

クラスターおよび PAH 分子と荷電粒子との衝突過程

(日大理工) 中村正人 (東大大学院理) 左近樹

(nakamura.masato@nihon-u.ac.jp) (isakon@astron.s.u-tokyo.ac.jp)

これまで講演者(中村)は荷電粒子との衝突で生成されたクラスター多価イオンについて、その安定性や崩壊パターンを調べてきた[1]。おもに国内外の実験グループと共同で行い、主として理論的な解析を担当してきた。数年前、ストックホルム大学の Cederquist 教授のグループから、フランスのカーンにある加速器実験施設で、多環芳香族炭化水素 (PAH) 分子のクラスターに多価イオンを照射させ、その崩壊過程を調べる実験[2]をしているので、その結果を解釈してほしいとの相談を持ちかけられた。

星間空間において赤外未同定バンドと呼ばれる赤外線波長域の放射スペクトルは、主に多環芳香族炭化水素 (PAH) 分子と呼ばれる一連の分子群に起因するといわれている[3]。彼らの関心は星間空間において PAH 分子およびその集合体と荷電粒子との衝突で何が起こり、それが星間空間の分子進化にどのような影響を及ぼすかということであった。まず彼らの実験を解釈をするため、多価に帯電した PAH クラスターはどの程度でのサイズであれば安定に存在できるかを計算してみたが、理論と実験結果の間には大きな開きがあった。[4]

最近、東京大学の左近らのグループは、国際宇宙ステーション内の「きぼう」実験棟にある簡易曝露実験装置 (ExHAM) に「急冷炭素質物質」など炭素を含むナノ物質を、宇宙空間に長期間(約 1 年)曝露する実験を行った。ここで「急冷炭素質物質」とはメタンガスを含むプラズマを急速冷却することによって得られる炭素質物質で、炭素数が数十から数百程度の PAH 分子を含むと考えられている。試料サンプルとしてはこの急冷炭素質物質以外にも、純粋な PAH 分子や、フラーレン、脂肪酸などの物質が用いられ比較検証が行われた。さらに地上対照実験として原子力研究機構高崎量子応用研究所の加速器や宇宙航空研究機構の照射装置を用いて、イオンや電子および紫外線などを炭素質物質に照射する実験が行われた。中村もこのグループに加えていただき、実験の解析をお手伝いすることになった。

一連の実験が行われた動機は、星間空間においてダストは常に宇宙放射線の照射を受けており、荷電粒子との衝突により分子の変性(風化)がおり、実験室や理論計算で想定されている理想的な状態から変化するのではないかとという予測によるものである。

きぼう実験棟から回収された試料の赤外線吸収スペクトルを曝露前の状態と比較して気がつくことは CC 結合の伸縮モードに起因するスペクトルの強度増大と、CH の伸縮モードなどの減少である[5]。これから荷電粒子などとの相互作用により、試料分子から水素が脱離していく「脱水素化」がおきているのではないかと推測される。

参考文献

- [1] たとえば M. Nakamura, Chem. Phys. Lett. 449, 1 (2007)
- [2] H. A. B. Johansson et al, Phys. Rev. A 84, 043201 (2011) など
- [3] G. G. M. Tielens et al. Annu. Rev. Astron. Astrophys. 46, 289 (2008)
- [4] M. Nakamura and A. Ichimura, Physica Scripta T 156, 014063 (2013)
- [5] 左近樹 ほか、日本航空宇宙学会誌 66, 381 (2018) など