

# ISCN/JAEAの10年間の歩みと成果

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

センター長 直井 洋介

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  
令和2年（2020年）12月9日

# 発表内容

- ISCNの設置
- ISCNの活動
- 10年間のISCNの成果
- 次の10年間に向けて

# 核セキュリティ・サミットにおけるコミットメントと 核不拡散・核セキュリティ総合支援センター（ISCN）の設置

## 第1回核セキュリティ・サミット(2010年4月米国ワシントンD.C.)における日本のナショナル・ステートメント

『アジア諸国を始めとする各国の核セキュリティ強化に貢献するためのセンター（「アジア核不拡散・核セキュリティ総合支援センター（仮称）」）を日本原子力研究開発機構(JAEA)に設置する。IAEAや米国等とも連携しながらこのセンターを通じて人材育成事業を行い、国際的な核セキュリティ向上に貢献していく。より正確で厳格な核物質の検知・核鑑識技術を確立し、これを国際社会と共有することにより、国際社会に一層貢献していく』※

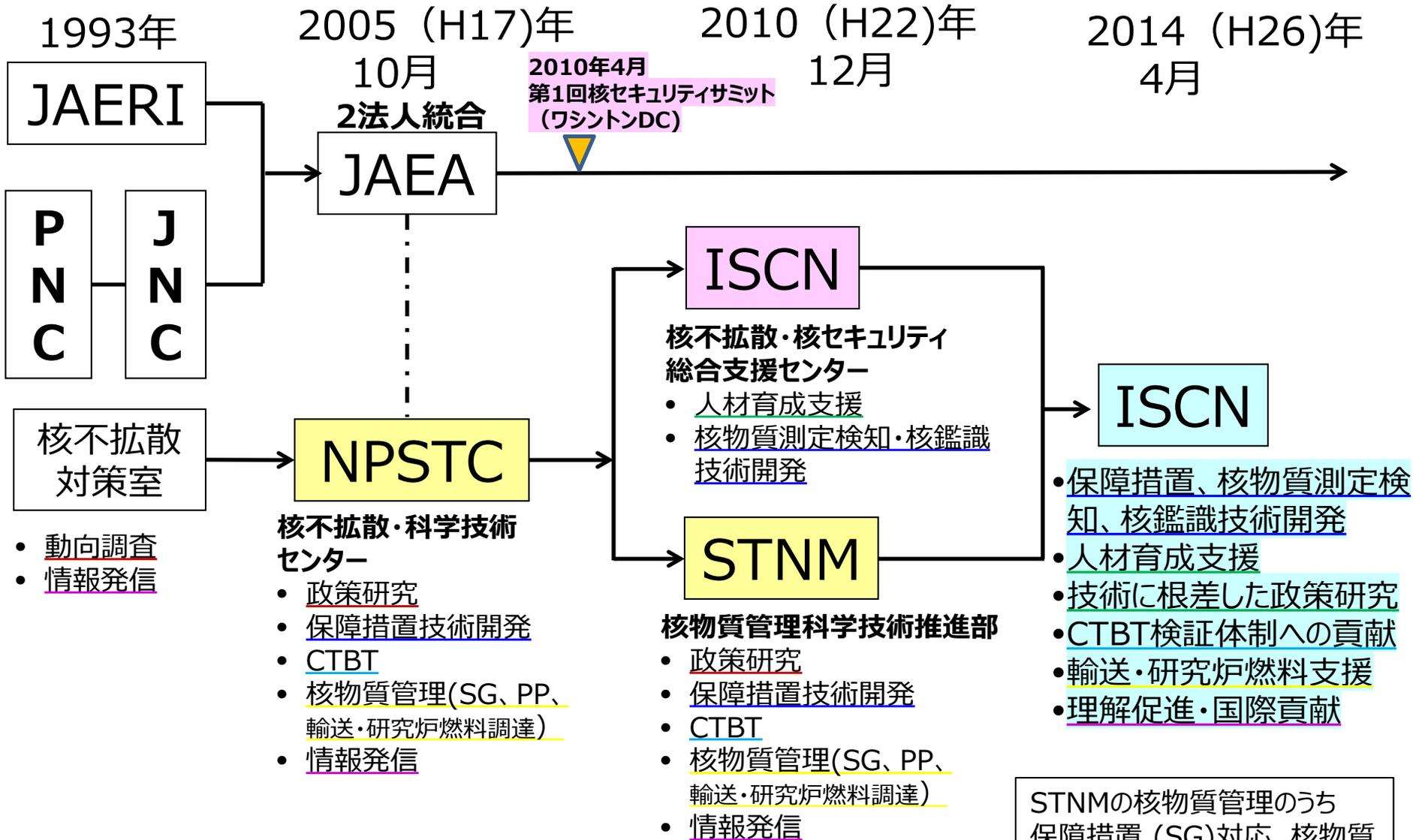


※出典 外務省ホームページ

[https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku\\_secu/2010/nastatement\\_wabun.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku_secu/2010/nastatement_wabun.html)

➡ 2010年12月核不拡散・核セキュリティ総合支援センター設置

# ISCNの沿革と活動



NPSTC : Nuclear Nonproliferation Science and Technology Center  
 ISCN : Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security  
 STNM : Department of Science and Technology for Nuclear Material Management

STNMの核物質管理のうち保障措置 (SG)対応、核物質 (PP)対応は安全・核セキュリティ統括部に移管された。

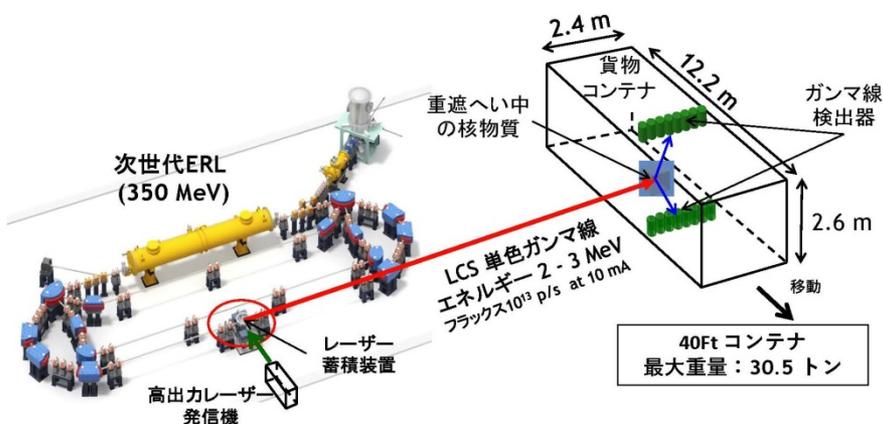
# 10年間のISCNの主な成果

- 核共鳴蛍光を用いた遮蔽された核物質の検知技術開発
- 4つのアクティブ中性子法(問いかげ法)を用いた核物質非破壊検知・測定技術開発
- 核鑑識技術開発
- CTBT国際検証体制への貢献
- 核不拡散・核セキュリティに関わる人材育成支援事業
- 政策研究
- 理解促進・国際貢献

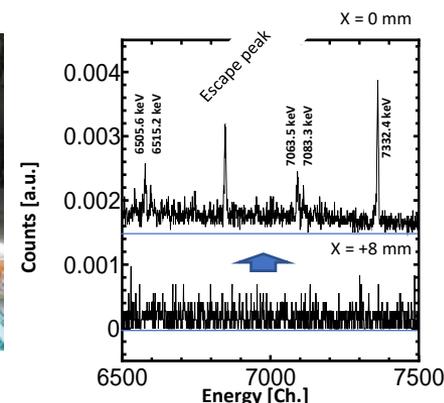
# 核共鳴蛍光による核物質の非破壊検知測定技術開発

**概要：** 特定のエネルギーを持つガンマ線を特定の原子核に照射すると、ガンマ線を吸収・放出する現象、核共鳴蛍光を利用し、港湾等における輸送コンテナで遮蔽物の中に隠された核物質を検知する技術開発を実施（H23年度から令和元年度）

**成果：** ①高エネルギー加速器研究機構（KEK）とJAEA量子ビーム応用研究センターとの共同研究で、エネルギー回収型リニアックとレーザー蓄積装置からレーザーコンプトン散乱（LCS）によって、単色性に優れた世界最大強度のガンマ線の生成に成功（H23～H26年度）  
②量子科学技術研究開発機構と兵庫県立大学との共同研究で、ニュースバル施設において、LCSガンマ線によって実際の遮蔽容器の中の核物質（模擬）が検知できる実証試験を行い、検知可能であることを実証（H27からR1年度）



遮蔽容器を模擬した鉄製の箱に、模擬試料(Pb-208)を入れ、LCSガンマ線を照射して、NRF散乱ガンマ線を容器横のGe検出器で測定



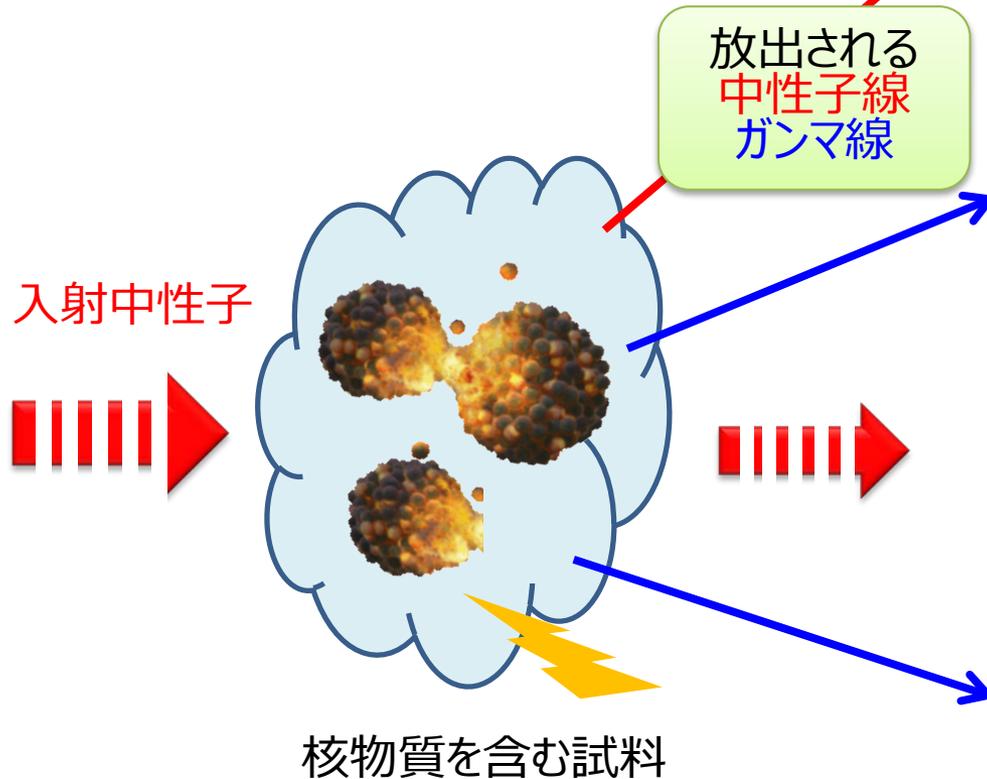
Ge検出器で測定された模擬核物質 (Pb-208)からのNRF散乱 $\gamma$ 線のピーク (7332.4keV他)を検知

隠蔽された核物質の検知（概念図）

核物質の検知に係る実証試験（2020年1月）

# 4つのアクティブ中性子法を用いた 非破壊核物質測定・検知技術開発

外部から中性子を照射し核反応を起こし、それに伴い放出される中性子線やガンマ線を測定する。



**ダイアウェイ時間差分析(DDA)**  
核分裂反応に伴う中性子放出を測定  
(核分裂性核種の総量)

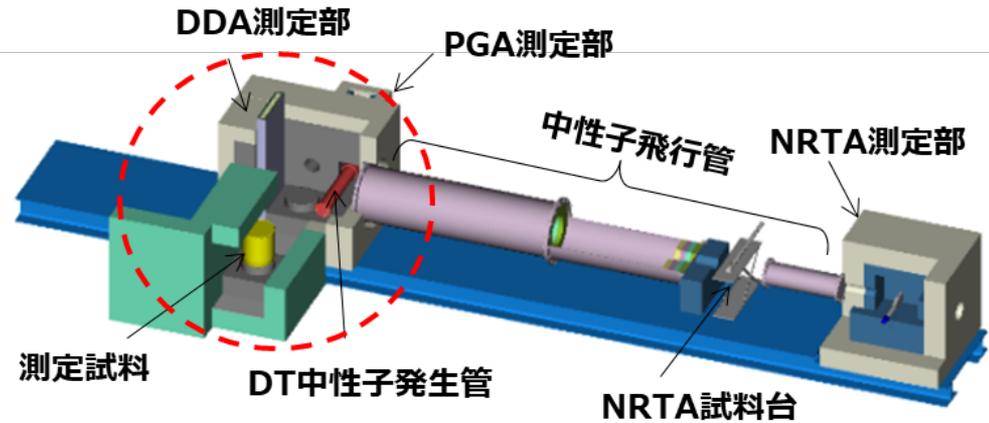
**即発ガンマ線分析(PGA)**  
中性子捕獲反応にともなう即発ガンマ線を測定  
(爆薬、中性子吸収剤、毒物等)

**中性子共鳴透過分析(NRTA)**  
透過中性子を測定  
(各核物質の量)

**遅発ガンマ線分析(DGA)**  
核分裂生成物の崩壊に伴うガンマ線を測定。  
(核分裂性核種の組成比)

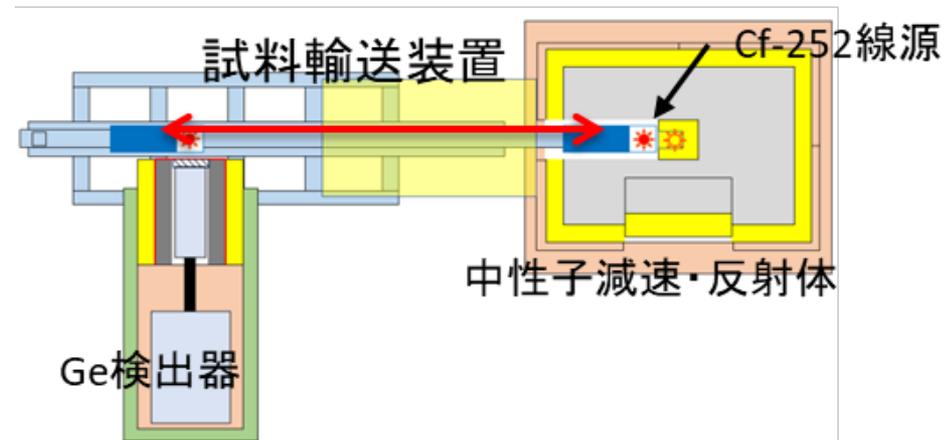
# アクティブ中性子非破壊分析技術開発

**これまでの成果：**原子力基礎工学研究センターが、DT中性子発生管を用い、DDA、NRTA、PGAの3つの技術を統合した試験装置を開発中である、これまでの成果として、想定よりも大幅に高い中性子発生物質（Cm-244 30 GBq相当）を含む試料中でも、20 mg のPu-239が測定できることを確認



統合試験装置

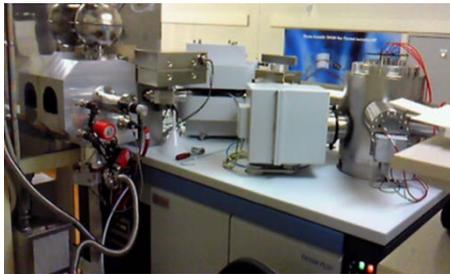
**これまでの成果：**DGAの開発では、ISCNが開発したCf-252を中性子源とした装置を用い、欧州委員会共同研究センター(EC/JRC)のイスプラ研究所（イタリア）において共同で実験を進めた結果、Cf-252線源を用いた試験装置でも遅発ガンマ線が得られ、装置の小型化・再処理施設等への適用の可能性を確認



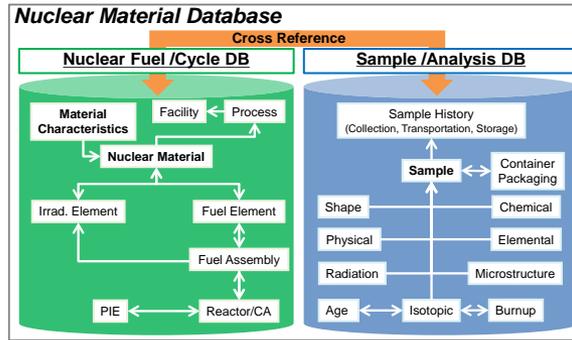
遅発ガンマ線分析試験装置

# 核鑑識技術開発

H23-26年度  
(2011-2014):  
基本的な  
核鑑識技術の  
整備



表面電離型試料分析装置の整備  
(ウラン同位体比測定技術開発)



分析データを照合する核物質データベース (プロトタイプ核鑑識ライブラリの開発)

H27-30年度  
(2015-2018):  
核鑑識技術の  
高度化

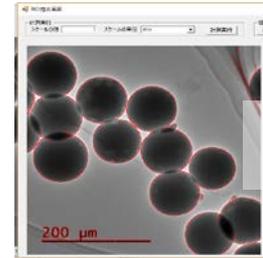
基本的な核鑑識技術整備での知見をもとに、より高度な分析・解析技術を開発

Th isotope ratio      U isotope ratio

$$\frac{\left(\frac{^{230}\text{Th}}{^{234}\text{Th}}\right)_{\text{measured}} \times \left(\frac{^{234}\text{Th}}{^{238}\text{U}}\right)_{\text{measured}}}{^{230}\text{Th} / ^{238}\text{U}} = \frac{\left(\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}\right)_{\text{measured}}}{^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}}$$

$= 1.45 \times 10^{-11}$  (Radioactive equilibrium)

In-situウラン年代測定法  
(新しいウラン精製時期分析技術開発)

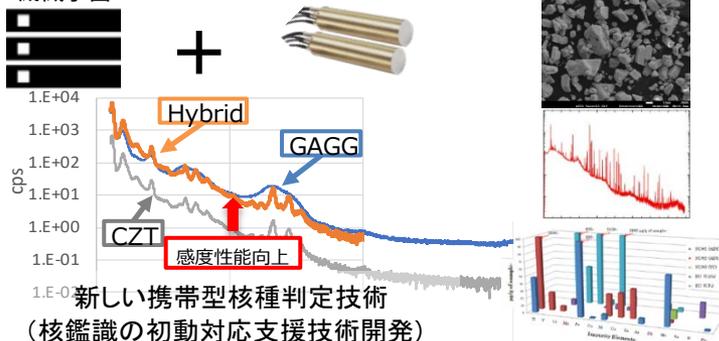


電子顕微鏡画像解析ツール  
(核物質粒子形状解析技術開発)

H30年度~  
(2018~):  
核鑑識の  
社会実装に  
向けた  
技術開発

将来的な核鑑識の社会実装に向けて、技術的課題解決のための研究開発

機械学習 複数の小型・安価な放射線検出器



(画像データ)

(計測データ)

(数値データ)

人工知能(機械学習)アルゴリズム  
による客観的な分析データの解釈と、  
核物質・放射性物質の起源等特定

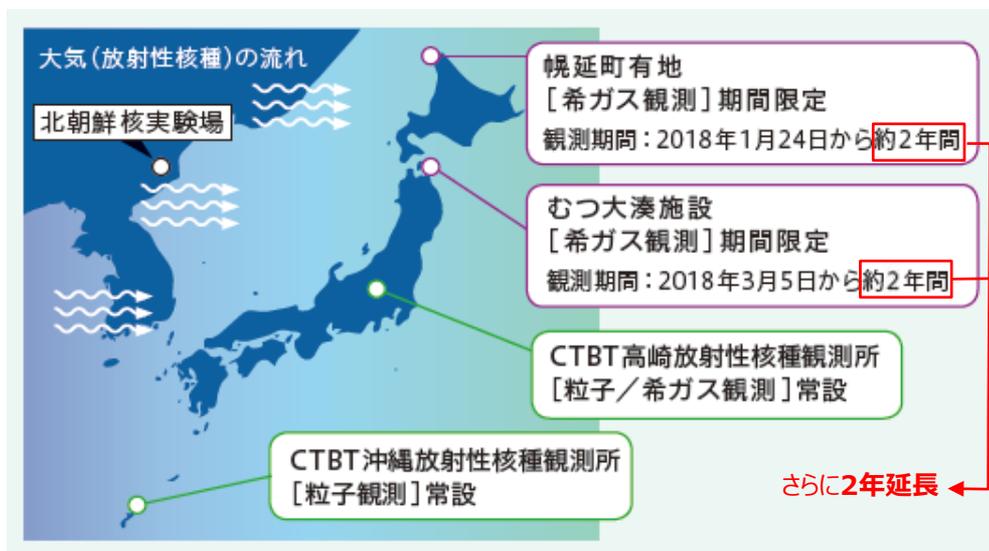


人工知能による分析データ解析技術  
(新技術の核鑑識への適用に関する技術開発) 8

# CTBT国際検証体制への貢献

JAEAは条約議定書に定められた沖縄と高崎のCTBT国際監視施設及び核実験監視のための国内データセンターの運用を実施。北朝鮮の過去6回の核実験では2013年の第3回目のみ核実験由来の希ガスを検知。地下核実験の場合は希ガスは封じ込められ検知が困難。

CTBT機関とともに核実験検知能力を高めるために、放射性希ガスのBG挙動を調査する共同観測プロジェクトを青森県むつ市で過去に2回実施してきた。2018年からは、青森県むつ市と北海道幌延町に移動型の希ガス観測装置（TXL）を設置してBG測定を継続中。この観測は、さらに、2年間の延長が決まり2022年3月まで継続予定。



むつ市での設置  
とTXL室内の  
様子

原子力機構が運用管理するCTBT放射性核種観測所と  
移動型希ガス観測装置の設置場所

# 人材育成支援事業の目的と概要

- 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中で培った経験等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に重点を置いたトレーニングを実施して本分野での能力向上を図るとともに、アジア地域における自立的な能力維持向上の仕組み構築につなげる。
- 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つけて効率的に実施するとともに、個別ニーズに応えるために、当該国を往訪し現地で開催するトレーニングも行う。

## 1.核セキュリティコース

## 2.保障措置・計量管理制度コース

## 3.核不拡散に関わる国際的枠組みコース（二国間協力）

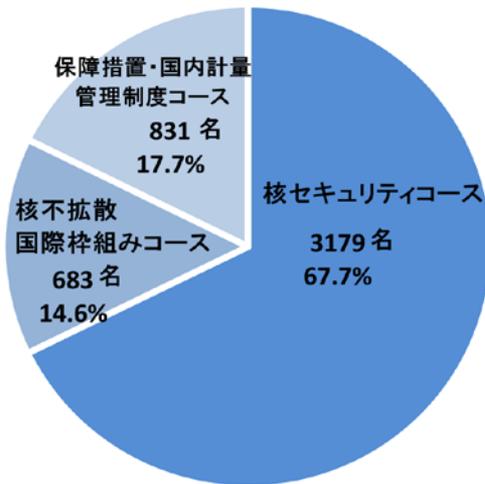
当初の目標	平成22年	平成27年	令和2年
短期：IAEA、米国、EU等のカリキュラムを参考にしたトレーニングの国際共同実施			
中期：自立したトレーニングの実施、日本の特徴を付加したトレーニングの開発・実施			
長期：内外のベストプラクティスや最新の技術等を取り入れた、日本独自のトレーニングの開発・実施			

# ISCNの人材育成支援事業の成果

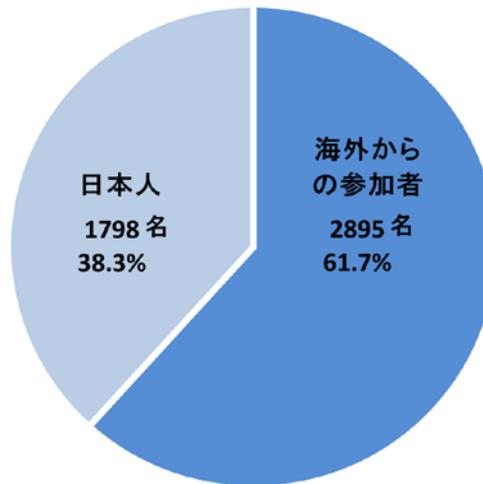
## これまでの成果の概要（平成23年1月から令和2年11月までの実績）

- 国内外に187のトレーニングコースを提供し、99か国、6国際機関から4,693名が参加
- コース直後のアンケート及び参加者の中から選別して数年後に追跡調査を行いトレーニングの効果を確認

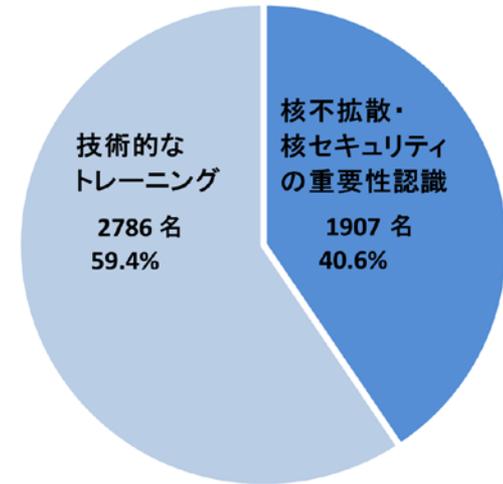
コースピック



海外及び日本からの参加者



コースタイプ



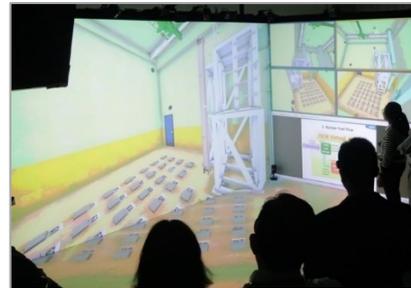
講義



グループ演習



VRシステム



PP実習フィールド



# オンライントレーニングの開発について

## COVID-19下での人材育成支援

- 2020年3月以降海外参加者向けトレーニングはすべて延期
- 国内参加者向けは9月以降、適切な感染対策を講じて実施



- 海外向け主要トレーニングのオンライン化（2020年4月～） – 世界に先駆けて実施
  - 核物質防護（PP）地域トレーニング（RTC） – 米国SNLと協力 – （10月19日～30日）
  - IAEA保障措置のための国内計量管理制度（SSAC）地域トレーニング（RTC） – IAEAと連携 – （11月9日～20日）
- EラーニングとWeb会議ツール（Zoom meeting）を用いた双方向セッションの組み合わせ
- バーチャルツアー（VT）の開発
  - 研究炉施設のVTを用いたIAEAへの設計報告作成演習
  - 核物質防護（PP）フィールドのVT



- オンラインの特性を生かし、対面型トレーニングと組み合わせることでより効果的なトレーニングを提供できる可能性

# 政策研究

核不拡散・核セキュリティ上の課題について、国の政策立案を支援するため、技術的知見に基づく政策的研究を実施

2018年より、非核化達成のための要因分析と技術的プロセスに関する研究に着手

- ✓ 公開情報を基に、過去に核兵器開発、非核化を実施した、又は非核化に向けた取組を実施しているなどの国として、南アフリカ、リビア、イラン、イラク、ウクライナ、カザフスタン、ベラルーシ、北朝鮮及びシリアについて、事例調査を実施
- ✓ 核兵器取得の動機、非核化を決断した時点の内外情勢、制裁等の効果、非核化の方法、検証方法・検証者等について、分析を実施
- ✓ 今後は、核兵器及び開発・生産プロセスの廃棄、並びにそれらの検証に係る技術的プロセスの検討を実施予定



**Kalahari Nuclear Test Sit, South Africa**  
Source: IAEA, Against the Spread of Nuclear Weapons: IAEA Safeguards in the 1990s



**P1 gas centrifuges stored at Oak Ridge National Laboratory which were transferred from Libya**  
[http://www.nti.org/media/images/1540\\_libya.jpg?\\_=1330127318](http://www.nti.org/media/images/1540_libya.jpg?_=1330127318)

# 理解促進・国際貢献

原子力の平和利用を進めるにあたり、核不拡散・核セキュリティを確保する重要性を理解いただくことは重要であり、ISCNの活動を含めて理解促進活動を実施

- 最新の核不拡散・核セキュリティなどに関わる動向の分析・解説、ISCNの活動の紹介を行う「ISCNニュースレター」を毎月発行（メールマガジン+HPにup）
- 年に1回、東京にて国際フォーラムを開催。
- IAEA総会や核セキュリティ国際会議などを活用したサイドイベントやブース展示

IAEAの専門家会合などに職員を派遣し、また、IAEA等の国際会議の技術セッションなどで座長を務めて国際貢献



国際フォーラム（2019年12月東京）



IAEA核セキュリティ国際会議でのサイドイベント  
（輸送セキュリティ国際シンポジウムの成果の報告）

## 次の10年に向けて

- インドや中国などで原子力利用拡大の動きがある一方、原子力機微技術および核兵器級核物質の拡散の懸念や、イランおよび北朝鮮の核開発への懸念、核テロへの懸念が高まっており、原子力安全と核不拡散・核セキュリティの統合的推進が必要な時代
- ISCNは、核拡散・核テロの脅威のない世界をめざして、核鑑識や核検知技術、新たな核物質検認技術などの開発と社会実装を進めるとともに、おもに原子力新興国に向けた人材育成支援を進め、核不拡散の一層の強化と核セキュリティの向上に貢献
- また、これまでに培った技術や知見を効果的に活用し、非核化にも貢献