

2P072

極低温パルスバルブを用いたヘリウムクラスターの生成 — ヘリウムクラスターのサイズ増大による 金属クラスターイオン捕捉性の向上

(コンポン研¹、豊田工大²) 尾高 英穂¹、市橋 正彦²

Production of helium clusters using a cryogenic pulsed valve — Capture enhancement of metal cluster ions caused by larger helium clusters

(Genesis Res. Inst., Inc.¹, Toyota Tech. Inst.²) Hideho Odaka¹, Masahiko Ichihashi²

[序]

クラスターの電子構造や幾何構造を明らかにするためには、クラスターを極低温に冷却した上で行う分光測定が非常に有力な手法である。我々は汎用型パルスバルブから生成したヘリウムクラスタービームと、金属クラスターイオンビームを合流衝突させることにより、金属クラスターイオンをヘリウムクラスターに取り込んだ複合クラスターが生成することをすでに確認した。今回、ヘリウムクラスター源として極低温に対応したパルスバルブを用いることでヘリウムクラスターサイズの増大をはかり、これまでよりも高い効率で金属クラスターイオンを取り込ませることを試みた。

[実験]

実験装置の概要を図 1 に示す。コバルトクラスターイオンはレーザー蒸発法により生成し、ヘリウム気体を満たした気体室を通して並進エネルギーの分布を狭めた後に、四重極質量選別器で特定の質量のクラスターイオンを選別した。質量選別した金属クラスターイオンのビームを、四重極イオンベンダーを用いて八極子イオンガイド(衝突領域)へと導いた。一方、ヘリウムクラスターは 16 K に冷却された極低温パルスバルブからヘリウ

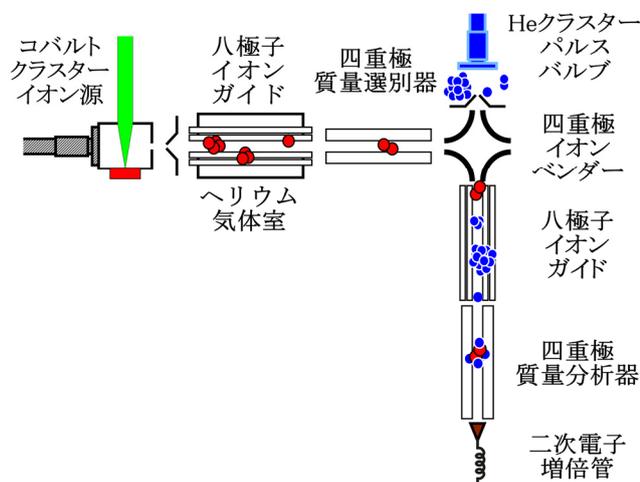


図 1 実験装置の概要図。

ム気体(純度 99.99995%以上)を押し圧 20 – 100 bar、パルス幅 25 – 40 μs で噴出させることで生成した。ヘリウムクラスターのビームはスキマーによって切り出された後に衝突領域へ導入された。2つのビームの相対速度は衝突領域の八極子イオンガイドの直流バイアス電位によって制御した。合流衝突により生成したクラスター複合体をもう一つの四重極質量分析器で質量分析し、二次電子増倍管で検出した。

[結果と考察]

まず、ヘリウムクラスターの生成を確認するために予備実験として、押し圧 60bar、パルス幅 30 μs の条件で生成したヘリウムクラスターを電子衝撃によりイオン化し、質量スペクトル測定した。そのスペクトルを図 2 に示す。120 量体以上のクラスターイオン生成が観測されている。全イオン強度は汎用型パルスバルブを用いた場合と比較して約 3 倍であった。また、ヘリウム噴出条件からヘリウムクラスターの平均

サイズは~36400 程度と見積もられた。ヘリウムクラスターの幾何学的断面積、およびイオン強度から、極低温型パルスバルブを用いた場合にはクラスターイオン取り込みの効率が約 20 倍になると予想される。

Co_2^+ とヘリウムクラスターを 2.1 km/s の相対速度 (v_{rel}) で衝突させて得られたクラスター複合体 Co_2^+He_n の質量スペクトルを図 3 に示す。ここでは Co_2^+He_n の強度は n の増加とともに減少するが、複合体は 25 個程度までのヘリウム原子を保持していることが確認された。この質量スペクトルと、汎用型パルスバルブから生成したヘリウムクラスターと Co_2^+ を衝突させて得た質量スペクトルのピーク強度を比較した結果を図 4 に示す。

図 4 で示すようにすべてのクラスター複合体 Co_2^+He_n で相対強度が 1 を超えている。また、 n の増加に伴って相対強度もより高くなっていることから、 n がより大きい Co_2^+He_n でさらなる強度増加が起きていると推測される。 $n \leq 20$ での平均的強度増加は約 5 倍であり、ヘリウムクラスターイオンの質量スペクトルから予想された値より小さい。今後、大きい n の Co_2^+He_n を含めた質量スペクトルを測定し、取り込みの効率をより詳細に評価することを目指している。

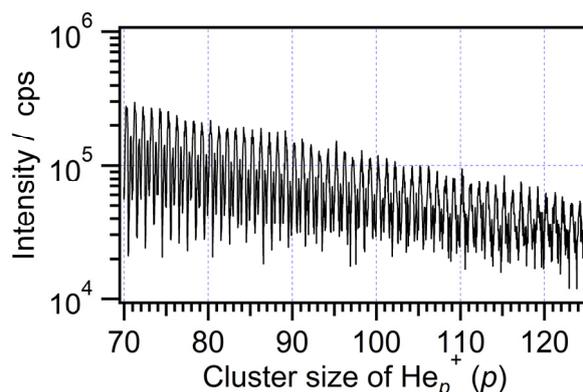


図 2 ヘリウムクラスターイオンの質量スペクトル。電子衝撃イオン化の条件は 80 eV、~500 μA 。

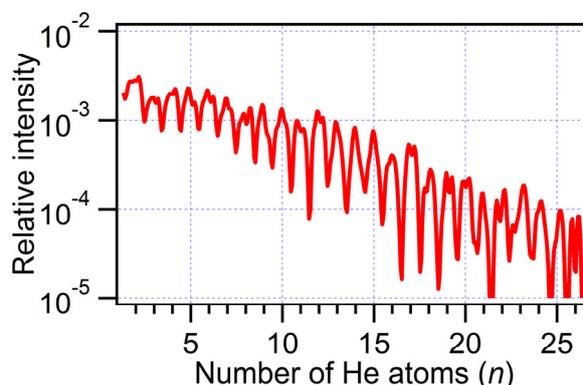


図 3 Co_2^+ とヘリウムクラスターの衝突により生成したクラスター複合体 Co_2^+He_n の質量スペクトル。縦軸は未反応の Co_2^+ に対する強度を表す。衝突時の相対速度は 2.1 km/s。

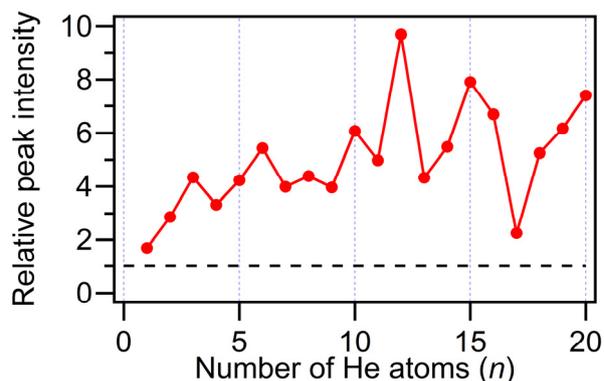


図 4 極低温型パルスバルブを用いた場合と汎用型パルスバルブを用いた場合の Co_2^+He_n の強度の比較。