

原子過程科学教室

1 電子衝撃を用いた希ガスの Fano 効果の観測

高德 駆

原子には第一イオン化しきい値以上のエネルギーをもつ励起状態がある。副殻励起や二電子励起などはその典型例であり、それらは連続状態の中に埋もれて、散乱電子のエネルギーの損失スペクトルのプロファイルが特徴的な形状を示すことがある。これは量子力学的な干渉によるもので、Fano 効果と呼ばれている。本研究では Fano 効果によるプロファイルが入射電子エネルギーや散乱角でどのように変化するかを観測することを目的として電子エネルギー損失スペクトルを得た。その結果、スペクトル上に Fano 効果に特徴的な非対称な構造を確認することができた。

2 直交型イオン付着質量分析装置を用いた呼気の定量分析

木村 詩織

呼気分析とは呼気に含まれる成分を分析し、健康状態や疾患を調べる身体に無侵襲な診断方法の一つである。本研究室で開発されたイオン付着飛行時間型質量分析装置は、対象試料分子を壊さないフラグメントフリーな装置であるため呼気分析に適している。これまでに定性分析には成功してしているものの、定量的な測定のためには呼気中の各成分に対する検量線が必要である。本研究では定量分析の第一歩として、呼気中の疾患と関係がある物質の中で検出効率の良いアセトンの検量線を得ることを目的とし、再現性のある条件の下で実験を行った。

3 イオン付着飛行時間型質量分析装置の安定化のための研究

大塚 拓哉

本研究室で開発されたイオン付着飛行時間型質量分析装置は、気相の試料分子を壊さず(フラグメントフリー)に検出可能な装置である。これまでに、フラグメントフリーな測定であること、定性的な測定は可能であることが確かめられている。しかし、実験条件により検出されるイオン量の変動するなど定量的な測定については不安がある。本研究では、定量測定に不可欠な装置の安定化を目指した研究を行った。その結果、N₂ ガスを 100Pa 導入してからフィラメントの電流を上げることで検出されるイオン量の変動が抑えられ再現性が良いことがわかった。

4 散乱電子—イオン同時計測による水素分子の解離反応の研究

岩橋 拓也

本研究室では、散乱電子—イオン同時計測法を用いて水素、重水素化水素、重水素などの二電子励起状態の崩壊過程の解明を目的とした研究が行われてきた。二電子励起状態の主な崩壊過程は自動イオン化と自動イオン化解離、中性解離であり、解離の時間スケールが競争過程にあるためその分岐比は興味深い。散乱電子—イオン同時計測実験では、散乱電子のエネルギーを特定してイオンの信号を蓄積するが、生成イオンが多いため S/N 比が悪くなる。本研究は、S/N 比の改善を目指して電子のパルス幅の最適化を行い、重水素について追実験を行った。

5 シリコンドリフト検出器を用いた創傷部プルトニウム汚染評価法

上床 哲明

核燃料取扱施設では、プルトニウムによる汚染を伴った創傷を負う可能性がある。その際、従来の汚染検査には放出される α 粒子を計数する α 線計測法が用いられている。しかし α 線は組織や血液によって容易に遮蔽されるため測定が困難になる場合がある。本研究では針刺し傷を想定したモデルを用い、プルトニウムの核壊変後に放出される特性X線をシリコンドリフト検出器で計測することにより、汚染量と汚染箇所の深さ、元素を決定することができる手法を開発した。

6 炭素鎖分子負イオン C_8^- のポアンカレ蛍光放出速度シミュレーション

楠 真成

真空中のような孤立環境における分子の冷却過程として、振動励起エネルギーが電子励起に変換される逆内部転換の後、電子遷移により可視光を放出して一気に冷却が進む『ポアンカレ蛍光』の存在が炭素系分子負イオン C_4^- 、 C_6^- を中心に近年確認された。この速い冷却により、生成直後の高温で不安定な分子負イオンも電子脱離前に十分冷却が進み生存し得る。本研究では、より重い炭素分子負イオン C_8^- についてポアンカレ蛍光放出速度による冷却速度を C++言語を用いて数値計算し、実験値と比較した。

7 孤立環境下の C_8^- が放つ「ポアンカレ蛍光」の放出速度測定

喜馬 佑妃

宇宙空間のような孤立した環境下にある高振動励起状態の分子冷却過程において、振動励起エネルギーが電子励起エネルギーに変換される逆内部転換を経て放出される「ポアンカレ蛍光」が C_4^- 、 C_6^- を中心に次々と発見された。ポアンカレ蛍光は、遷移強度が振動輻射に比べて強く遷移エネルギーも大きいため冷却が急速であり、宇宙空間の分子進化に影響するため詳細測定が望まれている。本研究では静電型イオン蓄積リングを用いて、より重い炭素分子負イオン C_8^- のポアンカレ蛍光に起因した冷却速度を内部エネルギーごとに測定した。

8 ポアンカレ蛍光精密分光のための集光光学系および蛍光検出系整備

菅野 貴之

孤立環境下における分子の冷却過程は宇宙空間での分子進化を考える上で重要である。近年、逆内部転換(振動励起状態から電子励起状態への遷移)後に「ポアンカレ蛍光」を放出する冷却過程の存在が確認され、分子ごとのポアンカレ蛍光スペクトルなどの詳細測定が期待されている。しかし、ポアンカレ蛍光の観測強度は非常に弱いので、イオントラップ領域(数 mm)からのポアンカレ蛍光を高効率集光するために光学系の調整(mm 以下)が求められる。そこで、本研究では集光光学系の集光効率について評価を行った。

9 ポアンカレ蛍光精密分光装置の高周波回路開発

秋山 芽衣子

孤立環境下の分子・イオンでは、高振動励起状態の分子が電子励起状態へと遷移する逆内部転換を経て放出されるポアンカレ蛍光により急速に冷却されることが近年確認された。分子サイズや内部エネルギーの違いにおけるポアンカレ蛍光の特性などの詳細研究を行うため、当研究室では線形四重極 RF イオントラップ装置を用いた精密分光装置の開発を行っている。本研究ではイオンを低速化し高効率なトラップを実現すべく、周波数：5 MHz、電圧： -400 ± 1000 V の高周波高電圧をイオントラップ電極に印加可能な電圧回路の製作を行った。

10 星間分子負イオンのイオントラップ蓄積に向けたビーム輸送

宮里 桃

宇宙空間のような孤立空間における、負イオンの冷却過程は振動輻射冷却と電子脱離冷却の2過程であると考えられていた。しかし近年、分子内の振動エネルギーが電子励起エネルギーに転換される逆内部転換後に起こるポアンカレ蛍光の存在が確認された。この急速な冷却過程は宇宙空間での分子合成進化過程など広い分野に関連した事象である。本研究では、ポアンカレ蛍光の放出速度や蛍光スペクトルの詳細測定実験において必要となるレーザーアブレーションを用いた炭素鎖分子負イオン C_{2n}^- の生成、飛行時間質量分析 (TOF) およびイオントラップへの輸送を行った。