

ディビジョン番号	17
ディビジョン名	資源・エネルギー・地球化学・核化学・放射化学

大項目	3. 核化学・放射化学
中項目	3-1. 化学・放射化学
小項目	3-1-3. 核分裂研究の新展開

概要（200字以内）	
<p>核分裂研究において、実験の面では、分裂に至る変形経路が対称的な質量分割と非対称な質量分割の少なくとも2種類あることが分かってきた。一方、理論的には、核分裂核が変形して2つの分裂片に至る経路のポテンシャルエネルギーの詳細な計算がなされるようになり、定性的には実験を再現するようになってきている。しかし、定量的な比較には、まだまだ双方の更なる進展が必要と考えられる。</p>	
現状と最前線	
<p>一般的なアクチノイドの核分裂では、質量数が80~160で、運動エネルギーが約100 MeVの核分裂片対が生成する。また、同じ質量数の核分裂片でも、さまざまな原子番号を持っており、運動エネルギーも幅広い分布を持つ。質量分割に関しては、低エネルギーのときは主に非対称に、励起エネルギーの増加とともに対称な質量分割の成分が増加してくる。運動エネルギーについては、一般に対称質量分割のときは低く、非対称分割の方が高い。これまでに、質量数と運動エネルギーの詳細な測定および核分裂生成物の角度分布の測定などから、分裂に至る変形経路が少なくとも2種類あることが分かってきた。ひとつは低い励起エネルギーで核分裂し、非対称な質量分割であり、運動エネルギーが高い分裂片が生成する経路である。もう一方は、高い励起エネルギーで核分裂が起こり始め、より運動エネルギーが低い核分裂片が生成し、対称的な質量収率曲線を示す。非対称な質量分割の方は、運動エネルギーが高いことから、分裂時はコンパクトな形状をしていると推定できるので、生成した分裂片の球形な閉殻構造が関係しているだろうということは予想できる。それに対し、対称質量分割の方は、いわゆる液滴模型で説明されるような分裂のしかたであり、分裂時には大きく変形しているものと考えられる。核分裂核が大きくなり Fm くらいになると、核分裂片の質量分布が対称的であるにもかかわらず、運動エネルギーが高い成分と低い成分の2種類存在する場合があるということも実験的に確認されている。</p> <p>このような実験事実に対する理論的研究も最近になりかなり進展してきている。Moeller らは、核分裂核が変形して2つの分裂片に至る経路のポテンシャルエネルギーを、核分裂方向の伸び(Q)、分裂片の非対称度($\alpha = (M1 - M2) / (M1 + M2)$)、それぞれの分裂片の変形度($\epsilon_1, \epsilon_2$)、くびれの程度(d)の5つをパラメータとして計算した。²²⁸Ra についての結果を図1に示す。鞍点(saddle point)の高い対称分裂にいたる経路と低い非対称分裂の2種類が見て取れる。対称分</p>	

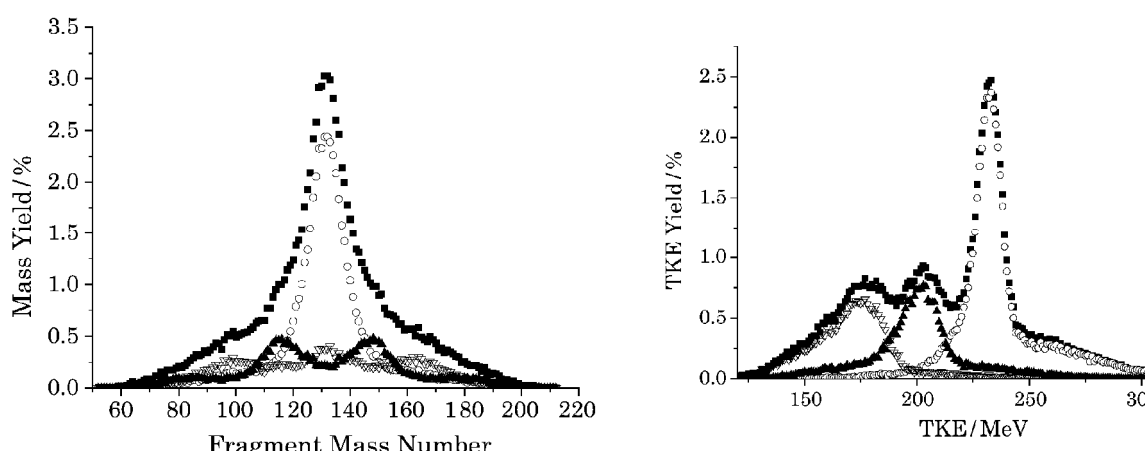


図2. ^{264}Fm の核分裂における質量分布と運動量分布の計算結果

T. Asano et al. J. Nucl. Radiochem. Sci. 5, 1 (2004)

核分裂片対の質量収率は特異的な微細構造を示すことが知られているが、これは冷たい核分裂 (cold fission) と呼ばれ、全運動エネルギーが殆どその分裂片対の生成Q値に相当する場合であり、分裂片から中性子が放出されていない場合に対応するので、理論との比較がしやすい。

実用的な問題として、近年次世代の原子炉の必要性が考えられ始めているが、核分裂生成物収率のデータベースは原子炉のデザインと運転、燃焼率の決定、崩壊熱の計算などに必要不可欠であることから、核変換速度の正確な予測と原子炉のデザインと安全性のための計算における不確実性を減少させる意味において、これまでにあまりデータ蓄積のないアクチノイド核のデータが必要であると予想される。たとえば、加速器駆動型原子炉では、Th や Pa などの軽アクチノイド元素の核分裂を利用する考え方があるが、これらの元素の核分裂のデータは十分とはいえない。また、原子炉の設計によっては、マイナーアクチノイドの詳細な核分裂データが必要となる。高速中性子が関与する核分裂を調べるには、中性子を用いる代わりに (d, p) 反応が知られているが、標的としての原料調達が難しいマイナーアクチノイド場合には、(t, α)、(α , α') など種々の代替反応を用いて検討する必要がある。

将来予測と方向性
<ul style="list-style-type: none"> 5年後までに解決・実現が望まれる課題 核分裂片の質量測定と原子番号を同時に測定できる技術を開発し、核種毎の収率と運動エネルギー分布を測定 10年後までに解決・実現が望まれる課題 マイナーアクチノイドの詳細な核分裂データの蓄積
キーワード
対称分裂と非対称分裂、中性子放出、三体核分裂、冷たい核分裂、次世代原子炉

(執筆者：工藤久昭)