

【公開版】

提出年月日	令和2年5月25日 R13
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 設計基準事故の選定

##### 2.3 解析に当たって考慮する事項

##### 2.4 設計基準事故の評価

##### 2.5 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) 基本的考え方

設計基準事故は、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。）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ために、安全設計上想定すべきものである。設計基準事故の選定、評価は、核燃料物質が存在するMOX燃料加工施設の各工程において機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作等（以下「破損、故障等」という。）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、事象が発生した際の拡大防止及び影響緩和の安全設計の妥当性を確認するという観点から実施する。

### (ロ) 設計基準事故の選定

設計基準事故は、事業許可基準規則第 15 条において、核燃料物質による臨界と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。）とされている。設計基準事故の選定にあたり、MOX燃料加工施設の特徴を踏まえて、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破損、故障等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、その事象が発生した際の外部への被ばく影響を考慮して設計基準事故を選定する。

設計基準事故の選定フローを第 1 図に示す。

#### (1) MOX燃料加工施設の特徴

設計基準事故の選定及び評価を行うに当たっては、以下のMOX燃料加工施設の特徴を考慮する。



- 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階及び地下2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。
- 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

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停止及び全送排風機を停止し、地下階においてグローブボックス等内にMOX粉末を静置させることで、核燃料物質を安定な状態に導くことができる。

以上より、MOX燃料加工施設では、平常運転時においては従事者への作業安全を考慮し、グローブボックス等内の負圧の維持及び施設内の状態監視を実施しているが、外部電源の喪失又は全交流電源の喪失が発生したとしても、全工程が停止し、核燃料物質は静置され安定な状態となるため、MOX燃料加工施設の外部への放射性物質の放出には至らない。

## (2) 設計基準事故の起回事象

設計基準事故は、事業許可基準規則第 15 条において、核燃料物質による臨界と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。）とされている。

設計基準事故の想定にあたり、外的事象と内的事象それぞれについて、設計基準事故の起回事象なる可能性について検討する。

### 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あたり、国内外の文献等を参考に、地震、火山の影響等の 55 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 内の事象

内の事象については、MOX燃料加工施設において、腐食性の液体を内包する安全上重要な施設がなく、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、動的機器の機能喪失について想定する。

内の事象については、単一の破損、故障等、溢水、重量物落下又は回転体の飛散による内部発生飛散物、火災・爆発を内の事象として考慮する。安全上重要な施設は上記の事象に対して当該設備の機能を維持するよう設計することから、設計基準事故の起因とならない。

## (3) 安全上重要な施設の整理

(2) より、設計基準で想定する外的事象及び内の事象については設計基準事故の起因とはならないことから、設計基準事故は事象が発生した際の拡大防止及び影響緩和の安全設計の妥当性を確認するという観点から、発生防止に関する機能が喪失し、核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象又は閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象の発生を想定する。また、設計基準事故の評価においては、拡大防止及び影響緩和の機能を有する動的機器の単一故障を想定し、評価する。

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から、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及びそれらの機器に関連す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、安全機能が損なわれることを考慮し、設計基準事故に至る可能性を整理する。ただし、静的機器については、MOX燃料加工施設の特徴を踏まえると、腐食性の物質と接触することはないこと、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、これらの機能喪失は考慮しない。

MOX燃料加工施設の安全上重要な施設を第2表に示す。

【補足説明資料1-14】

① 核燃料物質の臨界に関する安全上重要な施設

核燃料物質による臨界に関する安全上重要な施設は静的機器であることから、これらの機能喪失は考慮しない。

核燃料物質による臨界については、核燃料物質が1箇所を集積することにより発生が想定されることを踏ふまえ、核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象としては、安全上重要な施設の安全機能の喪失ではないが、核燃料物質がグローブボックス等内への誤搬入防止の機能が多重に機能喪失し、核燃料物質が集積することを想定する。

② 閉じ込め機能の不全に関する安全上重要な施設

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、M

OX粉末は地下階に設置するグローブボックス等内を負圧とした状態で取り扱うことを踏まえると、閉じ込め機能の不全は、グローブボックス等の損傷による核燃料物質のグローブボックス等外への漏えい（以下「グローブボックス等の損傷」という。）、グローブボックス等内の負圧の喪失（以下「負圧の喪失」という。）及び駆動力によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される状態（以下「異常な外部への放出」という。）に分類され、閉じ込め機能の不全に関する安全上重要な施設の安全機能についても同様に分類できる。

また、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、分類した閉じ込め機能の不全のうち、駆動力を伴いMOXを外部に放出する可能性のある事象を選定し、その状態に至るおそれがある事象の発生を想定する。

#### a. グローブボックス等の損傷

グローブボックス等の損傷に関する安全上重要な施設の安全機能のうち、熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能については、これらの機能が損なわれ、更に焼結炉等の温度制御機能が損なわれることで焼結炉等の損傷に至るおそれがある。

焼結炉等が損傷した場合、炉内に空気が混入することが想定されるが、炉内の水素が空気の混入により高温の炉内で燃焼したとしても拡散燃焼しか発生せず、急激な圧力の上昇を伴うものではなく、焼結炉等内で取り扱う核燃料物質の形態を考慮すると、グリーンペ

レット及びペレットが外部に放出されることはないことから、設計基準事故には選定しない。

非常用電源の供給機能については、外部電源が喪失した状況において熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能を有する設備に対して、電源を供給する機能であり、非常用電源の供給機能が損なわれた場合は、上記の熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能が損なわれた場合に包含される。

#### b. 負圧の喪失

負圧の喪失に関する安全上重要な施設の機能のうち、排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能については、機能が損なわれた際には負圧の喪失に至るおそれがある。負圧が喪失したとしても、グローブボックス等内の核燃料物質はその場に留まるだけであり外部に放出されることは想定されないことから、設計基準事故には選定しない。

非常用電源の供給機能については、外部電源が喪失した状況において排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能を有する設備に対して、電源を供給する機能であり、非常用電源の供給機能が損なわれた場合については、上記の排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能が損なわれた場合に包含される。

#### c. 異常な外部への放出

異常な外部への放出に関する安全上重要な施設の機能のうち、水素濃度の維持機能については、9 vol%以上の水素濃度の水素・アルゴン混合ガスが供給される状態で機能が損なわれ、さらに焼結

炉等内に空気が混入した際には、爆発により異常な外部への放出に至ることが考えられるが、取り扱う水素・アルゴン混合ガスの水素濃度は9 vol%以下であり、9 vol%を超える水素濃度の水素・アルゴン混合ガスが供給されることは想定されないことに加え、水素が炉内への空気の混入により高温の炉内で燃焼したとしても拡散燃焼しか発生せず、急激な圧力の上昇を伴うものではなく、焼結炉等内で取り扱う核燃料物質の形態を考慮すると、グリーンペレット及びペレットが外部に放出されることはないことから、設計基準事故には選定しない。

火災の感知・消火機能については、火災が発生している状態で機能が損なわれた場合には、火災が継続することにより上昇気流を駆動力として外部に放射性物質を放出することで、異常な外部への放出に至るおそれがある。そのため、火災が発生している状態で火災の感知・消火機能が損なわれることを想定する。

火災の感知・消火機能を有する安全上重要な施設のうち、火災が発生している状態で機能が損なわれることを想定する設備・機器は、感知機能が感知・消火の一連の動作の起点となる機能であることを踏まえ、感知機能を有するグローブボックス温度監視装置の機能が損なわれることを想定する。

a. から c. より、閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象としては、火災が発生している状態で火災の感知・消火機能を有するグローブボックス温度監視装置の機能が損なわれた状態を想定する。

#### (4) 核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象

核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象としては、核燃料物質がグローブボックス等内に誤搬入し、運転管理の上限値を超えて核燃料物質が集積することを想定する。

MOX燃料加工施設は、核燃料物質がグローブボックス等内に誤搬入し、核燃料物質が集積して臨界に至ることを防止するための機能として、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、容器の秤量値に有意な差がないことの確認、計算機による運転管理の上限値以下であることの確認、誤搬入防止シャッタの開放及び運転員による搬入許可といった、5段階の確認を行うことにより、単一の機器等の破損、故障等によっては臨界には至らない設計としている。仮にこれらの一連の機能が誤作動及び誤操作の繰り返しにより機能喪失し、核燃料物質による臨界の要因となる核燃料物質の誤搬入が1回発生することを想定したとしても、未臨界質量を超えることはなく、グローブボックス内で核燃料物質が一箇所に集積して最適臨界条件に達することはない。そのため、核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象として、グローブボックスへの誤搬入を想定しても、核燃料物質による臨界には至らない。

#### (5) 閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象

閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象としては、火災が発生している状態で火災の感知・消火機能として、グローブボックス温度監視装置が有する機能が損なわれた状態を想定する。その際の火災の発生場所について、取り扱うMOXの形態及び火災源となる可燃物の観点から発生場所を特定する。



## ① 火災の発生場所の想定

### a. 取り扱うMOXの形態の考慮

火災の上昇気流により外部に放出されるMOXについては、グローブボックスで取り扱うMOXの形態を考慮する。グローブボックスで取り扱うMOXの形態は、粉末、グリーンペレット又はペレットがあり、グリーンペレット又はペレットは安定な成型体であるため、火災による上昇気流の影響は受けない。

一方、粉末の場合は、容器に収容して蓋をした状態であれば、粉末が直接火災の上昇気流の影響を受けることはないが、容器に蓋をしない状態で取り扱う場合には、粉末が露出した状態となることから、火災の上昇気流の影響を受けることで、駆動力を伴い地下階から地上へ移行し、多量の放射性物質が燃料加工建屋外に放出されるおそれがある。

### b. 可燃性物質の考慮

火災の発生を想定するに当たり、グローブボックス内に存在する可燃性物質には、潤滑油、ケーブル、計器類があるが、火災が発生した場合の影響が大きい潤滑油の火災の発生を想定する。

【補足説明資料1-16】

a. 及びb. より、グローブボックス内に潤滑油を有し、MOX粉末を露出した状態で取り扱うグローブボックスを火災の想定箇所として特定する。

## (6) 選定された設計基準事故

(2)から(5)で検討・整理を行った結果、設計基準事故の発生を想定する対象となるグローブボックスは、露出したMOX粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を有する8基のグローブボックスである。対象となるグローブボックスを第4表に示す。これらのグローブボックスのうち1基で火災が発生した状態で火災の感知・消火機能を有するグローブボックス温度監視装置が単一故障した状態を設計基準事故として選定する。

選定した設計基準事故は、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、拡大防止及び影響緩和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、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及びグローブボックス排気設備であることから、設計基準事故の評価に当たっては、公衆への放射線被ばくのリスクが最も厳しくなるグローブボックスとして、取り扱う核燃料物質量が最も多い均一化混合装置グローブボックスを代表とする。

#### (7) 設計基準事故の拡大の防止の判断基準

設計基準事故の拡大の防止の判断基準は、公衆に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5mSvを超えなければリスクは小さいと判断する。

#### (ハ) 設計基準事故の評価

「均一化混合装置グローブボックス内の火災による閉じめ機能の不具合」について、拡大防止及び影響緩和のための対策を踏まえて、以下のとおり、事故解析を行った。①拡大防止対策及び影響緩和対策、②

事故経過及び③評価結果を以下に示す。

(1) 均一化混合装置グローブボックス内の火災による閉じ込め機能の不全に係る評価

① 拡大防止対策及び影響緩和対策

a. 設計基準事故に対処するために必要な施設

想定された事象に対処するために必要な施設の安全機能のうち、解析に当たって考慮する機能は、火災の感知・消火機能、MOXの捕集・浄化機能、排気経路の維持機能及び安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能である。また、火災の感知・消火機能には、火災を感知する機能、火災を消火する機能及び火災の感知・消火機能と連動するグローブボックス排風機が有する機能も含む。これらの機能を有する安全上重要な施設を以下に示す。また、システムイメージ図を第2図に示す。

- (a) グローブボックス温度監視装置 (火災の感知機能)
- (b) グローブボックス消火装置 (火災の消火機能)
- (c) 延焼防止ダンパ (火災の消火機能)
- (d) ピストンダンパ (火災の消火の支援機能)
- (e) グローブボックス排気フィルタ (MOXの捕集・浄化機能)
- (f) グローブボックス排気フィルタユニット (MOXの捕集・浄化機能)
- (g) グローブボックス排気ダクト (排気経路の維持機能)
- (h) グローブボックス排風機 (火災の感知・消火機能と連動する排気機能)
- (i) 非常用所内電源設備 (安全上重要な施設の安全機能確保のため)

## めの支援機能)

### ② 事故の特徴

MOX燃料加工施設の燃料製造工程では焼結処理で水素・アルゴン混合ガスを使用するほかには有機溶媒等の可燃性物質を多量に取り扱う工程がないこと、核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備及び機器は不燃性材料又は難燃性材料を使用することから、MOX燃料加工施設における大規模な火災の発生は想定されない。また、MOX粉末を取り扱うグローブボックスは窒素雰囲気とする設計であること、グローブボックス内に設置する機器が保有する潤滑油は不燃性材料で覆われ、露出していないことから通常時において火災の発生は想定されない。

ただし、窒素雰囲気を維持する機能が喪失してグローブボックス内が空気雰囲気となり、さらに機器が損傷して内部から潤滑油が漏えいした場合、ケーブルの断線等を着火源として火災が発生する可能性を否定できない。

火災が発生した場合、MOX燃料加工施設で取り扱うMOXの形態である粉末、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。）の内、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移行し、環境へ放出されることが想定される。

火災の発生を想定するMOX粉末を取り扱うグローブボックスから大気中へ繋がる経路としては、当該グローブボックスから排気経路を経由して放射性物質が大気中に放出されることを想定する。

### ③ 設計基準事故の想定シナリオ

火災の感知・消火機能を有するグローブボックス温度監視装置の単一故障により機能が損なわれた状態で均一化混合装置グローブボックス内で火災が発生することを想定する。

火災の発生と同時に外部電源が喪失するものとする。

設計基準事故に対処するための設備のうち、グローブボックス消火装置の起動による消火ガスの放出は、グローブボックス排風機が起動していることが条件である。このため、発生した火災を消火するまでに要する時間が最も長いことから、解析の結果が最も厳しくなる動的機器の単一故障として、グローブボックス排風機の単一故障を想定する。動的機器の単一故障による影響の整理結果を第7表に示す。

グローブボックス内で火災が発生した場合、グローブボックス温度監視装置の単一故障により機能が損なわれた状態であるが、多重化しているグローブボックス温度監視装置の感知器がグローブボックス内の火災を感知する。

外部電源の喪失により、非常用所内電源設備の非常用発電機が起動する。故障したグローブボックス排風機は起動しないが、予備機のグローブボックス排風機が起動する。

グローブボックス排風機の起動を受けて、グローブボックス消火装置が起動するとともに、ピストンダンパを閉止し、消火ガス放出が完了するまでの間に気相中に移行した核燃料物質が、高性能エアフィルタ（4段）を通じた経路から燃料加工建屋外へ放出されることを想定する。消火ガス放出完了後は、延焼防止ダンパを閉止することによりグローブボックス内の窒素雰囲気を持続する。

火災に対しては上記の対策によって感知・消火をすることにより、

発生した火災が大規模な火災に至ることはないことから、グローブボックス及びグローブボックス排気ダクトは健全である。

#### ④ 評価及び評価結果

均一化混合装置グローブボックスの取扱量の全量である311kg・MOXが火災影響を受けることを想定する。

火災による粉末の気相中への移行率を考慮し、火災影響を受ける放射性物質質量である311kg・MOXの100分の1<sup>(1)</sup>がグローブボックス内の気相中に移行することを想定する。これに加えて、さらにグローブボックス内面に付着している放射性物質の気相中への移行量として、火災影響を受ける放射性物質質量の100分の1がグローブボックス内の気相中に移行することを想定する。

グローブボックス消火装置からの消火ガスの放出が完了するまでの間に、グローブボックス内の気相中に移行した放射性物質の全量を含む雰囲気グローブボックス排気設備の高性能エアフィルタに到達する。

高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^9$ とする。

放出するプルトニウム核種の組成は、吸入による被ばくがより厳しい評価となるよう、評価用に設定したプルトニウム核種の組成である以下のとおりとし、各プルトニウム核種の放出量を求める。

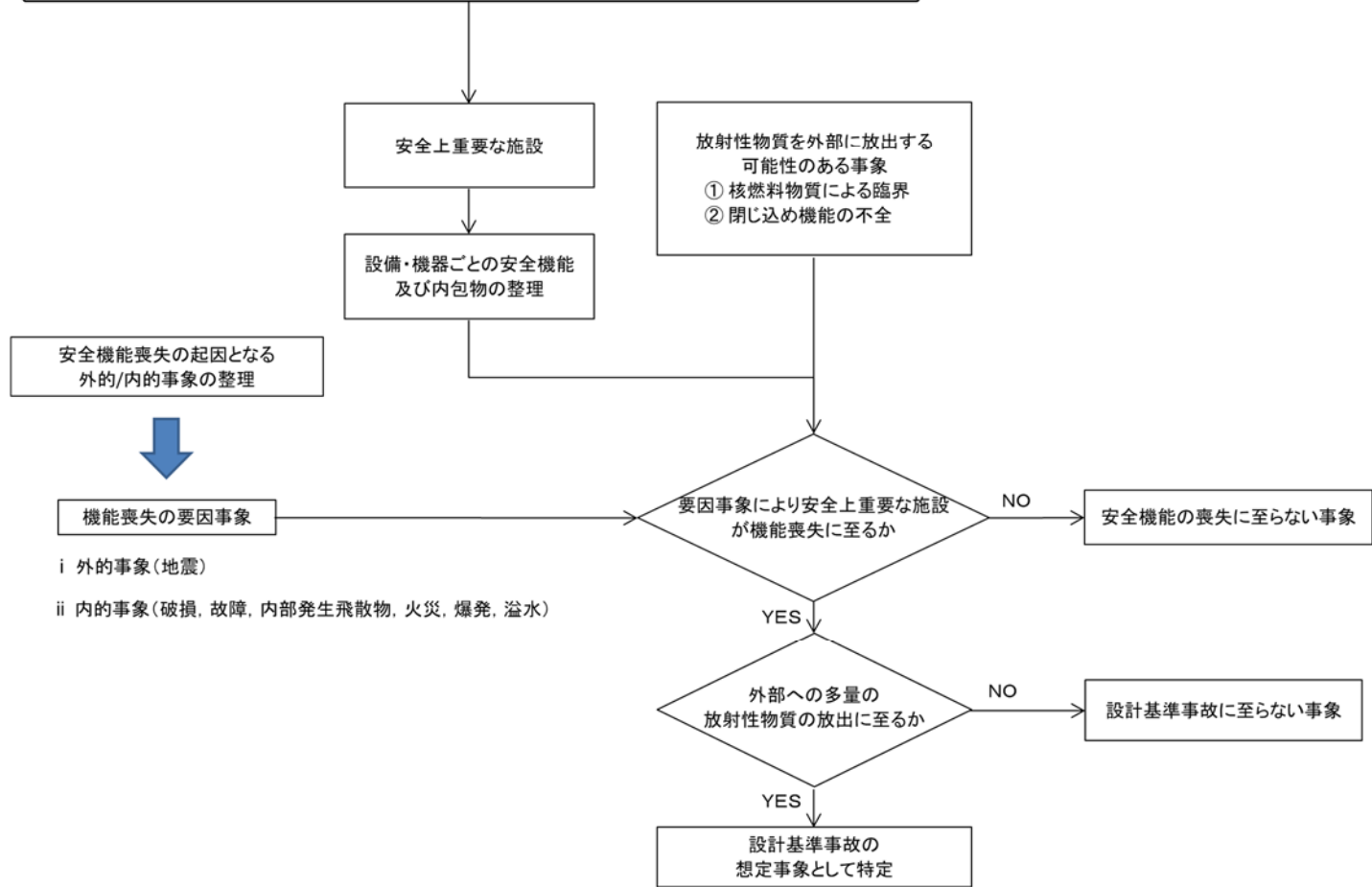
核種	質量割合 (%)
Pu-238	3.8
Pu-239	55.6
Pu-240	27.3
Pu-241	13.3

Am-241	4.5
合計	104.5

実効線量の評価に当たり、敷地境界外の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相対濃度に放射性物質の全放出量を乗じて求める。

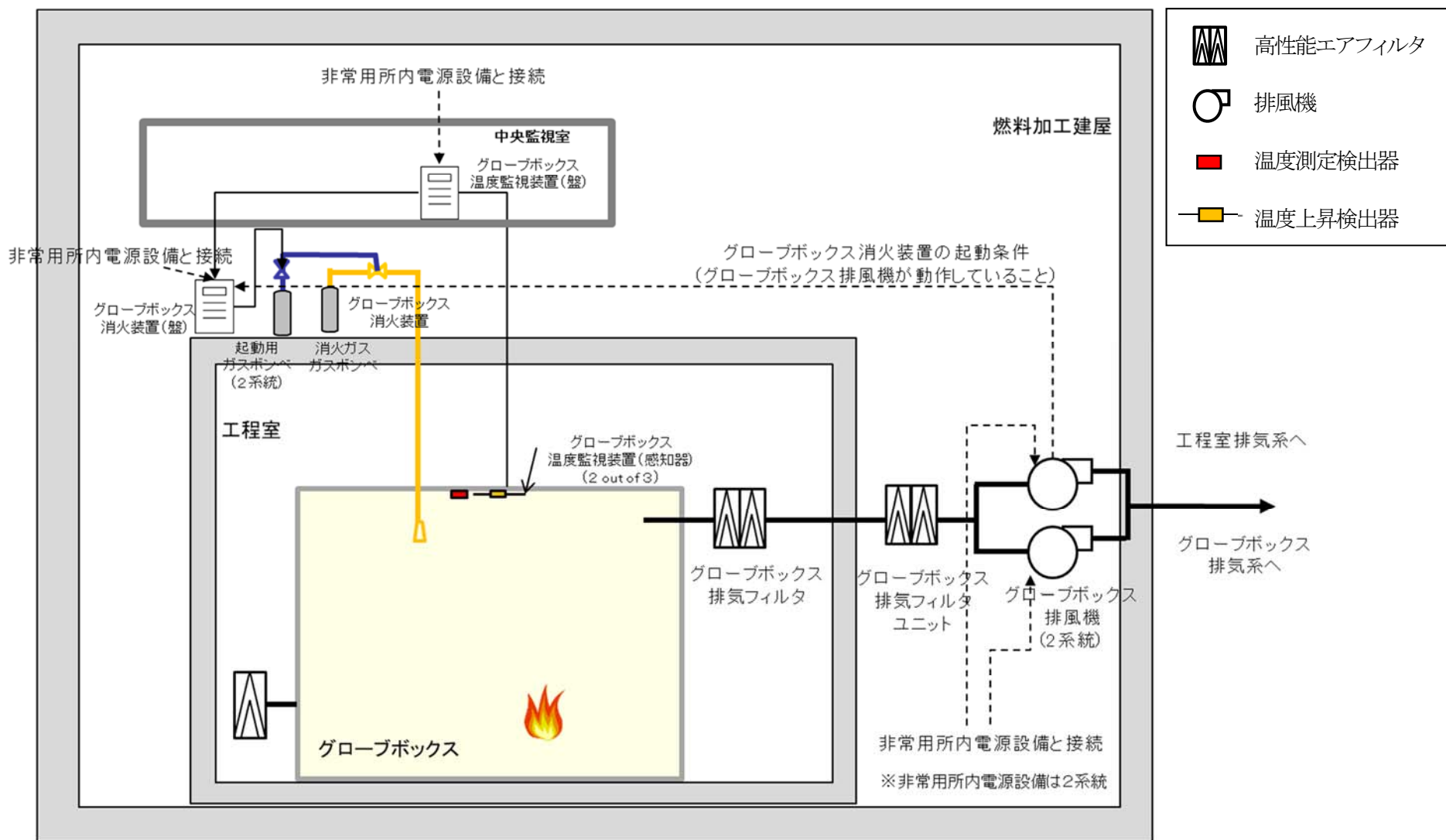
評価の結果、敷地境界における吸入による内部被ばくの実効線量は約 $3.0 \times 10^{-5}$  mSvであり、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が、(ロ) (7)設計基準事故の拡大の防止の判断基準とした5 mSvを超えることはなく、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

第15条において、「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。」としていることを踏まえて、機能喪失した際に公衆に著しい放射線被ばくを与えるリスクのある安全上重要な施設を対象とする。



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 臨界事故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
			空焼結ボ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込装置グローブボックス	P S/MS
		焼結設備	焼結ボート供給装置グローブボックス	P S/MS
			焼結ボ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	焼結ボ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
焼結ボ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 臨界事故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	P S/MS
			ペレット保管容器受渡装置グローブボックス	P S/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	P S/MS
			小規模プレス装置グローブボックス	P S/MS
			小規模焼結処理装置グローブボックス	P S/MS
			小規模研削検査装置グローブボックス	P S/MS
	資材保管装置グローブボックス	P S/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	P S/MS
		貯蔵容器一時保管設備	混合酸化物貯蔵容器	P S/MS
		小規模試験設備	小規模焼結処理装置	P S/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及び安全上重要な施設のグ 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	P S/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
			窒素循環ファン	MS
	窒素循環冷却機		MS	
	MOXの捕集機能	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（安全上重要な施設のグローブボックスに付随するもの。）	P S/MS
			グローブボックス排気フィルタユニット	P S/MS
	排気機能		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。）	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 臨界事故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	事故時の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
	事故時の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
	事故時の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 燃料棒立会検査装置 ゲート	PS 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	小規模焼結炉排ガス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 臨界事故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。）	PS/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。）	PS/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	PS
		原料MOX粉末缶一時保管設備	原料MOX粉末缶一時保管装置	PS
		粉末一時保管設備	粉末一時保管装置	PS
		ペレット一時保管設備	ペレット一時保管棚	PS
		スクラップ貯蔵設備	スクラップ貯蔵棚	PS
		製品ペレット貯蔵設備	製品ペレット貯蔵棚	PS
		燃料棒貯蔵設備	燃料棒貯蔵棚	PS
		燃料集合体貯蔵設備	燃料集合体貯蔵チャンネル	PS
	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	PS
	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	
		ピストンダンパ	MS	
		延焼防止ダンパ	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 臨界事故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	×	×	×	×	×	—	○	<u>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。</u>	×
3	地盤隆起	×	×	×	×	×	—	○	<u>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。</u>	×
4	地割れ	×	×	×	×	×	—	○	<u>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。</u>	×

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：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：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：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：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：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：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：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：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：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：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：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：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：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：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	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。	×	—	—
57	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。	×	—	—
58	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。	×	—	—
59	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。	×
60	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。	×	—	—

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：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：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（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				
61	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。	×	—	—
62	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				
63	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。	×	—	—
64	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。	×
65	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。	×	—	—

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：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：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 (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				
66	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。	×	—	—
67	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。	×	—	—
68	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。	×	—	—
69	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。	×	—	—
70	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。	×	—	—

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：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：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				
71	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。	×
72	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。	×	—	—
73	ダムの崩壊	×	○	×	×	×	敷地周辺にダムはない。	×	—	—
74	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。	×
75	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。	×	—	—
76	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。	×	—	—

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：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：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 (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				
77	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。	×	—	—
78	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。	×
79	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：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：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 設計基準事故として火災の発生を想定するグローブボックス

グローブボックス	インベントリ (kg・Pu)
予備混合装置グローブボックス	46.0
均一化混合装置グローブボックス	90.5
造粒装置グローブボックス	20.3
回収粉末処理・混合装置グローブボックス	54.1
添加剤混合装置Aグローブボックス	33.0
プレス装置 (プレス部) Aグローブボックス	38.9
添加剤混合装置Bグローブボックス	33.0
プレス装置 (プレス部) Bグローブボックス	38.9

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	必要 (消火ガス)	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	—

### 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技術的に見て想定される異常事象の中から設計基準事故を選定し、以下のとおり安全対策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、放射性物質が存在する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、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。設計基準事故の選定、評価は、核燃料物質が存在するMOX燃料  
加工施設の各工程において機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の  
誤操作等（以下「故障、誤動作等」とする。）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、  
事象が発生した際の拡大防止及び影響緩和の安全設計の妥当性を確認する  
という観点から実施する。

### 2.2 設計基準事故の選定

設計基準事故は、事業許可基準規則第 15 条において、核燃料物質に  
よる臨界と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。）とされている。設計基準事故の選定にあたり、MOX燃料加工  
施設の特徴を踏まえて、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破損、故障等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、その事象が発生した際の外部への  
被ばく影響を考慮して設計基準事故を選定する。

設計基準事故の選定フローを第 1 図に示す。

#### (1) MOX燃料加工施設の特徴

設計基準事故の選定及び評価を行うに当たっては、以下のMOX  
燃料加工施設の特徴を考慮する。

- 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階及び地下2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。
- 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

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停止及び全送排風機を停止し、地下階においてグローブボックス等内にMOX粉末を静置させることで、核燃料物質を安定な状態に導くことができる。

以上より、MOX燃料加工施設では、平常運転時においては従事者への作業安全を考慮し、グローブボックス等内の負圧の維持及び施設内の状態監視を実施しているが、外部電源の喪失又は全交流電源の喪失が発生したとしても、全工程が停止し、核燃料物質は静置され安定な状態となるため、MOX燃料加工施設の外部への放射性物質の放出には至らない。

## (2) 設計基準事故の起回事象

設計基準事故は、事業許可基準規則第 15 条において、核燃料物質による臨界と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。）とされている。

設計基準事故の想定に当たり、外的事象と内的事象それぞれについて、設計基準事故の起回事象なる可能性について検討する。

### 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 55 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 内の事象

内の事象については、MOX燃料加工施設において、腐食性の液体を内包する安全上重要な施設がなく、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、動的機器の機能喪失について想定する。

内の事象については、単一の破損、故障等、溢水、重量物落下又は回転体の飛散による内部発生飛散物、火災・爆発を内の事象として考慮する。安全上重要な施設は上記の事象に対して当該設備の機能を維持するよう設計することから、設計基準事故の起因とならない。

## (3) 安全上重要な施設の整理

(2) より、設計基準で想定する外的事象及び内の事象については設計基準事故の起因とはならないことから、設計基準事故は事象が発生した際の拡大防止及び影響緩和の安全設計の妥当性を確認するという観点から、発生防止に関する機能が喪失し、核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象又は閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象の発生を想定する。また、設計基準事故の評価においては、拡大防止及び影響緩和の機能を有する動的機器の単一故障を想定し、評価する。

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から、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及びそれらの機器に関連す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、安全機能が損なわれることを考慮し、設計基準事故に至る可能性を整理する。

MOX燃料加工施設の安全上重要な施設を第2表に示す。

【補足説明資料1-14】

#### ① 核燃料物質の臨界に関する安全上重要な施設

核燃料物質による臨界に関する安全上重要な施設は、核的制限値（寸法）の維持機能を有する設備及び単一ユニット相互間の距離の維持機能を有する設備である。

これらの設備については静的機器であり、腐食性の物質と接触することはないこと、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、これらの機能喪失は考慮しない。

核燃料物質による臨界については、核燃料物質が1箇所に集積することにより発生が想定されることを踏まえ、核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象としては、安全上重要な施設の安全機能の喪失ではないが、核燃料物質がグローブボックス等内への誤搬入防止の機能が多重に機能喪失し、核燃料物質が集積することを想定する。

## ② 閉じ込め機能の不全に関する安全上重要な施設

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、MOX粉末は地下階に設置するグローブボックス等内を負圧とした状態で取り扱うことを踏まえると、閉じ込め機能の不全は、グローブボックス等の損傷による核燃料物質のグローブボックス等外への漏えい（以下「グローブボックス等の損傷」という。）、グローブボックス等内の負圧の喪失（以下「負圧の喪失」という。）及び駆動力によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される状態（以下「異常な外部への放出」という。）に分類され、閉じ込め機能の不全に関する安全上重要な施設の安全機能についても同様に分類できる。

また、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、分類した閉じ込め機能の不全のうち、駆動力を伴いMOXを外部に放出する可能性のある事象を選定し、その状態に至るおそれがある事象の発生を想定する。

### a. グローブボックス等の損傷

グローブボックス等の損傷に関する安全上重要な施設の機能は、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・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。）、排気経路の維持機能、事故時の排気経路の維持機能、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。）、熱的制限値の維持機能、焼結炉等の閉じ込めに関連す

る経路の維持機能及び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。）を有する設備である。

これらの設備のうち、プルトニウムの閉じ込めの機能、排気経路の維持機能、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有する設備については静的機器であり、腐食性の物質と接触することはないこと、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、これらの機能が損なわれることは考慮しない。

熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能については、これらの機能が損なわれ、更に焼結炉等の温度制御機能が損なわれることで焼結炉等内が異常な高温となった場合に、焼結炉等のパッキンが損傷することによる焼結炉等の損傷に至るおそれがある。焼結炉等が損傷した場合、炉内に空気が混入することが想定されるが、炉内の水素が空気の混入により高温の炉内で燃焼したとしても拡散燃焼しか発生せず、急激な圧力の上昇を伴うものではなく、焼結炉等内で取り扱う核燃料物質の形態を考慮すると、グリーンペレット及びペレットが外部に放出されることはないことから、設計基準事故には選定しない。

非常用電源の供給機能については、外部電源が喪失した状況において熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能を有する設備に対して、電源を供給する機能であり、非常用電源の供給機能が損なわれた場合は、上記の熱的制限値の維持機能及び小規模焼結処理装置の加熱停止機能が損なわれた場合に包含される。

## b. 負圧の喪失

負圧の喪失に関する安全上重要な施設の機能は、排気経路の維持機能、排気機能、事故時の排気経路の維持機能、非常用電源の供給機能及び焼結炉等内の負圧維持機能を有する設備である。

これらの設備のうち、排気経路の維持機能及び事故時の排気経路の維持機能を有する設備については静的機器であり、腐食性の物質と接触することはないこと、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、これらの機能が損なわれることは考慮しない。

排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能については、機能が損なわれた際には負圧の喪失に至る。負圧が喪失したとしても、グローブボックス等内の核燃料物質はその場に留まるだけであり外部に放出されることは想定されないことから、設計基準事故には選定しない。

非常用電源の供給機能については、外部電源が喪失した状況において排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能を有する設備に対して、電源を供給する機能であり、非常用電源の供給機能が損なわれた場合については、上記の排気機能及び焼結炉等内の負圧維持機能が損なわれた場合に包含される。

## c. 異常な外部への放出

異常な外部への放出に関する安全上重要な施設の機能は、MOXの捕集・浄化機能、非常用電源の供給機能、水素濃度の維持機能及び火災の感知・消火機能である。

これらの設備のうち、MOXの捕集・浄化機能を有する設備については静的機器であり、腐食性の物質と接触することはないこと、非腐食性の物質による劣化の進行は緩やかであり、保守点検により健全性を維持することが可能であることから、これらの機能が損なわれることは考慮しない。

水素濃度の維持機能については、9 vol%以上の水素濃度の水素・アルゴン混合ガスが供給される状態で機能が損なわれ、さらに焼結炉等内に空気が混入した際には、爆発により異常な外部への放出に至ることが考えられるが、取り扱う水素・アルゴン混合ガスの水素濃度は9 vol%以下であり、9 vol%を超える水素濃度の水素・アルゴン混合ガスが供給されることは想定されないことに加え、水素が炉内への空気の混入により高温の炉内で燃焼したとしても拡散燃焼しか発生せず、急激な圧力の上昇を伴うものではなく、焼結炉等内で取り扱う核燃料物質の形態を考慮すると、グリーンペレット及びペレットが外部に放出されることはないことから、設計基準事故には選定しない。

火災の感知・消火機能については、火災が発生している状態で機能が損なわれた場合には、火災が継続することにより上昇気流を駆動力として外部に放射性物質を放出することで、異常な外部への放出に至るおそれがある。そのため、火災が発生している状態で火災の感知・消火機能が損なわれることを想定する。

火災の感知・消火機能を有する安全上重要な施設は、火災の感知機能を有するグローブボックス温度監視装置、火災の消火機能を有するグローブボックス消火装置、延焼防止ダンパ及びピストンダンパ、グローブボックス消火装置の起動条件となるグローブボック

ス排風機及び外部電源喪失時にこれらの設備・機器に給電する非常  
用所内電源設備がある。これらのうち、火災が発生している状態で  
機能が損なわれることを想定する設備・機器は、感知機能が感知・  
消火の一連の動作の起点となる機能であることを踏まえ、感知機能  
を有するグローブボックス温度監視装置の機能が損なわれることを  
想定する。

a. から c. より、閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象と  
しては、火災が発生している状態で火災の感知・消火機能を有するグ  
ローブボックス温度監視装置の機能が損なわれた状態を想定する。

#### (4) 核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象

核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象としては、核燃料物  
質がグローブボックス等内に誤搬入し、運転管理の上限値を超えて核  
燃料物質が集積することを想定する。

MOX燃料加工施設は、核燃料物質がグローブボックス等内に誤搬  
入し、核燃料物質が集積して臨界に至ることを防止するための機能と  
して、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、容  
器の秤量値に有意な差がないことの確認、計算機による運転管理の上  
限值以下であることの確認、誤搬入防止シャッタの開放及び運転員に  
よる搬入許可といった、5段階の確認を行うことにより、単一の機器  
等の破損、故障等によっては臨界には至らない設計としている。仮に  
これらの一連の機能が誤作動及び誤操作の繰り返しにより機能喪失し、  
核燃料物質による臨界の要因となる核燃料物質の誤搬入が1回発生す  
ることを想定したとしても、未臨界質量を超えることはなく、グロー

ブボックス内で核燃料物質が一箇所に集積して最適臨界条件に達することはない。そのため、核燃料物質による臨界に至るおそれがある事象として、グローブボックスへの誤搬入を想定しても、核燃料物質による臨界には至らない。

#### (5) 閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象

閉じ込め機能の不全に至るおそれがある事象としては、火災が発生している状態で火災の感知・消火機能として、グローブボックス温度監視装置が有する機能が損なわれた状態を想定する。その際の火災の発生場所について、取り扱うMOXの形態及び火災源となる可燃物の観点から発生場所を特定する。

##### ① 火災の発生場所の想定

###### a. 取り扱うMOXの形態の考慮

火災の上昇気流により外部に放出されるMOXについては、グローブボックスで取り扱うMOXの形態を考慮する。グローブボックスで取り扱うMOXの形態は、粉末、グリーンペレット又はペレットがあり、グリーンペレット又はペレットは安定な成型体であるため、火災による上昇気流の影響は受けない。

一方、粉末の場合は、容器に収容して蓋をした状態であれば、粉末が直接火災の上昇気流の影響を受けることはないが、容器に蓋をしない状態で取り扱う場合には、粉末が露出した状態となることから、火災の上昇気流の影響を受けることで、駆動力を伴い地下階から地上へ移行し、多量の放射性物質が燃料加工建屋外に放出されるおそれがある。



b. 可燃性物質の考慮

火災の発生を想定するにあたり、グローブボックス内に存在する可燃性物質には、潤滑油、ケーブル、計器類があるが、火災が発生した場合の影響が大きい潤滑油の火災の発生を想定する。

【補足説明資料1-16】

a. 及びb. より、グローブボックス内に潤滑油を有し、MOX粉末を露出した状態で取り扱うグローブボックスを火災の想定箇所として特定する。

(6) 選定された設計基準事故

(2)から(5)で検討・整理を行った結果、設計基準事故の発生を想定する対象となるグローブボックスは、露出したMOX粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を有する8基のグローブボックスである。対象となるグローブボックスを第4表に示す。これらのグローブボックスのうち1基で火災が発生した状態で火災の感知・消火機能を有するグローブボックス温度監視装置が単一故障した状態を設計基準事故として選定する。

選定した設計基準事故は、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、拡大防止及び影響緩和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、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及びグローブボックス排気設備であることから、設計基準事故の評価に当たっては、公衆への放射線被ばくのリスクが最も厳しくなるグローブボックスとして、取

り扱う核燃料物質質量が最も多い均一化混合装置グローブボックスを代表とする。

#### (7) 設計基準事故の拡大の防止の判断基準

設計基準事故の拡大の防止の判断基準は、公衆に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5 mSvを超えなければリスクは小さいと判断する。なお、評価に当たっては、異常事象を速やかに収束させ、又はその拡大を防止し、あるいはその結果を緩和することを主たる機能とする系統についてはその機能別に、機能喪失による設計基準事故の評価への影響が最も厳しくなる動的機器の単一故障及び外部電源の喪失を想定することから、MOX粉末を取り扱うグローブボックス内で火災が発生した状態で、火災の感知・消火に関連する機能を有する動的機器の単一故障及び外部電源の喪失を想定する。

### 2.3 解析に当たって考慮する事項

設計基準事故の評価に当たっては、加工運転の状態を考慮して評価条件を設定するとともに、事象が発生してから収束するまでの間の設備・機器の作動状態及び運転員の操作を考慮する。また、使用するモデル及びパラメータは、評価の結果がより厳しい評価となるよう選定する。

### 2.4 設計基準事故の評価

MOX燃料加工施設の安全設計の妥当性を確認するため、MOX燃料加工施設において発生する可能性のある設計基準事故に係る事象に対して、その発生原因、拡大防止対策及び影響緩和対策を考慮し、事故経過

の解析及び結果の評価を行い、MOX燃料加工施設の安全性がいかに確保されるかを確認する。

(1) 均一化混合装置グローブボックス内における火災による閉じ込め機能の不全

① MOX燃料加工施設の火災に関する特徴

設計基準事故の想定においては、以下のMOX燃料加工施設における火災の特徴を考慮する。

a. MOX燃料加工施設においてMOX粉末又はグリーンペレットを取り扱うグローブボックス、乾燥後のペレットを取り扱うグローブボックス及び分析設備を収納する一部のグローブボックスは、窒素ガス雰囲気下で運転するため、窒素ガス雰囲気下において火災は発生しない。主要な工程室におけるMOXの取扱形態及びグローブボックス内雰囲気を第3図及び第4図に示す。

b. MOX燃料加工施設の燃料製造における工程は乾式工程であり、焼結処理で水素・アルゴン混合ガスを使用するほかには、有機溶媒等の可燃性物質を多量に取り扱う工程はなく、有機溶媒等による大規模な火災は発生しない。

c. MOX燃料加工施設において、核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備・機器は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する。したがって、グローブボックス等の設備・機器による大規模な火災は発生しない。

## ② 火災の発生シナリオ

火災の発生要因は酸素、着火源及び可燃性物質であることから、火災の発生の想定において、これらが揃うことを想定する。

また、火災の規模としては、評価対象のグローブボックスの核燃料物質が全量影響を受けることを想定する。

### a. グローブボックス内への酸素の混入の想定

MOX粉末を取り扱う工程のうち、分析設備及びスクラップ処理設備の一部を除き、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中で運転する。また、一定の酸素濃度（12.5vol%以下に設定）を超えた場合には、万一、火災が発生した場合の公衆への影響を考慮し、酸素濃度の異常を検知した範囲の設備の運転を速やかに停止する。停止後は、酸素濃度が上昇したグローブボックス及びグローブボックス内機器の健全性を確認し、核燃料物質を貯蔵施設へ移動する。したがって、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内における火災は、窒素ガス雰囲気下である限り発生することはない、グローブボックス内で火災が発生したとしても、運転時に取り扱う核燃料物質全量が火災影響を受けるような事故に至ることは考えにくい。また、粉末の調整又は圧縮成形を行う工程以外のグローブボックスについては、取り扱う核燃料物質が少量又は取扱形態としてMOX粉末が飛散しにくいグリーンペレット若しくはペレットであることから、万一、グローブボックス内で火災が発生したとしても公衆への影響は小さい。

しかし、窒素循環設備が機能喪失に至った場合、グローブボックス内が過負圧となり自力式吸気弁から吸気する場合又は設備・機器の更新を行う場合には、グローブボックス内への空気の混入が考えられる。したがって、設計基準事故の評価においては、グローブボックス内が空気雰囲気になることを想定する。この際、窒素雰囲気型グローブボックス内が空気雰囲気になったとしても、グローブボックス内の核燃料物質は貯蔵施設へ移動されていないものとする。

#### b. 着火源の想定

グローブボックス内機器のケーブルの過電流による発火を想定する。過電流遮断器等を設置し、発火を防止しているが、過電流遮断器等の機能喪失及び過電流の発生に伴うケーブルの発火を想定する。

#### c. 火災源としての可燃性物質の想定

核燃料物質を取り扱う火災区域に設定する工程室に設置するグローブボックス内の火災源として、機器の駆動に使用する潤滑油を想定する。グローブボックス内で使用する機器のうち、火災源となり得る潤滑油を内包するものは漏えいしにくい構造とすることから、火災源となることは想定しにくい。潤滑油を内包する機器から潤滑油が漏えいすることを想定する。

上記のとおり、MOX燃料加工施設においては、グローブボックス内の火災の発生は想定しにくい。設計基準事故の評価をするために、グローブボックス内で火災が発生することを想定する。

#### d. 火災の規模

MOX燃料加工施設においては、グローブボックス内機器の主要な構造材は不燃性材料又は難燃性材料を使用すること及びグローブボックスについても主要な構造材は不燃性材料又は難燃性材料を使用することから、火災が発生してもその火災規模は小さく、グローブボックスの閉じ込め機能の不全が発生するほどの火災になることは考えにくい。また、酸素濃度を監視するグローブボックスにおいて一定の酸素濃度（12.5vol%以下の設定）を超えた場合には、速やかに酸素濃度の異常を検知した範囲の設備の運転を停止する措置を講ずること、仮に核燃料物質を貯蔵施設に移動していなかったとしても、グローブボックス内では核燃料物質を金属製の容器又は機器内で取り扱うことにより核燃料物質の露出が少ないことから、グローブボックスで内の火災が発生したとしても、火災により核燃料物質が火災影響を受けることは考えにくい。しかし、設計基準事故の評価としては、安全設計の妥当性を確認するために、取り扱うMOX粉末の全量が火災影響を受けることを想定する。

### ③ 拡大防止対策及び影響緩和対策

#### a. 火災の拡大防止対策及び影響緩和対策

火災区域に設定する工程室においてMOX粉末を露出した状態で取り扱うグローブボックス内における火災の発生、継続及び消火を感知する対策並びに発生した火災を消火する対策を以下に示す。

#### (a) 火災の感知及び消火（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）

安全上重要な施設のグローブボックス内の火災に対して、火災

の感知が可能なようにグローブボックス温度監視装置を設置する設計とする。安全上重要な施設のグローブボックス内には、火災区域に設定する室のうち、グローブボックスごとに3個以上の感知器を設置する設計とする。また、グローブボックス内の火災を消火できるよう、グローブボックス消火装置を設置する設計とする。

上記の火災の拡大防止対策及び影響緩和対策並びに「② 火災の発生シナリオ」を考慮すると、火災が発生したとしても感知及び消火の対策があるため火災の規模は小さいことから、グローブボックス内で火災により核燃料物質が火災影響を受けることは想定しにくい。設計基準事故の評価では、核燃料物質が火災影響を受けるものとする。

b. 火災による閉じ込め機能の不全の拡大防止対策及び影響緩和対策

火災は核燃料物質を燃料加工建屋外に放出するおそれがあることから、送排風機を停止するとともに、ダンパを閉止することで、核燃料物質を限定した区域内に閉じ込めることを基本方針とする。

以上より、均一化混合装置グローブボックス内で火災が発生し、火災によりグローブボックスが閉じ込め機能の不全に至ったとしても、グローブボックス消火装置による消火ガスの放出が完了するまではグローブボックス排気設備から排気を継続することから、グローブボックス内のMOX粉末が工程室に飛散することはなく、火災影響を受けて気相中に移行したMOX粉末はグローブボックス排気設備を経由し、高性能エアフィルタを介して除去することができる。

#### ④ 事故経過

均一化混合装置グローブボックス内の火災を想定する。均一化混合装置グローブボックス内が窒素ガス雰囲気であること、過電流遮断器等によりケーブルの発火を防止していること及び可燃性物質を金属製の容器等に収納していることから、グローブボックス内の火災は発生しにくいと見られるが、火災が発生することを想定し、均一化混合装置グローブボックス内で火災が発生することを想定する。

火災の発生と同時に外部電源が喪失するものとする。

設計基準事故に対処するための設備のうち、グローブボックス消火装置の起動による消火ガスの放出は、グローブボックス排風機が起動していることが条件である。このため、発生した火災を消火するまでに要する時間が最も長いことから、解析の結果が最も厳しくなる動的機器の単一故障として、グローブボックス排風機の単一故障を想定する。動的機器の単一故障による影響の整理結果を第4表に示す。

MOX粉末は金属製の容器又は機器内で取り扱うため露出が少なく、火災時に核燃料物質の全量が火災影響を受けることは考えにくいと見られるが、均一化混合装置グローブボックスの運転管理の上限値の全量が火災影響を受けることを想定する。

グローブボックス内で火災が発生したとしても、火災の感知後速やかに消火することからグローブボックス内のMOX粉末が火災影響を受けて気相中に移行する量は極めて少ないと考えられるが、火災影響を受けるMOX粉末の100分の1<sup>(1)</sup>が気相中に移行するものとする。また、グローブボックス内面に付着している放射性物質の気相中への移行量として、火災影響を受ける放射性物質量の100分の1がグローブボックス内の気相中に移行することを想定する。



グローブボックス内で発生した火災に対して、グローブボックス温度監視装置の感知器によりグローブボックス内の火災を感知する。

外部電源の喪失により、非常用所内電源設備の非常用発電機が起動する。運転中に故障したグローブボックス排風機は起動しないが、予備機のグローブボックス排風機が起動する。

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も起動する。グローブボックス消火装置からの消火ガスの放出が完了するまでの間に、グローブボックス内の気相中に移行したMOX粉末の全量を含む雰囲気グローブボックス排気設備の高性能エアフィルタ（4段）に到達し、捕集されるものとする。

高性能エアフィルタ1段当たりの除染係数は $1 \times 10^3$ 以上であり、火災により高性能エアフィルタの機能が喪失することはないが、その除染係数は低下しないが、評価上は高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^9$ と設定する。高性能エアフィルタに捕集されなかったMOX粉末は、燃料加工建屋外へ放出されるものとする。

火災による閉じ込め機能の不全への対処に使用する設備の系統図を第2図に示す。

#### ⑤ 放射性物質の放出量及び線量の評価

燃料加工建屋外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内で保有する放射性物質質量、火災に伴い気相中に移行する放射性物質質量の割合及び燃料加工建屋外への放出経路における低減割合を乗じて算出する。

##### a. 火災が発生したグローブボックスが保有する放射性物質質量

均一化混合装置グローブボックスにおけるMOX粉末を取り扱う単一ユニットの合計量 (90.5kg・Pu) と設定する。

b. 火災により放射性物質が気相に移行する割合

(a)  $1 \times 10^{-2}$  と設定する。

(b) グローブボックス内の付着分の気相中への移行として、グローブボックスが保有する放射性物質量のうち 100 分の 1 がグローブボックス内の気相中へ移行すると想定し、 $1 \times 10^{-2}$  と設定する。

c. 大気中への放出経路における低減割合

(a) 高性能エアフィルタ 4 段の除染係数より  $1 \times 10^{-9}$  と設定する。

(b) (a) に同じ。

放出するプルトニウム核種の組成を以下のとおりとし、各プルトニウム核種の放出量を求める。

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く無視できる。

核種	質量割合 (%)
Pu-238	3.8
Pu-239	55.6
Pu-240	27.3

核種	質量割合 (%)
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】

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ー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。

具体的には、以下の式により、敷地境界における吸入による内部被ばくの実効線量を算出する。

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

ここで、

$D_m$  : 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  $1.2m^3/h^{(2)}$  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  $8.1 \times 10^{-5} \text{s/m}^3$  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>(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	$1.6 \times 10^{-5}$

【補足説明資料 1-3】

【補足説明資料 1-7】

【補足説明資料 1-8】

【補足説明資料 1-9】

## ⑥ 評価結果

評価の結果、敷地境界の実効線量は、約  $3.0 \times 10^{-5} \text{mSv}$  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、均一化混合装置グローブボックス内の火災によ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5 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。





なお、再処理後のMOX粉末の長期間の貯蔵により、プルトニウムの崩壊に伴うアメリカシウム-241の増加が考えられることから、さらに厳しい評価となる組成としてプルトニウム核種の組成をそのままとし、アメリカシウム-241含有率を最大である11.9%として評価を行ったとしても、敷地境界の実効線量の評価値は約 $3.8 \times 10^{-5}$  mSv となり、評価値が大きく変わることはない。




本事象が、火災区域に設定する工程室においてMOX粉末を露出した状態で取り扱うグローブボックス内における火災のうち、実効線量が最大となる事象であることから、火災による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。

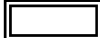
## 2.5 参考文献

- (1) ANSI N46. 1-1980 : 1981. American National Standard Guidance for Defining Safety-Related Features of Nuclear Fuel Cycle Facilities.
- (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.







主なMOXの取扱形態	
	燃料棒（燃料集合体）
	ペレット
	グリーンペレット
	粉末




グローブボックスの種類	
	窒素雰囲気型グローブボックス（窒素循環型）
	窒素雰囲気型グローブボックス（窒素貫流型）
	空気雰囲気型グローブボックス

 は核不拡散上の観点から公開できません。

第3図 主要な工程室におけるMOXの取扱形態及び  
グローブボックス内雰囲気（地下3階）



主なMOXの取扱形態	
	燃料棒 (燃料集合体)
	ペレット
	グリーンペレット
	粉末

グローブボックスの種類	
	窒素雰囲気型グローブボックス (窒素循環型)
	窒素雰囲気型グローブボックス (窒素貫流型)
	空気雰囲気型グローブボックス

 は核不拡散上の観点から公開できません。

第4図 主要な工程室におけるMOXの取扱形態及び  
グローブボックス内雰囲気 (地下2階)

## 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	+	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	2/26	1	
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	4/13	2	
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	5/25	2	
補足説明資料1-6	設計基準事故時の対応について	3/18	1	
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の評価	2/26	0	
補足説明資料1-10	冷却期間の変更における影響	3/18	1	
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	4/20	2	
補足説明資料1-13	火災による放出Pu量一覧	4/20	2	
補足説明資料1-14	安全上重要な施設の選定結果	4/13	0	
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	4/27	0	
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)	4/27	0	

令和2年5月25日 R2

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

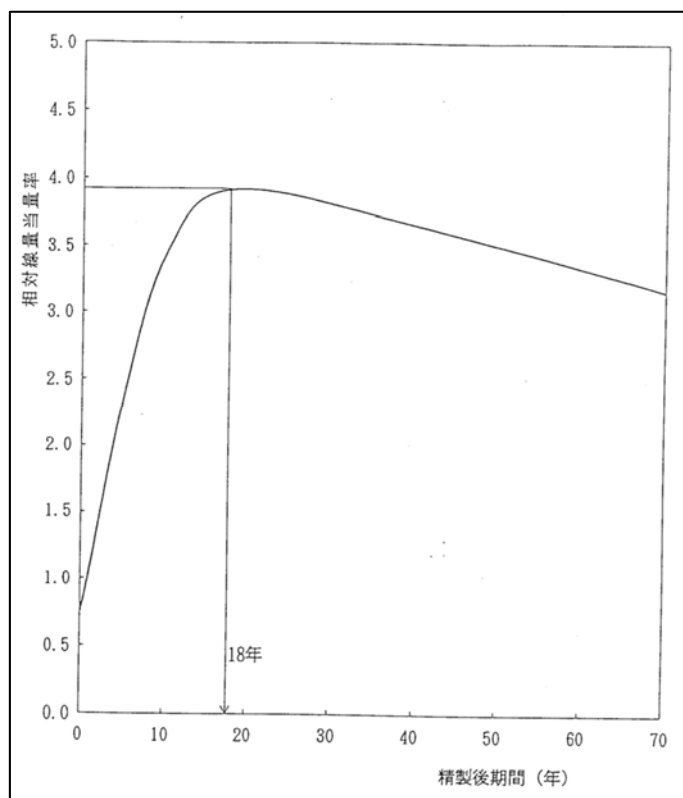
遮蔽設計については、加工事業許可申請書「添付書類五 ロ. 放射線安全設計 (ロ) 放射線遮蔽」に以下のとおり記載している。

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。

元素	ガンマ線		中性子線
	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 アメリカシウム-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、アメリカシウム-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、アメリカシウム-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 (%)
P u - 238	2.9
P u - 239	55.3
P u - 240	26.3
P u - 241	12.5
P u - 242	3.0
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

45,000MW d / 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

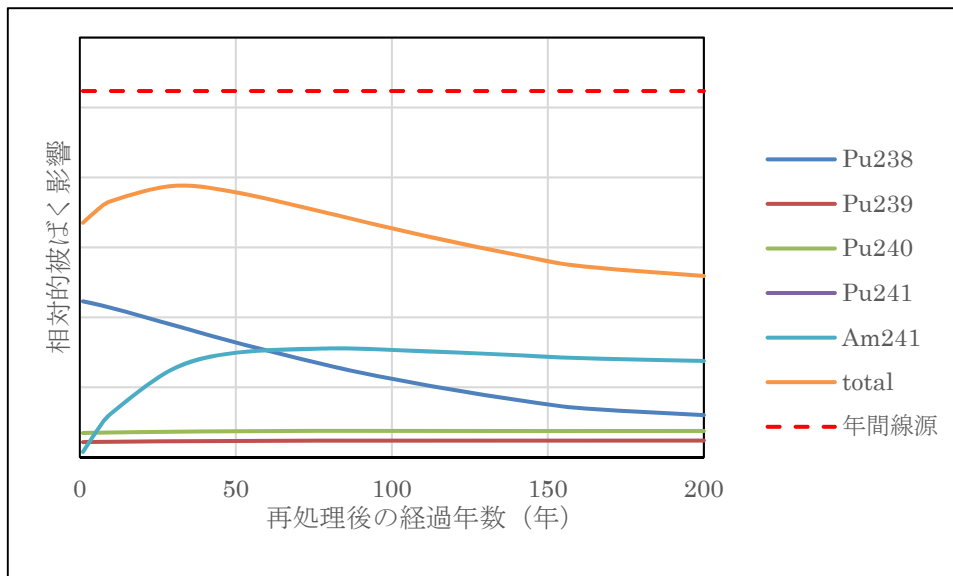
燃料タイプ	PWR
燃焼度	$45,000\text{MWd}/t \cdot U_{\text{pr}}$
比出力	$38\text{MW}/t \cdot U_{\text{pr}}$
初期ウラン濃縮度	$4.5\text{wt}\%$
照射後の冷却期間	15 年
再処理後の貯蔵期間	最大 200 年
ライブラリ	PWRU50

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 の影響を含めいている。



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。

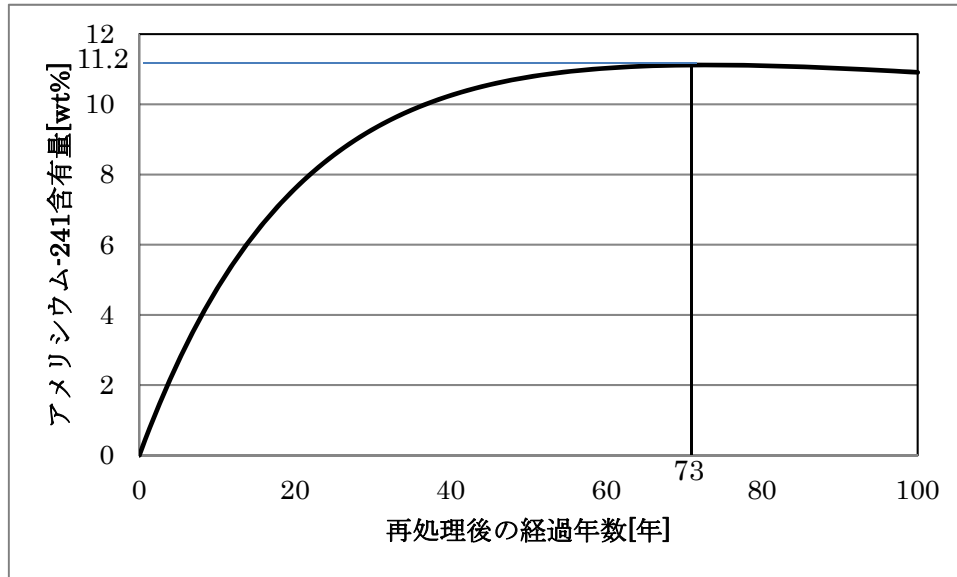
よって、安全評価燃料仕様設定条件の冷却期間を 4 年から 15 年に変更した場合においても、一般公衆被ばく(平常時)評価の組成に影響はない。

### 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

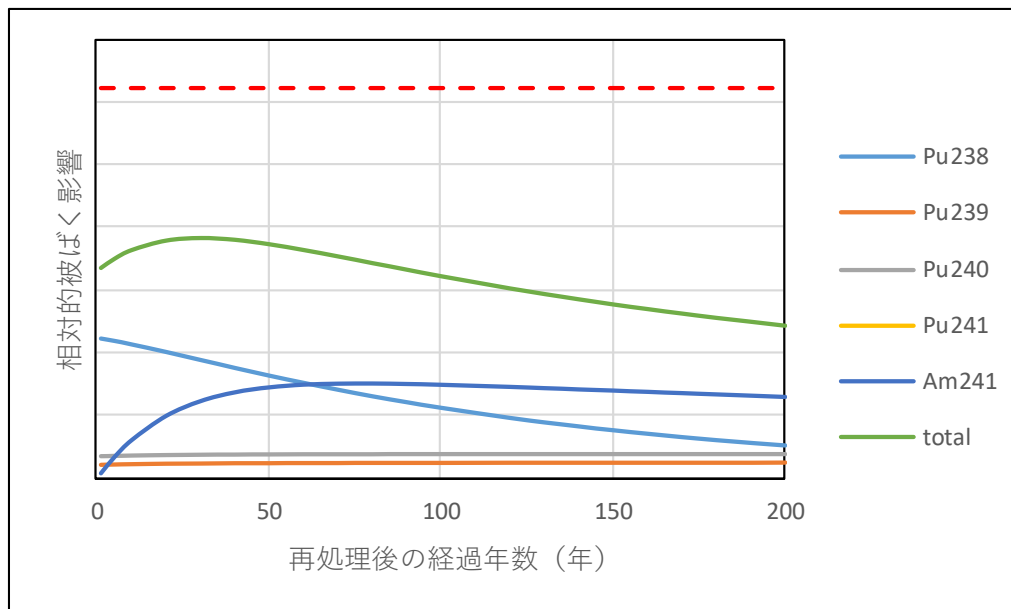
ここで、「再処理事業所 再処理事業指定申請書」における安全評価燃料仕様設定条件は以下のとおりである。

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、

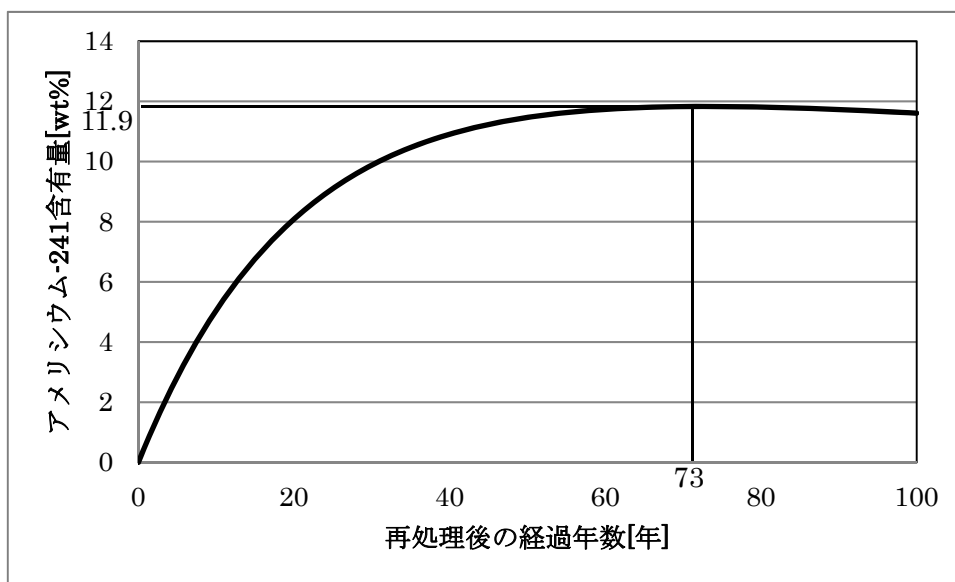
一般公衆被ばく(事故時)価評価の組成に影響はない。

#### 4.2 アメリカシウム-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。

アメリカシウム-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火災による閉じ込め機能の不全であり、被ばく線量は約 $3.0 \times 10^{-5}$  mSv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 $3.8 \times 10^{-5}$  mSvであり、アメリカシウム-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カシウム-241含有量の推移

## 5. 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” .