

令和4年2月21日

日本原燃株式会社

基準地震動を超える地震に対する重大事故等対処施設の設計方針

【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。

【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。

【発生が想定される重大事故等】

- 重大事故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。

【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

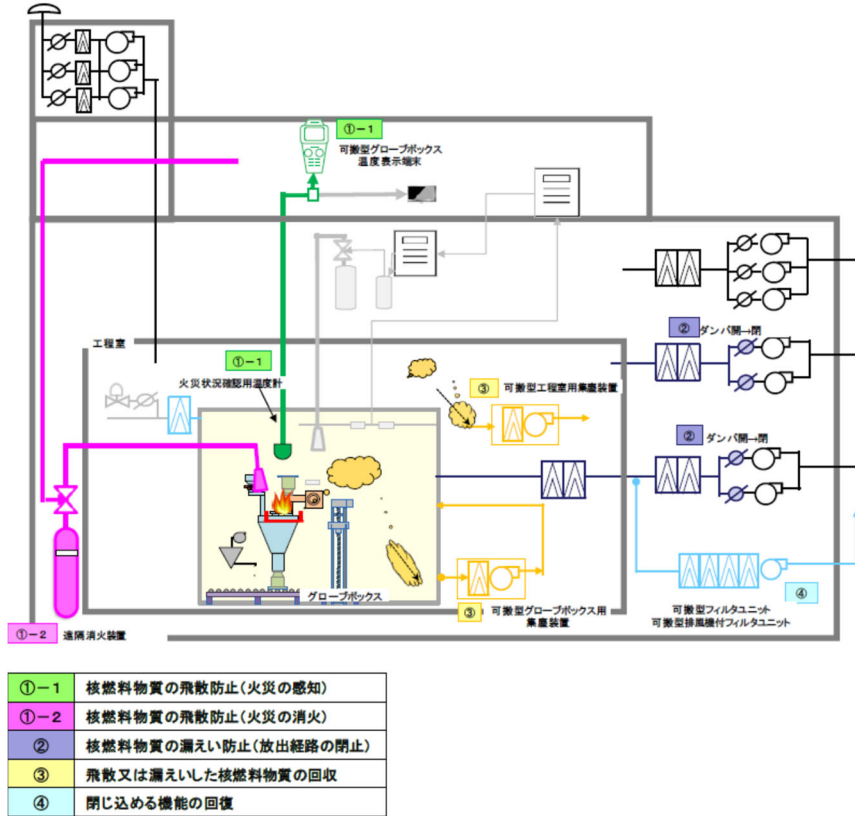
ーボックスの気相中に移行したM O X粉末が、グローブボックス給気系、グローブボックス排気設備、グローブボックスのパネルの隙間等へ移行する。グローブボックス給気系、グローブボックスのパネルの隙間等に移行したM O X粉末は、当該グローブボックスを収納する工程室に漏えいする。

- 工程室に漏えいしたM O X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の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M O X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M O X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。

【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。
- ✓ 火災により飛散・漏えいするM O X粉末を可能な限り建屋に閉じ込める。
- ✓ M O X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M O X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M O X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M O X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M O X粉末は、火災によって生じる気流に同伴し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M O X粉末を高性能エアフィルタで捕集し低減する。

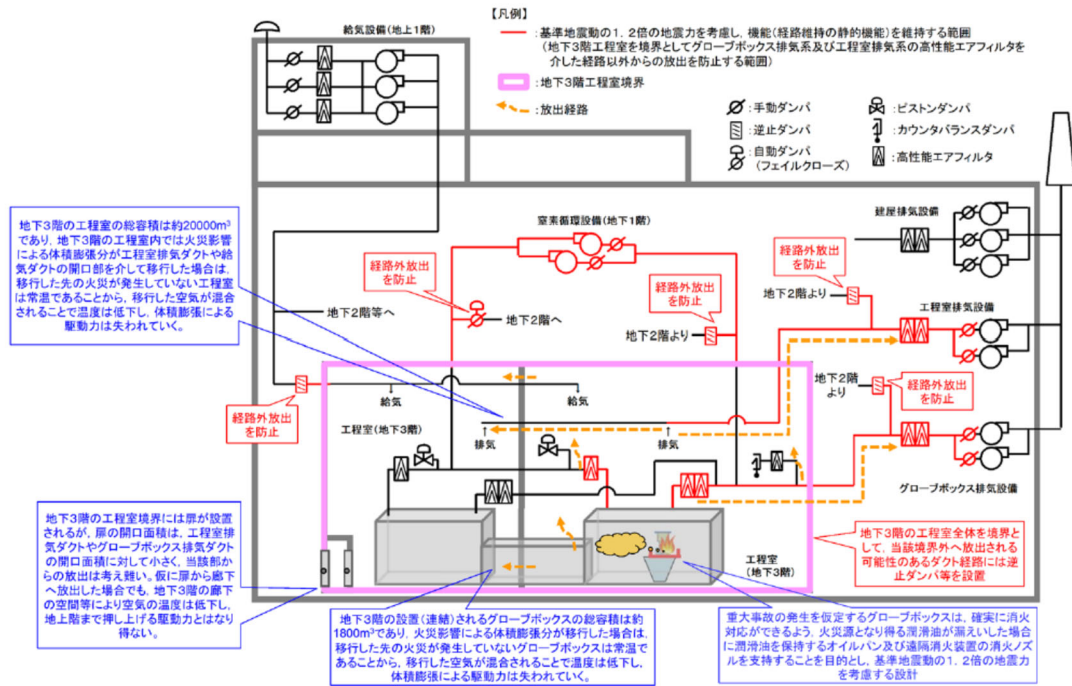
- 上記対策完了後、工程室内の放射性物質濃度が通常時と同等になったことを確認した後に、地下 3 階の工程室で工程室内床面に沈着したMOX粉末を濡れウエス等で回収する作業を行う。また、回収に係る作業を実施するための作業環境確保を目的として回復に係る対策を実施する。



【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】

- 上述の重大事故等への対処が実施できるためには、地震を要因とした重大事故等に対し、以下の設備等が機能維持することを期待する。
 - ✓ 重大事故の発生を想定するグローブボックスは、上述した重大事故等への対策としての消火を行うために遠隔消火設備等の支持することを目的として基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して支持機能を維持する。
 - ✓ また、グローブボックスにつながるグローブボックス排気設備のダクト、重大事故の発生を想定するグローブボックスを設置する地下 3 階の工程室（安全上重要な施設に該当する区域）につながる工程室排気設備のダクトについては、放出経路の維持の観点で基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して機能を維持する。また、外部への放出経路となる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については、地下 3 階から地下 1 階まで繋がっており、放出経路として考慮する範囲以外に放射性物質が漏えいしないようフィルタ、逆止ダンパを設置し、それらの設備は基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して機能を維持する。
 - ✓ グローブボックス排気設備、工程室排気設備のフィルタについては、外部に放出される放射性物質に対する除去性能の観点で、基準地震動の 1.2 倍の地震力に対して機能を維持する。

- ✓ 重大事故の発生を想定するグローブボックスを設置する地下3階の工程室は、グローブボックス、遠隔消火設備等の支持機能を維持する。



【不確かさの影響評価】

- 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及び火災による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れ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れいが、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れいは発生せず、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れ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の火災発生時の熱量を工程室内空気に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。

【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。
 - ii. 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。

- 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ということである。
- そのため、耐震計算を行った結果により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を確認するものの、耐震計算の結果を評価し、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することができることを確認する。
- 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することができることを確認する際には、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（中央値的な結果）に対する不確かさの影響を考慮した評価を行うことで、不確かさとして想定される振れ幅があったとしても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する。

【耐震計算の結果】

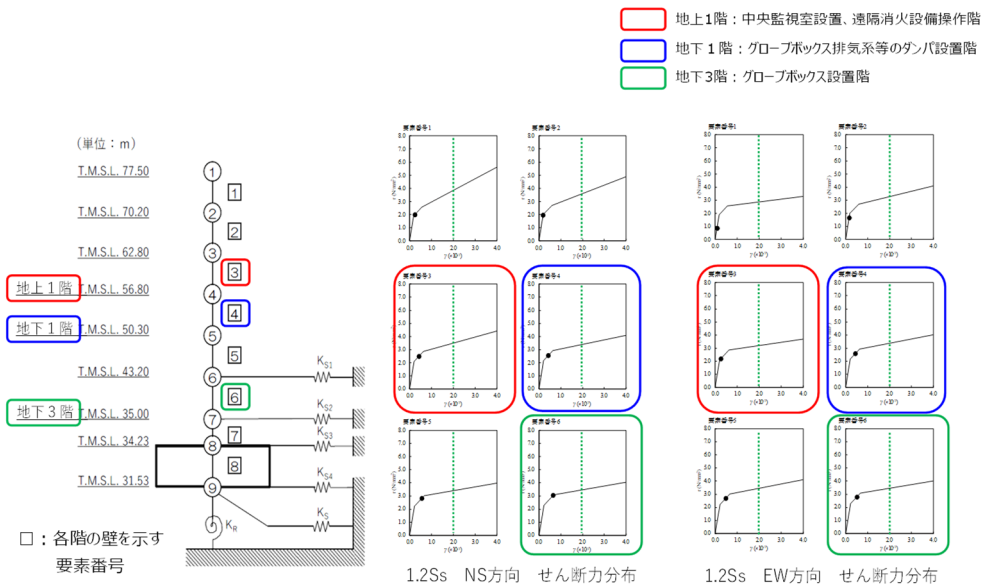
- 基準地震動を 1.2 倍した地震力に対する建物・構築物全体としての変形能力について、「基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界」を適用するとして事項に対し、機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないことを性能目標、耐震壁に対して最大せん断ひずみ度が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認すること機能維持の方針、最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を許容限界として、耐震計算を実施。また、最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを機能維持の方針、基礎地盤の極限支持力度を許容限界とした。
- 評価に用いる地震力は、解放基盤表面において基準地震動 S_s を 1.2 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
地盤（接地圧）	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。
 - ✓ 地上 1 階、地下 1 ～2 階における最大せん断ひずみ度は、せん断スケルトン曲線の第 2 折れ点よりも手前の状態であること（許容限界に対して十分な裕度がある）、地下 3 階についてはそれより上の階の荷重がかかることもあり、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。
 - ✓ 上記結果は、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の支持機能が確保され、構造健全性を維持した状態である。



【耐震計算の結果を踏まえた評価】

- 耐震計算で得られた結果（中央値的な結果）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。
- 耐震計算の結果に対して想定される不確かさの影響は、最大せん断ひずみ度が計算結果よりも大きくなった場合の状態変化を見込み、それによる事故対処への影響を想定することにより評価する。
- 耐震計算の結果では、地下 3 階にでも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が確認できており、不確かさの影響で 2.0×10^{-3} 付近の状態になったとしても耐震壁に多少のひび割れ等

が発生する可能性はあるが、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の支持機能に影響はないと考える。そのため、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と評価する。

- さらに上振れのリスクとして、地下 3 階における最大せん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を超えるような状態になった場合でも、地下 3 階よりも最大せん断ひずみ度が小さくなることは耐震計算結果で確認しており、地上 1 階での遠隔消火設備による拡大防止の対策、外部への MOX 粉末の放出経路を遮断するための対策を実施することは可能であることから、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と評価する。

以 上