

ミュオン触媒核融合における原子分子過程の最近の進展

木野康志¹、山下琢磨¹

¹東北大

<http://web.tohoku.ac.jp/radiochemistry/>

電子の207倍の質量を持つミュオン(μ)を含む原子・分子系は、通常の原子・分子のサイズの1/200となる。このようなミュオン分子内では核融合反応を起こす事ができる。核融合後、 μ は自由になり、再びミュオン分子を形成し核融合を繰り返す。この過程において μ は触媒のように振る舞うため、「ミュオン触媒核融合(μ CF)」と呼ばれる[1]。一つの μ は約150回の核融合を起こすが、この時に得られるエネルギーの総量は、加速器で μ を生成する際に実質的に必要なエネルギーの半分に相当する。

μ CFには様々なミュオン原子・分子過程が関与しており、これらの詳細な理解が μ CF反応を促進し、エネルギー収支を改善するためには不可欠である。

μ の質量は原子核と比べて無視できないため、 μ を含む原子・分子系では、通常の原子・分子系には見られない特異な現象が現れる。原子・分子の系でよく用いられる断熱近似は適用できず、より厳密な計算法[2]が必要となる。

最近、我々は新しい μ CFサイクル[3]を提案し、これまでの理論と実験の間にあったいくつかの問題を解決した。この新しい μ CFサイクルでは、ミュオン分子の共鳴状態($dd\mu^*$ 、 $dt\mu^*$ 、 $tt\mu^*$)が重要な役割を示す。 $dd\mu^*$ が崩壊する際に放出する特徴的なX線スペクトルを精密に計算し[4]、これを高いエネルギー分解能をもつカロリメータで検出することに成功し、新しい μ CFサイクルの存在を明らかにした。この新しい μ CFサイクルをもとに μ CFの実用化に向けた研究を進めるとともに、 μ を含む原子・分子過程のさらなる理解を詳細に進めている。

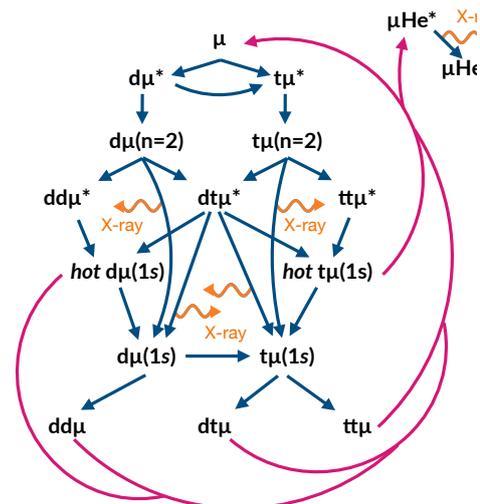


図. ミュオン分子の共鳴状態($dd\mu^*$ 、 $dt\mu^*$ 、 $tt\mu^*$)を含む μ CFサイクル。

- [1] P. Froelich, Adv. Phys. 41, 405 (1992). (doi.org/10.1080/00018739200101533)
- [2] E. Hiyama, Y. Kino, M. Kamimura, Prog. Part. Nucl. Phys., **51**, 223-307 (2003). (doi.org/10.1016/S0146-6410(03)90015-9)
- [3] T. Yamashita, Y. Kino, *et al.*, Sci. Rep., **12** (2022), 6393. (doi.org/10.1038/s41598-022-09487-0)
- [4] T. Yamashita, K. Yasuda, Y. Kino, (2024) arXiv:2407.01756.

[講演者略歴] 木野康志

1993年九州大学大学院理学研究科物理学専攻修了、博士(理学)。1993年理化学研究所基礎科学特別研究員、1995年東北大学理学研究科化学専攻助手、助教授、准教授を経て、2021年同専攻教授。2000年から1年間Uppsala Univ., Swedenで文部省在外研究員。専門は、エキゾチック原子・分子、放射化学。