

論文審査の結果の要旨

氏名 篠原 紀幸

本論文は、全5章、及び、付録3章から成っている。第1章は、全体の序論で、本研究の目的、研究対象となっているポジトロニウムの性質、歴史的背景等、本研究の位置づけ、意義を理解するに必要となる基礎的事項が記述されている。第2章は、各種物質との相互作用によるオルソポジトロニウムのピックオフ消滅率の大きさを与える $^1Z_{\text{eff}}$ の測定について、実験装置の概要、標的ガスの調製法、当該原子・分子の表面吸着効果の補正法等について述べ、希ガス、各種2原子分子、各種3原子分子、各種有機分子を含む16種類のガス状物質について $^1Z_{\text{eff}}$ を決定している。第3章は、 O_2 ガス中でのポジトロニウムの消滅過程を研究し、スピン転換消滅が消滅過程を支配することを示すと共に、その大きさを決定した。第4章は、第2章、第3章の実験結果を基に、ポジトロニウム消滅過程をポジトロン消滅過程と比較しながら、その異同を議論している。第5章は本論文全体のまとめとなっている。

オルソポジトロニウム(o-Ps)が原子や分子と衝突すると、原子・分子中の電子とある確率で対消滅する。通常、対消滅の起こり易さは $\lambda_{\text{pickoff}} = 4\pi r_0^2 c n ^1Z_{\text{eff}}$ で定義される $^1Z_{\text{eff}}$ という量で表現される。ここで、 λ_{pickoff} は消滅率の測定値、 r_0 は古典電子半径、 c は光速、 n は試料気体の数密度である。すなわち $^1Z_{\text{eff}}$ は陽電子の位置において一重項状態をつくる電子の原子、或いは分子1個あたりの数密度である。これより明らかなように、 $^1Z_{\text{eff}}$ はピックオフ消滅に寄与する電子の有効反応係数といった量である。

論文申請者は、この $^1Z_{\text{eff}}$ を各種原子・分子について系統的に測定し、測定した全ての原子・分子について $^1Z_{\text{eff}}$ が0.1から0.8程度の範囲内に入ることを示した。これは、他の研究グループにより最近報告されたポジトロンに対する有効反応係数 Z_{eff} が $1-10^7$ という極めて広い範囲の値を取ることと好対照であり、ポジトロンの消滅とポジトロニウムの消滅がおよそ質的に異なる物理過程に支配されていることを明らかにした。さらに、 N_2O 分子の $^1Z_{\text{eff}}$ も、これまで報告されていたように異常に大きな値を取ることではなく、通常原子・分子と同様0.5程度に収まることを初めて実験的に明らかにし、従来報告されていた異常な値は不純物に因るのではないかという結論を導いている。

論文申請者は次いで、特異的な振る舞いをする中で知られている O_2 分子の $^1Z_{\text{eff}}$ を決定した。 O_2 分子はピックオフ消滅率より遙かにスピン転換消滅率が大きいことで知られており、ピックオフ消滅率を決定することは容易でなかった。ところで、ピックオフ消滅過程は物質内電子との直接消滅であるため、2光子消滅した γ 線のエネルギーはドップラーブロードニングを起こしている。一方、スピン転換消滅過程はスピン転換反応によりオルソポジトロニウムがパラポジトロニウムに変換された後、消滅するため、消滅 γ 線は511keVに鋭いピークを持つ。申請者は、この事実を利用し、消滅 γ 線のエネルギースペクトルを陽電子消滅時刻の関数として測定することにより、ピックオフ消滅率とスピン転換

消滅率とを分離して決定した。これにより、スピン転換消滅率から一桁以上も小さなピックオフ消滅率を精度よく決定することに成功している。

以上、論文申請者は、 O_2 、 N_2O 、さらには、*iso*- C_5H_{12} 、*neo*- C_5H_{12} 等の Z_{eff} が何桁も大きくなることが知られている分子量の大きな有機分子を含む16種類の気体に対し $^1Z_{\text{eff}}$ を決定し、これが0.1-1の間に収まることを示した。本研究で得られた $^1Z_{\text{eff}}$ は、これまでとは異なり、信頼性の高い基礎データを当該分野に提供するもので、今後、 $^1Z_{\text{eff}}$ や Z_{eff} を決める物理過程が原子分子のどのような性質に因っているかを解析する上で重要な基礎データを与えるものと考えられる。

本研究は、数人の研究者が関わる実験的研究であるが、論文申請者は、研究テーマの設定、解析等実験の全般に関わり主体的に分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断される。従って、博士（理学）の学位を授与できると認められる。