

30th ANNIVERSARY



核不拡散・核セキュリティにおける 米国 DOE/NNSAとJAEAの協力

Our Shared Accomplishments



Lisa E. Gordon-Hagerty

Under Secretary for Nuclear Security of the U.S. Department of Energy
Administrator of the National Nuclear Security Administration

米国エネルギー省 国家核安全保障庁長官



I would like to thank and congratulate all of the dedicated people who have built the cooperation between DOE/NNSA and JAEA on nuclear nonproliferation and nuclear security over the past 30 years. This milestone is an opportunity to celebrate and to reaffirm the importance of this cooperation moving forward. It is our strong desire to continue this partnership in our mission to enhance international nuclear nonproliferation and nuclear security.

これまで30年以上にわたって核不拡散と核セキュリティの分野において、米国エネルギー省 国家核安全保障庁(DOE/NNSA)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の協力関係の構築に捧げたすべての皆様に、感謝の意と祝意を申し上げたいと思います。

今回の大きな節目は、将来へ向かうこの協力関係の重要性を祝福し、また再認識する重要な機会です。国際的な核不拡散及び核セキュリティを高めるという私たちのミッションにおいて、我々はこのパートナーシップを継続させる強い意志を持っております。

(訳責：日本原子力研究開発機構)

児玉 敏雄

日本原子力研究開発機構 理事長



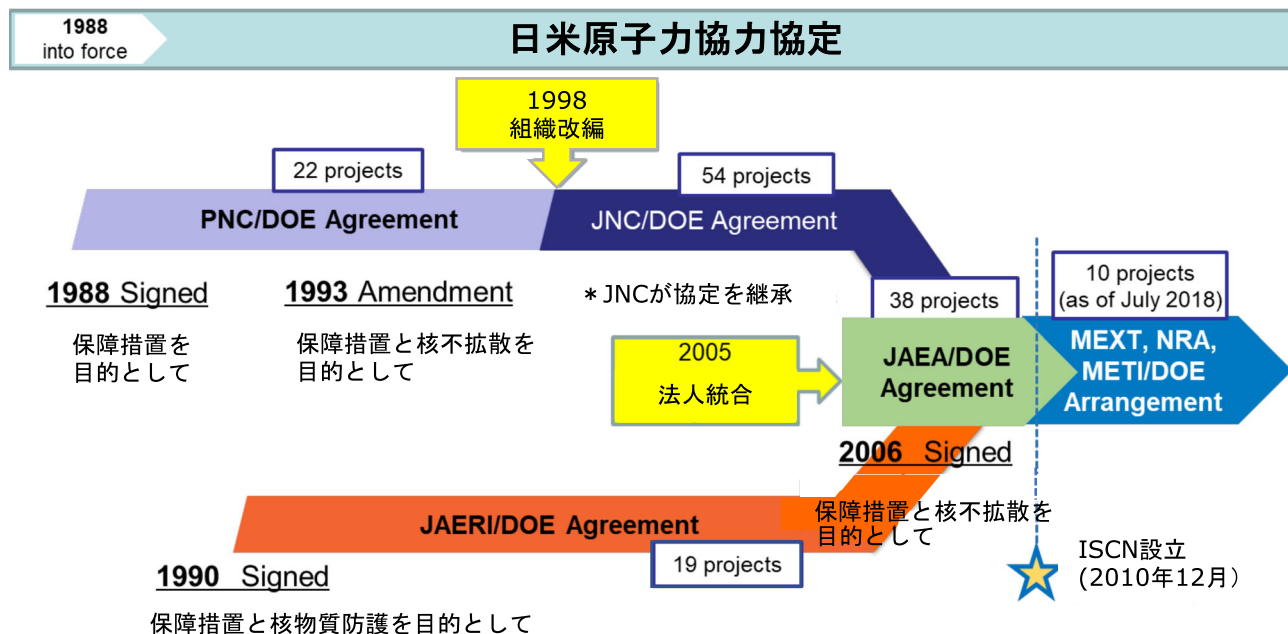
核不拡散及び核セキュリティ分野における米国エネルギー省 国家核安全保障庁(DOE/NNSA)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の協力が30周年を迎えたことに、深い感謝の意を申し上げます。

この協力が国際原子力機関(IAEA)の保障措置活動及び核セキュリティ活動に貢献し続けてきたこと、また、国際的な核不拡散及び核セキュリティの強化の一翼を担っていることを誇りに思います。

日本原子力研究開発機構は、この協力関係が今後も発展していくことを心から望んでおります。

協力の枠組の歴史

DOE/NNSAとJAEAの保障措置のための協力活動は、協定が締結された1988年以降、30年以上にわたって継続されています。この協力の目的は、原協定において保障措置のための計量管理の方策として具体化されました。この協力関係は、原子力機構の施設に対する信頼性の高いIAEAの保障措置制度を確立するにあたって中心的な役割を担ってきており、効率性と効果を向上しつつ、統合保障措置への移行に貢献しております。近年、この協力の目的は核不拡散と核セキュリティにまで拡大されています。この枠組の下でのプロジェクトは2018年7月時点で143件にのぼっています。



PNC	動力炉・核燃料開発事業団 Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (1967年発足)
JNC	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute (PNCを改組し、1998年発足)
JAERI	日本原子力研究所 Japan Atomic Energy Research Institute (1956年発足)
JAEA	日本原子力研究開発機構 Japan Atomic Energy Agency (JNCとJAERIの統合 2005年発足)
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
MEXT	文部科学省 Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (JAEAの主管官庁)

プロジェクトの推移

協力活動の数(5年毎)

JAEAの施設に対する信頼性の高い保障措置システムの確立

JAEAにおける保障措置の効果と効率性の向上

JAEAに対する保障措置のグレードアップとさらなる高度化

先進的保障措置のための基礎的な研究開発

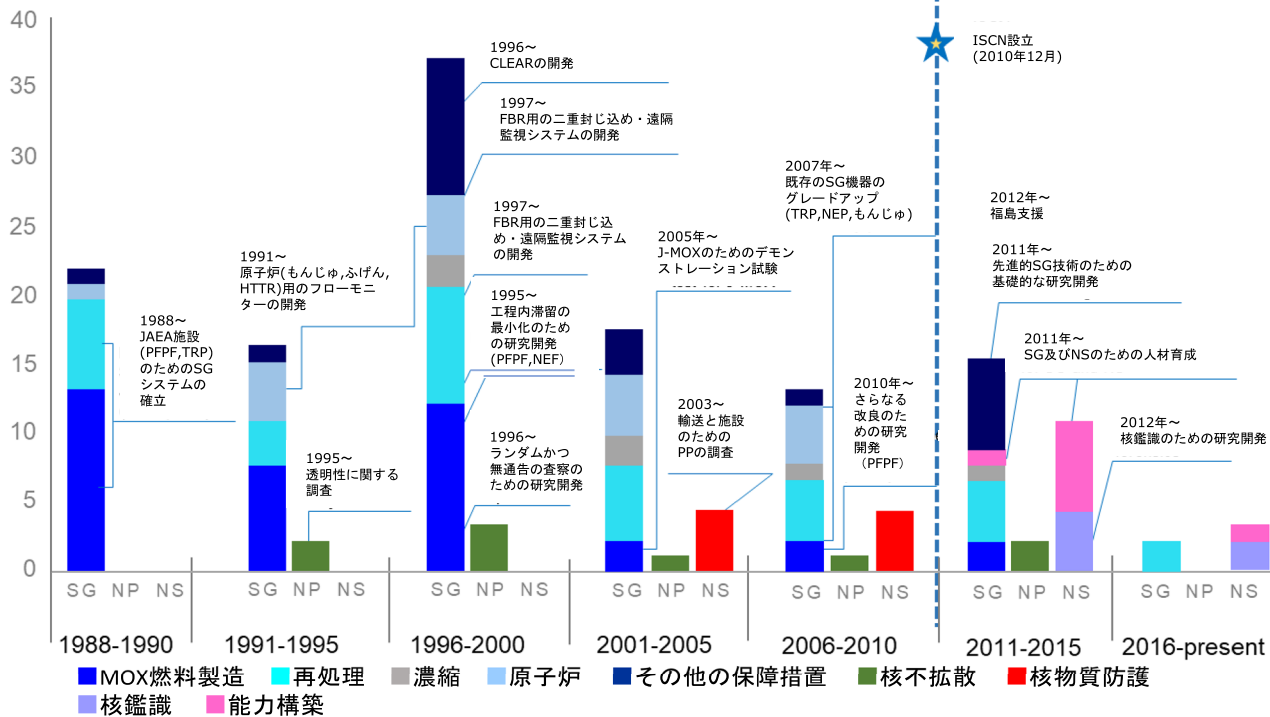
JAEAにおける保障措置課題の解決

他の商業用施設の支援

核物質防護のための調査

核鑑識のための研究開発

人材育成のための協力



PFPF	プルトニウム燃料製造施設 Plutonium Fuel Production Facility	CLEAR	高度環境分析研究棟 Clean Laboratory for Environmental Analysis and Research
TRP	東海再処理工場 Tokai Reprocessing Plant	J-MOX	日本原燃株式会社 (JNFL) MOX燃料施設 Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL)'s MOX Fuel Plant
NEP	人形峠ウラン濃縮工場 Ningyo-toge Enrichment Plant	SG	保障措置 Safeguards
HTTR	高温工学試験研究炉 High Temperature engineering Test Reactor	NP	核不拡散 Nuclear nonproliferation
C/S	封じ込め・監視 Containment and Surveillance	NS	核セキュリティ Nuclear security
FCA	高速臨界実験装置 Fast Critical Assembly	PP	核物質防護 Physical protection
もんじゅ	高速増殖原型炉もんじゅ Monju prototype fast-breeder reactor		
ふげん	ふげん発電所 Fugen nuclear power plant (advanced thermal reactor)		

協力の方向性

これまで及び現在の協力の方向性について、下図に要約します。DOE/NNSAとJAEAの間の協力活動は、JAEAの施設における信頼性の高い保障措置システムの確立や、その効率と効果の改善において重要な役割を果たしてきました。これらは日本に対するIAEAの「拡大結論」(*)と2004年に開始された統合保障措置への移行に貢献してきました。最近では、IAEAに対する包括的な支援及び国際的な核セキュリティ強化に向けた、様々な活動が行われているところです。

(*)「拡大結論」:「保障措置下にある核物質の転用」及び「未申告の核物質及び原子力活動」が存在しない旨の結論

JAEAの施設における効率的な保障措置システムの確立を目的としたもの (1980年代末~1990年代)

- ・ プルトニウム燃料製造施設用の「非立合型・検認装置」による効率的な保障措置の確立
- ・ 高速炉臨界実験装置、もんじゅ、ふげんへの二重の封じ込め・監視及び遠隔監視システムの適用
- ・ 無通告かつランダムな査察の適用検討

JAEAの施設におけるさらなる効果的な保障措置システムを目的としたもの (1990年代中頃~)

- 新たな非破壊測定装置により、大型施設において明らかとなった保障措置上の課題を解決
- ・ プルトニウム燃料製造施設及び人形峠ウラン濃縮工場における核物質不明量の減少
 - ・ 再処理工場における受払間差異の最小化

2004

IAEAの「拡大結論」
統合保障措置への移行開始

JAEAの施設に対する「査察員数・日数」の抜本的な減少
約1200→約600 (2016年時点)
施設の稼働時間の最大化

IAEAの保障措置に対する包括的な支援 (2010年代~)

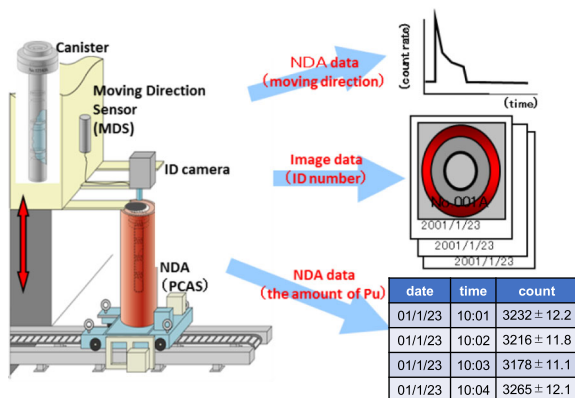
- ・ 環境試料分析のための「高度環境分析研究棟」(CLEAR)の建設(1990年代中頃~)
- ・ 商業用施設における保障措置システムの確立のための支援
- ・ 加盟国の保障措置におけるIAEAによる能力構築活動の支援
- ・ 先進的な保障措置のための基礎的な研究開発の実施

核セキュリティの強化 (2000年代~)

- ・ 核物質防護の効果的な実施のための調査の実施
- ・ 核鑑識用技術の研究開発
- ・ ISCNがDOE/NNSAと連携の上、トレーニング・コースを通じて能力構築を支援

効率的なIAEA保障措置システムの確立に向けた挑戦

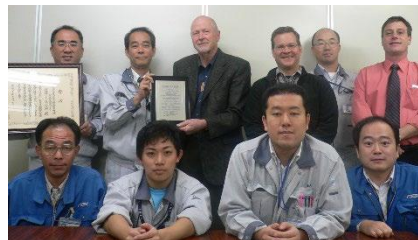
自動化されたMOX燃料製造施設用の「非立合型非破壊検認装置」と「遠隔モニタリング」



「非立合型・検認装置」の概念

1988年FBR燃料製造のため「プルトニウム燃料製造施設(PFPF)」が茨城県東海村に建設されました。同施設には様々な自動・遠隔製造技術が取り入れています。

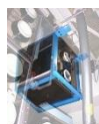
施設運転への影響を最小化し、効率的かつ効果的な保障措置の実施のため、非立合型非破壊検認装置、先進的な封じ込め・監視(C/S)システムを開発し、設置されました。



グローブボックス
測定システム
(GBAS)



工程内搬送容器
測定システム



燃料ピン
測定システム



プルトニウム保管容器
測定システム (PCAS)



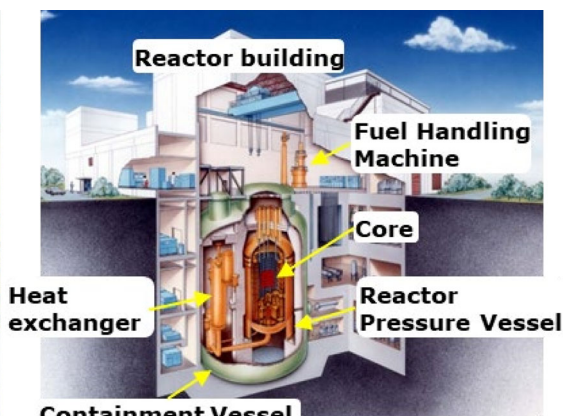
燃料集合体
測定システム

プルトニウム燃料製造施設の「非立合型非破壊検認装置」と「封じ込め・監視システム」

高温工学試験研究炉の接近困難区域における使用済燃料モニタリング



UFFM



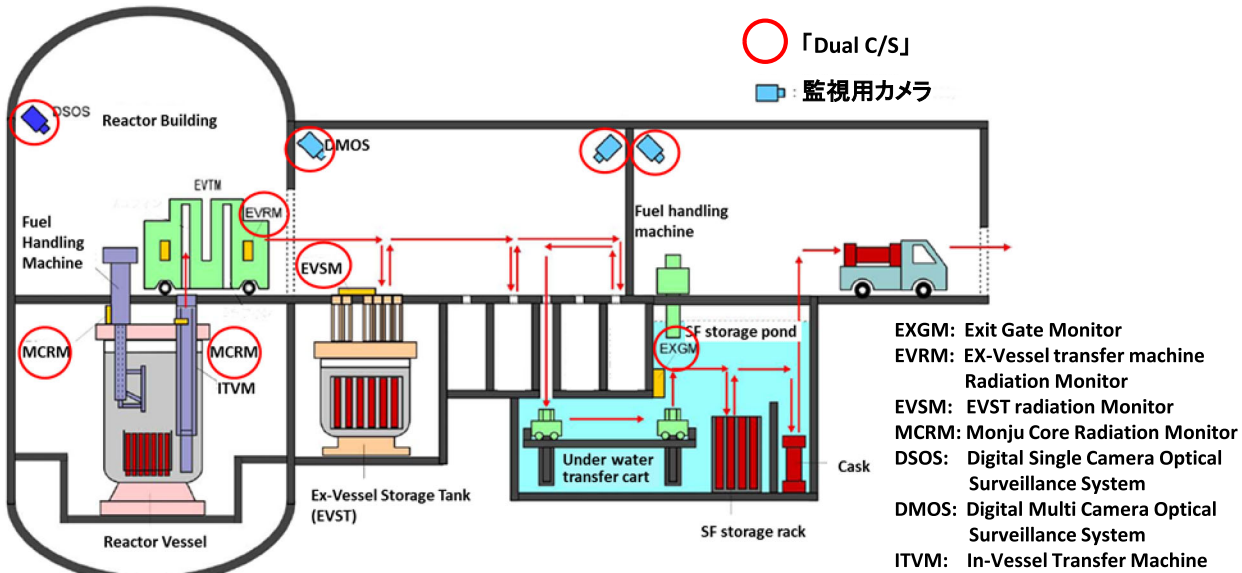
高温工学試験研究炉の断面図

高温工学試験研究炉(HTTR)は、ブロック型燃料のガス冷却原子炉です。使用済燃料は接近困難区域にあるため、それらを直接目視による検認は困難です。

そのため「非立合型・使用済燃料フローモニター」(UFFM)を開発しました。UFFMは燃料の数と動く方向きを自動でモニタリングします。UFFMは、査察人工数の削減に貢献しています。

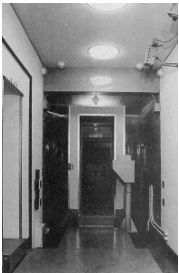
接近困難区域での保障措置手法の課題解決

高速増殖原型炉もんじゅは1991年に建設され、1994年に初臨界を達成しました。炉心燃料は、高速増殖炉は冷却材にナトリウムを使用していること、燃料の移送ルートがアクセスが困難な区域にあることから、炉心燃料を目視することは困難です。この課題を解決するため、監視用カメラ及び放射線測定器からなる「二重封じ込め・監視システム(Dual C/S)」を開発し、設置されました。

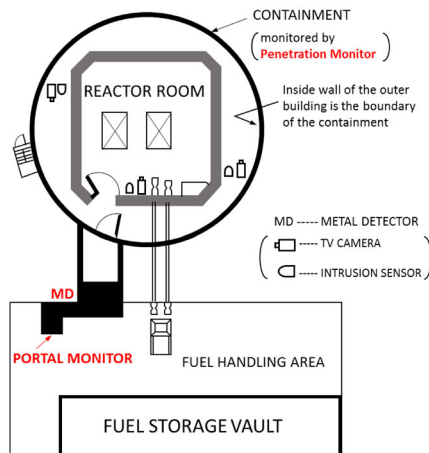


「もんじゅ」の使用済燃料移送に係る保障措置関連設備

高速炉臨界実験装置の「査察人工数」の削減



金属探知機



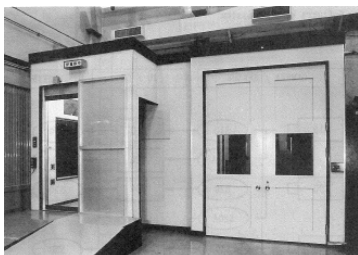
FCAの「封じ込め・監視システム」の概念

高速炉臨界実験装置 (FCA) は、金属プルトニウムと高濃縮ウランを使用しています。非破壊測定装置による測定が2週間に1度要求されていました。

「査察人工数」の削減のため、ポータルモニタとペネトレーションモニタを含む「統合型封じ込め・監視システム」を開発し、設置されました。



ペネトレーションモニタの制御・記録用ユニット



ポータルモニタの検査用ユニット

効率的なIAEA保障措置制度の確立に向けた挑戦

MUF（在庫差*）の削減のための取り組み

工程内に滞留している核物質及び廃棄物に含まれる核物質は、バルク取扱施設でのMUF（在庫差）の主な原因です。不純物を含むスクラップも、正確な測定が困難であることから、MUFの原因となっています。複数の非破壊測定システムが、それらの課題を解決するために開発されました。

*：帳簿在庫量と実在庫量との差

MOX 施設

工程内滞留核物質の測定



改良型グローブボックス測定システム（SBAS）

SBASはグローブボックス測定システム（GBAS）をベースに開発され、より正確な測定が可能です。

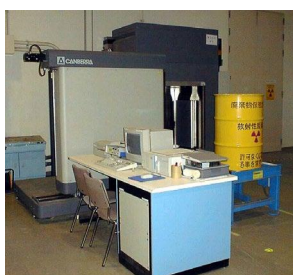
プルトニウムを含むスクラップの測定



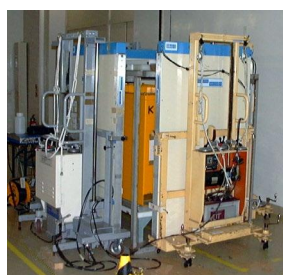
プルトニウム スクラップ測定装置（PSMC）

PSMC は、マルチプリシティ法により不純物を含むプルトニウムを測定することができます。

廃棄物の管理



廃棄物ドラム缶測定システム（WDAS）



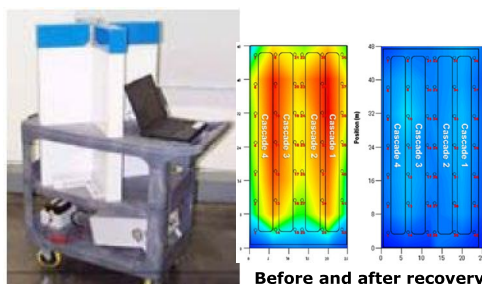
大型容器測定システム（BBAS）



廃棄物コンテナ測定システム（WCAS）

ウラン濃縮プラント

遠心分離機内滞留物質の測定



ウランホールドアップの中性子測定装置（PNUH）

廃棄物管理



パッシブ中性子NDA測定装置（NWS）

受払間差異（SRD）の削減と再処理施設での「測定済廃棄」に関する 保障措置アプローチ確立への取組み

受払間差異（SRD）は、原子炉からの払出しデータと再処理工場での受入れデータとの差ですが、再処理工場の持続的な操業にとっての主要な課題です。「ハル缶測定モニタリングシステム」（HNNS）は、受払間差異を改善するため、ハルに残留している核物質を測定することが可能です。また、「ガラス固化体測定装置」（VWCC）は、測定済廃棄のためにガラス固化体中に含まれている核物質を測定することが可能です。これらの非破壊測定システムは、再処理工場における効果的かつ効率的な保障措置に貢献しています。



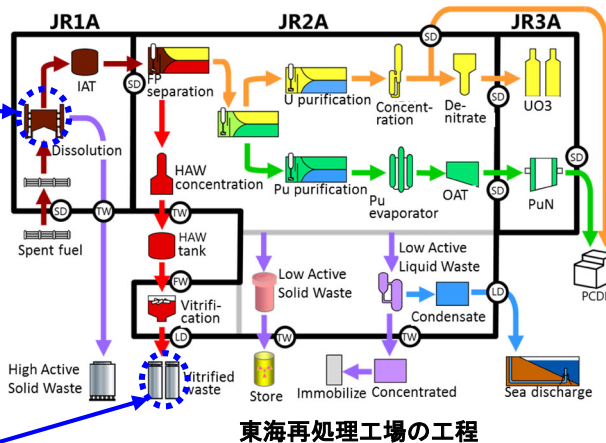
ハル缶測定
モニタリングシステム（HNNS）

ハルに残留してい
る核物質の測定



ガラス固化体測定装置（VWCC）

ガラス固化された廃棄物中の
核物質の測定



東海再処理工場の工程

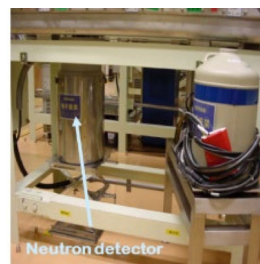
破壊分析試料削減するため非破壊測定の精度向上に関する取組み

破壊分析（DA）用の保障措置試料は、査察者及び事業者の双方にとって負担となるものです。破壊測定試料数の削減に向け、非破壊測定（NDA）の測定精度を破壊測定（DA）レベルとするための取り組みを精力的に行っています。



熱中性子マルチプリシティカウン
ター（ENMC）

ENMCは、もともとMOX燃料のスクラップ部
材の測定を目的としていましたが、測定の精度
が向上されました。



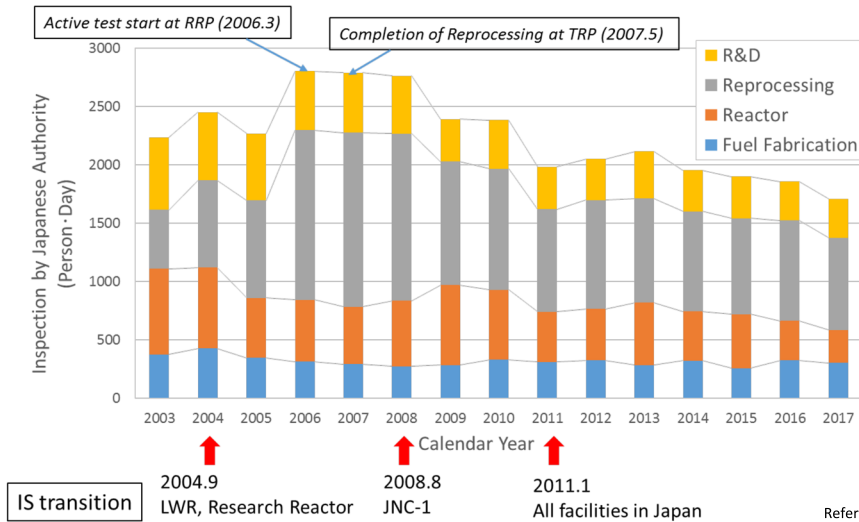
INVSの改良: Inventory Sample
Counter

INVS は、もともと中性子の同時計数分析
用に機器でした。シールドを追加すること
によって、INVSはマルチプリシティ分析の測
定能力を示しています。

最近の特筆すべき取り組み

IAEAの「拡大結論」、統合保障措置への移行、及び商業用施設への貢献

DOE/NNSAとJAEAの協力は、長期間にわたり、効果的かつ効率的な保障措置が適用された原子力エネルギーの平和利用を推進するという目的で、積極的に取り組んできました。それらの取り組みは、統合保障措置への移行、商業用施設の設計と操業に貢献いたしました。IAEAは、2004年6月にわが国に対して、フルクローズの核燃料サイクル施設を有する最初の国として「拡大結論」を発出しています。



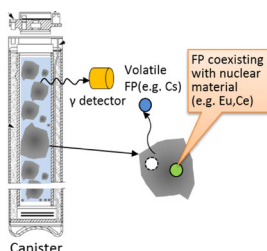
わが国に対する査察の「人工数」の推移

Reference : http://nsearch.cao.go.jp/cao/search.x?q=%95%DB%8F%E1%91%5B%92u%8A%88%93%AE&mode_ja_aec=ja_aec&page=1&ie=SJIS&tmpl=ja

未来へ向けた先進的技術開発のための最近の取り組み

福島第一原子力発電所 における保障措置に関する協力

- チェルノブイリ原子力発電所及びスリーマイル島原子力発電所2号機の原子炉事故に対して適用された保障措置及び計量管理のアプローチのレビュー
- 福島第一原子力発電所における保障措置と計量管理のために適用可能な技術の調査と概念評価



パッシブガンマ線技術の概念 (適用可能な技術の例)

MOX 試料の測定

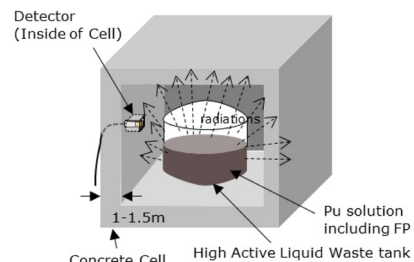


代替型試料分析システム (ASAS)

JAEAは $\text{ZnS}/^{10}\text{B}_2\text{O}_3$ セラミックシンチレーターによるHe-3代替技術を開発しました。米国ロスアラモス国立研究所が実証試験と評価に参加しました。

先進的プルトニウムモニタリング技術のフィージビリティスタディ

核分裂生成物 (FP) を含むプルトニウム溶液の将来的な先進的プルトニウムモニタリング技術



先進的プルトニウムモニタリングの概念



技術ワークショップと実証試験

成果と最近の活動

環境試料分析への支援

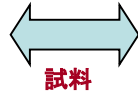


高度環境分析研究棟(CLEAR)



DOE/NNSA のCLEAR訪問

2004年 IAEAの
ネットワークラボ
に参加

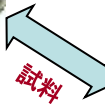


試料



IAEA 保障措置分析所
(オーストリア・サイバースドルフ)

ネットワークラボ



試料



高度環境分析研究棟は、2001年に建設されました。米国との協力は、クリーンルームのデザインやシステム上の要求事項、環境試料分析の品質管理や開発を含んでいます。高度環境分析研究棟は、2003年1月にIAEAより、ネットワークラボとしての認証を受け、2004年にIAEAとネットワークラボとしての契約を締結いたしました。

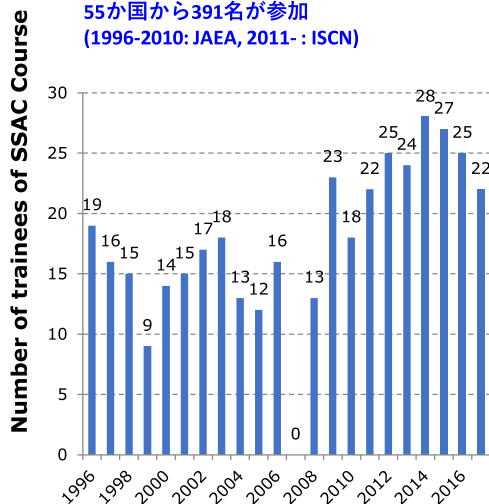
能力構築支援活動への支援

核不拡散及び核セキュリティ分野の人材育成における、アジア地域の中核拠点として、ISCNとDOE/NNSAは、IAEA保障措置についての様々な種類のトレーニング・コースを提供することにより、加盟国に対するIAEAの能力構築活動の支援を継続しています。

多国間の支援

アジア地域の「国内計量管理制度(SSAC)」のためのISCNの年度ごとのトレーニング数

1996年から2017年までの間のトータルで
55か国から391名が参加
(1996-2010: IAEA, 2011- : ISCN)



ISCN の国内計量管理制度
コースにおけるDOE/NNSA
の専門家の講演

二国間の支援



追加議定書に関するセミナー
(ミャンマー)



「施設の設計段階から考慮
された保障措置」コース
(インドネシア)

ISCNのインストラクターのための能力構築



DOE/NNSAの専門家によるISCNのトレーナーに対する
EOSS(電気光学シーリングシステム) の訓練

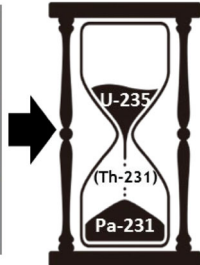


核セキュリティの強化

核セキュリティ強化のための核鑑識技術開発

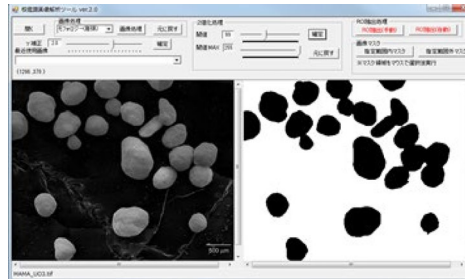
JAEA は、第1回核セキュリティサミットにおけるわが国のナショナルステートメントに則り、核鑑識技術の開発に着手しました。2012年以降、4つの共同プロジェクトが完了し、2つが進行中です。これらの取り組みは、核セキュリティの機能強化に貢献しています。

U-232 68.9y	U-233 1.592E5y	U-234 0.0054 2.455E5y	U-235 0.7240 7.04E8y *25m
Pa-231 100 3.276	Pa-232 1.32d	Pa-233 3.7d	Pa-234 6.70h *1.159m
Th-230 7.54E4y	Th-231 1.063d	Th-232 100 1.40E9y	Th-233 21.83m



新ウラン年代測定技術 (^{231}Pa - ^{235}U 放射クロメーター技術)

分析手順の共有や共同試料比較分析による年代測定技術の改良と実証



核鑑識イメージデータのための 位相幾何学的手法

調和粒子解析の核鑑識への適用に向けた、粒子特性の決定と定量化のための自動ソフトウェアによる共同試料比較試験

セキュリティ・トレーニングコースにおける協力

DOE/NNSAとJAERIは、核セキュリティ・トレーニングコースとツールの開発のための協力を継続し、ISCNの能力を強化するとともに、他国の中核拠点(COE) の設立及びその訓練能力を高めるための支援を共同で実施しています。

ISCN用のトレーニングコース及び ツールの開発

- ISCNのトレーニング計画
- バーチャル・リアリティ
- 核物質防護実習フィールド
- トレーニングコース用の素材



トレーニングコースの共同実施



協力範囲の拡大 (2011年~)



新規トレーニングコースの開発

他国の中核拠点の支援



連携したアウトリーチ活動



トレーニングツールの開発のためのDOE/NNSAの支援

効果的なトレーニングのため、DOE/NNSAとISCNは、実際の周辺状況に即した実践的なトレーニングを提供するためのトレーニングツールの開発を共同で実施しています。

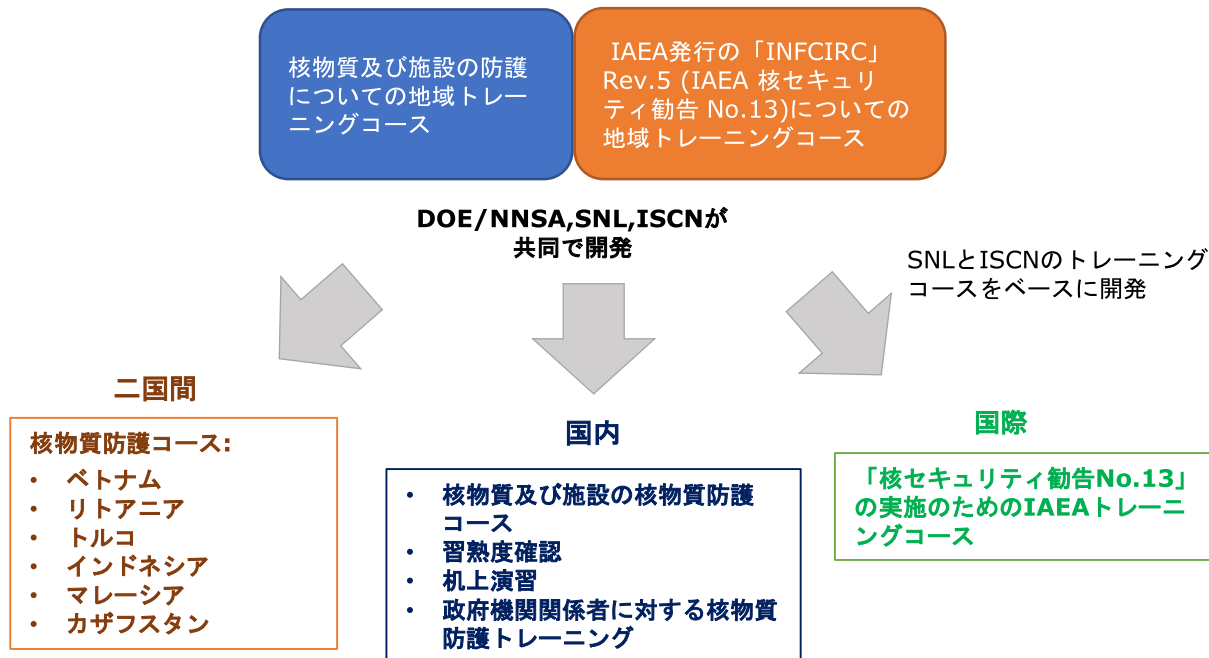


バーチャル・リアリティ

核物質防護実習フィールド

ISCNの核セキュリティコースにおける進展

ISCNは、DOE/NNSA及び米国サンディア国立研究所（SNL）と協力し開発した核物質防護コースに基づく様々なコースを発展させてきました。



JAEAの核燃料サイクル施設

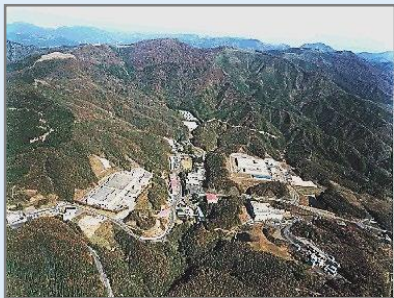
敦賀

高速増殖原型炉もんじゅ



人形峠

人形峠環境技術センター
ウラン濃縮



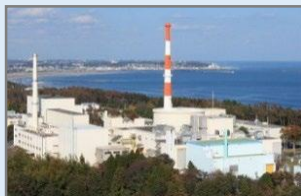
青森研究開発センター

東京事務所

大洗

大洗研究所

高速実験炉
常陽



高温工学試験研究炉
(HTTR)



- 東濃地科学センター
瑞浪超深地層研究所
- 土岐地球年代学研究所

幌延深地層研究センター

- 廃炉国際共同研究センター いわき事務所
- 櫛葉遠隔技術開発センター
- 福島環境安全センター

東海

本部

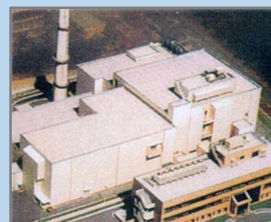


原子力科学研究所

高速炉臨界実験装置
(FCA)



燃料サイクル
安全工学研究施設
(NUCEF)



核燃料サイクル工学研究所
再処理工場 (TRP) プルトニウム燃料
製造施設 (PFPF)



高度環境分析研究棟
(CLEAR)



高速炉臨界実験装置 (FCA)	Fast Critical Assembly
燃料サイクル安全工学研究施設 (NUCEF)	Nuclear fuel Cycle safety Engineering research Facility
再処理工場 (TRP)	Tokai Reprocessing Plant
プルトニウム燃料製造施設 (PFPF)	Plutonium Fuel Production Facility
高度環境分析研究棟 (CLEAR)	Clean Laboratory for Environmental Analysis and Research
高温工学試験研究炉 (HTTR)	High Temperature engineering Test Reactor



U.S. Department of Energy (米国エネルギー省)



National Nuclear Security Administration (国家核安全保障庁)



日本原子力研究開発機構