

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 22 R1
提出年月日	令和4年8月5日

## 設工認に係る補足説明資料

### 地震荷重と事故時荷重の組合せについて

1. 文章中の下線部は、R0からR1への変更箇所を示す。
2. 本資料（R1）は、令和3年10月12日に提示した「地震力と事故時荷重の組合せについて R0」に対し、MOX燃料加工施設における設計基準事故時の検討の追加、及びヒアリングにおける主な指摘事項である、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故としなかった事象における地震荷重と事故時荷重の組合せについての記載拡充を踏まえ、記載内容の見直し並びに記載の適正化を図ったものである。

## 目 次

1. 概要	1
2. 事故時荷重と地震荷重の組合せの要否の判断	1
2.1 発生する事故時荷重について	1
2.2 <u>地震荷重と組合せる事故時荷重について</u>	2
3. <u>再処理施設において設計基準事故時に作用する荷重について</u>	2
3.1 <u>再処理施設における設計基準事故</u>	3
3.2 <u>設計基準事故時に作用する荷重の有無及びその継続時間について</u>	3
3.3 <u>設計基準事故時に作用する荷重と地震荷重の組合せについて</u>	7
4. <u>MOX燃料加工施設において設計基準事故時に作用する荷重について</u>	8
4.1 <u>MOX燃料加工施設における設計基準事故</u>	8
4.2 <u>設計基準事故時に作用する荷重の有無及びその継続時間について</u>	9
4.3 <u>設計基準事故時に作用する荷重と地震荷重の組合せについて</u>	9
5. まとめ	9
<u>添付1 再処理施設において設計基準事故としなかった事象の発生時の荷重と地震荷重との組合せについて</u>	
<u>添付2 MOX燃料加工施設において設計基準事故としなかった事象の発生時の荷重と地震荷重との組合せについて</u>	

■ : 商業機密の観点から公開できない箇所

## 1. 概要

本資料は、再処理施設及びMOX燃料加工施設に対する、第1回設工認申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下に示す添付書類に示す基本方針を補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「III-1-1 耐震設計の基本方針」

上記添付書類の「5.1.3 荷重の組合せ」において、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故の状態<sub>1</sub>で施設に作用する荷重は、運転時の状態<sub>2</sub>で施設に作用する荷重を超えるもの及び長時間施設に作用するものがないため、地震荷重と組み合わせるものはないとしている。本資料では、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故によって発生する荷重（以下、「事故時荷重」という。）の有無及び荷重の継続時間を整理し、地震荷重との組合せの要否を評価した結果について示す。

また、MOX燃料加工施設においては「運転時の異常な過渡変化」がないことを踏まえ、「設計基準事故」について、事故時荷重の有無及び荷重の継続時間を整理し、地震荷重との組合せの要否を評価した結果について示す。

## 2. 事故時荷重と地震荷重の組合せの要否の判断

### 2.1. 発生する事故時荷重について

再処理施設及びMOX燃料加工施設の安全機能を有する施設に適用する荷重の組合せにおいて、地震荷重以外に設計上考慮する荷重を以下に示す。

- 運転時の状態で施設に作用する荷重
- 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重（再処理施設のみ）
- 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

上記のうち、a. 運転時の状態で施設に作用する荷重については、当該機器・配管系の最高使用温度及び最高使用圧力（以下、「運転時の状態」という。）を計算条件として、耐震評価を行っている。また、b. 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重については、運転時の異常な過渡変化により機器自体が加熱される事象、あるいは溶液、蒸気の温度上昇により機器・配管の温度の上昇を伴うものもあるが、いずれもインターロックの作動により直ちに加熱が停止され、運転時の状態を超えることのない設計としている。そのため、当該設備の運転時の状態を超えることはなく、当該事象による荷重はa. 運転時の状態で作用する荷重に包含されるため、事故時荷重として組み合わせる必要はない。

c. 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重については、設計基準事故の発生による温度及び圧力が運転時の状態を上回る場合は、事故時荷重として地震荷重との組合せを検討する。

## 2.2. 地震荷重と組合せる事故時荷重について

### (1) 確率による組合せの要否の検討

原子力プラントに許容される状態（運転状態）と地震との関連について、具体的な考え方は「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601・補-1984」（以下、「J E A G 4601・補-1984」という。）に記載されている。本資料では J E A G 4601・補-1984 に準じて、地震動との組合せを想定すべき施設の運転状態を検討する。

再処理施設及びMOX燃料加工施設で選定・評価した設計基準事故はいずれも地震を起因としたものではなく、地震の独立事象である。J E A G 4601・補-1984 の記載によると、「地震と、地震の独立事象の組合せは、これを確率的に考慮することが妥当であろう。地震の発生確率が低く、継続時間が短いと考えれば、これと組合せるべき状態は、その原因となる事象の発生頻度及びその状態の継続時間との関連で決まることになる。」とされており、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が $10^{-7}$ /炉・年以下となるものは組合せが不要とされている。（第2.2-1表参照）

再処理施設及びMOX燃料加工施設において評価した設計基準事故について、事象発生時に運転時の状態を超える温度及び圧力により発生する荷重の有無を確認し、荷重が生じる場合には、荷重の継続時間及び事象の発生確率を考慮し、地震荷重との組合せの要否を評価する。

### (2) 再処理施設及びMOX燃料加工施設における地震の発生確率

再処理施設及びMOX燃料加工施設におけるSd及びSsの年超過確率は、

Ss-A, B1~B5の年超過確率： $10^{-4} \sim 10^{-5}$

Ss-C1~C4の年超過確率： $10^{-4} \sim 10^{-6}$

Sd-A, B1~B5の年超過確率： $10^{-3} \sim 10^{-4}$

Sd-C1~C4の年超過確率： $10^{-3} \sim 10^{-5}$

となっており、これらの年超過確率に、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の発生確率並びに事故時荷重の継続時間を乗じて、その確率が $10^{-7}$ /年以下であれば、地震荷重と事故時荷重の組合せは不要とする。

## 3. 再処理施設において設計基準事故時に作用する荷重について

設計基準事故は、発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には再処理施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象を選定している。設計基準事故については、運転時の状態を超える温度及び圧力が発生する可能性があることから、選定された設計基準事故について、2.項に示した考え方にに基づき事故時荷重と地震荷重との組合せの要否について評価する。

具体的には、3.1項で示す各設計基準事故について、3.2項で事象発生時に作用する事故時荷重の有無を検討するとともに、事故時荷重が生じる場合にはその継続時間の検討も併せて

行う。その後、3.3項にて事象の発生確率及び地震動の超過確率を踏まえた事故時荷重と地震荷重との組合せの要否を評価する。

また、設計基準事故として選定しなかった事象における事象発生時の荷重の評価結果については添付1に示す。

### 3.1. 再処理施設における設計基準事故

再処理施設における設計基準事故は、「再処理事業所 再処理事業指定申請書 添付書類八 再処理施設において事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する説明書」の「1.1.2 設計基準事故」において以下の7事象を選定しており、それぞれの設計基準事故について事象発生時の荷重を検討した。

- (1) プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災
- (2) プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶でのT B P等の錯体の急激な分解反応（以下、「プルトニウム濃縮缶でのT B P等の錯体の急激な分解反応」という。）
- (3) 溶解設備の溶解槽における臨界（以下、「溶解槽における臨界」という。）
- (4) 高レベル廃液処理設備の高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい（以下、「高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい」という。）
- (5) 高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい
- (6) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下
- (7) 短時間の全交流動力電源の喪失

### 3.2. 設計基準事故時に作用する荷重の有無及びその継続時間について

#### (1) プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災

##### ① 事象の概要

この事象は、プルトニウム精製塔セルに有機溶媒が漏えいし、漏えいした有機溶媒の回収作業後にも漏えい液受皿の集液部に有機溶媒（ $0.07\text{m}^3$ ）が残っている状態において、何らかの原因により有機溶媒が引火点を超えて加熱され着火することを想定して評価している。このとき、セル内に燃焼に必要な酸素が十分にある火災初期においてセル内圧力が上昇するが、セル内の燃焼ガスの排気系への流出により速やかにセル内の負圧が回復する。火災は、防火ダンパ、消火装置の作動により鎮火する。

##### ② 作用する荷重の有無及びその継続時間

この事象では、セル内での有機溶媒火災によるセル及びセルからの排気系の圧力上昇による荷重並びにセル壁の温度上昇によるコンクリート強度の低下を考慮する。

火災初期においてプルトニウム精製塔セル内の圧力が上昇し、最高使用圧力を超えて最高約 $11\text{kPa}$  [d i f]の正圧となるが、この期間は火災発生から110秒の間であり、その後

セル内の燃焼ガスの排気系への流出により速やかにセル内の負圧が回復し、圧力上昇による運転時の状態を超える荷重は短時間で終結する。

また、有機溶媒 $0.07\text{m}^3$ の燃焼によるコンクリート表面温度の上昇はコンクリートの短時間における温度制限値以下であり（火炎近傍の局部を除く）、熱的影響により運転時の状態を超える荷重が作用することはない。

以上より、本事象により精製建屋換気設備のセルからの排気系の機器・配管（ダクト）に運転時の状態を超える荷重が加わるが、その継続時間は $3.5 \times 10^{-6}$ 年（110秒）である。

## (2) プルトニウム濃縮缶でのT B P等の錯体の急激な分解反応

### ① 事象の概要

この事象はプルトニウム濃縮缶にT B P等が混入して硝酸及び硝酸プルトニウムと錯体を形成し、さらに何らかの原因により缶内の溶液温度が異常に上昇し、この錯体が急激に分解反応することを想定して評価している。この場合、プルトニウム濃縮缶内及び塔槽類廃ガス処理設備の温度・圧力の上昇が発生するが、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの健全性は維持され、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることなく終止する。

### ② 作用する荷重の有無及びその継続時間

この事象では、T B P等の錯体の急激な分解反応によるプルトニウム濃縮缶内の圧力及び温度の上昇による荷重を考慮する。

T B P等の錯体の急激な分解反応によりプルトニウム濃縮缶内の圧力が、最高使用圧力を超える $57\text{kPa}$  [g a g e]の正圧に上昇するが、その圧力は濃縮缶内のガスの塔槽類廃ガス処理設備への流出によって極短時間（約1.5秒）で低下し、圧力上昇による運転時の状態を超える荷重は短時間で終結する。

また、T B P等の錯体の急激な分解反応によりプルトニウム濃縮缶の気相部の温度が瞬間的に上昇するが、塔槽類廃ガス処理設備へ廃ガスが移行することにより温度は速やかに低下し、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前の温度に戻る。塔槽類廃ガス処理設備に移行したガスは配管壁への熱移行によりガスの温度は約 $40^\circ\text{C}$ にとどまる。

以上より、本事象によりプルトニウム濃縮缶及び精製建屋塔槽類排ガス処理設備の機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わるが、その継続時間は $4.8 \times 10^{-8}$ 年（約1.5秒）である。

## (3) 溶解槽における臨界

### ① 事象の概要

この事象は、供給硝酸の酸濃度が低下することにより、溶解槽の酸濃度が異常に低下した結果、溶液は水となり溶解槽内で臨界が起こることを想定して評価している。可溶性



セル移送台車上に設置した重量計が固化ガラス 1 本分の質量になると発信する信号でガラス流下停止系により自動で停止する。

② 作用する荷重の有無及びその継続時間

この事象では、熔融ガラスの漏えいによるパレットへの荷重を考慮する。

高温の熔融ガラスがパレット上へ漏えいした場合、固化セル移送台車上に設置したガラス流下停止系の二重化した重量計により監視し、固化ガラス 1 本分の質量になると流下が自動で停止するため、運転時の状態を超える荷重が固化セル移送台車に加わることはない。

また、熔融ガラスの漏えい時には最大で700℃程度のガラスが流下されるが、パレットは万が一の熔融ガラス漏えいの際の受けとして設置されているものであり、固化体容器と同等の肉厚のステンレス鋼でできていることから、漏えいした熔融ガラスが固化するまでの間、熔融ガラスを受ける機能は維持できる。しかしながら、熔融ガラスが固化するまでの間（1日以内）で、パレットに最高使用温度を超える熱的荷重が作用することを考慮する。

以上より、本事象により固化セル移送台車上のパレットに運転時の状態を超える荷重が加わるが、その継続時間は $2.8 \times 10^{-3}$ 年（1日）である。

(6) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下

① 事象の概要

この事象は、燃料取出し装置により使用済燃料集合体を移送中に、何らかの原因により燃料取出し装置が故障し、取扱い中の使用済燃料集合体が燃料取出しピットの床に落下して破損することを想定して評価している。この場合、使用済燃料集合体 1 体に相当する燃料棒被覆管が破損し、燃料棒のギャップ内核分裂生成物の全量が水中に放出されることを仮定して評価しても、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

② 作用する荷重の有無及びその継続時間

この事象では、使用済燃料集合体の落下時に燃料貯蔵プール等のライニング部に荷重が加わるが、ライニングは万が一の使用済燃料集合体の落下時にもプール水の保持機能を失うような著しい損傷を生じない設計としている。しかしながら、使用済燃料集合体の落下時の衝撃により建物・構築物及びライニングに荷重が作用することを考慮する。使用済燃料集合体の落下時に加わる荷重はごく短時間であるが、仮に1分間荷重が加わるものとし、その継続時間を $1.9 \times 10^{-6}$ 年（1分）とする。



### (7) 短時間の全交流動力電源の喪失

#### ① 事象の概要

この事象は、外部電源すなわち全交流動力電源が喪失し、非常用所内電源系統が起動するまでの30分間、安全上重要な設備に必要な電力が供給されないことを想定して評価している。全交流動力電源の喪失後30分を経過した時点で、非常用所内電源系統が起動し、安全上重要な負荷に電力が供給される。

#### ② 作用する荷重の有無及びその継続時間

この事象では、全交流動力電源の喪失により、高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備が停止しガラス溶融炉の負圧維持ができなくなることに伴う、固化セル内の温度及び圧力上昇による荷重を考慮する。また、安全圧縮空気系の停止に伴う水素爆発による荷重及び安全冷却水系の停止に伴う槽内液の温度上昇による荷重を考慮する。

高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の停止に伴い、ガラス溶融炉の負圧維持ができなくなり、ガラス溶融炉から放射性物質を含む廃ガスが固化セルに漏えいし、固化セル内の温度及び圧力が上昇する。しかし、気体の一部は固化セル圧力放出系から放出されること、及び事故時の固化セル内の雰囲気の高温度は約60°Cであることから運転時の状態を超える荷重が機器・配管に加わることはない。

また、安全圧縮空気系の停止に伴う水素掃気機能の停止により、水素掃気を要する機器での放射線分解による水素濃度の上昇が発生するとともに、安全冷却水系の停止に伴う冷却機能の喪失により、冷却が必要な溶解液、抽出廃液、硝酸プルトニウム溶液及び高レベル廃液の温度上昇が発生する。しかし、これらの安全機能は30分後に非常用所内電源系統の起動により回復し、その間に水素爆発や溶液等の沸騰に至ることはなく事象が終止する。

仮に、本事象により機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わったとしても、全交流動力電源の喪失は30分で終息するため、その継続時間は $5.8 \times 10^{-5}$ 年（30分）である。

### 3.3. 設計基準事故時に作用する荷重と地震荷重の組合せについて

J E A G 4601・補-1984における事故時荷重と地震荷重の組合せの要否の判断基準として  
地震の発生確率×事象発生確率×継続時間 $\leq 10^{-7}$

を考慮すると、再処理施設におけるSd及びSs地震の年超過確率をそれぞれ $10^{-3}$ 及び $10^{-4}$ とした場合、「高レベル廃液ガラス固化設備での溶融ガラスの漏えい」以外の事象はその荷重はいずれも数秒～数分程度の短時間で終結し、事象発生確率を考慮しなくても地震荷重との組合せの確率評価上で $10^{-7}$ /年以下となることは明らかである。

「高レベル廃液ガラス固化設備での溶融ガラスの漏えい」については、継続時間が $2.8 \times 10^{-3}$ 年（1日）と、他の設計基準事故と比較して事故時荷重が長時間作用するため、事象の発生確率を考慮する。高レベル廃液ガラス固化設備において、溶融ガラスの漏えい

が発生するのは、ガラス溶融炉の結合装置にガラス固化体容器が結合されない状態で流下ノズルの加熱が行われる場合である。これらの対策として、ガラス固化体容器とガラス溶融炉が結合装置により結合していることを結合装置に設ける二重化した圧力計により検知し、結合していない場合は、流下ノズルの加熱ができないように二重化したインターロックを設ける設計としており、これらの装置が同時に故障して溶融ガラスの漏えいが起こることは考えられない。仮に当該インターロックの故障確率を $10^{-6}/\text{h}$ と仮定\*した場合、二重化したインターロックが同時に故障する確率 ( $10^{-12}/\text{h}$ , 約 $10^{-6}/\text{年}$ ) から、事故の発生確率はおよそ $10^{-6}/\text{年}$ となり、Sd及びSs地震との組み合わせについて

$$\text{地震の発生確率} \times \text{事象発生確率} \times \text{継続時間} \leq 10^{-7}$$

を満たすことから、事故時荷重と地震荷重の組合せは不要である。

各事象について、事故時荷重の継続時間、事象発生確率及び地震の発生確率をまとめたものを第3.3-1表に示す。

\*: 原子力情報センター「原子力発電所に関する確率論的安全評価用の機器故障率の算出(1982年度～1997年度16カ年49基データ 改訂版)」によると、国内原子力発電所におけるリレー、トランスミッタ等の計装品の故障率はおよそ $10^{-8}/\text{h}$ 程度となっている。

#### 4. MOX燃料加工施設において設計基準事故時に作用する荷重について

設計基準事故は、当該状態が発生した場合にはMOX燃料加工施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象を選定している。設計基準事故時には運転時の状態を超える温度及び圧力が発生する可能性があることから、選定された設計基準事故について、2.項に示した考え方にに基づき事故時荷重と地震荷重との組合せの要否について検討する。

具体的には、4.1項で選定した設計基準事故について、4.2項で事象発生時に作用する事故時荷重の有無を検討するとともに、事故時荷重が作用する場合にはその継続時間の検討も併せて行う。その後、4.3項にて事象の発生確率及び地震動の超過確率を踏まえた事故時荷重と地震荷重との組合せの要否を検討する。

また、設計基準事故として選定しなかった事象における事象発生時の荷重の検討については添付2に示す。

##### 4.1. MOX燃料加工施設における設計基準事故

MOX燃料加工施設においては、閉じ込め機能の不全(グローブボックス内における火災)を設計基準事故として選定し、事象発生時の荷重を検討した。

#### 4.2. 設計基準事故時に作用する荷重及びその荷重の継続時間について

##### (1) MOX粉末を取り扱うグローブボックス内での火災

###### ① 事象の概要

この事象は、露出した状態でMOX粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を保有しているグローブボックスにおいて火災が発生し、火災の影響を受けたMOX粉末が飛散し、外部に放射性物質が放出される事象を想定して評価している。消火ガスの放出中はグローブボックス排風機の運転により排気を維持し、グローブボックス内の負圧を維持する。火災は、グローブボックス消火装置及び延焼防止ダンパの作動により鎮火する。

###### ② 作用する荷重の有無及びその継続時間

この事象では、発生した火災により圧力が上昇したとしても、消火ガスの放出中はグローブボックス排風機の運転により排気を維持し、グローブボックス内の負圧を維持する。このため、グローブボックス内の圧力が、通常運転時に想定している圧力以上に上昇することはない。

#### 4.3. 設計基準事故時に作用する荷重と地震荷重の組合せについて

MOX粉末を取り扱うグローブボックス内での火災では運転時の状態を超える荷重が機器・配管に加わることはなく、地震荷重との組合せには不要である。

#### 5. まとめ

再処理施設における運転時の異常な過渡変化については、運転時の状態を超える荷重は作用しない。また、再処理施設における設計基準事故については、一部の事象については運転時の状態を超える荷重が機器・配管に加わるが、その荷重は短時間で終結すること及び事象の発生確率が低いことより、地震荷重と組合せる必要はないと評価した。

MOX燃料加工施設における設計基準事故については、運転時の状態を超える荷重は作用せず、また事象も短時間で終結することより、地震荷重と組合せる必要はないと評価した。

第2.2-1表 運転状態と地震動との組合せの確率評価

発生確率		1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)				$S_1$	$S_2$						
基準地震動 $S_1$ との組合せ	従属事象	$S_1$ 従属									
	独立事象	1分以内									$S_1 + II$
		1時間以内						$S_1 + II$			$S_1 + III$
		1日以内						$S_1 + II$	$S_1 + III$		$S_1 + IV$
		1年以内			$S_1 + II$		$S_1 + III$		$S_1 + IV$		
基準地震動 $S_2$ との組合せ	従属事象	$S_2$ 従属									
	独立事象	1分以内	( $S_2 + II$ は $10^{-9}$ 以下となる)								
		1時間以内									$S_2 + II$
		1日以内						$S_2 + II$			$S_2 + III$
		1年以内			$S_2 + II$		$S_2 + III$		$S_2 + IV$		

- 注：(1) 発生確率から見て  
 ← 組合せが必要なもの。  
 ←…… 発生確率が  $10^{-7}$ 以下となり組合せが不要となるもの。
- (2) 基準地震動  $S_2$  の発生確率は  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  / サイト・年と推定されるが、ここでは  $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$  / サイト・年を用いた。
- (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

出典：原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601・補-1984

第3.3-1表 再処理施設における設計基準事故に伴う荷重と地震荷重との組合せ

分類	設計基準事故	事故時荷重の 継続時間	事象発 生確率	地震の 発生確率	事故時荷重と地震荷 重の組合せの要否*1
火災	プルトニウム精 製設備のセル内 での有機溶媒火 災	$3.5 \times 10^{-6}$ 年 (110 秒)	—*3	Sd : $10^{-3}$ /年 Ss : $10^{-4}$ /年	組合せ不要 ( $10^{-7}$ /年以下)
爆発	プルトニウム濃 縮缶での TBP 等 の錯体の急激な 分解反応	$4.8 \times 10^{-8}$ 年 (約 1.5 秒)	—*3		組合せ不要 ( $10^{-7}$ /年以下)
臨界	溶解槽における 臨界	$6.7 \times 10^{-6}$ 年 (3.5 分)	—*3		組合せ不要 ( $10^{-7}$ /年以下)
漏えい	高レベル廃液貯 蔵設備の配管か らセルへの漏え い	—*2	—*2		—*2
漏えい	高レベル廃液ガ ラス固化設備で の溶融ガラスの 漏えい	$2.8 \times 10^{-3}$ 年 (1 日)	$10^{-6}$ /年		組合せ不要 ( $10^{-7}$ /年以下)
使用済燃料 集合体等の 破損	使用済燃料の受 入れ施設及び貯 蔵施設での使用 済燃料集合体落 下	$1.9 \times 10^{-6}$ 年 <u>(1 分)</u>	—*3		組合せ不要 <u>(<math>10^{-7}</math>/年以下)</u>
短時間の全 交流動力電 源の喪失	短時間の全交流 動力電源の喪失	$5.8 \times 10^{-5}$ 年 (30 分)	—*3		組合せ不要 ( $10^{-7}$ /年以下)

\*1 : 地震の発生確率×事象発生確率×継続時間 $\leq 10^{-7}$ /年以下であれば事故時荷重と地震荷重の組合せは不要。

\*2 : 当該事象では運転時の状態を超える荷重が機器・配管に加わることはない。

\*3 : 当該事象の事故発生確率を考慮しなくても地震荷重との組合せの確率評価上で $10^{-7}$ /年以下となることは明らかであるので事象の発生確率の表記は省略。

第4.3-1表 MOX燃料加工施設における設計基準事故に伴う荷重と地震荷重との組合せ

分類	設計基準事故	事故時荷重の 継続時間	事象発 生確率	地震の 発生確率	事故時荷重と地震荷 重の組合せの要否*1
火災	グローブボックス ス内火災	—*2	—*3	Sd : $10^{-3}$ /年 Ss : $10^{-4}$ /年	—*2

\*1 : 地震の発生確率×事象発生確率×継続時間 $\leq 10^{-7}$ /年以下であれば事故時荷重と地震荷重の組合せは不要。

\*2 : 当該事象では運転時の状態を超える荷重が機器・配管に加わることはない。

\*3 : 当該事象の事故発生確率を考慮しなくても地震荷重との組合せの確率評価上で $10^{-7}$ /年以下となることは明らかであるので事象の発生確率の表記は省略。

## 添付 1

再処理施設において設計基準事故としなかった事象の  
発生時の荷重と地震荷重との組合せについて

## 1. はじめに

再処理施設において設計基準事故時に発生する事故時荷重の有無及び荷重の継続時間を評価し、地震荷重との組合せの要否について示した。ここで評価を行った事象は、事象の発生時における公衆への線量影響の大きさを基準に選定した事象である。

本資料では、事象発生時の機器・配管系に加わる荷重の観点から、設計基準事故に選定しなかった事象について、事象発生時の荷重の有無及び地震荷重との組合せの要否について評価するものである。

## 2. 設計基準事に選定しなかった事象の抽出

再処理施設における設計基準事故の選定フローを図1に示す。設計基準事故の選定においては、運転時の異常な過渡変化の選定で検討した事象が波及・拡大した事象、配管等の破損による漏えい、使用済燃料集合体の落下等の事象を候補事象として洗い出しており、それらの候補事象の中から安全設計の妥当性を評価する観点から安全設計上想定すべき事象を選定し、さらにその中から最も厳しい事象を設計基準事故として選定している。

本資料では、選定の過程で設計基準事故としなかった候補事象及び類似事象を対象として、事象発生時の荷重の評価を行う。

## 3. 設計基準事に選定しなかった事象の事象発生時の荷重の検討

### 3.1 設計基準事故の候補事象

設計基準事故の選定の過程で設計基準事故から除外した候補事象について、事象発生時の荷重の有無及び事象発生時の荷重が作用する場合は地震荷重との組合せの要否を以下に示す。

#### ① 十分な事故防止対策に加えて事象の進展速度がおそいため、設計基準事故とする必要のない事象（候補事象①）

これらの事象の中には、事象発生の起因として加熱能力の増加や冷却能力の低下による槽内液の温度上昇等を考慮するものがあるが、事象の進展が緩慢で検知計や運転員対応により異常の検知及び復旧が可能なことから、設計基準事故に至ることはない。仮に運転時の状態を超える温度及び圧力が作用したとしても、その状態は短時間で復旧するため、地震荷重と事象発生時の荷重の組合せは不要である。

#### ② 十分な事故防止対策に加えて十分な点検管理で健全性が確認できるため、設計基準事故とする必要のない事象（候補事象②）

これらの事象は、還元ガス中の水素濃度上昇による爆発、使用済燃料集合体のキャスク等の取扱時の破損、溶液の誤移送による臨界等の事象を想定している。いずれの事象も発生防止対策に加えて運転員による監視・確認が行われるため、設計基準事故に至ることはない。したが



って、運転時の状態を超える温度及び圧力は作用せず、事象発生時の荷重の考慮は不要である。

- ③ 影響緩和対策を期待しなくとも、評価の判断基準を超えないことが明らかなため、設計基準事故とする必要のない事象（候補事象③）

これらの事象は、公衆への被ばくの観点から、影響緩和対策を期待しなくとも設計基準事故の判断基準に至らないことが明らかとしている事象である。これらについては、仮に地震荷重の作用により破損または機能喪失に至ったとしても、公衆への影響が小さいことが明らかであるため、事象発生時の荷重との重ね合わせによる影響評価の必要はないと考える。

- ④ 短時間の全動力電源の喪失に伴う機能喪失及びその後の動力電源の復帰により放射性物質の放出に至らない事象（候補事象④）

これらの事象は、全動力電源の喪失に伴う水素掃気機能及び冷却機能並びに閉じ込め機能の喪失により、水素濃度上昇や温度上昇が発生する。しかし、これらの安全機能は30分後に非常所用内電源システムの起動により回復し、その間に水素爆発や溶液等の沸騰に至ることはなく事象が終止するため、本文に記載したとおり地震荷重との組合せは不要である。

- ⑤ 短時間の全動力電源の喪失に伴う機能喪失及びその後の動力電源の復帰に伴い放出される放射性物質による線量の観点で、再処理施設全体に対する寄与が十分に小さい事象（候補事象⑤）

本事象は、せん断機の気相中に飛散して浮遊する使用済燃料の微粉が公衆への被ばくの観点から、影響緩和対策を期待しなくとも設計基準事故の判断基準に至らないことが明らかな事象である。これらについては、仮に地震荷重の作用により破損または機能喪失に至ったとしても、公衆への影響が小さいことが明らかであるため、事象発生時の荷重との重ね合わせによる影響評価の必要はないと考える。

### 3.2 設計基準事故の類似事象

安全設計上想定すべき事象として選定した事象が分類項目ごとに2つ以上ある場合には、事象の内容と拡大防止対策との関連で最も厳しい事象を代表として設計基準事故を選定した。設計基準事故の選定における代表事象の選定に当たっては、事象の厳しさ（異常が波及、拡大した場合の公衆の線量影響の観点）を考慮して選定しており、事故時荷重の観点で事象の厳しさを考慮したものではない。したがって、代表以外の類似事象についても、事象発生時の荷重の有無及び事象発生時の荷重が作用する場合は地震荷重との組合せの可否を評価した。以下に評価結果を示す。

- ① 火災（「プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災」の類似事象）

この分類項目に属する事象は、いずれもセルまたは室内での有機溶媒火災を想定している。この場合、燃焼する有機溶媒の量は最大でも100L程度を想定しており、火災による圧

力上昇は数分以内で終結するものと考えられ、その後セル等内部の燃焼ガスの排気系への流出により速やかに負圧が回復し、圧力上昇による運転時の状態を超える荷重は短時間で終結することから、地震荷重と事象発生時の荷重の組合せは不要である。

- ② 漏えい（「高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい」及び「高レベル廃液ガラス固化設備での溶融ガラスの漏えい」の類似事象）

この分類項目に属する事象は、漏えいした放射性物質が設計上想定された漏えい量を超えることはないことから、運転時の状態を超える荷重が機器・配管に加わることはない。

- ③ 使用済燃料集合体等の破損（「使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下」の類似事象）

この事象では、使用済燃料集合体や混合酸化物貯蔵容器等の落下を想定するが、十分な落下防止対策に加え、落下時に荷重が加わる時間はごく短時間であることから、地震の発生確率を考慮した場合、地震荷重と事象発生時の荷重の組合せは不要である。

#### 2.4 設計基準事故の候補事象及び類似事象によって作用する荷重と地震荷重の組合せについて

設計基準事故の候補事象及び類似事象について、分類項目ごとに事象発生時に運転時の状態を超える荷重の有無をまとめた結果を表1に示す。いずれの事象においても運転時の状態を超える荷重は作用せず、あるいは運転時の状態を超える荷重が作用したとしても、事象の継続時間は短時間であり地震荷重との組み合わせを考慮する必要はない。

#### 参考文献

日本原燃，三菱重工業．「再処理施設の設計基準事象選定」．2018，J/M-1004 改7

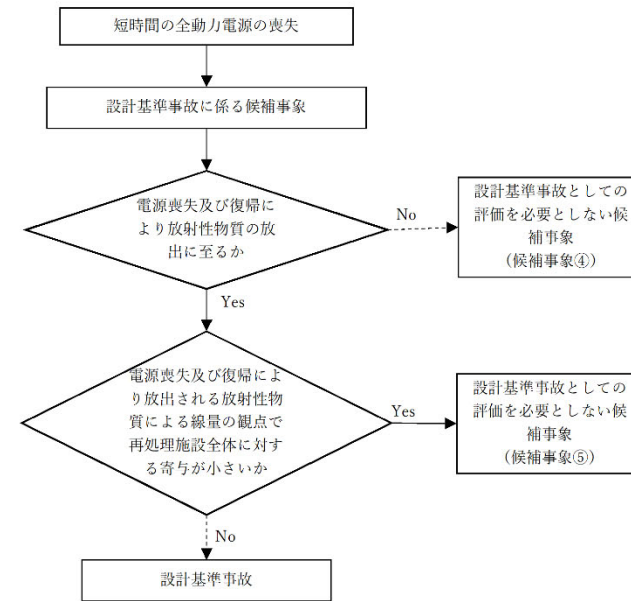
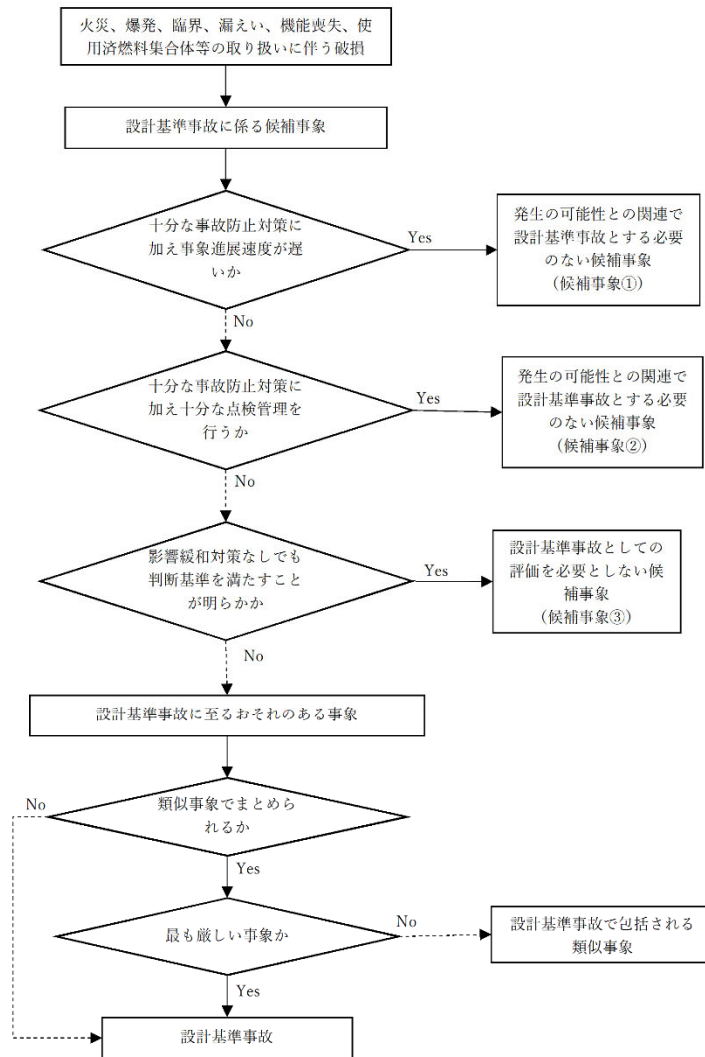


図1 設計基準事故の選定フロー

表1 設計基準事故の候補事象及び類似事象の事象発生時の荷重と地震荷重の組合せ (1 / 4)

分類項目	事象の例			事象発生時の荷重
火災	候補事象	候補事象①	・ジルコニウム粉末火災	有機溶媒火災については、事象の進展が緩慢で、検知計や運転員対応により異常の検知及び復旧が可能なことから火災に至ることはなく、地震荷重との組合せは不要である。またジルコニウム粉末が火災に至ることはない。
			・有機溶媒火災	
		候補事象②	(該当なし)	＝
	設計基準事故に至る恐れのある事象	類似事象	・セル内での有機溶媒火災	仮に事象発生したとしても公衆への影響が小さいことが明らかであるため、事象発生時の荷重との重ね合わせによる影響評価は不要である。
			・室内での火災	
設計基準事故に至る恐れのある事象	設計基準事故	・セル内での有機溶媒火災	仮に機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わったとしても、事象の継続時間を考慮すると、地震荷重との組合せは不要である。	
		・プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災		
爆発	候補事象	候補事象①	・水素爆発	放射線分解水素の濃度が上昇したとしても、爆発に至る前に予備機の起動や運転員対応が可能な時間余裕があることから、運転時の状態を超える温度及び圧力は作用しない。
			・T B P等の錯体の急激な分解反応	
		候補事象②	(該当なし)	＝
	設計基準事故に至る恐れのある事象	類似事象	・水素爆発	仮に事象発生したとしても公衆への影響が小さいことが明らかであるため、事象発生時の荷重との重ね合わせによる影響評価は不要である。
			・有機化合物／硝酸の爆発	
設計基準事故に至る恐れのある事象	設計基準事故	(該当なし)	仮に機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わったとしても、事象の継続時間を考慮すると、地震荷重との組合せは不要である。	
		・プルトニウム濃縮缶でのT B P等の錯体の急激な分解反応		

候補事象①：信頼性の高い自動起動の予備系の作動により、安全機能が維持されるため、設計基準事故とする必要のない事象

候補事象②：変動が十分緩慢な事象で通常の運転管理によって施設の安全性が確実に維持できるため、設計基準事故とする必要のない事象

候補事象③：影響緩和対策を期待しなくとも、評価の判断基準を超えないことが明らかため、設計基準事故とする必要のない事象

類似事象：公衆への線量影響の観点で設計基準事故に包括される事象

表1 設計基準事故の候補事象及び類似事象の事象発生時の荷重と地震荷重の組合せ (2/4)

分類項目	事象の例		事象発生時の荷重
臨界	候補事象	候補事象① ・臨界 ・漏えいした溶液の臨界 等	事象が発生したとしても臨界に至ることはない。あるいは複数の検知系による自動停止あるいは運転員対応が可能であり臨界に至ることはなく、運転時の状態を超える荷重が機器・配管に作用することはない。
		候補事象② ・誤移送による下流機器での臨界 ・保管容器、粉末缶及び混合酸化物貯蔵容器の異常接近による臨界 等	単一誤操作で誤移送が発生しないように、溶液中の核燃料物質濃度を2回のサンプリング分析による確認及び施錠管理を実施する設計としている。 また、各搬送機器は設置された軌道上を移動するとともに、臨界安全管理をした所定の位置に搬送する設計としている。 以上より、臨界に至ることはなく、運転時の状態を超える荷重が機器・配管に作用することはない。
		候補事象③ (該当なし)	＝
	設計基準事故に至る恐れのある事象	類似事象 (該当なし)	＝
		設計基準事故 ・溶解槽における臨界	本文に記載（仮に機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わったとしても、事象の継続時間を考慮すると、地震荷重との組合せは不要である。）
漏えい	候補事象	候補事象① ・ライニング溶接部からの漏えい（燃料貯蔵プール等）	漏えい事象により運転時の状態を超える荷重が機器・配管に作用することはない。
		候補事象② (該当なし)	＝
		候補事象③ ・配管からの漏えい ・粉体の漏えい	漏えい事象により運転時の状態を超える荷重が機器・配管に作用することはない。
	設計基準事故に至る恐れのある事象	類似事象 ・配管からセルへの漏えい	漏えい事象により運転時の状態を超える荷重が機器・配管に作用することはない。
		設計基準事故 ・高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい ・高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい	本文に記載（漏えい事象により運転時の状態を超える荷重が機器・配管に作用することはない。仮に機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わったとしても、事象の継続時間を考慮すると、地震荷重との組合せは不要である。）

候補事象①：信頼性の高い自動起動の予備系の作動により、安全機能が維持されるため、設計基準事故とする必要のない事象

候補事象②：変動が十分緩慢な事象で通常の運転管理によって施設の安全性が確実に維持できるため、設計基準事故とする必要のない事象

候補事象③：影響緩和対策を期待しなくとも、評価の判断基準を超えないことが明らかため、設計基準事故とする必要のない事象

類似事象：公衆への線量影響の観点で設計基準事故に包括される事象

表1 設計基準事故の候補事象及び類似事象の事象発生時の荷重と地震荷重の組合せ(3/4)

分類項目	事象の例			事象発生時の荷重
機能喪失	候補事象	候補事象①	・浄化停止による閉じ込め機能の喪失 ・冷却停止による閉じ込め機能の喪失 等	水封喪失により運転時の状態を超える温度及び圧力は作用しない。 または予備機の起動あるいは運転員対応が可能であり、通常の運転状態を維持できることから、運転時の状態を超える温度及び圧力は作用しない。
		候補事象②	(該当なし)	二
		候補事象③	(該当なし)	二
	設計基準事故に 至る恐れのある事象	類似事象	(該当なし)	二
		設計基準事故	(該当なし)	二
使用済燃料集合体等の破損	候補事象	候補事象①	(該当なし)	二
		候補事象②	・キャスクの取扱に伴う使用済燃料集合体の落下による破損 ・バスケットの取り扱いに伴う使用済燃料集合体の破損	十分な事故防止対策によりキャスク等の落下は考えられず、運転時の状態を超える温度及び圧力は作用しない。
		候補事象③	・ウラン酸化物貯蔵容器又は貯蔵バスケットの落下 ・混合酸化物貯蔵容器の落下	仮に落下したとしても落下時に荷重が加わる時間はごく短時間であることから、地震荷重との組合せは不要である。
	設計基準事故に 至る恐れのある事象	類似事象	・燃料供給設備での使用済燃料集合体落下	仮に落下したとしても落下時に荷重が加わる時間はごく短時間であることから、地震荷重との組合せは不要である。
		設計基準事故	・使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下	本文に記載（仮に落下したとしても落下時に荷重が加わる時間はごく短時間であることから、地震荷重との組合せは不要である。）

候補事象①：信頼性の高い自動起動の予備系の作動により、安全機能が維持されるため、設計基準事故とする必要のない事象

候補事象②：変動が十分緩慢な事象で通常の運転管理によって施設の安全性が確実に維持できるため、設計基準事故とする必要のない事象

候補事象③：影響緩和対策を期待しなくとも、評価の判断基準を超えないことが明らかなため、設計基準事故とする必要のない事象

類似事象：公衆への線量影響の観点で設計基準事故に包括される事象

表1 設計基準事故の候補事象及び類似事象の事象発生時の荷重と地震荷重の組合せ(4/4)

分類項目	事象の例		事象発生時の荷重	
短時間の全動力電源の喪失	候補事象	候補事象④	・短時間の全交流動力電源の喪失に伴う水素掃気機能の喪失 ・短時間の全交流動力電源の喪失に伴う冷却機能の喪失 等	30分の全交流動力電源の喪失の間に、水素爆発や沸騰に至ることはなく、地震荷重との組合せは不要である。
		候補事象⑤	・短時間の全交流動力電源の喪失に伴うせん断機での閉じ込め機能の喪失	せん断機の閉じ込め機能喪失による運転時の状態を超える温度及び圧力は作用しない。
	設計基準事故に至る恐れのある事象	類似事象	(該当なし)	二
		設計基準事故	・短時間の全交流動力電源の喪失に伴うガラス熔融炉での閉じ込め機能の喪失	本文に記載(仮に機器・配管に運転時の状態を超える荷重が加わったとしても、事象の継続時間を考慮すると、地震荷重との組合せは不要である。)

候補事象④：短時間の全動力電源の喪失に伴う機能喪失及びその後の動力電源の復帰により放射性物質の放出に至らない事象

候補事象⑤：短時間の全動力電源の喪失に伴う機能喪失及びその後の動力電源の復帰に伴い放出される放射性物質による線量の観点で、再処理施設全体に対する寄与が十分に小さい事象

類似事象：公衆への線量影響の観点で設計基準事故に包括される事象

## 添付 2

MOX燃料加工施設において設計基準事故としなかった事象の

発生時の荷重と地震荷重との組合せについて



## 1. はじめに

MOX燃料加工施設において設計基準事故時に発生する事故時荷重の有無及び荷重の継続時間を評価し、地震荷重との組合せの要否について示した。ここで評価を行った事象は、事象の発生時における公衆への線量影響の大きさを基準に選定した事象である。

本資料では、事象発生時の機器に加わる荷重の観点から、設計基準事故に選定しなかった事象について、事象発生時の荷重の有無及び、地震荷重との組合せの要否について評価するものである。

## 2. 設計基準事故の選定

### 2.1 設計基準事故の選定フロー

設計基準事故の選定フローを図1に示す。安全上重要な施設ごとの安全機能の整理と機能喪失により発生する事故の分析を行い、異常事象の発生を想定する際の条件による安全機能喪失状態を特定することで、想定すべき異常事象及びその発生を想定する機器を抽出する。抽出した異常事象の中から、その異常事象の発生によりMOX燃料加工施設から多量の放射性物質が放出するおそれがある事象を設計基準事故として選定している。

### 2.2 抽出した異常事象の検討

前項で抽出した異常事象を、発生の可能性との関連において想定される異常事象として発生を想定した上で、当該事故に対する拡大防止対策等の機能により、公衆に著しい放射線被ばくを与えないことを確認するために、設計基準事故を選定している。この段階で設計基準事故の選定から除外した候補事象について、事象発生時の荷重の有無及び荷重が作用する場合は地震荷重との組合せの要否を評価した。評価結果を以下に示す。

#### ① グローブボックス内でのMOX粉末の飛散

容器を取り扱う動的機器の故障により落下防止機能又は転倒防止機能を喪失し、容器が落下又は転倒することでグローブボックス内にMOX粉末が飛散すること事象を想定している。グローブボックス内にMOX粉末が飛散することによるグローブボックス内圧力の上昇はなく、容器が落下又は転倒することによる荷重も極短時間のものであることから、事象発生時の荷重の考慮は不要である。

#### ② グローブボックスの破損

グローブボックス内で容器を取り扱う機器の故障により、容器の落下防止機能又は転倒防止機能を喪失する事象を想定している。しかしながら、グローブボックス缶体はステンレス鋼製であるため、容器が落下又は転倒してもグローブボックス缶体は破損しない。また、落下又は

転倒した容器が内装機器の架台等による干渉や容器を取り扱う機器とパネルの間の距離の確保により、グローブボックスのパネルに直接衝突することがないことから、容器の落下又は転倒によりグローブボックスが破損することはないため、事故の発生は想定されない。そのため、事象発生時の荷重の考慮は不要である。

以上より、抽出した異常事象については、事象発生時の荷重を考慮した耐震評価は不要である。

### 2.3 設計基準事故の類似事象

MOX燃料加工施設では、MOX粉末を露出した状態で取り扱い、火災源となる潤滑油を保有する機器を設置するグローブボックスにおいて火災が発生し、火災の影響を受けた粉末容器内のMOX粉末が飛散し、外部に放射性物質が放出される事象を、設計基準事故として選定している。対象となるグローブボックスは8基あり、評価としての代表事例として設計基準事故の評価の各項目において最も厳しい結果を与えるグローブボックスとして、回収粉末処理・混合装置グローブボックスを代表として選定している。

当該グローブボックス以外における火災は、いずれもグローブボックス内での火災を想定しており、事象進展は設計基準事故の代表事象として選定した事象と変わることはない。そのため、地震荷重と事象発生時の荷重の組合せは、設計基準事故の代表事象として選定した事象と同様に不要である。

ステップ1：  
設備ごとの安全機能の整理と  
機能喪失により発生する事故の分析

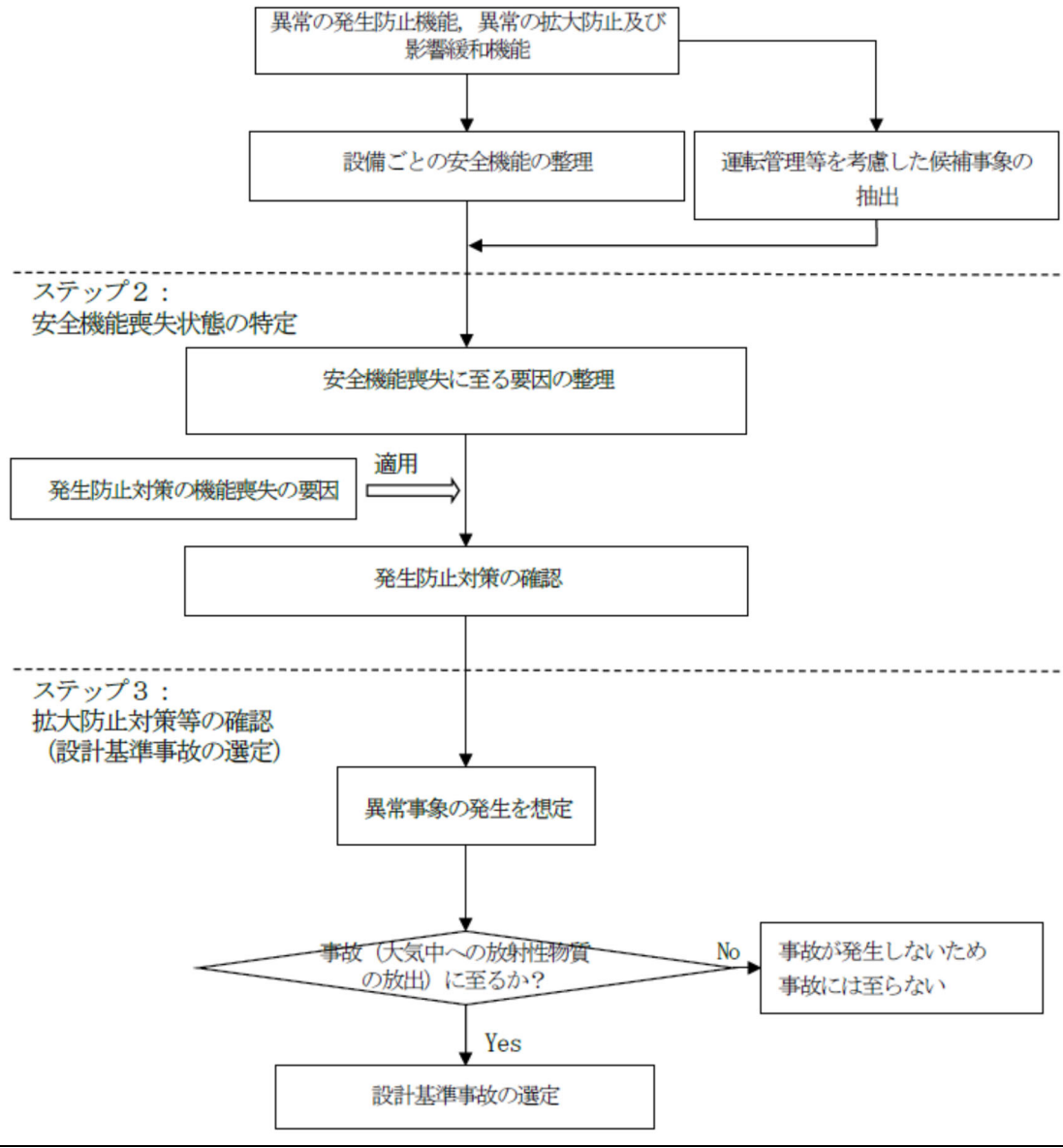


図1 設計基準事故の選定フロー