

# 福島第一原子力発電所で採取された 比較的線量の高い分析サンプルの輸送について

---

2016年11月01日  
東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 背景

---

- サンプル分析の重要性
  - 東京電力の廃炉のための活動（除染・SFP燃料取り出し）や、IRID等が実施している廃炉のための技術開発において、様々な形の福島第一原子力発電所事故にかかわるダスト、がれき、汚染水などが採取されている。
  - これらは、福島第一原子力発電所各号機の事故進展の経緯で生成、放出されたものであることから、事故進展の理解、ひいては、デブリやFPの分布に関する情報を引き出すことができる可能性がある
  - しかしながら、調査の目的が異なることや、廃棄物と認識されていたなどの理由により、上記の観点からの分析が十分に出来ていないものが多数存在している
  - このような状況を踏まえ、IRIDが今年度から実施している「総合的な炉内状況把握の高度化PJ」において、これらのサンプルについて分析を実施することについて検討を進めることになった
- 輸送方法
  - B型の輸送容器を用いる場合、容器の設計や、許認可手続きに時間を要すると想定される
  - 迅速に多数のサンプルを輸送するためには、安全を確保した上でA型以下の輸送容器で運ぶことが有効である
  - 輸送物の放射エネルギーの見積もりにあたり、1F構内では分析装置や作業環境の問題から直接測定が困難な場合もあることから、代替案を検討

## 2. 現在候補として検討しているサンプルの例

サンプル名	取得場所	保存場所	表面線量	α核種の有無
土壌サンプル	発電所構内	1F5 T/B	0.3~25μSv/h 1サンプル不明(>30)	フォールアウトレベル (ただし1F由来)
HPCIベネ下白色粉末	1F1 R/B1階	1F1 R/B1階	不明	不明
養生シート (コア抜きコンクリート)	1F2 R/B5階	JAEA大洗 FMF	100mSv/h(β+γ) 60mSv/h(γ)	21Bq/cm <sup>2</sup>
コア抜きコンクリート	1F2 R/B5階 壁部分	今後取得予定	—	—
TIP内閉塞物	1F2 R/B1階TIP室	1F2 T/B松の廊下	30~200mSv/h(β+γ) 5~50mSv/h(γ) (減衰未考慮)	不明
1F建屋内等サンプル水	1F各建屋	1F、2Fラボ保管部屋 (詳細未確認)	<1000mSv/h(詳細不明) (減衰未考慮)	不明
1F2 T/Bサンプル水	1F 2T/B BFL 南東階段 (大物搬入口側)	(詳細未確認)	>1000mSv/h (減衰未考慮)	不明
1F1PCVサンプル水	1F1PCV	廃棄	—	—
1F2PCVサンプル水	1F2PCV	1F 事務本館 及び JAEA (残量僅少)	1mSv/h以下(β+γ) 0.45mSv/h(γ)	N.D.
1F3PCVサンプル水	1F3PCV	1F 事務本館 及び JAEA (残量僅少)	0.15~0.27mSv/h(β+γ) 0.06~0.08mSv/h(γ)	0.97~2.1Bq/cc
1F1PCVサンプル水 および堆積物	1F1PCV	今後取得予定	—	—
1・2号機排気筒サンプドレン ピット内汚染水	1・2号機排気筒サンプドレ ンピット	1F1・2 M/B	1mSv/h未満	N.D.

### 3. サンプルの性質ごとの取り扱いの相違

---

- 水サンプル（建屋滞留水など）は、高線量であっても希釈可能、分取が容易など、比較的放射エネルギーの評価が容易
- 汚染サンプル（コンクリートコアなど）は、表面汚染等の情報から放射エネルギーの評価が可能

これらはすでに廃棄物プロジェクトでも多数の輸送実績がある

- 一方で、より炉心に近いところから採取されたサンプル（T I P 配管内閉塞物など）は、高線量であることが多く、またα核種を含んでいる可能性も高く、放射エネルギーを直接評価することが困難
- α核種の測定が不可能なサンプルについては、放射エネルギーの算出に炉内内蔵量の解析結果を用いた評価を行いたい（α線の表面汚染で40Bq/cm<sup>2</sup>を超えるものについても、このような評価を適用することも検討）

## 4. 1 A型輸送容器による輸送可否の判断基準

- A型輸送容器で輸送可能な条件
  - 核種が既知の場合、サンプル中の核種ごとの放射エネルギーと法令上のA2値の比の合計が1未満であること
- サンプルの全部あるいは一部を燃料由来の物質であると仮定すると、核種ごとの放射エネルギーは以下の計算式から求められる

$$A_{i,sample} = A_{i,core} \times \frac{M_{sample}}{M_{core}} \times r$$

$A_{i,sample}$ :核種iのサンプル内放射エネルギー[Bq]、 $A_{i,core}$ :核種iの炉心内放射エネルギー[Bq]、 $M_{sample}$ :サンプル質量[kg]、 $M_{core}$ :炉心装荷ウラン量[kg]、 $r$ :燃料由来物質の割合

- 全核種に対して $A_{i,sample}/A2$ を計算し、その合計が1を超えない場合A型輸送容器で輸送可能、超える場合にはB型輸送容器を用いる必要あり
- 燃料由来物質の割合は、適切な評価手法を用いて設定するか、保守的に100%とする

## 4. 2 直径1 cmのデブリの球に含まれるα核種（1 / 2）

---

### • 評価の前提条件

- 全炉心内のアクチノイド核種の組成・量は、JAEAによる福島第一原子力発電所の燃料組成評価（JAEA-Data/Code 2012-018）のORIGENによる原子炉停止後5年の数値を用いた
- 1F2の炉心装荷ウラン量94tに対し、1cmのデブリの球の重量は約5gとなるので、含まれる原子の量は、全炉心内蔵量の約5g/94t倍（約 $6 \times 10^{-8}$ 倍）することで求めた
- A2値は「工場又は事業所の外における運搬に関する規則第三条等の規定に基づく核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示」に定める核種毎に規定された数量限度を用いた。（ただし、核種不明のα線を含む場合のA2値は $9.0 \times 10^7$ である。）
- ②1cm球に含まれる原子[Bq]/③核種が既知の場合のA2値[Bq]の合計値は1程度（6ページ表参照）
- この値が1未満となるサンプルについてA型で輸送可能と判断

## 4. 2 直径 1 cm のデブリの球に含まれるα核種 (2 / 2)

### • 評価結果

	核種	①ORIGEN評価値	②1cm球に含まれる	③核種が既知の場合の	A2値比
		[Bq]	原子[Bq]	A2値[Bq]	
		JAEA評価値	①×(5.74g/94t)	法令値	②/③
アクチニド	PU238	4.87E+15	2.97E+08	1.00E+09	0.29717
	PU241 (β)	2.21E+17	1.35E+10	6.00E+10	0.22505
	AM241	2.43E+15	1.48E+08	1.00E+09	0.14824
	CM244	2.65E+15	1.62E+08	2.00E+09	0.08104
	PU240	1.04E+15	6.33E+07	1.00E+09	0.06334
	PU239	8.95E+14	5.46E+07	1.00E+09	0.05462
	AM243	2.97E+13	1.81E+06	1.00E+09	0.00181
	CM243	2.24E+13	1.37E+06	1.00E+09	0.00137
	AM242M	1.71E+13	1.05E+06	1.00E+09	0.00105
	AM242	1.70E+13	1.04E+06	1.00E+09	0.00104
				アクチニド合計	0.87526 (A)
F P ・ 放 射 化 物	Y90	1.69E+17	1.03E+10	3.00E+11	0.03444
	SR90	1.69E+17	1.03E+10	3.00E+11	0.03443
	CS137	2.27E+17	1.39E+10	6.00E+11	0.02315
	BA137M	2.15E+17	1.32E+10	6.00E+11	0.02192
	RH106	2.94E+16	1.80E+09	2.00E+11	0.00898
	RU106	2.94E+16	1.80E+09	2.00E+11	0.00898
					F P ・ 放射化物合計 (※1)
	その他 (※2)	1.46E+13	8.91E+05	9.00E+07 (核種未知の値)	0.00990 (C)
				<b>全核種合計 (A)+(B)+(C)</b>	<b>1.04473</b>

※1 CZTスペクトロメーター等による測定値を用いた直接計算も可能であり、この場合全核種の②/③の合計値はより小さくなると考えられる。

※2 ORIGEN評価において総放射エネルギーに対する寄与が百万分の一以下の核種の合計



## 5. T I P配管内閉塞物（1 / 2）

## 【参考①】ダミーTIPケーブル先端の付着物の状況

8

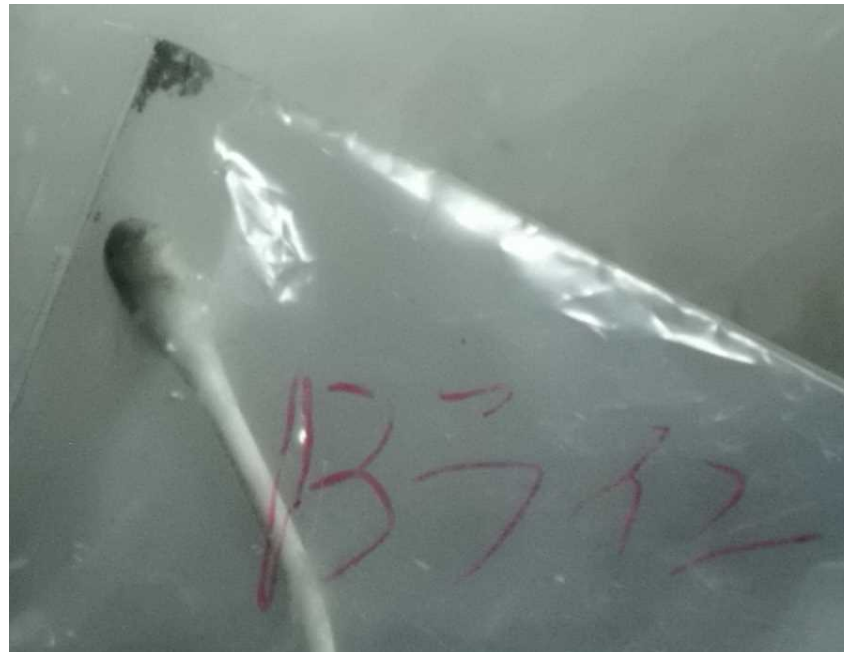
対象	写真	状況
Bライン (7/8)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が広範囲に汚れていた。 $\gamma$ 線: 5mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 200mSv/h
Dライン (7/9)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が一部だけ汚れていた。 $\gamma$ 線: 14mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 30mSv/h
Cライン (7/10)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が広範囲に汚れていた。 $\gamma$ 線: 50mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 200mSv/h
Aライン (7/11)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が一部だけ汚れていた。 $\gamma$ 線: 17mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 45mSv/h
Dライン (7/19) 追加作業		ダミーTIPケーブルを引き抜き後、全体的に付着物を確認。 $\gamma$ 線: 95.0mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 120.0mSv/h



## 5. T I P 配管内閉塞物 (2 / 2)

---

- デブリ存在割合について
  - 現場環境からα線の測定が困難、他サンプルに比べ炉心に近い位置のものであり、実績からの設定も困難
  - 以上から、燃料由来物質の割合を保守的に100%と仮定
- サンプル量
  - 大きさとしては、綿棒の先に比べても十分小さい程度
  - 重量測定が必要であるが、100%燃料由来の物質としても十分Bq数は小さいと推定される



## 6. 輸送計画（1 / 2）

---

輸送計画のうち、輸送対象物に関する部分

### 運搬しようとする核燃料輸送物

#### （1）核燃料輸送物の種類

A型輸送物

#### （2）収納物

輸送容器番号－1～3

① 名称 固体試料（T I P配管内閉塞物）を封入したポリ袋（0.2g×2個）

② 主な核種 Cs-134 Cs-137 Sr-90 Pu-241

③ 放射エネルギー 約 $5.7 \times 10^9$ Bq （A2値比：0.07）

放射エネルギー合計 約 $3.4 \times 10^{10}$ Bq

#### （3）輸送容器、収納方法

T N B 1 6 9型A型輸送容器

① 材質：鋼製

② 寸法：直径約30cm×高さ約40cm

③ 重量：約7.4kg以下／個

④ 個数：3個／輸送

## 6. 輸送計画（2 / 2）

---

### （4）核燃料輸送物の線量当量率

- ① 輸送物表面 : 2 mSv/h以下
- ② 輸送物の表面から1m : 100  $\mu$ Sv/h以下

### （5）核燃料輸送物の表面汚染密度（スミア法）

- ①  $\alpha$ 線を放出する放射性物質 : 0.4 Bq/cm<sup>2</sup>以下
- ②  $\alpha$ 線を放出しない放射性物質 : 4 Bq/cm<sup>2</sup>以下

### （6）核燃料輸送物の輸送指数 : 10以下

### （7）核燃料輸送物の基準適合状況

本輸送物は、「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則」  
（昭和53年12月28日 総理府令第57号）に定めるA型輸送物に該当する。

### （8）標識等

A型輸送容器表面二箇所：「A型」及び告示第一号様式「第一類白標識」又は  
第二号様式「第二類黄標識」又は第三号様式「第三類黄標識」（輸送前に実施する核  
燃料輸送物の線量当量率の測定結果に応じて決定）

「荷送人の氏名又は名称」及び「荷送人の住所」

※輸送先、日程等については、必要な分析内容などを踏まえ決定する。