

光誘起ドリフトによる放射性セシウムの高効率同位体分離の数値解析

Numerical analysis on highly-efficient isotope separation of radioactive cesium by light-induced drift

*結城謙太¹, 松岡雷士¹, 小林孝徳¹, 難波慎一¹

¹広島大学

Cs-135 の核変換の前処理として、光誘起ドリフト効果を用いた Cs-133 と Cs-135 の同位体分離の成立性の検討を行った。本研究では、レーザー光によって結合された二つの量子準位の衝突断面積の差によって生じる巨視的な粒子の流れである光誘起ドリフトの同位体による速度差を数値的に計算した。強衝突を仮定した数値計算の結果、450 K のヘリウムガスにおいて最大の分離効率が得られることが示された。

キーワード：レーザー同位体分離, 原子法, 核変換, 衝突断面積

1. 緒言

Cs-133 は Cs-135 より中性子捕獲断面積が大きいので、核変換処理の際には同位体分離が必須となる。しかし、レーザー同位体分離法を含む既存の手法では十分な効率が見込めない。そこで我々は、基底状態と励起状態での衝突断面積の差を利用して巨視的な粒子の流れを作ることができる光誘起ドリフトという現象に着目した (図 1)。光誘起ドリフトは日本でも過去に研究されており、2008 年に東北大学のグループが Rb における光誘起ドリフト効果の観測実験を行っているが[1]、Cs-135 分離への適用可能性の検証は未だ行われていない。

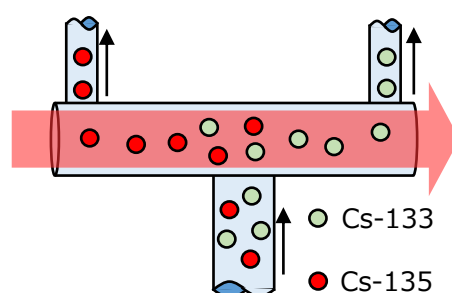


図 1 光誘起ドリフトによるセシウム同位体分離の概念図

2. 数値計算と結果

光誘起ドリフト速度は既往の論文[2]で提案されている方法に基づいて導出した式を用いて、定常状態の仮定の下で計算を行った。衝突断面積は第一原理計算によって求めた原子間相互作用ポテンシャルから、WKB 近似を用いて算出した。

セシウムガス圧力には各温度でのセシウムの蒸気圧を用い、バッファガス圧力はセシウムガス圧力の 1000 倍とした。また、分離レーザー強度とリポンプレーザー強度はそれぞれ、 0.1 W/cm^2 、 1 W/cm^2 とし、それぞれのレーザーの伝播方向は同じ方向とした。ヘリウムバッファガス中での Cs-133、Cs-135 の D1 線遷移を利用した場合には、温度 350 K、バッファガス圧力 12.2 Pa の条件下で、図 2 に

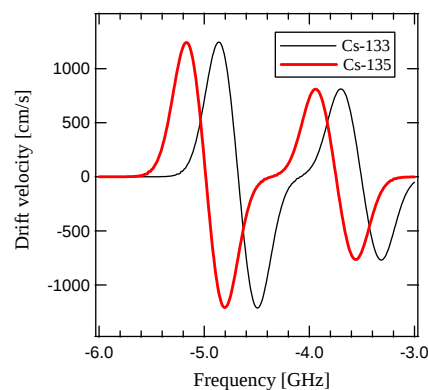


図 2 光誘起ドリフト速度のレーザー照射周波数依存性の一例 (D₁ 線、ヘリウムバッファ)

示すように互いに反対方向に 1000 cm/s 程度の光誘起ドリフト速度が得られる周波数域が存在することがわかった。また、温度 450 K、バッファガス圧力 3379 Pa の条件下では、光誘起ドリフト速度は温度 350 K のときと比較して減少するものの、セシウム蒸気圧が大きくなるため、結果としてセシウム年間処理量の見積もりは実験室レベルの小型レーザー装置においても最大で 600 g 程度となることがわかった。

参考文献

- [1] M. Okamoto, T. Nakamura and S. Sato, Mat. Trans. **49**, 2632-2635 (2008).
- [2] A. I. Parkhomenko, A. M. Shalagin: Quantum Electronics **44**, 10, 928-938 (2014).

*Kenta Yuki¹, Leo Matsuoka¹, Takanori Kobayashi¹ and Shinichi Namba¹

¹Hiroshima University