

2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 の設置について

2021年5月18日（第14回）



東京電力ホールディングス株式会社

2号機燃料取り出し関連 実施計画変更認可申請一覧

<修正> **TEPCO**

本申請は燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台の設置に関する範囲とし、燃料及び輸送容器の取扱いに関する申請は別申請とする。

項目	本申請	別申請
II 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	○	○
添付資料-1-1 燃料の落下防止, 臨界防止に関する説明書	○	-
添付資料-1-2 放射線モニタリングに関する説明書	○	-
添付資料-1-3 燃料の健全性確認及び取扱いに関する説明書	○ (補正)	-
添付資料-2-1 構内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	-	○
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	-	○
添付資料-2-3 構内輸送時の措置に関する説明書	-	○
添付資料-3-1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書	○	-
添付資料-3-3 移送操作中の燃料集合体の落下	○ (補正)	-
添付資料-4-1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書	○	-
添付資料-4-2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書	○	-
添付資料-4-3 燃料取り出し用カバー換気設備の構造強度及び耐震性に関する説明書	○	-
添付資料-5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表	○	-
II 2.15 放射線管理関係設備等	○	-
添付資料-1 ダスト放射線モニタシステム概略図	○	-
III 第1編 第34条 新燃料の運搬	-	○
III 第1編 第36条 使用済燃料の貯蔵	-	○
III 第1編 第37条 使用済燃料の運搬	-	○
III 第1編 第42条 気体廃棄物の管理	○	-
III 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定	○	-
III 第1編 第61条 放射線計測器類の管理	○	-
III 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理	○	-
III 第3編 3.1.2 放射線管理	○	-

■ 目的

燃料取扱設備を構成する燃料取扱機，クレーンは多層に重なり合ったブームが伸縮する構造を有しており，その減衰定数を把握するため，同型式の移動式クレーンを用いた試験を実施した。

なお，ジブクレーン，キャスク仮置き架台については燃料取扱機やクレーンと異なり多層に重なりあったブーム構造を有さないため，JEAG4601-1991に規定される「ボルト及びリベット構造物（型鋼等を用いた支持構造物）」に該当するため，上下方向／水平方向ともに減衰定数2%を適用する。

■ 実施内容

- 振動特性試験（燃料取扱機及びクレーンについて実施）
移動式クレーン自体の運転操作の範囲内で加振した。
- 加振試験（燃料取扱機について実施）
移動式クレーンの旋回体部を加振台に設置し加振した。

- 水平方向
ブームの旋回動作から急停止させることで、ブームを水平方向に加振した。

- 鉛直方向
クレーンワイヤ先端と吊荷間に吊荷重量以下の荷重で切断する切断ピンを設置し、クレーン巻上げにより切断ピンを切断することで、ブームを鉛直方向に加振した。

- ① 燃料取扱機 起伏角度0°／ブーム長さ9.8m
- ② 燃料取扱機 起伏角度0°／ブーム長さ19.1m
- ③ クレーン 起伏角度24°／作業半径12.6m



①燃料取扱機 (起伏角度0°／ブーム長さ9.8m)



③クレーン (起伏角度24°／作業半径12.6m)



②燃料取扱機 (起伏角度0°／ブーム長さ19.1m)

■ 加速度計測点

ブーム先端に加速度計を設置した。



加速度計測点

■ 減衰定数算定方法

自由振動波形は指数関数的に減衰することから、加速度計測点にて得られた自由振動波形から減衰定数を算定した。

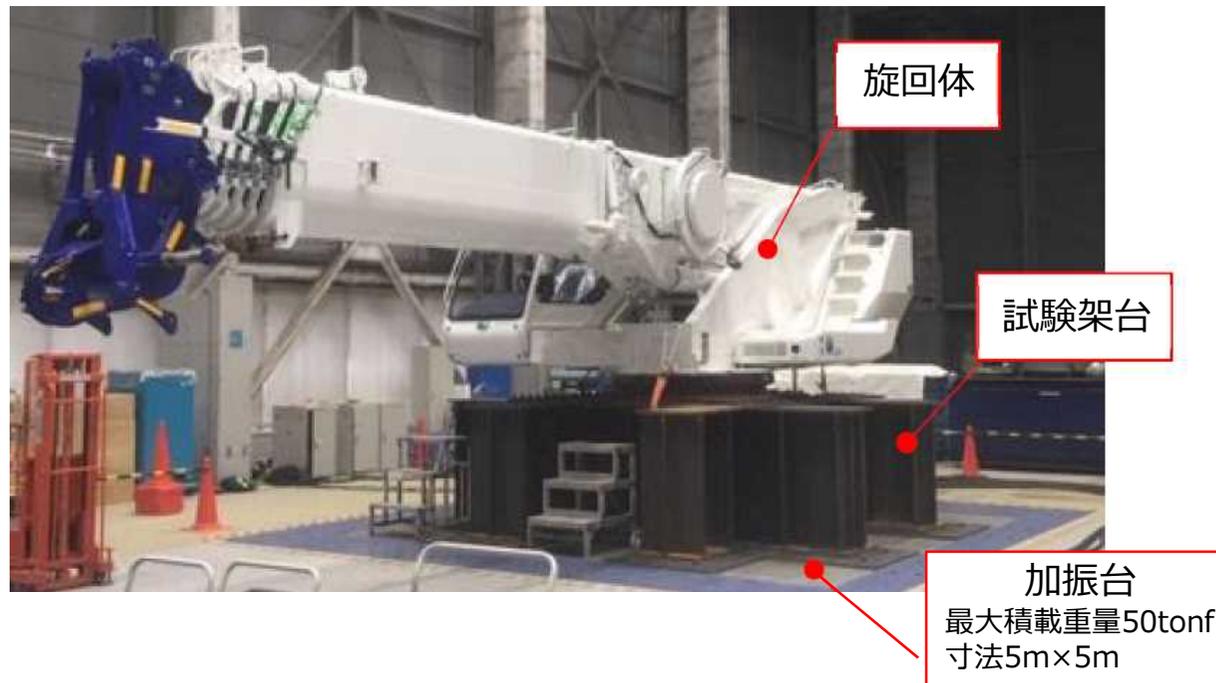
■ 試験方法

- 燃料取扱機の旋回体部を試験架台を介して加振台に設置した。
- 水平方向または鉛直方向に加振した。

■ 試験姿勢

	起伏角度	ブーム長さ
ブーム長さの影響確認	0°	9.8m
		11.9m
		14m

	起伏角度	ブーム長さ
起伏角度の影響確認	0°	9.8m
	19°	
	40°	



旋回体

試験架台

加振台
最大積載重量50tonf
寸法5m×5m

■ 加速度計測点

加速度計測点
(ブーム先端)



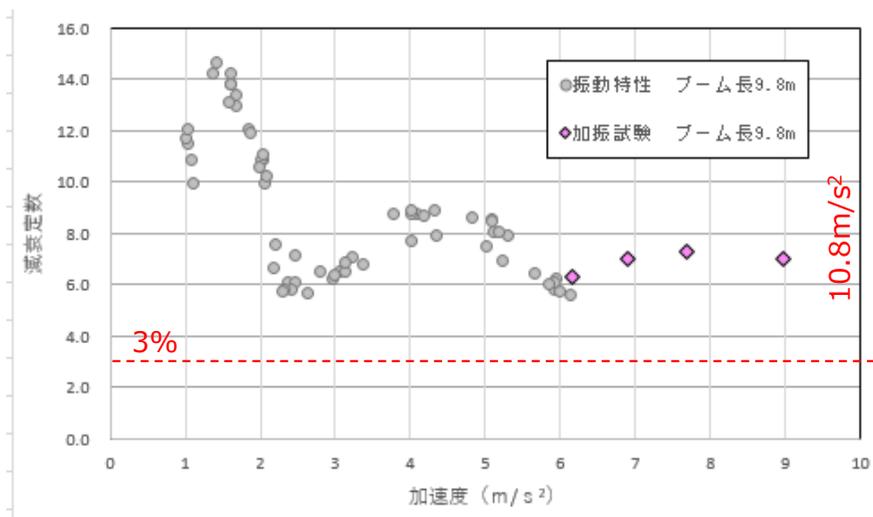
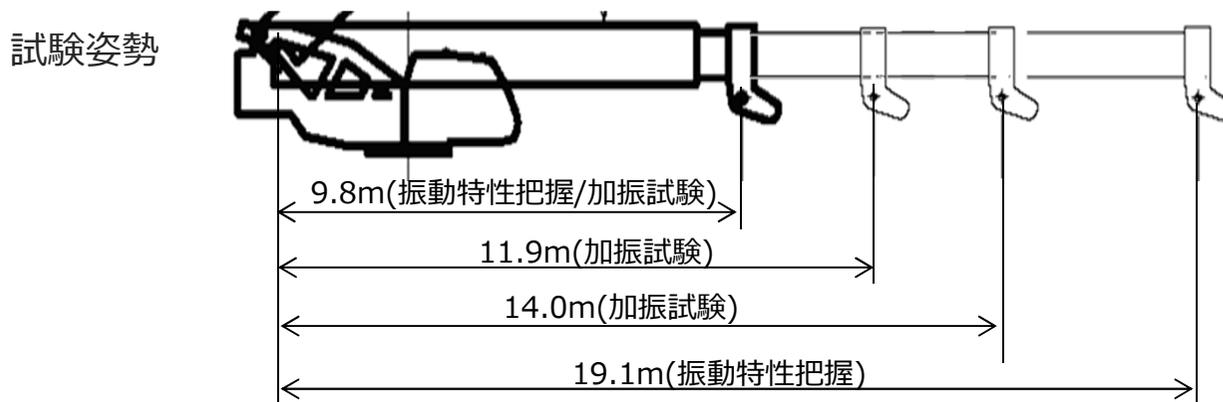
加速度計測点
(加振台上面)

■ 減衰定数算定方法

ブーム先端と加振台上面の加速度計測結果から伝達関数を求め、ハーフパワー法により減衰定数を求めた。

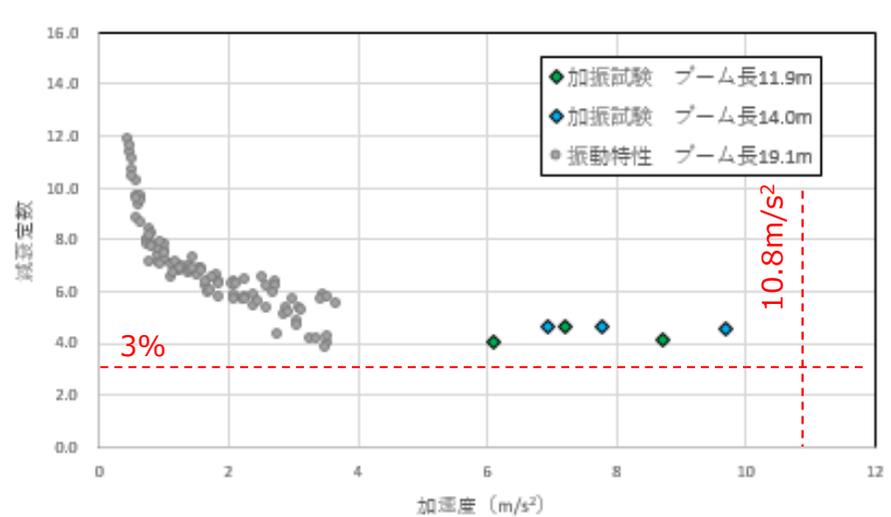
燃料取扱機 ブーム長さの減衰定数への影響(水平方向) <変更なし> **TEPCO**

- ブーム長さ9.8mとそれ以外のブーム長さを比較すると減衰定数の低下が見られたが、ブームを延ばした状態では水平方向の減衰定数は安定することを確認した。
- 水平方向の減衰定数は加速度増加に伴い安定することを確認した。



ブーム長さ9.8m, 起伏角度0°

減衰定数 (水平方向)

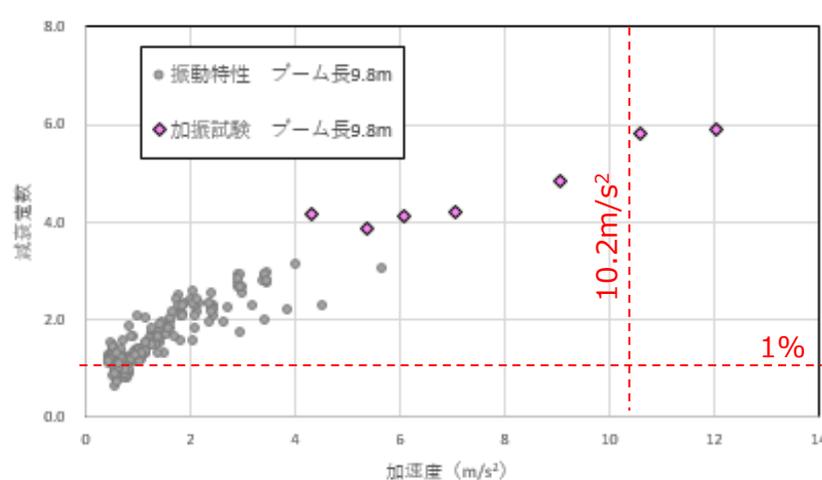
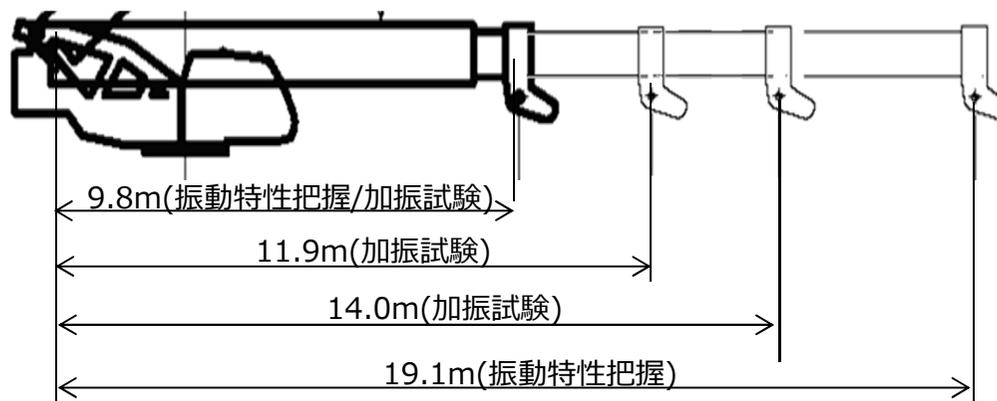


ブーム長さ11.9m/14m/19.1m, 起伏角度0°

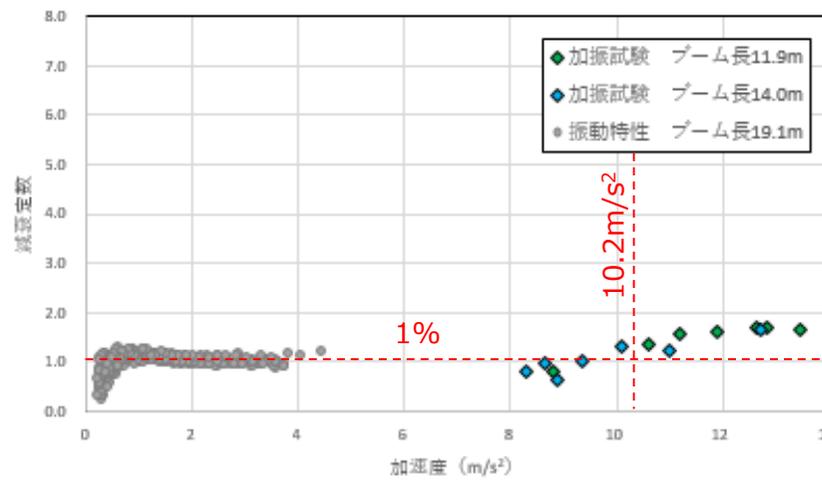
燃料取扱機 ブーム長さの減衰定数への影響(上下方向) <変更なし> **TEPCO**

- ブーム長さ9.8mとそれ以外のブーム長さを比較すると減衰定数の低下が見られたが、ブームを延ばした状態では上下方向の減衰定数は安定することを確認した。
- 上下方向の減衰定数は加速度増加に伴い安定することを確認した。

試験姿勢



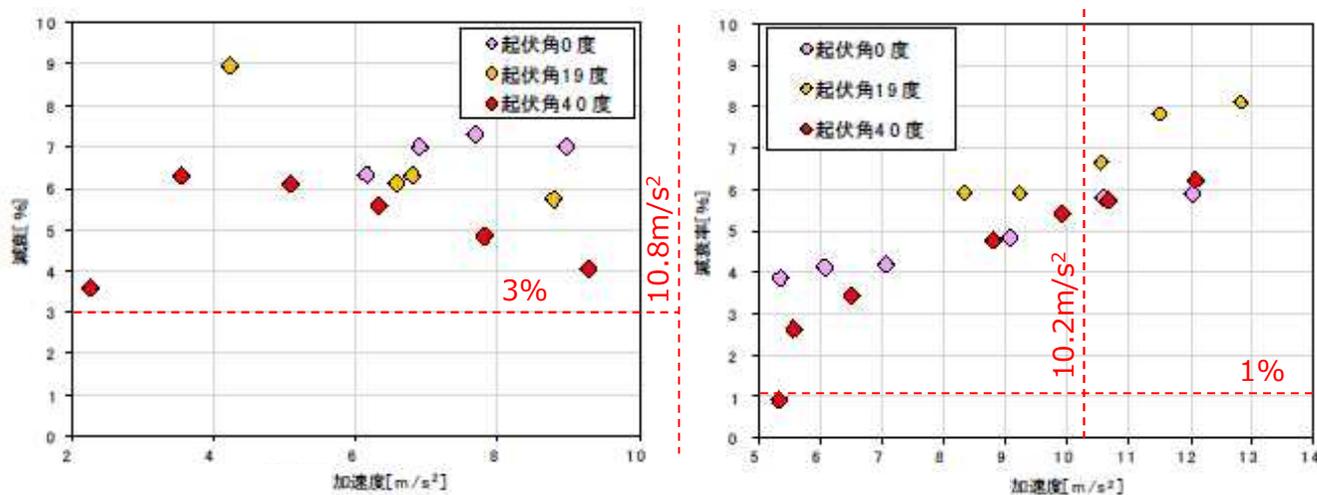
ブーム長さ9.8m, 起伏角度0°



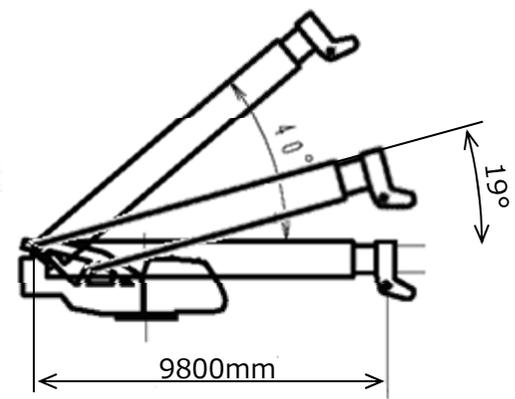
ブーム長さ11.9m/14m/19.1m, 起伏角度0°

減衰定数 (上下方向)

- 加振試験の結果より水平方向／上下方向ともに起伏角度の変化による減衰定数への影響は小さいことを確認した。
- 上下方向については、起伏角度に関わらず最大応答加速度の増加に伴い減衰定数が大きくなる傾向を確認した。



減衰定数
(左：水平方向、右：上下方向)



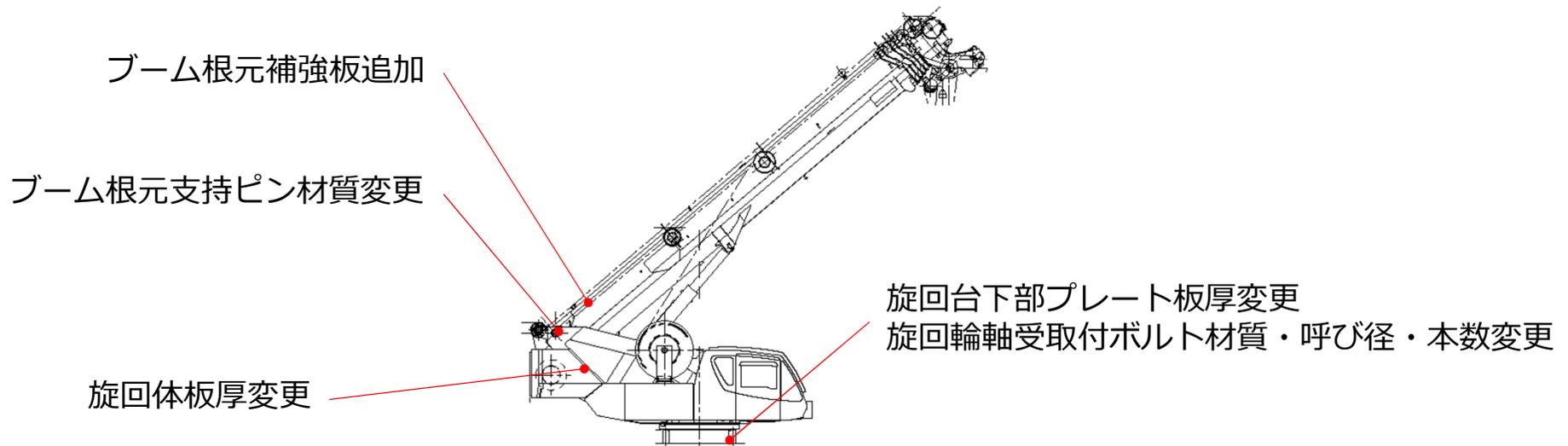
試験姿勢

■ 吊荷の影響

振動特性試験，加振試験は吊荷なしの状態を実施した。
ブーム重量約10 t に対して，吊荷(燃料集合体重量)は460kgのため，減衰定数に対する影響は小さいと考える。

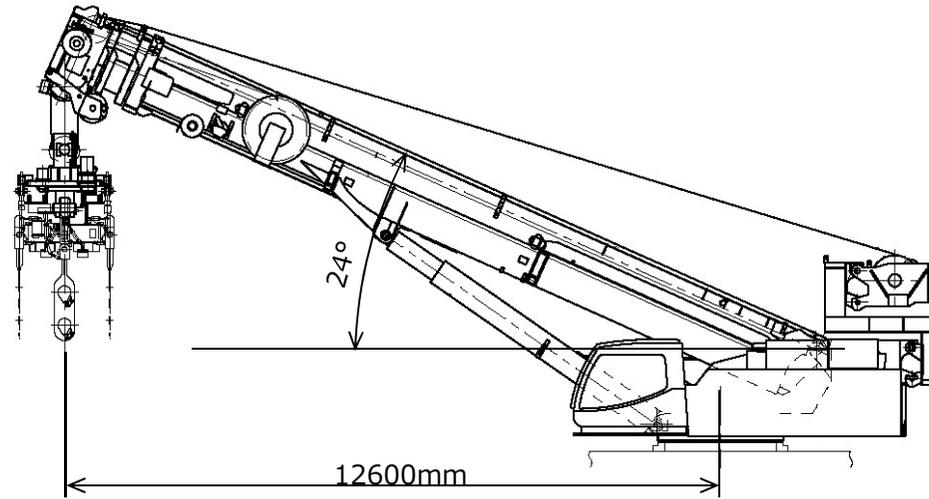
■ 改造の影響

振動特性試験，加振試験は同型式の移動式クレーンを用いた。
燃料取扱機では移動式クレーンに対して以下の耐震補強改造を実施するが，構成部品間の取り合い寸法は変更しないため，減衰定数に対する影響は小さいと考える。

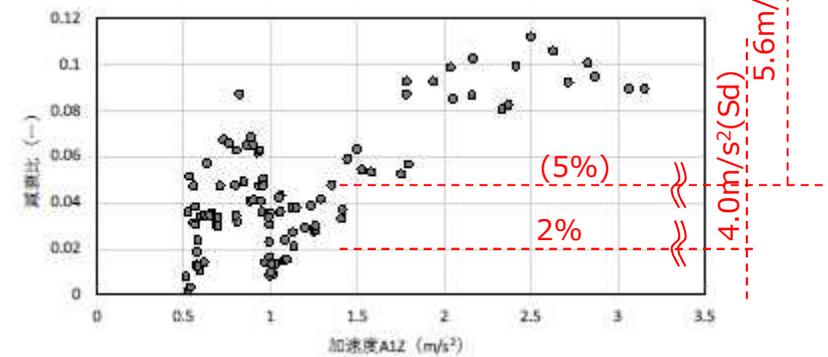
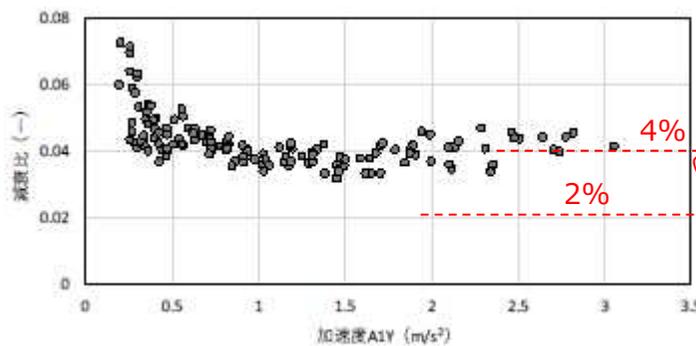


クレーン 減衰定数

- 水平方向の減衰定数は加速度の増加に伴い安定する傾向を確認した。
- 上下方向の減衰定数は加速度の増加に伴い上昇後、安定する傾向を確認した。



試験姿勢



減衰定数

(左：水平方向、右：上下方向)

(*)減衰定数変更に伴い5.6m/s²よりも大きい値となる。

■ 吊荷の影響

振動特性試験は吊荷なしの状態を実施した。

ブーム重量約24tに対して吊荷が47tとなるため、影響を考慮する。

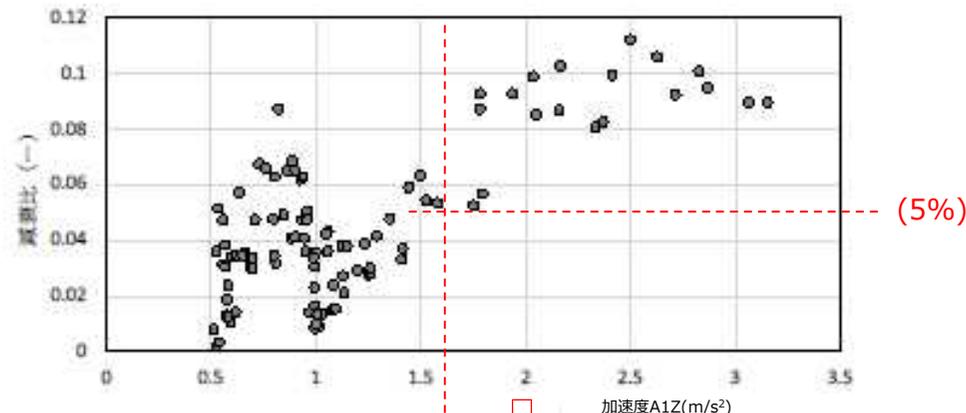
➤ 水平方向

加速度の小さい領域から安定しているため、4%を適用する。

➤ 鉛直方向

ブーム重量約24tが負荷された状態で、 2m/s^2 で安定領域に達する。

ブーム重量に加え定格重量47tが負荷された場合には、無負荷時の約3倍の荷重に抗する必要があるため、 2m/s^2 の3倍の 6m/s^2 で安定領域に達すると想定する。

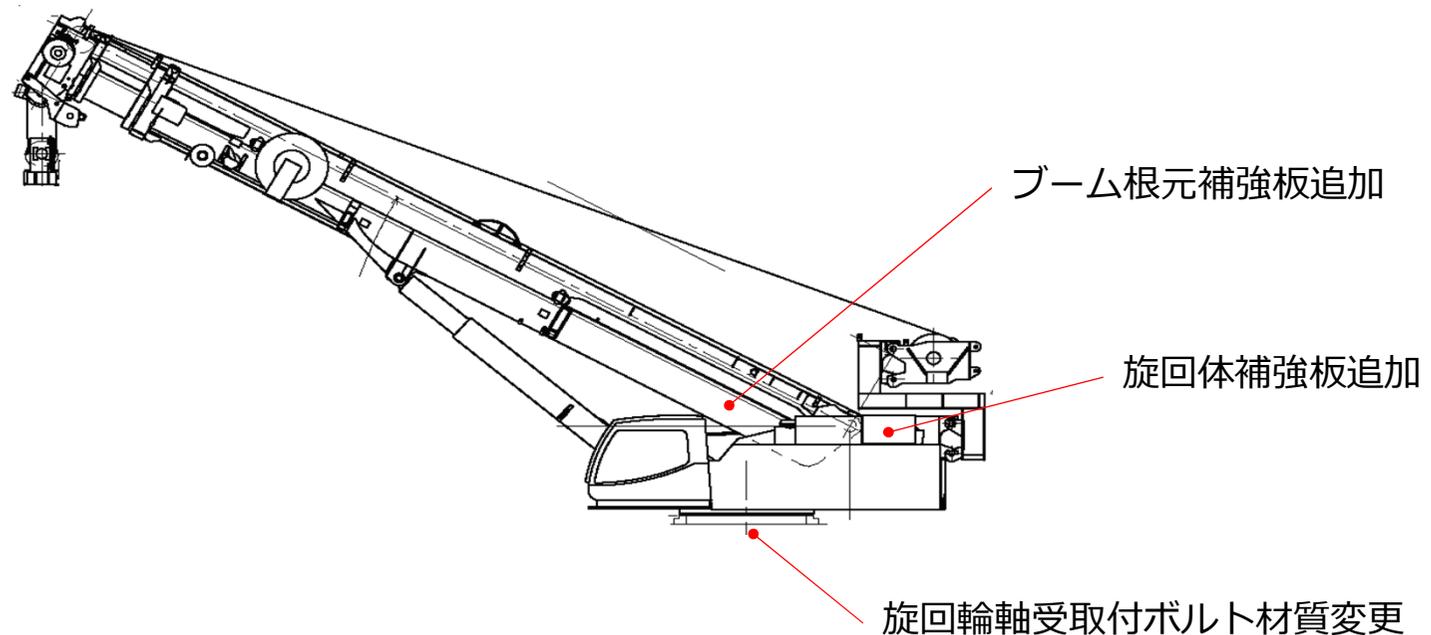


5.6m/s²(*) 6m/s²
鉛直方向 減衰定数

(*)減衰定数変更に伴い5.6m/s²よりも大きい値となる。

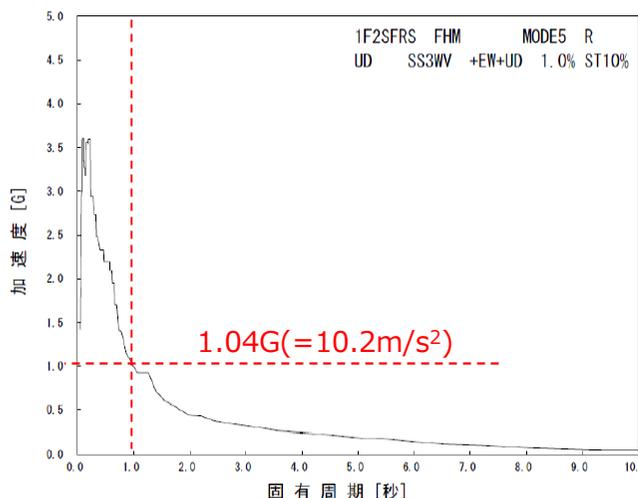
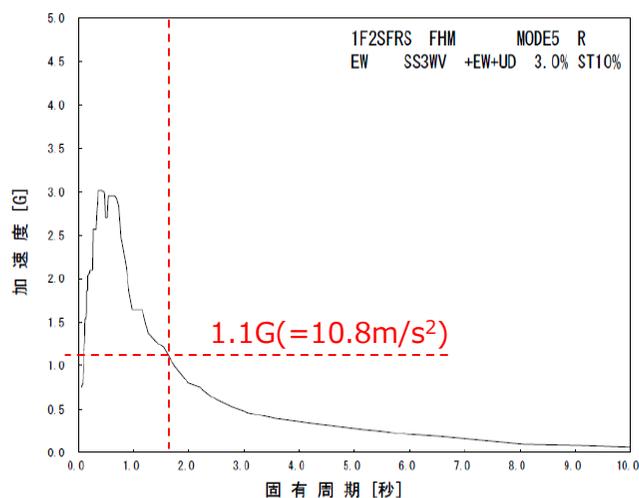
■ 改造の影響

振動特性試験は同型式の移動式クレーンを用いた。クレーンでは移動式クレーンに対して以下の耐震補強改造を実施するが、構成部品間の取り付け寸法は変更しないため、減衰定数に対する影響は小さいと考えられる。



燃料取扱機耐震設計に適用する減衰定数について <変更なし> **TEPCO**

- 燃料取扱機の各姿勢で確認された減衰定数から水平3%，鉛直1%を適用する。
- 床応答スペクトルから燃料取扱機の固有周期における設計震度を求め、各試験結果において当設計震度近傍の減衰定数が設定値を下回らないことを確認した。



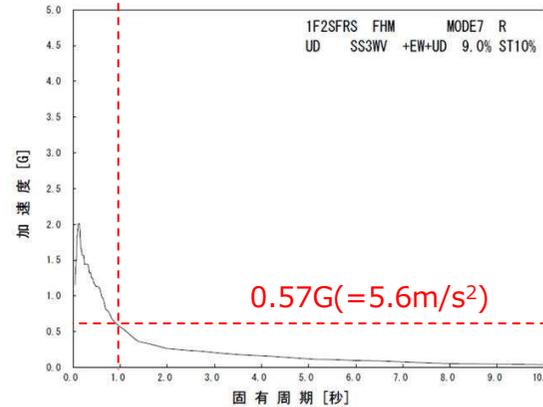
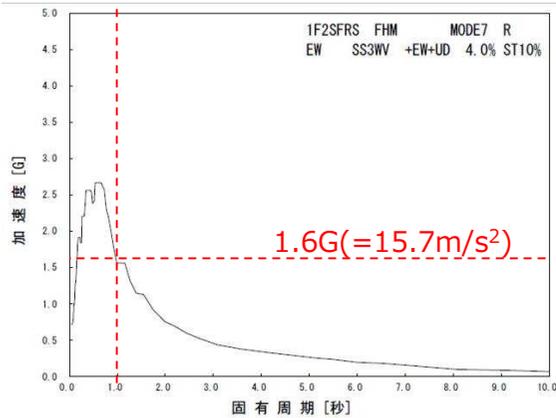
床応答スペクトル（左：水平方向，右：鉛直方向）

燃料取扱機の固有周期

	固有周期 (s)	設計震度 (m/s ²)
水平1次	1.6	10.8 (1.1G)
上下1次	1.0	10.2 (1.04G)

クレーン耐震設計に適用する減衰定数について

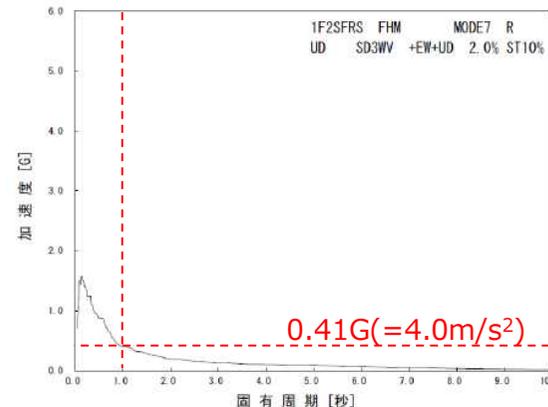
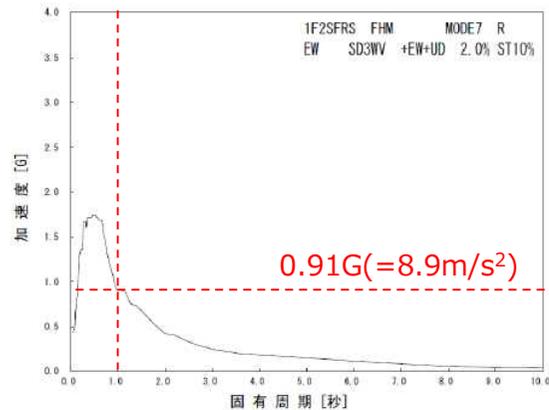
- クレーンで確認された減衰定数から水平4%, 鉛直5%(仮)を適用する。
- 床応答スペクトルからクレーンの固有周期における設計震度を求め, 吊荷重量を考慮し換算したものに対して当設計震度近傍の減衰定数が設定値を下回らないよう減衰定数を設定する。



Ss地震時の床応答スペクトル(左：水平方向, 右：鉛直方向)

クレーンの固有周期

	固有周期	設計震度(m/s ²)	
		Ss地震	Sd地震
水平1次	1.0s	15.7 (1.6G)	8.9 (0.91G)
上下1次	1.0s	5.6(*) (0.57G)	4.0 (0.41G)



Sd地震時の床応答スペクトル(左：水平方向, 右：鉛直方向)

(*)減衰定数変更に伴い5.6m/s²よりも大きい値となる。

- 燃料取扱設備が使用済燃料プール及び使用済燃料ラックに波及的影響を及ぼさないことを確認するため、地震応答解析を実施し、構造部材が許容応力に収まっていることを確認する。
- クレーン、ジブクレーン、キャスク固定治具については地震の発生頻度を考慮し、弾性設計用地震動Sdに対してはJEAG 4601 補-1984に規定される許容応力区分IV_AS に収まること、基準地震動Ssに対しては設備全体として波及的影響を及ぼさないことを確認する。

耐震評価に適用する許容応力(クレーン)

	使用材料	Sy (MPa)	Su (MPa)	種類	Sd評価時
ブーム	WELDOX 1100E	1100	1250	引張	$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$
				せん断	$F/\sqrt{3}$
				曲げ	F
				組合せ	F
ブーム根元支持ピン	42CrMo4	500	750	せん断	$F/\sqrt{3}$
旋回輪軸受取付ボルト	SUS630	860	1000	引張り	$F * 1.5/2$

説明スケジュール

2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 実施計画変更申請の説明スケジュール(案)														
※説明進捗に合わせて適宜変更														
No.	説明内容 (実施計画の構成に基づいて説明)	2021年度												
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月					
全体スケジュール		コメント	回答期間								修正申請予定	規制庁取り決め	期間	認可希望
1	申請、申請範囲と措置を講ずべき事項への適合性に関する説明										▽			▽
2	燃料取扱設備概要と燃料取扱いに関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料-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-5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表		第12回(4/14) ▽			第14回(5/31週) ▽								
3	燃料取り出し用構台の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11 添付資料-4-2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書			第13回(5/11) ▽	第15回(5/24週) ▽									
4	燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料-4-1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書			第13回(5/11) ▽	第14回(5/18) ▽									
5	換気設備の設備概要、構造強度と耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料-3-1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料-4-3 燃料取り出し用カバー換気設備の構造強度及び耐震性に関する説明書		第2回(4/14) ▽											
6	原子炉建屋オペレーティングフロアに設置する遮蔽体に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-4-2 別添8 2号機原子炉建屋 オペレーティングフロア床面に設置する遮蔽体の落下防止について		第2回(4/14) ▽											
7	放射線管理関係設備、保安措置に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-1-2 放射線モニタリングに関する説明書 2.15.1 基本設計 2.15.2 基本仕様 2.15 添付資料-1 ガスト放射線モニタ系統概略図 Ⅲ 第1編 第42条 気体廃棄物の管理 Ⅲ 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定 Ⅲ 第1編 第61条 放射線計測器類の管理 Ⅲ 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理 Ⅲ 第3編 3.1.2 放射線管理		第11回(4/1) ▽											
8	燃料の健全性及び移送操作中の燃料集合体の落下に係る説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-1-3 燃料の健全性確認及び取扱いに関する説明書 2.11 添付資料-3-3 移送操作中の燃料集合体の落下					第15回(5/24週) ▽								
9	確認事項に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-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-1-2 放射線モニタリングに関する説明書 2.11 添付資料-3-1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料-4-1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書 2.11 添付資料-4-2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書				第14回(5/18) ▽									

■ 補足説明資料

- 添付資料1 燃料取り出し用構台 補足説明資料
- 添付資料2 燃料取扱設備の耐震性についての計算書
- 添付資料3 換気設備 換気風量について
- 添付資料4 原子炉建屋オペレーティングフロア床面に設置する遮蔽体の耐震性についての計算書
- 添付資料5 確認事項について

確認事項について

(本内容を添付資料-1-1 別添-3に反映する。)

2号機燃料取扱設備の機能に係る確認事項

2号機燃料取扱設備の機能に係る主要な確認事項を表-1及び表-2に示す。また、燃料取扱設備、燃料把握機、垂直吊具の外形図を図-1、図-2及び図-3に示す。

表-1 2号機燃料取扱設備の機能に係る確認事項（燃料取扱機）

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	検査場所
落下防止	機能確認		単一故障において燃料集合体を落下させないことを確認する。	動力源が喪失した場合においても定格容量を保持し続ける構造であること。 動力源断時にスプリングリターン式ブレーキで保持する構造であること。	工場
				駆動空気圧喪失時にフックが開かない構造であること。	工場
				ラッチ機構により固定されフックを開くことができない構造であること。	工場
				過荷重時に上昇を阻止すること。	工場
				二重のワイヤロープで保持する構造であること。	工場
臨界防止	機能確認		燃料集合体取り扱い時の臨界防止機能について確認する。	燃料集合体を1体ずつ取り扱う構造であること。	工場
遮蔽	機能確認		燃料集合体取り扱い時の遮蔽機能について確認する。	遮蔽水深を確保した状態で取り扱えること。	現地
性能	機能確認	容量確認	容量について確認する。	実施計画通りの荷重が吊り上げ可能なこと。	工場
性能	性能確認	動作確認	所定の動作について確認する。	燃料集合体を取扱う状態で伸縮、起伏、旋回、昇降が可能なこと。	現地

(本内容を添付資料-1-1 別添-3に反映する。)

表-2 2号機燃料取扱設備の機能に係る確認事項 (クレーン)

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	検査場所
落下防止	機能確認		単一故障において構内用輸送容器を落下させないことを確認する。	動力源が喪失した場合においても定格容量を保持し続ける構造であること。 動力源断時にスプリングリターン式ブレーキで保持する構造であること。	工場
				構内用輸送容器を取扱う状態で使用済燃料貯蔵ラック上を通過させない構造であること。	現地
				二重のワイヤロープで保持する構造であること。	工場
				垂直吊具は外れ止め装置を有する構造であること。	工場
性能	機能確認	容量確認	容量について確認する。	実施計画通りの荷重が吊り上げ可能なこと。	工場
性能	性能確認	動作確認	所定の動作について確認する。	構内用輸送容器を取扱う状態で旋回、昇降が可能なこと。	現地

(本内容を添付資料-1-1 別添-3に反映する。)

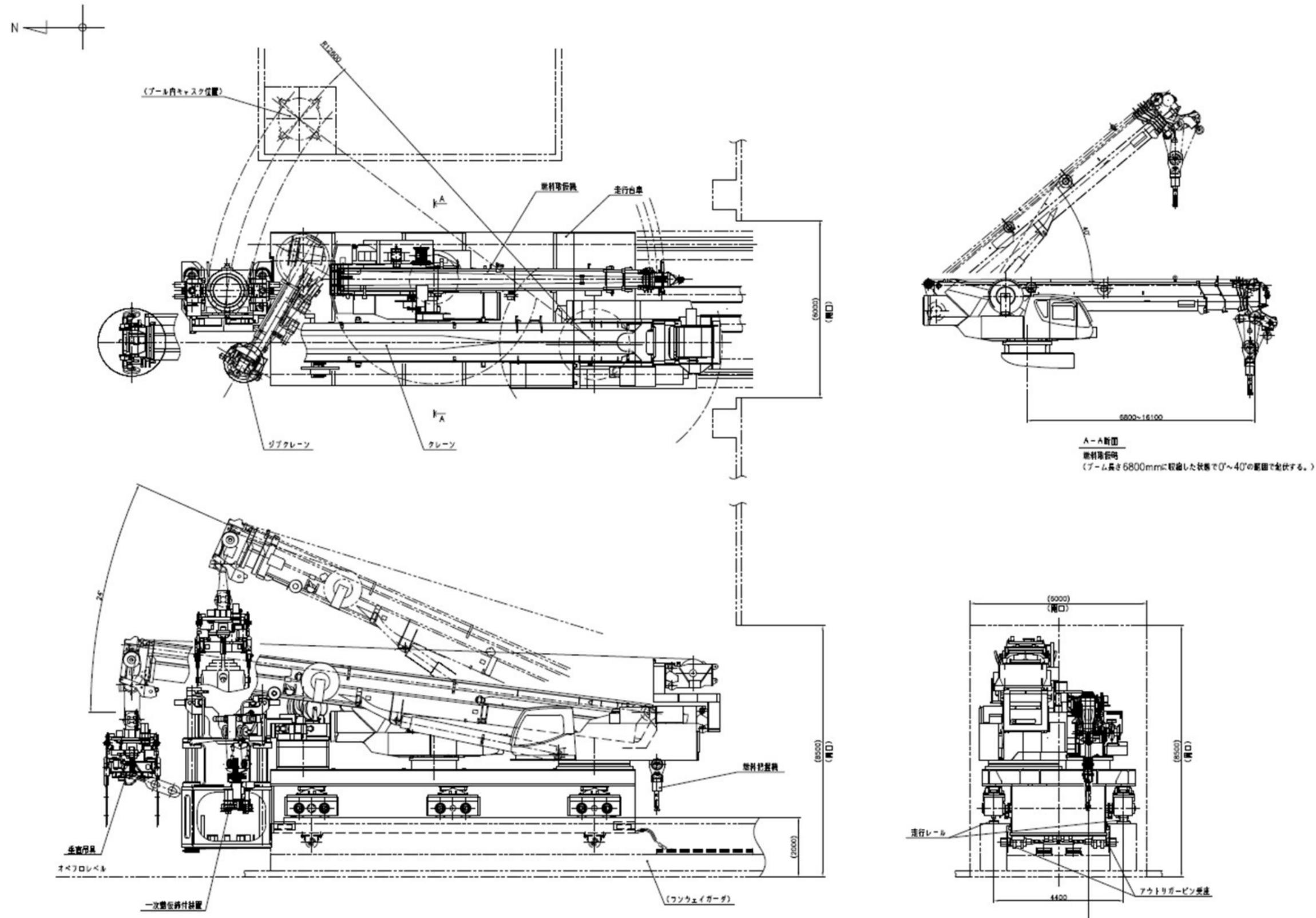


図-1 燃料取扱設備 外形図

(本内容を添付資料-1-1 別添-3に反映する。)

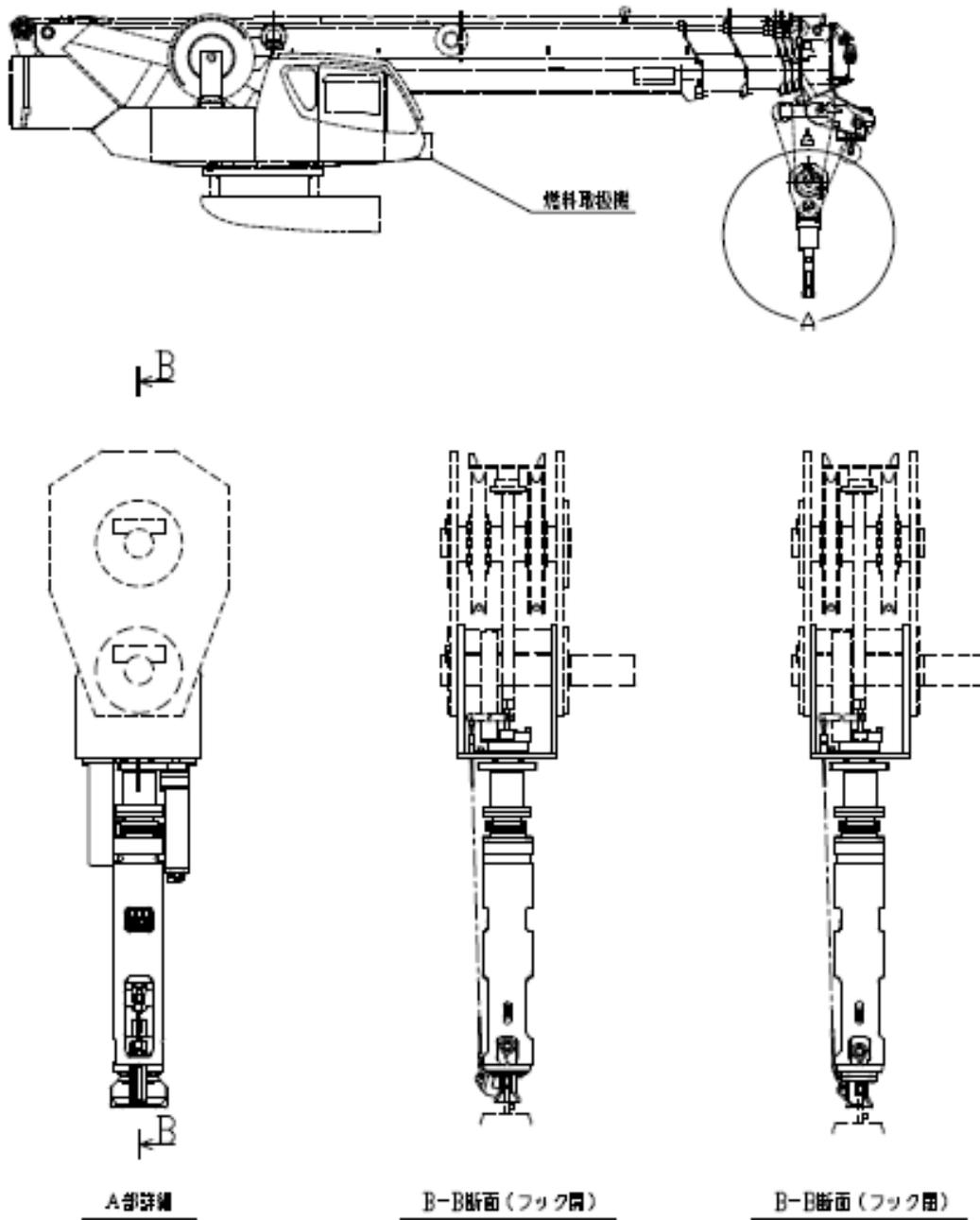


図-2 燃料把握機 外形図

(本内容を添付資料-1-1 別添-3に反映する。)

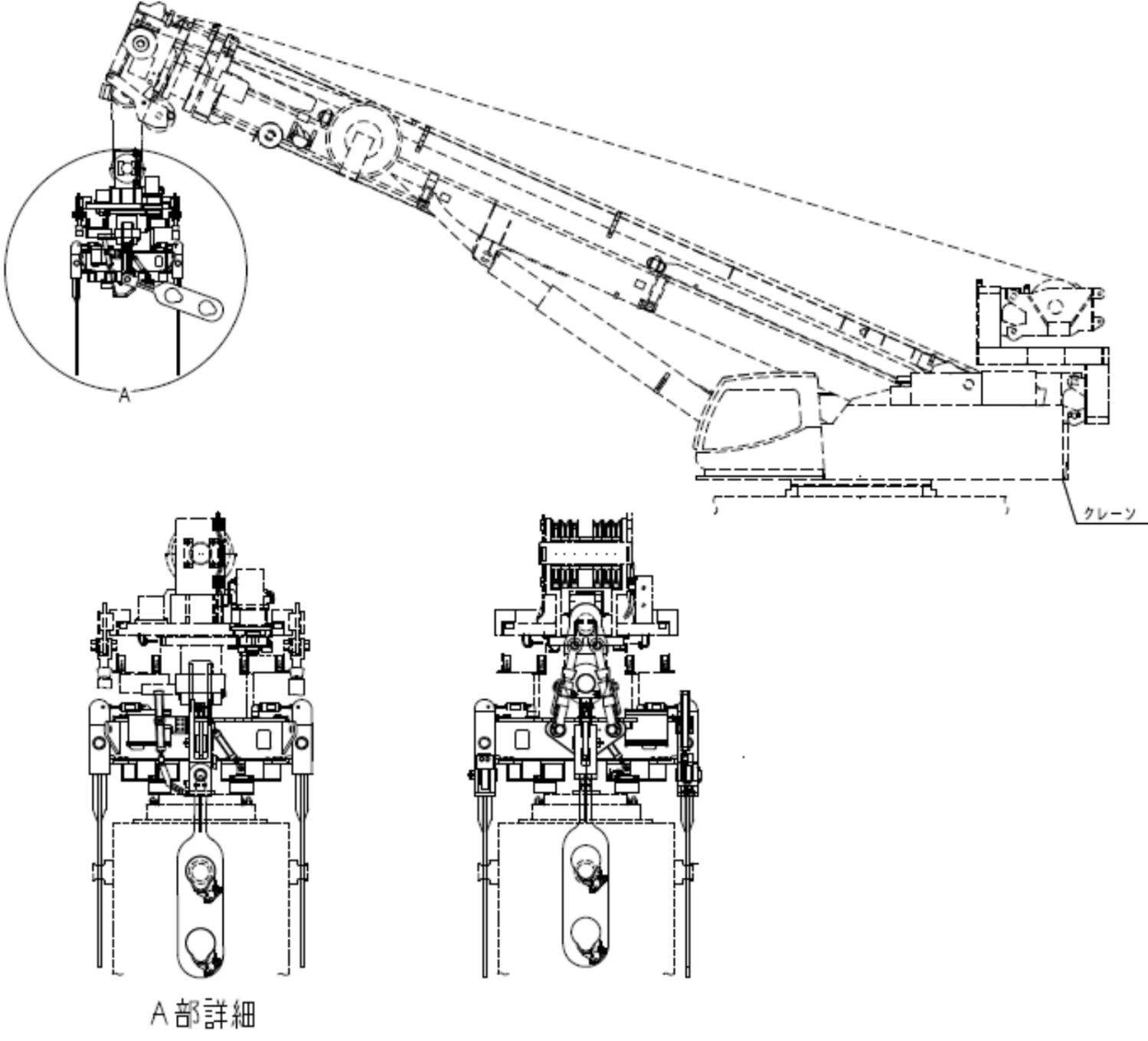


図-3 垂直吊具 外形図

(本内容を添付資料-4-1 別添-3に反映する。)

2号機燃料取扱設備の耐震性に係る確認事項

2号機燃料取扱設備の耐震性に係る主要な確認事項を表-1及び表-2に示す。また、燃料取扱設備の外形図を図-1に、燃料取扱設備主要部材一覧を表-3に示す。

表-1 2号機燃料取扱設備の耐震性に係る確認事項

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	検査場所
構造強度・耐震性	材料確認		実施計画に記載されている主要部材の材質を確認する。	表-3に記載の材料を使用していること。	工場
	構造確認	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	図-1に記載の寸法が許容範囲内であること。	工場 現地*)
		外観確認	組み立てた状態における外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	工場
		据付確認	組み立てた状態における据付状態を確認する。	図-1の通りに施工・据付がなされていること。	工場

*)ルール間寸法のみ現地で確認する。

(本内容を添付資料-4-1 別添-3に反映する。)

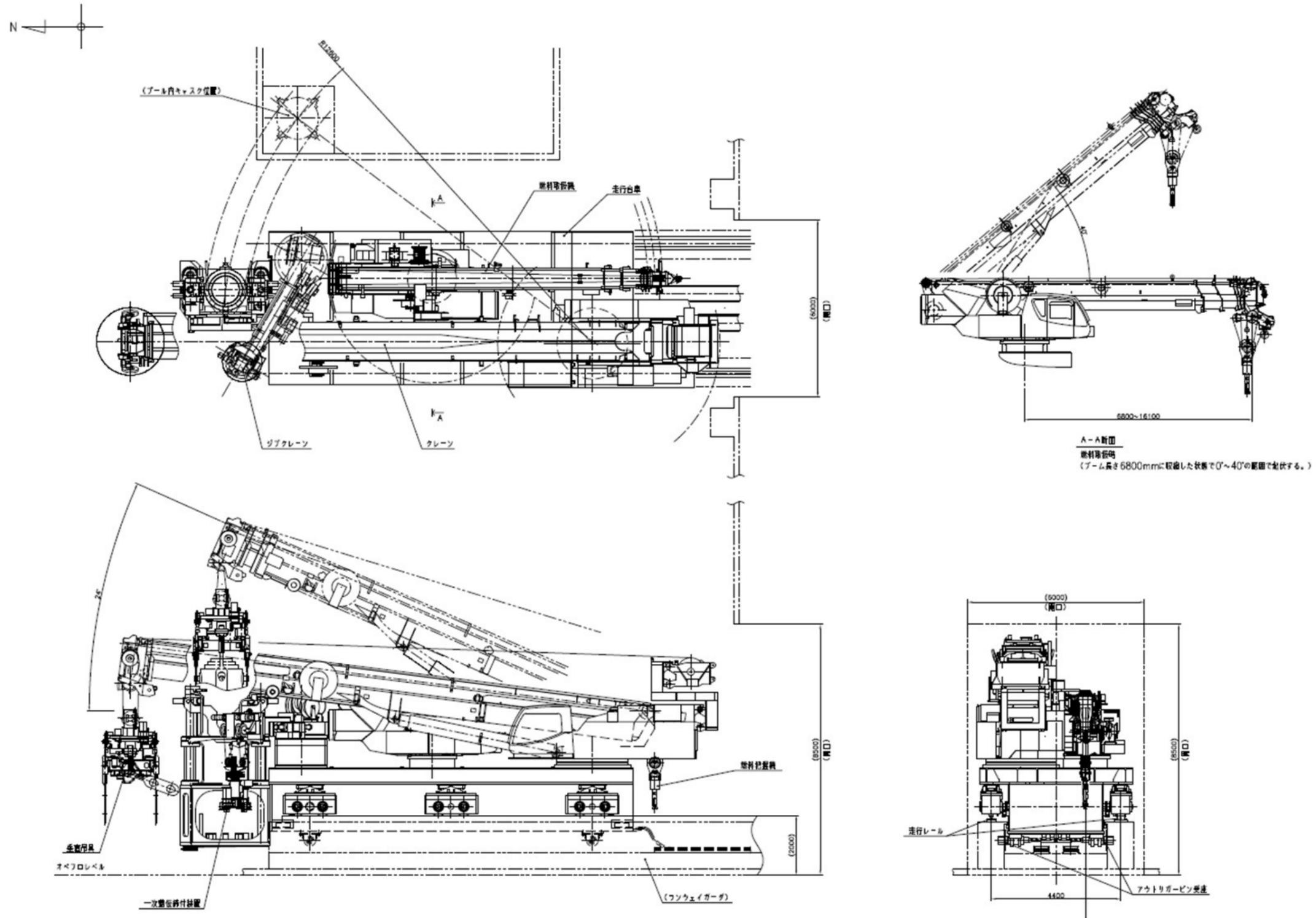


図-1 燃料取扱設備 外形図

(本内容を添付資料-4-1 別添-3に反映する。)

表-3 燃料取扱設備 主要部材一覧

部位	使用材料
燃料取扱機(旋回体) ブーム	WEL-TEN980RE
燃料取扱機(旋回体) ブーム根元支持ピン	SNB23-1
燃料取扱機(旋回体) 旋回輪軸受取付ボルト(内側)	SUS630
燃料取扱機(旋回体) 旋回輪軸受取付ボルト(外側)	SUS630
クレーン(旋回体) ブーム	WELDOX1100E
クレーン(旋回体) ブーム根元支持ピン	42CrMo4
クレーン(旋回体) 旋回輪軸受取付ボルト	SUS630
燃料取扱機/クレーン(走行台車部) 構造物フレーム	SM490B(16 < t ≤ 40)
燃料取扱機/クレーン(走行台車部) アウトリガーピン	SNB23-1
燃料取扱機/クレーン(走行台車部) 転倒防止ラグ	SM490B(40 < t ≤ 100)
キャスク固定治具 構造物フレーム	SM490B(40 < t ≤ 100)
キャスク固定治具取付ボルト	SNB23-1

(本内容を添付資料-1-2 別添-3に反映する。)

2号機燃料取り出し用構台内エリア放射線モニタに係る確認事項

2号機燃料取り出し用構台内エリア放射線モニタに係る主要な確認事項を表-1に、エリア放射線モニタの配置図を図-1に示す。

表-1 2号機燃料取り出し用構台内エリア放射線モニタに係る確認事項

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	検査場所
監視	構造確認	据付確認	機器の据付位置について確認する。	実施計画通りに施工・据付されていること。	現地
	機能確認	警報確認	設定値において警報及び表示灯が作動することを確認する。	許容範囲以内で警報及び表示灯が作動すること。	現地
	性能確認	線源校正確認	標準線源を用いて線量当量率を測定し、各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準線量当量率に対する正味線量当量が、許容範囲以内であること。	現地
		校正確認	モニタ内のテスト信号発生部により、各校正点の基準入力を与え、その時の監視PCの指示値が正しいことを確認する。	各指示値が許容範囲以内に入っていること。	現地

(本内容を添付資料-1-2 別添-3に反映する。)

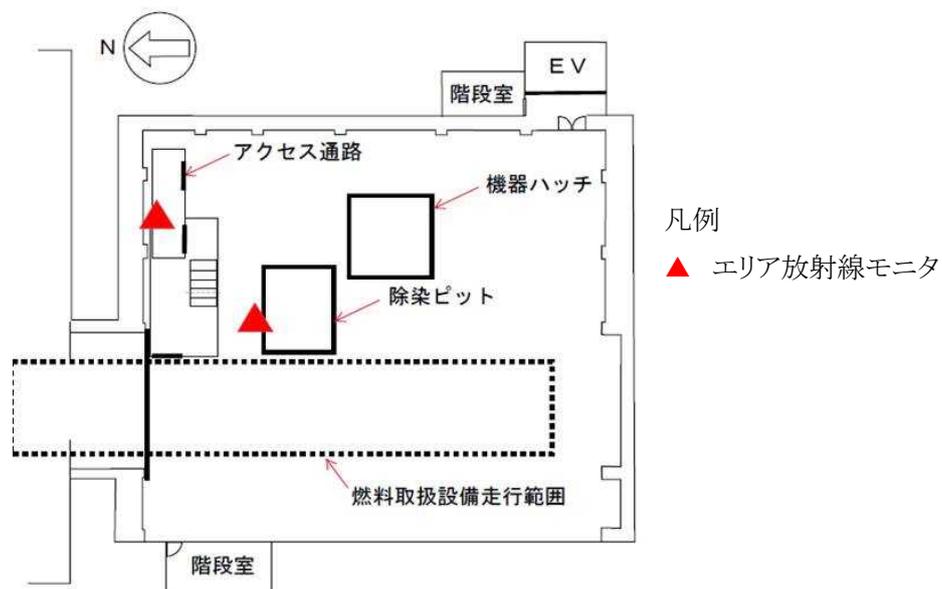


図-1 2号機燃料取り出し用構台内のエリア放射線モニタ配置図
(添付資料1-2 図4.3-1再掲)

(本内容を添付資料-3-1 別添-3に反映する。)

2号機原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備
に係る確認事項

2号機原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備に係る主要な確認事項を表-1に示す。また、原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備の系統図、排風機の外形図及び排気フィルタユニットの外形図を図-1、図-2、図-3に示す。

表-1 2号機原子炉建屋オペレーティングフロア及び
燃料取り出し用構台換気設備に係る確認事項

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	検査場所
放出抑制	機能確認	風量確認	排風機の出口風量を確認する。	排風機が1台当たり 30,000m ³ /h 以上であること。	現地
		フィルタ性能確認	フィルタの放射性物質の除去効率を確認する。	放射性物質の除去効率が97% (粒径 0.3 μ m) 以上であること。	現地
	構造確認	据付確認	放射性物質濃度の測定箇所を確認する。	放射性物質濃度測定箇所が図-1に記載の通りであること。	現地
監視	機能確認	監視機能確認	監視設備により運転状態等が監視できることを確認する。	排風機の運転状態、放射性物質濃度が免震重要棟内のモニタに表示され監視可能であること。	現地
			設定値において警報及び表示灯が作動することを確認する。	許容範囲以内で警報及び表示灯が作動すること。	現地
			標準線源を用いて検出器性能を確認する。	計数効率が規定値以上であること。	現地
			放射性物質濃度が現場と免震重要棟に表示されることを確認する。	各指示値が許容値範囲以内に入っていること。	現地

(本内容を添付資料-3-1 別添-3に反映する。)

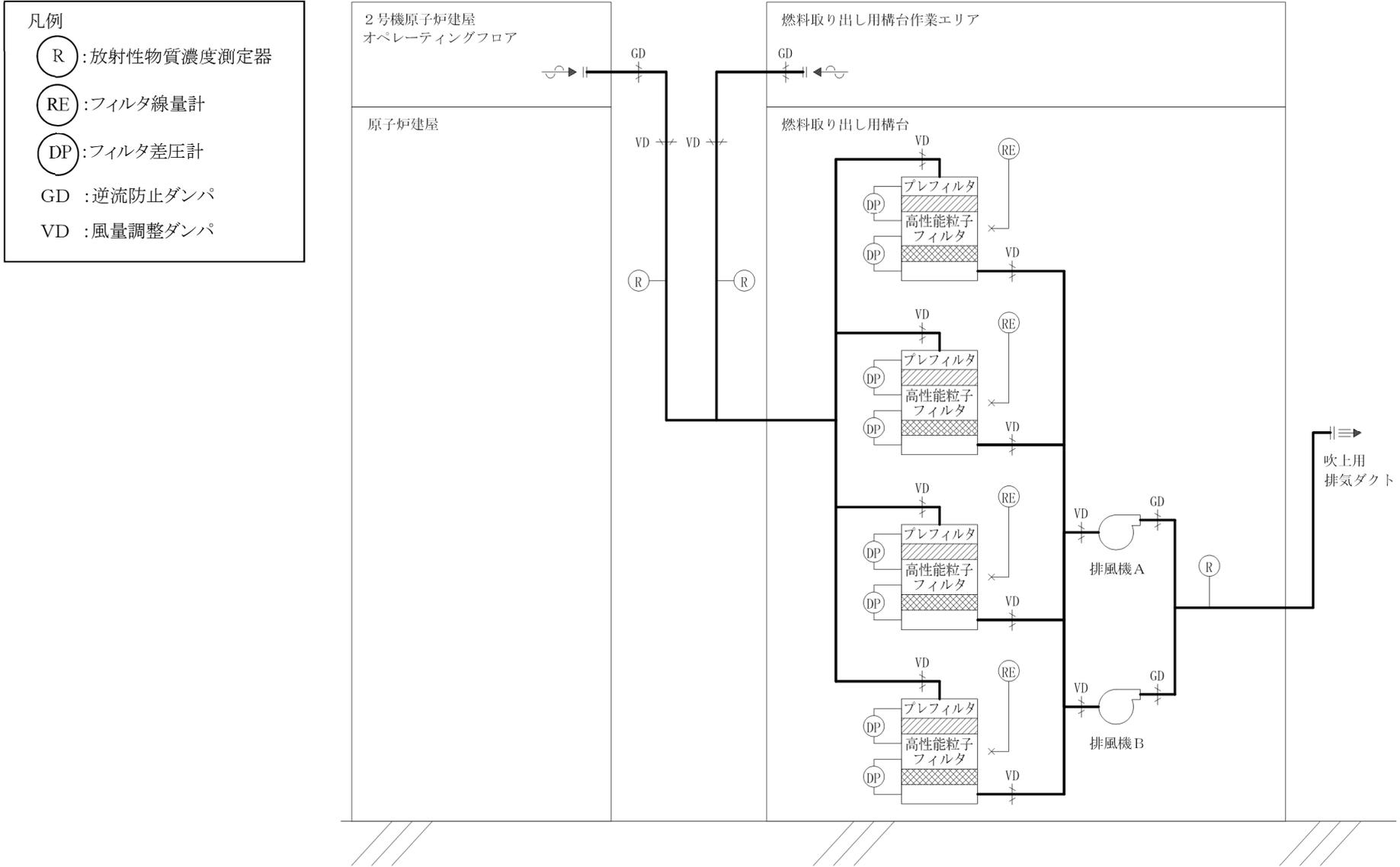


図-1 原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備系統図(添付3-1 図4-4再掲)

(本内容を添付資料-3-1 別添-3に反映する。)

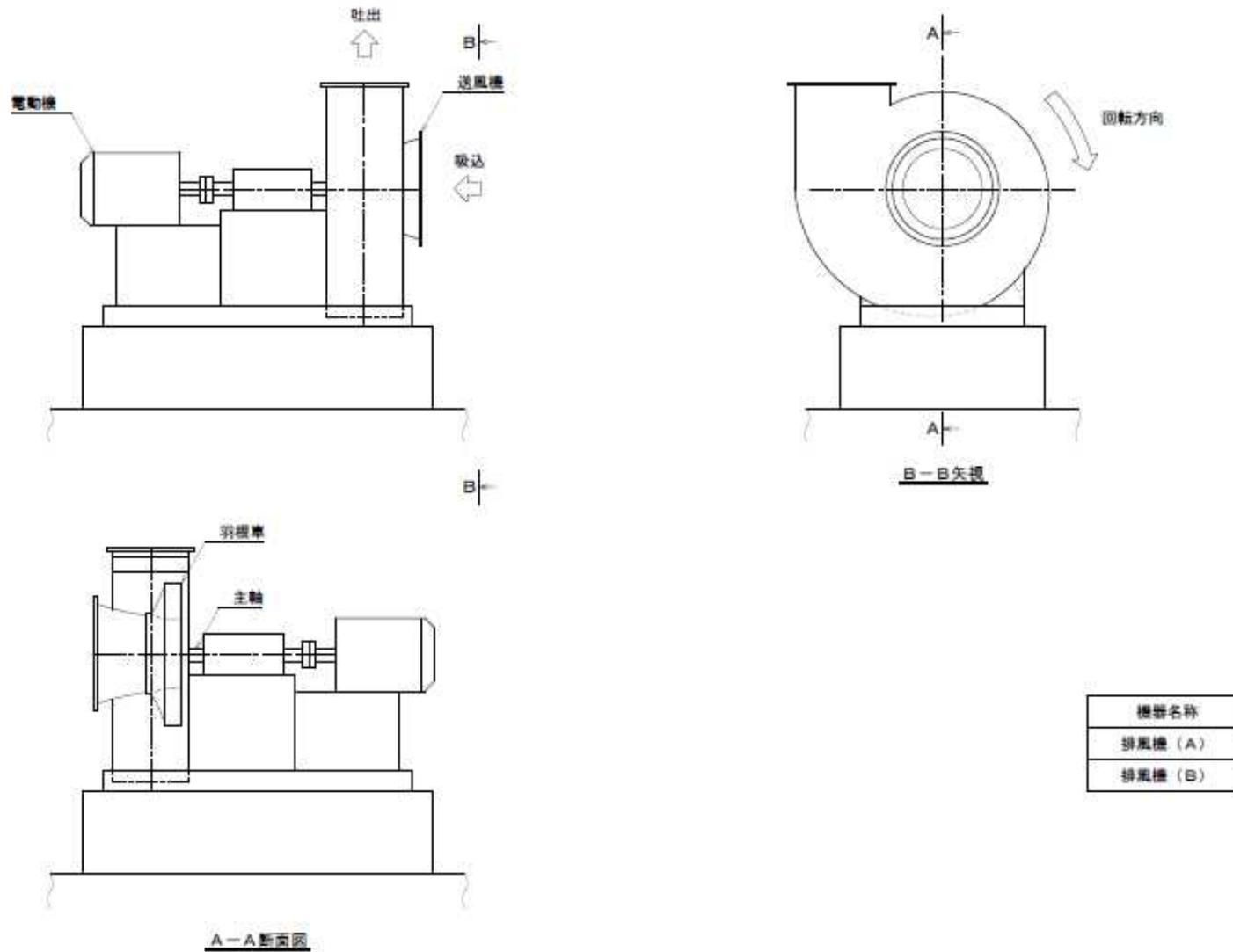


図-2 排風機 外形図

(本内容を添付資料-3-1 別添-3に反映する。)

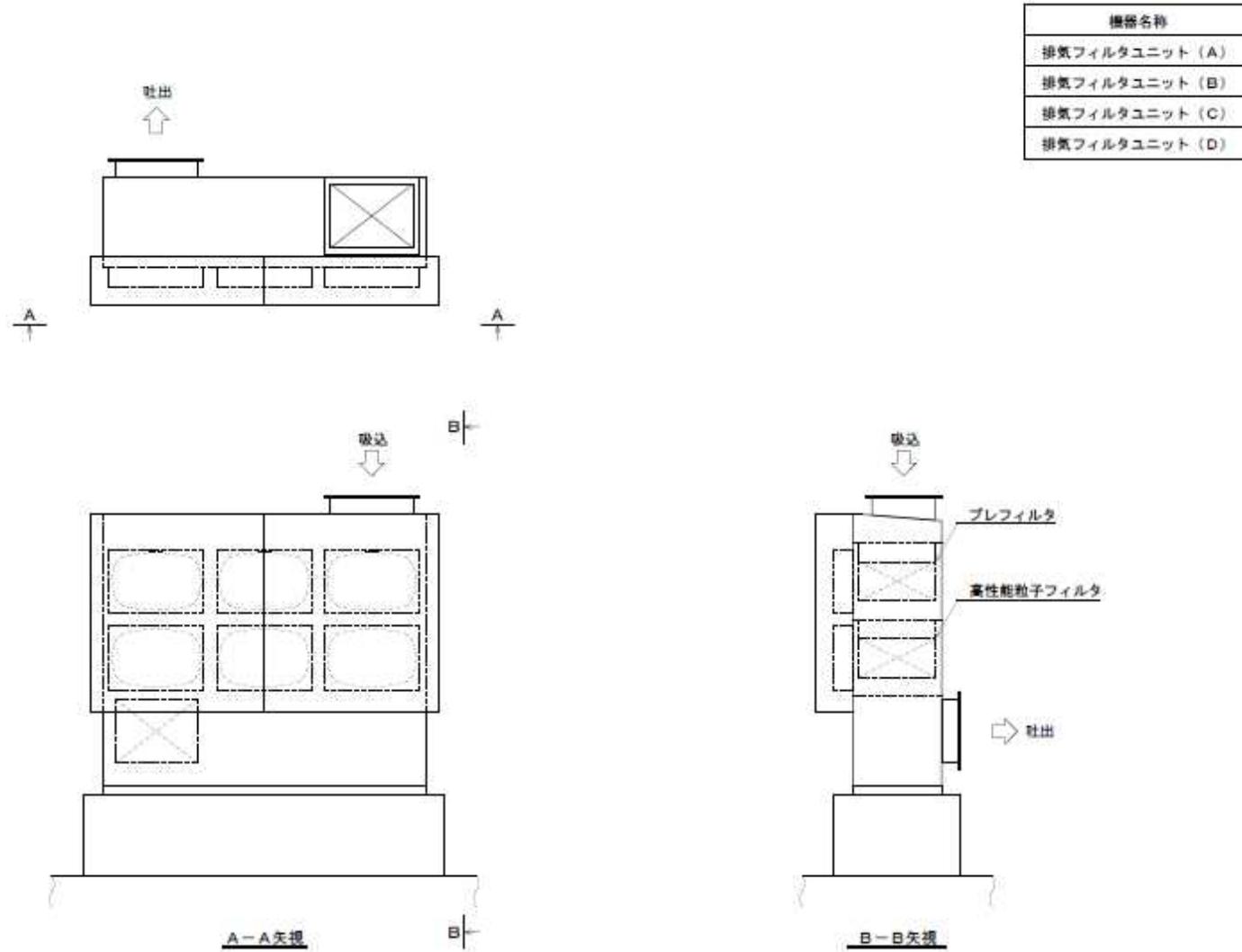


図-3 排気フィルタユニット 外形図