

# 3号機ハンドルの変形燃料の健全性確認及び取扱いについて

2020年3月25日

**TEPCO**

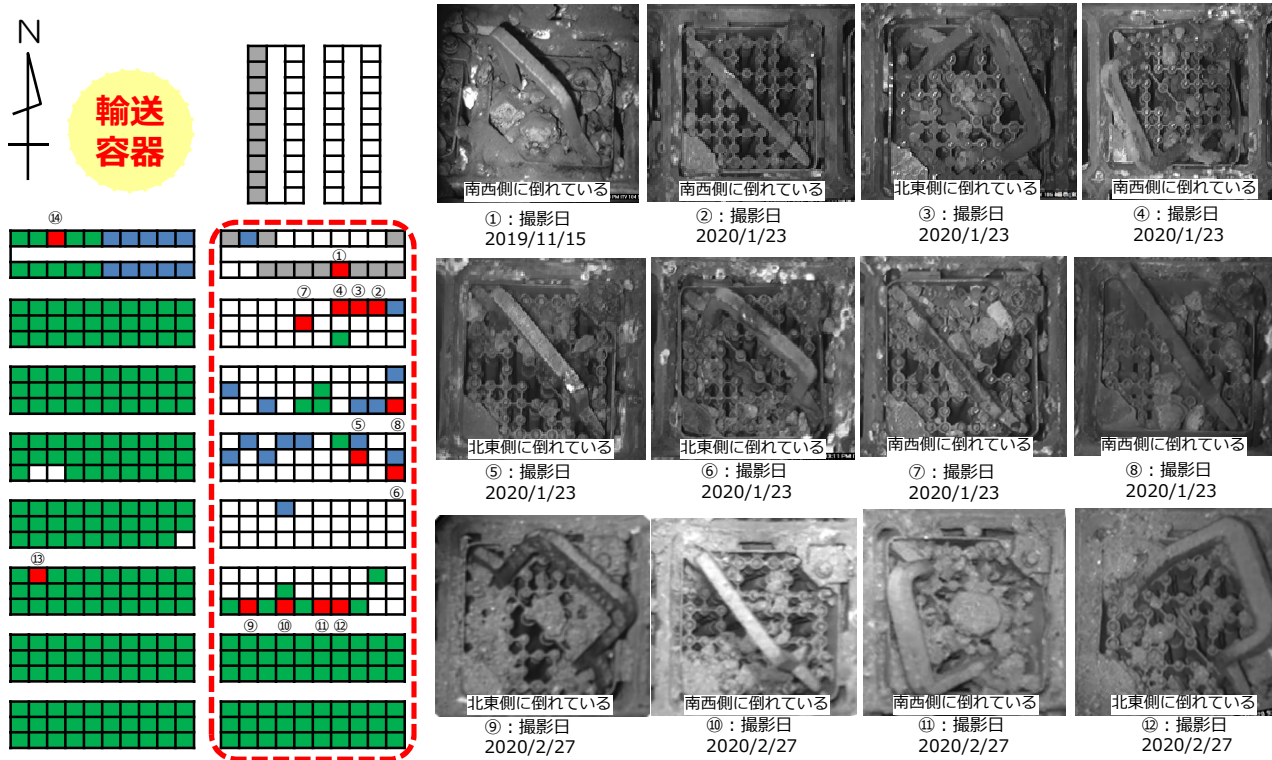
---

東京電力ホールディングス株式会社

- 
- I 3号機SFP内燃料のハンドルの状況の確認について
  - II ハンドル変形燃料のSFP内での取扱いに係る実施計画上の位置付け
  - III ハンドル変形燃料の取出し全体フローについて
  - IV ハンドル変形燃料の取扱いについて
  - V ハンドル変形燃料の取扱い訓練、吊上げ試験について
  - VI 今後のスケジュールについて

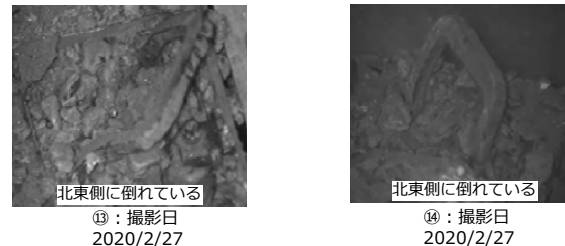
# I 3号機SFP内燃料のハンドル状況の確認について

- ハンドル変形の目視確認は全燃料について完了。目視確認が難しい軽微な変形の有無は治具により最終判断するため、ガレキを撤去し、治具での判断後にガレキ撤去完了となる。
- 3月24日時点でハンドル変形を確認した燃料は14体。このうち既設FHM掴み具で把持角度を超過している可能性のあるハンドル変形燃料は4体。



3号機使用済燃料プール内西側拡大図

- : ガレキ撤去完了
- : 燃料ハンドル確認完了
- : ハンドル変形を確認【14体】
- : ハンドル未確認【0体】
- : 燃料取出済
- : 燃料交換機, コンクリートハッチが落下したエリア



これまで確認したハンドル変形燃料

No.	型式	ITVによる推定曲がり角度	方向
①	STEP2	約10°	反CF側
②	9×9A	約10°	反CF側
③	9×9A	約40°	CF側
④	9×9A	約40°	反CF側
⑤	9×9A	<10°	CF側
⑥	9×9A	約10°	CF側
⑦	9×9A	約10°	反CF側
⑧	9×9A	約20°	反CF側
⑨	9×9A	約40°	CF側
⑩	9×9A	約10°	反CF側
⑪	9×9A	約60°	反CF側
⑫	9×9A	約60°	CF側
⑬	9×9A	約40°	CF側
⑭	9×9A	約20°	CF側

※赤字は既設FHM掴み具で把持可能な角度を超過している可能性のある燃料集合体。

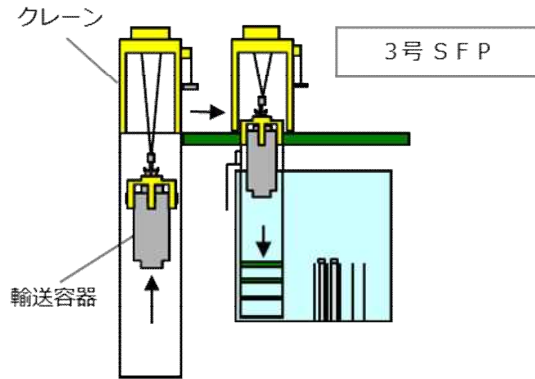
## II ハンドル変形燃料のSFP内での取扱いに係る実施計画上の位置付け **TEPCO**

- 3号機SFP内燃料の取出しに係る実施計画の申請状況を下記表に示す。
- ハンドル変形燃料の3号機SFP内での取扱いに係る実施計画は今後申請予定。（下表赤枠）

		3号機SFP内燃料取り出し作業		
		3号機SFP内での取扱い	3号機SFPから共用プールへの輸送	共用プールでの貯蔵
3号機SFP内燃料内訳	健全燃料	認可済み	認可済み	認可済み
	スペーサ損傷, ずれ燃料 (CB有り)		審査中 (破損燃料用輸送容器 (7体))	認可済み (49体ラック)
	スペーサ損傷燃料 (CB無し) 漏えい燃料	今後申請予定	審査中 (破損燃料用輸送容器 (2体))	審査中 (25体ラック)
	ハンドル変形燃料 (健全性確認治具NG燃料、CB変形燃料含む)			
実施計画該当箇所		2.11添付-1-3 (燃料の健全性確認及び取扱いに関する説明書) 2.11添付-1-1 (燃料の落下防止, 臨界防止に関する説明書)	2.11添付資料-2-2 (破損燃料用輸送容器に係る安全機能及び構造強度に関する説明書)	2.12使用済燃料共用プール設備 添付資料-9, 10

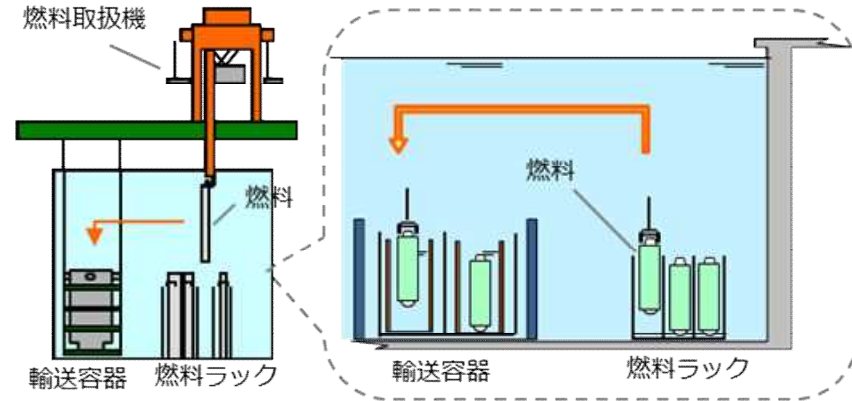
### Ⅲ ハンドル変形燃料の取だし全体フローについて（1 / 2）

- 3号機SFP内でのハンドル変形燃料の取だしフローは下記のとおり。健全燃料との相違点を赤字で記載した。



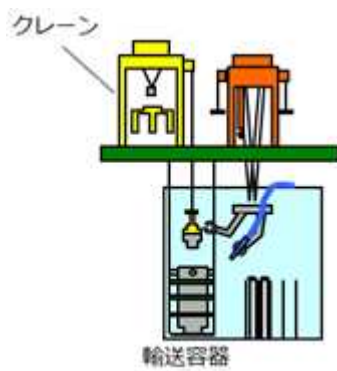
①輸送容器をSFP内に移動

※破損燃料用構内輸送容器にて輸送する。使用するバスケットは、ハンドル曲がり角度に応じて、収納缶（小）の場合は7体入り、収納缶（大）の場合は2体入りのものを適用する。

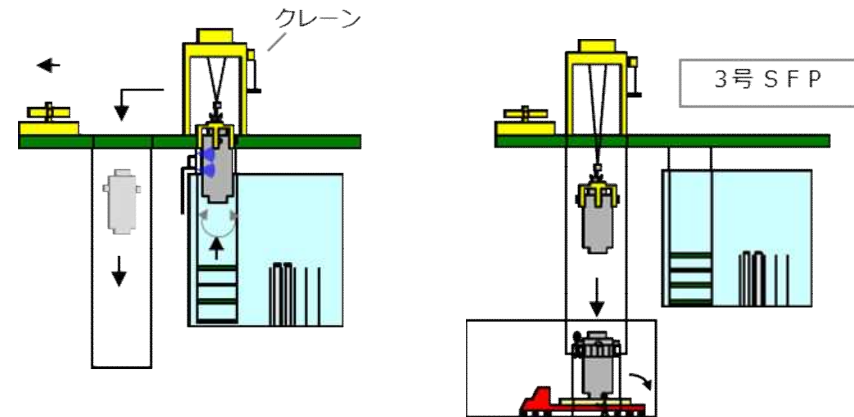


②ハンドル変形燃料を吊り上げ輸送容器へ装填

※ハンドル曲がり角度に応じて、専用の取扱い治具及び収納缶（大）を適用する。吊上荷重の上限は健全燃料よりも低い値に制限する。



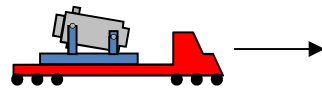
③輸送容器の蓋締め



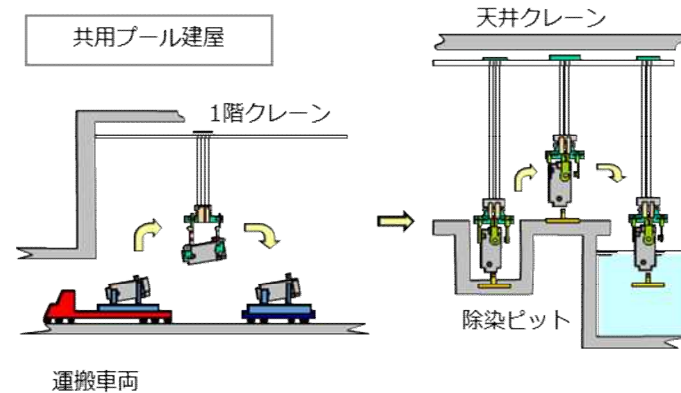
④輸送容器の吊り上げ、運搬車両へ積載

### Ⅲ ハンドル変形燃料の取出し全体フローについて（2 / 2）

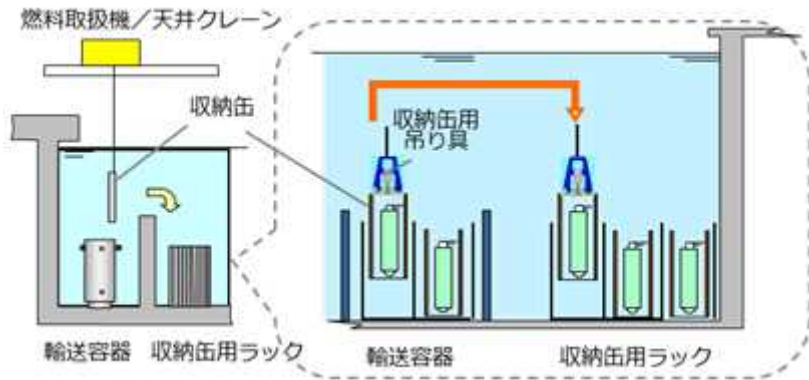
- 3号機SFP内から共用プールへの構内輸送、共用プールでのハンドル変形燃料の取出しフローは下記のとおり。健全燃料との相違点を赤字で記載した。



⑤ 構内輸送

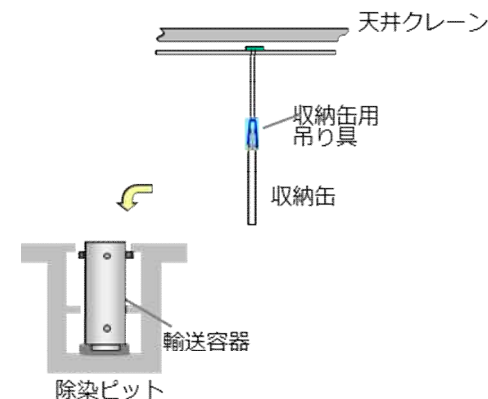


⑥ 輸送容器を共用プール内に移動・蓋開け



⑦ 収納缶（損傷・変形等燃料入り）を輸送容器から取出し、収納缶用ラックへ装荷・貯蔵

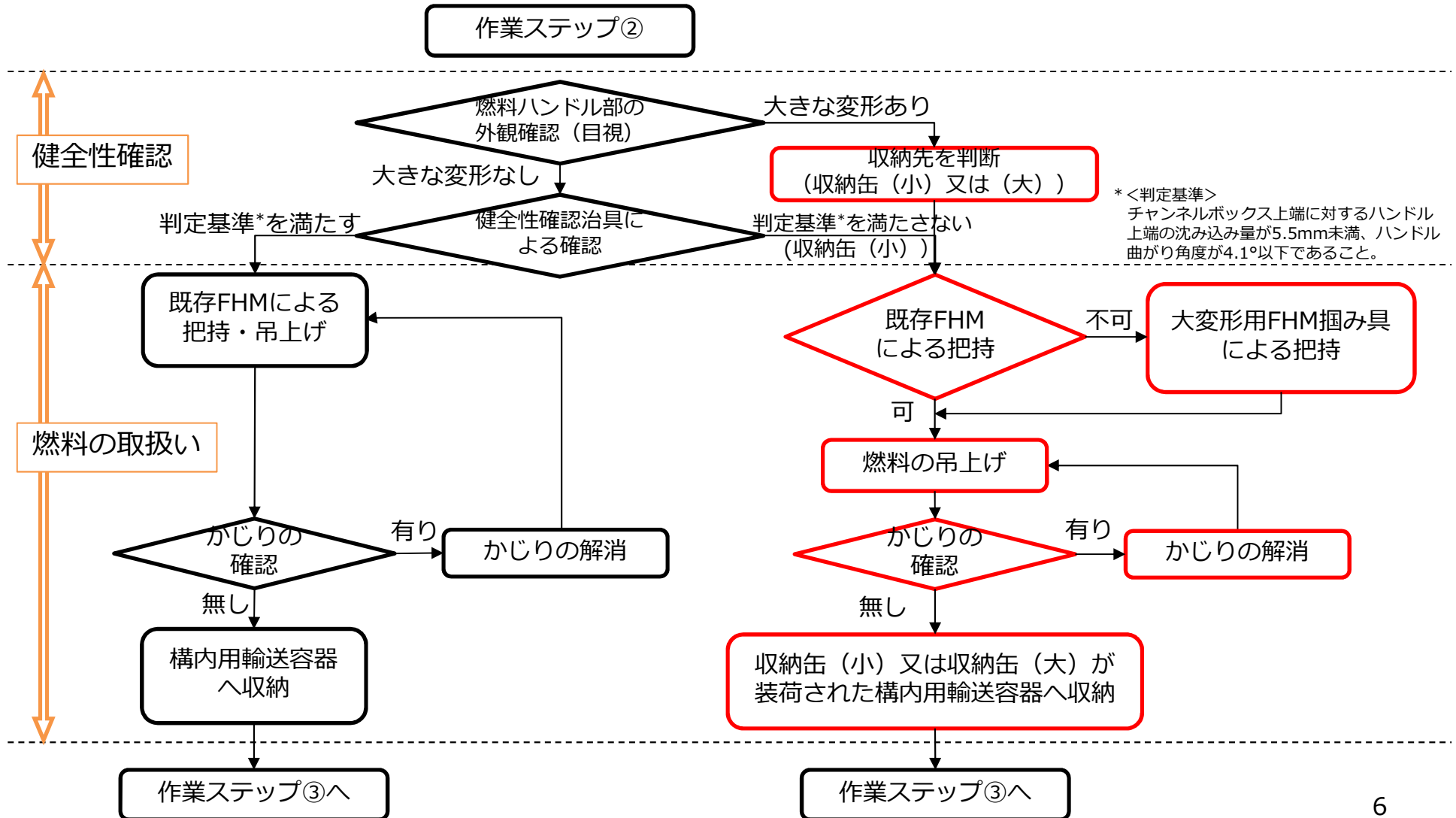
※ハンドル曲がり角度に応じて、収納缶（小）の場合は49体ラック、収納缶（大）の場合は25体ラックにて収納缶ごと貯蔵する。



⑧ 空の収納缶を輸送容器へ設置

# IV ハンドル変形燃料の取扱いについて

- 3号機SFP内における燃料の健全性確認および取扱いフローは下記のとおり。  
(ハンドルに変形が確認された場合は、赤枠のフローにて対応する。)



## 【補足】 ハンドル変形燃料の取扱いについて

- 3号機SFP内でのハンドル変形燃料の取扱いについて健全燃料等\*との相違点を整理した。
- 燃料ハンドルの把持及び収納缶への収納は、幾何学的な制約によりハンドル曲がり角度に応じて適用するハンドル掴み具、収納缶を使い分ける必要がある。

	健全燃料等*	ハンドル変形燃料	備考
燃料ハンドルの把持	既存FHM掴み具	既存FHM掴み具 又は 大変形用FHM掴み具	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 既存FHM掴み具で把持できるハンドル曲がり角度上限を超過したハンドル変形燃料は大変形用FHM掴み具で取り扱う。</li> </ul>
燃料の吊上げ	吊上げ荷重上限：1 ton	吊上げ荷重上限：700kg (今後、評価を行い上限値を見直す可能性あり)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ガレキ衝突解析結果から、吊上げに寄与できる結合燃料棒の本数を保守的に設定し、吊上げ荷重上限を健全燃料より低い値に制限している。</li> </ul>
輸送容器に装填された収納缶への収納	収納缶(小)  (なお、共用プールへ搬入後は収納缶(小)から燃料を取り出し通常ラックにて貯蔵する)	収納缶(小) 又は 収納缶(大)  (なお、共用プールへ搬入後は、収納缶(小)は49体ラック、収納缶(大)は25体ラックにて貯蔵する)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 収納缶(小)に収納できるハンドル曲がり角度上限を超過している可能性のあるハンドル変形燃料は収納缶(大)に収納する</li> </ul>

\*震災以前から存在する漏えい燃料、 $\lambda^{\circ}$ -サ損傷、ずれ燃料含む



## V ハンドル変形燃料の取扱い訓練、吊上げ試験について

今後、ハンドル変形燃料の取出しに万全を期すため、①模擬燃料を用いた取扱い訓練、②ハンドル変形燃料の吊上げ試験（地切り）の実施を検討している。

### <①取扱い訓練>

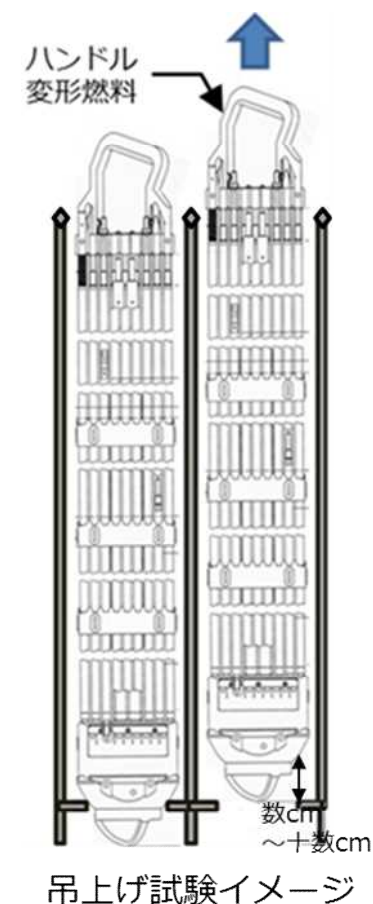
- ▶ ハンドル変形を模擬した模擬燃料（20°、40°、65°の曲がり角度）を用いて、事前に実機でハンドルの把持、吊上げ、収納缶への収納作業の訓練を行い、取扱い手順の確認及び技量の習熟を図る。

### <②ハンドル変形燃料の吊上げ試験（地切り）>

- ▶ 2020年度4Qにハンドル変形燃料の取出しを予定しているが、不具合の有無の早期検知を目的として吊上げ試験を行い、試験結果を基に計画的にハンドル変形燃料取り出し検討を進める。

#### （早期検知の対象）

1. 燃料ラックとのかじり・固着
  - ハンドル変形の有無に拘わらずかじり・固着の発生リスクがある。但し、ハンドル変形燃料は健全燃料よりも吊上げ荷重の上限を制限するため、吊上げ荷重を増加させるかじり・固着の解除方法以外も含め検討する必要がある。
2. 燃料の分断
  - これまでの解析結果等から震災時のガレキ衝突の影響で結合燃料棒が全数分断（燃料が分断）している可能性は極めて低いと考えられる。但し、実機において直接的には確認していない。万一、燃料が分断している場合、分断燃料（下側）の取り出し手段を新たに用意する必要がある。
3. その他吊上げに係る不具合
  - 主な不具合は上記1, 2.と考えるが、その他不具合の有無も併せて確認する。



## V-② 吊上げ試験での確認事項、対象燃料について

(吊上げ試験内容)

- ハンドル変形燃料に吊上げ荷重を負荷し、下記表に示すケース①～③のいずれに該当するか確認する。  
(但し、下記表での確認は吊上げ時にCFが燃料ラックガイドを抜けきった後に行う\*1)

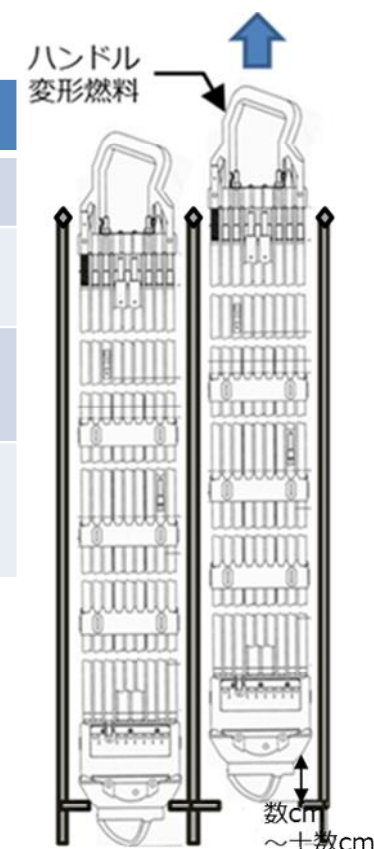
吊上げ試験で想定される結果	結果の考察（不具合の有無）	
	かじり・固着	燃料の分断
ケース①： 燃料自重程度*2で吊れる	・可能性なし	・可能性なし
ケース②： 燃料自重*2よりも明らかに小さい荷重で吊れる	・可能性なし	・可能性あり
ケース③： 燃料自重*2よりも明らかに大きい荷重でも吊れない	・可能性あり	(かじり解除後の吊上荷重から、ケース①、②のいずれかを判断し燃料分断の可能性を確認する)

\*1 これまでの実績から吊上げの過程で、CFが燃料ラックガイド高さ付近にある場合は、摩擦により吊上げ荷重が増大し、CFが抜け切ると当該燃料そのものの自重に戻ることが分かっている。

\*2 燃料集合体（CB有り）の水中での自重

(吊上げ試験対象燃料)

- ハンドル変形燃料について実施する。
- 吊上げ試験は2回に分けて実施し、1回目は既存FHM掴み具で把持できるハンドル変形燃料、2回目はその他のハンドル変形燃料について実施する。  
(但し、既存FHM掴み具で把持可能な角度を超過している可能性がある燃料についても、今後、実機掴み具で把持できることが確認された燃料は、1回目の試験対象とする。)



吊上げ試験イメージ

## V-② 吊上げ試験におけるリスク検知後の対応案について

- 吊上げ試験の結果、かじり・固着、燃料の分断が検知された場合、下記に示す措置を実施した後、恒久措置の検討に着手する。

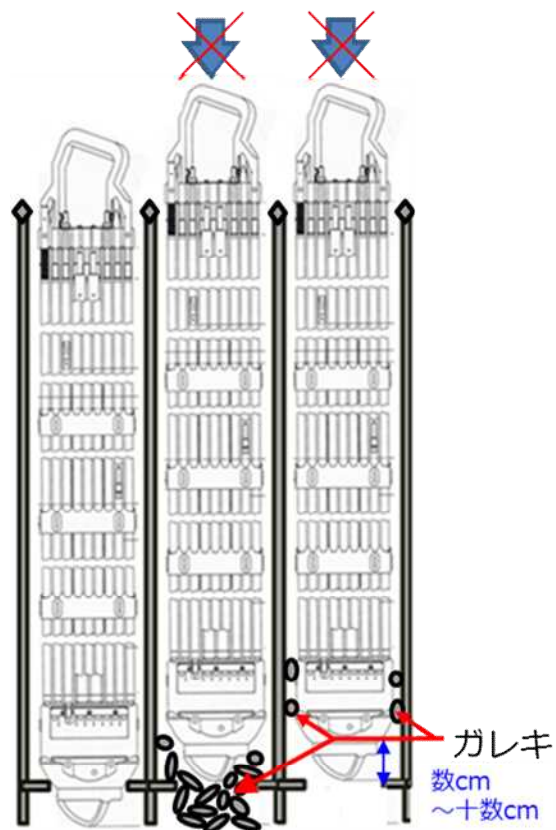
吊上げ試験後に検討着手する



早期検知対象		措置 (吊上げ試験時に実施)	恒久措置 (ハンドル変形燃料取り出し迄に実施)
かじり ・ 固着	吊上げ不可	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該燃料の上部を水中カメラで詳細観察したうえで、上限700kgの範囲で、上向きに荷重負荷・除荷を繰り返す。</li> <li>・上記措置で解除されない場合は、当該燃料の取扱いは中断し、恒久措置の検討に着手する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・かじり解除治具*の取扱い訓練を行ったうえで、当該燃料に適用し、かじり・固着を解除する。</li> <li>・併せて、当該燃料のミルシート等から、個別に強度評価を行い、700kg以上の荷重を負荷することの可否について検討する。</li> </ul> <p style="text-align: right;">*既に準備済み</p>
	吊下げ不可	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吊下げ不可の原因を判別のうえ、当該燃料の取扱いは中断する。 (無理に下方向に荷重を負荷するとかじりが悪化する虞があるため)</li> <li>・原因の判別結果に応じて、恒久措置の検討に着手する。</li> </ul>	(同上)
燃料の分断		<ul style="list-style-type: none"> <li>・分断燃料(上部)を着座させ、恒久措置の検討に着手する。</li> <li>・水サンプリング、雰囲気線量の測定等を実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分断燃料(下側)の取出工法の検討に着手する。</li> </ul>

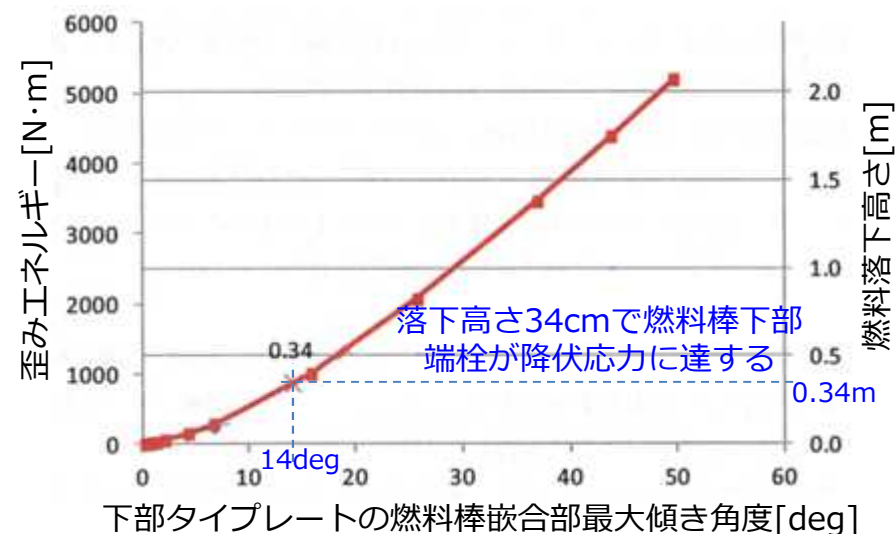
## 【補足】 かじり・固着（吊下げ不可のケース）について

- ハンドル変形燃料を数～十数cm吊上げた際に、ラックと燃料の隙間にガレキが新たに入り込み、元の位置に着座できない（元の高さまで下がらない）可能性がある。この場合、無理に下方向に荷重を負荷すると、燃料へのダメージやラックとのかじり・固着が悪化する虞がある。
- そのため、再度数cm程度吊上げる等してケース①、②のいずれかを判別のうえ、当該燃料の取扱いは中断する。判別の結果、ケース②の場合は、前頁に示す恒久措置の検討に着手することとする。
- なお、吊上げ試験にあたって、万一落下した場合でも、落下により燃料棒が破損することはない（弾性範囲に収まる）吊上げ高さを予め確認したうえで、その範囲内で試験を行うこととする。



ケース① ケース②

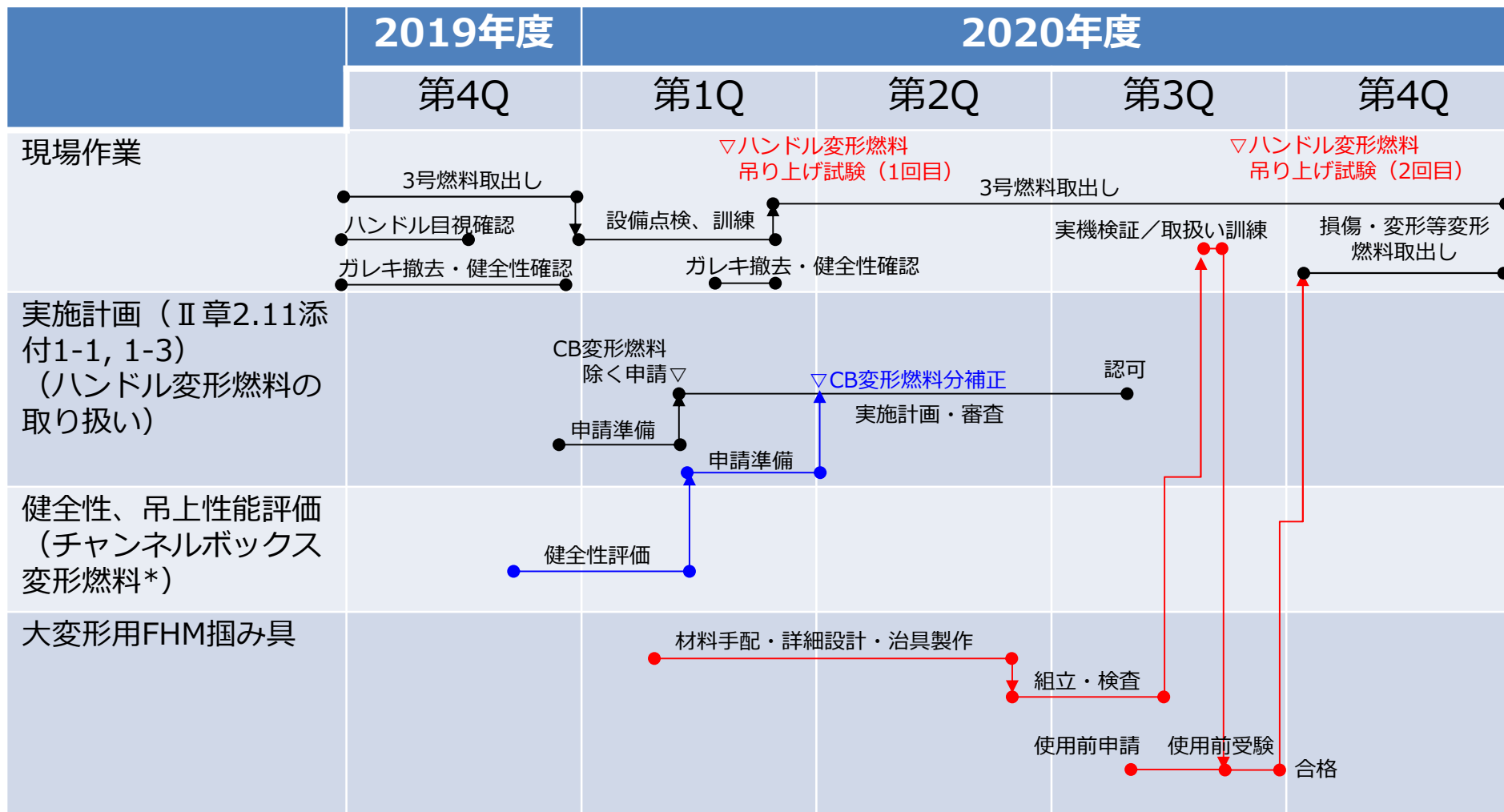
ガレキによる吊下げ不可のイメージ



燃料が破損しない落下高さ評価例  
(9 x 9 B 燃料評価結果)

## VI 今後のスケジュールについて

- ハンドル変形燃料吊り上げ試験は2020年度第1Q, 3Qでの実施を検討している。

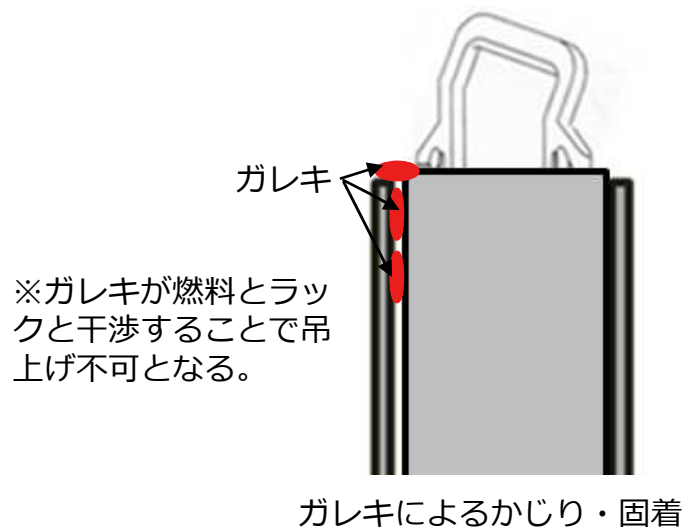


\* チャンネルボックス変形燃料：ハンドル以外にチャンネルボックス、チャンネルファスナが変形している燃料

以下、参考資料

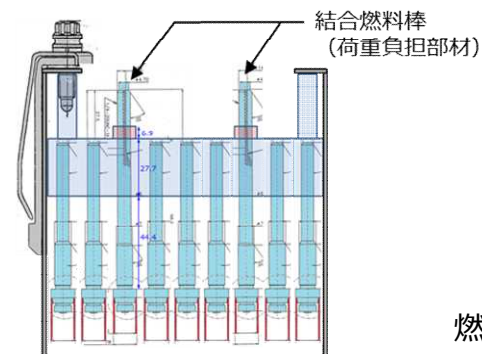
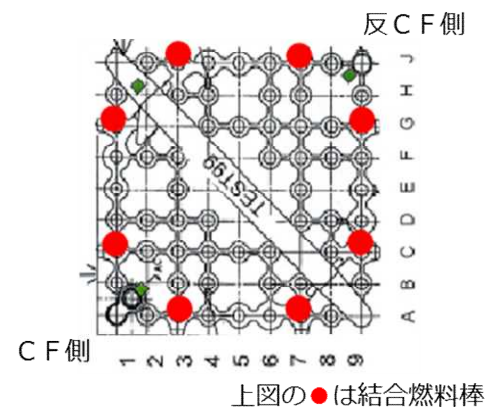
## 【参考】早期検知の対象とする不具合

- 吊り上げに係る不具合として、「ラック・がれきとの燃料のかじり・固着」がある。その他、健全燃料との共通の不具合として「結合燃料棒全数破損（燃料の分断）による吊上げ不可」があるが、既実施の評価結果から、発生する可能性は極めて低いと考えられる。



<①燃料ラックとのかじり・固着>

結合燃料棒8本全数が破断した場合、ハンドル把持により吊上げると燃料が上下に分断する



燃料分断による吊上げ不可のイメージ



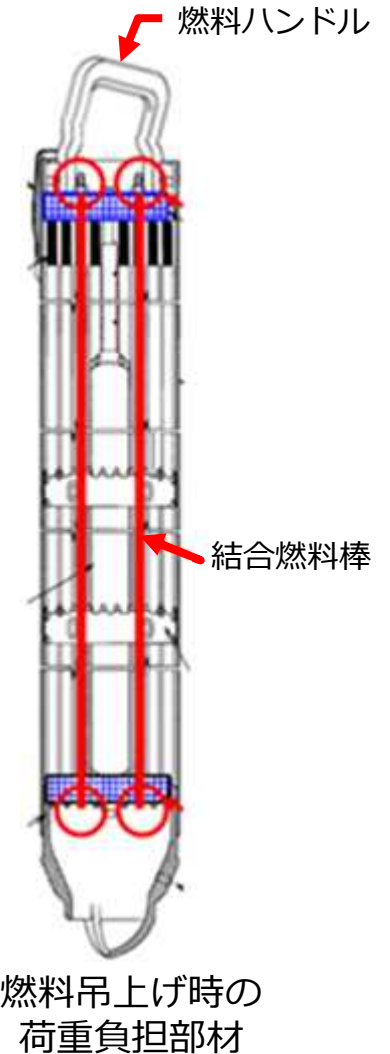
<②燃料の分断>

【参考】 ハンドル変形燃料の健全性（吊上げ性能）の評価状況について

- 燃料吊上げ時は、燃料ハンドルと結合燃料棒の二つの部材が荷重を負担する。
- 各部材の健全性（吊上げ性能）の評価状況は下記表のとおり。

＜吊上げ時荷重負担部材の健全性評価状況＞

	燃料ハンドル	燃料棒（結合燃料棒）
ガレキ衝突後の健全性 （現時点での健全性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬ハンドルを用いた曲げ試験では80°以上の変形を付与した場合でもハンドルに有意なき裂は発生しない結果となった。（確認されているハンドルの曲がり角度は最大でも60°程度）</li> </ul>	<p>＜ハンドル変形燃料*1＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ガレキ衝突解析を行い、ハンドルが90°程度変形した場合の燃料棒に発生する塑性歪分布を評価済み。吊上げに必要な本数の結合燃料棒が残存する結果となった。</li> </ul> <p>＜チャンネルボックス変形燃料*2＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現在評価中（5月中旬頃） （チャンネルファスナへのガレキ衝突による燃料棒への影響を評価中）</li> </ul>
吊上げ時の健全性 （荷重負荷時の健全性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80°以上の変形を付与した模擬ハンドルを用いた引張り試験では900kg以上の荷重を負荷した場合でも、有意なき裂は発生しない結果となった。</li> </ul>	<p>＜ハンドル変形燃料*1＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 上記結果で残存する結合燃料棒を前提条件とした吊上げ評価を実施。700kg程度の荷重を負荷できることを確認した。</li> </ul> <p>＜チャンネルボックス変形燃料*2＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現在評価中（5月中旬頃） （上記結果から残存する結合燃料棒を確認、吊上げ評価を実施する）</li> </ul>



\*1 ハンドル変形燃料：ハンドルのみが変形している燃料

\*2 チャンネルボックス変形燃料：ハンドル以外にチャンネルボックス、チャンネルファスナが変形している燃料  
(2020/3/25現在で1体)