

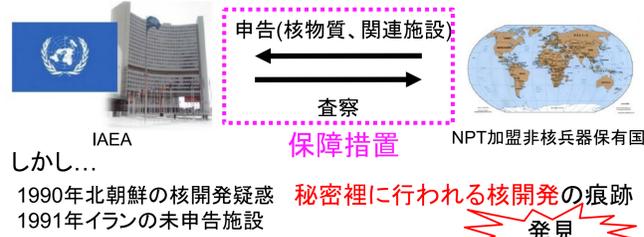
## 保障措置環境試料分析とは

未申告の原子力活動の検知を目的とし、原子力施設に対する査察で採取された環境試料に含まれる極微量核物質(ウランやプルトニウム)の同位体組成を分析する。

### 研究背景と目的

#### 1. 環境サンプリング法の導入背景

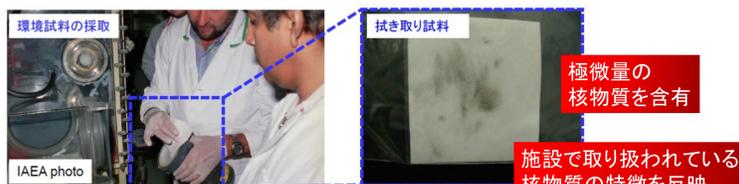
##### 核兵器不拡散条約(NPT)



未申告の原子力活動の検知能力を高める  
保障措置の強化が必要に

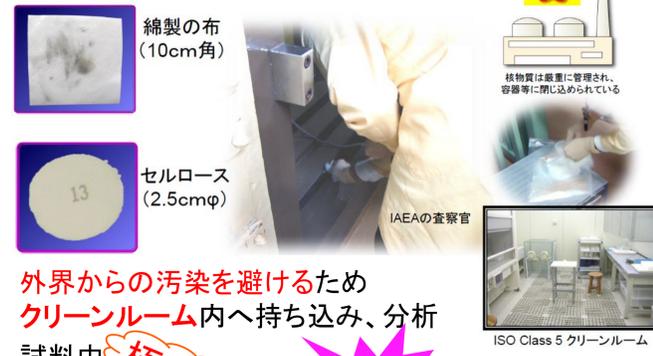
#### 2. 環境サンプリング法 (環境試料分析法)

保障措置強化のために1996年に導入  
IAEA査察官が原子力施設で立ち入り検査  
施設内部、周辺から環境試料(拭き取り試料)を採取



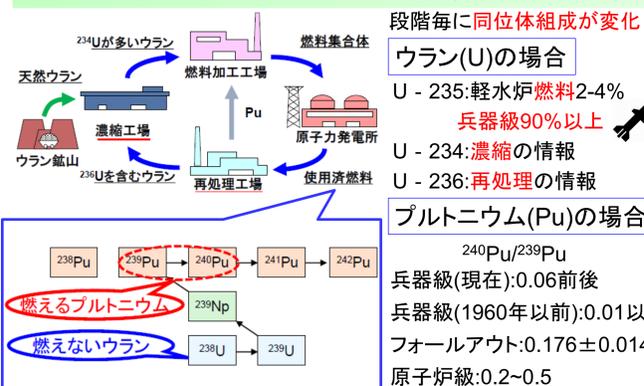
環境試料に含まれる核物質の同位体組成を分析  
→未申告の原子力活動、核物質の存在を検知

#### 3. 環境試料の取り扱い



外界からの汚染を避けるため  
クリーンルーム内へ持ち込み、分析  
試料中 極微量 ウラン(U) プルトニウム(Pu) 外界由来 U, Pu 高精度な分析が困難に

#### 4. ウランやプルトニウム同位体比の特徴



段階毎に同位体組成が変化  
**ウラン(U)の場合**  
U - 235: 軽水炉燃料2-4%  
兵器級90%以上  
U - 234: 濃縮の情報  
U - 236: 再処理の情報  
**プルトニウム(Pu)の場合**  
240Pu/239Pu  
兵器級(現在): 0.06前後  
兵器級(1960年以前): 0.01以下  
フォールアウト: 0.176 ± 0.014  
原子炉級: 0.2~0.5

#### 5. 保障措置環境試料分析の位置づけ



#### 6. バルク分析とパーティクル分析

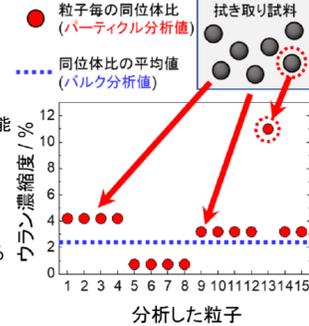
保障措置環境試料分析で使われる極微量分析技術

##### バルク分析

拭き取りを行った布1枚を丸ごと化学処理  
核物質の種類、量、同位体比を測定  
試料に付着した全体の量、同位体比が得られる  
超微量(10-15g)の人工ウラン(U-233, U-236)も測定可能  
Puは他の元素が混在していても、高感度で測定可能

##### パーティクル分析

拭き取り試料中の粒子単体に関して同位体比が得られる  
拭き取り試料の同位体比分布が得られる。  
特徴的な同位体組成を持つ粒子も逃さずに検知可能

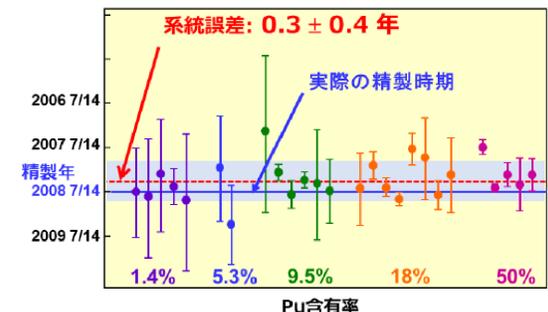
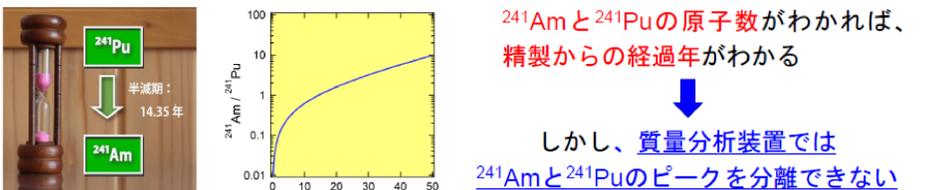


### 研究内容

### 保障措置に応用可能な極微量元素に対する分析技術の開発

#### プルトニウム含有粒子の生成年代推定法の開発

目的: Puを含有する核物質粒子中に含まれるPu同位体比や精製時期を調べる方法を開発し、Puに関する原子力活動の状況(使用目的や再処理の時期)などを推定するために有用な分析情報を提供する。



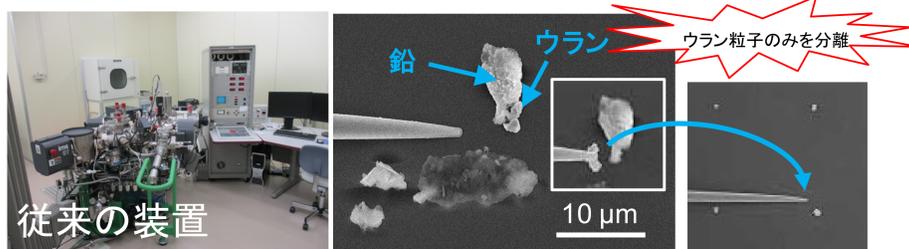
ICP-MSの測定により、<sup>243</sup>Am/<sup>239</sup>Pu、<sup>241</sup>Am/<sup>243</sup>Am、<sup>241</sup>Pu/<sup>239</sup>Puの3種類の比を導出し、<sup>241</sup>Am/<sup>241</sup>Puを計算  
**U-Pu混合粒子の精製年代を決定することに成功**  
Y. Miyamoto et al., Radiochim. Acta, 2013, 101, 745.

#### 大型二次イオン質量分析装置(LG-SIMS)を利用した保障措置環境試料分析の検討

目的: LG-SIMSを導入することで、簡易な手順で高い精度と短い分析時間の両立を図る。

##### ①従来の装置とマニピュレーション法

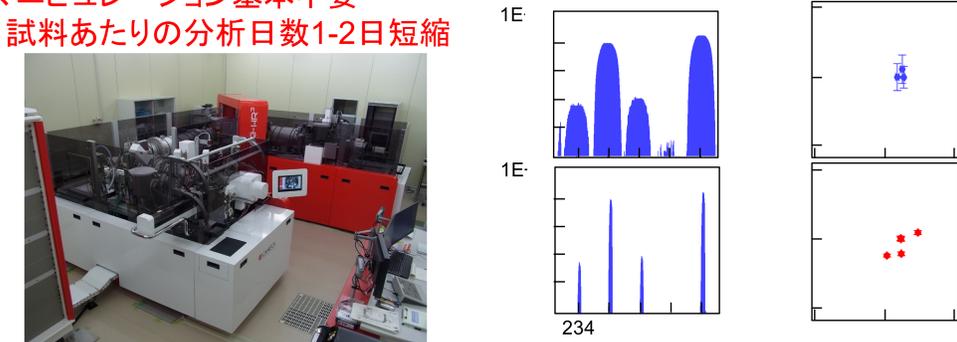
質量分解能300の従来装置では  
周辺に存在する不純物を含む粒子が測定精度に大きな影響を与える。



##### ②LG-SIMSによるパーティクル分析

質量分解能最大40,000  
マニピュレーション基本不要  
1試料あたりの分析日数1-2日短縮

##### 分析性能比較



LG-SIMSによって、より効率的なパーティクル分析が可能に

### 将来展望

#### LG-SIMSを用いた微小プルトニウム粒子の分析技術の開発



#### 核物質粒子の性状分析技術の開発

核物質の化学形は核燃料サイクルの各工程において異なるため、  
保障措置上有用な情報を持つとされている



核物質の化学状態分析手法を確立し、より詳細な原子力活動内容の推定を目指す