

準安定励起イオンの衝突過程

沼舘直樹, °田沼肇

首都大・理工・物理

<http://atom.phys.se.tmu.ac.jp>

He 様イオンの $1s2s\ ^3S_1$ 状態は第 1 励起状態であるが、基底状態 ($1s^2\ ^1S_0$) への電気双極子遷移がスピン禁制であるため、寿命の長い準安定状態であることが知られている。多価イオン源として広く用いられている電子サイクロトロン共鳴型イオン源で生成されて引き出された He 様多価イオンビームには数%程度の $1s2s\ ^3S_1$ 状態が含まれている。この励起状態にある多価イオンが中性気体標的と衝突して電荷移行反応を起こすとき、主要なチャネルは一電子捕獲による $1s2snl\ ^2,4L$ 状態の生成である。この $1s2snl\ ^2,4L$ 状態は内殻励起状態と見なすことができるので、直ちに Auger 電子を放出することが予想され、実験によって確かめられている [1]。しかし、理論計算によると、Auger 遷移以外に光学遷移による脱励起も起こり得る [2]。実際、1988–1992 年に Grenoble のグループが、 N^{5+} , C^{4+} , および O^{6+} と He または H_2 との衝突の際に放出される軟 X 線を観測し、 $1s^22s-1s2s2p$ 遷移、または $1s^22s-1s2s3p$ 遷移として報告している [3-5]。これらと全く同じ現象を首都大でも偶然に発見した。Grenoble では He と H_2 しか標的として用いられていなかったもので、本研究では標的気体の種類を変えることで、多価 He 様イオンの準安定励起状態の電荷移行反応について系統的に調べることを目的とした測定を行っている [6]。

多価イオンの電荷移行反応については、捕獲された電子軌道の主量子数が標的気体のイオン化ポテンシャルによって決定されるという“古典的オーバーバリア (COB) モデル”が非常に良く成り立つことが知られている [7, 8]。基底状態に比べて電子雲が広がっている準安定励起状態について COB モデルが適用できるという証拠はないが、電荷移行反応は衝突粒子同士の核間距離が数 Å も離れたところで起こることから、電子状態には依存せず多価イオンの価数だけが重要と考えることは妥当と思われる。同じ理由から、標的気体が分子であっても原子と同様に考えることは第零近似としては問題ないと考えられる。しかし、本研究では、殆ど同じイオン化ポテンシャルを持つ Xe と O_2 において、発光スペクトルの顕著な標的依存性が観測された。一つの可能性として、重原子である Xe におけるスピン軌道相互作用の寄与が示唆されるものの、詳細な機構については未解決であるが、一連の測定で得られた結果について議論する。

- [1] E. P. Benis, *et al.*, *Nucl. Instrum. Meth. B* **205** (2003) 517.
- [2] M. H. Chen, *et al.*, *Phys. Rev. A* **27** (1983) 544.
- [3] M. G. Surraud, *et al.*, *J. Phys. B* **21** (1988) 1219.
- [4] L. Guillemot, *et al.*, *J. Phys. B* **23** (1990) 3353.
- [5] S. Bliman, *et al.*, *J. Phys. B* **25** (1992) 2065.
- [6] N. Numadate, *et al.*, *to be submitted*.
- [7] H. Ryufuku, *et al.*, *Phys. Rev. A* **21** (1980) 745.
- [8] A. Niehaus, *Phys. Rev. A* **19** (1986) 2925.