

ISCN人材育成支援及び技術開発事業の 今後の取組の方向性



Integrated Support Center for Nuclear
Nonproliferation and Nuclear Security

Japan Atomic Energy Agency



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）

平成30年4月5日

核不拡散・核セキュリティ作業部会

核不拡散・核セキュリティ分野の国際貢献の意義と重要性

- 原子力平和利用を支える重要な要素：3S（原子力安全(safety)、核不拡散(safeguards)、核セキュリティ(security)）
- 原子力先進国かつ核兵器による被爆国：核不拡散・核セキュリティを国際的に主導していく役割、保障措置・核物質防護体制整備・実施の豊富な知見
- 国境を超える脅威及び被害：各国の体制強化だけでなく、国際協力が必須
- 日本の知見を広く世界と共有することで、諸外国の核不拡散・核セキュリティ能力強化に貢献
- 各国の体制強化→日本の核不拡散・核セキュリティ強化につながる

➡ 核セキュリティサミット（2010年）におけるコミットメントへ



ISCN設立当時からの人材育成 支援事業の基本方針*

*2010年12月 核セキュリティ関係準備検討会報告書

人材育成支援事業基本方針

ISCN/JAEAによるトレーニングの重要性

- アジアでは自国で原子力発電導入の実績がほとんどない
- 日本国内においても核セキュリティに関するトレーニングの機会がない
- トレーニングを必要とする人材はアジアに多くいるが、受け皿が限られている（IAEA、自国のトレーニングセンター等）



- 原子力事業者としての保障措置及び核物質防護実施の長い経験
- 既存の国際協力の活用
- JAEAの実施設を使用した実践的トレーニングの提供

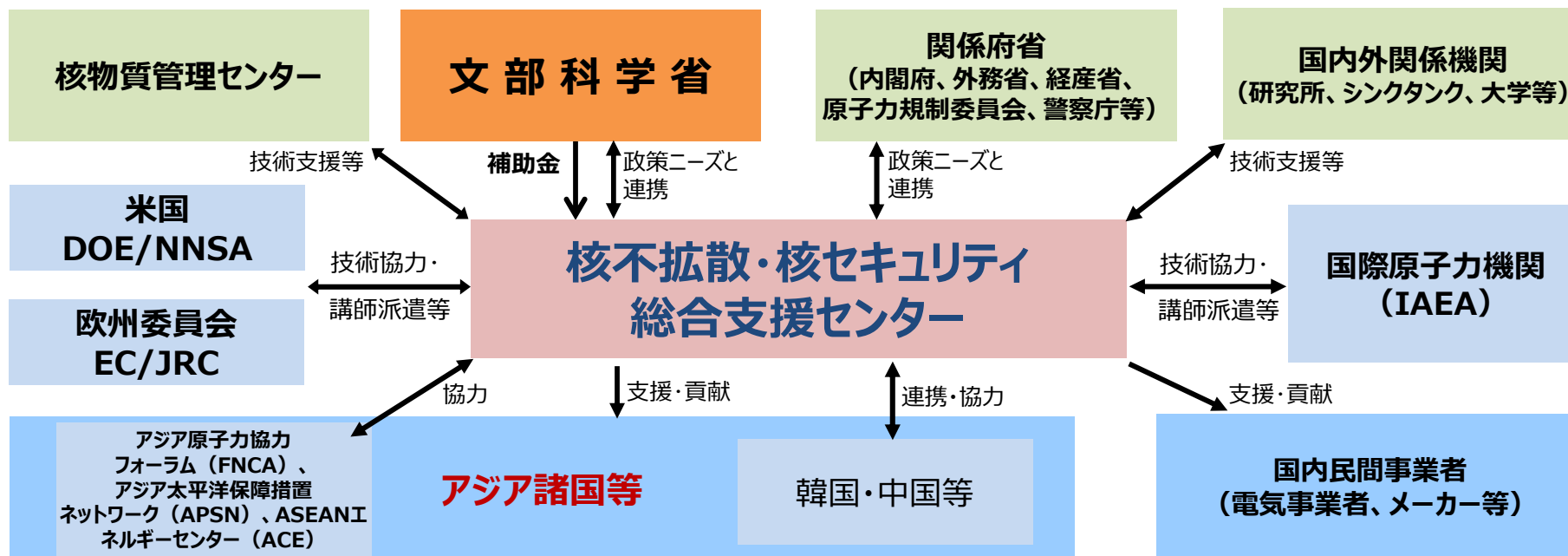
基本的考え方：

- 核不拡散・核セキュリティの国際的な共通枠組み及びIAEAガイドライン等を考慮しつつ、日本が原子力平和利用を進めるなかで培った経験、地域や各国の特徴を生かした人材育成に取り組む。
- 対象国の管理監督層及びトレーナー育成を目指したトレーニングを実施し、アジア地域での人的ネットワークを構築する。
- 支援対象国の様々なニーズに対し、地域に共通する重要項目に優先順位を付けて効率的に実施する。

支援対象国：

- 核セキュリティサミット（2010-2016）における我が国のナショナル・ステートメント及び我が国の海外原子力事業展開を考慮し、アジアを中心とした諸国の内、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）参加国、東南アジア諸国連合（ASEAN）加盟国及び我が国と原子力協定締結又は交渉中の国、特段の理由のある国等を支援対象とする。
- 支援対象国は毎年度見直しを行い、関係省庁と調整の上で決定する。

国内外組織との連携体制



日米協力 (DOE-JAEA) : 核不拡散 (保障措置) 及び核セキュリティ分野の人材育成支援事業に関する協力。カリキュラム共同開発、ISCN講師育成支援、共同アウトリーチ、講師相互派遣等

IAEA-JAEA協力 : トレーニングコース共催、IAEA会合への専門家派遣、IAEAコースへの講師派遣

EURATOM-JAEA協力 : トレーニングコース共催、共同アウトリーチ

日中韓3COE+1 (IAEA)協力 : 東アジアに設置された3つのCOE間の連携協力、活動計画に係る情報の共有、講師相互派遣、共同アウトリーチ

当初目標*₁に対する現状評価

目標	2010年	2015年	2020年
短期 ：IAEA、米国、EU等のカリキュラムを参考にしたトレーニングの国際共同実施 評価 ：達成 例：PP RTC、INFCIRC/225/Rev.5、SSAC	➡		
中期 ：自立したトレーニングの実施、日本の特徴を付加したトレーニング ⁶ の開発・実施 評価 ：達成 例：PP RTC、国内PP、SSAC、再処理、DCVD	➡		
長期 ：内外のベストプラクティスや最新の技術等を取り入れた、日本独自のトレーニングの開発・実施 評価 ：概ね達成 例：国内PP、国内政府機関向けPP、性能評価試験、図上演習、核セキュリティ文化、NMAC、AP+CIT	➡		

(*1:2010年12月 核セキュリティ関係準備検討会報告書)

「今後の核不拡散・核セキュリティ研究開発の進め方について（中間とりまとめ）*₂」より
 ISCN については、核不拡散・核セキュリティにおけるこれまでの研究開発や人材育成支援の実績について米国やIAEA 等を始めとする国際社会からも高く評価されており、その経験を活かして、今後も継続的に人材育成関連の取組を展開していくべきである。

*2:核不拡散・核セキュリティ作業部会における「今後の核不拡散・核セキュリティ研究開発の進め方について」（中間とりまとめ）平成29年6月

核不拡散・核セキュリティ分野に おける現状の分析

核不拡散・核セキュリティに係る国際的・地域的課題

核セキュリティ

アジア諸国：核セキュリティに関する国内体制の整備支援が必要。

- 国際条約の普遍化促進
- 核物質防護に関する体系的なトレーニングの提供
- 政策立案者等の政府関係者に対する意識啓発
- 核セキュリティ文化の醸成
- トレーニングセンターの支援

国内：新たな脅威（内部脅威、放射性物質セキュリティ、大規模イベント等）に対応する人材の育成が必要。

- 関係政府機関等への支援
- 核セキュリティ文化の醸成・強化

核不拡散（保障措置）

アジア諸国：核不拡散（保障措置）に関する国際条約の批准、国内体制の整備支援が必要。

- 保障措置に関する体系的なトレーニングの提供
- 政策立案者等の政府関係者に対する意識啓発

国内：保障措置・計量管理制度は整備済み。次世代の人材育成が必要。

IAEA支援：IAEAの活動は拡大しており、効果的な検認活動のためにもJAEAの施設を活用したIAEA査察官の能力強化支援が必要。

ターゲット層

核セキュリティ	核不拡散（保障措置）
<ul style="list-style-type: none"> • 規制当局（核物質・放射性物質の防護、輸送セキュリティ、治安部隊） • 原子力事業者（発電、加工、貯蔵、輸送等） • セキュリティ会社 • 大学・研究機関 • 放射性物質使用施設（原子力関係及びその他産業） • 政策立案者 • 原子力エンジニア • 情報セキュリティ担当者 • 輸出入管理当局 • 入国管理当局 • 法執行機関 	<ul style="list-style-type: none"> • 保障措置規制当局 • 保障措置対象施設担当者 • 核物質の管理者 • 政策立案者 • 少量議定書（SQP）担当者 • IAEA査察官 • その他関係機関（税関、輸出入管理当局等）

人材育成支援事業： 今後の取組の方向性

平成31年度から当面5年程度

トレーニング計画：核セキュリティ

継続：

コンスタントなニーズがあり、またすべての関係者が習得すべき包括的な内容のコースについては、「コアコース」としてこれまで通り毎年開催することとしたい。

コアコース

アジア及び国内向けの核物質防護基礎コース

新規のコース開発：

上記包括的なコースではカバーしきれないものを、テーマや対象者を絞ったより具体的・実践的な「選択コース」として新規に開発し、ニーズに応じて年1-2コースを提供する。IAEAコースの活用、米・EC/JRC及び他国COE等との共同開発も視野に入れつつ、ISCN独自コースとしての開発を目指す。

選択コース（年1-2コース）

核物質防護システム評価手法（性能評価試験、図上演習、シリオ開発）	内部脅威対策
放射性物質のセキュリティ（基礎／応用）	核鑑識
核セキュリティ文化（意識向上／自己評価手法）	輸送セキュリティ
大規模イベント時の核セキュリティ	サイバーセキュリティ

拡充：

国内外の大学との連携による若手専門家の育成

- 大学における核セキュリティ分野のカリキュラム開発支援
- 講師育成支援

トレーニング計画：核不拡散（保障措置）

継続：

コンスタントなニーズがあり、またすべての関係者が習得すべき包括的な内容のコースについては、「コアコース」としてこれまで通り毎年開催することとしたい。

コアコース
国内計量管理制度（SSAC）及び非破壊分析（NDA）
IAEA査察官向け：再処理施設の保障措置

新規のコース開発：

上記包括的なコースではカバーしきれないものを、テーマや対象者を絞ったより具体的・実践的な「選択コース」として新規に開発し、ニーズに応じて年1-2コースを提供する。IAEAコースの活用、米・EC/JRC及び他国COE等との共同開発も視野に入れつつ、ISCN独自コースとしての開発を目指す。

選択コース（年1-2コース）
保障措置対象施設向け：計量管理（NMAC）
少量議定書（SQP）国の保障措置
IAEA査察官向け：使用済み燃料検認技術（DCVD）
輸出管理

拡充：

トレーニングツールの開発

- VRシステム（保障措置トレーニングへの拡大）
- 核物質を扱うことのできるトレーニングラボの整備

人材育成支援事業における国際連携・協力について

人材育成支援事業の実施にあたり、これまで展開してきたDOE、EURATOM、IAEA、日中韓3COE連携、ASEAN、及びその他既存のイニシアティブ・ネットワークなどとの国際協力は、効率的・効果的な事業の実施には不可欠であり、引き続き積極的に連携・協力していく。

- アジア原子力協力フォーラム（FNCA）への協力
- アジア太平洋保障措置ネットワーク（APSN）への協力
- ASEANとの協力（ASEAN Centre for Energyとのセミナー共催、ASEAN+3会合での報告等）
- 他国のCOEまたはNSSC*支援

*NSSC: Nuclear Security training and Support Centre、IAEAがメンバー国に核セキュリティ関係のトレーニングの提供、技術支援を行うセンターの設置を奨励している。すでに、IAEAが事務局になりNSSCのネットワークが2012年に設置されて、相互の情報の共有などが図られている。

相手国のニーズにより細やかに対応できる二国間協力についても、先方のニーズに応じて引き続き行っていく。

核不拡散・核セキュリティ技術開発： 今後の取組の方向性

主な項目

1. 「アクティブ中性子非破壊測定技術開発」および「先進的プルトニウムモニタリング技術開発」に関するワークショップ（2018年3月12～15日、JAEA東海）
2. 核セキュリティ事象発生後の核鑑識技術開発に新規に着手。
3. 核共鳴蛍光（NRF）については、反応シミュレーションコードの改良、実証試験を継続
4. 国内や国外の研究機関と連携して核物質の測定・検知技術に関する技術開発である、アクティブ中性子非破壊測定技術開発（4年計画の1年目）を行う。
5. 核セキュリティに係る核物質魅力度評価研究を開始。

1. 技術開発に係るワークショップ（1）

「核セキュリティ強化等推進事業費補助金」の一環で進めている「アクティブ中性子非破壊測定技術開発」および「先進的プルトニウムモニタリング技術開発」が3年のプロジェクトの区切りを迎えるにあたり、実装に向けた取り組みとして、その成果を国内外の関係機関と共有するとともに、招聘したIAEA、米国DOEなどの外部専門家から本プロジェクトについて評価を得ることを目的として、「核不拡散・核セキュリティのための技術開発に係るワークショップ」を開催。

開催日：平成30年3月12日(月)～15(木)

場所：JAEA東海

プログラム概要

- 1日目：オープニングセッション、
「先進的プルトニウムモニタリング技術開発」セッション
- 2日目：「アクティブ中性子非破壊測定技術開発」セッション
- 3日目：NUCEF、東海再処理施設でのデモンストレーション
- 4日目：評価セッション（評価者及び研究関係者のみ）

評価者

IAEA/SGTS、米国DOE/NNSA、仏IRSN、EC/JRC、米国ORNL（計5名）

外部参加者（招待者のみ：計13名）

文部科学省、日本原燃、電中研、大学、メーカー、IAEA/SGOA、米国LANL



1. 技術開発に係るワークショップ° (2)

評価者による評価

両プロジェクトともに事業の目的を達成。

加えて、以下の点を評価。

- 欧米の研究機関等とのとの協力で技術開発が行われていること
- 若い研究者の指導が行われたこと
- ジャーナル等への複数の論文投稿が行われたこと
- シミュレーションに基づいて実験が行われていること

「**先進プルトニウムモニタリング技術開発**」については、保障措置の適用性に加え、スラッジの沈殿・移動のモニターが可能で、安全の目的でも適用の可能性がある。

「**アクティブ中性子非破壊測定技術開発**」については、DDA、PGA、NRTA、DGAの4つの技術について、Technology Readiness Level (TRL) が「2~5」であり、一部の技術については、原理実証が図られている。核データの必要性等、今後の課題についても多くの意見。



2. 核・放射線テロ事象後の核鑑識技術開発

概要

- ✓ 迅速化、確度向上を目指した核鑑識技術の高度化
- ✓ 従来の核鑑識（Pre-dispersion）に加え、より厳しい条件下での技術（試料回収や分析など）が必要な核・放射線テロ事象後（Post-dispersion）に対応する核鑑識技術開発

（国外共同研究機関：DOE、EC/JRC）

H24年度 ～ H26年度

H27年度 ～ H30年度

H31年度 ～ H35年度

(Pre-dispersion)

H30年度 ～ H35年度

(Post-dispersion)

〈核鑑識技術開発前〉
正体不明の核物質等の識別、出所や不法取引等に至った経緯を分析することができない。
⇒不法移転等の事案に対して適切な対応や捜査ができない。

基本的な核鑑識技術の整備

- 粒子分析手法
- ウラン年代測定法
- ウラン同位体比測定法
- 不純物分析手法

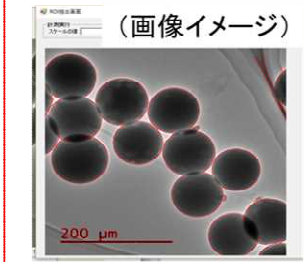
ウラン年代測定の共同分析による検証試験

基本的な核鑑識技術を確立

ウラン粒子の電子顕微鏡画像

核鑑識技術の高度化

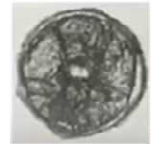
- 新たな年代測定法の開発（DOE共研、EC/JRC共研）
- 顕微鏡画像の定量評価手法の開発（DOE共研）



- 核鑑識の迅速化（例：年代測定における分離精製、異同識別の自動化）
- 信頼性向上（複数手法の適用による検証）

核・放射線テロ事象後を対象とした核鑑識に関する技術開発

- テロ被災現場での核・放射性物質、デブリの検出・回収技術
- 被災現場の環境試料に含まれる核・放射性物質のシグネチャ分析手法開発
- 使用前物質と起源特定（原子炉等）のためのシグネチャ解析手法開発



フォールアウト粒子の電子顕微鏡写真例
出典：ORNL: Post detonation Nuclear Forensics

核・放射線テロ事象前後の包括的核鑑識技術の確立

革新的な核鑑識技術開発

- 微細構造分析試料薄膜化処理技術の開発
- レーザー等を使用した新しい質量分析、分光分析技術の適用検討
- AI技術を利用した核物質シグネチャ解析
- 核燃料サイクル施設特有のシグネチャ解析

世界に先行する新しい核鑑識技術の開発

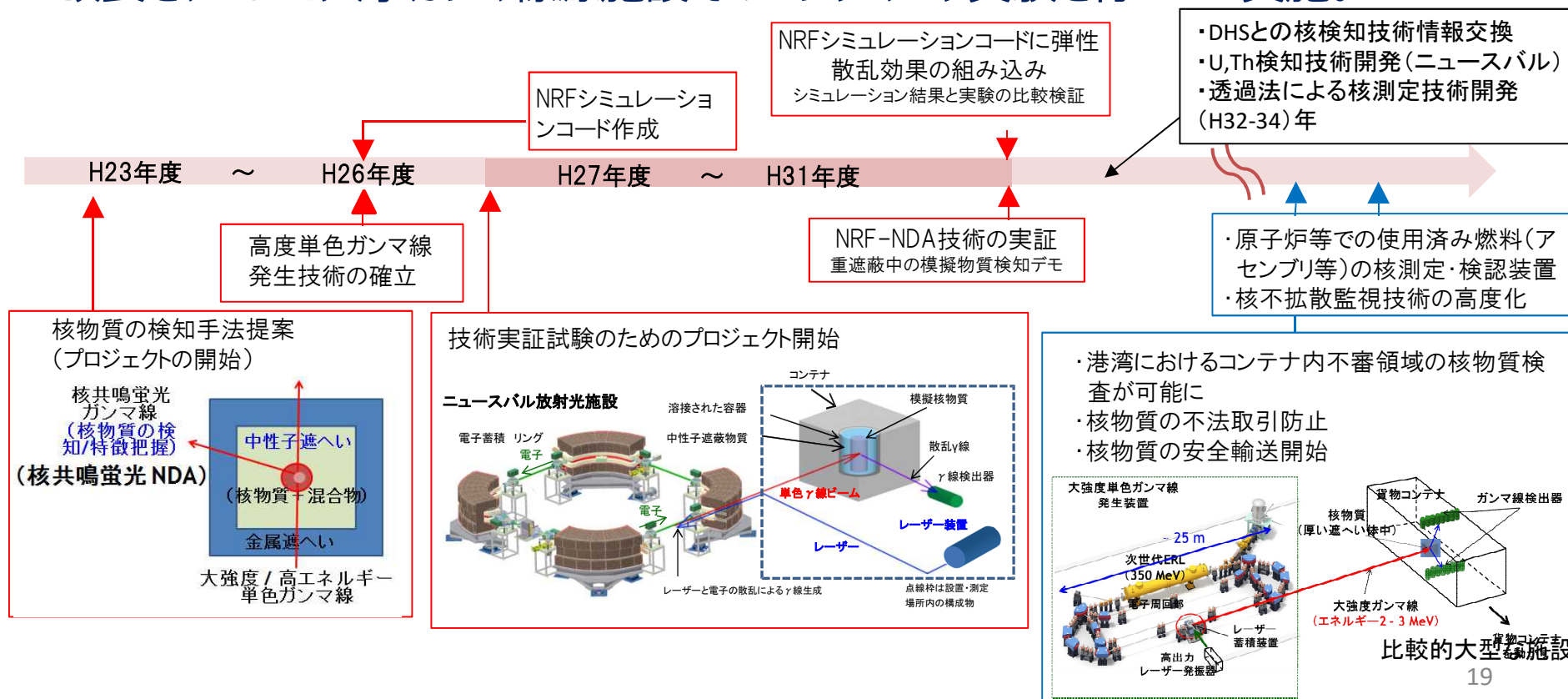
不法移転、核・放射線テロ等の現場で押収された規制外の核・放射性物質の出所や犯罪行為に使用された経緯を分析可能

- 原子力の安全・平和利用を進める国家の責任として整備が求められている核鑑識技術を確立
- 法執行機関の捜査を支援
- 核・放射性物質を使用した犯罪行為による公衆被曝リスクの低減⇒国民の安全性確保に貢献

3. 核共鳴蛍光 (NRF) -NDA技術実証試験

概要

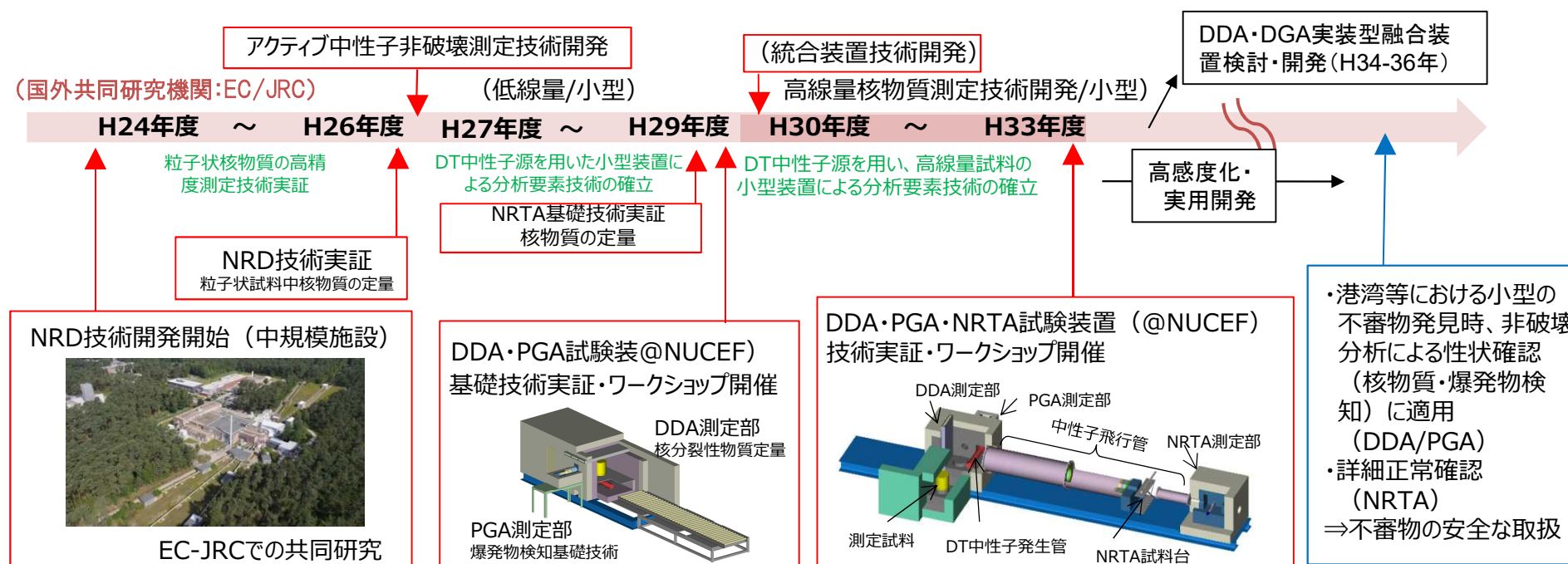
- ✓核物質の非破壊検知・測定を目的に、ニュースバル放射光施設で単色ガンマ線（数MeV級）を利用した核共鳴蛍光NDA技術の実証試験を実施。
- ✓核共鳴蛍光 (NRF) 反応シミュレーションコード (JAEA-NRFGeant4) の拡張改良を、Duke大学ガンマ線源施設でのベンチマーク実験を行いつつ実施。



4.1 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)

概要

- 高線量の核燃料物質を非破壊で定量的に測定する技術の開発を目指して、日欧の協力の下に、D-T中性子源を用いた統合型非破壊測定試験装置（DDA/PGA/NRTA統合試験装置）を製作し、性能の実証を行う。
(欧州共同研究機関：EC/JRC)
- この装置での試験により、核物質性状（どのような種類の核物質で、爆発物等が含まれるか）把握能力（核セキュリティ・核物質検知の観点）及び核物質中の核分裂性核種（核兵器物質）の量的把握能力（国際保障措置の観点）、を評価する。

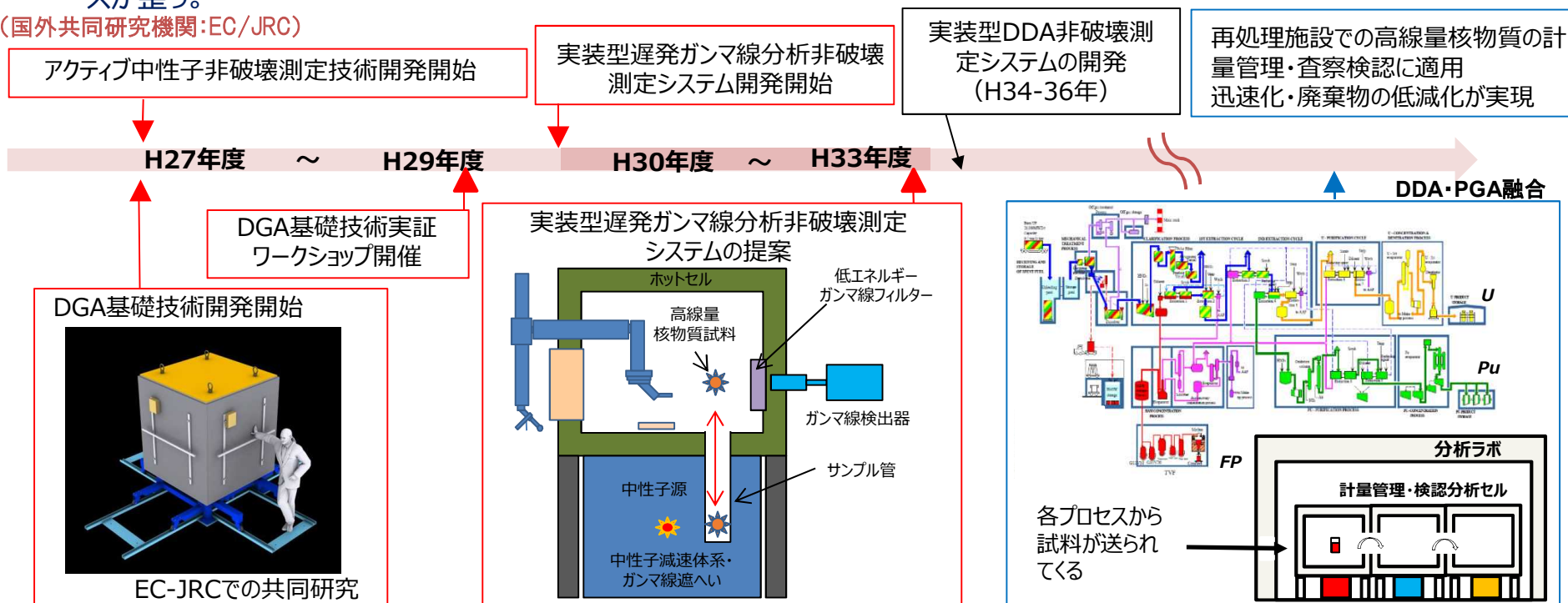


4.2 アクティブ中性子非破壊測定技術開発 (実装型遅発ガンマ線分析非破壊測定システム開発)

概要

- 高放射線核物質中の核分裂性核種比の定量分析法である遅発ガンマ線分析法（DGA）について、再処理施設のグローブボックスに取り付ける（実装型の）非破壊測定検認用モデル装置の設計及び試験体を用いる実証を、日欧の協力の下に実施する。（欧州の共同研究機関：EC/JRC）
- 遅発ガンマ線分析法（DGA）により、核物質中の核分裂性核種比を分析する実装型モデルの開発（実際に適用可能な詳細な設計を完成させ、その確認を一部の試験体での実証試験で行う）が目的であり、そのことにより、実際に再処理施設等への適用が視野に入り、保障措置の効率化（再処理施設へのIAEA査察業務量低減）に寄与するベースが整う。

(国外共同研究機関:EC/JRC)

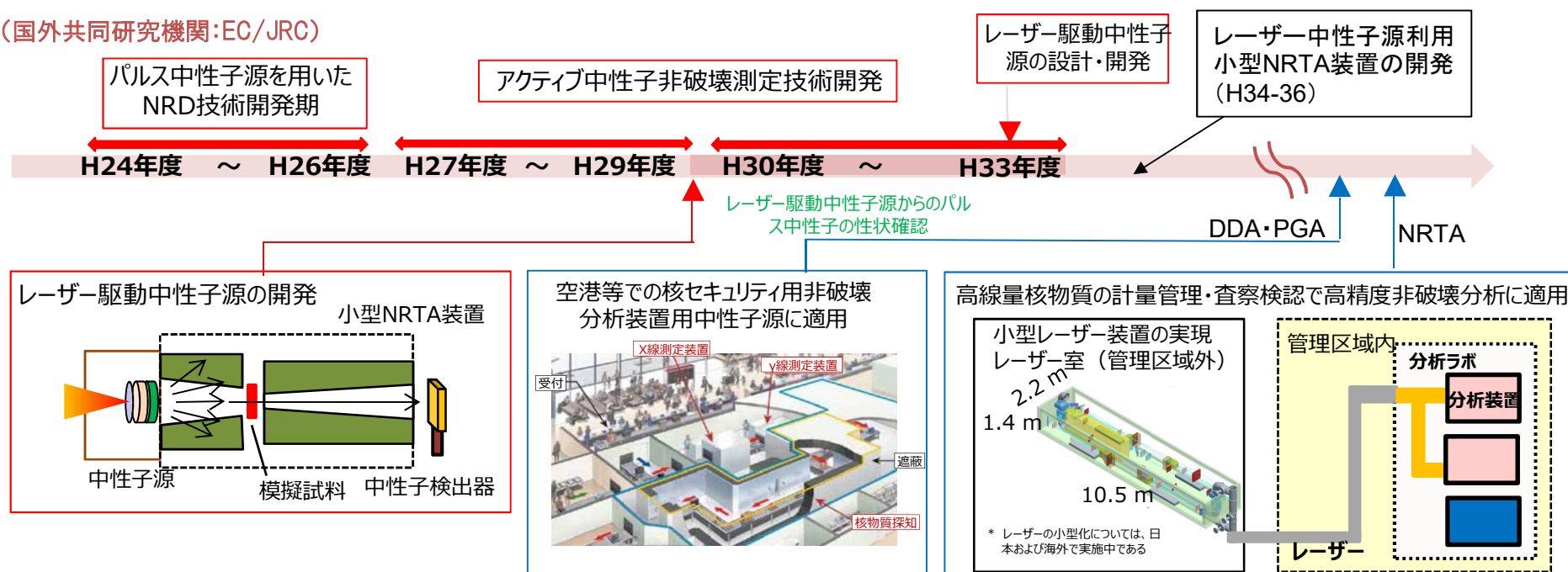


4.3 アクティブ中性子非破壊測定技術開発 (レーザー駆動中性子源開発)

概要

- アクティブ中性子NDA技術のうち、中性子共鳴透過解析法（NRTA）の将来的な小型実用化を目指す短パルス中性子源発生装置のプロトタイプの開発を行う。この開発を日本国内の大学と連携しつつ、欧州（EC/JRC）、米国（LANL、LLNL）との共同研究により進める。
- 中性子共鳴透過分析は、溶液以外の高放射線核物質（同様に、低放射線核物質）サンプル中の核物質同位体組成比を非破壊で分析できる技術であり、これまで破壊分析（化学分析）でしかできなかった質量分析の状況を大きく改善させる。
- この技術で施設に適用できる小型中性子共鳴透過分析装置は、保障措置業務の効率化に大きく寄与するが、その基本となるのはパルス中性子源の小型化であり、レーザー駆動中性子源はそれを可能にするものである。開発においては試作・評価を行った後、プロトタイプを製作し性能を実証する。

(国外共同研究機関:EC/JRC)

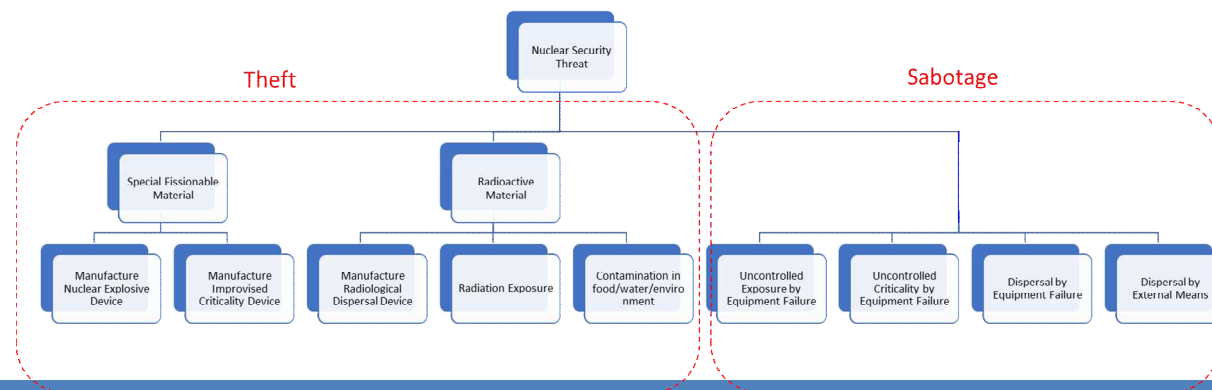
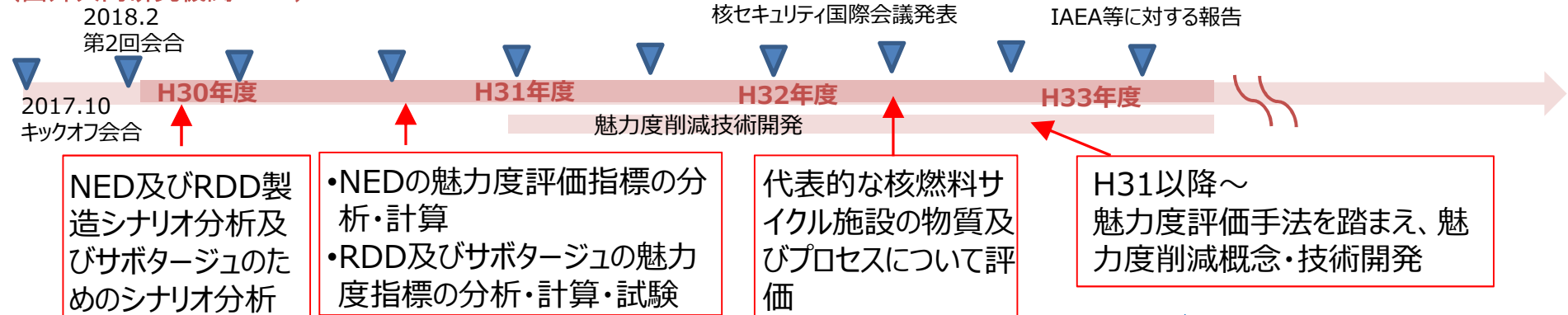


5. 核セキュリティ事象における魅力度評価に係る研究

概要

- 日米核セキュリティ作業部会の下で、核燃料サイクル施設に対する核セキュリティ上の3つの脅威である、核起爆装置（NED）及び放射性物質の飛散装置（RDD）の製造を目的とした盗取、原子力施設の妨害破壊行為（サボタージュ）に対しての包括的に核物質等の魅力度を評価手法を日米共同で開発する。
- 評価手法の開発に加えて、魅力度を削減する概念と技術を開発する。

（国外共同研究機関：DOE）



魅力度評価手法等の開発により、脆弱性評価の向上、核セキュリティ措置の最適化に反映させる