

Title	サイクロトロンにおける ^3He ガスの回収
Author(s)	清水, 昭
Citation	大阪大学低温センターだより. 1978, 21, p. 5-7
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/7570
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

サイクロトロンにおける ${}^3\text{He}$ ガスの回収

核物理研究センター 清水 昭 (吹田 3058)

サイクロトロンで加速されるイオンの種類は、旧型のものでは通常 H_2^+ , D^+ , He_e^{2+} であり、加速エネルギーも固定のものが多かった。これはサイクロトロンの磁場の強さと加速高周波の周波数が一定で、サイクロトン加速の共鳴条件を $q/m = 1/2$ (q : 加速粒子のイオン価, m : 質量数) に選ぶのが普通だったからである。しかし現在では磁場の強さや高周波の周波数が広い範囲に亘って可変であることが常識となっているので、加速イオンの q/m が $1 \sim 0.2$ 程度の広い範囲について加速が可能であり、且つエネルギーも容易に変えられる。そこで上記のイオン以外に H^+ , $\text{C}^{3 \sim 4+}$, $\text{N}^{4 \sim 5+}$, $\text{Ne}^{5 \sim 6+}$, $\text{Ar}^{7 \sim 8+}$ 等の他に、 ${}^3\text{He}_e^{2+}$ イオンを加速することが各地で行なわれるようになった。 ${}^3\text{He}_e^{2+}$ は $Z > N$ の例外的な安定核であり、 $q/m = 2/3$ と H^+ に次いで大きいため、与えられたサイクロトロンの $B\rho$ 値(マグネティックリジティイ)で、核子当りの加速エネルギーがやはり H^+ に次いで大きいため、その特徴を生かした原子核研究の入射ビームとして重用されている。

核物理研究センターは、全国の共同利用研として、吹田キャンパスの東北端で新型のAVFサイクロトロンを中心とする実験装置が既に稼動しており、ここでも最高 120 MeV の ${}^3\text{He}_e^{2+}$ ビームが全マシンのほぼ $1/3$ 程度加速され、原子核実験に供されている。サイクロトロンのイオン源は直径 2.5 m の電磁石の中心部におかれており、通常 $1\text{ cc (N.T.P.)}/\text{min.}$ 程度のガスが送られ、磁場中のアーク放電でイオン化されたものが加速電極で引き出され、加速される。通常のガスは加速箱の真空ポンプで大気に放出されるが、 ${}^3\text{He}_e^{2+}$ を加速するときには高価なガスを排気して捨てるわけにはいかず、ガスは排気系の最終段ポンプの吐出側を気密構造として回収し、不純ガスを精製して循環使用している。

ここでは低温とは特に関係は無いが、核物理研サイクロトロンの ${}^3\text{He}_e$ ガス回収循環系について紹介する。

サイクロトロン本体は、厚さ 3 m のコンクリートで遮蔽された室内にあり、運転時には中へ入ることができないので、イオン源のガス供給系は常時接近操作できるような遮蔽の外におかれている。これとイオン源の間(配管長にして約 50 m)は各ガスごとに外径 $3/8''$ の継目無し銅管でほぼ大気圧の圧力でガスを送り、イオン源の近傍でガスの種類を切替える電磁弁や流量調節用ニードル弁、ガス流量計、ガス圧を測定するピラニゲージ等が設けられているが総て遠隔操作される。(系統図参照)本体の排気系は $36''$ 拡散ポンプ系($10''$ 拡散ポンプ、メカニカルブースター、キニーポンプをバックにもっている)が2系統あり、約 25 m^3 の加速箱と共振系を約 $24\text{ m}^3/\text{sec}$ の有効排気速度で排気し、イオン源ガスを流した状態で $36''$ ポンプの冷凍バッフル上で約 $4 \times 10^{-7}\text{ Torr}$ の真空度で運転している。 ${}^3\text{He}_e^{2+}$ 加速の時はこの最終段のキニーポンプを止め、2系統のブースターのバックを共通にして $350\text{ l}/\text{min.}$

の密閉型ロータリーポンプに切替え、これで回収ガスを圧縮して再びガス供給系へ戻す。回収ガスはサイクロトロン本体やガス配管系の洩れとアウトガスで不純物を含んでおり、そのままではイオン源ガスとして使えないので、外径12φ、長さ60cmのペローステンレス管による水トラップに続くチャコールトラップが共通のポリスチレンデユワーで液体窒素で冷却され、 $^3\text{H}_e$ ガスを純化する。トラップは外径36φ、長さ300mmの薄肉SUS管をコンフラットフランジに溶接したもので約200ccのチャコールが入っており、液体窒素温度と活性化時の約200℃のヒートサイクルに耐える。純化されたガスは更に続く密閉型ロータリーで圧縮され、ガス供給ルートへつなぐれ、初期チャージ約3ℓの $^3\text{H}_e$ ガス(その殆んどは供給側のパイプ $3/8'' \times 50\text{m}$ を満たしている)が循環している。活性化されたチャコールの連続使用時間は、系の洩れやアウトガスに直接関係するが、普通十数間前後で並列におかれたトラップ系統に切替え、トラップの外周に巻付けられているニクロム線ヒーターで熱して活性化するやり方で交互に使用している。このようにして連続3昼夜位のマシンタイム中に数回のトラップ切替え、活性化作業ははさんではいるが、イオン源へは常に精製されたガスが供給されている。運転中突然どこかで大きな洩れが生じた時や保守分解する様な時にも高価なガスを失わない様、緊急避難用のリザーバータンクが備えてあり、ポンプやバルブ類の運転もゲージ類を通じてインターロックされ、ガスの損失を防ぐ様保護されている。 $^3\text{H}_e^{2+}$ を加速するに先立って、サイクロトロンを通さずに全配管やリザーバー内のガスを予め純化するバイパス回路が設けてあり、ガス供給系内で自己循環もできるが、通常運転の際はイオン源から出たガスは一旦25m³の体積の中へ 10^{-7} Torr 台の分圧で拡散したものを排気速度の大きなポンプで圧縮回収するもので、理想的には加速された $^3\text{H}_e^{2+}$ ビーム以外のものは回収される筈であるが、サイクロトロンから実験室に至るビームラインは真空的につながっており、そちら迄拡散したガスやトラップの活性化に際してチャコール内にトラップされていた分圧だけのガスは大気へ放出される。これ迄に経験した主なトラブルとしては、プースターポンプに軸洩れが発生し回収ガスが大量の空気成分を含んでいたためチャコールを頻繁に活性化する事が必要となったがポンプのオーバーホールで解決したことの他に、密閉型ロータリーポンプの吐出側のオイルミストトラップの上部がアラルダイトで真空シールしていた部分に長期間のうちに振動も重なって洩れが発生したもので、現在は改良して使用している。

3He ガス回収系を中心としたイオン源ガス供給系統図

