

設計基準事故，重大事故の選定等の考え方

1. 設計基準事故

- 設計基準事故の選定にあたり，施設の特徴を示し，その特徴を踏まえたうえで，想定すべき事象ごとに事故発生の起因として想定される事象等を抽出し，抽出した事象等によって事故への進展が想定されるかを整理する。
- 整理の結果として，拡大防止、影響緩和の安全設計の妥当性を確認するために，設計基準事故としての選定結果及び選定された事故に対して事象のシナリオ，並びに評価条件を含む事故評価を示す。
- 選定において想定する事故は，核燃料物質による臨界と閉じ込め機能の不全とする。

1. 1 MOX燃料加工施設の特徴

(1) MOX燃料加工施設の特徴

1) 取扱い物質の特徴

- MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質は，ウラン及びウランとプルトニウムの混合酸化物（MOX）であり，化学的に安定している。
- 密封形態のMOXとして燃料棒及び混合酸化物貯蔵容器を取り扱う。また，作業環境中にMOXが飛散又は漏えいすることのないよう，MOX粉末，グリーンペレット及びペレットはグローブボックス等内で取り扱う。MOXの形態のうち，MOX粉末は飛散しやすく，気相中へ移行しやすい。
- 取り扱うMOXは崩壊熱が小さく，送排風機による除熱を期待しなくても，閉じ込め機能が損なわれて外部に放射性物質を放出する事故には至らない。

2) 加工プロセスの特徴

- 加工工程は，バッチ処理であり，各処理は独立している。また，異常が発生したとしても工程停止の措置を講じることにより安定した施設の状態が維持でき，異常の進展を防止できるとともに，異常の範囲は当該処理の単位に限定される。
- 燃料製造における工程は乾式工程であり，有機溶媒等を多量に取り扱う工程はなく，化学反応による物質の変化及び発熱が生ずるプロセスはない。
- 大きな事故に進展するおそれのある事象が発生した際は，必要に応じて全工程停止及び全送排風機を停止し，地下階においてグローブボックス等内にMOX粉末を静置させることで，核燃料物質を安定な状態に導くことができる。

### 3) ハザードの特徴

- 主要工程で高温、高圧の流体を内包する配管等はないこと、腐食性の液体を内包する安全上重要な施設がなく、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、配管等の静的機器の破損は加工工程に対するハザードにならない。
- 化学薬品を取扱うが、取扱量が少量であり、加工工程に対するハザードにならない。
- 工業用水や冷水などを取扱う配管や機器があり、溢水を加工工程に対するハザードとして考慮している。溢水に対して、緊急遮断弁の設置による溢水量の低減、堰等による安全上重要な施設の機能喪失の防止、MOX粉末等をグローブボックス等で取扱う工程室への溢水の浸入の防止を行う。

## 1. 2 施設の特徴を踏まえた安全設計及び設計基準事故の選定の基本的な考え方

### (1) 臨界に係る安全設計

- 臨界の観点で密封形態のMOXについては形状寸法管理を実施し、非密封形態のMOXについては形状寸法管理が困難であるため質量管理によりMOX重量、含水率、プルトニウム富化度を管理する。
- 工程を核燃料物質取扱い上の一つの単位となる単一ユニットに分割し、臨界が起これないようにMOXの質量管理を実施する。また、同じ部屋に複数ユニットが存在する場合についても臨界が起これないように単一ユニット間距離を維持する。
- 質量管理ユニットにおける核的制限値による管理（搬送装置による核燃料物質の誤搬入の防止）には、誤搬入防止機構を用いる。核燃料物質の搬送管理は、①ID番号読取機、②秤量器、③計算機及び④誤搬入防止シャッタ（又はストッパ）から構成される誤搬入防止機構に加えて、⑤運転員の管理で構成される。これらの誤搬入防止は、複数の管理により多重の障壁を設けることにより十分な信頼性を確保する。
- 上記のとおり、臨界に対しては、発生防止機能を堅牢な設計とすることにより、拡大防止等の機能を必要としない。
- 工程室から溢水源を排除するため、容器内のMOXについては添加剤等の水分以外を考慮する必要がない。

### (2) 閉じ込め機能に係る安全設計

- 非密封形態のMOXについては、グローブボックス等で取り扱う設計とすることで限定された区域に閉じ込める。

- グローブボックスはMOXの取扱量が多いものを安全上重要な施設とし、グローブボックス内での粉末等は、機器内に保持、粉末容器内に収納（蓋あり、蓋なし）した状態で取扱っている。
- グローブボックス等は、グローブボックス排気設備と組み合わせ、負圧を維持することで放射性物質の漏えいを防止できる設計とする。また、グローブ1個が破損した場合でもグローブポートの開口部における空気流入風速を設定値以上に維持することで、MOXを限定した区域に閉じ込める設計とする。排気設備に高性能エアフィルタを設置することで核燃料物質の外部への放出を抑制する。
- 平常運転時における核燃料物質の閉じ込めについては、燃料加工建屋、工程室、グローブボックスの順に気圧を低くすることで、放射性物質の漏えいの拡大を防止する設計とする。
- 非密封形態のMOX粉末を取り扱うグローブボックス等は、燃料加工建屋の地下3階及び地下2階に設置することで、駆動力を伴わない異常事象（機械的破損、誤操作、誤動作）に対して核燃料物質が外部に放出されることを抑制する。
- 駆動力を伴う異常事象（火災及び爆発）に対しては発生防止、拡大防止対策を手厚く講じることで、グローブボックス等の閉じ込め機能の不全を防止する。
- 安全上重要な施設のグローブボックスには可燃物として潤滑油を有するものがあるため、潤滑油の機器内への収納、ケーブルの電線管への収納、着火源の排除、グローブボックス内の窒素雰囲気維持の発生防止を図るとともに、感知の多様化、消火設備の多重化といった設計を講じる。
- 水素・アルゴンの混合ガスを使用する焼結炉等では、炉内への空気の混入を防止するため過加熱防止、爆発規模を抑えるため水素濃度上昇時における焼結炉等への混合ガスの供給停止等の設計を講じる。
- 崩壊熱に対して、通常時は排風機による除熱を行うが、常時機能維持が必要な冷却機能はない。

### （3）設計基準事故選定に係る基本的な考え方

MOX燃料加工施設の特徴、臨界、閉じ込め機能に係る安全設計を踏まえ、設計基準事故の選定においては、外的事象、内的事象に対して以下のことを考える。

#### 1) 外的事象

- 外的事象については、想定すべき規模に対して設計基準として機能を維持し、事故の誘因とならないように設計することから事故の発生の要因とし

て想定しない。

- 設計基準における外的事象（内的ハザードを含む）の想定規模と設計上の措置を下表に示す。

項目	想定規模	設計上の措置
地震	基準地震動による地震力	地震力に耐える設計とする。
火山	設計基準規模の降灰荷重を考慮 降下火砕物濃度を考慮	降灰荷重に耐える設計とする
積雪	設計基準規模の積雪荷重を考慮	積雪荷重に耐える設計とする
外部火災	外部火災として想定される発火源からの火災の影響を考慮	防火帯を設けることで火災の施設への影響を防止する
溢水	地震による溢水，想定破損による溢水を考慮	緊急遮断弁による溢水量の低減，堰による溢水防護区画への溢水の侵入防止
内部発生飛散物	重量物の落下，回転体の飛散を考慮	重量物の落下，回転体の飛散の発生を防止
内部火災	グローブボックス等での火災を考慮	着火源の排除，不燃・難燃材料の使用等による発生防止，感知設備・消火設備の設置による火災の早期感知，消火の措置

## 2) 内的事象

- バッチ処理が主であること，腐食性流体を扱わないというMOX燃料加工施設の特徴を踏まえ，内的事象による安全機能の喪失をもたらす要因として，動的機器の故障・誤動作・誤操作，短時間の全交流電源喪失を考慮するものとし，静的機器の機能喪失は想定しない。
- 安全機能として，発生防止機能のみで構成される設計に対しては，上記の要因による発生防止機能の喪失を考慮し，発生防止機能および拡大防止で構成される設計に対しては，発生防止機能の喪失を仮定したうえで拡大防止機能の単一故障・誤動作・誤操作及び短時間の全交流電源喪失を考慮する。

### ① 臨界

- 臨界は，拡大防止の安全機能がなく，発生防止のみで構成されるものであ

る。

#### 【外的事象】

- 形状寸法管理が実施される安全上重要な施設の静的機器は、基準地震動の地震力に対して健全性を維持する設計とすることから、機能喪失は想定しない。
- 火山、積雪に対しては、設計基準で想定される荷重に対して建屋で防護する設計としていることから、それによる安全上重要な施設の機能喪失は想定しない。
- 臨界に係る溢水との関係については、想定破損による溢水の発生を想定したとしても、堰等により工程室への溢水の浸入を防止する設計としていることから、溢水による臨界の発生は想定しない。

#### 【内的事象】

- 臨界に係る安全設計で示した誤搬入防止機能における複数の誤操作、誤動作の組み合わせを機能喪失として想定し、臨界事故の発生の可能性を評価する。
- 動的機器の故障は、工程が停止することで臨界の発生には進展しない。誤動作については、上述のとおり考慮する。
- 短時間の全交流電源喪失により常用電源による運転するMOXの搬入を行うための機器が停止するため搬入が行われず臨界にならない。

#### ②閉じ込め機能の不全

- 閉じ込め機能の不全については、機能喪失と事故への進展の可能性の関係で、機械的破損、誤操作、誤動作だけでは駆動力を伴わないため核燃料物質が外部に放出される事象に進展しないことから、発生防止等を講じているものの、駆動力を伴う異常事象との動的機器の機能喪失との組み合わせで閉じ込め機能の不全への進展の可能性を評価する。
- 閉じ込め機能の不全は、発生防止のみの安全機能で構成されるものと、発生防止及び拡大防止の安全機能で構成されるものがある。
- 発生防止のみの安全機能で構成されるものとして排気設備（排風機）、発生防止及び拡大防止の安全機能で構成されるものとしては、焼結炉等における爆発事象とグローブボックス内火災に対する閉じ込めに係る安全機能がある。

#### 【外的事象】

- 基準地震動の地震力に対して健全性を維持する設計とすることから、機能喪失は想定しない。

- 火山、積雪に対しては、設計基準で想定される荷重に対して建屋で防護する設計としていることから、それによる安全上重要な施設の機能喪失は想定しない。
- 内部発生飛散物は、過回転防止機能等によりその発生を防止する設計としていること、グローブボックス内での火災に対しては、潤滑油の機器内の収納、不燃・難燃材料の使用等により発生防止を図るとともに、多様化等した感知・消火設備を設けることによりその拡大を防止する。爆発は、水素濃度による停止回路や空気の混入の防止等による発生を防止する。
- 短時間の全交流電源喪失については、複数の安全機能が同時に機能喪失することから、機能喪失と事故への進展の可能性の関係で事故の発生の要因として想定する。

#### 【内的事象】

- 閉じ込め機能の不全は、グローブボックス等の損傷による核燃料物質のグローブボックス等外への漏えい(以下「グローブボックス等の損傷」という。)、グローブボックス等内の負圧の喪失(以下「負圧の喪失」という。)及び駆動力によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される状態に分類され、閉じ込め機能の不全に関する安全上重要な施設の安全機能についても同様に分類できる。
- 負圧の喪失に関する安全上重要な施設の機能のうち、排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能については、機能が損なわれた際には負圧の喪失に至るおそれがある。負圧が喪失したとしても、グローブボックス等内の核燃料物質はその場に留まるだけであり外部に放出されることは想定されない。

### 1. 3 臨界、閉じ込め機能不全に係る事故選定に係る個別評価

#### (1) 臨界

- 安全上重要な施設以外の施設ではあるものの、核燃料物質の誤搬入に対して一定の信頼性を確保した設計としている誤搬入防止に係る動的機器の複数の故障等を想定しても未臨界質量を超えないこと、最適臨界条件にならないことから、臨界にならない。

#### (2) 閉じ込め機能の不全

- 焼結炉等の熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能については、これらの機能が損なわれ、更に焼結炉等の温度制御機能が損なわれることで焼結炉等の損傷に至るおそれがあるが、炉内の水素が空気の混入により高温の炉内で燃焼したとしても拡散燃焼しか発生せず、急激な圧力の上昇を伴うものではないため、取り扱うMOXの形態がグリーンペレット

又は焼結ペレットであることを踏まえると、核燃料物質が外部に放出される事態にはならない。

- 駆動力によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される状態として、火災及び爆発を、駆動力を伴う異常事象として想定し、事故の発生の可能性を評価する。
- このうち爆発については、焼結炉等で水素・アルゴン混合ガスを使用しているが、水素濃度は9vol%以下であることから、爆発が発生したとしても拡散燃焼は起こるものの、圧力上昇が小さく、取り扱うMOXの形態がグリーンペレット又は焼結ペレットであることを踏まえると、MOX粉末等を外部に放出する状況に至る事態（閉じ込め機能の不全）の発生は想定されない。
- 火災については、閉じ込めに係る安全設計に示したようにその発生を防止する設計を講じていることから、火災の発生は想定しがたいものの、事故の発生の可能性を検討するための前提として、複数の発生防止機能の喪失をさせて、火災の発生を想定することで、火災による閉じ込め機能の不全を設計基準事故として選定し、拡大防止、影響緩和の安全設計の妥当性を確認する。
- 短時間の全交流電源喪失が発生した場合は、排風機が停止するが、MOX粉末等を取扱う工程も停止し、静置された状態になるため、閉じ込め機能の不全は発生しない。また、全交流電源喪失と火災の重ね合わせについては、いずれも偶発的な事象であるため、その重ね合わせは想定しない。

#### 1. 4 設計基準事故の選定結果

- 火災源となる潤滑油を内包し、露出した状態でMOX粉末を取扱う（蓋の付いていない粉末缶等を取扱う）グローブボックス内で火災が発生し、火災の影響により粉末缶等の内部の粉末が気相部に移行し、グローブボックス排気設備を経由してフィルタを介して外部に放出する事故を設計基準事故として選定する。

#### 1. 5 設計基準事故に係る事故シナリオと線量評価

- 火災の発生している状況で、感知・消火に係る動的機器の単一故障として、グローブボックス消火装置の起動による消火ガスの放出は、グローブボックス排風機が起動していることが条件であることから評価条件が最も厳しくなるグローブボックス排風機の単一故障を想定する。
- グローブボックス排風機の起動を受けて、グローブボックス消火装置が起動するとともに、ピストンダンパを閉止し、消火ガス放出が完了するまでの間に気相中に移行した核燃料物質が、高性能エアフィルタ（4段）を通じた経路から燃料加工建屋外へ放出されることを想定する。消火ガス放出完了後は、

グローブボックス排気側の延焼防止ダンパを閉止することによりグローブボックス内の窒素雰囲気を維持する。

- 設計基準事故における火災については、単一のグローブボックスでの火災であり、発生場所も特定できることから、火災の更なる拡大の防止のため、火災の消火を優先するとともに、核燃料物質の1次閉じ込め機能であるGBのバウンダリーを喪失させないように、GB排風機の運転を継続して消火ガスを放出することで、速やかに消火を行う。その後、延焼防止ダンパの閉止、グローブボックス排風機を停止することで静置状態を維持する。
- 火災源となる潤滑油を内包し、露出した状態でMOX粉末を取扱う（蓋の付いていない粉末缶を取扱う）グローブボックスのうち、取扱量が最大となる均一化混合装置グローブボックスでの取扱量の全量 311kg・MOXが火災影響を受けることを想定する。
- 火災による粉末の気相中への移行率を考慮し、火災影響を受ける放射性物質量の100分の1がグローブボックス内の気相中に移行することを想定する。さらに、グローブボックス内面に付着している放射性物質の気相中への移行量として、火災影響を受ける放射性物質量の100分の1がグローブボックス内の気相中に移行することを想定する。
- グローブボックス消火装置からの消火ガスの放出が完了するまでの間に、グローブボックス内の気相中に移行した放射性物質の全量を含む雰囲気がグローブボックス排気設備の高性能エアフィルタに到達する。
- 高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^9$ とする。
- 評価の結果、敷地境界における吸入による内部被ばくの実効線量は約 $3.0 \times 10^{-5}$ mSvであり、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が5mSvを超えることはなく、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

## 2. 重大事故

- 重大事故の選定として、設計基準事故の条件よりも厳しい条件を想定して事故の発生の可能性を含めて評価する。
- 重大事故に対して、設計基準事故からの事故の発生要因となる外的事象、内的事象のより厳しい条件の設定等の基本的な考え方、想定すべき事象ごとに事故発生の起因として想定される事象等を抽出し、抽出した事象等によって事故への進展が想定されるかを整理する。

### 2. 1 重大事故の選定（設計基準事故からの条件の拡大）の基本的な考え方

#### 1) 外的事象

- 設計基準で想定した外的事象に対して、それを超える条件が想定される地震、



火山等によって事故が発生するかを評価する。

- 設計基準での想定を超える条件が想定される事象としては、地震、森林火災、草原火災、火山（火山灰の堆積）、火山（フィルタの目詰まり）、積雪がある。
- 森林火災、草原火災については、事前散水により延焼防止を図ることで事故の起因とならない。
- 火山（火山灰の堆積）、積雪については、降灰、積雪の状況に応じて、除灰、除雪作業を行うことで事故の起因とならない。
- 地震については、設計基準を超える地震力を想定し、想定する地震力に対して機能を維持できない機器の多重故障（静的機器の損傷を含む）を想定して、事故の発生を評価する。
- 加えて、地震による火災の発生が否定できないこと、設計基準では、火災が発生したとしても感知・消火設備で消火が可能であるとした条件を超える条件として、火災の発生に、火災に関する安全機能の喪失を重ね合わせて事故の発生を評価する。
- 火山（フィルタの目詰まり）については、設計基準を超える降下火砕物の濃度に対し非常用所内電源設備の機能喪失として全交流電源の喪失が想定されるため、全交流電源の喪失による事故の発生を評価する。
- 内部発生飛散物、内部火災については、その規模の拡大が想定されない。

項目	設計基準の想定規模	重大事故において想定する規模	事故の要因等としての想定	設計基準を超える条件としての考慮
地震	基準地震動による地震力	1. 2 S s による地震力	1. 2 S s に対して機能維持ができない設備の機能喪失	考慮要
火山	設計基準規模の降灰荷重を考慮 降下火砕物濃度を考慮	設計基準を超える降灰 設計基準を超える降下火砕物濃度	降灰の状況を踏まえて除灰するため設計基準の荷重を超えることはない 降下火砕物によるフィルタの目詰まりでの非常用電源設備の機能喪失	考慮不要  考慮要

積雪	設計基準規模の積雪荷重を考慮	設計基準を超える積雪	積雪の状況を踏まえて除雪するため設計基準の荷重を超えることはない	考慮不要
外部火災	外部火災として想定される発火源からの火災の影響を考慮	防火帯を超える火災	事前散水により延焼防止を図る	考慮不要
溢水	地震による溢水，想定破損による溢水を考慮	地震力による溢水の規模拡大	施設内保有水全量の溢水	考慮要
内部発生飛散物	重量物の落下，回転体の飛散を考慮	重量物の落下，回転体の飛散防止の対象は変わらない	設計基準の規模は超えない	考慮不要
内部火災	グローブボックス等での火災を考慮	潤滑油の量が増えるものではないため火災の規模自体の拡大はない	設計基準の規模は超えない	考慮不要

#### ① 臨界

- 工程が停止することにより臨界事故に進展しないという特徴は，重大事故においても変わらないため，地震による動的機器の機能喪失及び全交流電源喪失で臨界事故に進展することはない。
- 地震による形状寸法管理を行う安全上重要な施設の静的機器の破損については，それを考慮したとしても構造上臨界が発生する条件にならないため，臨界事故に進展することはない。
- 溢水については，設計基準の条件を超える条件を考慮したうえで評価が必要なため2. 2項で述べる。

#### ② 閉じ込め機能喪失

- 発生防止のみで安全機能を構成するものについては，地震，火山により機能喪失したとしても駆動力がない状態では外部への放出に至らないことは設

計基準と同様であり，重大事故の想定においても外部への放出に繋がる事象が進展することはない。

- 設計基準の条件を超える溢水の発生により排風機の機能が喪失したとしても施設の状態は，上記と同様であり，外部への放出に繋がる事象が進展することはない。
- 発生防止及び拡大防止で安全機能が構成されるものについては，地震による多重故障等を考慮したうえで評価が必要なため2. 2項で述べる。
- 火山については，火山による降灰により，全交流電源喪失等の発生の可能性があるが，降灰予報によりあらかじめ工程停止等の措置を講じることにより外部への放出に繋がる事象が進展することはない。
- 設計基準の条件を超える溢水の発生により複数の動的機器が喪失したとしても外部への放出に繋がる事象が進展することはない。

## 2) 内の事象

- 設計基準で想定した単一機能における動的機器の単一故障を超える条件として，複数の関連する安全機能の動的機器の多重故障等を想定する。臨界においては，設計基準事故で想定した誤搬入防止機能における多重誤操作，多重誤動作を想定し，事故の発生を評価する。
- 設計基準事故で想定した短時間の全交流電源喪失の規模の拡大として，長時間の全交流電源喪失があるが，動的機器の多重故障等は発生するものの，上記の複数の関連する安全機能の動的機器の多重故障等と発生する状況が同じであるため，動的機器の多重故障等により事故の発生を評価する。また，設計基準事故で事故の要因とした火災との重ね合わせについては，内の事象としての偶発的な事象同士の重ね合わせになるため想定しない。
- 静的機器の破損については，腐食性流体を取り扱わないことから，内の事象としての静的機器の破損は想定されないことは設計基準事故におけるものと同様である。また，想定破損による溢水についても，保有水量が変わらないため設計基準の規模と同様であり，規模の拡大は想定されない。

## 2. 2 臨界事故，核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失に係る事故選定に係る個別評価

### (1) 臨界事故

#### 1) 外的事象

- 地震によって静的機器の損傷，溢水源からの溢水量が増加するが，貯蔵設備における臨界発生に至るような燃料棒等の近接状態，グローブボックス内の粉末等の工程室床面への集積の発生が想定されないことから，臨界は発生し

ない。

- 火山については、設計基準を超える降下火砕物を想定した場合、非常用所内電源設備の機能喪失は想定されるが、降灰予報により工程停止等を行うことで臨界は発生しない。

## 2) 内の事象

- 動的機器の多重故障等として、設計基準事故で想定した誤搬入防止機能における多重誤操作、多重誤動作を想定しても、臨界にならない(第1表参照)。

### (2) 閉じ込める機能の喪失

#### 1) 外的事象

- 地震については、基準地震動を超える1.2 S sの地震力に対して機能維持できない設備の損傷が想定されるが、粉末缶に収納されている粉末や機器内に保持されている粉末が直接工程室内に漏えいすることは想定しがたいこと、万一工程室内にグローブボックスの粉末が漏えいしたとしても駆動力がなく、外部に核燃料物質を放出する事態にはならないことから、閉じ込める機能の喪失は発生しない。
- 地震により複数の火災の発生防止が同時に機能喪失し、着火源を含め火災が発生する状況になることは想定しがたいが、技術的想定を超えた状況として、地震によって複数のグローブボックスで火災が発生し、設計基準の感知・消火設備の機能喪失を重ね合わせることを想定した場合、消火ができず火災が継続し、外部に核燃料物質を放出する状況に至ることから、閉じ込める機能の喪失として事故の発生を想定する(第2表参照)。
- 火山については、設計基準を超える降下火砕物を想定した場合、非常用所内電源設備の機能喪失による全交流電源喪失は想定されるが、駆動力がなくMOX粉末等を外部に放出する事態にはならない。また、降下火砕物等の発生予報により工程停止等を行うことで火災の発生の可能性を排除することが可能であり、外部に核燃料物質を放出する事態にはならない。

#### 2) 内の事象

- 複数の関連する安全機能の動的機器の多重故障等を想定したとしても、駆動力がないことから、閉じ込める機能の喪失(外部に放出する事態)は発生しないことから、グローブボックス内のMOX粉末等が外部に放出される状況になる可能性のある駆動力を伴う事象であるとして火災と爆発の発生を想定する。
- 爆発については、設計基準で想定した状態を超える条件が物理的に想定され

ないため、設計基準の条件を超える条件を想定することができない。このため、爆発による閉じ込める機能の喪失は想定しない。

- 火災については、複数の火災の発生防止が同時に機能喪失し、着火源を含め火災が発生する状況になることは想定しがたいが、技術的想定を超えた状況として、重大事故として火災の規模の拡大を想定する。設計基準事故においては、何らかの原因で火災が発生し、感知・消火設備により消火できたが、重大事故では設計基準の感知・消火設備による消火ができず、火災が継続することを想定する（第2表参照）。

## 2. 3 重大事故の特定

- 粉末を露出した状態で取扱い、可燃物としての潤滑油を保有するグローブボックス内で何らかの原因で火災が発生し、設計基準の感知・消火設備で消火ができず、火災が継続した場合に、容器・機器上部で露出しているMOX粉末が火災による温度上昇の影響によって気相部に移行（浮遊）し、火災による煙とともに排気経路を通過して外部への放出に至る。
- 重大事故の発生対象は、粉末を露出した状態で取扱い、可燃物としての潤滑油を保有する8つのグローブボックスとなる（第3表参照）。
- 内的事象による重大事故については、グローブボックスでの単一の火災を想定する。外的事象による重大事故については、8つのグローブボックスでの同時の火災の発生を想定する。
- なお、火災の発生により臨界に係る安全上重要な施設の安全機能の喪失やMOXの集積等が発生することはないことから、火災による連鎖での臨界の発生は想定されない。

## 2. 4 重大事故の特徴

- 粉末を露出した状態で取扱い、可燃物としての潤滑油を保有するグローブボックス内で何らかの原因で火災が発生し、設計基準の感知・消火設備で消火ができず、火災が継続する。
- 火災による温度上昇によって容器・機器上部で露出しているMOX粉末が火災による温度上昇の影響によって気相部に移行（浮遊）し、火災による煙とともに排気経路を通過して外部へ放出される。
- 火災源近傍は相当の温度上昇が生じるものの、距離が離れることによってその影響が低減することからグローブボックスのパネルが損傷することはない。
- 重大事故による外部への放出の評価では、飛散した粉末が火災によって気相に移行する状態を想定した移行率をグローブボックス内の粉末缶、機器内に

保有する粉末全量を対象として評価する。

- また、外的事象による重大事故については、グローブボックスのパネル面の健全性が担保できないこと、火災が発生したグローブボックスと連結された基準地震動の 1.2 倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計としないグローブボックスの損傷が想定されることから、火災の影響を受けた放射性物質が、これらの損傷箇所から工程室内に漏えいすることが想定される。

## 2. 5 重大事故の特徴を踏まえた重大事故対策

### (1) 対策の考え方

- 火災によってグローブボックス内の露出したMOX粉末が温度上昇の影響により気相部に移行していることから、火災を感知し、遠隔消火設備で火災を消火することによってMOX粉末の気相への移行（飛散）を止める。
- 重大事故では、設計基準事故と比較して火災の発生個所の特定から消火に時間がかかること、内的事象の場合には、グローブボックス排風機が機能し、火災の発生により外部にMOXが積極的に放出される状態になることが想定されることから、遠隔消火設備による火災の消火の前に排風機を停止することで、外部にMOXが積極的に放出される状態を抑制する。
- 気相部に移行し、排気経路を経由して外部に核燃料物質が放出される状態に対しては、ダンパを閉止することで放出を止める。
- 上記対策を実施後、工程室に漏えいしたMOX粉末の回収及び可搬型の排気設備による回復を行う。

### (2) 具体的な対策

- 喪失した火災の感知機能を代替する設備（代替火災感知設備）により、重大事故の発生を仮定するグローブボックスの火災発生を確認する。
- 火災発生を確認後、喪失した火災の消火機能を代替する設備（代替消火設備）により、重大事故の発生を仮定するグローブボックスの火災を消火し、火災影響により核燃料物質が飛散することを防止する。
- 火災の影響によりグローブボックス内の気相中に移行し、グローブボックス排気系に移行した核燃料物質が大気中に放出されることを防止するため、ダンパを閉止する。
- ダンパを閉止するまでの間は、排気系に設置する高性能エアフィルタにより放射性エアロゾルを低減する。
- 上記対策以外に、技術基準上の全ての要求事項を満たすことや全てのプラントの状況において使用することは困難であるが、プラント状況によっては事故対応に有効な設備として火災を感知した場合に電源不要で自動的に消化

剤を放出する局所消火設備，グローブボックス内の火災の発生状況を確認するカメラなどの自主対策設備を整備する。

- 上記対策を実施後，工程室に漏えいしたMOX粉末の回収を行うが，飛散した核燃料物質のうち気相中にあるもの集塵装置で回収し，床に蓄積しているものは粉塵の舞い上がり等を考慮し，濡れウエス等での拭き取り，スポット的な汚染であればテープ等での固定などにより回収を行う。
- これらの対策の概要図を第1図に示す。

### (3) 事態の収束

- 消火ガスにより火災を消火した状態が維持されること（グローブボックス内の温度の上昇がないこと）により，気相中に核燃料物質がそれ以上移行することはない。
- 万一，温度上昇が確認された場合には，遠隔消火設備の予備の消火ガスボンベを接続して再度消火を行う。
- 消火ガスにより火災を消火した状態が維持され（グローブボックス内の温度の上昇がないこと），グローブボックス内又は工程室内に飛散，漏えいしたMOXを回収し，通常時の換気又はこれを代替する換気の復旧をもって事態の収束と判断する。
- なお，火災を消火し，消火した状態が維持される状態では，グローブボックス内又は工程室内の気相部に移行したMOXに対して，環境へ運び出す駆動力が伴わず，外部に核燃料物質を放出する状態に至らない。
- この状態において実施する回収作業は，気相部のMOXに対しては，閉ループを組んだ集塵装置で回収すること，床面に飛散，漏えいしたMOXに対しては濡れウエス等での拭き取り等により回収することから，これらの作業が環境へのMOXの放出に寄与することはない。
- その後に実施する回復操作については，回収作業においてグローブボックス内の気相中のMOX濃度を可能な限り低減した後，既設のグローブボックス排気系の復旧又は同等の除染係数を確保したフィルタを有する代替換気設備によりグローブボックス内雰囲気に残存するMOXを捕集・浄化したうえで排風機により放出することから，平常時と同等の状況になり，外部に核燃料物質を放出することはない。
- 以上を考慮し，事態が収束するまでの放出量には，MOXの回収作業実施時及び換気復旧時の放出量を含めず評価する。

### (4) 放出量評価

- 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失が発生する範囲及び環境条件を踏ま

えた対処内容を考慮し、外的事象の「地震」を代表事象として選定する。

- 気相中への移行割合については、火災発生時の状況を模擬した気相移行量の測定の実験結果を参考に、移行割合を  $1 \times 10^{-2}$  に設定する。
- 放出経路における放射性物質の除染係数については、グローブボックス排気設備の経路中の高性能エアフィルタ 4 段による除染係数を  $1 \times 10^9$ 、工程室排気設備の経路中の高性能エアフィルタ 2 段による除染係数を  $1 \times 10^5$  と設定する。
- 外的事象時には、地震影響によりグローブボックスが一部損傷した場合、火災による温度上昇でグローブボックス内の圧力が上昇することにより、放射性物質が室内に移行することが想定されるため、工程室から工程室排気設備の経路より放射性物質が放出されることを想定する。
- 事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の量（セシウム-137 換算）は、約  $2.2 \times 10^{-2}$  TBq であり、100 TBq を十分下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

以 上



第1表 臨界の可能性検討に係る機能喪失想定に基づく事象抽出（例）

No.	グローブボックス名称	ユニット名称	臨界防止機能（故障は赤，誤作動は緑，誤操作は青）	臨界が発生するまでの障壁数	臨界に至るまでの障壁数の内訳			臨界発生可能性の想定結果	想定時間余裕
					故障	誤作動	誤操作		
6	一次混合粉末秤量・分取装置グローブボックス	一次混合粉末秤量・分取ユニット	①（搬送容器の）ID番号の一致の確認×8回 ②秤量器の一致の確認（有意な差のないことの確認）×8回 ③計算機による核的制限値以下の確認×8回 ④誤搬入防止シャッタの開放（通常時閉止）×8回 ⑤運転員の搬入許可×8回	40	0	32	8	発生しない	約10時間
7	均一化混合装置グローブボックス	均一化混合ユニット	①（搬送容器の）ID番号の一致の確認×18回 ②秤量器の一致の確認（有意な差のないことの確認）×18回 ③計算機による核的制限値以下の確認×18回 ④誤搬入防止シャッタの開放（通常時閉止）×18回 ⑤運転員の搬入許可×18回	90	0	72	18	発生しない	約21時間
8	造粒装置グローブボックス	造粒ユニット	①（搬送容器の）ID番号の一致の確認×16回 ②秤量器の一致の確認（有意な差のないことの確認）×16回 ③計算機による核的制限値以下の確認×16回 ④誤搬入防止シャッタの開放（通常時閉止）×16回 ⑤運転員の搬入許可×16回	80	0	64	16	発生しない	約15時間
9	添加剤混合装置グローブボックス	添加剤混合ユニット	①（搬送容器の）ID番号の一致の確認×16回 ②秤量器の一致の確認（有意な差のないことの確認）×16回 ③計算機による核的制限値以下の確認×16回 ④誤搬入防止シャッタの開放（通常時閉止）×16回 ⑤運転員の搬入許可×16回	80	0	64	16	発生しない	約41時間
10	原料MOX分析試料採取装置グローブボックス	原料MOX分析試料採取ユニット	①（搬送容器の）ID番号の一致の確認×12回 ②秤量器の一致の確認（有意な差のないことの確認）×12回 ③計算機による核的制限値以下の確認×12回 ④誤搬入防止シャッタの開放（通常時閉止）×12回 ⑤運転員の搬入許可×12回	60	0	48	12	発生しない	約12時間

No.	グローブボックス名称	ユニット名称	臨界防止機能 (故障は赤, 誤作動は緑, 誤操作は青)	臨界が発生するまでの障壁数	臨界に至るまでの障壁数の内訳			臨界発生可能性の想定結果	想定時間余裕
					故障	誤作動	誤操作		
16	再生スクラップ受払装置グローブボックス	再生スクラップ受払ユニット	① (搬送容器の) ID番号の一致の確認×127回 ② 秤量器の一致の確認 (有意な差のないことの確認) ×127回 ③ 計算機による核的制限値以下の確認×127回 ④ 誤搬入防止シャッタの開放 (通常時閉止) ×127回 ⑤ 運転員の搬入許可×127回	635	0	508	127	発生しない	約 160 時間
17	プレス装置 (粉末取扱部) グローブボックス プレス装置 (プレス部) グローブボックス グリーンペレット積込装置グローブボックス	プレス・グリーンペレット積込ユニット	① (搬送容器の) ID番号の一致の確認×5回 ② 秤量器の一致の確認 (有意な差のないことの確認) ×5回 ③ 計算機による核的制限値以下の確認×5回 ④ 誤搬入防止シャッタの開放 (通常時閉止) ×5回 ⑤ 運転員の搬入許可×5回	25	0	20	5	発生しない	約 13 時間
18	空焼結ボート取扱装置グローブボックス	空焼結ボート取扱ユニット	① (搬送容器の) ID番号の一致の確認×45回 ② 秤量器の一致の確認 (有意な差のないことの確認) ×45回 ③ 計算機による核的制限値以下の確認×45回 ④ 誤搬入防止シャッタの開放 (通常時閉止) ×45回 ⑤ 運転員の搬入許可×45回	225	0	180	45	発生しない	約 35 時間
19	焼結ボート供給装置グローブボックス 焼結炉 焼結ボート取出装置グローブボックス	焼結炉ユニット	① (搬送容器の) ID番号の一致の確認×45回 ② 秤量器の一致の確認 (有意な差のないことの確認) ×45回 ③ 計算機による核的制限値以下の確認×45回 ④ 誤搬入防止シャッタの開放 (通常時閉止) ×45回 ⑤ 運転員の搬入許可×45回	225	0	180	45	発生しない	約 46 時間
20	焼結ペレット供給グローブボックス 研削装置グローブボックス 研削粉回収装置グローブボックス ペレット検査設備グローブボックス	ペレット研削・検査ユニット	① (搬送容器の) ID番号の一致の確認×85回 ② 秤量器の一致の確認 (有意な差のないことの確認) ×85回 ③ 計算機による核的制限値以下の確認×85回 ④ 誤搬入防止シャッタの開放 (通常時閉止) ×85回 ⑤ 運転員の搬入許可×85回	425	0	340	85	発生しない	約 34 時間

第2表 設計基準事故時に機能を期待する安全上重要な施設

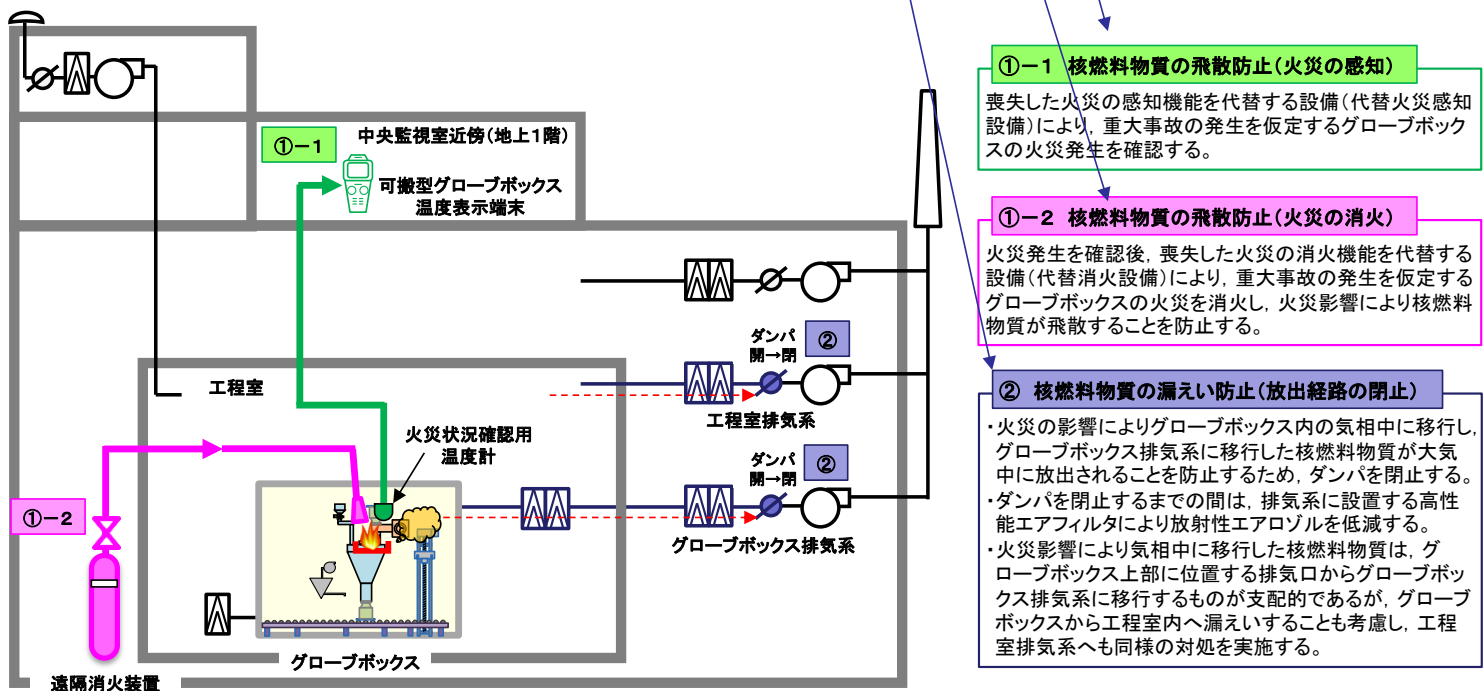
機能	設備	機器種別	耐震性	DBAでの状態	SAでの状態	
					内的	外的
火災の感知機能	グローブボックス温度監視装置	動的機器	Sクラス	感知する	いずれかが 機能喪失	全て 機能喪失
火災の消火機能	グローブボックス消火装置	動的機器	Sクラス	起動する		
	延焼防止ダンパ	動的機器	Sクラス	消火ガス 放出後閉止		
	ピストンダンパ	静的機器	Sクラス	閉止		
MOXの捕集・浄化機能	グローブボックス排気フィルタ	静的機器	1. 2Ss 考慮	損傷なし	損傷なし	損傷なし
	グローブボックス排気フィルタユニット	静的機器	1. 2Ss 考慮			
排気経路の維持機能	グローブボックス排気ダクト	静的機器	1. 2Ss 考慮			
排気機能	グローブボックス排風機	動的機器	Sクラス	消火ガス放出 完了後停止	停止する	機能喪失
安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能	非常用所内電源設備	動的機器	Sクラス	損傷なし	損傷なし	

第3表 火災の発生を想定するグローブボックス

グローブボックス	インベントリ (kg・Pu)	潤滑油量 [L]	オイルパン面積 (m <sup>2</sup> )	燃焼時間 (s)
予備混合装置グローブボックス	46.0	3.0	0.45	130
均一化混合装置グローブボックス	90.5	6.0	0.27	434
造粒装置グローブボックス	20.3	22.0	0.72	596
		1.0	0.17	115
回収粉末処理・混合装置グローブボックス	54.1	3.0	0.45	130
添加剤混合装置Aグローブボックス	33.0	3.0	0.45	130
プレス装置（プレス部）Aグローブボックス	38.9	2.2	0.79	55
添加剤混合装置Bグローブボックス	33.0	3.0	0.45	130
プレス装置（プレス部）Bグローブボックス	38.9	2.2	0.79	55

< 要求事項 >

- 核燃料物質等の飛散又は漏えいを防止する
- 飛散又は漏えいした核燃料物質を回収する
- 核燃料物質を閉じ込める機能を回復する



**①-1 核燃料物質の飛散防止(火災の感知)**  
 喪失した火災の感知機能を代替する設備(代替火災感知設備)により、重大事故の発生を仮定するグローブボックスの火災発生を確認する。

**①-2 核燃料物質の飛散防止(火災の消火)**  
 火災発生を確認後、喪失した火災の消火機能を代替する設備(代替消火設備)により、重大事故の発生を仮定するグローブボックスの火災を消火し、火災影響により核燃料物質が飛散することを防止する。

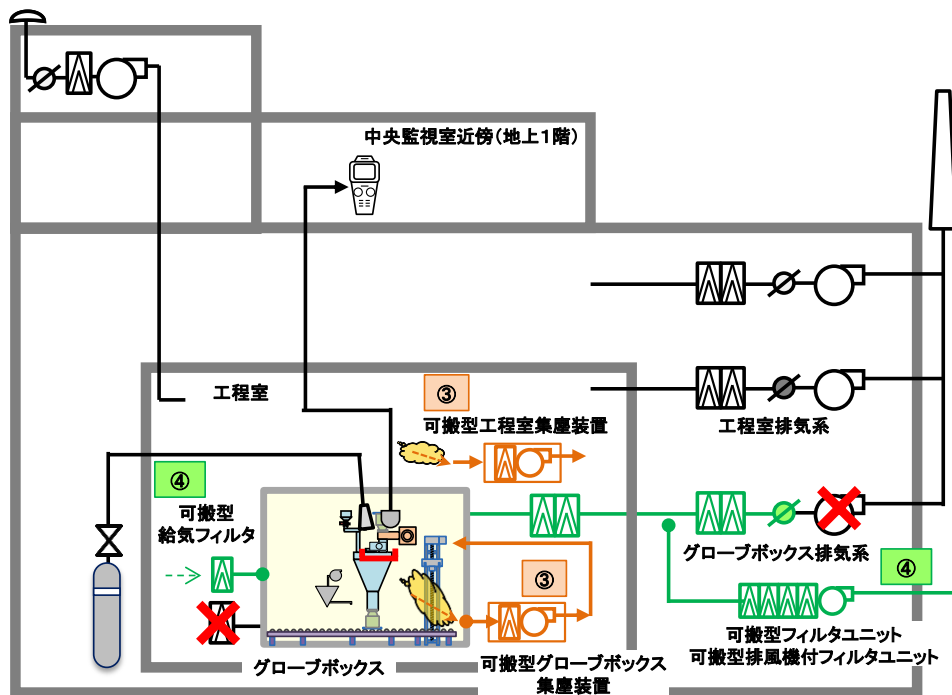
**② 核燃料物質の漏えい防止(放出経路の閉止)**

- ・火災の影響によりグローブボックス内の気相中に移行し、グローブボックス排気系に移行した核燃料物質が大気中に放出されることを防止するため、ダンパを閉止する。
- ・ダンパを閉止するまでの間は、排気系に設置する高性能エアフィルタにより放射性エアロゾルを低減する。
- ・火災影響により気相中に移行した核燃料物質は、グローブボックス上部に位置する排気口からグローブボックス排気系に移行するものが支配的であるが、グローブボックスから工程室内へ漏えいすることも考慮し、工程室排気系へも同様の対処を実施する。

第1図 重大事故への対処の概要 (1 / 2)

<要求事項>

- 核燃料物質等の飛散又は漏えいを防止する
- 飛散又は漏えいした核燃料物質を回収する
- 核燃料物質を閉じ込める機能を回復する



③ 飛散又は漏えいした核燃料物質の回収

- ・火災影響によりグローブボックス内の気相中に飛散した核燃料物質を可搬型グローブボックス集塵装置でグローブボックス内を循環させ、高性能エアフィルタで捕集することにより回収する。
- ・工程室内も同様に、可搬型工程室集塵装置により回収する。
- ・工程室内の床に飛散又は漏えいしている核燃料物質は、濡れウエスによる拭き取り等、資機材を用いて回収する。(閉じ込める機能の回復後に実施する)

④ 閉じ込める機能の回復

- ・気相中の回収作業の完了後、MOX燃料加工施設をより安定な状態に復旧するため、喪失したグローブボックス排気機能を代替する設備(代替グローブボックス排気系)により、グローブボックス及び工程室の排気機能を回復する。
- ・工程室からグローブボックスへの排気経路を可搬型給気フィルタにより確保することで、グローブボックス排気系の機能回復により工程室の排気機能も確保する。

第1図 重大事故への対処の概要 (2 / 2)