

3号機干渉解除措置（振動付与）について

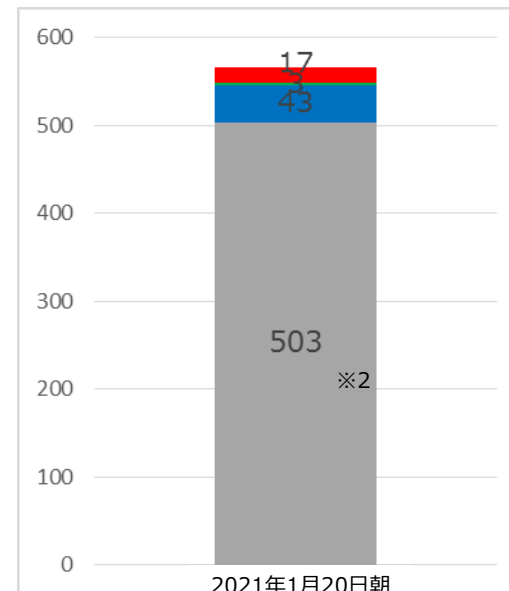
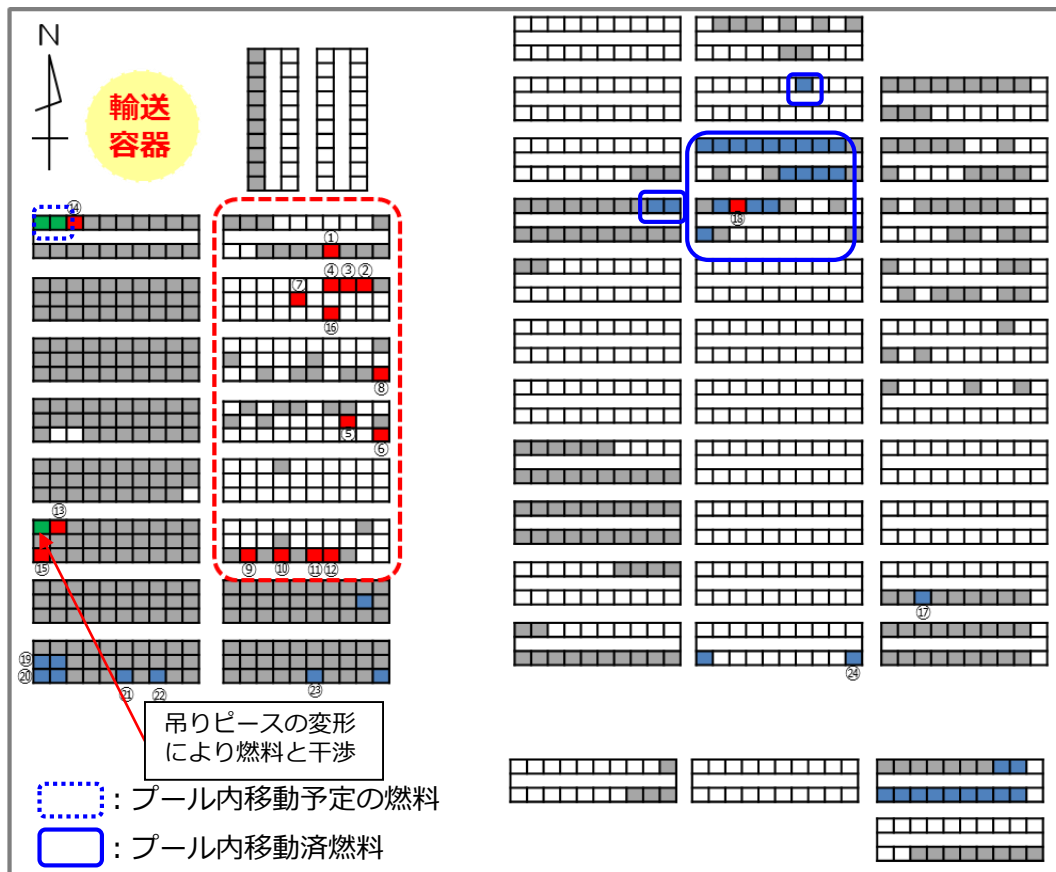
2021/1/21

東京電力ホールディングス株式会社



■ 2021年1月20日夕時点,計503体^{※1} /全566体の取り出しを完了している。

※1 共用プールに取り出し完了した燃料体数



※2
3号機燃料ラックから
取り出した燃料体数

3号機使用済燃料プール内燃料内訳

- : ハンドル変形燃料
- : ガレキ撤去中
- : ガレキ撤去完了
- : 燃料取り出し済
- : 燃料が入っていないラック
- : 燃料交換機, コンクリートハッチが落下したエリア
- ①~⑯, ⑱ : ハンドル変形燃料
- ⑰, ⑲~⑳ : ハンドル変形が無くガレキによる干渉のある燃料

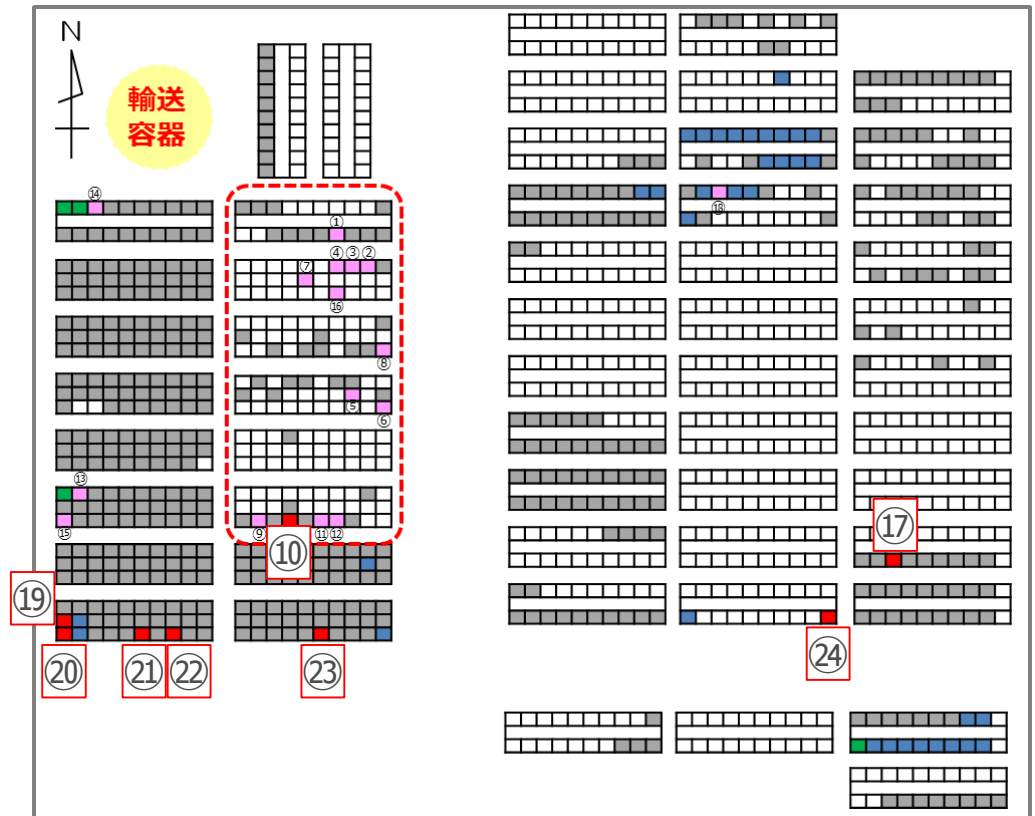
3号機使用済燃料プール (72回目までの取り出し状況を反映)

- 規定荷重（1000kg）以内に吊り上がらない燃料は現状8体。





干渉解除対象（8体）

	吊り上げ不可 ■
体数	8体
状況	吊り上げ荷重1000kg以内にて吊り上がらないことを確認 ⑩：ハンドル変形あり ⑰⑱～⑳：ハンドル変形なし





- ：変形なし
- ：吊り上げ確認未実施【4体】
- ：ハンドル変形（吊り上げ可）
- ：吊り上げ不可【8体】
- ：燃料取出済
- ：燃料が入っていないラック
- ：燃料交換機，コンクリートハッチが落下したエリア



■ 吊り上げ試験の結果、吊り上げ荷重1000kgで吊り上げられなかった燃料

燃料番号	F3V79	F3W37	F3W88	F3U52
位置※	⑩	⑰	⑲	⑳
型式	9×9A	9×9A	9×9A	STEP2
燃焼度	45844 MWd/t	41926 MWd/t	43725MWd/t	43846MWd/t
備考	ハンドル変形あり			
写真				

■ 吊り上げ試験の結果、吊り上げ荷重1000kgで吊り上げられなかった燃料

燃料番号	F3T147	F3V57	F3V120	F3L85
位置※	②①	②②	②③	②④
型式	STEP2	9×9A	9×9A	8×8BJ
燃焼度	43493MWd/t	49682MWd/t	44383MWd/t	39296MWd/t
備考				チャンネルファスナ無し
写真				

- 干渉解除等のため、以下の装置を適用予定。

今回説明

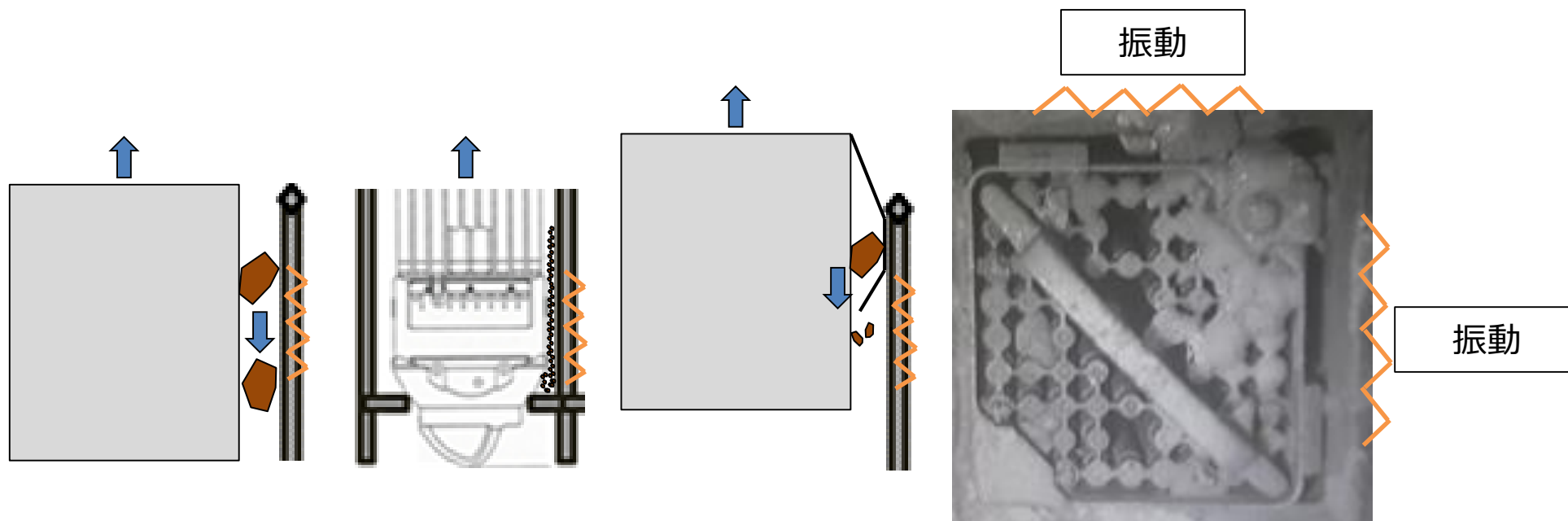
<コンテンジェンシープラン>

取り出せない要因	振動付与装置	圧縮空気注入装置	燃料ラックガイド部削除装置	ラック切断装置・押し広げ治具	燃料ラック枠板の全長切断
燃料上部ガレキの干渉	○	○	○	○	○
燃料側面～下部ガレキの干渉	○	—	—	△	○
変形による燃料ラックガイドとの干渉	—	—	○	○	○

- ：効果を期待できる
- △：効果は限定的
- ：効果なし

【振動付与装置コンセプト】

- 燃料ラックに側面から振動を与えることで、ラックに入り込んだガレキによる引っ掛かりや摩擦抵抗の解除、またはガレキの破砕を行う。
- ガレキが入り込んで干渉しやすい、燃料東側・北側から振動を付与する。
 - 燃料東側・北側に装置設置困難な場合、西側から振動を付与する。
- 状況により、燃料を吊り上げながら振動を付与する。

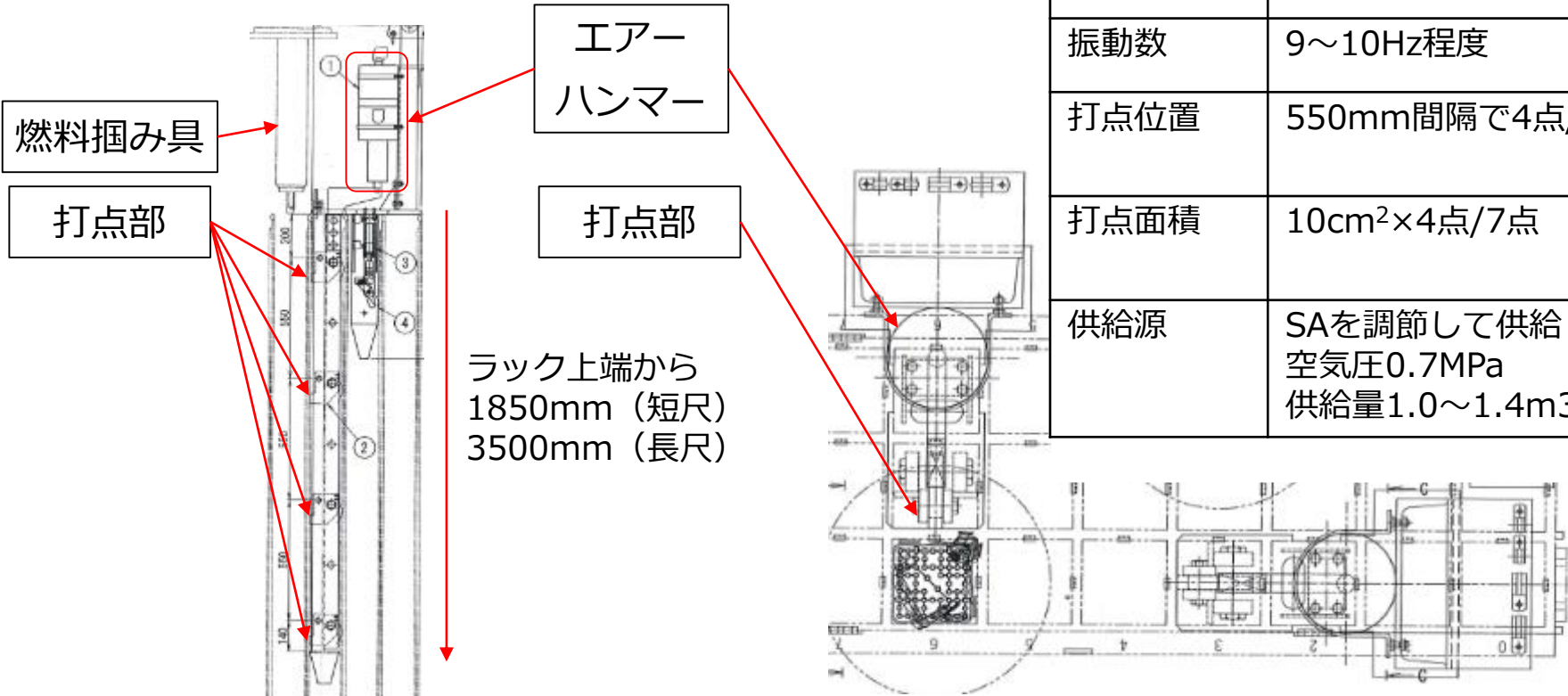


振動付与装置概要 (2)

【振動付与装置仕様】

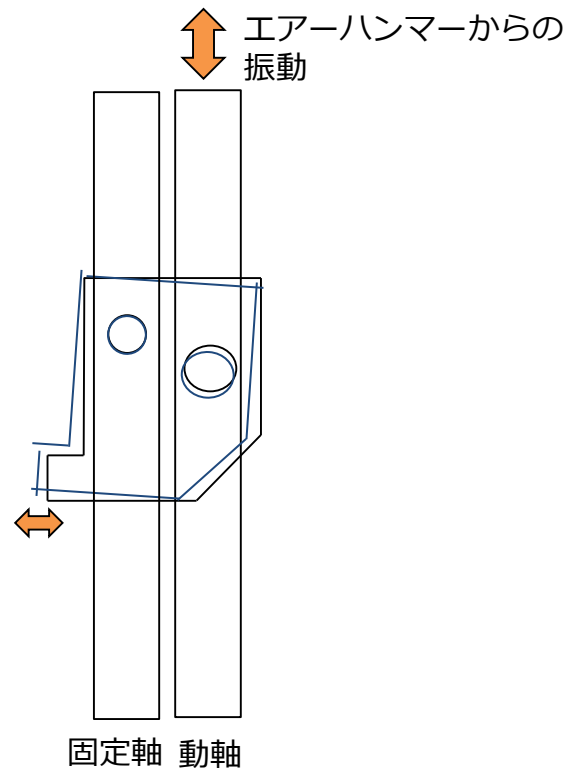
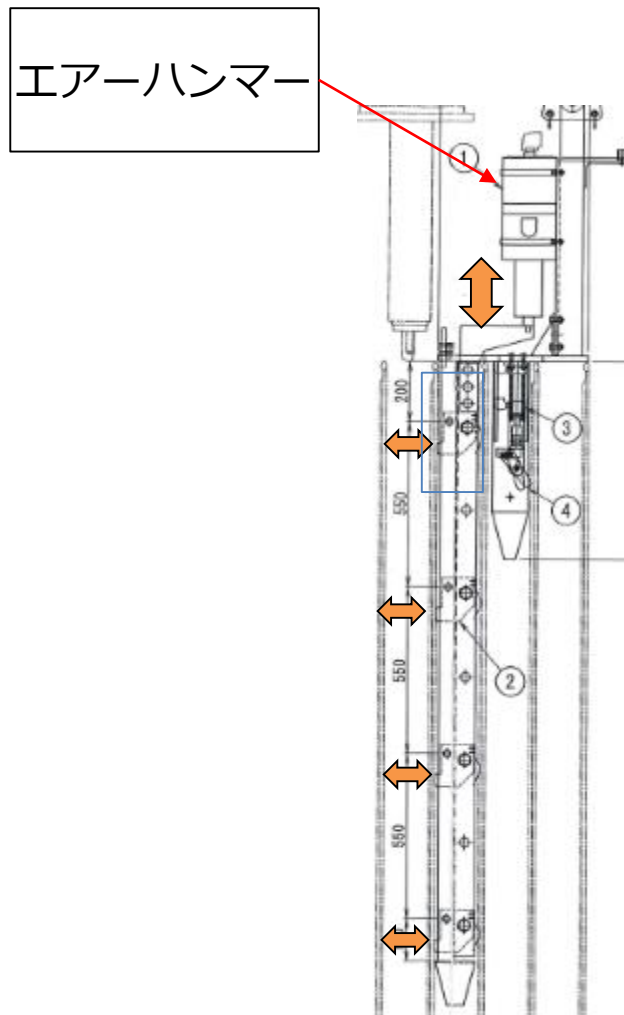
- 水中で扱える振動装置として、エアーハンマー方式を採用。
 - 空気による加圧/排気を周期的に行うことで、継続的に衝撃荷重を生み出す。
 - 海底での船底の掃除、土木工事などに使用されている
- 燃料ラックに側面から振動を与えながら、燃料掴み具で燃料吊り上げを行う。
- 打点部の部材は2種類の長さのものを用意する。
 - 短尺：取扱いやすい、打点は4点
 - 長尺：燃料下部まで振動を伝えやすい、打点は7点

材質	ステンレス鋼 (SUS304) 炭素鋼 (S45C)
振動による水平荷重	13.2kN (計画値)
振動数	9~10Hz程度
打点位置	550mm間隔で4点/7点
打点面積	10cm ² ×4点/7点
供給源	SAを調節して供給 空気圧0.7MPa 供給量1.0~1.4m ³ /min

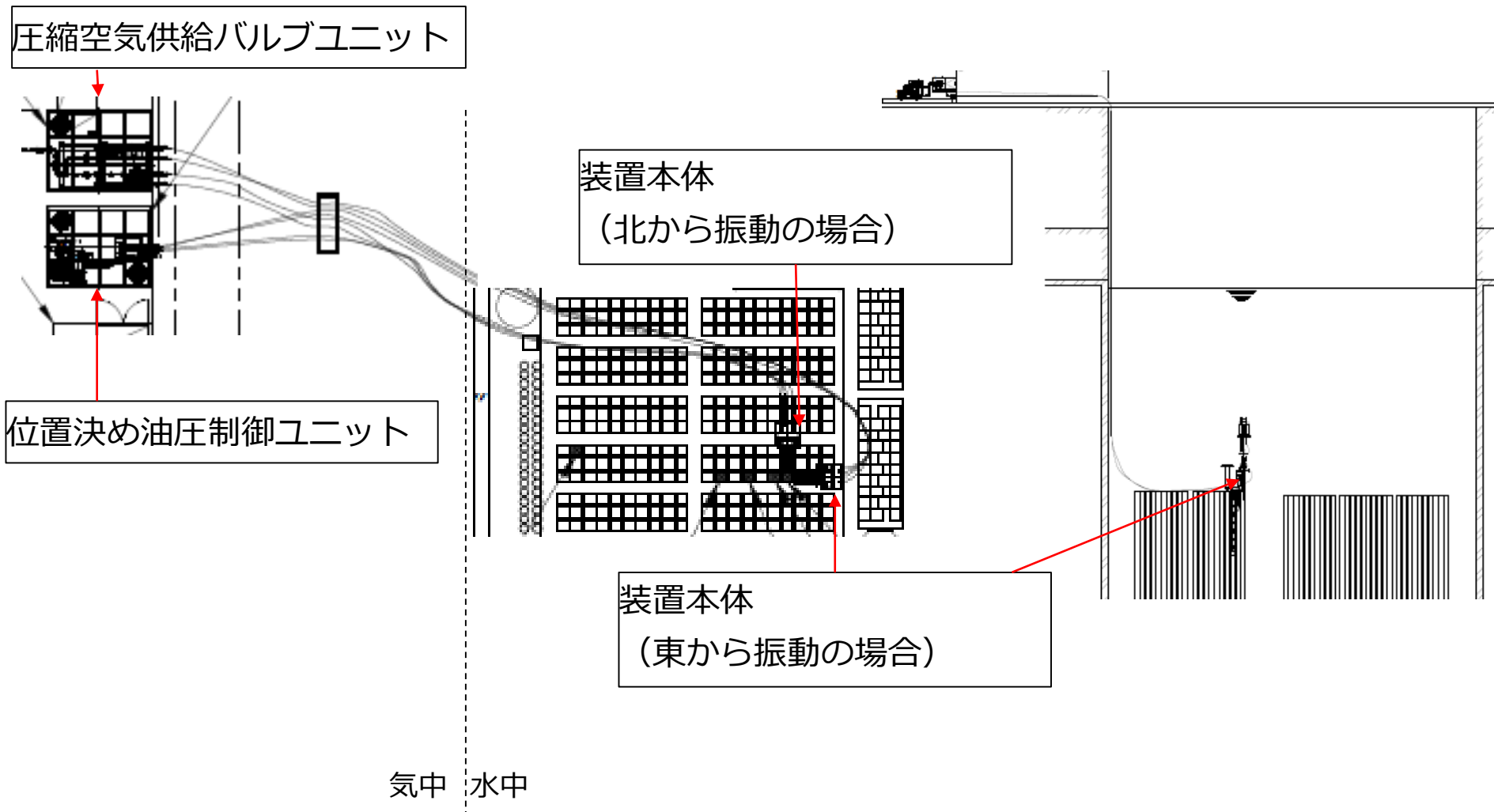


【振動付与装置仕様】

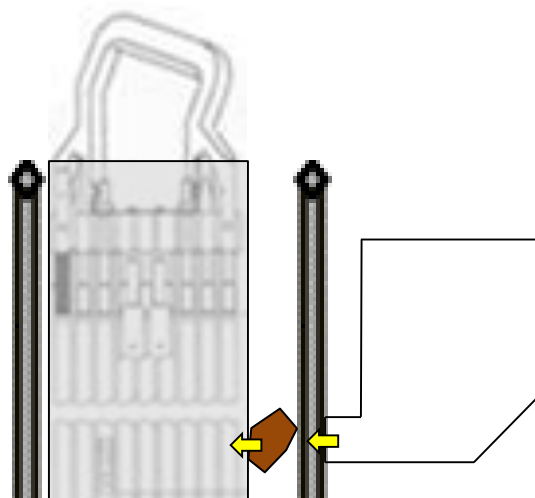
- エアーハンマーにより動軸部を振動させ、打点部が固定軸まわりに回転し、燃料ラック側面に周期的な打撃を与える。



■ 振動付与装置全体構成



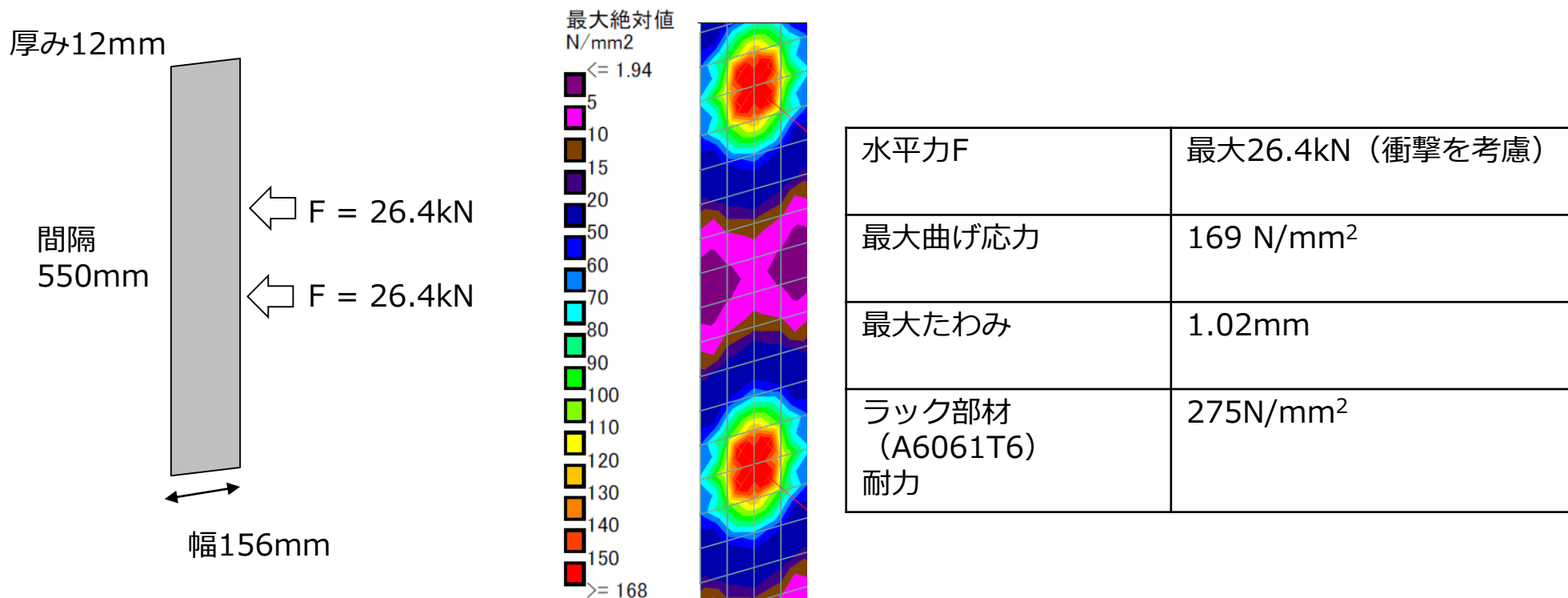
- 燃料被覆管を損傷させないことを、以下のモデルにより確認
 - 振動によるラックの最大変形量が、チャンネルボックスとラックの隙間のガレキを介してチャンネルボックスに伝達すると仮定



水平力F	最大26.4kN（衝撃力として伝わることを考慮し、静荷重の2倍）
燃料ラック 最大たわみ	1.02mm

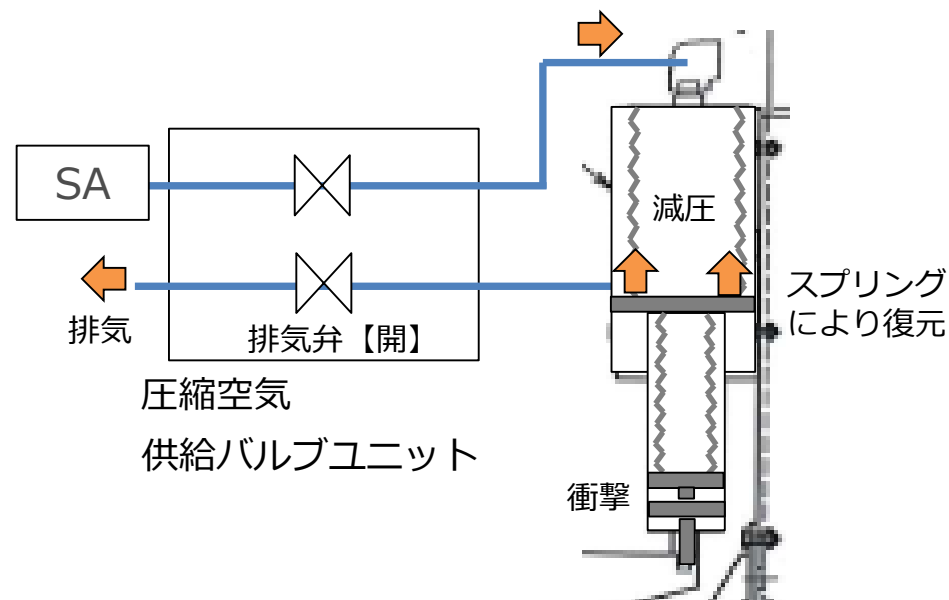
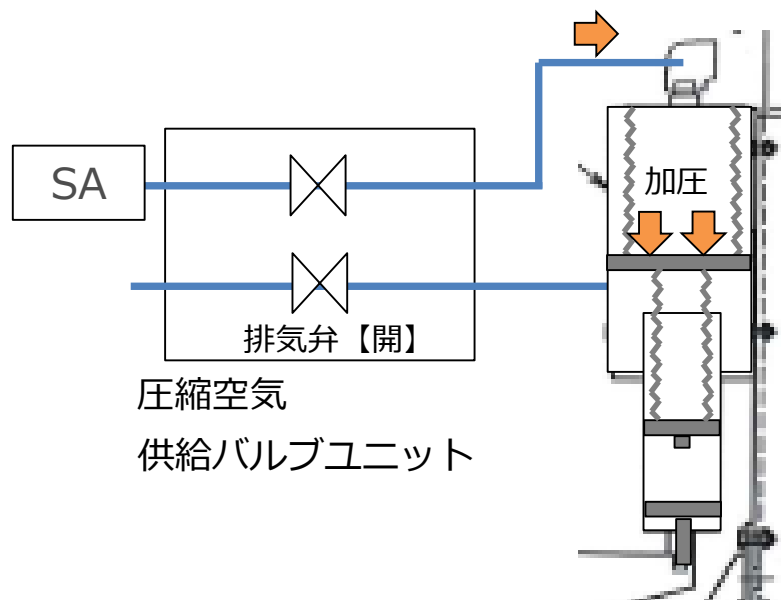
- 振動付与装置による燃料ラックのたわみは最大1.02mmであり、隙間のガレキを介してチャンネルボックスも同量のたわみが発生したとしても、チャンネルボックス-燃料被覆管ギャップに満たないため、燃料被覆管を損傷させることはない。

- 以下のモデルにより、FEM解析で燃料ラック強度に影響を与えないことを確認
 - 水平力Fにより、打点部中心に集中して静荷重を生じさせる

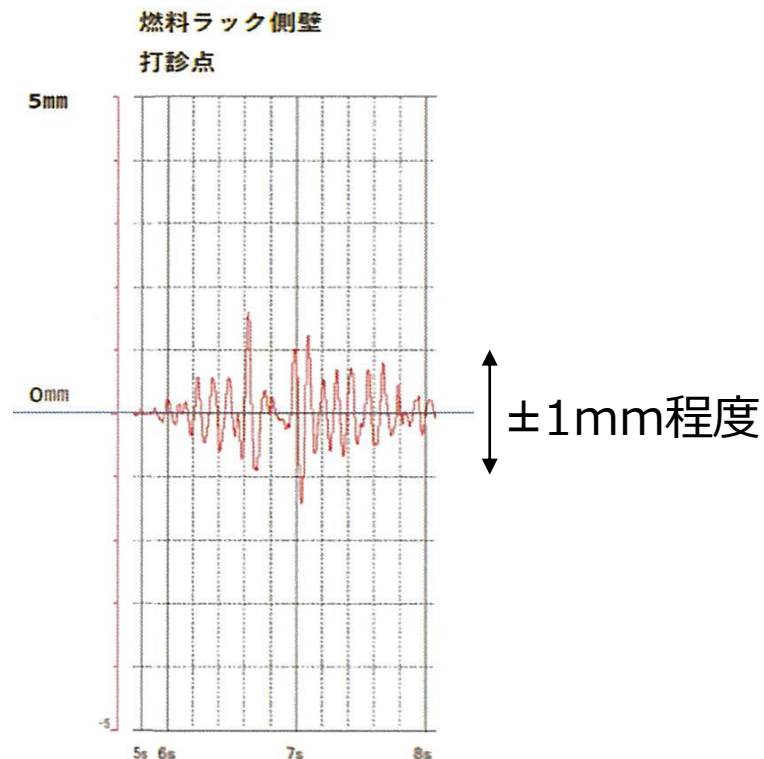


- 最大応力が燃料ラック部材（A6061T6）耐力未満となるため、燃料ラック強度に影響を与えることはない。

- 排気弁から周期的に排気することで、継続的に衝撃力を生み出す
- エアーハンマーの振動数は、9~10Hz程度
- エアーの供給圧力は、供給元と同じ0.7MPa
- モックアップの結果、エアーの供給量を1.0m³/min（20体ラック） 1.4m³/min（30体ラック）とすることで、ラックのたわみ最大1mm程度の振動力が得られていることが分かっている。



- モックアップ試験の結果、供給圧力0.7MPa、供給量1.4m³/minとした場合、30体ラックで振幅1mm程度の振動が得られた。



打点部におけるラック側板の変位

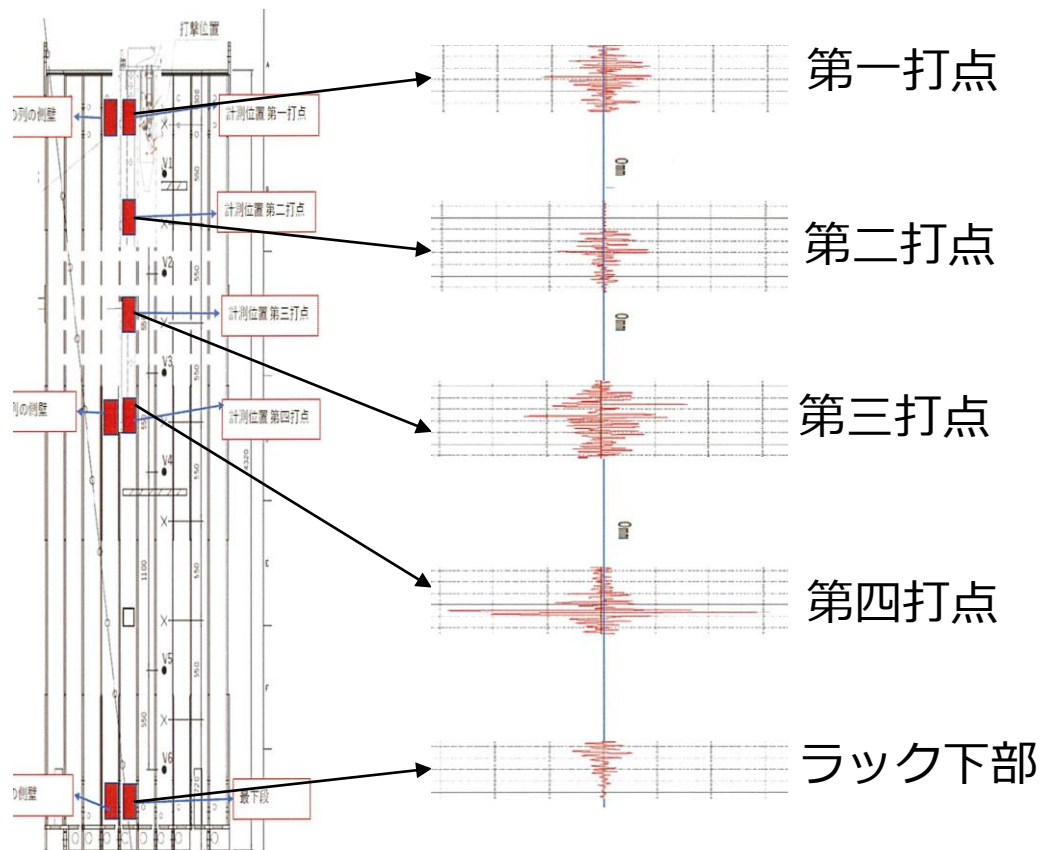
- チャンネルファスナ内側にガレキを詰め、吊り上げ荷重1248kgで吊り上がらなかった燃料が、吊り上げ+振動付与により721kgで引き抜けた。このとき、挟まっているガレキが碎けて荷重が減少することを確認。

ガレキ





振動付与により引き抜けた模擬燃料

- 短尺の装置でラック4箇所へ振動を与え、振動がラック下部まで伝播していることを確認



燃料ラック各部の振動のようす

- 2月上旬に振動付与装置を搬入し、空きラックでの実機確認を実施後、対象燃料に適用する。

年	2021		
月	1	2	3
	燃料取り出し（健全燃料） 	燃料取り出し（ハンドル変形+健全燃料） 	
		輸送容器（2体バスケット）搬入  吊りピース変形対応  振動付与装置適用 	ハンドル変形模擬燃料による収納訓練 ラック切断装置、押し広げ治具適用  ラックガイド削除装置適用 

參考資料

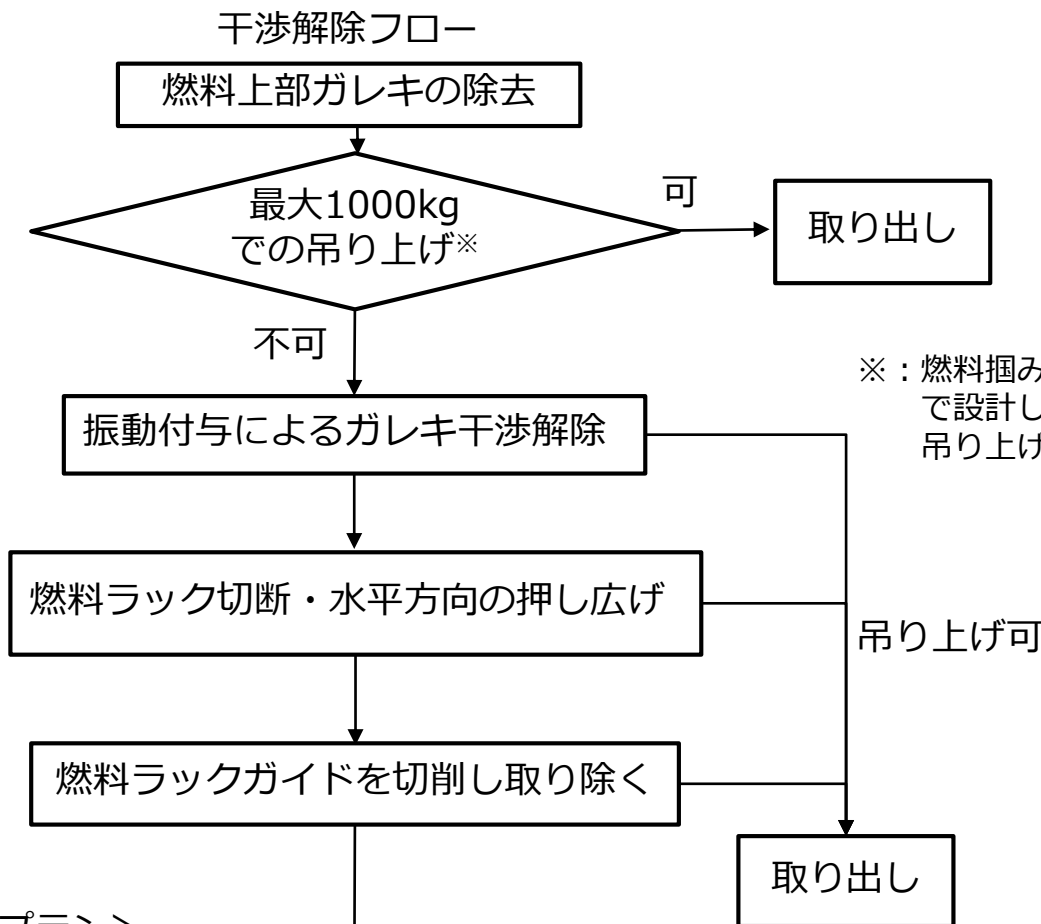
- ガレキ混入による吊り上げ荷重の増加を再現するため、模擬ラック+模擬燃料に様々なガレキを充填し、吊り上げ荷重を確認する試験を行った。
- 試験結果
 - 粒の細かいガレキよりも、5~10mm程度の大きめのコンクリートによる抵抗が大きい
 - チャンネルファスナ部や燃料側面にジャストサイズのガレキがねじ込まれた場合、少量のガレキであっても大きな抵抗が生じる
 - チャンネルファスナ内側に厚さ12mm程度のガレキが挟まった場合、特に抵抗が大きく、板ばねの伸縮を阻害して1000kg以上の抵抗となる場合がある



チャンネルファスナ内側のガレキ



燃料側面のガレキ



※：燃料掴み具の定格荷重を1000kgで設計しているため、これ以上の吊り上げ荷重引き上げは行わない

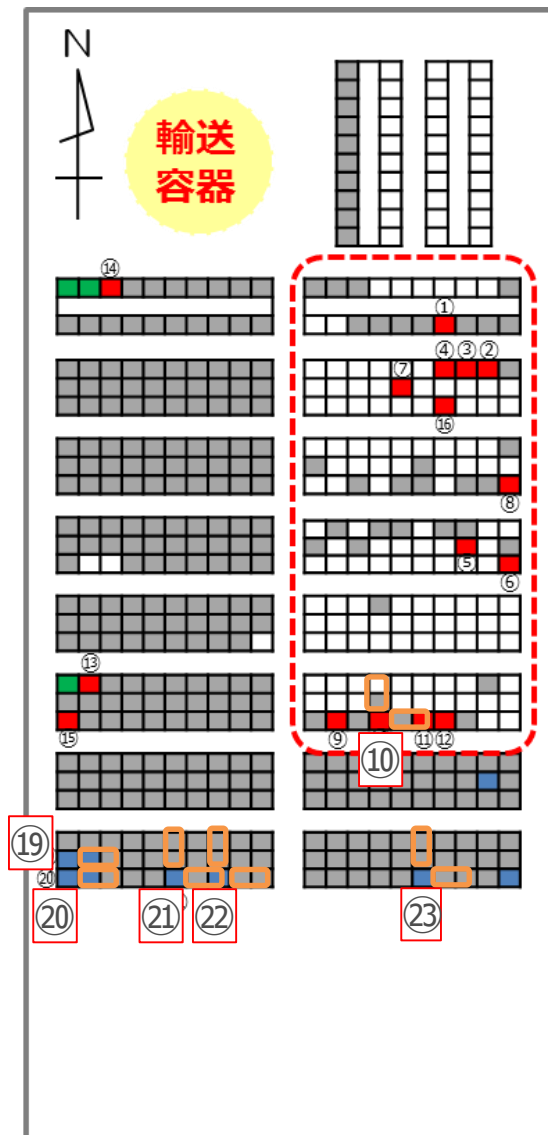
<コンテンジェンシープラン>

ハンドルを把持しない
取り出し方法

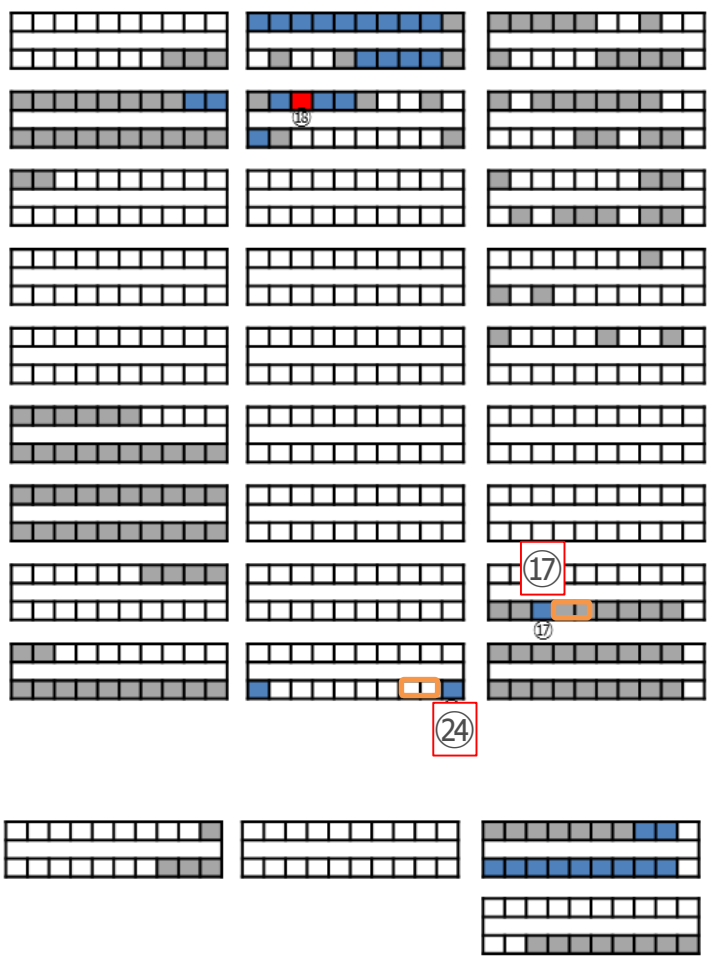
燃料ラック枠板の全長切断

取り出し

コンテンジェンシープランについては現在成立性確認のため概念検討中



- 対象燃料の東隣 2 ラック分または北隣 2 ラック分に打点部および位置決め機構を挿入する (24のみ、西から振動付与。)
- 装置挿入位置の 2 ラックは、ガレキが干渉しない必要がある
- 装置挿入位置の燃料はあらかじめ取り出す必要がある



- : 変形なし
- : 吊り上げ確認未実施【4体】
- : ハンドル変形 (吊り上げ可)
- : 吊り上げ不可【8体】
- : 燃料取出済
- : 燃料が入っていないラック
- : 燃料交換機, コンクリートハッチが落下したエリア
- : 振動付与装置挿入箇所

