

## 核融合中性子による LLFP 処理

## (2) プラズマを標的とするインフライトミュオン触媒核融合の物理

LLFP Transmutation by Irradiation of Fusion Neutrons

(2) Physics of In-Flight Muon Catalyzed Fusion with Plasma Target

\*木野 康志<sup>1</sup>, 山下 琢磨<sup>1</sup>, 岡 壽崇<sup>1</sup>, 佐藤 元泰<sup>2</sup><sup>1</sup>東北大学, <sup>2</sup>中部大学

抄録 従来のミュオン触媒核融合 ( $\mu\text{CF}$ ) と異なるミュオン原子衝突中核融合反応 (インフライトミュオン触媒核融合;  $\text{IF}\mu\text{CF}$ ) の可能性と、その背景にある量子少数多体系の物理学について議論する。

**キーワード:** ミュオン, ミュオン触媒核融合, ミュオン原子過程, 量子少数多体系

## 1. 緒言

負電荷ミュオンは  $2.2 \mu\text{s}$  の寿命をもち、電子と入れ替わってミュオン原子を生成する。ミュオンは電子の 207 倍の質量をもつため、ミュオン原子の基底状態は、もとの原子の 207 倍の束縛エネルギーをもち、207 分の 1 の大きさとなる。さらに、ミュオンが 2 つの原子核を束縛してミュオン分子イオンを生成すると、この分子内では核間距離が接近し核反応が高い確率で起こる。従来、 $\mu\text{CF}$  ではこのミュオン分子内での核融合反応を利用してきたが、分子生成が共鳴反応であるため重水素・三重水素標的を 10 K 程度に冷やし精密に制御する必要があった。また、核融合生成物である  $\alpha$  粒子の原子軌道にミュオンが捕らわれるミュオン付着によるミュオンの損失により  $\mu\text{CF}$  のサイクル率が制限され、ミュオン生成にかかるエネルギーが回収できなかった。最近、多量のミュオンの新しい生成法が提案され[1]、負電荷ミュオンビームの品質も向上してきた[2]ため、 $\mu\text{CF}$  が新たな中性子源やエネルギー源として、再び注目を集めるようになってきた。

## 2. インフライトミュオン触媒核融合

我々は、 $\mu\text{CF}$  実現にむけて、ミュオン原子衝突中におこる  $\text{IF}\mu\text{CF}$  を新たに提案している。 $\text{IF}\mu\text{CF}$  の実施方法は、次の講演で議論するが、本講演では  $\text{IF}\mu\text{CF}$  の基礎となる、ミュオン原子 ( $x\mu, y\mu, (x,y) = (t, d)$ ) 衝突中での核融合反応 ( $x\mu + y \rightarrow \alpha + n + \mu + 17.6 \text{ MeV}$ ) の計算について詳しく説明する。 $x\mu + y$  衝突の際、Bohr 半径が 290 fm の  $x\mu$  は、核間のクーロン障壁を強く遮蔽する。電子の場合も同様な遮蔽効果があるが、ミュオン原子の場合は原子の束縛エネルギーと衝突エネルギーが同程度となるため、ミュオン分子形成の効果、さらにミュオンの質量は原子核と比べて無視できないことによる非断熱効果などにより、核間の接触確率が増え、大きな核反応断面積 ( $\sim 1,000 \text{ barn}$ ) が得られた。

## 3. 結論

$\text{IF}\mu\text{CF}$  の基礎となるミュオン原子衝突中の核融合反応を、厳密な量子少数多体系理論により精密に計算した。今後、 $\text{dd}$  核反応の分岐比やミュオン付着の計算のため、原子核内部の自由度を取り入れたより詳細な計算が必要とされる。本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議が主導する 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の一環として実施したものである。

## 参考文献

- [1] 森義治, 石禎浩他, 「高レベル放射性廃棄物低減・資源化の鍵、新たなミュー粒子生成法へ向け原理実証」 (2017 年 12 月 14 日) [http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2017/171212\\_1.html](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2017/171212_1.html)
- [2] Y Miyake *et al.* *J. Phys.: Conf. Ser.* 551, 012061 (2014)

---

\*Yasushi Kino<sup>1</sup>, Takuma Yamashita<sup>1</sup>, Toshitaka Oka<sup>1</sup> and Motoyasu Sato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>Chubu Univ.