

【公開版】

提出年月日	令和2年3月17日	R2
日本原燃株式会社		

六ヶ所廃棄物管理施設における
新規制基準に対する適合性

安全審査 整理資料

第12条：設計最大評価事故時の放射線障害の防止

目 次

1 章 基準適合性

1. 基本方針

1. 1 要求事項の整理

1. 2 要求事項に対する適合性

1. 3 規則への適合性

2. 安全評価に関する基本方針

2. 1 基本的考え方

2. 2 設計最大評価事故

2. 2. 1 放射性物質を外部に放出する可能性のある事故の選定

2. 3 ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象

2. 3. 1 事象の説明及び防止対策

2. 3. 2 事象経過の解析

2. 3. 3 実効線量の評価

2 章 補足説明資料

1章 基準適合性

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

廃棄物管理施設について、事業許可基準規則と再処理施設安全審査指針との比較及び当該指針を踏まえたこれまでの既許可実績により、事業許可基準規則第12条において追加された又は明確化された要求事項を整理する。

(第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表)

第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表 (1 / 6)

事業許可基準規則 第12条 (設計最大評価事故時の放射線障害の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
<p>廃棄物管理施設は、設計最大評価事故 (安全設計上想定される事故のうち、公衆が被ばくする線量を評価した結果、その線量が最大となるものをいう。) が発生した場合において、事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。</p>	<p>(指針3)</p> <p>1. 安全評価の目的 再処理施設の安全性の判断に当たり、施設の設計の基本方針に多重防護の考え方が適切に採用されていることを確認するために設計基準事象を選定し評価するほか、一般公衆との離隔距離の妥当性を判断するために立地評価事故を想定し評価すること。</p> <p>2. 設計基準事象の評価 (1) 放射性物質が存在する再処理施設内の各工程毎に、運転時の異常な過渡変化並びに機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から設計基準事象を選定し評価する。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表 (2/6)

事業許可基準規則 第12条 (設計最大評価事故時の放射線障害の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
<p>(解釈)</p> <p>1 第12条の「設計最大評価事故」は、以下に掲げる手順に基づき評価を行うこと。</p> <p>一 事故の選定</p> <p>廃棄物管理施設の設計に即し、</p> <p>① 高レベル放射性固体廃棄物、放射性固体廃棄物等の落下等に伴う放射性物質の飛散</p> <p>② 廃棄物管理施設内の火災及び爆発</p> <p>③ その他機器等の破損、故障、誤動作又は操作員の誤操作等に伴う放射性物質の外部放出等の事故の発生の可能性を、技術的観点から十分に検討し、技術上発生が想定される事故であって、公衆の放射線被ばくの観点から重要と考えられる事故を含めなければな</p>	<p>2. 設計基準事象の評価</p> <p>(1) 放射性物質が存在する再処理施設内の各工程毎に、運転時の異常な過渡変化並びに機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から設計基準事象を選定し評価する。</p> <p>評価すべき事例を以下に示す。</p> <p>① 運転時の異常な過渡変化</p> <p>② 被覆材等の金属微粒子、有機溶媒等による火災・爆発</p> <p>③ 核燃料物質による臨界</p> <p>④ 各種機器、配管等の破損、故障等による漏洩及び機能喪失</p> <p>⑤ 使用済燃料集合体等の取り扱いに伴う破損等</p> <p>⑥ 短時間の全動力電源の喪失</p>	<p>前記のとおり</p>

第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表 (3 / 6)

事業許可基準規則 第12条 (設計最大評価事故時の放射線障害の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
らない。	⑦ その他必要と認められる事象 ただし、類似の事象が2つ以上ある場合には、最も厳しい事象で代表させることができる。	前記のとおり

第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表 (4/6)

事業許可基準規則 第12条 (設計最大評価事故時の放射線障害の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
<p>二 放射線及び放射性物質の放出量の計算 選定したそれぞれの事故について、技術的に妥当な解析モデル及びパラメータを採用するほか、次の事項を十分に検討した上で、安全裕度のある妥当な条件を設定して、放射線及び放射性物質の放出量の計算を行うこと。</p> <p>① 閉じ込め機能及び遮蔽機能の健全性</p> <p>② 放射性物質の大気中の拡散条件</p> <p>③ 評価期間 放射線及び放射性物質の放出量の計算における評価期間の設定に当たっては、事故発生後異常を検知するまでの時間や、影響緩和のための対策に要する作業時間等を適切に考慮すること。</p>	<p>(2) 上記事象の解析に当たっては、技術的に妥当な解析モデル及びパラメータを採用するほか、以下の事項を満足させて解析を行うこと。</p> <p>① 異常事象を速やかに収束させ、又はその拡大を防止し、あるいはその結果を緩和することを主たる機能とする系統については、その機能別に結果を最も厳しくする単一故障を仮定すること。</p> <p>② 事象の影響を緩和するのに必要な運転員の手動操作については、適切な時間的余裕を考慮すること。</p> <p>③ 放射性物質の放散の低減に係る系統及び機器の機能が要求される場合には、外部電源の喪失を考慮すること。</p>	<p>変更無し</p>

第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表 (5/6)

<p>事業許可基準規則 第12条 (設計最大評価事故時の放射線障害の防止)</p>	<p>再処理施設安全審査指針</p>	<p>備考</p>
<p>三 線量の評価 選定した事故のうち、放射線及び放射性物質の放出量の計算により公衆に対して最大の放射線被ばくを及ぼす事故を設計最大評価事故として設定し、その場合の線量をもってしても、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えるものでないことを確認すること。 2 第12条に規定する「事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないもの」とは、設計最大評価事故時に公衆が被ばくする線量の評価値が、発生事故当たり5ミリシーベルト以下であることをいう。</p>	<p>(3) 各事象に対する安全設計の妥当性を評価するに当たっては、上記(1)①については適切と認められる運転条件の変動幅中であることを、また、(1)②～⑦については一般公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを判断の基準とすること。</p> <p>(解説) 7. 評価すべき事例のうち、②～⑦に示す事象の評価の判断基準としては「一般公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」とした。これは、線量の評価を設計基準事象の発生頻度との兼ね合いを考慮して行おうとするものである。 「著しい放射線被ばくのリスク」についての具体的な運用は以下によることとする。 ICRPの1990年勧告によれば、公衆</p>	<p>前記のとおり</p>

第1表 事業許可基準規則第12条と再処理施設安全審査指針 比較表 (6 / 6)

事業許可基準規則 第12条 (設計最大評価事故時の放射線障害の防止)	再処理施設安全審査指針	備考
	<p> の被ばくに対する年実効線量限度として、1 mSv を勧告しているが、特殊な状況においては、5年間にわたる平均が年当たり1 mSv を超えなければ、単一年にこれよりも高い実効線量が許されることもありうるとなっている。これは平常時の放射線被ばくについての考え方であるが、これを発生頻度が小さい「事故」の場合にも適用することとし、周辺公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5 mSv を超えなければ「リスク」は小さいと判断する。なお、発生頻度が極めて小さい事故に対しては、実効線量の評価値が上記の値をある程度超えてもその「リスク」は小さいと判断できる。 </p>	<p>前記のとおり</p>

1.2 要求事項に対する適合性

廃棄物管理施設は、設計最大評価事故（安全設計上想定される事故のうち、公衆が被ばくする線量を評価した結果、その線量が最大となるものをいう。）が発生した場合において、事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさない構造とする。

1.3 規則への適合性

(設計最大評価事故時の放射線障害の防止)

第十二条 廃棄物管理施設は、設計最大評価事故（安全設計上想定される事故のうち、公衆が被ばくする線量を評価した結果、その線量が最大となるものをいう。）が発生した場合において、事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。

適合のための設計方針

廃棄物管理施設の安全性の判断に当たって、安全設計上想定される事故を選定するため、ガラス固化体の落下等、廃棄物管理施設内の火災及びその他機器等の破損、故障、誤動作又は操作員の誤操作等を含む放射性物質を外部に放出する可能性のある事故を検討した。

その結果、クレーンのつりワイヤの二重化、自然通風による崩壊熱の除去等の設計対応を行っていることから、廃棄物管理施設では放射性物質を外部に放出する事象の発生は考えられず、発生の可能性との関連において評価すべき想定事象はない。

しかし、安定なガラス固化体であるとはいえ、多量の放射性物質を貯蔵する施設の特質を考慮し、公衆に対する廃棄物管理施設の安全性を被ばくする線量の観点から示すために、ガラス固化体のもつ閉じ込めの機能に異常をきたす事象として、ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象を仮に想定する。

その想定においても、ガラス固化体の落下による損傷事象での放射性物質の吸入による内部被ばくに係る実効線量は約 1.5×10^{-5} Svであり、公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすことはない。

2. 安全評価に関する基本方針

2.1 基本的考え方

廃棄物管理施設の安全性の判断に当たって、安全設計上想定される事故のうち、放射性物質を外部に放出する可能性のある事故を選定する。

選定した事故のうち、公衆が被ばくする線量が最大となるものを設計最大評価事故として設定する。

2.2 設計最大評価事故

廃棄物管理施設は、ガラス固化体という安定した固体廃棄物を管理する施設であり、十分な安全設計・安全対策を講じているので、公衆に影響を及ぼすような異常の発生及び波及・拡大は考えられない。しかし、ここでは、廃棄物管理施設の安全性の判断に当たって、放射性物質を外部に放出する可能性のある事故について、その発生の可能性との関連において想定される事故を選定し評価する。

2.2.1 放射性物質を外部に放出する可能性のある事故の選定

(1) ガラス固化体の取り扱いに伴う落下等による放射性物質の飛散

ガラス固化体の取扱い時には、ガラス固化体の落下、衝突等の事象が想定されるが、ガラス固化体を取り扱うクレーン等には、十分な安全対策を施すとともに、つり上げ高さの制限を行い、また、収納管の底部には、衝撃吸収用のガラス固化体受台を設置しており、ガラス固化体が破損することは考えられない。

(2) 廃棄物管理施設内の火災

廃棄物管理施設では、火災の発生を防止するために着火源の排除等の措置を講ずる設計とし、火災の拡大を防止するために自動火災報知設備及び消火設備を設けるとともに、火災による影響の軽減のために防火区画を設定し、消火設備との組合せにより延焼を防止する設計とするので、火災が発生しても速やかに消火され、延焼しない。

(3) その他機器等の破損、故障、誤動作又は操作員の誤操作等

a. ガラス固化体容器の劣化

ガラス固化体容器はステンレス鋼製であり、ガラス固化体は冷却空気と直接接触することがないように貯蔵ピットの収納管の中に収納し管理するので、ガラス固化体容器の腐食による劣化は考えられない。

また、固化ガラスによるガラス固化体容器の腐食量は長期間の貯蔵を考慮してもわずかであり、材料強度上問題とはならない。

ガラス固化体容器の中性子照射量はステンレス鋼の中性子ぜい化が生じる照射量より十分低く、また、固化ガラスから発生するヘリウムは量が少なく材料強度上問題とはならない。

b. 電源喪失

ガラス固化体を取り扱うクレーンは、電源喪失時にもガラス固化体を保持できる機構を有する構造とするので、電源喪失に伴うガラス固化体の落下等による破損は考えられない。

ガラス固化体貯蔵設備では、自然通風によりガラス固化体から発生する崩壊熱の除去を行うため、電源が喪失した場合でも崩壊熱の除去能力に影響を与えることはない。また、ガラス固化体検査室では、ガラス固化体仮置き架台にガラス固化体が1段積みで仮置きされた状態で、電源喪失により換気設備が停止したとしても、ガラス固化体の崩壊熱（56本の総発熱量112 kW）は、ガラス固化体検査室（空間容積約1,400m³）の空気への自然対流及びコンクリート壁へのふく射伝熱等により除去される。

第2.2-1表に示した物性値及びコンクリートのふく射率等を用いて、ガラス固化体の温度解析を二次元伝熱流動解析コードTAC2Dにより行うと、通常時に約340℃のガラス固化体の中心温度は24時間後で約100℃、48時間後で約130℃上昇する程度であり、それ以後の温度上昇も非常に緩やかであるのでガラス固化体のもつ閉じ込めの機能に異常をきたすことはない。

以上のように、廃棄物管理施設では、放射性物質を外部に放出する事

故の発生は考えられず，発生の可能性との関連において評価すべき事故はない。

【補足説明資料2-1】

しかし，安定なガラス固化体であるとはいえ，多量の放射性物質を貯蔵する施設の特質を考慮し，公衆に対する廃棄物管理施設の安全性を被ばくする線量の観点から示すために，ガラス固化体のもつ閉じ込めの機能に異常をきたす事象として，ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象を仮に想定する。

2.3 ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象

2.3.1 事象の説明及び防止対策

2.3.1.1 事象の説明

ガラス固化体の落下を想定する場所としては、①ガラス固化体検査室からのつり上げ中、②貯蔵ピットの収納管内への収納中等が考えられる。ガラス固化体検査室からのつり上げ中の最大高さ9 mからの落下による衝突速度は約13m/sである。一方、貯蔵ピットの収納管内への収納中における最大つり上げ高さは、9 mを超えるが収納中のガラス固化体の落下時においては、収納管とガラス固化体との間隙が小さく収納管内の空気が排出されにくいため、収納管内の空気の圧縮抵抗によりガラス固化体の落下速度が大幅に減少し衝突速度は約9 m/sとなる。したがって、より厳しい事象としてガラス固化体を貯蔵建屋床面走行クレーンの昇降装置によりガラス固化体検査室からつり上げ中に、何らかの原因による故障等によりガラス固化体が落下し、破損が生ずる事象を評価する。

2.3.1.2 防止対策

貯蔵建屋床面走行クレーンの昇降装置は、ガラス固化体が落下し、破損することを防止するため、次のような安全対策を講ずる。

- (1) ガラス固化体の荷重に対して強度上十分耐え得るように設計する。
- (2) つりワイヤは二重化し、万一、一方が切断した場合でもガラス固化体が落下しない設計とする。
- (3) 電源喪失時にもつり上げているガラス固化体を保持できる設計とする。
- (4) つり具がガラス固化体を確実につかんでいない場合には、つり上げができない設計とする。
- (5) つり上げているガラス固化体の荷重がなくならなければつり具から

ガラス固化体が外れない設計とする。

- (6) ガラス固化体検査室におけるガラス固化体のつり上げ高さを9 m以内に制限できる設計とする。

2.3.2 事象経過の解析

ガラス固化体は、貯蔵建屋床面走行クレーンによりガラス固化体検査室からつり上げられるが、その途中で何らかの原因によりガラス固化体が落下したものと想定する。ガラス固化体のつり上げ高さは、仮に落下しても破損しない高さに制限しており、落下によるガラス固化体の破損は生じないと考えられるが、ここでは、ガラス固化体が破損し、破損部から落下衝撃で破碎した固化ガラス微粉が放出されるものとする。

2.3.2.1 解析条件

本事象における放射性物質の移行と放出量の解析は、次の仮定により行う。

- (1) ガラス固化体1本に含まれる放射性物質の量は、アルファ線を放出する放射性物質が 3.5×10^{14} Bq、アルファ線を放出しない放射性物質が 4.5×10^{16} Bqとする。また、核種ごとの放射性物質の量については、廃棄物管理事業許可申請書 添付書類五第1.6-2表の条件で、ORIGENコードで計算した核種のうち吸入したときの線量への寄与率が0.01%以上の核種を選定し、吸入したときの線量の合計が最大となる炉型について、選定された核種のアルファ線を放出する放射性物質及びアルファ線を放出しない放射性物質がそれぞれ 3.5×10^{14} Bq及び 4.5×10^{16} Bqとなるように核種ごとの放射性物質の量を安全側に設定する。

設定したガラス固化体1本当たりの核種ごとの放射性物質の量を第2.3-1表に示す。

(2) 破損したガラス固化体から空气中へ移行する固化ガラス微粉について、その発生率は想定される最高の位置（約9 m）から落下したとして 7×10^{-4} wt %とし、発生した固化ガラス微粉はガラス固化体容器外へすべて放出されるものとする。また、放出された固化ガラス微粉の空气中への移行率は1 %とする。

(3) ガラス固化体検査室内空气中へ移行した放射性物質は、換気設備の排気フィルタを経て、ガラス固化体受入れ・貯蔵建屋換気筒の排気口から放出されるが、本解析では計算上厳しい評価結果を与えるように換気設備の停止を仮定し、ガラス固化体検査室から建物を通して大気中へ放出されるものとする。

なお、ガラス固化体検査室から建物外への移行率は、10%とする。

(4) ガラス固化体上部空間部に放射性のガスが含まれることが考えられるが、放射性物質の飽和蒸気圧と上部空間容積から算出される放射性物質の量は、固化ガラス微粉に比較して十分小さいので無視できる。

2.3.2.2 解析結果

上記の解析条件に基づいて計算した放射性物質の大気中への放出量を、第2.3-2表に示す。

また、放射性物質が大気中に放出されるまでの過程を第2.3-1図に示す。

2.3.3 実効線量の評価

2.3.3.1 評価前提

大気中へ放出される放射性物質は、ガラス固化体貯蔵建屋の地上から放出されるものとし、これによる線量の評価は、廃棄物管理事業許可申請書添付書類三に示す相対濃度（ x/Q ）を用いて行う。

【補足説明資料2-2】

2.3.3.2 評価方法

放射性物質の吸入による公衆の内部被ばくに係る実効線量 D_I (S v) は、次式で計算する。

$$D_I = \sum_i Q_i \cdot R \cdot \chi / Q \cdot (H_{50})_i$$

ここで、

Q_i : 事故期間中の核種 i の放出量 (B q)

R : 人間の呼吸率 (m^3 / s)

呼吸率は、活動時の値 $3.33 \times 10^{-4} \text{m}^3 / \text{s}$ を用いる。

χ / Q : 相対濃度 (s / m^3)

$(H_{50})_i$: 核種 i の吸入摂取による実効線量換算係数 (S v / B q)

核種別吸入摂取による実効線量換算係数を第 2.3-3 表に示す。

2.3.3.3 評価結果

上記の評価前提及び評価方法に基づき敷地境界外の実効線量を評価した結果、ガラス固化体の落下による損傷事象での放射性物質の吸入による内部被ばくに係る実効線量は約 1.5×10^{-5} S v であり、公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすことはない。

なお、放出される放射性物質の核種を考慮すると、大気中に放出される放射性物質による外部被ばくに係る実効線量は、内部被ばくに係る実効線量に比べ十分小さく無視できる。

第 2.2-1 表 伝熱解析に用いる物性値等

項 目		物 性 値 等	
外 気 温		29℃	* 1
固化ガラス熱伝導率		$0.775 + 0.001 \times (T - 273)$ W/m・K {T: 温度 (K)}	* 2
ガラス固化体 容器	熱伝導率	$(0.0125 \times (T - 273) + 14.75)$ W/m・K {T: 温度 (K)}	* 3
	ふく射率	0.2	* 4
収納管	熱伝導率	35W/m・K	* 5
	ふく射率	0.6	
コンクリート熱伝導率		1.5W/m・K	* 6

* 1 : 冷却空気の外気温は、むつ特別地域気象観測所（旧むつ測候所）の昭和 41 年から平成 11 年の夏季（6 月～9 月）の 3 時間ごとの温度の超過確率 1 % に相当する値とした。

* 2 : Orano Cycle 社から我が国の電力会社に示されている仕様（1.22W/m・K（100℃）～1.49W/m・K（400℃）で各々±20%であるので安全側に-20%の値とした。）及び Sellafield Ltd 社から我が国の電力会社に示されている仕様に基づき設定した。

* 3 : Orano Cycle 社及び Sellafield Ltd 社から我が国の電力会社に示されている仕様に基づき設定した。

* 4 : Sellafield Ltd 社から我が国の電力会社に示されている仕様。

* 5 : 「伝熱工学資料（改訂第 2 版）」（1966）による。

* 6 : 「マスコンクリートの温度応力発生メカニズムに関するコロキウム」論文集（1984）による。

第2.3-1表 ガラス固化体1本当たりの核種ごとの放射性物質の量

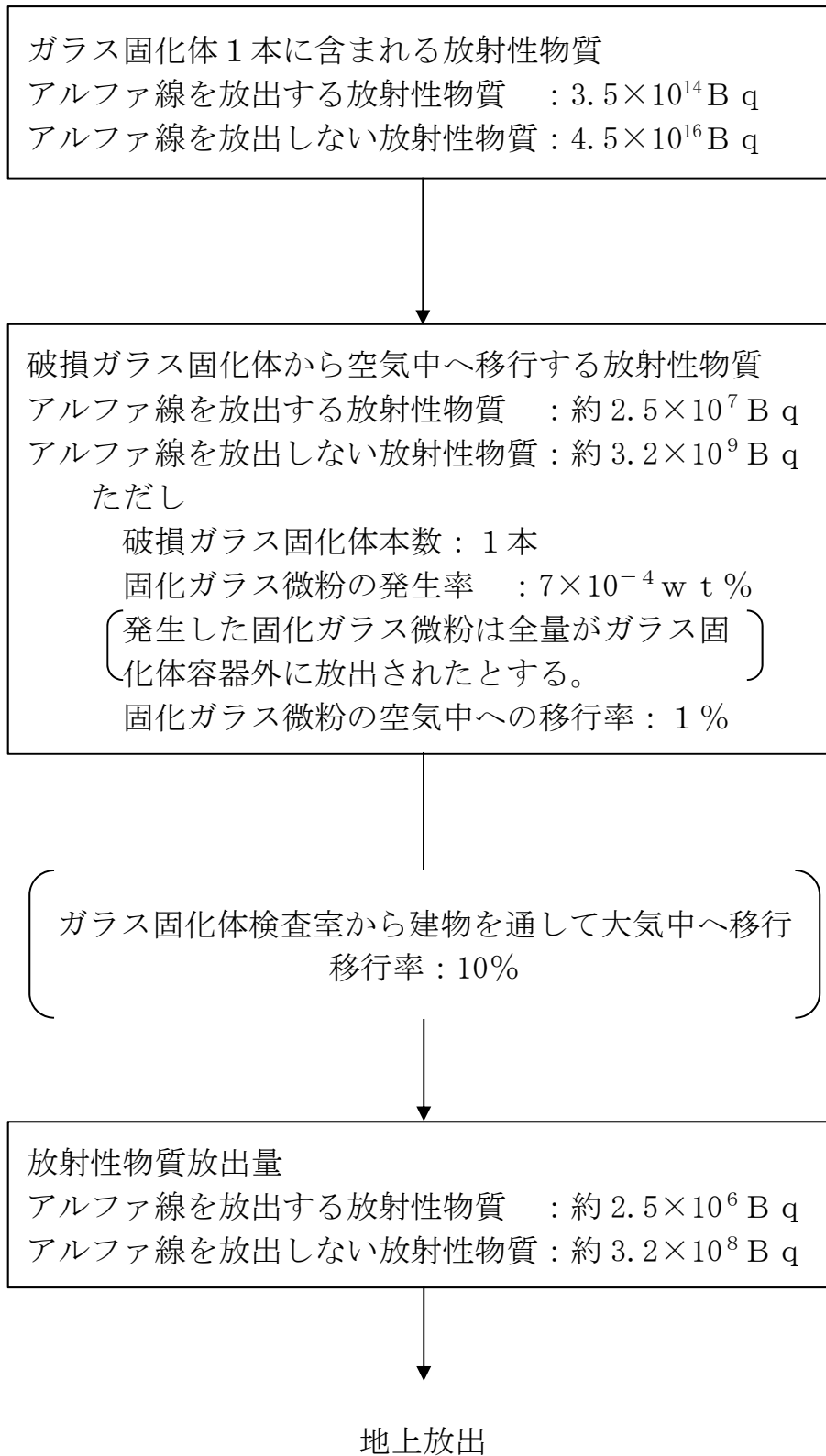
核種	放射性物質の量 (Bq)
Sr-90	7.4×10^{15}
Y-90	7.4×10^{15}
Ru-106	8.5×10^{14}
Cs-134	2.1×10^{15}
Cs-137	1.1×10^{16}
Ce-144	5.0×10^{14}
Pm-147	3.1×10^{15}
Eu-154	7.2×10^{14}
Eu-155	3.1×10^{14}
Np-237	4.2×10^{10}
Pu-238	2.2×10^{12}
Pu-239	2.6×10^{11}
Pu-240	4.0×10^{11}
Pu-241	1.0×10^{14}
Am-241	1.7×10^{14}
Am-242m	1.2×10^{12}
Am-243	2.1×10^{12}
Cm-242	1.7×10^{12}
Cm-243	2.3×10^{12}
Cm-244	1.7×10^{14}

第2.3-2表 ガラス固化体落下損傷時の放射性物質の放出量

核種	放出量 (Bq)
Sr-90	5.2×10^7
Y-90	5.2×10^7
Ru-106	6.0×10^6
Cs-134	1.5×10^7
Cs-137	7.4×10^7
Ce-144	3.5×10^6
Pm-147	2.2×10^7
Eu-154	5.0×10^6
Eu-155	2.2×10^6
Np-237	2.9×10^2
Pu-238	1.5×10^4
Pu-239	1.8×10^3
Pu-240	2.8×10^3
Pu-241	7.1×10^5
Am-241	1.2×10^6
Am-242m	8.3×10^3
Am-243	1.5×10^4
Cm-242	1.2×10^4
Cm-243	1.6×10^4
Cm-244	1.2×10^6

第2.3-3表 吸入摂取による実効線量換算係数(H_{50})

核種	H_{50} (Sv/Bq)
Sr-90	3.4×10^{-7}
Y-90	2.2×10^{-9}
Ru-106	1.2×10^{-7}
Cs-134	1.3×10^{-8}
Cs-137	8.7×10^{-9}
Ce-144	9.5×10^{-8}
Pm-147	9.3×10^{-9}
Eu-154	7.0×10^{-8}
Eu-155	1.1×10^{-8}
Np-237	1.3×10^{-4}
Pu-238	1.0×10^{-4}
Pu-239	1.1×10^{-4}
Pu-240	1.1×10^{-4}
Pu-241	2.3×10^{-6}
Am-241	1.2×10^{-4}
Am-242m	1.1×10^{-4}
Am-243	1.2×10^{-4}
Cm-242	4.4×10^{-6}
Cm-243	8.0×10^{-5}
Cm-244	6.4×10^{-5}



第2.3-1 図 ガラス固化体落下損傷時の放射性物質の大気放出過程

2 章 補足説明資料

第12条:設計最大評価事故時の放射線障害の防止

廃棄物管理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料2-1	放射線及び放射性物質を外部に放出する事象の評価	3/17	2	
補足説明資料2-2	ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象の評価で使用する相対濃度 (γ/Q) について	3/17	0	新規追加

補足説明資料2－1（第12条）

放射線及び放射性物質を外部に放出する事象の評価

【評価の前提】

- ・ 廃棄物管理施設の各工程・系統において、放射線及び放射性物質を外部に放出する事象を検討する。
- ・ 評価で考慮すべき放射性物質（放出源）は、ガラス固化体、気体廃棄物、液体廃棄物及び固体廃棄物である。
- ・ 耐震 B クラス及び C クラスの機器は、地震発生時の損傷を考慮して、その機能（閉じ込め等）に期待しないものとして評価する。

工程・系統	放出源	安全設計上発生が想定される事故	起回事象	起回事象発生の原因		想定事故に至る可能性の有無	平常時以外の放出の可能性の有無	評価結果		
①輸送容器受入れ	輸送容器（ガラス固化体）	①-1 ガラス固化体のもつ閉じ込め機能の喪失	ガラス固化体の破損	①-1-1 落下	機器の故障	無	—	輸送容器を取扱うクレーンは、つりワイヤの二重化、電源喪失時でも輸送容器を保持できる構造及び吊り上げ高さの制限により、機器の単一故障による輸送容器の落下を防止している。		
					誤動作	無	—	輸送容器を取扱うクレーンの吊り上げ高さ制限等が誤動作した場合でも、つり具から輸送容器が落下することはないため、輸送容器及びガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない。		
					誤操作	無	—	吊り上げ高さの制限を行い、万一、落下しても輸送容器及び収納しているガラス固化体が損傷しない構造としている。		
				①-1-2 周辺の火災	輸送容器近傍での潤滑油火災	無	—	受入れ建屋天井クレーンの潤滑油による火災が起こっても、周囲に可燃物が無く、潤滑油の量が少ないことから、輸送容器及び収納するガラス固化体の健全性を損なう程の延焼を引き起こす可能性は極めて低いため、輸送容器及びガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない。		
					輸送容器近傍での車両燃料油火災	無	—	輸送容器一時保管区域の開口部には堰を設けており、車両から燃料油が漏えいしても下の階に広がることはない。また、火災発生時には、感知器及び現場作業員により早期に感知でき、作業員による速やかな消火が可能であるため、輸送容器及びガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない。		
				①-1-3 冷却機能の低下	火山	無	—	火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象については、発生実績や敷地と火山の離隔等から、過去最大規模の噴火を想定しても、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。		
					外部火災	無	—	輸送容器は建物内に保管されており、外部火災による輻射熱の影響を受けないため、冷却機能に支障はない。		
				①-2 遮蔽機能の喪失	輸送容器の損傷	①-2-1 落下	機器の故障	無	—	①-1-1の評価結果に同じ。
							誤動作	無	—	①-1-1の評価結果に同じ。
							誤操作	無	—	①-1-1の評価結果に同じ。
		①-2-2 周辺の火災	輸送容器近傍での潤滑油火災			無	—	①-1-2の評価結果に同じ。		
			輸送容器近傍での車両燃料油火災			無	—	①-1-2の評価結果に同じ。		
		①-2-3 外部事象 (自然, 人為)	竜巻			無	—	輸送容器は建屋内に収納されており、竜巻により遮蔽機能が喪失することはない。		
			航空機落下	無	—	航空機が廃棄物管理施設に墜落する可能性は極めて低く、航空機落下により遮蔽機能が喪失することはない。				

工程・系統	放出源	安全設計上発生が想定される事故	起因事象	起因事象発生の原因		想定事故に至る可能性の有無	平常時以外の放出の可能性の有無	評価結果
②ガラス固化体抜き出し	ガラス固化体	②-1 ガラス固化体のもつ閉じ込め機能の喪失	ガラス固化体の破損	②-1-1 落下	機器の故障	無	—	ガラス固化体を取扱うクレーンは、つりワイヤの二重化、電源喪失時でもガラス固化体を保持できる構造、過走行防止インターロック及び吊り上げ高さの制限により、機器の単一故障によるガラス固化体の破損を防止している。
					誤動作	無	—	ガラス固化体を取扱うクレーンの吊り上げ高さ制限等が誤動作した場合でも、つり具からガラス固化体が落下することはないため、ガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない。
					誤操作	無	—	吊り上げ高さの制限を行い、万一、落下してもガラス固化体が損傷しない構造としている。
					輸送容器の転倒	無	—	ガラス固化体抜き出し室においては輸送容器搬送台車と壁及び天井との隙間が小さく、輸送容器が転倒することはない。また、輸送容器検査室においては、輸送容器検査室内に設置している作業架台に輸送容器搬送台車及び輸送容器の荷重が作用しても、輸送容器が転倒しない（別紙-1 参照）ことから、輸送容器の蓋が外れることはなく、輸送容器からガラス固化体が飛び出すことはない。
②ガラス固化体抜き出し	ガラス固化体	②-1 ガラス固化体のもつ閉じ込め機能の喪失	ガラス固化体の破損	②-1-2 周辺の火災	ガラス固化体検査室での潤滑油火災	無	—	ガラス固化体検査室に設置されている機器（ガラス固化体検査室天井クレーン、各種検査装置）の潤滑油による火災がガラス固化体近傍で起こっても、ガラス固化体容器表面温度は 510℃を下回り、一般的なステンレス鋼の融点（約 1,300℃以上）以下となることから、ガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない（第 4 条「火災等による損傷の防止」整理資料参照）。
					近接する発電機室での重油火災	無	—	発電機室で火災が発生しても、感知器により早期に感知でき、二酸化炭素消火設備により速やかに消火するため、ガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない。
				②-1-3 冷却機能の低下	外部電源喪失によるガラス固化体検査室排風機の停止	無	—	外部電源喪失時には予備電源用ディーゼル発電機により給電し、検査室排風機の運転が継続可能。万一、予備電源用ディーゼル発電機が起動できなくても、検査室内の空気の自然対流及びコンクリート壁へのふく射伝熱により崩壊熱が除去され、ガラス固化体の閉じ込め機能に支障をきたすことはない。
		②-2 遮蔽機能の喪失	②-2-1 ガラス固化体検査室しゃへいの損傷	地震	無	—	ガラス固化体検査室しゃへいは S クラスの地震力に耐える構造としており、地震により遮蔽機能が喪失することはない。	
				竜巻	無	—	竜巻防護施設は建屋内に収納されており、竜巻により遮蔽機能が喪失することはない。	
				航空機落下	無	—	航空機が廃棄物管理施設に墜落する可能性は極めて低く、航空機落下により遮蔽機能が喪失することはない。	
				ガラス固化体検査室での潤滑油火災	無	—	ガラス固化体検査室に設置されている機器（ガラス固化体検査室天井クレーン、各種検査装置）の潤滑油による火災がガラス固化体検査室しゃへい近傍で起こっても、コンクリートの圧縮強度が低下する 200℃超となるのは壁表面より 5 cm 未満であり、設計余裕に収まるため、遮蔽機能に支障をきたすことはない（第 4 条「火災等による損傷の防止」整理資料参照）。	
				近接する発電機室での重油火災	無	—	発電機室で火災が発生しても、感知器により早期に感知でき、二酸化炭素消火設備により速やかに消火するため、遮蔽機能に支障をきたすことはない。	
				外部電源喪失によるガラス固化体検査室排風機の停止	無	—	ガラス固化体仮置架台にガラス固化体が 56 本収納された状態でガラス固化体検査室排風機が停止しても、ガラス固化体検査室しゃへいのコンクリート温度は、遮蔽機能に支障をきたすほど上昇しない。	
				②-2-2 輸送容器からのガラス固化体の飛び出し	輸送容器の転倒	無	—	②-1-1 の評価結果に同じ。

工程・系統	放出源	安全設計上発生が想定される事故	起因事象	起因事象発生の原因		想定事故に至る可能性の有無	平常時以外の放出の可能性の有無	評価結果
③ガラス固化体検査	ガラス固化体	③-1 ガラス固化体のもつ閉じ込め機能の喪失	ガラス固化体の破損	③-1-1 落下	機器の故障	無	-	②-1-1の評価結果に同じ。
					誤動作	無	二	②-1-1の評価結果に同じ。
					誤操作	無	-	②-1-1の評価結果に同じ。
				③-1-2 周辺の火災	ガラス固化体検査室での潤滑油火災	無	-	②-1-2の評価結果に同じ。
					近接する発電機室での重油火災	無	-	②-1-2の評価結果に同じ。
				③-1-3 冷却機能の低下	外部電源喪失によるガラス固化体検査室排風機の停止	無	-	②-1-3の評価結果に同じ。
		③-2 遮蔽機能の喪失	③-2-1 ガラス固化体検査室しゃへいの損傷	地震		無	-	②-2-1の評価結果に同じ。
竜巻				無	-	②-2-1の評価結果に同じ。		
③ガラス固化体検査	ガラス固化体	③-2 遮蔽機能の喪失	③-2-1 ガラス固化体検査室しゃへいの損傷	航空機落下		無	-	②-2-1の評価結果に同じ。
				ガラス固化体検査室での潤滑油火災		無	-	②-2-1の評価結果に同じ。
				近接する発電機室での重油火災		無	-	②-2-1の評価結果に同じ。
				外部電源喪失によるガラス固化体検査室排風機の停止		無	-	②-2-1の評価結果に同じ。
④ガラス固化体貯蔵	ガラス固化体	④-1 ガラス固化体のもつ閉じ込め機能の喪失	ガラス固化体の破損	④-1-1 落下	機器の故障	無	-	②-1-1の評価結果に同じ。
					誤動作	無	二	②-1-1の評価結果に同じ。
					誤操作	無	-	②-1-1の評価結果に同じ。
				④-1-2 周辺の火災	近接する発電機室での重油火災	無	-	②-1-2の評価結果に同じ。
				④-1-3 容器の劣化・破損	腐食	無	-	容器の腐食厚さは50年間の貯蔵期間を考慮しても50 μ m程度であり、十分な腐食代を有していることから問題ない。
					中性子ぜい化	無	-	ガラス固化体容器（オーステナイト系ステンレス鋼）の中性子ぜい化が問題となる照射量に対し、50年間の貯蔵期間における照射量は十分低く、問題ない。
					内圧膨張	無	-	固化ガラスに含まれるアクチニド核種のアルファ崩壊から発生するヘリウムが全量プレナム部に放出されると保守的に想定しても、ガラス固化体容器の機械的強度上問題ない。

」

工程・系統	放出源	安全設計上発生が想定される事故	起回事象	起回事象発生の原因			想定事故に至る可能性の有無	平常時以外の放出の可能性の有無	評価結果
④ガラス固化体貯蔵	ガラス固化体	④-1 ガラス固化体のもつ閉じ込め機能の喪失	ガラス固化体の破損	④-1-4 冷却機能の低下	冷却流路の過度な閉塞	地震	無	—	ガラス固化体を貯蔵する建屋はSクラスの地震力に耐える構造としており、地震により流路が閉塞することはない。
						竜巻	無	—	竜巻防護施設は、竜巻による荷重に対して、冷却機能に支障が生じない構造としている。また、竜巻により砂や樹木が巻き上げられたとしても、冷却流路が過度に閉塞することはない。
						火山灰	無	—	冷却空気入口シャフトの外気取入口に防雪フードを設け、降下火砕物が侵入し難い構造としていることから、流路が閉塞することはない。
						航空機落下	無	—	航空機が廃棄物管理施設に墜落する可能性は極めて低く、航空機落下により冷却流路が閉塞することはない。
						鳥類	無	—	冷却空気出入口シャフトの開口にバードスクリーンを設け、鳥類の侵入を防止しており、流路が閉塞することはない。
				外部電源喪失		無	—	ガラス固化体は間接自然空冷方式により冷却されることから、外部電源が喪失しても冷却機能に支障はない。	
				火山		無	—	火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象については、発生実績や敷地と火山の離隔等から、過去最大規模の噴火を想定しても、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。	
		外部火災		無	—	ガラス固化体は地下に貯蔵されており、外部火災による輻射熱の影響を受けないため、冷却機能に支障はない。			
		④-2 遮蔽機能の喪失	④-2-1 貯蔵区域しゃへい及び床面走行クレーンのしゃへい容器の損傷	地震	無	—	貯蔵区域しゃへい及び床面走行クレーンのしゃへい容器はSクラスの地震力に耐える構造としており、地震により遮蔽機能が喪失することはない。		
				竜巻	無	—	竜巻防護施設は建屋内に収納されており、竜巻により遮蔽機能が喪失することはない。		
航空機落下	無			—	航空機が廃棄物管理施設に墜落する可能性は極めて低く、航空機落下により遮蔽機能が喪失することはない。				
④ガラス固化体貯蔵	ガラス固化体	④-2 遮蔽機能の喪失	④-2-1 貯蔵区域しゃへい及び床面走行クレーンのしゃへい容器の損傷	搬送室での潤滑油火災	無	—	ガラス固化体検査室に設置されている貯蔵建屋床面走行クレーンの潤滑油による火災が起こっても、貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器の中性子遮蔽体は損傷しないことから、遮蔽機能が喪失することはない（第4条「火災等による損傷の防止」整理資料参照）。		
				近接する発電機室での重油火災	無	—	②-2-1の評価結果に同じ。		
⑤廃水貯蔵設備	液体廃棄物	⑤-1 液体廃棄物の漏えい	⑤-1-1 貯槽の破損	地震	有	無	液体廃棄物の貯槽及び移送配管は地下に設置されており、破損しても建屋の中に留まり、建屋外に放出されることはない。		
			⑤-1-2 配管の破損	地震	有	無			
⑥固体廃棄物貯蔵	固体廃棄物	⑥-1 固体廃棄物の飛散	梱包物の破損	⑥-1-1 火災	廃棄物集積場での延焼	無	—	廃棄物集積場で火災が発生しても、感知器により早期に感知でき、消火設備により速やかに消火するため、外部に放射性物質が放出されることはない。	
					固体廃棄物貯蔵室での延焼	無	—	固体廃棄物は金属製の容器（ドラム缶、ボックスパレット）に個別に収納して貯蔵しており、固体廃棄物に延焼することは考えられない。	

輸送容器検査室における輸送容器転倒評価について

1. 評価条件

輸送容器検査室において，輸送容器搬送台車が傾いた場合，輸送容器搬送台車と作業架台が接触する。この際，作業架台に輸送容器搬送台車及び輸送容器の荷重が作用するため，作業架台の柱の耐力を確認し，輸送容器搬送台車の転倒の有無について評価する。

輸送容器搬送台車及び輸送容器の重量は以下のとおりである。

輸送容器搬送台車： 60t

輸送容器 : 120t

合計 180t

2. 評価

(1) 作業架台柱に作用する荷重

輸送容器搬送台車と作業架台との位置関係を図－1に示す。簡易的に輸送容器搬送台車と輸送容器との合計重量と同じだけの水平力が作用して片側のレール1本を支点として傾くものとする。作業架台に作用する荷重Pは以下となる。荷重Pは静的に作業架台に作用するものとした。

$$P = (m_1 \times L_1 - m_2 \times L_2) / (L_2 + L_3)$$

ここで，

m_1 ：水平力（180t）

m_2 ：輸送容器搬送台車及び輸送容器の重量（180t）

L_1 : 重心位置 (■■■■ mm)

L_2 : 輸送容器搬送台車中心から支点となるレール中心
までの距離 (■■■■ mm)

L_3 : 輸送容器搬送台車中心から側面までの距離
(■■■■ mm)

上記より,

$$P = (180t \times \text{■■■■ mm} - 180 \times \text{■■■■ mm}) / (\text{■■■■ mm} + \text{■■■■ mm})$$
$$= 146.516tf \div 150tf$$

上記荷重を作業架台柱 3 本で均等に受けるものとする
と、柱 1 本に作用する荷重は以下となる。

$$150tf \div 3 = 50tf$$

(2) 作業架台柱の耐力

① 作業架台柱の引張耐力

作業架台柱の材料である SS400 の許容引張応力は、日本機械学会 発電用原子力設備規格 設計・建設規格より 245MPa、作業架台柱の断面積は 6,353mm² であることから、作業架台柱 1 本あたりの引張耐力は、

$$245 \times 6353 = 1.556 \times 10^6 \text{N} = 1.587 \times 10^5 \text{kgf} = 158.7tf$$

となる。

② 取付ボルト耐力

作業架台柱 1 本あたりの取付ボルトは、サイズ M30 の高力ボルト (F10T) × 4 本であり、許容引張力は日本建築学会 鋼構造設計規準より 329kN (短期) である。

よって、作業架台柱 1 本あたりの取付ボルトの耐力は以下

■■■■ については商業機密の観点から公開できません。

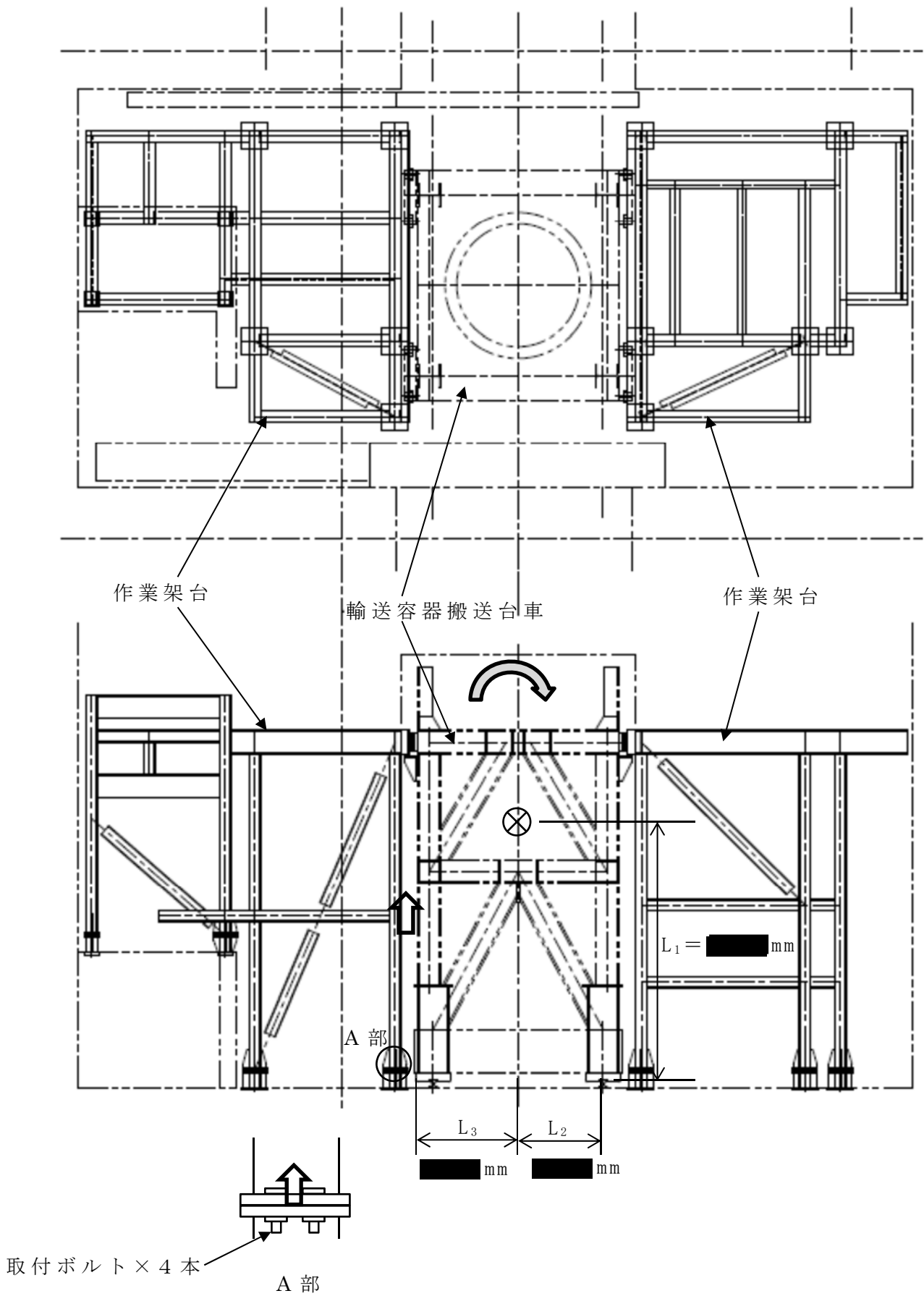
となる。

$$329\text{kN} \times 4 \text{ 本} = 1,316\text{kN} = 1.342 \times 10^5 \text{kgf} = 134.2\text{tf}$$

3. 結果

輸送容器搬送台車と輸送容器との合計重量と同じだけの水平力が作用したとして評価した結果，作業架台柱に作用する荷重に対して柱の耐力が上回っていることから，輸送容器搬送台車及び輸送容器が転倒することはない。

作業架台柱の耐力		作業架台柱に作用する荷重	判定
柱の引張耐力	158.7tf	50tf	○
取付ボルトの耐力	134.2tf		○



図－1 輸送容器搬送台車と作業架台との位置関係

■については商業機密の観点から公開できません。

令和2年3月17日 R0

補足説明資料2－2（第12条）

ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象の評価で使用する

相対濃度 (x/Q) について

ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象の評価において放出される放射性物質が、敷地周辺の公衆に及ぼす影響を評価するに当たって、放射性物質の大気拡散状態を推定するのに必要な気象状態については、現地における出現頻度からみて、これより悪い条件がめったに現れないと言えるものを選ばなければならない。

そこで、ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象の評価を行うため、放射性物質の相対濃度（以下「 x/Q 」という。）を、地上高 10m（標高 69m）における平成 25 年 4 月から平成 26 年 3 月までの 1 年間の観測資料を使用して求めた。すなわち、（1）式に示すように風向、風速、大気安定度及び実効放出継続時間を考慮した x/Q を求め、方位別にその値の小さい方からの累積度数を年間のデータ数に対する出現頻度（%）として表すことにする。横軸に x/Q を、縦軸に累積出現頻度を取り、着目方位ごとに x/Q の累積出現頻度分布を書き、この分布から、累積出現頻度が 97% に当たる x/Q を方位別に求め、そのうち最大のものをガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象の評価に使用する相対濃度とする。

ただし、 x/Q の計算の着目地点は、各方位とも敷地境界とし、着目地点以遠で x/Q が最大になる場合は、その x/Q を着目地点における当該時刻の x/Q とする。

$$x/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^r (x/Q)_i \cdot \delta i \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

x/Q : 実効放出継続時間中の相対濃度 (s/m^3)

T : 実効放出継続時間 (h)

$(x/Q)_i$: 時刻 i における相対濃度 (s/m^3)

δ_i : 時刻 i において風向が当該方位にあるとき

$$\underline{\delta_i = 1}$$

時刻 i において風向が他の方位にあるとき

$$\underline{\delta_i = 0}$$

$(x/Q)_i$ の計算に当たっては、短時間放出のため、方位内で風向軸が一定と仮定して (2) 式で計算する。

$$\underline{(x/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \sigma_{yi} \cdot \sigma_{zi} \cdot U_i} \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_{zi}^2}\right) \dots (2)}$$

ここで、

σ_{yi} : 時刻 i における濃度分布の水平方向の拡がりのパラメータ

(m)

σ_{zi} : 時刻 i における濃度分布の高さ方向の拡がりのパラメータ

(m)

U_i : 時刻 i における風速 (m/s)

H : 放出源の有効高さ (m)

方位別 x/Q の累積出現頻度の計算に使用する風向風速は、建屋から直接放出として地表付近の風を代表する地上高 10m (標高 69m) の風向風速とする。静穏の場合には風速を 0.5m/s として計算し、その風向は静穏出現前の風向を使用する。

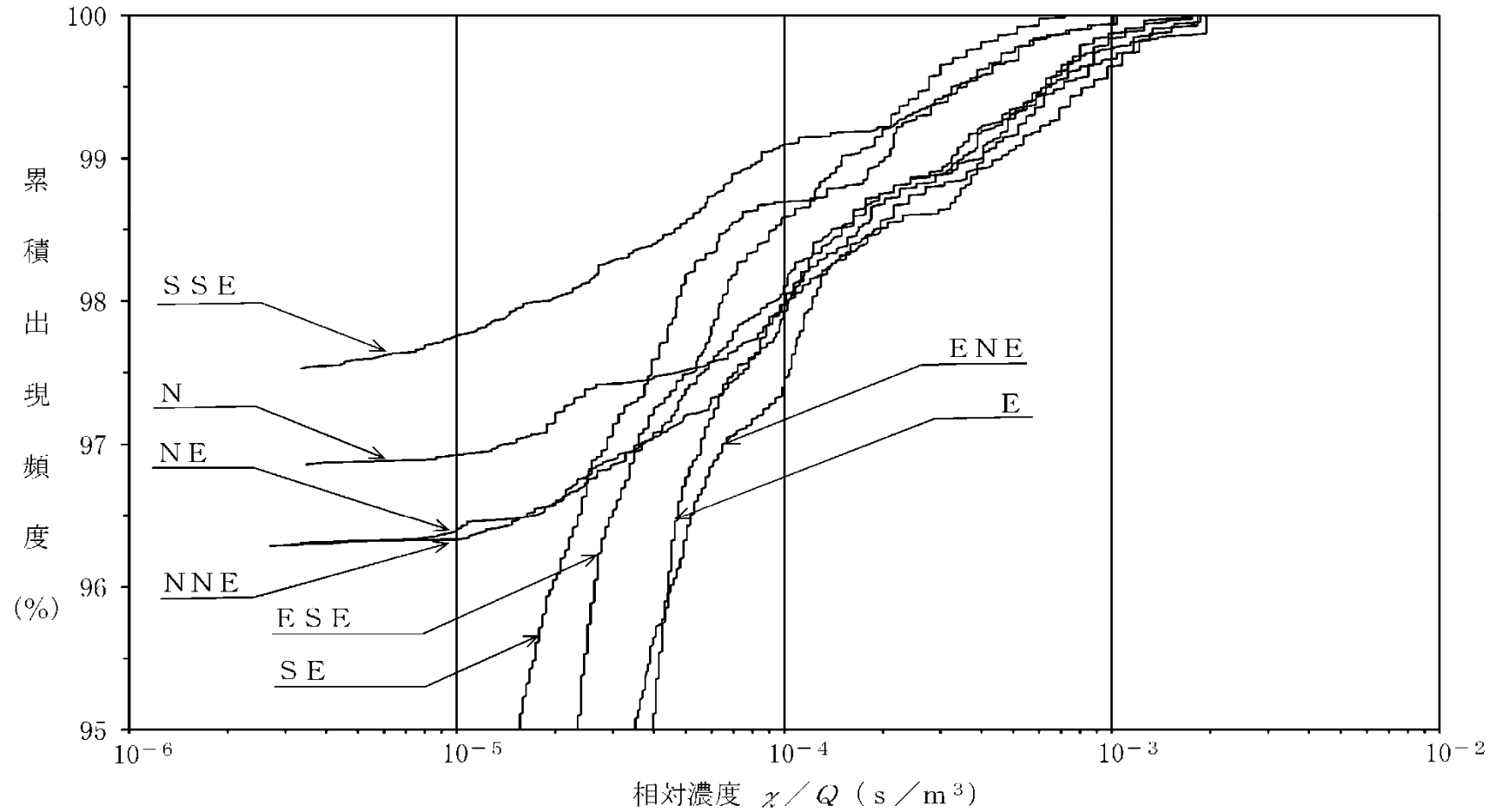
また、放出源の有効高さは 0 m とし、実効放出継続時間は 1 h とする。

以上により求めた方位別 x/Q の累積出現頻度を第 1 図(1)及び第 1 図(2)に示す。

これらの図から、ガラス固化体の取扱い中の落下による損傷事象の評

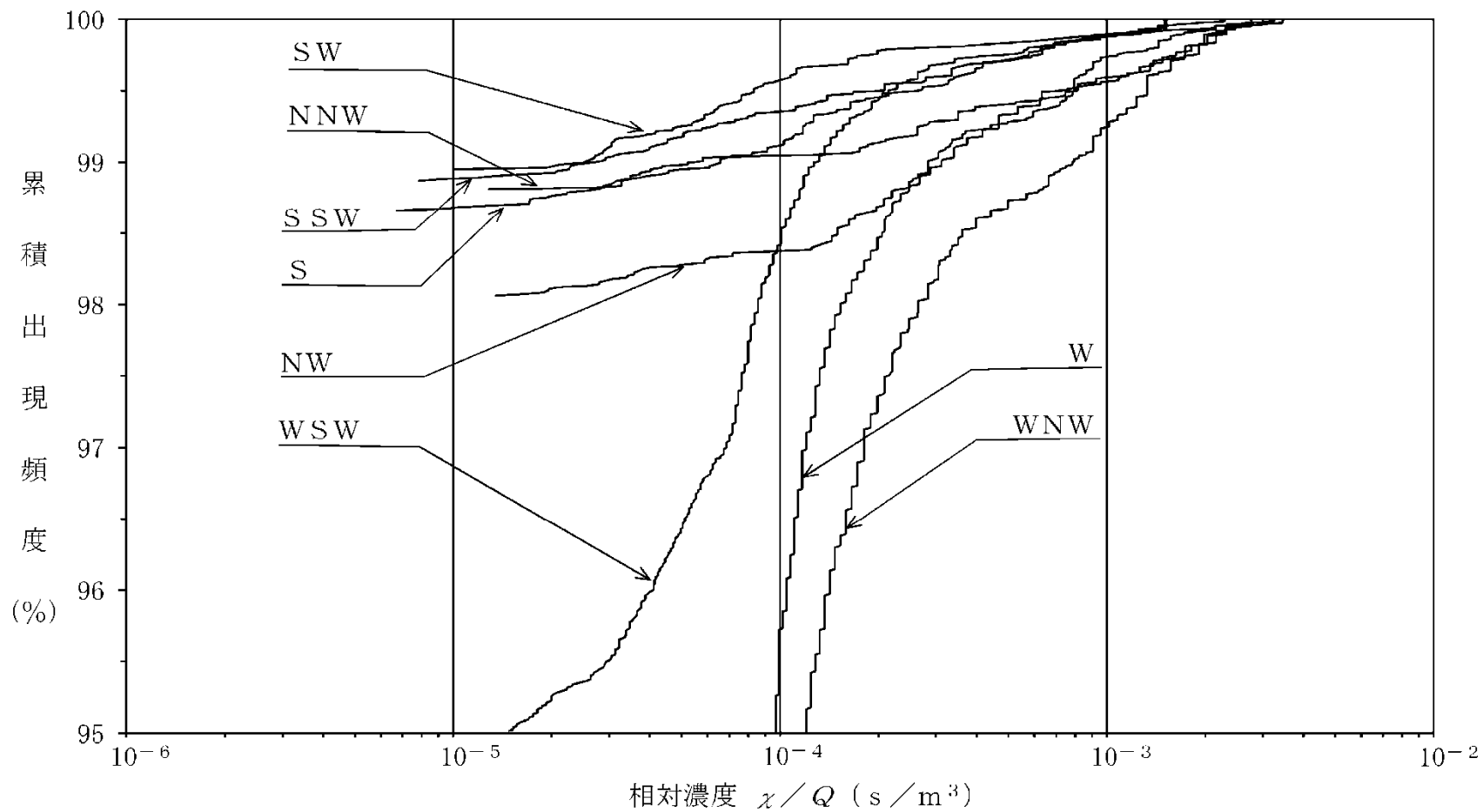
値に使用する λ/Q の値は、ガラス固化体貯蔵建屋からの直接放出にお
いて $1.8 \times 10^{-4} \text{ s} / \text{m}^3$ (ガラス固化体貯蔵建屋から WNW 方位 560m)
とする。

放出位置 ガラス固化体貯蔵建屋
実効放出継続時間 1 h



第1図(1) ガラス固化体貯蔵建屋放出の方位別相対濃度の累積出現頻度 (N～SSE)

放出位置 ガラス固化体貯蔵建屋
実効放出継続時間 1 h



第1図(2) ガラス固化体貯蔵建屋放出の方位別相対濃度の累積出現頻度 (S~NNW)