

評価の詳細

研究開発課題名（研究機関名）：

**高強度パルス中性子源を用いた革新的原子炉用核データの研究開発**

（国立大学法人北海道大学）

研究開発の実施者

機関名：国立大学法人北海道大学	代表者氏名：鬼柳善明
機関名：国立大学法人東京工業大学	代表者氏名：井頭政之
機関名：独立行政法人日本原子力研究開発機構	代表者氏名：大島真澄
機関名：国立大学法人東北大学	代表者氏名：大槻 勤
機関名：国立大学法人京都大学	代表者氏名：藤井俊行
機関名：国立大学法人名古屋大学	代表者氏名：柴田理尋
機関名：学校法人甲南学園	代表者氏名：宇都宮弘章
機関名：独立行政法人産業技術総合研究所	代表者氏名：山田家和勝

研究期間及び予算額：平成17年度～平成21年度（5年計画） 1,502,693千円

研究開発予算

平成 17 年度	180,599 千円
平成 18 年度	471,306 千円
平成 19 年度	622,472 千円
平成 20 年度	125,370 千円
平成 21年度	102,946 千円

項目	内容
1. 目的・目標	<p>エネルギーの長期的確保を可能とする革新的原子力システム開発では、経済性、安全性、環境負荷低減の観点から、ウランを効率的に利用し、マイナーアクチニド (MA) の燃焼を可能にする高速炉システム技術が有望である。このようなMAを含む革新的高速炉システム技術の原子炉設計や安全性評価のためには、MA核種などの高精度核データが不可欠である。本事業では、世界最高強度パルス中性子源を用いた実験施設を整備し、重要な核種でありながらほとんどデータのないCm同位体と環境負荷低減で重要な長寿命核分裂生成物(LLFP)の核データ測定を行う。また、必要となる補完的なデータについての種々の測定も展開する。さらに、測定結果を基に核データの評価、信頼性の検証を行う。また、誤差を考慮した感度解析コードシステムの開発、ベンチマーク計算を実施する。これらの事業を実施することにより、MAを含む革新的高速炉システムの設計に資することを目的とする。</p>
2. 研究成果  ・ 成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等	<p><b>【研究開発項目（1） J-PARC における実験】</b>                  [得られた成果]                  ①J-PARC ビームライン開発                  a. ビームライン設計</p> <p>実験によりJ-PARC中性子源の模擬体系における中性子ビームのデータを得た。これをシミュレーション計算と比較した結果、中性子エネルギーに依存した空間分布と時間特性についてほぼ一致を得たことで、シミュレーション計算による再現性を確認した。さらに、J-PARC中性子源体系モデルを用いて、中性子ビームのシミュレーション計算を行った。この結果、模擬体系と類似した傾向の空間分布を得て、核データ測定に最適なサンプル位置を決めた。また、同シミュレーション計算データにより、中性子エネルギーに依存した時間特性を得ることで、これが核断面積測定に与える影響を把握した。</p> <p>b. ビームライン製作</p>

J-PARC物質・生命科学実験施設（MLF）に核データ測定のためのビームラインを設計・製作・設置した。ビームライン基本遮蔽体の詳細設計は、モンテカルロ計算コードを用いた放射線遮蔽シミュレーションの結果に基づいて行った。これら詳細設計に基づき、上流部分基本遮蔽体、中流部分基本遮蔽体、下流部分基本遮蔽体、ビーム軸近傍基本遮蔽体等の製作・設置を行った。さらに基本遮蔽体設置後、補助遮蔽体を製作・設置し、バックグラウンドを低減した。

ビームライン基本遮蔽体内に設置する中性子ビーム輸送システムを設計・製作した。中性子輸送ビームシステムは中性子輸送管とコリメータから構成される。詳細設計はモンテカルロ計算により、中性子ビームのコリメーションをシミュレートすることで行った。詳細設計に基づき、ビームシャッター部コリメータ、生体遮蔽体部中性子輸送システム、上流部中性子輸送システム、ロータリーコリメータ等の製作・設置を行った。設置後、試料位置での中性子ビームサイズを実験で測定し、設計値どおりのビームサイズが得られていることを確認した。さらに中性子捕獲断面積測定において、バックグラウンドを減少させるため、T0チョッパー、ダブルディスクチョッパー、中性子フィルター装置を製作・設置した。

#### c. 中性子モニター開発

ビームラインバックグラウンドモニターを設計・製作し、ビーム発生時のビーム軸近傍の中性子とガンマ線の線量を得ることができた。中性子ビームのエネルギースペクトルをMeVエネルギー領域からmeVまで測定した。また、熱中性子領域と冷中性子領域の中性子パルス測定した。これら測定データを解析した結果、中性子源シミュレーション計算による予測とほぼ一致したパルス特性であることが確認できた。この結果、世界最高強度の核データ実験ビームラインであることが分かった。

間接的に中性子ビームを測定する中性子モニター $C_6D_6$ 検出器システムの開発では、システムの開発・総合試験を行った後に、短冊形状の標準Au試料の中性子捕獲反応を用いてJ-PARC MLFの核データ測定用ビームラインの中性子束測定を行った。その結果、中性子ビーム強度のエネルギー依存性および空間的形状を測定することができた。

#### ②中性子捕獲実験装置開発及び実験

##### a. 全立体角 Ge スペクトロメータの高性能化

J-PARC MLF核データ測定用ビームラインにおいて、中性子捕獲実験を可能とするために、電気冷却式Ge検出器、BGO検出器などからなるTOF実験装置等を増強することにより、全立体角Geスペクトロメータの高性能化を行った。同スペクトロメータを上記基本遮蔽体内に設置し、その性能を評価した。また、高速データ収集システム開発のために高速データ収集ボードの製作を行い、性能評価を行った。これにより、TOF実験に使用できることを確認した。

##### b. 中性子・ガンマ線場特性試験

J-PARC MLF核データ測定用ビームラインの中性子・ガンマ線場の特性を測定するために $C_6D_6$ 液体シンチレーション検出器基礎実験システムを開発した。東工大ペレトロン加速器を用いて詳細特性試験を行い、十分な性能を有することを確認した後にシステムをJ-PARCに移設し、ビームラインの中性子・ガンマ線場の測定を行った。その結果、中性子バックグラウンドおよびガンマ線バックグラウンドの強度空間分布等の中性子・ガンマ線場特性を明らかにすることができた。

##### c. 中性子捕獲実験

MAとLLFPの中性子捕獲断面積予備実験として、Au-197のTOF実験を実施し、0.1～1000 eVの中性子エネルギー範囲で断面積導出が可能であることを確認した。また、Bのサンプルを使用して、スペクトロメータ設置位置における中性子スペクトルを測定した。MA核種としてCm-244, 246, Am-241の測定を行い、1～300 eVの中性子エネルギー範囲で断面積を導出した。LLFP核種としては、Tc-99, Zr-93, Pd-107について、中性子捕獲断面積の導出を行った。Cm-244は世界で初めての加速器を用いて測定したデータであり、これまでデータが無かったエネルギー領域のデータを取得できた。

測定技術が確立されているNaI（ヨウ化ナトリウム）検出器を用いて、入射中性子エネルギーの高い領域を中心に、Cm-244等のMA核種およびTc-99等のLLFPの中性子捕

獲実験を行うとともに、新しい測定技術による全立体角Geスペクトロメータを用いた測定結果と比較し、両測定結果の信頼性を確認した。具体的には、Cm-244およびTc-99について中性子捕獲断面積を得ることができ、これらの測定結果は全立体角Geスペクトロメータを用いた測定結果と誤差内で一致していることが分かった。

以上、世界最高中性子強度及び最高エネルギー分解能のガンマ線スペクトロメータを装備した核データ測定用ビームラインの開発に成功し、世界で初めての加速器を用いた測定結果を得るなど、世界をリードする成果を得ることができた。

#### 【研究開発項目（2） 他施設における実験】

[得られた成果]

##### ①中性子捕獲補完実験

###### a. 安定同位体試料の熱中性子捕獲断面積実験

LLFPの中性子捕獲断面積を高精度で求めるためには、サンプル中の不純物や検出器構成物からのガンマ線を弁別することが重要である。このための基礎データを取得するために、即発ガンマ線実験を原子力機構JRR-3において実施した。まず、即発ガンマ線実験装置を熱中性子捕獲実験ができるように改造し、即発ガンマ線実験を行い、Ni, Zr, Pd等の安定同位体等の即発ガンマ線スペクトルを取得した。

###### b. 逆反応による中性子捕獲断面積実験

光核反応実験に用いる産業技術総合研究所レーザー逆コンプトン光発生装置を高安定化させるための整備を実施するとともに、光核反応実験装置の開発を行った。この装置を用いてSe, Zr, 及びPdの安定同位体サンプルに対し光核反応断面積測定を実施し、光核反応断面積を系統的に取得した。系統的な光核反応断面積データを基に、統計モデル計算コードを用いてLLFPであるSe-79, Zr-93及びPd-107の中性子捕獲断面積を導出した。その結果、安定同位体に対する系統的な光核反応断面積の測定結果を用いることにより、Se-79, Zr-93及びPd-107の中性子捕獲断面積の統計モデル計算の精度を向上させることができた。

###### c. LLFP 核種の中性子捕獲断面積測定

京大炉ライナックを用いて、LLFPであるPd-107のサンプルに不純物として含まれるPd安定同位体に対する中性子捕獲断面積測定を行い、熱から40keVの入射中性子エネルギー領域において断面積及び共鳴パラメータを導出することができた。また、LLFPであるZr-93とそれに不純物として含まれるZr-96の共鳴からの中性子捕獲ガンマ線波高スペクトルを取得した。東工大ペレトロン加速器を用いて、Zr-96に対する中性子捕獲断面積測定を行い、15～100keVの入射中性子エネルギー領域において断面積を導出することができた。

##### ②核分裂実験

###### a. MA 等の核分裂断面積実験及び核分裂質量分布測定実験

核分裂断面積実験のための多重層型アバランシェ核分裂検出器とデータ収集システムを開発し、核分裂片とバックグラウンドとなる $\alpha$ 粒子を十分に識別する性能を得るとともに遅い信号系、速い信号系の両回路によるデータ取得を同時に行えるようにした。京大炉鉛スペクトロメータ用いて、既存のデータよりも広いエネルギー領域である0.03eVから2keVまでの中性子核分裂断面積の測定を行い、Np-237, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-245およびCm-248の核分裂断面積を取得した。また、核分裂質量収率を測定するために、ガンマ線自動測定装置の設計と開発を行った。東北大学原子核理学研究施設の電子線形加速器を用い、Th-232およびPa-231の光誘起核分裂における質量収率を得た。

###### b. 崩壊核データ測定

核分裂生成物の崩壊エネルギーの決定を目的として、単一検出器としては最高効率を有する崩壊核データ測定装置を作製した。原子力機構タンデム加速器に附置したオンライン同位体分離装置を用いて、U-238の陽子ビームによる核分裂生成物中から崩壊エネルギーが2～10MeVの範囲で比較的精度良く測定されているY, Rb, Cs, Ba, Laの同位体の16核種を用いて、2～8MeVの崩壊エネルギーに対する検出器固有のエネル

ギー損失を実験的に決定し、これから、崩壊エネルギーを系統誤差20keVの精度で決定できることを確認した。引き続き、収率の少ない核分裂生成物であるEu-160～166およびその娘核Gd-163, Gd-165の9核種の崩壊エネルギーを測定した。Eu-166は近年発見された新同位元素であり、崩壊エネルギーを世界で初めて実験的に決定した。他の核種においては、過去に報告されている値と誤差の範囲で一致し、精度は向上した。以上から、本測定装置が収率の小さい新同位元素領域の核種の崩壊エネルギーを最高精度で測定できることを実証した。本測定で得られた結果と原子核理論に基づく質量公式から予想される崩壊エネルギーと比較すると、実験値の精度は予測値の精度より一桁程度良いこと、また、予測値と実験値には大きな相違があることが判った。今後、本検出器で決定した実験値は、理論的予測の精密化や改良に貢献するものと期待できる。

以上、逆反応の研究手法で世界をリードするとともに、核分裂・崩壊データで高品質データを数多く取得できた。

### 【研究開発項目（3） サンプル整備】

[得られた成果]

中性子捕獲断面積測定に供する密封放射性同位元素としてCm-244, Cm-246, Tc-99, Zr-93, Pd-107サンプルを整備した。同位体不純物が多く含まれるCm-244, Cm-246サンプル及びPd-107サンプルに対しては、同位体分析を行うことによって同位体不純物を定量した。核分裂断面積測定に供する非密封放射性同位元素としてCm-245, Cm-248, Np-237, Am-241サンプルを整備した。Np-237, Am-241に対しては、化学精製を行うことにより、サンプル中に含まれるプルトニウム同位体等の不純物の低減を行った。これにより、中性子捕獲実験及び核分裂実験に高品質なサンプルを供することができた。

以上、整備困難なCm-244, Cm-246及びPd-107サンプルの整備に成功するとともに、独自の分析で不純物を定量することができた。

### 【研究開発項目（4） 核データ評価、感度解析システムの構築およびベンチマーク計算】

[得られた成果]

#### ①データ評価

本事業で得られたMA核種の中性子捕獲断面積（Cm-244, Cm-246）及び核分裂断面積（Np-237, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-245, Cm-248）とFP核種の中性子捕獲断面積（Tc-99, Zr-96, Pd-105, Pd-107, Pd-108）を基に評価を実施し、評価済核データの形式で纏めた。

#### ②感度解析システムの構築

##### a. 共分散処理機能の検討

誤差伝播を考慮した感度解析システムの開発として、異なる核データやそれらの誤差による核計算への影響を把握することを目的とした、ウェブ上で断面積および共分散を作図・作表し可視化するインターフェースを開発した。

##### b. 感度解析システムの整備

評価済核データが変更になった場合の臨界性等の核特性への影響を、高速炉を始めとする各種原子炉体系で簡便に把握できるシステムをウェブアプリケーションとして整備した。このことにより、核データの変更による核特性の変化を数値及び作図により把握することが出来るようになった。

#### ③ベンチマーク計算

ICSBEP（国際臨界安全ベンチマーク実験プロジェクト）ハンドブックやIRPhE（国際炉物理実験集）、遮蔽ベンチマークデータ（SINBAD）等から選定したベンチマークデータを、日本の評価済核データJENDLや米国のENDF、欧州のJEFFを用いて解析し、解析値と実験値との比較から現状の評価済核データの信頼性・精度を把握した。

【事業全体】を通して

本事業では、上に述べたように下記の4項目について事業を行なった。それぞれの成果をまとめると以下ようになる。

(1) J-PARCにおける実験

J-PARC物質・生命科学実験施設 (MLF) に核データ測定のためのビームラインを設計・製作するとともに全立体角Geスペクトロメータの高性能化を行った。これにより、世界最高中性子強度および最高エネルギー分解能のガンマ線スペクトロメータを装備した核データ測定ビームラインを実現した。MA核種としてCm-244, Cm-246について世界最初の加速器実験を行うとともに、LLFP核種としては、Tc-99, Zr-93, Pd-107について測定を行い中性子捕獲断面積の導出を行った。

(2) 他施設における実験

LLFPの中性子捕獲断面積解析に必要な基礎データを取得するために、即発ガンマ線実験を実施するとともに、LLFP核種に付随するZr, Pd等の安定同位体等についての補完実験を行い、J-PARC実験データを補完するデータを取得した。また、Se-79, Zr-93, Pd-107の中性子捕獲反応断面積を求めるために、逆反応である光核反応を用いる手法を開発し、これらの中性子捕獲断面積を導出し、世界をリードする実績を上げた。また、核分裂実験関係では、Np-237, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-245およびCm-248の合計6核種について、0.03eVから2keVまでの広範なエネルギー領域で中性子核分裂断面積の新たな知見を得ることができた。また、Th-232およびPa-231の光誘起核分裂における質量収率を得た。さらに、崩壊核データ測定では、全吸収型の崩壊核データ測定装置を開発し、U-238の陽子誘起核分裂生成物のベータ崩壊エネルギーを測定した。また、近年発見されたEu-166をはじめ精度が十分でない中性子過剰Eu同位体(質量数160-166) およびその娘核種Gd同位体(質量数163, 165)の崩壊エネルギーを高精度で決定した。

(3) サンプル整備

中性子捕獲実験に供するCm-244, Cm-246, Tc-99, Zr-93, Pd-107サンプルを整備し、Cm同位体及びPd-107に対して同位体不純物の定量を行った。核分裂実験に供するCm-245, Cm-248, Np-237, Am-241サンプルを整備し、Np-237, Am-241サンプルに対して不純物の低減を行った。これにより、整備が困難であったCmやPdサンプルを作製することに成功し、中性子捕獲実験及び核分裂実験に高品質なサンプルを供することができた。

(4) 核データ評価、感度解析システムの構築およびベンチマーク計算

核データ評価では、本事業において得られたCm-244やPd-107等貴重な測定データ等の評価を行い、評価済核データ形式でまとめることができた。また、感度解析システムの構築では、核データが変更になったときの核特性の変化を容易に把握出来るように、ウェブベースのアプリケーションとして感度解析システムを整備した。また、感度解析システムにおける共分散処理を行うインターフェースを構築した。ベンチマーク計算では、核データの精度等を確認するために国際臨界安全ベンチマーク (ICSBEP) や炉物理実験データベース (IRPhEP)、遮蔽ベンチマークデータ等のデータを解析し、様々な体系に適用したときの評価済核データの精度等を把握することが出来た。

【論文、特許等】

(論文発表)

1. 高強度パルス中性子源を用いた革新的原子炉用核データの研究開発、鬼柳善明、原子力 eye, pp.66-69 (2007).
2. Design of a collimator system of a neutron beam line for neutron-nucleus reaction measurements, K. Kino et al., Nuclear Technology Vol.168, pp.317-321 (2009).
3. Nuclear data study at J-PARC BL04, M. Igashira et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 600, pp.332-334 (2009) .
4. The  $\gamma$ -ray Strength Function in Nuclear Astrophysics, H. Utsunomiya et al., Proc. of the 6th Japan-Italy Symposium in Heavy-Ion Physics, AIP

	<p>Conference Proceedings 1120, pp.183-188 (2009).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Nuclear data measurements on the neutron nucleus reaction instrument (NNRI) at the materials and life science facility (MLF) at J-PARC, Y. Kiyanagi et al., Proc. WONDER2009 (Second International Workshop on Nuclear Data Evaluation for Reactor Applications), pp.9-13 (2009) .</li> <li>6. Photoneutron cross sections for <math>^{96}\text{Zr}</math>: a systematic study of photoneutron and radiative neutron capture cross sections for zirconium isotopes, H. Utsunomiya et al., Physical Review C81, pp.035801,1-5 (2010) .</li> </ol> <p>(口頭発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1keV 以下の領域における <math>^{105}, ^{108}\text{Pd}</math> の中性子捕獲断面積の測定、堀順一他、北海道大学 (日本原子力学会 2006 秋の大会) .</li> <li>2. J-PARC MLF BL4 上流部中性子輸送システム、木野幸一他、北九州 (日本原子力学会 2007 秋の大会) .</li> <li>3. J-PARC MLF BL4 中性子源の中性子空間強度分布の研究、木野幸一他、北九州 (日本原子力学会 2007 秋の大会) .</li> <li>4. LCS <math>\gamma</math> 線を用いた Se-80 の光核反応断面積の測定、北谷文人他、北九州 (日本原子力学会 2007 秋の大会) .</li> <li>5. 多重即発ガンマ線測定を用いた核準位構築法の発展、金政浩他、北九州 (日本原子力学会 2007 秋の大会) .</li> <li>6. <math>^{106}\text{Pd}</math> の中性子捕獲断面積の測定、堀順一他、北九州 (日本原子力学会 2007 秋の大会) .</li> <li>7. デジタル信号処理による中性子捕獲断面積測定システムの高度化、八島浩他、北九州 (日本原子力学会 2007 秋の大会) .</li> <li>8. Nuclear data measurement project at J-PARC MLF, Y. Kiyanagi, 茨城 (2007 年度核データ研究会) .</li> <li>9. Nuclear Data Study at J-PARC BL04, M. Igashira et al., Mito, Ibaraki, International Symposium on Pulsed Neutron and Muon Sciences, March, 2008</li> <li>10. J-PARC MLF BL4 での飛行時間法を用いた MA (マイナーアクチニド) 中性子捕獲断面積測定における計数率見積り、水本元治他、大阪大学 (日本原子力学会 2008 春の年会) .</li> <li>11. LCS <math>\gamma</math> 線を用いた Se-80 の光核反応断面積の測定と解析、北谷文人他、大阪大学 (日本原子力学会 2008 春の年会) .</li> <li>12. 中性子捕獲断面積高精度化のための核準位構築法の開発 2 -1 次元法の <math>^{15}\text{N}, ^{27}\text{Mg}</math> への適用一、大島真澄他、大阪大学 (日本原子力学会 2008 春の年会) .</li> <li>13. 多重即発ガンマ線測定を用いた二次元法による崩壊図構築、金政浩他、大阪大学 (日本原子力学会 2008 春の年会) .</li> <li>14. Multi-step cascades in <math>^{63}\text{Ni}</math>, M. Oshima et al., 13th International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics, Cologne, Germany, Aug. 2008 .</li> <li>15. <math>^{238}\text{U}</math> の中性子捕獲における <math>\gamma</math> スペクトルの共鳴依存性、後神進史他、高知工科大学 (日本原子力学会 2008 年秋の大会) .</li> <li>16. LCS <math>\gamma</math> 線を用いた <math>^{80}\text{Se}</math> の光核反応断面積の解析結果、北谷文人他、高知工科大学 (日本原子力学会 2008 年秋の大会) .</li> <li>17. <math>^{63}\text{Ni}</math> の核準位構築と基底遷移同定、大島真澄他、高知工科大学 (日本原子力学会 2008 年秋の大会) .</li> <li>18. 多重即発ガンマ線測定を用いた二次元法による崩壊図構築～一次遷移/基底遷移の優先度選択則の取り込み～、金政浩他、高知工科大学 (日本原子力学会 2008 年秋の大会) .</li> <li>19. 多重即発ガンマ線測定用高速データ収集システムの開発、木村敦他、高知工科大学 (日本原子力学会 2008 年秋の大会) .</li> <li>20. 全立体角 Ge スペクトロメータを用いた基底遷移法の中性子捕獲断面積測定への</li> </ol>
--	---

適用、堀順一他、高知工科大学（日本原子力学会 2008 年秋の大会）。

21. J-PARC MLF BL04 での飛行時間法を用いた MA（マイナーアクチノイド）中性子断面  
積測定における計数率見積もり（II）、水本元治他、高知工科大学（日本原子力  
学会 2008 年秋の大会）。
22. Zr-96 光核中性子反応断面積測定、海堀岳史（発表代理宇都宮弘章）山形大学（平  
成 20 年度日本物理学会）。
23. Probing Nuclear Statistical Quantities by Photodisintegration, H.  
Utsunomiya, 理化学研究所（宇宙核物理連絡協議会主催第 1 回研究戦略ワークシ  
ョップ）平成 20 年 9 月。
24. Nuclear data measurements on the neutron nucleus reaction instrument (NNRI)  
at the materials and life science facility (MLF) at J-PARC, Y. Kiyanagi et  
al., Cadarache, France (WONDER2009, Second International Workshop on Nuclear  
Data Evaluation for Reactor Applications) 29 Sep.-2 Oct.2009.
25. Photon Probe in Nuclear Astrophysics, H. Utsunomiya, The 6th Japan-Italy  
Symposium on Heavy-Ion Physics, Nov. 2008.
26. LCS  $\gamma$  線を用いた  $^{76}\text{Se}$ ,  $^{78}\text{Se}$  の光核反応断面積測定、北谷文人他、東京工業大学（日  
本原子力学会 2009 年春の年会）。
27. J-PARC 物質生命科学実験施設 MLF と核データ研究、鬼柳善明、北海道大学（平成  
21 年電気学会全国大会）。
28. J-PARC MLF BL04 中性子・ガンマ線場特性試験に用いる中性子（共鳴）フィルタ  
ーの透過率測定と共鳴パラメータ評価、水本元治他、東京工業大学（日本原子力学  
会 2009 年春の年会）。
29. Pygmy E1 and giant M1 resonances in the nucleosynthesis of heavy elements,  
H. Utsunomiya, Oslo, Norway (Workshop on "Level Density and Gamma Strength")  
May. 2009.
30. 重元素合成における原子核の電磁応答、宇都宮弘章、理化学研究所（宇宙核物理  
連絡協議会主催第 2 回研究戦略ワークショップ）平成 21 年 7 月
31. 光中性子反応によるガンマ線強度関数の研究、宇都宮弘章、大阪大学核物理研究  
センター（RCNP ミニワークショップ「原子核の E1, M1 励起モードの探究と今後  
の戦略」）平成 21 年 8 月。
32. J-PARC/MLF BL04 の中性子ビームの空間及びエネルギー分布とパルス形状の測  
定、木野幸一他、東北大学青葉山キャンパス（日本原子力学会 2009 年秋の大会）。
33. 感度解析システムにおける共分散処理インターフェースの開発、富樫智章他、東  
北大学青葉山キャンパス（日本原子力学会 2009 年秋の大会）。
34. ガンマ線検出器による J-PARC/MLF BL04 の中性子・ガンマ線場の特性試験、水本  
元治他、東北大学青葉山キャンパス（日本原子力学会 2009 年秋の大会）。
35. J-PARC/MLF BL04 における NaI (Tl) 検出器の特性試験、片渕竜也他、東北大学（日  
本原子力学会 2009 年秋の大会）。
36. マイナーアクチノイド核種等の中性子捕獲核分裂断面積の測定、廣瀬健太郎他、  
東北大学（日本原子力学会 2009 年秋の大会）。
37. J-PARC/MLF ビームライン BL04 における中性子スペクトルの測定、太田雅之他、  
東北大学（日本原子力学会 2009 年秋の大会）。
38. 京大炉 LINAC における  $^{238}\text{U}$  中性子捕獲反応測定、後神進史他、東北大学（日本原  
子力学会 2009 年秋の大会）。
39. LCS  $\gamma$  線を用いた  $^{77}\text{Se}$  の光核反応断面積測定、北谷文人他、東北大学（日本原子力  
学会 2009 年秋の大会）。
40. Ge 検出器及び金箔を用いた J-PARC MLF BL04 ビームラインにおける中性子捕獲断  
面積の試験測定、木村敦、他、東北大学（日本原子力学会 2009 年秋の大会）
41. Pd 同位体中性子捕獲断面積測定データ解析、堀順一他、東北大学（日本原子力  
学会 2009 年秋の大会）。
42. Measurements of neutron capture cross sections using a NaI(Tl) spectrometer

	<p>at the J-PARC MLF neutron nucleus reaction instrument, T. Katabuchi et al., Hawaii (3rd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS) Oct. 2009.</p> <p>43. Neutron beam provided by the neutron nucleus reaction instrument at the J-PARC MLF, K. Kino et al., Hawaii (3rd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS) Oct. 2009.</p> <p>44. Measurements of neutron capture cross sections using a <math>4\pi\text{Ge}</math> spectrometer at the J-PARC/MLF/NNRI, H. Harada et al., Hawaii (3rd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS) Oct. 2009.</p> <p>45. Development of a <math>4\pi</math> Germanium Spectrometer for Nuclear Data Measurements at J-PARC, T. Kin et al., USA, (The 2009 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference) Oct. 2009.</p> <p>46. A Dead-Time Correction Method for Multiple Gamma-ray Detection, A. Kimura et al., USA, (The 2009 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference) Oct. 2009.</p> <p>47. A Simple Method to Measure and Improve Linearity of Flash ADCs Used in Integrated VME ADC Modules, K. Furutaka et al., USA, (The 2009 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference) Oct. 2009.</p> <p>48. Neutronic Characteristics of Beam Line BL04 for Nuclear Data Measurements at J-PARC MLF, Y. Kiyonagi, 茨城 (2009年度核データ研究会) .</p> <p>49. Status and Future Perspectives of Nuclear Data Measurements at J-PARC MLF BL04, H. Harada et al., 茨城 (2009年度核データ研究会) .</p> <p>50. 中性子ビームライン NNRI、木野幸一他、北海道大学 (日本原子力学会北海道支部研究発表会) 平成 21 年 12 月.</p> <p>51. 高エネルギー <math>\gamma</math> 線分光法による中性子捕獲反応の研究、後神進史他、大阪 (第 44 回京都大学原子炉実験所学術講演会) 平成 22 年 1 月.</p> <p>52. 中性子核反応を用いた原子力基礎研究、大島真澄他、茨城 (第 1 回 MLF シンポジウム) 平成 22 年 3 月.</p> <p>53. クローバー型 Ge 検出器を用いた全吸収検出器による <math>160\text{-}165\text{Eu}</math> の崩壊エネルギー測定、林裕晃他、東工大 (第 6 回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会) 平成 22 年 3 月.</p> <p>54. 全吸収検出器を用いた質量数 160 近傍核のベータ崩壊エネルギー測定、林裕晃他、岡山大学 (日本物理学会 第 65 回年次大会) 平成 22 年 3 月.</p> <p>55. 高強度パルス中性子源を用いた革新的原子炉用核データの研究開発、茨城大学 (日本原子力学会 2010 年春の年会) シリーズ発表 ;</p> <p>(1) プロジェクトの概要、 鬼柳善明他</p> <p>(2) J-PARC 捕獲断面積ビームライン、木野幸一</p> <p>(3) 捕獲断面積測定用全立体角 Ge 測定器の特性、大島真澄他</p> <p>(4) 核データ測定用サンプルの成分分析、 藤井俊行他</p> <p>(5) 全立体角 Ge 測定器を用いた J-PARC での捕獲断面積測定、木村敦他</p> <p>(6) NaI 検出器を用いた J-PARC での捕獲断面積測定、 片渕竜也他</p> <p>(7) 京大炉ライナックを用いた関連核種の中性子捕獲断面積測定、堀順一他</p> <p>(8) <math>(\gamma, n)</math> 逆反応を用いた Se 同位体の捕獲断面積研究、北谷文人他</p> <p>(9) <math>(\gamma, n)</math> 逆反応を用いた Zr および Pd 同位体の捕獲断面積研究、宇都宮弘章他</p> <p>(10) 崩壊核データ測定、林裕晃他</p> <p>(11) MA 等の中性子核分裂断面積の測定、廣瀬健太郎他</p> <p>(12) 共分散データの可視化インターフェース、富樫智章他</p> <p>(13) 核データ評価、感度解析システム及びベンチマーク計算、片倉純一 (ポスター発表)</p> <p>1. Innovative Method for Nuclear Level Construction Using Measured Multiple</p>
--	---



	<p>Prompt Gamma-rays, T. Kin et al., 東京（第23回原子核物理学国際会議 INPC2007）平成19年6月。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Development of a Spectrometer for Multiple Prompt Gamma-Ray Measurement to Identify Nuclear Levels, T. Kin et al., Crete, Greece (Second International Conference on the Frontiers of Nuclear Structure and Astrophysics, FINUSTAR2) Sep. 2007.</li> <li>3. J-PARC ビームライン開発、J-PARC MLF BL04 での中性子ビームのエネルギーと空間強度分布の測定、木野幸一、名古屋大学（日本中性子科学会第8回年会）平成20年12月。</li> <li>4. Identification Of Nuclear Levels Of <math>^{34}\text{S}</math> for Determination Of The Neutron Capture Cross Section, T. Kin et al., Cologne, Germany (13th International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics) Aug. 2008.</li> <li>5. Performance of a High Speed and High Density Data Acquisition System for Multiple Gamma-ray Detection, A. Kimura et al., Dresden, Germany (2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference) Oct. 2008.</li> <li>6. 評価済核データにおける共分散処理インターフェースの開発、富樫智章他、日本原子力研究開発機構(2009年度核データ研究会)。</li> <li>7. Properties of neutron beam at the J-PARC/MLF BL04, K. Kino et al., Switzerland (ICANS XIX, 19th meeting on Collaboration of Advanced Neutron Sources) Mar. 2010.</li> <li>8. 中性子核反応測定装置NNRIのパルス中性子ビーム、木野幸一他（日本原子力学会2010年春の年会）。</li> </ol>
<p>3. 事後評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発の進捗</li> <li>・研究開発の成果</li> <li>・ブレイクスルー</li> </ul>	<p><b>【研究開発の進捗】</b></p> <p>J-PARCにおける実験のうち中性子捕獲実験装置開発に多少の遅れはあったものの、本研究開発は、核データの測定・評価・利用技術において、J-PARCの施設を核に、全日本的な対応で、世界のトップに位置するシステム整備とそれを実証する成果が得られており、計画通りに実施されている。</p> <p><b>【研究開発の成果】</b></p> <p>革新的高速炉システムの開発に有用な核データを測定し、評価・解析するシステムを構築しており、効率的に良質な核データベースを整備・提供する環境が整い、今後の革新的原子力システムの核設計精度の向上が大いに期待できる。核データの取得においては、J-PARCビームラインを整備して実験を成功させたほか、JRR-3Mなどの他施設を用いた実験によりJ-PARC実験を補完し、さらに、光核反応を利用した中性子捕獲断面積実験や同位体不純物を低減・定量したサンプルの整備など、新しい実験上の工夫にも成功している。</p> <p><b>【ブレイクスルー】</b></p> <p>核データ研究において、J-PARCの特性を最大限に活かすための実験・解析技術やそれらを補完する技術に多くの創意工夫が見られ、従来の核データベースの整備状況から比べると格段進歩したといえる。</p> <p>サンプル整備、核データ評価の結果は今後の原子炉設計や環境負荷低減などに大きく寄与すると評価する。</p>
<p>4. その他</p>	<p>革新的原子炉用核データの研究開発のためには、個々の核種の精度の高いデータの獲得とともに、感度解析システムによる総合的な精度向上が重要となる。一層の進展を期待する。</p>