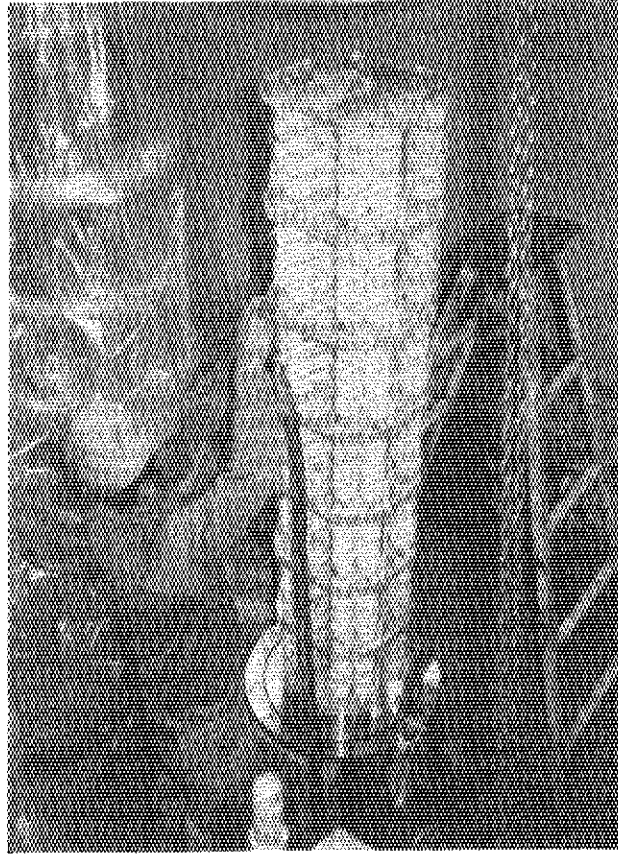


図 3.9 コッククロフト昇圧回路組立中
 全部で7段，この外側に外筒が整備され，中に六弗化硫黄が
 $0.2 \sim 0.4 \text{ Kg/cm}^2$ 充填される。

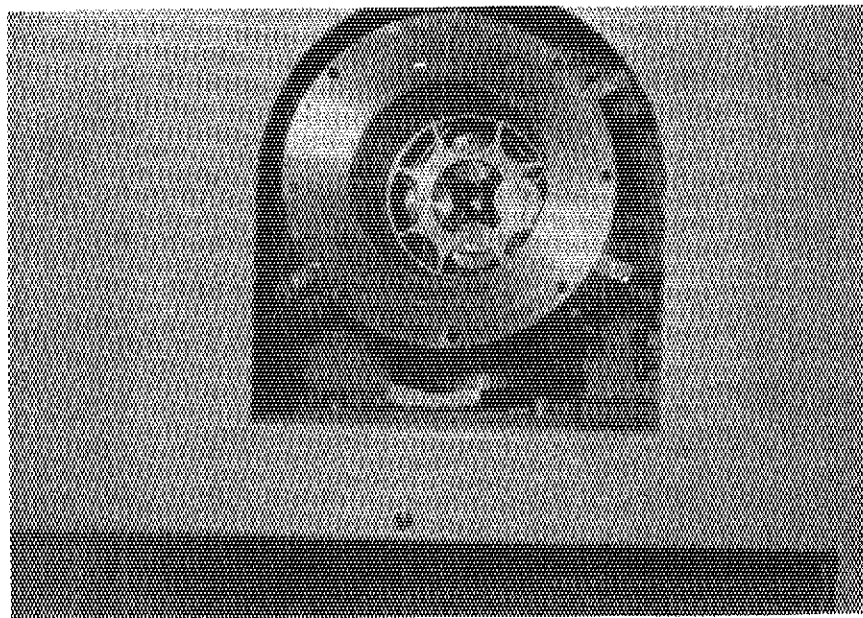


図 3.10 トリプレットレンズの一部分
 加速管の出口に設けられてある。写真にみえる2対の
 円筒が3組接続されてビーム集束の役目を果たす。

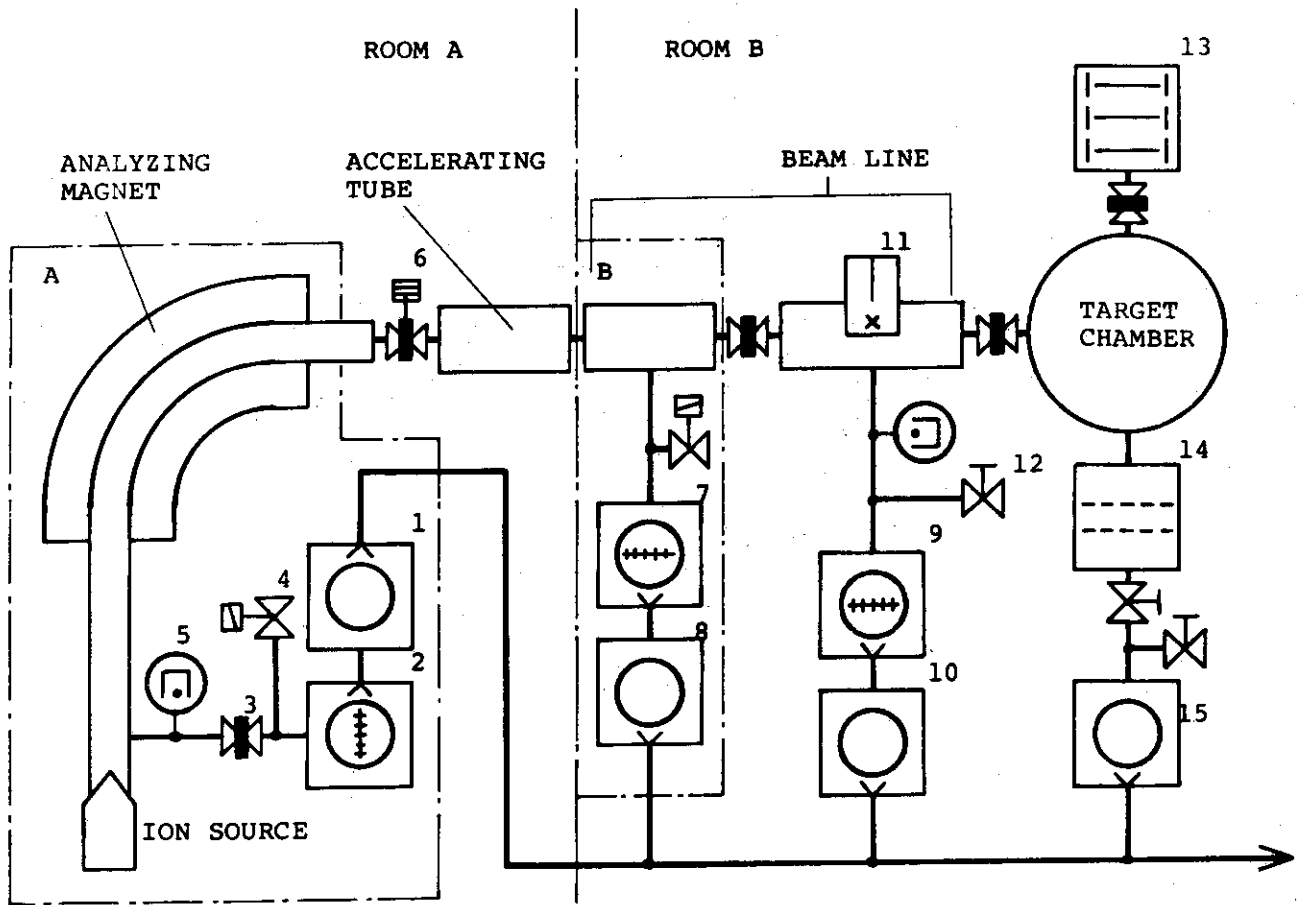
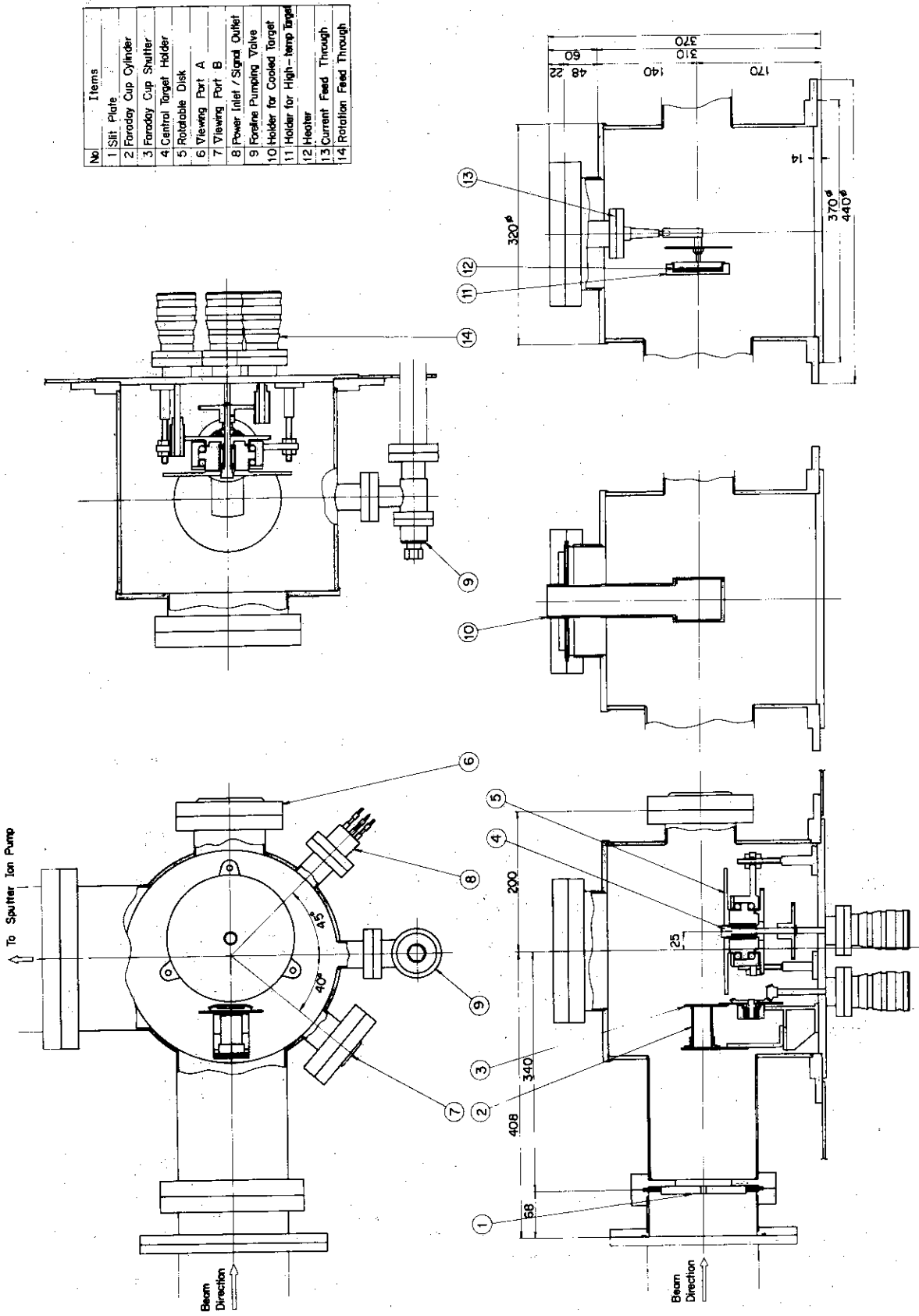


図 3.11 真空排気系統図

A : 高電圧部 B : ラック

- 1 : 油回転ポンプ (14 m³/h)
- 2 : ターボ分子ポンプ (200 l/S)
- 3 : ゲート弁
- 4 : 電磁式リーク弁
- 5 : 冷陰極電離真空計
- 6 : ニューマチックゲート弁
- 7 : ターボ分子ポンプ (400 l/S)
- 8 : 油回転ポンプ (35 m³/h)

- 9 : ターボ分子ポンプ (400 l/S)
- 10 : 油回転ポンプ (35 m³/h)
- 11 : 液体窒素トラップ
- 12 : 手動リーク弁
- 13 : スパッターイオンポンプ (1000 l/S)
- 14 : ソープションポンプ
- 15 : 油回転ポンプ (155 l/min)



For High-temperature Target

For Cooled Target

For Room-temperature Target

図3.13 ターゲットチェンバー 常温, 低温, 高温用

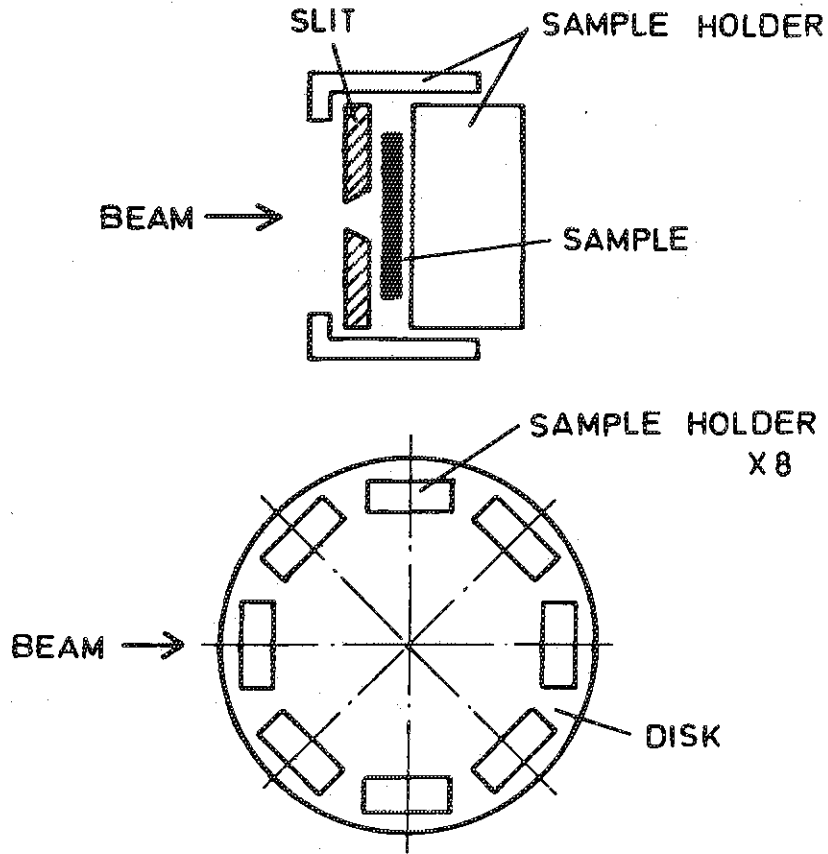


図 3.14 ターゲットチェンバーにおけるビーム照射時の試料設定（常温用）

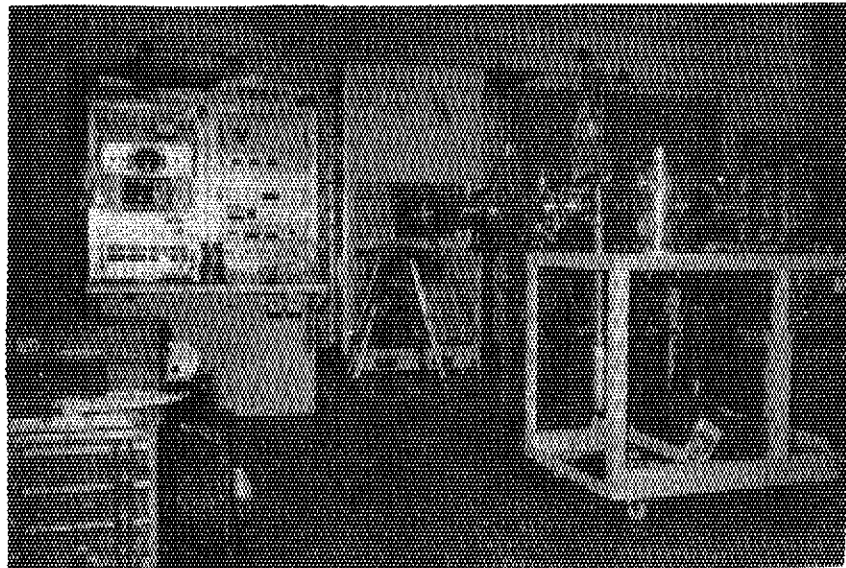


図 3.16 実験室Bの内部
左は制御盤，右手前はターゲットチェンバー。

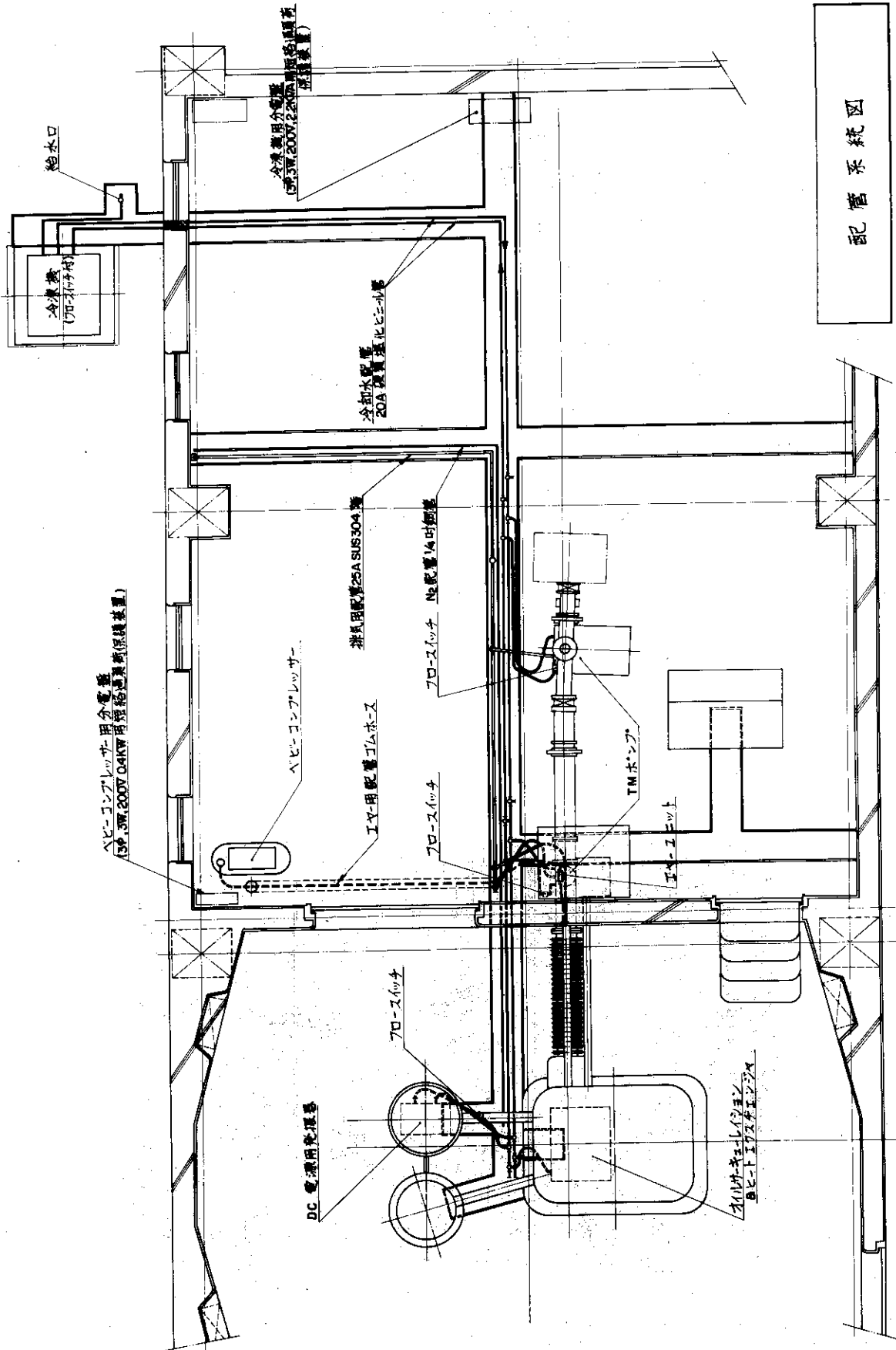


図 3.15 配管系統図

4. 安全機構

4.1 停電時

すべての機器が自動停止し、停電復帰後、あらためて操作しない限りすべての機構が動作を開始しないようになっている。

4.2 断水時

断水は警報によって知ることができる。また、ターボ分子ポンプには冷却水温度検出リレーが装備されており、所定の温度(27℃)以上になった場合は自動的に停止するようになっている。

4.3 過負荷, 過電流

それぞれの機器が保護回路を備えている。

4.4 高電圧部

高電圧による感電防止については、B室内の扉2ヶ所、実験室廊下側2ヶ所に高電圧発生中の赤色表示灯を設け、その旨を表示してある。また、高電圧発生中、A室側へ通じる扉をあけた時、自動的に高電圧が停止するインターロック回路を設けている。この検出端子はB室側扉2ヶ所、A室側非常扉1ヶ所に取り付けてある。さらには制御盤に5個のパーソナルキーを設け、このキーを抜き取っている状態では高電圧の印加ができないようになっている。

4.5 X線防護

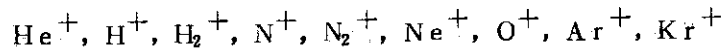
X線はイオン加速時に発生するので、4.4で述べた赤色表示灯が点灯することによって、室内外の者はその発生の可能性を知ることができる。またX線は主に高電圧室、加速管入口付近から放射されるが、これはA室とB室の境界をコンクリート(厚さ250mm)、および鉛板(厚さ10mm)で遮蔽することによって防護している。

この遮蔽壁によってB室において実験に従事する者の被曝線量率は基準値100 mrem/週より十分低い値となる。

5. 試 験 結 果

ビーム引出試験のイオン種は次に示す気体イオン9種，固体イオン6種について行なった。

気体イオン



固体イオン

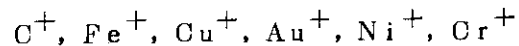


表 5.1 に各イオン種の電流値と引出し時のパラメータについて示す。また，図 5.1.①～5.1. はそれぞれのビームプロファイルである。オシロスコープ上に表われている上下2つの波形のうち下段はマーカーで基準となるビームスポットの位置を示す。上段は実際のイオンビームのスポットである。左右2つの波形は縦方向，横方向の形状を示し，左右対称であれば円形であり，鋭い程ビームが細くしぼれていることを示している。

謝 辞

本加速器の製作は日新ハイボルテージ株式会社が担当した。

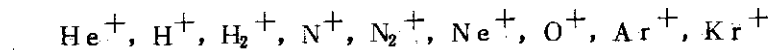
本加速器を用いた実験はすでに始まっていて，いくつかの興味ある結果が得られている。今後この加速器は必要に応じて部分的な改造を加えられることになり。当面昭和52年度中にビームラインを増設する計画が進んでいる。本加速器をより効率的，多目的に使用するためである。

終わりにあたり本装置の設置に御尽力下さった当研究部，森茂部長に深く感謝の意を表明します。また，西堂雅博氏（現在炉心工学研究室）には外来研究員として本装置の試験結果を得るために援助して頂きました。ここに謝意を表します。

5. 試 験 結 果

ビーム引出試験のイオン種は次に示す気体イオン9種，固体イオン6種について行なった。

気体イオン



固体イオン

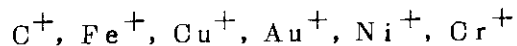


表 5.1 に各イオン種の電流値と引出し時のパラメータについて示す。また，図 5.1.①～5.1. はそれぞれのビームプロファイルである。オシロスコープ上に表われている上下2つの波形のうち下段はマーカで基準となるビームスポットの位置を示す。上段は実際のイオンビームのスポットである。左右2つの波形は縦方向，横方向の形状を示し，左右対称であれば円形であり，鋭い程ビームが細くしぼれていることを示している。

謝 辞

本加速器の製作は日新ハイボルテージ株式会社が担当した。

本加速器を用いた実験はすでに始まっていて，いくつかの興味ある結果が得られている。今後この加速器は必要に応じて部分的な改造を加えられることになり。当面昭和52年度中にビームラインを増設する計画が進んでいる。本加速器をより効率的，多目的に使用するためである。

終わりにあたり本装置の設置に御尽力下さった当研究部，森茂部長に深く感謝の意を表明します。また，西堂雅博氏（現在炉心工学研究室）には外来研究員として本装置の試験結果を得るために援助して頂きました。ここに謝意を表します。

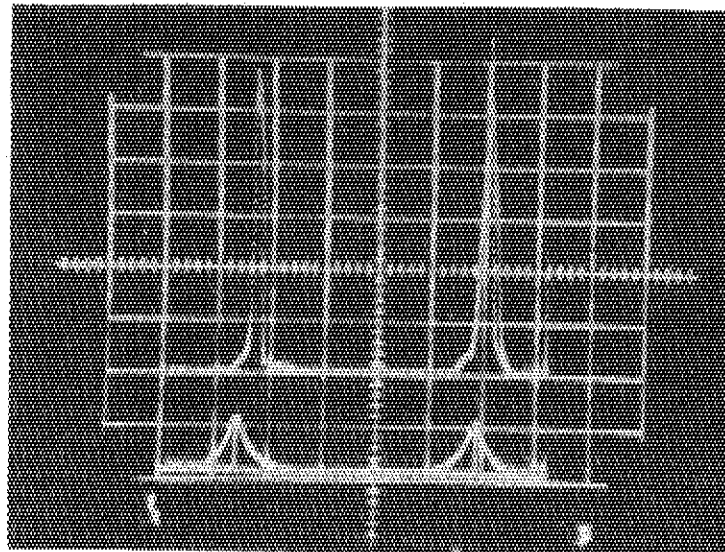
表 5.1 各種イオン引出試験結果

	フィラメント		アノード		イオン源 マグネット I (A)	引出		分析 マグネット I (A)	加速電圧, 電流		ビーム 電流 I (μA)	動作 圧 力	
	I (A)	V (v)	I (A)	V (v)		I (mA)	V (kV)		V (KV)	I (mA)		イオン源 (Torr)	ライン (Torr)
He ⁺ (4)	230	4.7	3.3	49	1.65	0.16	20	5.5	380	0.25	14	35 × 10 ⁻⁵	9.2 × 10 ⁻⁷
H ⁺ (1)	232	4.8	2.8	53	1.9	0.12	20	2	380	0.243	20	6.5 × 10 ⁻⁵	1.5 × 10 ⁻⁶
H ₂ ⁺ (2)	23	4.8	2.4	58	3.02	0.20	20	2.8	380	0.24	15	6 × 10 ⁻⁵	1.2 × 10 ⁻⁶
N ⁺ (14)	24.2	4.4	3.19	45	1.8	0.12	20	9.7	380	0.25	20	2.5 × 10 ⁻⁵	9.8 × 10 ⁻⁷
N ₂ ⁺ (28)	21.8	3.9	1.37	85	1.5	0.07	20	1.39	380	0.243	20	1.4 × 10 ⁻⁵	1.0 × 10 ⁻⁶
Ne ⁺ (20)	21.3	3.8	0.90	96	8.7	0.05	20	11.3	380	0.242	21	1.5 × 10 ⁻⁵	8.7 × 10 ⁻⁷
C ⁺ (12)	21.8	4.8	3.74	38	2.3	0.18	20	8.7	380	0.232	12.7	3.6 × 10 ⁻⁵	6.5 × 10 ⁻⁷
O ⁺ (16)	19.5	4.4	2.20	68	2.25	0.15	30	13.0	370	0.225	12.0	1.3 × 10 ⁻⁵	5.2 × 10 ⁻⁷
Fe ⁺ (56)	25.5	5.0	3.90	33	17.0* 30.7	0.17	20	20	380	0.232	12.0	4.5 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁶
Ar ⁺ (40)	1.88	5.4	3.50	38	2.75	0.13	20	1.67	380	0.268	4.7	2.0 × 10 ⁻⁵	1.2 × 10 ⁻⁶
Cu ⁺ (63)	2.35	5.8	3.9	27	3.20* 25.3	0.08	20	21.2	380	0.232	1.3	7.0 × 10 ⁻⁶	5.4 × 10 ⁻⁷
Au ⁺ (197)	2.74	4.7	3.6	32	19.7* 32.7	0.13	20	39.5	380	0.235	1.22	1.7 × 10 ⁻⁵	8.4 × 10 ⁻⁷
Ni ⁺ (58)	2.58	5.0	4.0	30	5.0* 3.8	0.16	30	25.5	370	0.230	1.50	3.4 × 10 ⁻⁵	6.4 × 10 ⁻⁷
Kr ⁺ (84)	2.12	4.0	5.0	77	10.5	0.10	30	30.8	370	0.237	1.4	9 × 10 ⁻⁶	1.6 × 10 ⁻⁶
Cr (54)	2.50	4.2	5.0	54	23.0* 3.6	0.18	30	2.4	370	0.23	1.3	1.3 × 10 ⁻⁵	5.5 × 10 ⁻⁷

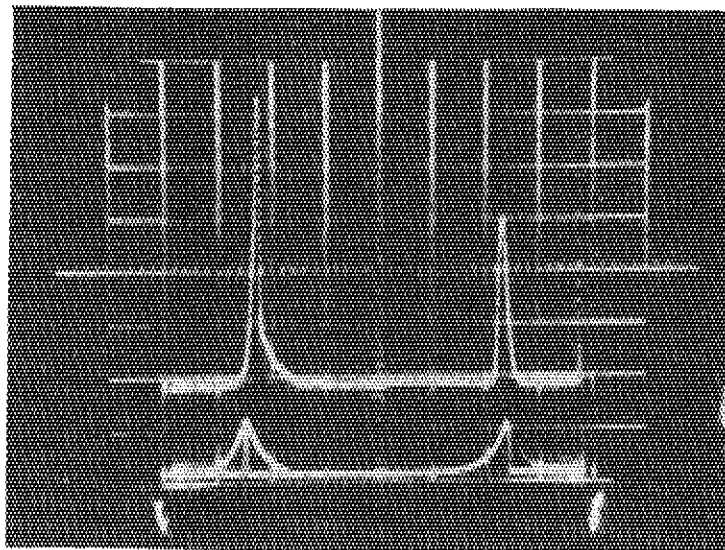
* 上段: イオン源マグネット電流 下段: オープン電流

Fe: 鉄粒, Arガス Au: 金粒, Arガス Cr: Cr粒, Arガス

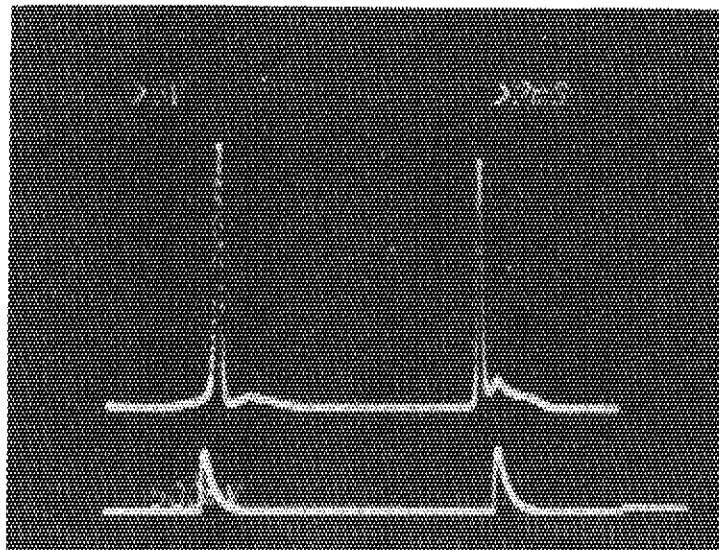
Cu: 銅粒, Arガス Ni: Ni粒, Arガス



①
He⁺

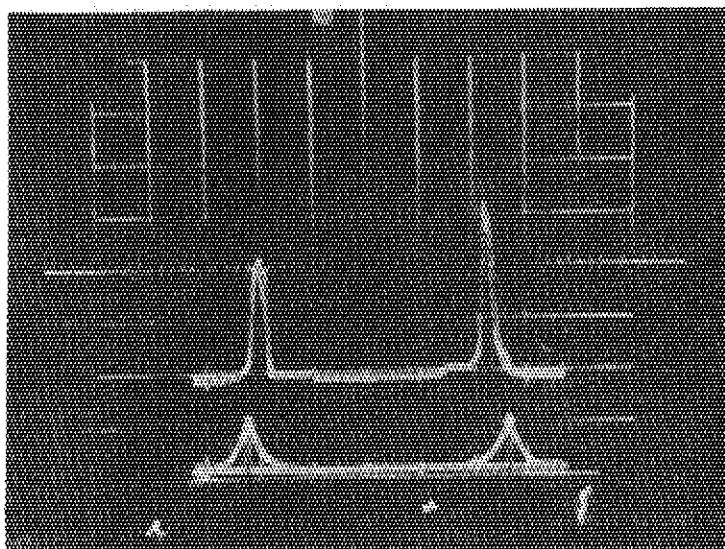


②
H⁺

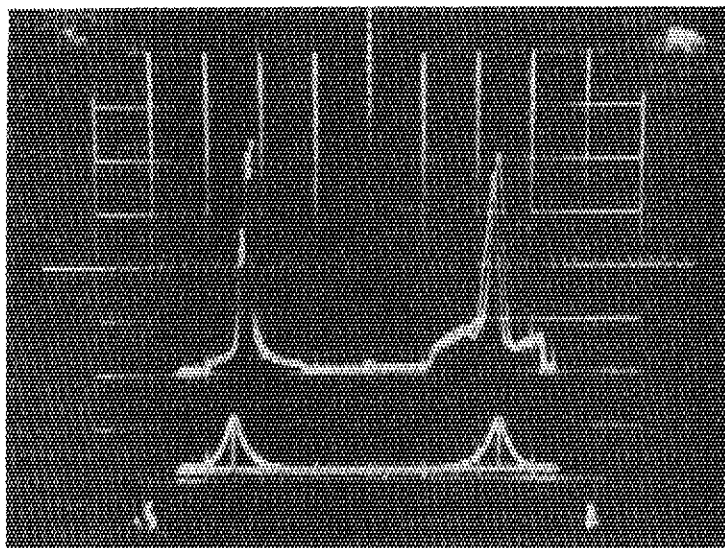


③
H₂⁺

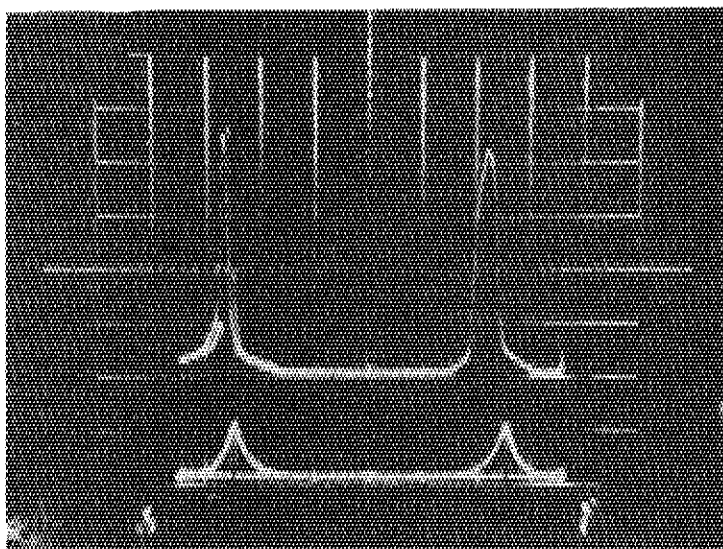
図 5.1 ビームプロファイル



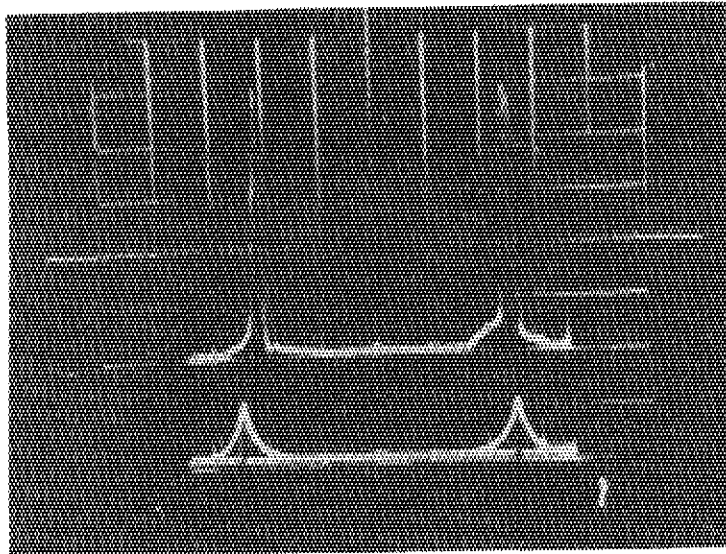
④
 N^+



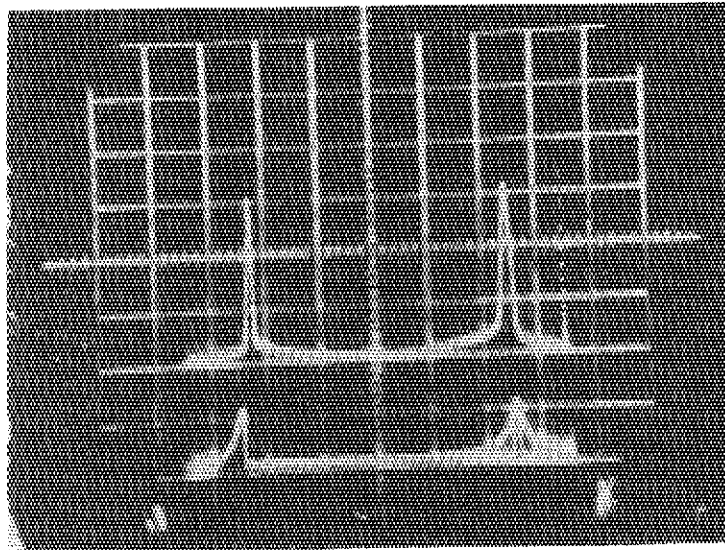
⑤
 N_2^+



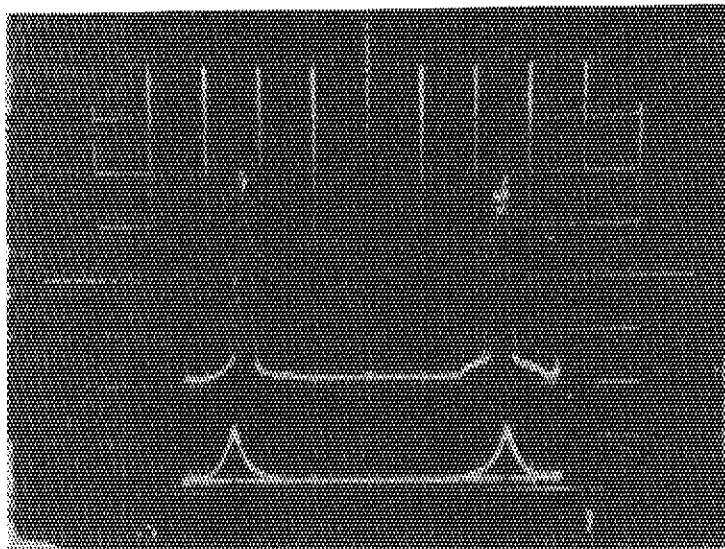
⑥
 Ne^+



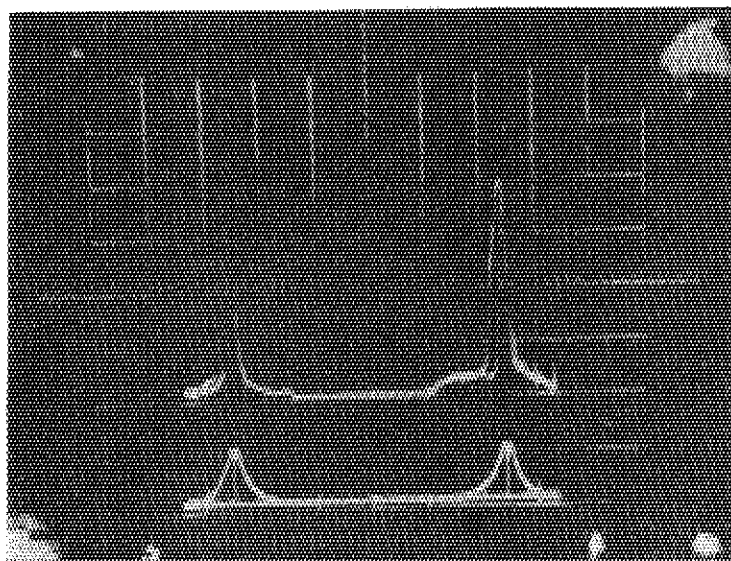
⑦
O⁺



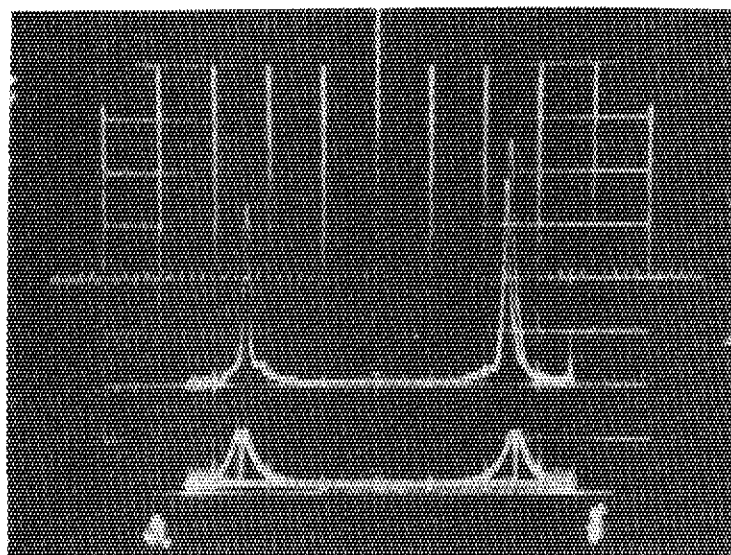
⑧
O⁺



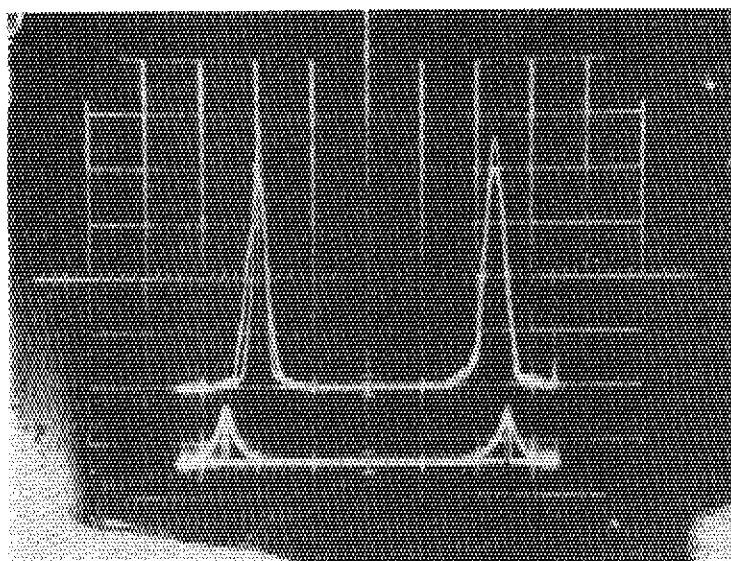
⑨
Fe⁺



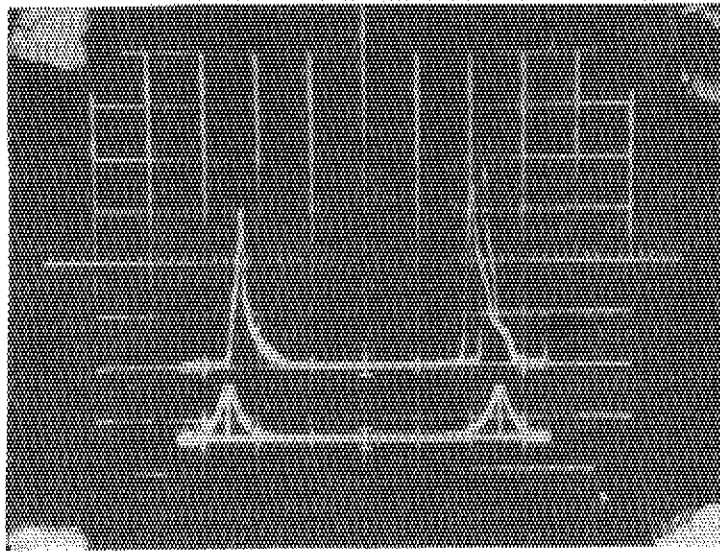
⑩
Ar⁺



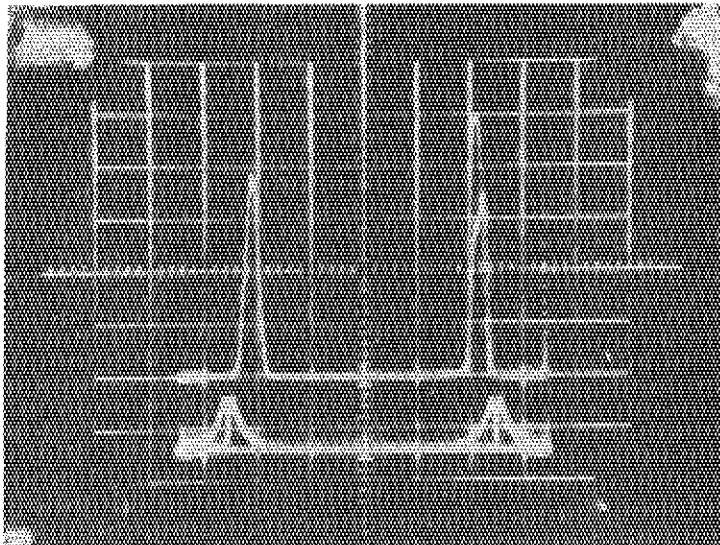
⑪
Cu⁺



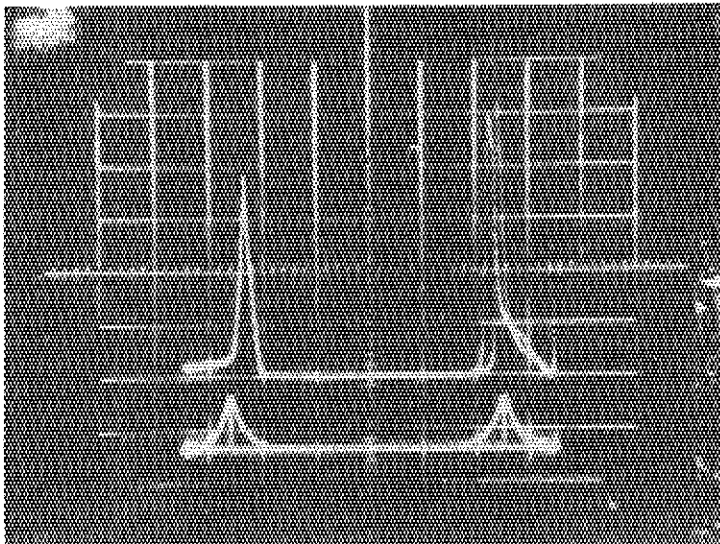
⑫
Au⁺



⑬
Ni⁺



⑭
Kr⁺



⑮
Cr⁺