

# ガラス毛细管による多価イオン移送

山田研究室 0423022 山崎 詔

## [目的・背景]

中性の原子から複数の電子を取り去ったものを多価イオンと言う。多価イオンはイオン化エネルギーの総和である大きな内部エネルギーを持っている (I ( $Z=53$ ) からすべての電子を取り去った  $I^{53+}$  では約 200 keV)。その大きな内部エネルギーを表面ナノ領域に注入し表面構造変化を起こすことができる。これをナノテクノロジーに応用するにはビーム径をナノ化する必要がある。ガラス毛细管によりナノビーム化し、ナノ加工への利用が注目されている。

我々の研究室ではこれまで高価数領域でのガラス毛细管による多価イオン移送実験を行ってきた。しかしこれまでの実験では、ビーム強度を保つために様々な価数が混在したイオンビームを使用してきた。そのために最大価数やどのような価数分布を持つかなどの情報が得られなかった。よってガラス毛细管通過による価数低下などが不明であった。今回検出器における波高により価数分布を調べた。

## [原理]

入射イオンがガラス毛细管内壁に衝突するとイオンはそこで中性化してしまうが、わずかに内壁は帯電する。多価イオンの衝突が起こることで徐々に帯電し帯電が十分な大きさになり、次の多価イオンは電子移行の臨界距離以内に近づくことなくその価数を保ったまま反射されていく。ガラス毛细管の出射径をナノメートルオーダーにすることでイオンビームを絞ることが可能となるだろう。

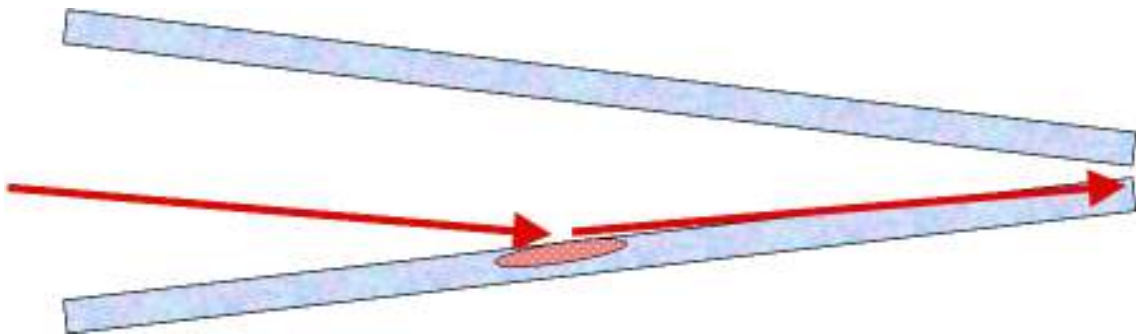


図1 ガラス毛细管内壁の帯電現象

## [実験]

Tokyo-EBIT をイオン源として生成されたヨウ素多価イオンを位置有感型検出器 (PSD) とよばれる、MCP (Micro Channel Plate) を使用して検出した。MCP とは電子増倍管を多数集めたもので入射したイオンや電子は印加電圧  $V_D$  により加速され次々と二次電子を放出し大きな利得を持って検出される。[1]

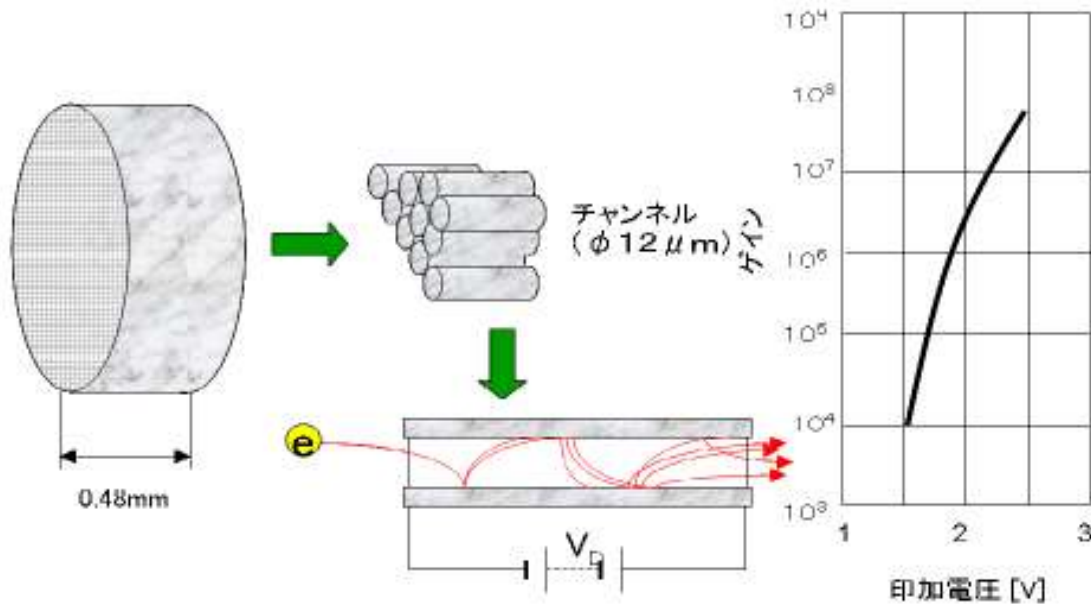


図2 MCPの原理と構造

価数分析磁石により価数情報の確定したイオンビームを PSD で検出しパルス波高分布曲線を得た。それと比較することで直径 0.6 mm のアパーチャーから入射径 0.8 mm、出射径  $50 \mu\text{m}$  のガラス毛細管を通したイオンビームの波高較正を行った。

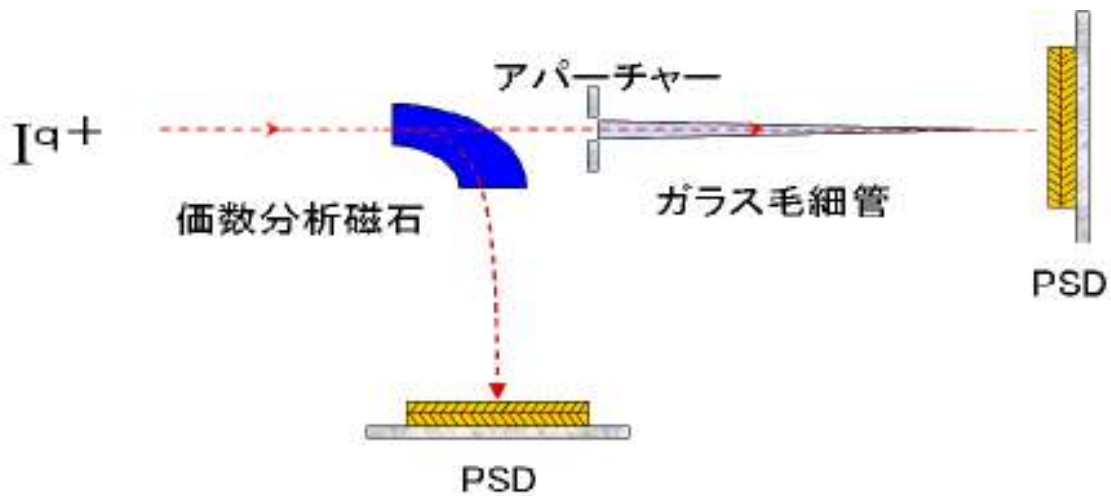


図3 実験概略図

[実験結果]

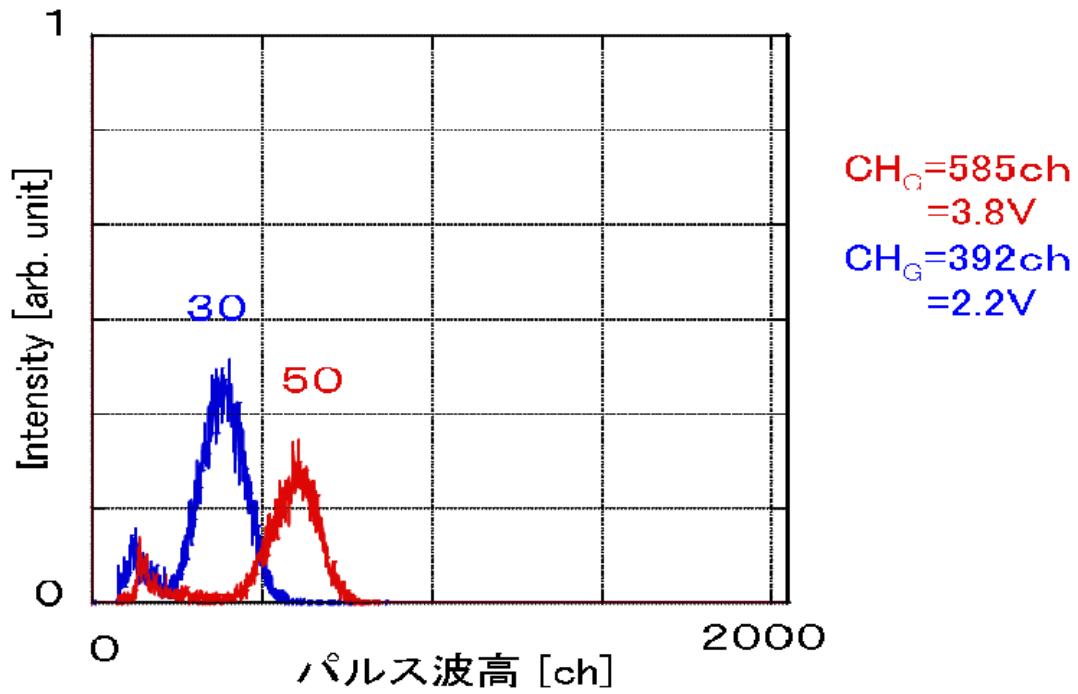


図4 30個と50個のチャンネル重心

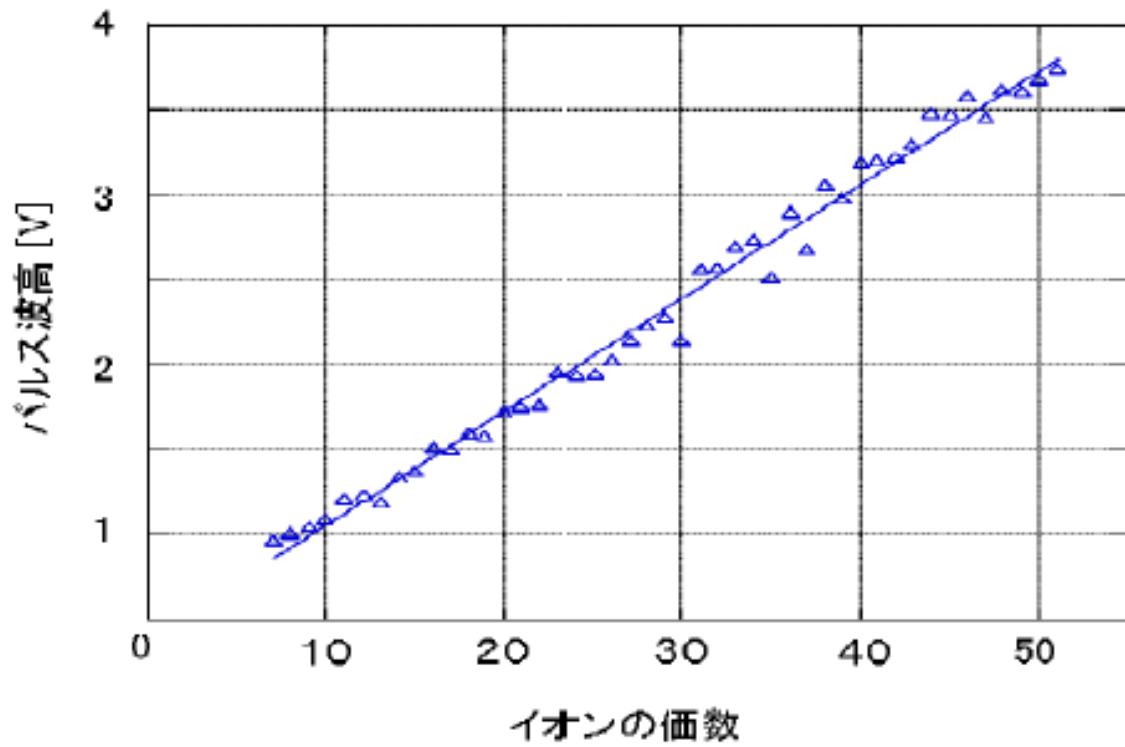


図5 価数とパルス波高

図4で30価と50価の強度が最大となる点をそれぞれのイオンを代表するパルス波高電圧であるとした。同様に7～51価の範囲ですべての価数の電圧をもとめ、プロットしたものが図5である。これを基にガラス毛細管通過前後のパルス波高分布の較正をしたものが以下の図6となる。

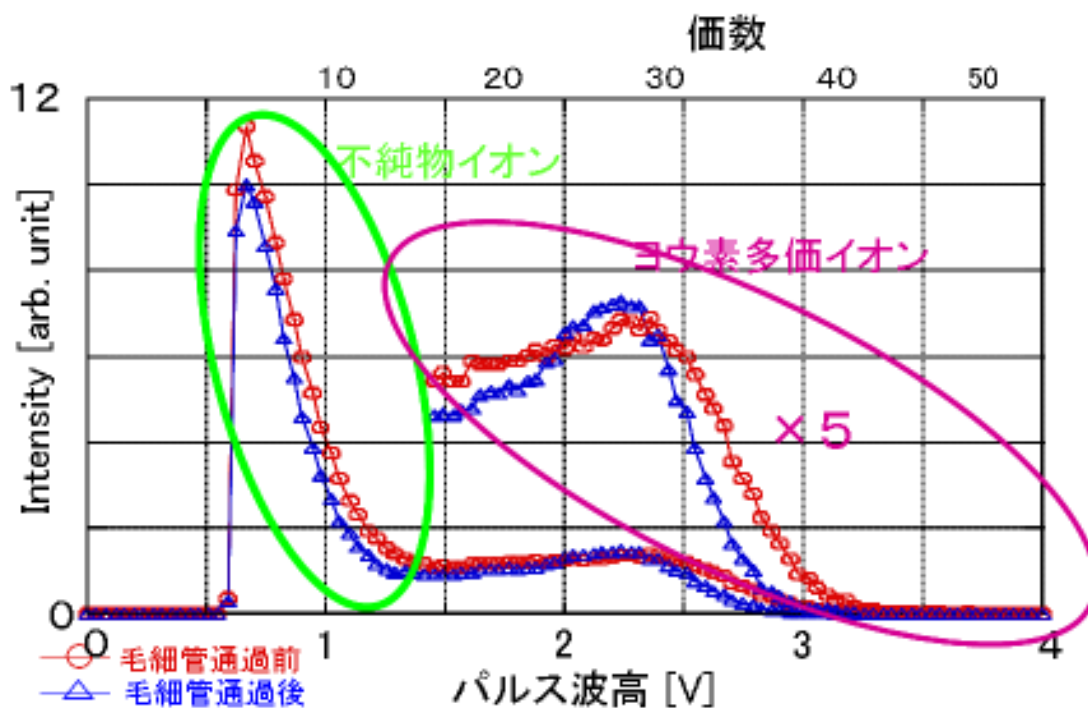


図6 ガラス毛細管通過前後のパルス波高分布

ヨウ素多価イオンは7価以下の所では不純物イオンにより覆われてしまった。ヨウ素多価イオンは強度を5倍してある。ガラス毛細管通過後に価数の低下がみられた。

### [まとめ]

パルス波高の価数依存性を調べた。それによりガラス毛細管出射後のイオンの価数の見積もりが可能となった。結果として30価程度の高価数イオンのガラス毛細管通過が初めて確認された。しかし、若干の価数低下がみられた。今後はより詳細な情報を得るため、価数選別したビームを用いた実験を行う予定である。またガラス毛細管通過による価数低下も調べていく。

### 参考文献

[1] 浜松ホトニクス株式会社 技術資料 MCP アッセンブリ