

日米合意に基づく
核不拡散・保障措置及び核セキュリティに関する日米協力
核物質測定・検知技術開発と人材育成支援の
具体化に関わるJAEAの検討状況

平成22年3月18日
日本原子力研究開発機構
核不拡散科学技術センター
直井洋介

「核兵器のない世界」に向けた日米共同ステートメント(抜粋) 平成21年11月13日 日米首脳会談での合意事項

< 本文 >

・ Nuclear Non - Proliferation / Peaceful Uses of Nuclear Energy

The GOJ and the USG intend to expand nuclear nonproliferation, safeguards, and security cooperation that may include areas such as nuclear measurement and detection technologies, nuclear forensics, human resource development, training and infrastructure assistance for countries interested in nuclear energy, and coordination of our respective Member State support programs to IAEA safeguards.

< 仮訳 >

・ 核不拡散 / 原子力の平和的利用

日本国政府及び米国政府は、核不拡散、保障措置及び核セキュリティに関する協力を拡大する。この協力には、核物質の測定及び検知に関する技術、核鑑識、人材育成、原子力エネルギーに関心を有する国々に対する訓練及び基盤整備支援、並びにIAEA保障措置に対するそれぞれの加盟国サポート・プログラムの調整等の分野を含み得る。

核検知(測定)・鑑識に関する日米技術開発協力

日本 

- Ⅰ 非破壊要素技術(ガンマ線源等)では世界トップレベル
 - ü 単色高出力ガンマ線源では世界最先端技術
 - ü 多光子解離レーザー分析では世界有数の技術保有
- Ⅰ 非核兵器国として大規模核燃料サイクルを進める唯一の国
 - ü IAEA保障措置技術開発に於ける貢献と教訓等の経験
 - ü 大型再処理施設に対する保障措置技術開発(米国にはない)
 - ü 実証試験に必要な現場を有する(")

米国 

- Ⅰ セキュリティ全般に関する高い技術力
- Ⅰ 核兵器国としての核セキュリティ技術に関する知見・経験

核検知(測定)技術開発協力

- ・プルトニウムの非破壊測定技術
- ・超微量同位体分析技術 等

核鑑識技術協力

- ・データベースの共有
- ・分析技術の高度化

保障措置の厳格な実施

核不拡散・保障措置

未申告原子力活動の探知

核セキュリティ

密輸・核テロ等の防止

核物質測定に係る日米共同技術開発例

使用済燃料中のプルトニウム (Pu) の直接測定

レーザーコンプトン散乱 線源利用核共鳴蛍光非破壊測定
(LCS ・NRF)

使用済燃料中プルトニウム非破壊測定実証試験

オンサイトでのウラン・プルトニウム測定

レーザー励起プラズマ発光分光法 (LIBS) とアブレーション共鳴
分光法 (AIRS)

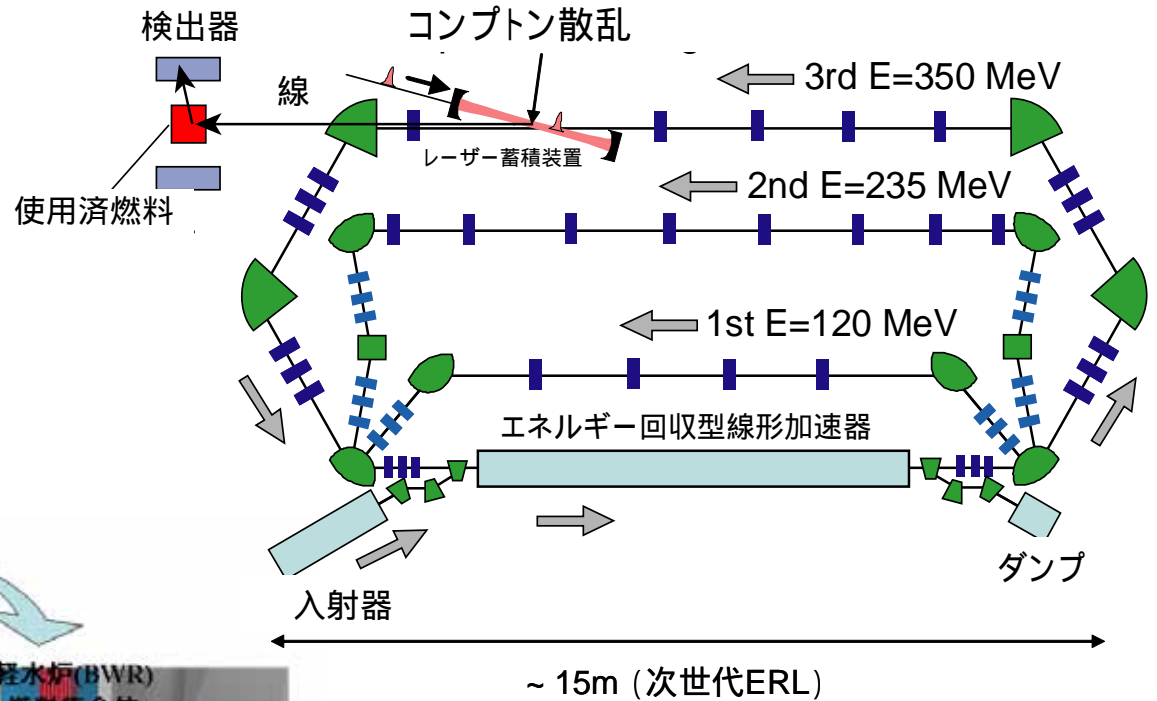
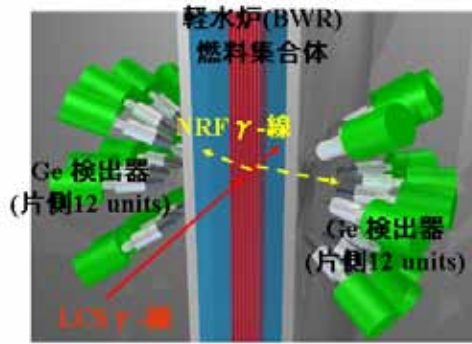
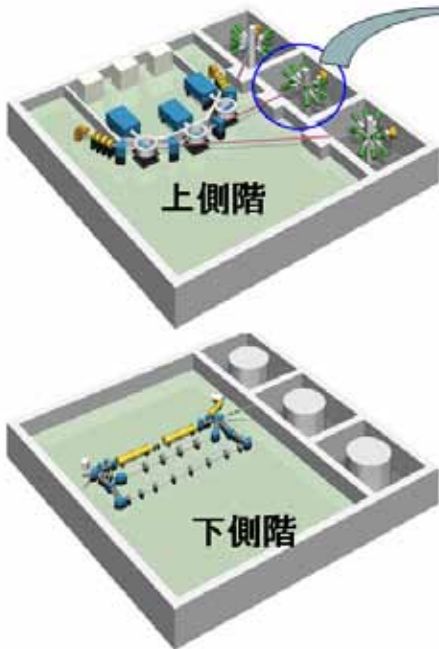
核燃料サイクルプロセス中のPuの測定・モニタリング

再処理溶液系少量移動・全中性子計数変動法
再処理主工程インライン分析技術開発

核鑑識

レーザーコンプトン散乱 γ 線源利用核共鳴蛍光非破壊測定

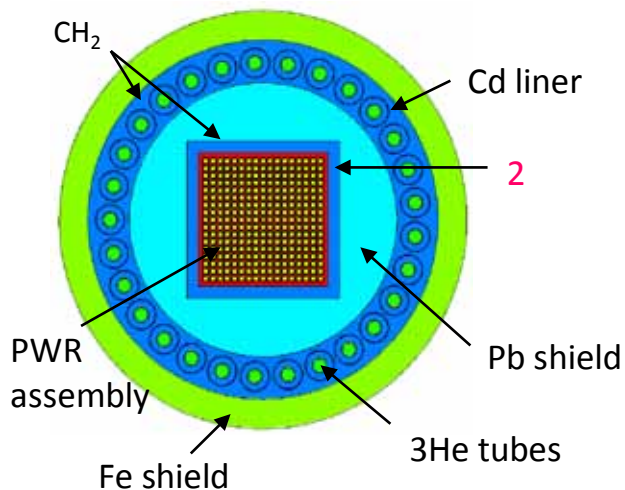
レーザーコンプトン散乱 (LCS) γ 線利用核共鳴蛍光法による使用済燃料中のプルトニウム (Pu) 非破壊測定装置の実証機のイメージ



使用済燃料中Pu・NDA装置の最終形態イメージ

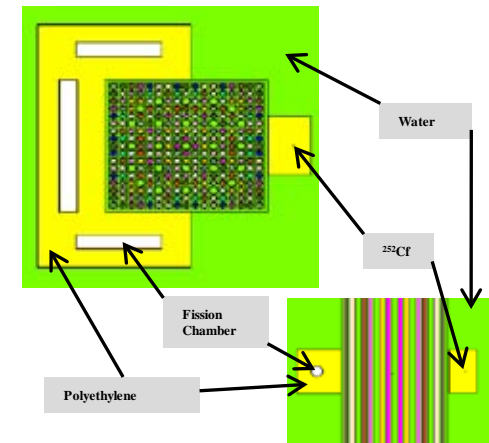
使用済燃料中プルトニウム非破壊測定(NDA)実証試験

- 1 日本からは、LCSγ・NRFといった非破壊測定技術開発を提案
- 1 米国側は、Pu-NDA技術として13の手法を開発しており、その中で有力な技術として3～4技術を選ぶ予定
- 1 これら技術を使って東海再処理工場(TRP)において「ふげん」使用済燃料(ATR)を用いた実証試験を想定



DDSI for PWR Fuel Assembly

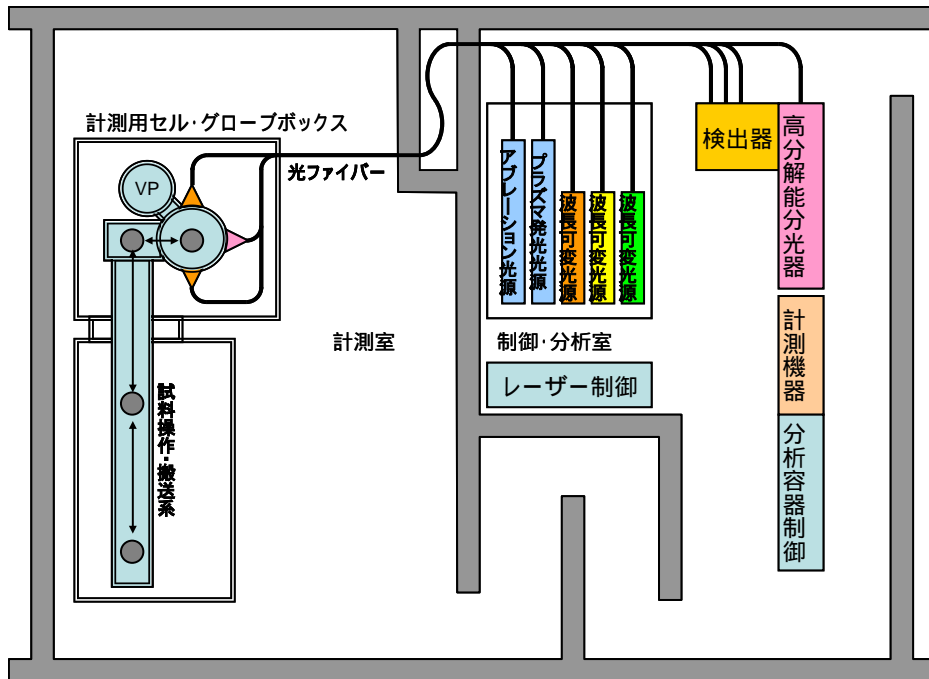
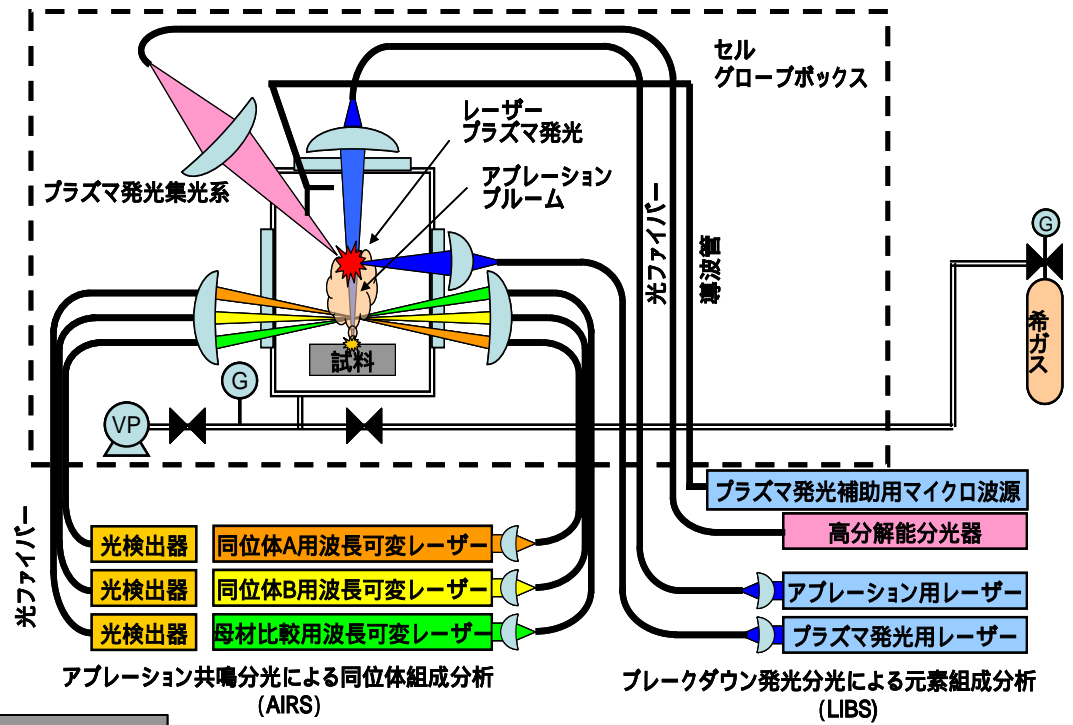
Tobin et al, "Determining Plutonium Mass in Spent Fuel with Nondestructive Assay Techniques – NGSi Research Effort Overview", 2nd Japan-IAEA Workshop on Advanced Safeguards Technology for the Future Nuclear Fuel Cycle, Tokai Japan (2009)



252Cf Interrogation Prompt Neutron 6

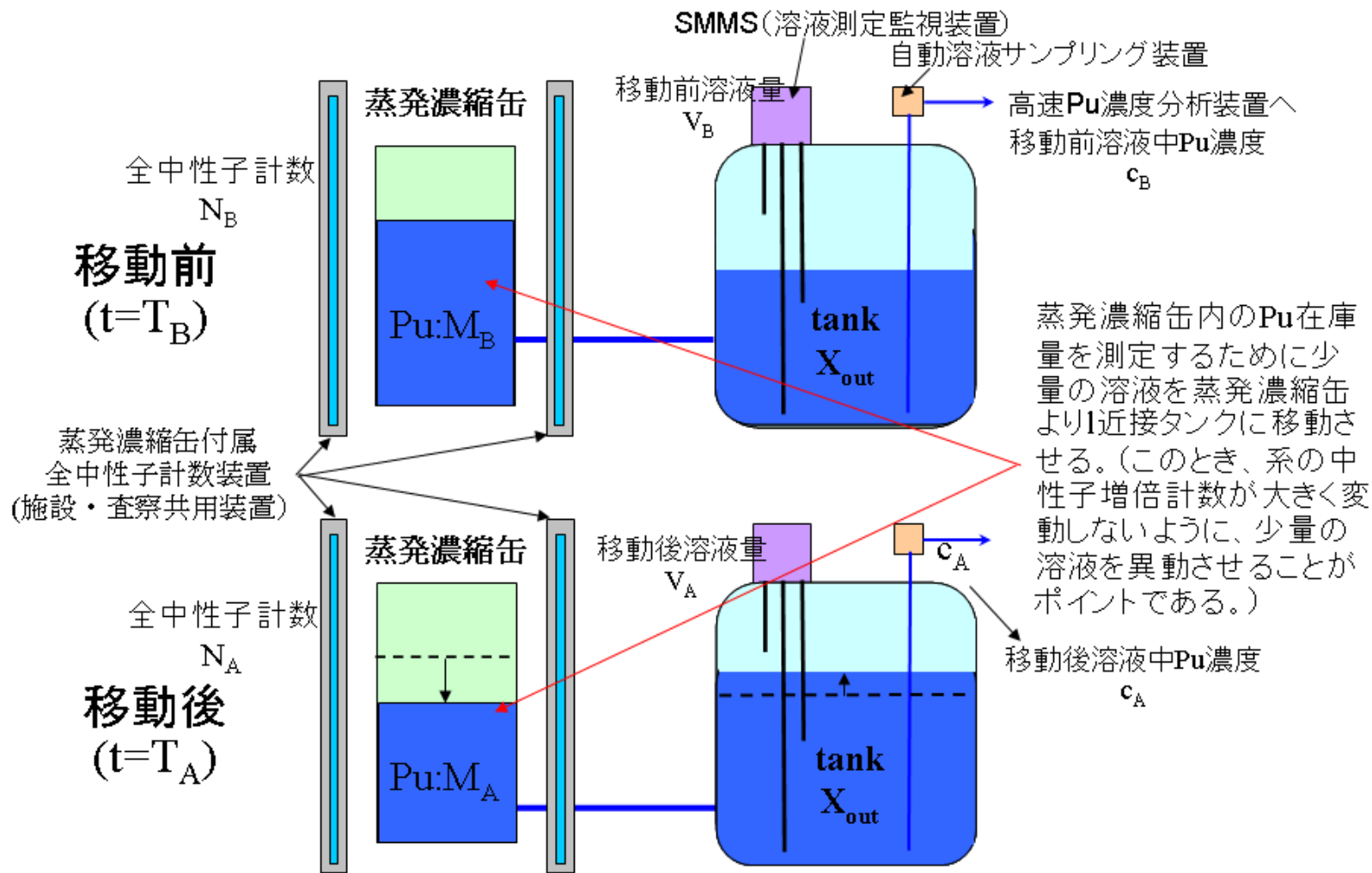
協力テーマ③ LIBS-AIRS

LIBS・AIRS分析法のシステム概念図



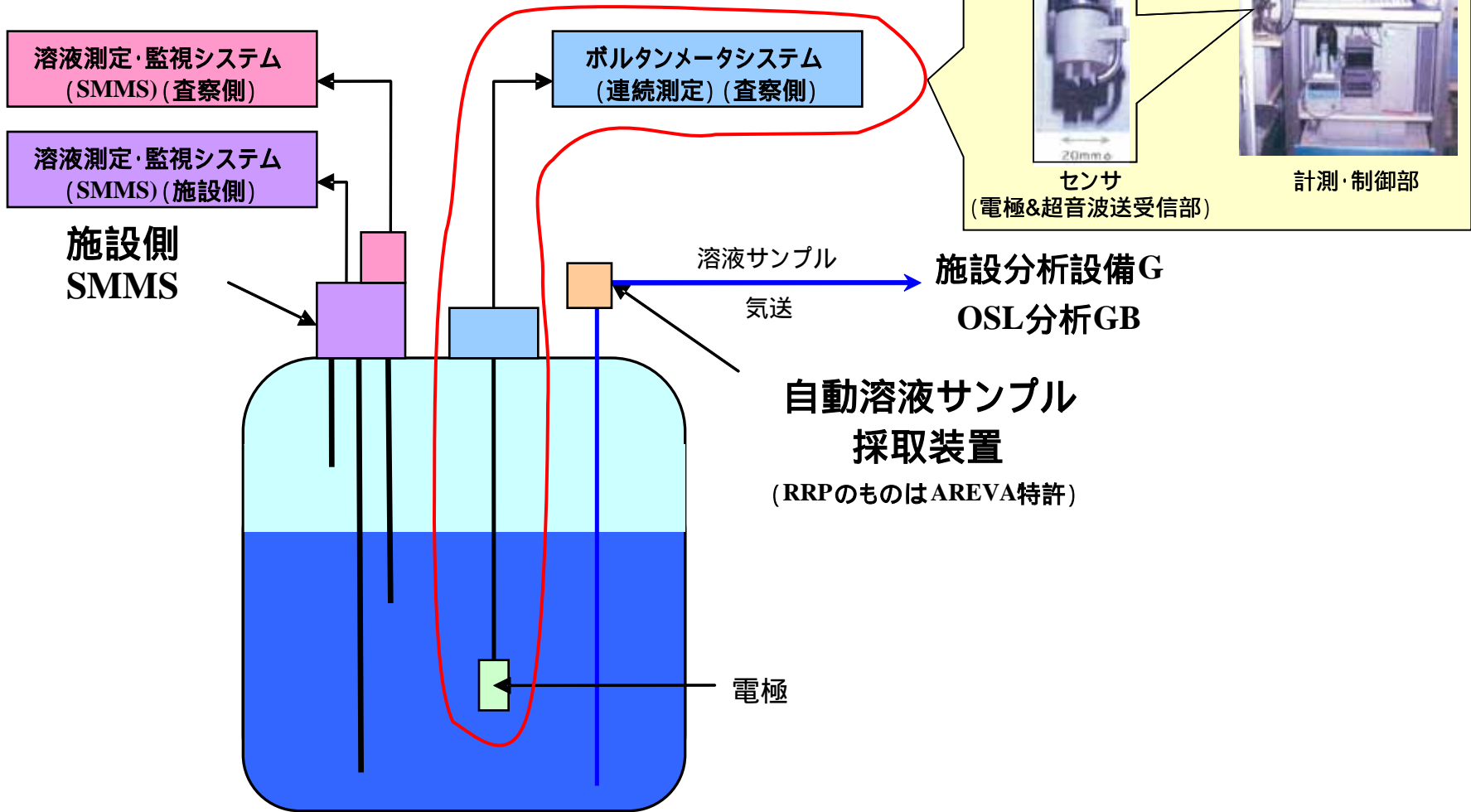
LIBS・AIRS遠隔分析適用概念図

再処理溶液系少量移動・全中性子計数変動法



$$\text{移動Pu量} = M_B - M_A = V_A \cdot c_A - V_B \cdot c_B$$

再処理主工程インライン分析技術開発



ボルタンメータ利用タンク内Pu濃度連続監視システム

今後の保障措置において必要な技術開発

背景： IAEA資源の逼迫、IAEA保障措置の信頼性維持・強化、平和利用への信頼維持

我が国を取り巻く 現状	取り組むべき課題	必要とされる主な技術開発項目
原子カルネッサン ス	保障措置対象施設の増大 (検認技術の向上) 効率化	・使用済燃料中の核物質の直接測定 ・プロセスモニタリングの高度化
RRP・JMOX運転	スループット・在庫の増大 (計量管理の向上) 高精度化	・センサー・測定技術開発 ・分析技術の標準化
次世代核燃料サイ クルの技術開発	低除染・MA混在化でのPu測定 (革新的測定方法の開発) 実用化	・低除染MA混合核物質中Pu検認技術 ・粉末ペレットへの迅速・簡易分析
先進リサイクル	新しい保障措置への対応 (アプローチ・概念の向上) 最適化	・SBDガイドライン ・統合保障措置(国レベル・インフォーマ ンドリブン保障措置)
統合保障措置への 移行	未申告活動探知 (探知技術の向上) 強化	・核鑑識 ・ノーブル技術の開発
イラン・北朝鮮・シ リア問題 国際的信頼の維持	普遍的な信頼醸成 (新概念の対応) 信頼強化	・核拡散抵抗性向上技術 ・多国間管理、地域計量管理システム ・ベストプラクティス(日本モデル)

米国における次世代保障措置イニシアティブ(NGSI)

- 原子力利用拡大に伴う保障措置対象の増加、追加議定書締約国の増加に伴い情報量の増大等、また、イランや北朝鮮等への対応が求められる状況であるが、IAEAの資源は不足。
- DOE/NNSAが、今後25年間を見通してIAEA保障措置が直面することが予見される課題を解決するための提言をまとめた。この提言を踏まえ、次世代保障措置イニシアティブ(NGSI)が提案され、2008年より開始。
- NGSIにおいて、保障措置政策及びアプローチの強化、**技術開発**、人材育成、基盤強化(国内保障措置体制の強化等)等を行う。
- 日本を含む10数カ国及びIAEAが参加。

NGSIで提案されている技術開発項目と優先順位

優先順位	項目
高	Spent fuel NDA Assessment
高	Enrichment monitoring
低	Process monitoring
低	Containment / surveillance tools and methods
中	Data integration / Authentication

注) NGSIの報告書 "FY09-FY13 Program Plan" の "Technology Development" に掲げられている9つの項目の中から、技術開発項目を抜粋。



使用済燃料中のPu量の非破壊測定技術開発の優先度が高い

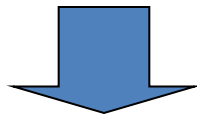
核鑑識のための技術開発

日本国が核鑑識をやることのメリット

- ü 我が国の国境等において核密輸等が検知された場合、物質の起源(国・施設)の特定に寄与できる。
- ü 北東アジアにおいて核鑑識の拠点ができることにより、周辺諸国における核密輸に対して支援が可能。
- ü 国際原子力機関、米国国立研究所、欧州共同体研究所などとネットワークを組んで核鑑識を行なうことによりデータベースの共有、鑑識精度の向上につながる。
- ü さらに、ネットワーク整備強化により、密輸等の抑止効果が期待できる。

核鑑識技術とは

- ü 核燃料の原料であるウランにはさまざまな不純物が含まれており、これを分析することにより押収したウランがどこの鉱山で産出され、どこの工場で作られたのか知ることができる。プルトニウムについても同様(例えばMOXペレット)。
- ü ウラン・プルトニウムの同位体組成からも起源に関する情報が得られる。
- ü 核物質やその中に含まれる鉛などの不純物の同位体比も、原産地に関する情報を持っている。
- ü 製品であるウラン粉末の粒径や形状なども、核燃料製造工場によって異なる。
- ü 核燃料の形態から、核燃料工場に関する情報が得られる。
- ü 核物質の密輸や不法な核兵器開発に関連し、押収した核燃料の起源(国・施設)を知ることが問題の発生源を特定できるだけでなく、核密輸・盗取の抑止にもつながる。

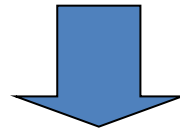


核鑑識のための技術開発では、核物質中の不純物測定と、それらの同位体比測定技術の開発、及び形態観察に関する技術開発及び核鑑識スキームの確立が主

核不拡散・核セキュリティ分野 の人材育成・技術支援

人材育成支援の必要性と日本が行なうメリット

- 新興原子力国の増加が見込まれるアジア地域の平和利用の推進と核不拡散・核セキュリティ強化
- 原子力平和利用の先進国としての日本の責務とアジア地域のリーダーシップ
- 唯一の被ばく国として原子力平和利用に徹してきた実経験を活かしたトレーニングの提供

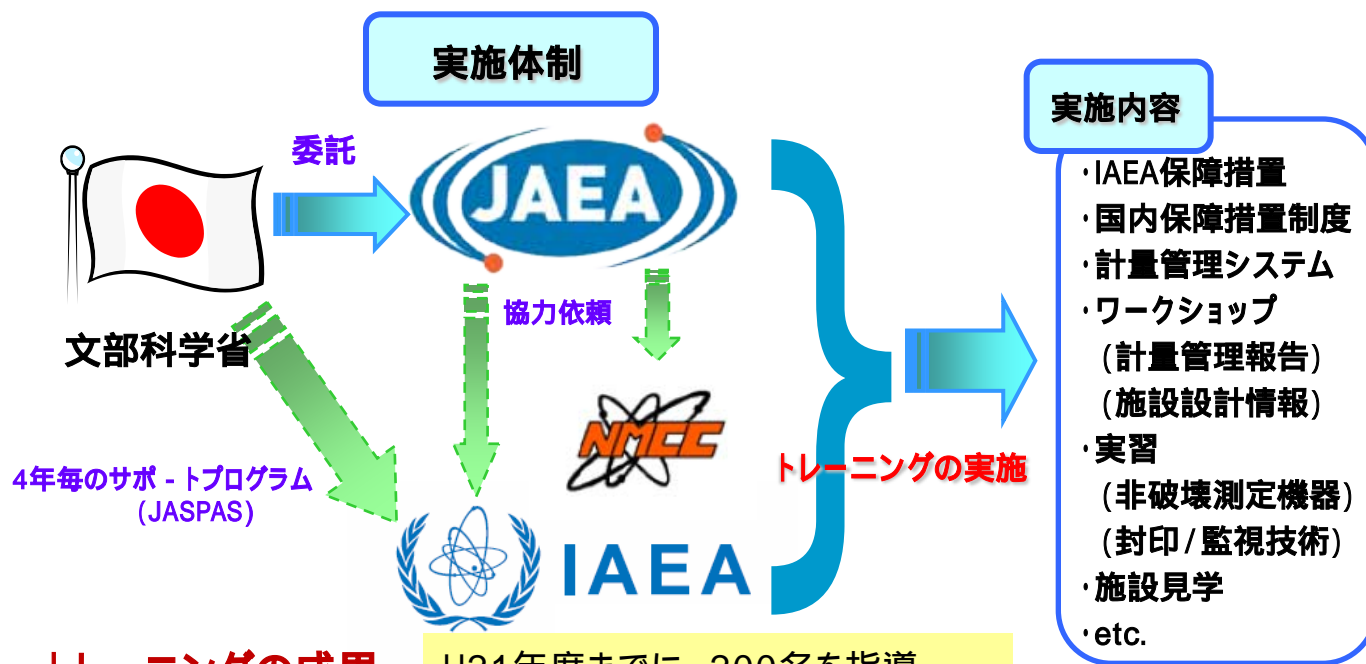


- IAEAや米国からも講師を招き、模擬訓練施設を利用した訓練、教室における講義による核不拡散・核セキュリティ分野の人材育成訓練を提供
- 国が主導する支援プログラムの中で、JAEAはこれまでの経験を活かして訓練の実施等で協力
- また、原子力新興国のための核不拡散・核セキュリティに関わる基盤整備支援も提供

アジアにおける核不拡散分野の 人材育成や基盤整備等の協力に 関するJAEAの経験

アジア太平洋地域対象とした 保障措置トレーニングコース(JAEAの実績)

アジア、東欧、太平洋地域における原子力平和利用への貢献として、地域における政府及び原子力機関に働く指導的立場にある者を招き保障措置技術や計量管理の知識を習熟させることを目的としたSSAC(国内計量管理システム)トレーニングコースを開催。



研修生の参加国

フィリピン、インドネシア、タイ、マレーシア、中国、モンゴル、ミャンマー、ベトナム、韓国、日本、アルメニア、ベラルーシ、ブルガリア、カザフスタン、ラトビア、ウズベキスタン、ウクライナ、リトアニア、オーストラリア

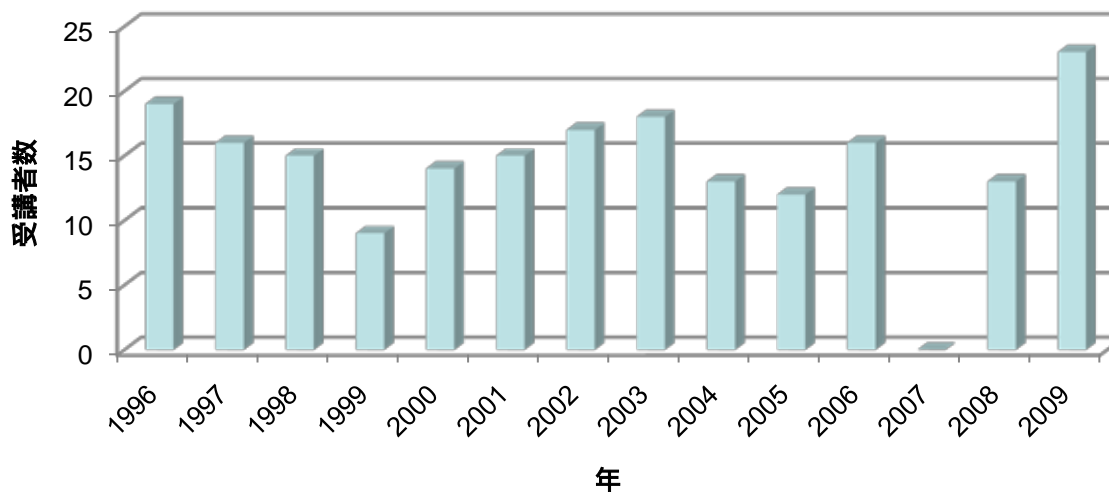
トレーニングの成果

H21年度までに、200名を指導

- (1) アジア、東欧、太平洋地域における原子力平和利用の確保及び推進。
- (2) 保障措置技術・計量管理知識の向上によるIAEA保障措置実施への貢献。
- (3) 地域における保障措置関連情報交換の強化。
- (4) 地域における原子力平和利用のリーダー国であることのアピール。

保障措置、国内計量管理制度に関わるトレーニング実績

受講者数(1996-2009)



国	受講者数/国	国数	受講者数
中国	18	1	18
インドネシア	16	1	16
ロシア	15	1	15
ウクライナ	14	1	14
韓国	13	1	13
アルメニア, 日本, カザフスタン, マレーシア, タイ, ベトナム	10	6	60
ベラルーシ	8	1	8
フィリピン	6	1	6
ブルガリア, リトアニア, ウズベキスタン	5	3	15
チェコ, ルーマニア, スロバキア	4	3	12
オーストラリア, バングラデシュ, ラトビア, ミャンマー	3	4	12
ハンガリー, モンゴル	2	2	4
アゼルバイジャン, エストニア, グルジア, キルギスタン, シンガポール, タジキスタン, アラブ首長国連邦	1	7	7
合計		32	200

核不拡散国際規範の理解に向けた段階的アプローチ

JAEAにおけるアジア地域における経験

Step 1: 核不拡散体制調査 (訪問・文献調査)

目的: 当該国の核不拡散体制の概要を把握

調査項目:

- 原子力政策・原子力発電導入計画、原子力関連機関・施設・活動
- 核不拡散のための法・規制的枠組み、国際的な核不拡散取極め・枠組みへのコミットメント
- 核不拡散体制の整備・強化における課題

カザフスタン

Step 2: 核不拡散に関する専門家会合による課題の抽出

主要目的

核不拡散の重要性・国際的な核不拡散枠組みについての理解の確立・深化

規制能力・法体制・人材など核不拡散体制整備における課題の抽出

核不拡散体制強化のための相互協力の構築へとつなげる

一般的な内容

- 原子力政策と核不拡散政策の概観
- 国際枠組み・国内システム: NPT体制、保障措置、核物質防護・核セキュリティ、等
- 国内における保障措置運用・施設における保障措置適用の詳細

インドネシア

Step 3: 実務者レベル会合による知見の共有

当該国のニーズに対応した協力の実施

定期的な実務者レベル会合を通じた緊密な知見の共有

タイ

ベトナム

Step 4: 評価 & フォローアップ → 協力プログラムの策定・活用

アジアにおける核不拡散枠組みに関わる専門家会合等の実績

対象国	セミナー等の種類	日程	開催場所	参加者数
ベトナム <i>VARANS, VAEC, MOST, Others</i>	専門家会合	2008年 3月18-19日	ハノイ	合計63名 ベトナム:50名 IAEA:2名 核物質管理センター:1名 JAEA:10名
ベトナム	フォローアップ実務 者会議	2009年 12月9-12日	東海村	合計22名 ベトナム:7名 JAEA:15名
タイ <i>AEC, OAP, TINT, Others</i>	専門家会合	2009年 3月3-4日	バンコク	合計59名 タイ:47名 IAEA:2名 核物質管理センター:1名 JAEA:9名
インドネシア <i>BAPETEN, BATAN, BATEK, Others</i>	専門家会合	2010年 2月17-18日	ジャカルタ	合計:60名 インドネシア:49名 IAEA:1名 核物質管理センター:1名 JAEA:9名



Mar. 18-19, 2008, Hanoi, Vietnam



Mar. 9-12, 2009, Bangkok, Thailand



Feb. 17-18, 2010, Jakarta, Indonesia