

# 原子力規制委員会原子力規制庁殿

NFDにおける1F燃料デブリ取り扱い方法について

2019年12月24日

日本核燃料開発株式会社

ローディングドック：輸送容器を積載した車両を搬入

サービスエリア（1階）：輸送容器の荷下ろし

サービスエリア（2階）：輸送容器をセル上部へ移動

サービスエリア（1階）：試料を遮蔽容器に入れ替え

切断セル：輸送容器をγゲートに接続

材料セル：輸送容器をセル内に搬入

放射化学実験室：試料の保管（貯蔵庫）、  
試料の調製（フード）

モニタリングセル：試料の保管（燃料貯蔵ピット）  
試料の外観検査、寸法測定、重量測定、外観観察  
FPガスの捕集（FPガス捕集装置、微量ガス分析装置（操作室））  
金属容器への封入（TIG溶接機）

次ページへ

切断セル：試料の粗切断及び細切断（燃料切断装置、試料切断装置）  
試料の切削  
試料の重量測定  
試料の観察

化学セル：マイクロサンプリング⇒アイソレーションエリアへ搬出  
化学分離及び処理⇒アイソレーションエリアへ搬出  
試料の熱処理（小型抵抗加熱炉、小型誘導加熱炉）  
物理測定  
オートラジオグラフィ  
レプリカ作製⇒走査型電子顕微鏡、アイソレーションエリアへ搬出  
材料の切断及び加工（フライス、旋盤）  
⇒疲労試験機へ

研磨セル：試料の埋込、研磨、エッチング（自動研磨装置）

材料セル：材料の観察、及び寸法、形状測定  
材料試験片の作製  
材料試験（疲労試験機(Ⅱ)、疲労試験機(Ⅲ)）

顕微鏡セル：金相写真撮影（遠隔操作型金属顕微鏡）  
硬度測定（マイクロ硬度計）  
走査型電子顕微鏡用試料の調製  
走査型電子顕微鏡による観察及び分析  
（走査型電子顕微鏡）

鉄セル（No.1～No.4）：材料の強度、延性等の試験  
（内圧クリープ試験装置）  
金相観察、写真撮影  
（遠隔操作型顕微鏡）  
材料の観察

## 1F燃料デブリ（試料）取り扱いフロー図（例、セル外の試験）

アイソレーションエリア：試料を遮蔽容器に収納し、サービスエリア（1階）へ移送

放射化学実験室：試料を貯蔵庫から出し、遮蔽容器に収納

放射化学実験室、除染室：試料の調製（フード）

試料を遮蔽容器に収納して、目的の設備へ移送

## 化学分析

## 放射線計測室

- ・液体シンチレーションカウンタ
- ・質量分析装置

## 第1精密測定室

- ・誘導結合プラズマ質量分析計

## 第2精密測定室

- ・蛍光X線装置
- ・誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-AES）
- ・低バックグラウンド $\gamma$ 線核種分析装置（Ge）
- ・低エネルギー光子測定装置（LEPS）
- ・生体遮蔽体ボックス

## ミクロ組織観察・分析

## 第1精密測定室

- ・TEM試料加工装置
- ・透過型電子顕微鏡（TEM）

## 第2精密測定室

- ・高分解能走査型電子顕微鏡
- ・集束イオンビーム装置

## FE電顕室

- ・電界放出形電子顕微鏡

放射化学実験室貯蔵庫：試料を遮蔽容器に収納して移送し、保管（貯蔵庫）

モニタリングセル：試料を遮蔽容器に収納し、アイソレーションエリア経由でセルへ移送し、保管（燃料貯蔵ピット）

サービスエリア（1階）、（2階）：受入れ時と同様の手法で試料を輸送容器に収納し、輸送容器の汚染検査及び線量率測定後車両に積み付け、ローディングドックを経由して搬出

ローディングドック：車両の汚染検査及び線量率測定後搬出

1. 1F燃料デブリ受入れ  
① セル内で貯蔵、使用

使用施設・設備	作業内容
ローディングドック	・車両の進入退出口、車両の汚染検査及び線量率測定
サービスエリア（1階）	・輸送容器の荷下ろし、積み付け
サービスエリア（2階）	・輸送容器をサービスエリア2階へクレーンで移動

ボトムオープン型輸送容器		上部蓋開放型輸送容器	
使用施設・設備	作業内容	使用施設・設備	作業内容
切断セル	・切断セル天井のガンマゲートに接続し、試料の入った内容物をセル内へ降ろし、試料取り出し	材料セル	・セルの天井ハッチを開放し、輸送容器をセル内へ降ろし、天井ハッチを閉めた後、輸送容器から試料取り出し
モニタリングセル	・セル間ゲートを通してモニタリングセルへ試料を移動し、線量率測定（電離箱等）	モニタリングセル、材料セル	・試料の線量率測定（電離箱等）
モニタリングセル	・モニタリングセルの燃料貯蔵ピットに試料を収納	モニタリングセル	・セル間ゲート等を通してモニタリングセルへ試料を移動し、燃料貯蔵ピットに収納

1. 1F燃料デブリ受入れ  
 ② セル外で貯蔵、使用

使用施設・設備	作業内容
ローディングドック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両の進入退出口、車両の汚染検査及び線量率測定</li> </ul>
サービスエリア（1階）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輸送容器の荷下ろし、積み付け</li> <li>・輸送容器をサービスエリア（1階）の排気引き込み口前に設置した立ち上がりバリア内に移動し、輸送容器の蓋を開け、試料を取り出し、ビニル袋に封入</li> <li>・試料入りビニル袋を遮蔽容器に入れ、蓋を閉め、線量率を測定（遮蔽容器表面で &lt;math&gt;&lt; 2 \text{ mSv/h}&lt;/math&gt;）</li> </ul>
放射化学実験室 フード、貯蔵庫	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遮蔽容器をフード内又はフード前の立ち上がりバリア内に移動し、遮蔽容器の蓋を開けてビニル袋を取り出し、フード内で試料をビニル袋から取り出し</li> <li>・フード内で試料確認、線量率測定、試料調製</li> <li>・フード内で試料を試料容器又はビニル袋に収納後、遮蔽容器に収納</li> <li>・貯蔵する場合は、貯蔵庫前の立ち上がりバリアに遮蔽容器を移動し、試料容器又はビニル袋を取り出し、貯蔵庫内に収納</li> <li>・使用する場合は、使用する装置の立ち上がりバリアや負圧用ボックス内に移動し、試料を取り出して装置に装着</li> </ul>

2. 1F燃料デブリセル内の試験  
① 非破壊試験

使用施設・設備	作業内容
モニタリングセル  TIG溶接機 FPガス捕集装置 γ線スキャンニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外観観察（デジタルマイクروسコープ）</li> <li>・ 重量測定（電子天秤）</li> <li>・ 寸法測定（スケール等）</li> <li>・ 線量率測定（電離箱）</li> <li>・ 金属容器への封入</li> <li>・ FPガスの捕集（ガスの捕集はモニタリングセル、ガスの分析は操作室）</li> <li>・ γ線スペクトル測定（試料はモニタリングセル、測定器はサービスエリア（1階））</li> </ul>
操作室 微量ガス分析装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 捕集したガスの質量分析（ガスの捕集はモニタリングセル、ガスの分析は操作室）</li> </ul>
サービスエリア（1階） γ線スキャンニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ γ線スペクトル測定（試料はモニタリングセル、測定器はサービスエリア（1階））</li> </ul>
切断セル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 重量測定（電子天秤）</li> <li>・ 試料の観察（ペリスコープ（Ⅱ））</li> </ul>

2. 1F燃料デブリセル内の試験  
② 破壊試験試料の調製

使用施設・設備		作業内容
切断セル	燃料切断装置 試料切断装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試料の粗切断</li> <li>・ 試料の細切断</li> </ul>
研磨セル	自動研磨装置 低倍率ズーム顕微鏡	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試料の埋込、研磨、エッチング</li> <li>・ 研磨中の試料の観察</li> </ul>
化学セル	小型抵抗加熱炉、小型誘導加熱炉 フライス、旋盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ マイクロサンプリング（セル外搬出試料の調製）</li> <li>・ 化学分離及び処理（セル外搬出試料の調製）</li> <li>・ 試料の熱処理</li> <li>・ レプリカ作製（セル外搬出試料の調製）</li> <li>・ 試料の切断及び加工</li> </ul>
顕微鏡セル		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 走査型電子顕微鏡用試料の調製</li> </ul>

注)

- \* マイクロサンプリング：燃料を細切断することにより、セル外で取り扱い可能な放射能の試料を作製。固体試料のマイクロ観察や機器分析に使用。
- \* 化学分離及び処理：燃料を硝酸等で溶解し、希釈することによりセル外で取り扱い可能な放射能の液体試料を作製。液体試料を用いた化学分析や放射線測定に使用。
- \* レプリカ作製：試料表面にフィルムを作製して剥がし、フィルムを観察することにより表面形状をマイクロ観察。

2. 1F燃料デブリセル内の試験  
③ ミクロ観察

使用施設・設備		作業内容
顕微鏡セル	遠隔操作型金属顕微鏡 走査型電子顕微鏡	・金相写真撮影 ・走査型電子顕微鏡による観察及び分析
鉄セルNo.1～No.4	遠隔操作型顕微鏡	・金相観察、写真撮影

2. 1F燃料デブリセル内の試験  
④ 機械的試験

使用施設・設備		作業内容
顕微鏡セル	マイクロ硬度計	・硬度測定
材料セル	疲労試験機Ⅱ、疲労試験機Ⅲ	・材料試験（圧縮試験など）



2. 1F燃料デブリセル内の試験  
⑤ 物理的試験

使用施設・設備	作業内容
化学セル	・物理測定（密度測定など）
鉄セルNo.1～No.4	内圧クリープ試験装置 ・熱処理（ガス放出試験など）

3. 1F燃料デブリセル外への搬出  
⑥ 試料の移動

使用施設・設備	作業内容
搬出元セル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固体試料は金属容器あるいはチャック付きビニル袋に収納</li> <li>・液体試料はキャップ付き容器等に収納</li> <li>・セル背面扉を開け、内扉の小窓を開けてアイソレーションエリアへ取り出し</li> </ul>
アイソレーションエリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取り出した試料容器等はビニル袋に封入し、線量が高い場合は遮蔽容器に収納（表面線量率&lt;2 mSv/h）</li> </ul>
サービスエリア（1階）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アイソレーションエリア入り口で遮蔽容器をビニル袋で受け取り、封入</li> </ul>
放射化学実験室 フード、貯蔵庫	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1. ②と同じ</li> </ul>

## 4. 1F燃料デブリセル外の試験

## ⑦ 試料の取り出し、調製

使用施設・設備	作業内容
放射化学実験室 貯蔵庫  <b>【試料調製】</b> 放射化学実験室、除染室：フード 第1精密測定室：TEM試料加工装置 第2精密測定室：集束イオンビーム装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯蔵庫前の立ち上がりバリア内に遮蔽容器を準備し、貯蔵庫を開けて試料を取り出し、遮蔽容器に収納</li> </ul> <b>【固体試料】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・フード、グローブボックス、使用する装置の立ち上がりバリア又は負圧用ボックス内で試料を取り出し、試料調製し、試料ホルダーに装着</li> </ul> <b>【液体試料】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離・抽出、希釈などの作業はフード内で実施</li> <li>・試料移送時は密閉容器に封入</li> <li>・調製時や測定時、試料を入れた容器はバット上に置き、必要に応じて転倒防止用の容器台を使用</li> </ul>

## 4. 1F燃料デブリセル外の試験

## ⑧ 使用

使用施設・設備	作業内容
<p><b>【使用】</b> 放射線計測室：液体シンチレーションカウンタ</p> <p>質量分析装置</p> <p>第1精密測定室：誘導結合プラズマ質量分析計</p> <p>透過型電子顕微鏡（TEM）</p> <p>FE電顕室：電界放出形電子顕微鏡</p> <p>第2精密測定室：蛍光X線装置</p> <p>誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-AES）</p> <p>低バックグラウンドγ線核種分析装置（Ge）</p> <p>低エネルギー光子測定装置（LEPS）</p> <p>高分解能走査型電子顕微鏡</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フードで液体試料を専用容器に封入し、専用試料台にセットして、分析</li> <li>・フードで蒸発用フィラメントに試料溶液を塗布し乾燥後、密閉容器に入れて移送し、装置に装着して、分析</li> <li>・液体試料に試料導入チューブを浸し、試料を測定系へ導入して分析</li> <li>・フード又はグローブボックス内で固体試料を試料ホルダに装着 試料ホルダを専用容器に入れて移送し、試料ホルダを顕微鏡に装着して観察</li> <li>・フード又はグローブボックス内で固体試料を試料ホルダに装着 試料ホルダを専用容器に入れて移送し、試料ホルダを顕微鏡に装着して観察</li> <li>・装置前の立ち上がりバリア内で固体試料を試料ホルダにセットし、試料台に置き、装置内へ導入して分析</li> <li>・液体試料に試料導入チューブを浸し、試料を測定系へ導入して分析</li> <li>・密封した固体又は液体試料をホルダに取り付け、検出器上に設置して分析</li> <li>・フィルタ上に捕集又は密封容器に封入した固体試料又は密封容器に封入した液体試料を樹脂製容器内の試料台に設置し、樹脂製容器を封止して分析</li> <li>・フード等で試料台に固体試料を固定し、装置前の立ち上がりバリア内で試料ホルダに装着し、装置に取り付け観察</li> </ul>