

リサイクル燃料備蓄センター設工認
設 2 - 補 - 007 改訂 01
2022 年 6 月 24 日

リサイクル燃料備蓄センター
設計及び工事の計画の変更認可申請書
(補足説明資料)

使用済燃料の受入施設
(搬送設備及び受入設備) について

令和 4 年 6 月

リサイクル燃料貯蔵株式会社

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の受入施設（搬送設備及び受入設備）における、基本的な金属キャスクハンドリングフロー例を、以下の段階毎に示す。

- (1) 金属キャスクの受入れ～金属キャスクの仮置き
- (2) 緩衝体取り外し～金属キャスクたて起こし～検査架台への移送及び取扱い
- (3) 検査架台～貯蔵場所への設置

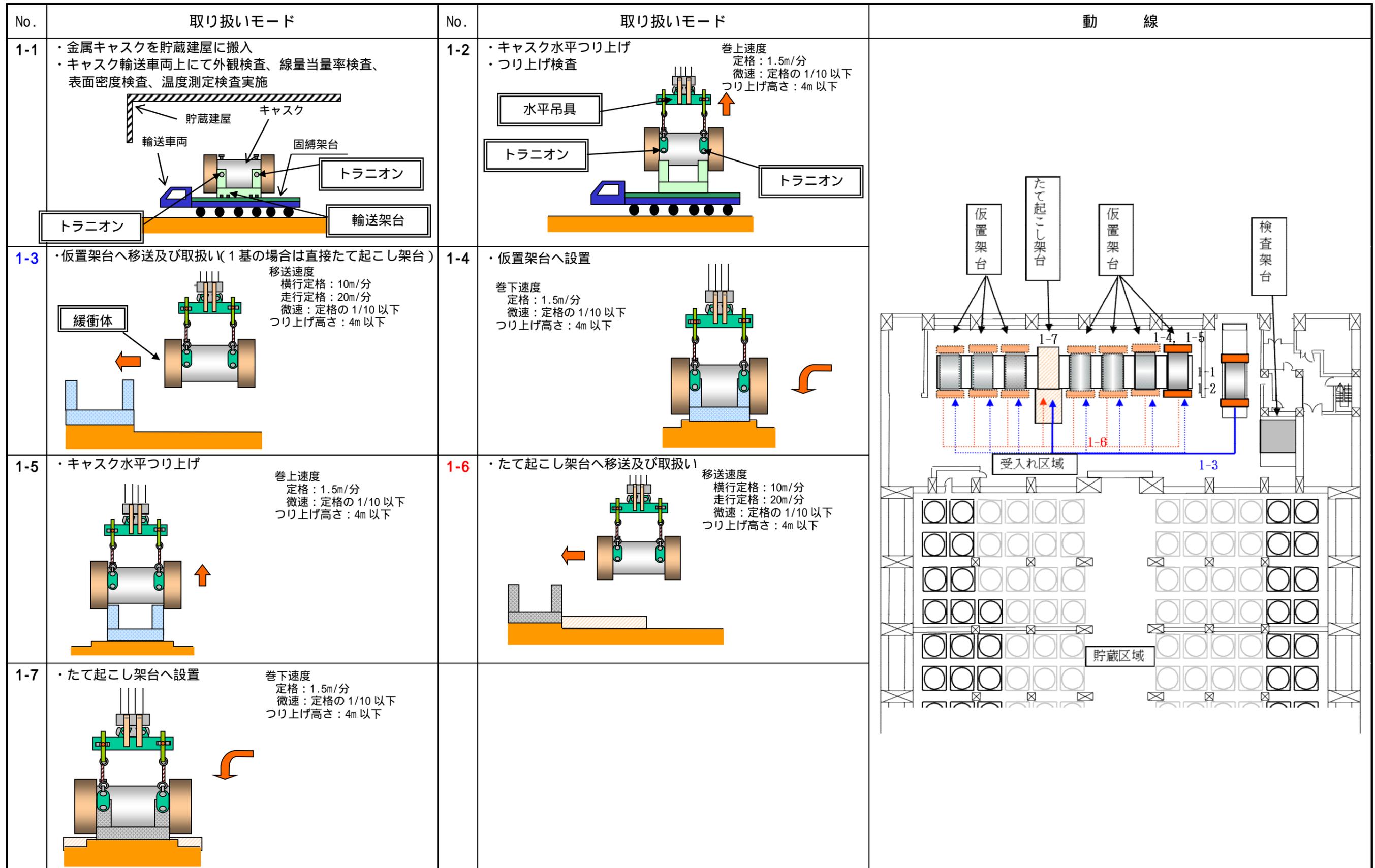
なお、金属キャスクの衝突防止に係る設計及びつり上げ高さ制限についても、同フロー内に示すとともに、受入れ区域天井クレーンのインターロックについては、「添付1 1 1 受入れ区域天井クレーンの金属キャスクの取扱いに関する説明書」に記載している。

2. 別紙

- (1) 使用済燃料の受入施設（搬送設備及び受入設備）の既設工認の比較
- (2) 衝突防止装置の概要

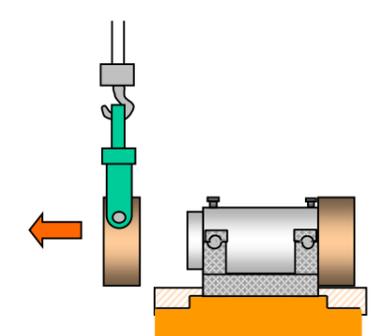
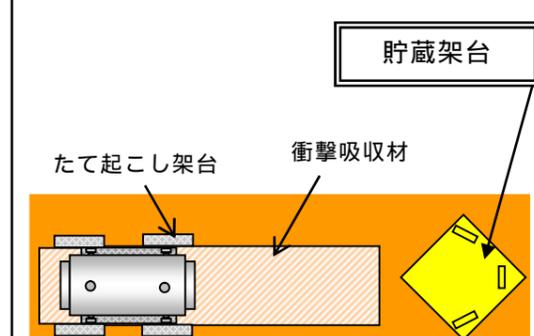
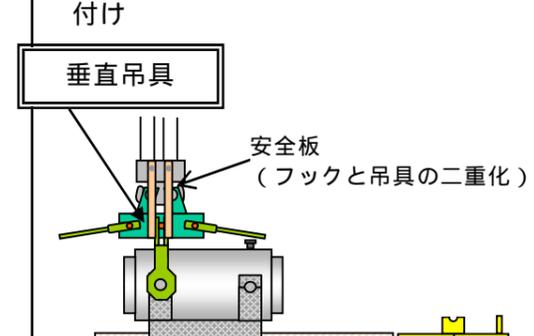
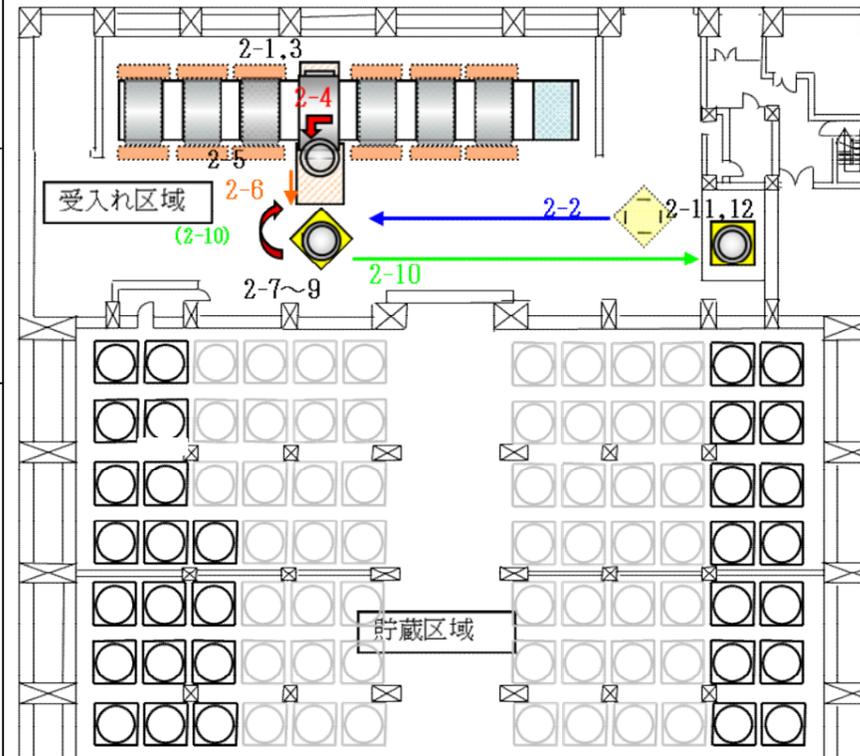
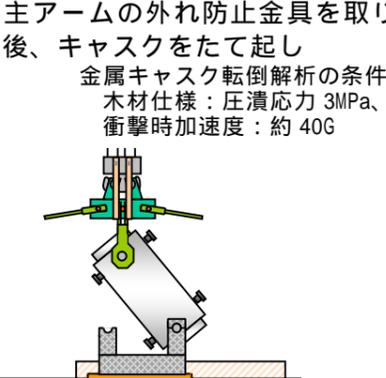
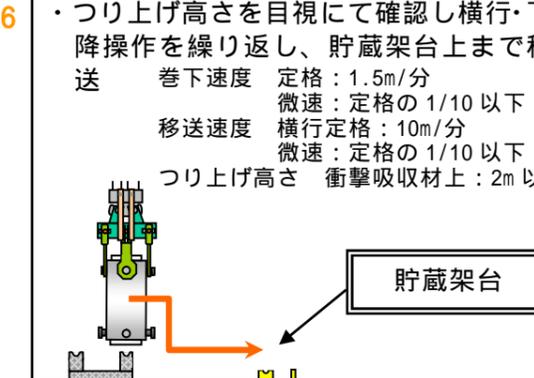
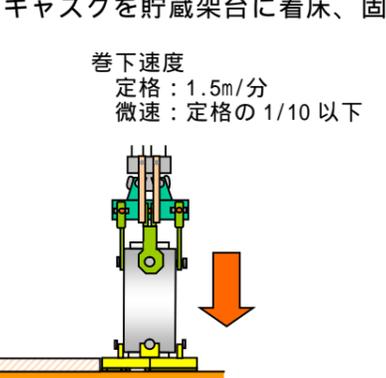
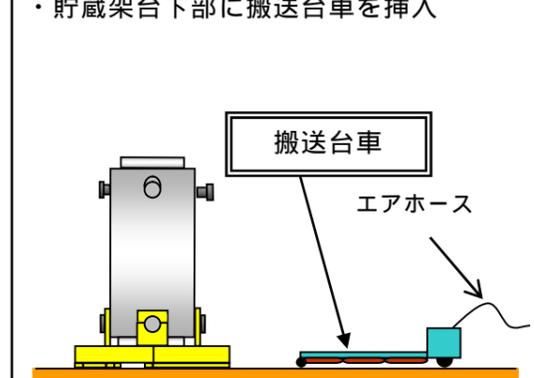
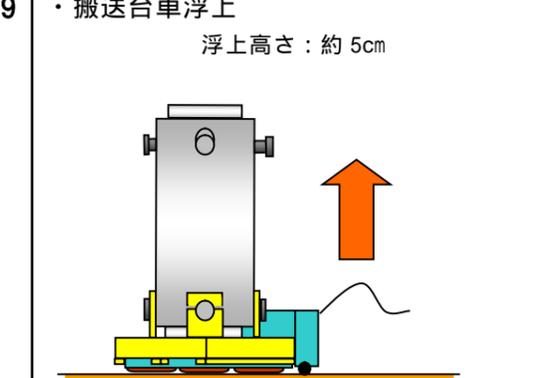
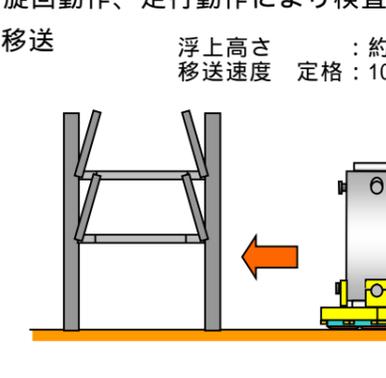
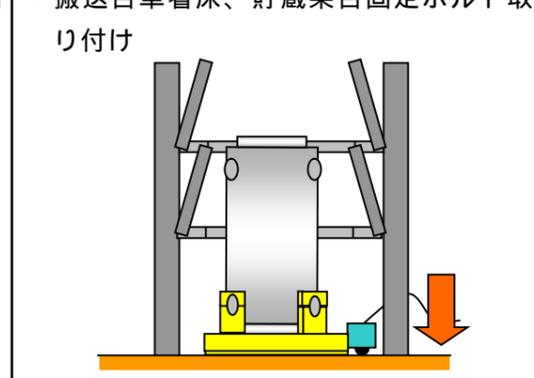
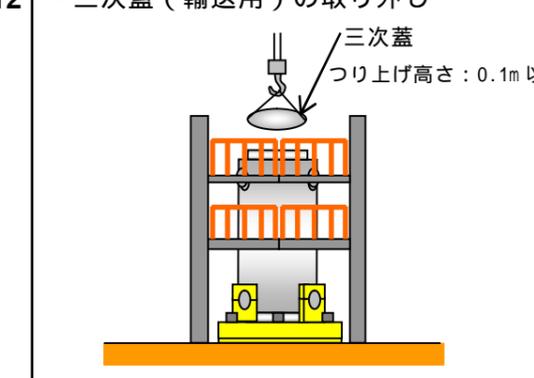
使用済燃料貯蔵施設における基本的な金属カスクハンドリングフロー例 (1 / 3)

(1) 金属カスクの受入れ～金属カスクの仮置き



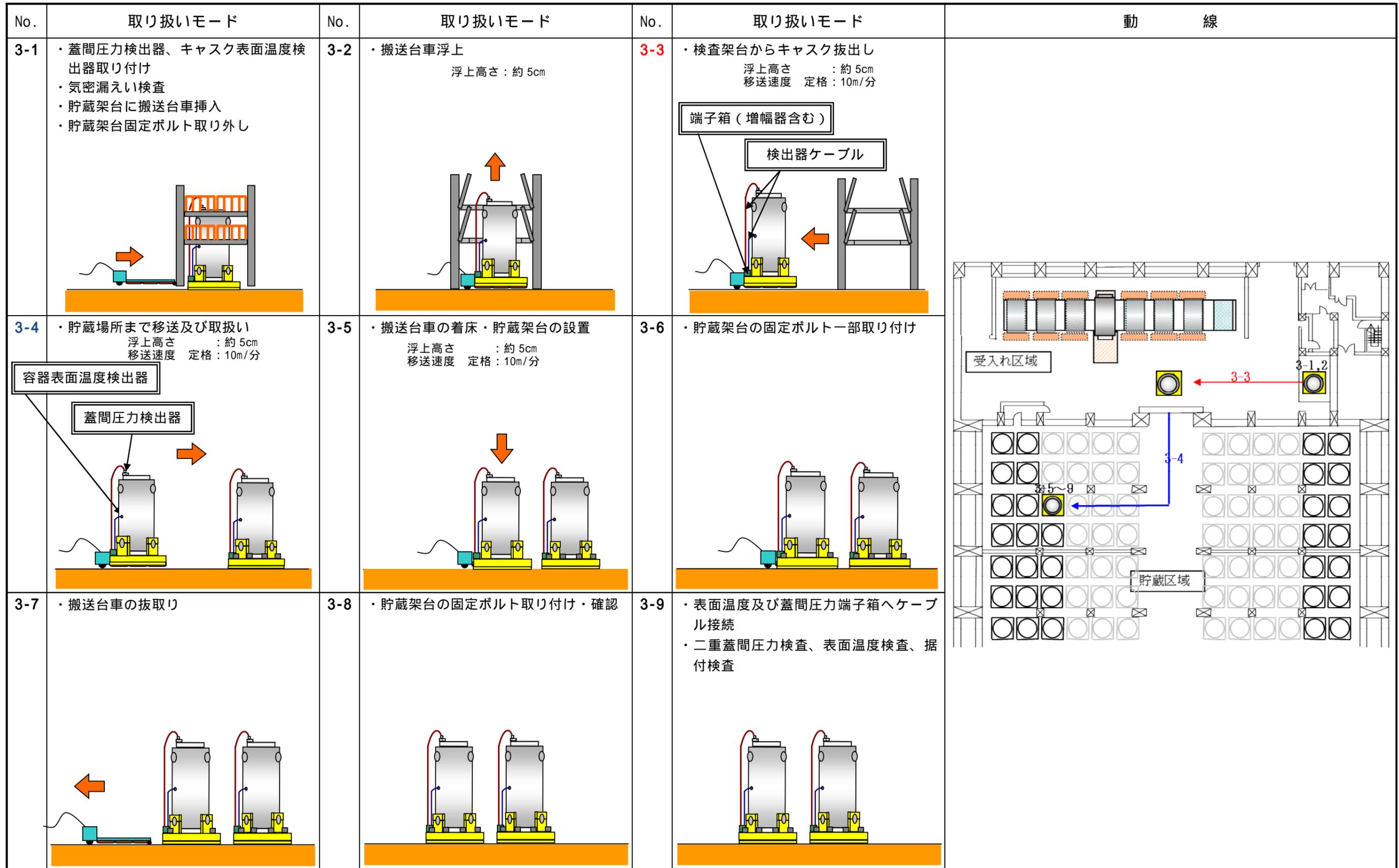
使用済燃料貯蔵施設における基本的な金属キャスクハンドリングフロー例（2 / 3）

（2） 緩衝体取り外し～金属キャスクたて起こし～検査架台への移送及び取扱い

No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード	動線
2-1	・緩衝体の取り外し 	2-2	・貯蔵架台をたて起こし架台付近に設置 	2-3	・吊具主アームを上部トラニオンに取り付け 	
2-4	・主アームの外れ防止金具を取り付けた後、キャスクをたて起こし 金属キャスク転倒解析の条件 木材仕様：圧潰応力 3MPa、厚さ 1m 衝撃時加速度：約 40G 	2-5	・トラニオン押さえを取り外した後、キャスクをつり上げ ・つり上げ検査 巻上速度 定格：1.5m/分 微速：定格の 1/10 以下 つり上げ高さ：2m 以下（衝撃吸収材上端とキャスク下端の距離） 	2-6	・つり上げ高さを目視にて確認し横行・下降操作を繰り返し、貯蔵架台上まで移送 巻下速度 定格：1.5m/分 微速：定格の 1/10 以下 移送速度 横行定格：10m/分 微速：定格の 1/10 以下 つり上げ高さ 衝撃吸収材上：2m 以下 	
2-7	・キャスクを貯蔵架台に着床、固定 巻下速度 定格：1.5m/分 微速：定格の 1/10 以下 	2-8	・貯蔵架台下部に搬送台車を挿入 	2-9	・搬送台車浮上 浮上高さ：約 5cm 	
2-10	・旋回動作、走行動作により検査架台へ移送 浮上高さ：約 5cm 移送速度 定格：10m/分 	2-11	・搬送台車着床、貯蔵架台固定ボルト取り付け 	2-12	・三次蓋（輸送用）の取り外し 三次蓋 つり上げ高さ：0.1m 以下 	

使用済燃料貯蔵施設における基本的な金属キャスクハンドリングフロー例 (3 / 3)

(3) 検査架台 ~ 貯蔵場所への設置



使用済燃料の受入施設（搬送設備及び受入設備）の既設工認の比較

施設等		既設工認		今回申請		変更点
使用済燃料の受入施設	受入設備	-	受入れ区域天井クレーン	搬送設備	同左	要目表及び基本設計方針に変更なし（耐震強化による材料,寸法変更）
			搬送台車		同左	変更なし
		仮置架台		同左		要目表及び基本設計方針に変更なし （漂流防止を目的として基礎部強化）
		たて起こし架台	たて起こし架台	同左	同左	要目表に変更あり （漂流防止を目的として基礎部強化）
			衝撃吸収材		同左	変更なし
		検査架台		同左		要目表及び基本設計方針に変更なし （漂流防止を目的として基礎部強化）
		-	-	圧縮空気供給設備	空気圧縮機	事業許可との整合
					空気貯槽	
					安全弁	
					空気除湿装置	
除湿装置前置フィルタ						
除湿装置後置フィルタ						
主配管						
冷却水系統						

衝突防止装置の概要

1. センサー等の検知機構の構造及び位置

搬送台車の「障害物との接触を検知する装置」として衝突防止システムがあり、金属カスクの移送時にのみ使用し、走行エリアに合わせて搬送台車の前方に取り付ける接触式バンパ及び受入れ区域の衝撃吸収材の前に設置するたて起こしエリアセンサの2種類がある。以下に構造及び取付位置について示す。

1.1. 衝突防止システムの構造

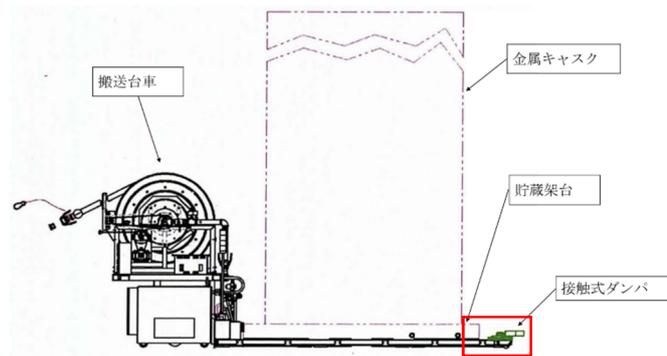
(1) 接触式バンパ

接触式バンパは衝撃吸収材前(以下、「たて起こしエリア」という。)以外の全ての走行範囲において使用し、接触式の検知機構であるテープスイッチにより、障害物との接触を検知する。

貯蔵区域における貯蔵位置への位置決めの際には、進行方向前方に貯蔵されている金属カスクがあるが、接触式バンパの搬送台先端からの張り出し寸法を調整することにより、狭いスペースでも接触式バンパを使用することができる。

接触式バンパの張り出し寸法を位置決め時の張り出し寸法に設定した際は、搬送台車の走行速度を制限する。

接触式バンパの構造を図1に、テープスイッチの概略について図2に示す。また、通常走行時の張り出し寸法と位置決め時の張り出し寸法及び走行速度の制限値について表1に示す。



搬送台車の搬送台の先端に取り付ける。(箇所)

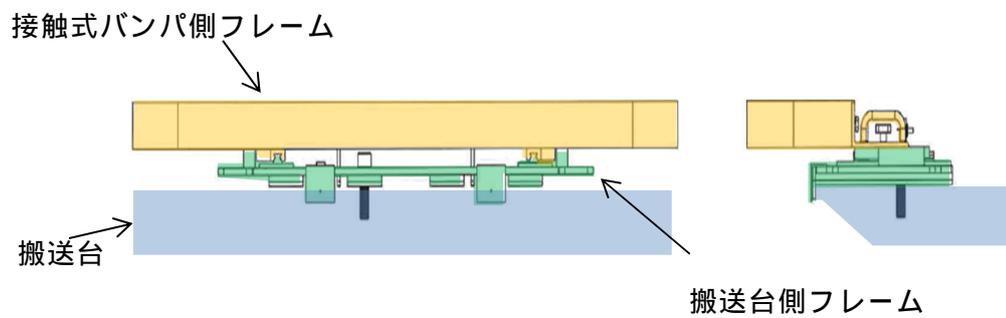
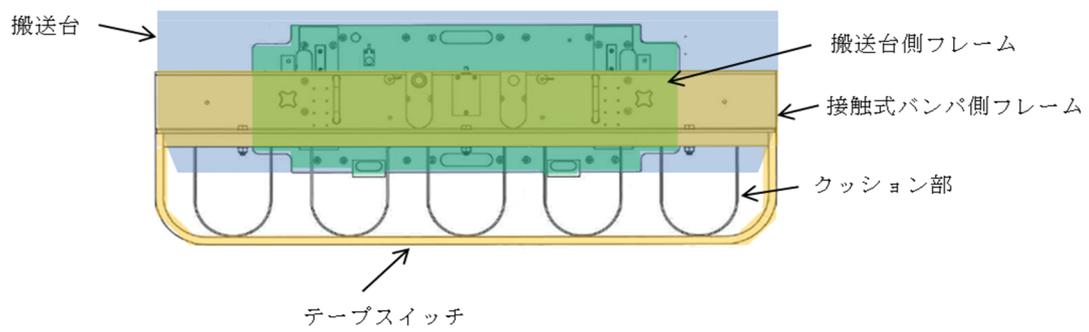


図1 接触式バンパの構造

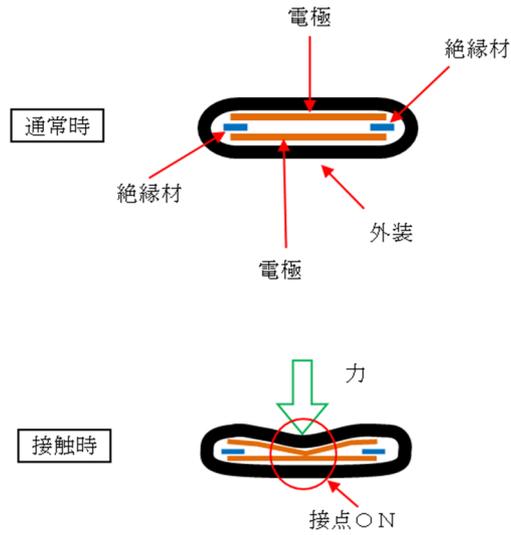


図2 テープスイッチの概略

表1 張り出し寸法及び走行速度制限

項目	通常走行時	位置決め時
張り出し寸法	150mm	80mm
速度制限	10m/min 金属カスク取り扱い時の速度制限	1 m/min 接触式バンパによる速度制限
接触式バンパ位置		

(2) たて起こしエリアセンサ

たて起こしエリアでは、金属キャスクの取扱いの際に、衝撃吸収材と貯蔵架台を搬送台車により可能な限り接近させる。

接触式バンパでは、張り出し寸法があるため、ある程度の距離までしか接近できないため、たて起こしエリアではたて起こしエリアセンサを使用する。

たて起こしエリアセンサは、たて起こしエリアのみで使用し、衝撃吸収材前にL型の鉄板にクッション材料を取付クッション材の先端にテープスイッチを取り付けた装置を設置し、搬送台車の搬送台先端にカバーを取り付ける。

テープスイッチと搬送台先端カバーが接することにより、金属キャスクが障害物（衝撃吸収材）と接触する前に搬送台車を停止することができる。

たて起こしエリアセンサの構造を図3に示す。

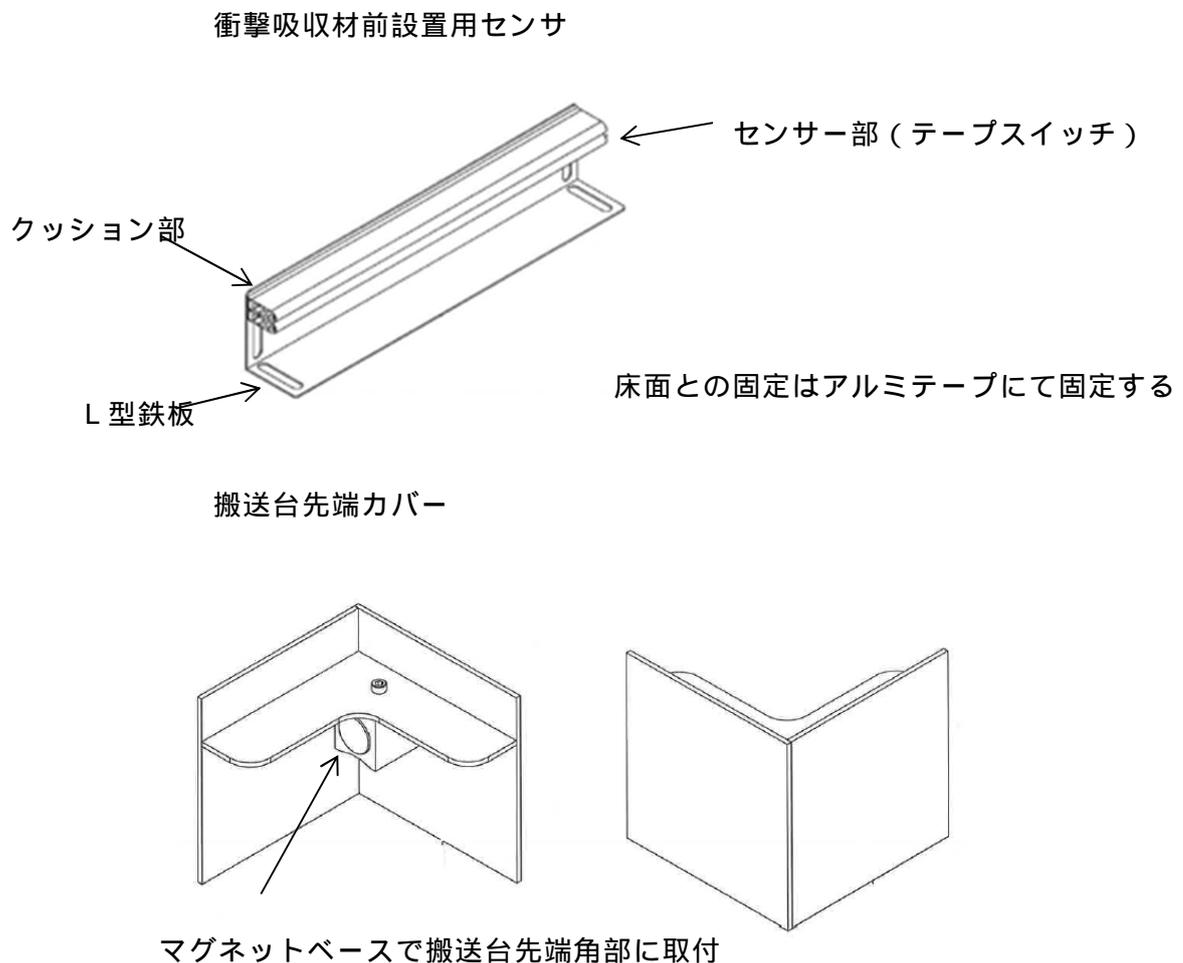


図3 たて起こしエリアセンサの構造

1.2. 衝突防止装置の取付位置

(1) 接触式バンパ

接触式バンパは搬送台車の2つの搬送台の先端に1つずつ取り付ける。接触式バンパの取付位置について図4に示す。

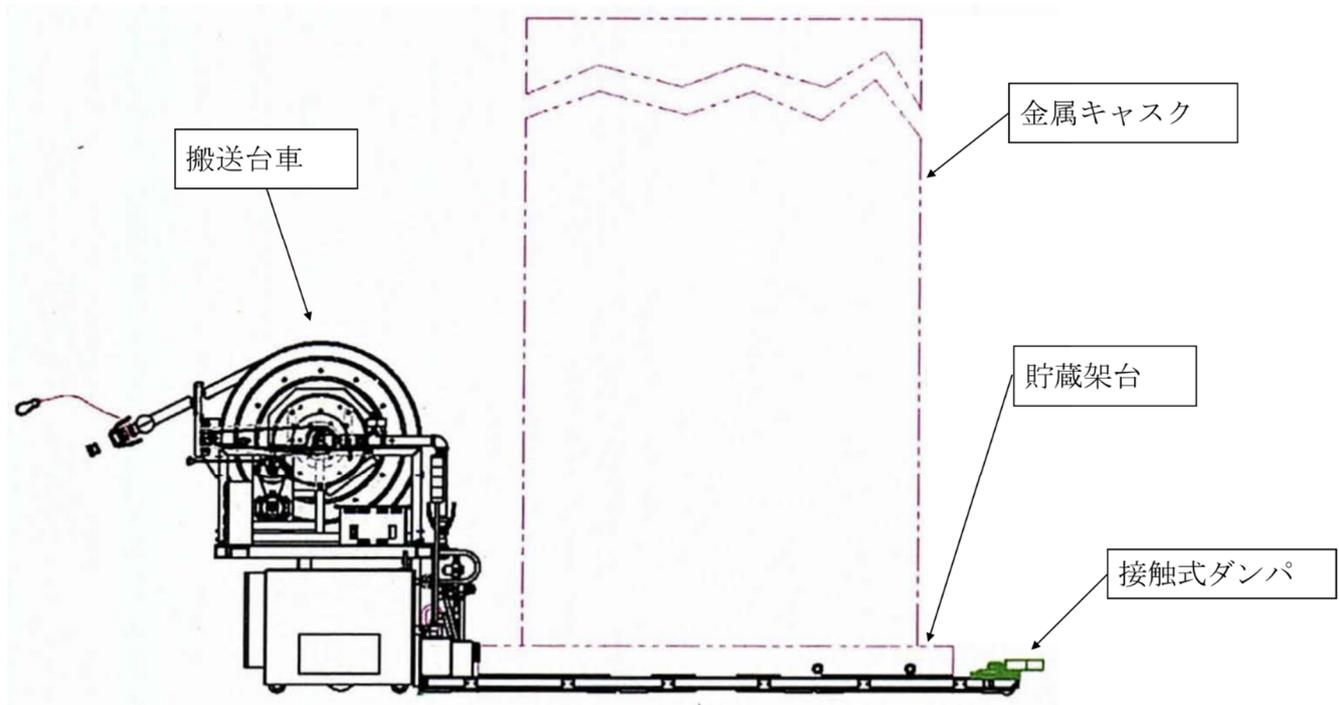


図4 接触式バンパ取付位置

(2) たて起こしエリアセンサ

たて起こしエリアセンサは、衝撃吸収材前にセンサを設置し、搬送台車の搬送台先端にカバーを取り付ける。たて起こしエリアセンサの取付位置について図5に示す。

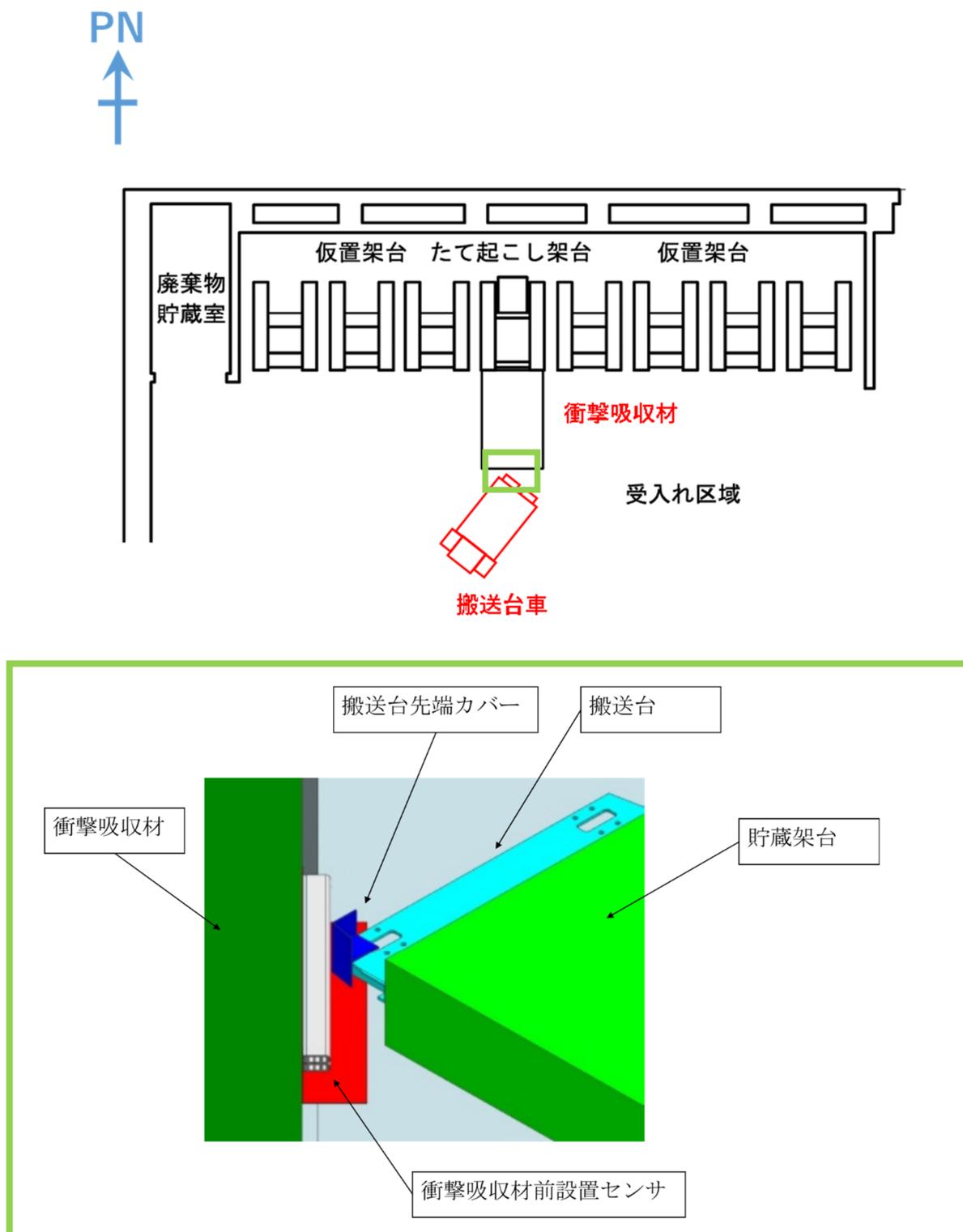


図5 接触式バンパ取付位置

2．接触の検知距離，検知から停止動作までの機能を担保する構造

接触式バンパの張り出し寸法を設定することで，金属キャスクが障害物との接触がないよう接触の検知距離及び検知からの停止動作までの機能を担保している。張り出し寸法の設定について添付に記載する。

たて起こしエリアセンサについては衝撃吸収材との接近距離を 100mm以下に設定した上でセンサ反応後の寸法として 10mm以上を考慮し，クッション部の幅を 60mmにすることで接触の検知距離，検知からの停止動作までの機能を担保している。

3．搬送台車の最大速度での停止対応能力

接触式バンパの張り出し寸法の設定の際に，搬送台車の最大速度である 10m/min で設定しており，最大速度で走行中に障害物を検知しても，金属キャスクが障害物と衝突することはなく，金属キャスクを安全に保持することができる。

4．自動停止機能の有無

接触式バンパ及びたて起こしエリアセンサが検知した際は，搬送台車は緊急停止となる。搬送台車の緊急停止により金属キャスクは速やかに着床し，金属キャスクを安全に保持することができる。

以 上

接触式バンパ張り出し寸法について

(1) 搬送台車先端からの接触式バンパ張り出し寸法についての考え方

搬送台車先端からの接触式バンパ張り出し寸法について、図1に示す、接触式バンパ反応ストローク(L0)+制動距離(L1)+着床後の揺れ分(L2)の合算値(L3)に加え、搬送台車先端から張り出している付帯物の寸法を考慮して、それ以上の寸法を確保するように設定する。

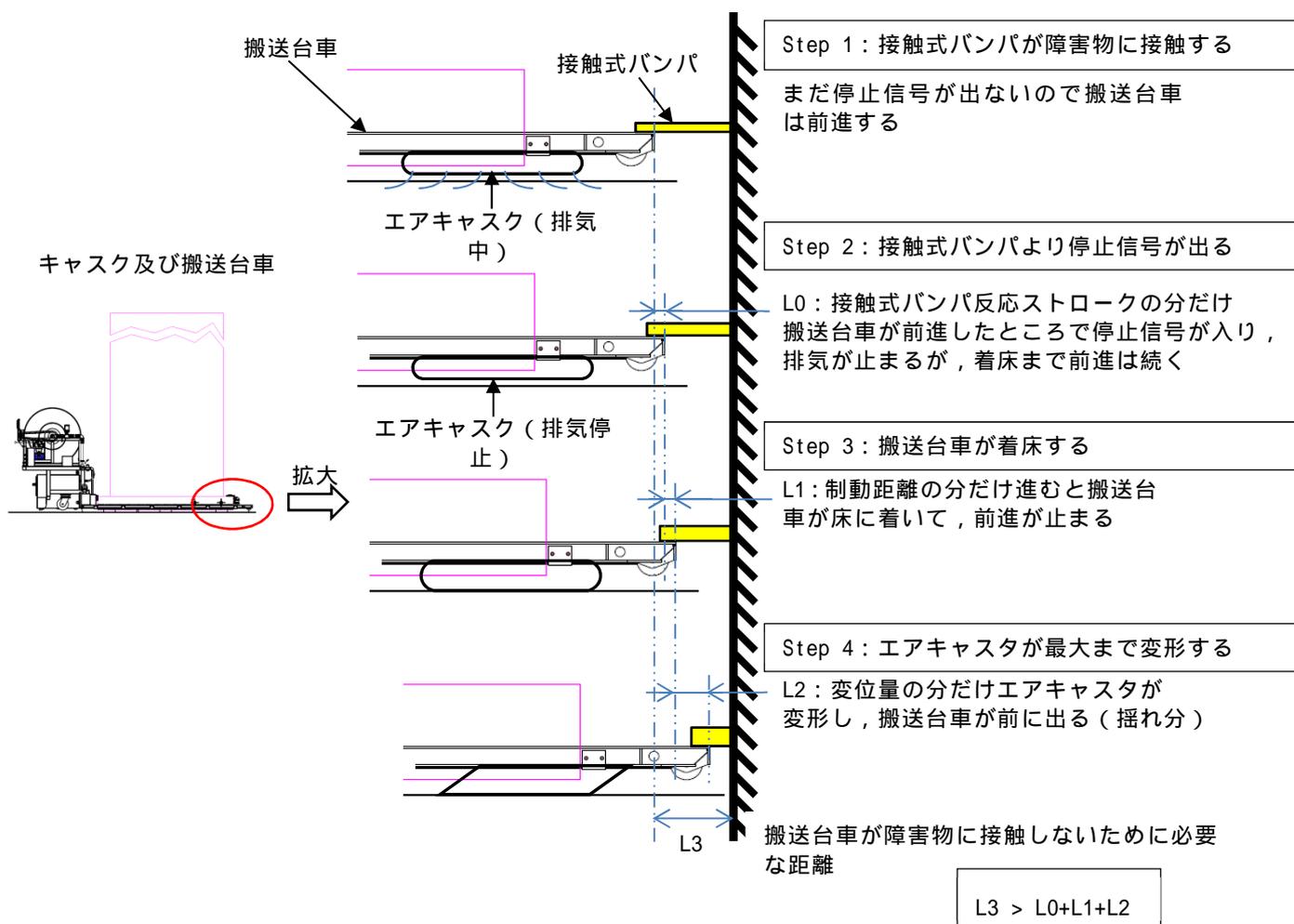


図1 接触式バンパ付き搬送台車の制動時挙動の推移

(2) 制動距離 (L1) と着床後の揺れ分 (L2) について

緊急停止直前の速度を V_0 とすると運動エネルギーは $mV_0^2/2$ となります。エネルギーの保存より、制動距離 L_1 分滑る間の摩擦力 μmg によるエネルギー損失 μmgL_1 と、着床後の揺れ分 L_2 による位置エネルギー $kL_2^2/2$ の合計がこの運動エネルギーと等しくなるので、制動距離 L_1 と着床後の揺れ分 L_2 の最大値は同時に生じない。

$$\frac{1}{2}mV_0^2 = \mu mgL_1 + \frac{1}{2}kL_2^2$$

ここで、

m : 搬送台車+キャスク質量 (150t)

V_0 : 緊急停止直前の速度 (= 10m/min = 0.167m/s)

μ : 床面との摩擦係数 (= 0.07 (凍結した路面を想定 (新版自動車事故工学, 技術書院)))

g : 重力加速度 (= 9.80665m/s²)

L_1 : 制動距離

k : 床面とのばね定数 (= $m(2\pi f)^2 = 3,021,307\text{N/m}$ (周期 1.4 秒の場合))

L_2 : 着床後の揺れ分

L_1 が最大値の時 L_2 は最小値 (= 0) になり、 L_2 が最大値の時 L_1 は最小値 (= 0) になります。

以下に、制動距離 L_1 と着床後の揺れ分 L_2 のそれぞれについて検討し、値の大きい側の値を搬送台先端からの接触式バンパ張り出し寸法の設定に用いる。

制動距離 L_1

制動距離 L_1 の最大値を求めます。

着床後の揺れ L_2 がゼロであり、摩擦によるエネルギー損失で運動エネルギーを全て吸収とした場合、以下の式により制動距離 L_1 は約 **21mm** となる。

$$\frac{1}{2}mV_0^2 = \mu mgL_{1\max}$$
$$\therefore L_{1\max} = \frac{V_0^2}{2\mu g} = \frac{0.167^2}{2 \cdot 0.07 \cdot 9.80665} = 0.021[m] = 21[mm]$$

なお、制動距離は初期速度の 2 乗に比例するため、キャスク位置決め時の低速走行 1m/min では 1mm 以下となる。(表-1)

表 1 初期速度に対する制動距離 L_1

[単位 : mm]

項目	初期速度	初期速度
	10m/min	1m/min
制動距離	21	1 以下

着床後の揺れ分 L2

浮上状態から着床後の前後の揺れ分について、実規模性能評価での該当する試験（エアキャスト 6 枚からの強制排気有りでの緊急停止）でのデータを分析した結果、約 15m/min からの緊急停止で、前後に 81mm の揺れが周期 1.4 秒で発生していることを確認した。これは、周期 1.4 秒で減衰定数 11% での計算結果と同等となる。

このため、今回の検討に必要な 10m/min からの停止時と、1m/min からの停止時の揺れ分に関して前項の式から $L1 = 0$ として最大値の L2 を計算で求める。

各速度から緊急停止した際の、計算結果を表 2 に示す。

表 2 初期速度に対する着床後の揺れ分 L2

[単位：mm]

項目	初期速度	初期速度
	10m/min	1m/min
着床後の揺れ分	37.1	3.7

上記のとおり、L1 の最大値 21mm < L2 の最大値 37.1mm であるため、搬送台先端からの接触式バンパ張り出し寸法は、制動距離 L1 がゼロで、着床後の揺れ分 L2 が最大の 37.1mm とする。

(3) ブランク先端からの接触式バンパ張り出し寸法の設定に考慮が必要な項目

ブランク先端からの接触式バンパ張り出し寸法を設定に当たり、考慮する項目を以下に示す。

ブランク先端から飛び出している付帯物として、搬送台先端に引っ掛けてバンパからの反力を搬送台へ流す役割を果たす搬送台側フレームの爪部を考慮する（厚み 6.4mm）。

接触式バンパ張り出し寸法の最大値は、スライド機構の構造やクッション部の寸法、反力測定を実施した変位量を考慮し、150mm 程度迄とする。

キャスク位置決め時の接触式バンパ張り出し寸法は、前方キャスクとの図面上での隙間 81mm を考慮し、80mm 以下とする。

(4) プランク先端からの接触式バンパ張り出し寸法の設定

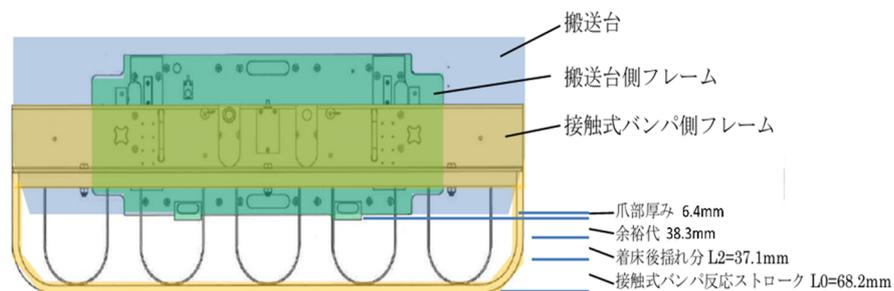
上記を考慮し、搬送台先端からの接触式バンパ張り出し寸法を、それぞれ通常走行時は 150mm、キャスク位置決め時は 80mm に設定する。

この時の寸法関係を、表 3 及び図 2 に示す。

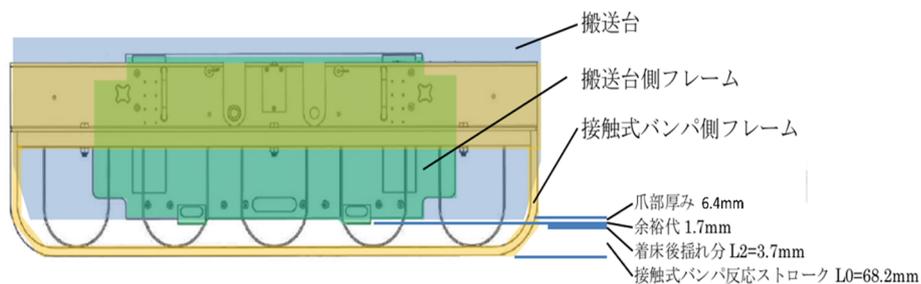
表 3 プランク先端からの接触式バンパ張り出し寸法とその内訳

[単位：mm]

項目	通常走行時 (10m/min)	位置決め時 (1m/min)
接触式バンパ反応ストローク L0	68.2	68.2
制動距離 L1	0	0
着床後の揺れ分 L2	37.1	3.7
爪厚み	6.4	6.4
小計	111.7	78.3
余裕代	38.3	1.7
プランク先端からの接触式バンパ張り出し寸法	150	80



通常走行時 接触式バンパの搬送台先端からの張り出し寸法 150mm



キャスク位置決め時 接触式バンパの搬送台先端からの張り出し寸法 80mm