

# アクティブ中性子非破壊分析技術開発 Phase-IIの成果のまとめ



2022年8月30日

令和4年度 第1回 核不拡散科学技術フォーラム

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核不拡散・核セキュリティ総合支援センター (ISCN)

## 1. ISCNの核不拡散・核セキュリティ技術開発

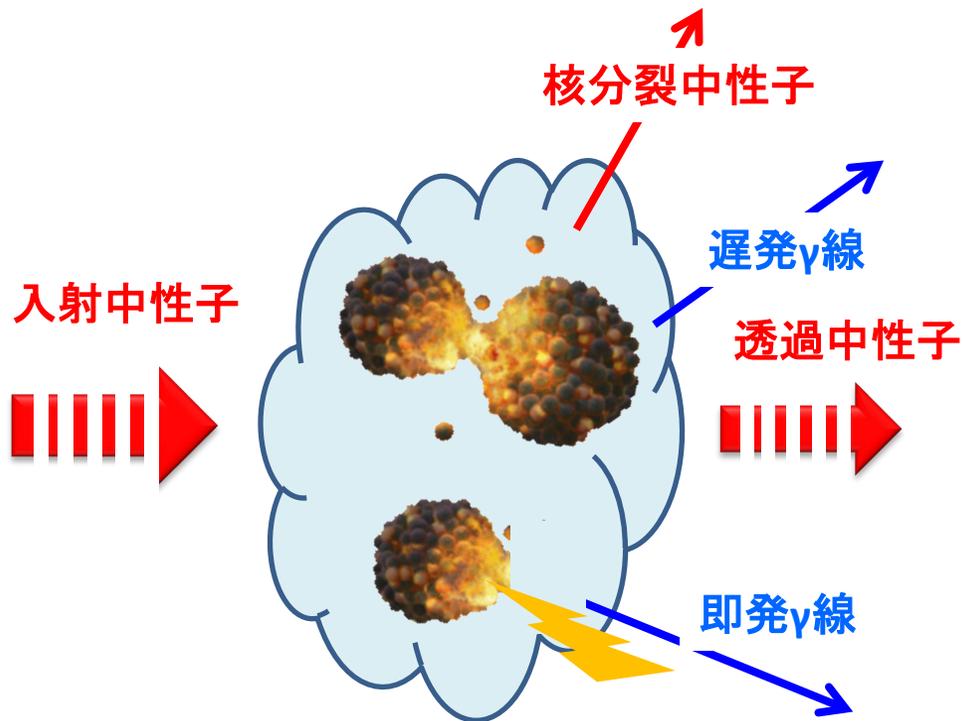
- 2010年の第1回核セキュリティサミットにおける日本声明を受けて、「核検知・核鑑識技術」開発に着手。
- 文科省原子力科学委員会、核セキュリティ作業部会等での審議を受けて、技術開発を実施。
- 核セキュリティサミット終了（2016年）以後の技術開発課題については、国際機関等のニーズ、核セキュリティ作業部会の中間とりまとめ、技術シンポジウム・ワークショップで得られた情報等に基づいて、技術開発を展開。

### 技術開発の基本的な考え方

- JAEAの持つ施設、核・放射性物質、知見・経験、基盤技術を活用する。
- 核不拡散・核セキュリティを取り巻く海外動向の調査・分析を踏まえた課題・ニーズを特定する。
- 国際機関、国際協力のパートナーであるDOE/NNSA、EC/JRC等と国際共同研究で進める。
- 得られた成果は、学会、ワークショップ等を通じて関係者と共有し、社会実装を目指した技術開発を展開する。

## 2. アクティブ中性子非破壊測定技術開発

核物質を含む試料に外部から中性子を照射して核反応を誘発し、放出される中性子やガンマ線などを測定する手法であり、試料から放出される放射線を直接測定する従来の受動的な手法（パッシブ法）では難しい試料の測定を可能とする非破壊分析技術を開発する。利用する核反応により得られる情報が異なり、総合的（相補的）な分析を可能とする。



- (1) 実装型遅発ガンマ線分析非破壊測定システム開発
- (2) 統合装置技術開発
- (3) レーザー駆動中性子源を用いたNRTAシステムの開発
- (4) 中性子共鳴非破壊分析技術の開発

遅発ガンマ線分析: DGA (Delayed Gamma-ray Analysis)

ダイアウェイ時間差分析: DDA (Differential Die-away Analysis)

即発ガンマ線分析: PGA (Prompt Gamma-ray Analysis)

中性子共鳴透過分析: NRTA (Neutron Resonance Transmission Analysis)

中性子共鳴捕獲分析: NRCA (Neutron Resonance Capture Analysis)

中性子共鳴核分裂中性子分析: NRFNA (Neutron Resonance Fission Neutron Analysis)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
アクティブ中性子 非破壊測定 技術開発	DGA要素技術開発 Phase I			(1) 実装型DGA非破壊測定システムの開発 Phase II				Phase III			
	EC-JRCとの共同研究で、中性子照射による核分裂生成物からの高エネルギーガンマ線 (>3MeV) の測定でU、Pu核分裂性物質の分析が可能であることを確認			DGA基礎実験を続けながら、装置の高感度化、小型化、減速・反射材の最適化を進め、実装装置を提案				これまでの知見をもとに、DD中性子源を用いる小型装置開発を行い、技術試験をEC-JRCの協力もとで進める。			
	Phase I			Phase II				主催：ISCN/JAEA、EC/JRC 開催日：2022年3月1-2日 評価者：IAEA、SCK、CEA、EC-DG-Energy、京大 Observer：DOE/NNSA他			
	(低線量核物質の測定技術)			(高線量核物質の測定技術)							
	統合装置技術開発			(2) 統合装置技術開発				(4) 中性子共鳴非破壊分析技術の開発			
既存装置を利用して、DDA、PGA測定ができる統合装置 (Active-N Mark II) を開発し、要素試験を行い、DDAでは高い核検知能力を示した。			Phase Iの知見を基に、DDA、PGA、NRTA測定を、1台のDT中性子管で行うことができる統合装置 (Active-N Mark III) を開発				これまでの統合装置開発及びレーザー駆動中性子源技術開発等の成果をもとに、NRTA技術の社会実装に向けて、装置のさらなる小型化を行う。同時に測定精度の向上のための基礎技術実証を行う (NRTA、NRCA、NRFNA)。				
NRTA要素技術開発			(3) レーザー駆動中性子源を用いたNRTAシステム開発								
EC-JRCと協力して、形状が不定な場合のNRTAによる分析技術を開発し、技術の有用性を示した。			レーザー駆動中性子源のNRTAへの適用可能性を阪大実験で示した。								

WS: ワークショップの開催

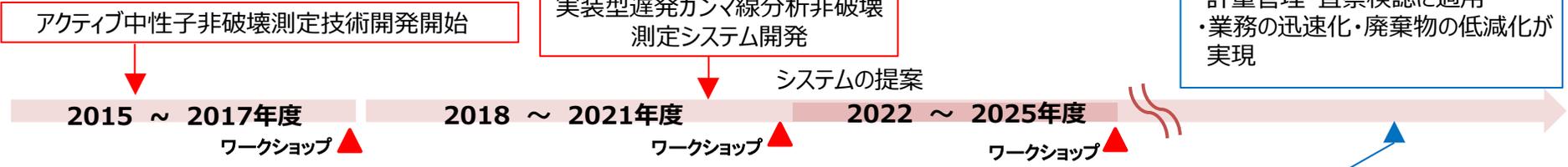
# 2.(1) 実装型遅発ガンマ線分析非破壊測定システム開発

## 概要

再処理施設などで高線量核物質量の検認作業を効率化し、核物質を含む廃棄物を低減する新たな非破壊分析技術を確立し、実際に使える非破壊測定システムを提案する。核物質に中性子を照射して核分裂を引き起こし、それによる生成核（核分裂生成物）が崩壊する際に放出する遅発ガンマ線を分光・分析して、核物質中のU、Pu等の核分裂性核種比を求めるDGA法の技術開発を行う。

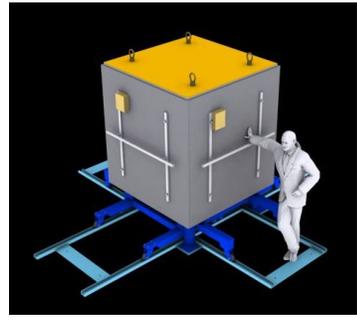
- ✓ 実用可能な小型装置開発のため、試料に中性子を効率的に照射できる中性子発生源や装置の材質を検討するため、シミュレーション研究を行う。また、EC-JRCの施設において装置および材質等に関する試験を行う。
- ✓ 実用化において、より扱いやすく小型な装置にするため、中性子発生装置（DD中性子源\*）を導入し、これを用いた装置開発を進め、システム実証実験をめざす。
- ✓ 令和3年度は、DD中性子源を用いたシステムの概念設計を進めた。

(国外共同研究機関：EC共同研究センター（EC-JRC）)



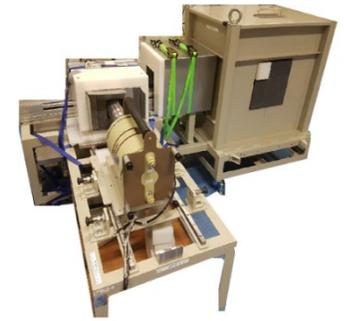
・再処理施設での高線量核物質の計量管理・査察検認に適用  
 ・業務の迅速化・廃棄物の低減化が実現

DGA基礎技術開発



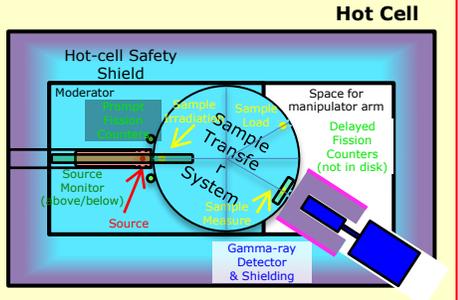
EC-JRC Ispraでの共同研究

Cf線源を用いた装置開発



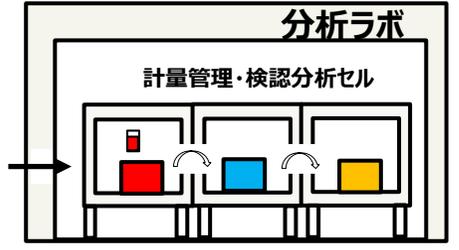
EC-JRC Ispraでの共同研究

遅発ガンマ線分析装置



DD中性子管を用いた装置をホットセル内に収納（概念図）。回転型試料輸送システムを用い、中性子照射と測定を繰り返す。

社会実装イメージ  
**DGA・DDA融合**  
 各プロセスから送られてきた試料を、HKED、DGA、DDAをいった非破壊分析技術を組み合わせた分析を行う



※DD中性子源：二重水素（D, <sup>2</sup>H）同士を衝突させて中性子を発生させる小型装置。DT中性子源より中性子強度が弱い。

# 令和3年度までの技術開発成果

## 技術開発課題

- 遅発ガンマ線分析用の小型装置の設計
- 遅発ガンマ線測定における要素技術の高度化

## 実施内容

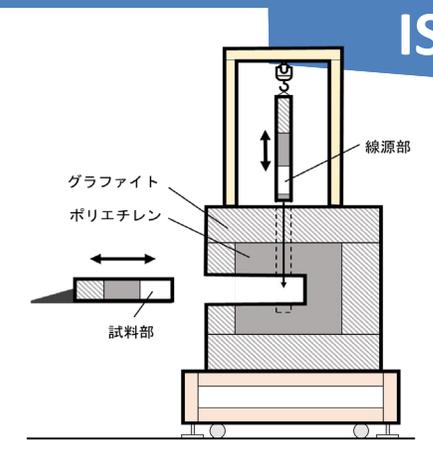
- 装置を小型化するためにシミュレーションおよび中性子測定実験を継続して進めた。
- データの解析を進め、論文などで公開を進めた。

## 成果

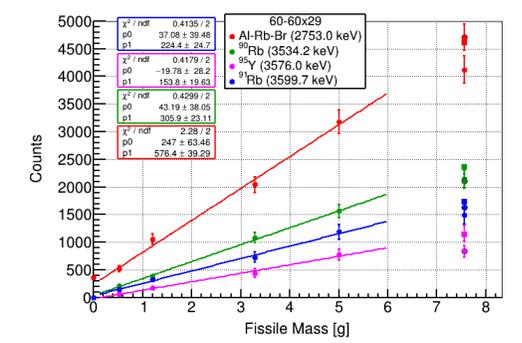
- DD中性子源を想定した装置設計をシミュレーションで進めるとともに、作業環境放射能を計算し、遮へいの最適化設計を進めた。  
⇒ 小型装置の提案準備
- シミュレーションの妥当性を評価するため、Cf線源とモデレータを組み合わせ、中性子検出器を用いた計測や、放射化分析を進めている。  
⇒ 中性子の挙動確認、検出器技術開発
- EC-JRCで取得したデータの解析  
⇒ 分析技術の確立、測定・解析技術の高度化

## 評価

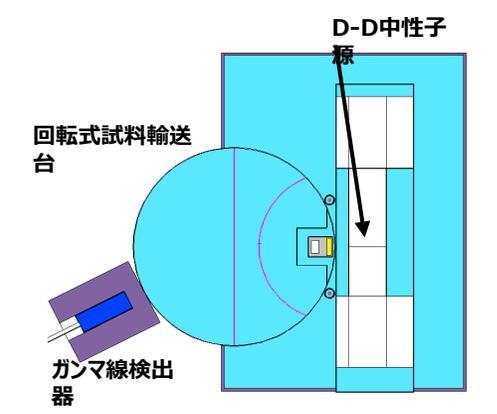
- EC-JRCとの協力により研究が進捗していることに評価。福島デブリの分析への適用といった技術的な展開についてもコメントを得た。



Cf線源を使う装置の概略図



U-235重量に対するガンマ線



DD中性子源を使う装置の概念図

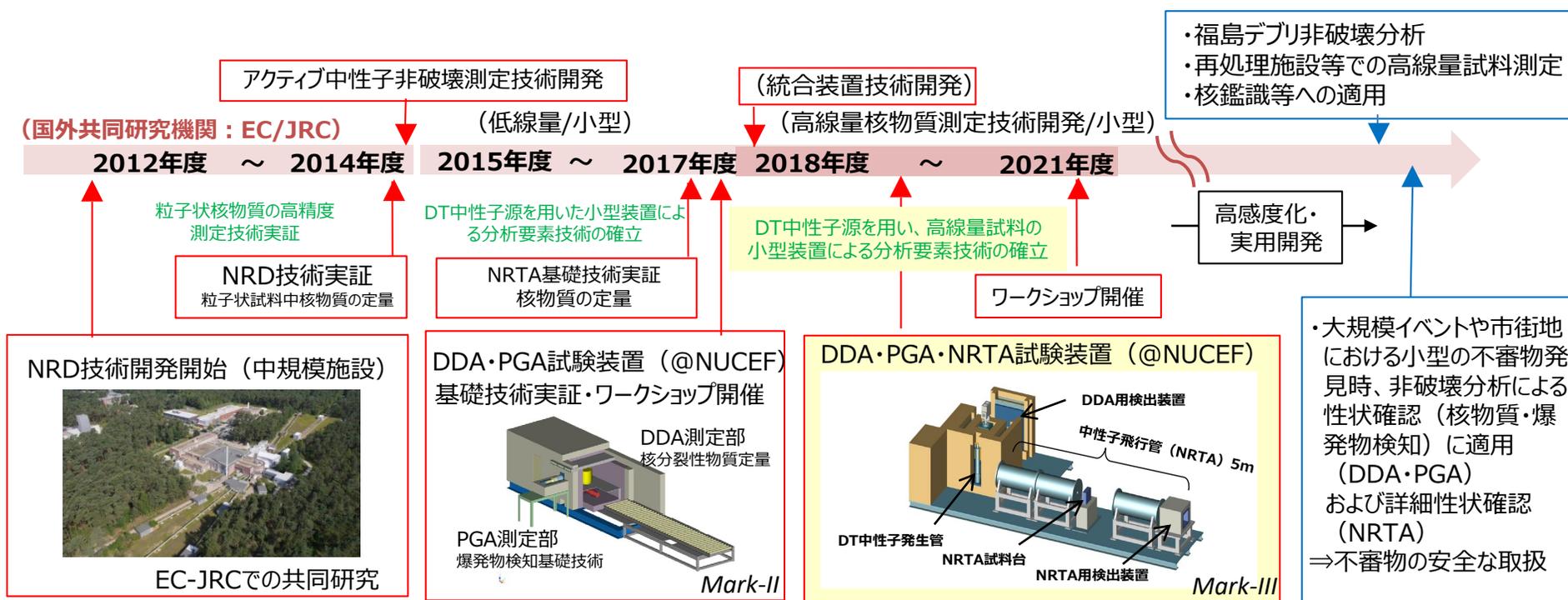
## 2.(2) 統合装置技術開発

### 概要

中性子発生装置（DT中性子源）を使い、3つのアクティブ中性子非破壊測定技術を組み合わせ、総合的な分析ができるコンパクトな装置（統合装置）を開発する。

※3つのアクティブ技術：DDA法（核分裂性物質量の測定）、PGA法（対象物中の元素分析）、NRTA法（核物質などの核種量分析）

- ✓ 再処理工場などにおいて高線量の核燃料物質を非破壊測定する技術を開発するため、日欧の協力の下に、DT中性子源を用いた統合装置を開発する。
- ✓ 本技術は、核セキュリティ分野にも適用可能な技術である。  
（核物質があるかどうか（検知）、どのような種類の核物質で爆発物等が含まれるか（不審物の性状検査）、どのくらい核分裂性核種があるか（核兵器物質の量的把握）、核鑑識のための分析（高線量RIや照射済核物質などの分析））
- ✓ 令和3年度は、各要素技術を組み込んだ統合装置を完成させ、性能試験を行った。



※アクティブ中性子非破壊分析法：中性子を対象物に当ててその反応を調べ、対象物を非破壊で測定する技術

※DT中性子源：二重水素（D,  $^2\text{H}$ ）イオンを加速し、三重水素（T,  $^3\text{H}$ ）に衝突させて中性子を発生させる小型装置。放射性物質（T）を使用している。

# 令和3年度までの技術開発成果

## 技術開発課題

- 分析精度を上げるため相補的な分析を行える装置を開発
- 高線量試料の分析が可能な技術の開発

## 実施内容

- NUCEFにおいて統合装置を開発・設置
- 各測定技術を用いた試験を実施

## 成果

- 統合装置の設置終了。各要素技術の実証。

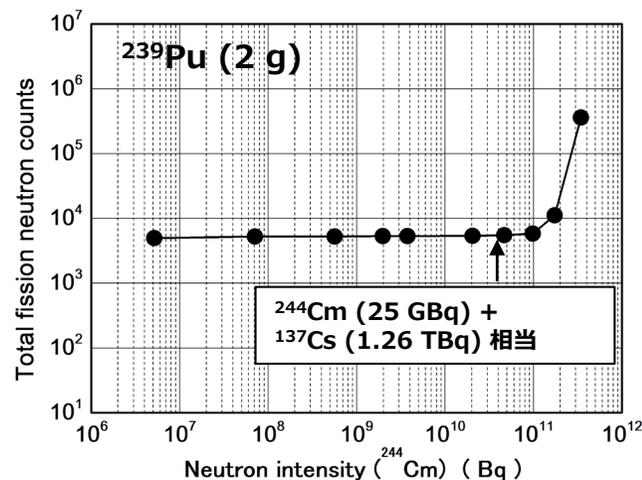
## 評価

- 技術的な向上が見られたことが評価された。完成した装置の試験を継続して行い、一部の技術については、より実装を目指した開発に展開するようコメントを得た。

## ダイアウエイ時間差分析 (DDA)

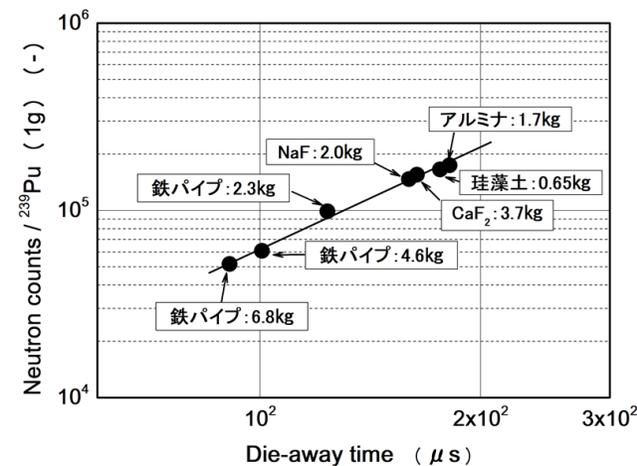
統合装置 (Mark-III) を設計・製作し、含有放射能の高い物質においても高感度な計測ができることを実証した。

### 強い中性子線を放出するPu-239試料の模擬測定試験



核物質試料に<sup>244</sup>Cmなどの強い中性子線を放出する物質がある場合を想定し、<sup>252</sup>Cf線源を用いた測定を行った結果、再処理プロセスの溶液試料中の<sup>239</sup>Puが測定できることを確認した。

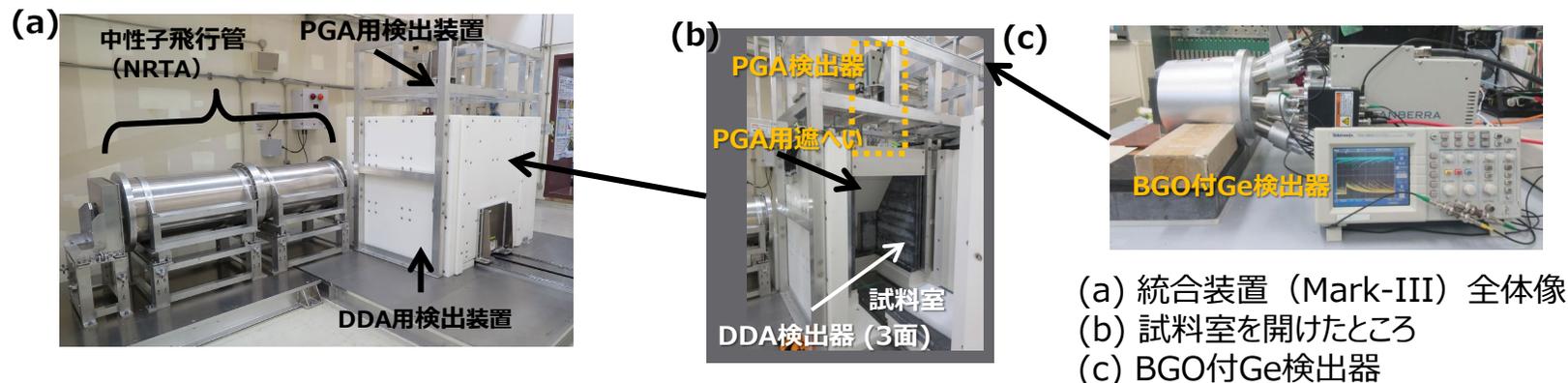
### 核物質と混入物等が混在する容器を模擬した測定試験



開発しているDDA部には、速中性子直接問かけ法 (FNDI) を採用している。減衰時間と中性子計数との関係を調べた結果、左図のような相関が得られた。混入物があっても核分裂性物質の定量ができることが確認できた。

## 即発ガンマ線分析法 (PGA)

統合装置 (Mark-III) の上部のPGA測定装置を完成させた。統合装置内部に、中性子による検出器へのダメージを減らすために、複合遮蔽体を設置した。これにより、検出器に到達する中性子束を2桁程度低減できた。また、試料室に鉛遮へいを施すことで、ガンマ線バックグラウンドを抑制した。ガンマ線検出装置は、Ge検出器とコンプトン抑止検出器 (BGO検出器) を組み合わせたもので、即発ガンマ線を高分解能で、かつ高いS/Nで測定することができる。



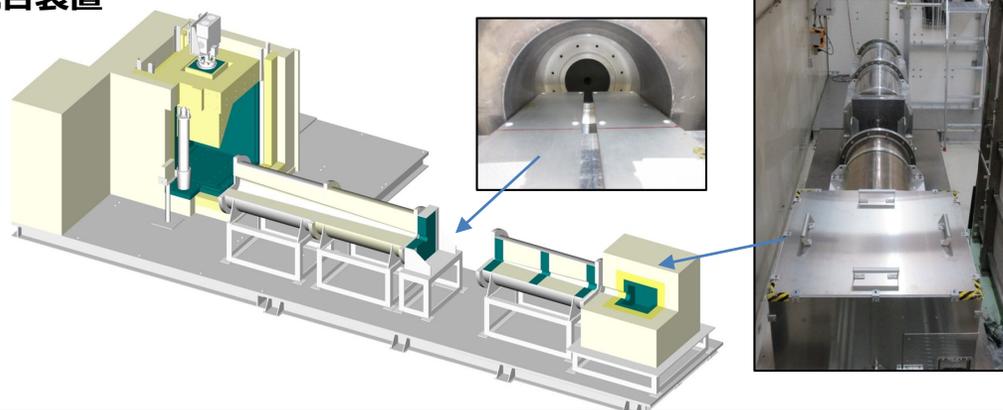
本装置で、DDAの測定の障害となるホウ素やガドリニウムが測定できることを確認した。

また、爆発物含有物質である窒素 ( $C_3H_6N_6$ )、リン ( $Li_3PO_4$ ) 化合物の検知も可能であることを確認した。

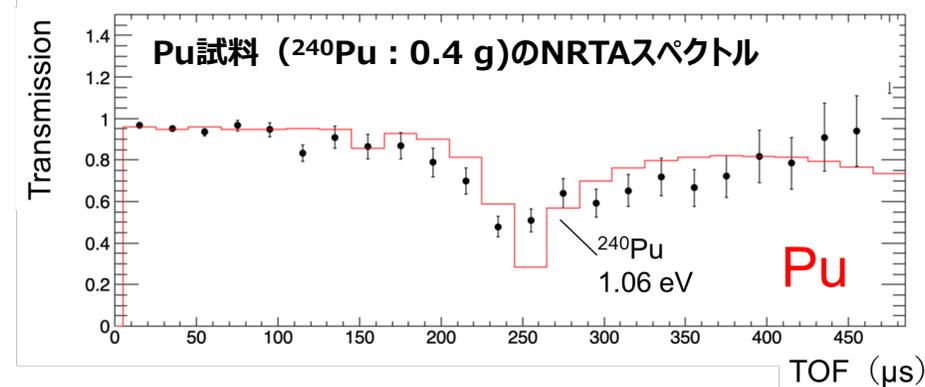
## 中性子共鳴透過分析法 (NRTA)

統合装置の小型NRTA装置部を完成した。飛行距離は、6mと3mで切り替え可能。高感度な測定を行うため、バックグラウンドとなる中性子は飛行管などの遮へいで低減し、ガンマ線は波形弁別型検出器を用いて低減した。実証実験で小型装置による分析が可能であることを示した。本技術開発の知見を活かし、「中性子共鳴非破壊分析技術の開発」で、可搬型装置開発などを進める。

統合装置



NRTA測定試験

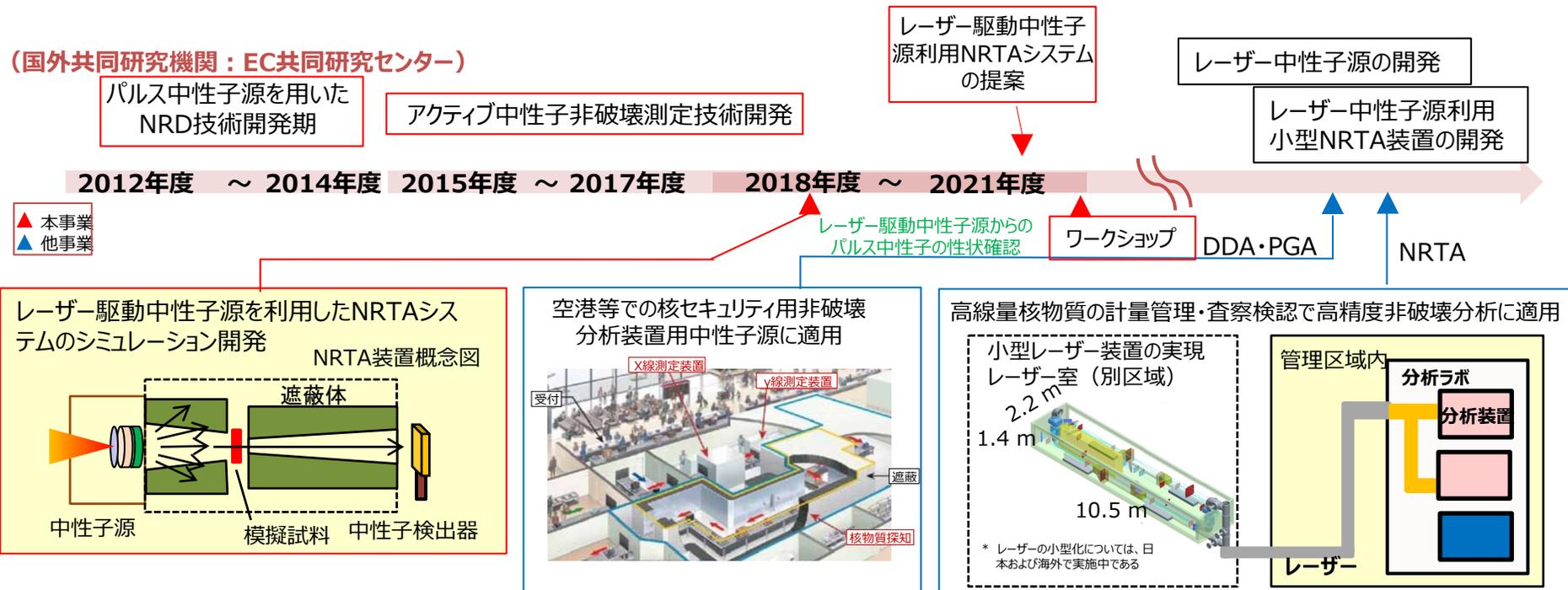


## 2.(3) レーザー駆動中性子源を利用したNRTAシステム開発

### 概要

レーザー駆動中性子源は、レーザー照射により中性子を発生させるため、パルス幅が短いことに特徴がある。またレーザー光をミラーで分析装置までレーザー光を輸送できるため、レーザー装置は別区域に設置可能であり、維持管理による影響が少ないと考えられる。高い放射能を発生する核燃料試料を高精度非破壊分析する中性子共鳴透過分析（NRTA）に、短パルス中性子源としての適用性を検討する。

- ✓ レーザー駆動中性子源を用いたNRTAシステムを設計するため、シミュレーション研究を進める。
- ✓ シミュレーション結果による中性子の挙動を確認するため、測定試験を行う。
- ✓ レーザーショットのX線バーストによる過酷条件下で、低バックグラウンド、高効率な測定を進めるための検出器開発を進める。
- ✓ 開発した検出器を用い、システム概念の確認試験を行う。



※ NRTA（neutron resonance transmission analysis）：核物質などの核種量分析を行う。高精度な測定には狭い中性子パルス幅が必要。

※シミュレーション：コンピューターの仮想空間で各要素について物理法則に従った現象を起こし、全体として起きる現象を調べる手法

# 令和3年度までの技術開発成果

## 技術開発課題

- レーザーショットに伴う電磁ノイズの影響
- 数少ないレーザーショットで有用な情報を得ること
- レーザーショットで大量に発生する中性子によるパルス信号の扱い技術

## 実施内容

- ゲート付き検出器の開発
- ガンマ線の感度低減技術の開発  
⇒ 積層型検出器の開発
- ショット毎、全波形をデジタイズして記録
- 波形解析によるノイズ除去などの波形解析手法の開発

## 成果

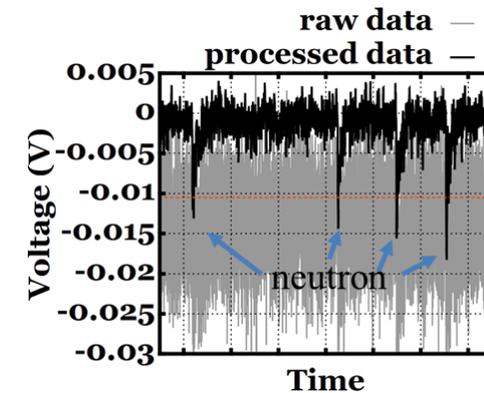
- 京都大学でのパルス中性子源を用いた技術開発  
⇒ 検出器のガンマ線感度低減化に成功  
積層型検出器の開発（特許申請）  
⇒ 全波形データを取得し解析手法の最適化を行った。
- 大阪大学におけるLDNSを用いたNRTA実験  
⇒ LDNSがNRTAに適用可能であることを示した。

## 評価

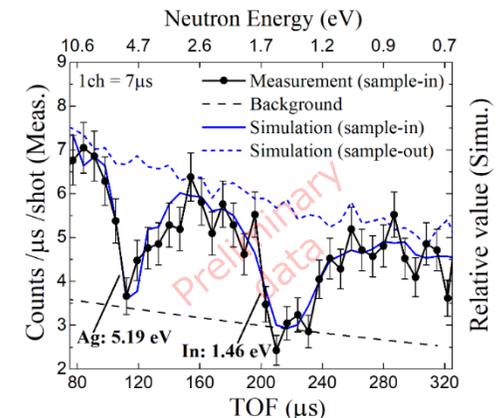
- LDNSの将来性は、レーザー装置の開発にかかっているが、本研究で示した可能性に関しては、総じて高い評価を得た。



ゲート付き積層型中性子検出器



波形処理によるノイズ除去



阪大で取得したスペクトル

### 3. ワークショップの開催

主催: ISCN/JAEA、EC/JRC

開催日: 2022年3月1-2日(オンライン)

評価者: IAEA, SCK, CEA, EC-DG-Energy, 京大

Observer: DOE/NNSA他

参加者: 43名

技術開発成果発表の内容について、評価者及び外部機関の参加者から以下のような講評をいただいた。

- 成果がよく整理されており、開発が進捗している状況が確認できた。
- 技術開発は時間がかかるものなので、これからも着実に技術開発を進めてほしい。
- 実用に供するためには、一般的に、高精度、高効率、小型で、さらに安全で容易に使える装置が必要で、よりその方向で技術開発を進めてほしい
- 小型化は重要であるが、難しく、野心的な技術開発である
- 保障措置技術開発では、手法開発から、定量に使う技術開発に移行していくことが重要である。また、最終段階では、一般的な技術から一步踏み出し、試料、放射能、測定環境などを想定し、そこで用いる装置を開発する必要がある
- LDNSを用いたNRTAシステム開発には感銘を受けた。研究成果が論文化されたら送ってほしい
- JAEAとEC/JRCとの共同研究における連携は非常に良かった。

# 4.(4) 中性子共鳴非破壊分析技術の開発（令和4年度以降の計画）

## 概要

中性子飛行時間（TOF）測定法を用いる中性子共鳴非破壊分析技術の開発を進める。本技術開発は、これまで培ってきた技術を基に、中性子共鳴核分裂中性子分析（NRFNA）技術を新たに提案するものである。この技術は、試料中に少量含まれる核分裂性物質を分析する能力を向上させる可能性がある。なお、中性子共鳴透過分析（NRTA）法や中性子共鳴捕獲分析（NRCA）と同時測定ができるので、相補的な測定を行うことで、分析能力の向上が期待できる。また、取り扱いが容易で小型な装置の開発を目指し、Cf線源を中性子源とする卓上型装置の開発も行う。

- ✓ 高線量核燃料試料を非破壊で測定する新しい技術として、NRFNA測定技術を確立する。
- ✓ NRFNAと、NRTAおよびNRCAと組み合わせた同時測定を行い、より高度な分析技術（複合測定技術）を開発する。
- ✓ 並行して、小型で設置が容易な卓上型NRTA装置の開発を行う。

アクティブ中性子非破壊測定技術開発（統合装置技術開発）

★ 技術実証・ワークショップ開催

（国外共同研究機関：EC/JRC）

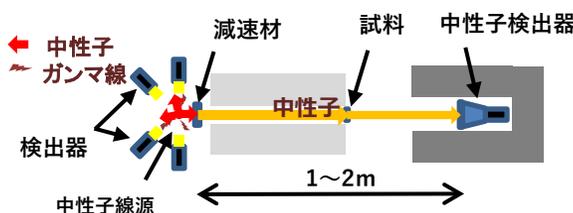
低線量から高線量の核物質測定のための小型複合測定装置の開発



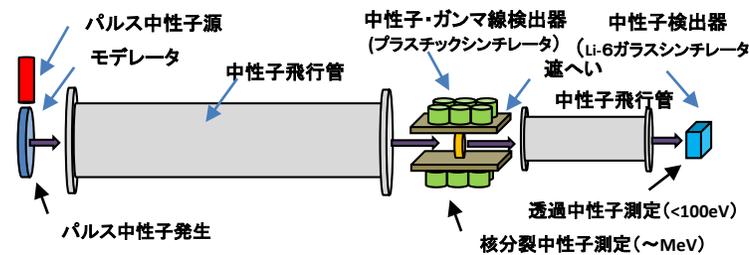
NRD技術（中規模施設）



EC-JRCとの共同研究



卓上型NRTAシステム（概念図）



NRFNA-NRCA-NRTA複合装置（概念図）

- ・核燃料施設等における高線量試料の測定
- ・核鑑識等への適用
- ・不審物の安全な取扱

# ご清聴ありがとうございました。

原子力機構トップページ | サイトマップ | English

JAEA ISCN 核不拡散・核セキュリティ総合支援センター  
Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security

核兵器と核テロのない世界を目指して

ISCN

センター紹介 | News & Topics | 技術開発及びCTBTへの貢献 | 人材育成 | 政策研究 | 理解増進 | GTRI政策への貢献

最新のトピックス

2022.07 ISCNニュースレター  
ISCNニュースレターを更新しました (No.307)。



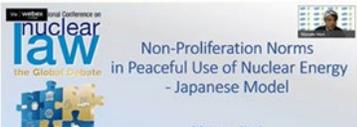
中性子同時計数法実習の様子  
(3-1 核物質の非破壊測定に関する地域トレーニング (NDAコース) の開催)

2022.06 ISCNニュースレター  
ISCNニュースレターを更新しました (No.306)。



ISCN Delayed Gamma-ray Test Spectrometer in PERLA  
(3-1 核物質測定のための遅延ガンマ線分析技術の開発)

2022.05 ISCNニュースレター  
ISCNニュースレターを更新しました (No.305)。



Non-Proliferation Norms in Peaceful Use of Nuclear Energy - Japanese Model

記念パンフレット

- ISCN設立10周年記念パンフレット「『第1回 核セキュリティ・サミット』から10年 ～ISCNが刻む『未来へのMilestone』～」 [PDF](#)
- 「核不拡散・核セキュリティにおける米国DOE/NNSAとJAEAの協力」30周年記念パンフレット [PDF](#)
- 「EC/JRCとJAEAの核不拡散・核セキュリティ協力30周年の成果と今後の方向性」 [PDF](#)

ISCNニュースレター

No.0307 July, 2022

<1. 核不拡散・核セキュリティに関する動向 (解説・分析) >  
<2. 技術・研究紹介 >  
<3. 活動報告 >  
<4. コラム >

「ISCNニュースレター」のページ

核不拡散ポケットブック

2022年2月更新

原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム

結果報告/配布資料 原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム2021～ポストコロナ時代の核不拡散・核セキュリティ～  
(前夜祭 学生セッション「ポストコロナ時代に向けて学生からの提言」)

ISCNホームページでは、活動を詳細に報告していますので、是非、アクセスください。

ISCNホームページ

<https://www.jaea.go.jp/04/iscn/>



補足

## 破壊分析と非破壊分析

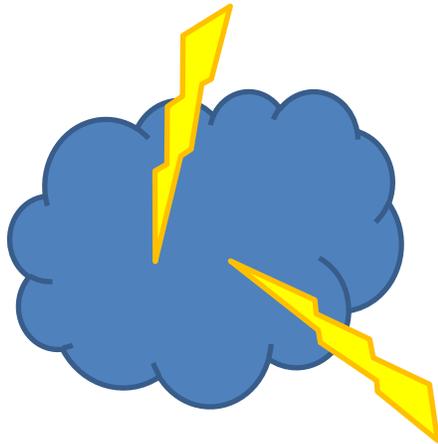
<p><b>破壊分析</b> Destructive Analysis(*) (DA)</p>	<p>取得したサンプルに化学的な処理(破壊処理)を加え分析する。</p> <p>⇒核物質の施設計量管理の基礎分析手法であるとともに、査察側からは施設計量管理の適正さの検証に使われる。(核鑑識でも使われる。)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・高精度</li><li>・長時間の分析</li><li>・代表性の高い試料を採取する必要</li></ul>
<p><b>非破壊分析</b> Non-destructive Assay(*) (NDA)</p>	<p>取得したサンプルあるいは核物質アイテムそのものを、そのままの状態(破壊せずに)測定を行う。</p> <p>⇒主として、査察時量的検認の手段として使われる。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・(一般的には)精度は、DAより落ちる</li><li>・短時間での測定</li><li>・対象物の取扱いが容易</li></ul>

(\*)IAEA発行のSafeguards Glossaryより

# 核物質の非破壊分析(測定・検知)技術

## パッシブNDA法

核物質が自ら発する放射線(中性子、ガンマ線)を利用して測定を行う



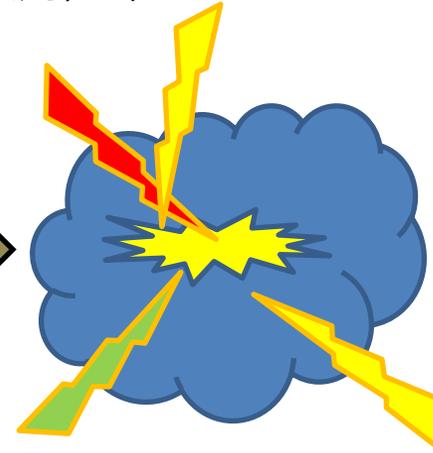
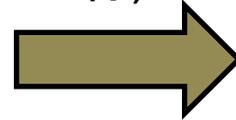
自発核分裂、崩壊

中性子  
ガンマ線 ...

## アクティブNDA法

核物質に外部より中性子やガンマ線等を照射して新たな反応を起こし、それにより発生する中性子、ガンマ線を測定する

中性子,  
ガンマ線,  
...



透過粒子



核反応

散乱, 捕獲, 核分裂, ...

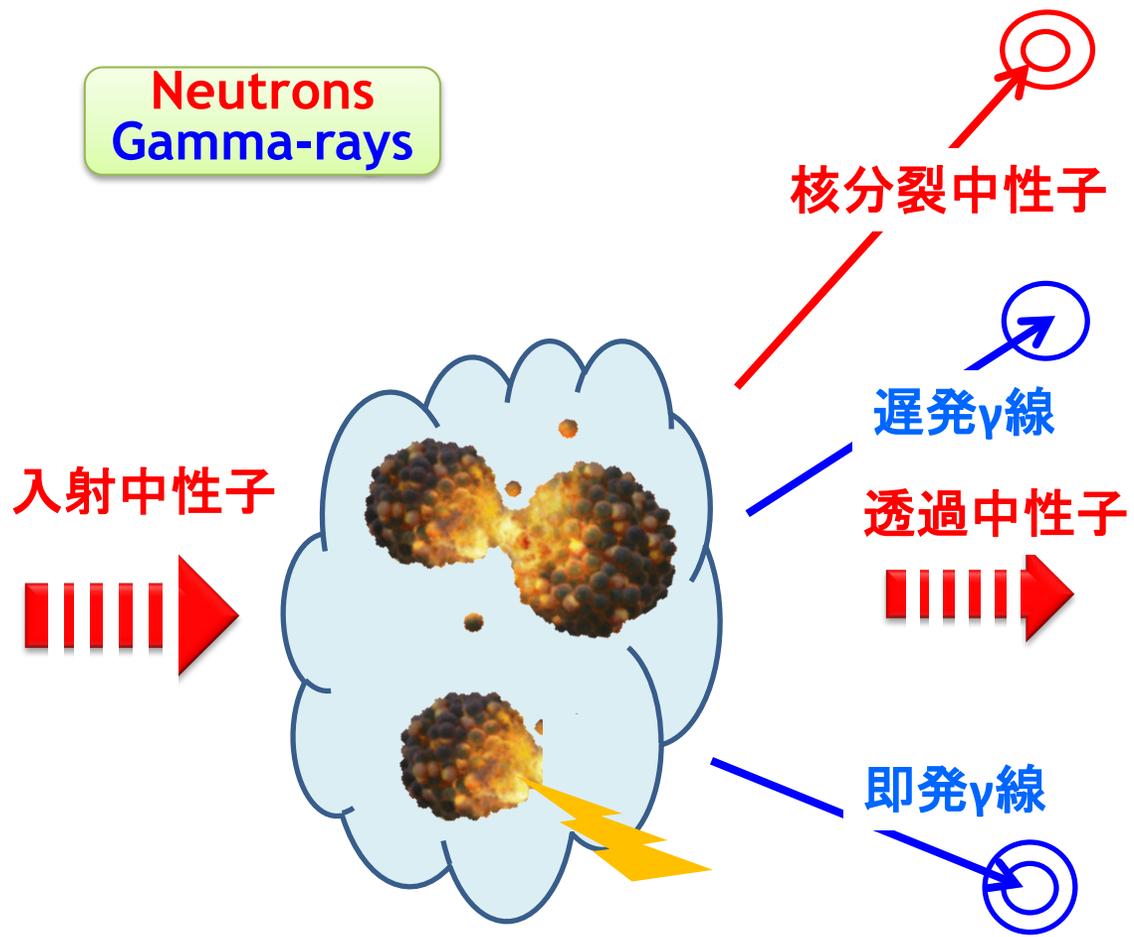
反応後の粒子放出<sup>16</sup>

ガンマ線, 中性子, 陽子, アルファ線, ...

これまでパッシブNDA法が開発され使用されてきているが、アクティブNDA法はこれからの開発となる。アクティブNDA法は、高線量試料の核物質測定や、隠蔽された試料の検知に有効と考えられ、パッシブ法で測定できない試料へ適用される。

# アクティブ中性子NDA技術開発

外部中性子で核反応を起こし、それに伴う中性子放出やガンマ線の放出を測定する。



**DDA (differential die-away analysis)**

**NRFNA (neutron resonance fission neutron analysis)**

核分裂反応に伴う中性子放出を測定する。

**DGA (delayed g-ray analysis)**

核分裂生成物の崩壊に伴うガンマ線を測定する。

**NRTA (neutron resonance transmission analysis)**

透過中性子を測定する。

**PGA (prompt γ-ray analysis)**

**NRCA (neutron resonance capture analysis)**

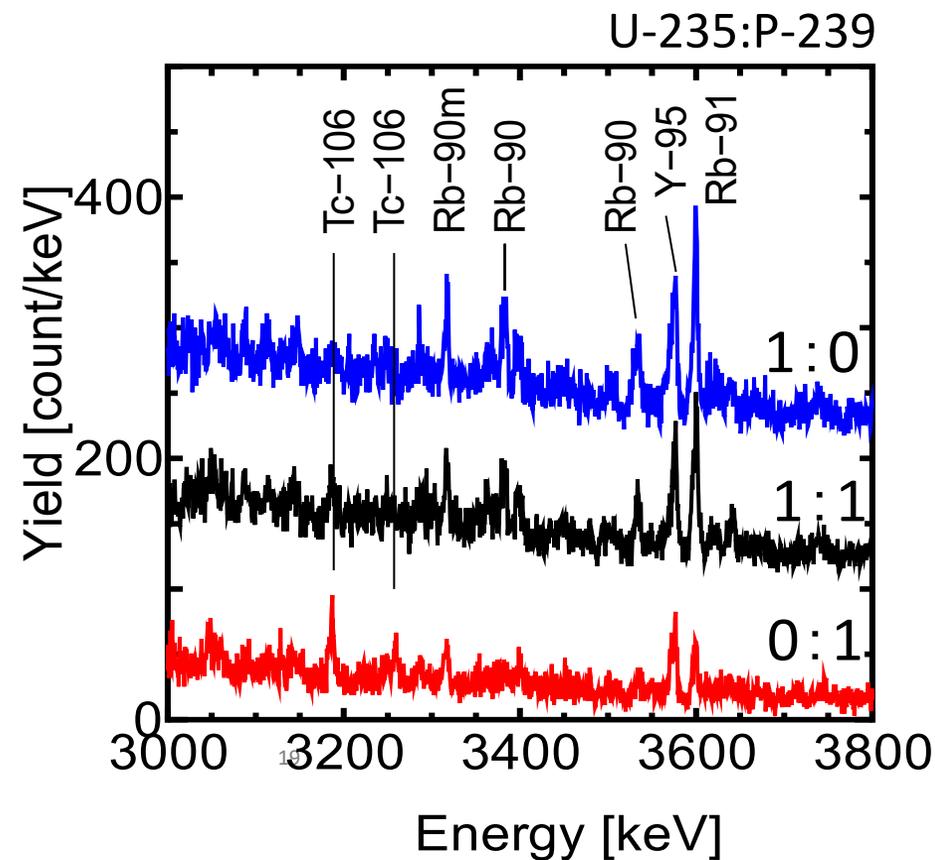
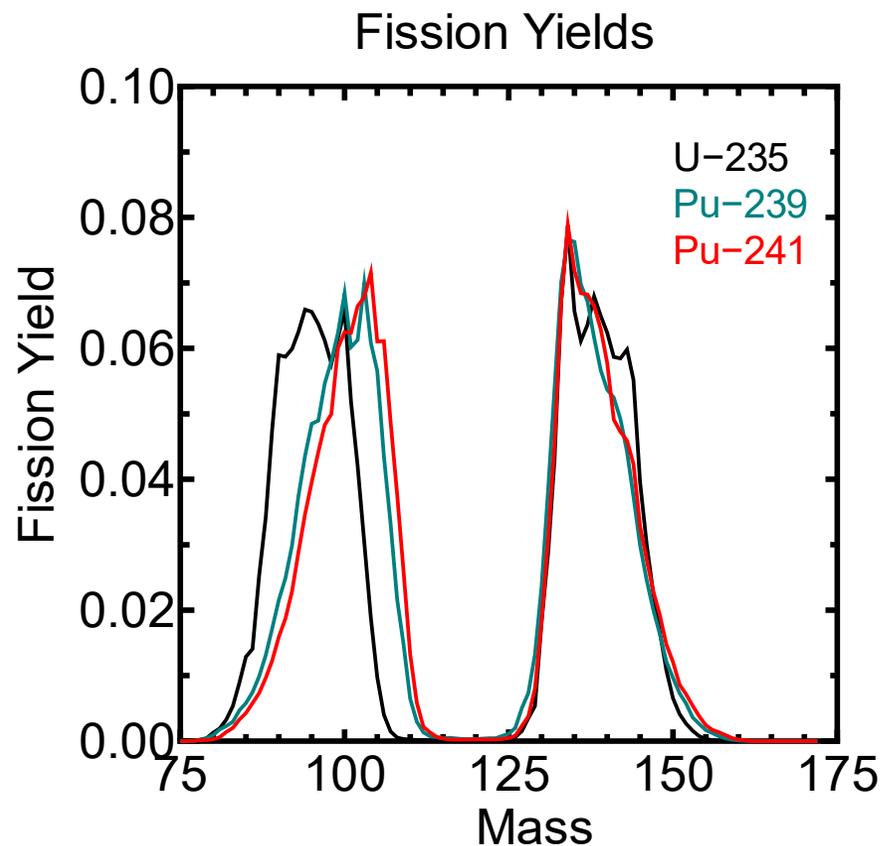
中性子捕獲反応にともなう即発ガンマ線を測定する。

## 技術開発を進めきたアクティブ中性子非破壊測定技術

技術	利用する反応 (放射線)	測定対象
<b>DDA</b> (Differential Die-away Analysis)	<b>核分裂</b> (中性子)	$^{239}\text{Pu}$ -effective
<b>DGA</b> (Delayed Gamma-ray Analysis)	<b>核分裂</b> (核分裂生成物からの遅発ガンマ線)	$^{235}\text{U}/^{239}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}$
<b>NRTA</b> (Neutron Resonance Transmission Analysis)	<b>全核反応断面積</b> (中性子の透過)	<b>各核種</b> (U and Pu等)の面密度
<b>PGA</b> (Prompt Gamma-ray Analysis)	<b>中性子捕獲反応</b> (即発ガンマ線)	<b>核種の存在検知</b> (爆発物などの検知)
<b>NRCA</b> (Neutron Resonance Capture Analysis)	<b>中性子捕獲反応</b> (即発ガンマ線)	<b>各核種</b> (U and Pu等)の面密度
<b>R4~</b> <b>NRFNA</b> (Neutron Resonance Fission Neutron Analysis)	<b>核分裂</b> (核分裂中性子)	<b>各核分裂性核種</b> (U and Pu等)の面密度比

アクティブ中性子非破壊分析技術では、得られた情報を相補的に利用した試料分析を行う。

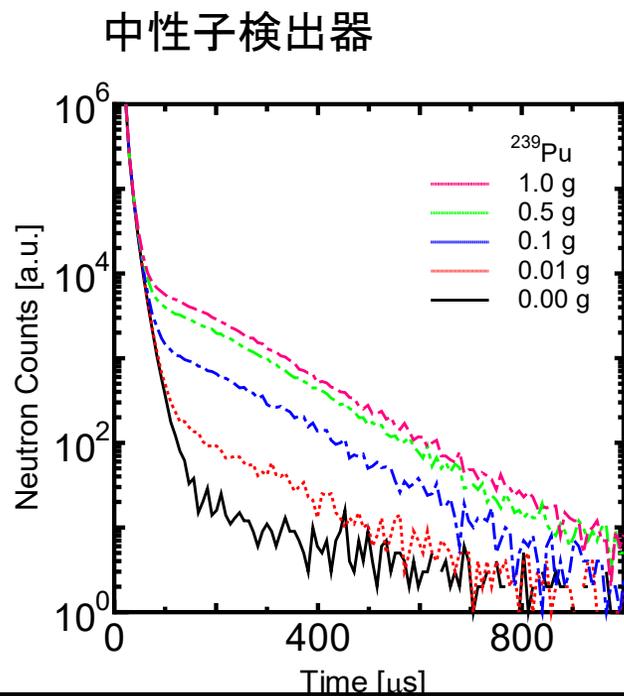
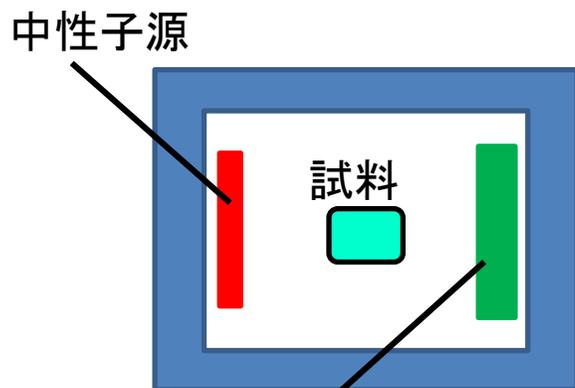
# 遅発ガンマ線測定



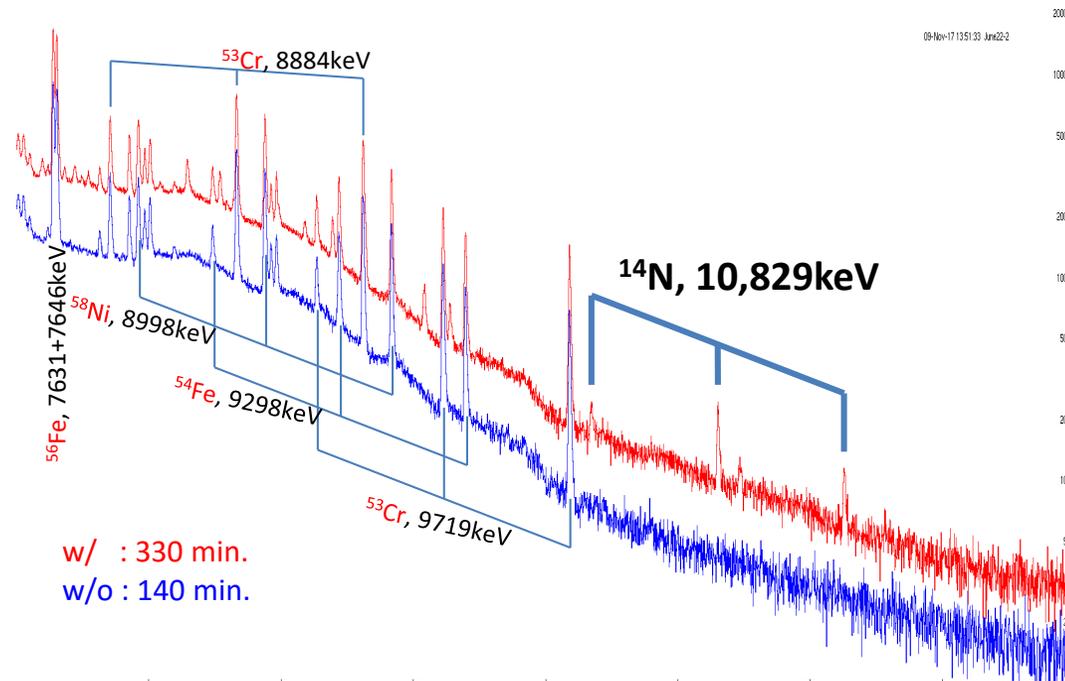
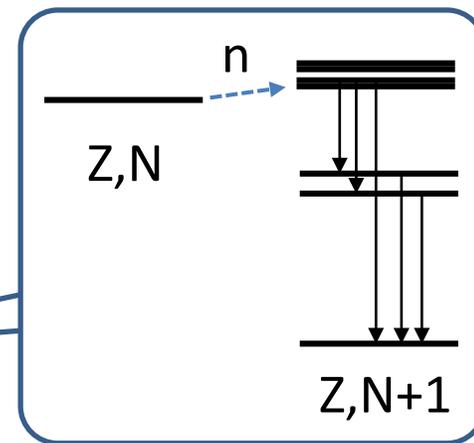
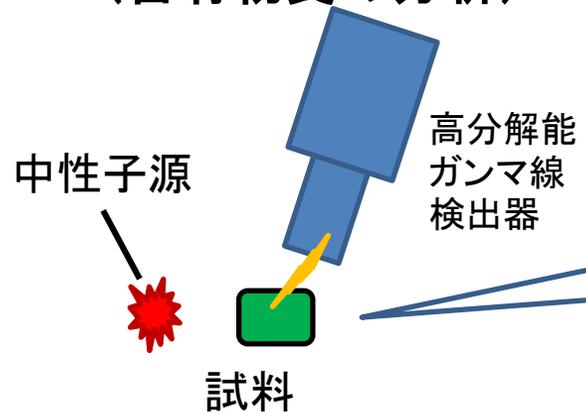
核分裂性核種の含有率により核分裂性核種の生成比率が変わるので、核分裂生成物の崩壊ガンマ線スペクトルは、核種により特有なピークの分布が現れる。このことを利用し、中性子照射後ガンマ線測定を行うことにより、核分裂性物質の相対量を分析することができる

# DDA・PGA測定手法

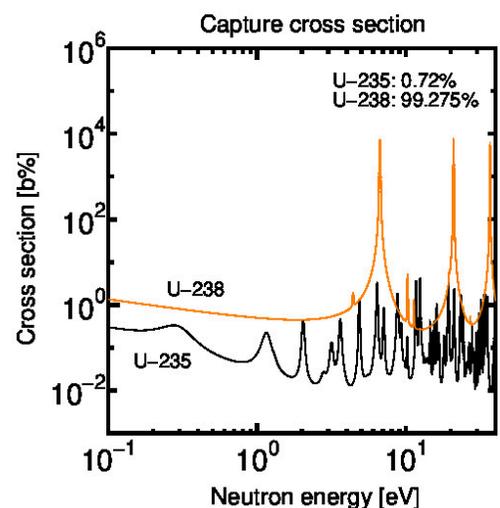
## DDA (核分裂性物質の定量)



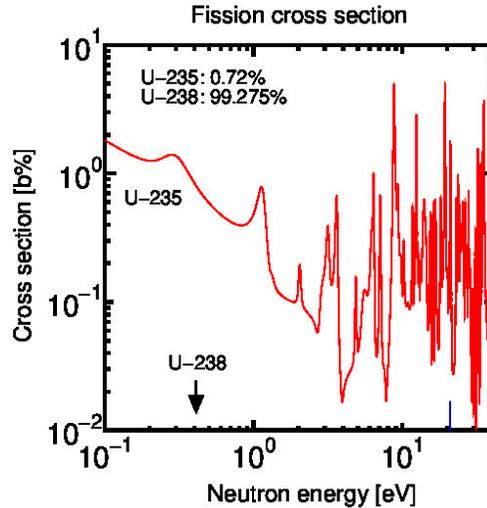
## PGA (含有物質の分析)



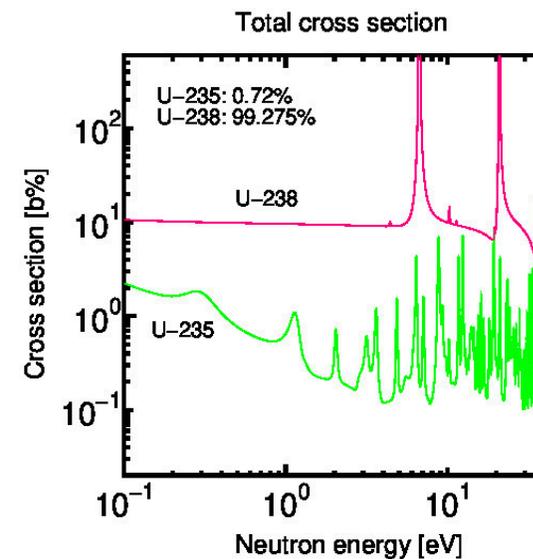
# パルス中性子を用いた中性子共鳴分析手法



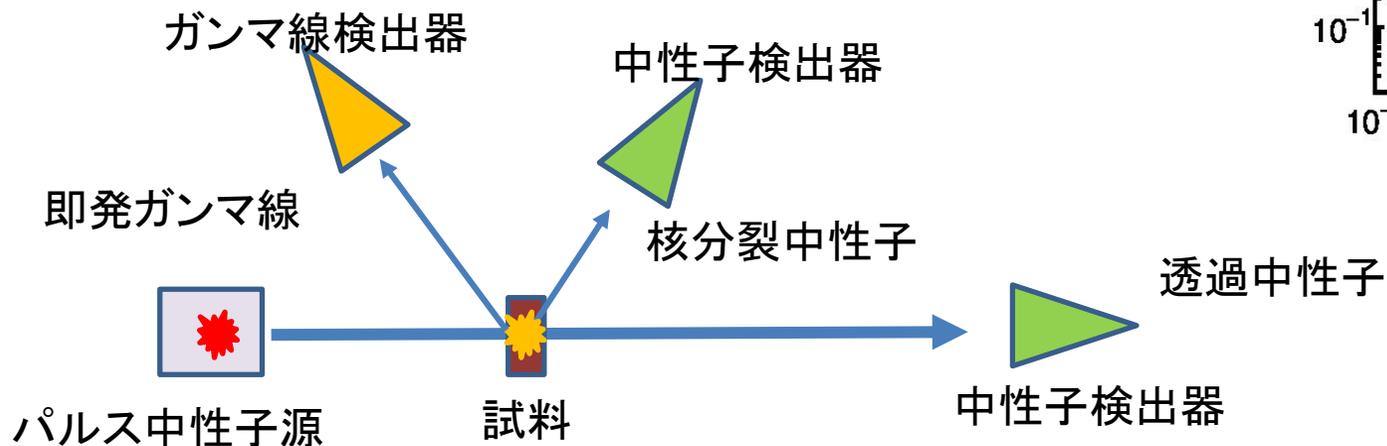
核種分析



核分裂性物質分析



核種の定量



異なる反応を用いることで、異なる角度からの試料分析ができる。

IAEAが今後必要となるとしている技術の長期的な開発課題がSTR-385 (2018)として公表している。核検知・測定技術開発に関連する項目を抜粋。

Ref: Research and Development Plan - Enhancing Capabilities for Nuclear Verification, IAEA Safeguards, STR-385 (2018)

ID	R&D needs (抜粋)	priority
P.5	Prepare for new types of facilities and decommissioning	
P.5.R2	Based on the prospects and timing for <u>emerging nuclear fuel cycle facilities</u> (e.g. pyroprocessing plants, geological repositories) develop and deploy as appropriate: safeguards concepts, tools, techniques, training.	top
P.4	Maintain readiness for other verification tasks	
P.4.R2	Assist with Chernobyl and <u>Fukushima</u> related activities as requested	normal
T.1	Strengthen instrumentation capabilities for verification	
T.1.R3	Assess existing techniques to detect misuse of reprocessing plants (real time detection of Pu separation).	normal
T.1.R5	Develop improved tools and techniques to enable <u>real time flow measurements</u> of nuclear material, including UF <sub>6</sub> at enrichment plants and conversion plants, and Pu at reprocessing plants.	normal
T.1.R6	Develop safeguards equipment to establish and maintain knowledge of <u>spent fuel in shielding/storage/transport containers</u> at all points in their life cycle.	top
T.1.R7	Evaluate implementation potential for calorimetry of plutonium samples when the commonly available passive neutron multiplicity measurements are not feasible.	normal
T.2	Enhance sensitivity, reliability and timeliness in sample analysis	
T.2.R3	Support the improvement of Member States' analytical quality for nuclear material accountancy (i.e. for better Operators' analytical systems).	normal
V.5	Employ fit-for-purpose and state-of-the-art methodologies	
V.5.R2	Strengthen knowledge of the elemental and isotopic signatures of the nuclear fuel cycle and processes that are specifically detectable through material characterization and environmental sample analyses, and develop expert systems and methodologies that advance data evaluation and enhance continuity of knowledge.	normal