

【公開版】

提出年月日	令和2年7月31日 R17
日本原燃株式会社	

M O X 燃 料 加 工 施 設 に お け る  
新 規 制 基 準 に 対 す る 適 合 性

安全審査 整理資料

第 15 条 : 設 計 基 準 事 故 の 拡 大 の 防 止

## 目次

### 1章 基準適合性

#### 1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

1.2 要求事項に対する適合性

1.3 規則への適合性

#### 2. 設計基準事故に係る方針

2.1 安全評価に関する基本方針

2.2 設計基準事故の評価事象

2.3 設計基準事故の発生を想定する際の条件の考え方

2.4 設計基準事故の選定

2.5 設計基準事故に至る可能性のある機能喪失又はその組み合わせの  
特定

2.6 事故の発生を想定する機器の特定

2.7 設計基準事故の評価の基本的な考え方

2.8 設計基準事故の評価

2.9 参考文献

### 2章 補足説明資料

## 1章 基準適合性

## 1. 基本方針

- 1.1 要求事項の整理 設計基準事故の拡大の防止について、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「事業許可基準規則」という。）とウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設安全審査指針（以下「MOX指針」という。）の比較により、事業許可基準規則第15条において追加された要求事項を整理する。（第1表）

第1表 事業許可基準規則第15条とMOX指針 比較表 (1 / 3)

事業許可基準規則	MOX指針	備考
<p>(設計基準事故の拡大の防止)                      第十五条 安全機能を有する施設は、設計基準事故時において、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。                      (解釈)                      1 第15条に規定する「設計基準事故時において、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないもの」とは、設計基準事故を選定し、解析及び評価を行った結果、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことが確認できるものをいう。                      2 上記1の「公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えない」とは、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が5mSvを超えないことをいう。ICRPの1990年勧告によれば、公衆の被ばくに対する年実効線量限度として、1mSvを勧告しているが、特殊な状況においては、5年間にわたる平均が年当たり1mSvを超えなければ、単一年にこれよりも高い実効線量が許されることもあり得るとなっている。これは通常時の放射線被ばくについての考え方であるが、これを発生頻度が小さい事故の場合にも適用することとし、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えなければリスクは小さいと判断する。なお、発生頻度が極めて小さい事故に対しては、実効線量の評価値が上記の値をある程度超えてもそのリスクは小さいと判断できる。</p>	<p>(MOX指針)                      指針3. 事故時条件                      MOX燃料加工施設に最大想定事故が発生するとした場合、一般公衆に対し、過度の放射線被ばくを及ぼさないこと。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1表 事業許可基準規則第15条とMOX指針 比較表 (2/3)

事業許可基準規則	MOX指針	備考
<p>(解釈)</p> <p>3 上記1の評価は、核燃料物質が存在する加工施設の各工程に、機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から設計基準事故を選定し評価することをいう。設計基準事故として評価すべき事例は以下に掲げるとおりとする。</p> <p>一 核燃料物質による臨界</p> <p>二 閉じ込め機能の不全（火災及び爆発並びに重量物落下を含む。）</p>	<p>指針3. 事故時条件</p> <p>1. 事故の選定</p> <p>MOX燃料加工施設の設計に即し</p> <p>(1)水素ガス等の火災・爆発</p> <p>(2)MOX粉末等の飛散、漏えい</p> <p>(3)核燃料物質による臨界</p> <p>(4)自然災害</p> <p>等の事故の発生の可能性を技術的観点から十分に検討し、最悪の場合、技術的にみて発生が想定される事故であって、一般公衆の放射線被ばくの観点からみて重要と考えられる事故を選定すること。</p>	<p>追加要求事項</p>

第1表 事業許可基準規則第15条とMOX指針 比較表 (3/3)

事業許可基準規則	MOX指針	備考
<p>(解釈)</p> <p>4 上記1の放射性物質の放出量等の計算については、技術的に妥当な解析モデル及びパラメータを採用するほか、以下の各号に掲げる事項に関し、十分に検討し、安全裕度のある妥当な条件を設定すること。</p> <p>一 放射性物質の形態、性状及び存在量</p> <p>二 放射線の種類及び線源強度</p> <p>三 閉じ込めの機能（高性能エアフィルタ等の除去系の機能を除く。）の健全性</p> <p>四 排気系への移行率</p> <p>五 高性能エアフィルタ等の除去系の捕集効率</p> <p>六 遮蔽機能の健全性</p> <p>七 臨界の検出及び未臨界にするための措置</p>	<p>(MOX指針)</p> <p>指針3. 事故時条件</p> <p>2. 放射性物質の放出量等の計算</p> <p>1で選定した事故のそれぞれについて、技術的に妥当な解析モデル及びパラメータを採用するほか、次の事項に関し、十分に検討し、安全裕度のある妥当な条件を設定して、放射性物質の放出量等の計算を行うこと。</p> <p>(1) 放射性物質の形態・性状及び存在量</p> <p>(2) 放射線の種類及び線源強度</p> <p>(3) 事故時の閉じ込め機能（高性能エアフィルタ等の除去系の機能を除く。）の健全性</p> <p>(4) 排気系への移行率</p> <p>(5) 高性能エアフィルタ等除去系の捕集効率</p> <p>(6) 遮蔽機能の健全性</p> <p>(7) 臨界の検出及び未臨界にするための措置</p>	<p>変更無し。</p>

## 1. 2 要求事項に対する適合性

### (イ) 設計基準事故の拡大の防止に対する基本方針

ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設（以下「MOX燃料加工施設」という。）において、取り扱う核燃料物質の形態及び取扱方法を踏まえて、異常事象を抽出し、その中から設計基準事故を選定し、安全設計の妥当性を確認する。

安全設計の妥当性とは、設計基準事故時において、安全上重要な施設の機能により、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないことを確認することである。

### (ロ) 設計基準事故の選定

#### (1) 設計基準事故の評価事象

設計基準事故とは、発生頻度が低いものの当該事象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とする。

このため、安全機能の喪失を想定する対象は、その機能喪失によって過度の放射線被ばくを防止する機能を有する安全上重要な施設を評価対象とする。事業許可基準規則を踏まえ、機能喪失と過度の放射線被ばくとの関係で安全上重要な施設の機能として設定している「臨界防止」と「閉じ込め機能」に着目し、放射性物質を外部に放出する可能性のある事象として、「核燃料物質による臨界」と「閉じ込め機能の不全」を設計基準事故の評価事象とする。

評価事象の分類ごとに、取り扱う核燃料物質の形態、取扱方法等を踏まえて発生の可能性との関連において想定される異常事象を抽出し、その中からMOX燃料加工施設から多量の放射性物質が放出する



おそれのある事象を設計基準事故として選定する。

また、安全設計の妥当性として、発生防止対策の故障、誤作動及び誤操作が設計基準事故の誘因にならないことの確認（以下「発生防止対策の確認」という。）並びに事故に対して拡大防止対策及び影響緩和対策（以下「拡大防止対策等」という。）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の確認（以下「拡大防止対策等の確認」という。）をする。

## （２） 設計基準事故の発生を想定する際の条件の考え方

発生防止対策の確認及び発生の可能性との関連において想定される異常事象の発生を想定する際の条件を設定し、これによる安全上重要な施設の機能喪失を整理することで、多量の放射性物質が放出するおそれのある事象として設計基準事故を選定する。

上記条件のうち、外部からの影響による機能喪失の要因となる事象（以下「外的事象」という。）については、設計基準で想定される規模に対して機能喪失しない設計とすることから安全機能の機能喪失の要因とならないと整理する。動的機器の故障等の機能喪失の要因となる事象（以下「内的事象」という。）については、発生防止対策の確認においては、短時間の全交流電源の喪失、動的機器の単一の故障、誤作動及び誤操作（以下「動的機器の単一故障」という。）を、拡大防止対策等の確認においては、動的機器の単一故障を考慮する。内的事象として想定される短時間の全交流電源の喪失、配管破断、溢水、内部発生飛散物及び内部火災については、以下のことから考慮しないと整理した。

- ① 短時間の全交流電源の喪失については、それにより動的機器の機能喪失に至ることから、発生防止の確認では、要因として想定する。一方、発生の可能性との関連において想定される異常事象の抽出においては、発生防止対策の機能喪失及び異常事象の発生を前提とすることから、異常事象の発生と短時間の全交流電源の喪失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想定しない。
- ② 配管破断については、製造工程において、高温若しくは高圧の流体を取り扱っていないこと、腐食性の流体を取り扱っていないこと並びに多量の化学薬品を取り扱わないことを踏まえ、機能喪失の要因としない。
- ③ 溢水及び内部発生飛散物については、発生防止対策を行うことで安全機能が喪失しないよう設計することから機能喪失の要因としない。
- ④ 内部火災については、発生防止対策の確認においては、火災によって安全機能が喪失しないよう設計することから、機能喪失の要因としない。

### (3) 設計基準事故の選定結果

#### ① 核燃料物質による臨界

##### a. 発生防止対策の確認

臨界については、核燃料物質を取り扱う各工程のうち質量管理を行う設備において、形状寸法の維持等の設計に加え、機械及び

運転員による多様性並びに多重性をもった誤搬入防止機能により発生防止を行う設計であることから、動的機器の単一故障を想定したとしても、核燃料物質の誤搬入は発生しない。

さらに、複数の機器の誤作動及び誤操作が発生することにより、核燃料物質が1回誤搬入されることを想定したとしても、未臨界質量を超えるものではなく、核燃料物質の集積が発生することもないため、物理的及び化学的に見て発生防止対策の信頼性が十分に高く、発生が十分に防止できる。

また、短時間の全交流電源の喪失に対しては、工程停止に至るため、誤搬入は発生しない。

上記の結果、発生防止対策の故障、誤作動及び誤操作が設計基準事故の誘因にならないことを確認した。

#### b. 拡大防止対策等の確認及び設計基準事故の選定

a. に示したとおり、発生防止対策の信頼性が十分に高く、臨界の発生が十分に防止できることから、臨界は設計基準事故として選定しない。

#### ② 閉じ込め機能の不全

閉じ込め機能の不全では、核燃料物質の閉じ込め機能を有する安全上重要な施設を対象とし、期待する機能の状態が通常から逸脱し、外部への放射性物質の放出に至る可能性のあるものを対象とする。

さらに、放射性物質の放出に至るおそれのある形態として、MOX燃料加工施設の各工程で取り扱う核燃料物質の形態や取扱方法を踏まえ、飛散しやすく、気相に移行しやすいMOX粉末を対象とする。

なお、それ以外の核燃料物質の形態である焼結前の圧縮成形体（以下「グリーンペレット」という。）、グリーンペレット焼結後のペレット（以下「ペレット」という。）は、物理的に安定した状態であることから、飛散しにくいため対象としない。

また、MOX粉末の閉じ込め機能としては、非密封のMOX粉末を取り扱うグローブボックスが有していることから、これを対象とする。

#### a. 発生防止対策の確認

閉じ込め機能の不全の発生防止に係る動的機器（グローブボックス排風機、焼結炉内部温度高による過加熱防止回路等）については、動的機器の単一故障の発生を想定したとしても多重化したもう一方の機器によりその機能が維持される。また、短時間の全交流電源の喪失による動的機器の機能喪失を想定した場合は、同時に工程停止及び全送排風機停止に至り駆動力がなくなることから、外部への放射性物質の放出に至らない。

上記の結果、発生防止対策の故障、誤作動及び誤操作が設計基準事故の誘因にならないことを確認した。

#### b. 拡大防止対策等の確認及び設計基準事故の選定

閉じ込め機能の不全に至る事象の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、MOX粉末を非密封状態で取り扱うグローブボックスの破損、グローブボックス内でのMOX粉末の飛散及びグローブボックス内での外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生を抽出し、それぞれに対して、外部へ多量

の放射性物質が放出する可能性を評価することにより設計基準事故を選定する。

(a) グローブボックスの破損

グローブボックス内の内装機器が有する容器の落下防止機能の動的機器の単一故障によるグローブボックス内で取り扱う容器の落下等を想定しても、グローブボックス内の内装機器等によりグローブボックスの破損には至らない。

(b) グローブボックス内でのMOX粉末の飛散

グローブボックス内の内装機器が有する容器の落下防止機能又は転倒防止機能の動的機器の単一故障によるグローブボックス内で取り扱う容器が落下又は転倒することにより、MOX粉末が飛散した場合、気相中にMOX粉末が移行するが、平常運転時における公衆の被ばくを超えないことが明らかである。

(c) 外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生

駆動力となる事象としては、火災と爆発が想定されるが、燃料加工建屋に供給される水素・アルゴン混合ガスは水素濃度が9 vol%以下であること、燃料加工建屋内へ水素濃度が9 vol%を超える水素・アルゴン混合ガスが流入することは生じ得ないことから、爆発は物理的に発生することはない。

グローブボックス内での火災は、グローブボックス内を窒素雰囲気とする、グローブボックスは不燃性材料又は難燃性材料を使用する、火災源となる潤滑油を機器内に収納する等の「火災等による損傷の防止」としての発生防止対策を講じていることから、

その発生は想定しにくい。しかし、発生した場合にその駆動力により外部への放射性物質の放出に至るおそれがあるため、拡大防止対策等の安全設計の妥当性を確認する観点から、その発生を想定する。

グローブボックス内におけるMOX粉末の取扱いは、容器に収納した状態又は機器に収納して混合等の処理を行う状態であることを考慮すると、金属製の容器・機器に覆われた状態では、MOX粉末が火災の影響を受けることは想定しにくいことから、蓋のない容器にMOX粉末を収納した状態であれば、MOX粉末が露出した状態であることから、火災影響を受けることを想定する。

また、グローブボックス内で想定する火災源としては、MOX粉末が影響を受けるような規模の火災を想定することから、機器の駆動に使用する潤滑油を想定する。

このため、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、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する。対象となるグローブボックスは、以下の8基のグローブボックスである。

- ・予備混合装置グローブボックス
- ・均一化混合装置グローブボックス
- ・造粒装置グローブボックス
- ・回収粉末処理・混合装置グローブボックス
- ・添加剤混合装置グローブボックス（2基）
- ・プレス装置（プレス部）グローブボックス（2基）

## (ハ) 設計基準事故の評価

### (1) 評価対象の整理及び評価項目の設定

「(ロ)(2) 設計基準事故の発生を想定する際の条件の考え方」において考慮した事故の発生の条件をもとに、事故評価を行う代表事例を選定し、安全設計の妥当性を確認する。

### (2) 評価に当たって考慮する事項

設計基準事故の評価は、安全機能を有する施設のうち、安全上重要な施設による対処を対象とする。

また、設計基準事故の評価において、設計基準事故の評価が最も厳しくなる拡大防止対策等の動的機器の単一故障を想定する。

### (3) 評価の条件設定

評価の条件設定については、「(ハ)(2) 評価に当たって考慮する事項」を考慮するとともに、設計値等の条件を設定することを基本とする。

### (4) 設計基準事故の評価

設計基準事故の評価は、発生を想定する事故等の影響を把握し、設備の健全性を確認し、対策の実施により事故が収束することを確認するとともに、事故の収束までの外部への放出量を確認する。

#### ① 事故の特徴

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は、火災の発生防止対策として、

グローブボックス内を窒素雰囲気とする、潤滑油を機器に収納する、着火源を排除する等の設計を講じているが、技術的な想定を超え、これらの発生防止対策が機能喪失し、何らかの理由により火災が発生することにより、火災の影響によりグローブボックス内のMOX粉末が気相中に移行する。

気相中に移行した放射性エアロゾルは、グローブボックス排気設備を経由して外部に放出される。

## ② 具体的対策

グローブボックス内において潤滑油を火災源とした火災が発生し、火災の影響によりグローブボックス内のMOX粉末が気相中に移行し、気相中に移行した放射性エアロゾルが、グローブボックス排気設備を経由して外部に放出されることになる。このため、グローブボックス温度監視装置の火災感知器により火災を感知し、グローブボックス消火装置により消火ガスを自動で放出することで、グローブボックス全体を窒息状態にすることにより消火する。

火災の消火は、グローブボックス内には設計基準事故で火災源とした潤滑油以外に難燃性ケーブル等が点在することから、グローブボックス全体を窒息状態にする。

この際、グローブボックスに消火ガスを放出して早期に窒息状態にするために、グローブボックスから空気を抜き出すことによりグローブボックス内を消火ガスと早期に置換する。このため、グローブボックス排風機により排気を維持した状態とする。

グローブボックス内への窒素ガス放出完了後、グローブボックス内の消火ガスが他のグローブボックスへ移行することを抑えるため、



自動でグローブボックス排気側の延焼防止ダンパを閉止する。

グローブボックス内にある飛散し易いMOX粉末が、火災により発生する気流によって気相中へ放射性エアロゾルとして移行し、消火ガスの放出及び延焼防止ダンパが閉止されるまでの間、グローブボックス排気設備及び高性能エアフィルタを経由して大気中に放出される。

### ③ 評価

#### a. 代表事例

閉じ込め機能の不全に至る火災の発生する範囲及び対処内容を考慮し、回収粉末処理・混合装置グローブボックスを代表事例として選定する。

#### b. 代表事例の選定理由

選定した設計基準事故は、8基のいずれのグローブボックスで発生しても、事象の進展が同様であるとともに、拡大防止対策等として期待する設備は、いずれのグローブボックスにおいても同じである。

このため、公衆への放射線被ばくのリスクの観点で、グローブボックス内で取り扱う粉末容器中のプルトニウム量が最も多いグローブボックスとして、同時に2種類の粉末容器を取り扱うこともある回収粉末処理・混合装置グローブボックスを代表事例として選定する。

c. 設計基準事故に対する評価の考え方

設計基準事故の評価は、火災の発生後、拡大防止対策等であるグローブボックス温度監視装置及びグローブボックス消火装置による火災の感知及び消火を行うことにより放射性物質を外部に放出する駆動力がなくなることから、外部への放射性物質の放出に繋がる火災に係る対応が完了するまでの間に外部に放出される放出量を対象とし、拡大防止対策等の機能により放射性物質の放出量が十分に低く抑えられ、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを評価する。

d. 事故の条件及び機器の条件

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のうち、1基のグローブボックスで単独で火災が発生することを想定する。

火災の消火に使用する消火ガスは、対象となるグローブボックス全体を窒息状態にするために必要な量を使用する。

グローブボックス内の消火については、グローブボックス排風機の運転を継続した状態でグローブボックス内に消火ガスを放出することで、グローブボックス内全体を早期に消火ガスに置換する。この際、グローブボックス内への工程室雰囲気の流れ等を当該グローブボックス給気側に設置するピストンダンパ及び当該グローブボックス排気側に設置する延焼防止ダンパを閉止することにより制限し、グローブボックス内の負圧を維持した状態とする。

また、拡大防止対策等の安全設計の妥当性を確認するために、拡大防止対策等の動的機器の単一故障を条件とし、火災の感知及び

消火に係る全ての設備を対象として、火災の感知から消火完了までの時間が最も長くなる動的機器の単一故障を想定する。

火災の感知に関連する設備は、グローブボックス温度監視装置の火災感知器に多様性を有しており、単一故障を想定しても、他の火災感知器により火災の感知が可能であるため、時間遅れは生じない。

消火に関連する設備のうち、消火ガスの放出に必要な起動用ガスを2系統設けており、単一故障を想定しても、時間遅れなく残りの系統によりグローブボックス消火装置を起動できるため、時間遅れは生じない。

消火に関連する設備のうち、消火ガスの放出の条件となるグローブボックス排風機は多重化しており、運転中の排風機に対して単一故障を想定した場合でも、故障を検知してもう一方の排風機が自動で起動するが、消火ガスの放出に必要な条件の成立に時間遅れが生じる。そのため、火災の感知から消火完了までの時間が最も長くなる単一故障として、グローブボックス排風機の単一故障を想定する。

ただし、グローブボックス排風機の単一故障を想定しても、もう一方の排風機が起動することにより消火の条件が成立し、消火ガスが放出されるため、自動で火災の消火が可能であり、グローブボックス排風機の単一故障を想定した場合、火災を感知してから、消火完了するまでの時間は約6分である。

e. 操作の条件

設計基準事故に対する対処は、グローブボックス温度監視装置及びグローブボックス消火装置により自動で行われるため、運転員による操作は必要としない。

f. 放出量評価に関連する事故，機器及び操作の条件の具体的な展開

回収粉末処理・混合装置グローブボックス内で取り扱う粉末容器に収納しているMOX粉末の全量である 155kg・MOX (33.2kg・Pu) が火災影響を受けるものとし、消火が完了するまでの時間約6分間に火災によりMOX粉末が1%/hでグローブボックス内の気相中に移行することとする。

グローブボックス排風機を運転した状態で消火ガスを放出することから、火災の影響によって気相中に移行した放射性エアロゾルは、グローブボックス排気設備を経由して外部に放出されるものとする。

外部への放出経路の構造物への付着等による除染係数を10とする。

高性能エアフィルタ4段の除染係数を $10^9$ とする。

g. 判断基準

設計基準事故時において、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないこととし、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事象当たり5mSvを超えなければリスクは小さいと判断する。

## (5) 評価の結果

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  $5.6 \times 10^{-8} \text{mSv}$  であり、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が、判断基準とした  $5 \text{mSv}$  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。

### 1. 3 規則への適合性

事業許可基準規則第十五条では、以下の要求がされている。

(設計基準事故の拡大の防止)

第十五条 安全機能を有する施設は、設計基準事故時において、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。

適合のための設計方針

MOX燃料加工施設に関して想定される異常事象の中から設計基準事故を選定し、以下のとおり安全設計の妥当性を評価する。

設計基準事故の拡大の防止の観点から、安全機能を有する施設は、設計基準事故時において、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものであることを満たす設計とする。

設計基準事故の評価については、核燃料物質が存在するMOX燃料加工施設内の各工程に、機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から、閉じ込め機能の不全の設計基準事故を選定し評価する。

## 2. 設計基準事故に係る方針

### 2. 1 安全評価に関する基本方針

設計基準事故は、MOX燃料加工施設周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する観点から、安全設計上想定すべきものである。MOX燃料加工施設において、MOX燃料加工施設における特徴、取り扱う核燃料物質の形態及び取扱方法を踏まえて、核燃料物質が存在するMOX燃料加工施設の各工程における機器等の故障等により、発生の可能性との関連において想定される異常事象の中から設計基準事故を選定し、安全設計の妥当性を確認する。

安全設計の妥当性とは、設計基準事故時において、安全機能を有する施設の機能により、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないことを確認することをいう。

### 2. 2 設計基準事故の評価事象

設計基準事故とは、発生頻度が低いものの当該事象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とする。

設計基準事故の評価によって確認する事項は、発生防止対策の故障、誤作動及び誤操作が設計基準事故の誘因にならないことに加え、拡大防止対策等の安全設計の妥当性である。

安全機能の喪失を想定する対象は、設計基準事故はMOX燃料加工施設周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する観点で選定、評価することを踏まえ、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設とする。MOX燃料加工施設の安全上重要な施設を第2表に示す。

事業許可基準規則を踏まえ、機能喪失と過度の放射線被ばくとの関係で安全上重要な施設の機能として設定している「臨界防止」と「閉じ込め機能」に着目し、放射性物質を外部に放出する可能性のある事象として、「核燃料物質による臨界」と「閉じ込め機能の不全」を設計基準事故の評価事象とし、その分類ごとに、MOX燃料加工施設の特徴、取り扱う核燃料物質の形態及び取扱方法を踏まえて発生の可能性との関連において想定される異常事象を抽出し、その中から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のある事象を設計基準事故として選定する。

設計基準事故の選定に当たって考慮するMOX燃料加工施設の特徴等を以下に示す。なお、以下のような特徴を有することから、MOX燃料加工施設においては、駆動力を有する事象が無ければ、放射性物質が外部へ放出される事象につながることはない。

- (1) 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であり、化学的に安定している。また、燃料製造における工程は乾式工程であり、有機溶媒等の化学薬品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。
- (2) MOX燃料加工施設では、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ことから、グロ



ーブボックス内でのみ取り扱う。このため、MOX粉末を取り扱うグローブボックスは、燃料加工建屋の地下3階に設置する。

- (3) MOX燃料加工施設で取り扱う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。

**【補足説明資料1－2】**

- (4) MOX燃料加工施設における加工工程は、バッチ処理であり、各処理は独立している。このため、異常が発生したとしても工程停止の措置を講じれば停止時の状態が維持でき、異常の範囲は当該処理の単位に限定される。
- (5) 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しているが、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。

## 2. 3 設計基準事故の発生を想定する際の条件の考え方

発生防止対策の機能喪失が設計基準事故の誘因にならないことの確認及び発生の可能性との関連において異常事象の発生を想定する際の条件を設定し、これによる安全上重要な施設の機能喪失を整理することで、多量の放射性物質が放出するおそれがある事象として設計基準事故を選定する。

その際に考慮する条件として、外的事象及び内的事象を考慮する。

### (1) 外的事象

外的事象については、MOX燃料加工施設の設計に当たり、国内外の文献等を参考に、地震、火山の影響等の56の自然現象を、また航空機落下、有毒ガス等の24の人為事象（故意によるものを除く。）を抽出し、それらの中から設計対応が必要な事象として、地震等の事象をさらに抽出するが、これらの外的事象については、設計基準事故に対処するための設備の設計として想定すべき規模の外的事象に対して、当該設備の機能を維持するよう設計の条件を設定していることから、設計基準事故の起因とならない。

設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果を第3表に示す。

### (2) 内的事象

内的事象については、MOX燃料加工施設の特徴を考慮すると、製造工程や核燃料物質の取扱いにおいて過渡変化がないことから、化学的变化による影響による機能喪失は想定しにくい。

このため、施設の特徴及び事業許可基準規則の各安全設計への要求事項を考慮し、安全上重要な施設の機能喪失の要因となり得る事

象として、動的機器の単一故障、溢水、内部発生飛散物、内部火災、配管破断及び短時間の全交流電源の喪失を対象とし、これらの要因が異常事象の発生を想定する際の条件となり得るかについて検討した結果、内的事象としては、動的機器の単一故障を異常事象の発生を想定する際の条件として設定する。以下に検討結果を示す。

① 動的機器の単一故障

動的機器については、使用の過程においてランダムに故障等することは否定できないことから、動的機器の単一故障は機能喪失の要因として想定する。

② 溢水

溢水により安全上重要な施設の安全機能が喪失しないように設計している。このため、溢水は機能喪失の要因としない。

③ 内部発生飛散物

内部発生飛散物により安全上重要な施設の安全機能が喪失しないように設計している。このため、内部発生飛散物は機能喪失の要因としない。

④ 内部火災

内部火災により安全上重要な施設の安全機能が喪失しないように設計している。このため、発生防止対策の確認においては、内部火災は機能喪失の要因としない。

なお、安全上重要な施設のグローブボックスに対する火災の感知及び消火に係る機能を安全上重要な施設として設定していること、火災自体が外部への放射性物質の放出に至る駆動力となることから、想定される異常事象として考慮する。

#### ⑤ 配管破断

MOX燃料加工施設では製造工程において、高温若しくは高圧の流体を 取り扱わないこと、腐食性の流体を取り扱わないこと並びに多量の化学薬品を取り扱わないことを踏まえ、配管破断は機能喪失の要因としない。

#### ⑥ 短時間の全交流電源の喪失

短時間の全交流電源の喪失が発生した場合、動的機器の機能が機能喪失に至る。このため、発生防止対策の確認においては、短時間の全交流電源の喪失は機能喪失の要因として想定する。

発生の可能性との関連において想定される異常事象の抽出においては、発生防止対策の機能の喪失、異常事象が発生していることを前提とすることから、異常事象の発生と短時間の全交流電源の喪失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考慮しない。

### 2. 4 設計基準事故の選定

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する。

設計基準事故の選定フローを第1図に示す。

## (1) 設計基準事故の選定の考え方

設計基準事故は、事業許可基準規則にて、核燃料物質による臨界及び閉じ込める機能の喪失の2つが定められている。

これらは、それぞれの発生の防止機能が喪失した場合に発生する可能性があるが、機能喪失の条件、すなわち事故が発生する条件はそれぞれ異なる。

したがって、以下の方針により、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を行い、設計基準事故の想定条件による安全機能の喪失状態を特定することで、その事故の発生を想定する機器を特定する。

## (2) 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

### ① 対象の整理

安全機能の喪失を想定する対象は、公衆への著しい被ばく影響をもたらす可能性のある事故が設計基準事故であることを踏まえ、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設とする。安全上重要な施設は、その機能喪失により、公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼす可能性のある機器を選定していることから、安全上重要な施設の安全機能を対象として、安全機能の喪失を考慮し、事故に至る可能性を整理する。安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設の機能が喪失したとしても、公衆及び従事者に過度な放射線被ばくを及ぼすおそれはない。

ただし、想定される事故の発生防止対策として安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設の機能に期待する場合には、事故の発生

防止対策の確認という観点から、安全上重要な施設以外の安全機能の喪失を想定する。

② 設計基準事故に至る可能性がある安全機能の喪失又はその組合せの特定

安全上重要な施設の安全機能が喪失した場合に至る施設状態及びその後の事象進展を分析することにより、事故に至る可能性がある機能喪失又はその組合せを整理する。

設計基準事故を発生させ得る安全機能の喪失又はその組合せの特定に関して、詳細を「2. 5 設計基準事故に至る可能性のある機能喪失又はその組合せの特定」に示す。

(3) 安全機能喪失状態の特定

「(2)② 設計基準事故に至る可能性がある安全機能の喪失又はその組合せの特定」で特定した事故に至る可能性がある安全機能の喪失又はその組合せに対して、発生防止対策の確認において考慮する機能喪失の要因により、事故の発生の有無の観点から、発生防止対策の確認を実施する。

安全機能が喪失しない又はその組合せが発生しなければ、発生防止対策が機能し、事故が発生することはないと判定できる。

(4) 拡大防止対策等の確認

「(3) 安全機能喪失状態の特定」において発生防止対策を確認するが、発生の可能性との関連において想定される異常事象を抽出し、異常事象の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，設計基準事故を選定し，評価する。

設計基準事故の選定に当たっては，事象の収束手段，事象進展の早さ又は公衆への影響をそれぞれ評価する。

## 2. 5 設計基準事故に至る可能性のある機能喪失又はその組み合わせの特定

加工事業許可基準規則に定められる設計基準事故の事例に関して、それぞれの発生を防止する安全機能を整理することにより、設計基準事故に至る可能性がある機能喪失又はその組合せを抽出する。

そのため、安全機能ごとに、当該機能が喪失した場合に至る施設状態及びその後の事象進展を分析することにより、機能喪失により発生する可能性がある事故を特定する

### (1) 核燃料物質による臨界に至る可能性のある機能喪失又はその組合せの特定

核燃料物質による臨界の起因となり得る安全上重要な施設の機能喪失について整理する。

#### ① 発生防止対策

##### a. 核的制限値（寸法）の維持機能

核燃料物質を内包し、核的制限値（寸法）の維持機能を有する機器は、機器が健全であることで、未臨界を維持することが可能である。

核的制限値（寸法）の維持機能が単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。ただし、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設が有する「搬送する核燃料物質の制御機能」の喪失と同時に核的制限値（寸法）の維持機能も喪失していれば、事故に至る可能性がある。



核的制限値(寸法)の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-1表に、搬送する核燃料物質の制御機能の喪失後の事象進展により発生する可能性がある事故を第2.5-2表にそれぞれ示す。

第2.5-1表 核的制限値(寸法)の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
核的制限値(寸法)の維持機能	異常が発生していないことから、単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

第2.5-2表 搬送する核燃料物質の制御機能の喪失後の事象進展により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失後に想定する施設状況	事象進展に対する拡大防止機能	発生する可能性がある事故
搬送する核燃料物質の制御機能(安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設)	核燃料物質の搬送先で核的制限値(寸法)が逸脱する。	核的制限値(寸法)の維持機能	核燃料物質による臨界

b. 安全に係る距離の維持機能(単一ユニット相互間の距離維持)

単一ユニット相互間の距離の維持機能を有する機器は、機器が健全であることで、未臨界を維持することが可能である。

単一ユニット相互間の距離の維持機能が損なわれた場合には、内包する核燃料物質によって核燃料物質による臨界が発生する可能性がある。

単一ユニット相互間の距離の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-3表に示す。

第2. 5-3表 単一ユニット相互間の距離の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
単一ユニット相互間の距離の維持機能	臨界を防止するための単一ユニット相互間の距離が損なわれる。	核燃料物質による臨界

c. 誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）

誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）は、誤搬入防止に係る機器それぞれが健全に機能することにより、計画外の核燃料物質の搬送が発生した場合においても、搬送先の単一ユニットにおいて核的制限値を超えることがないように誤搬入を防止するものである。

誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）を構成する全ての機能が損なわれた場合には、計画外の核燃料物質の搬送が発生した場合、搬送先の単一ユニットにおいて核的制限値を逸脱することが考えられる。また、核的制限値を逸脱する量

の核燃料物質が集積した場合には、核燃料物質による臨界に至る可能性がある。

誤搬入防止機能の喪失により発生する可能性がある事象を第2. 5-4表に示す。

第2. 5-4表 誤搬入防止機能の喪失により発生する可能性がある事象

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事象
誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）	計画外の核燃料物質の搬送が発生した場合、搬送先の単一ユニットにおいて核的制限値を逸脱する。	核燃料物質による臨界

上記の a. から c. の確認により、MOX燃料加工施設において核燃料物質の臨界に至る事象としては、取り扱う核燃料物質が局所的に異常に集積することにより臨界に至る状態である。

(2) 閉じ込め機能の不全に至る可能性のある機能喪失又はその組合せの  
特定

閉じ込め機能の不全の起因となり得る安全上重要な施設の機能喪失について整理する。

① 発生防止対策

- a. プルトニウムを非密封で取り扱う主要な工程に位置する設備・機器を収納するグローブボックス及び設備・機器の閉じ込め機能（以下「プルトニウムの閉じ込めの機能」という。）

プルトニウムの閉じ込めの機能が喪失した場合、核燃料物質が当該閉じ込めの機能を有する機器から漏えいする可能性がある。

プルトニウムの閉じ込めの機能を有する機器は静的機器のみである。このため、本機能を有する機器に対して何らかの力が与えられない限り、プルトニウムの閉じ込めの機能が喪失することはない。

また、プルトニウムの閉じ込めの機能が単独で機能を喪失しても、排気機能を有する設備が機能を維持していれば、内包する核燃料物質はグローブボックス又は設備・機器外に漏えいしない。ただし、排気機能を有する設備が機能喪失し、かつ、プルトニウムの閉じ込めの機能が損なわれた場合には、内包する核燃料物質がMOX粉末である場合はグローブボックス又は設備・機器外に漏えいする。漏えいしたMOX粉末は、漏えいに伴い気相中に移行するが、外部に放射性物質を放出する駆動力がなければ、外部への放出には至らない。

焼結炉及び小規模焼結処理装置（以下「焼結炉等」という。）のプルトニウムの閉じ込めの機能が損なわれた場合には、高温状態の

焼結炉等内の水素・アルゴン混合ガスと空気の反応により爆発に至ることが考えられるが、取り扱う水素ガスは、燃料加工建屋内において取り扱う水素濃度が9 vol%以下であること、燃料加工建屋内へ水素濃度が9 vol%を超える水素・アルゴン混合ガスが流入することは生じ得ないことから、爆発が発生することは想定できない。また、焼結炉等は、仮に空気が混入した焼結炉内で水素濃度が9 vol%以下の水素・アルゴン混合ガスが燃焼した場合においても、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ことから、外部への放出には至らない。

プルトニウムの閉じ込めの機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-5表に、排気機能の喪失と同時にプルトニウムの閉じ込めの機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-6表に示す。

第2. 5-5表 プルトニウムの閉じ込めの機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
プルトニウムの閉じ込めの機能	単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

第2. 5－6表 排気機能の喪失と同時にプルトニウムの閉じ込めの機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	事象進展に対する拡大防止機能	発生する可能性がある事故
プルトニウムの閉じ込めの機能	内包する放射性物質がグローブボックス・設備・機器の外に漏えいする。	排気機能	閉じ込め機能の不全

b. 排気経路の維持機能

この機能を有する安全上重要な施設として、グローブボックス排気設備の系統及び窒素循環設備の系統が該当する。

排気経路の維持機能が単独で機能を喪失しても、排気機能を有する設備が機能を維持していれば、放射性エアロゾルが漏えいすることはない。ただし、排気機能を有する設備が機能を喪失し、かつ、排気経路の維持機能が損なわれた場合には、排気経路外に放射性エアロゾルが漏えいするが、外部に放射性物質を放出する駆動力がなければ、外部への放出には至らない。

排気経路の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5－7表に、排気機能の喪失と同時に排気経路の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5－8表に示す。

第2. 5-7表 排気経路の維持機能の喪失により発生する可能性  
がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に 想定する施設状況	発生する可能性が ある事故
排気経路の 維持機能	単独で機能を喪失しても放 射性物質の大気中への放出 には至らない。	—

第2. 5-8表 排気機能の喪失と同時に排気経路の維持機能の喪失  
により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の 喪失時に想定す る施設状況	事象進展に対 する拡大防止 機能	発生する 可能性がある 事故
排気経路の 維持機能	放射性エアロゾ ルが排気経路外 に漏えいする。	排気機能	閉じ込め機能の 不全

c. MOXの捕集・浄化機能

グローブボックス等からの排気中に含まれる放射性エアロゾルを捕集するための機能であり、この機能を有する安全上重要な施設としてグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットが該当する。

これらは、破損することなく形状を維持することによって機能が維持される。MOXの捕集・浄化機能が損なわれた場合には、排気中に含まれる放射性エアロゾルが捕集されずに排気経路から大気中に放出される。

MOXの捕集・浄化機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-9表に示す。

第2. 5-9表 MOXの捕集・浄化機能の喪失により発生する可能性のある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性のある事故
MOXの捕集・浄化機能	排気中に含まれる放射性エアロゾルが捕集されずに排気経路から大気中への放出に至る。	閉じ込め機能の不全

d. 排気機能

排気中に含まれる放射性エアロゾルを捕集した気体を排気するための機能であり、この機能を有する安全上重要な施設としてグローブボックス排風機が該当する。排気機能は、機器が健全であり電源から電力が供給されることにより機能が維持される。

排気機能が損なわれた場合、外部に放射性物質を放出する駆動力がなくなるため、外部への放出には至らない。

排気機能の喪失により発生する可能性のある事故を第2. 5-10表に示す。

第2. 5-10表 排気機能の喪失により発生する可能性のある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性のある事故
排気機能	単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—



e. 熱的制限値の維持機能

核燃料物質を高温状態で取り扱い、熱的制限値の維持機能を有する機器は、機器が健全であることで、一定の温度を超えない状態を維持することが可能である。

熱的制限値の維持機能が単独で機能を喪失しても、「温度の制御機能」があるため、焼結炉等内が異常な高温になることはなく、放射性物質の大気中への放出には至らない。ただし、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設が有する「温度の制御機能」の喪失と同時に熱的制限値の維持機能が喪失した場合、焼結炉等内に空気が混入し、高温状態の焼結炉等内の水素・アルゴン混合ガスと空気の反応により爆発に至ることが考えられる。しかし、取り扱う水素ガスは、水素濃度が9 vol%以下である水素・アルゴン混合ガスであり、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ことから、外部への放出には至らない。熱的制限値の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-11表に示す。

第2. 5-11表 熱的制限値の維持機能の喪失により発生する  
可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に 想定する施設状況	発生する 可能性がある 事故
温度の制御機能（安全 上重要な施設以外の安 全機能を有する施設）、 熱的制限値の維持機能	単独で機能を喪失しても放射 性物質の大気中への放出には 至らない。	—

f. 焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能

この機能を有する安全上重要な施設として、焼結炉等の排ガス処理に係る系統及びグローブボックスが該当する。

焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能が単独で機能を喪失しても、排気機能を有する設備が機能を維持していれば、内包する核燃料物質物質が漏えいすることはない。ただし、排気機能を有する設備が機能を喪失し、かつ、焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能が損なわれた場合には、核燃料物質が漏えいする。漏えいした核燃料物質は、漏えいに伴い気相中に移行するが、外部に放射性物質を放出する駆動力がなければ、外部への放出には至らない。

焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-12表に、排気機能の喪失と同時に焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-13表に示す。

第2. 5-12表 焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能	単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

第2. 5-13表 排気機能の喪失と同時に焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	事象進展に対する拡大防止機能	発生する可能性がある事故
焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能	放射性エアロゾルが排気経路外に漏えいする。	排気機能	閉じ込め機能の不全

g. 焼結炉等内の負圧維持機能

焼結炉等内の負圧維持機能として、焼結設備の排ガス処理装置の補助排風機及び小規模試験設備の小規模焼結処理装置の補助排風機が該当する。

焼結炉等内の負圧維持機能が単独で機能喪失しても、外部に放射性物質を放出する駆動力がないため、外部への放出には至らない。

焼結炉等内の負圧維持機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-14表に示す。

第2. 5-14表 焼結炉等内の負圧維持機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
焼結炉等内の負圧維持機能	単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

h. 安全に係るプロセス量等の維持機能（閉じ込めに関連する温度維持）（以下「小規模焼結処理装置の加熱停止機能」という。）

小規模焼結処理装置の炉殻の冷却流量が低下した場合に、小規模焼結処理装置の加熱を停止する機能が該当する。

小規模焼結処理装置の加熱停止機能が単独で機能を喪失しても、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設が有する「温度の制御機能」があるため、小規模焼結処理装置内が異常な高温になることはなく、放射性物質の大気中への放出には至らない。ただし、小規模焼結処理装置の加熱停止機能が、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設が有する「温度の制御機能」と同時に機能が喪失していれば、小規模焼結処理装置内に空気が混入し、高温状態の小規模焼結処理装置内の水素・アルゴン混合ガスと空気の反応により爆発に至ることが考えられる。しかし、取り扱う水素ガスは、水素濃度が9 vol%以下である水素・アルゴン混合ガスであり、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ことから、外部への放出には至らない。

小規模焼結処理装置の加熱停止機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-15表に示す。

第2. 5-15表 小規模焼結処理装置の加熱停止機能の喪失により  
発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に 想定する施設状況	発生する 可能性がある 事故
温度の制御機能（安全 上重要な施設以外の安全 機能を有する施設） の機能喪失，小規模焼 結処理装置の加熱停止 機能	異常が発生していないことか ら，単独で機能を喪失しても 放射性物質の大気中への放出 には至らない。	—

② 拡大防止対策等

- a. 排気経路の維持機能及びMOXの捕集・浄化機能（以下「事故時の排気経路の維持機能及びMOXの捕集・浄化機能」という。）

安全上重要な施設のグローブボックス等を設置する工程室からの排気に係る系統及び当該系統に設置する高性能エアフィルタが該当する。これらが単独で機能を喪失しても，安全上重要な施設の異常の発生防止機能を有するプルトニウムの閉じ込めの機能を有する設備又は排気機能を有する設備が機能を維持していれば，放射性物質の大気中への放出には至らない。ただし，プルトニウムの閉じ込めの機能を有する設備及び排気機能を有する設備の機能並びに事故時の排気経路の維持機能が同時に喪失した場合，工程室内に核燃料物質が漏えいし，排気経路外から外部に放射性物質を放出するおそれがある。漏えいした核燃料物質は，漏えいに伴い気相中に移行するが，外部に放射性物質を放出する駆動力がなければ，外部への放出には至らない。

事故時の排気経路の維持機能の喪失及び事故時のMOXの捕

集・浄化機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-16表に、プルトニウムの閉じ込めの機能を有する設備及び排気機能を有する設備の機能喪失並びに事故時の排気経路の維持機能の同時喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-17表に示す。

第2.5-16表 事故時の排気経路の維持機能の喪失及び事故時のMOXの捕集・浄化機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
事故時の排気経路の維持機能, 事故時のMOXの捕集・浄化機能	単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

第2. 5-17表 プルトニウムの閉じ込めの機能を有する設備及び

排気機能を有する設備の機能喪失並びに事故時の排気経路の維持機能の同時喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	事象進展に対する拡大防止機能	発生する可能性がある事故
プルトニウムの閉じ込めの機能及び排気機能	核燃料物質が排気経路外に漏えいする。	事故時の排気経路の維持機能	閉じ込め機能の不全
焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能及び排気機能	核燃料物質が排気経路外に漏えいする。	事故時の排気経路の維持機能	閉じ込め機能の不全

b. 安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能（以下「非常用電源の供給機能」という。）

外部電源系統からの電力の供給が停止した場合において、安全機能を有する施設の安全機能確保に必要な設備が使用できるための支援機能としての非常用所内電源設備が該当する。

非常用所内電源設備が単独で機能を喪失しても、安全上重要な施設及び安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設の異常の発生防止機能を有する設備が機能を維持していれば、放射性物質の大気中への放出には至らない。非常用電源の供給機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2. 5-18表に示す。

第2. 5-18表 非常用電源の供給機能の喪失により発生する可能性のある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性のある事故
非常用電源の供給機能	単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

c. 安全に係るプロセス量等の維持機能（混合ガス中の水素濃度）  
（以下「水素濃度の維持機能」という。）

焼結炉等に供給される水素・アルゴン混合ガスの水素濃度が爆発が発生する濃度である9 vol%を超える場合に、焼結炉等への水素・アルゴン混合ガスの供給を自動的に停止する混合ガス水素濃度高による混合ガス供給停止回路及び混合ガス濃度異常遮断弁が該当する。

混合ガス供給停止回路又は混合ガス濃度異常遮断弁が単独で機能を喪失しても、燃料加工建屋内へ水素濃度が9 vol%を超える水素・アルゴン混合ガスが供給されるおそれはなく、高温の炉内で水素・アルゴン混合ガスが燃焼した場合にも、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ことから、放射性物質の外部への放出には至らない。水素濃度の維持機能の喪失により発生する可能性のある事故を第2. 5-19表に示す。



第2. 5-19 表 水素濃度の維持機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
水素濃度の維持機能	異常が発生していないことから、単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

d. グローブボックスの閉じ込め機能の維持機能のうち、MOXの捕集・浄化機能（以下「グローブボックス給気側のMOXの捕集機能」という。）

グローブボックス給気側のMOXの捕集機能として、プルトニウムの閉じ込めの機能を有するグローブボックスの給気側のうち、グローブボックスの閉じ込め機能維持に必要な範囲が該当する。事故時においてグローブボックスからMOX粉末が工程室に漏えいするとき、グローブボックス給気側を漏えいの経路とすることにより、経路上の給気フィルタを通過することで漏えいするMOX粉末量を低減することができる。

グローブボックス給気側のMOXの捕集機能が単独で機能を喪失しても、排気機能が健全であれば、グローブボックスからMOX粉末が工程室に漏えいすることはないため、放射性物質の大気中への放出には至らない。ただし、排気機能が喪失していれば、グローブボックス内のMOX粉末が工程室に漏えいし、給気フィルタを通過せずに工程室に漏えいするため、外部への放射性物質の放出に至る可能性がある。

グローブボックス給気側のMOXの捕集機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-20表に、グローブボックス給気側のMOXの捕集機能の喪失と同時に排気機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-21表にそれぞれ示す。

第2.5-20表 グローブボックス給気側のMOXの捕集機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性がある事故
グローブボックス給気側のMOXの捕集機能	異常が発生していないことから、単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

第2.5-21表 グローブボックス給気側のMOXの捕集機能の喪失と同時に排気機能の喪失により発生する可能性がある事故

安全機能	安全機能喪失後に想定する施設状態	事象進展に対する拡大防止機能	発生する可能性がある事故
グローブボックス給気側のMOXの捕集機能	グローブボックスから工程室に核燃料物質が漏えいする。	排気機能	<u>閉じ込め機能の不全</u>

e. グローブボックスの閉じ込め機能の維持機能のうち、火災の感知機能及び火災の消火機能（以下「火災の感知・消火機能」という。）

火災の感知・消火機能として、グローブボックス温度監視装置及びグローブボックス消火装置が該当する。また、グローブボックス消火装置が起動するためには、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、グローブボックス排風機についても火災の感知・消火機能の支援機能の位置づけになる。

火災の感知・消火機能が単独で機能を喪失しても、核燃料物質を取り扱う設備において火災が発生していなければ、放射性物質の大気中への放出には至らない。ただし、核燃料物質を取り扱う設備において火災が発生した状態で、火災の感知・消火機能が喪失していれば、火災が継続することにより、外部への放射性物質の放出に至る可能性がある。

火災の感知・消火機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-22表に、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設が有する火災の発生防止の機能の喪失と同時に火災の感知・消火機能の喪失により発生する可能性がある事故を第2.5-23表にそれぞれ示す。

第2. 5-22表 火災の感知・消火機能の喪失により発生する可能性のある事故

安全機能	安全機能の喪失時に想定する施設状況	発生する可能性のある事故
火災の感知・消火機能	異常が発生していないことから、単独で機能を喪失しても放射性物質の大気中への放出には至らない。	—

第2. 5-23表 安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設が有する火災の発生防止の機能の喪失と同時に火災の感知・消火機能の喪失により発生する可能性のある事故

安全機能	安全機能喪失後に想定する施設状態	事象進展に対する拡大防止機能	発生する可能性のある事故
火災の発生防止の機能を有する機器（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）	火災が発生し、継続する。	火災の感知・消火機能	<u>閉じ込め機能の不全</u>

以上より、事故に至る可能性のある機能喪失又はその組合せは第2. 5-24表のとおり整理できる。

第2. 5-24表 事故に至る可能性がある機能喪失又はその組合せ

想定される事故	事故に至る可能性がある機能喪失 (又はその組合せ) ※1		
	安全機能1	安全機能2	安全機能3
核燃料物質による 臨界	搬送する核燃料物質の制御機能 (安全上重要な施設以外の安全 機能を有する施設)	核的制限値(寸法)の維持 機能	
	単一ユニット間の 距離の維持機能		
	誤搬入防止機能(安全上重要な 施設以外の安全機能を有する施 設)		
閉じ込め機能の不全	プルトニウムの 閉じ込めの機能	排気機能	
	プルトニウムの 閉じ込めの機能	排気機能	事故時の 排気経路の 維持機能
	焼結炉等の閉じ込めに関連す る経路の維持機能	排気機能	事故時の 排気経路の 維持機能
	排気経路の維持機能	排気機能	
	MOXの 捕集・浄化機能		
	焼結炉等の閉じ込めに関連する 経路の維持機能	排気機能	
	グローブボックス給気側のMO Xの捕集機能	排気機能	
火災の発生防止の機能(安全上 重要な施設以外の安全機能を有 する施設)	火災の感知・ 消火機能		

## 2. 6 事故の発生を想定する機器の特定結果

安全上重要な施設の安全機能の機能喪失又はその組合せにより発生する可能性がある事故ごとに事故の発生を想定する機器の特定の結果を以下に示す。

- (1) 要因ごとに、当該安全機能が喪失する場合は「○」を、機能喪失しない場合は「－」を記載する。また、組合せにより事故に至る可能性のある機能喪失については、その全てが機能喪失する場合は「○」を、いずれかの機能が維持される場合は「－」を記載する。
- (2) 安全機能が喪失する場合又は安全機能が組合せで同時に喪失する場合であっても、評価によって事故に至らないことを確認できれば、「△」を記載する。
- (3) 安全機能の喪失又はその組合せに対して、評価によって事故に至らないことを確認できない場合には、事象の収束手段、事象進展の早さ又は公衆への影響をそれぞれ評価し、以下のとおり記載する。

○：事故の発生を想定する機器として特定

× 1：事象の収束が可能であるため設計基準として整理する事象

× 2：安全機能の喪失により事象が進展するまでの間に喪失した安全機能の復旧が可能であるため設計基準として整理する事象

× 3：機能喪失時の公衆への影響が平常運転時と同程度であるため、設計基準として整理する事象

## 2. 6. 1 核燃料物質による臨界

### 2. 6. 1. 1 発生防止対策の確認

核燃料物質による臨界に至る可能性がある機能喪失又はその組み合わせは以下のとおりである。

- ・「搬送する核燃料物質の制御機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」及び「核的制限値（寸法）の維持機能」の同時喪失
- ・「単一ユニット間の距離の維持機能」の喪失
- ・「誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」の喪失

これらについては、発生防止対策で構成されている。このため、設計基準事故の条件として、動的機器の単一故障又は短時間の全交流電源の喪失を想定し、事故に至る可能性を検討する。

以下、これらについてそれぞれ事故の選定結果を示す。

2. 6. 1. 1. 1 「搬送する核燃料物質の制御機能（安全上重要な施設  
以外の安全機能を有する施設）」及び「核的制限値（寸  
法）の維持機能」の同時喪失

「搬送する核燃料物質の制御機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」が喪失して搬送する核燃料物質の寸法が制限された条件から逸脱し、「核的制限値（寸法）の維持機能」が喪失し、制限された寸法から逸脱した核燃料物質が搬送先に搬送された場合には、核燃料物質による臨界に至る可能性がある。

(1) 動的機器の単一故障の場合

「核的制限値（寸法）の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため喪失しない（一）。

(2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「核的制限値（寸法）の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため喪失しない（一）。



## 2. 6. 1. 1. 2 「単一ユニット間の距離の維持機能」の喪失

「単一ユニット間の距離の維持機能」の喪失により核燃料物質間の距離が制限された条件から逸脱し、核燃料物質による臨界に至る可能性がある。

### (1) 動的機器の単一故障の場合

「単一ユニット間の距離の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため喪失しない (一)。

### (2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「単一ユニット間の距離の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため喪失しない (一)。

## 2. 6. 1. 1. 3 「誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」の喪失

「誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」が喪失した状態で核燃料物質が搬送された場合、搬送先の単一ユニットにおいて核的制限値を逸脱することにより、核燃料物質による臨界に至る可能性がある。

### (1) 動的機器の単一故障の場合

誤搬入防止機能を有する機器が単一故障により機能喪失する可能性がある。しかし、誤搬入防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）は、ID番号読取機による搬送対象となる容器のID番号が一致していることの確認、秤量器による容器の秤量値に有意な差がないことの確認、運転管理用計算機及び臨界管理用計算機による確認、誤搬入防止シャッタの開放並びに運転員による搬入許可といった、複数の機器による確認及び運転員による確認を行っている。このため、単一故障により誤搬入防止機能を喪失することは想定されないことから、核燃料物質が誤搬入されることはなく、核燃料物質による臨界は発生しない（一）。

さらに、誤搬入防止機能を構成する機器は、それぞれが異なる機器であるため、偶発的に同時に機能を喪失することは想定しにくい<sup>1</sup>が、仮に誤搬入防止機能を構成する複数の機器が同時に機能喪失することを想定したとしても、運転員による確認行為により、核燃料物質の誤搬入が発生することはない。

また、誤搬入防止機能を構成する複数の動的機器の機能喪失と運転員による確認ミスにより、核燃料物質が1回誤搬入することを想定

したとしても、搬入先の単一ユニットにおける運転管理の上限値は逸脱するものの、未臨界質量を超えるものではないため、核燃料物質による臨界の誘因とならない。

**【補足説明資料1-11】**

(2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

誤搬入防止機能を有する機器の全てが機能を喪失する可能性がある。しかし、全交流電源の喪失により、核燃料物質の搬送も停止することから、核燃料物質が集積することはなく、核燃料物質による臨界は発生しない(一)。

## 2. 6. 1. 2 拡大防止対策等の確認及び設計基準事故の選定

核燃料物質による臨界については、2. 6. 1. 1に記載のとおり、発生防止対策の信頼性が十分に高く、異常事象の発生が十分に防止できることから、核燃料物質による臨界は設計基準事故として選定しない。

核燃料物質による臨界の各事象に対する発生防止対策，拡大防止対策等の確認結果を第4表に示す。

## 2. 6. 2 閉じ込め機能の不全

### 2. 6. 2. 1 発生防止対策の確認

閉じ込め機能の不全に至る可能性がある機能喪失又はその組み合わせは以下のとおりである。

- ・「プルトニウムの閉じ込めの機能」及び「排気機能」の同時喪失
- ・「プルトニウムの閉じ込めの機能」、「排気機能」及び「事故時の排気経路の維持機能」の同時喪失
- ・「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」、「排気機能」及び「事故時の排気経路の維持機能」の同時喪失
- ・「排気経路の維持機能」及び「排気機能」の同時喪失
- ・「MOXの捕集・浄化機能」の喪失
- ・「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」及び「排気機能」の同時喪失
- ・「グローブボックス給気側のMOXの捕集機能」及び「排気機能」の同時喪失
- ・「火災の発生防止の機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」

以下、これらについてそれぞれの事故の発生を想定する機器の特定結果を示す。

## 2. 6. 2. 1. 1 「プルトリウム

### の閉じ込めの機能」の喪失及び「排気機能」の喪失

「プルトリウム

の閉じ込めの機能」の喪失及び「排気機能」の喪失により、閉じ込め機能の不全に至る可能性がある。

#### (1) 動的機器の単一故障の場合

排気機能を有するグローブボックス排風機は動的機器の単一故障により機能を喪失するが、排気機能を有するグローブボックス排風機は多重化していること、運転中のグローブボックス排風機の故障時は予備機が自動的に起動することから、排気機能は喪失しない。

また、「プルトリウム

の閉じ込めの機能」を構成する機器は静的機器であるため喪失しない（－）。

#### (2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「排気機能」は喪失するが、「プルトリウム

の閉じ込めの機能」を構成する機器は静的機器であるため喪失しない。このため、同時に機能を喪失することはない（－）。

2. 6. 2. 1. 2 「プルトニウムの閉じ込めの機能」の喪失, 「排気機能」の喪失及び「事故時の排気経路の維持機能」の喪失並びに「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」の喪失, 「排気機能」の喪失及び「事故時の排気経路の維持機能」の喪失

「プルトニウムの閉じ込めの機能」の喪失, 「排気機能」の喪失及び「事故時の排気経路の維持機能」の喪失並びに「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」の喪失, 「排気機能」の喪失及び「事故時の排気経路の維持機能」の喪失により, 工程室からの排気経路外に放射性エアロゾルが漏えいする可能性がある。

(1) 動的機器の単一故障の場合

「排気機能」を有するグローブボックス排風機は動的機器の単一故障により機能を喪失するが, グローブボックス排風機は多重化していること, 運転中のグローブボックス排風機の故障時は予備機が自動的に起動することから, 「排気機能」は喪失しない。

また, 「プルトニウムの閉じ込めの機能」, 「事故時の排気経路の維持機能」及び「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため, 機能を喪失しない(一)。

(2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「排気機能」は喪失するが, 「プルトニウムの閉じ込めの機能」, 「事故時の排気経路の維持機能」及び「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため, 同時

に機能を喪失することはない（一）。



## 2. 6. 2. 1. 3 「排気経路の維持機能」の喪失及び「排気機能」の喪失

「排気経路の維持機能」の喪失及び「排気機能」の喪失により、閉じ込め機能の不全に至る可能性がある。

### (1) 動的機器の単一故障の場合

「排気機能」を有するグローブボックス排風機は動的機器の単一故障により機能を喪失するが、グローブボックス排風機は多重化していること及び運転中のグローブボックス排風機の故障時は予備機が自動的に起動することから、「排気機能」は喪失しない。

また、「排気経路の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため、機能を喪失しない（－）。

### (2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「排気機能」は喪失するが、「排気経路の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため、同時に機能を喪失することはない（－）。

#### 2. 6. 2. 1. 4 「MOXの捕集・浄化機能」の喪失

「MOXの捕集・浄化機能」の喪失により、高性能エアフィルタにより捕集される放射性エアロゾルが捕集されずに放出されることにより、閉じ込め機能の不全に至る可能性がある。

##### (1) 動的機器の単一故障の場合

「MOXの捕集・浄化機能」を構成する機器は静的機器であるため、機能を喪失しない(－)。

##### (2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「MOXの捕集・浄化機能」を構成する機器は静的機器であるため、機能を喪失しない(－)。

2. 6. 2. 1. 5 「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」  
の喪失及び「排気機能」の喪失

「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」の喪失及び「排気機能」の喪失により閉じ込め機能の不全に至る可能性がある。

(1) 動的機器の単一故障の場合

「排気機能」を有するグローブボックス排風機は動的機器の単一故障により機能を喪失するが、グローブボックス排風機は多重化していること及び運転中のグローブボックス排風機の故障時は予備機が自動的に起動することから、排気機能は喪失しない。

また、「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため、機能を喪失しない（一）。

(2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「排気機能」は喪失するが、「焼結炉等の閉じ込めに関連する経路の維持機能」を構成する機器は静的機器であるため、同時に機能を喪失することはない（一）。

## 2. 6. 2. 1. 6 「グローブボックス給気側のMOXの捕集機能」の喪失及び「排気機能」の喪失

「グローブボックス給気側のMOXの捕集機能」の喪失及び「排気機能」の喪失により、グローブボックス給気フィルタを経由せずにMOX粉末が工程室に漏えいする可能性がある。

### (1) 動的機器の単一故障の場合

「排気機能」を有するグローブボックス排風機は動的機器の単一故障により機能を喪失するが、グローブボックス排風機は多重化していること及び運転中のグローブボックス排風機の故障時は予備機が自動的に起動することから、「排気機能」は喪失しない。

また、「グローブボックス給気側のMOXの捕集機能」を構成する機器は静的機器であるため、動的機器の単一故障では機能を喪失しない（－）。

### (2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

「排気機能」は喪失するが、「グローブボックス給気側のMOXの捕集機能」を構成する機器は静的機器であるため、同時に機能を喪失することはない（－）。

## 2. 6. 2. 1. 7 「火災の発生防止機能（安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設）」の喪失

火災が発生するためには、可燃物、着火源及び酸素が必要となる。このため、火災の発生防止対策の確認としては、発生防止対策の確認の条件によりこれら3要素が揃うかを確認する。

### (1) 動的機器の単一故障の場合

粉末の調整又は圧縮成形を行う工程のグローブボックスは品質管理の観点から窒素ガス雰囲気で行うこと、グローブボックス内で運転員が取り扱う可燃物の物品は金属製の容器に収納すること、機器の駆動のための潤滑油は機器内に収納すること及びグローブボックスは難燃性材料又は不燃性材料を使用することとしている。一方、火災が発生するためには、酸素、着火源及び可燃物という燃焼の3要素が揃う必要がある。このため、動的機器の単一故障を想定しても、上記の火災の発生防止対策のいずれかが機能を喪失するだけであり、燃焼の3要素が揃うことはないため、動的機器の単一故障では火災は発生しない（一）。

### (2) 短時間の全交流電源の喪失の場合

グローブボックス内が空気雰囲気になることが想定されるが、グローブボックス内の可燃物は機器等の中に存在すること、電源の喪失により着火源がなくなることから、火災の発生は想定されない（一）。

## 2. 6. 2. 2 拡大防止対策等の確認及び設計基準事故の選定

2. 6. 2. 1 で確認した結果、発生防止対策の故障、誤作動及び誤操作が設計基準事故の誘因にならないことを確認した。しかし、拡大防止対策等の安全設計の妥当性を確認し、MOX燃料加工施設周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する観点で、設計基準事故を選定する。

設計基準事故の選定においては、設計基準事故の発生の可能性との関連において想定される異常事象を抽出し、当該異常事象の発生防止対策が機能を喪失し、異常事象が発生することを想定する。また、設計基準事故としては、多量の放射性物質がMOX燃料加工施設から放出される事故を、閉じ込め機能の不全とする。

閉じ込め機能の不全については、MOX燃料加工施設において、核燃料物質を混合酸化物貯蔵容器、グローブボックス等、燃料集合体により取り扱うことから、これらの閉じ込めバウンダリが損傷することにより、閉じ込め機能の不全に至ることが考えられる。

このうち、混合酸化物貯蔵容器及び燃料集合体は、これらが落下しても損傷しない高さに取扱いを制限していることから、混合酸化物貯蔵容器及び燃料集合体の落下による閉じ込め機能の不全は想定しない。

【補足説明資料1-20】

【補足説明資料1-21】

製造工程のグローブボックス内で取り扱う核燃料物質の形態としては、MOX粉末、グリーンペレット、ペレットの形態である。グリーンペレット及びペレットの形態の場合、これらは安定な成形体であるため、何らかの異常が発生したとしても、その影響を受けて外部へと放出される事態に

なることは考えられない。核燃料物質がMOX粉末の形態であれば、発生した異常の影響により、外部への放出に至る状態になり得ると考えられる。

グローブボックス等の閉じ込めバウンダリが損傷することの想定としては、グローブボックス等内外において、重量物が落下し、その衝撃がグローブボックスに加わることにより損傷することが考えられる。しかしながら、グローブボックス等を設置する室においては、重量物を取り扱うクレーン類がないため、グローブボックス等外で重量物が落下してグローブボックス等が損傷することはない。一方、グローブボックス等内においては、製造工程で使用する核燃料物質を収納した容器を取り扱うことから、重量物として容器が落下することが想定される。このため、閉じ込め機能の不全としてグローブボックス等の破損という事象が考えられる。

グローブボックスはグローブボックス排気設備を介して外部と接続された構造である。このため、グローブボックス等が損傷しなくとも、グローブボックス内において何らかの異常が発生した場合に、その異常の影響を受けた核燃料物質が、グローブボックス排気設備を経由して外部へと放出されることが考えられる。

MOX粉末は、平常運転時において、粉末容器に収納した状態で搬送し、各グローブボックスにおいて、混合機への投入、混合機による粉末の混合、取り出し及びグリーンペレット成型といったプロセスにより取り扱う。このため、粉末を収納した粉末容器を取り扱い中に落下又は転倒することによりグローブボックス内にMOX粉末が浮遊し、グローブボックス内の気相中のMOX粉末の濃度が上昇することで、外部への放出量が上昇するという事象が考えられる。このため、閉じ込め機能の不全として、グローブボックス内のMOX粉末の飛散を想定する。

また、MOX粉末が影響を受ける異常として、グローブボックス内において駆動力を有する事象が発生し、その影響を受けることでMOX粉末が外部へと放出される事象が考えられる。MOX燃料加工施設においては、製造工程においては多量の有機溶媒等は取り扱わないこと、製造工程において過渡変化がなく取り扱う核燃料物質自体も安定な状態であること及び取り扱う核燃料物質による崩壊熱の影響も小さいことから、MOX燃料加工施設において発生する可能性がある駆動力を有する事象としては、火災と爆発が考えられる。しかし、爆発については、MOX燃料加工施設において想定される爆発の要因としては、水素・アルゴン混合ガスがあるものの、燃料加工建屋内において取り扱う水素濃度が9 vol%以下であること、燃料加工建屋内へ水素濃度が9 vol%を超える水素・アルゴン混合ガスが流入することは生じ得ないことから、爆発が発生することは想定できない。また、焼結炉等は、仮に空気が混入した焼結炉内で水素濃度が9 vol%以下の水素・アルゴン混合ガスが燃焼した場合においても、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ことから、外部への放出には至らない。

以上を踏まえ、閉じ込め機能の不全となり得る事象としては、「グローブボックスの破損」、「グローブボックス内でのMOX粉末の飛散」及び「外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生（火災）」である。

閉じ込め機能の不全の各事象に対する発生防止対策，拡大防止対策等の確認結果を第4表に示す。



## (1) グローブボックスの破損

閉じ込め機能の不全のうち、グローブボックス内で容器等の重量物が落下し、落下の衝撃によりグローブボックスが損傷することにより、グローブボックスから工程室にMOX粉末が漏えいし、外部への多量の放射性物質の放出に至る可能性がある。

グローブボックス内で容器を取り扱う機器は安全上重要な施設ではないことから、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設である、グローブボックス内で容器を取り扱う動的機器の故障により、容器の落下防止機能を喪失することを想定する。

しかしながら、落下する容器はグローブボックス内の内装機器等に衝突することが考えられるためグローブボックスへの衝撃が緩和されること、グローブボックス缶体はステンレス製であるため重量物が落下しても缶体は破損しないこと及びグローブボックスのパネルは側面に設置されており落下した容器が直接パネルに衝突することはないことから、グローブボックス内の容器の落下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(一)。

## (2) グローブボックス内でのMOX粉末の飛散

閉じ込め機能の不全のうち、グローブボックス内でMOX粉末を収納した容器の転倒又は落下により、容器からグローブボックス内へMOX粉末が飛散し、グローブボックス内の放射性物質の濃度が上昇することにより、外部への多量の放射性物質の放出に至る可能性がある。

グローブボックス内で容器を取り扱う機器は安全上重要な施設ではないことから、安全上重要な施設以外の安全機能を有する施設である、グローブボックス内で容器を取り扱う動的機器が故障により、容器の落下防止機能又は転倒防止機能を喪失することを想定する。

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が考えられる。しかしながら、平常運転時の放射性物質の年間放出量は、MOX粉末の気相中への移行率としてウラン粉末を1 mの高さから落下させた際のエアロゾル生成割合である $7 \times 10^{-5}$ を使用して算出していることから、グローブボックス内で容器の落下又は転倒によりMOX粉末が飛散したとしても、平常運転時と同等の放出量であることから、事故の発生は想定されない。したがって、公衆への影響が平常運転時と同程度であるため、設計基準として整理する事象(×3)に該当する。

【補足説明資料1-23】

(3) 外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生（火災）

グローブボックス内で外部に放出する状態に至る駆動力となる事象である火災が発生し、その駆動力の影響を受けたMOX粉末が外部へ放出されることにより、平常運転時よりも多量の放射性物質が外部へと放出されることにより、事故に至ることが考えられる。

駆動力となる事象として、グローブボックス内における火災を想定する。取り扱う核燃料物質の形態がMOX粉末の場合は、火災の上昇気流の影響を受けることにより、気相中に移行し、外部への放出に至るおそれがある。また、粉末であっても、蓋付きの容器に収納された状態又は機器内に収納された状態であれば、内部の粉末が火災による上昇気流の影響を受けることは想定しにくい。そのため、火災の発生を想定する対象となる設備として、蓋のない容器により露出した状態でMOX粉末を取り扱う設備・機器を有するグローブボックスとする。

想定する火災源としては、外部への放射性物質の放出に至るような火災の発生が想定される火災源を有するグローブボックスを、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスとして選定する。このため、グローブボックス内に火災源が無ければ、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスに該当しない。また、想定される火災の規模が小さい火災源である場合も、外部への放射性物質の放出に至ることが想定されないことから、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスに該当しない。

安全上重要な施設のグローブボックス内に存在する火災源としては、ケーブル、計器類、グローブボックス内の機器が有する潤滑油、

清掃，メンテナンス等で使用するアルコール及びウエス並びに遮蔽の観点でグローブボックス内で使用するポリエチレンがある。

ケーブル及び計器類については，火災が発生しても火災の規模は小さく，MOX粉末に対して駆動力を与えることはないため，火災源として想定しない。

グローブボックス内の機器が有する潤滑油については，引火点が200℃以上と高いため着火しにくい，火災発生時の火災規模は大きく，火災が発生した場合はMOX粉末に対して駆動力を与えるおそれがあるため，火災源として想定する。

清掃，メンテナンス等で使用するアルコール及びウエスについては，使用時以外は不燃性容器に収納すること及び使用時は運転員がグローブボックス作業をしている状態であることから，火災源として想定しない。

遮蔽の観点でグローブボックス内で使用するポリエチレンについては，不燃性材料で覆う設計であるとともに静的機器であることから，可燃物として露出することがないため，火災源として想定しない。

以上より，想定する火災源はグローブボックス内の機器が有する潤滑油であり，重大事故の発生を仮定するグローブボックスは，潤滑油を内包する機器を設置するグローブボックスである。

火災源として特定したグローブボックス内の潤滑油による火災が発生するためには，グローブボックス内において，可燃物，酸素及び着火源の3要素が揃う必要がある。

可燃物としては，機器内の潤滑油が，過電流遮断器が機能喪失した状態において発生した過電流の影響で潤滑油の温度が上昇した状態

で、潤滑油を収納した機器に亀裂が発生し、温度が上昇した潤滑油が漏えいすることにより、火災源となり得る可燃物が生じることが想定される。

酸素としては、窒素循環設備の窒素循環ファンが停止した状態でグローブボックス排風機の運転が継続し、グローブボックス内が過負圧となり、自力式吸気弁が開になることで工程室内の空気がグローブボックス内に流入することが想定される。また、窒素循環設備の系統が破断した状態でグローブボックス排風機が運転を継続することにより、工程室内の空気がグローブボックス内に流入することが想定される。

着火源については、グローブボックス内でケーブル等によるスパークが発生し、潤滑油に着火することが想定される。

【補足説明資料1-25】

以上より、外部に放出する状態に至る駆動力となる事象である火災の発生が想定されるグローブボックスである、MOX粉末を露出した状態で取り扱い、潤滑油を有する機器を設置するグローブボックスは、以下のとおりである。

なお、いずれのグローブボックスにおいても、平常運転時は窒素雰囲気であり、潤滑油は機器内に収納する等、火災の発生防止対策として施していることは同じである。

- ・予備混合装置グローブボックス
- ・均一化混合装置グローブボックス
- ・造粒装置グローブボックス

・回収粉末処理・混合装置グローブボックス

・添加剤混合装置グローブボックス（2基）

・プレス装置（プレス部）グローブボックス（2基）

上記の火災の3要素がグローブボックス内で揃うとともに、漏えいした潤滑油にスパークにより着火することで火災が発生する。これら偶発的な事象が同時に発生することは想定しにくいものの、火災が発生した場合においては、外部に放射性物質を放出する状態に至る駆動力となる事象であることから、技術的な想定を超えた事象の重ね合わせを考慮し、火災が発生する状態を想定する。グローブボックス内で火災が発生した場合、その火災の影響により、グローブボックス内のMOX粉末がグローブボックス内の気相中に移行し、外部へ多量の放射性物質の放出に至る可能性がある。

このため、露出した状態でMOX粉末を取り扱う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する（○）。

### 2. 6. 3 特定結果

MOX粉末を露出した状態で取り扱い，潤滑油を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，火災影響を受けたMOX粉末が外部に放出される事象を，設計基準事故として選定する。設計基準事故の発生を想定するグローブボックスは，以下のとおりである。

- ・予備混合装置グローブボックス
- ・均一化混合装置グローブボックス
- ・造粒装置グローブボックス
- ・回収粉末処理・混合装置グローブボックス
- ・添加剤混合装置グローブボックス（2基）
- ・プレス装置（プレス部）グローブボックス（2基）

## 2. 7 設計基準事故の評価の基本的な考え方

設計基準事故の評価は、発生を想定する事故等の影響を把握し、設備の健全性を確認し、対策の実施により事故が収束することを確認するとともに、事故の収束までの外部への放出量から、敷地境界における実効線量を評価し、公衆に著しい放射線被ばくのリスク与えないことを確認する。

### 2. 7. 1 評価対象の整理及び評価項目の設定

「2. 3 設計基準事故の発生を想定する際の条件の考え方」において考慮した事故の発生の条件をもとに、事故評価を行う代表事例を選定し、安全設計の妥当性を確認する。

設計基準事故の評価を実施する代表事例は、「2. 6 事故の発生を想定する機器の特定結果」において整理された情報を基に、設計基準事故として想定する機能喪失の範囲、拡大防止対策等及び生じる環境条件を考慮し選定する。

設計基準事故の評価のために、評価項目を設定する。評価項目は、設計基準事故による放射性物質の放出量及び敷地境界における実効線量とする。

### 2. 7. 2 評価に当たって考慮する事項

設計基準事故の評価では、以下の事項を考慮する。

#### (1) 安全機能を有する施設の安全機能の喪失に対する想定

「2. 7. 1 評価対象の整理及び評価項目の設定」において選定した代表事例にて想定される機能喪失を想定して評価を実施する。

また、拡大防止対策等の妥当性を確認するために、設計基準事故の評価が最も厳しくなる拡大防止対策等の動的機器の単一故障を想定



する。

(2) 操作及び作業時間に対する想定

設計基準事故の対処のうち、放射性物質の放出に関連する対処に運転員の操作及び作業が必要である場合は、それらの時間を適切に考慮する。

(3) 環境条件

設計基準事故は内的事象としての起因として発生を想定する。このため、外的事象は発生頻度が極めて低いことに加え、外的事象と内的事象は関連性の認められない偶発的な事象となることから、設計基準事故の評価において自然現象等の発生は想定しない。

(4) 設計基準事故の評価の範囲

設計基準事故の評価は、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認するためのものであることから、発生した事故が収束するまでの間における外部への放出量から、敷地境界の実効線量进行评估する。

(5) 設計基準事故の評価に使用する計算プログラム

設計基準事故の評価には、解析コードは使用しない。

2. 7. 3 評価の条件設定

(1) 評価条件設定の考え方

設計基準事故の評価の条件設定については、事象進展の不確かさを

考慮して、設計値及び運転状態の現実的な条件を設定することを基本とする。

## (2) 共通的な条件

### ① プルトニウム富化度

MOXのプルトニウム富化度は運転管理の上限値に基づき、MOXの形態ごとに以下のとおり設定する。

MOX形態		プルトニウム富化度 (%)
粉末	原料MOX粉末	60
	一次混合粉末	33
	二次混合粉末	18
	添加剤混合粉末	18

### ② プルトニウムの同位体組成

MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質の仕様及び取扱量については運転状態により変動し得るが、吸入による被ばくが最も厳しくなる条件となるよう、再処理する使用済燃料の燃焼の条件及び冷却期間をパラメータとして、燃料加工建屋外へ放出するプルトニウムの同位体組成を以下のとおり設定する。

アメリシウム-241 は、再処理後の蓄積を考慮し、プルトニウム質量に対する比で 4.5%と設定する。また、ウラン、不純物として含まれる核分裂生成物等については、プルトニウム（アメリシウム-241を含む。）に比べて、公衆の被ばくへの寄与が小さい。

核種	質量割合 (%)
Pu-238	3.8
Pu-239	55.6
Pu-240	27.3
Pu-241	13.3
Am-241	4.5
合計	104.5

【補足説明資料 1-3】

【補足説明資料 1-5】

【補足説明資料 1-10】

### ③ インベントリ

MOXのインベントリは、各グローブボックス及び設備において取り扱う運転状態を基に設定する。

具体的には、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスにおいて取り扱う粉末容器にて、平常運転時に取扱いが想定される粉末容器の運転管理の上限値を設定する。

グローブボックス	基数	粉末容器	容器のインベントリ (kg・MOX)	容器が取り扱うMOX粉末のプルトニウム富化度 (%)	火災影響を受けるMOX粉末量 (kg・Pu)
予備混合装置グローブボックス	1	J60	65	33	19.0
均一化混合装置グローブボックス	1	J85	90	18	14.3
造粒装置グローブボックス	1	J85	90	18	14.3
回収粉末処理・混合装置グローブボックス※	1	J60/J85	65/90	33/18	19.0/14.3
添加剤混合装置グローブボックス	2	J85	90	18	14.3
プレス装置 (プレス部) グローブボックス	2	J85	90	18	14.3

※回収粉末処理・混合装置では、MOX粉末を収納した状態で2種類の粉末容器を同時に取り扱う場合がある。

④ 事故の影響を受ける割合及び気相に移行する割合

事故の影響を受ける割合及び気相に移行する割合は、事故の特徴ごとに既往の知見を参考に設定する。

⑤ 大気中への放出過程における放射性物質の除染係数

配管，ダクト等を通じた流動がある場合の放出過程における放射性物質の除染係数の設定の基本的な考え方は，以下のとおりとする。

a. 放出経路

流動がある場合のエアロゾルは，配管曲がり部等への貫性沈着の効果が見込めるため，排気系統の流路全体で，除染係数 $DF_{10}$ を設定する。

b. 高性能エアフィルタ

高性能エアフィルタに関しては，通常時の環境における健全な高性能エアフィルタ3段の除染係数 $DF_{10}^{11}$ 以上という測定試験結果がある。また，多段フィルタシステムでは，後段のフィルタほど捕集効率は低下するものの，除染係数が最小となる粒径付近では，各段のフィルタの捕集効率に大きな違いはなく，1桁も変わらないという報告もあることから，後段フィルタの捕集効率の低下を考慮し，1段目： $DF_{10}^3$ ，2段目以降： $10^2$ として，健全な高性能エアフィルタ4段の除染係数を $10^9$ と想定する。

【補足説明資料 1－3】

⑥ 相対濃度

地上高 10m (標高 69m) における 2013 年 4 月から 2014 年 3 月までの 1 年間の観測資料を使用して求めた  $8.1 \times 10^{-5} \text{s/m}^3$  を用いる。

なお、大気拡散の計算に使用する放出源は、排気口の地上高さ及び排気口からの吹上げを考慮せずにより厳しい評価となるよう地上放出とする。

【補足説明資料 1-8】

【補足説明資料 1-9】

⑦ 呼吸率

成人の活動時の呼吸率を  $1.2 \text{m}^3/\text{h}^{(2)}$  とする。

⑧ 実効線量係数

「ICRP Publication 72」<sup>(3)</sup>の実効線量係数を用いる。MOX燃料加工施設で取り扱うMOXは不溶性の酸化物であることから、これに対応した以下の実効線量係数を適用する。

核種	実効線量係数 (Sv/Bq)
Pu-238	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-239	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-240	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-241	$1.7 \times 10^{-7}$
Am-241	$1.6 \times 10^{-5}$

#### 2. 7. 4 評価の実施

設計基準事故の評価は、発生を想定する設計基準事故の特徴を基に事故の進展を考慮した大気中への放射性物質の放出量から、敷地境界の実効線量を評価する。

## 2. 8 設計基準事故の評価

### 2. 8. 1 閉じ込め機能の不全の特徴

火災が発生するためには、可燃物、着火源及び酸素の3要素が揃う必要がある。グローブボックス内においては、火災の発生を防止するために、グローブボックスに難燃性材料又は不燃性材料を使用するとともに、グローブボックス内に設置する機器が潤滑油を有する場合は、潤滑油を機器内に収納することとしている。電気系統に対する過電流による過加熱及び損傷の防止対策として遮断器を設置することから、着火源の発生を防止できる。また、MOX粉末の品質管理のため、MOX粉末の混合、圧縮成形等を行うグローブボックス内を窒素雰囲気としていることから、これらのグローブボックス内において火災が発生することはない。

しかし、技術的な想定を超えて、これらの火災の発生防止対策が機能を喪失し、燃焼の3要素が揃い、なおかつ潤滑油の温度が引火点（200℃以上）を超えた場合には火災が発生する。

グローブボックス内で発生した火災により上昇気流が発生する。グローブボックス内で取り扱う核燃料物質の形態がMOX粉末である場合は、MOX粉末が火災による上昇気流の影響を受けてグローブボックス内の気相中に移行する。気相中に移行したMOX粉末は、さらに火災の上昇気流の影響を受けて浮遊し、大気中へ放出された場合は、平常運転時よりも大気中へ放出される放射性物質の量が増加する。

### 2. 8. 2 具体的対策

グローブボックス内で発生した火災は、グローブボックス内に設置するグローブボックス温度監視装置の感知器により火災を感知する。グローブボックス内の感知器は、温度異常（60℃以上）を感知する白金測温抵抗体

を、グローブボックス内の火災による熱が集中しやすいグローブボックス内の排気口付近に設置する。また、グローブボックス全体の温度上昇を感知できるよう、温度上昇異常（15°C/min以上）を感知する熱電対式の差動分布型熱感知器を、グローブボックス全体の温度上昇を感知できるように設置する。これらの感知器により、グローブボックス内の火災を感知できる設計であるが、安全上重要な施設のグローブボックス内に潤滑油を内包する機器の近傍にも白金測温抵抗体を設置する。これら白金測温抵抗体又は作動分布型熱感知器のいずれか1つが感知した場合に、火災感知信号を発信する設計である。

グローブボックス温度監視装置が火災を感知したら、グローブボックス消火装置により、火災を感知したグローブボックスに対して消火ガスを自動で放出する。グローブボックス内に消火ガスを放出する際は、グローブボックス排風機の運転を継続した状態で行うことにより、グローブボックス内の負圧を維持しながら、グローブボックス内全体を早期に消火ガスに置換する。このため、グローブボックス排風機の運転中にグローブボックス消火装置が起動できるようインターロックを設ける設計である。

グローブボックス内への消火ガスの放出時には、消火ガスによりグローブボックス給気側に設置するピストンダンパを閉止する。また、グローブボックス内への消火ガスの放出完了時には、グローブボックス排気側に設置する延焼防止ダンパを閉止する。これらにより、グローブボックス内の消火時におけるグローブボックス内への空気の流入を制限するとともに、消火ガス放出完了後におけるグローブボックス内への空気の流入の制限し、グローブボックス内の負圧を維持した状態とする。

グローブボックス内への消火ガスの放出時はグローブボックス排風機の運転を継続することから、グローブボックス内の雰囲気はグローブボック



ス排気設備へ流入する。グローブボックス排気設備には、MOXの捕集機能を有するグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットがあり、高性能エアフィルタが合計4段設置している。このため、火災による影響を受けたMOX粉末がグローブボックス排気設備へ移行した場合は、これら高性能エアフィルタにより捕集される。

設計基準事故に対処するための設備の系統イメージ図を第2図に示す。

## 2. 8. 3 評価

### (1) 代表事例

閉じ込め機能の不全の発生の要因は、「2. 6 事故の発生を想定する機器の特定」で示したとおり、技術的な想定を超えた、内的事象による火災の発生防止対策の機能喪失及び異常事象として火災の発生を想定することの組合せによるものである。

このため、事故の発生を8基のグローブボックスのうちのある1基のグローブボックスにおける閉じ込め機能の不全の発生の要因が、ほかの7基のグローブボックスにおける火災の発生の起因とならないことから、複数のグローブボックスで同時に閉じ込め機能の不全が発生することもない。

そのため、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する。

### (2) 代表事例の選定理由

設計基準事故として想定する潤滑油による火災は、機器から漏えいした潤滑油がオイルパンに溜まり、オイルパン上で燃焼する火災と

なる。この火災の状況は、オイルパン上の潤滑油の燃焼面積により、様々な様態となり得る。このため、設計基準事故の評価においては、潤滑油の量による火災の規模及び燃焼形態に応じた外部への放射性物質の放出量の関連性は考慮せず、設計基準事故の発生を想定する8基のグローブボックスのいずれにおいても同様な燃焼をするものとして評価する。ただし、設計基準事故の発生を想定する8基のグローブボックスのいずれにおいても多量の潤滑油を有するものではなく、火災の規模は小さいことから、難燃性材料又は不燃性材料を使用するグローブボックス自体が火災により損傷することはない。

拡大防止対策等のうち、発生した火災の感知を行うグローブボックス温度監視装置、感知した火災を消火するためのグローブボックス消火装置については、いずれのグローブボックスにおいても同じ設備により自動的に火災の感知及び消火を行う。

また、拡大防止対策等のうち、大気中に放出される放射性物質の捕集を行う高性能エアフィルタは、いずれのグローブボックスからの排気経路においても、グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットによる高性能エアフィルタ4段であり、対策としては同じである。

以上より、設計基準事故の発生を想定するグローブボックス内の機器が有する潤滑油量や、火災の発生の感知から消火までが自動的に行われることを考慮すると、想定される火災の規模は小さく、火災が発生したグローブボックスから隣接のグローブボックスへ延焼することは考えられない。このため、火災の影響は当該グローブボックス内に限定されることが考えられる。

また、いずれのグローブボックスにおいても、MOX粉末の取扱

いは、金属製の機器内におけるMOX粉末の混合、圧縮成形等の処理又は金属製の粉末容器にMOX粉末を収納した状態における取扱いである。

グローブボックス内の火災の発生を想定しても、金属製の機器内又は容器内に収納されたMOX粉末が火災影響を受けることは想定しにくい。しかしながら、各グローブボックスにおいて取り扱う粉末容器は粉末容器の上側に開口部を有した構造であり、蓋をしない状態で取り扱うことから、粉末容器に収納したMOX粉末については、火災影響を受けることを想定する。

このため、設計基準事故の評価に当たり、代表となるグローブボックスは、蓋をしない状態の粉末容器で取り扱うMOX粉末の量が最も多いグローブボックスである。

以上より、公衆への放射線被ばくのリスクの観点で、グローブボックス内で取り扱う粉末容器中のプルトニウム量が最も多いグローブボックスとして、同時に2種類の粉末容器を取り扱うこともある回収粉末処理・混合装置グローブボックスを代表事例として選定する。

### (3) 設計基準事故の評価の考え方

設計基準事故の評価は、火災の発生後、拡大防止対策等であるグローブボックス温度監視装置及びグローブボックス消火装置による火災の感知及び消火を行うことにより放射性物質を外部に放出する駆動力がなくなることから、外部への放射性物質の放出に繋がる火災に係る対応が完了するまでの間に外部に放出される放出量を対象とし、拡大防止対策等の機能により放射性物質の放出量が十分に低

く抑えられ、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを評価する。

大気中への放射性物質の放出量の評価においては、拡大防止対策等の妥当性を確認するために、評価が最も厳しくなる拡大防止対策等の動的機器の単一故障を想定する。

また、グローブボックス内で火災が発生しても、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、発生した火災により圧力が上昇したとしても、グローブボックス排風機によりグローブボックスから排気されるため、火災による圧力上昇は放射性物質の放出量の評価への影響はない。

#### (4) 事故の条件及び機器の条件

拡大防止対策等に使用する主要な機器の条件を以下に示す。

##### ① 閉じ込め機能の不全が発生するグローブボックス内に存在するM OX粉末の状態

グローブボックス内におけるMOX粉末の取扱いは、機器又は粉末容器に収納された状態を想定する。

##### ② 火災の感知及び消火

火災の消火に使用するグローブボックス消火装置の消火ガスは、対象となるグローブボックス全体を窒息状態にするために必要な量を使用する。

グローブボックス内の消火については、グローブボックス排風機の運転を継続した状態でグローブボックス内に消火ガスを放出することで、グローブボックス内全体を早期に消火ガスに置換する。この際、

消火ガスの放出時にはピストンダンパを閉止すること及び消火ガスの放出完了時に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、工程室雰囲気の流れ等を制限し、グローブボックス内の負圧を維持した状態とする。

### ③ 拡大防止対策等の動的機器の単一故障の想定

拡大防止対策等の妥当性の確認のために、設計基準事故の評価が最も厳しくなる動的機器の単一故障を想定する。「(3) 設計基準事故の評価の考え方」より、放射性物質の放出量の評価の観点では、外部への放出に至る駆動力を有する火災の消火までの時間が長くなると、大気中への放射性物質の放出量が大きくなる。このため、火災の感知機能及び火災の消火機能に関係する全ての設備のうち、発生した火災を感知してから消火完了となるまでの時間が最も長くなる動的機器の単一故障を想定し、大気中への放射性物質の放出量进行评估する。

「2. 8. 2 具体的対策」より、閉じ込め機能の不全に使用する拡大防止対策等のうち、動的機器は、グローブボックス温度監視装置、グローブボックス消火装置、グローブボックス排風機、ピストンダンパ及び延焼防止ダンパである。

グローブボックス温度監視装置については、グローブボックス内に設置する火災感知器は多様性を有している。また、安全上重要な施設のグローブボックス内の潤滑油近傍にも火災感知器を設置する。このため、火災感知器の単一故障を想定しても、他の火災感知器により火災の感知が可能であるため、設計基準事故の対処に時間遅れは生じない。

グローブボックス消火装置については、消火ガスの放出に必要な起動用ガスを2系統設けている。このため、消火ガスの放出の起動用ガ

ス系統の単一故障を想定しても、もう一方の起動用ガス系統によりグローブボックス消火装置の起動が可能であるため、設計基準事故の対処に時間遅れは生じない。

グローブボックス消火装置の消火ガスの放出の条件となるグローブボックス排風機が起動していることをインターロックとしている。グローブボックス排風機は多重化しており、運転中のグローブボックス排風機に対して単一故障を想定した場合でも、故障を検知してもう一方のグローブボックス排風機が自動で起動するため、グローブボックス消火装置による消火は可能である。しかし、グローブボックス排風機が起動するまでの間は、グローブボックス消火装置の消火ガスの放出に必要な条件が成立しないため、設計基準事故の対処に時間遅れが生じる。

ピストンダンパは、グローブボックス消火装置からの消火ガスを駆動源として閉止する機器である。このため、想定する動的機器の単一故障の想定としてはグローブボックス消火装置と同じであり、グローブボックス消火装置の消火ガスの放出の起動用ガス系統の単一故障を想定しても、もう一方の消火ガスの放出の起動用ガス系統によりグローブボックス消火装置の起動が可能であるため、設計基準事故の対処に時間遅れは生じない。

延焼防止ダンパは、機器の駆動部のガス系統を多重化しており、延焼防止ダンパの閉止時には両系統にガスを放出して閉止する。このため、延焼防止ダンパの駆動部の単一故障を想定しても、もう一方のガス系統により延焼防止ダンパが駆動し延焼防止ダンパは閉止するため、設計基準事故の対処に時間遅れは生じない。

以上より、火災の感知から消火完了までの時間が最も長くなる単一

故障として、火災の発生と同時に、運転中のグローブボックス排風機の単一故障を想定する。

設計基準事故への対処に使用する設備について第5表に示す。

(5) 操作の条件

設計基準事故の対処は、発生した火災への対処として、グローブボックス温度監視装置及びグローブボックス消火装置により、自動で火災の感知及び消火が行われる。また、排気経路に設置するグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットにより、放射性エアロゾルが捕集される。そのため、設計基準事故の対処として、運転員による操作は必要としない。

(6) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

グローブボックス内のグローブボックス温度監視装置の火災感知器による火災を感知した場合、直ちにグローブボックス消火装置が起動する。この際、火災の発生と同時に運転中のグローブボックス排風機の故障を想定するが、自動的に予備機のグローブボックス排風機が起動することにより、グローブボックス消火装置の起動の条件が成立し、グローブボックス内に消火ガスを放出によりグローブボックス内の火災は消火される。これら一連の火災の感知から消火までの時間を6分とする。

グローブボックス消火装置から消火ガスを放出している間はグローブボックス排風機が運転し、グローブボックスから排気していることから、グローブボックス内の気相中に移行した放射性エアロゾルは、グローブボックスの給気側に逆流することはない。

大気中への放射性物質の放出量は、火災が発生したグローブボックスに内包するMOX粉末量に対して、火災の影響を受ける割合、火災によりMOX粉末がグローブボックス内の気相中に移行する割合及び大気中への放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。

また、算出した大気中への放射性物質の放出量に、相対濃度、呼吸率及び各核種の実効線量係数を乗じて、敷地境界における実効線量を算出する。

以下に、代表とした回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける閉じ込め機能の不全の大気中への放射性物質の放出量評価の条件を示す。

#### ① グローブボックスに内包するMOX粉末量

火災による影響を考慮するMOX粉末は、蓋のない粉末容器に収納したMOX粉末であることから、粉末容器に収納したMOX粉末の量とする。

回収粉末処理・混合装置グローブボックス内で取り扱う粉末容器として、J60及びJ85があり、これら2種類の粉末容器を同時に取り扱うこともある。このため、グローブボックス内の火災の影響を受けるMOX粉末量としては、J60 (65kg・MOX, プルトニウム富化度33%) 及びJ85 (90kg・MOX, プルトニウム富化度18%) の合計量である、33.2kg・Puと設定する。

#### ② 火災により影響を受ける割合

グローブボックス内で発生する火災により影響を受ける割合は、上記①で設定したグローブボックス内で取り扱う粉末容器中のMOX粉末の全量が火災影響を受けると想定し、1と設定する。



③ 火災によりMOX粉末がグローブボックス内の気相中に移行する割合

火災によりMOX粉末がグローブボックス内の気相中に移行する割合は、消火が完了するまでの間1%/h<sup>(1)</sup>でグローブボックス内の気相中に移行することとする。

消火が完了するまでの時間は、運転中のグローブボックス排風機の単一故障による系統切替の時間を1分、グローブボックス消火装置による消火ガスの放出による消火が完了するまでが5分であることから、6分と設定する。

以上より、グローブボックス内の気相中に移行する割合を $10^{-3}$ と設定する。

④ 大気中への放出経路における除染係数

火災に伴いグローブボックス内の気相中に移行した放射性エアロゾルは、グローブボックス排風機を運転した状態で消火ガスを放出することから、グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットによる高性能エアフィルタを介して、グローブボックス排気設備を経由して大気中に放出されるものとする。

放出経路であるグローブボックス排気設備のグローブボックス排気ダクトは、長く、屈曲部を多数有している。このため、放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数は10とする。。

また、高性能エアフィルタは、1段当たり $10^3$ 以上(0.15 $\mu$ mDOP粒子)の除染係数を有し、グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットにより、合計4段で構成することから、除染能力は $10^9$ とする。

【補足説明資料1－3】

## (7) 判断基準

設計基準事故時において、公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないこととし、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事象当たり 5mSvを超えなければリスクは小さいと判断する。

## 2. 9 評価の結果

評価の結果、敷地境界の実効線量は、約 $5.6 \times 10^{-8}$ mSvであることから、拡大防止対策及び影響緩和対策である、火災の感知及び消火並びに消火ガス放出時の高性能エアフィルタを通じた経路からの燃料加工建屋外への排気によって、回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける閉じ込め機能の不全により、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。

回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける閉じ込め機能の不全による大気中への放射性物質の放出量の計算結果を第6表に示す。

放射性物質が大気中へ放出されるまでの過程を第3図に示す。

本事象が、閉じ込め機能の不全のうち、実効線量が最大となる事象であることから、閉じ込め機能の不全に係る他の事象においても、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。

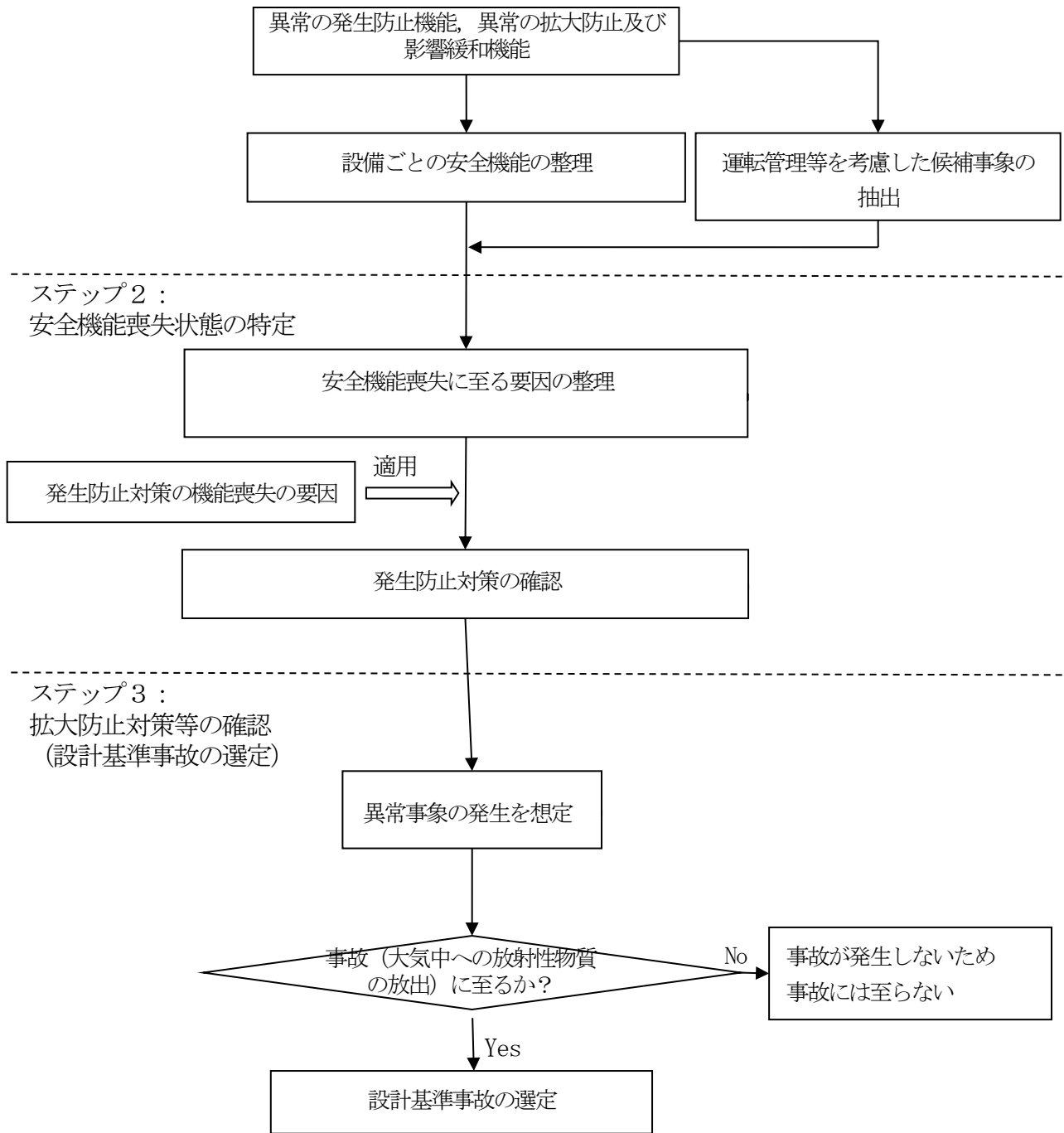
## 2. 10 参考文献

- (1) J. MISHIMA, L. C. SCHEWENDIMAN, C. A. RADASCH. PLUTONIUM RELEASE STUDIES III. RELEASE FROM HEATED PLUTONIUM BEARING POWDERS,

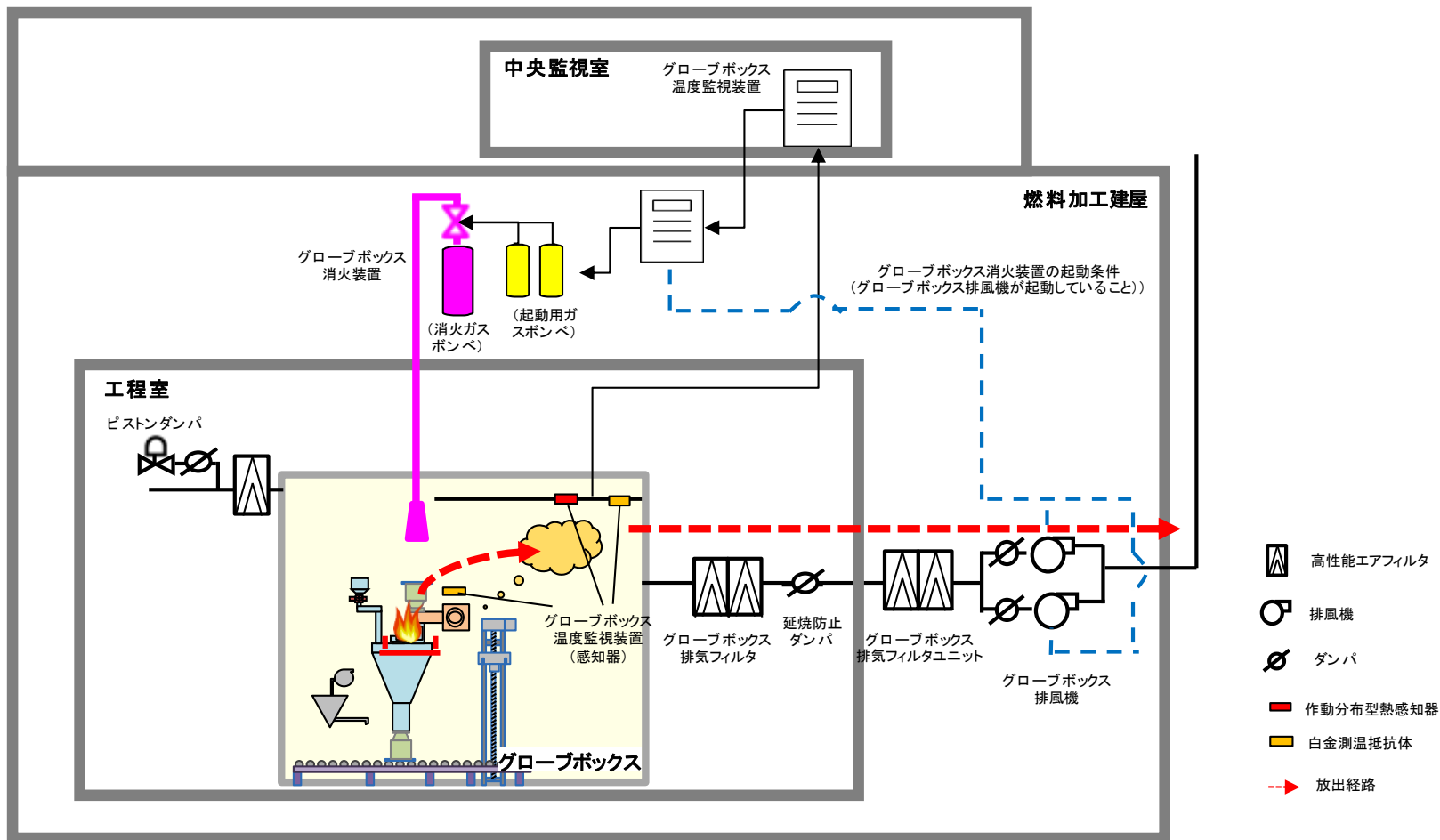
BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE PACIFIC NORTHWEST LABORATORY, 1968,  
BNWL-786.

- (2) 原子力安全委員会. 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針. 1990.
- (3) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides:Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. ICRP Publication 72. 1996.

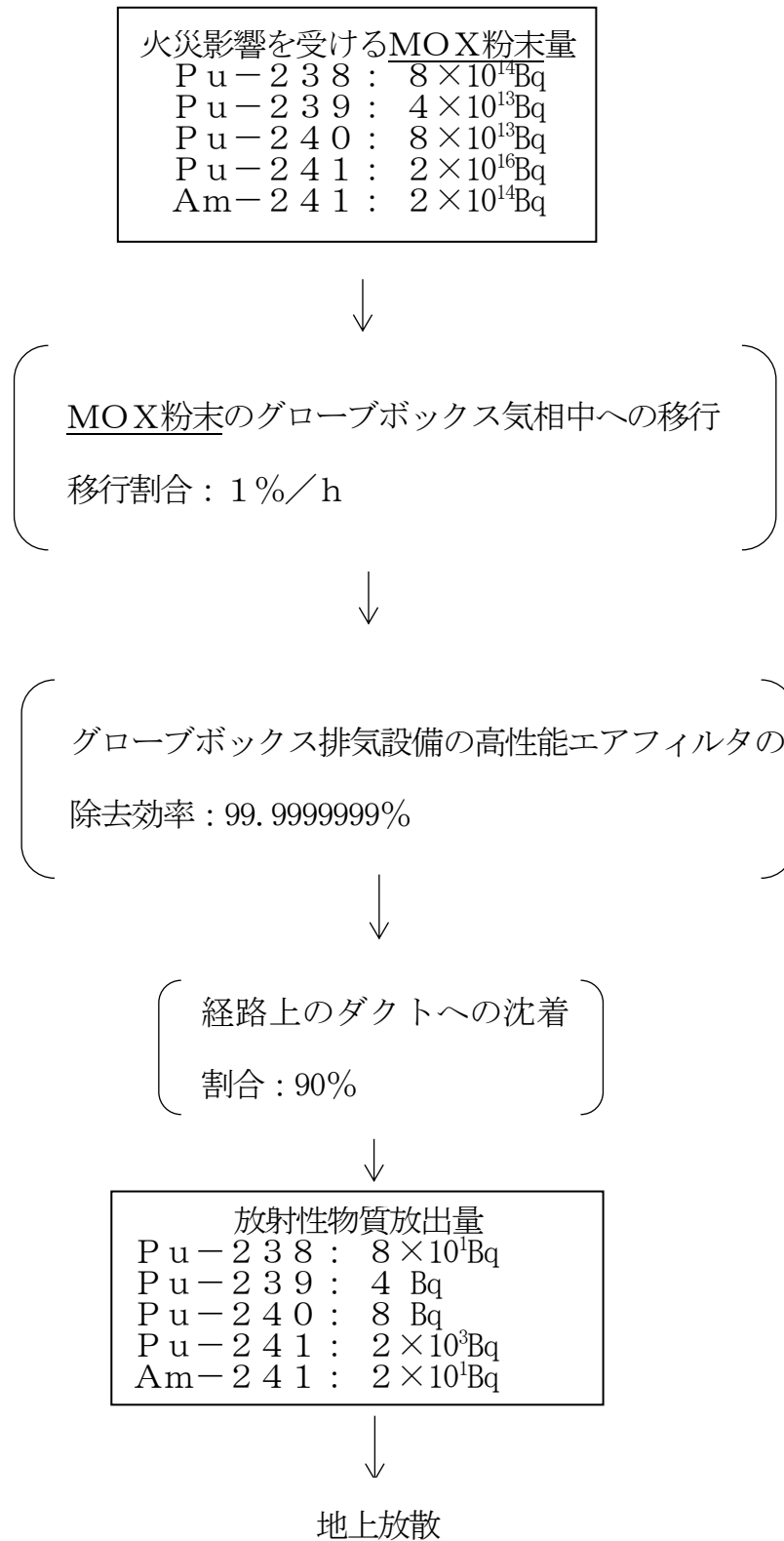
ステップ1：  
設備ごとの安全機能の整理と  
機能喪失により発生する事故の分析



第1図 設計基準事故の選定フロー



第2図 設計基準事故に対処するための設備の系統イメージ図



第3図 回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける閉じ込め機能の不全  
の放射性物質の大気放出過程

第2表 MOX燃料加工施設の安全上重要な施設（1／5）

分類 <sup>注1</sup>	機能	設備	安全上重要な施設	安全機能の性質
①	プルトニウムを非密封で取り扱う主要な工程に位置する設備・機器を収納するグローブボックスの閉じ込め機能	原料MOX粉末缶取出設備	原料MOX粉末缶取出装置グローブボックス	P S/MS
		一次混合設備	原料MOX粉末秤量・分取装置グローブボックス	P S/MS
			ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置グローブボックス	P S/MS
			予備混合装置グローブボックス	P S/MS
			一次混合装置グローブボックス	P S/MS
		二次混合設備	一次混合粉末秤量・分取装置グローブボックス	P S/MS
			ウラン粉末秤量・分取装置グローブボックス	P S/MS
			均一化混合装置グローブボックス	P S/MS
			造粒装置グローブボックス	P S/MS
			添加剤混合装置グローブボックス	P S/MS
		分析試料採取設備	原料MOX分析試料採取装置グローブボックス	P S/MS
			分析試料採取・詰替装置グローブボックス	P S/MS
		スクラップ処理設備	回収粉末処理・詰替装置グローブボックス	P S/MS
			回収粉末微粉砕装置グローブボックス	P S/MS
			回収粉末処理・混合装置グローブボックス	P S/MS
			再生スクラップ焙焼処理装置グローブボックス	P S/MS
再生スクラップ受払装置グローブボックス	P S/MS			
容器移送装置グローブボックス	P S/MS			

注1 分類は、次のとおりとする。

- ① プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びプルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器であってグローブボックスと同等の閉じ込めの機能を必要とするもの
- ② 上記①の換気設備
- ③ 上記①を直接収納する構築物及びその換気設備
- ④ ウランを非密封で大量に取り扱う設備・機器及びその換気設備（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑤ 非常用電源設備及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気的主要な動力源
- ⑥ 核的、熱的制限値を有する設備・機器及び当該制限値を維持するための設備・機器
- ⑦ 核燃料物質による臨界の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑧ その他上記核設備等の安全機能を維持するために必要な設備・機器のうち、安全上重要なもの

第2表 MOX燃料加工施設の安全上重要な施設（2／5）

分類 <sup>注1</sup>	機能	設備	安全上重要な施設	安全機能の性質
①	プルトニウムを非密封で取り扱う主要な工程に位置する設備・機器を収納するグローブボックスの閉じ込め機能	粉末調整工程搬送設備	原料粉末搬送装置グローブボックス	P S/MS
			再生スクラップ搬送装置グローブボックス	P S/MS
			添加剤混合粉末搬送装置グローブボックス	P S/MS
			調整粉末搬送装置グローブボックス	P S/MS
		圧縮成形設備	プレス装置（粉末取扱部）グローブボックス	P S/MS
			プレス装置（プレス部）グローブボックス	P S/MS
			空焼結ポート取扱装置グローブボックス	P S/MS
			グリーンペレット積入装置グローブボックス	P S/MS
		焼結設備	焼結ポート供給装置グローブボックス	P S/MS
			焼結ポート取出装置グローブボックス	P S/MS
		研削設備	焼結ペレット供給装置グローブボックス	P S/MS
			研削装置グローブボックス	P S/MS
			研削粉回収装置グローブボックス	P S/MS
		ペレット検査設備	ペレット検査設備グローブボックス	P S/MS
		ペレット加工工程搬送設備	焼結ポート搬送装置グローブボックス	P S/MS
			ペレット保管容器搬送装置グローブボックス（一部を除く。）	P S/MS
			回収粉末容器搬送装置グローブボックス	P S/MS
		原料MOX粉末缶一時保管設備	原料MOX粉末缶一時保管装置グローブボックス	P S/MS
		粉末一時保管設備	粉末一時保管装置グローブボックス	P S/MS
		ペレット一時保管設備	ペレット一時保管棚グローブボックス	P S/MS
焼結ポート受渡装置グローブボックス	P S/MS			
スクラップ貯蔵設備	スクラップ貯蔵棚グローブボックス	P S/MS		
	スクラップ保管容器受渡装置グローブボックス	P S/MS		

注1 分類は、次のとおりとする。

- ① プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びプルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器であってグローブボックスと同等の閉じ込めの機能を必要とするもの
- ② 上記①の換気設備
- ③ 上記①を直接収納する構築物及びその換気設備
- ④ ウランを非密封で大量に取り扱う設備・機器及びその換気設備（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑤ 非常用電源設備及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気の主要な動力源
- ⑥ 核的、熱的制限値を有する設備・機器及び当該制限値を維持するための設備・機器
- ⑦ 核燃料物質による臨界の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑧ その他上記核設備等の安全機能を維持するために必要な設備・機器のうち、安全上重要なもの



第2表 MOX燃料加工施設の安全上重要な施設（3／5）

分類 <sup>注1</sup>	機能	設備	安全上重要な施設	安全機能の性質	
①	プルトニウムを非密封で取り扱う主要な工程に位置する設備・機器を収納するグローブボックスの閉じ込め機能	製品ペレット貯蔵設備	製品ペレット貯蔵棚グローブボックス	PS/MS	
			ペレット保管容器受渡装置グローブボックス	PS/MS	
		小規模試験設備	小規模粉末混合装置グローブボックス	PS/MS	
			小規模プレス装置グローブボックス	PS/MS	
			小規模焼結処理装置グローブボックス	PS/MS	
			小規模研削検査装置グローブボックス	PS/MS	
	プルトニウムを非密封で取り扱う主要な工程に位置する設備・機器の閉じ込め機能	焼結設備	焼結炉	PS/MS	
			貯蔵容器一時保管設備	混合酸化物貯蔵容器	PS/MS
		小規模試験設備	小規模焼結処理装置	PS/MS	
			資材保管装置グローブボックス	PS/MS	
②	排気経路の維持機能	グローブボックス排気設備	安全上重要な施設のグローブボックスからグローブボックス排風機までの範囲	PS/MS	
			窒素循環設備	安全上重要な施設のグローブボックスに接続する窒素循環ダクト	MS
		MOXの捕集機能	グローブボックス排気設備	窒素循環ファン	MS
				窒素循環冷却機	MS
	グローブボックス排気フィルタ（安全上重要な施設のグローブボックスに付随するもの。）			PS/MS	
	排気機能	グローブボックス排気設備	グローブボックス排気フィルタユニット	PS/MS	
			グローブボックス排風機（排気機能の維持に必要な回路を含む。）	PS/MS	

注1 分類は、次のとおりとする。

- ① プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びプルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器であってグローブボックスと同等の閉じ込めの機能を必要とするもの
- ② 上記①の換気設備
- ③ 上記①を直接収納する構築物及びその換気設備
- ④ ウランを非密封で大量に取り扱う設備・機器及びその換気設備（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑤ 非常用電源設備及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気的主要な動力源
- ⑥ 核的、熱的制限値を有する設備・機器及び当該制限値を維持するための設備・機器
- ⑦ 核燃料物質による臨界の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑧ その他上記核設備等の安全機能を維持するために必要な設備・機器のうち、安全上重要なもの

第2表 MOX燃料加工施設の安全上重要な施設（4／5）

分類 <sup>注1</sup>	機能	設備	安全上重要な施設	安全機能の性質
③	MOXの過度の放出防止機能	—	・以下の部屋で構成する区域の境界の構築物 原料受払室、原料受払室前室、粉末調整第1室、粉末調整第2室、粉末調整第3室、粉末調整第4室、粉末調整第5室、粉末調整第6室、粉末調整第7室、粉末調整室前室、粉末一時保管室、点検第1室、点検第2室、ペレット加工第1室、ペレット加工第2室、ペレット加工第3室、ペレット加工第4室、ペレット加工室前室、ペレット一時保管室、ペレット・スクラップ貯蔵室、点検第3室、点検第4室、現場監視第1室、現場監視第2室、スクラップ処理室、スクラップ処理室前室、分析第3室	MS
	排気経路の維持機能	工程室排気設備	安全上重要な施設のグローブボックス等を設置する工程室から工程室排気フィルタユニットまでの範囲	MS
	MOXの捕集・浄化機能		工程室排気フィルタユニット	MS
④	—	—	—	—
⑤	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	非常用所内電源設備	MS
⑥	運転管理値（寸法）の維持機能	燃料棒検査設備	燃料棒移載装置 ゲート	PS
			燃料棒立会検査装置 ゲート	PS
	燃料棒収容設備	燃料棒供給装置 ゲート	PS	
	熱的制限値の維持機能	焼結設備	焼結炉内部温度高による過加熱防止回路	PS
小規模試験設備		小規模焼結処理装置内部温度高による過加熱防止回路	PS	
⑦	—	—	—	—
⑧	閉じ込めに関連する経路の維持機能	焼結設備	排ガス処理装置グローブボックス（上部）	PS/MS
			排ガス処理装置	PS/MS
		小規模試験設備	小規模焼結炉排ガス処理装置グローブボックス	PS/MS
			小規模焼結炉排ガス処理装置	PS/MS

注1 分類は、次のとおりとする。

- ① プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びプルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器であってグローブボックスと同等の閉じ込めの機能を必要とするもの
- ② 上記①の換気設備
- ③ 上記①を直接収納する構築物及びその換気設備
- ④ ウランを非密封で大量に取り扱う設備・機器及びその換気設備（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑤ 非常用電源設備及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気の主要な動力源
- ⑥ 核的、熱的制限値を有する設備・機器及び当該制限値を維持するための設備・機器
- ⑦ 核燃料物質による臨界の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑧ その他上記核設備等の安全機能を維持するために必要な設備・機器のうち、安全上重要なもの

第2表 MOX燃料加工施設の安全上重要な施設（5／5）

分類 <sup>注1</sup>	機能	設備	安全上重要な施設	安全機能の性質
⑧	安全に係るプロセス量等の維持機能 (混合ガス中の水素濃度)	水素・アルゴン混合ガス設備	混合ガス水素濃度高による混合ガス供給停止回路及び混合ガス濃度異常遮断弁（焼結炉系、小規模焼結処理系）	MS
	安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能（焼結炉及び小規模焼結処理装置内の負圧維持）	焼結設備	排ガス処理装置の補助排風機（安全機能の維持に必要な回路を含む。）	P S/MS
		小規模試験設備	小規模焼結炉排ガス処理装置の補助排風機（安全機能の維持に必要な回路を含む。）	P S/MS
	安全に係る距離の維持機能（単一ユニット相互間の距離維持）	貯蔵容器一時保管設備	一時保管ピット	P S
		原料MOX粉末缶一時保管設備	原料MOX粉末缶一時保管装置	P S
		粉末一時保管設備	粉末一時保管装置	P S
		ペレット一時保管設備	ペレット一時保管棚	P S
		スクラップ貯蔵設備	スクラップ貯蔵棚	P S
		製品ペレット貯蔵設備	製品ペレット貯蔵棚	P S
		燃料棒貯蔵設備	燃料棒貯蔵棚	P S
		燃料集合体貯蔵設備	燃料集合体貯蔵チャンネル	P S
	安全に係るプロセス量等の維持機能 (閉じ込めに関連する温度維持)	小規模試験設備	小規模焼結処理装置への冷却水流量低による加熱停止回路	P S
	火災の感知機能	火災防護設備	グローブボックス温度監視装置	MS
	火災の消火機能	火災防護設備	グローブボックス消火装置（安全上重要な施設のグローブボックスの消火に関する範囲）	MS
ビストンダンパ			MS	
延焼防止ダンパ			MS	
MOXの捕集・浄化機能	グローブボックス排気設備	グローブボックス排気設備のうち上記①に示すグローブボックスの給気側のうち、グローブボックスの閉じ込め機能維持に必要な範囲	MS	

注1 分類は、次のとおりとする。

- ① プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びプルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器であってグローブボックスと同等の閉じ込めの機能を必要とするもの
- ② 上記①の換気設備
- ③ 上記①を直接収納する構築物及びその換気設備
- ④ ウランを非密封で大量に取り扱う設備・機器及びその換気設備（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑤ 非常用電源設備及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気的主要な動力源
- ⑥ 核的、熱的制限値を有する設備・機器及び当該制限値を維持するための設備・機器
- ⑦ 核燃料物質による臨界の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器（本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。）
- ⑧ その他上記核設備等の安全機能を維持するために必要な設備・機器のうち、安全上重要なもの

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（1/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
1	地震	×	×	×	×	×	—	○	外部に放出される放射性物質による影響を低減させるために必要となる施設で、環境への影響が大きいものは耐震重要度分類をSクラスとして設定するため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。 耐震重要度分類Bクラス及びCクラスの設備・機器が損傷することにより、安全上重要な施設に波及的影響を与えない設計とすることから、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
2	地盤沈下	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、地盤沈下による影響はない。	×
3	地盤隆起	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、地盤隆起による影響はない。	×
4	地割れ	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、地割れによる影響はない。	×

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象
- ×

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象
- ×
- ：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（2/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
5	地滑り	×	○	×	×	×	空中写真の判読結果によると、リニアメント及び変動地形は判読されない。また、加工施設は標高約55mに造成されており、地滑りのおそれのある急斜面はない。	×	—	—
6	地下水による地滑り	×	○	×	×	×	空中写真の判読結果によると、リニアメント及び変動地形は判読されない。また、加工施設は標高約55mに造成されており、地滑りのおそれのある急斜面はない。	×	—	—
7	液状化現象	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、液状化現象による影響はない。	×
8	泥湧出	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、泥湧出による影響はない。	×
9	山崩れ	×	○	×	×	×	敷地周辺には山崩れのおそれのある急斜面は存在しない。	×	—	—
10	崖崩れ	×	○	×	×	×	敷地周辺には崖崩れのおそれのある急斜面は存在しない。	×	—	—
11	津波	×	×	×	×	×	—	○	加工施設は標高約55mに設置するため、津波による影響を受けない。	×

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象
- ×

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象
- ×
- ：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（3/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
12	静振	×	×	×	○	×	敷地周辺に尾駁沼及び鷹架沼があるが、加工施設は標高約55mに位置するため、静振による影響を受けない。	×	—	—
13	高潮	×	×	×	○	×	加工施設は海岸から約5km、標高約55mに位置するため、高潮による影響を受けない。	×	—	—
14	波浪・高波	×	×	×	○	×	加工施設は海岸から約5km、標高約55mに位置するため、波浪・高波による影響を受けない。	×	—	—
15	高潮位	×	×	×	○	×	加工施設は海岸から約5km、標高約55mに位置するため、高潮位により加工施設に影響を及ぼすことはない。	×	—	—
16	低潮位	×	×	×	○	×	加工施設は、低潮位による影響を受けることは考えられない。	×	—	—
17	海流異変	×	×	×	○	×	海流異変により、加工施設に影響を及ぼすことはない。	×	—	—
18	風 (台風)	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	台風によって建屋の安全機能が損なわれない設計としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
19	竜巻	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	竜巻によって建屋の安全機能が損なわれない設計としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象
- ×

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象
- ×
- ：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（4/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
20	砂嵐	×	○	×	×	×	敷地周辺に砂漠や砂丘はない。	×	—	—
21	極限的な気圧	×	×	×	×	○	「竜巻」の影響評価（気圧差）に包含される。	×	—	—
22	降水	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	降水の侵入は建屋によって防止する設計としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
23	洪水	×	○	×	×	×	加工施設は標高約55mに位置しており、二又川は標高約5mから約1mの低地を流れているため、加工施設に影響を与える洪水は起こり得ない。	×	—	—
24	土石流	×	○	×	×	×	敷地周辺の地形及び表流水の状況から、土石流は発生しない。	×	—	—
25	降雹	×	×	×	×	○	「竜巻」の影響評価（飛来物）に包含される。	×	—	—
26	落雷	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	落雷については、想定される落雷の規模においても安全機能を損なわない設計とするため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
27	森林火災	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	加工施設は建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×

注1：除外の基準は、以下のとおり。

基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象

基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象

基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象

基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象

基準5：他の事象に包含できる事象

○：設計上考慮する外的事象

×

○：設計基準事故の起因として想定する外的事象

×

—：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（5/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
28	草原火災	×	×	×	×	○	「森林火災」の影響評価に包絡される。	×	—	—
29	高温	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	加工施設は建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
30	凍結	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	八戸観測所及びむつ観測所で観測された最低気温を考慮し、安全機能を損なわない設計とするため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
31	氷結	×	×	×	○	×	加工施設には取水設備はないため、氷結による影響を受けない。	×	—	—
32	氷晶	×	×	×	○	×	加工施設には取水設備はないため、氷晶による影響を受けない。	×	—	—
33	氷壁	×	×	×	○	×	加工施設には取水設備はないため、氷壁による影響を受けない。	×	—	—
34	高水温	×	×	×	○	×	加工施設には取水設備はないため、高水温による影響を受けない。	×	—	—
35	低水温	×	×	×	○	×	加工施設には取水設備はないため、低水温による影響を受けない。	×	—	—
36	干ばつ	×	×	×	○	×	加工施設には取水施設はないため、干ばつによる影響を受けない。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象
- ×

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象
- ×
- ：判定対象外



第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（6/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
37	霜	×	×	×	○	×	霜により加工施設に影響を及ぼすことはない。	×	—	—
38	霧	×	×	×	○	×	霧により加工施設に影響を及ぼすことはない。	×	—	—
39	火山の影響	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	加工施設は建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
40	熱湯	×	○	×	×	×	敷地周辺に熱湯の発生源はない。	×	—	—
41	積雪	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	加工施設は積雪による荷重を考慮した設計としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
42	雪崩	×	○	×	×	×	敷地周辺の地形から雪崩は発生しない。	×	—	—
43	生物学的事象	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	換気設備及び非常用所内電源設備の外気取入口には、対象生物の侵入を防止又は抑制するための措置を施し、安全機能を損なわない設計とするため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
44	動物	×	×	×	×	○	「生物学的事象」の影響評価に包絡される。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

○：設計上考慮する外的事象  
 ×：設計上考慮しない外的事象

○：設計基準事故の起因として想定する外的事象  
 ×：設計基準事故の起因として想定しない外的事象  
 —：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（7/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
45	塩害	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	換気設備の給気フィルタユニットには除塩フィルタを設置し、屋内の施設への塩害の影響を防止する設計とするため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
46	隕石	○	×	×	×	×	隕石の衝突は、極低頻度な事象である。	×	—	—
47	陥没	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、陥没による影響はない。	×
48	土壌の収縮・膨張	×	×	×	×	×	—	○	周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置するため、土壌の収縮・膨張による影響はない。	×
49	海岸浸食	×	○	×	×	×	加工施設は海岸から約5kmに位置することから、考慮すべき海岸浸食の発生は考えられない。	×	—	—
50	地下水による浸食	×	○	×	×	×	敷地の地下水の調査結果から、加工施設に影響を与える地下水による浸食は起こり得ない。	×	—	—
51	カルスト	×	○	×	×	×	敷地周辺はカルスト地形ではない。	×	—	—
52	海水による川の閉塞	×	×	×	○	×	加工施設には取水施設はないため、海水による川の閉塞による影響は考えられない。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象
- ×

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象
- ×
- ：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（8/12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
53	湖若しくは川の水位降下	×	×	×	○	×	加工施設には取水施設はないため、湖若しくは川の水位降下による影響を受けない。	×	—	—
54	河川の流路変更	×	○	×	×	×	敷地周辺の二又川は谷を流れており、河川の大きな流路変更が発生することはない。	×	—	—
55	毒性ガス	×	○	×	×	×	敷地周辺には毒性ガスの発生源はない。	×	—	—
56	太陽フレア・磁気嵐	×	×	×	○	×	太陽フレア、磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるが、日本では磁気緯度、大地抵抗率の条件から、地磁気変動が電力系統に影響を及ぼす可能性は極めて小さく、その影響は欧米に比べて無視できる程度と考えられる。	×	—	—
57	船舶事故による油流出	×	×	×	○	×	加工施設は、海岸から約5km離れており影響を受けない。	×	—	—
58	船舶事故（爆発、化学物質の漏えい）	×	×	×	○	×	加工施設は、海岸から約5km離れており影響を受けない。	×	—	—
59	船舶の衝突	×	×	×	○	×	加工施設は、海岸から約5km離れており影響を受けない。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象  
 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象  
 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象  
 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象  
 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象  
 ×：設計上考慮しない外的事象

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象  
 ×：設計基準事故の起因として想定しない外的事象  
 —：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果（9／12）

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
60	航空機落下	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	航空機衝突により安全機能を損なわない設計とすることから、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
61	鉄道事故（爆発、化学物質の漏えい）	×	○	×	×	×	敷地周辺には鉄道路線はないため、鉄道に関する事故は発生しない。	×	—	—
62	鉄道の衝突	×	○	×	×	×	敷地周辺には鉄道路線はないため、鉄道に関する事故は発生しない。	×	—	—
63	交通事故（爆発、化学物質の漏えい）	×	×	×	○	○	加工施設は、幹線道路から500m以上離れており、爆発により当該安全機能に影響を及ぼすことは考えられない。化学物質の漏えいについては、「再処理事業所内における化学物質の漏えい」の影響評価に包含される。	×	—	—
					爆発	化学物質の漏えい			—	—
64	自動車の衝突	×	×	×	○	×	周辺監視区域の境界にはフェンスを設置しており、自動車の衝突による影響を受けない。敷地内の運転に際しては速度制限を設けており、安全機能に影響を与えるような衝突は考えられない。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

○：設計上考慮する外的事象  
 ×：設計上考慮しない外的事象

○：設計基準事故の起因として想定する外的事象  
 ×：設計基準事故の起因として想定しない外的事象  
 —：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果 (10/12)

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
65	爆発	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	爆発した際に発生する爆風が上方向に解放されることを妨げない設計とする。MOX燃料加工施設のLPGボンベ庫は、屋内に設置しており、着火源を排除するとともに可燃性ガスが漏えいした場合においても滞留しない構造としていることから、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
66	工場事故 (爆発、 化学物質の漏えい)	×	×	×	×	○	「爆発」、「近隣工場等の火災」及び「再処理事業所内における化学物質の漏えい」の影響評価に包含される。	×	—	—
67	鉱山事故 (爆発、 化学物質の漏えい)	×	○	×	×	×	敷地周辺には、爆発・化学物質の漏えいの事故を起こすような鉱山はない。	×	—	—
68	土木・建築現場の事故 (爆発、化学物質の漏えい)	×	×	×	○	×	敷地内での工事は十分に管理されること及び敷地外での工事は敷地境界から加工施設まで距離があることから、加工施設に影響を及ぼすような土木・建築現場の事故の発生は考えられない。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

○：設計上考慮する外的事象  
 ×：設計上考慮しない外的事象

○：設計基準事故の起因として想定する外的事象  
 ×：設計基準事故の起因として想定しない外的事象  
 —：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果 (11/12)

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
69	軍事基地の事故 (爆発, 化学物質の漏えい)	×	○	×	×	×	最寄りの三沢基地は敷地から約28km離れており影響を受けない。	×	—	—
70	軍事基地からの飛来物	○	×	×	×	×	軍事基地からの飛来物は、極低頻度な事象である。	×	—	—
71	パイプライン事故 (爆発, 化学物質の漏えい)	×	○	×	×	×	むつ小川原国家石油備蓄基地の陸上移送配管は、1.2m以上の地下に埋設されるとともに、漏えいが発生した場合は、配管の周囲に設置された漏油検知器により緊急遮断弁等が閉止されることから、火災の発生は想定しにくい。	×	—	—
72	再処理事業所内における化学物質の漏えい	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	敷地内において化学物質を貯蔵する施設については化学物質が漏えいしにくい設計とするため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
73	人工衛星の落下	○	×	×	×	×	人工衛星の衝突は、極低頻度な事象である。	×	—	—
74	ダムの崩壊	×	○	×	×	×	敷地周辺にダムはない。	×	—	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

○：設計上考慮する外的事象  
 ×：設計上考慮しない外的事象

○：設計基準事故の起因として想定する外的事象  
 ×：設計基準事故の起因として想定しない外的事象  
 —：判定対象外

第3表 設計基準事故の起因として考慮すべき外的事象の抽出結果 (12/12)

No.	事象	除外の基準 <sup>注1</sup>					設計上の考慮を除外する理由	設計上の考慮	設計基準事故の起因として想定しない理由	設計基準事故の起因として想定するか
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5				
75	電磁的障害	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	落雷によって生ずる電磁的障害電氣的又は物理的な独立性を持たせる設計とすることから、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
76	掘削工事	×	×	×	○	×	敷地内での工事は十分に管理されること及び敷地外での工事は敷地境界から加工施設まで距離があることから、加工施設に影響を及ぼすような掘削工事による事故の発生は考えられない。	×	—	—
77	重量物の落下	×	×	×	○	×	重量物の運搬等は十分に管理されているため、加工施設に影響を及ぼすことは考えられない。	×	—	—
78	タービンミサイル	×	○	×	×	×	敷地内にタービンミサイルを発生させるようなタービンはない。	×	—	—
79	近隣工場等の火災	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	加工施設は建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料としているため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×
80	有毒ガス	×	×	×	×	×	発生により、加工施設へ影響を与える可能性があるため、設計上考慮する。	○	固定施設（六ヶ所ウラン濃縮工場）と可動施設（陸上輸送、海上輸送）からの漏えいを考慮しても、影響のない設計としており、加工施設の安全機能及び中央監視室の居住性を損なうことはないため、安全上重要な施設の機能は喪失しない。	×

注1：除外の基準は、以下のとおり。

- 基準1：発生頻度が極低頻度と判断される事象
- 基準2：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない事象
- 基準3：事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象
- 基準4：MOX燃料加工施設に影響を及ぼさない事象
- 基準5：他の事象に包含できる事象

- ：設計上考慮する外的事象
- ×

- ：設計基準事故の起因として想定する外的事象
- ×
- ：判定対象外

第4表 各事象に対する発生防止対策, 拡大防止対策等の確認 (1/2)

	事象の形態	発生防止対策	拡大防止対策等	運転管理等	候補事象
核燃料物質による臨界	臨界	・グローブボックス内機器の形状寸法管理等 ・誤搬入防止機構	—	グローブボックス内への核燃料物質搬入時の機械, 人による多重の確認	臨界
		・貯蔵施設等の安全に係る距離の維持機能	—	—	臨界
閉じ込める機能の喪失	閉じ込め機能を有する設備の破損	・グローブボックス ・容器を取り扱う装置における落下防止機構等	・グローブボックスを設置する室等 ・工程室排気設備 ・工程室排気フィルタユニット	工程停止, 排風機停止	グローブボックスの破損
		・グローブボックス ・重量物を取り扱う装置における落下防止機構等	—	グローブボックス内, グローブボックス周辺で重量物の取扱いを行わない	— (落下する重量物が存在しないため閉じ込め機能を有する設備の破損はない)
		・焼結炉 ・小規模焼結処理装置 ・重量物を取り扱う装置における落下防止機構等	—	焼結炉, 小規模焼結処理装置内及び周辺で重量物の取扱いを行わない	— (落下する重量物が存在しないため閉じ込め機能を有する設備の破損はない)
		・混合酸化物貯蔵容器 ・燃料集合体 ・混合酸化物貯蔵容器, 燃料集合体を取り扱う装置における落下防止機構等	—	落下しても破損しない高さで取り扱う	— (落下しても破損しない高さ以内でしか取り扱わないため閉じ込め機能を期待する混合酸化物貯蔵容器等の破損はない)
		・焼結炉 ・小規模焼結処理装置 ・炉内部温度高による過加熱防止回路等	・焼結炉等を設置する室等 ・工程室排気設備 ・工程室排気フィルタユニット ・混合ガス水素濃度高による混合ガス供給停止回路及び混合ガス濃度異常遮断弁	水素濃度 9 vol%以下	— (爆発が発生しないため閉じ込め機能を有する設備の破損はない)



第4表 各事象に対する発生防止対策、拡大防止対策等の確認（2／2）

	事象の形態	発生防止対策	拡大防止対策等	運転管理等	候補事象
閉じ込める機能の喪失	閉じ込め機能を有する機器内での核燃料物質の飛散	・MOX粉末を取り扱うグローブボックス ・容器の転倒防止機能	・グローブボックス排気設備 ・グローブボックス排気フィルタユニット ・グローブボックス排風機	工程停止，排風機停止	グローブボックス内でのMOX粉末の飛散
		・MOX粉末以外を取り扱うグローブボックス	・グローブボックス排気設備 ・グローブボックス排気フィルタユニット ・グローブボックス排風機	工程停止，排風機停止 ペレット，グリーンペレット，燃料棒は，物理的に安定した状態であることから，飛散しにくい	— (ペレット，グリーンペレット，燃料棒は物理的に安定しているため飛散は想定されない)
		・焼結炉 ・小規模焼結処理装置	・排ガス処理装置，排ガス処理装置グローブボックス等 ・排ガス処理装置の補助排風機等	ペレット，グリーンペレットは，物理的に安定した状態であることから，飛散しにくい	— (ペレット，グリーンペレットは物理的に安定しているため飛散は想定されない)
	閉じ込め機能を有する機器から外部に放出する駆動力となる事象	・グローブボックス ・グローブボックス内の窒素雰囲気，不燃性材料・難燃性材料の使用，火災源の機器等への収納	・グローブボックス温度監視装置 ・消火（グローブボックス消火装置，ピストンダンパ，延焼防止ダンパ，フィルタ，グローブボックス排風機）	工程停止，送風機停止	外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生（火災）
		・焼結炉 ・焼結炉内部温度高による過加熱防止回路等	・排ガス処理装置，排ガス処理装置グローブボックス等 ・排ガス処理装置の補助排風機等 ・混合ガス水素濃度高による混合ガス供給停止回路及び混合ガス濃度異常遮断弁	水素濃度9vol%以下	— (爆発が発生しないため駆動力となる事象（爆発）の発生はない)

第5表 設計基準事故への対処に使用する設備

機能	設備	動的/静的	駆動源	動的機器の多重化	備考
火災の感知機能	グローブボックス温度監視装置	動的	必要 (非常用所内電源設備と接続)	感知器を多様化	—
火災の消火機能	グローブボックス消火装置	動的	必要 (非常用所内電源設備と接続)	消火ガス起動の系統を多重化	グローブボックス排風機が稼働していることが起動の条件
	延焼防止ダンパ	動的	必要 (非常用所内電源設備と接続)	起動部分を多重化	—
	ピストンダンパ	動的	不要	消火ガス起動の系統を多重化	消火ガスの圧力により閉止
MOXの捕集・浄化機能	グローブボックス排気フィルタ	静的	不要	—	—
	グローブボックス排気フィルタユニット	静的	不要	—	—
排気経路の維持機能	グローブボックス排気ダクト	静的	不要	—	—
排気機能	グローブボックス排風機	動的	必要 (非常用所内電源設備と接続)	2系統設置	—
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	—	2系統設置	—

第6表 回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける閉じ込め機能の  
不全による大気中への放射性物質の放出量

核種	放出量 (Bq)
Pu-238	$8 \times 10^1$
Pu-239	4
Pu-240	8
Pu-241	$2 \times 10^3$
Am-241	$2 \times 10^1$

## 2章 補足説明資料

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト  
第15条:設計基準事故の拡大の防止

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料1-1	設計基準事故の選定について	4/17	0	選定方法を変更したため欠番
添付資料1	MOX燃料加工施設における核燃料物質の取扱い	2/26	1	選定方法を変更したため欠番
添付資料2	各異常事象に対する発生防止対策について	4/17	0	選定方法を変更したため欠番
補足説明資料1-2	グローブボックス排気設備停止時におけるグローブボックスの温度評価	2/26	1	
補足説明資料1-3	放射性物質の放出量の評価について	7/31	5	
補足説明資料1-4	最大想定事故と設計基準事故の評価の比較	7/8	3	
補足説明資料1-5	使用済燃料15年冷却による事故時評価用最大線源の影響について	7/31	5	
補足説明資料1-6	設計基準事故時の対応について	7/14	3	
補足説明資料1-7	排気筒の位置変更について	2/26	0	
補足説明資料1-8	安全解析に使用する気象条件の変更について	2/26	0	
補足説明資料1-9	排気筒の位置変更、安全解析に使用する気象条件の変更等に伴う相対濃度及び相対線量の評価	7/31	1	
補足説明資料1-10	冷却期間の変更における影響	3/19	1	補足説明資料1-5に合本
補足説明資料1-11	臨界の発生可能性の検討	4/13	1	
補足説明資料1-12	設計基準事故の評価の各パラメータについて	7/14	4	補足説明資料1-3に合本
補足説明資料1-13	火災による放出Pu量一覧	7/8	3	
補足説明資料1-14	安全上重要な施設の選定結果	7/8	1	
補足説明資料1-15	運転管理の上限値の設定について	4/13	0	
補足説明資料1-16	MOX燃料加工施設におけるグローブボックス内の火災源について	4/20	0	
補足説明資料1-17	安全上重要な施設の系統図	4/27	0	

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト  
第15条:設計基準事故の拡大の防止

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料1-18	フォールトツリー	7/17	2	
補足説明資料1-19	フォールトツリー(設計基準事故に係る安全機能喪失の特定)	7/17	2	
補足説明資料1-20	混合酸化物貯蔵容器の取扱高さ制限について	7/8	0	
補足説明資料1-21	燃料集合体の取扱高さ制限について	7/8	0	
補足説明資料1-22	MOX燃料加工施設における核燃料物質の取扱い	7/8	0	
補足説明資料1-23	MOX燃料加工施設の平常時の放出量及びグローブボックス内の容器落下又は転倒時の放出量について	7/31	2	
補足説明資料1-24	水素・アルゴン混合ガスの供給方法について	7/14	0	
補足説明資料1-25	グローブボックス内における火災の発生について	7/17	0	

令和2年7月31日 R5

補足説明資料 1 - 3 (15 条)

## 放射性物質の放出量の評価について

### 1. 共通事項

#### 1. 1 評価内容

グローブボックス内で発生した火災が消火するまでの放射性物質の大気中への放出量を評価する。消火まで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がグローブボックス排気設備へ移行した後に、大気中へ放出されたものとして放出量を算出し、放出量から敷地境界の被ばく線量を評価する。

#### 1. 2 敷地境界における被ばく線量評価

大気中への放射性物質の放出量は、設計基準事故が発生するグローブボックスが内包する火災の影響を受ける放射性物質のうち、粉末容器で取り扱う放射性物質質量に対して、事故の影響を受ける割合、事故により放射性物質が気相中に移行する割合、大気中への放出経路における低減割合及び肺に吸収され得るような浮遊性の微粒子状の放射性物質の割合を乗じて算出する。

また、大気中への放射性物質の放出量から、敷地境界における被ばく線量を以下の計算式により算出する。使用するパラメータは第1.2-1表のとおりである。



被ばく線量[Sv]

=大気中への放射性物質の放出量[Bq]

×呼吸率[m<sup>3</sup>/s]×相対濃度 $\chi/Q$ [s/m<sup>3</sup>]

×線量換算係数[Sv/Bq]

第1. 2-1表 被ばく線量評価に用いるパラメータ

項目	パラメータ
呼吸率 [m <sup>3</sup> /s]	3.33×10 <sup>-4</sup>
相対濃度 $\chi/Q$ [s/m <sup>3</sup> ]	8.1×10 <sup>-5</sup>
線量換算係数[Sv/Bq]	核種毎に設定

1. 3 設計基準事故の発生を想定するグローブボックスで保有する  
放射性物質のうち粉末容器で取り扱う放射性物質質量

放出量評価に使用する、グローブボックス内で保有する放射性物質のうち粉末容器で取り扱う放射性物質質量は、運転管理上の上限値を基に設定する。各グローブボックス内で保有する放射性物質のうち粉末容器で取り扱う放射性物質質量を1. 3-1表に示す。

なお、各グローブボックスにおいては、粉末容器の他に混合機等の機器内でもMOX粉末を取り扱うが、機器が金属製であること及びMOX粉末が機器に収納され覆われていることから、火災により機器内のMOX粉末が火災の影響を受けることは想定しない。露出した状態でMOX粉末を取り扱い、潤滑油を有するグローブボックスにおける核燃料物質の取扱イメージについては別添-1に示す。

第1. 3-1表 設計基準事故の発生を想定するグローブボックスで  
保有する放射性物質のうち粉末容器で取り扱う放射性物質質量

グローブボックス名称	取扱容器	MOX量 (kg・MOX)	Pu 富化度 (%)	HM 換算係数	インベントリ (kg・Pu)
予備混合装置グローブボックス	J 60	65	33	0.882	18.9
均一化混合装置グローブボックス	J 85	90	18	0.882	14.3
造粒装置グローブボックス	J 85	90	18	0.882	14.3
回収粉末処理・混合装置 グローブボックス※	J 60/ J 85	155	33/18	0.882	33.2
添加剤混合装置Aグローブボック ス	J 85	90	18	0.882	14.3
プレス装置A (プレス部) グローブボックス	J 85	90	18	0.882	14.3
添加剤混合装置Bグローブボック ス	J 85	90	18	0.882	14.3
プレス装置B (プレス部) グローブボックス	J 85	90	18	0.882	14.3

※回収粉末処理・混合装置グローブボックスでは J60 及び J85 の2 容器を同時に取り扱うこともあることから、2 容器分を見込む。

### 1. 6 事故の影響を受ける割合

より厳しい条件として設定するために1とする。

### 1. 7 事故により放射性物質が気相中に移行する割合

火災による移行率として1%/hr、火災の消火までの時間として6分と設定し、これらに乗じた値を、気相に移行する割合として設定している。これらの設定の考え方を以下に示す。

#### 1. 7. 1 火災による移行率の設定

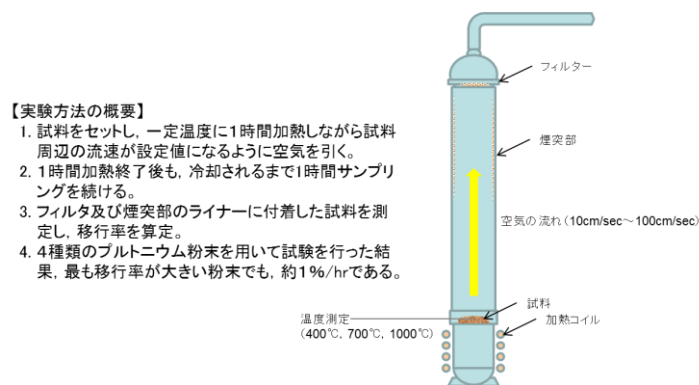
##### (1) 文献による火災時のプルトニウム粉末の気相中への移行率

MOX燃料加工施設において、MOX粉末はグローブボック

ス内で取り扱うが、容器又は機器から一部漏えいしたMOX粉末は火災発生時に上昇気流を伴う火災影響を受けることを想定し、上昇気流を模擬した実験結果を基に気相中への移行率を設定する。

文献<sup>(1)</sup>では、火災時のプルトニウム粉末の気相への移行量を調べるために、加熱状態で上昇気流がある状態を模擬した実験を行っている。実験の結果、最も気相中への移行率が高いのは、風速 100cm/s でシュウ酸プルトニウムを 700℃で 1 時間加熱した場合であり、フィルタ及びライナーへの付着量の合計は約 1%/hr という結果であった。

実験の概要を 2. 3. 1-1 図に、実験の結果によるシュウ酸プルトニウムの移行率を 2. 3. 2-2 図に示す。



第 1. 7. 1-1 図 文献による実験の概要図

TABLE VIII. Plutonium Oxalate Release Rates (in wt%/hr)

Temperature, °C	Sample Type	Nominal Air Velocity Through Chimney		
		10 cm/sec	50 cm/sec	100 cm/sec
Ambient	A	<0.004	<0.004	<0.004 0.073
	B	<0.004	<0.004	0.38 0.54
400	A	<0.004	<0.004	0.006 0.025
	B	<0.004	0.0096	0.023 0.036
700	A	--	--	0.48
	B	--	--	0.016
1000	A	0.0044	<0.004	0.90
	B	<0.004	<0.004	0.047
1000	A	<0.004	0.007	0.25
	B	<0.004	0.005	0.075

A Particles carried through chimney (collected on glass fiber filter).

B Particles entrained but deposited on chimney walls (collected on 0.003 in. mild steel shimstock liner).

## 第1. 7. 1-2 図 シュウ酸プルトニウムの移行率

### (2) 文献による火災時の熱気流上昇速度

火災時の熱気流上昇速度について、文献<sup>(7)</sup>では、熱源が面源である場合  $Z/\gamma_0 < 2.5$  ( $Z$ : 熱源からの高さ,  $\gamma_0$ : 熱源の円相当半径) の領域での熱気流上昇速度は次式で表すことができるとされている。

$$W = 1.696 \left( \frac{g Q}{\rho_0 C_0 T_0} \right)^{1/3} \gamma_0^{-1/3}$$

$W$ : 中心軸の上昇速度

$T_0$ : 上昇熱気外の空気の絶対温度

$Q$ : 熱源から単位時間に与えられる熱量

$C_0$ : 熱気流の定圧比熱

$\rho_0$ : 熱気流の密度

$g$ : 重力加速度

上記の式にMOX燃料加工施設のグローブボックス内火災で想定される条件として、保有する潤滑油が最も多い造粒装置グ

グローブボックスにおいて、オイルパンの半分の面積で燃焼している状態の熱気流上昇速度を算出すると、約 6 m/s という結果が得られる。

計算に用いたパラメータを下表に示す。

第 1. 7. 1 - 1 表 熱気流上昇速度の算出のパラメータ

$\gamma_0$	0.48 [m] (0.72m <sup>2</sup> から算出)
$T_0$	293 [K]
$Q$	53537 [cal/s]
$C_0$	240 [cal/kg°C] @773K
$\rho_0$	0.456 [kg/m <sup>3</sup> ] @773K
$g$	9.8 [m/s <sup>2</sup> ]

(3) 重大事故で想定する火災によるMOX粉末の移行率

グローブボックス内における火災を想定した場合、火災源と粉末容器の位置関係から、粉末容器が直接火炎に曝されることは想定されないため、(2) で算出した熱気流上昇速度 6 m/s での影響は受けない。

粉末容器には開口部があるため、グローブボックス内の気流の乱れによる影響により、粉末容器内の粉末が気相中に移行することが想定されるが、粉末容器が火災源から離れていること及び粉末容器は開口部が限定されており、気流の影響を受けにくいことから、粉末容器内の粉末が影響を受ける気流としては、(2) で算出した熱気流上昇速度約 6 m/s を下回ることが想定されるため、(1) に記載の文献における実験条件である 1 m/s における火災時の粉末の移行率 (1%/h) を適用することとする。

また、気流の影響を受けるのが粉末容器内の粉末全量ではなく、粉末容器内表面部分となった場合は、MOX粉末の移行量は下振れするものと考えられる。

#### (4) 粒径の影響について

文献<sup>(1)</sup>による実験で使用したシュウ酸プルトニウムの粒度分布を図4. 1-3図に示す。

この粒度分布はある粒径の重量割合を示したものである。5  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$ の粒径が重量割合で40%程度であり、それ以上の粒径が残りを含めることが読み取れる。

自社にて取得したMOX粉末（均一化混合後粉末）の粒径としては、体積基準のデータとなるが、0.3  $\mu\text{m}$ ~1.0  $\mu\text{m}$ で全体の70%を含め、~50  $\mu\text{m}$ で残りを含める結果が得られている。

粒径測定方法として、文献では単眼顕微鏡による直径の測定と記載があるが、自社データはレーザー回折法による測定である。粒度分布は測定方法により得られる結果が異なることが一般に知られているが、本データからは、MOX燃料加工施設で取り扱うMOX粉末のほうがシュウ酸プルトニウムよりも粒径が細かい可能性が高い。

粉末の粒径が細かい場合、粒径が大きい粉末と比較し、より多くの数の粒子が気相へ移行することが考えられるが、重量割合で粉末の粒径が大きい粉末と同等の移行率を得るためには、より多くの粒子が必要とも言える。

また、文献の条件は微量の粉末を上昇気流に晒しているのに対し、評価では粉末容器全体のMOX粉末に移行率1%/hを

適用しており、実際には粉末容器中の粉末表層のみが上昇気流の影響を受けることを踏まえると、評価で用いる移行率は文献の条件を包含するといえる。

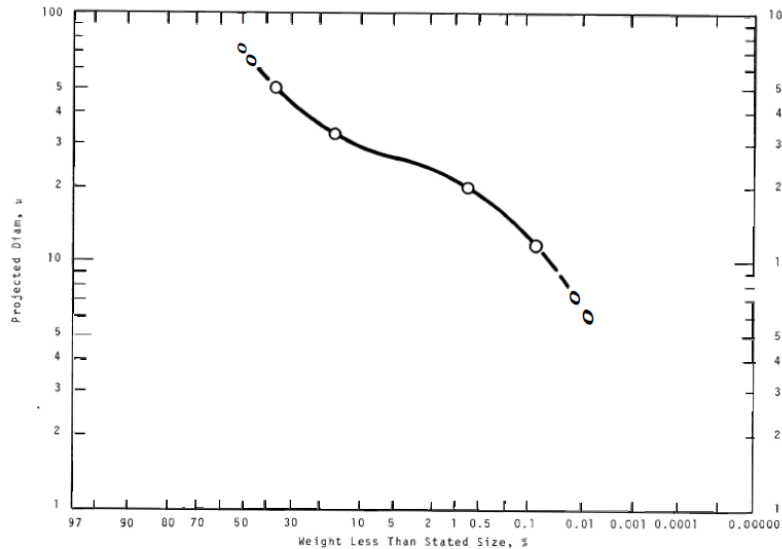


FIGURE 10. Size Distribution of Plutonium Oxalate Used in Release Runs. (855 particles sized at 100X)

## 1. 7. 1 - 2 図 シュウ酸プルトニウムの粒度分布

### 1. 7. 2 消火までの時間

グローブボックス内で発生した火災の消火時には、グローブボックスの内圧上昇に伴う排気経路以外からの放射性物質の漏えいを防止するため、グローブボックス排気系の運転を継続するが、消火性能に対する影響がないことを試験により確認している。具体的には、グローブボックス内で火災が発生した場合の消火ガス供給時の酸素濃度の変化の確認をしている。試験条件等は、「整理資料 第5条 火災等による損傷の防止 補足説明資料 1 - 5 添付資料 1 別紙 2 グローブボックス消火装置起動時のグローブボックス内の酸素濃度及び圧力変化について」に記載のとおりである。

試験の結果より、グローブボックス消火装置による消火ガスの放出により、グローブボックス内の酸素濃度が消炎濃度である 12.5vol%以下となる時間は約5分である。また、設計基準事故の評価として想定する、グローブボックス排風機の単一故障による予備機のグローブボックス排風機への系統切替の時間は約1分である。

以上より、消火が完了するまでの時間を6分と設定する。

#### 1. 8 大気中への放出経路における低減割合

設計基準事故における大気中への放出経路における低減割合として、高性能エアフィルタ（4段）の捕集効率を  $10^{-9}$ （99.9999999%）と見込み、その逆数の  $10^9$  を除染係数として設定している。また、排気経路中の構築物への沈着を想定し、排気経路による除染係数として10を設定する。

高性能エアフィルタ1段当たりの捕集効率は99.97%以上（ $0.15\mu\text{mDOP}$  粒子）<sup>(2)</sup>であり、高性能エアフィルタ1段目と2段目の捕集効率は同等との試験データ<sup>(3)</sup>もある。また、第2.4-1図に示すように、多段フィルタシステムでは後段のフィルタほど捕集効率は低下するものの、除染係数が最小となる粒径付近では、各段のフィルタの捕集効率に大きな違いはなく、1桁も変わるものではない<sup>(4)</sup>という報告もある。これらから、後段フィルタの捕集効率の低下を考慮し、1段目：99.9%、2段目：99%として、グローブボックス排気設備の高性能エアフィルタ2段の捕集効率を99.999%としている。



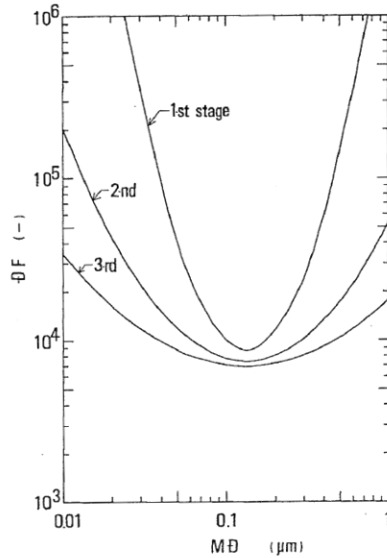
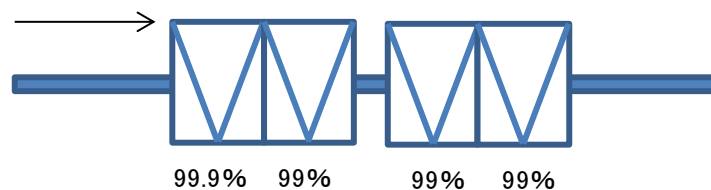


Fig. 5 DF values of HEPA filter in multistage filtration system for aerosol particles with  $\sigma_g=1.5$ .

### 第1. 8-1図 フィルタの段数と除染係数の関係

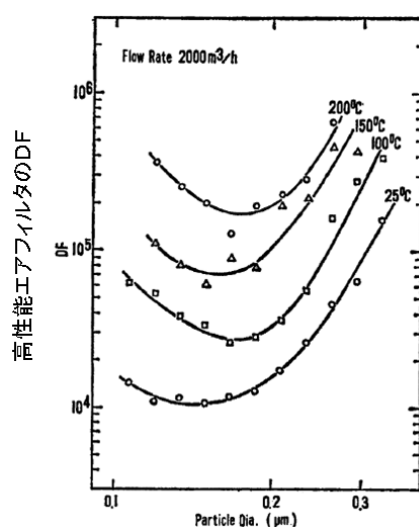
また、高性能エアフィルタを3段直列に並べた DF 測定試験<sup>(5)</sup>では  $DF \geq 10^{11}$  との結果が得られているが、設計基準事故の評価における高性能エアフィルタ4段の捕集効率については、後段3段の高性能エアフィルタの捕集効率をそれぞれ 99%と設定し、全体として捕集効率を 99.9999999% ( $DF : 10^9$ ) としている (第2. 4-2図)。



第1. 8-2図 設計基準事故で設定する  
高性能エアフィルタ (4段) の捕集効率

高性能エアフィルタは不燃性材料又は難燃性材料で構成されていることから、火災により損傷することはない。また、高性能エアフィル

タへの高温負荷試験により、面速を一定として試験空気温度を 200℃まで上昇させた場合、温度の上昇に伴い高性能エアフィルタの除染係数は上昇する結果が報告されている<sup>(6)</sup>こと、グローブボックス消火装置は温度異常 (60℃) を感知して消火ガスを放出することからグローブボックス消火装置は火災による温度上昇を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの除染係数は維持できる。



第1. 8-3図 高性能エアフィルタの温度と捕集効率の関係

設計基準事故の放出量評価では温度上昇による高性能エアフィルタの捕集効率の上昇は見込んでいないことから、裕度を含んだ評価であるといえる。

また、グローブボックスの排気系統のダクトは数十mあり、屈曲部を多数有している。このため、これら経路中における沈着等も想定されることから、除染係数を10と設定する。

## 1. 9 肺に吸収され得るような浮遊性の微粒子状の放射性物質の割合

より厳しい条件として設定するために1とする。

## 1. 10 換算係数

「ICRP Publication 72」の実効線量係数を用いる。

MOX燃料加工施設で取り扱うMOX粉末は不溶性の酸化物であることから、吸収タイプSを適用し、以下の値を用いる。

第1. 10-1表 核種ごとの実効線量係数

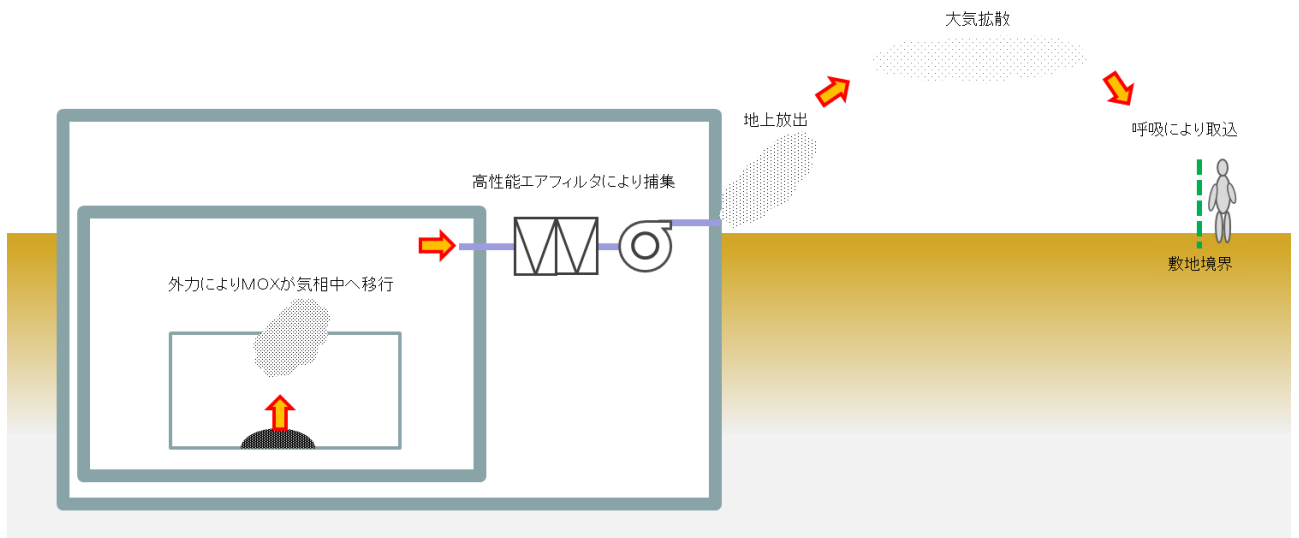
核種	実効線量係数 (Sv/Bq)
Pu-238	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-239	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-240	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-241	$1.7 \times 10^{-7}$
Am-241	$1.6 \times 10^{-5}$

## 1. 11 計算式

設計基準事故における敷地境界の実効線量評価については、MOX粉末が気相中に移行し、浮遊したMOX粉末が高性能エアフィルタを通過して放出されるMOX粉末の放出量を評価する。

大気拡散の計算に使用する放出源は、排気口の地上高さ及び排気口からの吹上げを考慮せずにより厳しい評価となるよう地上放出とする。

空気中に浮遊し、燃料加工建屋外に放出されたMOX粉末が大気拡散して敷地境界に到達し、吸入により体内に取り込まれるとしたモデルを用いて実効線量の評価を行う。



第1. 10-1 図 評価モデルのイメージ

敷地境界における吸入による実効線量の算出は、以下の式により算出する。

$$D_m = R \times \chi / Q \times \sum_i \{Q_i \times (H_{50})_i\}$$

$D_m$  : 吸入による実効線量 (Sv)

$R$  : 呼吸率 ( $m^3/s$ )

成人の活動時の呼吸率を  $1.2m^3/h^{(8)}$  とする。

$\chi / Q$  : 相対濃度 ( $s/m^3$ )

地上高 10m (標高 69m) における 2013 年 4 月から 2014 年 3 月までの 1 年間の観測資料を使用して求めた  $8.1 \times 10^{-5} s/m^3$  を用いる。

$Q_i$  :  $i$  核種の大気放出量 (Bq)

$(H_{50})_i$  :  $i$  核種の吸入摂取による 50 年の預託実効線量係数 (Sv/Bq)

「ICRP Publication 72」<sup>(9)</sup>の実効線量係数を用い、MOX燃料加工施設で取り扱うMOX粉末は不溶性の酸化物であることから吸収タイプSを適用する。

## 1. 12 評価結果

評価結果を第1. 12-1表に示す。

第1. 12-1表 設計基準事故による敷地境界における被ばく線量評価結果

評価項目	被ばく線量
設計基準事故が発生した場合における放射性物質の吸入による被ばく線量評価	$5.6 \times 10^{-8}$ (mSv)

## 2. 計算における核種組成について

大気中に放出されるプルトニウムの核種ごとの放出量は、再処理する使用済燃料の燃焼条件（燃料型式，初期濃縮度，燃焼度，比出力等）及び冷却期間をパラメータにして，ORIGEN-2コードで吸入による被ばくが保守側となるように設定した以下のプルトニウム核種の組成に基づき算出する。

なお，アメリカウム-241 は，再処理後の蓄積を考慮し，プルトニウム質量に対する比で4.5%と設定している。

第2-1表 プルトニウム同位体組成の設定

核種	質量割合 (%)
Pu-238	3.8
Pu-239	55.6
Pu-240	27.3
Pu-241	13.3
Am-241	4.5
合計	104.5

### 3. 外部被ばくの評価について,

#### 3. 1 放射性雲からのガンマ線による外部被ばく (クラウドシャイン)

##### (1) 評価方法

設計基準事故が発生した場合の大気中への放射性物質の放出量に, 相対線量を乗じて算出する。

被ばく線量は, 以下の計算式により算出する。

$$H_{\gamma} = K \times (D/Q) \times Q_{\gamma}(t)$$

ここで,

$H_{\gamma}$  : ガンマ線の外部被ばくによる実効線量 (Sv)

$K$  : 空気カーマから実効線量への換算係数 (Sv/Gy)

空気カーマから実効線量への換算係数 $K$ は, 居住性評価手法内規に基づき, 1 とする。

$D/Q$  : 相対線量 (Gy/Bq)

$Q_{\gamma}(t)$  : 時刻  $t$  における核種の放出率

(ガンマ線 0.5MeV 換算) (Bq/s)

時刻  $t$  における核種の放出率 (ガンマ線 0.5MeV 換算)  $Q_{\gamma}(t)$  は 0.5 MeV /dis に対する, ICRP Publication38 核種のガンマ線実効エネルギーの比を用いたガンマ線 0.5MeV 換算値とする。

##### (2) 評価に用いる各種パラメータの設定

設計基準事故発生時の敷地境界での被ばく線量評価に用いる各種パラメータを第3. 1-1表に示す。

第3. 1-1表 放射性雲からのガンマ線による被ばく線量評価に用いるパラメータの設定

放出核種	放出放射能 (Bq)	ガンマ線実効エネルギー (MeV/dis)
Pu-238	8.00E+1	1.81E-3
Pu-239	4.24	7.96E-4
Pu-240	7.62	1.73E-3
Pu-241	1.69E+3	2.54E-6
Am-241	1.90E+1	3.24E-2
相対線量D/Q (1時間値)	6.5E-19 Gy/Bq	
空気カーマから実効線量への換算係数K	1 Sv/Gy	



3. 2 放射性物質の地表沈着による外部被ばく（グラウンドシャイン）  
設計基準事故時の敷地境界における放射性物質の地表沈着による外部被ばくの算定は、以下の計算式により算出する。

$$H_{g\gamma} = \int_0^T K_{g\gamma} \times (\chi/Q) \times Q(t) \times V_g \times f_1 dt$$

ここで、

$H_{g\gamma}$  : ガンマ線の外部被ばくによる実効線量 (Sv)

$K_{g\gamma}$  : 地表沈着換算係数 (Sv/Bq/ (s/m<sup>2</sup>))

地表沈着換算係数 $K_{g\gamma}$ は、EPA-402-R-93-081 に基づき設定する。

$\chi/Q$  : 相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

$Q(t)$  : 時刻 t における核種の放出率 (Bq/s)

$V_g$  : 地表への沈着速度 (m/s)

地表面への放射性エアロゾルの乾性沈着速度は、NUREG/CR-4551-Vol.2 において推奨されている 0.3cm/s とし、降雨による放射性エアロゾルの湿性沈着速度は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」に、降水時の沈着率が乾燥時の沈着率の 2 から 3 倍大きい値となると示されていることを考慮し、地表への沈着速度は、より厳しい結果となるように乾性沈着速度の 4 倍とし、1.2cm/s とする。

$f_1$  : 沈着した放射性物質のうち残存する割合 (—)

沈着した放射性物質のうち残存する割合 $f_1$ は、「発

電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に基づき、0.5 とする。

T : 被ばく評価期間 (s)

「第 34 条 緊急時対策所」の評価に使用した 7 日間を設定する。

(2) 評価に用いる各種パラメータの設定

設計基準事故発生時の敷地境界での被ばく線量評価に用いる各種パラメータを第 3. 2 - 1 表に示す。

第3. 2-1表 被ばく線量評価に必要なパラメータの設定（放射性物質の地表沈着による外部被ばく）

放出核種	放出放射能(Bq)	地表沈着換算係数 (Sv/Bq/(s/m <sup>2</sup> ))
Pu-238	8.00E+1	8.4E-19
Pu-239	4.24	3.7E-19
Pu-240	7.62	8.0E-19
Pu-241	1.69E+3	1.9E-21
Am-241	1.90E+1	2.8E-17
相対線量 $\chi / Q$ (1時間値)	8.1E-5 s / m <sup>3</sup>	
地表への沈着速度	1.2cm/s	
沈着した放射性物質のうち 残存する割合	0.5	

### 3. 3 評価結果

評価結果を第3. 3-1表に示す。

評価結果より、設計基準事故による外部被ばくによる線量は、内部被ばくによる線量と比較し極めて小さい。

第3. 3-1表 設計基準事故が発生した場合における地表沈着した放射性物質のガンマ線による被ばく線量評価

評価項目	被ばく線量
放射性雲からのガンマ線による外部被ばく（クラウドシャイン）	$1.1 \times 10^{-15}$ (mSv)
放射性物質の地表沈着による外部被ばく（グランドシャイン）※	$1.8 \times 10^{-13}$ (mSv)
合計	$1.8 \times 10^{-13}$ (mSv)

※7日間の被ばく線量の評価

#### 4. 被ばく評価におけるウランの寄与について

設計基準事故における評価では、ウラン核種については、被ばく評価への寄与が小さいとしている。本項では、設計基準事故の被ばく評価におけるウランの寄与について述べる。

##### 4. 1 想定するウランの同位体組成

再処理施設から受け入れるMOX粉末は、ウラン中のウラン-235含有率は1.6%以下である。また、MOX粉末の混合等に使用するウラン酸化物として、ウラン-235含有率が天然ウラン中の含有率以下であるウラン酸化物を使用する。このため、MOX燃料加工施設で取り扱うウランにおけるウラン-235含有率は、最大でも1.6%である。

また、再処理施設から受け入れるMOX粉末には、微量のウラン-234が含まれる。このため、原子力ハンドブックの記載を参考とし、評価におけるウラン-234含有率を0.001%と設定する。

残りのウランについては、ウラン-238であると設定する。

第4. 1-1表 ウランによる被ばく評価に使用した  
ウラン同位体組成

核種	評価に使用した組成 (%)	原子力ハンドブックに記載の劣化ウランの組成 (%)	(参考) 比放射能 (Bq/g・HM)
U-234	0.001	~0.001	$2.304 \times 10^8$
U-235	1.6	0.2-0.4	$8.001 \times 10^4$
U-238	98.399	99.6-99.8	$1.245 \times 10^4$

## 5. 2 ウラン核種の評価結果

5. 1で設定したウラン同位体の場合における回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける火災による敷地境界における被ばく評価結果を第4. 2-2表に示す。

被ばく評価結果より，ウラン核種の被ばく評価への寄与は，プルトニウム核種より6桁小さく，極めて小さいといえる。

第4. 2-1表 ウランによる被ばく評価の結果

項目	結果
<u>ウラン核種由来の被ばく評価結果</u>	<u><math>3.7 \times 10^{-14}</math> mSv</u>
<u>プルトニウム核種及びアメリシウム各種由来の被ばく評価結果 (設計基準事故の評価)</u>	<u><math>5.6 \times 10^{-8}</math> mSv</u>

## 5. 参考文献

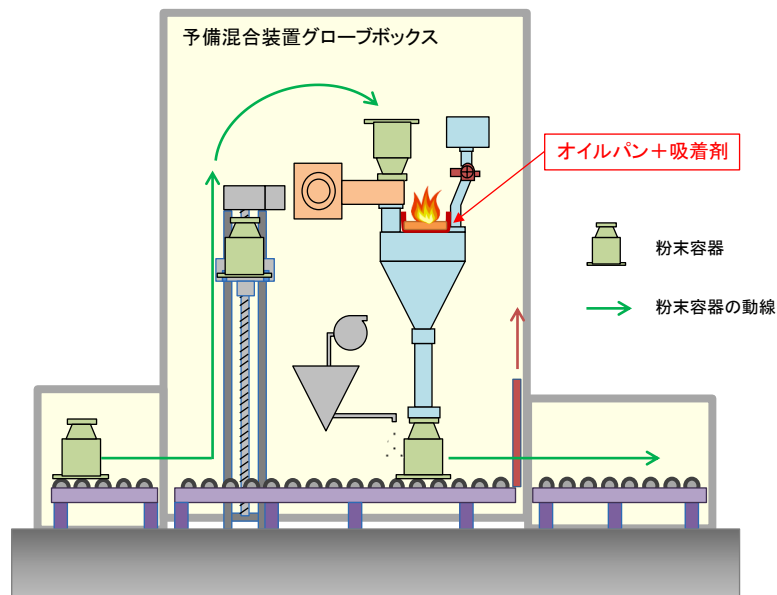
- (1) J. MISHIMA, L. C. SCHEWENDIMAN, C. A. RADASCH. PLUTONIUM RELEASE STUDIES III. RELEASE FROM HEATED PLUTONIUM BEARING POWDERS, BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE PACIFIC NORTHWEST LABORATORY, 1968, BNWL-786.
- (2) 放射性エアロゾル用高性能エアフィルタ. 日本規格協会, 1995, JIS Z 4812-1995.
- (3) 尾崎 誠, 金川 昭. 高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (I) DOP エアロゾルの捕集性能. 日本原子力学会誌. Vol. 27, No. 7, 1985, p. 626-636.
- (4) 山田裕司ほか. HEPA フィルタの捕集効率と除染係数. 保健物理, 21, 1986,
- (5) Seefeldt, W. H. et al. Characterization of Particulate Plutonium Released in Fuel Cycle Operations. Argonne National Laboratory, 1976, ANL-75-78.
- (6) 尾崎誠, 残間徳吾, 金川昭. “高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (III) 高温負荷”, 日本原子力学会誌. 1986.
- (7) 長谷川 浩治, 小島 正臣, 松橋 哲. 煙およびガスの流動拡散性情に関する研究. 消防科学研究所報 11号, 1974, p. 29-38.
- (8) 原子力安全委員会. 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針. 1990.
- (9) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. ICRP Publication 72. 1996.

## 火災源を有するグローブボックスにおける 核燃料物質の取扱いイメージ

設計基準事故として選定した，露出したMOX粉末を取り扱い，潤滑油を有する機器を設置する8基のグローブボックスにおける，核燃料物質の取扱い及び火災源それぞれのイメージを示す。

### 1. 予備混合装置グローブボックス

予備混合装置は，秤量・分取された原料MOX粉末，原料ウラン粉末及び回収粉末を受け入れ，添加剤と合わせて一次混合前の混合を行う。

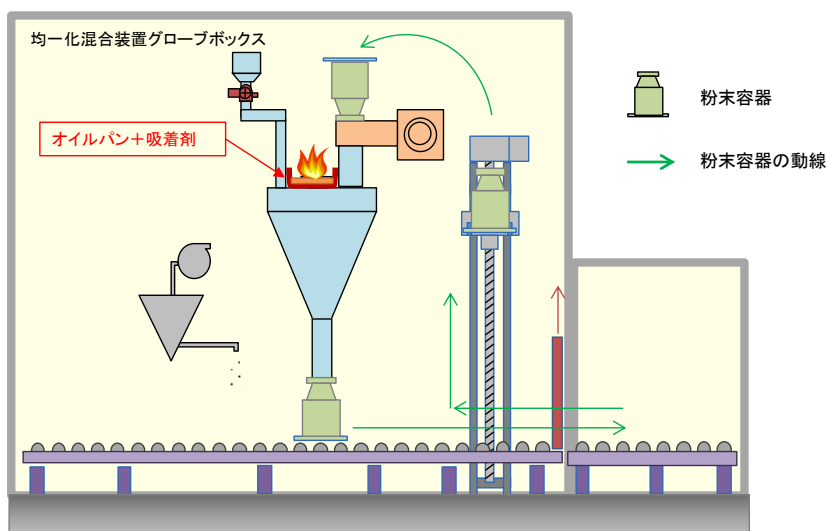


第1図 予備混合装置グローブボックスにおける核燃料物質の取扱い  
及び火災源の位置のイメージ図

### 2. 均一化混合装置グローブボックス



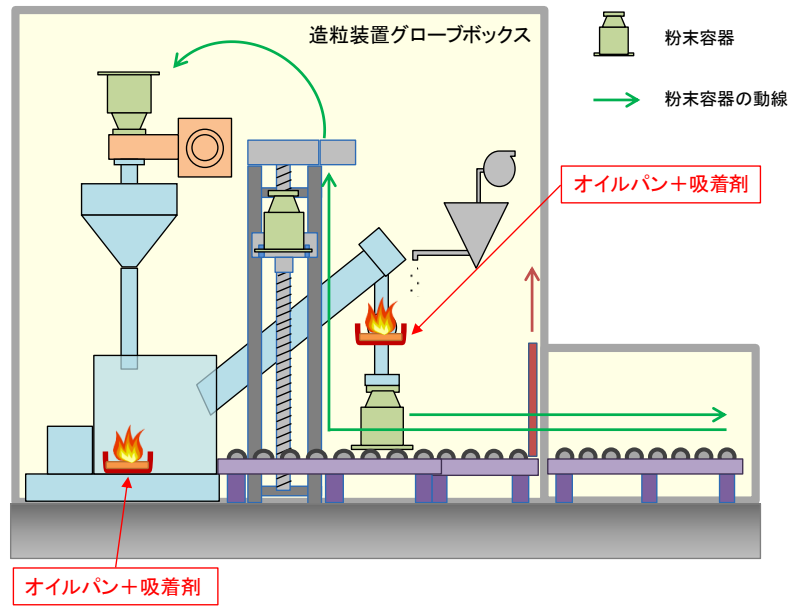
均一化混合装置は、一次混合粉末秤量・分取装置及びウラン粉末秤量・分取装置で秤量・分取した一次混合後の粉末，原料ウラン粉末，回収粉末及び添加剤を均一に混合する。



第2図 均一化混合装置グローブボックスにおける核燃料物質の取扱い及び火災源の位置のイメージ図

### 3. 造粒装置グローブボックス

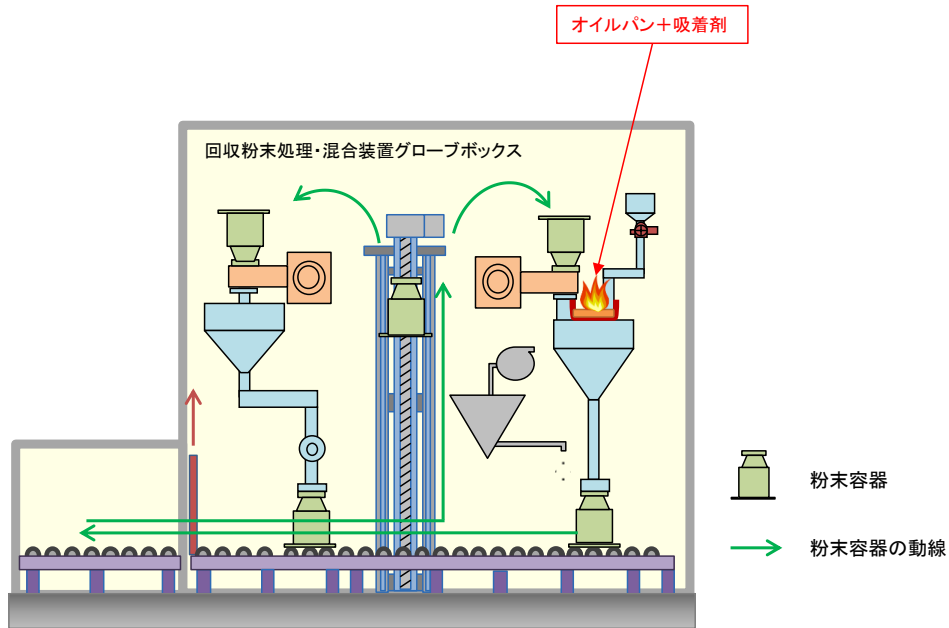
造粒装置は、均一化混合後の粉末を粗成形後に解砕し、圧縮成形に適した粉末に調整する。



第3図 造粒装置グローブボックスにおける核燃料物質の取扱い及び火災源の位置のイメージ図

#### 4. 回収粉末処理・混合装置グローブボックス

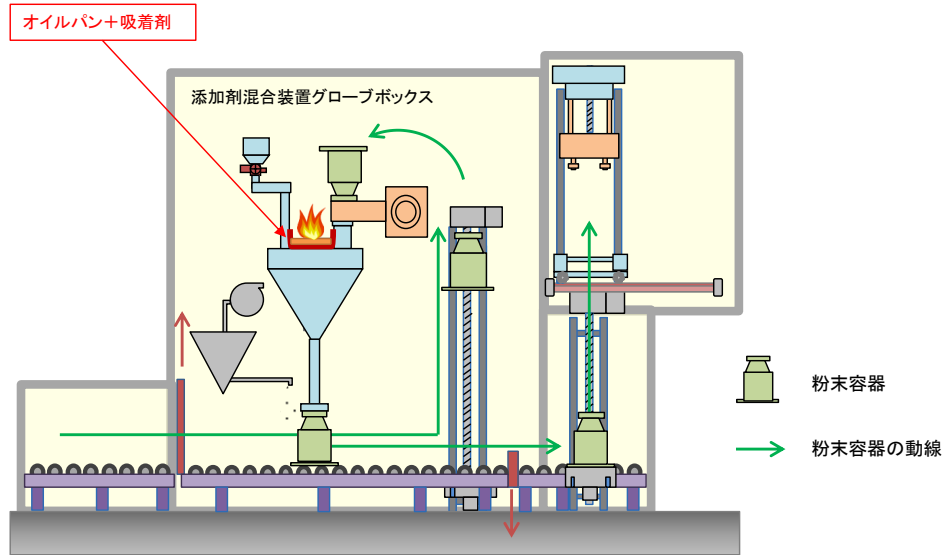
回収粉末処理・混合装置は、CS粉末及び添加剤を均一に混合する。  
また、回収粉末処理・混合装置は、回収粉末の強制篩分を行う。



第4図 回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける核燃料物質の取扱い及び火災源の位置のイメージ図

## 5. 添加剤混合装置グローブボックス（2基）

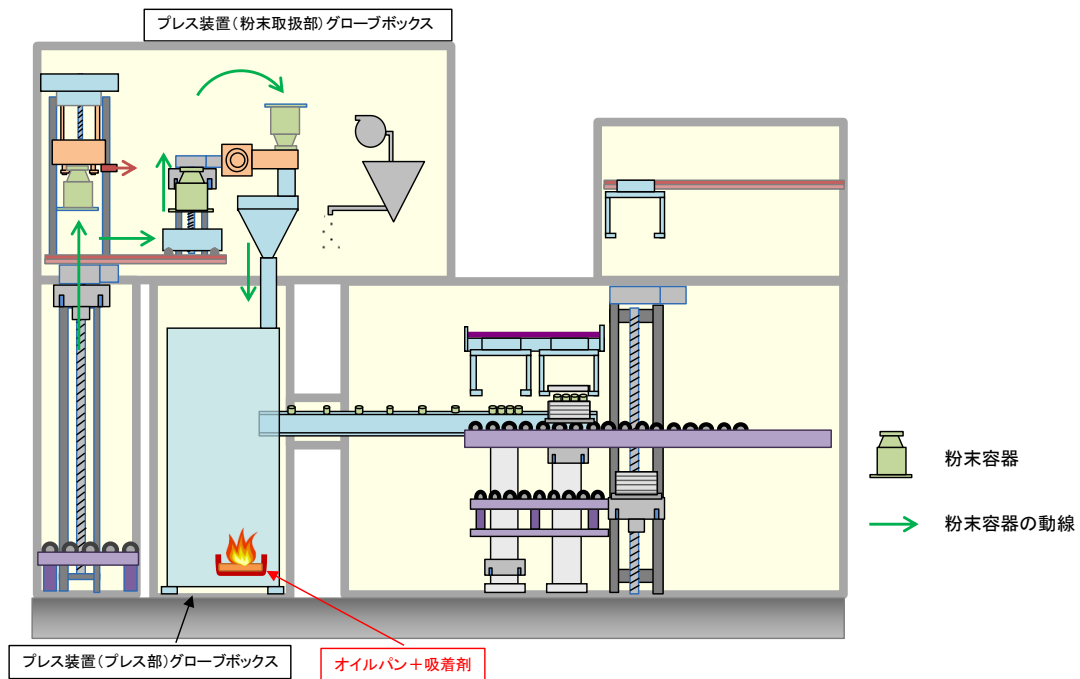
添加剤混合装置は，均一化混合後の粉末又は造粒後の粉末と添加剤を混合する。



第5図 添加剤混合装置グローブボックスにおける核燃料物質の取扱い及び火災源の位置のイメージ図

## 6. プレス装置グローブボックス（2基）

プレス装置は、添加剤混合後の粉末を受け入れ、ペレットに圧縮成形する。



第6図 プレス装置グローブボックスにおける核燃料物質の取扱い及び火災源の位置のイメージ図

令和2年7月31日 R5

補足説明資料1－5 (15条)

使用済燃料の15年冷却による事故時評価用最大線源の影響について

1. はじめに

再処理施設において使用済燃料をせん断するまでの冷却期間を4年から15年に変更したことによる、MOX燃料加工施設の評価条件の影響について説明する。また、再処理後の経過時間が長くなるとプルトニウム-241が半減期14.3年でベータ崩壊しMOX粉末中のアメリカシウム-241の含有量が増加することから、これによる評価条件への影響を合わせて説明する。

本資料では加工事業許可申請書に記載している以下項目の被ばく評価を対象に影響を確認する。

- ・ 遮蔽設計
- ・ 一般公衆被ばく(平常時)
- ・ 一般公衆被ばく(事故時)

2. 遮蔽設計

2.1 冷却期間15年による影響

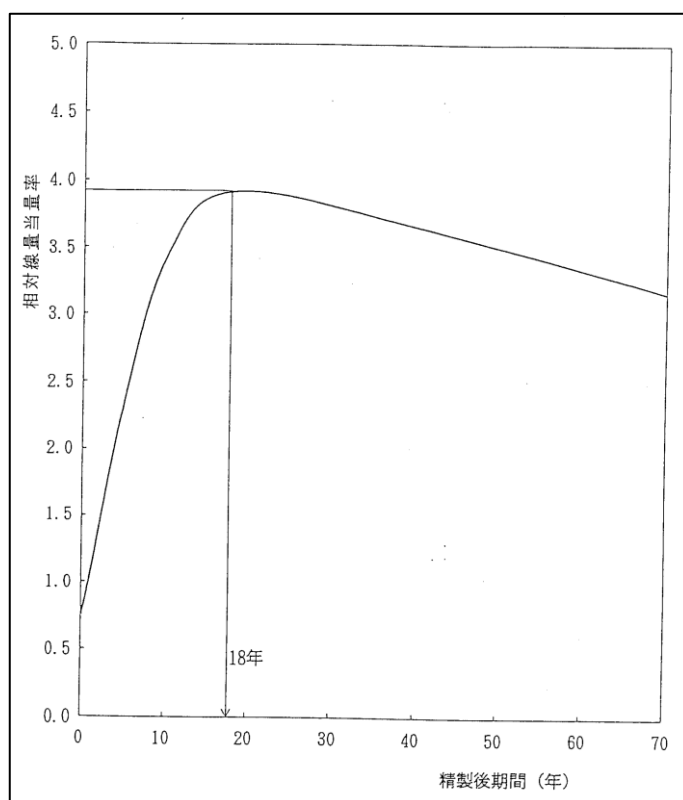
遮蔽設計については、加工事業許可申請書「添付書類五 ロ. 放射線安全設計 (ロ) 放射線遮蔽」に以下のとおり記載している。

プルトニウム及びウランの仕様は、子孫核種の寄与も考慮して、ガンマ線又は中性子線について、遮蔽設計用の燃料仕様の範囲のうちそれぞれ最大の線量率又は最大の中性子発生数となる以下の燃料仕様から設定する。

	ガンマ線		中性子線
	プルトニウム	ウラン	プルトニウム
元素	プルトニウム	ウラン	プルトニウム
燃料型式	PWR	PWR	BWR
照射前燃料濃縮度	3.5%	3.5%	3.5%
比出力	60MW/t・U <sub>pr</sub>	10MW/t・U <sub>pr</sub>	10MW/t・U <sub>pr</sub>
使用済燃料集合体平均 燃焼度	45GWd/t・U <sub>pr</sub>	45GWd/t・U <sub>pr</sub>	45GWd/t・U <sub>pr</sub>
原子炉停止時から再処 理までの期間	4年	10年	4年
再処理施設における精 製後の期間	18年	10年	30年

上記の燃料仕様に基づき ORIGEN-2 コードを用いて崩壊計算を行った結果、プルトニウムについては、第 2.1.1 図に示すとおり再処理後の経過期間が 18 年のときガンマ線による線量率が最大となり、同様に再処理後の経過時間が 30 年のときプルトニウムの中性子発生数が最大となる。また、ウランについては、再処理後の経過期間が 10 年のときガンマ線による線量率が最大となり、これらを考慮して遮蔽設計を行っている。

以上のとおり、より厳しい結果となるように冷却期間を設定し評価していることから、使用済燃料の冷却期間を 15 年としたことによる遮蔽設計の評価条件に影響はない。



第 2.1.1 図 再処理後の経過年数に対するプルトニウムの  $\gamma$  線線量率の推移

## 2.2 アメリシウム-241 増加の影響

ガンマ線の線量率及び中性子発生数の算出に当たっては、 Americium-241 及びその他の子孫核種を含めて崩壊計算を行っていることから、Americium-241 の増加による遮蔽設計の評価条件に影響はない。



### 3. 一般公衆被ばく(平常時)

#### 3.1 冷却期間 15 年による影響

平常時の一般公衆への被ばく評価については、加工事業許可申請書「添付書類六 二. 放射性廃棄物の廃棄に関する管理 (イ) 放射性気体廃棄物の放出管理 (3) 排気中の放射性物質による一般公衆の被ばく ①放射性気体廃棄物の推定年間放出量」に以下のとおり記載している。

アメリカシウム-241 は、再処理後の蓄積を考慮し、プルトニウム質量に対する比で 4.5%と設定する。

核種	質量割合 (%)
Pu-238	2.9
Pu-239	55.3
Pu-240	26.3
Pu-241	12.5
Pu-242	3.0
Am-241	4.5
合計	104.5

ここで、「再処理事業所 再処理事業指定申請書」における気体廃棄物の推定放出量評価の条件は以下のとおりである。

#### 4.2.2 気体廃棄物の推定放出量

##### (1) 放射性物質量の推定条件

使用済燃料中の放射性物質については、下記の条件を基に ORIGEN-2 コードを使用し推定する。

##### a. 年間再処理量

800 t・U<sub>pr</sub> (ここでいう t・U<sub>pr</sub> は、照射前金属ウラン質量換算であり、以下「t・U<sub>pr</sub>」という)

##### b. 1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度

45,000MWd / t・U<sub>pr</sub>

##### c. 使用済燃料最終取出し前の原子炉停止時からの期間 (以下「冷却期間」という。)

4年

d. 照射前燃料濃縮度

$$38\text{MW}/t \cdot U_{\text{pr}}$$

e. 原子炉の形式

発電用の軽水減速，軽水冷却，加圧水原子炉（以下「PWR」という。）

安全評価における放射性物質の移行と放出量の評価においては，事業に係る溶液あるいは廃液の放射放射能度を以下の標準燃料仕様（1年平均燃料のうち放射性インベントリが大きいPWR燃料）を基に算出した平常運転時の最大濃度を用いる。

燃焼度  $45,000\text{MWd}/t \cdot U_{\text{pr}}$

初期濃縮度  $4.5\text{wt}\%$

比出力  $38\text{MW}/t \cdot U_{\text{pr}}$

冷却期間  $4\text{年}$

上記より，ORIGEN-2 コードを用いて，事業指定申請書の条件に基づき第 3.1.1 表のとおり解析を行う。

第 3.1.1 表 崩壊計算の解析条件

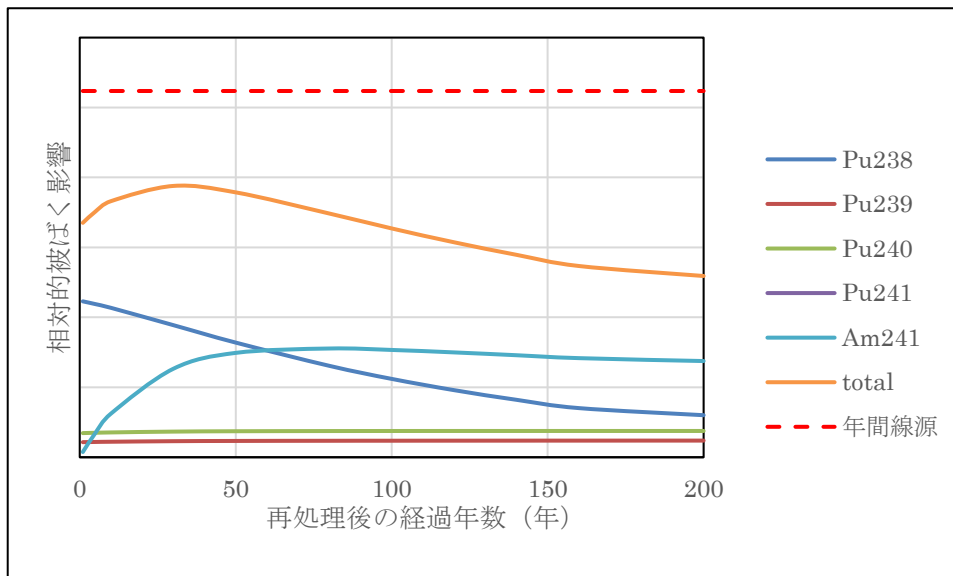
燃料タイプ	PWR
燃焼度	$45,000\text{MWd}/t \cdot U_{\text{pr}}$
比出力	$38\text{MW}/t \cdot U_{\text{pr}}$
初期ウラン濃縮度	$4.5\text{wt}\%$
照射後の冷却期間	15 年
再処理後の貯蔵期間	最大 200 年
ライブラリ	PWRU50

計算結果のプルトニウム同位体組成およびアメリシウム-241 に対し，第 3.1.2 表の ICRP Pub. 72 の換算係数及び比放射能を乗じて相対的な被ばく影響を評価する。

第 3. 1. 2 表 ICRP Pub. 72 の換算係数 (Type-S) 及び比放射能

核種	H (Sv/Bq)	比放射能 (Bq/g・HM)
Pu-238	1.60E-05	6.38E+11
Pu-239	1.60E-05	2.32E+09
Pu-240	1.60E-05	8.52E+09
Pu-241	1.70E-07	3.90E+12
Am-241	1.60E-05	1.29E+11
Np-237	1.20E-05	2.61E+07

相対的な被ばく影響の結果を第 3. 1. 1 図に示す。図中赤の破線は一般公衆被ばく(平常時)評価の組成に基づく相対的被ばく影響を示すなお、第 3. 1. 1 図中の total にはアメリシウム-241 のアルファ崩壊により生成するネプツニウム-237 の影響を含めている。



第 3. 1. 1 図 相対的被ばく影響

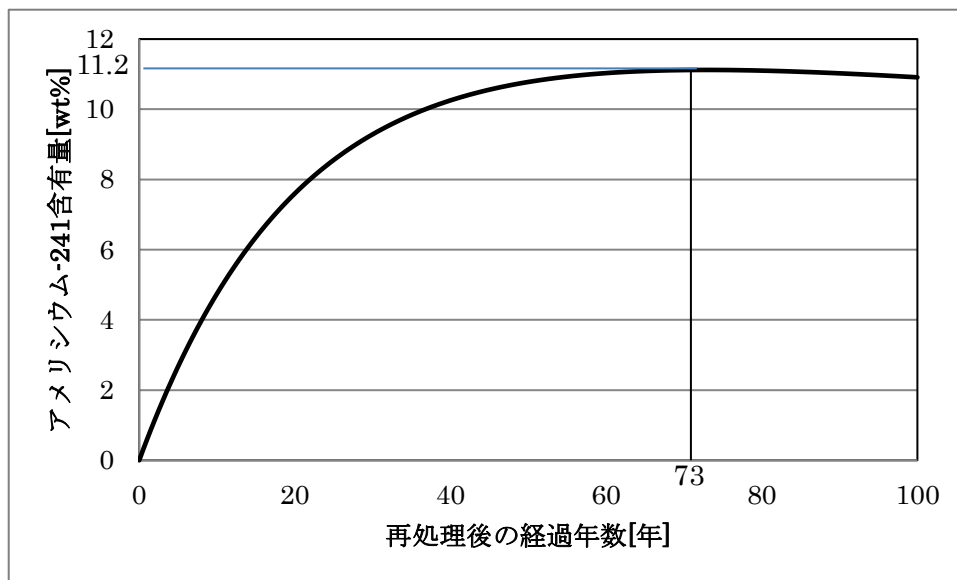
評価の結果、再処理施設において使用済燃料を 15 年冷却した後再処理し、MOX 粉末を長期貯蔵した場合の相対的被ばく影響のピークは約 30 年にあり、これは一般公衆被ばく(平常時)評価の組成に基づく相対的被ばく影響に包絡される。

よって、安全評価上の燃料仕様設定条件の冷却期間を 4 年から 15 年に変更した場合においても、一般公衆被ばく(平常時)評価の組成に影響はない。

### 3.2 アメリシウム-241 増加の影響

加工事業許可申請書において、周辺監視区域境界における空気中の放射性物質(アルファ核

種)の濃度は  $1.4 \times 10^{-13}$  Bq/cm<sup>3</sup> であり、「濃度限度の1万分の1以下であり、一般公衆の線量は具体的な線量を評価するまでもなく極めて小さい」としている。一方、MOX粉末中のアメリカシウム-241含有率が最大となるのは第3.2.1図に示す通り再処理後の経過時間が73年のときの11.2%であり、この場合の評価結果は  $1.8 \times 10^{-13}$  Bq/cm<sup>3</sup> となることから、アメリカシウム-241の増加による影響はない。



第 3.2.1 図 再処理後の経過年数に対するアメリカシウム-241 含有量の推移

#### 4. 一般公衆被ばく(事故時)

##### 4.1 冷却期間 15 年による影響

事故時の一般公衆への被ばく評価については、加工事業許可申請書「添付書類七 イ. 設計基準事故 (ハ)実効線量評価 (1)解析条件」に以下のとおり記載している。

アメリカシウム-241 は、再処理後の蓄積を考慮し、プルトニウム質量に対する比で 4.5%と設定する。

核種	質量割合 (%)
P u - 238	3.8
P u - 239	55.6
P u - 240	27.3
P u - 241	13.3
A m - 241	4.5
合計	104.5

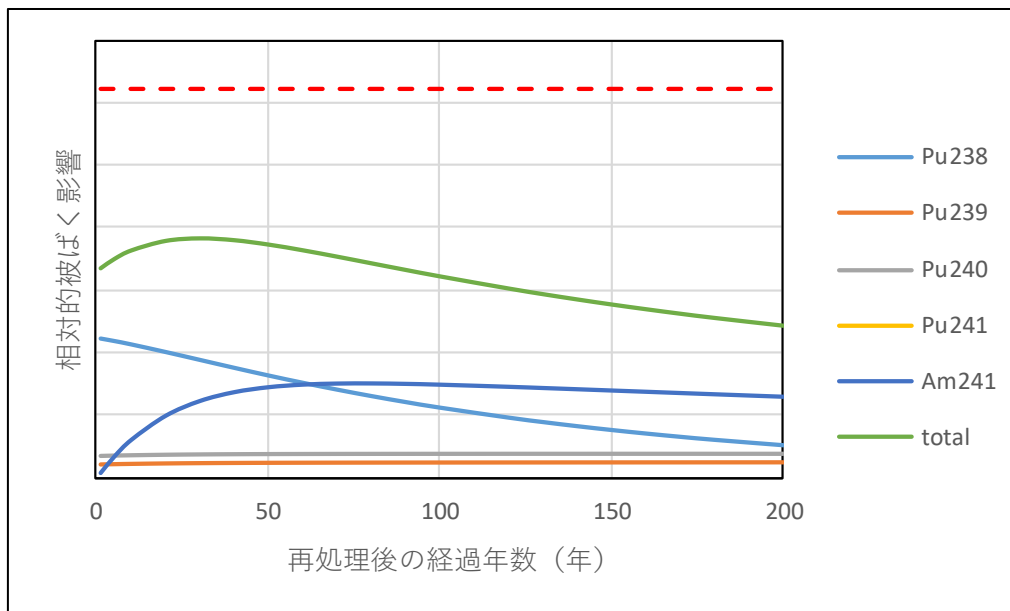
ここで、「再処理事業所 再処理事業指定申請書」における安全評価燃料仕様設定条件は以下のとおりである。

安全評価における放射性物質の移行と放出量の評価においては、事業に係る溶液あるいは廃液の放射能度を以下の標準燃料仕様（1年平均燃料のうち放射性インベントリが大きいPWR燃料）を基に算出した平常運転時の最大濃度を用いる。

燃焼度	$45,000\text{MWd/t} \cdot U_{\text{pr}}$
初期濃縮度	4.5wt%
比出力	$38\text{MW/t} \cdot U_{\text{pr}}$
冷却期間	4年

この条件うち冷却期間を4年から15年に変更し、「3.1 冷却期間15年による影響」と同様の方法で評価を行う。

相対的な被ばく影響の結果を第4.1.1図に示す。図中赤の破線は一般公衆被ばく(事故時)評価の組成に基づく相対的被ばく影響を示すなお、第4.1.1図中のtotalにはアメリシウム-241のアルファ崩壊により生成するネプツニウム-237の影響を含めている。



第4.1.1図 相対的被ばく影響

評価の結果、再処理施設において使用済燃料を15年冷却した後再処理し、MOX粉末を長期貯蔵した場合の相対的被ばく影響のピークは約30年にあり、これは一般公衆被ばく(事故時)評価の組成に基づく相対的被ばく影響に包絡される。

よって、安全評価上の燃料仕様設定条件の冷却期間を4年から15年に変更した場合におい

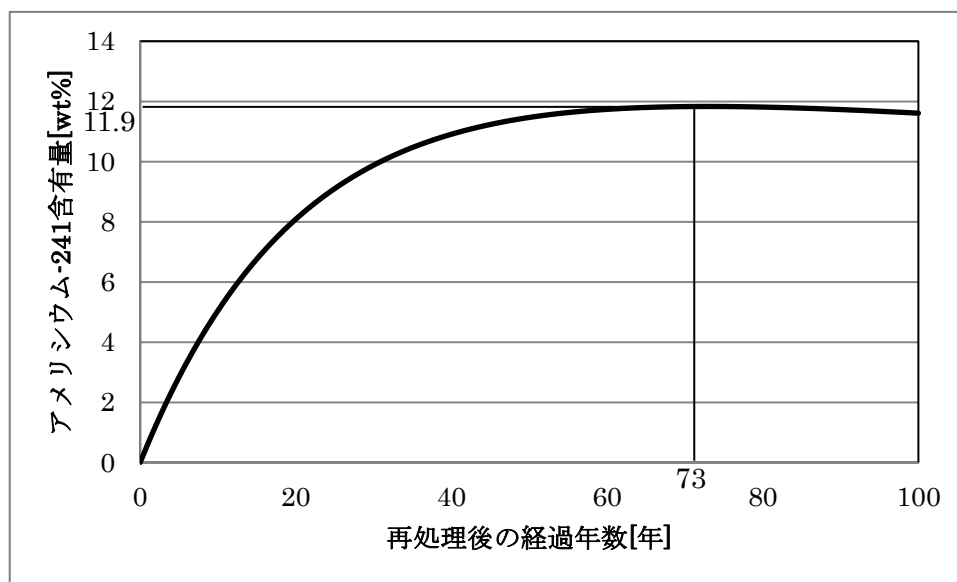
ても、一般公衆被ばく(事故時)評価の組成に影響はない。

#### 4.2 アメリシウム-241 増加の影響

一般公衆被ばく(事故時)の被ばく評価においては、1日当たり再処理する使用済燃料の燃焼度、初期濃縮度等の範囲を考慮し被ばく評価結果が保守側となるようにプルトニウムの同位体組成を設定している。

アメリシウム-241の質量割合4.5%については、平常時の被ばく評価と同様、再処理施設におけるMOX粉末の貯蔵からMOX燃料加工施設で燃料に加工するまでの期間を5年と仮定し、これに裕度を考慮して設定している。

一般公衆への被ばく影響が最も大きい設計基準事故は回収粉末処理・混合装置グローブボックスにおける火災であり、被ばく線量は約 $5.6 \times 10^{-8}$ mSvとしている。一方、MOX粉末中のアメリシウム-241含有率が最大となるのは第4.2.1図に示すとおり再処理後の経過時間が73年のときの11.9%であり、この場合の評価結果は約 $6.8 \times 10^{-8}$ mSvであり、アメリシウム-241の増加による影響をほぼ受けない。

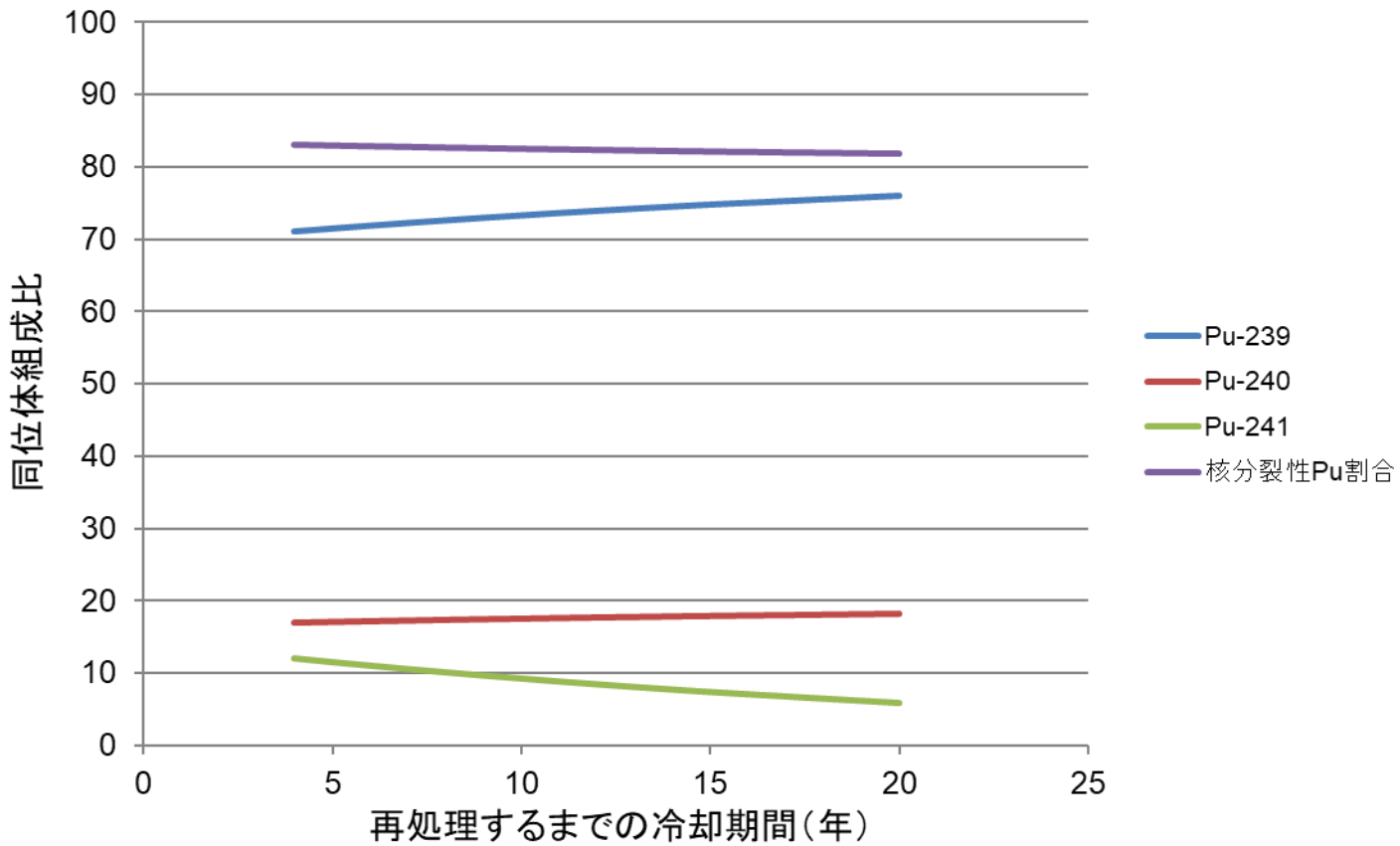


第4.2.1図 再処理後の経過年数に対するアメリシウム-241含有量の推移

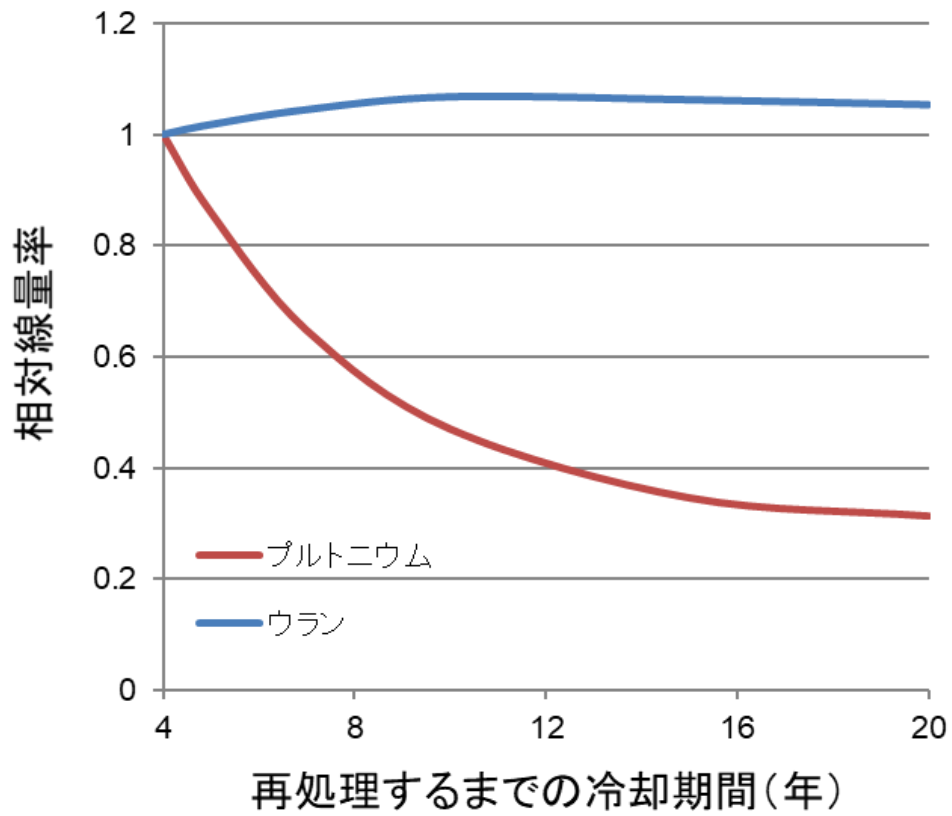
5. その他冷却期間の変更における影響

安全設計に係る各種評価で使用するパラメータ（線量率，放射能，崩壊熱）の冷却期間依存性については第5-1図から第5-7図に示す。

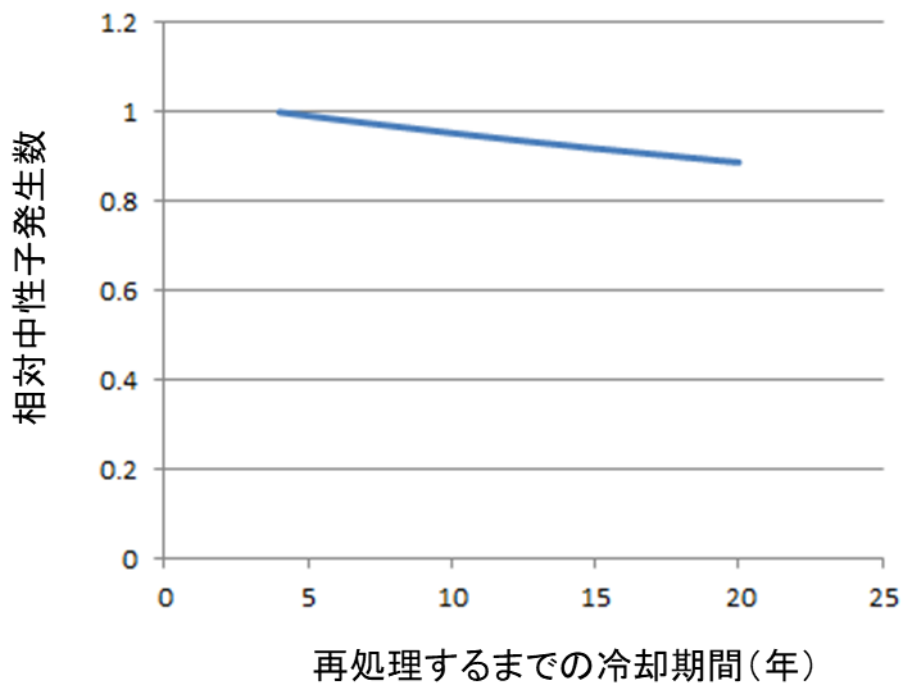
MOX燃料加工施設においては，再処理される燃料の仕様として冷却期間を最低4年と設定して安全設計に係る各種評価を行っているが，第5-1図から第5-7図で示すとおり，各パラメータ（線量率，放射能，崩壊熱）は，冷却期間を短い年数で設定した方が長い年数で設定する場合より厳しい値となる。このため，冷却期間の最低年数が増加した場合においても安全設計に係る各種評価は，冷却期間を4年と設定して実施する。



第5-1図 Pu 同位体組成の冷却期間依存性

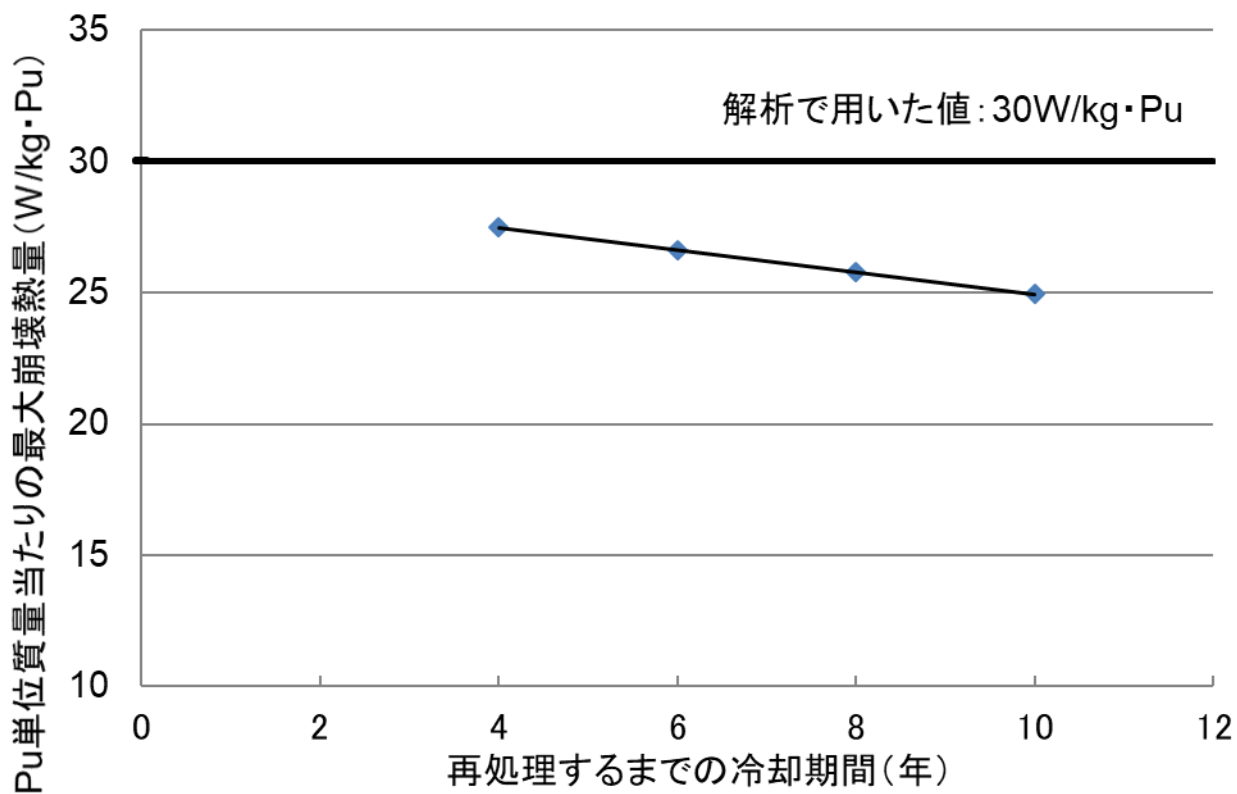


第5-2図 ガンマ線線量率の冷却期間依存性

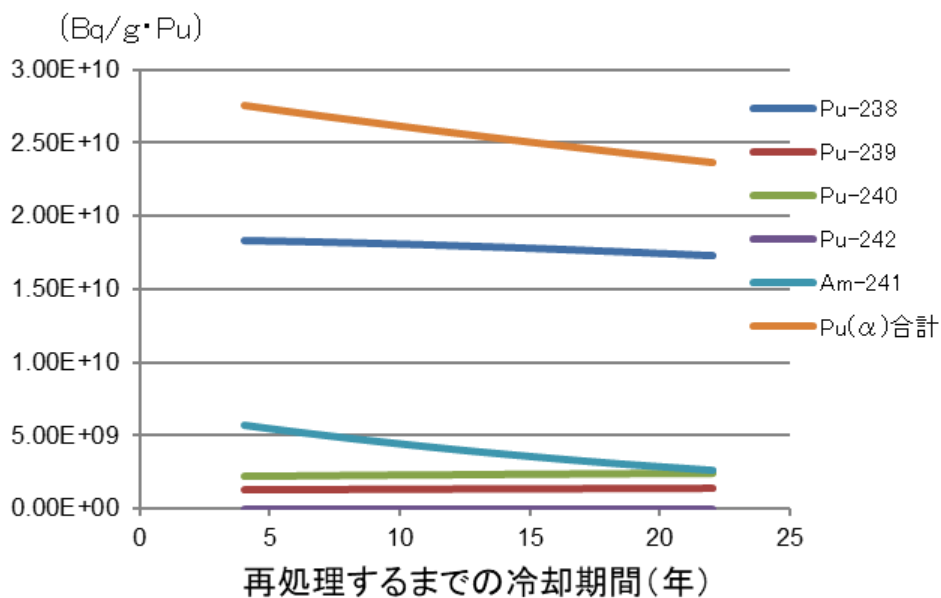


第5-3図 中性子発生数の冷却期間依存性

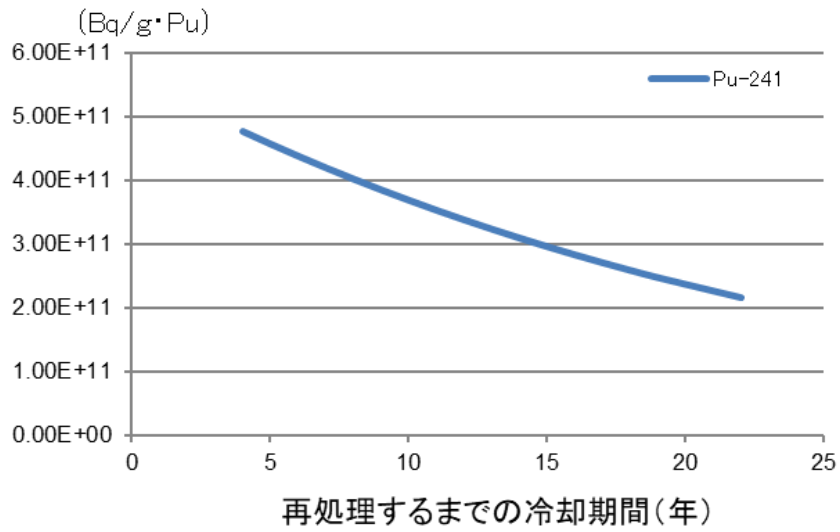




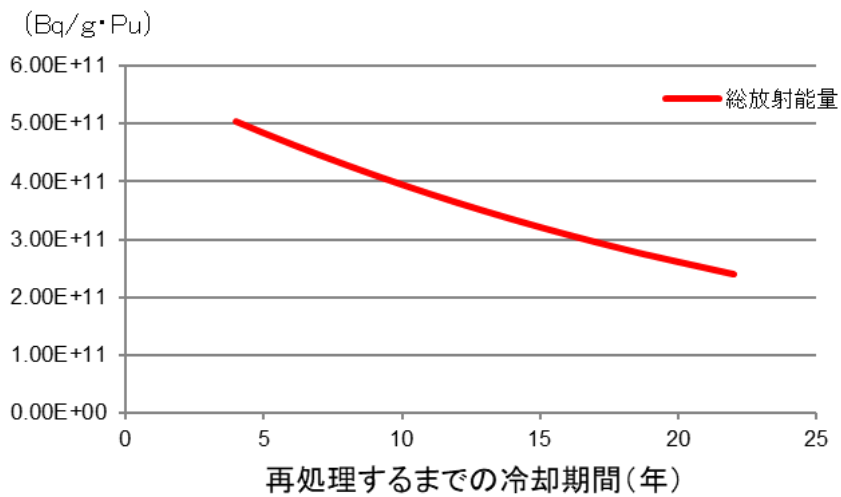
第5-4図 再処理精製後の経過期間を考慮した崩壊熱量の最大値



第5-5図  $\alpha$ 核種の放射能の冷却期間依存性



第5-6図 β核種の放射能の冷却期間依存性



第5-7図 総放射能量の冷却期間依存性

6. 参考文献

- (1) 再処理事業所 再処理事業指定申請書. 日本原燃株式会社
- (2) ICRP PUBLICATION72, “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: part 5. Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients” .
- (3) ICRP PUBLICATION107, “Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations” .

令和2年7月31日 R 1

補足説明資料1－9（第15条）

排気筒の位置変更，安全解析に使用する気象条件の変更等に伴う  
相対濃度及び相対線量の評価

## 1. 概要

排気筒の位置変更，安全解析に使用する気象条件の変更等に伴い放射性物質の相対濃度（以下「 $\chi/Q$ 」という。）及び相対線量（以下「 $D/Q$ 」という。）を改めて算出した。

上記に伴い，平常時の線量評価に用いる $\chi/Q$ 及び $D/Q$ についても，設計基準事故時等に放出される放射性物質の敷地境界外の一般公衆に及ぼす影響評価に用いる $\chi/Q$ 及び $D/Q$ にあわせることとした。

## 2. $\chi/Q$ の算出

$\chi/Q$ は別紙1「相対濃度（ $\chi/Q$ ）の算出方法」に示した諸条件及び計算式を用いて算出しており，補足説明資料1-7及び1-8において示した排気筒から周辺監視区域までの距離及び気象条件についても条件として使用した。

算出した結果， $\chi/Q$ は $8.1 \times 10^{-5}$ （ $(\text{Bq}/\text{m}^3) / (\text{Bq}/\text{s})$ ）となった。なお、着目方位はWNW（西北西）である。

## 3. $D/Q$ の算出

$D/Q$ は別紙2「相対線量（ $D/Q$ ）の算出方法」に示した諸条件及び計算式を用いて算出しており，補足説明資料1-7及び1-8において示した排気筒から周辺監視区域までの距離及び気象条件についても条件として使用した。

算出した結果， $D/Q$ は $6.5 \times 10^{-19}$ （ $\text{Gy}/\text{Bq}$ ）となった。なお、着目方

位はWNW（西北西）である。

#### 4. $\chi/Q$ の変更に伴う平常時における公衆の被ばく評価

$\chi/Q$ の変更に伴い、平常時における公衆の被ばくを算出した結果、放射性気体廃棄物による排気中の放射性物質による公衆の線量は約  $2 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/y}$  である。これらは線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度を十分下回るとともに、合理的に達成できる限り低い。

相対濃度 ( $\chi/Q$ ) の算出方法1. 相対濃度 ( $\chi/Q$ ) の算出

設計基準事故時等に放出される放射性物質の敷地境界外の一般公衆に及ぼす影響を評価するに当たって、放射性物質の大気拡散状態を推定するのに必要な気象状態については、現地における出現頻度からみて、これより悪い条件がほとんど現れないと言えるものを選ばなければならない。

そこで、設計基準事故時等における影響評価に用いる放射性物質の相対濃度（以下「 $\chi/Q$ 」という。）を、地上高10m（標高69m）における2013年4月から2014年3月までの1年間の観測資料を使用して求めた。すなわち、(1)式に示すように風向、風速、大気安定度及び実効放出継続時間を考慮した $\chi/Q$ を求め、方位別にその値の小さい方からの累積度数を年間のデータ数に対する出現頻度（%）として表すことにする。横軸に $\chi/Q$ を、縦軸に累積出現頻度を取り、着目方位ごとに $\chi/Q$ の累積出現頻度分布を書き、この分布から、累積出現頻度が97%に当たる $\chi/Q$ を方位別に求め、そのうち最大のものを設計基準事故時等における影響評価に使用する $\chi/Q$ とする。

ただし、 $\chi/Q$ の計算の着目地点は、各方位とも敷地境界とし、着目地点以遠で $\chi/Q$ が最大になる場合は、その $\chi/Q$ を着目地点における当該時刻の $\chi/Q$ とする。

$$\chi/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \cdot \delta_i \quad (1)$$

ここで、

$\chi/Q$  : 実効放出継続時間中の相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

T : 実効放出継続時間 (h)

$(\chi/Q)_i$  : 時刻 i における相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

$\delta_i$  : 時刻 i において風向が当該方位にあるとき

$$\delta_i = 1$$

時刻 i において風向が他の方位にあるとき

$$\delta_i = 0$$

$(\chi/Q)_i$  の計算に当たっては、短時間放出のため、方位内で風向軸が一定と仮定して (2) 式で計算している。

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \sigma_{y i} \cdot \sigma_{z i} \cdot U_i} \exp\left(-\frac{H^2}{2 \sigma_{z i}^2}\right) \quad (2)$$

ここで、

$\sigma_{y i}$  : 時刻 i における濃度分布の水平方向の拡がりの  
パラメータ (m)

$\sigma_{z i}$  : 時刻 i における濃度分布の高さ方向の拡がりの  
パラメータ (m)

$U_i$  : 時刻 i における風速 (m/s)

H : 放出源の有効高さ (m)

方位別  $\chi/Q$  の累積出現頻度の計算に使用する風向風速は、地表付近の風を代表する地上高10m (標高69m) の風向風速とする。静穏の場合には風速を0.5m/sとして計算し、その風向は静穏出現前の風向を使用する。

また、放出源の有効高さは0mとする。



## 2. 各方位における評価結果

1. で示した諸条件，計算式並びに補足説明資料 1 - 7 及び 1 - 8 において示した，排気筒から周辺監視区域までの距離及び気象条件を考慮し算出した  $\chi/Q$  を以下に示す。各方位の中で  $\chi/Q$  が最大になる方位は WNW であり，その値は  $8.1 \times 10^{-5} \text{s/m}^3$  である。

方位	相対濃度 ( $\chi/Q$ ) [s/m <sup>3</sup> ]	方位	相対濃度 ( $\chi/Q$ ) [s/m <sup>3</sup> ]
N	$4.0 \times 10^{-6}$	S	0
NNE	$2.8 \times 10^{-5}$	S SW	0
NE	$3.3 \times 10^{-5}$	SW	0
ENE	$5.8 \times 10^{-5}$	WSW	$4.4 \times 10^{-5}$
E	$3.5 \times 10^{-5}$	W	$5.6 \times 10^{-5}$
E SE	$3.4 \times 10^{-5}$	WNW	$8.1 \times 10^{-5}$
SE	$7.5 \times 10^{-5}$	NW	0
S SE	0	NNW	0

相対線量 (D/Q) の算出方法1. 相対線量 (D/Q) の算出

放射性雲からのガンマ線による空気カーマについては、 $\chi/Q$ の代わりに空間濃度分布とガンマ線による空気カーマ計算モデルを組み合わせたD/Q (以下、「D/Q」という。)を使用する。ただし、空間濃度分布の計算に当たっては、実効放出継続時間の長短に係らず、方位内で風向軸が一定と仮定する。ガンマ線による空気カーマの計算には以下の式を使用し、ガンマ線の実効エネルギーは、0.5MeV/dis とする。

$$D_{\gamma} = K_1 \cdot E_{\gamma} \cdot \mu_{en} \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\mu r}}{4\pi r^2} \cdot B(\mu r) \cdot \chi(x, y, z) dx dy dz$$

ここで、

$D_{\gamma}$  : 計算地点(x', y', 0)におけるガンマ線による

空気カーマ率 [ $\mu$  Gy/h]

$K_1$  : 空気カーマ率への換算係数

$$4.46 \times 10^{-4} \frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \mu\text{Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{h}}$$

$E_{\gamma}$  : ガンマ線の実効エネルギー [MeV/dis]

$\mu_{en}$  : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数 [ $\text{m}^{-1}$ ]

r : 放射性雲中の点(x, y, z)から計算地点(x', y', 0)までの距離

[m]

$$r = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (0 - z)^2}$$

$\mu$  : 空気に対するガンマ線の線減衰係数 [m<sup>-1</sup>]

$B(\mu r)$  : 空気に対するガンマ線の再生係数

$$B(\mu r) = 1 + \alpha_B \cdot (\mu r) + \beta_B \cdot (\mu r)^2 + \gamma_B \cdot (\mu r)^3$$

$\chi(x, y, z)$  : 放射性雲中の点(x, y, z)における放射性物質の濃度 [Bq/m<sup>3</sup>]

空気カーマ率の計算に当たっては、評価対象核種から放出されるガンマ線エネルギーの相違を考慮し、評価対象核種のガンマ線の代表エネルギーとして 0.5MeV に対する線エネルギー吸収係数、線減衰係数及び再生係数を用い、ガンマ線の実効エネルギーを 0.5MeV/dis として計算した値に、0.5MeV/dis に対する各評価対象核種のガンマ線実効エネルギーの比を乗じて、空気カーマ率を求める。

このため、 $\mu_{en}$ ,  $\mu$ ,  $\alpha_B$ ,  $\beta_B$ ,  $\gamma_B$  については、0.5MeV のガンマ線に対する値を以下のとおりとする。

$$\mu_{en} : 3.84 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$$

$$\mu : 1.05 \times 10^{-2} \text{m}^{-1}$$

$$\alpha_B : 1.000$$

$$\beta_B : 0.4492$$

$$\gamma_B : 0.0038$$

## 2. 各方位における評価結果

1. で示した諸条件、計算式並びに補足説明資料 1-7 及び 1-8 において示した、排気筒から周辺監視区域までの距離及び気象条件を考慮し算出した D/Q を以下に示す。各方位の中で D/Q が最大になる方位は WNW であり、その値は  $6.5 \times 10^{-19}$  Gy/Bq である。

<u>方位</u>	<u>相对線量</u> <u>(D/Q)</u> <u>[Gy/Bq]</u>	<u>方位</u>	<u>相对線量</u> <u>(D/Q)</u> <u>[Gy/Bq]</u>
<u>N</u>	<u><math>9.2 \times 10^{-20}</math></u>	<u>S</u>	<u>0</u>
<u>NNE</u>	<u><math>3.3 \times 10^{-19}</math></u>	<u>SSW</u>	<u>0</u>
<u>NE</u>	<u><math>3.4 \times 10^{-19}</math></u>	<u>SW</u>	<u>0</u>
<u>ENE</u>	<u><math>5.0 \times 10^{-19}</math></u>	<u>WSW</u>	<u><math>3.4 \times 10^{-19}</math></u>
<u>E</u>	<u><math>3.3 \times 10^{-19}</math></u>	<u>W</u>	<u><math>4.4 \times 10^{-19}</math></u>
<u>ESE</u>	<u><math>3.4 \times 10^{-19}</math></u>	<u>WNW</u>	<u><math>6.5 \times 10^{-19}</math></u>
<u>SE</u>	<u><math>5.7 \times 10^{-19}</math></u>	<u>NW</u>	<u>0</u>
<u>SSE</u>	<u>0</u>	<u>NNW</u>	<u>0</u>

令和2年7月31日 R2

補足説明資料 1 - 23 (15 条)

## MOX燃料加工施設の平常時の放出量及びグローブボックス内の容器落下又は転倒時の放出量について

### 1. MOX燃料加工施設における平常時の放出量

MOX燃料加工施設における核燃料物質の平常時の年間放出量は、各設備における核燃料物質の年間取扱量、核燃料物質の気相中への移行率（ARF (Airborne Release Factor)）及びフィルタの除染係数を乗じて算出している。

年間放出量の算出に使用する核燃料物質の気相中への移行率として、粉末の場合は $7 \times 10^{-5}$ 、焼結ペレットの場合は $3 \times 10^{-7}$ を使用している。

粉末については、文献(1)を参考にしている。文献(1)では1 mの高さから $UO_2$ 粉末を落下させ、空気中への移行率を求めている。検証の結果、1 mの高さから落下しても、空気中への移行率は最大 $7 \times 10^{-3}\%$ であったことから、 $7 \times 10^{-5}$ の値をARFとして設定している。

ペレットについては、文献(2)を参考にしている。文献(2)においては、高密度(86%)のペレットを $1300^{\circ}C$ 及び $760^{\circ}C$ において43m/sから86m/sまでの衝撃をかけた際の $10\mu m$ 以下の破片の発生割合を求めている。検証の結果、衝突速度43m/s、 $760^{\circ}C$ の際の破片発生割合は $2.5 \times 10^{-3}\%$ であった。破片発生割合及び文献(1)での3 m落下による空気中への移行率 $7 \times 10^{-2}\%$ を用いて焼結ペレットの落下時における空気中への移行率を求めた結果、 $2.1 \times 10^{-5}\%$ であったことから、 $3 \times 10^{-7}$ の値をARFとして設定している。

以上より、平常時の年間放出量の評価において、粉末又は焼結ペレットの落下時の移行率を使用して算出していることから、グローブボックス内の粉末容器の落下等によるMOX粉末の飛散事象は、平常運転時の放出量

に包含される。

## 2. グローブボックス内の容器落下又は転倒時における放出量

### 2. 1 はじめに

MOX燃料加工施設において、閉じ込め機能の不全に至る可能性がある異常事象として、グローブボックス内での容器の落下又は転倒によるMOX粉末の飛散があげられる。しかしながら、グローブボックス内でMOX粉末が飛散し外部へ放出されたとしても、平常運転時における公衆の被ばくを超えないことが明らかであるため、閉じ込め機能の不全には至らないとしている。このため、グローブボックス内の容器の落下又は転倒によるMOX粉末の外部への飛散における外部への放射性物質の放出による公衆への影響を確認する。

### 2. 2 評価の考え方

グローブボックス内において容器が落下又は転倒した際に、容器から漏えいしたMOX粉末がグローブボックス排気系を経由して外部へ放出される量を算出し、被ばく線量に換算し公衆への影響を確認する。

ただし、グローブボックス内での取扱時において、蓋が付いている状態の容器については、容器が落下又は転倒した場合でも、容器内からMOX粉末が漏えいすることはないため、放出量を算出する対象としない。また、グリーンペレット及びペレットについても、安定な成型体であるため、対象としない。

上記を踏まえ、評価の対象とするグローブボックスは取り扱うMOX粉末が最も多い回収粉末処理・混合装置グローブボックスとする。

## 2. 3 評価の条件

### 2. 3. 1 外部への放出量の算出に用いる条件

外部への放出量を算出するに当たり必要となる条件は以下のとおり。

- ・ グローブボックス内にて取り扱う P u 量
- ・ グローブボックス内の気相への移行率 (A R F)
- ・ 排気経路における除染係数 (L P F)

#### (1) グローブボックス内にて取り扱う P u 量

放出量評価に使用する、グローブボックス内にて取り扱う放射性物質は、運転管理の上限値を基に設定する。回収粉末処理・混合装置  
グローブボックス内の粉末容器のMOX粉末量を2. 3. 1-1表に  
示す。

#### 2. 3. 1-1表 グローブボックス内で取り扱う粉末容器のMOX粉末量

装置名称	容器名称	MOX量 (kg・MOX)	Pu 富化度 (%)	HM 換算係数	インベントリ (kg・Pu)
回収粉末処理・混合装置 グローブボックス	J60/J85	65/90	33/18	0.882	33.2

#### (2) グローブボックス内の気相への移行率 (A R F)

放出量評価に使用する容器の落下又は転倒におけるグローブボックス内  
の気相中への移行率として、1. で用いた文献(1)を参考に算出した7  
×10<sup>-5</sup>とする。



### (3) 排気経路における除染係数 (L P F)

グローブボックス内の気相中へ移行したMOX粉末はグローブボックス排気系から放出される。放出量評価に使用する排気経路における除染係数として、平常時の放出量評価に用いている高性能フィルタ4段の除染係数を用いて算出する。平常時の放出量評価に用いる高性能フィルタ4段は、1段目：99.97%，2段目：99.9%，3段目以降：99%とし、99.999999997%の捕集効率とする。

### 2. 3. 2 被ばく線量への換算

平常運転時との被ばく線量を比較するに当たり、2. 3. 1において算出した放出量を基に、被ばく線量へ換算する。回収粉末処理・混合装置グローブボックスからの放出量、再処理する使用済燃料の燃焼条件（燃料型式、初期濃縮度、燃焼度、比出力等）及び冷却期間をパラメータとし、ORIGEN-2コードで吸入による被ばくが保守側となるように設定したプルトニウム核種の組成及び比放射能を用いて放射性物質質量 (Bq) を算出し、相対濃度、呼吸率及び実効線量換算係数を用いて被ばく線量を算出する。換算に用いるそれぞれの条件を2. 3. 2-1表に示す。

2. 3. 2-1表 被ばく線量に用いる換算係数

核種	原料組成 (wt%)	比放射能 (Bq/g・HM)	相対濃度 ( $\chi/Q$ )	呼吸率 ( $m^3/s$ )	実効線量 換算係数 (Sv/Bq)
Pu-238	3.8	$6.342 \times 10^{11}$	$8.1 \times 10^{-5}$	$3.33 \times 10^{-4}$	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-239	55.6	$2.297 \times 10^9$	$8.1 \times 10^{-5}$	$3.33 \times 10^{-4}$	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-240	27.3	$8.4 \times 10^9$	$8.1 \times 10^{-5}$	$3.33 \times 10^{-4}$	$1.6 \times 10^{-5}$
Pu-241	13.3	$3.827 \times 10^{12}$	$8.1 \times 10^{-5}$	$3.33 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-7}$
Am-241	4.5	$1.271 \times 10^{11}$	$8.1 \times 10^{-5}$	$3.33 \times 10^{-4}$	$1.6 \times 10^{-5}$

### 2. 3, 3 評価の結果

容器の落下又は転倒におけるMOX粉末の外部への放出に至った際の被ばく線量は、約 $1.2 \times 10^{-9}$  mS v ( $1.2 \times 10^{-6}$   $\mu$ S v) であり、平常時の気体廃棄物の廃棄設備からの放射性物質による年間の被ばく線量である、約 $3.0 \times 10^{-3}$   $\mu$ S v/yと比較して小さいと言える。

### 5. 参考文献

- (1) Sutter, S. L. et al. “Aerosols Generated by Free Fall Spills of Powders and Solutions in Static Air” . Pacific Northwest Laboratory, NUREG/CR-2139(1981)
- (2) Baker, R. D. comp. General-Purpose Heat Source Project, Space Nuclear Safety Program, and Radioisotopic Terrestrial Safety Program, 1977, LA-7091-PR