

原子過程科学教室

1 金属表面へのイオン照射実験のためのビーム収束等の設計

三輪 竜之

本研究は、核融合科学研究所との共同研究「金属表面へのイオン照射実験で探る表面近傍のプラズマ原子過程」として行われたもので、イオン源から取り出されたイオンビームの集束のための静電レンズを設計することを目的に行った。核融合では、高温のプラズマ（物質がイオンと電子にわかれた状態）を収める真空容器が必要になる。プラズマがこの容器の内壁に触れると、炉壁からスパッタリングと呼ばれる現象により金属構成粒子が真空中に放出されてしまう。金属表面へのイオン照射はこの過程を再現するモデル実験となる。研究では、イオン軌道シミュレーションを行い、最適なイオンビーム収束レンズシステムを設計することができた。

2 2段デフレクターを用いた質量分析法の実現に向けたシミュレーション研究

岡崎 絵里菜

本研究室では、イオン付着飛行時間質量分析（TOFIA）法を用いた質量分析装置の開発研究を行っている。TOFIA 装置では、イオンが低速であるため質量分析部に進入するイオンが直線的な軌道をもたなくなるという欠点があり、改善が望まれていた。そこで昨年2組のデフレクターを用いた方法が提案された。この方法では直線的な軌道でイオンを分析部に導入させ、かつ質量分離も可能になる。しかしあくまで原理的な提案であったので、本研究では電場の歪みなどを考慮したシミュレーションを、C言語のプログラムおよび有限要素法を用いたイオン光学設計ソフト(SIMION)を用いて行った。その結果、直進的なイオンの導入と同時に質量分離が可能となることが実証された。

3 ポアンカレ蛍光の波長ごとの寿命測定

和田 郁乃

東邦大学原子過程科学教室では現在、レーザーイオン化法により生成された炭素鎖分子正負イオンからのポアンカレ蛍光過程の詳細な測定を行うための装置開発を進めている。本研究では、ポアンカレ蛍光の寿命測定を目指して、イオン加速電圧を調整して任意の時間にイオンを光観測領域へと輸送し、時間ごとのポアンカレ蛍光強度を測定した。炭素鎖分子負イオン C_6^- に対して波長 607 nm、794 nm におけるポアンカレ蛍光の強度の時間変化から、減衰速度定数をそれぞれ導出した。その結果、波長ごとにポアンカレ蛍光の寿命が確認された。

4 レーザーアブレーションを用いたグリシン由来分子イオンからの蛍光観測

櫻井 優樹

孤立環境下の分子イオンの高振動励起状態における冷却過程において、振動エネルギーが電子励起エネルギーに遷移する逆内部転換の後、電子遷移に伴い可視光を放出し冷却するポアンカレ蛍光の存在が近年確認された。この急速な冷却過程は孤立環境下での分子合成進化過程など幅広い分野に関連した現象である。これまでにポアンカレ蛍光の直接観測が行われたのは、炭素クラスターイオンと励起ナフタレン正イオンに対してだけである。本研究のターゲットであるグリシンは最も単純な構造をしたアミノ酸である。本研究ではレーザーアブレーションイオン化法を用いて生成されたグリシン由来の分子イオンから放出されるポアンカレ蛍光の直接観測を試みた。

5 凹面鏡を用いたポアンカレ蛍光集光光学系の大立体角化

神田 航汰

近年、孤立環境下での分子のエネルギー散逸過程(いわゆる冷却過程)として、ポアンカレ蛍光と呼ばれる遅延蛍光放出過程の存在が実験によって確認された。ポアンカレ蛍光は従来考えられていた振動輻射に比べて急激な冷却をもたらすため、孤立分子の遅延過程としての興味はもちろん、星間分子の合成進化にも関与する事象として注目されている。本研究では、現在東邦大学で開発中のポアンカレ蛍光観測装置において、凹面鏡を用いた光観測立体角の拡大を試みた。観測装置を模した光学系に凹面鏡を加え、光検出器と反対方向に放射された蛍光の反射・集光を行い、検出光増加量を確認した。

6 イオン軌道シミュレーションによる四重極型イオントラップのイオン閉じ込め性能評価

山本 啓五

宇宙空間のように周囲との相互作用がない孤立環境下においては、高振動励起状態にある分子が電子励起状態へ逆内部転換し、続けて起こる遅延蛍光『ポアンカレ蛍光』の放出によって急速に冷却され得ることが近年確認された。分子サイズや電子準位構造、内部エネルギーの違いなどに起因した分子ごとのポアンカレ蛍光特性を詳細に探るべく、当研究室では線型 RF イオントラップ装置を用いた精密蛍光分光装置の開発を行っている。本研究ではイオン光学シミュレーションソフト SIMION を用いて、イオントラップへ印加する RF 電圧強度など諸条件を変えながらイオン閉じ込め効率を求め、実験条件の最適化を行った。

7 反射型飛行時間質量分析器への新イオン源導入と炭素クラスター正イオンの質量分析

中村 優花

質量分析は現代社会において科学から美術の分野など様々な分野で利用されている。中でも原子や分子の質量を精密に測定できる手法の1つである飛行時間質量分析器は、加速されたイオンの飛行時間を測定しイオン種を同定するものであり、電場によるイオン反射を応用した反射型飛行時間質量分析器ではイオンの初期エネルギーのばらつきによる飛行時間の差を補償してより高精度な質量分析を実現する。本研究では、東邦大に設置された反射型飛行時間質量分析器に用いる新たなレーザーアブレーション源の製作、ならびに生成イオン量の経時変化をモニターするイオン量自動解析システムの構築を行った。本装置を用いて炭素クラスター正イオンの質量測定を行い、炭素 20 程度までの炭素クラスター正イオンを確認した。

8 反射型飛行時間質量分析における質量解析の自動化

加藤 大樹

質量分析は化学や生物、地学などの様々な分野で活躍している。そのうち飛行時間型質量分析器は、電場によって加速されたイオンの飛行時間を測定することでイオン種の同定を行うものである。なかでも反射型飛行時間質量分析器は、イオンの持つ初期エネルギーの違いによる飛行時間のばらつきを解消し、わずかな質量数の違いを区別する精度の分析を行うことが出来るという特徴を持つ。本研究では、得られたデータの正当性評価や実験条件の確認を容易にすべく、反射型飛行時間質量分析器において測定した飛行時間のデータを質量数に自動変換するプログラムを作成した。

9 イオン付着飛行時間分析装置の改良

住友 潮音

本研究室で開発されたイオン付着飛行時間分析装置は、対象試料分子を壊さず(フラグメントフリー)に検出することが可能な装置であるため、この装置を呼気分析に応用する研究が進められている。しかし、高分解能化を目指して行われた直交型への改良は、検出効率の悪化、バックグラウンド信号の増加などをもたらしてしまい、期待する結果が得られていなかった。そこで本研究では、イオン輸送系の静電レンズの構造、およびイオンの引き込みパルスの印加方法の変更などを行い、バックグラウンド信号の低減と検出効率の向上を試みた。

10 呼気分析に向けた直交型イオン付着飛行時間型質量分析装置の改良

井上 和真

本研究室で開発を進めている直交型イオン付着飛行時間型質量分析装置は、気相試料を壊さず(フラグメントフリー)に検出可能である。その特徴を生かし呼気分析への応用を目指しているが、直交型にしたことによる欠点の克服が課題であった。すなわち、バックグラウンドの低減、検出感度の上昇と計測時間の短縮、分解能の向上を求められている。そこで本研究では、呼気中成分の中で検出効率の良いアセトンを用い、イオンレンズの構造の変更によって気相試料の検出量の上昇をはかり、飛行時間質量分析法に必須のパルス化の変更を行って測定の妨げとなるバックグラウンドの低減に成功した。