R 過程元素合成のための半経験則的核分裂収率モデル

Semi-empirical fission yield model for the R-process nucleosynthesis

*石塚 知香子 [1]，椿原 康介 [2]，河野 大樹 [1]，千葉 敏 [1]，和南城 伸也 [3]

[1] 東工大，[2] 旭川高専，[3] マックス・プランク重力物理学研究所

核分裂収率は R 過程元素合成の核分裂リサイクル過程を通じて R 元素組成に影響を与える。本講演では、4 次元ランジュバン模型を用いて予測した超核分裂収率モデルの概要と実際の R 過程元素合成への影響について報告する。

キーワード：核分裂、超重核、元素合成

1. 緒言

ウランや金の起源とされる R 過程元素合成では、R 過程元素合成で作られる超重核の核分裂により R 過程の種核が生成されて再び R 過程に寄与する核分裂リサイクルが起きると期待されている。核分裂リサイクルの R 過程元素合成過程への影響の大きさは R 合成で作られる超重核の核分裂収率に強く依存するが、超重核の核分裂収率そのものが導出する核理論によって大きく異なる。一方で近年、中性子星合体で R 過程元素合成が観測され、中性子星合体の流体計算も高度化が進んでいる。それゆえに、R 過程元素の成立ちを理解する上で、特に不定性の大きな核分裂収率の精度および信頼性の向上が大きな課題となっている。

2. 半経験則的収率モデル

R 過程元素合成で必要とされる核種の核分裂収率を高度に予測するために、我々は 4 次元ランジュバン模型を用いて Z=92-122 の数 100 種の核種に対して核分裂障壁近傍の低エネルギー核分裂計算を実施した。我々の 4 次元ランジュバン模型は二つの核分裂片の非対称な形状を取り扱える上、様々なアクチノイド核種の核分裂質量収率や全運動エネルギーをパラメータ調整せずに広く説明できる。このような 4 次元ランジュバン計算は並列化しても一核種当たりの計算コストが非常に高い。そこで 4 次元ランジュバン計算で得られた核分裂収率をピーク構造に応じて 4 つ、または 5 つのガウス分布の重ね合わせでフィットし、各ガウス分布の系統性を調べ、未計算の核種へのガウスパラメータの内挿の可否を調査した。その結果、いずれの元素においても各ガウスパラメータは同位体の中性子数に対して強い一次相関を示すことが判明した。そこで我々は 4 次元ランジュバン計算の結果とそのガウスパラメータの系統性の解析結果に基づき、R 過程元素合成計算で要求される全ての核種に対して核分裂質量収率モデル Y(A)を作成した。半経験則的核分裂収率モデル Y(Z, A)[1]は、4 次元ランジュバン計算に基づく Y(A)の各核分裂片の質量数 A で、我々が数千の実験値を解析して得た半経験則的な公式に基づく荷電分布[2]を持つように構築した。

3. まとめ

本講演では上記の半経験則的収率モデルの概要およびガウスパラメータの系統性について紹介する。その上で R 過程元素合成に与える影響を元素合成モデル[3]を用いて評価し、従来の収率モデルとの差異を論じる。

参考文献

[1] C. Ishizuka, K. Tsubakihara, T. Kouno, S. Chiba, 2021 年度核データ研究会プロシーディングス

[2] K. Tsubakihara et al., J. Nucl. Sci. Tech., Vol. 58, 151 (2020).

[3] S. Wanajo, Astrophys. J., Vol. 868, 65 (2018).

*Chikako Ishizuka[1], Kohsuke Tsubakihara[2], Taiki Kouno[1], Satoshi Chiba[1], and Shinya Wanajo[3]

[1]Tokyo Tech.., [2]NIT, Asahikawa College, [3]Max Plank Institute for Gravitationla Phyics.