

電子エネルギー損失分光法を用いた e の超励起状態

山田 千櫨 研究室 藤田 祐崇

[はじめに]

超励起状態とは、原子や分子の励起状態のうち、そのエネルギーがイオン化エネルギーよりも高いような状態を超励起状態と呼ぶ。振動構造がない原子の場合、2電子励起状態や内殻励起状態などがそれにあたる。

また、この超励起状態は自動電離を起こして緩和することがある。電離には、この自動電離の他に直接電離過程もあるが、2つの近接したスリットを通過してきた光波が干渉しあうように、直接電離と自動電離の2つの経路を通過してきた電子波は干渉を引き起こす。その結果、電離断面積に共鳴的な構造が現れるなど原子物理学的に非常に興味深い対象になっている。

[目的]

電子エネルギー損失分光法を用いて測定例の少ない Xe の超励起状態についての知見を得る。入射電子エネルギーを変化させてエネルギー損失スペクトルの変化を調べる。

[原理]

電子エネルギー損失分光法 (Electron energy loss spectroscopy)

あるエネルギー E_k を持った電子を標的に入射させ、衝突後散乱された電子のエネルギー E_s を測定する。衝突前後でエネルギー保存則が成立するので、

$$E_k = E_s + W_i \quad (i = 0: \text{弾性散乱}, i = 1, 2, \dots: \text{非弾性散乱})$$

が成り立つ。ここで W_i がエネルギー損失、すなわち励起エネルギーに対応する。横軸に衝突前後の電子のもつエネルギー差 (エネルギー損失)、縦軸に検出された電子の強度を書いたものがエネルギー損失スペクトルである。横軸が励起エネルギー、縦軸の強度がその状態へ遷移する断面積に対応する量となる。

[実験装置]

図1に本実験で使用した実験装置概略図を示す。電子を打ち出す電子銃部、入射電子エネルギーを選別するセレクター部、入射した電子が標的と衝突を起こす衝突領域、散乱してきた電子のエネルギーを分析するアナライザー部、検出部からなっており、これらによって電子エネルギー損失スペクトルを測定できるようになっている。

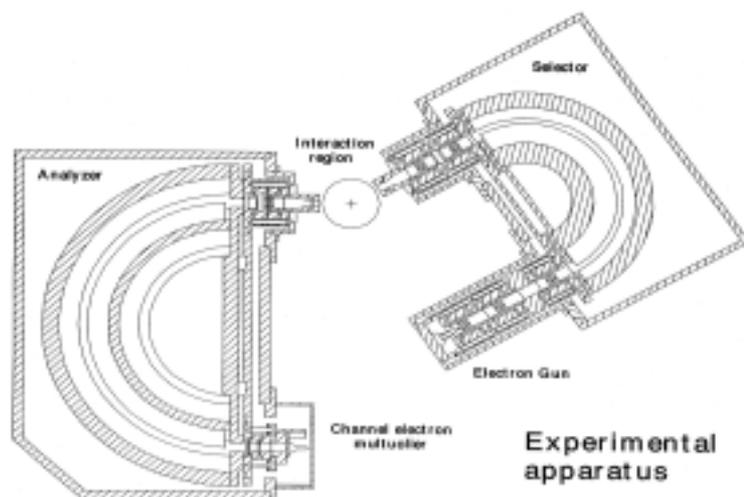


図1 実験装置概略図

[結果] Xeのスペクトル

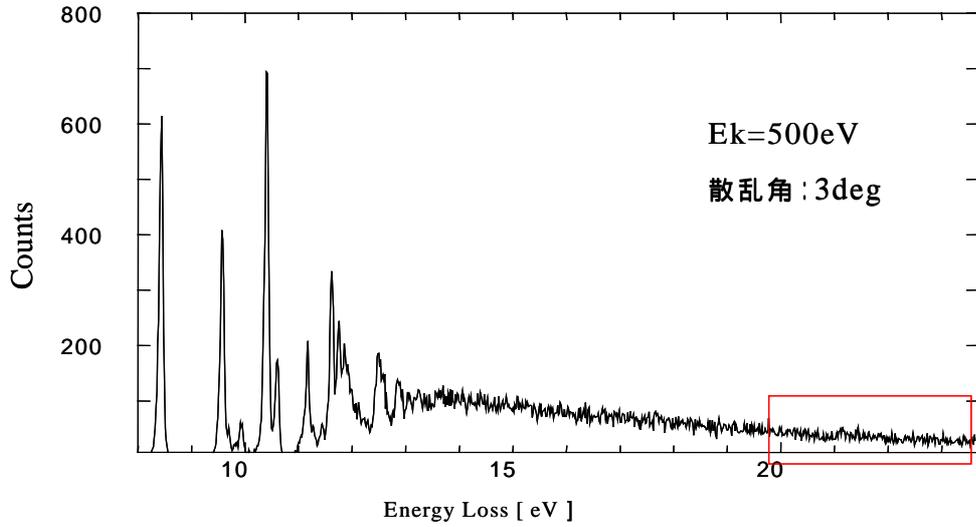


図2 Xeのスペクトル

図2は衝突エネルギー500eV, 散乱角3degの場合のエネルギー損失スペクトルである。横軸がエネルギー損失、縦軸が積算した信号数となっている。Xeのイオン化エネルギーは12.13eVなので12eVくらいまではとびとびの状態になっているがイオン化エネルギーを超えたあたりから連続状態の遷移となっている。今回注目したのは連続状態にある赤で囲まれている領域にある内殻励起に注目して高分解能で測定を行った。

[結果] 光学的禁制遷移の測定

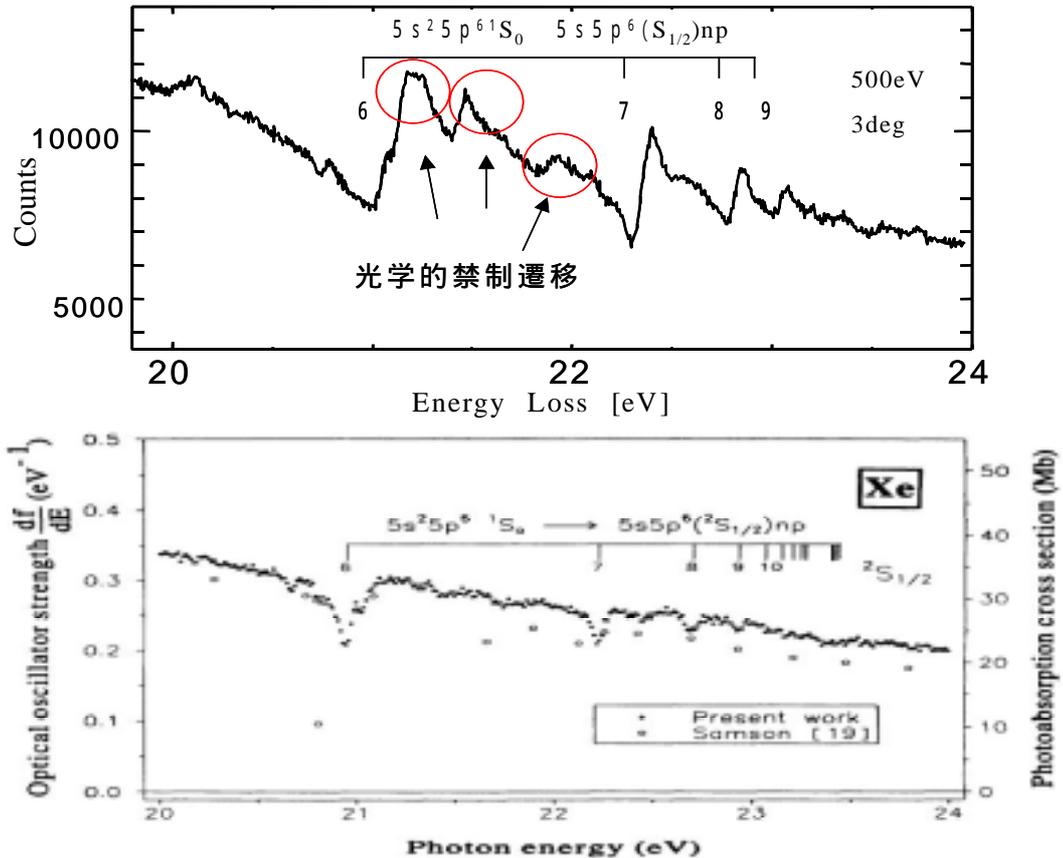


図3 上：高分解能のスペクトル
下：近似的に光を衝突させたスペクトル

図3の上は図2の赤線で囲まれた領域を高分解能で測定したスペクトルである。一方図3下は論文から引用したものであり、同じく電子を衝突させているが散乱角を0度として衝突エネルギーを高くしているため近似的に光を衝突させたスペクトルに対応するものである。これらを比較すると、今回得られたスペクトルには光学的禁制遷移が多数観測されるなどかなり様子が異なっていることが分かる。

[結果] 散乱角 3deg の時の入射エネルギーによるスペクトルの変化

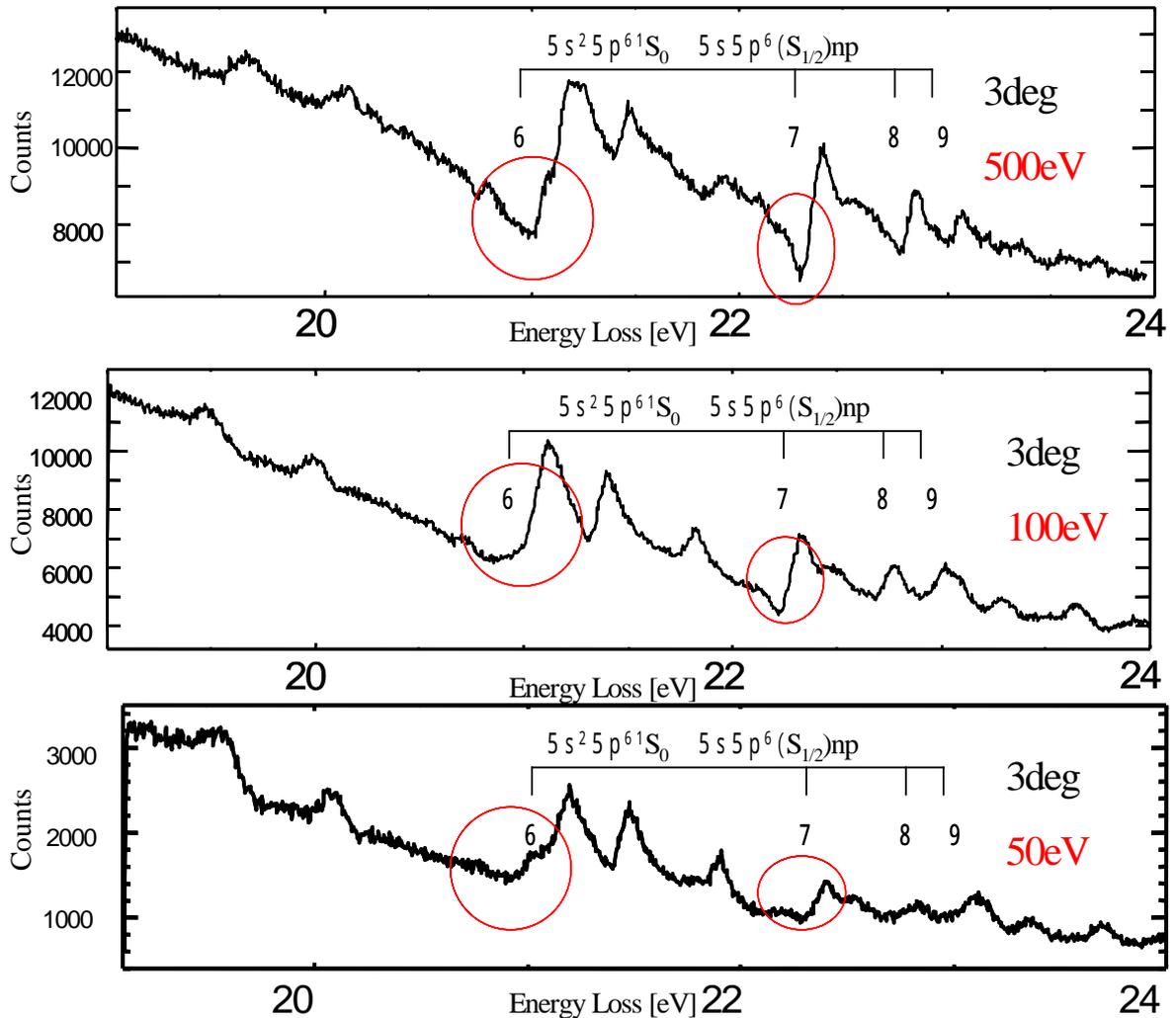


図4 エネルギーによるスペクトルの変化

図4はエネルギー損失が19eVから24eVの範囲で散乱角を3度に固定し衝突エネルギーを500, 100, 50eVと変化した時のスペクトルである。衝突エネルギーを変化させていくことにより5sからnpへの光学的許容遷移のスペクトルの形状が変化していくのが顕著に現れた。500eVでは堀の深いスペクトルが見えるのに対し衝突エネルギーを下げていくごとに堀が浅くなっていく様子が良く分かる。

[結果] 衝突エネルギー30eVにおける禁制遷移の急激な変化

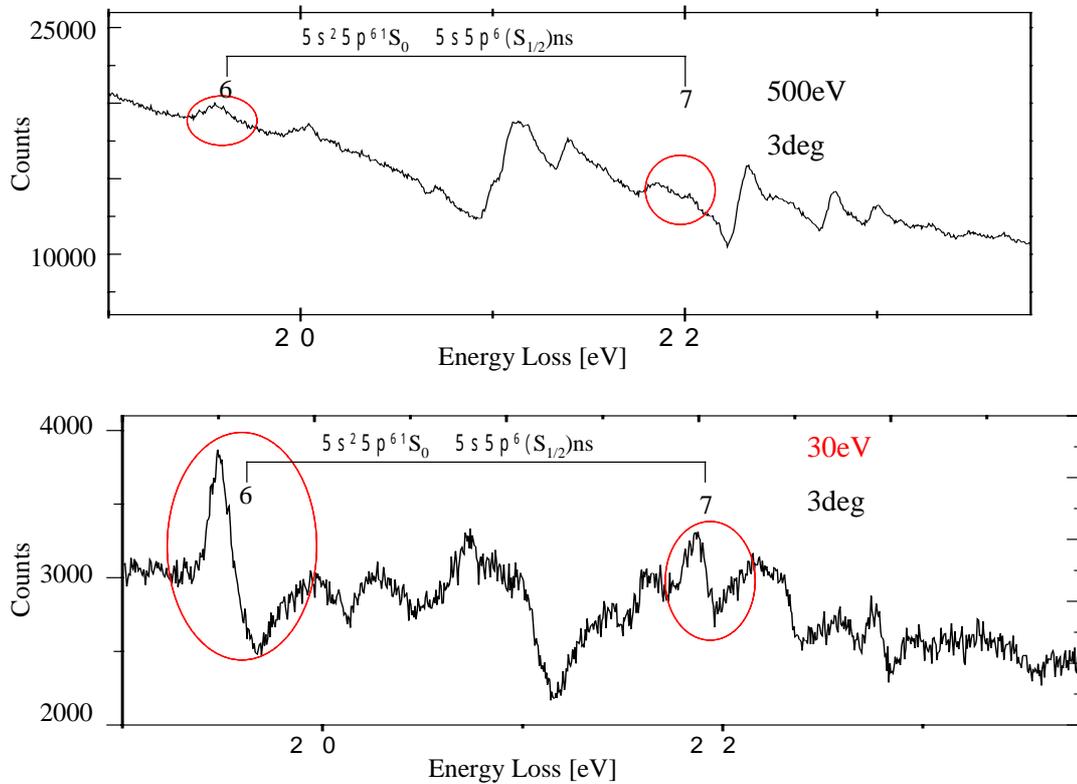


図5 30eVでの光学的禁制遷移の急激な変化

図5は散乱角3度、衝突エネルギーがそれぞれ500 eV、30eVの場合のスペクトルである。衝突エネルギー500eV～50eVでは変化が目立たなかった5sからnsへの光学的禁制遷移のスペクトルの形状が、30eVで劇的な変化が起こっていることが分かる。

[まとめ]

- Xeの超励起状態に対して光学的許容遷移、禁制遷移のエネルギー損失スペクトルを観測した。
- 許容遷移については入射エネルギーによるスペクトルの変化が顕著に現れた。
- 禁制遷移の入射エネルギーによるスペクトルの変化は衝突エネルギー30eVにおいて急激に現れた。

[今後の課題]

衝突エネルギーによるスペクトルの変化の原因について追究する。