

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 22 R0
提出年月日	令和 3 年 12 月 22 日

設工認に係る補足説明資料

地震力と事故時荷重の組合せについて

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 地震力と組合せる事故時荷重について	1
3. 運転時の異常な過渡変化によって作用する荷重について	2
3.1 運転時の異常な過渡変化に係る事象の検討及び選定	2
3.2 運転時の異常な過渡変化によって作用する荷重及びその荷重の継続時間について	3
3.3 運転時の異常な過渡変化によって作用する荷重と地震荷重の組合せについて	7
4. 設計基準事故によって作用する荷重について	7
4.1 設計基準事故に係る事象の検討及び選定	7
4.2 設計基準事故によって作用する荷重及びその荷重の継続時間について	8
4.3 設計基準事故によって作用する荷重と地震荷重の組合せについて	11
5. まとめ	12

1. 概要

本資料は、再処理施設の安全評価において検討した「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」について、事象によって発生する荷重と地震荷重との組合せの必要性について補足説明するものである。

ここでは、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評価し、地震荷重との組合せの要否について示す。

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

再処理施設の安全機能を有する施設に適用する荷重の組合せについて、地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

- a. 運転時の状態で施設に作用する荷重
- 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
- c. 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、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を計算条件として、耐震評価を行っている。運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故についても同様に、事象によって発生する温度及び圧力により荷重が加わるが、その温度及び圧力が、当該設備の最高使用温度及び最高使用圧力を超えることがなければ、当該事象による荷重は運転時の状態で作用する荷重に含まれるため、事故時荷重として組合せる必要はない。

運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の発生による温度及び圧力が当該設備の最高使用温度及び圧力を上回る場合は、運転時の状態を超える事故時荷重として地震力との組合せを検討する。

3. 項以降にて、再処理施設において評価した運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故について、事象発生時に温度及び圧力が当該機器・配管系の最高使用温度及び最高使用圧力以内の状態（以下、「運転時の状態」という。）を超える荷重の有無を確認し、運転時の状態を超える荷重が生じる場合には、荷重の継続時間により地震力との組合せの要否を判断する。

2.2. 地震力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。

再処理施設で選定・評価した運転時の異常な過渡変化及び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における、荷重の組合せに関する記載では、「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、継続時間が短いこと考えれば、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。」とされている。(第2.2-1表参照)

第2.2-1表では、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なっている。

(2) 再処理施設における地震の発生確率

再処理施設における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頻度及び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、地震力と事故時荷重の組合せは不要である。

3. 運転時の異常な過渡変化によって作用する荷重について

3.1. 運転時の異常な過渡変化に係る事象の検討及び選定

運転時の異常な過渡変化は、運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態を洗い出し、それらの事象を第3.1-1表に示す分類項目で整理するとともに、当該状態が継続した場合には温度、圧力、流量その他の運転状態が安全設計上許容される範囲を超え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た。また、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、以下に示す事象を運転時の異常な過渡変化として選定し、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逆抽出塔での逆抽出用液の流量低下による有機溶媒の温度異常上昇（以下、「プルトニウム精製設備の逆抽出塔での有機溶媒の温度異常上昇」という。）
- (2) 高レベル廃液処理設備の高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶での一次蒸気の流量増大による加熱蒸気の温度異常上昇（以下、「高レベル廃液濃縮缶における加熱蒸気の温度異常上昇」という。）
- (3) ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の焙焼・還元系の還元炉での還元用窒素・水

素混合ガス（以下、「還元ガス」という。）中の水素濃度異常上昇（以下、「ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の還元炉での還元ガス中の水素濃度異常上昇」という。）

- (4) 分配設備のプルトニウム分配塔，プルトニウム洗浄器での還元剤の流量低下によるプルトニウム濃度異常上昇（以下、「分配設備のプルトニウム洗浄器におけるプルトニウム濃度異常上昇」という。）
- (5) 高レベル廃液処理設備の高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶凝縮器での冷却能力の低下による廃ガス中蒸気量の増大（以下、「高レベル廃液濃縮缶凝縮器での冷却能力の低下による廃ガス中蒸気量の増大」という。）
- (6) ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の焙焼・還元系の還元炉の温度異常上昇（以下、「ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の還元炉の温度異常上昇」という。）
- (7) 外部電源喪失

3.2. 運転時の異常な過渡変化によって作用する荷重及びその継続時間について

(1) プルトニウム精製設備の逆抽出塔での有機溶媒の温度異常上昇

① 事象の概要

この過渡変化は、プルトニウム精製設備の逆抽出塔の運転中に、プルトニウム洗浄器から逆抽出塔へ逆抽出用液を供給する系統が何らかの原因により故障し、逆抽出用液の供給流量が低下することにより、温水で加熱されている逆抽出用液の温度が上昇し、逆抽出塔内の有機溶媒の温度が上昇する事象である。

逆抽出塔への逆抽出用液の供給流量低下により、温水で加熱されている逆抽出用液の温度は50℃から約80℃に上昇する。その結果、逆抽出塔内の有機溶媒温度が上昇するが「塔内液温高」信号のインターロック（設定温度69℃）が作動することにより加熱温水の供給が停止される。有機溶媒の温度は69℃を超えることはなく、最大許容限度（n-ドデカンの引火点）74℃を超えることなく安全に終止できる。

② 考慮する荷重

本事象では、逆抽出塔内の有機溶媒の温度の上昇により、逆抽出塔に熱的荷重が作用するが、設定値69℃を超える状態は、インターロックの作動により直ちに終結するため、逆抽出塔の最高使用温度及び耐震計算条件である69℃を超えることはない。また、逆抽出塔は塔槽類廃ガス処理設備により負圧（設定値0.55 kPa）に維持される設計としており、塔内の液温上昇に伴う蒸発量の増加による圧力変動の影響はなく、逆抽出塔の最高使用圧力（静水頭）を超えることはない。

以上より、本事象発生時に逆抽出塔の耐震評価で考慮されている運転時の状態を超える温度及び圧力は作用せず、事象発生時の荷重を考慮した耐震評価はこれに包絡されるものとする。

(2) 高レベル廃液濃縮缶における加熱蒸気の温度異常上昇

① 事象の概要

この過渡変化は、高レベル廃液処理設備の高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶の運転中に、加熱蒸気を供給する系統が何らかの原因により故障し、高レベル廃液濃縮缶の加熱蒸気の温度が異常に上昇する事象である。

高レベル廃液濃縮缶は、缶内温度約50℃、缶内圧力約6.9 kPa で運転する減圧蒸発方式である。加熱蒸気を供給する系統の蒸気発生器の一次蒸気の流量が増大すると、蒸気発生器で発生する高レベル廃液濃縮缶の加熱蒸気の温度が上昇し、「加熱蒸気温度高」信号のインターロック（設定値134℃）が作動することにより、一次蒸気（又は加熱蒸気）の供給は停止され、加熱蒸気は135℃を超えることなく、安全に終了できる。その結果、加熱蒸気が135℃のときの缶内溶液の温度は約52℃であり、最大許容限度（TBP等の錯体の急激な分解反応の開始温度）135℃を超えることはない。

② 考慮する荷重

本事象では、高レベル廃液濃縮缶の加熱蒸気の温度が上昇することにより高レベル廃液濃縮缶の加熱・冷却コイル部の温度が上昇するが、加熱蒸気温度が設定値134℃を超える状態は、インターロックの作動により直ちに終結するため、高レベル廃液濃縮缶の加熱・冷却コイル部の最高使用温度及び耐震計算条件である140℃を超えることはない。また、加熱蒸気の温度上昇に伴い加熱蒸気の圧力が上昇しても、蒸気発生器及びコイルに設けた蒸気逃がし弁が作動し、過度の圧力上昇を防止する設計としており、最高使用圧力0.98 kPa を超えることはない。

また、高レベル廃液濃縮缶の缶内溶液温度は約52℃まで上昇するが、高レベル廃液濃縮缶の通常運転温度範囲（約45～55℃）内であり、本体部の温度及び圧力が運転時の耐震計算条件（最高使用温度100℃及び最高使用圧力0.101MPa（外圧））を超えることはない。

以上より、本事象発生時に高レベル廃液濃縮缶の耐震評価で考慮されている運転時の状態を超える温度及び圧力は作用せず、事象発生時の荷重を考慮した耐震評価はこれに包絡されるものとする。

(3) ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の還元炉での還元ガス中の水素濃度異常上昇

① 事象の概要

この過渡変化は、ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の焙焼・還元系の還元炉の運転中に、還元ガスを製造する還元ガス供給系の水素ガスの流量制御系統が何らかの原因により故障し、還元ガス中の水素濃度が上昇する事象である。

還元ガス受槽に供給される還元ガス中の水素濃度が上昇すると、「水素濃度高」信号

により還元ガスの供給停止インターロック（設定値6.0v o 1%）が作動し、還元炉への還元ガスの供給が停止される。その結果、還元炉へ供給される還元ガス中の水素濃度が最大許容限度（還元ガス中の可燃限界濃度）6.4v o 1%を超えることはない。

② 考慮する荷重

本事象では、還元ガス中の水素濃度は上昇するが、機器・配管の温度及び圧力の変化はなく、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。

(4) 分配設備のプルトニウム洗浄器におけるプルトニウム濃度異常上昇

① 事象の概要

この過渡変化は、分配設備のプルトニウム分配塔の運転中に、還元剤を供給する系統が何らかの原因により故障し、還元剤の供給が停止することによりプルトニウムが3価に還元されないため有機相から分離されることなく、ウランとともに有機相に保持されたまま、プルトニウム洗浄器に移送され、そこでプルトニウム濃度が上昇する事象である。

プルトニウム分配塔への還元剤の供給が停止すると、プルトニウム洗浄器水相中のプルトニウム濃度が上昇するが、中性子検出器の「計数率高」信号（プルトニウム濃度7.0 g Pu/Lに相当）によりプルトニウム洗浄器への有機溶媒の移送が自動的に停止される。その結果、プルトニウム洗浄器水相中のプルトニウム濃度は、最大許容限度（プルトニウム洗浄器水相の未臨界濃度）7.5 g Pu/Lを超えることはない。

② 考慮する荷重

本事象では、プルトニウム洗浄器水相中のプルトニウム濃度は上昇するが、温度及び圧力の変化はなく、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。

(5) 高レベル廃液濃縮缶凝縮器での冷却能力の低下による廃ガス中蒸気量の増大

① 事象の概要

この過渡変化は、高レベル廃液処理設備の高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶の運転中に、高レベル廃液濃縮缶の蒸気を凝縮する高レベル廃液濃縮缶凝縮器への冷却水の供給が何らかの原因により停止し、高レベル廃液濃縮缶の蒸気が未凝縮のまま、塔槽類廃ガス処理設備に移送される事象である。

高レベル廃液濃縮缶は、缶内温度約50℃、缶内圧力約6.9k Paで運転する減圧蒸発方式である。高レベル廃液濃縮缶凝縮器の凝縮機能が停止すると、高レベル廃液濃縮缶で発生した蒸気が凝縮されずに排気側に流れるため、「凝縮器排気側出口温度高」信号（設定値51℃）で一次蒸気の供給停止インターロックが作動する。その結果、高レベル廃液濃縮缶の沸騰が停止し、放射性物質の有意な放出はない。

② 考慮する荷重

本事象では高レベル廃液濃縮缶凝縮器での冷却能力の低下により、高レベル廃液濃縮缶で発生した蒸気が凝縮されずに排気側に流れ、廃ガスの廃棄能力を超える蒸気量となるため、濃縮缶内圧力が上昇する。しかし、高レベル廃液濃縮缶内の圧力上昇により缶内の溶液の沸点が上昇し、沸騰が停止する。同時に「凝縮器排気側出口温度高」信号により加熱蒸気が停止するため、缶内の溶液が再沸騰することはない、圧力はほぼ大気圧となり、最高使用圧力 (0.101MP a (外圧)) を超えることはない。

以上より、本事象発生時に高レベル廃液濃縮缶の耐震評価で考慮されている運転時の状態を超える温度及び圧力は作用せず、事象発生時の荷重を考慮した耐震評価はこれに包絡されるものとする。

(6) ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の還元炉の温度異常上昇

① 事象の概要

この過渡変化は、ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の焙焼・還元系の還元炉の運転中に、ヒータ電流の制御系統が何らかの原因により故障し、還元炉内の温度が異常に上昇する事象である。

還元炉のヒータ部の温度が上昇すると、「ヒータ部温度高」信号 (設定値890℃) によりヒータへの通電停止インターロックが作動し、還元炉のヒータ加熱が自動的に停止される。その結果、還元炉の炉心管の温度は、最大許容限度としている機器の閉じ込めを形成する材料の最高使用温度899℃を超えることはない。

② 考慮する荷重

本事象では、還元炉の炉心管の温度の上昇による熱的荷重が作用する可能性があるが、設定値890℃を超える状態は、インターロックの作動により直ちに終結するため、加熱停止後の炉心管温度のオーバーシュートを考慮しても運転時の状態を超える有意な荷重が加わることはない。また、還元炉の加熱運転中は、還元炉内に還元ガスを供給するとともに、反応後のガスは塔槽類廃ガス処理設備に排出される設計としており、還元炉の炉心管の温度が上昇したとしても還元ガスの供給及び塔槽類廃ガス処理設備への排出の状態は変わることはなく、通常時の還元炉の圧力状態のままである。

以上より、本事象発生時に還元炉の運転時の耐震評価で考慮されている運転時の状態を超える温度及び圧力は作用せず、事象発生時の荷重を考慮した耐震評価はこれに包絡されるものとする。

(7) 外部電源喪失

① 事象の概要

この過渡変化は、電力系統の故障、外部電源系統の故障等により外部電源の一部又は全部が喪失し、運転状態が乱されるような事象である。

外部電源が喪失することにより、各設備の各工程は、運転停止の状態に移行する。一方、各工程の安全維持に必要な安全冷却水系、安全圧縮空気系、塔槽類廃ガス処理設備、安全維持に必要な換気設備の排気系、計測制御設備等に必要な電力は、非常用所内電源系統により供給され、過渡変化は、安全に終止できる。

② 考慮する荷重

本事象では、非常用所内電源系統により設備の安全維持に必要な系統は維持されることから、崩壊熱による溶液の温度上昇等は発生せず、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。

3.3. 運転時の異常な過渡変化によって作用する荷重と地震荷重の組合せについて

前項で示した通り、運転時の異常な過渡変化の中には機器自体が過度に加熱されるものと、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、その結果、運転時の状態を超える荷重は作用しない。よって、地震力との組み合わせを考慮する必要はない。

4. 設計基準事故によって作用する荷重について

4.1. 設計基準事故に係る事象の検討及び選定

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洗い出した。また、洗い出した事象を第4.1-1表に示す分類項目で整理するとともに、安全設計の妥当性を確認する必要性のある事象を選定した。また、選定した事象が分類項目ごとに2つ以上ある場合には、事象の内容と影響緩和対策との関連で最も厳しい事象を代表として、以下に示す事象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。

- (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TBP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TBP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溶融ガラスの漏えい
- (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集体落下
- (7) 短時間の全交流動力電源の喪失

4.2. 設計基準事故によって作用する荷重及びその荷重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（ 0.07m^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n-ドデカンの引火点を超過し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圧力の負圧が回復する。火災は、防火ダンパ、消火装置の作動により鎮火する。

② 作用する荷重の継続時間

この事象では、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プルトニウム精製塔セル内の圧力が上昇し、最高約 11kPa [diff]の正圧となるが、この正圧となる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圧力の負圧が回復することから、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 0.07m^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 175°C 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に比べて有意な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 3.5×10^{-6} 年（110秒）である。

(2) プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応

① 事象の概要

プルトニウム濃縮缶に供給される硝酸プルトニウム溶液はTBP等の有機物を十分洗浄し除去する設計としているが、この事象はプルトニウム濃縮缶にTBP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、TBP等の混入量をより厳しく仮定して評価しても、高性能粒子フィルタの健全性は維持され、このTBP等の錯体の急激な分解反応は、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、終止できる。

② 作用する荷重の継続時間

この事象では、T B P等の錯体の急激な分解反応によりプルトニウム濃縮缶内の圧力が、57 k P a [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）で低下することから、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プルトニウム濃縮缶気相部は、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℃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 4.8×10^{-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。可溶性中性子吸収材緊急供給回路で臨界を検知すると、溶解槽に自動で硝酸ガドリニウム溶液が注入されることにより、溶解槽は3.5分以内に未臨界状態になり、臨界による溶液の蒸発も停止する。臨界に伴い新たに生成する放射性物質及び溶液の蒸発に伴う放射性物質が気相中に放出される。放射性物質を含む気体は、せん断処理・溶解廃ガス処理設備に移行する。また一部の放射性物質を含む気体は溶解槽水封部を経て前処理建屋換気設備の溶解槽セルからの排気系に移行する。

② 作用する荷重の継続時間

この事象では、即発臨界未満の臨界により溶液の温度が上昇し、発生する蒸気で溶解槽内の圧力は徐々に上昇するが、可溶性中性子吸収材緊急供給系の作動により臨界は3.5分以内で終了する。この時の蒸気発生率は60 k g / h（3.5分で3.5 k g）であるが、もともと運転時の状態のせん断処理・溶解廃ガス処理設備への蒸気移行率は110 k g / hであり、溶解槽内における急激な圧力上昇は考えられない。仮に臨界に伴う温度及び圧力の上昇により運転時の状態を超える有意な荷重が溶解槽及びせん断処理・溶解廃ガス処理設備の機器・配管に加わったとしても、その継続時間は 6.7×10^{-6} 年（3.5分）である。

(4) 高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい

① 事象の概要

この事象は、高レベル廃液の移送中に、何らかの原因により配管に貫通き裂が発生し、移送廃液が配管からセルの漏えい液受皿に漏えいすることを想定して評価している。運転員は、漏えい検知装置からの警報により漏えいを認知すると、速やかに送液停止操作を行い、漏えいした高レベル廃液を回収する。

② 作用する荷重の継続時間

この事象では、漏えいした高レベル廃液がセル内の漏えい液受皿に漏えいするが、多重化された漏えい検知系により漏えいを検知し漏えい停止措置を行うことから、設計上想定された漏えい量を超えることはなく、運転時の状態を超える有意な荷重が機器・配管に加わることはない。

(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

① 事象の概要

この事象は、ガラス熔融炉下の固化セル移送台車にガラス固化体容器が搭載されていない状態で、何らかの原因により流下ノズルが加熱され、熔融ガラスが固化セル移送台車上のパレットに誤流下することを想定して評価している。熔融ガラスの誤流下質量は、固化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 作用する荷重の継続時間

この事象では、高温の熔融ガラスがパレット上へ漏えいするが、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°C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ステンレス鋼・肉厚でできており、漏えいした熔融ガラスが1日以内に固化するまでの間、熔融ガラスを受ける機能は維持できるが、パレットに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 2.8×10^{-3} 年（約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、荷重が加わる時間はごく短時間であること、またライニングは万一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されていることから運転時の状態を超える有意な荷重が機器・配管に加わることはない。

(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 作用する荷重の継続時間

この事象では、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℃であることから運転時の状態を超える有意な荷重が機器・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る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、及び、安全冷却水系の停止に伴う冷却機能の喪失による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 5.8×10^{-5} 年（30分）である。

4.3. 設計基準事故によって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力の組合せの可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力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 2.8×10^{-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 $10^{-6}/h$ 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（ $10^{-12}/h$ 、約 $10^{-6}/年$ ）から、事故の発生確率はおおよそ $10^{-6}/年$ となり、Sd及びSs地震について

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

を満たすことから、事故時荷重との地震力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4.3-1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およそ $10^{-8}/h$ 程度となっている。

5. まとめ

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。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、地震力と組合せる必要はないと判断した。

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3.1-1表 運転時の異常な過渡変化に係る事象の分類項目

分類項目	説明	代表事象
火災への拡大	有機溶媒等の温度異常上昇による火災への波及，拡大を防止する。	・プルトニウム精製設備の逆抽出塔での有機溶媒の温度異常上昇
爆発への拡大	溶液の温度異常上昇又は水素濃度の異常上昇による爆発への波及，拡大を防止する。	・高レベル廃液濃縮缶における加熱蒸気の温度異常上昇 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の還元炉での還元ガス中の水素濃度異常上昇
臨界への拡大	核燃料物質の濃度の異常上昇又は質量の異常増加による臨界事故への波及，拡大を防止する。	・分配設備のプルトニウム洗浄器におけるプルトニウム濃度異常上昇
高レベル廃液等の冷却機能の低下	冷却機能の低下による溶液温度の異常上昇を防止する。	該当なし (発生防止対策による。)
機器の過加熱	過加熱による機器の損傷を防止する。	・ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の還元炉の温度異常上昇
塔槽類廃ガス処理設備への放射性物質の過度の移行	圧縮空気の過剰供給等による塔槽類廃ガス処理設備への放射性物質の過度の移行を防止する。	該当なし (最大許容限度に至るまでに十分な時間余裕がある。)
計画された放出経路外への放射性物質の過度の放出	塔槽類廃ガス処理設備の排気機能低下による閉じ込め系の機能（負圧維持機能）低下による計画された放出経路外への放射性物質の放出の増大を防止する。	該当なし (発生防止対策による。)
放射性物質の浄化機能の低下	濃縮缶又は精留塔の凝縮器での浄化機能（浄化に必要な冷却機能）の喪失による放射性物質の放出の増大を防止する。	・高レベル廃液濃縮缶凝縮器での冷却能力の低下による廃ガス中蒸気量の増大
外部電源喪失	外部電源が喪失した場合に，各種の機能の一時喪失が設計基準事故に波及，拡大することを防止する。	・外部電源喪失

第4.1-1表 設計基準事故に係る事象の類似事象の分類項目

分類項目	説明	代表事象
火災	火災に対するセルと換気設備の安全設計の妥当性を確認する。	・プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災
爆発	爆発に対する塔槽類と塔槽類廃ガス処理設備の安全設計の妥当性を確認する。	・プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応
臨界	臨界に対するせん断処理・溶解廃ガス処理設備、換気設備等の安全設計の妥当性を確認する。	・溶解槽における臨界
漏えい	漏えいに対する漏えいした液体状の放射性物質等の回収設備、換気設備等の安全設計の妥当性を確認する。	・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溶融ガラスの漏えい
機能喪失	機能喪失に対する安全設計の妥当性を確認する。	該当なし (発生防止対策による。)
使用済燃料集合体等の破損	使用済燃料集合体の破損に対する閉じ込めに係る設備の安全設計の妥当性を確認する。	・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
短時間の全動力電源の喪失	短時間の全交流動力電源の喪失に対する閉じ込めに係る設備の安全設計の妥当性を確認する。	・短時間の全交流動力電源の喪失

第4.3-1表 設計基準事故に伴う荷重と地震力との組合せ

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	事故時荷重と地震力 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	3.5×10^{-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	4.8×10^{-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	6.7×10^{-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	2.8×10^{-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	—*2	—*2		—*2
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	5.8×10^{-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有意な荷重が機器・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力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。