

本グループでは、天体において合成された金・白金等の生成メカニズム、その起源天体を原子核実験の手法で探る KISS プロジェクトを中心に、低エネルギー短寿命核ビームによる関連する天体核の実験的研究、核構造研究、物質科学への応用研究等を手がけている。

## 1. KISS 計画進捗状況

### (a) KISS 開発実験準備状況

2013年度から進めて来た KISS(KEK Isotope Separator System)装置のオンライン性能試験結果を元にした開発実験の申請課題(NP1312-RRC29、12日間、KEK、筑波大、ソウル大の合同チーム)が RIBF-PAC において grade A で了承された。ここでは、本実験での探索領域となる Ir, Os, Re, W, Ta 元素についての KISS のイオン化効率およびバックグラウンド同重核に対する目的核種選択率測定を目指している。2013年12月の性能試験では、分子化された共鳴イオンによる引出し効率が、単原子イオンのそれと同等若しくは高い場合等が観測されて(図1参照)おり、対象元素ごとのイオン引出し状況や、効率を下げる基底状態近傍準位の励起割合など、実験パラメータを決める上で重要な実験となる。

測定対象は上記元素の既知短寿命核。生成・イオン化・質量分離された短寿命核を、建設中の

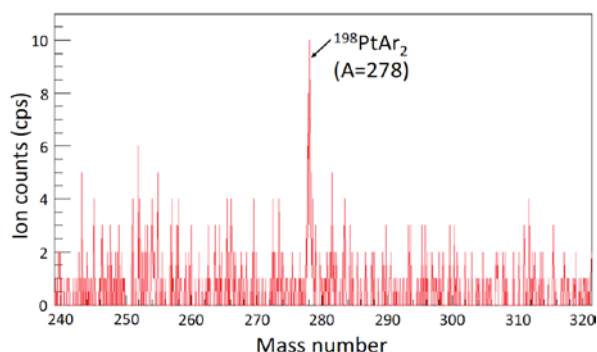


図1 2013.12 KISS 性能試験において観測された共鳴イオン化した Pt の Ar 元素との分子状イオン。Pt は  $^{124}\text{Xe}$  (10.75 MeV/核子) 照射による標的からの弾性散乱で生成。Pt<sup>+</sup>, Pt(H<sub>2</sub>O)<sup>+</sup>, PtAr<sub>2</sub><sup>+</sup>の強度比は 1:4:10 であった。

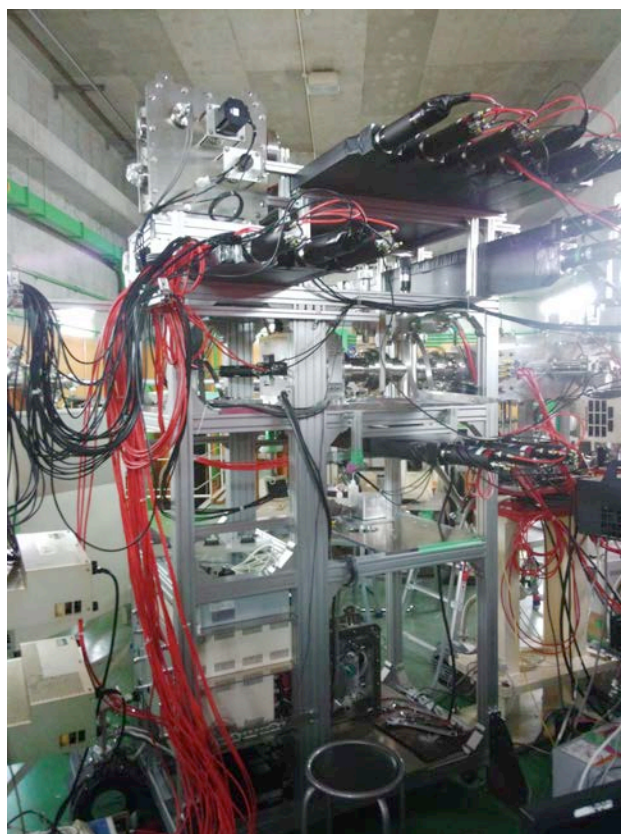


図2 建設中の Decay measurement station。アルミフレーム上部にテープ輸送装置の一部が写っている。KISS からのビームは、紙面右側から入射する。

Decay measurement station (図2参照) に組込まれたテープ輸送装置からのテープに打込み、薄いプラスチックシンチレータからなる $\beta$ 線テレスコープと3台の $\gamma$ 線測定用大立体角 Ge 検出器で観測を行う。0.5mm と 1mm 厚のシンチレータで構成された3組のテレスコープは、テープ打込み位置に対して立体角の80%を覆っている。また station の周囲は、宇宙線起因のバックグラウンドを95%以上棄却するためのプラスチックベトーカウンターで覆う。7月および9月に前半の実験がスケジュールされている。

## 2. 多核子移行反応実験解析状況

KISS での収量評価の基礎データを得るため2012年3月にフランス GANIL 研究所で行った $^{136}\text{Xe}+^{198}\text{Pt}$ の多核子移行反応の断面積測定実験の解析を進めている。

核子当たり8 MeVの $^{136}\text{Xe}$ ビームを $^{198}\text{Pt}$ 標的に照射し、核反応を起こして散乱された入射散乱核をスペクトログラフで検出して各核種の生成断面積を導出する。これまでイオン光学コードによる系のアクセプタンス計算値では各核種に対して一貫した電荷分布が得られなかった。そこで角度と速度毎にアクセプタンスの補正を行い、アクセプタンスからはずれた電荷や角度に対する補正も同時に行った。図3は補正後の $^{136}\text{Xe}$ イオンのラザフォード散乱に対する断面積の比を角度の関数として示したものである。29度より前方の角度でラザフォード散乱との一致が見られる。図4は各補正後のBaの同位体分布を示している。電荷・角度分布補正後の収量(▼)はアクセプタンス補正後の収量(■)に比べて最大で2倍程度増大している。現在誤差評価を行い、結果を論文にまとめている。

断面積の導出と並行して、多核子移行反応のメカニズムに関する知見を得るための解析を行っている。図5の(a)はスペクトログラフで検出された全反応チャンネルに対する全運動エネルギー損失と角度の相関を示している。本反応系では400 MeV程度の全運動エネルギー損失まで分布が広がっている。図(b)および(c)は全運動エネルギー損失がそれぞれ-25~25 MeV と 275~325 MeV の範囲で観測された入射散乱核の収量分布を示している。黒丸および横棒は各元素における中性子数分布の平均値と標準偏差を示し、実線は複合核の

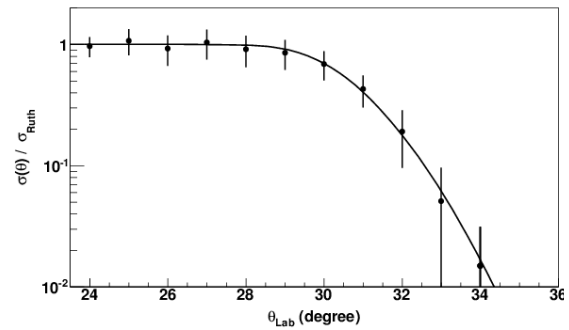


図3 弾性散乱断面積のラザフォード散乱に対する比の角度分布。実線は光学模型計算によるフィッティングの結果を示す。

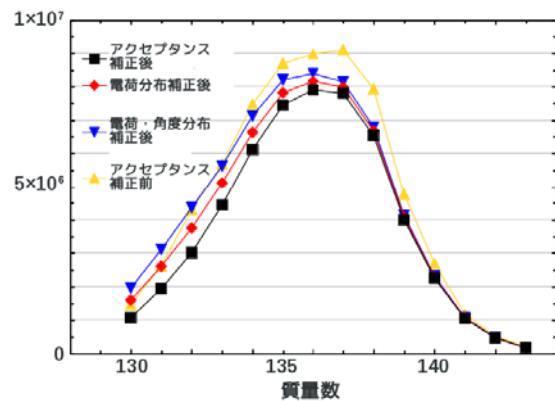


図4 観測されたBaの同位体分布。

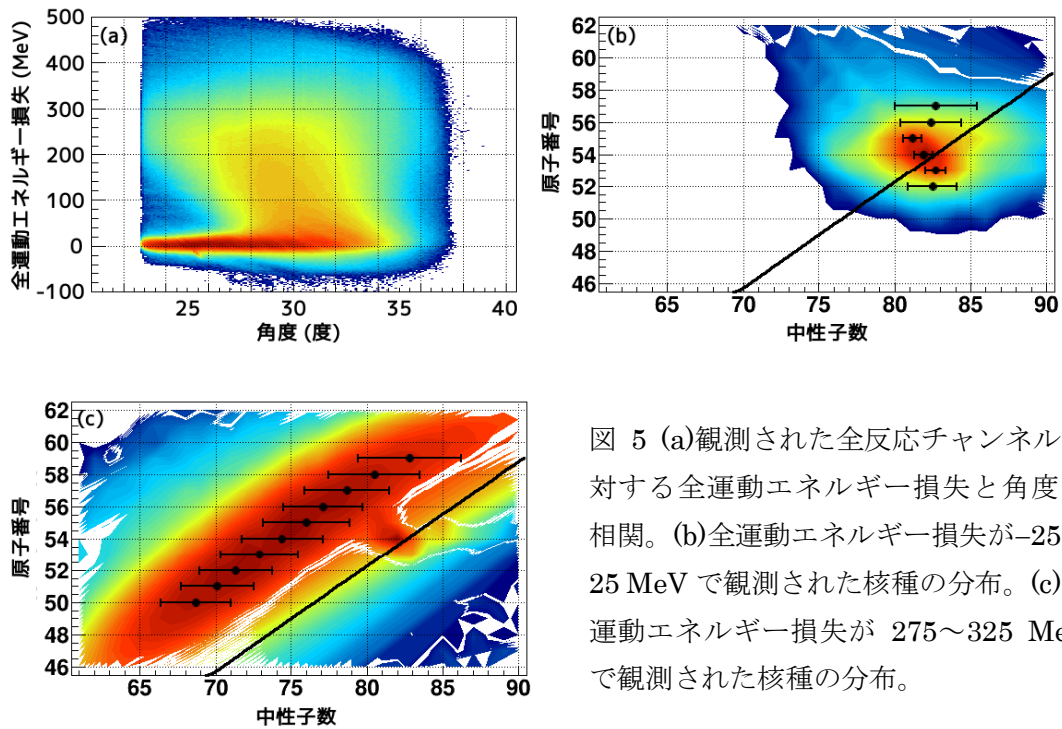


図 5 (a)観測された全反応チャンネルに対する全運動エネルギー損失と角度の相関。(b)全運動エネルギー損失が $-25 \sim 25$  MeV で観測された核種の分布。(c)全運動エネルギー損失が  $275 \sim 325$  MeV で観測された核種の分布。

原子番号と中性子数の比に対応する。

全運動エネルギー損失の大きい(c)では同位体分布の平均値が複合核の原子番号と中性子数の比に平行に分布し、中性子蒸発により中性子数の少ない方へシフトしている。一方、全運動エネルギー損失の小さい(b)では同位体分布の平均値は原子番号に関わらず中性子数がほぼ一定で、中性子過剰な標的散乱核生成に有利である事を示している。

標的散乱核の収量に対する直接的知見を得るため、標的周囲に配置したガンマ線検出器のデータ解析を始めた。図 6 の(a)と(b)はそれぞれスペクトログラフで Xe および Ba と粒子識別された事象と同時計測された標的散乱核からのガンマ線エネルギースペクトルである。陽子の蒸発や解離が無ければ標的散乱核はそれぞれ Pt および Os であり、期待される偶偶核の第一  $2+$  励起状態からのガンマ遷移エネルギーの文献値を赤矢印で示してある。観測された S/N 比での各ガンマ遷移の同定および収量評価が困難である事が分かる。S/N 比の向上が可能か、解析方針の再検討中である。

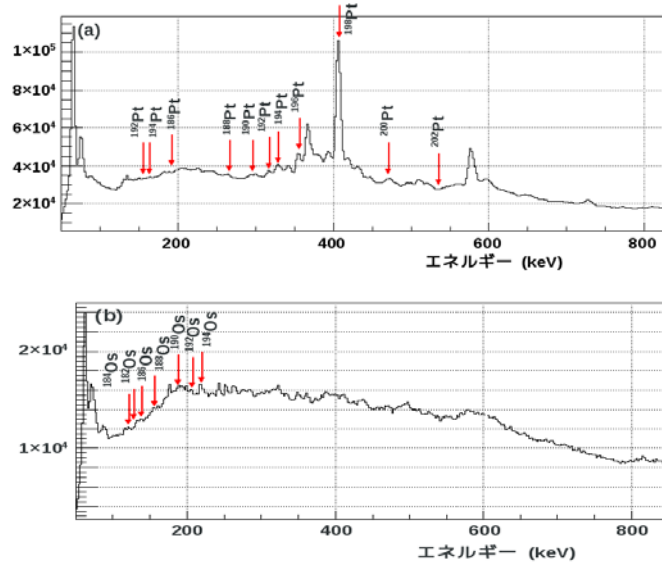


図 6 スペクトログラフで Xe(a)および Ba(b)と粒子識別された事象について標的散乱核に対してドップラー補正したガンマ線のエネルギースペクトル。