

廃棄物埋設施設における
許可基準規則への適合性について

第八条 遮蔽等
(3号廃棄物埋設施設)

2020年4月22日

日本原燃株式会社

目 次

1. 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第八条及びその解釈	1
2. 設計対象設備	1
3. 許可基準規則への適合のための設計方針	2
(1) 安全設計の方針	2
(2) 放射線の遮蔽に関する設計方針	2
(3) 放射性物質の飛散防止のための設計方針	2
4. 許可基準規則への適合性説明	2
(1) 放射線の遮蔽に関する設計	3
(2) 外部被ばく線量評価	5
(3) 放射性物質の飛散防止のための措置	9
5. 参考文献	9

添付資料 1 平常時の外部被ばく線量評価

【凡例】

「廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について(2020年4月1日、3日提出版)」に対し、追記又は削除した部分は、赤字にて追記又は見え消し表示を実施。

「廃棄物埋設事業変更許可申請書」の記載部分について、以下のとおりマーキング表示を実施。

本文記載・・・「黄色」

本文・添付書類ともに記載・・・「黄色」

添付書類記載・・・「水色」

本文・添付書類の記載変更箇所・・・「下線」

1. 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第八条及びその解釈

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則
(遮蔽等) 第八条 廃棄物埋設施設は、当該廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による事業所周辺の線量を十分に低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。 2 廃棄物埋設施設は、放射線障害を防止する必要がある場合には、管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。 3 廃棄物埋設施設は、放射性物質の飛散防止のための措置を講じたものでなければならない。

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈
第8条 (遮蔽等) 1 第1項に規定する「線量を十分に低減できる」とは、平常時における廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により公衆の受ける線量が、第10条第1号及び第2号に規定する「廃棄物埋設地の外への放射性物質」の移行及び第13条第1項に規定する「周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質」の放出により公衆の受ける線量を含め、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable (ALARA) の考え方の下、実効線量で50マイクロシーベルト/年以下であることをいう。 2 第2項に規定する「線量を低減できる」とは、次のことをいう。 一 管理区域においては、放射線業務従事者の受ける線量が、放射線業務従事者の線量限度を超えないものであること。 二 管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量が、公衆の線量限度以下になるようにすること。 3 第1項及び第2項については、ALARAの考え方の下、放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮蔽、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止、換気等、所要の放射線防護上の措置を講じた設計がなされていること。 4 第3項に規定する「飛散防止のための措置」とは、誤操作や機器の故障による放射性廃棄物の落下防止のための措置、落下物による放射性廃棄物の損傷防止のための措置その他必要な措置をいう。

2. 設計対象設備

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(以下「許可基準規則」という。)第八条の設計対象は、以下のとおりである。

【遮蔽設計】

3号埋設設備及び覆土を対象とする。

また、廃棄物埋設施設(以下「本施設」という。)からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により、公衆の受ける線量の評価は、3号廃棄物埋設地からの線量のほか、低レベル廃棄物管理建屋(以下「管理建屋」という。)、1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を含めた線量を評価する。

なお、1号及び2号埋設設備及び覆土については、遮蔽機能の変更はなく、既許可の線量を上回ることはない。

【放射性物質の飛散防止のための設計】

放射性廃棄物の受入施設のうち3号埋設クレーンを対象とする。

なお、1号及び2号廃棄物埋設施設については、放射性廃棄物の受入施設の変更はない。

3. 許可基準規則への適合のための設計方針

(1) 安全設計の方針

本施設は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の移行に伴う公衆の受ける線量、本施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による濃縮・埋設事業所（以下「事業所」という。）周辺の線量並びに周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の放出により事業所敷地（以下「敷地」という。）周辺の公衆の受ける線量が、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（平成30年6月8日 原子力規制委員会告示第4号）（以下「線量告示」という。）で定められた線量限度を超えないことはもとより、公衆の受ける線量がAs Low As Reasonably Achievable(ALARA)の考えの下、合理的に達成できる限り十分低くなるよう、実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下を達成できる設計とする。

(2) 放射線の遮蔽に関する設計方針

本施設は、敷地周辺の公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量並びに管理区域以外の人が立ち入る場所に滞在する者の線量が、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（「線量告示」）で定められた線量限度を超えないことはもとより、合理的に達成できる限り十分低くするため、以下に示す方針に基づき遮蔽機能を有する設計を行う。

遮蔽機能は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、廃棄体の線量当量率、位置等を考慮し、廃棄体を埋設設備に定置することにより、直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地周辺の公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量並びに管理区域以外の人が立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できる設計とする。また、覆土完了後において、覆土により、直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地周辺の公衆の受ける線量及び管理区域以外の人が立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できる設計とする。

なお、周辺監視区域の廃止後は公衆が敷地内に立ち入る可能性を考慮し、覆土により、敷地内に立ち入る公衆の受ける線量を低減できる設計とする。

(3) 放射性物質の飛散防止のための設計方針

放射性廃棄物の受入施設は、誤操作や機器の故障による廃棄体の落下防止のための措置、落下物による廃棄体の損傷防止のための措置を行う。

4. 許可基準規則への適合性説明

許可基準規則第八条（遮蔽等）への適合性について確認した結果を以下にまとめる。

(1) 放射線の遮蔽に関する設計

(i) 廃棄物埋設地の遮蔽設計

廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間においては、放射線の減衰効果のあるコンクリート製の埋設設備にて、第1図に示すように作業段階に応じて外周仕切設備、内部仕切設備、コンクリート仮蓋、廃棄体支持架台、セメント系充填材及び覆いを配置することにより、直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により、敷地周辺の公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できる設計とする。

覆土完了後においては、覆土のうち難透水性覆土及び下部覆土により、敷地周辺の公衆の受ける線量及び管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できる設計とする。

なお、周辺監視区域の廃止後は公衆が敷地内に立ち入る可能性を考慮し、覆土により、敷地内に立ち入る公衆の受ける線量を低減できる設計とする。

ここで、埋設設備うち外周仕切設備、内部仕切設備、コンクリート仮蓋、廃棄体支持架台、セメント系充填材及び覆い、覆土のうち難透水性覆土及び下部覆土は、遮蔽性に配慮した設計とし、敷地周辺の公衆及び放射線業務従事者並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者への被ばくを低減するような密度及び厚さを確保する。

第2図に3号埋設設備及び覆土の仕様を示す。

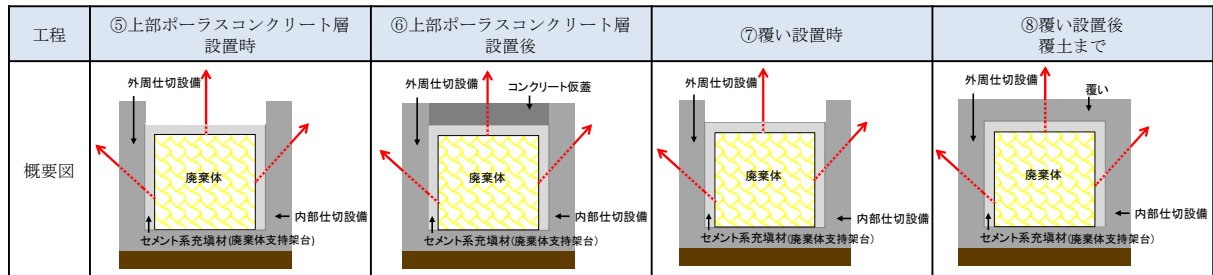
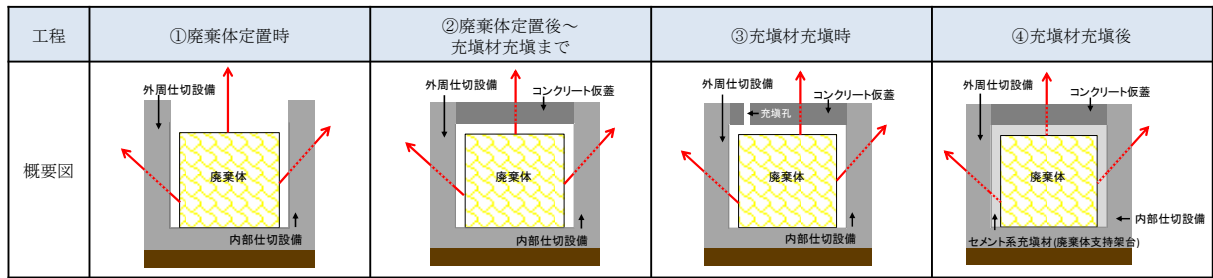
(ii) その他の放射線防護上の措置について

本施設は以下の放射線防護上の措置を講じることで、敷地周辺の公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できるものとする。

- ・埋設設備の最上段に定置する廃棄体は、表面線量当量率が0.3mSv/hを超えないものとする。
- ・埋設設備に廃棄体を定置した後は、速やかにコンクリート仮蓋を設置する。
- ・廃棄物埋設地において、管理区域に係る基準を超えるおそれのある場合、一時的な管理区域を設定するとともに、覆い設置後は、管理区域に係る基準を超えるおそれがないよう設計する。
- ・放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーンは放射性物質の飛散防止措置として、廃棄体等の落下防止を講じた設計とするとともに、自動化及び遠隔化を図る。

また、以下の放射線防護上の措置を講じることで、放射線業務従事者の受ける線量を低減するものとする。

- ・作業環境及び放射線業務従事者の個人被ばく歴を考慮した上で、作業時間の制限、放射線防護具類の着用等の必要な条件を作業計画に定める。また、必要に応じて、事前に作業訓練を行う。
- ・作業中に適宜、外部放射線に係る線量当量率、空気中の放射性物質濃度及び表面密度を測定し、必要な場合には、遮蔽物の使用又は除染を行い、作業環境の保全に努める。



第1図 作業段階ごとの遮蔽の状況

期間	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から 覆土完了までの間	期間	覆土完了後		
遮蔽材	埋設設備	遮蔽材	難透水性覆土及び下部覆土		
項目	仕様		項目	厚さ	密度
	3号埋設設備				
外周仕切設備	材料	鉄筋コンクリート	難透水性覆土	2m以上	1,100kg/m ³ 以上
	厚さ(側壁)	60cm	下部覆土	2m以上	1,100kg/m ³ 以上
	密度	2,100kg/m ³ 以上			
内部仕切設備	材料	鉄筋コンクリート			
	厚さ	40cm			
廃棄体 支持架台*1	材料	鉄筋コンクリート			
	厚さ*2	20cm			
セメント系 充填材	材料	モルタル			
	厚さ*3	20cm			
	密度	1,600kg/m ³ 以上			
覆い	材料	鉄筋コンクリート			
	厚さ	30cm			
コンクリート 仮蓋	材料	鉄筋コンクリート			
	厚さ	50cm			
	密度	2,100kg/m ³ 以上			

*1 セメント系充填材と一体となって遮蔽機能を実現する
*2 ポーラスコンクリート層と廃棄体間の厚さが20cmとなるようにする
*3 ポーラスコンクリート層と廃棄体間の厚さ

第2図 3号埋設設備及び覆土の仕様

(2) 外部被ばく線量評価^{*1}

本評価は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、本施設に一時貯蔵及び埋設する廃棄体中に含まれる放射性物質からの外部被ばく及び覆土完了後から廃止措置の開始までの廃棄物埋設地に埋設する廃棄体中に含まれる放射性物質からの外部被ばくであり、敷地境界外に居住する人を対象とする。

なお、覆土完了後から廃止措置の開始までにおいては周辺監視区域の廃止後に敷地内へ立ち入る人も対象とする。

外部被ばく線量評価の詳細を添付資料 1 に示す。

(i) 線量評価モデル

本施設に一時貯蔵及び埋設する廃棄体に起因する公衆の受ける線量は、操業条件や工程を踏まえ、計算コードによって計算する。直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量の評価は、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（平成元年 3 月 27 日 原子力安全委員会了承）を参考にする。

廃棄物埋設地では、放射線源が平面的に広く分布するとともに、遮蔽状況が廃棄体定置、充填材充填、覆い設置及び覆土の各状況によって変化する。そのため、線量の計算は、埋設作業の状況による放射線源と線量の計算地点の位置関係及び遮蔽状況を考慮して設定したモデルを用いる。

計算コードは、直接ガンマ線については点減衰核積分コード(QAD)⁽¹⁾を、スカイシャインガンマ線については次元輸送計算コード(ANISN)⁽²⁾及び一回散乱計算コード(G33)⁽¹⁾を組み合わせたものを用いる。

これらの計算コードにより、線量の計算地点における線束密度を算出し、ICRP Pub. 74⁽³⁾の換算係数を用いて空気吸収線量を算出後、線量を計算する。

なお、廃棄体表面の線量当量率から等価線源を求める計算は次元輸送計算コード(ANISN)⁽²⁾を用いる。

定置作業時の埋設設備上面からの線量の計算に当たっては、段ごとに外周仕切設備及び内部仕切設備により放射線の放出が制限されることによる低減効果、地形及び他の埋設設備による遮蔽効果を考慮する。

埋設設備はコンクリート製であり、外周仕切設備、コンクリート仮蓋等による放射線の低減効果を考慮する。

覆土完了後は、放射線の低減効果としては、覆土のみを考慮する。

(ii) 線量評価パラメータ

直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量の評価は、廃棄体表面の線量当量率に基づき行う。

廃棄体表面の線量当量率は、本施設に一時貯蔵する廃棄体については 10mSv/h とする。また、廃棄物埋設地に埋設する廃棄体については、定置中の区画において 10mSv/h とし、定置終了後、充填材を充填する前の区画及び充填材の充填が終了した区画において、最上段を 0.3mSv/h、最上段以外を 10mSv/h とする。

また、ガンマ線を放出する放射性物質は、廃棄体に含まれる放射性物質のうちガンマ線エネ

*1: ここでは、実効線量として評価している値は「線量」、実測が可能な値は「線量当量」と表記する。

ルギーが高く、初期の放射エネルギーが多いCo-60とする。

評価の基礎となる廃棄体の数量は、本施設に一時貯蔵する廃棄体と廃棄物埋設地に埋設する廃棄体について設定する。本施設に一時貯蔵する廃棄体については、受入施設の最大一時貯蔵量とする。また、廃棄物埋設地に埋設する廃棄体については、本施設の受入計画数量を参考に年間埋設数量を設定する。さらに、埋設作業工程は、廃棄体の定置、セメント系充填材の充填、上部ポーラスコンクリート層設置、覆い設置の作業を考慮して設定する。

なお、放射性物質の減衰及び廃棄物埋設地からの漏出による放射線量の減少は考慮しない。外部被ばくの計算に用いるパラメータ及びその数値を第1表に示す。

(iii) 線量評価結果

本施設に一時貯蔵及び埋設する廃棄体中に含まれる放射性物質からの外部放射線に係る公衆の受ける線量を評価した結果、3号廃棄物埋設施設について約 $9.2\mu\text{Sv/y}$ となる。

1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮する線量評価シナリオについて、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、本施設に一時貯蔵及び埋設する廃棄体に含まれる放射性物質からの外部放射線に係る公衆の受ける線量は約 $26\mu\text{Sv/y}$ である。また、周辺監視区域の外の空気中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の放出により公衆の受ける線量（第十三条で評価）は約 $1.7\times 10^{-2}\mu\text{Sv/y}$ である。

なお、この期間は、埋設設備により放射性物質の漏出を防止する機能を有することから廃棄物埋設地の外への放射性物質の移行（第十条で評価）は発生しない。

覆土完了後は、十分な厚さの覆土があるため、周辺監視区域の廃止後に敷地内へ立ち入る人の外部被ばく線量影響は無視できる。また、周辺監視区域の外の空気中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の放出により公衆の受ける線量は約 $1.7\times 10^{-2}\mu\text{Sv/y}$ 、本施設から環境への放射性物質の放出は発生しない。この期間において、~~廃棄物埋設地の外への放射性物質の移行により公衆の受ける被ばく線量は、約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ となる。~~

以上から、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間は約 $26\mu\text{Sv/y}$ 、覆土完了後は約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ となり、**平常時において実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下を達成できる設計となっている。**

第1表 外部被ばくの計算に用いるパラメータ及びその数値

パラメータ		数値						
廃棄体表面の線量当量率		10mSv/h (ただし、埋設設備最上面に埋設する廃棄体については0.3mSv/h)						
廃棄体の一時貯蔵量及び埋設量 (本数：200Lドラム缶相当)	附属施設の一時的貯蔵量	3,200本						
	廃棄物埋設地の埋設量	26,000本/年						
線量の計算地点		廃棄物埋設地から北方向へ約370mの敷地境界 1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮する場合は、廃棄物埋設地から北西方向へ約390mの敷地境界 (敷地境界で最大の線量を与える地点)						
廃棄体の密度		1,500kg/m ³						
遮蔽体の密度		2,100kg/m ³ (コンクリート) 1,600kg/m ³ (埋設設備のセメント系充填材)						
線源面積	埋設設備 (一区画当たり)	上面 : 5.3m×5.5m 北及び南側面 : 5.3m×5.1m 西及び東側面 : 5.5m×5.1m						
	廃棄体一時貯蔵室	23.5m×57m						
埋設設備の側面からの放射線の低減効果による線量当量補正係数		埋設設備 (北側から第1埋設設備)	北側	西側	東側	南側	設備間	
		1	0.40	0.92	0.68	1.00	0.68	
		2	0.40	0.68	0.92	1.00	0.68	
		3,5	0.46	0.92	0.68	1.00	0.68	
		4,6	0.46	0.68	0.92	1.00	0.68	
		7	0.46	0.92	0.68	0.87	0.68	
		8	0.46	0.68	0.92	0.87	0.68	
埋設設備における作業工程*1~*3		定置 : 1区画当たり 8時間 充填材充填 : 1区画当たり 7時間 上部ポーラスコンクリート層設置 : 1区画当たり 6時間 覆い設置 : 1区画当たり 8時間						

*1：埋設作業を行う区画は同時に同一の作業を行うものとする。なお、埋設作業は、線量の計算地点で最大の線量となる第8埋設設備の65区画で行うものとする。

*2：廃棄体の定置後、75日後にセメント系充填材を充填、上部ポーラスコンクリート層設置及び覆いの設置の各作業を連続して行うものとする。

*3：1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮する場合には、線量の計算地点は廃棄物埋設地から北西方向へ約390mの敷地境界とし、3号廃棄物埋設地における埋設作業は、線量の計算地点で最大の線量となる第7埋設設備

備の 65 区画で行うものとする。

また、1号廃棄物埋設地における廃棄体の埋設量は年間約4,800本とし、埋設作業は、線量の計算地点で最大の線量となる第7埋設設備群の15区画で行うものとする。さらに、2号廃棄物埋設地における廃棄体の埋設量は年間約5,400本とし、埋設作業は、線量の計算地点で最大の線量となる第6埋設設備群の15区画で行うものとする。なお、2号廃棄物埋設地において廃棄体の埋設を完了し、覆い設置済みとなった場合には、1号廃棄物埋設地における廃棄体の埋設量は年間約9,600本とし、埋設作業は、線量の計算地点で最大の線量となる第6～7埋設設備群の30区画で行うものとする。その場合、廃棄体表面の線量当量率は、1号廃棄物埋設地及び2号廃棄物埋設地においては埋設設備の最上面に埋設する廃棄体について2mSv/h、その他の廃棄体については10mSv/hとする。

(3) 放射性物質の飛散防止のための措置

放射性廃棄物の受入施設は、誤操作や機器の故障による廃棄体の落下防止のための措置、落下物による廃棄体の損傷防止のための措置を行う。

放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーンは、廃棄物埋設地に設置し、専用の吊具を用いて、構内廃棄体輸送車両から廃棄体を8本単位で吊り上げ、埋設設備に定置する。また、コンクリート仮蓋等の運搬、設置及び撤去にも使用する。

埋設クレーンは、「クレーン構造規格」に基づき設計する。また、廃棄体等の取扱いについては、放射性物質の飛散防止として、廃棄体等の落下を防止するインターロックを設けた設計とする。さらに、万一、廃棄体が落下した場合に想定される廃棄体の損傷による敷地周辺の公衆及び放射線業務従事者への影響を緩和するため、廃棄体を取り扱う高さを8m未満とする設計とする。

なお、最大吊上げ高さ8mでの充填固化体の落下試験では、内容物の漏出率は最大で 6.4×10^{-7} であった。これは「第二条 定義(安全機能について)」に示す、廃棄体落下を想定した場合の公衆への影響評価での飛散率である 1×10^{-5} 以下となることから、公衆への影響は小さくなる。

埋設クレーンの主な仕様を第2表に示す。

第2表 埋設クレーンの仕様

主要な機器	数量	主な仕様	設置場所
埋設クレーン	1台	種類：橋型クレーン 主要材料：炭素鋼 定格荷重：約15t インターロック機能： <ul style="list-style-type: none"> ・ クレーン位置異常検知による停止のインターロック ・ 着床検知後に廃棄体把持解除可のインターロック ・ 廃棄体吊上げ高さ制限を超えないよう自動停止するインターロック*1(8m以上の高さとならない) ・ 停電時の廃棄体保持機能 ・ 廃棄体の吊り荷重異常(過荷重)、把持不良検知による停止のインターロック その他構成機器：吊具	廃棄物埋設地

*1:インターロック機能の一例としてリミットスイッチがあげられる。リミットスイッチは、JIS規格(JISC8201-5-1)では位置検出スイッチと呼び、操作部が機械の可動部によって作動し、この可動部が所定の位置に達したときに作動する自動制御スイッチとされる。廃棄体吊上げ高さ制限は、巻き上げ制限位置にリミットスイッチを設け、制限高さ以上吊り上がらないように制御する。

5. 参考文献

- (1) Yukio SAKAMOTO and Shun-ichi TANAKA(1990): QAD-CGGP2 AND G33-GP2: REVISED VERSIONS OF QAD-CGGP AND G33-GP (CODES WITH THE CONVERSION FACTORS FROM EXPOSURE TO AMBIENT AND MAXIMUM DOSE EQUIVALENTS), JAERI-M 90-110
- (2) Ward W.Engle, Jr(1967): A USERS MANUAL FOR ANISN A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code With Anisotropic Scattering, K-1693
- (3) International Commission on Radiological Protection(1996): Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, ICRP Publication 74