

He 原子が関わる原子過程

電通大 大槻一雅 (56P 土方研)

自身の研究を振り替えると、昭和 60 年に卒業研究で土方研に配属されて以来 He 原子と付き合ってきた。(He を相手にしていないのは 3 年間くらいか。) 研究会の名称が「電通大原子分子研究 30 年の広がり」ということで、30 年のうち 15 年程電通大に籍を置く者として、He 原子の関わる原子過程と題して、お話しをさせていただく。

土方研に配属されると、まずは、He 原子の変分計算を行うことが課せられる。He 原子との付き合いはこのとき始まった。修士論文は「He 型イオンの微細構造と超微細構造」というタイトルであった。80 年代当時は多価イオンの超微細構造の観測などは到底無理であったが、90 年代半ばに、イオンを走らせドップラーシフトを利用することで、レーザー分光が行われた。

さて、He ガスや液体 He 中に荷電粒子を入れると何が起こるだろうか。ちなみに、化学の分野では He 原子は存在しないものらしい(筆者の主観)。MOPAC という経験的分子計算ソフトで $Z=2$ を指定すると、「その原子は登録されていません」とメッセージが出る。

電子を液体 He 中に入れると、電子バブルと呼ばれる空洞ができることが知られている。これは自由電子と He 内電子間でのパウリの排他律による斥力がはたらくためである。同様の現象は、液体 He 中に中性原子を入れ、それをリユードベルグ状態に励起したときにも起こる。この空洞はゼロ点振動のためにその半径が変化するので、それに応じて中性原子の吸収・発光スペクトルも変化する。また、電子と同じ負電荷で、質量の大きな粒子 $X^- (= \bar{p}, K^-, \mu^- \text{ など})$ を入れると、He からひとつの電子が追い出され、 $X^- \text{He}^+$ が生成される。10 年程前に、液体 He, He ガス中で長寿命反陽子が初めて観測され、その長寿命のメカニズムが注目された。筆者は $\bar{p}\text{He}^+$ が生成されていることを理論の立場から示した。

一方、正電荷の粒子を入れたら何が起こるだろうか。正電荷は原子イオン、分子イオン、1 価、2 価とその種類は負電荷に比べて数多い。液体 He 中(ガスでも)では、He 原子の分極によって、正電荷との間に引力が生じる。その結果、沢山の He 原子が正電荷を取り巻き、クラスターが形成される。液体 He 中では、そのサイズは 100 個程度とも言われ、スノーボールと呼ばれる。He ガス中での He クラスターは都立大で測定が行われており、1 価イオンでは 12 個、2 価で 32 個の He が付いたクラスターが観測されている。また、同じ装置(ドリフトチューブ)を用いて、He ガス中でのイオンの移動度の測定も行われている。移動度とは導体の電気抵抗の逆数に相当する。測定された多くの分子イオンの移動度は原子イオンに比べて小さな値を示し、その理由はこの 10 年間謎であったが、最近の我々の古典軌道計算によって分子イオンの一時的な回転励起のためであることが判った。このメカニズムは、レーザーを用いた原子のレーザー冷却に似ている。

当日は以上の内容についてお話ししたい。