

超分子化学リアクターによる同位体濃縮法の開発

Development of Isotope Enrichment by Supramolecular Chemistry Reactor

裕 隆太 (Hazama Ryuta)

マイクロ空間の物質輸送やエネルギー輸送の効果を利用したマイクロチップとマイクロリアクターの技術は原理検証から実証の段階に入っており、バイオ・医療、高分子、環境、食品等、様々な分野領域への展開・応用がなされているが、素粒子物理学・原子力エネルギー・放射線診断への展開は未開拓で、今後のキラークンテンツとなりえる。

先行研究（科研費・基盤研究 C）により既にクラウンエーテル液液抽出による Ca 同位体の化学分離法の有効性を確認し、事業化を目指した多段濃縮に当り、基本的にクリアしないとイケない三大障壁①Ca 濃度：ほぼ飽和水溶液の 3.5M（30% w/w）②分離係数:1.004~1.007（4 段目・反応時間 1 分・室温）③分配係数：2~15%を、科研費・基盤研究（B）で達成し、残る課題は、多段濃縮プロセスでの各段数での Ca の損失をいかに減らし、2 相（有機相・水相）から回収 Ca を共に補いつつ、10 倍濃縮に必要な段数：1000 段~4000 段で第一目標の【g オーダー】での回収量を達成するかによる。Ca 濃度を維持（分配係数）したまま、同時に高い分離係数も保持できる新しい液液抽出法を開発し、溶媒等への Ca 溶解による欠損も無いことも確認済みで、水だけで Ca をクラウンエーテルから脱着可能（固液分離では、着脱に高濃度塩酸が必須）な本手法により可能となり、これまでの成果を踏まえ、今後、多段化大量生産の開発に注力する。

従来から懸念のあった Ar ガスに起因するスペクトル干渉及びマトリックス干渉の影響を受ける Ca 及び Li 同位体比測定に当たり、これまで He・H₂ ガスによるコリジョン・リアクションセル法により改善に取り組んできたが、600W 低出力イオン化で妨害イオンを元から生成させないクールプラズマ法を初めて ICP-MS での Ca 及び Li 同位体比測定に適用した。これまでの x レンズ（ホットプラズマ）から s レンズ（クールプラズマ）、s レンズ用スキマコーン（Pt/Cu）、Pt サンプリングコーン、マイクロフローネブライザー、石英トーチに交換し、大阪大学所有の ICP-MS（7900）をクールプラズマ仕様に改良を行い、従来の水素ガス・リアクションセル法では、Ca 質量数依存性を除去出来なかった（干渉イオンの上乘せによる）が、今回のクールプラズマ法により、Ca 質量数に依存しない天然存在比に合致したフラットな同位体比測定に初めて成功した（図 1）。

現在、超分子化学・マイクロリアクターによる同位体分離は本研究のみで唯一無二であり、本液液抽出法は、最大濃度である飽和水溶液で通水可能で、Ca 濃度が樹脂法、電気泳動法と比較し、各々 100 倍及び 400 倍であり、2~3 桁の生産量の優位性を有している。マイクロリアクターは一見、大量生産に向かないように思われるが、通常のバッチ法では実験室レベルでの結果が工業化の際にそのまま適用不可で、ナンバーリングアップ大量生産スケールアップを目指す。

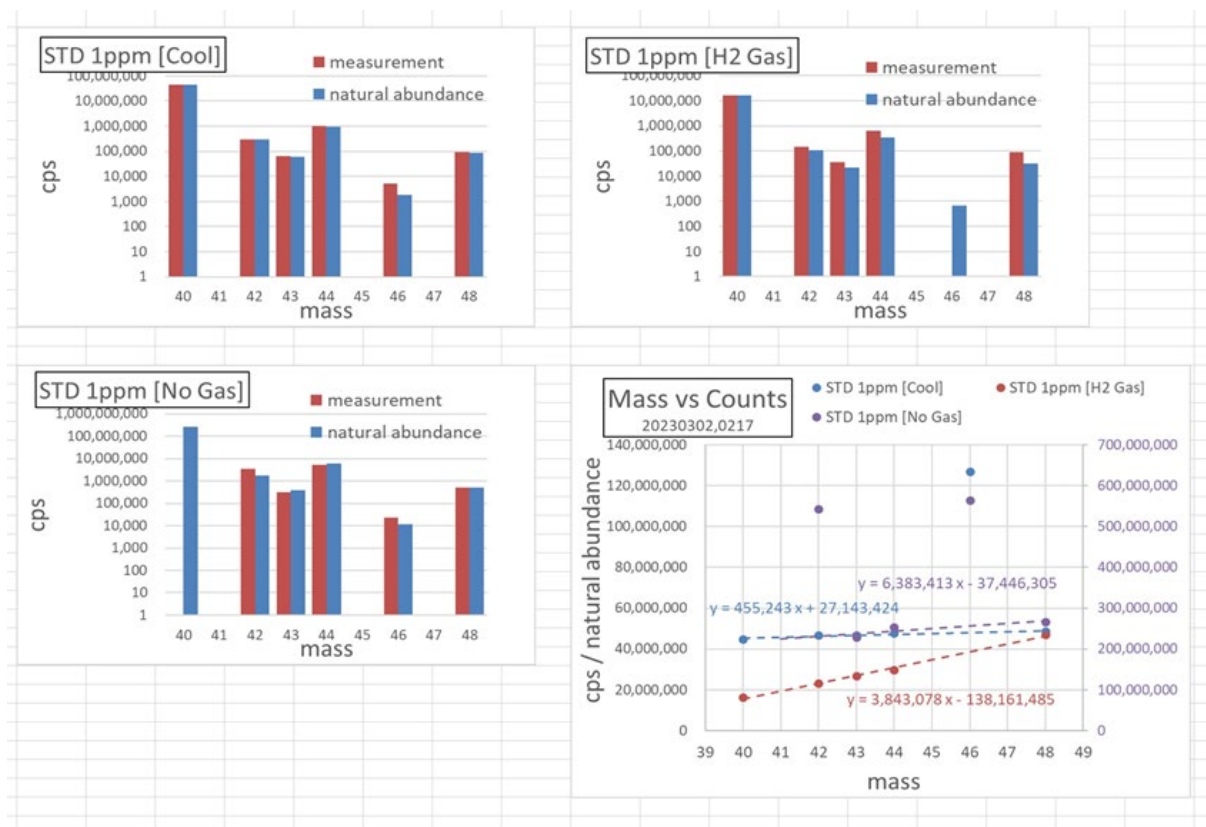


図1 左上：クールプラズマ法、右上：リアクションセル法（水素ガス）、左下：通常のノーガスモード。全てCa標準試料（CaCl₂水）測定。（左棒：測定結果、右棒：天然比）。右下：各種測定法の天然存在比比較のCa質量依存性（計数率比較）。

令和4年度に公表した研究業績

- 1) 裕隆太、義本孝明、Kumsut Pantiwa、Rittirong Anawat、佐久間洋一、藤井俊行、福谷哲、芝原雄司、“化学交換法における同位体分別研究”，京都大学複合原子力研究所「第57回学術講演会報文集」、KURNS-EKR-17, ISSN 2434-1088, pp34, 2023.
<https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/houbunshyu57.pdf>
- 2) A. Rittirong, T. Yoshimoto, R. Hazama, T. Kishimoto, T. Fujii, Y. Sakuma, S. Fukutani, Y. Shibahara, A. Sunaga., “Isotope separation by DC18C6 crown-ether for neutrinoless double beta decay of ⁴⁸Ca”, Journal of Physics: Conference Series, 2147, 012015, 2022. DOI: 10.1088/1742-6596/2147/1/012015
- 3) R. Hazama, P. Kumsut, T. Yoshimoto, A. Rittirong, C. Pitakchaianan, K. Kosinarkaranun, Y. Sakuma, T. Fujii, S. Fukutani, Y. Shibahara, A. Sunaga, “Study of Isotope Separation via Chemical Exchange Reaction”, KURNS Progress Report 2022, pp247, 2023. ISSN 2434-9488
<https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/PR/ProgRep2022/ProgressReport2022.pdf>
- 4) A. Rittirong, "Calcium isotope separation using DC18C6 Crown-Ether for the study of neutrinoless double beta decay of ⁴⁸Ca", 日本原子力学会関西支部「第17

回若手研究者による研究発表会」関西支部賞（奨励賞）大阪産業大学博士学位論文,
2022年, https://www.osaka-sandai.ac.jp/news/comp_regi/37717/