

研究室だより (II)

名大工学研究科エネルギー理工学専攻 応用核物理学講座 (原子核工学専攻併担)

名古屋大学大学院工学研究科

河出 清

E-mail: a40590a@nucc.cc.nagoya-u.ac.jp

はじめに

テーマは2つあり、短寿命核(不安定核)の核分光的手法を用いて、(1)核分裂、核融合反応により生成する短寿命核研究および核消滅、バックエンド化学の基礎研究、(2)核融合炉候補材の中性子放射化断面積の測定および崩壊データの取得を目指しています。

職員および学生は山本洋助教授、柴田理尋助手(GSIに出張中)、雨宮進助手、釣田幸雄技官、大学院後期課程3名、前期課程8名、4年生2名の計18名です。当講座は1992年春加藤敏郎教授が原子核第2講座に移られた後を引継ぎ発足し、その後1993年秋エネルギー理工学専攻第4講座として原子核から講座ごと移りました。同専攻の基幹講座であると共に、原子核専攻の併担講座(後述)でもあります。

テーマおよび利用施設・装置

- (1) 新核種の探索、不安定核の原子質量の決定および核構造の研究
 - (a) 京大原子炉付置オンライン同位体分離器 (KUR-ISOL)、京大炉ライナック
 - (b) 原研東海研究所タンデム加速器付置 JAERI-ISOL
 - (c) 原研高崎研究所 AVF サイクロトロン付置 TIARA-ISOL
- (2a) 中性子の放射化断面積の系統的測定
 - (d) 原研東海研の FNS
 - (e) 阪大工原子力の OKTAVIAN
 - (f) 名大工原子核工学専攻のバンデグラーフ加速器 (VdG)
- (2b) 崩壊半減期および中性子捕獲 γ 線強度の精密測定
 - (g) 京大原子炉
 - (h) 立教大学の原子炉
 - (e) OKTAVIAN、(d) FNS、(f) 名大工 VdG

研究の目的・方法・経緯

テーマ(1)

原子核はどれだけ存在し、安定な原子核に比べてどのような特徴があるのだろうかという知的好奇心に答えるだけではなく、新核種の探索・核構造の追求を通じて、放射能・放射線高度利用、超寿命核種消滅、バックエンド化学の基礎研究を行う。

京大原子炉の KUR-ISOL(a)では原子炉熱中性子の $^{235}\text{U}(n,f)$ 反応により生成する質量数 150 付近の中性子過剰核を、東海研の JAERI-ISOL(b)ではタンデム加速器から得られる陽子による ^{238}U の荷電粒子誘起核分裂反応から得られる質量数 160 以上の中性子過剰核を、高崎研の TIARA-ISOL(c)はサイクロトロンから得られる重イオンによる核融合反応により生成される質量数 120-130 の中性子欠損核を、それぞれ対象としている(図1の核図表参照)。

KUR-ISOL は 1974 年から京大炉の岡野・川瀬グループが中心になって開発された gas-jet 式 ISOL で、名大の私達も当初から開発に参加させて頂いた。岡野・川瀬を中心にしてこれまでに4つの新核種 ^{152}Ce , ^{154}Pr , ^{155}Nd , ^{156}Pm が見つけられている。JAERI-ISOL でも最近 ^{166}Tb が、TIARA-ISOL では ^{125}Pr と ^{127}Pr の新核種が見つけられた。

β 崩壊エネルギー (Q_{β}) の測定および低エネルギー核準位の寿命測定を LEPS (低エネルギー光子検出器) を用いて行っている。 Q_{β} 測定により崩壊前後の原子質量の差を知ることが出来、安定核種の質量から積み上げていくことにより不安定核の質量が決定できる。10 MeV までの単色電子線 (e^+ および e^-) に対する測定器 (LEPS) の応答を実験的に詳しく調べる事が準備研究として重要であり、京大炉のライナックを利用している。

テーマ(2a)

核融合炉候補材に対する中性子の影響および放射化の問題を考える上で必要な短寿命核断面積を系統的に測定し、データベース構築の研究を行う。

残留放射能という点を除けば短寿命核生成断面積も重要なデータである。短寿命核計測という制約から、データの整備が遅れている。1982 年から、当初は FNS ではエネルギー範囲 13.4-14.9 MeV の長寿命核生成断面積を、OKTAVIAN では短寿命核生成断面積を、1993 年から名大工 VdG で d+D 中性子により 3-7MeV の範囲の断面積測定を開始した。断面積の大きさが mb、半減期が 10 秒程度のものまで現在測定可能である。これまでに多くの同位体の (n,2n), (n,p), (n,np) および (n, α) 反応の断面積を測定し、データの不足は相当程度改善されてきている。しかし、(n,np) 反応は断面積が小さく、現在も不十分である。

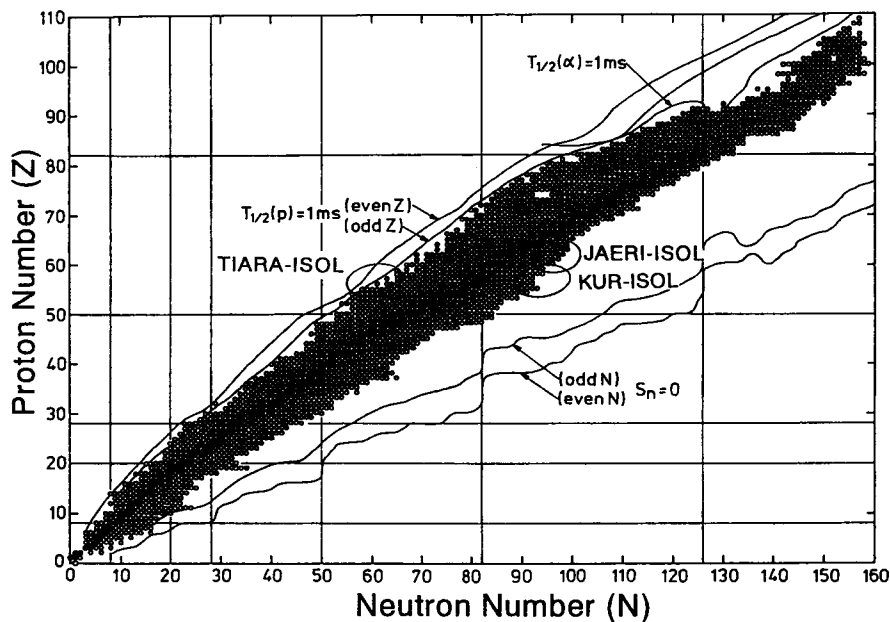


図 1 : 核図表、KUR-ISOL, JAERI-ISOL, TIARA-ISOL で対象としている範囲

テーマ(2b)

放射化法には、生成核の β 崩壊半減期、 γ 線放出率が必要である。しかし必要な核種の中には精度の不十分なデータがあり、精度の改善を目的としている。また γ 線放出率を決定するには HPGe 検出器の γ 線検出効率校正用線源が必要であり、4-10 MeV 領域用に中性子捕獲 γ 線を基準値とすることを目指している。

図 2 にはこれまでのデータと当研究室で得られた結果の差を示してある。全体的には 10 分以下になるとこれまでのデータは長い方にずれていることが分かる。1970 年以前に測定されたほとんどのデータは確認する必要がある。

現在 $^{14}\text{N}(n, \gamma)$ 反応が 10 MeV までの基準になっている。1994 年から中性子捕獲 γ 線の強度測定をはじめたが数年以内にもっと良い標準値を報告したい。

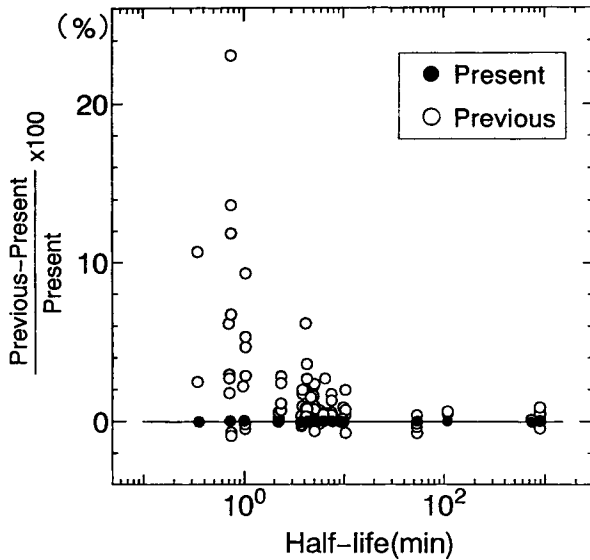


図2：過去の半減期の報告値のずれ。ずれている原因はパイルアップロス等の数え落としの補正が適切に行われていなかった可能性が高い。

今後の計画

テーマ(1)に関して、原子核工学の分野での一つの方向は不安定核、陽電子、放射光、レーザー等を含む量子ビームを利用した分野が開けてくるものと期待される。量子ビーム発生の視点から未知核種の探索を更に進めるために、KUR-ISOLでは ^{235}U ターゲットに加え Cf, Cm ターゲットを使えるようにして、質量数 170 付近までの新核種の探索を是非行い、将来の RI ビームの加速に備えたい。 β 崩壊の Q_{β} 測定では、飛躍的な効率向上の期待できるサム型無反射 Ge 検出器の開発に今年からとりかかる(図3参照)。将来はイオントラップ法による質量の直接測定を行いたい。TIARA-ISOL ではさらに質量数 120-130 の中性子欠損核の核分光を、JAERI-ISOL では、質量数 240 付近の Am など超ウラン元素領域の核構造・崩壊データの系統的取得を行い超寿命 TRU および FP の消滅研究、バックエンド化学分野に貢献しつつ更に安定線を離れた原子核の崩壊・核構造を理解したい。

テーマ(2)では d-D 中性子による 3-7MeV 領域の断面積測定を進めると共に、井戸型 HPGe 検出器を用いると一桁程度効率が向上するので、14 MeV 中性子の(n,np)断面積を系統的に測定する。また 14 MeV 中性子の利用できるところでは容易に(n,p)反応で ^{16}N と ^{11}Be を作る事ができるので、高エネルギー γ 線を放出するこれらの γ 線放出率の精密測定も行う。

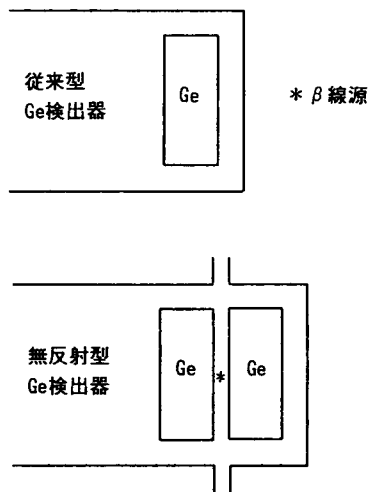


図3： Q_{β} 測定用サム型無反射 Ge 従来型に比べ数倍の効率の改善が期待される。今後、丁寧に応答関数を測る必要がある（開発予定）。

謝辞

当研究室はほとんど総てを外部の方の世話になっており、心から感謝します。また核データセンターからの支援により高価な濃縮同位体の購入ができ系統的な測定ができることに、中性子に関して初心者の方の私達に協力して下さる実験および理論両分野の方に、物心両面からの支援・援助を受けていることに感謝しつつ、研究と共に研究の実践を通じて大学の使命の一つである院生教育を行って行くつもりです。

少し背伸びしつつ、これまでに比べ測定数が、精度が、ビーム強度が一桁増えれば、通常の限界を超えた検出器の使用をすれば、必ずこれまでとは違う世界が見えてくると信じて、実験をし続けていきたいと考えております。今後ともよろしくお願いします。

併担講座について:

新しい学問分野創出のため、これまでの伝統的な分野（領域専攻）のいくつかの講座プラス新設講座からなる専攻（複合専攻）が作られた。エネルギー工学専攻は核融合エネルギーを主テーマにした専攻で、原子核系、電気系、化工系の計6講座からなっており、複合専攻の一つです。複合専攻に本籍のある総ての講座はいずれかの領域専攻にも同時に所属（併担講座）し、併担先の教育・研究に協力します。当講座の併担先は出身専攻の原子核です。学生はエネルギー工学および原子核の両専攻から来ます。