

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震 1.2Ss01 R 5
提出年月日	令和4年2月24日

設工認に係る補足説明資料

基準地震動を 1.2 倍した地震力による 重大事故等対処の成立性確認の考え方

- R 1 : 不確実性の考慮についての考え方を反映して記載を修正
- R 2 : 上記に加え, 重大事故等対処における考え方として, 基準地震動を超える地震において, 対処に必要となる設備が機能を維持できる前提条件として設計を上回る地震動を設定しており, 設計条件を超える規模の外部事象の指標として定めるものであることを記載。
- R 3 : 表現の見直し
- R 4 : 全面改訂
- R 5 : 成立性確認の考え方等を再整理した結果を反映

目 次

1.	概要	1
2.	重大事故等対処設備及び重大事故等対処設備を設置する施設に対する設計方針	2
3.	地震を要因とする重大事故等の設定	2
3.1	重大事故等の選定	2
3.2	発生が想定される重大事故等の設定	2
3.3	事故の特徴	2
3.4	重大事故等への対処	3
4.	地震を要因とした重大事故等に機能維持することを期待する設備等	5
5.	重大事故等への対処等における不確かさの影響評価	4
6.	重大事故等への対処を踏まえた設計方針	10
7.	燃料加工建屋の評価方法	11
8.	耐震計算の結果	12
9.	耐震計算の結果を踏まえた重大事故等対処の成立性評価	14

1. 概要

本資料は、MOX燃料加工施設の第1回設工認申請のうち、以下の添付書類に示す基準地震動を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認について補足説明するものである。

- ・MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-6-1 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認の基本方針」

上記添付書類において、基準地震動 S_s を1.2倍した地震力に対して、建物・構築物については、建屋が倒壊せず、グローブボックス及び対処に必要な機器の支持機能が確保されていることをもって、重大事故等対処に対して妨げにならないことが確認でき、基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性が確認できるとしている。本資料では、地震を要因とする重大事故等に対処するために必要となる機能と評価基準の考え方について、事業変更許可の内容を踏まえて補足説明するものである。

なお、本資料中の内容は、第1回申請のMOX燃料加工施設の燃料加工建屋について説明しており、今後、第2回申請以降の再処理施設、MOX燃料加工施設に係る設備設計に関する内容を追加し、拡充していく。

2. 重大事故等対処設備及び重大事故等対処設備を設置する施設に対する設計方針

重大事故については、設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件を仮定し、その場合にも事態を収束できるよう、重大事故等の発生及び拡大を防止するための対策を整備し、放射性物質の放出を抑制する対策を整備することが目的である。

重大事故等対処設備及び重大事故等対処設備を設置する施設に対する設計方針としては、設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件において発生すると仮定した重大事故等に対して、重大事故等の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制することができることを確認することである。

3. 地震を要因とする重大事故等の設定

3.1 重大事故等の選定

外部からの影響による機能喪失（外的事象）と動的機器の故障等による機能喪失（内的事象）を考慮し、重大事故等の要因として、外的事象は地震、内的事象は動的機器の多重故障等を考慮する。

外的事象としての地震については、設計基準より厳しい条件である基準地震動を超える地震の指標として基準地震動の1.2倍の地震力を設定し、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能を維持できない静的機器の機能喪失、全ての動的機器の機能喪失を考慮し、重大事故等の発生を想定する。

グローブボックス内を窒素雰囲気とすること、潤滑油が機器に収納されていること、着火源がないことなどの発生防止を講じており、外的事象等によって、動的機能の多重故障を想定してもそれ以外の基準地震動の1.2倍の地震力を考慮した際に機能維持できる設計とする静的機器（グローブボックス支持構造、火災源である潤滑油を内包する機器等）により、火災が発生する条件が成立しないことから、その発生は想定できない。しかしながら、技術的想定を超えて火災が発生し、設計基準事故で想定した機能喪失に加え、動的機器の機能喪失として、感知・消火設備が同時に機能喪失することにより、火災が継続し、火災による駆動力により、外部への多量の放射性物質の放出に至ることを仮定する。

3.2 発生が想定される重大事故等の設定

重大事故等の発生が想定される設備を、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として8基を特定し、地震により同時に火災の発生すること、同時に感知・消火のための機能が喪失し、火災が継続することにより設計基準事故を超えて外部に放射性物質が放出される事象を重大事故として特定した。

3.3 事故の特徴

火災が発生することに加え、グローブボックス排風機が停止することにより、グローブボックス内の負圧を維持できなくなり、火災によるグローブボックス内雰囲気の体積膨張の影響で、グローブボックスの気相中に移行した MOX 粉末が、グローブボックス給気系、グローブボックス排気設備、グローブボックスのパネルの隙間

等へ移行する。グローブボックス給気系，グローブボックスのパネルの隙間等に移行した MOX 粉末は，当該グローブボックスを収納する工程室に漏えいする。

工程室に漏えいした MOX 粉末は，グローブボックス内で発生した火災の影響による工程室内雰囲気（体積膨張）により工程室排気設備を経由して大気中へ放出される。

グローブボックス排気設備に移行した MOX 粉末は，グローブボックス排気設備を経由して大気中へ放出される。

グローブボックス内から系外への移行経路として，グローブボックス排気系，グローブボックス給気フィルタ及びグローブボックスパネル隙間を介した工程室への漏えいを想定し，各経路への移行割合は，火災影響によるグローブボックス内空気の体積膨張率をグローブボックスに与え，各経路の圧力損失が等しくなる流速比より，経路別の分配比を算出する。

グローブボックスパネル隙間について，設計上の漏えい率から求められる隙間長さ（ 9.0×10^{-3} mm 程度）の 10 倍を仮定すると，各経路への移行割合は，「グローブボックス排気系：約 25%，グローブボックス給気系：約 74%，グローブボックスパネル隙間：約 1%」となる。

工程室に漏えいした MOX 粉末については，火災影響による工程室空気の体積膨張分が，工程室排気系を通じて外部へ放出される。

3.4 重大事故等への対処

設計基準の状態を超える状態として，設計基準対象施設の感知・消火設備の機能喪失を確認した場合には，以下の基本方針に基づき重大事故等に対する対処を行う。

- a. 火災により飛散・漏えいする MOX 粉末を可能な限り建屋に閉じ込める。
- b. MOX 粉末の飛散・漏えいの要因となる火災を消火する。

重大事故等に対する対処としては，火災の影響を受ける MOX 粉末の対象を限定すること等により，火災により外部への MOX 粉末の放出に至ることを防止するための発生防止対策と火災により飛散・漏えいする MOX 粉末を閉じ込めと飛散・漏えいの要因となる火災を消火するための拡大防止対策を行う。

火災の発生を確認するため，中央監視室において，重大事故等の発生を仮定するグローブボックスの火災源に設置された火災状況確認用温度計の指示値を，可搬型グローブボックス温度表示端末を接続することにより確認する。火災の発生が確認されたグローブボックスに対して，中央監視室近傍から，遠隔手動操作により，地下 3 階廊下に設置された遠隔消火装置を起動させ，消火剤（ハロゲン化物消火剤）を放出する。

拡大防止対策として，外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため，地下 1 階の排風機室において，グローブボックス排風機入口手動ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパを手動閉止する。

事態が収束するまでの間，グローブボックス内又は工程室に飛散又は漏えいした MOX 粉末は，火災によって生じる気流に伴って大気中に放出されることから，これを抑制するため，グローブボックス排気系又は工程室排気系に移行する MOX 粉末を高性能エアフィルタで捕集し低減する。

上記対策完了後，工程室内の放射性物質濃度が通常時と同等になったことを確認した後に，地下 3 階の工程室で工程室内床面に沈着した MOX 粉末を濡れウエス等で

回収する作業を行う。また、回収に係る作業を実施するための作業環境確保を目的として回復に係る対策を実施する。

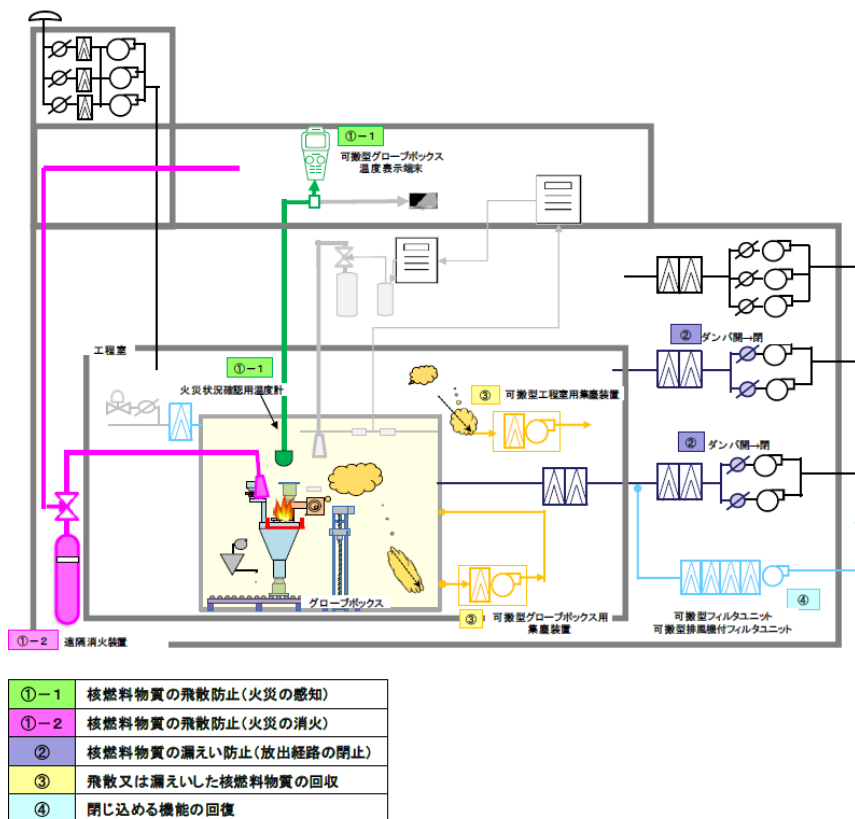


図 3 - 1 重大事故等対処の概要図

4. 重大事故等への対処等における不確かさの影響評価

事業変更許可における有効性評価として、重大事故等への対処等における火災の規模、MOX 粉末の放出経路への移行割合等で想定した状態（中央値的な値等）に対する不確かさの影響評価として、事故の発生要因の違い、火災の規模、火災による影響を受ける MOX 粉末、外部への放出経路の違い、操作の条件の不確かさの影響等を踏まえても、消火剤の放出による火災の消火と火災による MOX 粉末の外部への放出の遮断の対策が実行可能で有効であること及び外部への放出の遮断の対策完了までに外部へ放出される放射性物質の放出量がセシウム - 137 換算で 100TBq を十分下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いことを確認している。

有効性評価においては、事故の特徴、重大事故等への対処等を考慮した中央値的な状態に対して、外部への放射性物質の放出の影響等の観点で不確かさの影響を評価している。

<グローブボックス内で発生する潤滑油による火災>

- ✓ 火災の燃焼面積が放出量評価の条件とした条件よりも小さい場合は、放出量の下振れが見込まれ、火災の影響により気相部に移行する MOX 粉末の量は、グローブボックス内の容器に収納された MOX 粉末全量が火災の影響を受けない場合は、外部への放出量において 1 ～ 2 桁程度の下振れが見込まれる。

<外部へ放出される放出量>

- ✓ グローブボックスから工程室に漏えいする経路のひとつとしているグローブボックスパネルの隙間等からの漏えいが、パネルの隙間等が発生しない場合、パネルの隙間等から工程室への漏えいは発生せず、外部への放出量において50%程度の下振れが見込まれる。また、地震等の影響により、パネルの隙間等から工程室への漏えいが支配的になった場合は、外部への放出量において2桁程度の上振れが見込まれる。
- ✓ グローブボックス給気系のダクトの損傷等による工程室への漏えいが発生しない場合、グローブボックス排気系とパネル隙間等からの工程室への漏えいが外部への放出経路になり、グローブボックス給気系におけるフィルタによる除染係数が期待できないため、外部への放出量において1.5倍程度の上振れが見込まれる。
- ✓ グローブボックス排気設備のみに移行した場合には、高性能エアフィルタが4段あり、外部への放出量において下振れが見込まれる。工程室から工程室排気設備への移行において、隣接する工程室に給気系等を経由して移行した場合には、外部への放出の観点では時間遅れが生じることによる放出量の下振れが見込まれる。
- ✓ また、外部への放出に繋がる工程室内の体積膨張量については、グローブボックス内での火災発生時の熱量を工程室内空気と与えて断熱条件で評価を行っており、空気等への放熱を考慮すると、放出量の下振れが見込まれる。

5. 地震を要因とした重大事故等に機能維持することを期待する設備等

事業変更許可申請書では、基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備に対して、基準地震動の1.2倍の地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれがないこと設計要求として示した。

また、加工施設の技術基準に関する規則第三十条では、重大事故等対処設備は、想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮することが要求される。

そのため、前ページに示す重大事故等への対処を実施するために必要な設備等に対し、地震を要因とした重大事故等時において、機能維持として要求する事項を以下に整理した。

重大事故等の対処	対処に関係する常設重大事故等対処設備	基準地震動の1.2倍の地震力に対する機能維持としての要求事項
火災の発生を確認するため、中央監視室において、重大事故の発生を仮定するグローブボックスの火災源に設置された火災状況確認用温度計の指示値を、可搬型グローブボックス温度表示端末を接続することにより確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 火災状況確認用温度計（重大事故等の発生を仮定するグローブボックスから中央監視室まで静的機器のみで構成） 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 中央監視室：倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること ➤ 火災状況確認用温度計：壁、床等により支持されること

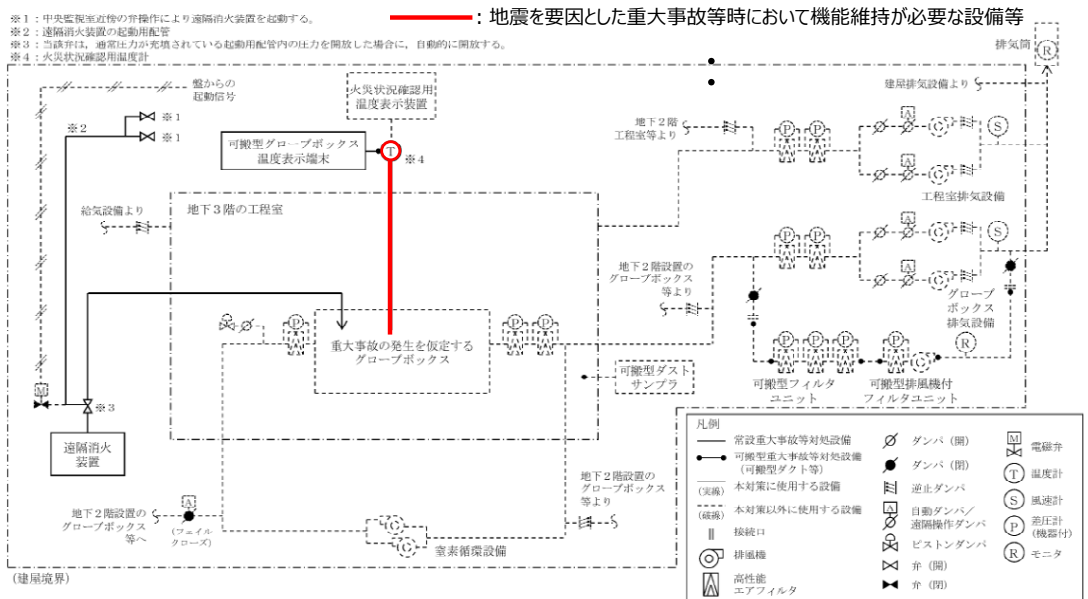
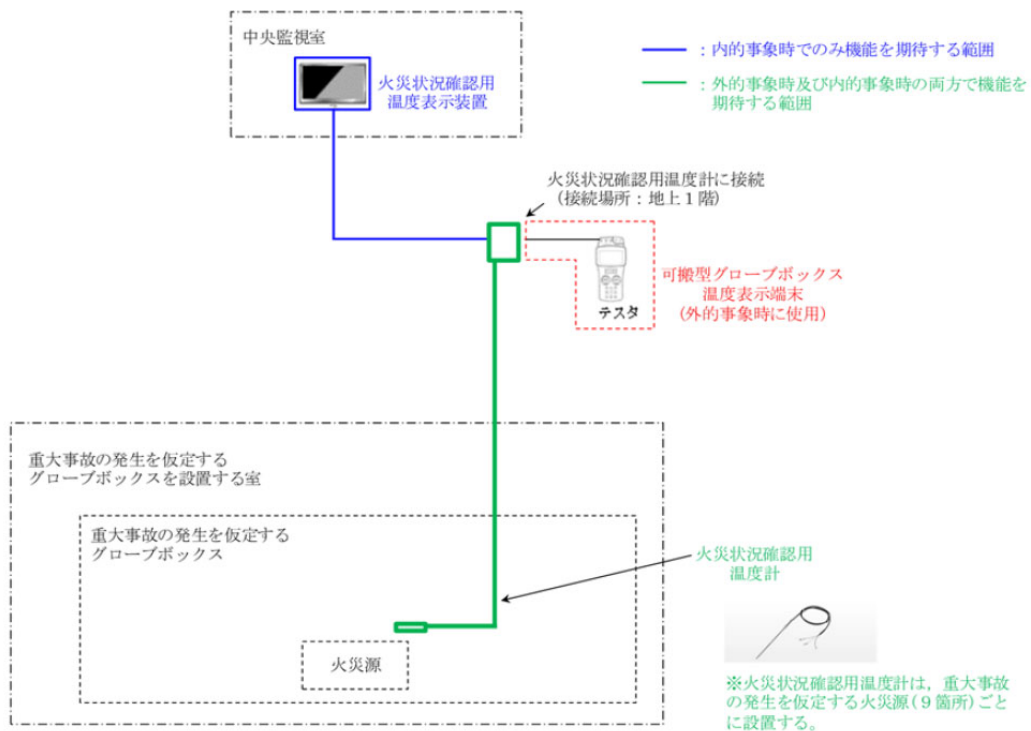


図5-1 火災状況の確認のための重大事故等対処設備の概要図

重大事故等の対処	対処に関係する常設重大事故等対処設備	基準地震動の1.2倍の地震力に対する機能維持としての要求事項
火災の発生が確認されたグローブボックスに対して、中央監視室近傍から、遠	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔消火装置 構造：中央監視室に設置する盤の手動操作又は中央監視室近傍に設置する圧力開放用の弁の手動操作により圧力を充 	<ul style="list-style-type: none"> 中央監視室近傍の圧力開放用の弁操作場所：倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること 圧力開放用の弁：転倒等せず機能が維持できること

隔手動操作により、地下3階廊下に設置された遠隔消火装置を起動させ、消火剤（ハロゲン化物消火剤）を放出する。

填する起動用配管内の圧力を開放し消火ガスボンベから消火剤を放出、圧力開放用の弁は2重化、消火ガスボンベからグローブボックス火災源となる潤滑油に設置したオイルパンに対して消火剤を放出するための配管を敷設

✓ 設置場所：操作場所地上1階、消火装置起動用の配管地下1階から地下3階まで、消火ポンベ地下3階、ポンベからグローブボックスまでの配管地下3階

- 消火装置起動用の配管：壁、床等により支持されること
- 消火ガスボンベ：転倒等せず機能が維持できること
- 消火ガスボンベからグローブボックスまでの配管：壁、グローブボックスにより支持されること
- 重大事故等の発生を仮定するグローブボックス：転倒等せず遠隔消火装置の配管等を支持すること
- 地下3階工程室：重大事故等の発生を仮定するグローブボックス、消火ガスボンベからグローブボックスまでの配管等が支持できること

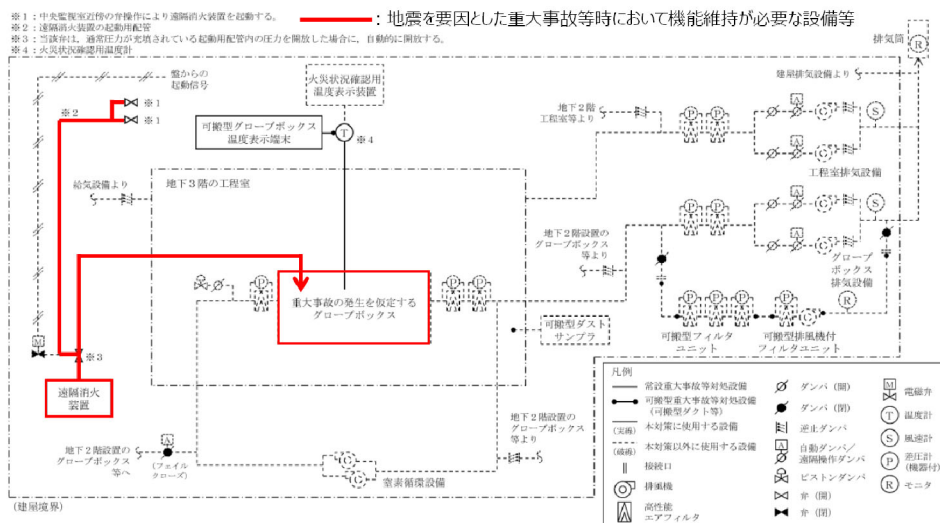
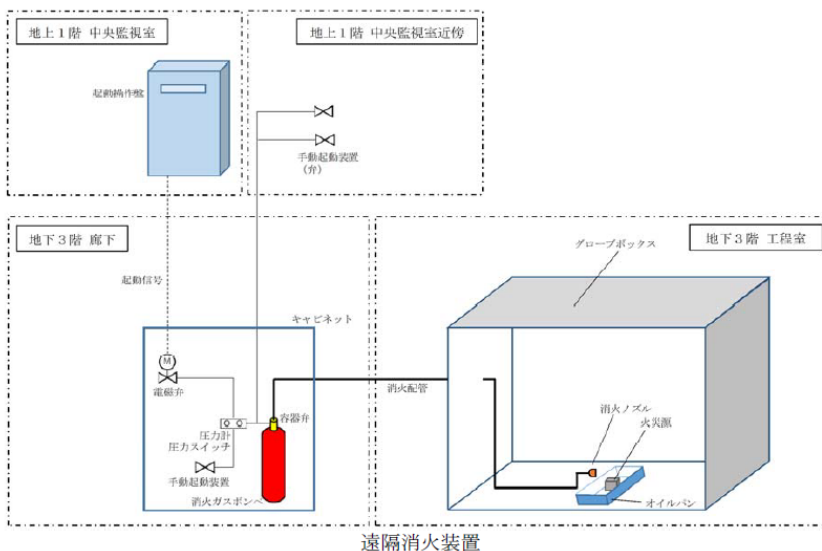
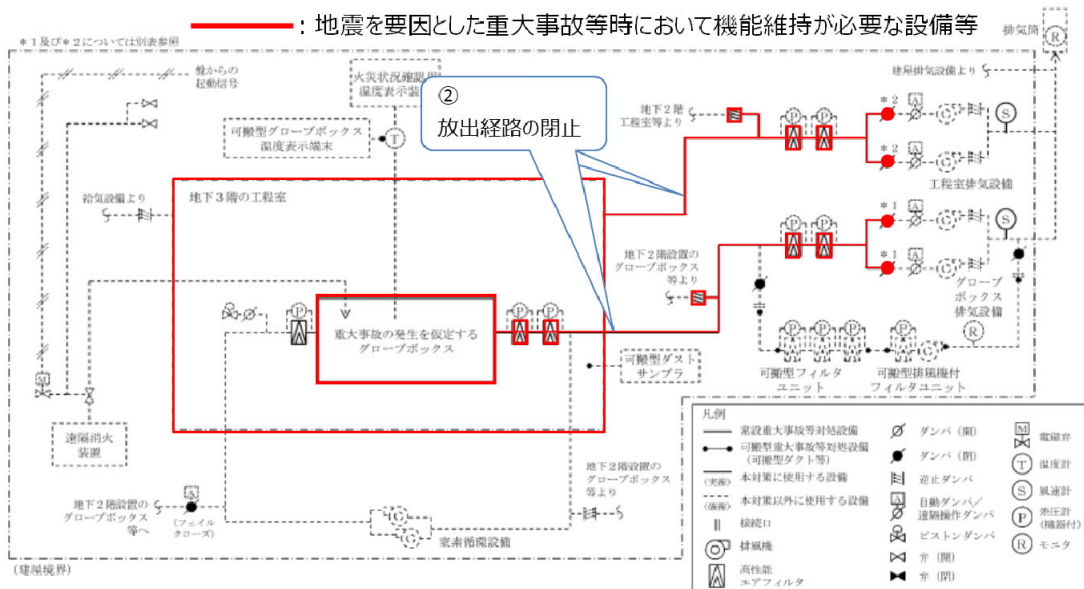


図5-2 火災の消火のための重大事故等対処設備の概要図

重大事故等の対処	対処に関する常設重大事故等対処設備	基準地震動の1.2倍の地震力に対する機能維持としての要求事項
<p>外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため、地下1階の排風機室において、グローブボックス排風機入口手動ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパを手動閉止する。</p> <p>※遠隔消火装置による消火で外部への放出源はなくなるが念のための措置として実施</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ グローブボックス排風機入口手動ダンパ ▶ 工程室排風機入口手動ダンパ ▶ グローブボックス排気設備のダクト ▶ 工程室排気設備のダクト <p>※ダンパ閉止後、可搬型ダンパ出口風速計をダンパ出口側のダクトに挿入する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 排風機室：倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること ▶ 排風機室までのアクセスルート：倒壊等せず要員が移動できる空間を維持すること ▶ ダンパ：破損等せず、手動で閉止できること ▶ ダクト：壁等により支持されること
<p>事態が収束するまでの間、グローブボックス内又は工程室に飛散又は漏えいした MOX 粉末は、火災によって生じる気流に伴って大気中に放出されることから、これを抑制するため、グローブボックス排気系又は工程室排気系に移行する MOX 粉末を高性能エアフィルタで捕集し低減する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ グローブボックス排気設備のダクト ▶ 工程室排気設備のダクト ▶ グローブボックス排気設備のフィルタ ▶ 工程室排気設備のフィルタ 	<p>ダクト：壁等により支持されること</p> <p>フィルタ：破損等しないこと</p>



なお、消火等の対策完了後、工程室内の放射性物質濃度が通常時と同等になったことを確認した後に実施する MOX 粉末の回収作業等については、工程室内の MOX 粉末の状態が安定したことを確認して実施する対処であることから、これらの対策に

対して、上記の要求事項に追加で要求するものはない。

上記に示す「基準地震動の 1.2 倍の地震力に対する機能維持としての要求事項」を各設備が満足することを確認するため、耐震評価を実施する。耐震評価においては、今回の設工認申請対象が燃料加工建屋であることから、建物として倒壊等せず重大事故等の対処を行うための作業エリアやアクセスルートが確保できること、及び、基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して機能を維持する必要がある設備の支持機能が確保できること、を確認する。なお、常設重大事故等対処設備に対する確認事項の具体的な内容については、当該設備を申請する際に説明する。

さらに、重大事故等対処の成立性確認においては、詳細設計における想定される不確かさを考慮しても事業許可において確認した重大事故等対処の対処に係る有効性評価の判断基準を超えることがないことを確認する。

基準地震動の 1.2 倍の地震力に対する機能維持としての要求事項を満足することを判断するための判断基準として、基準地震動に対する耐震計算と同様に、耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} に収まることを確認する。最大せん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} に収まることが確認できれば、倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること、重大事故等対処設備が壁等により支持されること等の要求事項を満足することが確認できる。

なお、重大事故等の発生を仮定するグローブボックスを設置する工程室については、グローブボックスから飛散、漏えいする MOX 粉末が滞留するものの、MOX 粉末によって高線量になるものではないため、閉じ込めや遮蔽の機能を要求する必要はない。

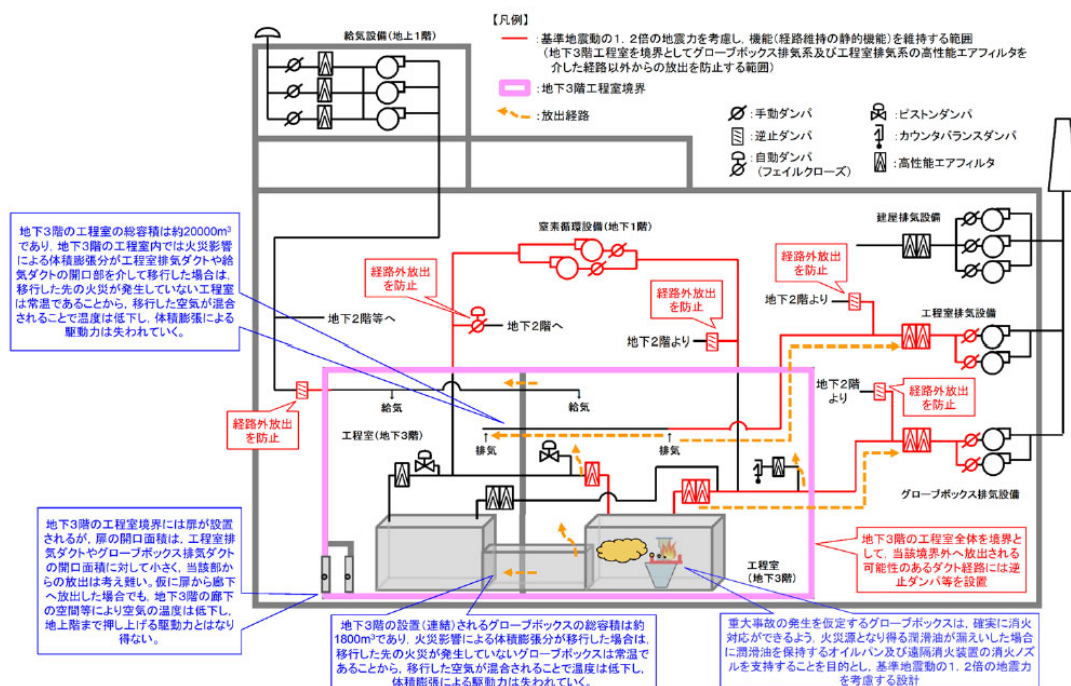


図 5-4 地震を要因とした重大事故等に機能維持を期待する設備等の概要図

6. 重大事故等への対処を踏まえた設計方針

「設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件において発生すると仮定した重大事故等に対して、重大事故等の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制することができることを確認する」という目的を踏まえて、重大事故等対処設備及び重大事故等対処設備を設置する建屋に対して、共通要因故障の考慮、容量及び個数、環境条件等の設計方針を定め、設工認申請では、設計要件を満足していることを確認する。

この設計要件は、重大事故等の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制することができることを確認することが目的であり、設計要件のひとつとして、地震を要因とした重大事故等に対処する重大事故等対処設備及びそれを設置する燃料加工建屋に対し、基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないこととした。

また、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことの確認方法として、耐震計算による確認を行うこととした。

事業変更許可申請書では、この耐震計算による確認に対し、以下のとおりとした。

- ✓ 基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備については、重大事故等対処施設及び安全機能を有する施設の耐震設計における設計方針を踏襲し、基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的として、以下のとおり耐震設計を行う。
 - i. 重大事故等の起因となる異常事象の選定において基準地震動を 1.2 倍した地震力を考慮する設備は、基準地震動を 1.2 倍した地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。
 - i i. 地震を要因として発生する重大事故等に対処する重大事故等対処設備は、基準地震動を 1.2 倍した地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- ✓ i. 及び ii. に示す設備を設置する建物・構築物は、基準地震動を 1.2 倍した地震力に対する建物・構築物全体としての変形能力について、「基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界」を適用する。

さらに、加工施設の技術基準に関する規則第三十条において、重大事故等対処設備は、想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮することが要求されている。

「5. 地震を要因とした重大事故等に機能維持することを期待する設備等」に示した「機能維持が必要な設備等」が、基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して機能維持することを確認することで重大事故等対処の成立性を確認する。

ここで「重大事故等対処施設及び安全機能を有する施設の耐震設計における設計方針を踏襲」については、設計要件のひとつとして耐震計算による確認を行う際の手法として、基準地震動に対して実施する耐震計算の設計方針と同様のやり方をすることを示すものであるが、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれる

おそれがないことが耐震計算により確認する事項であり、さらには、「設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件において発生すると仮定した重大事故等に対して、重大事故等の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制できることを確認する」ことが最終的な目的であることを踏まえた耐震計算を行う。

その上で、耐震計算の結果を評価し、「重大事故等の発生及び拡大を防止できること」、「放射性物質の放出を抑制できること」を確認する。

結果の評価においては、重大事故等への有効性評価における不確かさの影響評価と同様に、基準地震動を超える地震として考慮した「基準地震動の1.2倍の地震動」という指標も含め、耐震計算で得られた結果（中央値としての結果）に対する「不確かさの影響」を考慮した評価を行う

これにより、不確かさとして想定される結果の振れ幅があつたとしても、「重大事故等の発生及び拡大を防止できること」、「放射性物質の放出が抑制できること」という目的が達成できること、事業許可において確認した重大事故等対処の有効性評価の範囲を超えることがないことを確認する。

7. 燃料加工建屋の評価方法

(1) 1.2Ss時に目安とする建屋の状態

建屋がグローブボックスの支持機能を維持しており、グローブボックスが機能喪失していなければ、グローブボックス内にMOX粉末を保持できる。

建屋が倒壊に至らなければ、万が一、グローブボックスからの漏洩が生じた場合でも、建屋内に保持することができる。

対処に必要な機器の支持機能を維持していれば、重大事故等対処に対して妨げとはならない。

具体的には、建屋としては、建屋が倒壊せず、グローブボックス及び対処に必要な機器の支持機能が確保されている状態であれば、設定されている重大事故等への対処は可能である。

(2) 建屋が倒壊しないこと

建屋全体として地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等は耐震壁の変形に追従し、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられる。さらに、支持地盤が健全であれば、建屋の倒壊には至らないことが確認できる。

上記を踏まえ、建物としての全体変形に対しては、耐震壁の最大せん断ひずみが終局状態 (4.0×10^{-3}) に達しなければ、建屋の倒壊に至らず、重大事故等の対処は可能と考えているが、評価基準値としてはさらに余裕を見込んだ値として 2.0×10^{-3} を満足することで、更なる安全余裕が考慮される。

また、建屋の支持地盤の最大接地圧が地盤の極限支持力度を十分に下回ることを確認する。

(3) 支持機能が確保されていること

「JEAG4601-1987」にて整理される支持機能に対応する機能維持の代用特性として、機器・配管を直接支持する部位が過大な変形を起こさないこと、アンカー部が健全であることが確保されれば、グローブボックス及び対処に必要な機器を保持することができる。

上記を踏まえ、耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を満足することを評価基準値とする。

要求機能	1.2Ss時に目安とする建屋の状態	地震力	評価部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
重大事故等対処に対して妨げにならないこと	建屋が倒壊せず、支持機能が確保されていること	基準地震動Ssを1.2倍した地震力	耐震壁	倒壊に至る終局状態に達しないこと 設備を支持する機能を損なわないこと*	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
			基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認	基礎地盤の 極限支持力度

※：建屋全体としては、地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられるため、耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を満足していれば、耐震壁以外の支持部分の健全性も確保される。

8. 耐震計算の結果

基準地震動を 1.2 倍した地震力に対する建物・構築物全体としての変形能力について、「基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界」を適用するとした事項に対し、機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないことを性能目標、耐震壁に対して最大せん断ひずみ度が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認すること機能維持の方針、最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を許容限界として、耐震計算を実施した。また、最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを機能維持の方針、基礎地盤の極限支持力度を許容限界とした。

評価に用いる地震力は、解放基盤表面において基準地震動 Ss を 1.2 倍した地震力を用いた地震応答解析結果に基づき設定した。

建屋全体として地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等は耐震壁の変形に追従し、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられることから、耐震壁を評価部位として許容限界を満足することを確認した。

また、「JEAG4601-1987」にて整理される支持機能に対応する機能維持の代用特性として、機器・配管を直接支持する部位が過大な変形を起こさないこと、アンカー部が健全であることが確保されれば、グローブボックス及び対処に必要な機器を保持することができることから、最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を許容限界として、それを満足することを確認した。

評価部位において検定比が 1.00 を超えないことを確認した。

燃料加工建屋の耐震評価結果（各項目に対し検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

評価部位	評価項目			耐震評価結果※1 (検定比換算)	判定
	地震力	方向	項目		
耐震壁	1.2×Ss	NS	せん断ひずみ	0.329	OK
基礎地盤	1.2×Ss	NS	最大接地圧	0.0428	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備及びそれを設置する燃料加工建屋において、基準地震動を 1.2 倍した地震力を考慮した際の最大せん断ひずみ度の状態としては、上記設備等に関連する地上 1 階、地下 1, 2 及び 3 階に対し、以下の状態であることを確認した。

- 耐震計算で得られた結果（中央値としての結果）を踏まえ、当該計算結果に対して想定される不確かさの影響を考慮しても重大事故等の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制できることという目的が達成でき

ることを評価する。

- 耐震計算の結果では、地下3階で最大せん断ひずみ度がせん断スケルトン曲線の第2折れ点付近になっているが許容限界である 2.0×10^{-3} に対して裕度があることを確認した。

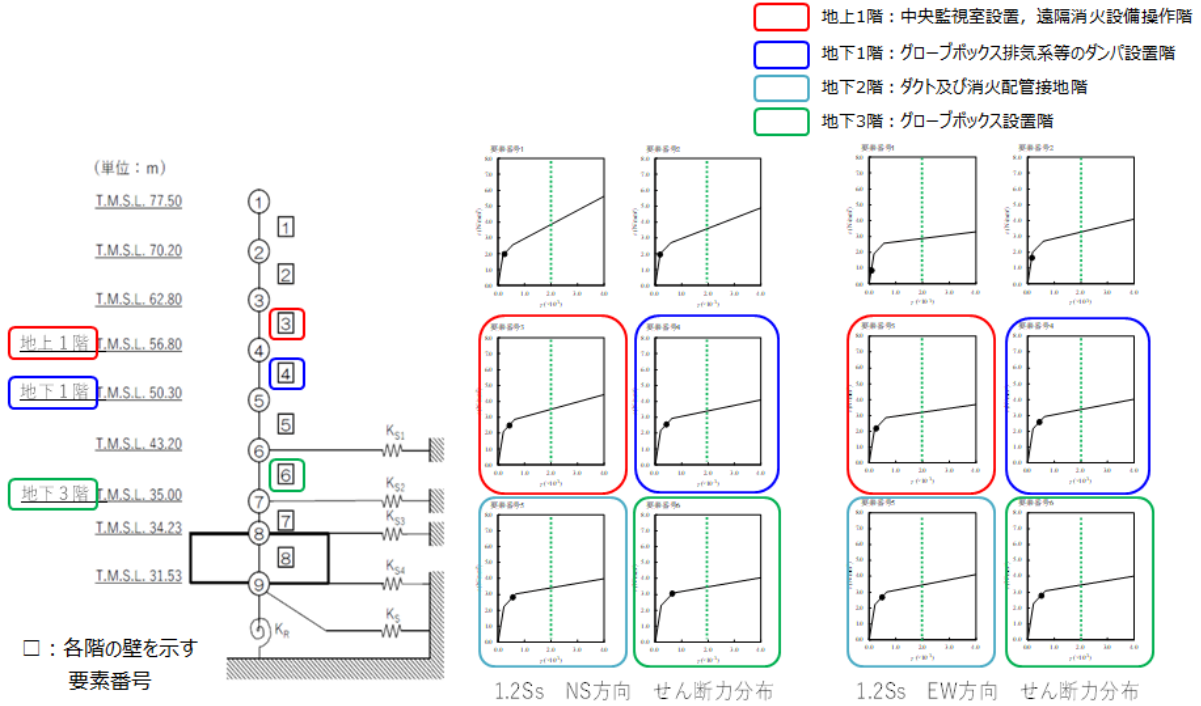


図8-1 燃料加工建屋 各階における $1.2 \times S_s$ による最大せん断ひずみ度

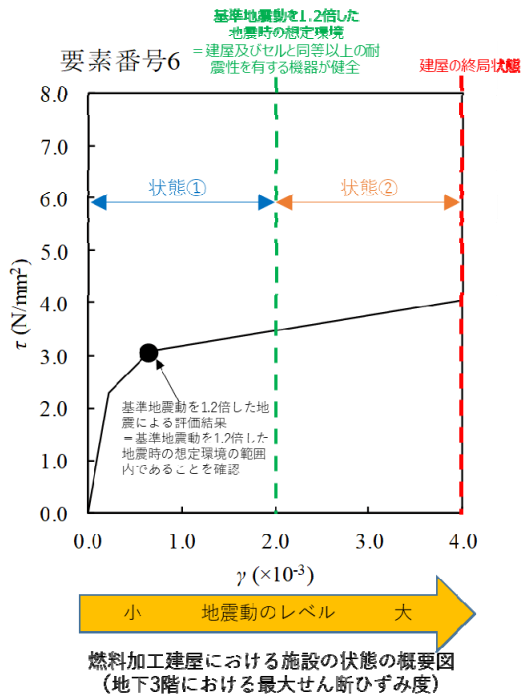


図8-2 最大せん断ひずみ度の変化による施設の状態の変化

- 耐震計算の結果では、地下3階で最大せん断ひずみ度がせん断スケルトン曲線の第2折れ点付近になっているが許容限界である 2.0×10^{-3} に対して裕度があることを確認

⇒耐震計算で得られた結果（中央値としての結果）を踏まえ、重大事故の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制できることという目的が達成できることを確認した。

施設の状態	重大事故等対処の成立性
基準地震動を1.2倍した地震時に想定する状態	①間接支持機能が維持されている状態 重大事故等対処設備による対処が可能
施設の損傷状態の不確実性を考慮した場合を想定した状態	②部分的に間接支持機能を喪失し、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持を要求するグローブボックス及び重大事故等対処設備の転倒の可能性が考えられる状態 建屋は転倒しておらず、さらに、MOX粉末を建屋外に放出する要因となる駆動源となるものがないため、外部へのMOX粉末放出の可能性はない

9. 耐震計算の結果を踏まえた重大事故等対処の成立性評価

不確かさとして想定される結果の振れ幅として、耐震評価において物性値のばらつきを考慮した場合、地下3階における最大せん断ひずみ度が 2.3×10^{-3} 程度と、 2.0×10^{-3} を超えている。

この状態においては、重大事故時に施設の状態が前頁図の「状態②」となっていることが考えられることから、この状態における事故想定及び重大事故等の対処の成立性に対する影響について検討する。

建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回り、グローブボックスの支持部が部分的に損傷し、工程室への MOX 粉末漏えいが発生したとしても、事業許可の有効性評価におけるパネルの損傷によるグローブボックスからの漏えいによる不確かさとして考慮していることから、建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回り、グローブボックスの破損に至ったとしても、事故想定の不確かさを上回るものにはならない。

建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回った場合、建屋は終局状態（せん断ひずみ度 4.0×10^{-3} ）には至っていないため、倒壊には至っていない。

また、建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回った場合、重大事故等の対処に必要な設備等の間接支持機能が損なわれる恐れがあることから、支持される部位、各設備の構造の特徴、設計における冗長性や実耐力を考慮した上で、建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回った場合であっても重大事故等への対処が可能であることに対する確認を以下に示す。

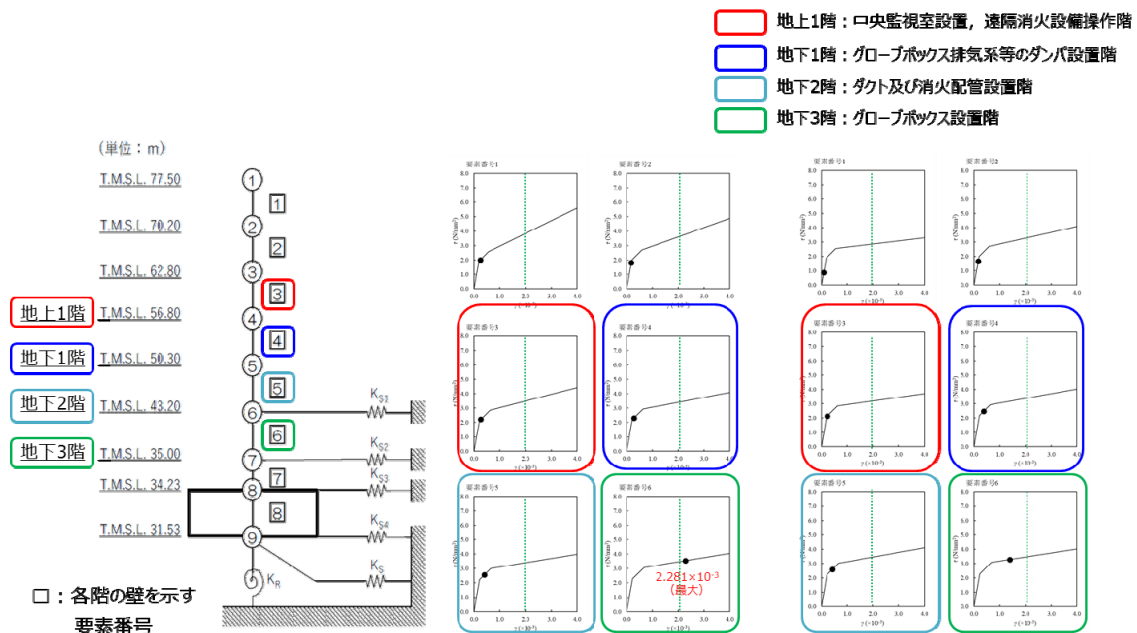


図9-1 地震力の不確かさを考慮した最大せん断ひずみ度の結果

(1) 支持性能に対する影響

図8-2の状態②の時点では、建屋は終局状態に至っておらず、建屋の倒壊には至っていない。

既往知見（稲田 他，原子炉建屋の弾塑性試験 支持機能試験（その1～8），日本建築学会大会学術講演梗概集，1992年8月～1995年8月）において、機器配管系の支持機能に関する試験として、面内せん断変形量に応じた面外方向の耐力を確認するため、試験体（RC造の壁躯体）を用いた加力試験が実施されている。

上記知見における試験結果によれば、耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を超える領域に及んでも急激なアンカー部耐力の低下が生じておらず、また、 2.0×10^{-3} を超えて直ちにアンカー部耐力に変化が生じる結果は得られていない。

さらに、実際のコンクリート強度および建屋応答解析手法の保守性等を考慮すれば、建屋応答は今回評価した面内せん断ひずみより小さくなると考えられる。

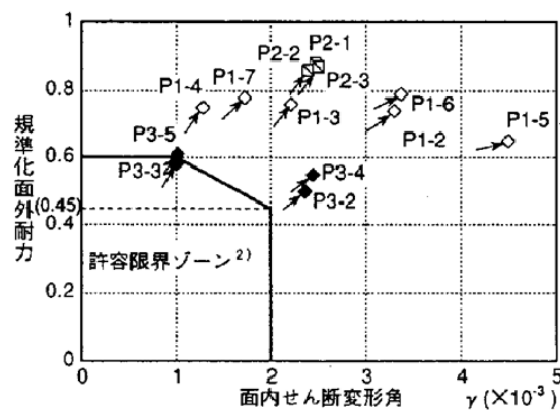


図5 支持機能試験結果と許容限界ゾーン

図9-2 稲田 他，原子炉建屋の弾塑性試験 支持機能試験（その1～8），日本建築学会大会学術講演梗概集，1992年8月～1995年8月からの抜粋

(2) 支持機能への影響

機器の支持は、床面からの支持及び壁面からの支持に大別される。重量の大きな機器については構造計画として床面からの支持構造とすることが一般的であり、グローブボックスや操作盤については、床面から支持をとる設計としている。これらの設備を支持する床面は、耐震壁に比べて厚さを有するために剛性が高いことに加え、耐震壁により面内変形が拘束される構造となっている。さらに、壁式RC構造の建物においては複数の耐震壁間の相対変位が小さいため、床スラブの変位は小さく抑えられる。

一方、耐震壁に支持される設備は、配管・ダクト類であるが、これらの設備は、比較的軽量であり、地震による慣性力を大きく受けることはない。今回の評価対象である消火系配管については、口径が10Aもしくは25Aの小口径ステンレス鋼配管であるとともに、壁面からだけでなく床面からの支持、及び床面からの支持されるグローブボックスの支持を有することから、一部の壁面からの支持部位の

損傷が配管全体に対して即座に損傷することはない冗長性を有している。

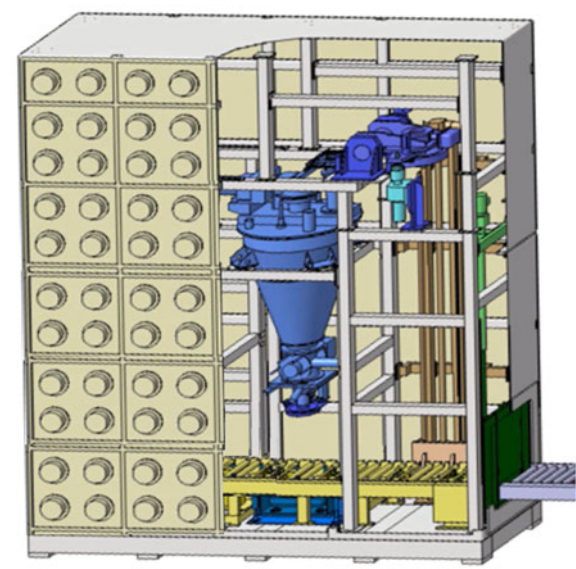


図 9-2 グローブボックス概要図

上記の考え方にに基づき、MOX 燃料加工施設における重大事故等の対処に必要な設備等ごとに、支持される部位、各設備の構造の特徴、設計における冗長性や実耐力を整理し、地震力の不確かさが重大事故等の対処の成立性に与える影響を分析した。

- 1) 燃料加工建屋に支持される重大事故等の対処に必要な設備等は、支持される部位や各設備の構造の特徴、設計における冗長性や実耐力を踏まえると、耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回って 2.3×10^{-3} 程度になったとしても重大事故等への対処は可能である。
 - a. 床支持の設備（グローブボックス）の場合：重大事故等の発生を想定するグローブボックスは、主に面内面外共に剛性の高い床に支持される設備であり、耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回っても支持機能が損なわれることはなく、重大事故等への対処は可能である。
 - b. 主に壁に支持される設備（遠隔消火装置の配管等）の場合：比較的軽量の配管・ダクトであり、地震による慣性力を大きく受けけないほか、応力集中が生じないような全体のバランスのとれた配管経路及び支持構造計画を立てることで、系全体の強度設計の裕度を向上していること、複数の支持構造物で支持されるという冗長性を有すること、遠隔消火装置の配管については口径が 10A もしくは 25A の小口径ステンレス鋼製の配管で、内部を流す流体もハロゲン系の消火ガスで最大でも 6L 程度の量で、対処を行う際に大きな荷重が負荷されるものではないこと、さらに、配管やダクトが破断していなければ重大事故等の対処に影響はなく、破断に至るまでには大きな実耐力を有していることから、耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回っても重大事故等への対処は可能である。
- 2) また、地下 3 階の耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回っても終局状態

には至らず、さらに、遠隔消火装置の設置階である地上 1 階、外部への放出経路の遮断を行う地下 1 階及びアクセスルートについては耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を下回っていることから、要員の移動や対処を行うことは可能であり、重大事故等への対処は可能である。

上記のことから、地震力の不確かさの影響を考慮したとしても、「重大事故の発生及び拡大を防止できること」、「放射性物質の放出を抑制できること」を満足でき、事業変更許可において確認した重大事故等対処の有効性評価の範囲を超えることはない。

なお、重大事故等対処設備の基準地震動 S_s を 1.2 倍した地震力に対する具体的な設計方針等については、当該設備を申請する際に説明する。

以 上