

JAERI-M

4556

中性子発生用ガス・ターゲット

1971年8月

吉田 忠・丸山 倫夫

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

中性子発生用ガス・ターゲット

日本原子力研究所東海研究所物理部

吉田 忠・丸山倫夫

(1971年8月受理)

要 旨 原研ヴァン・デ・グラフ加速器で、現在使用しているガス・ターゲットの構造と、性能テストの結果を報告する。このターゲットには、出来るだけ均一なエネルギーの高速中性子を発生し、また加速器の性能一杯の電流に耐え得るように、ダブル・フォイルの型とした。ターゲットへの電流を $1\mu\text{A}$ 程度の範囲内で一定にすれば、1%の範囲内に、発生中性子の積分値のフラツキを抑える事が出来る。

Gas Target for Neutron Production

Tadashi YOSHIDA and Michio MARUYAMA

Div. of Physics, Tokai, JAERI

(Received Aug. 1971)

Abstract The construction and the characteristics of a gas target are described which is used for neutron production with the JAERI 5.5 MV Van de Graaff accelerator.

The target is of the double-window type, and designed to produce monoenergetic neutrons and withstand the maximum pulsed beams from the accelerator.

The fluctuation in integrated neutron yield can be kept within about 1%, if the variation of a current to the target is within 1 μ A.

目 次 な し

1. はじめに

このターゲットは、5.5 MV ヴァン・デ・グラーフ加速器のビームと重水素及び、三重水等を用い、中性子を発生させ、中性子弾性散乱及び、非弾性散乱等の実験のため作られたものである。特に三重水は、放射性物質であり、その取扱いがむずかしく、一度使用したものは、汚染する。そのためゴムの手袋をし、フードの中で一部の作業をしなければならず、極力複雑な構造をさけなければならないが、ターゲットガスが重水素、又は三重水素であるため、水素の混入が問題となり、こみ入った構造になってしまった。現在のところ、多少改良の余地がある。今迄にシングル及び、ダブル・フォイルのがターゲットの文献があるが、(例えば、J.H. Coon Fast Neutron Physics, Part I.p.700 (Interscience.Publishers, INC. 1960.)) 細い特性の記述がなく、また、本ガスタargetは、モーブレイ型イオンビーム・バンチング装置と共に使用するため、大きなアパーチャーを有するのが特長である。

2. 構造

現在使用しているターゲット・チェンバーを、第1図に、ビーム・エクステンション・チューブを、第2図に示してある。ターゲット・チェンバーは、2つの部分に分れている。1つは、真空側とヘリウムガスによるフォイルの冷却室、他の1つは、ターゲットガスを入れる室である。真空側とターゲットガスを入れるセルの間にフォイルをハンダ付けした円板2枚とスペーサーを入れる様な構造になっている。真空と冷却ガスを入れる部分のシールは、1mmφのネオプレンのオーリングで行い、ターゲットガスと冷却ガスのシールは、インジウムの輪になったリングを用いている。後者のシールにインジウムを使用するのは、ターゲットガスが重水素か三重水素のため、水素を含んでいる物で行うと、水素とターゲットガスの置換作用があり、好ましくないため、金属を使用している。その他のガスハンドリングシステムも全てネオプレンを使用せず、テフロンと金属で出来ている。

第2図は、ターゲット・チェンバーを取付けるビーム・エクステンション・チューブである。これは、ターゲット・チェンバーを取付けるだけでなく、ビームのフォーガス状態をしらべ、また、ターゲットのフォイル以外の所にビームが当たるのを防ぐスリット、ターゲットからの2次電子を防ぐリベラー電極等から出来ている。ビーム・エクステンション・チューブの入口には、22mmφの穴の開いたスリットを、リベラー電極の前には、5.5mmφのスリットを取付けてある。後者は、ターゲットのフォイル以外の所にビームが当たるのを防ぎ、さらに、ビームのフォーガス状態を確かめるのに使用される。17cmの長さの筒は、黄銅製であるため、ビームが当たると実験上不要のγ線が出るため、内側に白金板の筒を入れてある。両スリットも白金で出来ている。ビーム・エクステンション・チューブの先端には、絶縁物を介し、リベラー電極、さらに絶縁物を介し、ターゲット・チェンバーを取付ける金具が付いている。これ等の部品は、全てアラルライトで接着されている。

リベラー電極には負の電圧をかけ、またコンデンサーを介して、ビームの巾(パルス化運転をしている時は、ヴァン・デ・グラーフからは、約10ナノ秒の巾のビームが出て来る。これを、バンチング・システムにて約1ナノ秒の巾にする)を見るためケーブルをつなぐ。これをコントロール室にあるオシロスコープに接ぎ、ビームの巾をモニターする。ビーム・エクステンション・チューブと、リベラー電極・ターゲット・チェンバーには、同軸ケーブルが接がれており、コントロール室の電流計につながれている。

2-1 ターゲット・チェンバー

以前使用していたターゲット・チェンバーを第3図に示してある。このターゲットは、構造は、より簡単ではあるが、各室のしきりに使用するニッケルフォイルをはった状態での取扱いがむずかしい。ニッケルフォイルをハンダ付けした後、アルカリで洗浄しなければならない。内部から洗浄するのが、非常に困難なため現在は使用していない。第一図のターゲット・チェンバーは、それ等を改善したものである。

フォイルの交換をする時は、あらかじめフォイル・マウント板に、新しいニッケルフォイルをハンダ付けし、準備をしておき、いままで使用していたチェンバーを外し、フォイル・マウント板を交換する。第一図のハーメチックシールの部分よりターゲット側に接続用金具があるが、それを外し、冷却ガスを流す配管（ビニール管）2本を外せば、ターゲットは外れる。

ターゲット・チェンバーの一番先端には、白金の板をハンダ付けしてある。ここは、140°Cのハンダを使用している。フォイルを付けるハンダは、70°Cのハンダを用いている。将来90°C位の融点のハンダを使用する予定である。ニッケルフォイルは、CHROMIUM Corp.（米）のもので通常使用するものは、約1.5 μ 程度の厚さの、1インチ×1インチの大きさのものを4分の1に切ったものを使用している。

フォイルには、表と裏が有り、経験的ではあるが、ハンダを付ける面は、光沢の有る表の面を使用する。フラックスは、フォイルの材質がニッケルのため、鉛化亜鉛では、着きが悪く、フラックス興業製のステンレス用フラックスを10分の1位に水でうすめ使用する。このフラックスは強酸性のためフォイルのハンダ付けが終りしだい、すぐにアルカリ溶液の中で中和する。フォイルのハンダ付けをするには、まず、黄銅製の円板（フォイルマウント板）に1.3mm角の線をケガキで書く。そこにフラックスをのせ、4すみに1mm角位のハンダを1ケずつのせる。これを特別なヒーターの上のせ前のケがいたところから内側にきれいにハンダを乗せる。ハンダが冷えたらアセトンできれいにふき余分なフラックス等ふきとり、ナイフ状のものでエッジを落とす。前記の円板と同じ位の穴の開いたベークライトの板にフラックスをのせ、ニッケルフォイルの光沢の有る面をフラックスの方に向け、ベークライトの板の上に乗せる。約15秒位後、静かにピンセットでもち上げ、ハンダメッキした円板上に移し、ヒーターに乗せる。フォイルの面を見ているとハンダが乗ったのが分る。ハンダが乗ったらすぐにヒーターよりはなし、冷却する。温度が下がったらすぐにアルカリ溶液につけ中和する。約10分位たったら、50°Cの温湯の中で洗浄し、その後アセトンで洗浄する。洗浄し終った円板は、乾燥器の中に保存する。フォイルは非常にうすいため円板を落とすとフォイルは破れてしまうため充分な注意が要る。

フォイルのはってある円板には、10mmの穴が開けてある。現在、ヴァン・デ・グラーフの集束系を変更したことにより、これほどの大きさの必要がなくなってきているので、将来7mm位の穴にする予定である。そうすれば、フォイルの冷却、強度の面からかなり有利になると思われる。第1図の型のターゲット・チェンバーは、径が大きく、従って容積が大きいため、これも小さくする予定である。

ターゲットガスの圧力を現在は、50～60cmHgで使用しているが、より高い圧力（現在より2～3倍）用に設計したターゲットも試作し、テストを始めた。このターゲットは、第1図のターゲットと基本的には、同じ型のもので、前記のものより厚い、3.5 μ のフォイルを使用し、これをハンダ付けする円板の穴を小さくしたものであり、ターゲット側が8mmで、真空側が10mmのものである。これを使用して実験したところ、ターゲットガスの減り（フォイルを通しもれる）の量は、ビームのエネルギーには、あまり関係なさそうで、4.5MeV～2.5MeVの間では、0.7%～2.5%毎時位（ビームを当てない時は、約0.9%～1.1%）のガスの量が減っていった。この時のターゲットの容積は、約4ccであり、ターゲットガスは、ト

リチウムである。フォイルの寿命は、長いもので13日(ビームを当てている時間約100時間)位有るが、平均4~5日である。これは、ガス・ハンドリングにも、問題が有りそうなので、検討中である。

なお、ターゲットガスの圧力は、約55 cm Hg・冷却ガスの圧力は、約25 cm Hg、加速粒子は、プロトン、ビームスポットは、約3 mm、ターゲット電流は、4 μ Aである。

冷却ガスは、以前は、水素ガスを使用していた。水素ガスのポンベの後に2段の減圧弁を通し、冷却チェンバーに送り、帰りは、真空ポンプで引き、約800 ℓ 毎時20 cm Hgで流していた。冷却ガスが水素であるため、ターゲットガスと混ざった場合、分離不能で、しだいに、ターゲットガスがうすめられたり、1本の水素ガスのポンベ(約7 m³)が2~3日で空になってしまい取扱いが、不便な事と、危険なので、現在は、ヘリウムガスを使用している。この方式は、ヘリウムガスを常にすてずに、クローズド・システムにし、ポンプを使用して循環させる方式である。この時のヘリウムガスの量は、約15000程度であり、1日の実験の終了毎に、そのみすてているが、前記の水素の場合に比し、使用量がほんの少しなので、1本のポンベでかなり使用出来る。又、装置の取扱いも、非常に簡単であり、有効である。循環装置の概略を第4図に示す。

2-2 ビーム・エクステンション・チューブ

ビームの走る管は、5 cm直径のアルミ製のものである。この先端に第2図に示されているフランジを取付け使用する。ビーム・エクステンション・チューブの入口には、22 mm ϕ の穴の開いた、白金製のスリットを入れ、ビームが余分な所に当たるのを防いでいる。内径2.5 cmの筒の中には、白金板を円筒にし、差し込んであり、リベラー電極の前には、55 mm ϕ の穴の開いた白金製スリットを置き、リベラー電極から後のフォイル以外の部分にビームが当たるのを防いでいる。リベラー電極には、抵抗を通し、500 Vの負の電圧が加えられている。ここに、小さなコンデンサーを通し、ケーブルが接がれ、コントロール室のサンプリング・オシロスコープで、ビームのパルス巾を観視出来る。また、実験によっては、ターゲットを前に出したり、後にさげる事が有るため、調整ネジを取付けてある。

3. 測定結果

性能テストは、現に使用しているターゲットと同型のもの端板を、白金からニッケルの板にかえて行った。ターゲットガスは、窒素ガスを、加速粒子は、陽子を使用し、それぞれ、⁵⁸Ni(p, p' γ), ¹⁴N(p, p' γ)の最初のレベルからのガンマー線を90°方向に置いた。ゲルマニウム検出器で検出した。その概略を第5図に示す。従来、リベラー電極の所と、第2図のフランジの近くにマグネットを置いていたが、現在は使用していない。この有効性のテストも合わせ行った(第6図, c)。この時の磁場の方向は、いずれも、ビームの進行方向に90°の方向である。又、リベラー電極も磁石で作って、テストを行ったが、(第7図, b)

磁石が小さく、充分な磁場が得られなかったので、このあたりの今後の検討も必要であろう。

ニッケルフォイルからの2次電子の影響が、かなりあり、ニッケルフォイルを取ると、端板から発生する、 $Ni(p, p'\gamma)$ のカウントは、約3%増加し、かわりに、リペラー電極へ流れる電流は、約6分の1に減少した。又、電流による効果もあり、ターゲット電流が1マイクロアンペア当り、カウントが1.3%減少した。第6図(a)は、フォイルありの状態、同図(b)は、フォイルなしの状態である。

第8図に、リペラー電圧を変えた時の、ニッケルから出る γ 線の量と、リペラー電流の変化を示してある。第8図(a)は、現在使用しているビーム・エクステンション・チューブの結果を、同図(b)は、リペラー電極が、永久磁石で作ったものの結果である。これによると、(a)の方のチェンバーは、リペラー電圧が100V位から上は、あまり変化がなかったが、(b)の方は、ずい分変化があり、500Vでも、不足気味であり、 γ 線の量も2.5%位少ない。リペラー電極の周辺の詳細図を第7図に示す。

第9図は、第7図(b)のリペラー電極が磁石で出来ているビーム・エクステンション・チューブを使用し、ターゲットガスを入れた時と、入れない時の結果である。ターゲットにガスを入れない時の電流による効果は、約1.5%/ μA 位であるが、ガスを入れると、3.7%/ μA となった。ガスを入れた事による効果は、3.7%/ μA - 1.5%/ μA = 2.2%/ μA も有ることになり、このあたりの究明も必要である。又、原因不明で1~2%の γ 線の量のフラッキが観測された。

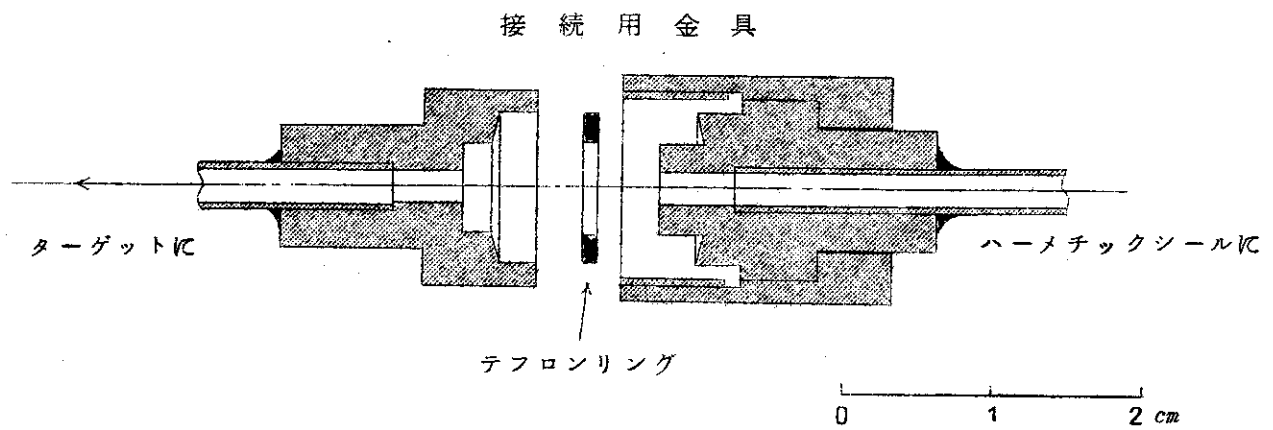
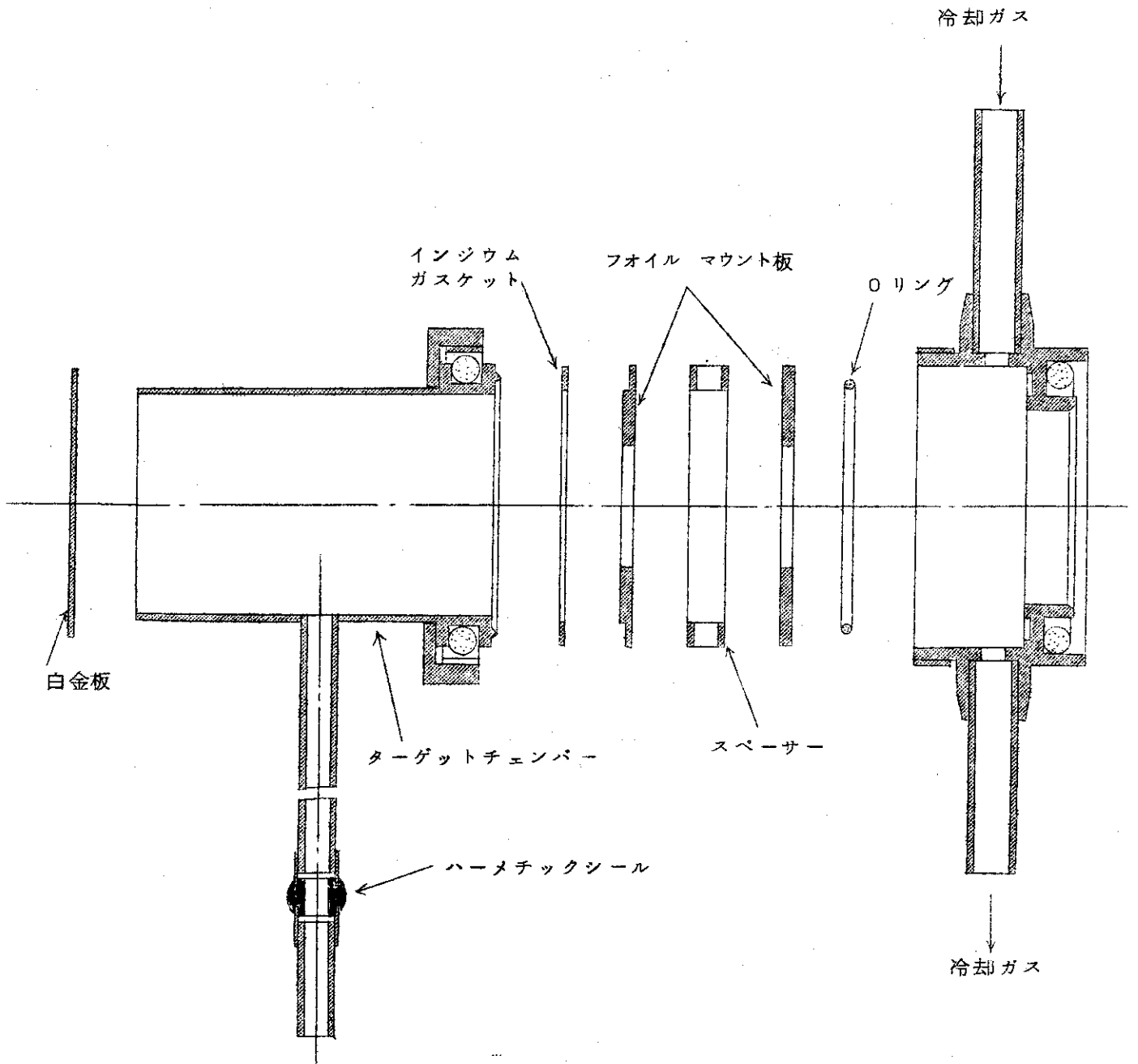
4. お わ り に

ダブル・フォイル型式のターゲットは、中間冷却室が有ることにより、飛躍的に安定になる。

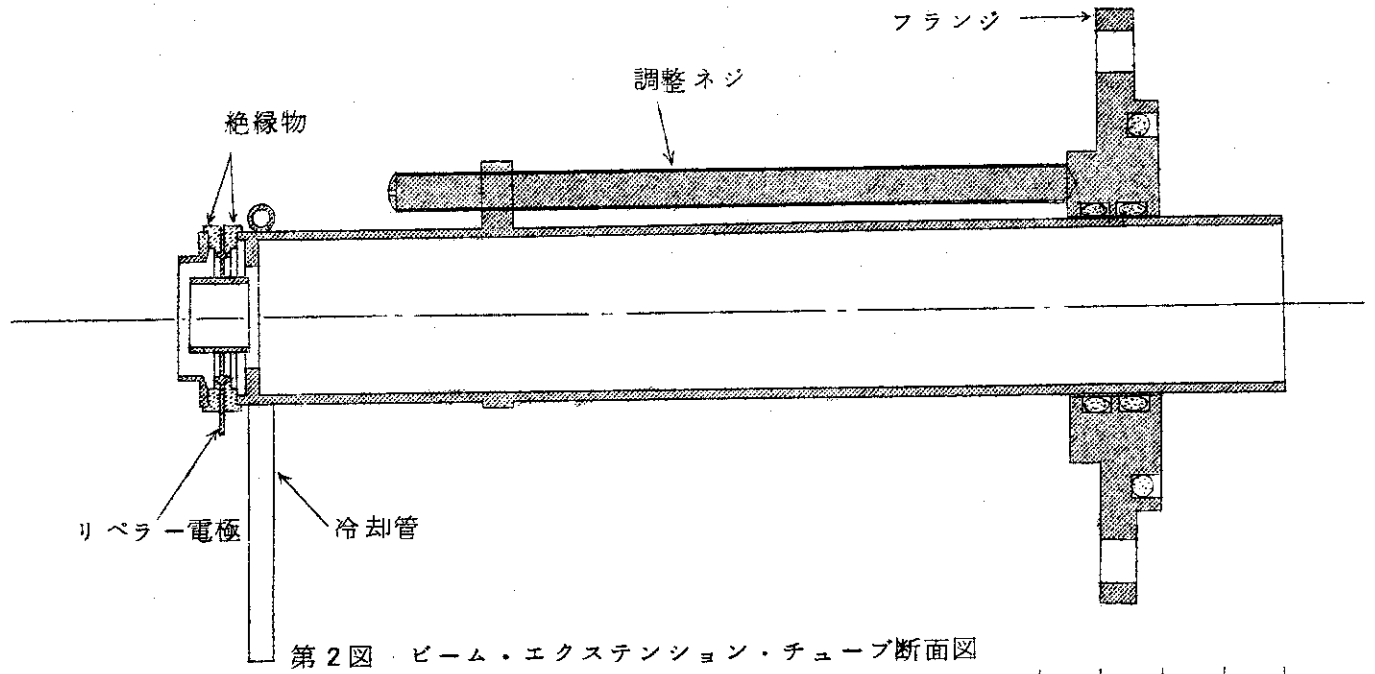
我々の使用しているヴァン・デ・グラーフ加速器は、パルス化運転の時、ターゲットに最高7 μA 位のビームが出るが、通常5 μA 位で使用しているので、充分安定に使用出来る。しかし、冷却ガスが有る事が大切である。

我々のターゲットは、冷却ガスが無いと数分後には、フォイルを着けているハンダがとけてしまう。また、ターゲット・チェンバーの端板もハンダ付けしてあるので、外部より強性空冷している。現在のところ、電流による効果が、1.5%/ μA 前後あるが、ターゲットへ当たる電流のフラッキを、1 μA の範囲内に抑えれば、1%程度になり、ほとんど支障なく使用している。しかし、電流の絶対値を抑える事は難かしく、おそらく5~10%程度の誤差を伴う。

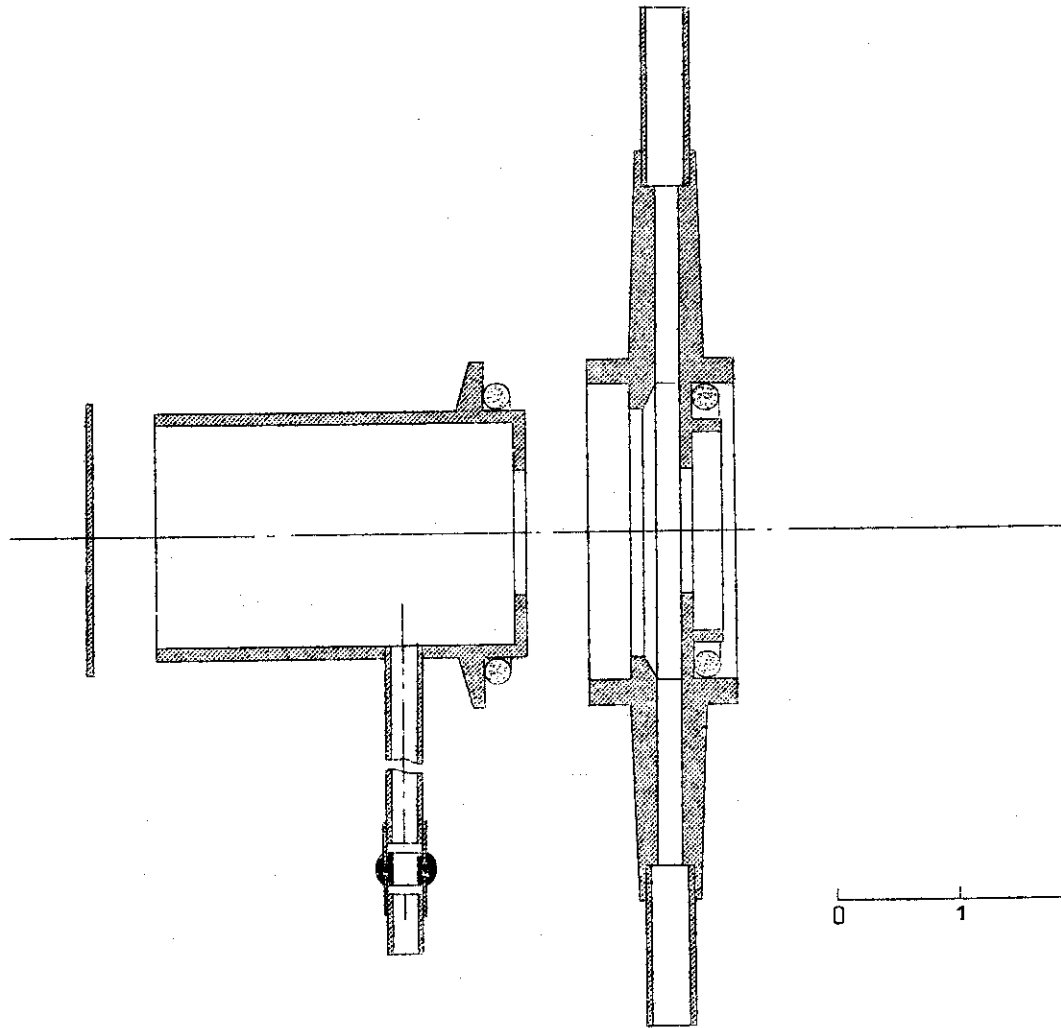
今後の問題として、前記の電流効果及び、ガスによる効果等の変化を出来るだけ少なくする様、改良しているところである。



第1図 ターゲット チェンバー断面図

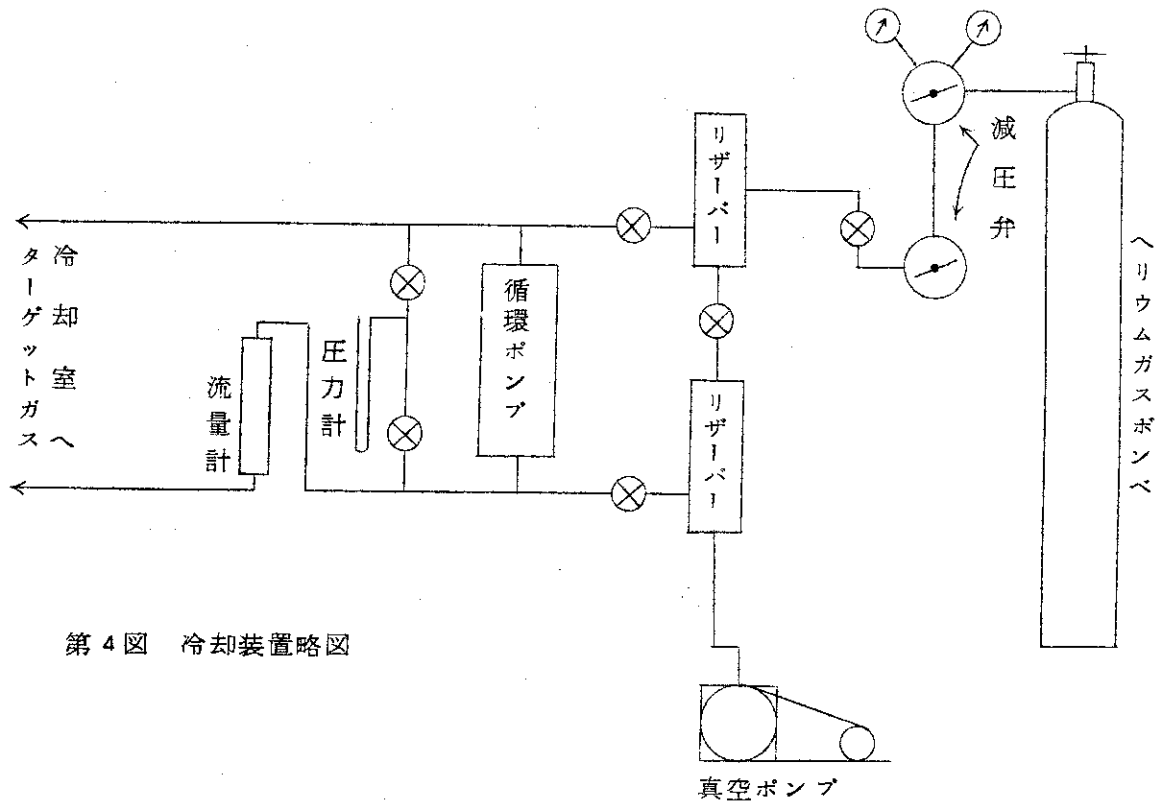


0 1 2 3 4 cm

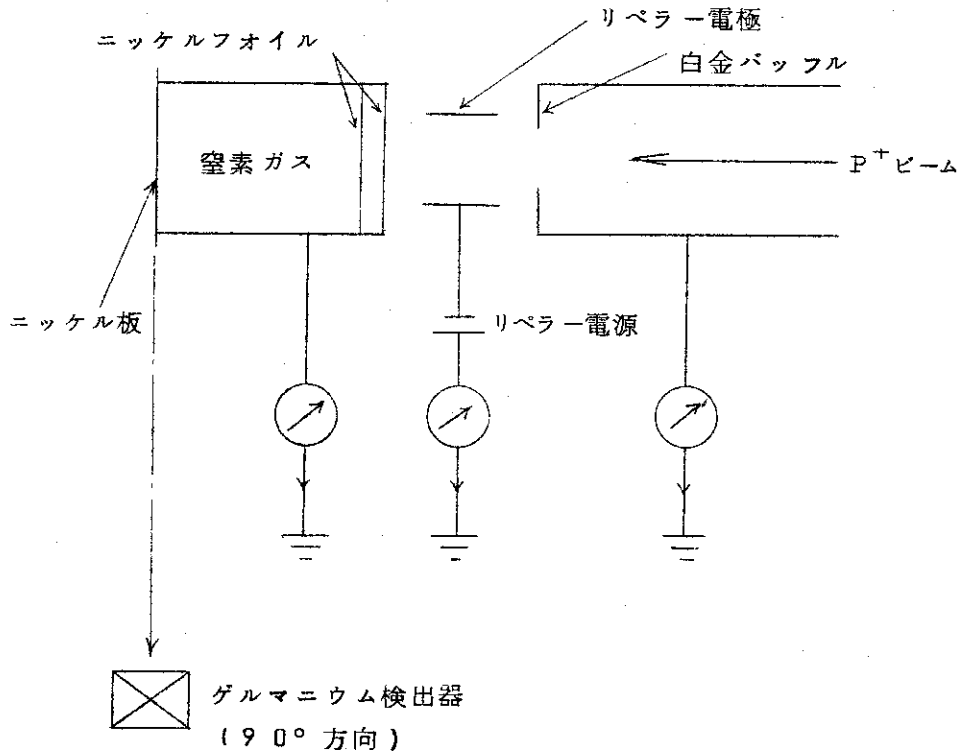


0 1 2 cm

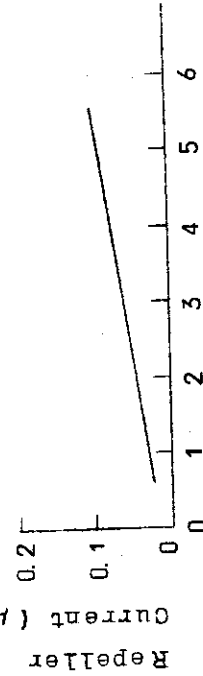
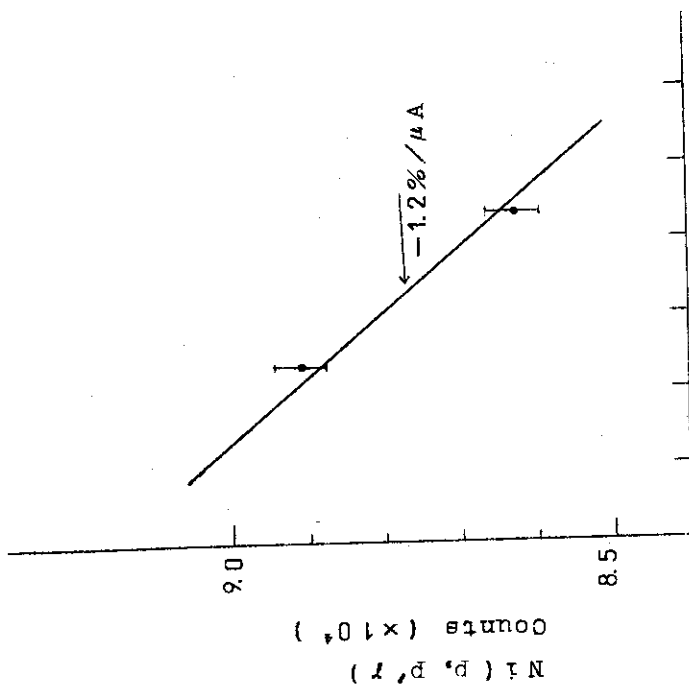
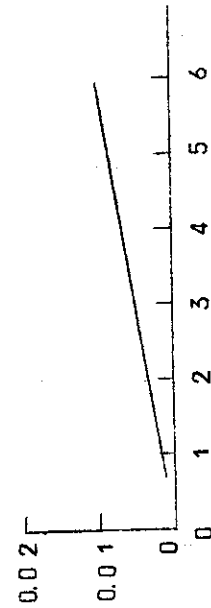
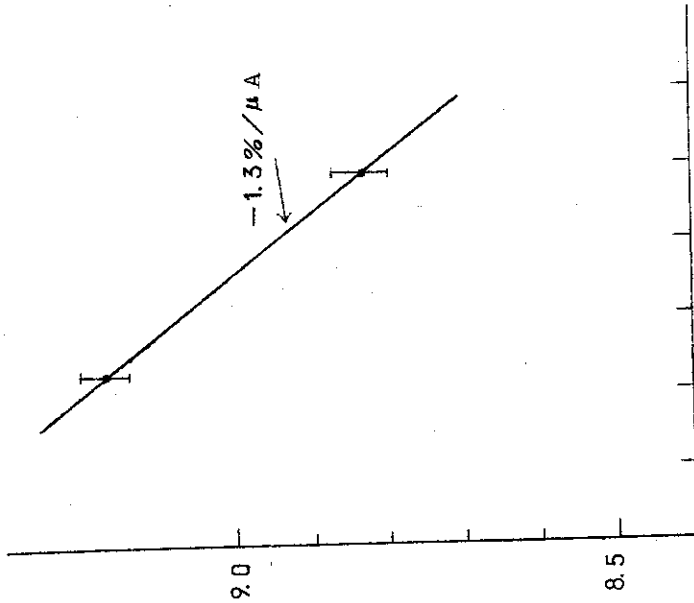
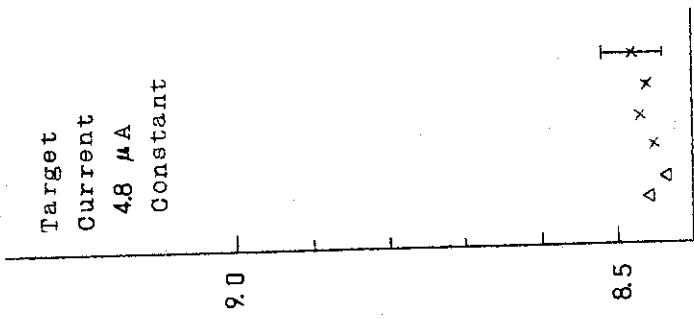
第3図 ターゲットチェンバー断面図



第4図 冷却装置略図



第5図 ターゲットテスト装置

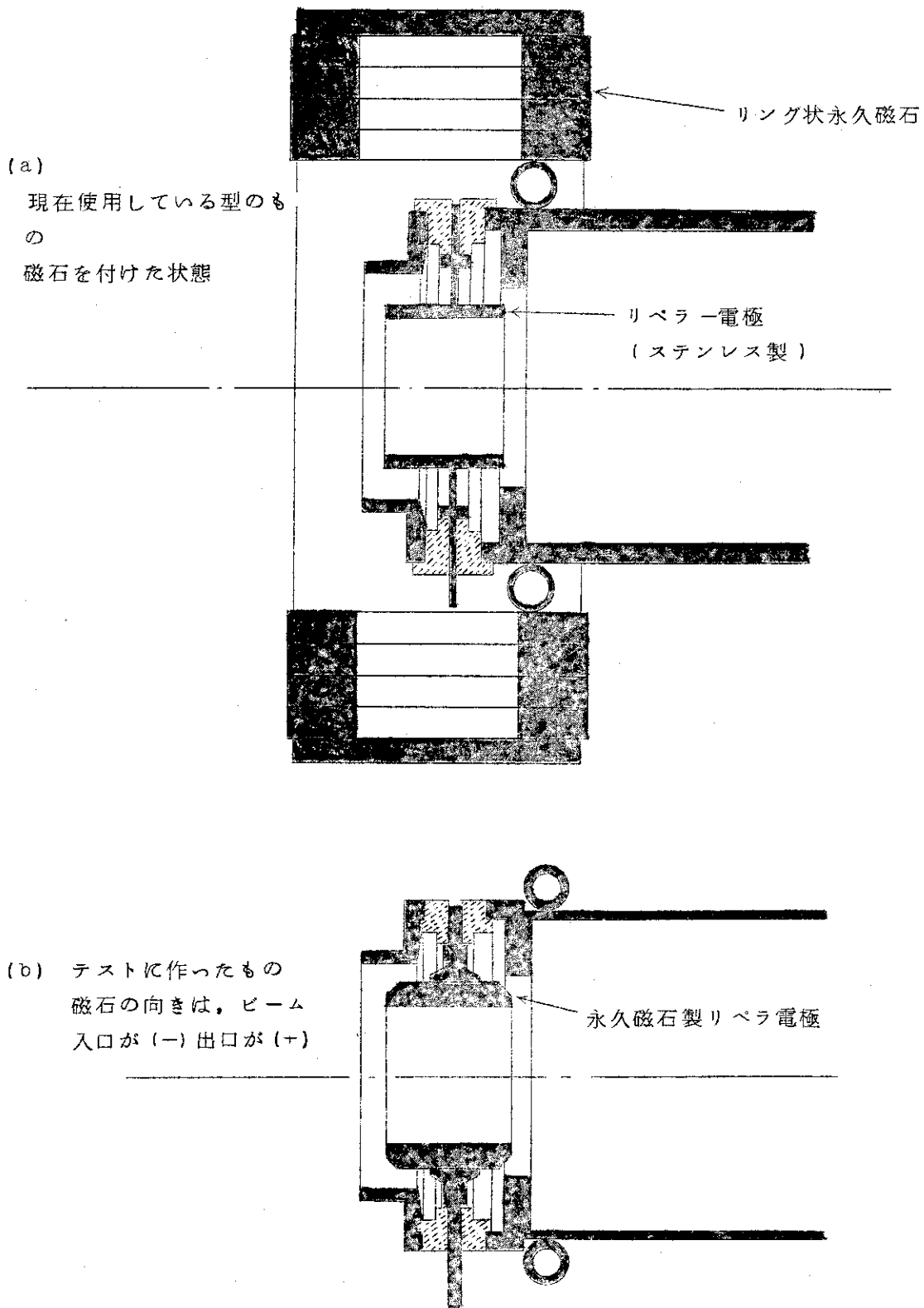


(c) Δ : Without Magnet
X: With Magnet

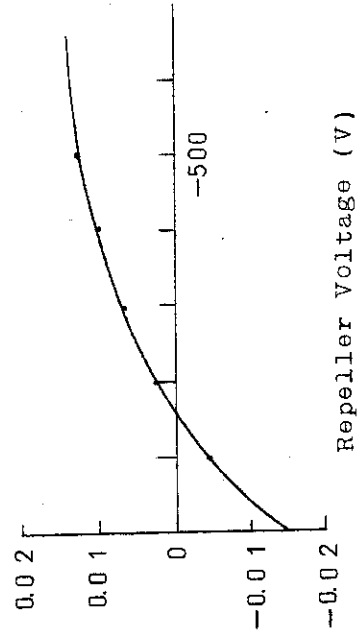
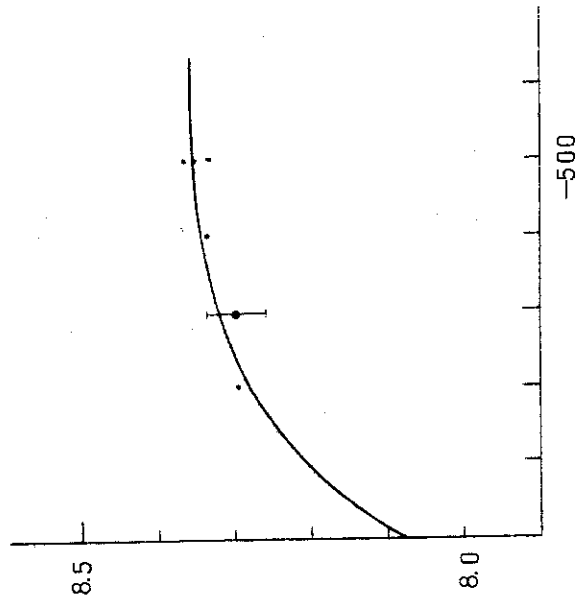
(b) Without Foil

(a) With Foil

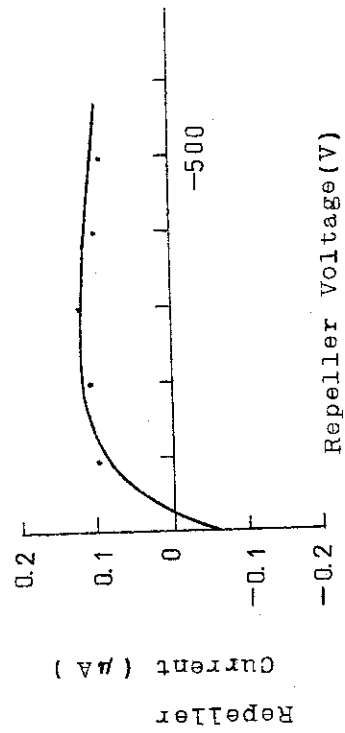
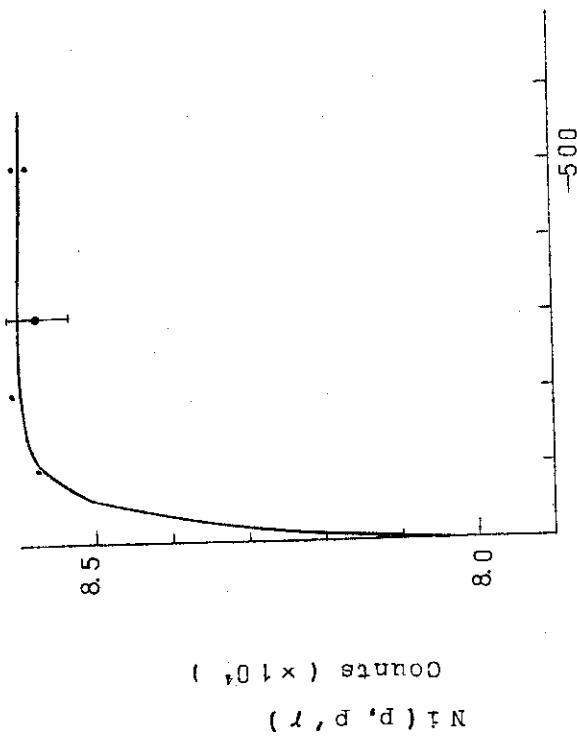
第 6 图 Standard Geometry.



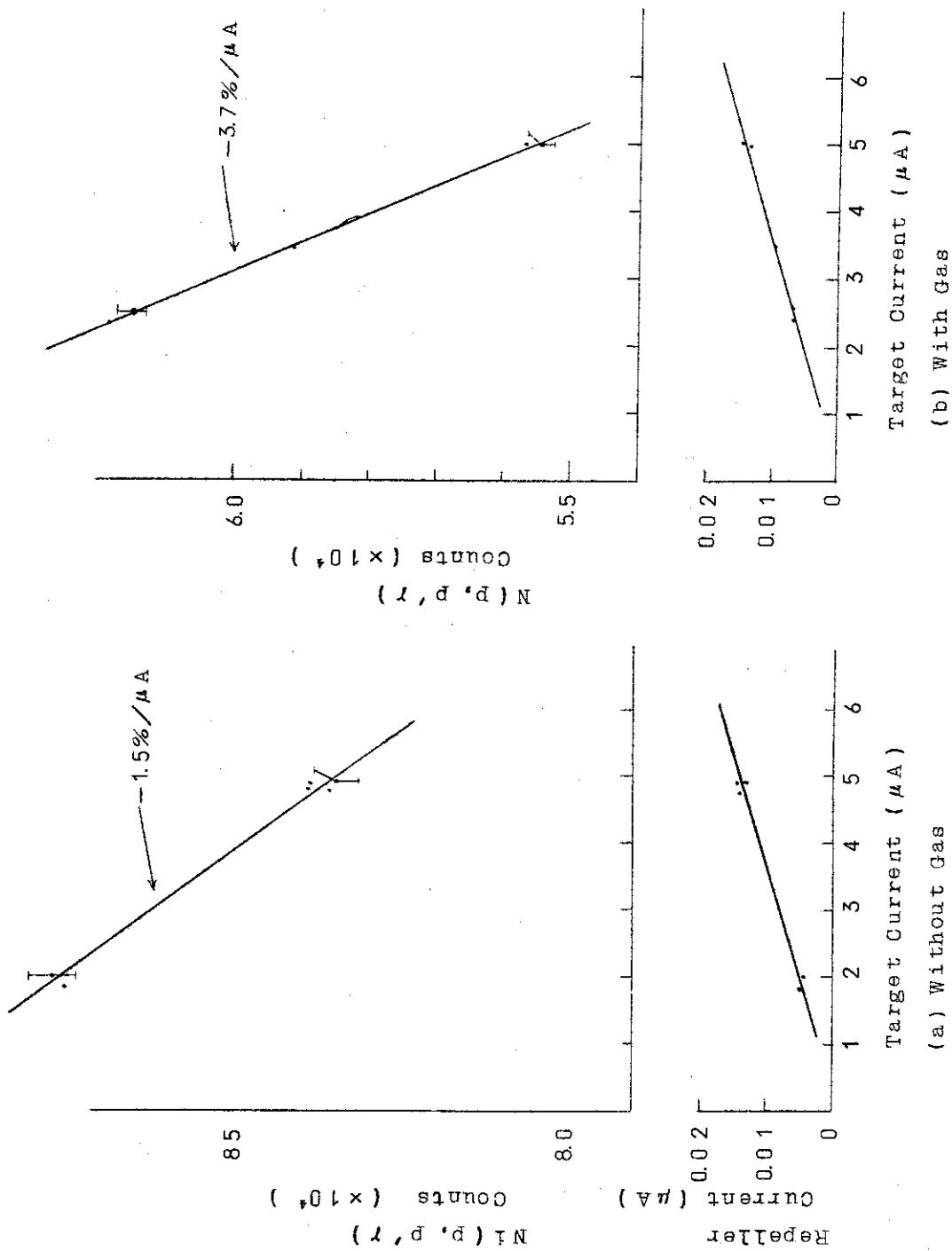
第7図 リベラー電極附近詳細図



(b) With a repeller made of a magnet.



(a) Standard Geometry



第 9 图 With a repeller made of a magnet.