

【公開版】

提出年月日	令和2年2月26日	R4
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 22 条：重大事故等の拡大の防止等

目 次

1 章 基準適合性

1. 規則適合性

2. 重大事故等の拡大の防止等（要旨）

3. 重大事故の事象選定

4. 重大事故の同時発生，連鎖の想定

5. 重大事故等の対処に係るの有効性評価の基本的考え方

6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処

7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

8. 必要な要員及び資源の評価

1 章 基準適合性

令和2年2月26日 R 1

1. 規則適合性

目 次

1. 規則適合性

1. 1 適合のための設計方針

1. 2 有効性評価

1. 規則適合性

重大事故は、加工規則第二条の二において、設計上定める条件より厳しい条件の下において発生する事故であって、次に掲げるものとされている。

一 臨界事故

二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

これらに対して、「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。）第二十二条では、以下の要求がされている。

(重大事故等の拡大の防止等)

第二十二条 加工施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、重大事故の発生を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

2 プルトニウムを取り扱う加工施設は、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

3 プルトニウムを取り扱う加工施設は、重大事故が発生した場合において、プルトニウムを取り扱う加工施設を設置する工場又は事業所（以下この章において「工場等」という。）外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

(解釈)

- 1 第1項に規定する「必要な措置」とは、重大事故の発生を防止するための以下に掲げる条件を満たす措置をいう。
 - 一 重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合の条件等が適切に設定され、対策の内容が具体的かつ実行可能なものであること。
 - 二 重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合に、確実に機能するものであること。
 - 三 重大事故に至るおそれがある事故が発生した現場の作業環境を適切に評価し、対策を実施する放射線業務従事者の作業安全を確保できるものであること。「対策を実施する放射線業務従事者の作業安全を確保できるもの」には、六ふっ化ウラン (UF_6) を取り扱うウラン加工施設については、 UF_6 の漏えいに伴う作業環境（建物内外）への化学的影響を含む。
 - 四 臨界事故の発生を防止できるとともに、放射性物質の放出量を実行可能な限り低くすることができるものであること。
- 2 第2項に規定する「必要な措置」とは、以下に掲げる措置をいう。
 - 一 臨界事故が発生した場合において、未臨界に移行し、未臨界を維持し、当該事故の影響を緩和するために必要な措置
 - 二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失が発生した場合において、核燃料物質等の飛散又は漏えいを防止し、飛散又は漏えいした核燃料物質等を回収し、機能を回復するために必要な措置

3 第2項に規定する「必要な措置を講じたもの」について、以下に掲げる有効性評価を行うこと。

一 臨界事故について、「未臨界に移行し、及び未臨界を維持するための設備」及び「臨界事故の影響を緩和するための設備」が有効に機能するかどうかを確認すること。

二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失について、「核燃料物質等の飛散又は漏えいを防止し、飛散又は漏えいした核燃料物質等を回収するために必要な設備」及び「核燃料物質等を閉じ込める機能を回復するために必要な設備」が有効に機能するかどうかを確認すること。

4 上記3の有効性評価に当たっては、重大事故が単独で、同時に又は連鎖して発生することを想定して評価すること。ただし、類似の事象が2つ以上ある場合には、最も厳しい事象で代表させることができるものとする。

5 上記3の有効性評価に当たっての前提条件は以下に掲げる条件をいう。

一 評価に当たっての条件

評価に当たっては、作業環境（線量、アクセス性等を含む。）、資機材、作業員、作業体制等を適切に考慮すること。

二 事故発生条件

重大事故が単独で、同時に又は連鎖して発生することを想定するに当たっては、同一の室内にある等、同じ防護区画内（発生する事故により、他の設備及び機能に影響を及ぼしうる範囲）にある設備及び機器の機能喪失の同時発生の可能性について考慮すること。なお、関連性が認められない偶発的な同時発

生の可能性を想定する必要はない。

三 事象進展の条件

- ① 放射性物質の放出量は、事故の発生以降、事態が収束するまでの総放出量とする。
- ② 設備及び機器から飛散又は漏えいする放射性物質の量は、最大取扱量を基に設定する。
- ③ 臨界事故の発生が想定される場合には、取り扱う核燃料物質の組成（富化度）及び量、減速材の量、臨界事故継続の可能性及び最新の知見等を考慮し、適切な臨界事故の規模（核分裂数）が設定されていることを確認する。また、放射性物質及び放射線の放出量についても、臨界事故の規模に応じて適切に設定されていることを確認する。

6 上記3の有効性評価の判断基準は、作業環境（線量、アクセス性等を含む。）、電力量、冷却材量、資機材、作業員、作業体制等が適切に考慮されていることを確認した上で、以下に掲げることを満足すること。

一 臨界事故

- ① 未臨界に移行し、及び未臨界を維持すること。
- ② 臨界事故の影響を緩和できること。

二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

- ① 核燃料物質等の飛散又は漏えいを防止し、飛散又は漏えいした核燃料物質等を回収することができること。
- ② 核燃料物質等を閉じ込める機能を回復することができること。

7 第3項に規定する「放射性物質の異常な水準の放出を防止す

る」とは、上記3の有効性評価において、放射性物質の放出量がセシウム137換算で100テラベクレルを十分下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いことをいう。

8 上記7の「セシウム137換算」については、例えば、放射性物質が地表に沈着し、そこからのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊による吸入摂取による内部被ばくの50年間の実効線量を用いて換算することが考えられる。

1. 1 適合のための設計方針

加工規則第二条の二に定められる重大事故に対しては、対策を検討し、必要な設備、手順書、体制を整備し、それらの有効性を評価する。したがって、重大事故の想定箇所の特定として、重大事故の起因となる安全機能の喪失及びその同時発生の範囲、機能喪失後の事象進展、重大事故の発生規模並びに重大事故の同時発生の範囲を明確にすることが必要である。

重大事故の想定箇所の特定に当たっては、設計上定める条件より厳しい条件である以下の外的事象及び内的事象を要因とした場合の機能喪失の範囲を整理する。

(1) 外的事象

地震 : 基準地震動の1.2倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計としたもの以外は機能喪失する。

(2) 内的事象

① 動的機器の単一故障に加え、静的機器による発生防止機能が喪失する。

② 全交流電源の喪失が発生する。

③ 動的機器が多重故障（多重の誤作動，多重の誤操作を含む）により機能喪失する。

上記の設計上定める条件より厳しい条件により，重大事故の想定箇所を特定するとともに，それぞれの重大事故についての有効性評価の条件とする。

1. 2 有効性評価

特定された重大事故の想定箇所に対し，重大事故の発生防止対策及び重大事故の拡大防止対策が有効であることを示すため，評価項目を設定した上で，評価の結果を踏まえて，設備，手順及び体制の有効性を評価する。

有効性評価は，機能喪失の範囲，講じられる対策の網羅性及び生じる環境条件を基に，代表事例を選定し実施する。

また，重大事故等対策の有効性を確認するために設定する評価項目は，重大事故の特徴を踏まえた上で，重大事故の発生により，放射性物質の放出に寄与する重大事故のパラメータとし，重大事故等対策が講じられた際に大気中へ放出される放射性物質の放出量がセシウム-137 換算で 100 テラベクレルを十分下回るものであって，かつ，実行可能な限り低いことを確認する。

評価する重大事故等のパラメータは，以下に掲げることを達成するために必要なパラメータとする。

(1) 臨界事故

① 未臨界に移行し，及び未臨界を維持すること。

② 臨界事故の影響を緩和できること。

(2) 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

① 核燃料物質等の飛散又は漏えいを防止し，飛散又は漏えいした核燃料物質等を回収することができること。

② 核燃料物質等を閉じ込める機能を回復することができること。

「安全審査 整理資料 第 22 条：重大事故等の拡大の防止等」では、「3. 重大事故の事象選定」において、重大事故の想定箇所を特定する。「4. 重大事故の同時発生，連鎖の想定」においては重大事故の同時発生の範囲の特定及びその発生条件を整理する。

「5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方」において、有効性評価の基本的考え方を整理する。これらの整理された結果に対する重大事故等対策の有効性評価を 6. において実施する。

「6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処」では、3. で特定した重大事故ごとに、重大事故等対策の有効性評価を実施する。

「7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」では、6. の有効性評価の結果を基に、4. において特定された重大事故の同時発生の範囲に対して、重大事故が同時発生した場合の有効性評価を実施する。

「8. 必要な要員及び資源の評価」では、6. 及び 7. の有効性評価において明らかにした必要な要員及び資源を基に、重大事故等対策に付帯するその他の作業に必要な要員及び資源を考慮に加えた上で、外部からの支援を考慮せずとも、7 日間対処を継続できることを評価する。

上記の要旨を、「2. 重大事故等の拡大の防止等（要旨）」に整理する。

2. 重大事故等の拡大の防止等（要旨）

目 次

2. 重大事故等の拡大の防止等（要旨）

2. 1 重大事故の事象選定

2. 1. 1 重大事故の起因となる外的事象

2. 1. 2 重大事故の起因となる内的事象

2. 1. 3 重大事故の選定結果

2. 2 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処

2. 2. 1 火災による閉じ込める機能の喪失への対処

2. 2. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失への対処

2. 重大事故等の拡大の防止等（要旨）

2. 1 重大事故の事象選定

外部からの影響による機能喪失（以下「外的事象」という。）及び動的機器の故障，静的機器の損傷等による機能喪失（以下「内的事象」という。）に分けて設計上定める条件より厳しい条件による施設への影響を想定し，重大事故を選定した。

2. 1. 1 重大事故の起因となる外的事象

外的事象については安全機能を有する施設の設計において想定した地震，火山等の55の自然現象と，航空機落下，有毒ガス等の24の人為事象に対して

- ・発生頻度が極めて低い事象
- ・重大事故をひきおこす規模の事象が想定されない事象
- ・MOX燃料加工施設周辺では起こりえない事象
- ・設計基準を超える厳しい条件を施設に与えても重大事故の要因とならないことが明らかな事象

を除いた上で，設計基準を超える厳しい条件を施設に与えた場合に重大事故等の誘因となるおそれのある事象として地震を選定した。

2. 1. 2 重大事故の起因となる内的事象

内的事象としては，設計基準事故の想定において考慮した安全機能を有する動的機器の単一故障及び運転員の単一誤操作に対して，その条件を超える条件として，

- ・動的機器の単一の破損，故障，誤動作あるいは運転員による単一の誤操作に加え，静的な発生防止対策の機能喪失
- ・全交流電源の喪失
- ・動的機器の多重故障（多重の誤作動、多重の誤操作を含む）

を、設計上定める条件より厳しい条件とした。

2. 1. 3 重大事故の選定結果

上記のとおり、MOX燃料加工施設でMOXを取り扱う設備を対象に設計上定める条件より厳しい条件による重大事故への進展の可能性を網羅的に検討した。重大事故選定の結果は次のとおり。

(1) 臨界事故

検討の結果、設計上定める条件より厳しい条件を想定してもMOX燃料加工施設において臨界事故の発生は想定されない。このため、核燃料物質の集積を想定し、臨界事故の発生可能性を検討したが、MOX燃料加工施設においては臨界事故の発生は想定されない結果となった。

(2) 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失の選定

重大事故に至るおそれのある事故として、燃料加工建屋外への放出のおそれのある火災及び爆発を選定した。

2. 2 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処

2. 2. 1 火災による閉じ込める機能の喪失への対処

① 火災による閉じ込める機能の喪失の発生を防止するための措置

基準地震動を超える地震動の地震により、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内で火災が発生した場合、消火剤を供給し消火する。

② 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大を防止するための措置

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、給排気経路上に設置するダンパを閉止することにより、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずる。

2. 2. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失への対処

- ① 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生を防止するための措置
基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、焼結炉等における爆発が発生するおそれがあることから、再爆発による核燃料物質の飛散を防止するために、水素・アルゴン混合ガスの供給を遮断する。
- ② 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大を防止するための措置
基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、給排気経路上に設置するダンパを閉止することにより、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずる。

3. 重大事故の事象選定

目次

3. 重大事故の事象選定

3. 1 概要

3. 2 設計上定める条件より厳しい条件

3. 2. 1 外的事象

3. 2. 2 内的事象

3. 2. 3 設計上定める条件より厳しい条件の設定

3. 3 重大事故の選定

3. 3. 1 基本的考え方

3. 3. 2 重大事故の選定

3. 3. 2. 1 臨界事故の選定

3. 3. 2. 2 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失の選定

3. 3. 3 設計上定める条件よりさらに厳しい条件における臨 界の発生可能性の検討

3. 4 重大事故の事象選定結果

3. 重大事故の選定

3. 1 概要

重大事故は、核燃料物質の加工の事業に関する規則第二条の二において、設計上定める条件より厳しい条件の下において発生する事故であって、次に掲げるものとされている。

一 臨界事故

二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

これらの重大事故に対しては、対策を検討し、必要な設備、手順書、体制を整備し、それらの有効性を評価する。したがって、重大事故の事象選定として、設計上定める条件より厳しい条件により、どの安全機能が喪失した際に、どのように進展し、最終的に重大事故に至るかを明確にすることが必要である。

重大事故の事象選定に当たっては、安全機能を有する施設の設計において想定した設計条件より厳しい条件である外的事象及び内的事象を要因とした場合の機能喪失の範囲を整理し、重大事故とその想定箇所の検討を行った。

その際に、設計基準を超える厳しい条件として、外的事象（自然現象と故意によるものを除く人為事象）と内的事象及びそれらの重ねあわせを考慮した。

外的事象については、安全機能を有する施設の設計において想定した地震、火山等の 55 の自然現象と、航空機落下、有毒ガス等の 24 の人為事象に対して

- ・発生頻度が極めて低い事象
- ・重大事故をひきおこす規模の事象が想定されない事象
- ・MOX燃料加工施設周辺では起こりえない事象
- ・設計基準を超える厳しい条件を施設に与えても重大事故の要因とならないことが明らかな事象

を除いた上で、設計基準を超える厳しい条件を施設に与えた場合に重大事故等の要因となるおそれのある事象として、地震を選定する。それ以外の事象については重大事故に至るような機能喪失は発生せず、大気中に多量の放射性物質の放出に至ることはない。

地震の設計上定める条件より厳しい条件として、以下の機能喪失条件を設定する。

地震：基準地震動の 1.2 倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計としたもの以外は機能喪失する。

また、内的事象としては、設計基準事故の想定において考慮した動的機器の単一故障に対して、それぞれの条件を超える条件として、

- ・設計基準において想定した動的機器の単一故障に加え、静的機器による発生防止機能の喪失
 - ・全交流電源の喪失
 - ・独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器に対して、設備・機器の多重の破損、故障、誤動作あるいは運転員による繰り返しの誤操作による機能喪失
- を、設計上定める条件より厳しい条件とする。

また、異なる機能喪失の重ね合わせについては、

- ・内の事象については事象発生時に速やかに対処を行うことと、関連性の認められない偶発的な事象となるため、重ね合わせを考慮する必要はない。
- ・外的事象については、それぞれの事象の発生頻度が極めて低いことから重ね合わせはしない。
- ・内の事象と外的事象の重ね合わせについては、発生頻度が極めて低いこと、関連性が認められないことから重ね合わせはしない。

具体的には、「3.2 設計上定める条件より厳しい条件」において、重大事故の起因となる施設の損傷状態を想定し、「設計上定める条件より厳しい条件」を設定する。

上記のとおり定めた設計上定める条件より厳しい条件により、発生のおそれがある重大事故と想定箇所が特定される。

これらの重大事故の事象選定の考え方を「3.3 重大事故の選定」で具体化するとともに、「3.4 重大事故の事象選定結果」で、MOX燃料加工施設として想定する重大事故の事象選定結果を示す。

3. 2 設計上定める条件より厳しい条件

重大事故の起因となる事象は、外部からの影響による機能喪失（以下「外的事象」という。）及び動的機器の故障、静的機器の損傷等による機能喪失（以下「内的事象」という。）並びにそれらの重ね合わせを考慮し、設計上定める条件より厳しい条件を設定する。

3. 2. 1 外的事象

外部からの影響として考えられる自然現象及び人為事象（故意によるものを除く。）（以下「自然現象等」という。）に対して、設計基準においては想定する規模において安全上重要な施設の安全機能が喪失しない設計としている。

重大事故に至る可能性がある機能喪失又はその組合せを特定するためには、設計基準を超える規模の影響を施設に与えることで、安全機能の喪失を仮定する必要がある。

したがって、重大事故の起因となる安全機能の喪失の要因となる自然現象等を選定し、安全機能の喪失により考えられる施設の損傷状態を想定する。

(1) 検討の母集団

外部からの影響として、国内外の文献から抽出した自然現象等を対象とする。

(2) 自然現象等の発生及び規模の観点からの選定

(1)のうち、以下の基準のいずれにも該当しない自然現象等を、重大事故の起因となる外的事象として選定する。

基準 1 : 重大事故の起因となる機能喪失の要因となる事象の発生が想定されない

基準 1 - 1 : 事象の発生頻度が極めて低い

基準 1 - 2 : 事象そのものは発生するが、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる規模の発生が想定されない

基準 1 - 3 : MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない

基準 2 : 発生しても重大事故の起因となる機能喪失の要因となるような影響が考えられないことが明らか

自然現象に対する選定結果を第 3.2.1-1 表に、人為事象に関しての選定結果を第 3.2.1-2 表に示す。

選定の結果、地震を重大事故の起因となる機能喪失の要因となる可能性がある自然現象として選定する。

【補足説明資料 3-1】

【補足説明資料 3-2】

【補足説明資料 3-3】

【補足説明資料 3-13】

第3.2.1-1表 重大事故の起因となる外的事象（自然現象）の選定結果（1/3）

No.	自然現象	除外の基準 ^{注1}				除外する理由	要因 ^{注2}
		基準 1-1	基準 1-2	基準 1-3	基準 2		
1	地震	×	×	×	×		レ
2	地盤沈下	×	×	×	○	岩盤に支持されているため、地盤沈下によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
3	地盤隆起	×	×	×	○	岩盤に支持されているため、地盤隆起によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
4	地割れ	×	×	○	×	敷地内に地割れが発生した痕跡は認められない。また、耐震重要施設及び重大事故等対処施設を支持する地盤に将来活動する可能性のある断層は認められない。	—
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、敷地は標高約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	×	×	○	×	同上。	—
7	液状化現象	×	×	×	○	岩盤に支持されているため、液状化現象によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
8	泥湧出	×	×	○	×	泥湧出の誘因となる地割れが発生した痕跡は認められない。	—
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	×	○	×	×	計上考慮する津波から防護する施設は標高約50mから約55m及び海岸からの距離約4kmから約5kmの地点に位置していることから、MOX燃料加工施設に影響を及ぼす規模(>50m)の津波は発生しない。	—
12	静振	×	×	×	○	敷地周辺に尾駁沼及び鷹架沼があるが、MOX燃料加工施設は標高約55mに造成された敷地に設置するため、静振による影響を受けない。	—
13	高潮	×	×	×	○	高潮によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
14	波浪・高波	×	×	×	○	波浪・高波によりMOX燃料加工施設に影響を及ぼすことはない。	—
15	高潮位	×	×	×	○	高潮位によりMOX燃料加工施設に影響を及ぼすことはない。	—
16	低潮位	×	×	×	○	低潮位によりMOX燃料加工施設に影響を及ぼすことはない。	—
17	海流異変	×	×	×	○	海流異変によりMOX燃料加工施設に影響を及ぼすことはない。	—
18	風（台風）	×	○	×	×	「竜巻」の影響評価に包含される。	—
19	竜巻	×	○	×	×	機能喪失の誘因となる規模(>100m/s)の発生は想定されない。なお、降水との同時発生を考慮しても、竜巻による風圧力、飛来物の衝撃荷重が増長されることはない。	—
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。	—

第3. 2. 1-1表 重大事故の起因となる外的事象（自然現象）の選定結果（2/3）

No.	自然現象	除外の基準 ^{注1}				除外する理由	要因 ^{注2}
		基準 1-1	基準 1-2	基準 1-3	基準 2		
22	降水	×	○	×	×	過去の観測記録より、機能喪失の誘因となる規模（>300mm/h）の発生は想定されない。	—
23	洪水	×	×	○	×	MOX燃料加工施設は標高約 55mに造成された敷地に設置し、二又川は標高約 1～5 mの低地を流れているため、MOX燃料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	×	×	×	○	落雷は発生するが、MOX燃料加工施設の安全上重要な施設は燃料加工建屋内に全て設置する設計とし、その他の施設との計測制御ケーブル及び電力ケーブルを取り合わない設計とすることから、重大事故等の誘因になることは考えられない。	—
27	森林火災	×	×	×	○	森林火災が重大事故の起因となる機能喪失の要因となることは考えられない。	—
28	草原火災	×	×	×	○	草原火災が重大事故の起因となる機能喪失の要因となることは考えられない。	—
29	高温	×	○	×	×	過去の観測記録より、重大事故等の誘因となる規模（>50℃）の高温は発生が想定されない。	—
30	凍結	×	○	×	×	重大事故等の起因となる規模（<-40℃）の低温は発生が想定されない。	—
31	氷結	×	×	×	○	二又川の氷結は、重大事故等の誘因になることは考えられない。	—
32	氷晶	×	×	×	○	氷晶によるMOX燃料加工施設への影響は考えられない。	—
33	氷壁	×	×	×	○	二又川の氷壁は、重大事故等の誘因になることは考えられない。	—
34	高水温	×	×	×	○	河川の温度変化によるMOX燃料加工施設への影響はない。	—
35	低水温	×	×	×	○	同上	—
36	干ばつ	×	×	×	○	干ばつによるMOX燃料加工施設への影響は考えられない。	—
37	霜	×	×	×	○	霜によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
38	霧	×	×	×	○	霧によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
39	火山の影響	×	×	×	○	火山の影響が重大事故の起因となる機能喪失の要因となることは考えられない。	—
40	熱湯	×	×	○	×	敷地周辺に熱湯の発生源はない。	—
41	積雪	×	×	×	○	積雪が重大事故の起因となる機能喪失の要因となることは考えられない。	—
42	雪崩	×	×	○	×	周辺の地形から雪崩は発生しない。	—
43	生物学的事象	×	×	○	×	敷地内に農作物はなく、昆虫類が大量に発生することは考えられない。	—

第3, 2, 1-1表 重大事故の起因となる外的事象（自然現象）の選定結果（3/3）

No.	自然現象	除外の基準 ^{注1}				除外する理由	要因 ^{注2}
		基準 1-1	基準 1-2	基準 1-3	基準 2		
44	動物	×	×	×	○	動物によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
45	塩害	×	○	×	×	屋外の受電閉閉設備の碍子部分の絶縁を保つために洗浄が行える設計としており、塩害による影響は機能喪失の誘因とはならない。	—
46	隕石	○	×	×	×	隕石の衝突は、極低頻度な事象である。	—
47	陥没	×	×	×	○	岩盤に支持されているため、陥没によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
48	土壌の収縮・膨張	×	×	×	○	岩盤に支持されているため、土壌の収縮・膨張によりMOX燃料加工施設が影響を受けることはない。	—
49	海岸浸食	×	×	×	○	MOX燃料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、MOX燃料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	海氷による川の閉塞	×	×	×	○	二又川の海氷による閉塞は、重大事故等の誘因となることは考えられない。	—
53	湖若しくは川の水位降下	×	×	×	○	湖若しくは川の水位降下によるMOX燃料加工施設への影響は考えられない。	—
54	河川の流路変更	×	×	○	×	敷地近傍の二又川は谷を流れており、河川の流路変更は考えられない。	—
55	毒性ガス	×	×	○	×	敷地周辺には毒性ガスの発生源はない。	—

注1：除外の基準は、以下のとおり。

基準1-1：事象の発生頻度が極めて低い

基準1-2：事象そのものは発生するが、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる規模の発生が想定されない

基準1-3：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない

基準2：発生しても重大事故の起因となる機能喪失の要因となるような影響が考えられない

○：基準に該当する

×：基準に該当しない

注2：重大事故の起因となる機能喪失の要因に関しては、以下のとおり。

レ：重大事故の起因となる機能喪失の要因となる

一：重大事故の起因となる機能喪失の要因にならない

第3.2.1-2表 重大事故の起因となる外的事象（人為現象）の選定結果（1/3）

No.	人為事象	除外の基準 ^{注1}				除外する理由	要因 ^{注2}
		基準 1-1	基準 1-2	基準 1-3	基準 2		
1	船舶事故による油流出	×	×	×	○	MOX燃料加工施設は、海岸から約5km離れており影響を受けない。	—
2	船舶事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	×	○	MOX燃料加工施設は、海岸から約5km離れており影響を受けない。	—
3	船舶の衝突	×	×	×	○	MOX燃料加工施設は、海岸から約5km離れており影響を受けない。	—
4	航空機落下（衝突，火災）	○	×	×	×	航空機落下（衝突，火災）は極低頻度である。	—
5	鉄道事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	○	×	敷地周辺には鉄道路線がない。	—
6	鉄道の衝突	×	×	○	×	敷地周辺には鉄道路線がない。	—
7	交通事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	×	○	喪失時に重大事故等の起因になり得る安全機能を有する施設は、幹線道路から400m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、安全機能を有する施設へ直接被水することではなく、また硝酸の反応により発生するNO _x 及び液体二酸化窒素から発生するNO _x は気体であるため、当該安全機能に影響を及ぼすことは考えられない。	—
8	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、施設は敷地外からの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ず、重大事故等の誘因とはなることは考えられない。	—
9	爆発	×	×	○	×	爆発源となり得る敷地内の水素ボンベ及びプロパンボンベを設置する建屋並びにMOX燃料加工施設の高圧ガストレーラ庫は、可燃性ガスが漏えいしたとき滞留しないような構造とするため、爆発に至ることはない。	—
10	工場事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	○	○	敷地内での工事は十分管理されることからMOX燃料加工施設に影響を及ぼすような工事事故の発生は考えられない。また、敷地外での工事は敷地境界からMOX燃料加工施設まで距離があることから、MOX燃料加工施設への影響はない。	—
11	鉱山事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	○	×	敷地周辺には、爆発，化学物質の漏えいを起こすような鉱山はない。	—

第3. 2. 1-2表 重大事故の起因となる外的事象（人為現象）の選定結果（2/3）

No.	人為事象	除外の基準 ^{注1}				除外する理由	要因 ^{注2}
		基準 1-1	基準 1-2	基準 1-3	基準 2		
12	土木・建築現場の事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	○	○	敷地内での土木・建築工事は十分管理されることからMOX燃料加工施設に影響を及ぼすような工事事故の発生は考えられない。また，敷地外での土木・建築現場の事故は敷地境界からMOX燃料加工施設まで距離があることから，MOX燃料加工施設への影響はない。	—
13	軍事基地の事故 （爆発，化学物質の漏えい）	×	×	×	○	三沢基地は敷地から約28km離れており影響を受けない。	—
14	軍事基地からの飛来物 （航空機を除く）	○	×	×	×	軍事基地からの飛来物は，極低頻度な事象である。	—
15	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が閉止されることから，火災の発生は想定しにくい。	—
16	敷地内における化学物質の漏えい	×	×	×	○	敷地内に搬入される化学物質が運搬時又は受入れ時に漏えいした場合にも，安全機能を有する施設へ直接被水することはなく，また硝酸の反応により発生するNO _x 及び液体二酸化窒素から発生するNO _x は気体であるため，当該安全機能に影響を及ぼすことは考えられない。	—
17	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。	—
18	ダムの崩壊	×	×	○	×	敷地の周辺にダムはない。	—
19	電磁的障害	×	×	×	○	人為的な電磁波による電磁的障害に対しては，日本工業規格に基づいたノイズ対策及び電氣的・物理的独立性を持たせることから，重大事故等の誘因になることは考えられない。	—
20	掘削工事	×	×	×	○	敷地内での工事は十分管理されること及び敷地外での工事は敷地境界からMOX燃料加工施設まで距離があることから，MOX燃料加工施設に影響を及ぼすような掘削工事による重大事故等の発生は考えられない。	—
21	重量物の落下	×	○	×	×	重量物の取扱いは十分に管理されることから，MOX燃料加工施設に影響を及ぼすような規模の重量物の落下は考えられない。	—
22	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。	—
23	近隣工場等の火災	×	×	×	○	最も影響の大きいむつ小川原国家石油備蓄基地の火災（保有する石油の全量燃焼）を考慮しても，MOX燃料加工施設の安全機能に影響がないことから，重大事故等の誘因になることは考えられない。	—

第3.2.1-2表 重大事故の起因となる外的事象（人為現象）の選定結果（3/3）

No.	人為事象	除外の基準 ^{注1}				除外する理由	起因 ^{注2}
		基準 1-1	基準 1-2	基準 1-3	基準 2		
24	有毒ガス	×	×	×	○	有毒ガスがMOX燃料加工施設へ直接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1-1：事象の発生頻度が極めて低い

基準1-2：事象そのものは発生するが、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる規模の発生が想定されない

基準1-3：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない

基準2：発生しても重大事故の起因となる機能喪失の要因となるような影響が考えられない

○：基準に該当する

×：基準に該当しない

注2：重大事故の起因となる機能喪失の要因に関しては、以下のとおり。

レ：重大事故の起因となる機能喪失の要因となる

一：重大事故の起因となる機能喪失の要因にならない

以上より、外的事象により想定される設計上定める条件より厳しい条件として「基準地振動を超える地震動による地震による機能喪失」を選定することにより、重大事故等を特定することができる。

3. 2. 2 内の事象

(1) 設計基準における想定

MOX燃料加工施設は外的事象により安全機能が損なわれない ように設計することから、外的事象は設計基準事故の起因になることはなく、このため内の事象として、安全機能を有する動的機器の単一故障及び運転員の単一誤操作を想定し、設計基準事故を選定した。

(2) 重大事故の起因として想定する内の事象

(1)で整理した設計基準において、安全機能を有する動的機器の単一の破損、故障、誤動作及び運転員の単一誤操作を想定したことを踏まえ、設計基準としては喪失を想定していない安全機能を喪失させる又は設計基準事故の規模を拡大させる条件として、静的機器の損傷、動的機器の多重故障及び全交流電源の喪失を以下のとおり想定する。

a. 静的機器の損傷

設計基準において想定した動的機器の単一故障に加え、静的機器による発生防止機能が喪失することを想定する。

b. 動的機器の機能喪失

(a) 全交流電源の喪失

外部電源の喪失に加え、非常用所内電源設備の機能喪失による、全交流電源の喪失を想定する。

(b) 多重故障

単一故障を超える条件として、独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器に対して、設備・機器の多重の破損、故障、誤動作あるいは運転員による

繰り返しの誤操作による機能喪失を想定する。

設計基準における想定及び重大事故の起因として想定する機能喪失より厳しい条件を第3. 2. 2. - 1表に示す。

第3. 2. 2 - 1表 設計基準及び重大事故の起因として想定する機能喪失

	設計基準において想定する機能喪失	重大事故の起因として想定する機能喪失
静的機器の損傷	—	動的機器の単一故障 + 静的機器による発生防止機能の喪失
動的機器の機能喪失	—	全交流電源喪失
	動的機器の単一故障	同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の多重故障

内的事象に関しては、設計基準における機能喪失を超えるものとして重大事故の起因として想定する内的事象を定めていることから、この具体的な機能喪失の想定が「設計上定める条件より厳しい条件」の想定となる。

「設計上定める条件より厳しい条件」については、3. 2. 3. にて具体化する。

3. 2. 3 設計上定める条件より厳しい条件の設定

前項までにおいて想定した，設計基準の想定を超える規模の外的事象と内的事象について，想定される機能喪失の状況を詳細化するとともに，機能喪失を想定する対象設備，同時に機能喪失を想定する範囲を明確にすることで，それぞれの外的事象及び内的事象における機能喪失の状態を「設計上定める条件より厳しい条件」として設定することにより，重大事故の想定箇所を特定するとともに，それぞれの重大事故についての有効性評価の条件とする。

(1) 外的事象

a. 地震による機能喪失

(a) 発生する外力の条件

基準地震動を超える地震動の地震を想定する。

(b) 発生する外力と施設周辺の状況

地震により加速度が発生する。地震による加速度は，敷地内外を問わず，周辺の設備に対しても一様に加わる。したがって，送電線の鉄塔が倒壊することにより外部電源が喪失する。

(c) 影響を受ける設備

全ての設備の安全機能について，外力の影響により喪失の可能性がある。

(d) 外力の影響により喪失する機能

基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計により維持する静的な機能は，地震の外力（加速度）による機能喪失を想定しない。これら以外の静的な機能は，全て機能を喪失する（地震の加速度により，機器が損傷し，機能を

喪失する)。ただし、基準地震動による地震力に対して概ね弾性範囲にとどまるように設計するグローブボックスについては、地震により当該グローブボックスが一部損傷したとしても、多量の放射性物質が漏えいするおそれはない。また、耐震重要度分類をSクラスとしているグローブボックスに対して、波及的影響を及ぼさないようにするために、グローブボックス内及びグローブボックス外の機器について、地震時に転倒及び落下によりグローブボックスの安全機能に波及的影響を及ぼさないようにするために、基準地震動による地震力に対して概ね弾性範囲にとどまるように設計することから、基準地震動を超える地震動の地震時においても転倒及び落下しない。

動的機器については、動力源、制御部、駆動部といった多くの設備から構成される動的機器に対しては、機能喪失を想定する。

(e) 外力による機能喪失からの波及による機能喪失影響を受ける設備

外部電源の喪失に加えて、非常用所内電源設備が機能喪失することにより、蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する機器以外の動的機器は全て機能喪失に至るものとする。

(f) 外力による機能喪失からの波及による機能喪失影響を受ける設備

基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計により維持する機能に該当しない静的な機能の喪失により、溢水

が発生することに加え，基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計により維持する機能に該当しない静的な機能は，継続して機能喪失を想定する。

(2) 内の事象

a. 動的機器の多重故障，多重誤作動，多重誤操作

(a) 動的機器の多重故障

独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器に対して，全台の故障により，当該機器が有する動的機能の喪失を想定する。

その結果，動力源（電源等）が喪失する場合は，それら
が供給されることで機能を果たす動的機器の動的機能も同
時に喪失を想定する。

上記以外の動的機器については，互いに関連性がない動的機器が同時に多重故障に至るとは考えにくいことから同時に機能を喪失しない。また，動的機器の多重故障は，静的機器の損傷の起因にはならないことから，静的機器の機能喪失は想定しない。

(b) 動的機器の多重誤作動

独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器に対して多重誤作動を想定する。その際，互いに関連性がない動的機器が同時に多重誤作動に至るとは考えにくいことから多重誤作動の重ね合わせは考慮しない。具体的には，異常の拡大防止及び影響緩和機能（MS）を担保する安全上重要な施設の動的機能と，安全上重要な

施設の異常の発生防止機能（P S）が同時に機能喪失に至ることは多重誤作動の重ね合わせとなることから想定しない。

(c) 多重誤操作

安全上重要な施設が担う機能に関する運転員の単一の「行為」について、多重誤操作を想定する。その際、確認を複数名で行っていたとしても、誤った操作をすることを想定する。複数の行為において、連続して複数名が誤操作することは考えにくいため、多重誤操作の重ね合わせは考慮しない。

b. 静的機器による発生防止機能の喪失

動的機器の単一故障に加え、静的機器による発生防止機能の喪失を想定する。

c. 全交流電源の喪失

外部電源の喪失時に、非常用所内電源設備が多重故障により起動しないことを想定する。このため、電源により駆動する動的機器の動的機能は、蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する機器以外の動的機器は全て機能喪失を想定する。当該機器が電源以外で駆動する場合であっても、その駆動源を供給する機器が電源を要する場合には、機能喪失を想定する。

動的機器自体の故障は想定されないことから、非常用所内電源設備の復旧までの間に外部電源が回復する又は喪失した電源を代替することにより、動的機器は対処において期待することができ

る。また、全ての静的機能は維持される。

(3) 外的事象及び内的事象の同時発生

外的事象及び内的事象のそれぞれの同時発生又は外的事象と内的事象の同時発生について確認する。

内的事象の発生時は速やかに対処を行い設計上定める条件より厳しい条件と重なることはないことと、関連性の認められない偶発的な事象となるため、同時発生を考慮する必要はない。

外的事象については、それぞれの事象の発生頻度が極めて低いことから、同時発生を考慮する必要はない。

内的事象と外的事象の同時発生は、発生頻度が極めて低いこと、関連性が認められないことから、同時発生を考慮する必要はない。

以上より、外的事象及び内的事象をそれぞれ考慮することにより、適切に重大事故等を選定することが可能である。

【補足説明資料 3-12】

(4) 設計上定める条件より厳しい条件のまとめ

上記の検討より、設計上定める条件より厳しい条件として、外的事象と内的事象のそれぞれについて、機能喪失を想定する対象設備、また同時に機能喪失を想定する範囲を以下のとおり設定する。

a. 外的事象

基準地震動を超える地震動の地震を想定する。常設の動的機器と交流電源の機能は復旧に時間を要することが想定され

ることから全て喪失する。常設の静的機器の機能は、基準地震動の 1.2 倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計としたもの以外は機能喪失する。

b. 内の事象

静的機器の損傷として、設計基準において想定した動的機器の単一故障に加え、静的機器による発生防止機能が喪失することを想定する。

動的機器の機能喪失のうち全交流電源の喪失として、外部電源の喪失に加え、非常用所内電源設備の機能喪失を想定する。

動的機器の機能喪失のうち動的機器の多重故障として、独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器に対して、設備・機器の多重の破損、故障、誤動作あるいは運転員による繰り返しの誤操作による機能喪失を想定する。

3. 3 重大事故の選定

3. 3. 1 基本的考え方

重大事故は、加工規則にて、臨界事故、核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失、の2つが定められている。

重大事故を選定するにあたり、以下の考え方により重大事故の発生可能性を検討する。

(1) 重大事故の起因となり得る機能喪失の条件

設計基準事故の選定にあたっては、安全機能を有する動的機器の単一故障及び運転員の単一誤操作を想定し、設計基準事故を選定した。

このとき異常事象として以下のとおり分類し、MOX燃料加工施設において核燃料物質を取り扱う機器を対象に、網羅的に事故への進展の可能性を検討した。

なお、①から⑧はグローブボックス等の閉じ込めに関する異常事象、⑨から⑫は混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の閉じ込めに関する異常事象である。

①内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）

②内部発生飛散物の飛散（重量物落下）

③機器の逸走

④崩壊熱による温度上昇

⑤火災

⑥グローブボックス及びスタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失

⑦焼結炉及び小規模焼結処理装置への空気混入

⑧焼結炉及び小規模焼結処理装置の負圧維持機能の喪失

- ⑨内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）
- ⑩内部発生飛散物の飛散（重量物落下）
- ⑪燃料棒と機器の干渉
- ⑫混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の落下
- ⑬核燃料物質の誤搬入による臨界

重大事故の起因となる事象の選定においては、これらの分類に基づき、MOX燃料加工施設において核燃料物質を取り扱う機器を対象に、設計上定める条件より厳しい条件による重大事故への進展の可能性を網羅的に検討する。

本検討にあたり想定する設計上定める条件より厳しい条件は3. 2. 1, 3. 2. 2. 及び3. 3. 3で選定した以下のとおりとする。

外的事象：基準地震動を超える地震動による地震による機能喪失

内的事象①：動的機器の単一の破損，故障，誤動作あるいは運転員による単一の誤操作に加え，静的な発生防止対策の機能喪失

内的事象②：全交流電源の喪失

内的事象③：独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器に対する機器の多重の破損，故障，誤動作あるいは運転員による多重の誤操作による機能喪失

3. 3. 2 重大事故の選定

3. 3. 2. 1 臨界事故の選定

検討の結果、設計上定める条件より厳しい条件を想定してもMOX燃料加工施設において臨界事故の発生は想定されない。このため、3. 3. 3において、核燃料物質の集積を想定し、臨界事故の発生可能性を検討する。

3. 3. 2. 2 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失の選定

「安全審査 整理資料 第15条 設計基準事故の拡大の防止」のとおり、設計基準事故としての閉じ込め機能の不全の選定においては、各工程の特徴を考慮し、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設備・機器の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作により発生する事象を想定し、その中で閉じ込め機能の不全に至るおそれのある異常事象として12事象を抽出した。

また、閉じ込め機能の不全の設計基準事故を選定する際には、MOX燃料加工施設では核燃料物質は主に地下階で取り扱うこと、燃料加工建屋外に多量の放射性物質が放出するためには地下階から地上階へと上昇する駆動力が必要となること及び駆動力による燃料加工建屋外への放出に至る場合の核燃料物質の形態については、粉末状態であること又はペレットが粉砕され粉末状態になることが必要であることを、MOX燃料加工施設の特徴として考慮した。

重大事故の選定においても、設計基準事故の選定と同様にMOX燃料加工施設の特徴を踏まえた上で、設計基準事故の選定

において抽出した各異常事象の想定に対して、設計上定める条件より厳しい条件を設定した場合に、燃料加工建屋外に多量の放射性物質の放出に至るおそれのある事故への進展の可能性がある事象を、核燃料物質等の閉じ込める機能の喪失として重大事故として選定する。

ただし、外的事象の地震については、基準地震動の 1.2 倍の地震動を考慮していない設備は地震により機能喪失に至るおそれがあるが、本整理においては、これらを考慮せずに、各異常事象が地震による機能喪失によりどのように進展する可能性があるかについて整理する。

【補足説明資料 3 - 4】

(1) 各異常事象への設計上定める条件より厳しい条件の設定と重大事故への進展の有無

a. 内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）

過電流が発生し、電力を駆動源とする回転機器が過回転することにより回転機器の回転羽根が損壊して飛散し、グローブボックス等に衝突した場合、グローブボックス等の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により過電流は発生しないため、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(b) 静的機器の損傷の場合

過電流の発生防止に係る静的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

回転機器の電源喪失により機器の運転が停止するため、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

過電流の発生防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

b. 内部発生飛散物の飛散（重量物落下）

重量物を取り扱う設備・機器に故障又は誤動作が発生し、取り扱う重量物が落下して飛散し、グローブボックス等に衝突した場合、グローブボックス等の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により重量物の落下防止機構、転倒防止機構が損傷することにより重量物が落下し、グローブボックス等に衝突することによりグローブボックス等が閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし、グローブボックス等が破損したとしても、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

重量物の落下防止機構，転倒防止機構が損傷することにより重量物が落下し，グローブボックス等に衝突することによりグローブボックス等が閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし，グローブボックス等が破損したとしても，MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため，重大事故に選定しない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

重量物を取り扱う機器は，電源喪失時も取扱中の重量物を保持する設計であることから，閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

重量物落下の発生防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため，設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

内部発生飛散物の飛散（重量物の落下）は，設計上定める条件より厳しい条件を想定しても，重大事故への進展はない。

c. 機器の逸走

グローブボックス内の設備・機器が誤動作によりグローブボックス等に衝突した場合，グローブボックス等の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により機器の逸走防止機構が損傷することにより，

機器がグローブボックス等に衝突することによりグローブボックス等が閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし、グローブボックス等が破損したとしても、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

機器の逸走防止機構が損傷することにより、機器がグローブボックス等に衝突することによりグローブボックス等が閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし、グローブボックス等が破損したとしても、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

機器の運転が停止するため、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

機器の逸走防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

機器の逸走は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

d. 崩壊熱による温度上昇

(a) 地震の場合

地震によりグローブボックス排風機が機能喪失したとし

ても、崩壊熱によるグローブボックスパネルの損傷によりグローブボックスの閉じ込める機能の喪失に至るまでに1週間以上を要することから、崩壊熱によるグローブボックスの損傷はない。

【補足説明資料3-14】

(b) 静的機器の損傷の場合

崩壊熱による温度上昇の発生防止に係る静的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

グローブボックス排風機が機能喪失したとしても、崩壊熱によるグローブボックスパネルの損傷によりグローブボックスの閉じ込める機能の喪失に至るまでに1週間以上を要することから、崩壊熱によるグローブボックスの損傷はない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

安全上重要な施設であるグローブボックス排風機が機能喪失したとしても、崩壊熱によるグローブボックスパネルの損傷によりグローブボックスの閉じ込める機能の喪失に至るまでに1週間以上を要することから、崩壊熱によるグローブボックスの損傷はない。

(e) まとめ

崩壊熱による温度上昇は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

e. 火災

火災が発生し、火災がグローブボックスに延焼した場合、グローブボックスの閉じ込め機能の不全に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により可燃性物質を収納する容器等から可燃性物質が漏えいし、ケーブルの断線等により着火源が発生し、さらにグローブボックス内が窒素雰囲気であるとしても、窒素循環設備の機能喪失によりグローブボックス内が空気雰囲気となることが想定されることから、火災により閉じ込める機能の喪失が発生することを想定する。

(b) 静的機器の損傷の場合

動的機器の単一故障として、過電流の発生によるケーブルの損傷による着火源が発生することを想定する。これに加えて、静的機器の損傷の想定として、グローブボックス内に可燃性物質がある場合、可燃性物質を収納する容器等から可燃性物質が漏えいすることを想定する。しかし、グローブボックス内が窒素雰囲気である場合は火災が発生しない。

なお、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以外においては、グローブボックス内で火災が発生したとしても、核燃料物質の取扱形態がペレットであること又は核燃料物質の取扱量が少量であることから、重大事故として選定しない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

電源の喪失により着火源が排除されることから、火災は発生せずグローブボックスの損傷はない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

火災の発生防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

火災は、設計上定める条件より厳しい条件を想定した場合、地震の場合、重大事故へ進展する可能性がある。

f. グローブボックス及びスタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失

グローブボックス及びスタック乾燥装置はグローブボックス排風機の連続運転によって負圧に維持しているが、グローブボックス排風機の停止、グローブボックス内への過圧、排気経路の閉塞により負圧維持機能を喪失した場合、グローブボックス及びスタック乾燥装置の閉じ込め機能の不全に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震によりグローブボックス排風機の機能喪失によりグローブボックス及びスタック乾燥装置の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがあるが、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

負圧維持機能の喪失の発生防止に係る静的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

電源の喪失によるグローブボックス排風機の停止によりグローブボックス及びスタック乾燥装置の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがあるが、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

安全上重要な施設であるグローブボックス排風機の機能喪失によりグローブボックス及びスタック乾燥装置の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがあるが、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(e) まとめ

負圧維持機能の喪失は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

g. 焼結炉及び小規模焼結処理装置への空気混入

焼結炉等の温度制御機器に異常が発生し、過加熱状態となった場合、焼結炉等の炉体が損傷し、炉内に空気が混入して爆発に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により過加熱防止回路が機能喪失し、温度制御機器の誤動作により焼結炉等の温度が上昇し、熱により炉体接続部が損傷することで炉内に空気が混入して爆発し、閉じ込める機能の喪失に至るおそれがあることから、重大事故として選定する。

(b) 静的機器の損傷の場合

炉内への空気混入の防止に係る静的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

電源の喪失により加熱が停止するため、炉内への空気混入はなく爆発は発生しない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

安全上重要な施設である過加熱防止回路が機能喪失しても、炉内の温度は一定であることから、炉内への空気混入はなく爆発は発生しない。

(e) まとめ

焼結炉及び小規模焼結処理装置への空気混入は、設計上定める条件より厳しい条件を想定した場合、地震の場合、重大事故へ進展する可能性がある。

h. 焼結炉及び小規模焼結処理装置の負圧維持機能の喪失

焼結炉等は、グローブボックス排風機の連続運転に加え、排ガス処理装置の補助排風機又は小規模焼結炉排ガス処理装置の補助排風機（以下「排ガス処理装置等の補助排風機」という。）の運転によって、焼結炉等の運転時は炉体内部を負圧に維持するが、負圧維持機能を喪失した場合、焼結炉等の閉じ込め機能の不全に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により排ガス処理装置等の補助排風機の機能喪失により焼結炉等の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある

が、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する
駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

負圧維持機能の喪失の発生防止に係る静的機器はないた
め、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

電源の喪失による排ガス処理装置等の補助排風機の停止
により焼結炉等の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある
が、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出す
る駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

安全上重要な施設である排ガス処理装置等の補助排風機
の機能喪失により焼結炉等の閉じ込める機能の喪失に至る
おそれがあるが、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物
質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(e) まとめ

負圧維持機能の喪失は、設計上定める条件より厳しい条
件を想定しても、重大事故への進展はない。

i. 内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）

過電流が発生し、電力を駆動源とする回転機器が過回転す
ることにより回転機器の回転羽根が損壊して飛散し、混合酸
化物貯蔵容器又は燃料棒に衝突した場合、混合酸化物貯蔵容
器又は燃料棒の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により過電流は発生しないため、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(b) 静的機器の損傷の場合

過電流の発生防止に係る静的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

回転機器の電源喪失により機器の運転が停止するため、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

過電流の発生防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

内部発生飛散物の飛散（回転羽根の損壊）は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

j. 内部発生飛散物の飛散（重量物落下）

重量物を取り扱う設備・機器に故障又は誤動作が発生し、取り扱う重量物が落下して飛散し、混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒に衝突した場合、混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒の閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により重量物の落下防止機構、転倒防止機構が損傷することにより重量物が落下し、混合酸化物貯蔵容器又は

燃料棒に衝突することによりグローブボックス等が閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし、混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が破損したとしても、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

重量物の落下防止機構、転倒防止機構が損傷することにより重量物が落下し、混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒に衝突することにより混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし、混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が破損したとしても、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

重量物を取り扱う機器は、電源喪失時も取扱中の重量物を保持する設計であることから、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

重量物落下の発生防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

内部発生飛散物の飛散（重量物の落下）は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

k. 燃料棒と機器の干渉

燃料棒の引き込みを行う機器においては、機器の誤動作により燃料棒と機器が干渉することにより燃料棒が破損し、閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により機器と燃料棒が干渉し、燃料棒が破損することにより閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし、燃料棒が破損したとしても、MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため、重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

燃料棒と機器の干渉防止に係る静的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

機器の運転が停止するため、閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

燃料棒と機器の干渉防止に係る安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

燃料棒と機器の干渉は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

1. 混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の落下

混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が落下した場合，混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が破損し，閉じ込め機能の不全に至るおそれがある。

(a) 地震の場合

地震により混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒の落下防止機構，転倒防止機構が損傷することにより混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が落下し，閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし，混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が破損したとしても，MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため，重大事故に選定しない。

(b) 静的機器の損傷の場合

混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒の落下防止機構，転倒防止機構が損傷することにより重量物が落下し，閉じ込める機能の喪失に至るおそれがある。しかし，混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒が破損したとしても，MOX燃料加工施設外へ多量の放射性物質を放出する駆動力がないため，重大事故に選定しない。

(c) 全交流電源の喪失の場合

混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒を取り扱う機器は，電源喪失時も取扱中の混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒を保持する設計であることから，閉じ込める機能の喪失には至らない。

(d) 動的機器の多重故障の場合

混合酸化物貯蔵容器又は燃料棒の落下の発生防止に係る

安全上重要な施設の動的機器はないため、設計上定める条件より厳しい条件は想定されない。

(e) まとめ

混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の落下は、設計上定める条件より厳しい条件を想定しても、重大事故への進展はない。

(2) 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失の選定

(1)の結果、MOX燃料加工施設における核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失として、基準地震動を超える地震動の地震により発生する以下の事象を選定する。

a. 火災による閉じ込める機能の喪失

火災による閉じ込める機能の喪失として、基準地震動を超える地震動の地震により、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のうち、可燃性物質である潤滑油を有する機器を設置するグローブボックスを、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスとして特定する。

このため、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内で発生する火災を、重大事故として選定する。重大事故の起因となる火災源を有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Aグローブボックス
- ・プレス装置A（プレス部）グローブボックス
- ・添加剤混合装置Bグローブボックス
- ・プレス装置B（プレス部）グローブボックス

b. 爆発による閉じ込める機能の喪失

爆発による閉じ込める機能の喪失として、基準地震動を超える地震動の地震により、焼結炉等内で発生する爆発を、重大事故として選定する。爆発による閉じ込める機能の喪失が発生する機器は以下のとおりである。

- ・焼結炉A
- ・焼結炉B
- ・焼結炉C
- ・小規模焼結処理装置

3. 3. 3 設計上定める条件よりさらに厳しい条件における臨界の発生可能性の検討

設計上定める条件より厳しい条件を想定してもMOX燃料加工施設において臨界事故の発生は想定されないことから、設計上定める条件よりさらに厳しい条件において核燃料物質の集積を想定し、臨界の発生可能性を検討する。

設計上定める条件よりさらに厳しい条件の下において発生する事故として、臨界に関連する評価条件（核燃料物質量，プルトニウム富化度，核分裂性プルトニウム割合，ウラン中のウラン-235含有率，含水率及び形状寸法）の中から、内の事象及び外的事象を起因とした異常の発生により逸脱する可能性がある評価条件を抽出し、その評価条件の組合せに応じた具体的な事故シナリオを想定し、臨界の発生可能性を検討する。臨界の発生可能性を検討するに際しては、評価の前提条件として各MOX形態の初期値を取扱制限値に基づき設定する。

なお、評価に当たっては、臨界ベンチマーク実験の解析により、その信頼性が確認され、MOXに対する推定臨界下限中性子実効増倍率が0.97と検証されている計算コードシステムSCALE-4のKENO-V.aコード又はKENO-V.aコードと同等であるKENO-VIコード及びENDF/B-IVライブラリを用いて解析を行う。

【補足説明資料3-3】

(1) 内の事象における臨界の発生可能性

a. 内の事象を起因として逸脱する可能性がある評価条件の抽

出

設計上定める条件よりさらに厳しい条件として、設備・機器の多重の故障及び誤動作並びに繰り返しの誤操作を想定し、臨界に関連する評価条件である核燃料物質量、プルトニウム富化度、核分裂性プルトニウム割合、ウラン中のウラン-235含有率、含水率及び形状寸法に対し、それぞれ逸脱の可能性を検討する。

(a) 核燃料物質量

質量管理を実施する単一ユニットへの核燃料物質の搬入については、ID番号の確認、秤量値の確認、計算機による取扱制限値以下の確認及び運転管理担当者による許可判断の条件を満たさなければ核燃料物質の搬送が行われない誤搬入防止機構を設ける設計である。ただし、設備・機器の多重の故障及び誤動作並びに繰り返しの誤操作により、誤搬入防止機構の機能が喪失し、核燃料物質が制限なく搬入可能な状態となった場合、単一ユニット内の核燃料物質量が取扱制限値を逸脱する可能性がある。

(b) プルトニウム富化度

再処理施設からプルトニウム富化度 60%以下の原料MOX粉末を受け入れるが、MOX燃料加工施設内でプルトニウム富化度を上昇させる設備はないことから、逸脱する可能性はない。

(c) 核分裂性プルトニウム割合

再処理施設から核分裂性プルトニウム割合 83%以下の原料MOX粉末を受け入れるが、MOX燃料加工施設内で核分裂

性プルトニウム割合を上昇させる設備はないことから、逸脱する可能性はない。

(d) ウラン中のウラン-235 含有率

MOX燃料加工施設で取り扱う希釈用ウランは、ウラン-235 含有率が天然ウラン中の含有率以下であり、MOX燃料加工施設内でウラン-235 含有率を上昇させる設備はないことから、逸脱する可能性はない。

(e) 形状寸法

形状寸法管理を行う設備は、取扱制限値以上の核燃料物質を取り扱えない設計とすること、また混合機及びホッパは臨界が発生しない機器容積とすることから物理的に臨界が発生することはない。ただし、設備・機器の多重の故障及び誤動作並びに繰り返しの誤操作が発生し、混合機及びホッパ下部からMOXが漏れ出し、グローブボックス底部へ堆積した場合、形状に期待できない状態になる可能性がある。

(f) 含水率（減速条件及び反射条件）

添加剤の投入については、ID番号の確認、秤量値の確認、計算機による取扱制限値以下の確認及び運転管理担当者による許可判断の条件を満たさなければ、誤投入防止バルブにより核燃料物質の搬送が行われない誤投入防止機構を設ける設計である。ただし、設備・機器の多重の故障及び誤動作並びに繰り返しの誤操作により、誤投入防止機構の機能が喪失し、添加剤が制限なく投入可能な状態となった場合、単一ユニット内の含水率が取扱制限値を逸脱する可能性がある。しかしながら、混合機及びホッパはMOX粉末と添加剤のいかなる

組合せの過剰投入を想定しても物理的に臨界が発生しない容積で設計することから、含水率の逸脱により臨界が発生する可能性はない。

上記検討のとおり、設計上定める条件よりさらに厳しい条件として、設備・機器の多重の故障及び誤動作並びに繰り返しの誤操作を想定した結果、逸脱する可能性がある評価条件として核燃料物質量及び形状寸法を抽出した。

臨界に関連する評価条件	逸脱の可能性
核燃料物質量	誤搬入防止機構の機能が喪失することにより、核燃料物質量が逸脱する可能性がある。
プルトニウム富化度	MOX燃料加工施設内でプルトニウム富化度を上昇させる設備はなく、逸脱の可能性はない。
核分裂性プルトニウム割合	MOX燃料加工施設内で核分裂性プルトニウム割合を上昇させる設備はなく、逸脱の可能性はない。
ウラン中のウラン-235 含有率	MOX燃料加工施設内でウラン-235 含有率を上昇させる設備はなく、逸脱の可能性はない。
形状寸法	混合機及びホッパ下部からMOXが漏えいしグローブボックス底部へ堆積した場合、形状に期待できない状態になる可能性がある。
含水率（減速条件及び反射条件）	誤投入防止機構の機能が喪失することにより、添加剤が過剰に投入されて含水率が上昇する可能性はあるが、混合機及びホッパは臨界が発生しない容積で設計することから、含水率の逸脱により臨界が発生する可能性はない。

b. 内的事象を起因とした事故シナリオ

内的事象を起因として逸脱する可能性がある評価条件として

抽出した核燃料物質量及び形状寸法に対し、組合せに応じた事故シナリオを設定する。

検討のステップとして、まず核燃料物質量の逸脱が継続的に発生する状況を想定して事故シナリオを設定する。次に、核燃料物質量が逸脱した状態において、さらに形状寸法にも期待できない状態が継続して発生する状況を想定し、事故シナリオを設定する。なお、単一ユニットにおいてMOX質量が取扱制限値以下であれば、MOXがいかなる形状で集積しても臨界に至ることはないことから、形状寸法単独の逸脱は想定しない。

(a) 内の事象ステップ1

はじめに核燃料物質量の逸脱を想定する。

核燃料物質量の逸脱は、誤搬入防止機構の機能が喪失し、核燃料物質が制限なく搬入可能な状態となった場合に発生する可能性があることから、MOXが収納された容器が貯蔵施設からグローブボックスに継続的に搬入され、取扱制限値を超えて核燃料物質が集積する状況を事故シナリオとする。

(b) 内の事象ステップ2

次に核燃料物質量の逸脱に加え、形状寸法に期待できない状況を想定する。

核燃料物質量の逸脱は、誤搬入防止機構の機能が喪失し、核燃料物質が制限なく搬入可能な状態となった場合に発生する可能性があり、一方、形状寸法に期待できない状況は、混合機及びホッパ下部からMOXが漏えいした場合に発生する可能性があることから、MOXが収納された容器が貯蔵施設からグローブボックスに継続的に搬入され、さらに混合機及

びホッパ内へMOXが過剰投入されて、混合機及びホッパ下部からMOXが漏えいしてグローブボックス底部へ堆積する状況を事故シナリオとする。

臨界に関連する評価条件	内的事象ステップ1	内的事象ステップ2
核燃料物質量	単一ユニット内に核燃料物質が制限なく搬入可能な状態となることを想定	単一ユニット内に核燃料物質が制限なく搬入可能な状態となることを想定
形状寸法	設備・機器の形状寸法は健全であると想定	混合機及びホッパ下部からMOXが漏えいすることを想定



事故シナリオ	グローブボックス内への容器の異常搬入並びに混合機及びホッパ内へのMOXの過剰投入	混合機及びホッパ下部からのMOX漏えいによるグローブボックス底部への堆積
--------	--	--------------------------------------

(c) グローブボックス内への容器の異常搬入並びに混合機及びホッパ内へのMOXの過剰投入

MOXが収納された容器が貯蔵施設からグローブボックスに継続的に搬入され、取扱制限値を超えて核燃料物質が集積する状況を事故シナリオとし、臨界の発生可能性を検討する。

本検討においては、MOXが収納された容器を搬送装置の可動域内で物理的に可能な範囲で最密に配置し、さらにMOXが混合機及びホッパ内に満杯に投入された場合のグローブボックス内に入り得るMOXの最大集積量を算定する。MOXの最大集積量の算定は、当該グローブボックス内に設置する搬送装置の構造から乗載可能な容器数を算定し、次に搬送

装置以外の機器で取扱いが可能な容器数を算定して、グローブボックス内に入り得る容器数を算定する。また、粉末回収装置で回収し得るMOX粉末量並びに混合機及びホッパに満杯に投入された場合のMOX量を算定し、これら全てを合算してグローブボックス内に入り得るMOXの最大集積量とする。

次に、算定した各グローブボックスのMOXの最大集積量とMOX形態ごとの未臨界質量を比較する。ここで未臨界質量とは、水反射体 2.5cm、球形状モデルにて計算した中性子実効増倍率が推定臨界下限増倍率 0.97 以下となる質量であり、MOXの最大集積量が未臨界質量を超えなければ、いかなる集積状態においても臨界に至ることはないと判定する。未臨界質量の評価条件を第 3.3.3-1 表に、評価結果を第 3.3.3-2 表に示す。

全てのグローブボックスを対象に評価を行った結果、以下のグローブボックスにおいてMOXの最大集積量が未臨界質量を超える結果となった。各グローブボックスのMOXの最大集積量を第 3.3.3-3 表に示す。

- ・原料MOX粉末缶取出装置グローブボックス
- ・原料MOX粉末秤量・分取装置グローブボックス
- ・予備混合装置グローブボックス
- ・一次混合粉末秤量・分取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
- ・回収粉末処理・詰替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

i. 分散配置したモデルによる臨界評価

未臨界質量は、MOXが一箇所に球形状に集積したと仮定した極めて厳しい条件で算定した値であり、実際にはグローブボックス内のMOXは分散して存在していることから、グローブボックス内の総MOX量が未臨界質量を超えたとしても必ずしも臨界が発生するわけではない。そこで、MOXの集積量が未臨界質量を超えるグローブボックスに対し、MOXを分散配置したモデルにより臨界評価を行う。

ii. 評価モデルの設定方法

分散配置したモデルは、容器及び機器にMOXが収納された単位で体積が等価な1つの球としてモデル化し、設備の構造に基づき配置することを基本とする。

ここでは、均一化混合装置を代表例として、当該設備の構造に基づきMOXを分散配置したモデルの考え方を以下に示す。

- (i) 均一化混合装置グローブボックスで取り扱う J 85 1 容器に収納されたMOXを体積が等価な1つの球にモデル化する。J 85 のMOX質量の取扱制限値 $90\text{kg}\cdot\text{MOX}$ と粉末密度 $5 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ から球半径を 16.3cm と設定する。
- (ii) 粉末回収装置で回収するMOX粉末は少量であるため、最も大きい球に合算して考慮する。均一化混合装置グローブボックス内でMOX量が最大となる満杯時の均一化混合機 $1850\text{kg}\cdot\text{MOX}$ に、CS・RS保管ポット $3\text{kg}\cdot\text{MOX}$ 、粉末回収装置のカップ $10\text{kg}\cdot\text{MOX}$ 及び $13\text{kg}\cdot\text{MOX}$ を加えた合計 $1876\text{kg}\cdot\text{MOX}$ と粉末密度 $5 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ か

ら球半径を 44.8cm と設定する。

- (iii) 搬送コンベア上に配置する球の間隔は、容器同士が接したときの中心間距離と同じ間隔で配置し、J 85 容器下部の搬送板の外寸が **48cm** であることから、J 85 をモデル化した球の中心間距離も **48cm** として配置する。

また、搬送コンベア上に配置する球の数は、設計上搬送装置に乘載可能な数ではなく、より厳しい評価となるようにグローブボックス長手方向の外寸を超える数の球を配置する。均一化混合装置グローブボックスにおいて搬送コンベアに物理的に乘載可能な J 85 は 6 容器であるが、グローブボックス長手方向の外寸が **450cm** であることから J 85 をモデル化した球を一行に 10 個配置する。

- (iv) 混合機をモデル化した球と各容器をモデル化した球は当該設備の構造に基づいて配置するが、表面間の距離が 30cm より大きい場合は、混合機をモデル化した球と各容器をモデル化した球は表面から 30cm の離隔距離を取り配置する。

- (v) 最も低い位置及び最も高い位置にある球の表面から 50cm 離れた位置を床及び天井とし、厚さ 1 m のコンクリートを配置する。また、最も外側にある球の表面から 1 m 離れた位置の四方を壁とし、厚さ 1 m のコンクリートを配置する。

iii. 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V. a コード及び ENDF/B-IV ライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の 3

倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

iv. 分散配置したモデルによる臨界評価結果

MOXの集積量が未臨界質量を超えるグローブボックスの臨界解析結果を以下に示す。また、各グローブボックスを分散配置したモデルを第 3.3.3-1 図に示す。

評価の結果、全てのグローブボックスにおいて中性子実効増倍率が 0.97 を下回ることから、MOXが収納された容器が搬送装置の可動域内で物理的に配置可能な範囲でグローブボックス内に搬入され、さらにMOXが混合機及びホッパ内に満杯に投入されることを想定した場合においても臨界に至ることはない。

グローブボックス	中性子実効増倍率
原料MOX粉末缶取出装置グローブボックス	0.658
原料MOX粉末秤量・分取装置グローブボックス	0.763
予備混合装置グローブボックス	0.933
一次混合粉末秤量・分取装置グローブボックス	0.780
均一化混合装置グローブボックス	0.944
回収粉末処理・詰替装置グローブボックス	0.851
回収粉末処理・混合装置グローブボックス	0.931

(d) 混合機及びホッパ下部からのMOX漏えいによるグローブボックス底部への堆積

MOXが収納された容器が貯蔵施設からグローブボックスに継続的に搬入され、さらに混合機及びホッパ内へMO

Xが過剰投入されて、混合機及びホッパ下部からMOXが漏えいしてグローブボックス底部へ堆積する状況を事故シナリオとし、臨界の発生可能性を検討する。

本検討においては、貯蔵施設から当該グローブボックスへ容器が誤搬入され続ける状態を想定し、グローブボックス内に集積したMOXが未臨界質量に至るまでに要する時間を算定する。なお、未臨界質量は、「(c) グローブボックス内への容器の異常搬入並びに混合機及びホッパ内へのMOXの過剰投入」において示した値を用いる。

評価対象は、容器を自動で反転させる機構を有し、人為的な操作を介さずに内蔵するMOX粉末を取り出してグローブボックス底部に堆積させることが可能な以下のグローブボックスとする。なお、造粒装置グローブボックスは容器を自動で反転させる機構を有するが、本装置の粉末を排出する位置が、機器配置上容器を昇降し反転させる装置の手前に位置しているため、粉末排出位置にMOX粉末が漏えいし、堆積すると、搬送経路が塞がれ、それ以上の容器の搬送が困難となる。このため、造粒装置グローブボックスは評価対象から除外する。

- ・原料MOX粉末秤量・分取装置グローブボックス
- ・予備混合装置グローブボックス
- ・ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置グローブボックス
- ・一次混合粉末秤量・分取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

- ・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
- ・回収粉末処理・詰替装置グローブボックス
- ・分析試料採取・詰替装置グローブボックス

(i) 未臨界質量に至る所要時間の算定方法

貯蔵施設から搬送設備を介して当該グローブボックスへ容器を搬送し、未臨界質量に至るまでに要する時間を以下の条件により算定する。

ここでは、均一化混合装置を代表例として、未臨界質量に至る所要時間の算定方法を説明する。

- (i)-1 搬送設備は同時に複数容器を取り扱うことはできず、容器同士がすれ違うことができない設計である。したがって、粉末一時保管設備から当該グローブボックスへの容器の搬送時間に加え、空容器の返送に要する時間も考慮する。粉末一時保管設備から均一化混合装置グローブボックスへの容器の搬送時間を10分とし、返送に要する時間も10分として算定する。
- (i)-2 自動運転において特定の処理をスキップすることはできないため、グローブボックス内に搬入した容器の上昇、反転、下降及び粉末混合に要する時間を考慮する。均一化混合装置においてはJ85 3容器分を1バッチとして混合処理を行い、3容器分の上昇、反転、下降及び1回の均一化混合に要する時間を160分として算定する。

(ii) 評価の判定基準

MOX燃料加工施設における勤務形態は、第1シフト及び第2シフトでMOX燃料加工の加工工程の運転を行い、第3シフトでは、第2シフトに引き続き焼結炉の運転を行うことを基本とし、各シフトの開始前には必ず始業前点検を実施する計画である。また、設備監視カメラによるグローブボックス内部の監視並びにガンマ線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタによる放射線レベルの監視を実施する。

したがって、算定した未臨界質量に至るまでに要する時間が、始業前点検を実施する間隔である1シフト分（8時間）以上となる場合、異常の検知が可能であり臨界に至ることはないと判定する。

(iii) 未臨界質量に至る所要時間の評価結果

容器を自動で反転させる機構を有し、内蔵するMOXを取り出してグローブボックス底部に堆積させることが可能なグローブボックスが、未臨界質量に至るまでに要する時間を第3.3.3-4表に示す。

評価の結果、全てのグローブボックスにおいて未臨界質量に至るまでに1シフト以上を要することから、MOXが収納された容器が貯蔵施設からグローブボックスに継続的に搬入され、さらに混合機及びホッパ内へMOXが過剰に投入されて、混合機及びホッパ下部からMOXが漏えいしてグローブボックス底部へ堆積する状況を想定した場合においても、核燃料物質が堆積し未臨界質量を上回る状態となるには、MOX粉末を内包する容器の貯蔵設備からグロ

ーブボックスまでの搬送時間及び必要な搬送回数を考慮すると最短でも半日程度を要し、1シフトごとに実施する始業前点検において、異常を検知し、所要の対応を講ずることが可能であることから、臨界に至ることはない。

c. 内の事象を起因とした臨界の発生可能性の結論

内の事象を起因として逸脱する可能性がある評価条件として、核燃料物質量の逸脱及び核燃料物質量の逸脱に加え形状寸法に期待できない状況を想定し、事故シナリオを検討した場合においても臨界に至ることはないことを確認した。よって、MOX燃料加工施設において内の事象を起因として臨界に至る可能性はない。

(2) 外的事象における臨界の発生可能性

a. 外的事象を起因として逸脱する可能性がある評価条件の抽出

設計上定める条件よりさらに厳しい条件として、基準地震動を超える地震動による地震の発生を想定し、臨界に関連する評価条件である核燃料物質量、プルトニウム富化度、核分裂性プルトニウム割合、ウラン中のウラン-235含有率、含水率及び形状寸法に対し、それぞれ逸脱の可能性を検討する。

(a) 核燃料物質量

質量管理を行う単一ユニットは、中性子実効増倍率が0.95に対応する値以下に設定した取扱制限値以内で核燃料物質量を管理しており、基準地震動を超える地震動による地震が発生し、設備の破損又は外部電源の喪失を想定した場合、核燃料物質の搬送が停止することから、核燃料物質量が逸脱する可能性はない。

(b) プルトニウム富化度

再処理施設からプルトニウム富化度 60%以下の原料MOX粉末を受け入れるが、基準地震動を超える地震動による地震の発生とプルトニウム富化度の上昇には因果関係がないことから、逸脱する可能性はない。

(c) 核分裂性プルトニウム割合

再処理施設から核分裂性プルトニウム割合 83%以下の原料MOX粉末を受け入れるが、基準地震動を超える地震動による地震の発生と核分裂性プルトニウム割合の上昇には因果関係がないことから、逸脱する可能性はない。

(d) ウラン中のウラン-235含有率

MOX燃料加工施設で取り扱う希釈用ウランは、ウラン-235含有率が天然ウラン中の含有率以下であり、基準地震動を超える地震動による地震の発生とウラン-235含有率の上昇には因果関係がないことから、逸脱する可能性はない。

(e) 形状寸法

形状寸法管理を行う設備は、取扱制限値以上の核燃料物質が入らない構造で設計し、また混合機及びホッパは臨界が発生しない機器容積で設計するが、基準地震動を超える地震動による地震の発生により設備が過大に変形又は破損し、形状寸法に期待できない状態になる可能性がある。

(f) 含水率（減速条件及び反射条件）

MOX粉末に添加する添加剤は、必要量を運転員が秤

量し、バグインによりグローブボックス内に搬入し、混合機に投入する設計である。このため、基準地震動を超える地震動による地震の発生により添加剤の誤投入防止バルブが破損することを想定した場合においても、添加剤が過剰に投入されてMOX粉末の含水率が異常に上昇することはない。

ただし、基準地震動を超える地震動による地震の発生により溢水源となり得る水配管及び堰が破損し、核燃料物質を取り扱う室内に水が浸入することを想定した場合、含水率が上昇する可能性がある。

上記検討のとおり、設計上定める条件よりさらに厳しい条件として、基準地震動を超える地震動による地震の発生を想定した場合、逸脱する可能性がある評価条件として形状寸法及び含水率の2つを抽出した。

臨界に関連する評価条件	逸脱の可能性
核燃料物質量	設備の破損又は外部電源の喪失が発生した場合、核燃料物質の搬送が停止することから、核燃料物質量が逸脱する可能性はない。
プルトニウム富化度	地震の発生とプルトニウム富化度の上昇には因果関係はなく、逸脱する可能性はない。
核分裂性プルトニウム割合	地震の発生と核分裂性プルトニウム割合の上昇には因果関係はなく、逸脱する可能性はない。
ウラン中のウラン-235 含有率	地震の発生とウラン-235 含有率の上昇には因果関係はなく、逸脱する可能性はない。
形状寸法	設備の過大な変形又は破損により、形状寸法に期待できない状態になる可能性がある。
含水率（減速条件及び反射条件）	添加剤は必要量をバッグインにより搬入するため、誤投入防止バルブが破損しても添加剤が過剰に投入されることはない。一方、水配管及び堰が破損し、室内へ水が浸入することにより含水率が上昇する可能性がある。

b. 外的事象を起因とした事故シナリオ

外的事象を起因として逸脱する可能性がある評価条件として抽出した形状寸法及び含水率に対し、組合せに応じた事故シナリオを設定する。

検討のステップとして、まず設備の過大な変形又は破損により、形状寸法に期待できない状態を想定して事故シナリオを設定する。次に、形状寸法に期待できない状態において、さらに水と接触してMOXの含水率が上昇することを想定し、事故シナリオを設定する。なお、設備の形状寸法が維持されていれば、仮に室内に水が浸入したとしても核燃料物質と接触することはないことから、含水率単独の逸脱は想定しない。

(a) 外的事象ステップ1

はじめに形状寸法に期待できない状態を想定する。

形状寸法に期待できない状態は、設備が過大に変形又は破損した場合に発生する可能性があることから、設備が破損し、MOXが集積する状況を事故シナリオとする。

(b) 外的事象ステップ2

次に形状寸法に期待できない状態に加え、水と接触してMOXの含水率が上昇することを想定する。

形状寸法に期待できない状態は、設備が過大に変形又は破損した場合に発生する可能性があり、一方、水と接触してMOXの含水率が上昇する状況は、水配管及び堰が破損し、室内に水が浸入した場合に発生する可能性があることから、設備が破損し、MOXが集積した状態において、さらに室内に水が浸入してMOXが没水する状況を事故シナリオとする。

臨界に関連する評価条件	外的事象ステップ1	外的事象ステップ2
形状寸法	設備が過大に変形又は破損することを想定	設備が過大に変形又は破損することを想定
含水率	水配管及び堰は健全であると想定	水と接触してMOXの含水率が上昇することを想定



事故シナリオ	設備の破損によるMOXの集積	室内への水の浸入によるMOXの没水
--------	----------------	-------------------

(c) 設備の破損によるMOXの集積

基準地震動を超える地震動による地震により設備が損傷し、MOXが集積する状況を事故シナリオとし、臨界の発生可能性を検討する。

質量管理を行う単一ユニットは、中性子実効増倍率が0.95以下に対応する値以下に設定した取扱制限値以下で核燃料物質量を管理することから、基準地震動を超える地震動による地震が発生し、形状寸法に期待できない状態になった場合においても臨界に至ることはない。そのため本検討においては、MOXを一箇所で大量に取り扱う貯蔵施設を対象に評価を行う。

貯蔵施設は、原料粉末を受け入れてから成形、被覆、組立を経て燃料集合体とするまでの各工程間の貯蔵及び燃料集合体出荷までの貯蔵を行う施設であるが、これらの施設はピット又は棚構造であり、貯蔵される核燃料物質間は施設の構成部材で隔離されている。基準地震動を

超える地震動による地震により貯蔵施設が過大に変形又は破損することを想定した場合においても、貯蔵施設の構成部材が喪失することは考えられず、核燃料物質の接近の障壁となり一箇所に集積することは考えられないが、本検討においては、仮想的にこれらの構成部材による間隔よりも核燃料物質が接近することを想定し臨界評価を行う。

評価対象の貯蔵施設は、以下の6施設とする。なお、スクラップ貯蔵設備、製品ペレット貯蔵設備及びペレット一時保管設備については、評価方法が同様であるため、最大貯蔵能力が最も大きいスクラップ貯蔵設備を代表として評価を行う。

- ・貯蔵容器一時保管設備
- ・原料MOX粉末缶一時保管設備
- ・粉末一時保管設備
- ・スクラップ貯蔵設備
- ・燃料棒貯蔵設備
- ・燃料集合体貯蔵設備

i. 貯蔵容器一時保管設備

貯蔵容器一時保管設備の一時保管ピットは、混合酸化物貯蔵容器を一時保管するため4行8列のピットを配置し、32体の保管容量を有する設計である。

一時保管ピットは、各ピットに蓋を備えており、鉛直方向の加速度を受けても混合酸化物貯蔵容器がピットから飛び出すことはなく、ピットが破損した場合において

も、ピットの部材が障壁となり、混合酸化物貯蔵容器同士が接触することは考えられない。

しかしここでは、基準地震動を超える地震動による地震により、仮に一時保管ピットが破損して、混合酸化物貯蔵容器が落下し、集積した状態を想定して臨界の発生可能性を検討する。

(i) 評価モデルの設定

最大保管量である 32 体の混合酸化物貯蔵容器が全て床面に落下し、2 行 8 列 2 段に近接した状態を想定して臨界解析を行う。

混合酸化物貯蔵容器の上部のフランジ部の直径は、胴部（粉末缶を収納する部分）の直径より大きくなっているため、混合酸化物貯蔵容器が落下しても全ての混合酸化物貯蔵容器の胴部が密接した状態となることはないが、ここではより厳しい評価となるように混合酸化物貯蔵容器の胴部が密接した状態で評価する。また、貯蔵容器一時保管設備の床面は、全ての混合酸化物貯蔵容器を横にした状態で 1 段に並べることができるだけの面積を有するが、ここでは混合酸化物貯蔵容器が密接した状態で 2 段に積み重なった状態を想定する。解析モデル及び解析条件を第 3.3.3-5 表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IV ライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の 3 倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率

0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大 0.825 であり、混合酸化物貯蔵容器の近接を想定しても臨界に至ることはない。

ii. 原料MOX粉末缶一時保管設備

原料MOX粉末缶一時保管設備の原料MOX粉末缶一時保管装置は、粉末缶を一時保管するため2行12列のピットを配置し、24缶の保管容量を有する設計である。

本設備で取り扱う粉末缶は、ネジ込み蓋を有することから、内包するMOX粉末が容易に飛散することはない。また円筒形状であることから、仮にピットから飛び出した場合においても複数段積み上がることはない。原料MOX粉末缶一時保管装置は、各ピットに蓋を備えており、鉛直方向の加速度を受けても粉末缶がピットから飛び出すことはなく、ピットが破損した場合においても、ピットの部材が障壁となり、粉末缶同士が接触することは考えられない。

しかしここでは、基準地震動を超える地震動による地震により、仮に原料MOX粉末缶一時保管装置が破損し、粉末缶同士が近接した状態を想定して臨界の発生可能性を検討する。

(i) 評価モデルの設定

原料MOX粉末缶一時保管装置の構成部材が喪失することを仮想し、粉末缶が2行無限配列に近接した状態を想定して臨界解析を行う。解析モデル及び解析条件を第3.3.3-5表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大 0.862 であり、粉末缶の近接を想定しても臨界に至ることはない。

iii. 粉末一時保管設備

粉末一時保管設備の粉末一時保管装置は、容器を一時保管するため、47 行2列のピットを配置し、94 容器の保管容量を有する設計である。

粉末一時保管装置で取り扱う容器は全数ピットに保管され容易に飛び出す構造ではなく、ピットが破損した場合においても、ピットの部材が障壁となり、容器同士が接触することは考えられない。さらに、粉末一時保管装置グローブボックスの高さは、パネル面から東西の壁までの距離を上回っているため、仮に設備が破損した場合においても空間的に横転することではなく、容器がピットを飛び出して内部のMOX粉末が漏えいすることはない。

しかしここでは、基準地震動を超える地震動による地震により、仮に粉末一時保管装置が破損し、容器同士が近接した状態を想定して臨界の発生可能性を検討する。

(i) 評価モデルの設定

粉末一時保管装置の構成部材が喪失することを仮想し、粉末一時保管装置で取り扱う容器である J 60 又は J 85 が 2 列無限配列に近接した状態を想定して臨界解析を行う。解析モデル及び解析条件を第 3.3.3-5 表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IV ライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の 3 倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の 3 倍を考慮した中性子実効増倍率は最大 0.753 であり、容器の近接を想定しても臨界に至ることはない。

iv. スクラップ貯蔵設備

スクラップ貯蔵設備のスクラップ貯蔵棚は、CS 粉末、CS ペレット、RS 粉末又は RS ペレット入りの CS・RS 保管ポットを積載した 9 缶バスケットを貯蔵するため、1 台当たり 6 段 7 列の棚を有し、5 台の貯蔵棚で 210 容器の貯蔵容量を有する設計である。

スクラップ貯蔵棚で取り扱う 9 缶バスケットは収納パレットに収納された状態で保管し、CS・RS 保管ポットは落下しても容易に MOX が漏えいしないよう蓋を設ける設計とすることから、本設備の棚から落下した場合においても MOX が密に集積することはない。

しかしここでは、基準地震動を超える地震動による地震に

より、仮にスクラップ貯蔵棚が破損し、グローブボックス床面に隙間なく集積することを想定して臨界の発生可能性を検討する。

(i) 評価モデルの設定

スクラップ貯蔵棚から収納パレットが全数落下し、グローブボックス底面積から貯蔵棚の設置面積を除いたスペースに、直方体形状に焼結ペレットが集積した状態を想定して臨界解析を行う。

CS・RS保管ポットに貯蔵する焼結ペレットは9缶バスケットに収納され、さらに収納パレットに収納された状態で保管することから、落下した場合これらの構造部材により本来空隙が生じるが、ここではより厳しい評価となるようにMOXが隙間なく堆積するとして評価を行う。また、焼結ペレットは円筒形状であることから、最密に集積した場合でも必ず空隙が生じるが、本評価においてはより厳しい評価となるようにこれも無視する。解析モデル及び解析条件を第 3.3.3-5 表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IV ライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大 0.674 であり、焼結ペレットがグロー

ブボックス床面に隙間なく集積することを想定しても臨界に至ることはない。

v. 燃料棒貯蔵設備

燃料棒貯蔵設備の燃料棒貯蔵棚は、貯蔵マガジンを保管するため、4段10行及び4段8行の2台で構成し、72基の貯蔵マガジンを貯蔵する設計である。

燃料棒貯蔵棚はスライド式の蓋を備えており、貯蔵マガジンが容易に飛び出す構造ではなく、棚が破損した場合においても、燃料棒貯蔵棚の部材が障壁となり、貯蔵マガジン同士が接触することは考えられない。

しかしここでは、基準地震動を超える地震動による地震により、仮に燃料棒貯蔵棚が破損し、貯蔵マガジン同士が近接した状態を想定して臨界の発生可能性を検討する。

(i) 評価モデルの設定

燃料棒貯蔵棚の構成部材が破損することを仮想し、貯蔵マガジンが4段積み重なった状態で行方向無限配列に近接した状態を想定して臨界解析を行う。解析モデルにおいて貯蔵マガジン間は、上下方向は密着した状態とし、横方向は燃料棒貯蔵棚の構造材を考慮して貯蔵マガジンの中心間距離を40cmとして設定する。解析モデル及び解析条件を第3.3.3-5表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IV ライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率

0.97 を下回る場合，臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果，標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大0.967であり，貯蔵マガジンの近接を想定しても臨界に至ることはない。

vi. 燃料集合体貯蔵設備

燃料集合体貯蔵設備の燃料集合体貯蔵チャンネルは，220チャンネルを設け，1チャンネル当たりBWR燃料集合体4体又はPWR燃料集合体1体を貯蔵する設計である。

燃料集合体貯蔵チャンネルには蓋を備えており，鉛直方向の加速度を受けても燃料集合体がチャンネルから飛び出すことはなく，チャンネルが破損した場合においても，ステンレス鋼製のガイド管及び外管が障壁となり，燃料集合体同士が接触することは考えられない。

しかしここでは，基準地震動を超える地震動による地震により，仮に燃料集合体貯蔵チャンネルが破損し，燃料集合体同士が近接した状態を想定して臨界の発生可能性を検討する。

(i) 評価モデルの設定

燃料集合体貯蔵チャンネルの構成部材が破損することを仮想し，燃料集合体貯蔵チャンネルが南北方向に10個接近した状態で，東西方向に無限配列に近接した状態を想定して臨界解析を行う。解析モデル及び解析条件を第3.3.3-5表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び

ENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率0.97を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大0.965であり、燃料集合体チャンネルの近接を想定しても臨界に至ることはない。

(d) 室内への水の浸入によるMOXの没水

基準地震動を超える地震動による地震により、設備が破損し、MOXが集積した状態において、さらに室内に水が浸入してMOXが没水する状況を事故シナリオとし、臨界の発生可能性を検討する。

本検討においては、燃料加工建屋内の水配管及び堰が破損して、溢水が発生する状況を想定し、各階の水位を算定する。算定した溢水水位を用い、集積したMOXと水の接触を考慮したモデルにより臨界評価を行う。

なお、水配管は工程室から可能な限り排除する設計としていることから、溢水経路としては、発生した溢水が工程室外の階段及びエレベータシャフトを通過して下階に落水し、一旦廊下に拡散した後緩やかに工程室に浸入するものと推定され、特定の工程室の水位が過渡的に上昇することは考えられない。また、地下3階より低い場所に位置する床 dren回収槽室は350m³の空間体積を有し、燃料加工建屋の保有水全量を収納することができることから、本来地下3階に溢水が滞留することはないが、ここではより厳しい評価となるような条件で

水位を算定し、評価を行う。

i. 溢水による水位の算定方法

溢水による水位は以下の条件に基づき、各階の溢水量を算定し、滞留面積で除することにより定める。

- (i) 溢水源として燃料加工建屋内の全ての水配管の破損を想定する。
- (ii) 廊下と接する部屋の扉は水密性がない扉であっても、より厳しい評価となるように水は通過しないものとして評価する。
- (iii) 地下3階以外の階の評価においては、溢水は下階に落水しないと仮定して溢水水位を算定する。ただし、地上1階に関しては、燃料集合体貯蔵設備の貫通孔及び床の開口部があることから水の滞留は想定しない。
- (iv) 地下3階の水位算定においては、地下3階より低い場所に位置する北エレベータ及び南エレベータのピット部並びに床ドレン回収槽への落水を考慮する。なお、本評価においては、より厳しい評価となるように床ドレン回収槽第1, 2室の空間体積を期待せずに溢水水位を算定する。
- (v) 階ごとの水位については、最も水位が高くなる部屋のみが浸水することを想定し、そのときの水位を各階の代表水位として評価する。他エリアの堰の破損による水の流出は想定しない。

各階で考慮した滞留範囲を第3.3.3-2図に、各階における代表水位を以下に示す。

階層	代表水位
地下1階	15cm
地下2階	15cm
地下3階	9 cm

ii. 評価対象設備

以下のとおり、MOXと水の接触が考えられる設備を対象に評価を行う。

(i) 設備の破損によるMOXの集積で対象とした貯蔵施設のうち、以下に示す設備を評価対象とする。なお、スクラップ貯蔵設備、製品ペレット貯蔵設備及びペレット一時保管設備については、評価方法が同様であるため、最大貯蔵能力が最も大きいスクラップ貯蔵設備を代表として評価を行う。

- ・貯蔵容器一時保管設備
- ・原料MOX粉末缶一時保管設備
- ・粉末一時保管設備
- ・スクラップ貯蔵設備

なお、燃料棒貯蔵設備については、仮に燃料棒貯蔵棚から貯蔵マガジンが落下した場合においても、配置上貯蔵マガジン入出庫装置の走行レール（高さ 16.5cm）上に落下し、一方、燃料棒貯蔵設備を設置する地下2階の代表水位は15cmであり貯蔵マガジンが落下したとしても水と接触することはないことから、評価対象外とする。

また、燃料集合体貯蔵設備は貯蔵チャンネルが外管とガ

イド管で構成されており，下部に燃料集合体冷却のための貫通孔を有する設計である。このため溢水により燃料集合体貯蔵室に水が流入した場合においても，貫通孔を通過して下の階に落水し，貯蔵チャンネルが没水することはないことから，評価対象外とする。

- (ii) 単一ユニットを構成するグローブボックスのうち取扱制限値（ $P_u * \text{質量}$ ）が最も大きい単一ユニットは焼結炉ユニットA，焼結炉ユニットB及び焼結炉ユニットCであるが，焼結ペレットが水と接触することを想定した評価は，スクラップ貯蔵設備を対象とした評価に包含されることから，粉末形態でMOXを取り扱う単一ユニットの中で取扱制限値（ $P_u * \text{質量}$ ）が最も大きい均一化混合装置グローブボックスを代表として評価を行う。
- (iii) 貯蔵マガジン，組立マガジン及び燃料集合体を取り扱う室において水が浸入し，床上に落下した貯蔵マガジン，組立マガジン及び燃料集合体が没水することを想定し評価を行う。

iii. 貯蔵容器一時保管設備

(i) 評価モデルの設定

第3.3.3-5表で示した混合酸化物貯蔵容器32体が隙間なく2行8列2段配列で近接したモデルに対して，貯蔵容器一時保管設備を設置する地下3階の代表水位である9cmの没水を考慮したモデルにより評価を行う。なお，混合酸化物貯蔵容器は仮に落下しても破損しない高さで取り扱う設計としていることから，混合酸化物貯蔵容器内への水の

浸入は想定しない。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大 0.894 であり、混合酸化物貯蔵容器の近接に加え、室内への水の浸入を想定しても臨界に至ることはない。

iv. 原料MOX粉末缶一時保管設備

(i) 評価モデルの設定

第 3.3.3-5 表で示した粉末缶が2行無限配列に近接したモデルに対して、原料MOX粉末缶一時保管設備を設置する地下3階の代表水位である9 cm の没水を考慮したモデルにより評価を行う。なお、原料MOX粉末缶一時保管装置には各ピットに蓋を備えており、鉛直方向の加速度を受けても粉末缶がピットから飛び出すことはないことから、粉末缶内への水の浸入は想定しない。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大0.789であり、粉末缶の近接に加え、室内への水の浸入を想定しても臨界に至ることはない。

v. 粉末一時保管設備

(i) 評価モデルの設定

第3.3.3-5表で示したJ60又はJ85が2行無限配列に近接したモデルに対して、粉末一時保管設備を設置する地下3階の代表水位である9cmの没水を考慮したモデルにより評価を行う。なお、粉末一時保管装置で取り扱う容器は全数ピットに保管され容易に飛び出す構造ではないことから、容器内への水の浸入は想定しない。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステムSCALE-4のKENO-V.aコード及びENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率0.97を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は最大0.667であり、J60又はJ85の近接に加え、室内への水の浸入を想定しても臨界に至ることはない。

vi. スクラップ貯蔵設備

(i) 評価モデルの設定

スクラップ貯蔵棚グローブボックスは、グローブボックス

内底面の高さが 25cm であることから、スクラップ貯蔵設備を設置する地下 3 階の代表水位である 9 cm の没水を考慮した場合においてもグローブボックス内に落下した焼結ペレットが没水することはない。そのため、スクラップ貯蔵棚の焼結ペレットが全量グローブボックスを飛び出して、グローブボックス前面の床に落下、堆積することを想定し、スクラップ貯蔵設備を設置する地下 3 階の代表水位である 9 cm の没水を考慮したモデルにより評価を行う。

焼結ペレットの堆積を想定するに当たり、設備の破損による MOX の集積の評価においてはより厳しい評価となるように焼結ペレットが隙間なく堆積する条件で評価を行ったが、本評価のように水と接触する想定においては、焼結ペレットの間隙に適度に水が存在する方がより厳しい評価となることから、焼結ペレットが正方配列で堆積したモデルにより評価を行う。評価モデル及び解析条件を第 3.3.3-5 表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IV ライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の 3 倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で計算した結果、標準偏差の 3 倍を考慮した中性子実効増倍率は最大 0.819 であり、焼結ペレットの堆積に加え、室内への水の浸入を想定しても臨界に至ることはない。

vii. 単一ユニットを構成するグローブボックス

ここでは、MOX粉末を取り扱う単一ユニットの中で取扱制限値（Pu*質量）が最も大きい均一化混合装置グローブボックスを代表として評価を行う。

均一化混合機は、MOX粉末を所定のプルトニウム富化度に均一に混合する装置であり、1回の混合処理に最大J85で3容器分の270kg・MOXのMOX粉末を取り扱う。この均一化混合機は外径がグローブボックスのパネルを取り付けるフレーム一区画分の幅よりも大きいため、設備が破損した場合においてもグローブボックスから飛び出すことは考えられないが、本検討においては、基準地震動を超える地震動による地震により、仮に均一化混合装置グローブボックスが破損し、均一化混合機に内包するMOX粉末が全量工程室の床に堆積し、水と接触することを想定したモデルにより評価を行う。

(i) 評価モデルの設定

以下の考え方にに基づき評価モデルを設定する。

(i)-1 均一化混合装置グローブボックスが破損し、均一化混合機に内包する全てのMOX粉末が工程室の床上に堆積することを想定する。堆積するMOX粉末量は、均一化混合機で取り扱う最大量である270kg・MOXとする。なお、粉末調整第5室には造粒装置グローブボックスを設置する設計であるが、均一化混合装置グローブボックスと離れており、保有するMOX粉末が飛散し偶発的に一体化することは考えにくいことから、本評価において考慮しない。

(i)-2 自然になり得る最も厳しい評価となる形状として、

MOX粉末が安息角で円すい形状に堆積することを想定する。

上記の形状に集積したMOX粉末に対して、均一化混合装置グローブボックスを設置する地下3階の代表水位である9cmの没水を考慮したモデルで評価を行う。評価モデル及び解析条件を第3.3.3-5表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステムSCALE-4のKENO-VIコード及びENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が、推定臨界下限増倍率0.97を下回る場合、臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で評価した結果、標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は0.852であり、均一化混合機に内包するMOX粉末が全量工程室の床上に堆積し、水と接触することを想定しても臨界に至ることはない。

viii. 組立マガジン、貯蔵マガジン、燃料集合体

(i) 評価モデルの設定

燃料棒の長さを無限長とした組立マガジン、貯蔵マガジン又は燃料集合体が設備の破損によって床に落下したモデルに対して、組立マガジン、貯蔵マガジン又は燃料集合体を取り扱う設備を設置する地下2階又は地下1階の代表水位である15cmの没水を考慮したモデルとする。評価モデル及び評価条件を第3.3.3-5表に示す。

(ii) 評価の判定基準

計算コードシステム SCALE-4 の KENO-V.a コード及び ENDF/B-IVライブラリを用いて計算した結果，標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が，推定臨界下限増倍率 0.97 を下回る場合，臨界に至らないと判定する。

(iii) 評価結果

上記の条件で評価した結果，標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は貯蔵マガジンの値が最も高く，最大 0.893 であり，組立マガジン，貯蔵マガジン又は燃料集合体の床への落下に加え，室内への水の浸入を想定しても臨界に至ることはない。

c. 外的事象を起因とした臨界の発生可能性の結論

外的事象を起因として逸脱する可能性がある評価条件として，形状寸法に期待できない状況の想定及び形状寸法に期待できない状況に加え，MOXと水が接触する状況を想定し，事故シナリオを検討した場合においても臨界に至ることはないことを確認した。よって，MOX燃料加工施設において設計上定める条件より厳しい外的事象を起因として臨界に至る可能性はない。

3.4 重大事故の事象選定結果

上記の整理に基づき特定したMOX燃料加工施設における重大事故は、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災及び焼結炉等における爆発である。

第 3.3.3-1 表 未臨界質量の評価条件

MOX形態		Pu 富化度 (%)	含水率 (%)	密度 ($\times 10^3 \text{kg/m}^3$)	核分裂性 Pu 割合 (%)	ウラン中のウラン-235含有率 (%)
粉末	原料MOX粉末	60	0.5	4.0	83	1.6
	一次混合粉末	30	1.0	5.0		
	二次混合粉末	14	1.5	5.0		
	添加剤混合粉末	14	2.5	5.0		
ペレット	グリーンペレット	14	2.5	7.9		
	焼結ペレット	14	0.1	11.1		

第 3.3.3-2 表 未臨界質量の評価結果

MOX形態	未臨界質量 (kg・MOX)	$k_{eff}+3\sigma$
原料MOX粉末	300	0.932
一次混合粉末	650	0.951
二次混合粉末	2200	0.968
添加剤混合粉末	1500	0.960
グリーンペレット	600	0.956
焼結ペレット	850	0.965

第 3.3.3-3 表 各グローブボックスのMOXの最大集積量

グローブボックス	容器数	MOX集積量 (kg・MOX)
原料MOX粉末缶取出装置 グローブボックス	粉末缶：29 容器 原料MOXポット：1 缶	440
原料MOX粉末秤量・分取装置 グローブボックス	粉末缶：13 缶 J 18：2 基 分取ホッパA 分取ホッパB 原料MOXポット：1 缶 粉末回収装置	500
予備混合装置 グローブボックス	J 60：7 基 予備混合機 原料MOXポット：1 缶 粉末回収装置	1050
一次混合粉末秤量・分取装置 グローブボックス	J 60：16 基 CS・RS保管ポット：1 缶 篩分粉末ホッパ 粉末回収装置 一次混合粉末ホッパ	1610
均一化混合装置 グローブボックス	J 85：8 基 CS・RS保管ポット：1 缶 均一化混合機 粉末回収装置	2600
回収粉末処理・詰替装置 グローブボックス	J 60：3 基 ペレット保管容器：6 基 9 缶バスケット：9 基 CS・RS保管ポット：11 缶 粉末回収装置 反転装置付ホッパ 粗粉碎機 ポット反転装置	2020
回収粉末処理・混合装置 グローブボックス	J 60：10 基 CS・RS保管ポット：1 缶 回収粉末ホッパ（強制篩分機） 回収粉末混合機 粉末回収装置	1510

第 3.3.3-4 表 未臨界質量に至るまでに要する時間

核燃料物質の堆積が可能なグローブボックス	搬送容器	未臨界質量 (kg・MOX)	未臨界質量に至る時間 (h)
原料MOX粉末秤量・分取装置グローブボックス	粉末缶	300	20
予備混合装置グローブボックス	J60	650	17
ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置グローブボックス	J60	650	12
一次混合粉末秤量・分取装置グローブボックス	J60	650	13
均一化混合装置グローブボックス	J85	2200	31
回収粉末処理・混合装置グローブボックス	J60	650	21
添加剤混合装置グローブボックス	J85	1500	43
回収粉末処理・詰替装置グローブボックス	ペレット保管容器	850	32
分析試料採取・詰替装置グローブボックス	5 缶バスケット	650	79

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (1 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>貯蔵容器 一時保管 設備</p>	<ul style="list-style-type: none"> 混合酸化物貯蔵容器 粉末缶 3 体を収納 ステンレス鋼 0.55cm 粉末缶 質量 15.1kg・MOX (13.3kg・(U+P u)) Pu 富化度 60% 核分裂性 Pu 割合 83% U 中の U-235 含有率 1.6% 含水率 0.5% MOX 密度 $1.8 \sim 4.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ アルミニウム 0.55cm 混合酸化物貯蔵容器の配列 2 段 × 8 列 × 2 行 雰囲気中水密度 $0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 反射体条件 コンクリート 100cm 	<p>モデル図</p> <p>■ 混合酸化物貯蔵容器 ■ 普通コンクリート □ 雰囲気中水密度 ($0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)</p> <p>ステンレス鋼 0.55 0.55 アルミニウム 18.4 混合酸化物貯蔵容器 (粉末缶 1 缶分)</p> <p>[単位 : cm]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 混合酸化物貯蔵容器は密閉構造であることから、溢水時においても水の浸入は想定されず、容器内部の粉末の含水率が変動することはない。また、容器内の雰囲気中水密度を $0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ とする。 溢水を想定しない場合の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう核燃料物質の周囲に水 2.5cm 反射とする。

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (2 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>原料MOX 粉末缶一時 保管設備</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・粉末缶 質量 15.1kg・MOX (13.3kg・(U+Pu)) Pu 富化度 60% 核分裂性Pu割合 83% U中のU-235含有率 1.6% 含水率 0.5% MOX密度 1.8~4.0×10³kg/m³ 直径 20.4cm ・粉末缶の配列 1段×2行 (列方向無限) ・雰囲気中水密度 0~0.001×10³kg/m³ ・上下方向及びび行方向の反射体条件 コンクリート 100cm 	<p style="text-align: right;">[単位 : cm]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 溢水を考慮しても粉末缶内に水が浸入することは考えられないことから、含水率が変動することはない。 2) 溢水を想定しない場合の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう核燃料物質の周囲に水 2.5cm反射とする。

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (3 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>粉末一時保管設備</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ J 60 <ul style="list-style-type: none"> 質量 65kg・MOX Pu 富化度 30% 核分裂性Pu割合 83% U中のU-235含有率 1.6% 含水率 1.0% MOX密度 $1.8 \sim 5.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 外径41cm×内径19cm ・ J 85 <ul style="list-style-type: none"> 質量 90kg・MOX Pu 富化度 14% 核分裂性Pu割合 83% U中のU-235含有率 1.6% 含水率 2.5% MOX密度 $1.8 \sim 5.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 外径47cm×内径13.5cm ・ J 60または J 85の配列 <ul style="list-style-type: none"> 1段×2列 (行方向無限) ・ 雰囲気中水密度 <ul style="list-style-type: none"> $0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ・ 上下方向及び列方向の反射体条件 <ul style="list-style-type: none"> コンクリート 100cm 	<p>モデル図</p> <p>平面図</p> <p>側面図</p> <p> J60 普通コンクリート 雰囲気中水密度 ($0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$) </p> <p>[単位: cm]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 溢水を考慮しても J 60及び J 85内に水が浸入することは考えられないことから、含水率が変動することはない。 2) 溢水を想定しない場合の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう核燃料物質の周囲に水 2.5cm反射とする。

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (4 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
スクラップ 貯蔵設備 / 製品ペレ ット貯蔵設備 / ペレット 一時保管設備	<ul style="list-style-type: none"> ・焼結ペレット Pu 富化度 14% 核分裂性Pu割合 83% U中のU-235含有率 1.6% 含水率 0.1% MOX密度 $11.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ・ペレットの配列 厳しい評価となるようペレット間の空隙を無視する。 高さ 6.5cm(スクラップ貯蔵設備) ・雰囲気中水密度 $0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ・上下方向の反射体条件 コンクリート 100cm 	<p style="text-align: center;">平面図</p> <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: right;">[単位 : cm]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 設備の構造及び収納物が類似していること並びに同一の層に設置されていることから、最大貯蔵能力の最も大きいスクラップ貯蔵設備で代表して評価を行う。 2) 反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう核燃料物質の周囲に水2.5cm反射とする。

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (5 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>燃料棒 貯蔵設備</p>	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵マガジン 添 5 第 6 表に示す貯蔵マガジンと同一形状 ただし長さ400cm 貯蔵マガジンの配列 4段×1列 (行方向無限) 雰囲気中水密度 $0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 段方向及び列方向の反射体条件 コンクリート 100cm 	<p>モデル図</p> <p>平面図</p> <p>断面図</p> <p> 貯蔵マガジン 普通コンクリート 雰囲気中水密度 ($0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$) </p> <p>[単位 : cm]</p>	<p>1) 反射条件は反射体なしの場合より 厳しい評価となるよう核燃料物質の 周囲に水2.5cm反射とする。</p>

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (6 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>燃料集合体 貯蔵設備</p>	<ul style="list-style-type: none"> 燃料集合体貯蔵チャンネルの貯蔵量 PWR 燃料集合体 1 体または BWR 燃料集合体 4 体 燃料集合体 添 5 第 6 表に示す BWR 燃料集合体又は PWR 燃料集合体と同一形状 燃料集合体貯蔵チャンネルの配列 1 段×10 行 (列方向無限) 雰囲気中水密度 $0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 上下方向及び行方向の反射体条件 コンクリート 100cm 	<p>列方向 39.65</p> <p>行方向 750</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>鏡面反射境界条件</p> <p>平面図</p> <p>燃料集合体貯蔵チャンネル</p> <p>普通コンクリート</p> <p>雰囲気中水密度 ($0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)</p> <p>100</p> <p>380</p> <p>100</p> <p>鏡面反射境界条件</p> <p>断面図</p> <p>[単位: cm]</p>	<p>1) 反射条件は反射体なしの場合より 厳しい評価となるよう核燃料物質の 周囲に水2.5cm反射とする。</p>

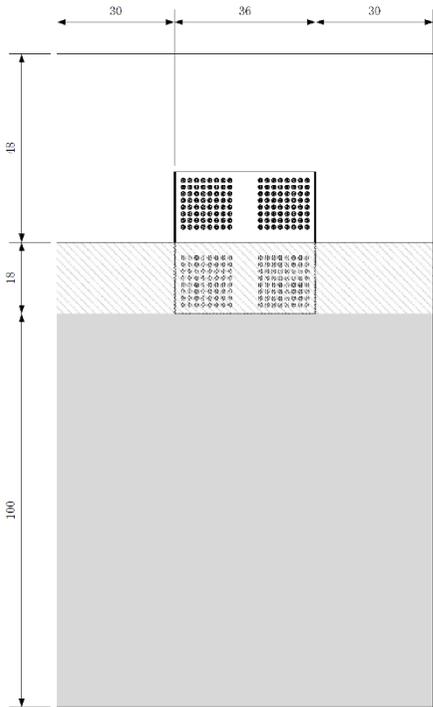
第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (7 / 9)

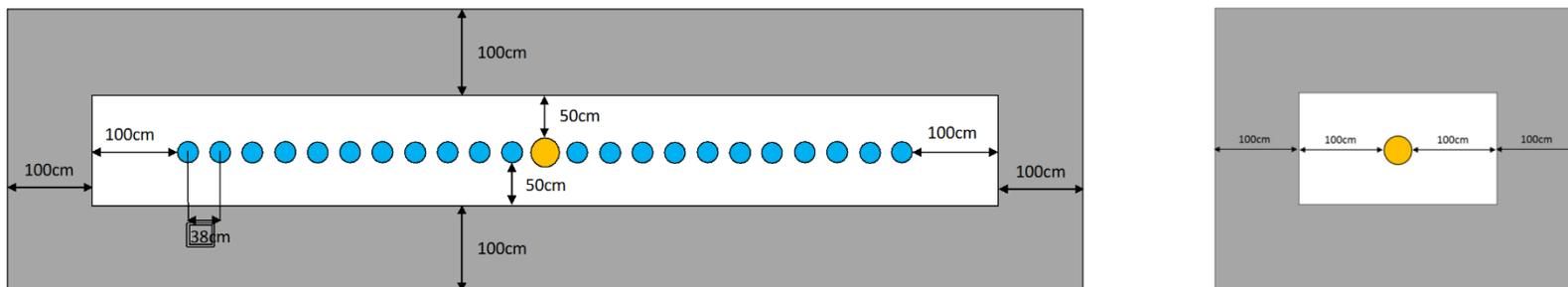
設備	計算モデル	モデル図	備考
スクラップ 貯蔵設備 / 製品ペレ ット貯蔵設備 / ペレットー 時保管設備	<ul style="list-style-type: none"> 焼結ペレット Pu 富化度 14% 核分裂性Pu割合 83% U中のU-235含有率 1.6% 含水率 0.1% MOX密度 $11.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ペレットの配列 正方配列 高さ 5.3cm 下方向の反射体条件 コンクリート 100cm 	<p>平面図</p> <p>断面図</p> <p>焼結ペレット</p> <p>普通コンクリート</p> <p>水</p> <p>正方配列 [単位 : cm]</p>	<p>1) ペレットの配列については、空隙を無視した形状、正方配列、六方配列のうち、最も実効増倍率が高い正方配列とした。</p>

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (8 / 9)

設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>均一化混合装置</p>	<ul style="list-style-type: none"> MOX粉末 <ul style="list-style-type: none"> 形状 円すい 質量 270kg・MOX Pu富化度 14% 核分裂性Pu割合 83% U中のU-235含有率 1.6% MOX粉末密度 $1.8 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 含水率 (浸水部) 32% 含水率 (乾燥部) 1.5% 安息角 50° 雰囲気中水密度 $0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 上下方向の反射体条件 コンクリート 100cm 	<p>モデル図</p> <p>断面図</p> <p>[単位 : cm]</p>	

第 3.3.3-5 表 外的事象を起因とする臨界評価モデル (9 / 9)

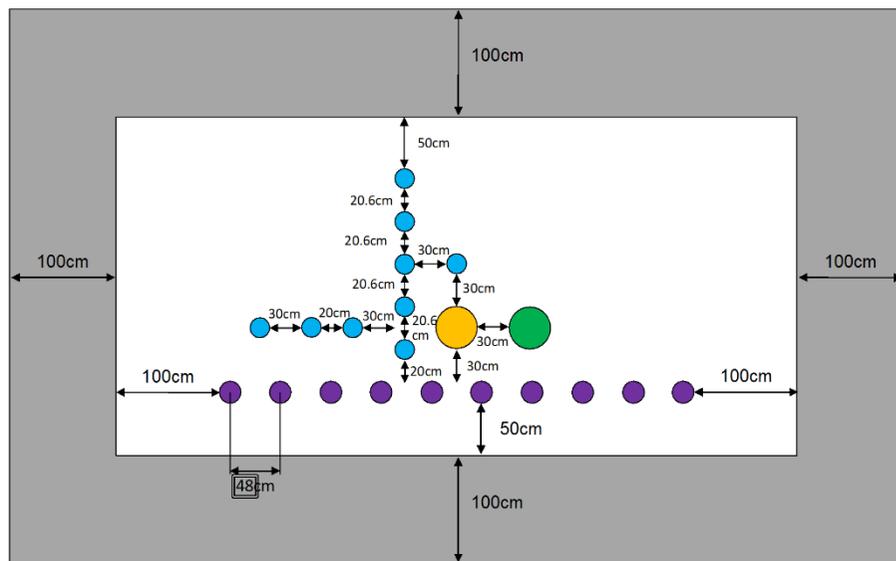
設備	計算モデル	モデル図	備考
<p>貯蔵マガジン / 組立マガジン / 燃料集合体</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵マガジン 添 5 第 6 表に示す貯蔵マガジンと同一形状 ・燃料棒の長さ 無限長 ・雰囲気中水密度 $0 \sim 0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ・床面の反射体条件 コンクリート 100cm 	 <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: right;">[単位: cm]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 貯蔵マガジン, 組立マガジン, 燃料集合体のうち, 最も実効増倍率が高い貯蔵マガジンのモデルとした。 2) 被覆管としてジルカロイを考慮。



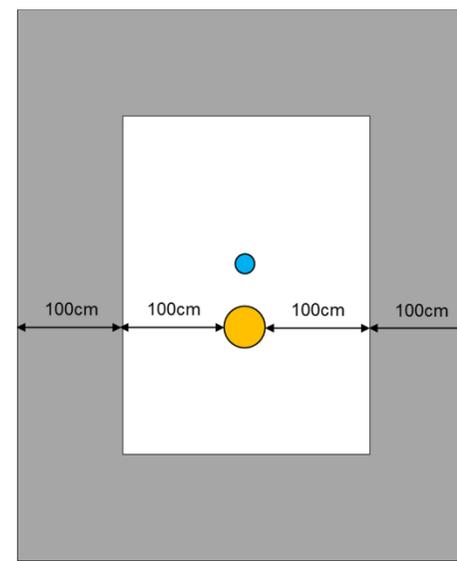
- 粉末缶5缶分と粉末回収装置を合わせた球 $r=16.7\text{cm}$
- 粉末缶2缶分を合わせた球 $r=12.2\text{cm}$
- 普通コンクリート
- 雰囲気中水密度 ($0.001 \times 10^3\text{kg/m}^3$)

評価条件
 プルトニウム富化度：60%
 含水率：0.5%
 密度： $4.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$

第 3. 3. 3- 1 図 分散配置モデル（原料MOX粉末缶取出装置グローブボックス）（1 / 7）

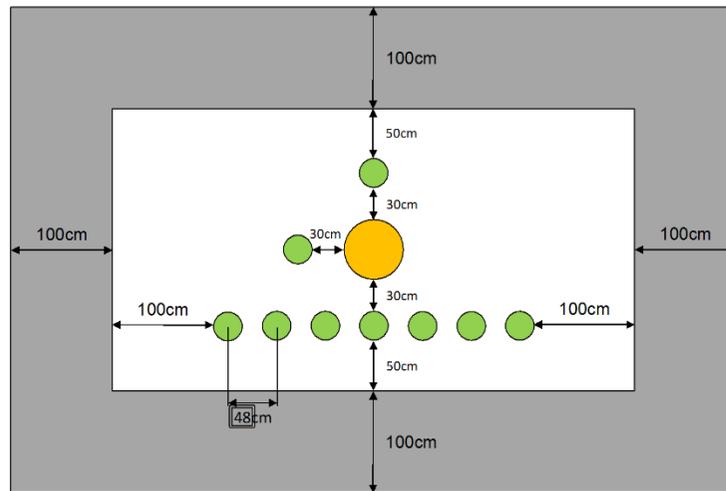


- 分取ホッパA $r=20.2\text{cm}$ ● J18 $r=10.7\text{cm}$ ■ 普通コンクリート
- 分取ホッパB $r=19.4\text{cm}$ ● 粉末缶 $r=9.7\text{cm}$ □ 雰囲気中水密度 ($0.001 \times 10^3\text{kg/m}^3$)

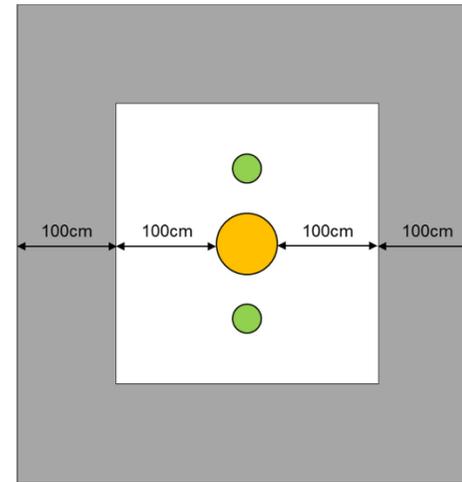


評価条件
 プルトニウム富化度：60%
 含水率：0.5%
 密度： $4.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$

第 3. 3. 3- 1 図 分散配置モデル (原料MOX粉末秤量・分取装置グローブボックス) (2 / 7)

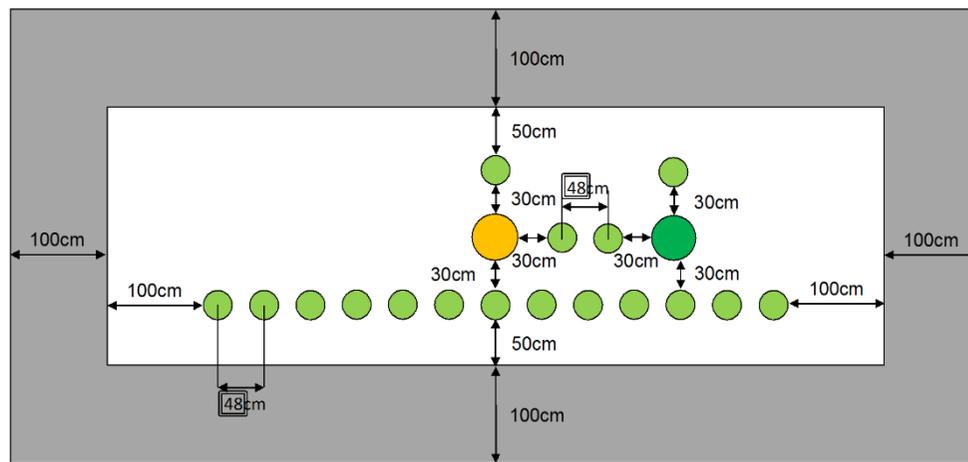


● 予備混合機 $r=30.4\text{cm}$
● J60 $r=14.6\text{cm}$
 普通コンクリート
 雰囲気中水密度 ($0.001 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)

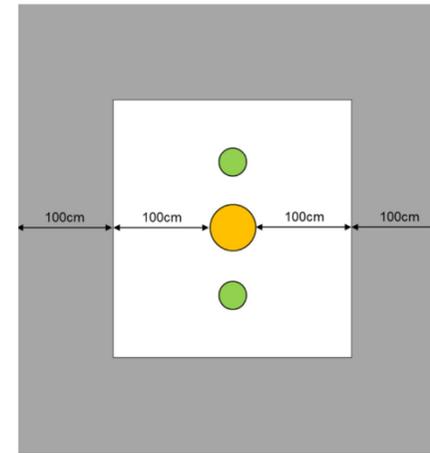


評価条件
 プルトニウム富化度：30%
 含水率：1.0%
 密度： $5.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

第 3.3.3-1 図 分散配置モデル（予備混合装置グローブボックス）（3 / 7）

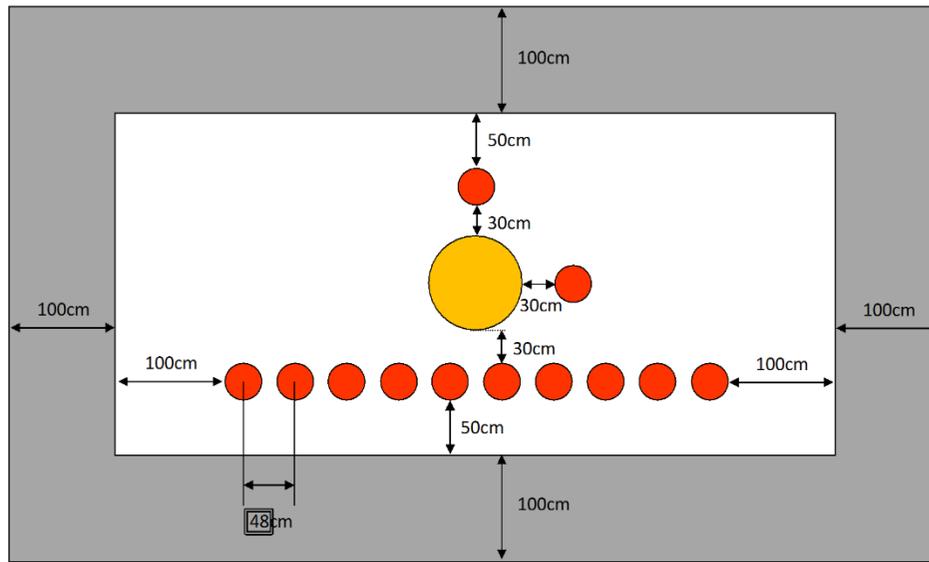


- 一次混合粉末ホッパ $r=24.3\text{cm}$
- 篩分粉末ホッパ $r=23.3\text{cm}$
- J60 $r=14.6\text{cm}$
- 普通コンクリート
- 雰囲気中水密度 ($0.001 \times 10^3\text{kg/m}^3$)

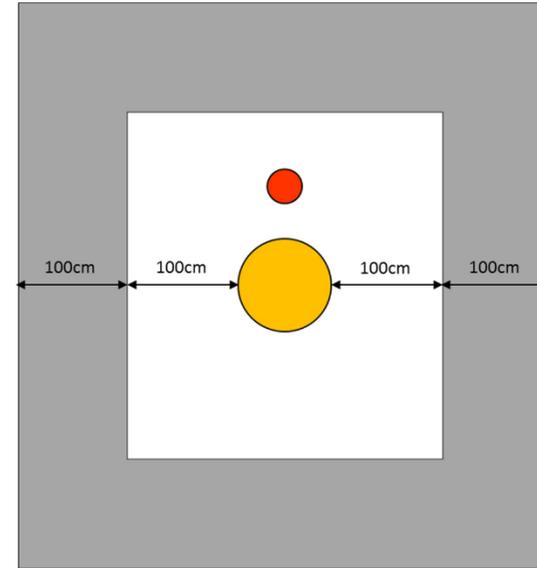


評価条件
 プルトニウム富化度：30%
 含水率：1.0%
 密度： $5.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$

第 3.3.3-1 図 分散配置モデル（一次混合粉末秤量・分取装置グローブボックス）（4 / 7）

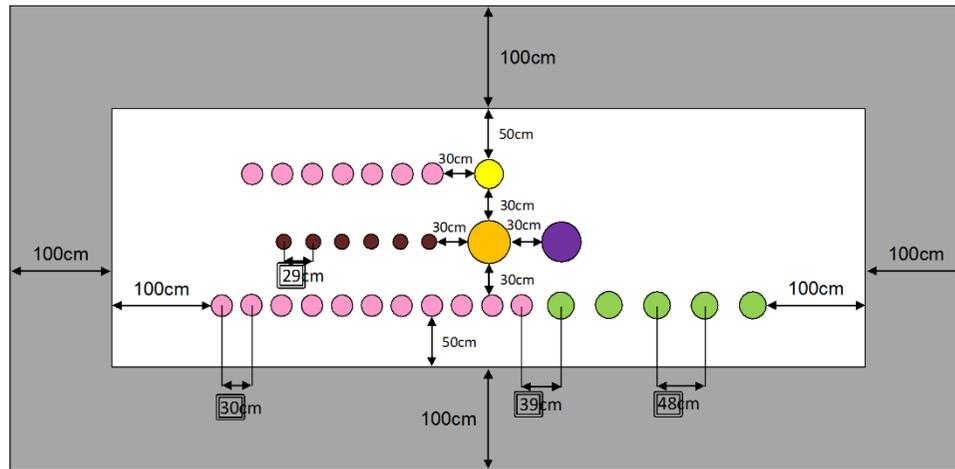


- 均一化混合機 $r=44.8\text{cm}$
- J85 $r=16.3\text{cm}$
- 普通コンクリート
- 雰囲気中水密度 ($0.001 \times 10^3\text{kg/m}^3$)

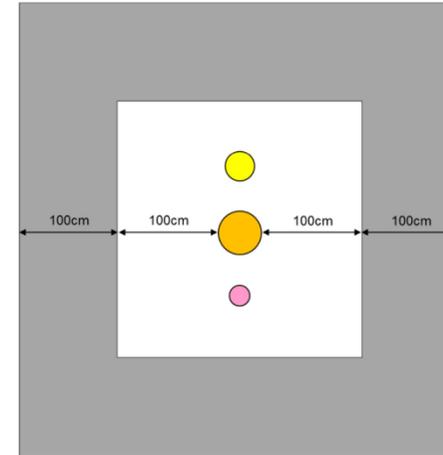


評価条件
 プルトニウム富化度：14%
 含水率：1.5%
 密度： $5.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$

第 3.3.3-1 図 分散配置モデル（均一化混合装置グローブボックス）（5 / 7）



- ポット反転装置付ホツパ $r=21.8\text{cm}$
 - 粗粉碎機 $r=20.5\text{cm}$
 - 反転装置 $r=15.1\text{cm}$
 - 普通コンクリート
- J60 $r=14.6\text{cm}$
 - 9缶バスケット $r=11.1\text{cm}$
 - ペレット保管容器 $r=8.1\text{cm}$
 - 雰囲気中水密度 ($0.001 \times 10^3\text{kg/m}^3$)



評価条件

【J60】

プルトニウム富化度：30%

含水率：1.0%

密度： $5.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$

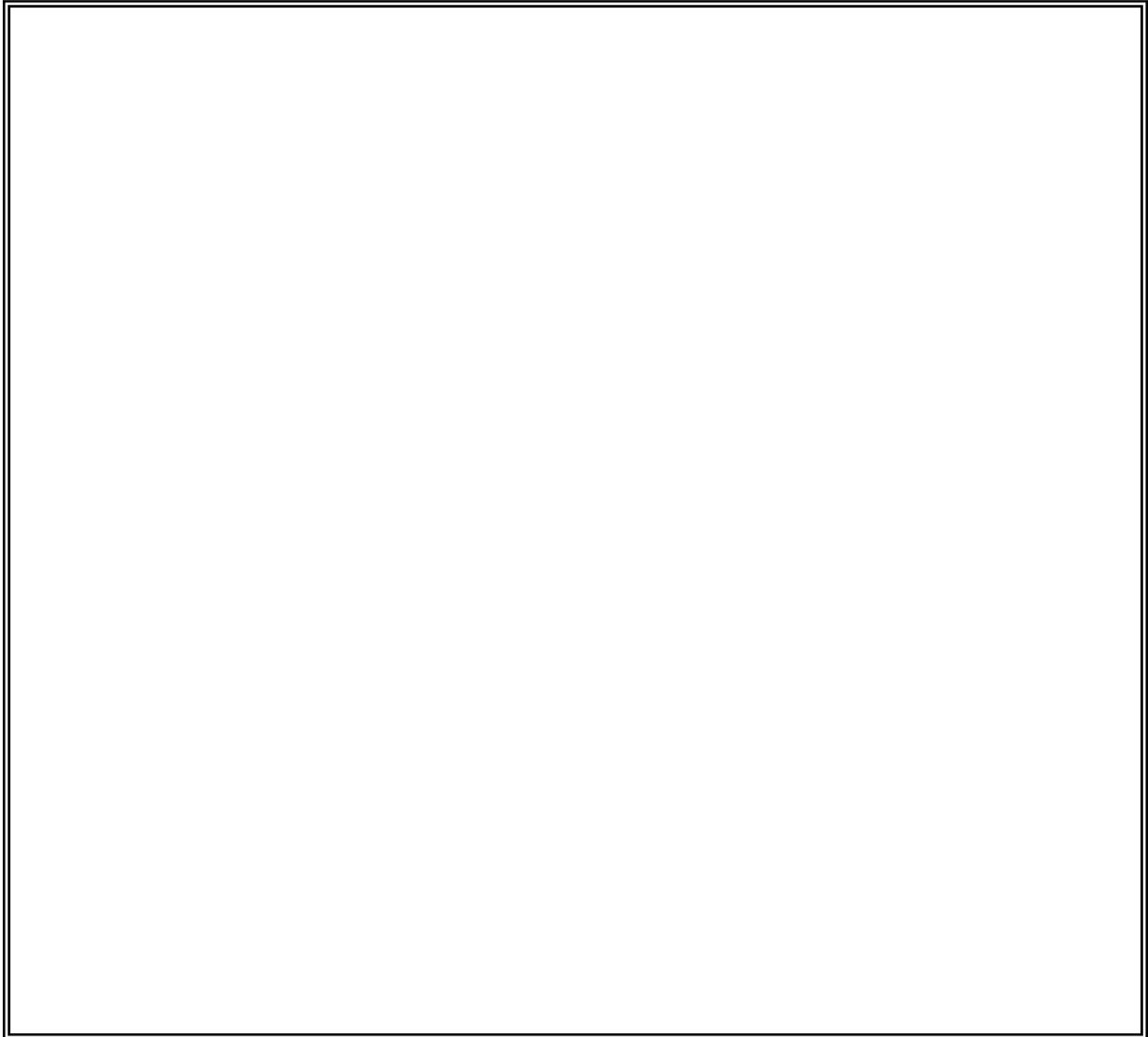
【J60 以外】

プルトニウム富化度：14%

含水率：0.1%

密度： $11.1 \times 10^3\text{kg/m}^3$

第 3.3.3-1 図 分散配置モデル（回収粉末処理・詰替装置グローブボックス）（6 / 7）



-  溢水防護区画
-  堰
-  溢水の滞留を考慮する区域

第 3.3.3-2 図 溢水の滞留を考慮する区域（地下 1 階）（1 / 3）

□は核不拡散上の観点から公開できません。



 溢水防護区画

▼ 堰

 溢水の滞留を考慮する区域

第3.3.3-2図 溢水の滞留を考慮する区域（地下2階）（2／3）

□は核不拡散上の観点から公開できません。



 溢水防護区画

▼ 堰

 溢水の滞留を考慮する区域

第 3.3.3-2 図 溢水の滞留を考慮する区域（地下3階）（3 / 3）

□は核不拡散上の観点から公開できません。

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22条: 重大事故等の拡大の防止等(3. 重大事故の事象選定)

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3-1	重大事故の起因となる機能喪失を発生させる可能性がある自然現象等の選定根拠	2/26	1	
補足説明資料3-2	自然現象に対して実施する対処について	12/26	0	
補足説明資料3-3	自然現象の発生規模と安全機能への影響の関係	2/26	1	
補足説明資料3-4	重大事故等の特定	1/23	1	
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	0	新規作成
添付資料2	各異常事象に対する発生防止対策について	2/26	0	新規作成
補足説明資料3-5	SCALEコードシステムの概要	2/26	1	
補足説明資料3-6	混合機の容積制限について	2/26	1	
補足説明資料3-7	未臨界質量の評価について	12/26	0	
補足説明資料3-8	未臨界質量に至る所要時間の算定について	2/26	1	
補足説明資料3-9	水配管の破損による溢水の想定について	2/26	1	
補足説明資料3-10	燃料棒貯蔵設備における貯蔵マガジン落下時の没水の可能性について	12/26	0	
補足説明資料3-11	燃料集合体貯蔵設備の没水の可能性について	12/26	0	
補足説明資料3-12	設計上定める条件より厳しい条件等の同時発生	2/26	0	新規作成
補足説明資料3-13	近接原子力施設からの影響	2/26	0	新規作成
補足説明資料3-14	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	0	新規作成

令和2年2月26日 R 1

補足説明資料3-1 (22条)

重大事故の起因となる機能喪失を発生させる可能性がある
自然現象等の選定根拠

外部からの影響として、国内外の文献から抽出した自然現象及び人為事象（以下「自然現象等」という。）を対象に、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる可能性がある自然現象等として、以下の基準のいずれにも該当しない自然現象等を選定している。

基準 1：重大事故等の起因となる事象の発生が想定されない

基準 1－1：事象の発生頻度が極めて低い

基準 1－2：事象そのものは発生するが、重大事故等の起因となる機能喪失の要因となる規模の発生が想定されない

基準 1－3：MOX燃料加工施設周辺では起こり得ない

基準 2：発生しても重大事故等の起因となる機能喪失の要因となるような影響が考えられないことが明らか

上記の基準のうち、基準 1－1 及び基準 1－3 については、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる可能性がある自然現象の想定を無視しうるものである。また、基準 2 については、自然現象の発生が重大事故の起因となる機能喪失の要因となることはない。

基準 1－2 については、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる可能性について検討を行っており、その結果、重大事故の起因となる機能喪失の要因となる規模の発生が想定されない。

以下にそれぞれの自然現象に対する検討内容を示す。

a. 津波

断層モデルのすべり量が既往知見を大きく上回る波源による検討を行った場合でも、標高40mには到達していないことから、標高約50mから約55m及び海岸からの距離約4 kmから約5 kmの地点に位置している敷地に到達する可能性はない。

b. 竜巻

日本で過去に発生した最大の竜巻はF3（最大風速92m/s）であること、及び「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」にしたがって検討した竜巻最大風速のハザード曲線に基づく設計基準で想定する竜巻の年超過確率は 10^{-7} ～ 10^{-8} であることから、設計基準の規模（最大風速100m/s）を超える竜巻の発生は想定し難い。

c. 降水

設計基準の規模を超える降水により、MOX燃料加工施設の敷地が浸水し、安全上重要な施設を内包する建屋の開口部から雨水が流入することが想定される。

重大事故の起因となる規模である約300mm/hを超える降水により機能喪失に至る可能性があるが、過去の記録からすると、1時間降水量300mm/hを超える降水が発生することは想定されない。

d. 高温

MOX燃料加工施設の貯蔵施設はMOXの崩壊熱による影響は小さく、換気設備が停止した場合においても閉じ込め機能の不全に至るまでに時間的な余裕があることから、常時冷却機能の維持が必要な設備はなく、重大事故等の要因になることはない。

e. 凍結

MOX燃料加工施設は、安全機能を維持するために必要な冷却を要しないことから、凍結が重大事故等の要因になることはない。

f. 塩害

一般に大気中の塩分量は、平野部で海岸から200m付近までは多く、数百mの付近で激減する傾向がある。本施設は海岸から約5km離れており、塩害の影響は小さいと考えられるが、屋外の受電開閉設備については碍子部分の絶縁を保つために碍子部分の洗浄を通常運転の一環として行っており、塩分付着量が管理値である $0.07\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下になるよう管理を行っている。

設計基準の規模を超える塩害が発生することは想定し難いが、設計基準で想定した規模を超える塩害があったとしても、碍子部分の洗浄の頻度は増加するものの、重大事故等の要因になることはない。

令和2年2月26日 R 1

補足説明資料3－3（22条）

自然現象の発生規模と安全機能への影響の関係

自然現象等	想定規模 ^{※1}		想定される事態	想定される対処	想定要否 ^{※2}
地震	超過①	—	—	—	—
	超過②	基準地震動 ～ 基準地震動+ α	基準地震動の1.2倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計としたもの以外は機能喪失	重大事故に対する対処	要
	超過③	> 基準地震動+ α	地震による機器又は建屋の損壊	安全機能を有する施設及び重大事故等対処施設を活用した対処 大規模損壊に対する対処	要
森林火災 及び 草原火災	超過①	火線強度 9128～10000 kW/m	重大事故への進展に至るような安全機能への影響なし	—	否②
	超過②	> 10000 kW/m	森林火災の火炎の防火帯内側への到達	定期的な植生調査 消火活動による延焼防止	否①
	超過③	—	森林火災による建屋の損壊なし	—	否②
火山の影響 (降下火砕物 による積載荷 重)	超過①	$\leq 73\text{cm}$	<u>重大事故への進展に至るような安全機能への影響なし</u>	—	<u>否②</u>
	超過②	—	—	—	—
	超過③	>73cm	<u>建屋の損壊</u>	<u>建屋に堆積した降下火砕物の除去</u>	<u>否②</u>

(つづき)

自然現象等	想定規模 ^{※1}		想定される事態	想定される対処	想定要否 ^{※2}
積雪	超過①	≦360cm	重大事故への進展に至るような安全機能への影響なし	—	否②
	超過②	—	—	—	—
	超過③	>360cm	建屋の損壊	建屋屋上の除雪	否①

※1 超過①：設計上の安全余裕により、安全機能を有する施設の安全機能への影響がない規模
超過②：設計上の安全余裕を超え、重大事故に至る規模
超過③：設計上の安全余裕をはるかに超え、大規模損壊に至る規模

※2 要：重大事故の起因として想定する
否①：重大事故に至る前に対処が可能である
否②：重大事故に至るような影響がない

令和 2 年 2 月 26 日 R O

補足説明資料 3 - 4 (22 条)

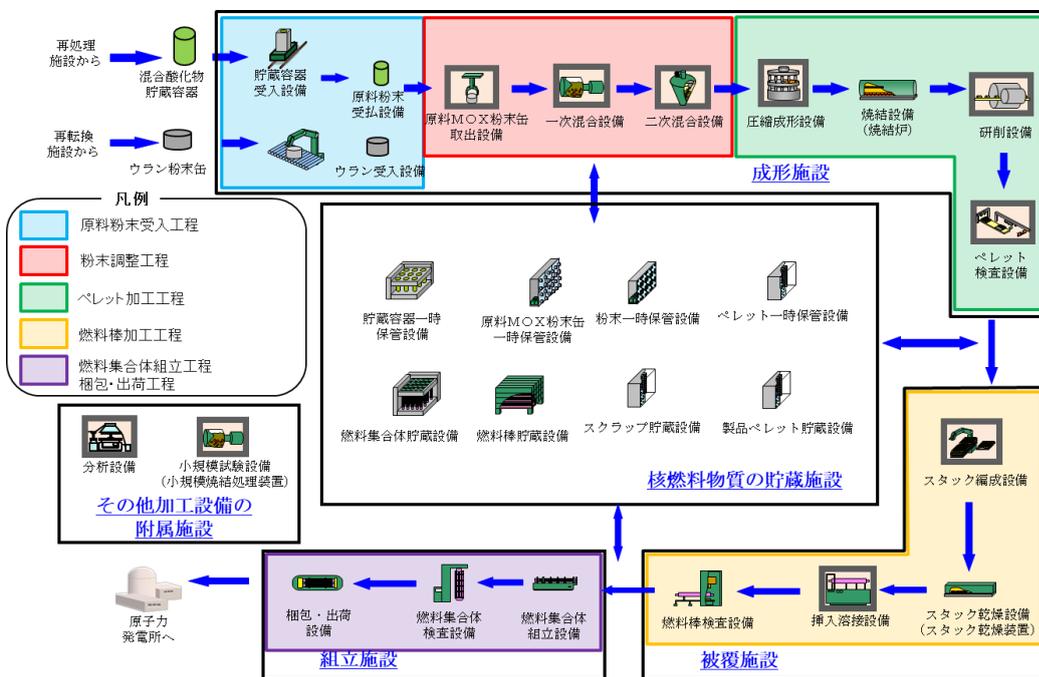
添付資料 1

MOX燃料加工施設における核燃料物質の取扱い

本資料は、MOX燃料加工施設における核燃料物質の取扱いについて説明する資料である。

MOX燃料加工施設における全体工程及び燃料製造における主な処理フローを以下に示す。

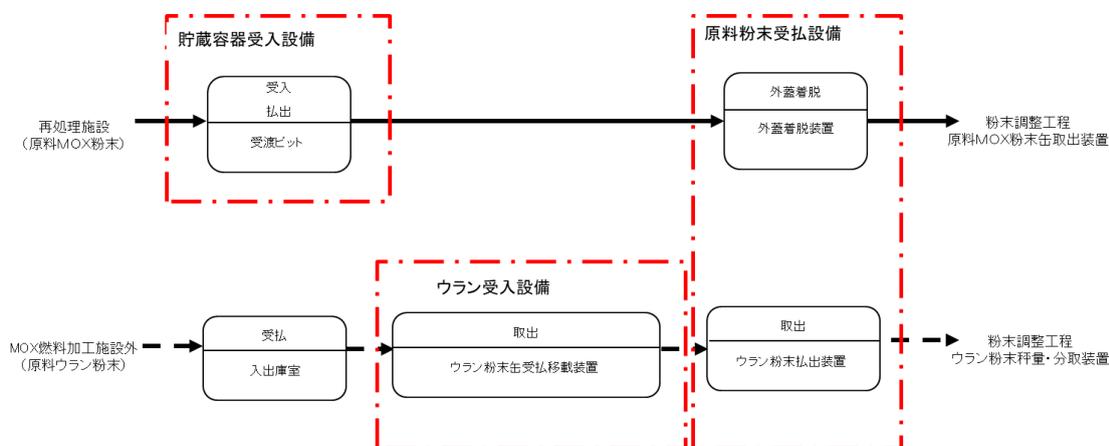
MOX燃料加工施設の全体工程を第1図に示す。



第1図 MOX燃料加工施設の全体工程

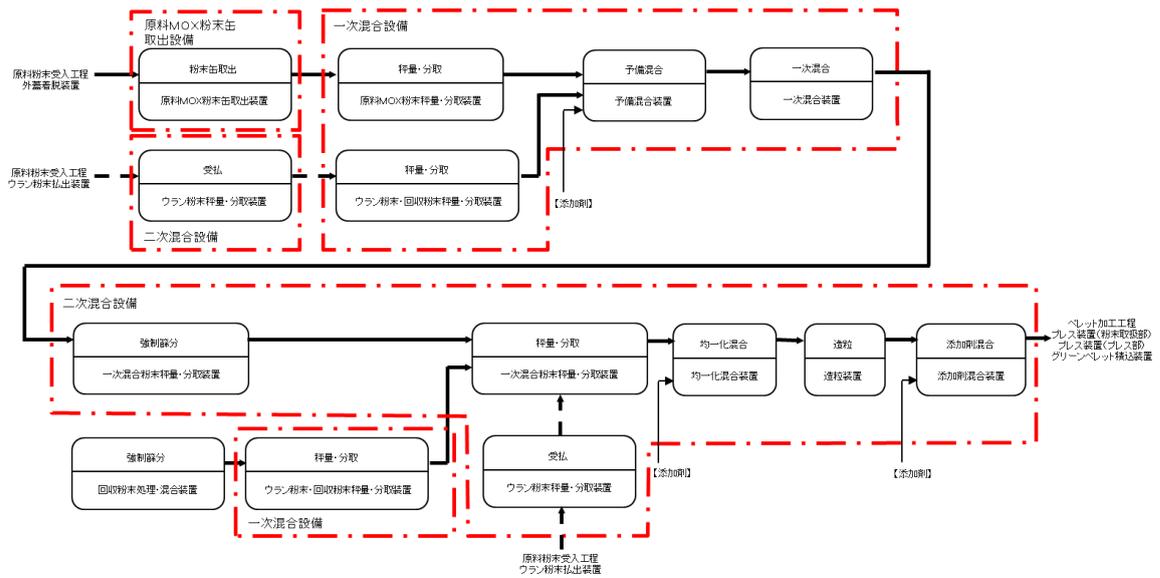
燃料製造における主な処理フローのうち、原料粉末受入工程は、原料MOX粉末（プルトニウム富化度60%以下）及び原料ウラン粉末を受け入れ、粉末調整工程に払い出す。原料MOX粉末は、ウランとプルトニウムの質量混合比が1対1であり、再処理施設から受け入れる。また、原料ウラン粉末はMOX燃料加工施設外から受け入れる。燃料製造工程にお

ける主な処理フロー（原料粉末受入工程）を第2図に示す。



第2図 燃料製造における主な処理フロー
（原料粉末受入工程）

燃料製造における主な処理フローのうち、粉末調整工程は、原料粉末受入工程から原料MOX粉末及び原料ウラン粉末を受け入れるとともに、各設備より回収し処理した回収粉末（プルトニウム富化度60%以下）を受け入れ、秤量・分取を行った後、一次混合設備でプルトニウム富化度33%以下、二次混合設備でプルトニウム富化度18%以下に混合し、次工程であるペレット加工工程の圧縮成形に適した粉末に調整する。燃料製造工程における主な処理フロー（粉末調整工程）を第3図に示す。



第3図 燃料製造における主な処理フロー
(粉末調整工程)

燃料製造における主な処理フローのうち、ペレット加工工程は、粉末調整工程で調整した添加剤混合後の粉末（プルトニウム富化度18%以下）を圧縮成形し、成形したペレット（プルトニウム富化度18%以下）を焼結設備で焼結する。

焼結したペレットを研削した後、所定の検査を行う。燃料製造工程における主な処理フロー（ペレット加工工程）を第4図に示す。

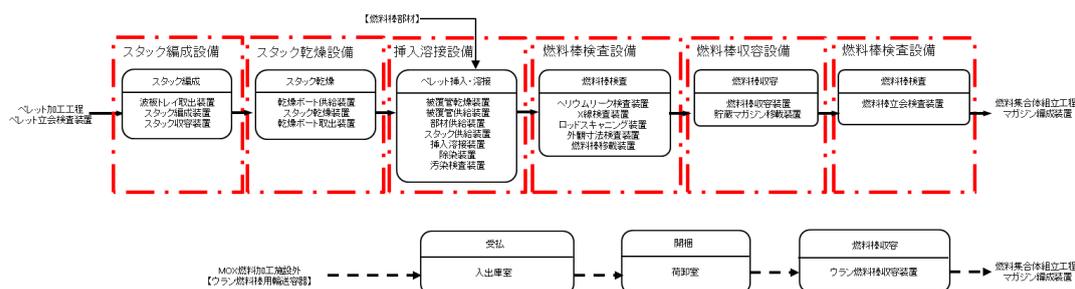


第4図 燃料製造における主な処理フロー
(ペレット加工工程)

燃料製造における主な処理フローのうち、燃料棒加工工程は、ペレット加工工程より搬送したペレットをスタックに編成し、乾燥した後、下部端栓付被覆管（以下「被覆管」という。）にプレナムスプリングとともに挿入する。

ペレット挿入後、上部端栓を溶接して密封し、BWR燃料棒で17%以下、PWR燃料棒で18%以下のプルトニウム富化度のMOX燃料棒とする。

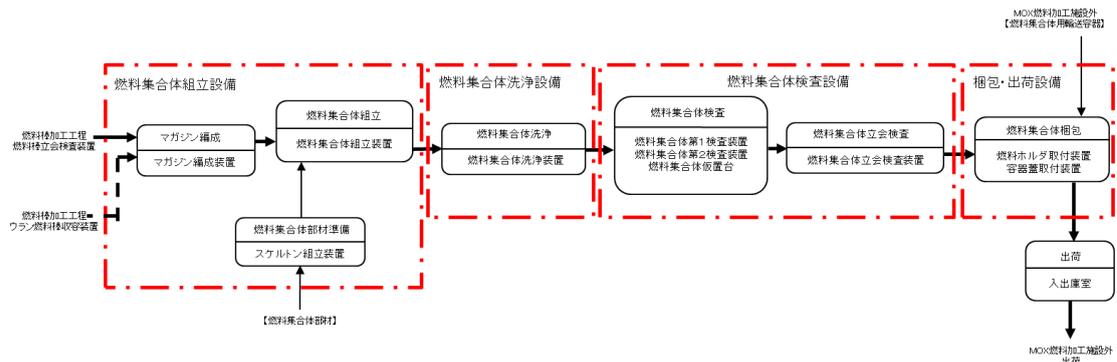
MOX燃料棒は、所定の検査を実施した後に、貯蔵マガジンへと収容する。燃料製造工程における主な処理フロー（燃料棒加工工程）を第5図に示す。



第5図 燃料製造における主な処理フロー
(燃料棒加工工程)

燃料製造における主な処理フローのうち、燃料集合体組立工程及び梱包・出荷工程は、MOX燃料棒及び燃料集合体部材を組み合わせ、燃料集合体平均のプルトニウム富化度をBWR燃料集合体では11%以下、PWR燃料集合体では14%以下で燃料集合体を組み立てる。BWR燃料集合体については、ウラン中のウラン-235含有率が5%以下のウラン燃料棒をMOX燃料加工施設外から受け入れ、組み合わせる。組

み立てた燃料集合体は、洗浄し、所定の検査を実施した後、燃料集合体用輸送容器へ梱包し、出荷する。燃料製造工程における主な処理フロー（燃料集合体組立工程及び梱包・出荷工程）を第6図に示す。



第6図 燃料製造における主な処理フロー
（燃料集合体組立工程及び梱包・出荷工程）

各工程及び各設備の詳細について1.以降に示す。

1. 成形施設（原料粉末受入工程）

1. 1 貯蔵容器受入設備

洞道搬送台車は、貯蔵容器搬送用洞道を通して、再処理施設とMOX燃料加工施設内の受渡天井クレーンの間で、混合酸化物貯蔵容器を搬送する。

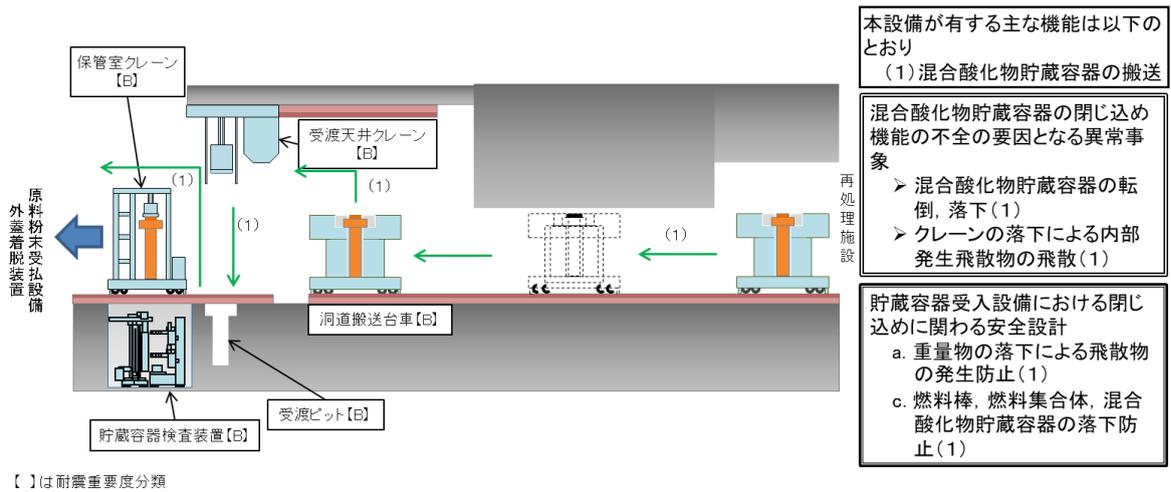
受渡天井クレーンは、洞道搬送台車と受渡ピットの間で、混合酸化物貯蔵容器の受渡しを行う。

受渡ピットは、受渡天井クレーンと保管室クレーンの間で、混合酸化物貯蔵容器の受渡しを行う際に、混合酸化物貯蔵容器を仮置きする。

保管室クレーンは、受渡ピット、貯蔵容器検査装置、貯蔵容器一時保管設備及び原料粉末受払設備の間で、混合酸化物貯蔵容器の受渡しを行う。また、保管室クレーンは、貯蔵容器一時保管設備の上部の遮蔽蓋の取り外し及び取り付けを行う。

貯蔵容器検査装置は、混合酸化物貯蔵容器を再処理施設に返却する際に、混合酸化物貯蔵容器外面の放射性物質の表面密度を確認する。

貯蔵容器受入設備のイメージ図を第1. 1-1図に示す。



第 1 . 1 - 1 図 貯蔵容器受入設備のイメージ図

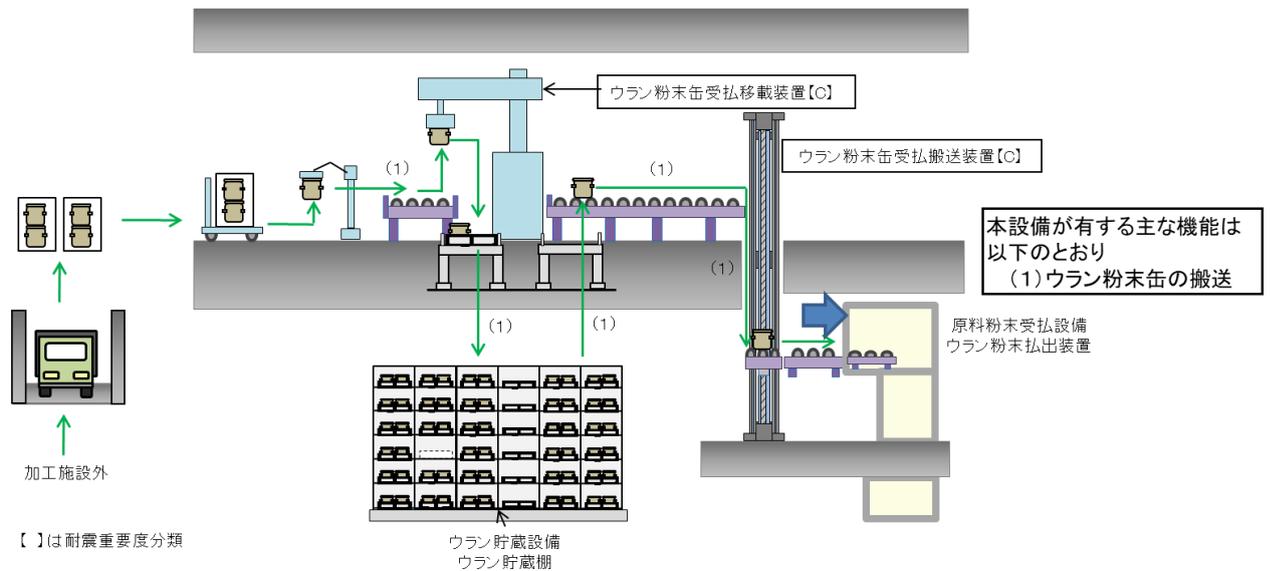
1. 2 ウラン受入設備

MOX燃料加工施設外から原料ウラン粉末入りのウラン粉末缶を収納したウラン粉末缶輸送容器を受け入れる。

ウラン粉末缶受払移載装置は、原料ウラン粉末用輸送容器からウラン粉末缶を取り出し、ウラン粉末缶受払搬送装置へウラン粉末缶の受渡しを行う。

ウラン粉末缶受払搬送装置は、ウラン粉末缶受払移載装置、ウラン貯蔵設備及び原料粉末受払設備の間で、ウラン粉末缶を搬送する。

ウラン受入設備のイメージ図を第1.2-1図に示す。



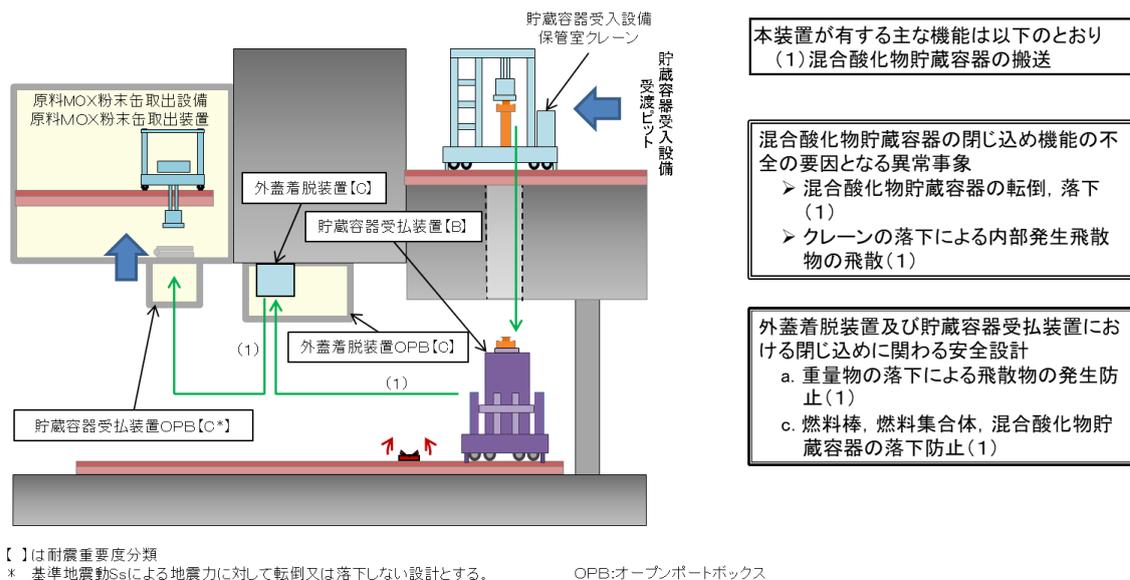
第1.2-1図 ウラン受入設備のイメージ図

1. 3 原料粉末受払設備（外蓋着脱装置，貯蔵容器受払装置）

貯蔵容器受払装置は，貯蔵容器受入設備，外蓋着脱装置及び原料MOX粉末缶取出設備の間で，混合酸化物貯蔵容器を搬送する。

外蓋着脱装置は，貯蔵容器受入設備と原料MOX粉末缶取出設備の間で，混合酸化物貯蔵容器を搬送する際に，混合酸化物貯蔵容器の外蓋の着脱を行う。

原料粉末受払設備（外蓋着脱装置，貯蔵容器受払装置）のイメージ図を第1.3-1図に示す。

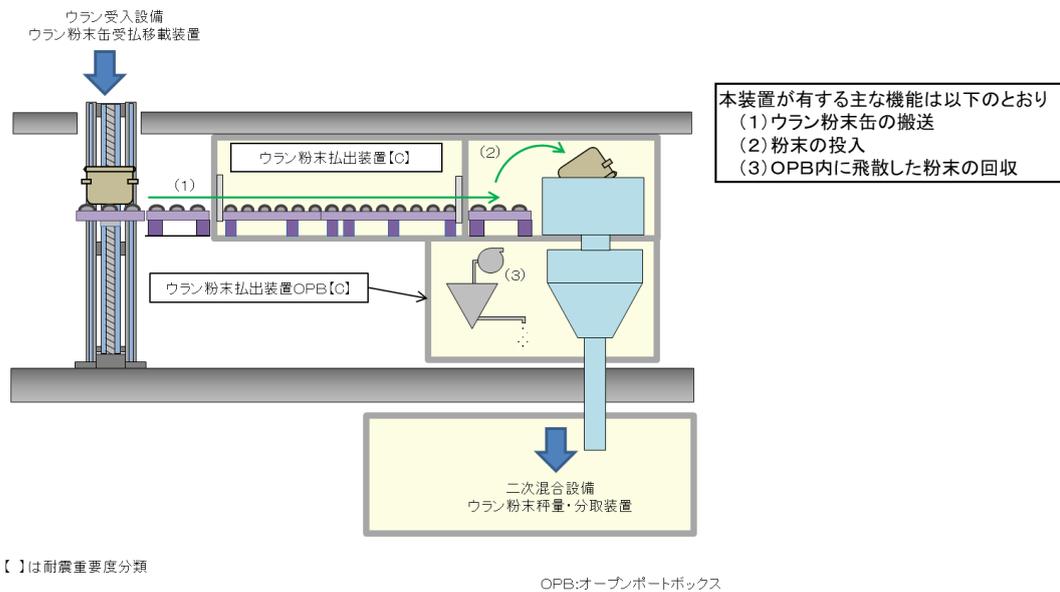


第1.3-1図 原料粉末受払設備（外蓋着脱装置，貯蔵容器受払装置）のイメージ図

1. 4 原料粉末受払設備（ウラン粉末払出装置）

ウラン粉末払出装置は、ウラン受入設備から受け入れたウラン粉末缶を開缶し、原料ウラン粉末を取り出し、二次混合設備へ原料ウラン粉末を払い出す。

原料粉末受払設備（ウラン粉末払出装置）のイメージ図を第1. 4-1図に示す。



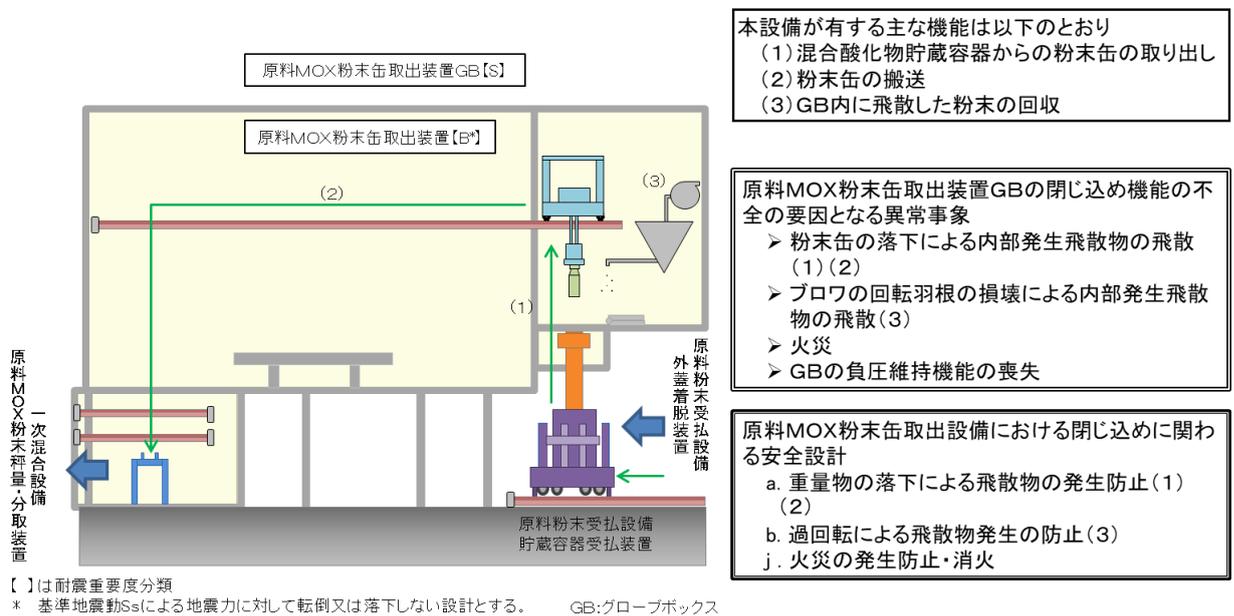
第1. 4-1図 原料粉末受払設備（ウラン粉末払出装置）
のイメージ図

2. 成形施設（粉末調整工程）

2. 1 原料MOX粉末缶取出設備

原料MOX粉末缶取出装置は，原料粉末受払設備と粉末調整工程搬送設備の間で，粉末缶の受渡し及び原料MOX粉末を取り出した後の粉末缶の一時的な仮置きを行う。

原料MOX粉末缶取出設備のイメージ図を第2. 1 - 1 図に示す。

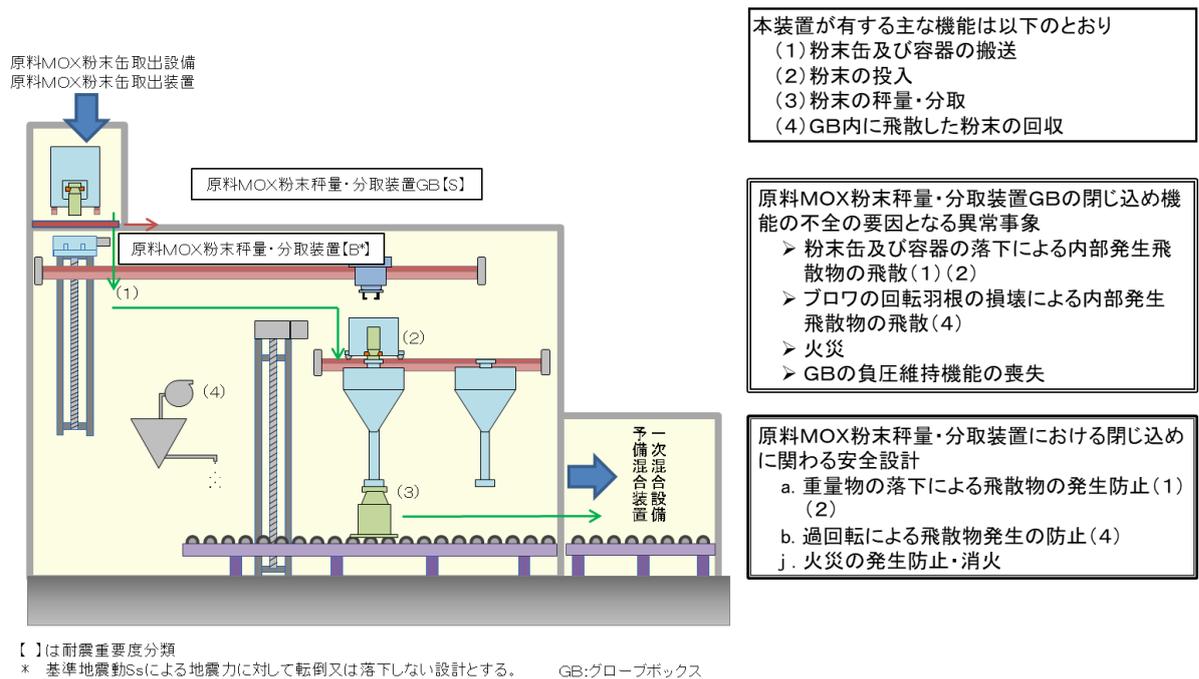


第2. 1 - 1 図 原料MOX粉末缶取出設備のイメージ図

2. 2 一次混合設備（原料MOX粉末秤量・分取装置）

原料MOX粉末秤量・分取装置は、予備混合，一次混合時に所定のプルトニウム富化度（33%以下）となるよう原料MOX粉末を受け入れ，所定量を秤量・分取する。

原料MOX粉末秤量・分取装置のイメージ図を第2. 2-1図に示す。

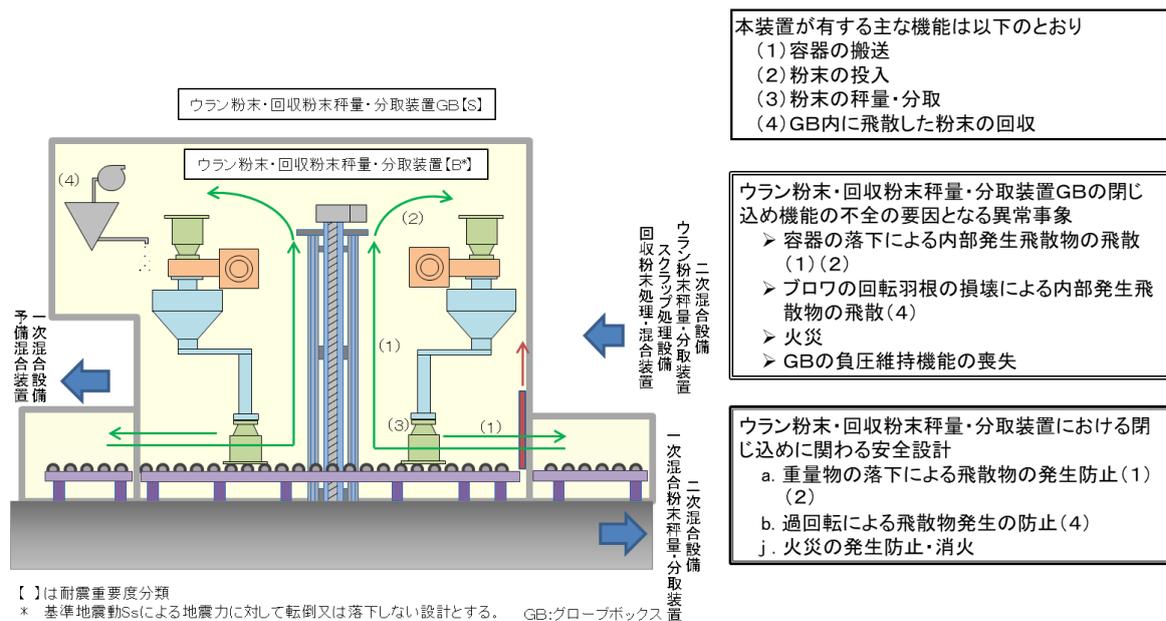


第2. 2-1図 原料MOX粉末秤量・分取装置のイメージ図

2. 3 一次混合設備（ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置）

ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置は、予備混合、一次混合時に所定のプルトニウム富化度（33%以下）となるよう原料ウラン粉末及び回収粉末を受け入れ、粉末に応じた所定量をそれぞれ秤量・分取する。また、二次混合時に所定のプルトニウム富化度（18%以下）となるよう回収粉末の秤量・分取を行う。

ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置のイメージ図を第2. 3 - 1 図に示す。

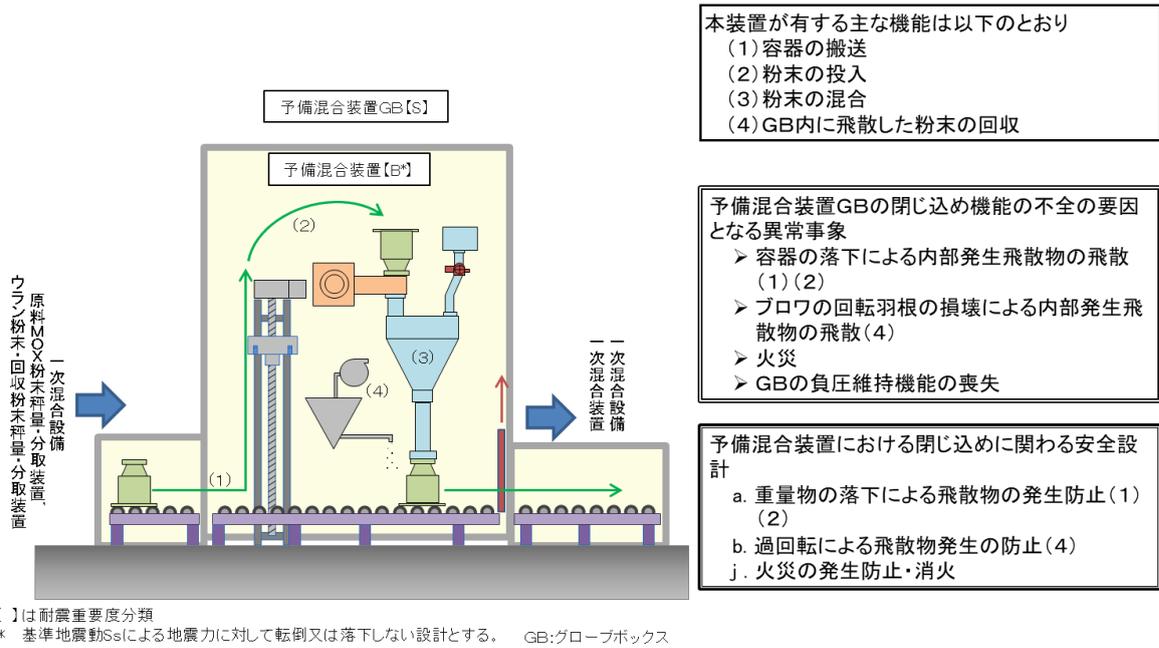


第2. 3 - 1 図 ウラン粉末・回収粉末秤量・分取装置のイメージ図

2. 4 一次混合設備（予備混合装置）

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。

予備混合装置のイメージ図を第2. 4-1図に示す。

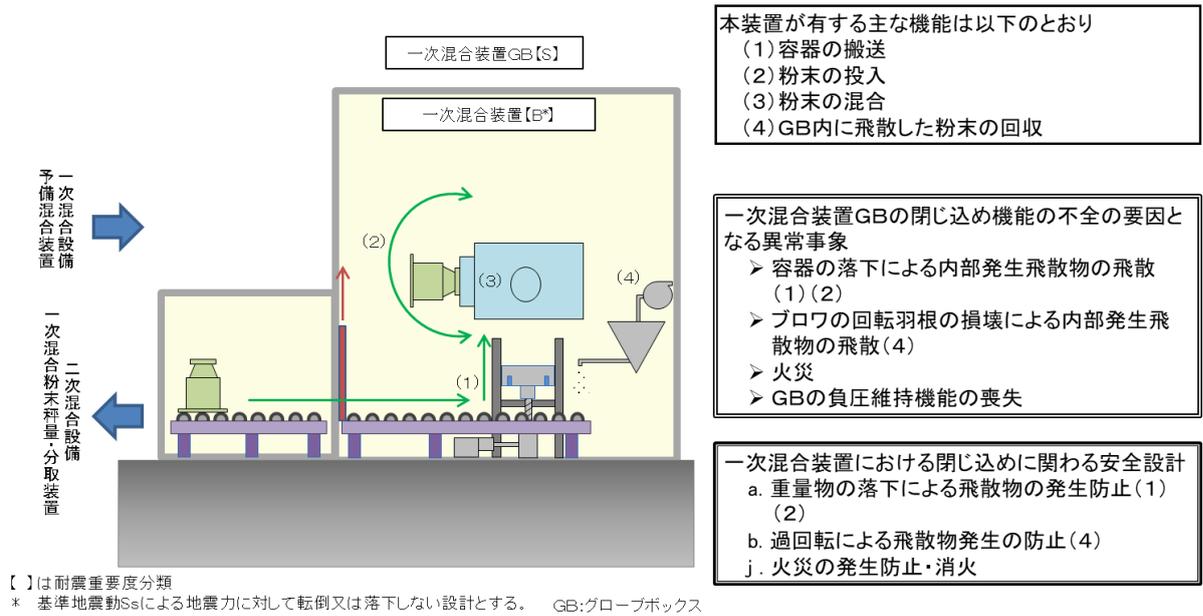


第2. 4-1図 予備混合装置のイメージ図

2. 5 一次混合設備（一次混合装置）

一次混合装置は、予備混合後の粉末（プルトニウム富化度33%以下）を受け入れ、ウラン合金ボールを使用し、微粉碎混合する。

一次混合装置のイメージ図を第2. 5 - 1 図に示す。

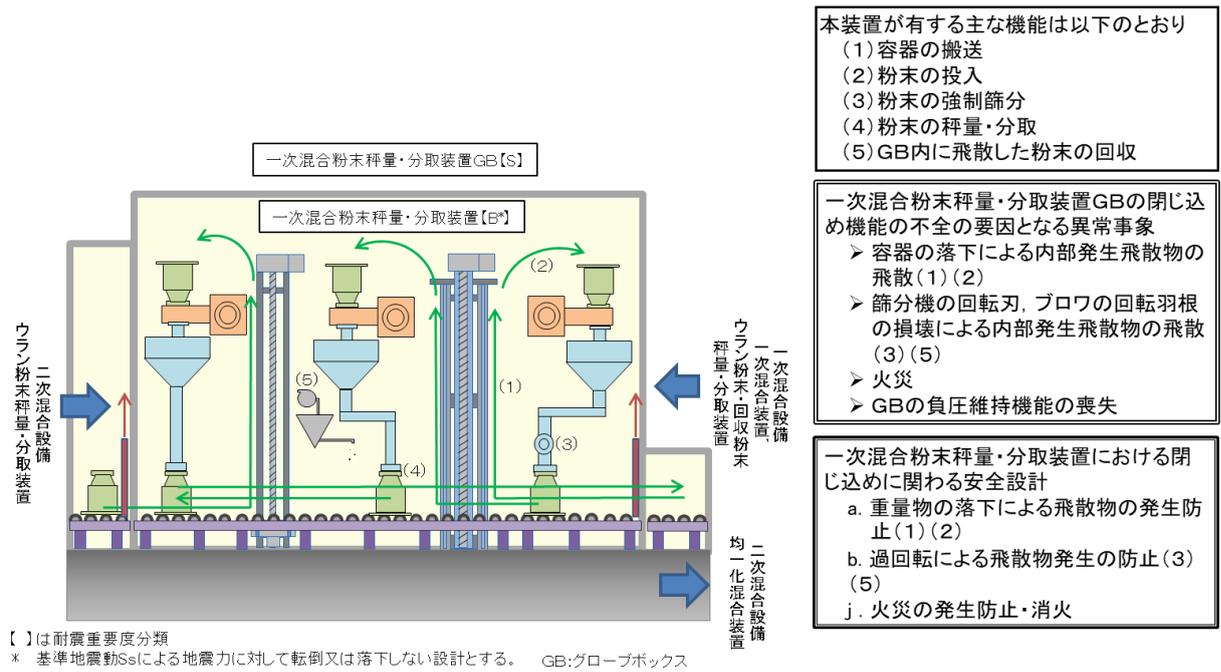


第2. 5 - 1 図 一次混合装置のイメージ図

2. 6 二次混合設備（一次混合粉末秤量・分取装置）

一次混合粉末秤量・分取装置は、一次混合設備で所定のプルトニウム富化度（33%以下）に調整した一次混合後の粉末、原料ウラン粉末及び回収粉末を受け入れ、均一化混合時に所定のプルトニウム富化度（18%以下）となるよう所定量をそれぞれ秤量・分取する。また、一次混合後の粉末の強制篩分を行う。

一次混合粉末秤量・分取装置のイメージ図を第2. 6 - 1 図に示す。

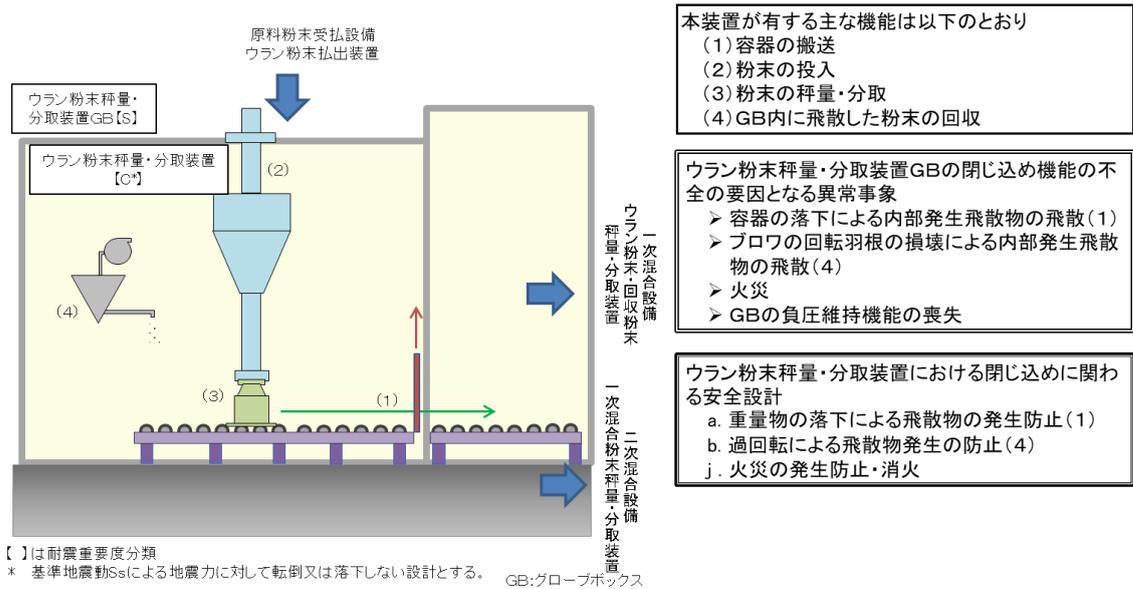


第2. 6 - 1 図 一次混合粉末秤量・分取装置のイメージ図

2. 7 二次混合設備（ウラン粉末秤量・分取装置）

ウラン粉末秤量・分取装置は，原料粉末受払設備から原料ウラン粉末を受け入れ，所定量を秤量・分取する。

ウラン粉末秤量・分取装置のイメージ図を第2. 7-1図に示す。

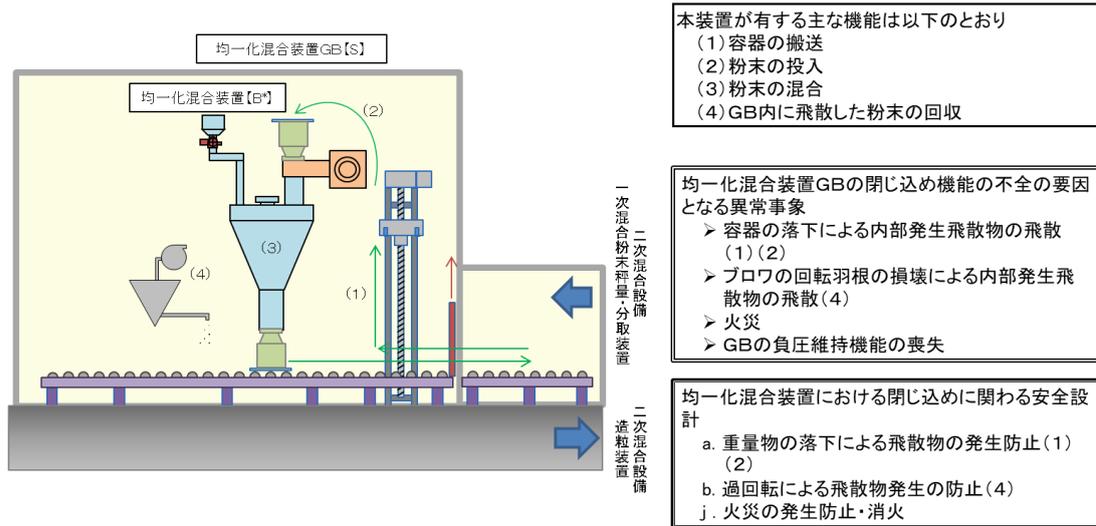


第2. 7-1図 ウラン粉末秤量・分取装置のイメージ図

2. 8 二次混合設備（均一化混合装置）

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。

均一化混合装置のイメージ図を第2. 8 - 1 図に示す。



【】は耐震重要度分類

* 基準地震動Ssによる地震力に対して転倒又は落下しない設計とする。

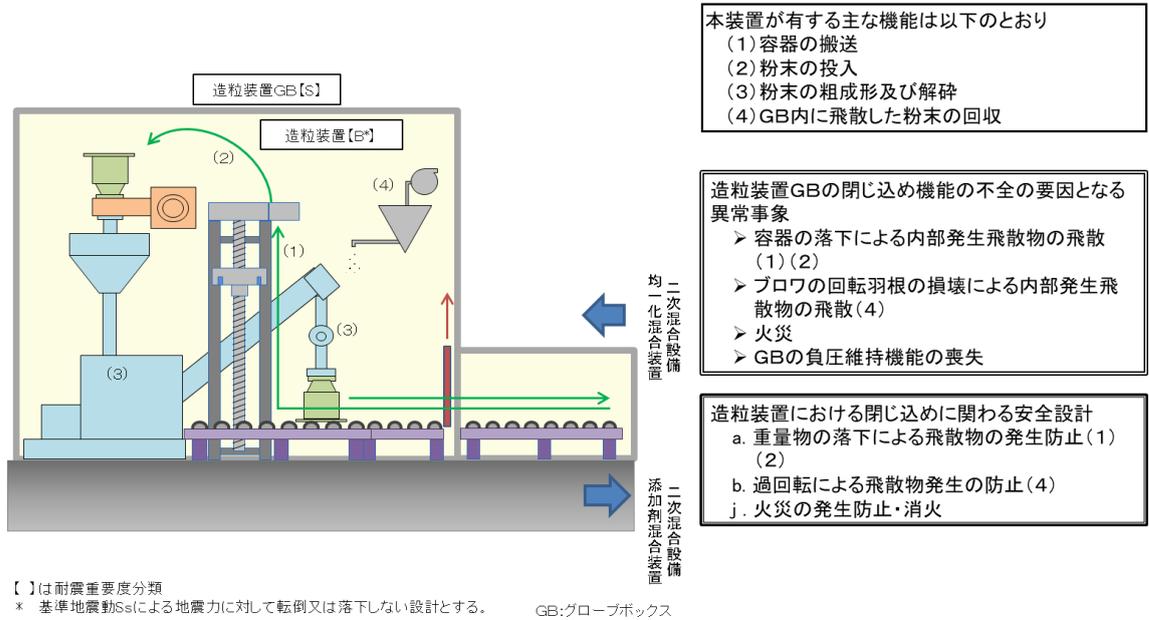
GB:グローブボックス

第2. 8 - 1 図 均一化混合装置のイメージ図

2. 9 二次混合設備（造粒装置）

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。

造粒装置のイメージ図を第2. 9 - 1 図に示す。

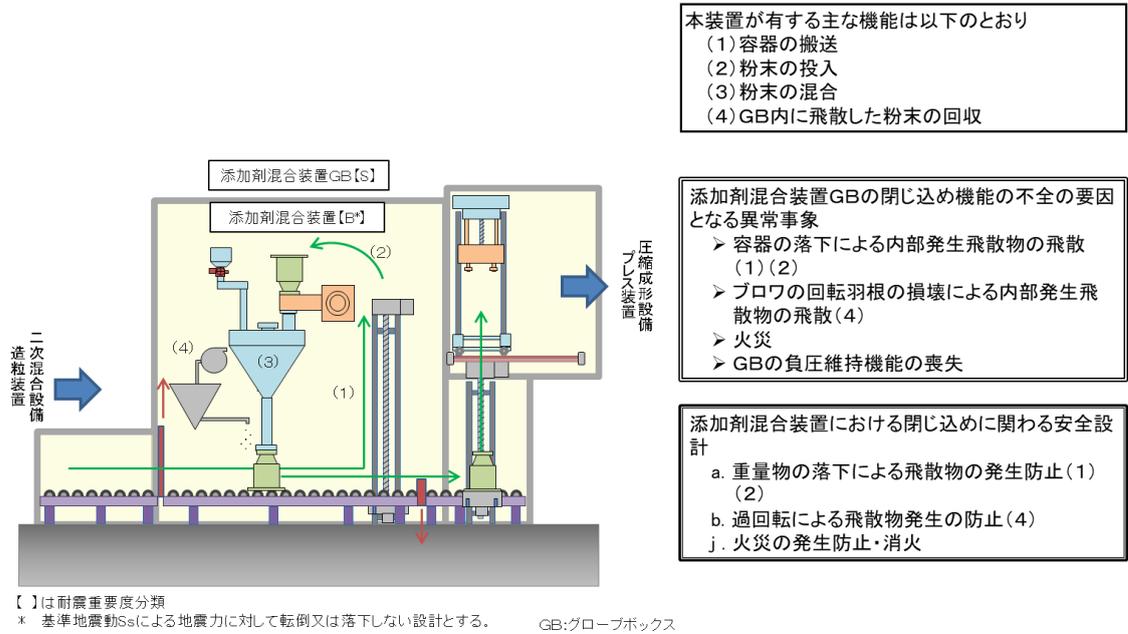


第2. 9 - 1 図 造粒装置のイメージ図

2. 10 二次混合設備（添加剤混合装置）

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。

添加剤混合装置のイメージ図を第2. 10-1図に示す。



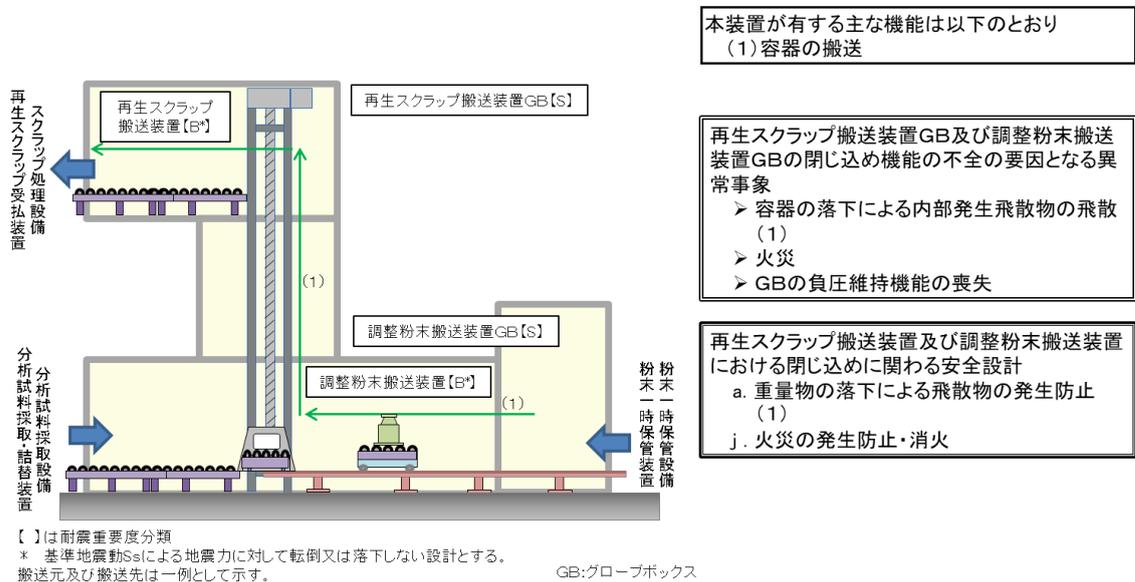
第2. 10-1図 添加剤混合装置のイメージ図

2. 12 粉末調整工程搬送設備（再生スクラップ搬送装置，調整粉末搬送装置）

再生スクラップ搬送装置は，調整粉末搬送装置とスクラップ処理設備の間で，容器を搬送する。

調整粉末搬送装置は，粉末一時保管設備に隣接する各装置間で，容器を搬送する。

再生スクラップ搬送装置及び調整粉末搬送装置のイメージ図を第2. 12-1図に示す。

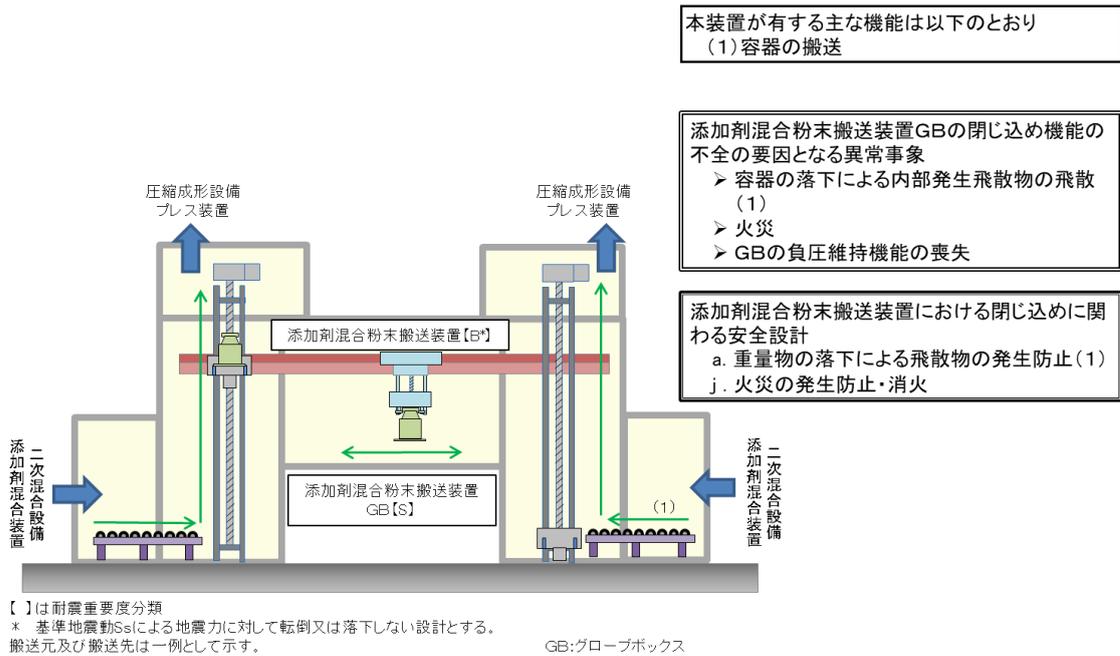


第2. 12-1図 再生スクラップ搬送装置及び調整粉末搬送装置のイメージ図

2. 13 粉末調整工程搬送設備（添加剤混合粉末搬送装置）

添加剤混合粉末搬送装置は、二次混合設備と圧縮成形設備の間で、容器を搬送する。

添加剤混合粉末搬送装置のイメージ図を第2. 13-1図に示す。



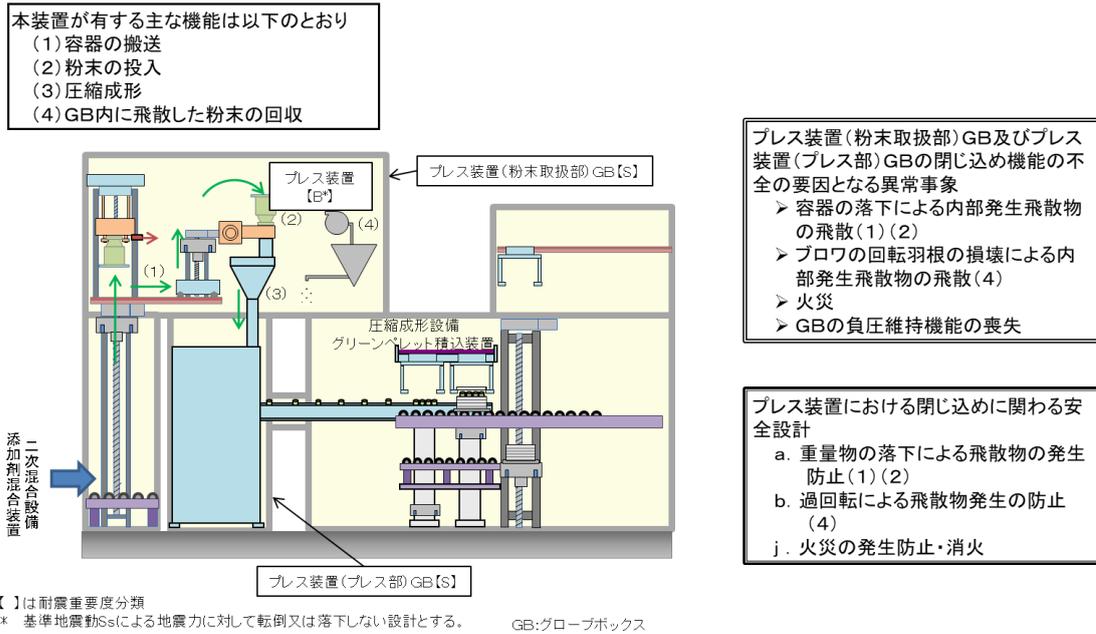
第2. 13-1図 添加剤混合粉末搬送装置のイメージ図

3. 成形施設（ペレット加工工程）

3. 1 圧縮成形設備（プレス装置）

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。

プレス装置のイメージ図を第3. 1 - 1図に示す。

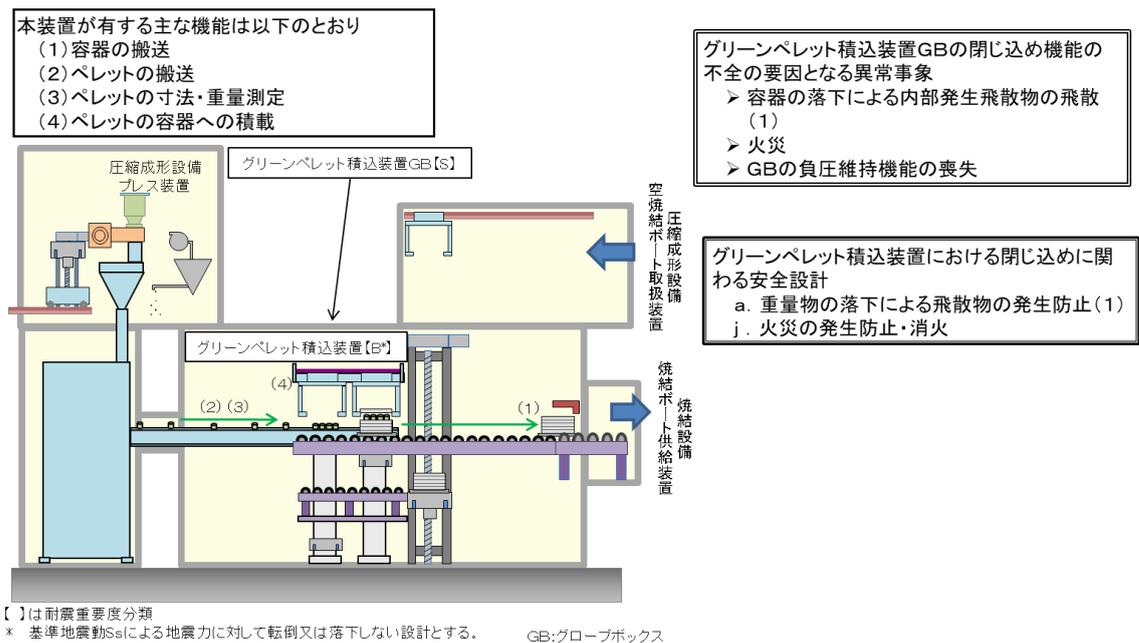


第3. 1 - 1図 プレス装置のイメージ図

3. 2 圧縮成形設備（グリーンペレット積込装置）

グリーンペレット積込装置は、プレス装置から圧縮成形されたペレットを受け入れ、所定の頻度で抜き取ったペレットの寸法及び重量の測定を行う。

グリーンペレット積込装置のイメージ図を第3. 2-1図に示す。

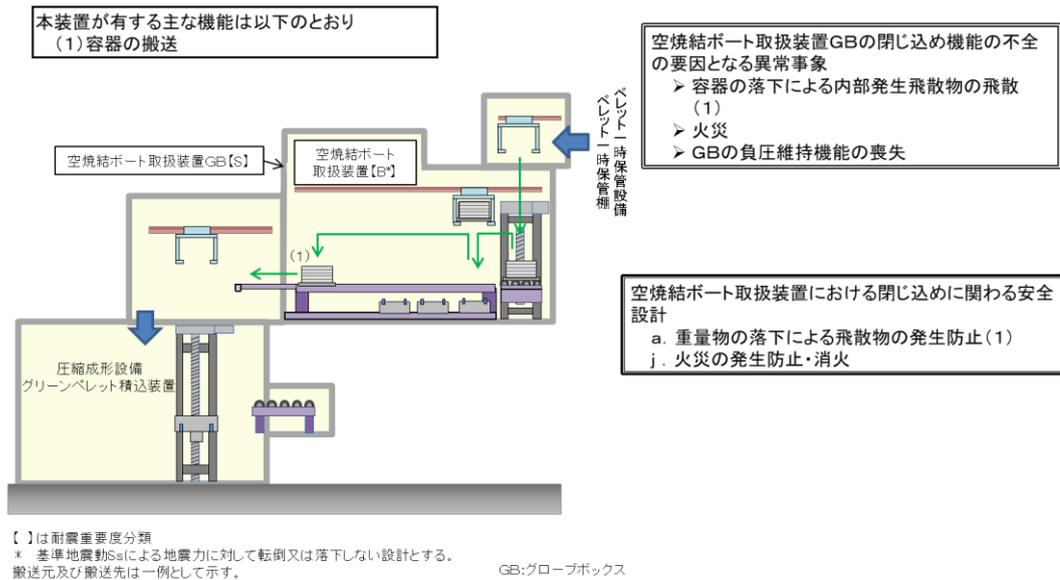


第3. 2-1図 グリーンペレット積込装置のイメージ図

3. 3 圧縮成形設備（空焼結ボート取扱装置）

空焼結ボート取扱装置は、ペレット一時保管設備から容器を受け入れ、グリーンペレット積込装置へ供給する。

空焼結ボート取扱装置のイメージ図を第3. 3-1図に示す。



第3. 3-1図 空焼結ボート取扱装置のイメージ図

3. 4 焼結設備

焼結ボート供給装置は、ペレット一時保管設備から圧縮成形されたペレットを受け入れ、焼結炉へ供給する。

焼結炉は、受け入れたペレットを所定の温度で焼結する。

焼結ボート取出装置は、焼結後のペレットを焼結炉から取り出す。

焼結ボート取出装置は、所定の頻度で抜き取ったペレットの寸法及び重量の測定を行う。

排ガス処理装置は、焼結炉から排出される混合ガスの冷却、有機物の除去を行う。

焼結設備のイメージ図を第3. 4 - 1 図に示す。

本設備が有する主な機能は以下のとおり
 (1) 容器の搬送
 (2) ペレットの焼結
 (3) ペレットの寸法・重量測定

焼結炉の閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象
 ▶ 真空ポンプの回転羽根の損壊による内部発生飛散物の飛散(2)
 ▶ 爆発(2)
 ▶ 焼結炉内の負圧維持機能の喪失

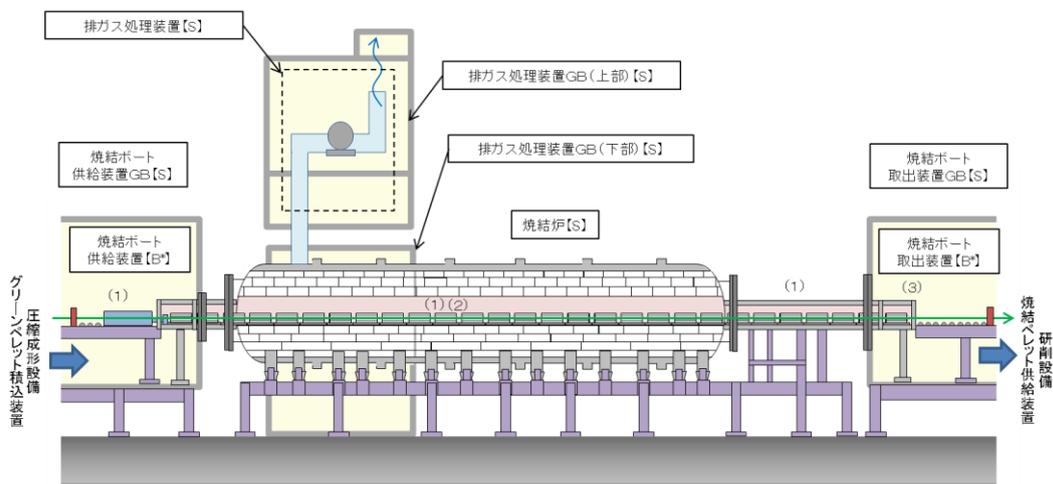
焼結炉における閉じ込めに関わる安全設計
 b. 過回転による飛散物発生防止(2)
 k. 焼結炉、小規模焼結処理装置の爆発に対する考慮(2)

排ガス処理装置GBの閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象
 ▶ 補助排風機の回転羽根の損壊による内部発生飛散物の飛散(2)
 ▶ 火災
 ▶ GBの負圧維持機能の喪失

排ガス処理装置における閉じ込めに関わる安全設計
 b. 過回転による飛散物発生防止(2)
 h. 補助排風機の機能停止の防止
 j. 火災の発生防止・消火

焼結ポート供給装置GB及び焼結ポート取出装置GBの閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象
 ▶ 容器の落下による内部発生飛散物の飛散(1)
 ▶ 真空ポンプの回転羽根の損壊による内部発生飛散物の飛散(2)
 ▶ 火災
 ▶ GBの負圧維持機能の喪失

焼結ポート供給装置及び焼結ポート取出装置における閉じ込めに関わる安全設計
 a. 重量物の落下による飛散物の発生防止(1)
 b. 過回転による飛散物発生防止(2)
 j. 火災の発生防止・消火



【 】は耐震重要度分類
 * 基準地震動Ss1による地震力に対して転倒又は落下しない設計とする。 GB:グローブボックス

第3.4-1図 焼結設備のイメージ図

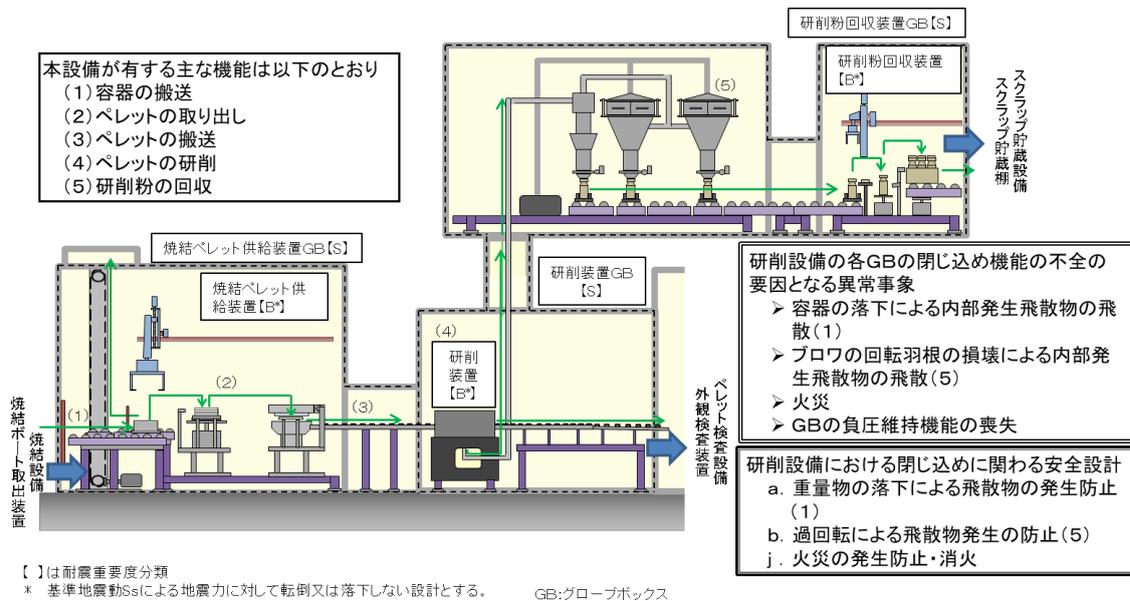
3. 5 研削設備

焼結ペレット供給装置は、ペレット一時保管設備から受け入れた容器より焼結されたペレットを取り出し、研削装置へ供給する。

研削装置は、受け入れたペレットを所定の外径に研削し、外径測定を行う。

研削粉回収装置は、研削装置で発生した研削粉を回収する。

研削設備のイメージ図を第3. 5 - 1 図に示す。



第3. 5 - 1 図 研削設備のイメージ図

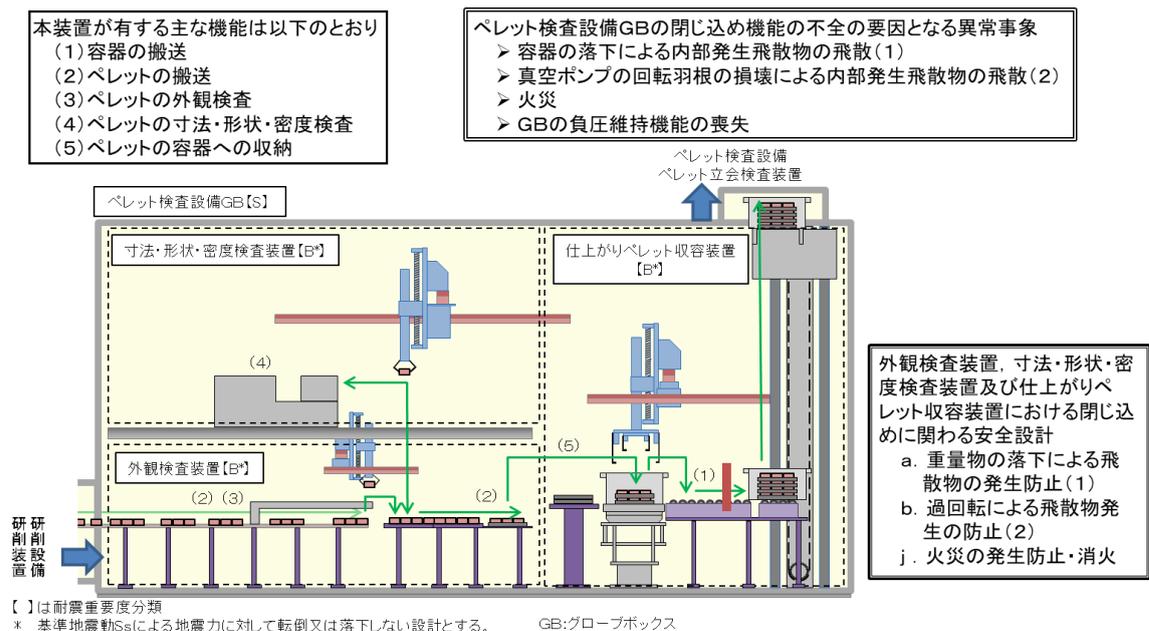
3. 6 ペレット検査設備（外観検査装置，寸法・形状・密度検査装置，仕上がりペレット収容装置）

外観検査装置は，研削後のペレットの外観検査を行う。

寸法・形状・密度検査装置は，外観検査後のペレットについて，寸法，形状及び密度の検査を行う。

仕上がりペレット収容装置は，検査を終了したペレットを容器に収納する。

ペレット検査設備（外観検査装置，寸法・形状・密度検査装置，仕上がりペレット収容装置）のイメージ図を第3. 6-1図に示す。

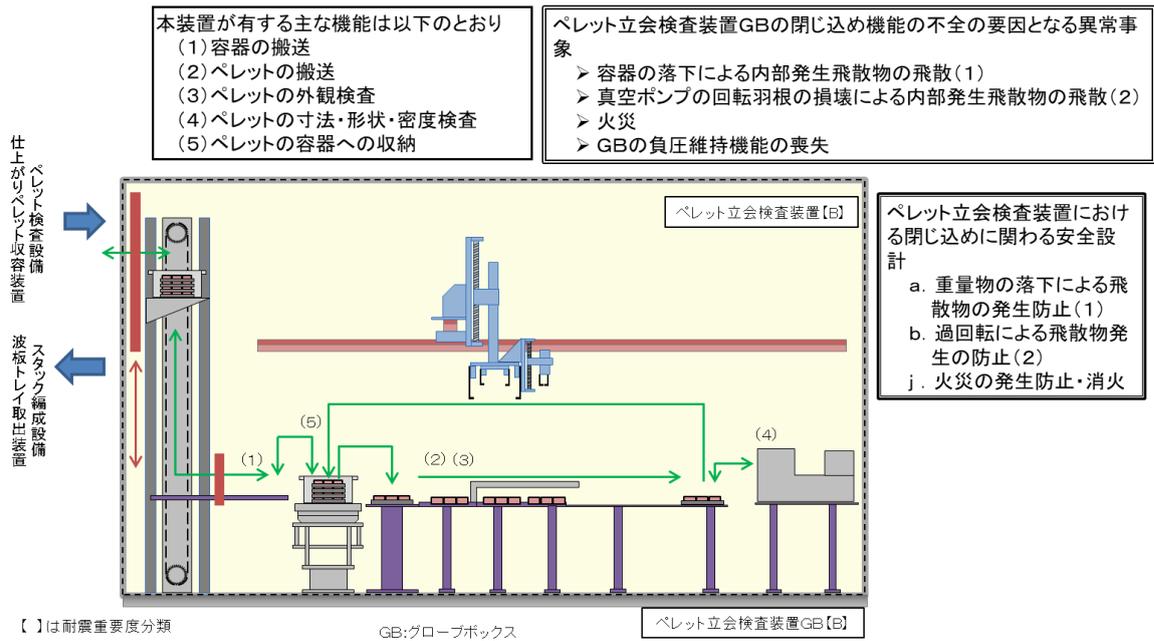


第3. 6-1図 ペレット検査設備（外観検査装置，寸法・形状・密度検査装置，仕上がりペレット収容装置）のイメージ図

3. 7 ペレット検査設備（ペレット立会検査装置）

ペレット立会検査装置は、ペレットを受け入れ、立会検査（外観、寸法、形状及び密度検査）を行う。

ペレット検査設備（ペレット立会検査装置）のイメージ図を第3. 7-1図に示す。

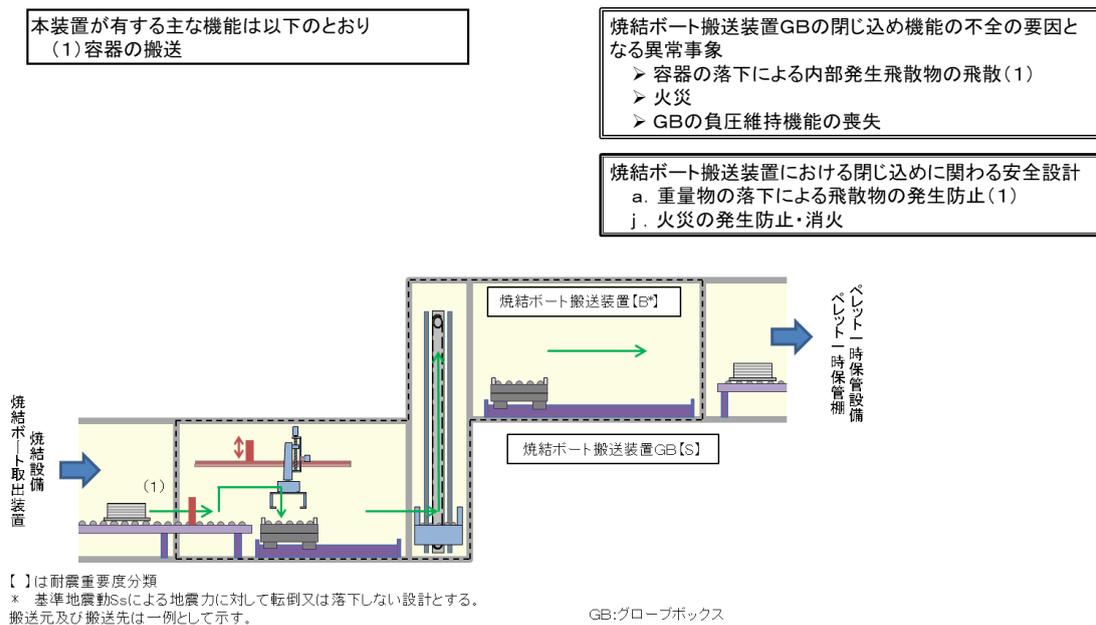


第3. 7-1図 ペレット検査設備（ペレット立会検査装置）のイメージ図

3. 8 ペレット加工工程搬送設備（焼結ボート搬送装置）

焼結ボート搬送装置は，スクラップ処理設備，圧縮成形設備，焼結設備，研削設備及びペレット一時保管設備の間で，容器を搬送する。

焼結ボート搬送装置のイメージ図を第3. 8 - 1 図に示す。

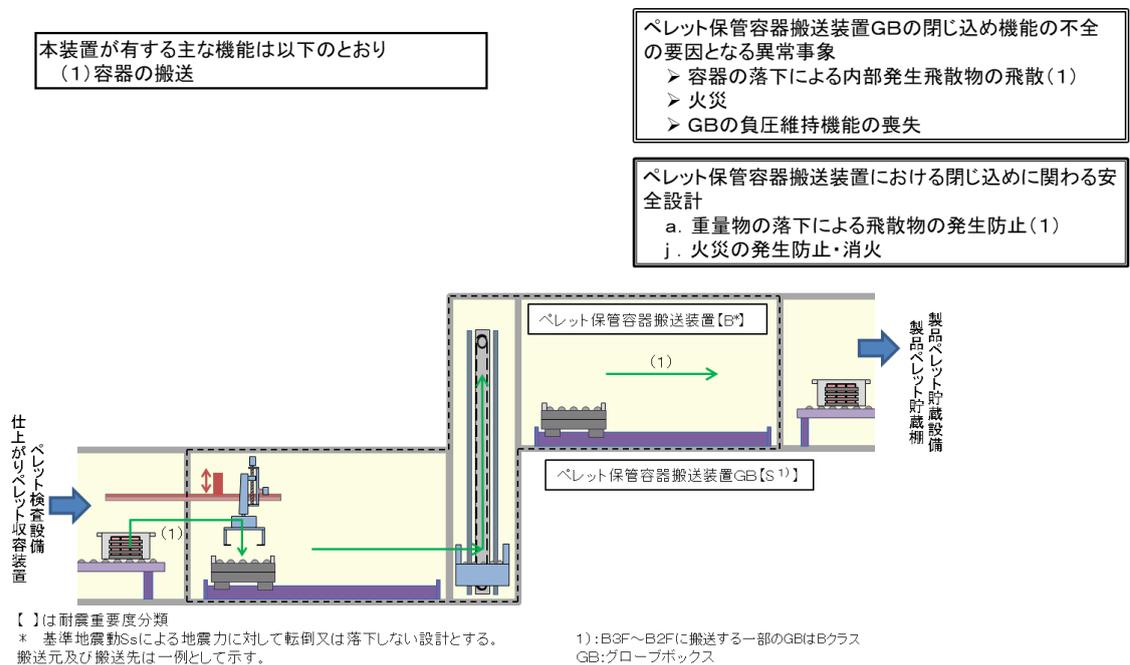


第3. 8 - 1 図 焼結ボート搬送装置のイメージ図

3. 9 ペレット加工工程搬送設備（ペレット保管容器搬送装置）

ペレット保管容器搬送装置は，製品ペレット貯蔵設備，スクラップ貯蔵設備，研削設備，ペレット検査設備及び燃料棒加工工程搬送設備の間で，容器の搬送を行う。

ペレット保管容器搬送装置のイメージ図を第3. 9 - 1 図に示す。

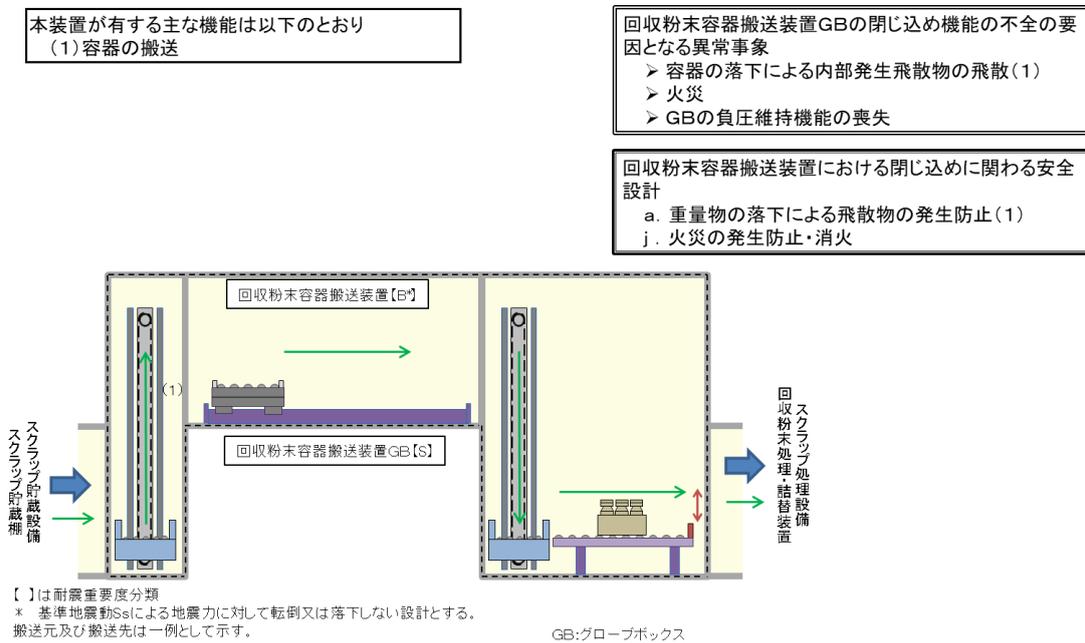


第3. 9 - 1 図 ペレット保管容器搬送装置のイメージ図

3. 10 ペレット加工工程搬送設備（回収粉末容器搬送装置）

回収粉末容器搬送装置は、スクラップ処理設備、ペレット一時保管設備及びスクラップ貯蔵設備の間で、容器を搬送する。

回収粉末容器搬送装置のイメージ図を第3. 10-1図に示す。



第3. 10-1図 回収粉末容器搬送装置のイメージ図

4. 被覆施設（燃料棒加工工程）

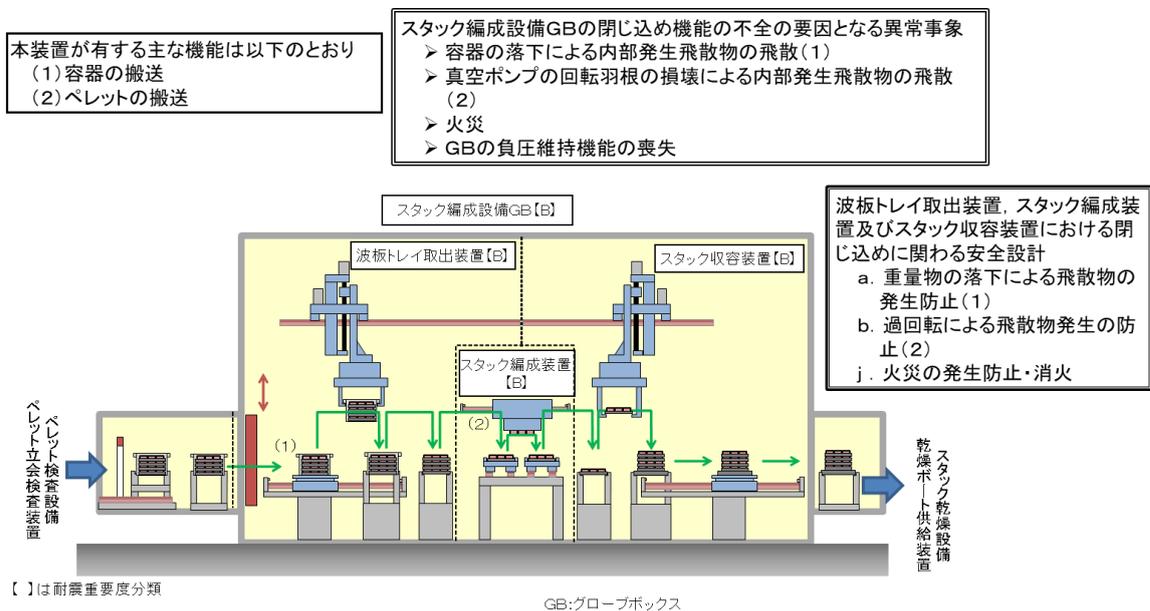
4. 1 スタック編成設備（波板トレイ取出装置，スタック編成装置，スタック収容装置）

波板トレイ取出装置は，製品ペレット貯蔵設備から受け入れたペレットをスタック編成装置へ供給する。

スタック編成装置は，受け入れたペレットをMOX燃料棒1本に挿入する量に取り分ける。

スタック収容装置は，MOX燃料棒1本分のペレットを容器に積載する。

スタック編成設備（波板トレイ取出装置，スタック編成装置，スタック収容装置）のイメージ図を第4. 1-1図に示す。



第4. 1-1図 スタック編成設備（波板トレイ取出装置，スタック編成装置，スタック収容装置）のイメージ図

4. 2 スタック編成設備(空乾燥ボート取扱装置)

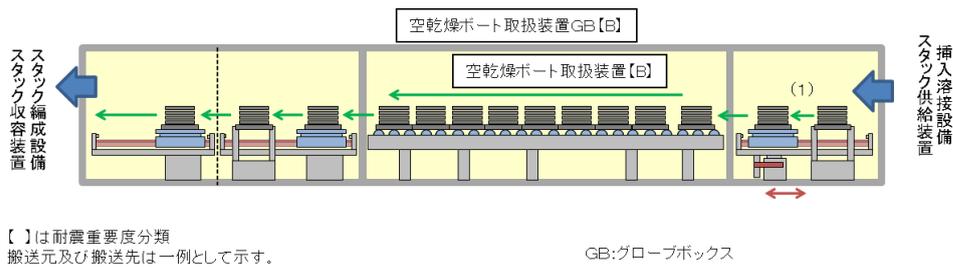
空乾燥ボート取扱装置は、容器をスタック収容装置へ供給する。

スタック編成設備(空乾燥ボート取扱装置)のイメージ図を第4. 2-1図に示す。

本装置が有する主な機能は以下のとおり
(1)容器の搬送

空乾燥ボート取扱装置GBの閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象
➢ 容器の落下による内部発生飛散物の飛散(1)
➢ 火災
➢ GBの負圧維持機能の喪失

空乾燥ボート取扱装置における閉じ込めに関わる安全設計
a. 重量物の落下による飛散物の発生防止(1)
j. 火災の発生防止・消火



第4. 2-1図 スタック編成設備(空乾燥ボート取扱装置)のイメージ図

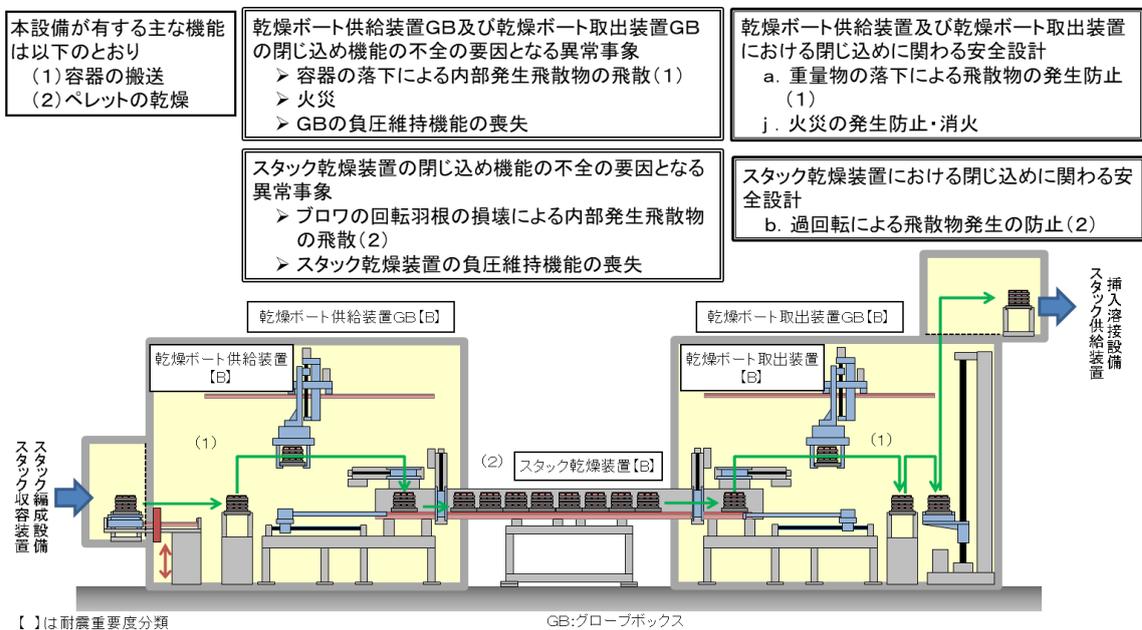
4. 3 スタック乾燥設備

乾燥ボート供給装置は、スタック編成したペレットを受け入れ、スタック乾燥装置へ供給する。

スタック乾燥装置は、受け入れたペレットを所定の温度で乾燥する。

乾燥ボート取出装置は、乾燥後のペレットをスタック乾燥装置から取り出す。

スタック乾燥設備のイメージ図を第4. 3-1図に示す。



第4. 3-1図 スタック乾燥設備のイメージ図

4. 4 挿入溶接設備

被覆管乾燥装置は，被覆管を受け入れ，所定の温度で乾燥する。

被覆管供給装置は，被覆管乾燥装置から挿入溶接装置へ被覆管を供給する。

スタック供給装置は，燃料棒加工工程搬送設備により搬送されたペレットを，挿入溶接装置へ供給する。

部材供給装置は，上部端栓及びプレナムスプリングを挿入溶接装置へ供給する。

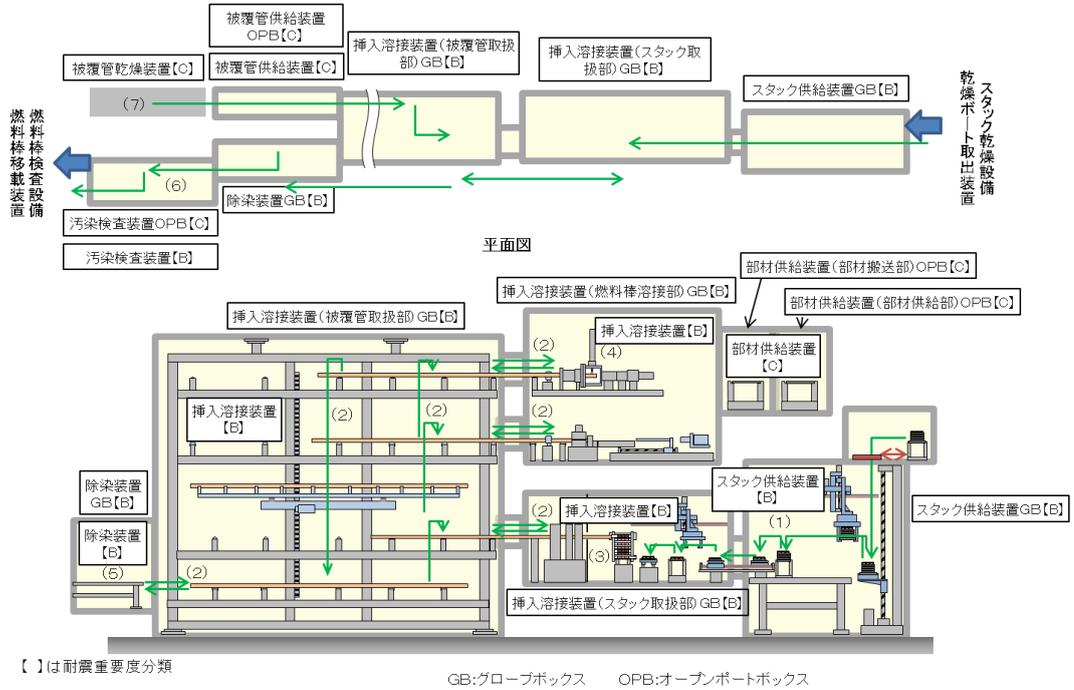
挿入溶接装置は，被覆管にペレットを挿入後，プレナムスプリングを挿入し，上部端栓を取り付ける。さらに被覆管と上部端栓を溶接する。

除染装置は，MOX燃料棒の除染を行う。

汚染検査装置は，MOX燃料棒の汚染検査を行う。

挿入溶接設備のイメージ図を第4. 4-1図に示す。

<p>本設備が有する主な機能は以下のとおり</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 容器の搬送 (2) 燃料棒の搬送 (3) ペレットの被覆管への挿入 (4) 燃料棒の溶接 (5) 燃料棒の除染 (6) 燃料棒の汚染検査 (7) 被覆管の乾燥 	<p>挿入溶接設備の各GB及び燃料棒の閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 容器の落下による内部発生飛散物の飛散(1) ➢ 燃料棒の落下(2) ➢ 真空ポンプ及び雰囲気ガス供給用のファンの回転羽根の損壊による内部発生飛散物の飛散(3)(4)(7) ➢ 火災 ➢ GBの負圧維持機能の喪失 	<p>挿入溶接設備における閉じ込めに関わる安全設計</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 重量物の落下による飛散物の発生防止(1) b. 過回転による飛散物発生防止(3)(4)(7) c. 燃料棒, 燃料集合体, 混合酸化物貯蔵容器の落下防止(2) j. 火災の発生防止・消火
---	--	---



第4. 4-1 図 挿入溶接設備のイメージ図

4. 5 燃料棒検査設備

ヘリウムリーク検査装置は、挿入溶接設備からMOX燃料棒を受け入れ、MOX燃料棒内に密封されているヘリウムのリークがないことを確認する。

X線検査装置は、MOX燃料棒の溶接部にX線を透過させて撮影し、溶接部の健全性確認を行う。

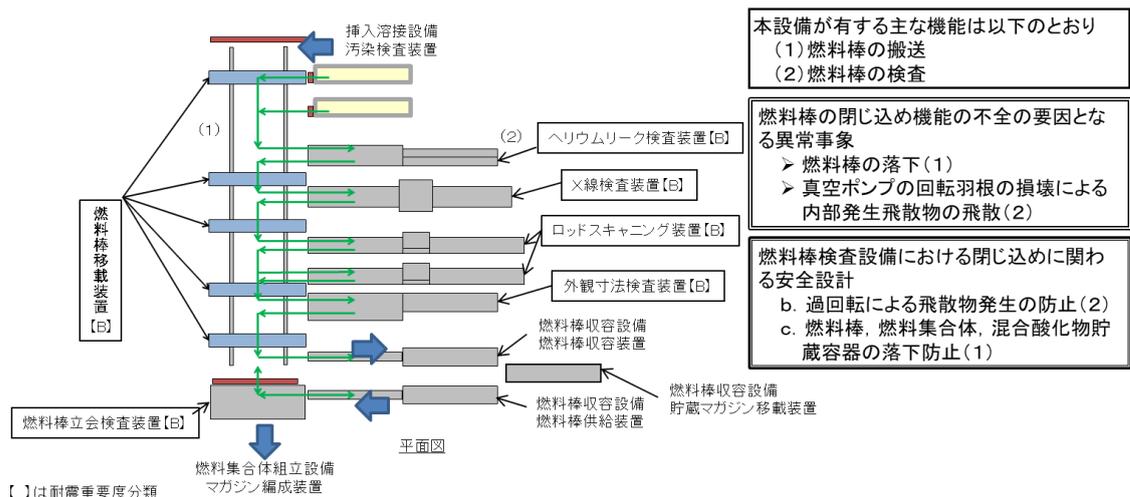
ロッドスキャニング装置は、MOX燃料棒内部の健全性を放射線計測により確認を行う。

外観寸法検査装置は、燃料棒全長等の寸法検査及び遠隔目視による外観検査を行う。

燃料棒立会検査装置は、立会検査（燃料棒全長等の寸法検査及び遠隔目視による外観検査）を行う。

燃料棒移載装置は、挿入溶接設備から受け入れたMOX燃料棒を各検査装置及び燃料棒収容設備に移載する。

燃料棒検査設備のイメージ図を第4. 5-1図に示す。



第4. 5-1図 燃料棒検査設備のイメージ図

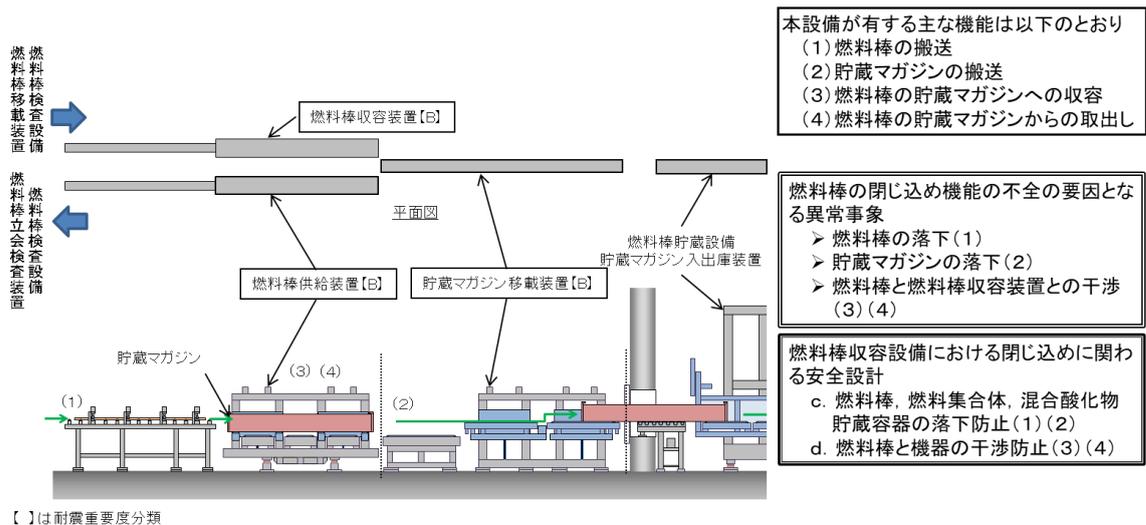
4. 6 燃料棒収容設備

燃料棒収容装置は，燃料棒検査設備から受け入れたMOX燃料棒を貯蔵マガジンに収容し，貯蔵マガジン移載装置へと払い出す。

燃料棒供給装置は，貯蔵マガジン移載装置から受け入れた貯蔵マガジンからMOX燃料棒及び被覆管を取り出し，燃料棒検査設備へと払い出す。

貯蔵マガジン移載装置は，燃料棒収容装置，燃料棒供給装置及び燃料棒貯蔵設備の間で，貯蔵マガジンを移載する。

燃料棒収容設備のイメージ図を第4.6-1図に示す。

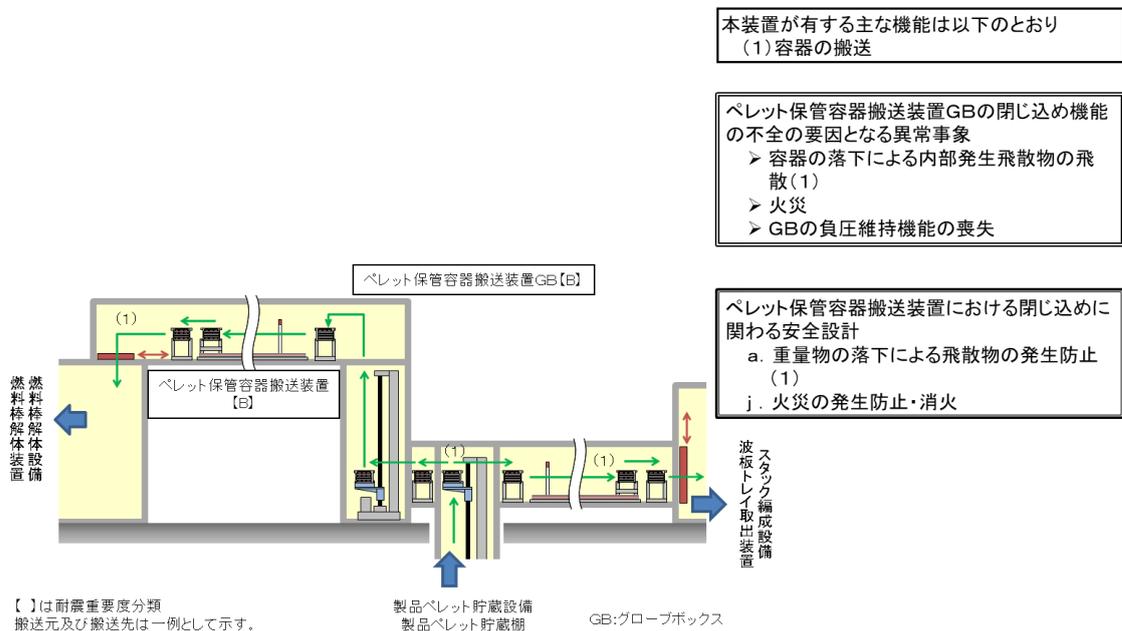


第4.6-1図 燃料棒収容設備のイメージ図

4. 7 燃料棒加工工程搬送設備（ペレット保管容器搬送装置）

ペレット保管容器搬送装置は、ペレット加工工程搬送設備、ペレット検査設備、スタック編成設備及び燃料棒解体設備の間で、容器を搬送する。

ペレット保管容器搬送装置のイメージ図を第4. 7-1図に示す。

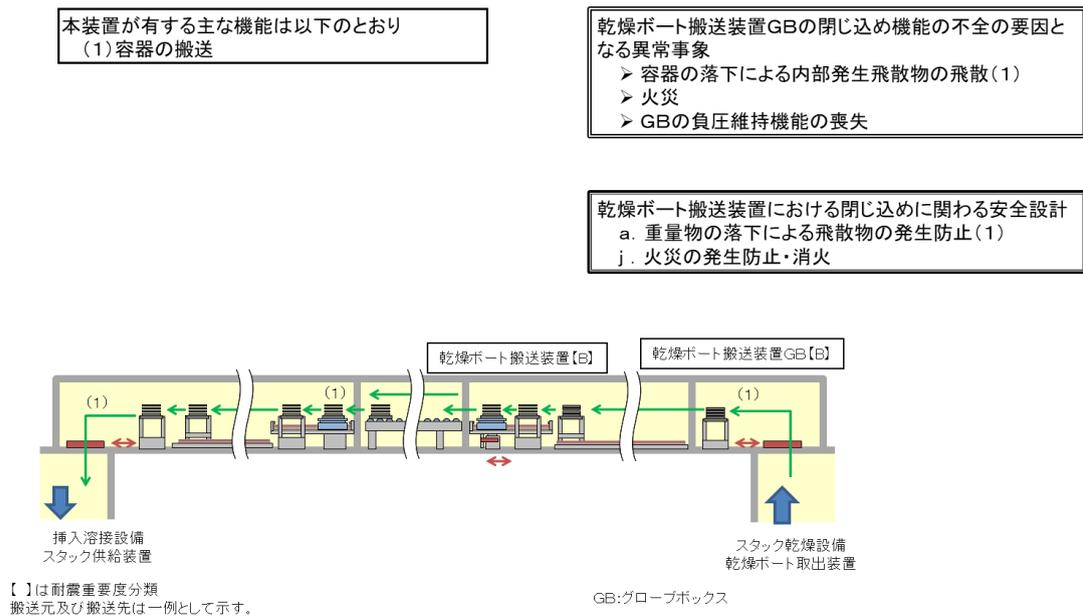


第4. 7-1図 ペレット保管容器搬送装置のイメージ図

4. 8 燃料棒加工工程搬送設備（乾燥ボート搬送装置）

乾燥ボート搬送装置は，スタック編成設備，スタック乾燥設備及び挿入溶接設備の間で，容器を搬送する。

乾燥ボート搬送装置のイメージ図を第4. 8 - 1 図に示す。

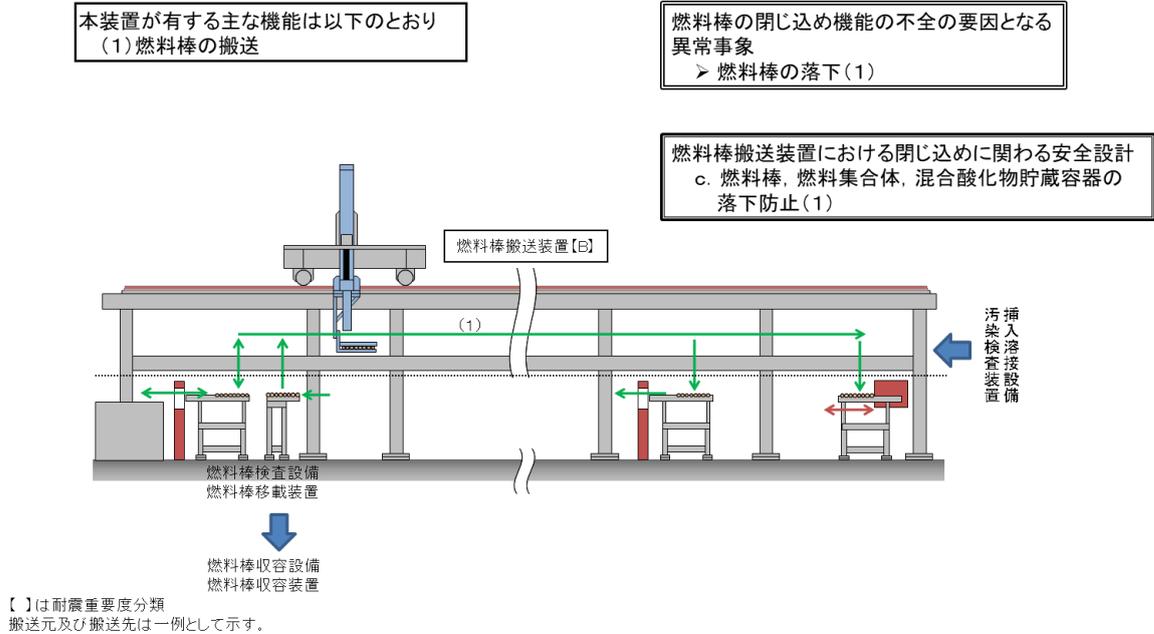


第4. 8 - 1 図 乾燥ボート搬送装置のイメージ図

4. 9 燃料棒加工工程搬送設備（燃料棒搬送装置）

燃料棒搬送装置は、挿入溶接設備、燃料棒検査設備及び燃料棒解体設備の間で、MOX燃料棒及び被覆管を搬送する。

燃料棒搬送装置のイメージ図を第4. 9 - 1 図に示す。



第4. 9 - 1 図 燃料棒搬送装置のイメージ図

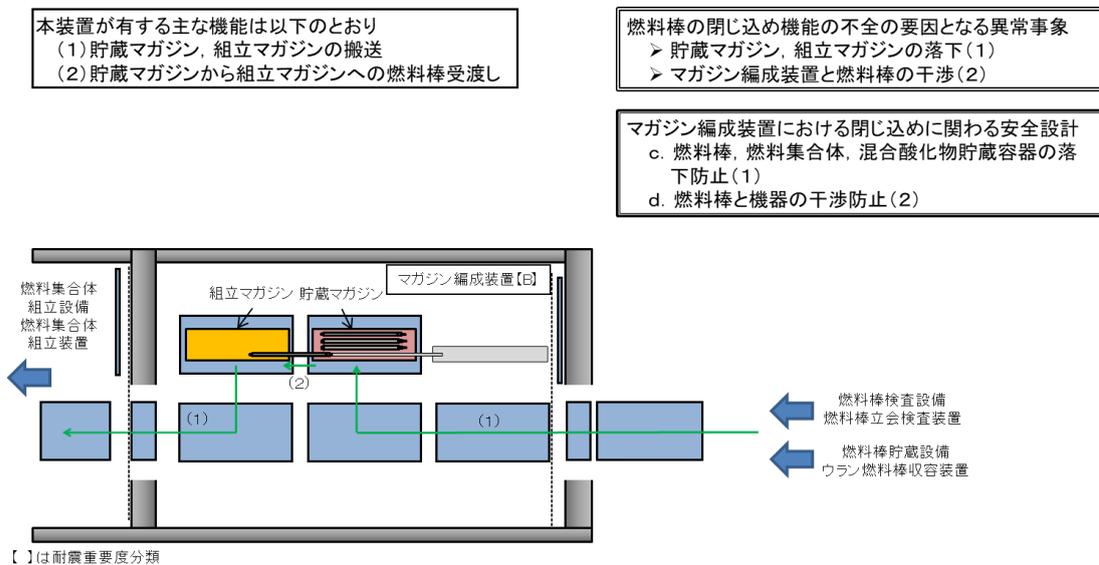
5. 組立施設（燃料集合体組立工程）

5. 1 燃料集合体組立設備（マガジン編成装置，スケルトン組立装置）

マガジン編成装置は，燃料棒貯蔵設備から受け入れた貯蔵マガジンから組立マガジンに燃料棒を受け渡す。

スケルトン組立装置は，燃料集合体組立の準備作業として燃料集合体部材をスケルトンに組み立てる。

マガジン編成装置及びスケルトン組立装置のイメージ図を第5. 1 - 1 図に示す。

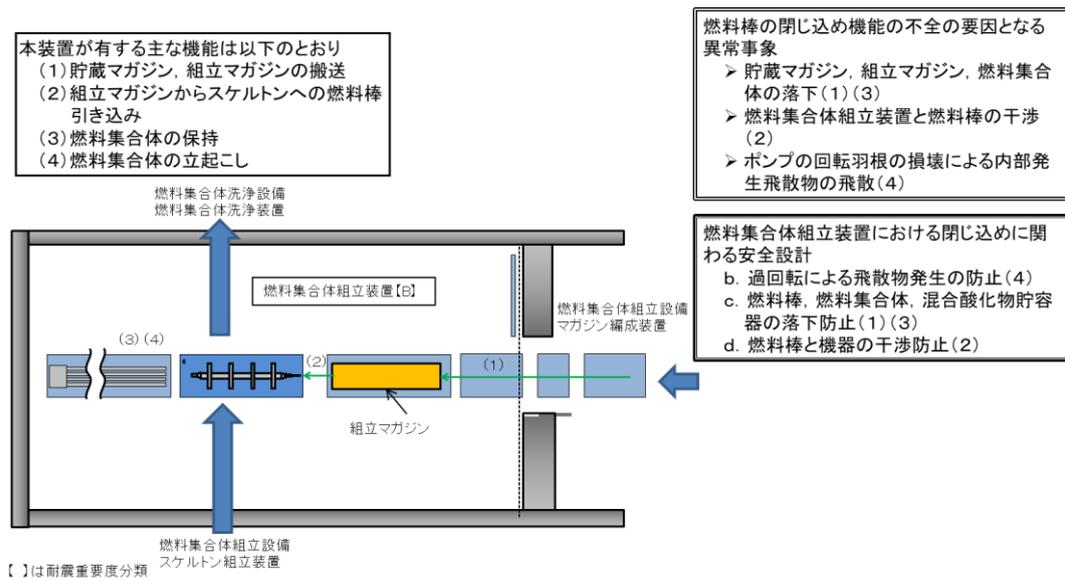


第5. 1 - 1 図 マガジン編成装置及びスケルトン組立装置のイメージ図

5. 2 燃料集合体組立設備（燃料集合体組立装置）

燃料集合体組立装置は，組立マガジンから燃料棒を引き抜きスケルトンに挿入した後，燃料集合体部材を取り付け，燃料集合体を組み立てる。

燃料集合体組立装置のイメージ図を第5. 2 - 1 図に示す。

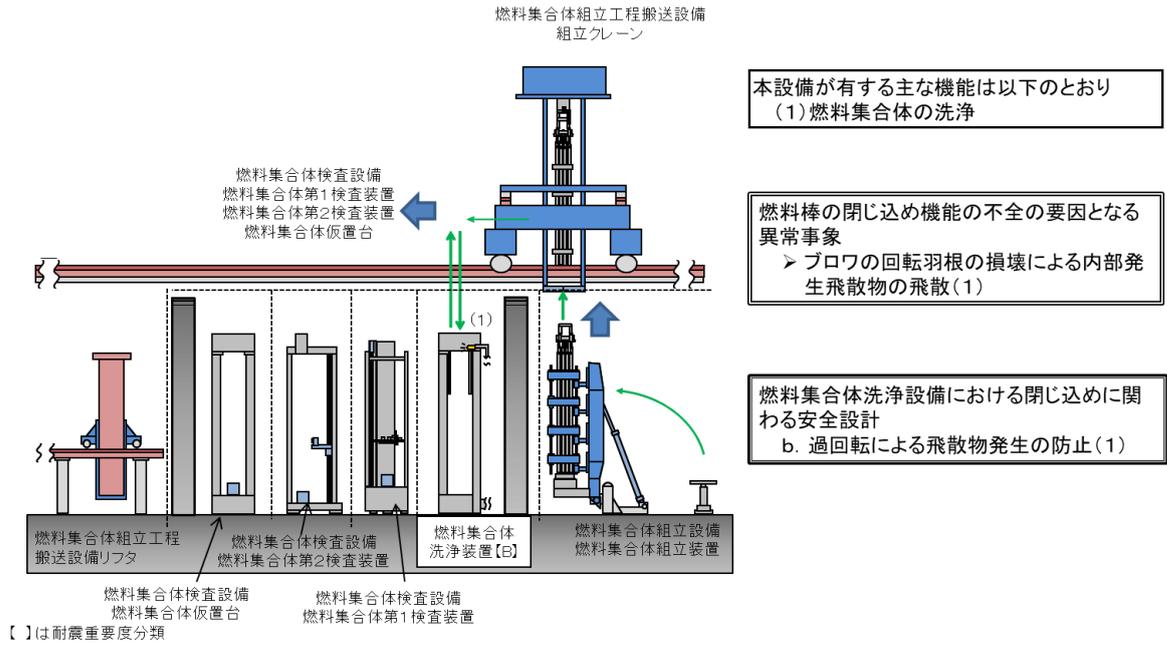


第5. 2 - 1 図 燃料集合体組立装置のイメージ図

5. 3 燃料集合体洗浄設備

燃料集合体洗浄装置は、燃料集合体に窒素ガスを噴きつけ、燃料集合体の表面を洗浄する。

燃料集合体洗浄装置のイメージ図を第5. 3-1図に示す。



第5. 3-1図 燃料集合体洗浄装置のイメージ図

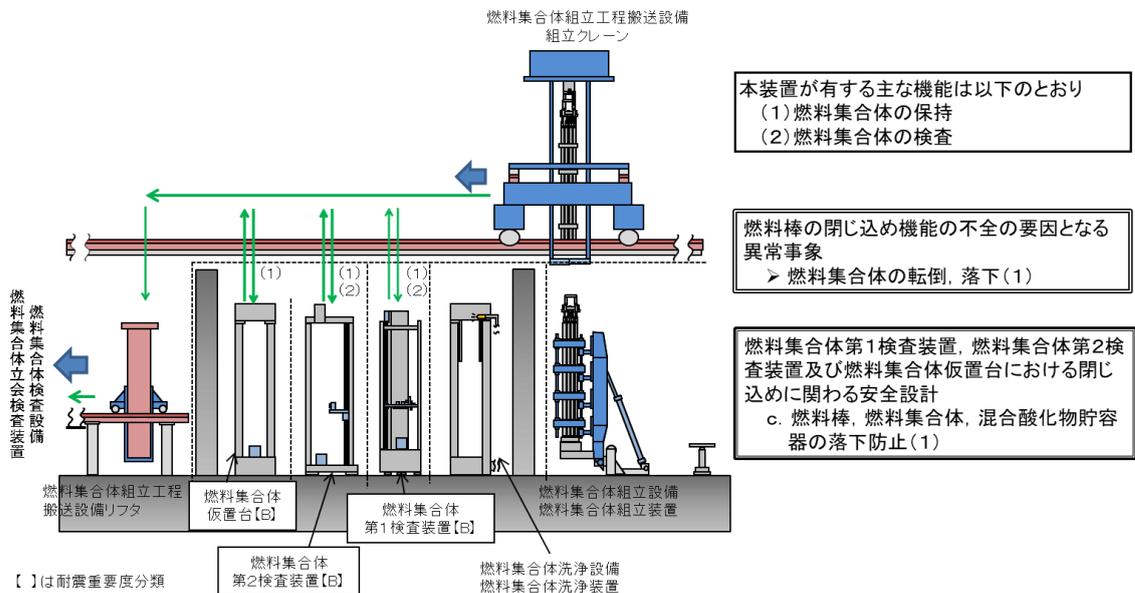
5. 4 燃料集合体検査設備（燃料集合体第1検査装置，燃料集合体第2検査装置，燃料集合体仮置台）

燃料集合体第1検査装置は，燃料集合体の寸法検査等を行う。

燃料集合体第2検査装置は，燃料集合体の外観検査等を行う。

燃料集合体仮置台は，検査前後の燃料集合体を仮置きする。

燃料集合体検査設備（燃料集合体第1検査装置，燃料集合体第2検査装置，燃料集合体仮置台）のイメージ図を第5. 4-1図に示す。



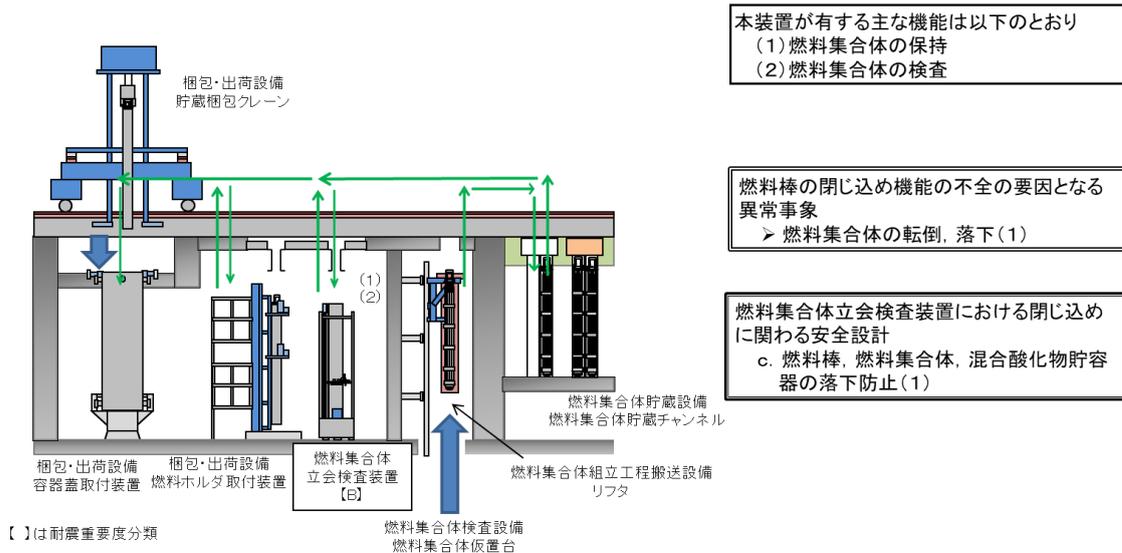
第5. 4-1図 燃料集合体検査設備（燃料集合体第1検査装置，燃料集合体第2検査装置，燃料集合体仮置台）

のイメージ図

5. 5 燃料集合体検査設備（燃料集合体立会検査装置）

燃料集合体立会検査装置は、燃料集合体を受け入れ、立会検査（寸法及び外観検査）を行う。

燃料集合体立会検査装置のイメージ図を第5. 5 - 1 図に示す。



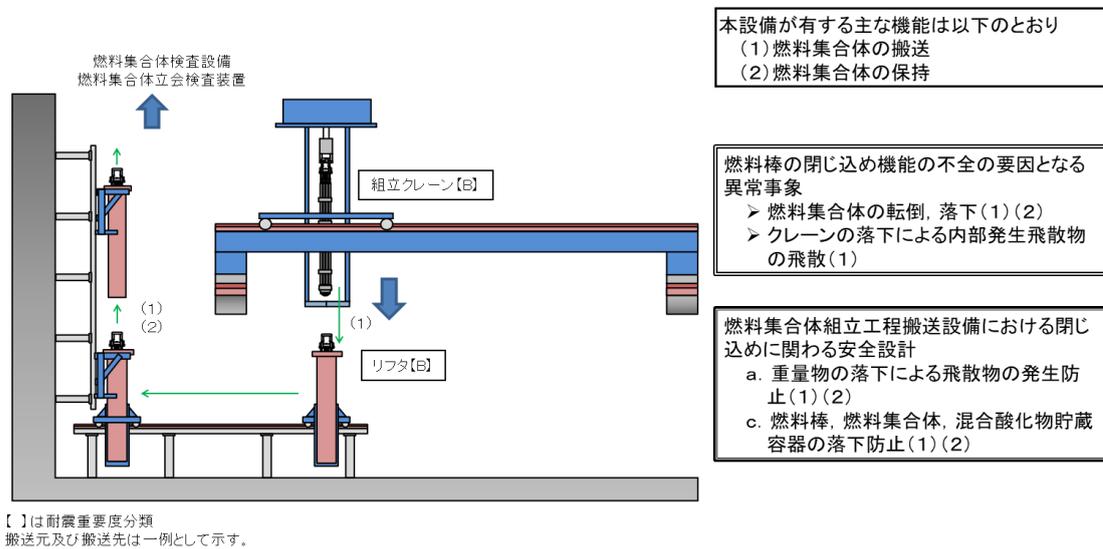
第5. 5 - 1 図 燃料集合体立会検査装置のイメージ図

5. 6 燃料集合体組立工程搬送設備

組立クレーンは、燃料集合体組立設備，燃料集合体洗浄設備，燃料集合体検査設備及びリフタの間で，燃料集合体を搬送する。

リフタは，組立クレーンと梱包・出荷設備の間で，燃料集合体の受渡しを行う。

燃料集合体組立工程搬送設備のイメージ図を第5. 6 - 1図に示す。



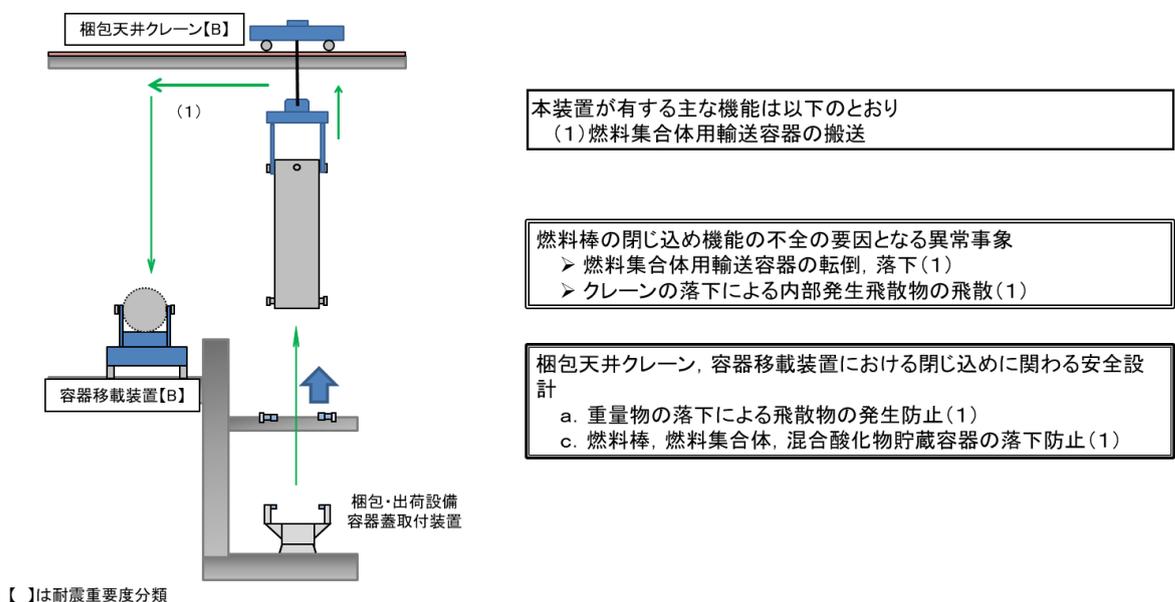
第5. 6 - 1図 燃料集合体組立工程搬送設備のイメージ図

6. 2 梱包・出荷設備（梱包天井クレーン，容器移載装置）

梱包天井クレーンは，容器蓋取付装置と容器移載装置の間で，燃料集合体用輸送容器を搬送する。

容器移載装置は，貯蔵梱包クレーン室と輸送容器検査室の間で，燃料集合体用輸送容器を搬送する。

梱包天井クレーン及び容器移載装置のイメージ図を第6. 2-1図に示す。



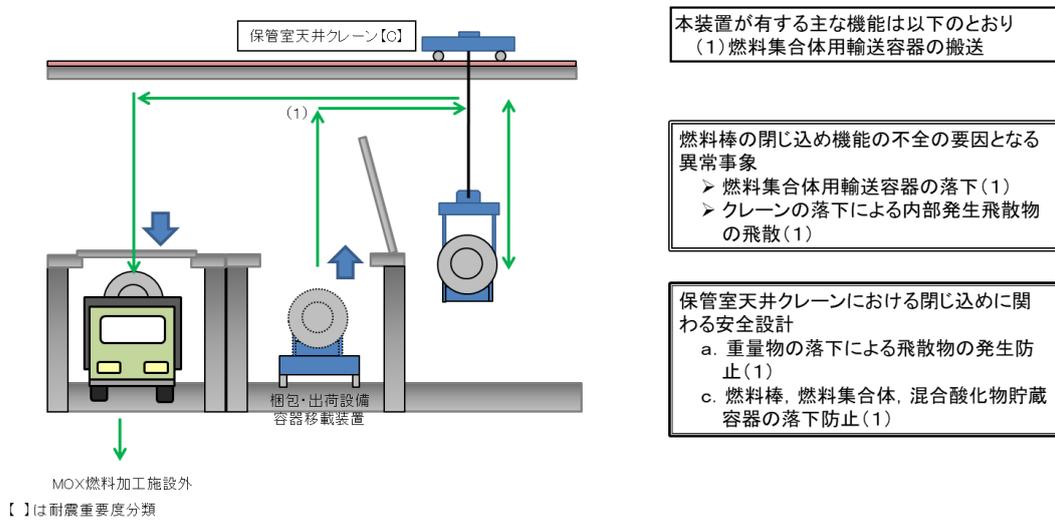
第6. 2-1図 梱包天井クレーン及び容器移載装置のイメージ図

6. 3 梱包・出荷設備（保管室天井クレーン）

保管室天井クレーンは、輸送容器検査室，輸送容器保管室及び入出庫室の間で，燃料集合体用輸送容器等を搬送する。

燃料集合体用輸送容器は，輸送車両の荷台に積載し，MOX燃料加工施設外へ出荷する。

保管室天井クレーンのイメージ図を第6. 3-1図に示す。



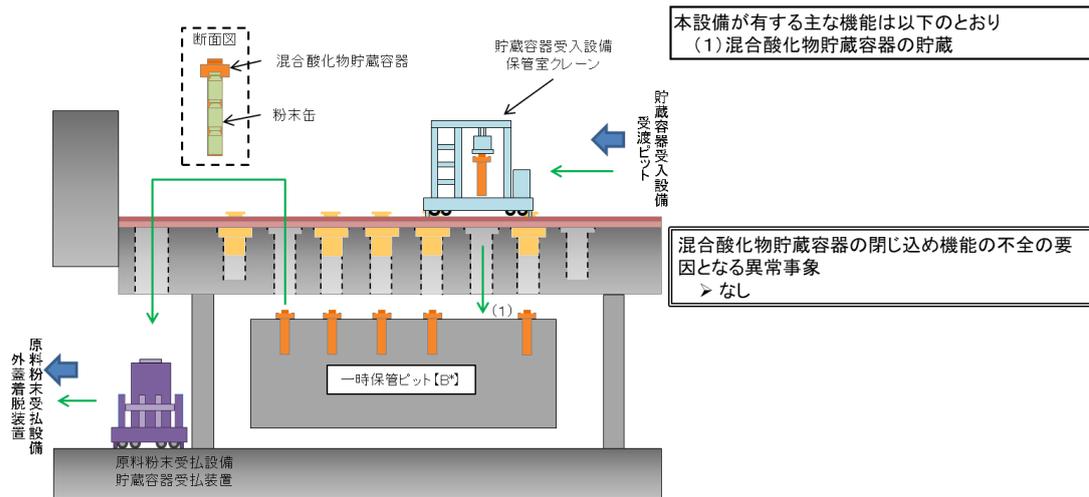
第6. 3-1図 保管室天井クレーンのイメージ図

7. 貯蔵施設

7. 1 貯蔵容器一時保管設備

一時保管ピットは、混合酸化物貯蔵容器を貯蔵する。

貯蔵容器一時保管設備のイメージ図を第7. 1-1図に示す。



【】は耐震重要度分類

* 基準地震動Ssによる地震力に対して過大な変形等が生じないように設計する。
搬送元及び搬送先は一例として示す。

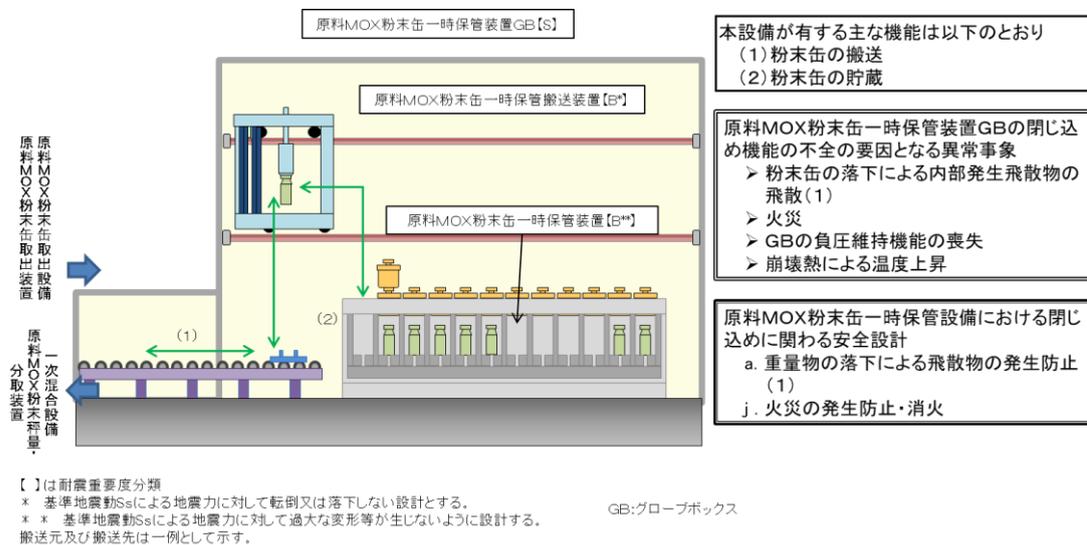
第7. 1-1図 貯蔵容器一時保管設備のイメージ図

7. 2 原料MOX粉末缶一時保管設備

原料MOX粉末缶一時保管装置は、原料MOX粉末を収納した粉末缶を貯蔵する。

原料MOX粉末缶一時保管搬送装置は、原料MOX粉末缶一時保管装置、粉末調整工程搬送設備の間で、粉末缶を搬送する。

原料MOX粉末缶一時保管設備のイメージ図を第7. 2 - 1 図に示す。



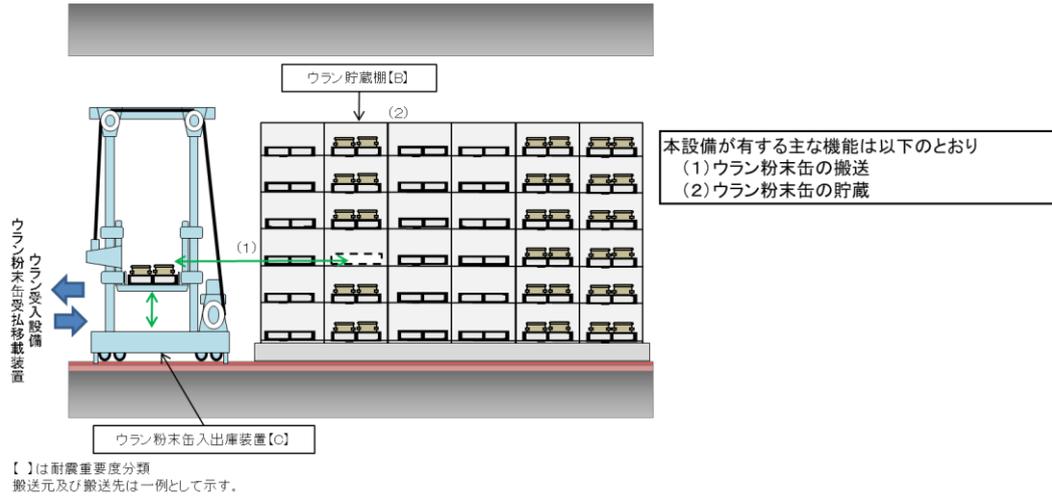
第7. 2 - 1 図 原料MOX粉末缶一時保管設備のイメージ図

7. 3 ウラン貯蔵設備

ウラン貯蔵棚は，原料ウラン粉末を貯蔵する。

ウラン粉末缶入出庫装置は，ウラン貯蔵棚とウラン受入設備の間で，ウラン粉末缶の受渡しを行う。

ウラン貯蔵設備のイメージ図を第7. 3 - 1 図に示す。



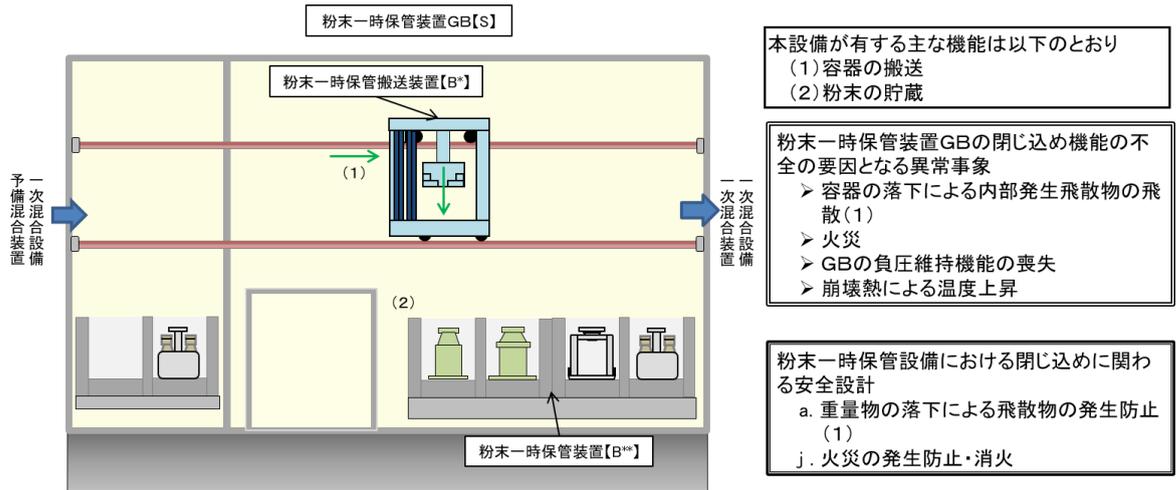
第7. 3 - 1 図 ウラン貯蔵設備のイメージ図

7. 4 粉末一時保管設備

粉末一時保管装置は、各粉末を貯蔵する。

粉末一時保管搬送装置は、粉末一時保管装置と粉末調整工程搬送設備の間で、容器を搬送する。

粉末一時保管設備のイメージ図を第7. 4-1図に示す。



【】は耐震重要度分類

* 基準地震動 S_{el} による地震力に対して転倒又は落下しない設計とする。

** 基準地震動 S_{el} による地震力に対して過大な変形等が生じないように設計する。

搬送元及び搬送先は一例として示す。

GB:グローブボックス

第7. 4-1図 粉末一時保管設備のイメージ図

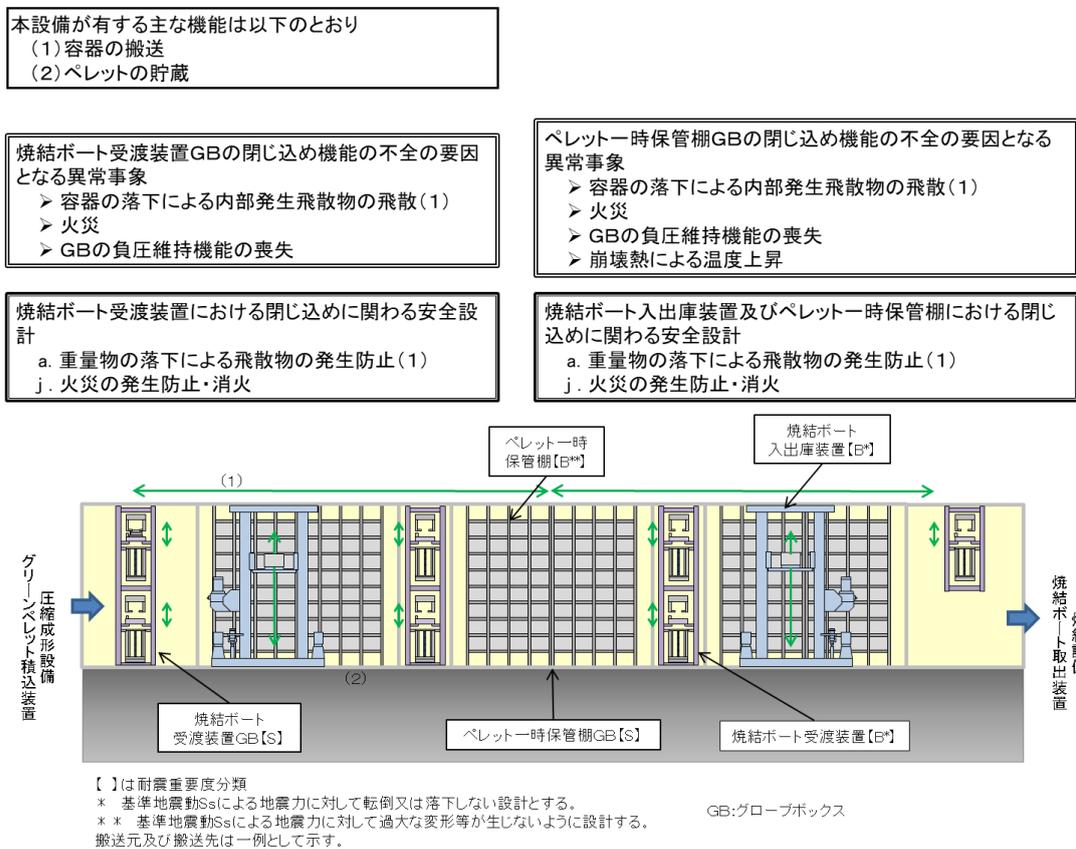
7. 5 ペレット一時保管設備

ペレット一時保管棚は、ペレットを貯蔵する。

焼結ボート入出庫装置は、ペレット一時保管棚と焼結ボート受渡装置の間で、容器の移動を行う。

焼結ボート受渡装置は、焼結ボート入出庫装置から容器を受け取り、ペレット加工工程搬送設備へ受け渡す。

ペレット一時保管設備のイメージ図を第7. 5 - 1 図に示す。



第7. 5 - 1 図 ペレット一時保管設備のイメージ図

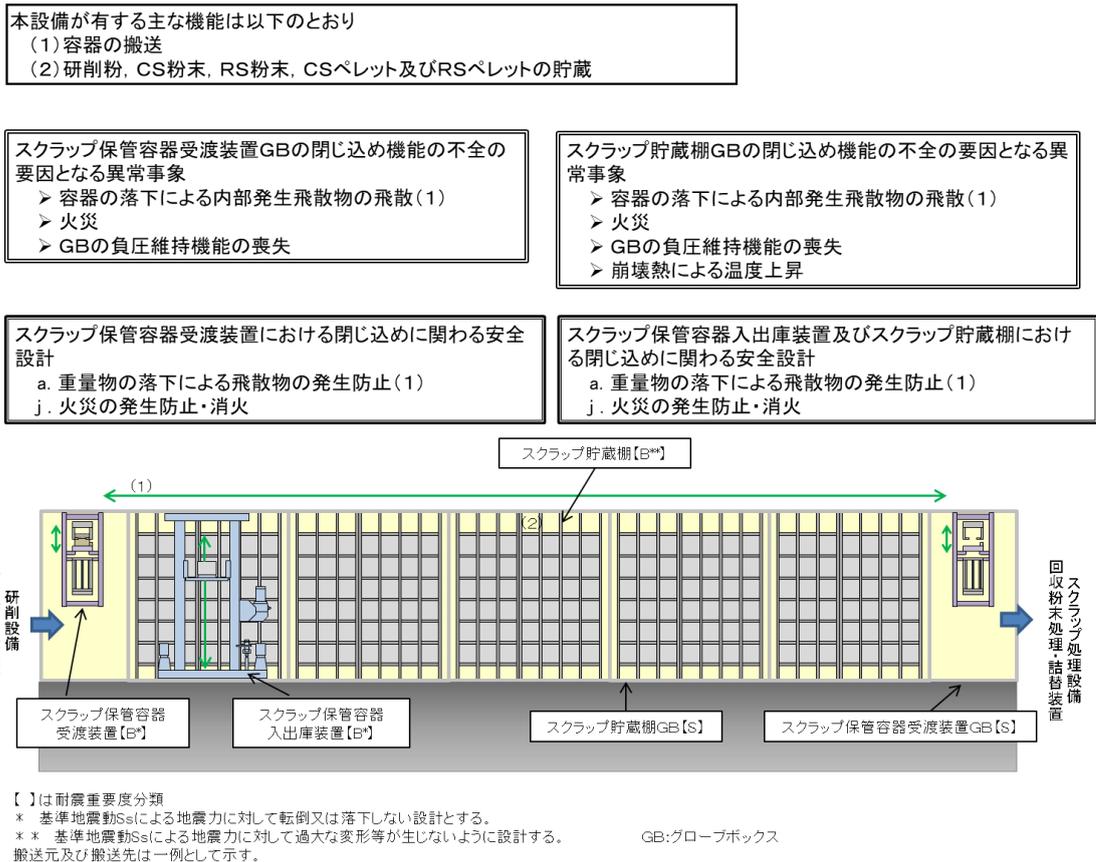
7. 6 スクラップ貯蔵設備

スクラップ貯蔵棚は、研削粉、CS粉末、RS粉末、CSペレット及びRSペレットを貯蔵する。

スクラップ保管容器入出庫装置は、スクラップ貯蔵棚とスクラップ保管容器受渡装置の間で、容器の移動を行う。

スクラップ保管容器受渡装置は、スクラップ保管容器入出庫装置から容器を受け取り、ペレット加工工程搬送設備へ受け渡す。

スクラップ貯蔵設備のイメージ図を第7. 6 - 1 図に示す。



第7. 6 - 1 図 スクラップ貯蔵設備のイメージ図

7. 7 製品ペレット貯蔵設備

製品ペレット貯蔵棚は、検査を終了したペレットを貯蔵する。

ペレット保管容器入出庫装置は、製品ペレット貯蔵棚とペレット保管容器受渡装置の間で、容器の移動を行う。

ペレット保管容器受渡装置は、ペレット保管容器入出庫装置から容器を受け取り、ペレット加工工程搬送設備へ受け渡す。

製品ペレット貯蔵設備のイメージ図を第7. 7-1図に示す。

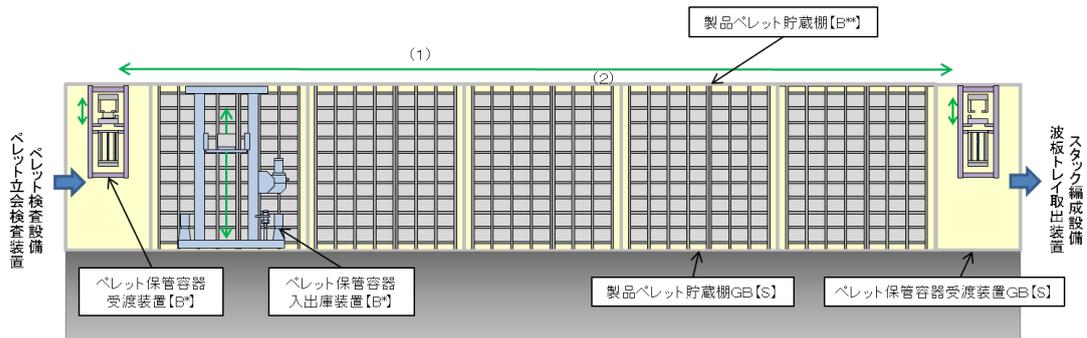
本設備が有する主な機能は以下のとおり
 (1) 容器の搬送
 (2) ペレットの貯蔵

ペレット保管容器受渡装置GBの閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象
 ▶ 容器の落下による内部発生飛散物の飛散(1)
 ▶ 火災
 ▶ GBの負圧維持機能の喪失

製品ペレット貯蔵棚GBの閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象
 ▶ 容器の落下による内部発生飛散物の飛散(1)
 ▶ 火災
 ▶ GBの負圧維持機能の喪失
 ▶ 崩壊熱による温度上昇

ペレット保管容器受渡装置における閉じ込めに関わる安全設計
 a. 重量物の落下による飛散物の発生防止(1)
 j. 火災の発生防止・消火

ペレット保管容器入出庫装置及び製品ペレット貯蔵棚における閉じ込めに関わる安全設計
 a. 重量物の落下による飛散物の発生防止(1)
 j. 火災の発生防止・消火



【】は耐震重要度分類
 * 基準地震動Ssによる地震力に対して転倒又は落下しない設計とする。
 ** 基準地震動Ssによる地震力に対して過大な変形等が生じないように設計する。
 搬送元及び搬送先は一例として示す。

GB:グローブボックス

第7. 7-1図 製品ペレット貯蔵設備のイメージ図

7. 8 燃料棒貯蔵設備

燃料棒貯蔵棚は，貯蔵マガジンを貯蔵する。

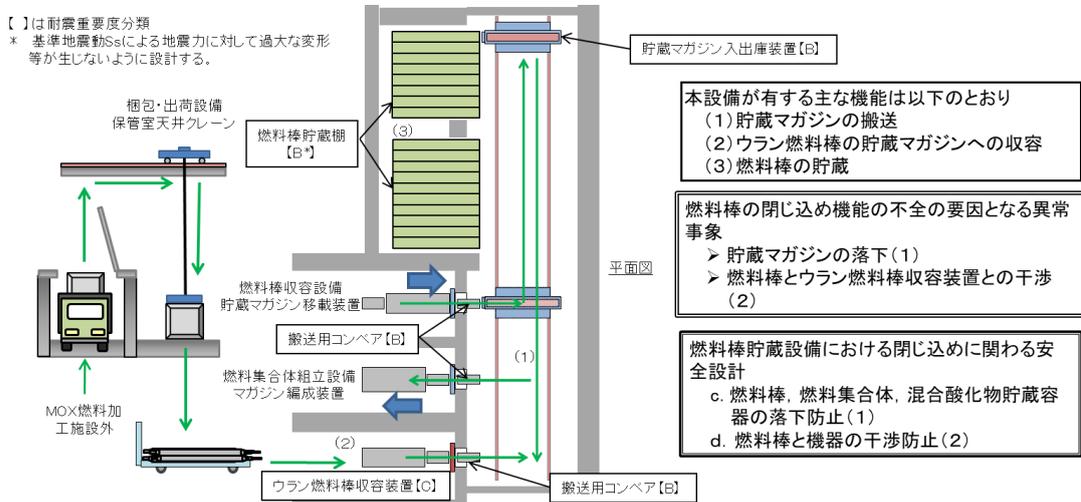
貯蔵マガジン入出庫装置は，搬送用コンベアと燃料棒貯蔵棚の間で，貯蔵マガジンを搬送する。

搬送用コンベアは，燃料棒収容設備，貯蔵マガジン入出庫装置，ウラン燃料棒収容装置及び燃料集合体組立設備の間で，貯蔵マガジンを搬送する。

MOX燃料加工施設外からウラン燃料棒を収納したウラン燃料棒用輸送容器を受け入れ，ウラン燃料棒を取り出し，ウラン燃料棒収容装置へ払い出す。

ウラン燃料棒収容装置は，ウラン燃料棒及び被覆管を貯蔵マガジンに収容する。

燃料棒貯蔵設備のイメージ図を第7. 8 - 1 図に示す。

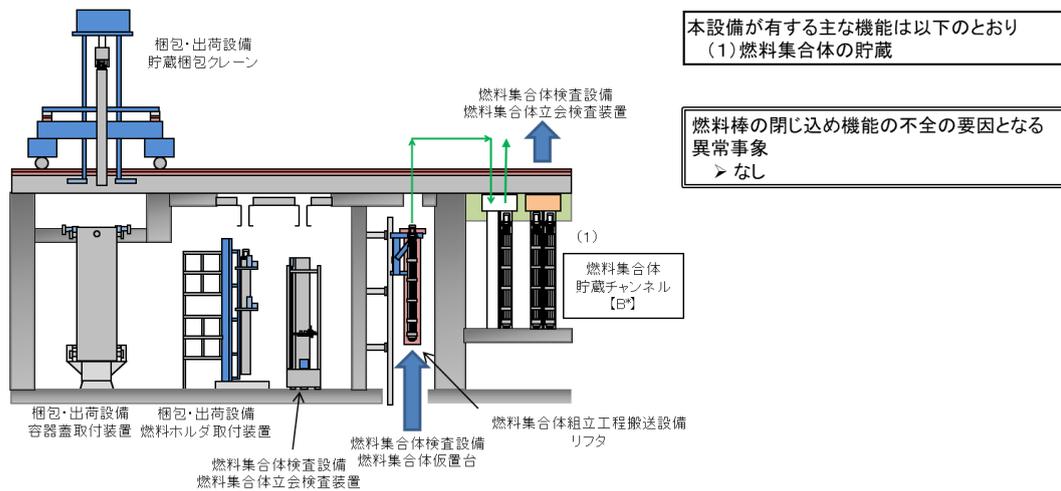


第7. 8 - 1 図 燃料棒貯蔵設備のイメージ図

7. 9 燃料集合体貯蔵設備

燃料集合体貯蔵チャンネルは、燃料集合体を貯蔵する。

燃料集合体貯蔵設備のイメージ図を第7. 9 - 1 図に示す。



【】は耐震重要度分類

* 基準地震動 S_s による地震力に対して過大な変形等が生じないように設計する。
搬送元及び搬送先は一例として示す。

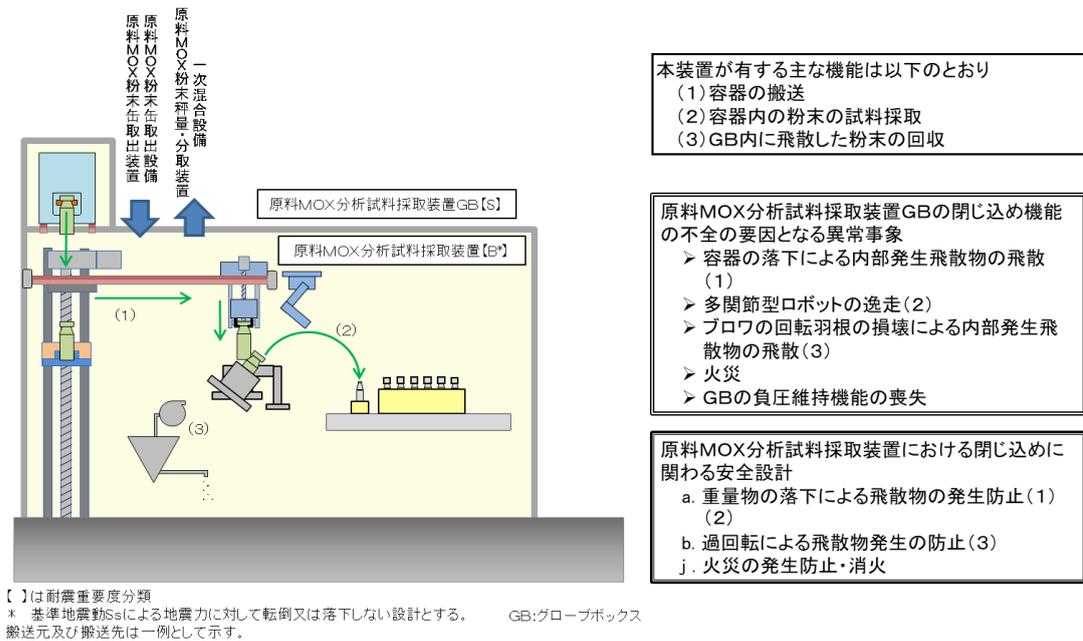
第7. 9 - 1 図 燃料集合体貯蔵設備イメージ図

8. 燃料製造における主な処理フロー以外の設備

8. 1 分析試料採取設備（原料MOX分析試料採取装置）

原料MOX分析試料採取装置は、原料MOX粉末の分析試料を採取し、分析設備へ払い出す。

原料MOX分析試料採取装置のイメージ図を第8. 1 - 1図に示す。

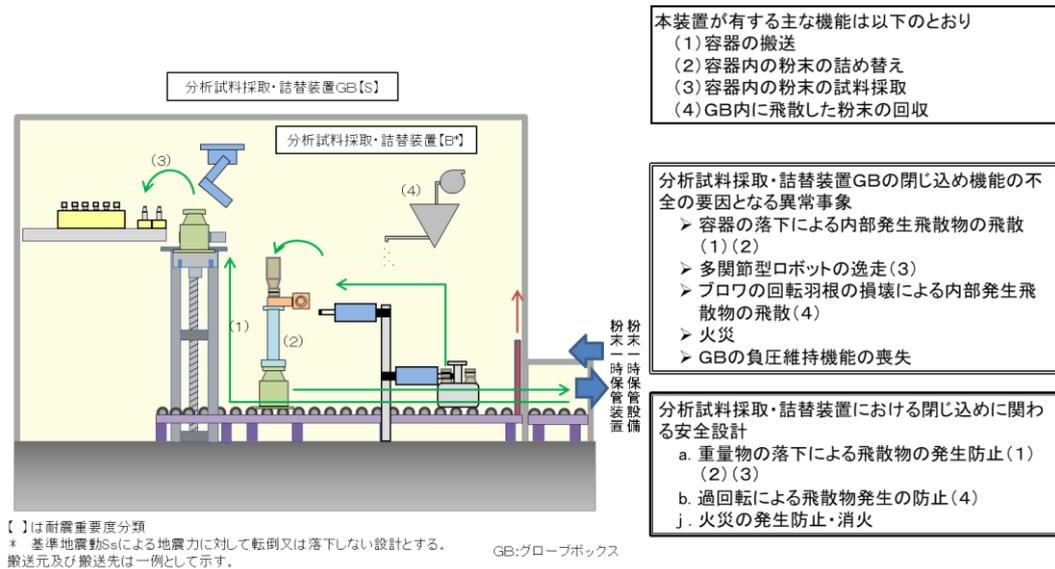


第8. 1 - 1図 原料MOX分析試料採取装置のイメージ図

8. 2 分析試料採取設備（分析試料採取・詰替装置）

分析試料採取・詰替装置は、原料MOX粉末以外の粉末の分析試料を採取し、分析設備への払出しを行うとともに、CS粉末の容器の詰め替えを行う。

分析試料採取・詰替装置のイメージ図を第8. 2-1図に示す。



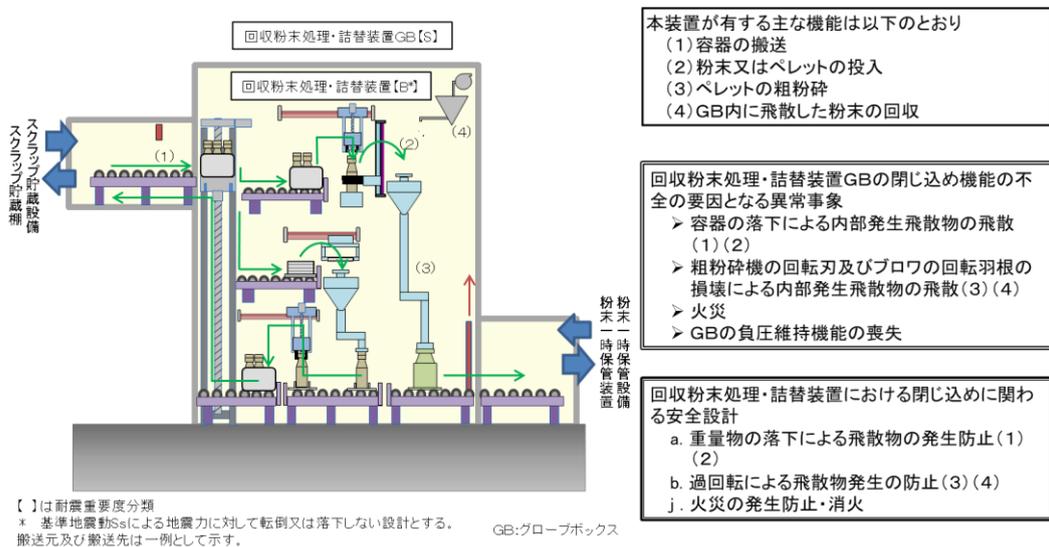
第8. 2-1図 分析試料採取・詰替装置のイメージ図

8. 3 スクラップ処理設備（回収粉末処理・詰替装置）

回収粉末処理・詰替装置は、ペレット加工工程にて回収したペレット，研削粉の詰め替え及びCSペレットの粗粉碎処理を行う。

回収粉末処理・詰替装置は、RS粉末をスクラップ貯蔵設備へ払い出す。

回収粉末処理・詰替装置のイメージ図を第8. 3 - 1図に示す。

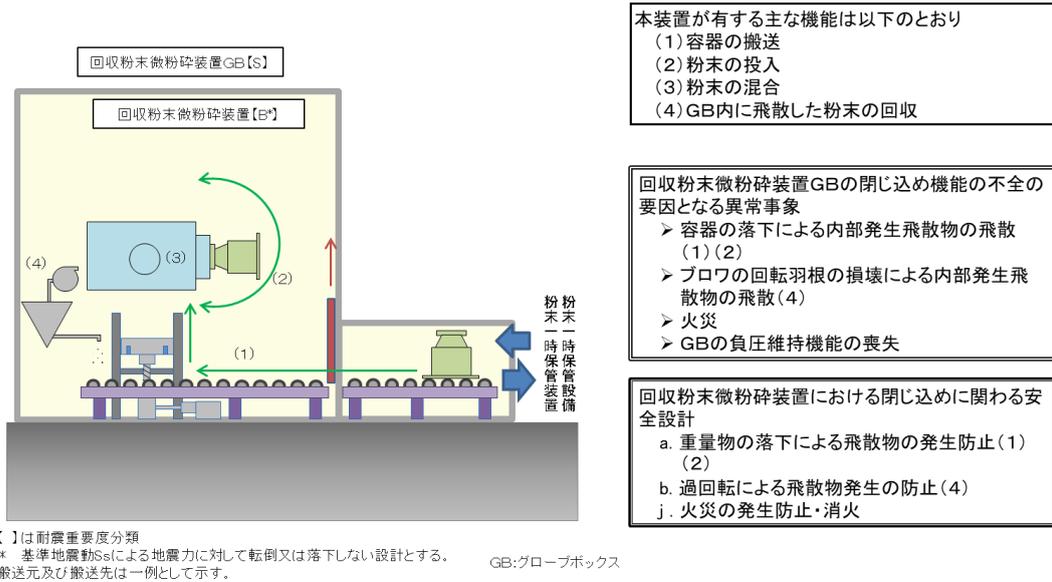


第8. 3 - 1図 回収粉末処理・詰替装置のイメージ図

8. 4 スクラップ処理設備（回収粉末微粉碎装置）

回収粉末微粉碎装置は，CS粉末を受け入れ，ウラン合金ボールを使用し，微粉碎混合する。

回収粉末微粉碎装置のイメージ図を第8. 4 - 1 図に示す。



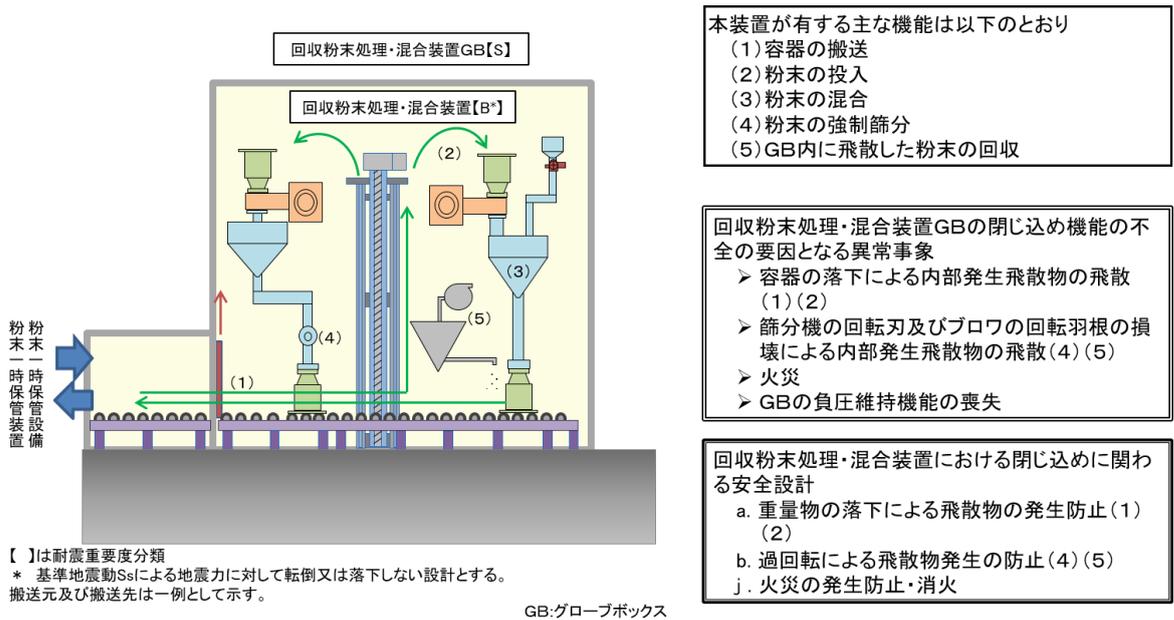
第8. 4 - 1 図 回収粉末微粉碎装置のイメージ図

8. 5 スクラップ処理設備（回収粉末処理・混合装置）

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。

回収粉末処理・混合装置は、回収粉末の強制篩分を行う。

回収粉末処理・混合装置のイメージ図を第8.5-1図に示す。

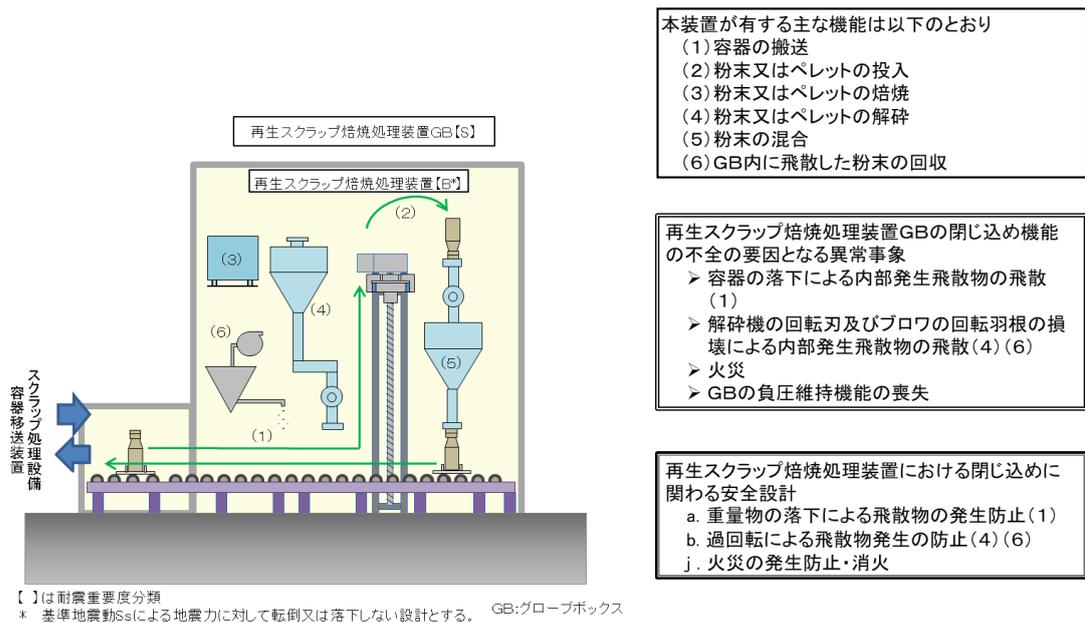


第8.5-1図 回収粉末処理・混合装置のイメージ図

8. 6 スクラップ処理設備（再生スクラップ焙焼処理装置）

再生スクラップ焙焼処理装置は、各工程から回収したRS粉末及びRSペレットの焙焼及び均一化混合を行う。

再生スクラップ焙焼処理装置のイメージ図を第8. 6-1図に示す。

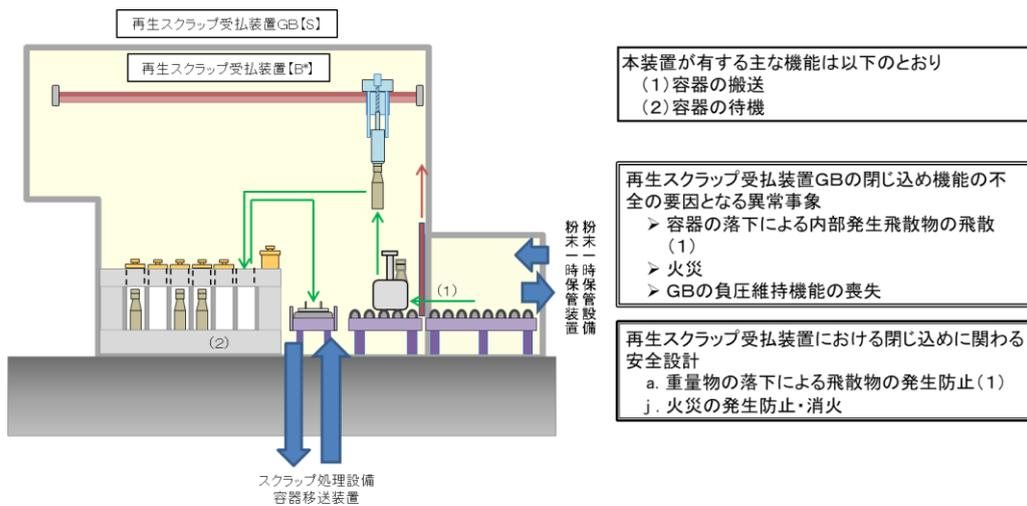


第8. 6-1図 再生スクラップ焙焼処理装置のイメージ図

8. 7 スクラップ処理設備（再生スクラップ受払装置）

再生スクラップ受払装置は、各工程から回収したCS粉末、CSペレット、RS粉末、RSペレット及び各試験粉末の受払い並びに一時的な容器待機を行う。

再生スクラップ受払装置のイメージ図を第8. 7-1図に示す。



【】は耐震重要度分類

* 基準地震動Ssによる地震力に対して転倒又は落下しない設計とする。
搬送元及び搬送先は一例として示す。

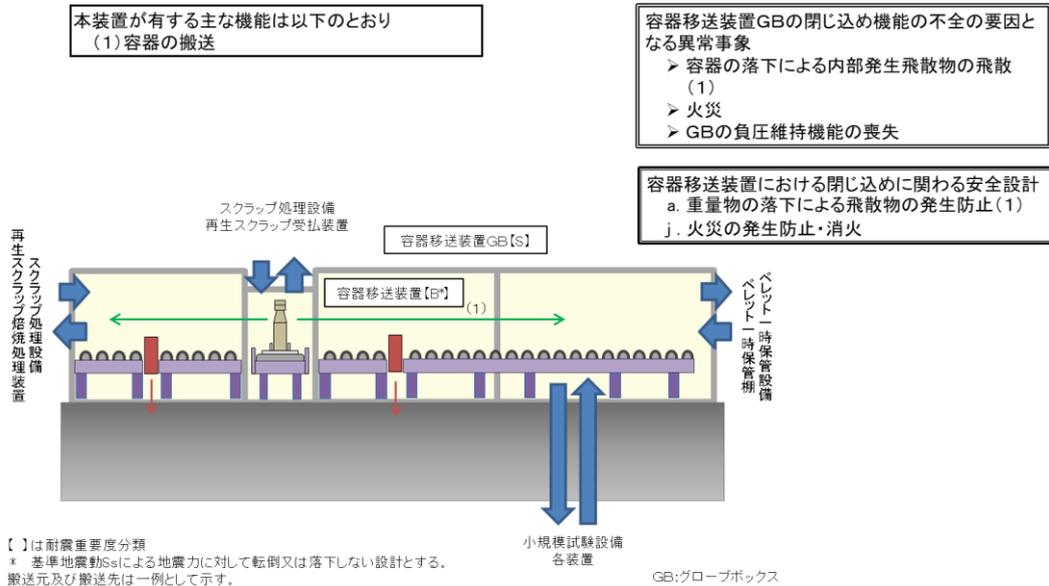
GB:グローブボックス

第8. 7-1図 再生スクラップ受払装置のイメージ図

8. 8 スクラップ処理設備（容器移送装置）

容器移送装置は，再生スクラップ受払装置，再生スクラップ焙焼処理装置，小規模試験設備及びペレット加工工程搬送設備の間で，容器を搬送する。

容器移送装置のイメージ図を第8. 8-1図に示す。

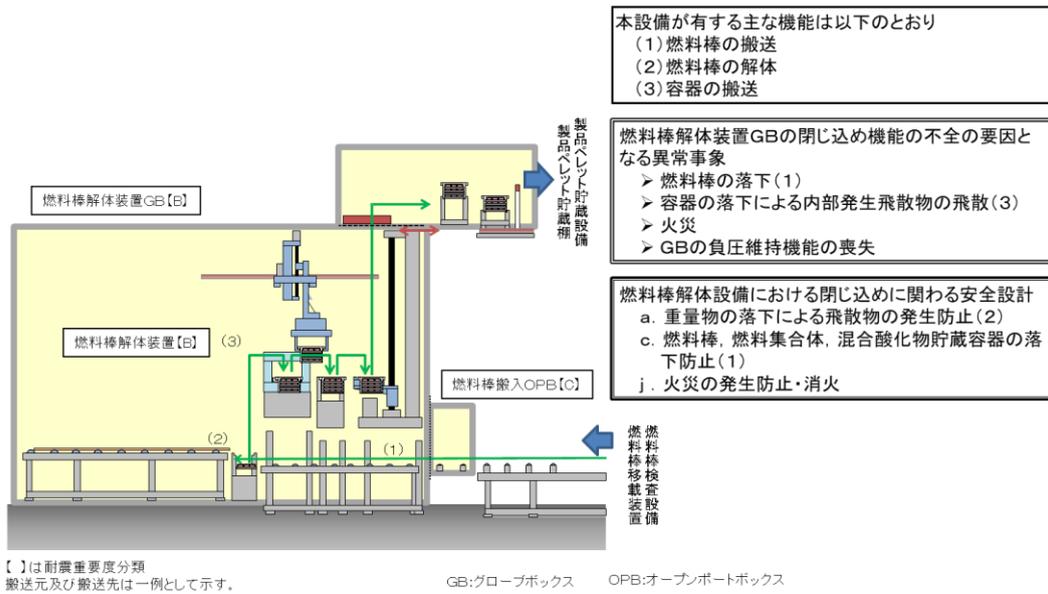


第8. 8-1図 容器移送装置のイメージ図

8. 9 燃料棒解体設備

燃料棒解体装置は、MOX燃料棒を解体し、MOX燃料棒内のペレットを取り出す。

燃料棒解体設備のイメージ図を第8. 9 - 1 図に示す。



第8. 9 - 1 図 燃料棒解体設備のイメージ図

9. その他加工設備の附属施設（核燃料物質の検査設備）

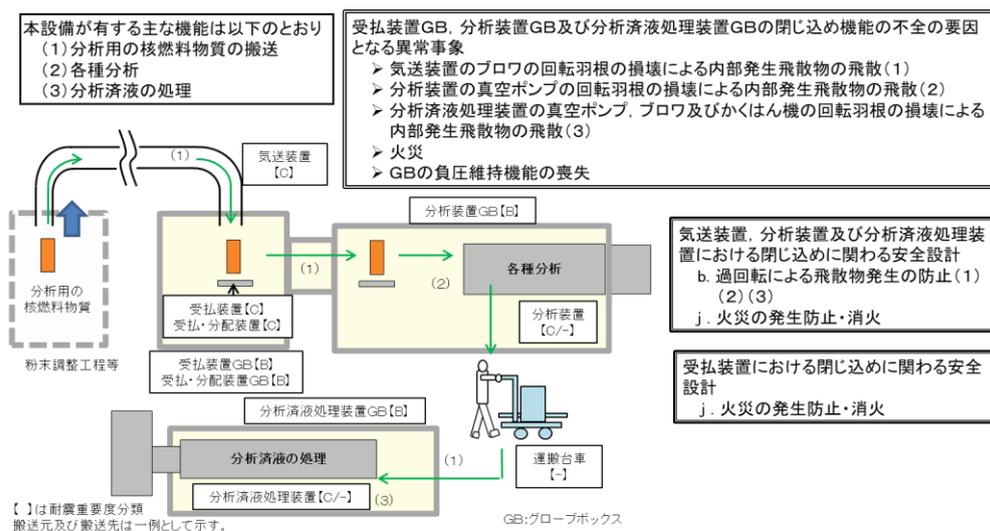
9. 1 分析設備

気送装置，受払装置，受払・分配装置及び運搬台車は，受払装置，分析装置，分析済液処理装置，粉末調整工程，ペレット加工工程，燃料棒加工工程及び実験設備の間で，分析用の核燃料物質を搬送する。

分析装置は，各種分析を行う。

分析済液処理装置は，分析済液からプルトニウム等を回収する。

分析設備のイメージ図を第9. 1 - 1 図に示す。



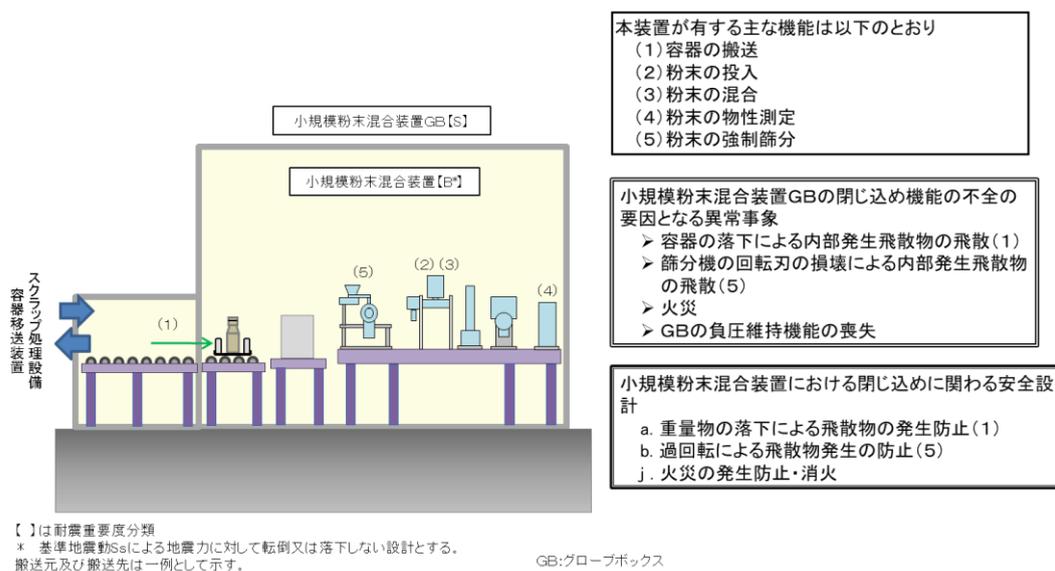
第9. 1 - 1 図 分析設備のイメージ図

10. その他加工設備の附属施設（実験設備）

10. 1 小規模試験設備（小規模粉末混合装置）

小規模粉末混合装置は、小規模試験及びCS処理における各種粉末の混合、微粉碎混合、強制篩分及び粉末の物性測定を行う。

小規模粉末混合装置のイメージ図を第10. 1 - 1 図に示す。

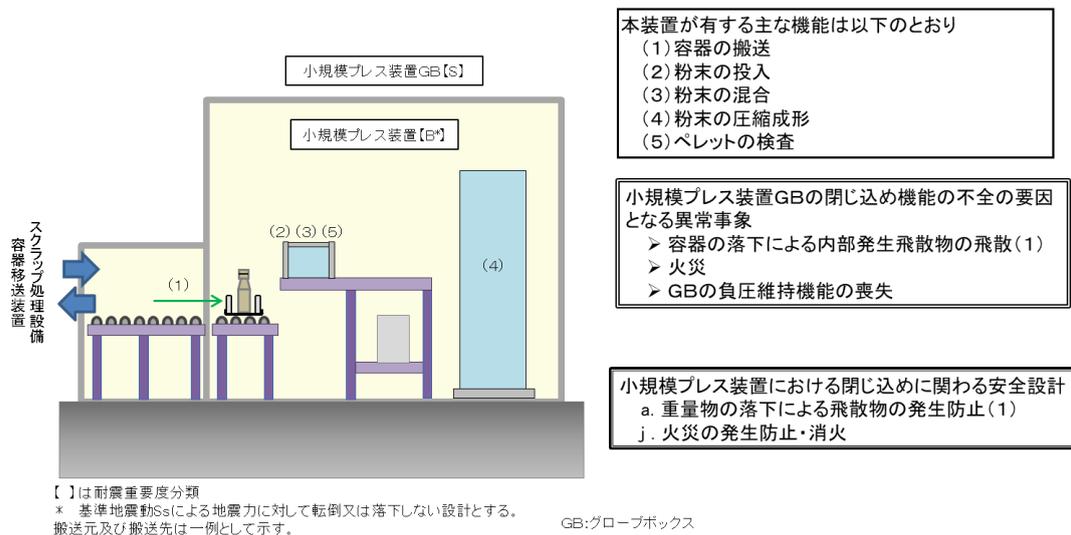


第10. 1 - 1 図 小規模粉末混合装置のイメージ図

10. 2 小規模試験設備（小規模プレス装置）

小規模プレス装置は、先行試験及び小規模試験における各種粉末の混合、圧縮成形及びペレットの検査を行う。

小規模プレス装置のイメージ図を第10. 2 - 1 図に示す。



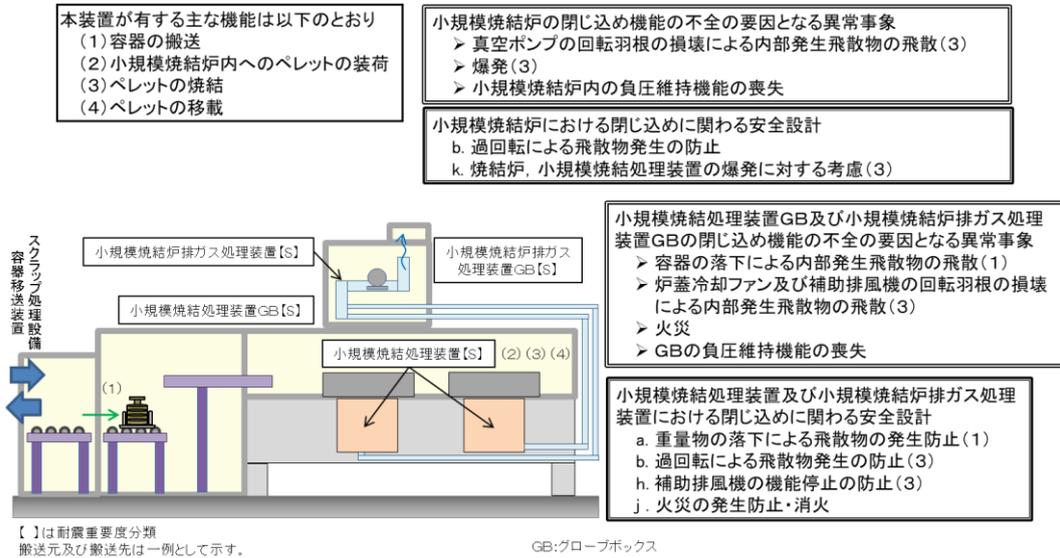
第10. 2 - 1 図 小規模プレス装置のイメージ図

10. 3 小規模試験設備（小規模焼結処理装置，小規模焼結炉排ガス処理装置）

小規模焼結処理装置は，再焼結試験及び小規模試験において，ペレットを所定の温度で焼結する。

小規模焼結炉排ガス処理装置は，小規模焼結処理装置の小規模焼結炉から排出される混合ガスの冷却，有機物の除去を行う。

小規模焼結処理装置及び小規模焼結炉排ガス処理装置のイメージ図を第10. 3 - 1 図に示す。



第10. 3 - 1 図 小規模焼結処理装置及び小規模焼結炉排ガス処理装置のイメージ図

10. 4 小規模試験設備（小規模研削検査装置）

小規模研削検査装置は、先行試験，再焼結試験及び小規模試験において，ペレットの研削，検査及び粗粉碎を行う。

小規模研削検査装置のイメージ図を第10. 4 - 1 図に示す。

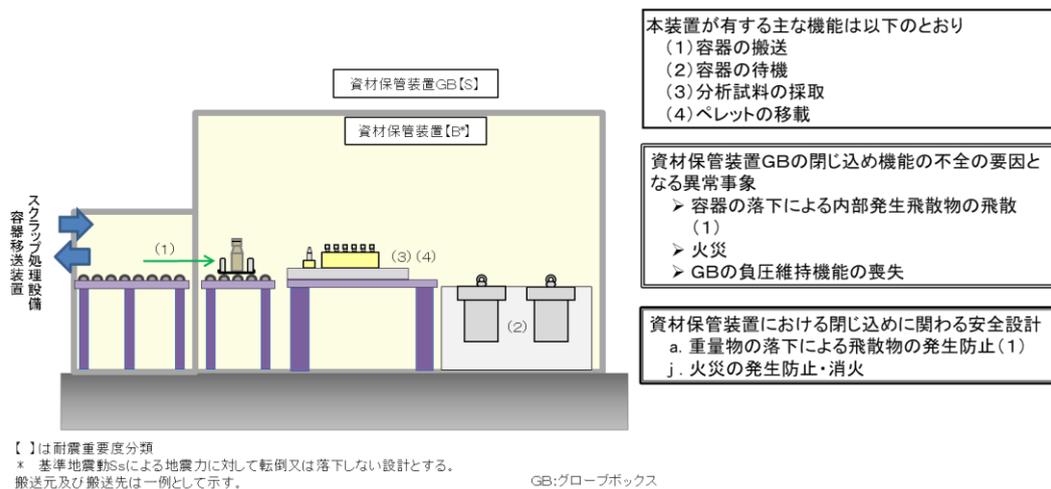


第10. 4 - 1 図 小規模研削検査装置のイメージ図

10. 5 小規模試験設備（資材保管装置）

資材保管装置は、各工程から回収したCS粉末、CSペレット及び各試験粉末の受払い並びに一時的な容器待機を行う。

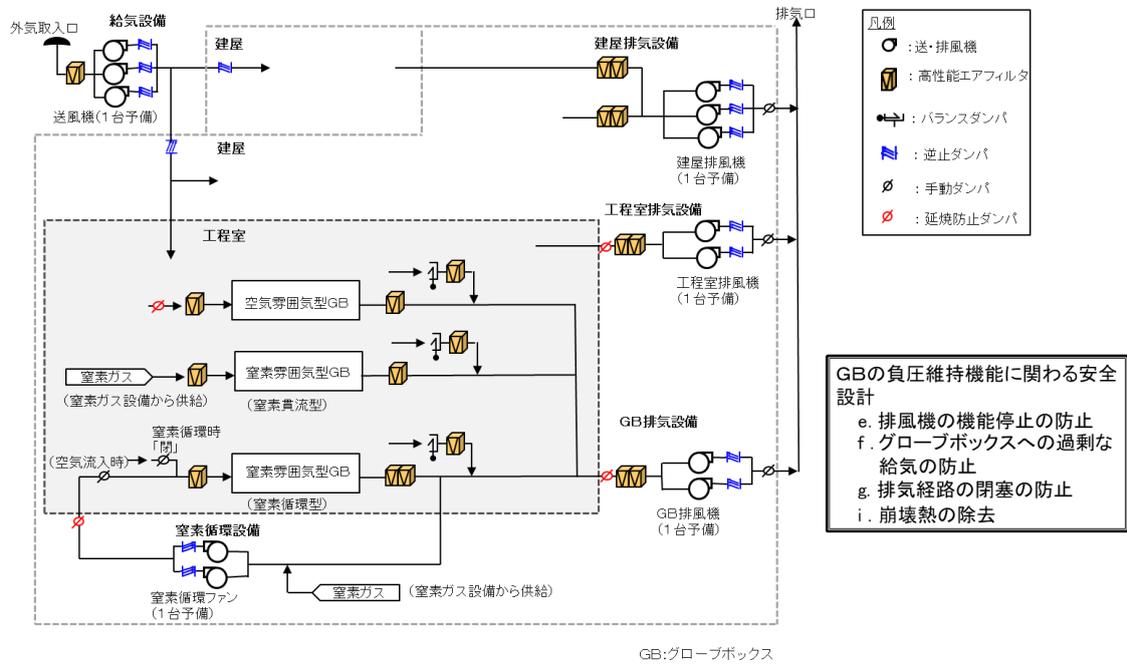
資材保管装置のイメージ図を第10. 5 - 1 図に示す。



第10. 5 - 1 図 資材保管装置のイメージ図

11. その他閉じ込めに関わる安全設計

グローブボックスの負圧維持機能に関わる安全設計のイメージ図を第11. - 1 図に示す。



第11. - 1 図 グローブボックスの負圧維持機能に関わる安全設計のイメージ図

令和 2 年 2 月 26 日 R O

補足説明資料 3 - 4 (22 条)

添付資料 2

各異常事象に対する発生防止対策について

MOX燃料加工施設における閉じ込め機能の不全に至るおそれのある事象の検討として、核燃料物質が存在するMOX燃料加工施設の各工程の設備・機器の破損，故障，誤動作あるいは運転員の誤操作による事象（外部電源喪失を含む。）を想定し，グローブボックス，焼結炉，小規模焼結処理装置，スタック乾燥装置，混合酸化物貯蔵容器及び燃料棒の閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象を抽出した。

設備・機器の破損，故障，誤動作あるいは運転員の誤操作から閉じ込め機能の不全の要因となる異常事象を経て閉じ込め機能の不全に至るまでの事象の進展を想定し，その中でどのような発生防止対策が講じられているかを確認することにより，MOX燃料加工施設の安全設計の妥当性を確認することができる。

次頁以降に，各異常事象による閉じ込め機能の不全に至るまでの事象の進展と各種安全設計及びそのイメージを示す。

なお，次頁以降で使用する略称は以下のとおりである。

- ・グローブボックス等

- …グローブボックス，焼結炉，小規模焼結処理装置，スタック乾燥装置

- ・焼結炉等

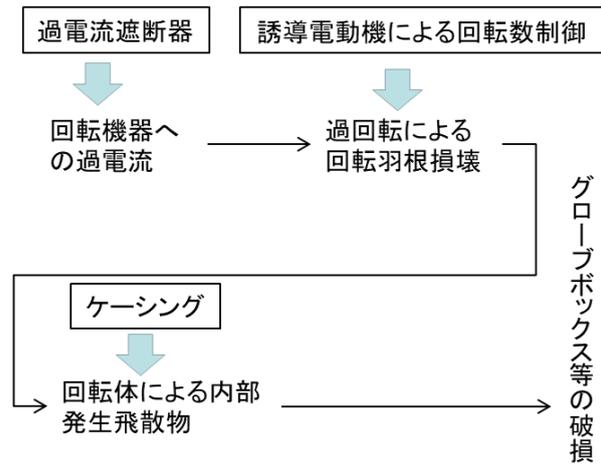
- …焼結炉，小規模焼結処理装置

- ・燃料棒等

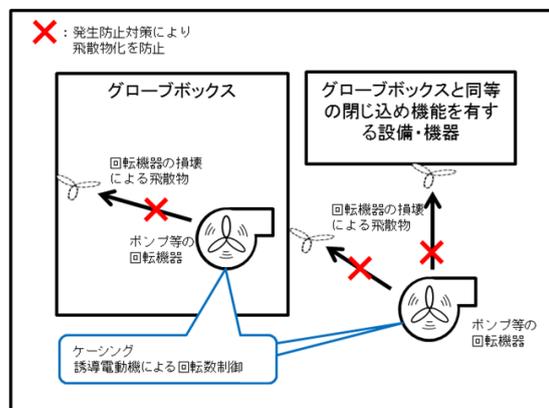
- …燃料棒，混合酸化物貯蔵容器

1. 内部発生飛散物（回転羽根の損壊による飛散物）によるグローブボックス等の破損

内部発生飛散物（回転羽根の損壊による飛散物）の事象進展と各種安全設計を第1-1図に、安全設計のイメージを第1-2図に示す。



第1-1図 事象の進展と各種安全設計

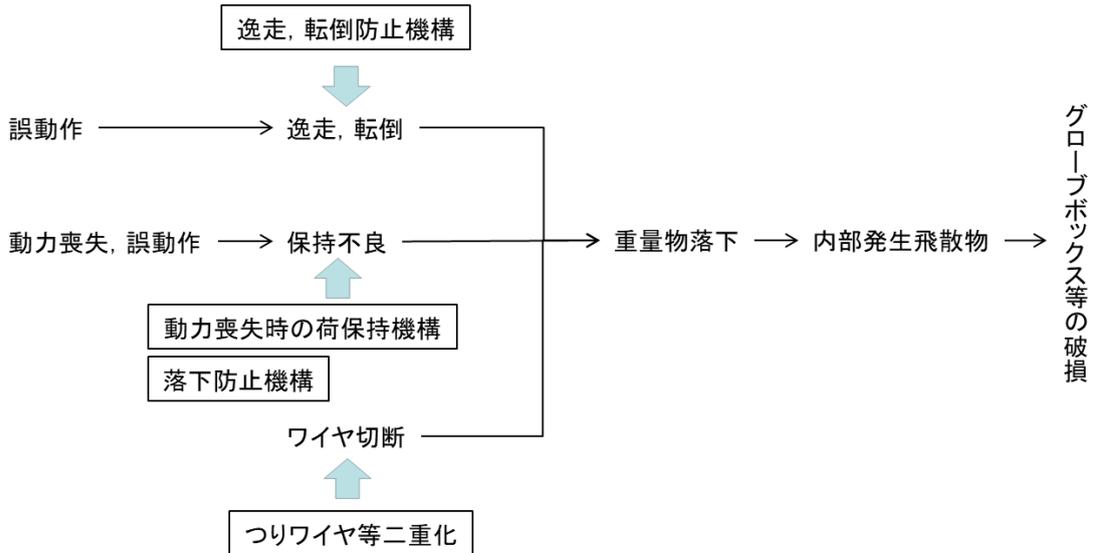


第1-2図 内部発生飛散物（回転羽根の損壊）の発生防止のイメージ

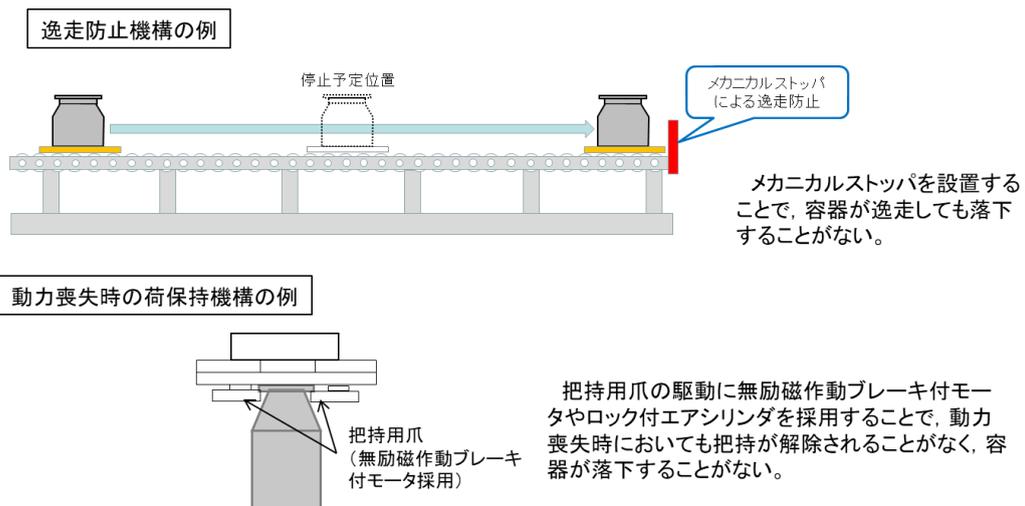
これらの対策により、内部発生飛散物（回転羽根の損壊による飛散物）によるグローブボックス等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

2. 内部発生飛散物（重量物の落下による飛散物）によるグローブボックス等の破損

内部発生飛散物（重量物の落下による飛散物）の事象進展と各種安全設計を第2-1図に、安全設計のイメージを第2-2図に示す。



第2-1図 事象の進展と各種安全設計

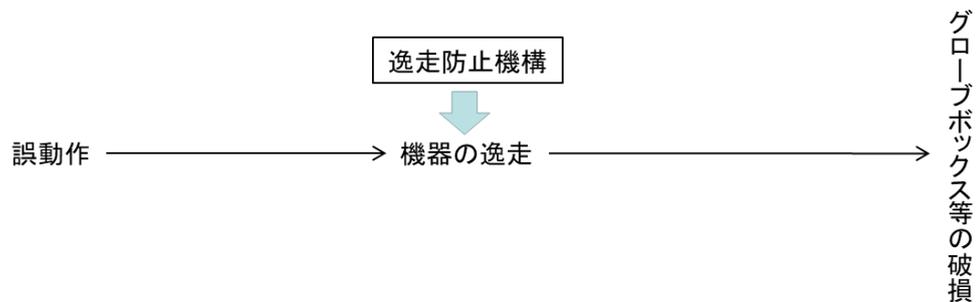


第2-2図 内部発生飛散物（重量物の落下による飛散物）の発生防止のイメージ

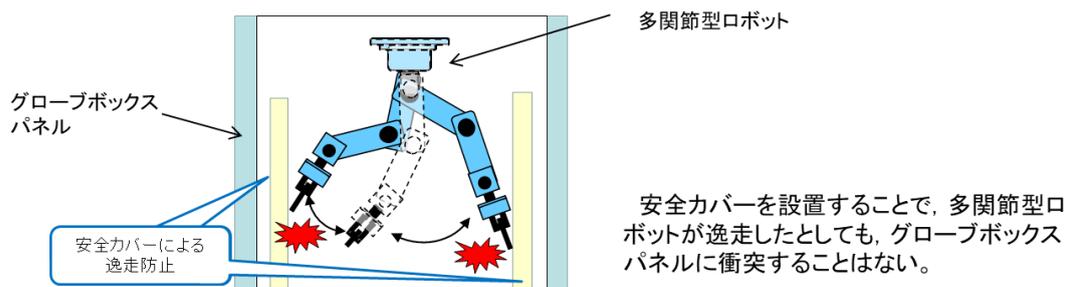
これらの対策により，内部発生飛散物（重量物の落下による飛散物）によるグローブボックス等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

3. 機器の逸走によるグローブボックス等の破損

機器の逸走の事象進展と各種安全設計を第3-1図に、安全設計のイメージを第3-2図に示す。



第3-1図 事象の進展と各種安全設計

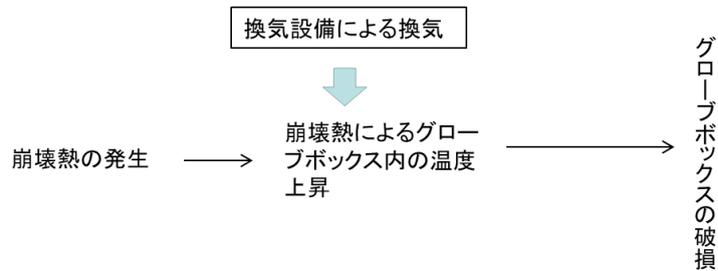


第3-2図 機器の逸走の発生防止のイメージ

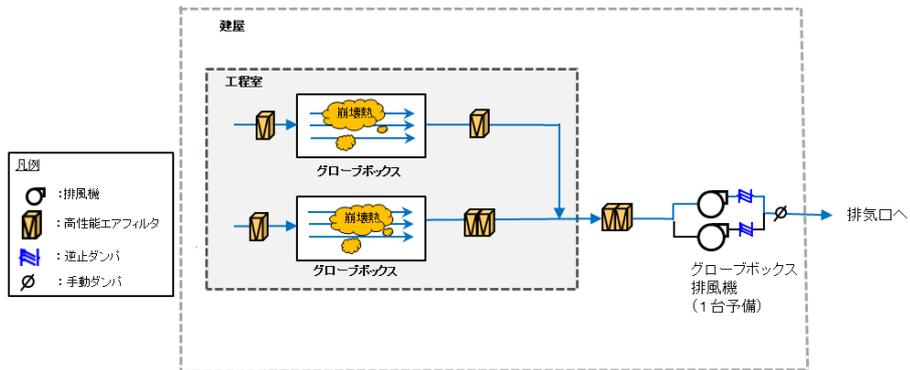
これらの対策により、機器の逸走によるグローブボックス等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

4. 崩壊熱によるグローブボックスの破損

崩壊熱の事象進展と各種安全設計を第4-1図に、安全設計のイメージを第4-2図に示す。



第4-1図 事象の進展と各種安全設計

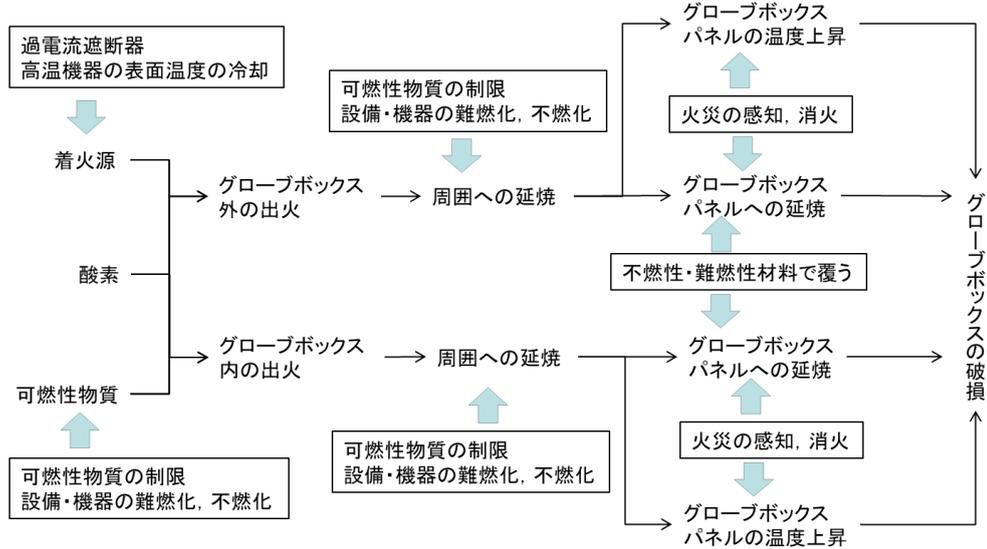


第4-2図 崩壊熱除去のイメージ

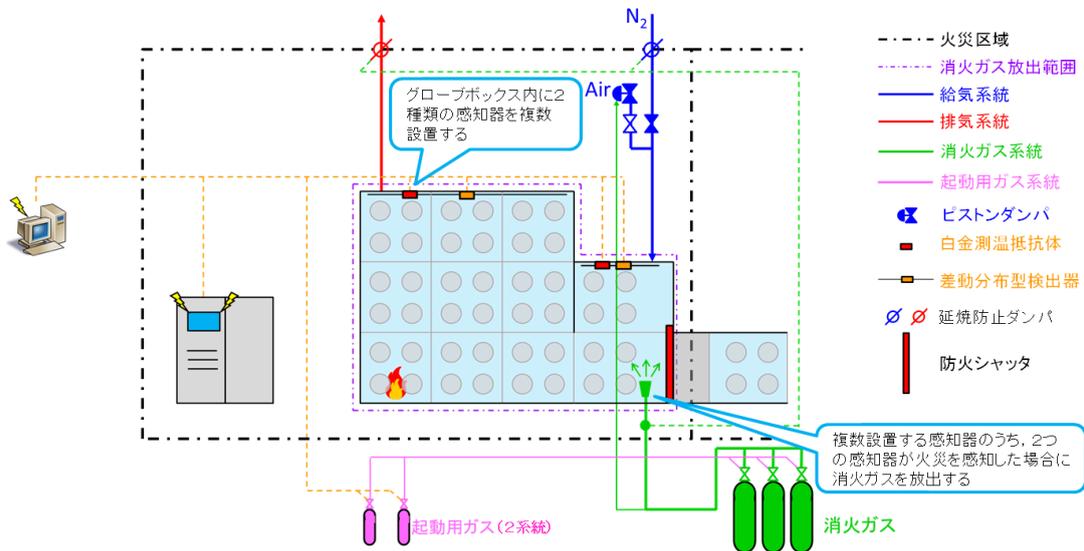
これらの対策により、崩壊熱によるグローブボックスの閉じ込め機能の不全に至ることはない。

5. 火災によるグローブボックスの破損

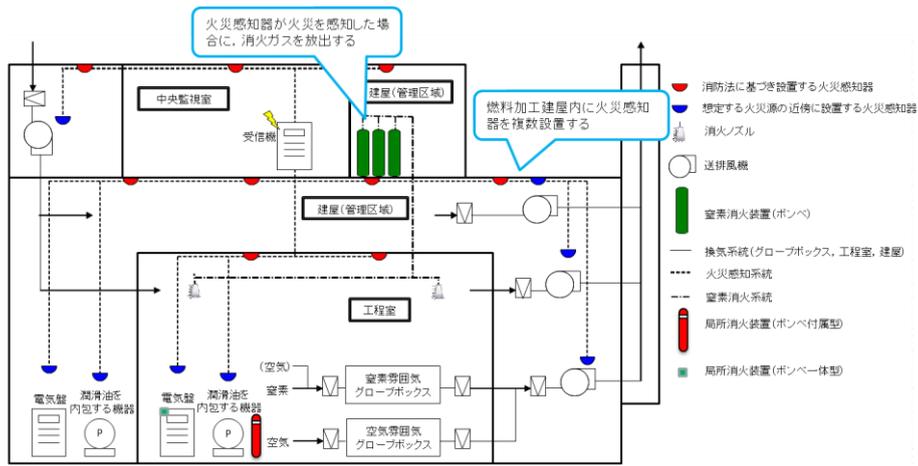
火災の事象進展と各種安全設計を第5-1図に、安全設計のイメージを第5-2図及び第5-3図に示す。



第5-1図 事象の進展と各種安全設計



第5-2図 グローブボックス内の火災の感知・消火のイメージ

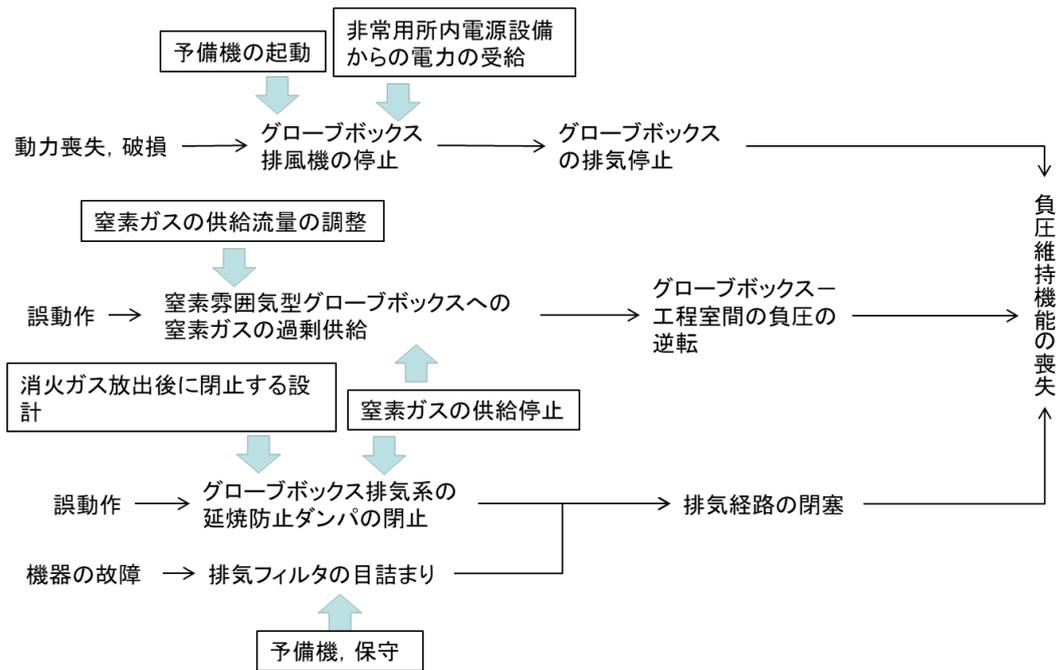


第5-3図 グローブボックス外の火災の感知・消火のイメージ

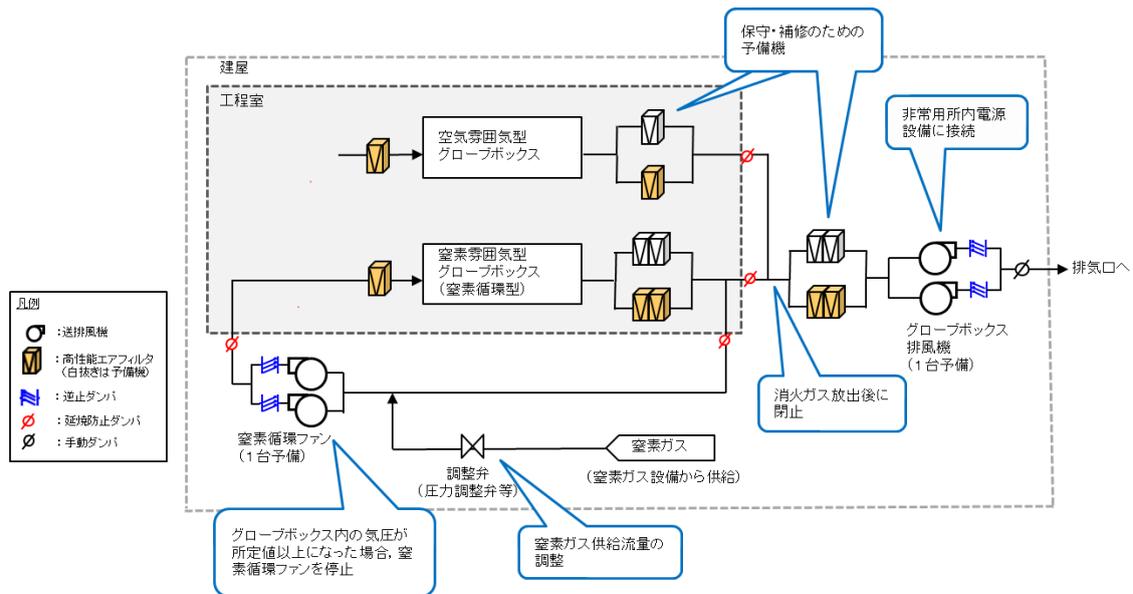
これらの対策により、火災によるグローブボックスの閉じ込め機能の不全に至ることはない。

6. グローブボックス，スタック乾燥装置の負圧維持機能の喪失

負圧維持機能の喪失の事象進展と各種安全設計を第6-1図に，安全設計のイメージを第6-2図に示す。



第6-1図 事象の進展と各種安全設計

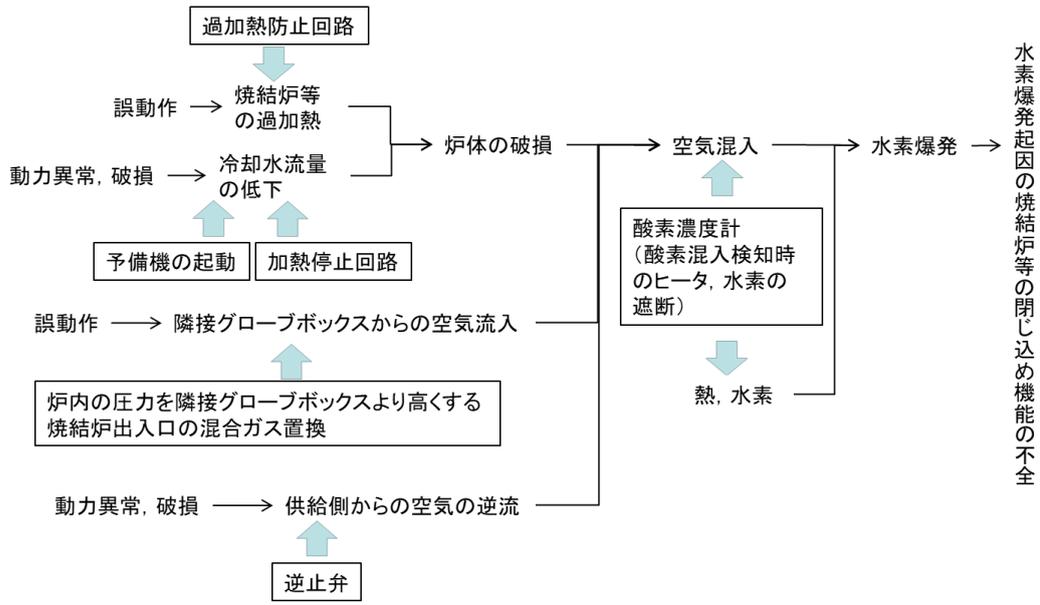


第6-2図 グローブボックスの負圧維持のイメージ

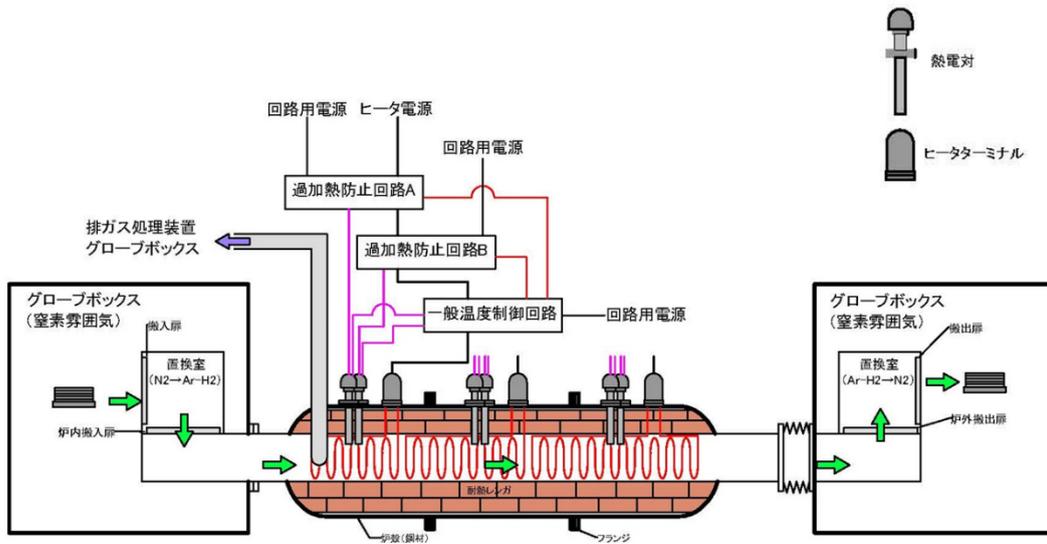
これらの対策により，負圧維持機能の喪失によるグローブボックス，スタック乾燥装置の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

7. 焼結炉等の水素爆発

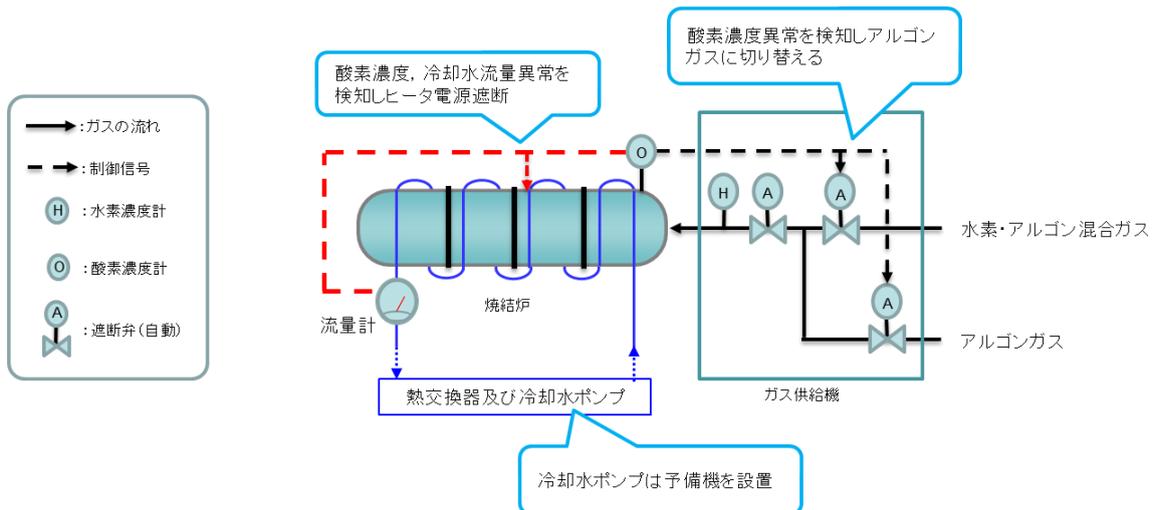
水素爆発の事象進展と各種安全設計を第7-1図に、安全設計のイメージを第7-2図に示す。



第7-1図 事象の進展と各種安全設計



第7-2図 異常な温度上昇の防止のイメージ

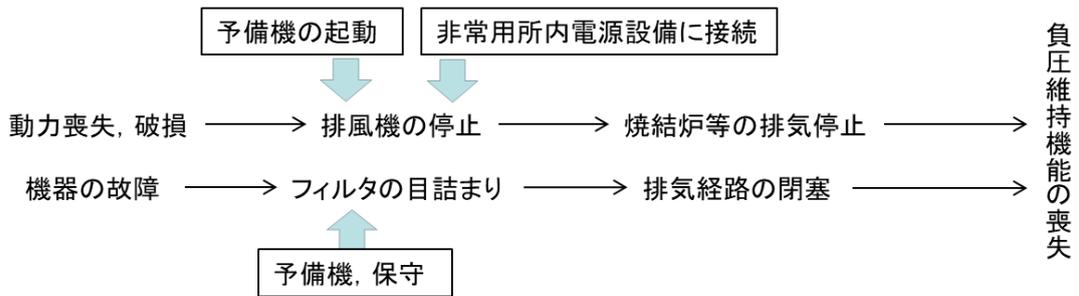


第7-3図 空気混入の防止・異常な温度上昇の防止のイメージ

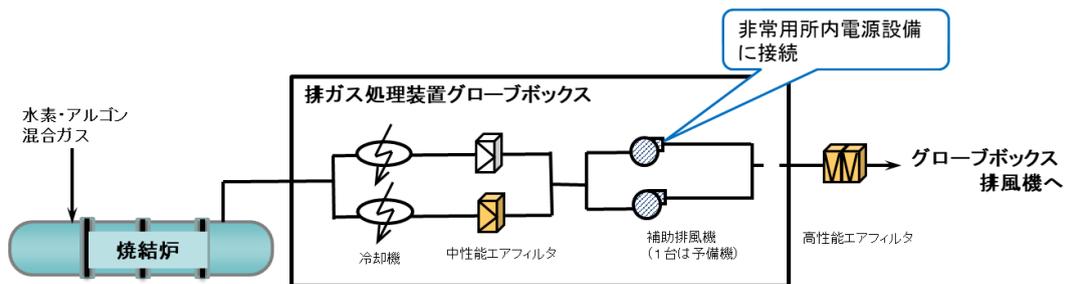
これらの対策により、水素爆発による焼結炉等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

8. 焼結炉等の負圧維持機能の喪失

負圧維持機能の喪失の事象進展と各種安全設計を第8-1図に、安全設計のイメージを第8-2図に示す。



第8-1図 事象の進展と各種安全設計

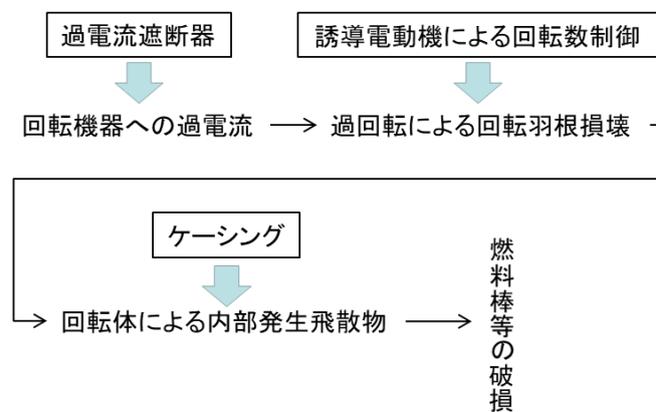


第8-2図 焼結炉の負圧維持のイメージ

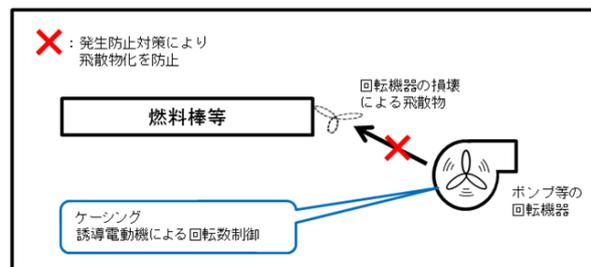
これらの対策により、負圧維持機能の喪失による焼結炉等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

9. 内部発生飛散物（回転羽根の損壊による飛散物）による燃料棒等の破損

内部発生飛散物（回転羽根の損壊による飛散物）の事象進展と各種安全設計を第9-1図に、安全設計のイメージを第9-2図に示す。



第9-1図 事象の進展と各種安全設計

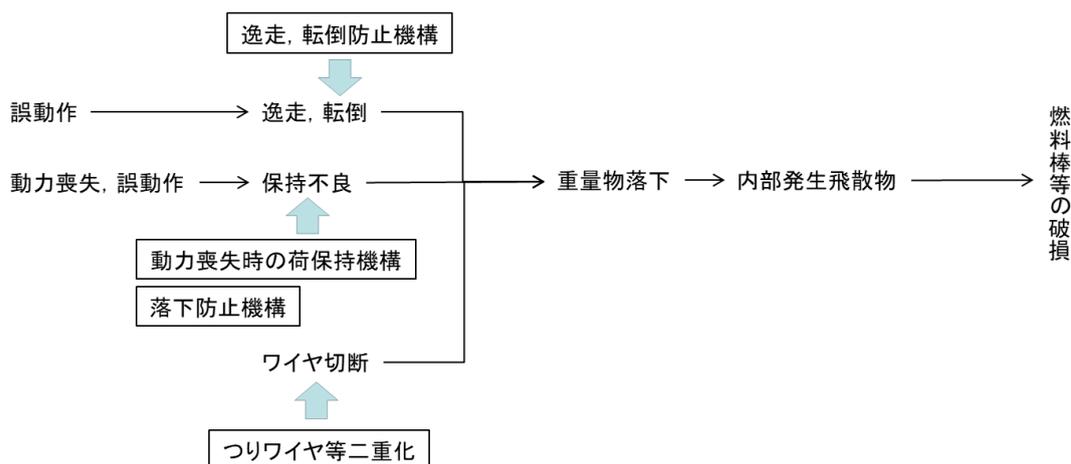


第9-2図 内部発生飛散物（回転羽根の損壊）発生防止のイメージ

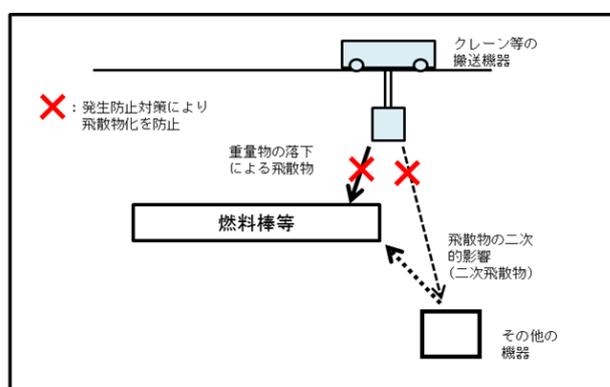
これらの対策により、内部発生飛散物（回転羽根の損壊による飛散物）による燃料棒等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

10. 内部発生飛散物（重量物落下による飛散物）による燃料棒等の破損

内部発生飛散物（重量物落下による飛散物）の事象進展と各種安全設計を第10-1図に、安全設計のイメージを第10-2図に示す。



第10-1図 事象の進展と各種安全設計

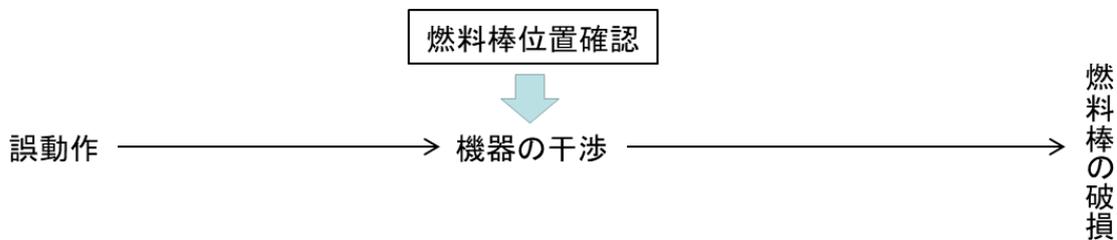


第10-2図 内部発生飛散物（重量物落下による飛散物）発生防止のイメージ

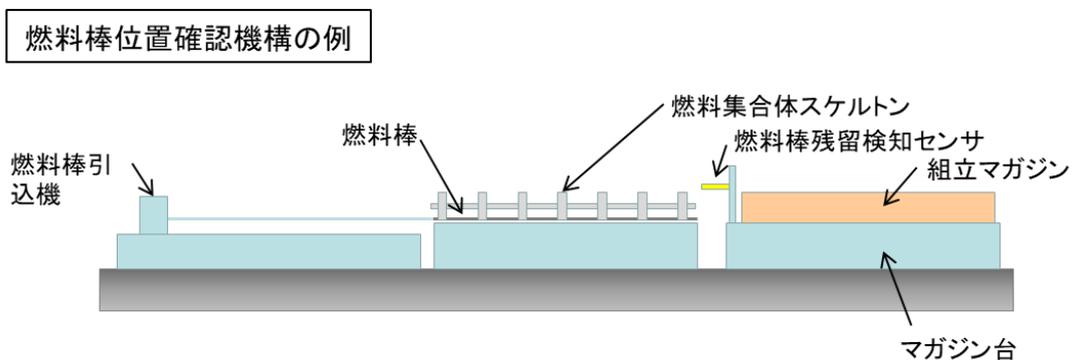
これらの対策により、内部発生飛散物（重量物落下による飛散物）による燃料棒等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

11. 機器干渉による燃料棒等の破損

機器干渉の事象進展と各種安全設計を第11-1図に、安全設計のイメージを第11-2図に示す。



第11-1図 事象の進展と各種安全設計

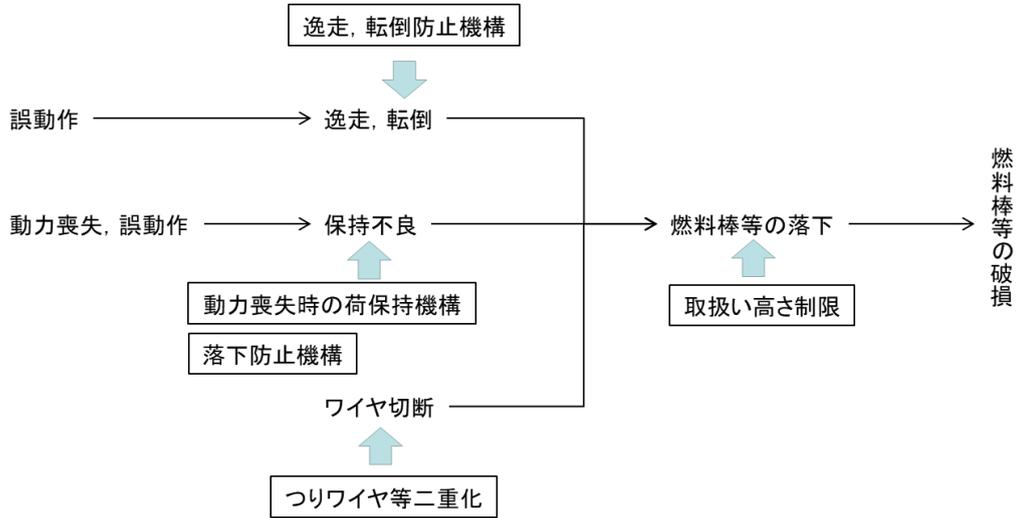


第11-2図 機器干渉による燃料棒の破損防止のイメージ

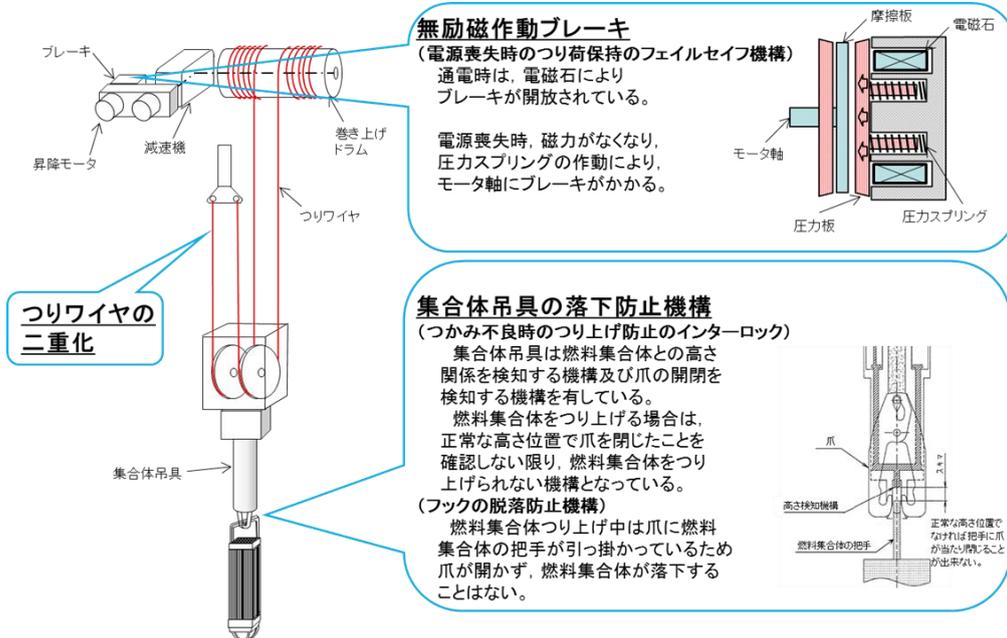
これらの対策により、機器干渉による燃料棒等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

12. 燃料棒等の落下による破損

燃料棒等の落下の事象進展と各種安全設計を第12-1図に、安全設計のイメージを第12-2図に示す。



第12-1図 事象の進展と各種安全設計



第12-2図 落下による燃料棒等の破損防止のイメージ

これらの対策により、落下による燃料棒等の閉じ込め機能の不全に至ることはない。

令和2年2月26日 R 1

補足説明資料3－5（22条）

SCALEコードシステムの概要

1. SCALEコードシステムの概要

SCALEは、米国オークリッジ研究所（ORNL）で開発された公開コードシステムであり、核燃料物質、構造材等の幾何形状を入力とし、中性子の飛程を乱数を使用して確率的に計算し、各中性子が吸収されて消滅するか、体系外に漏れるまでの反応過程で発生する核分裂中性子数を計算し、これらの比から中性子実効増倍率を求めるものである。

2. MOX燃料加工施設で使用する臨界計算コード

MOX燃料加工施設の臨界安全評価では、SCALE-4コードシステムに含まれるKENO-V.aコード又はKENO-VIコード及びENDF/B-IVライブラリを用いる。KENO-VIコードは、KENO-V.aコードで入力できない幾何形状に対して使用する。また、KENO-VIコードは、KENO-V.aコードと同等であることは文献⁽¹⁾により確認されている。

3. 臨界計算コードの妥当性及び推定臨界下限中性子実効増倍率

SCALE-4コードシステムの臨界ベンチマーク評価は、以下のとおりであり、MOXに対する推定臨界下限中性子実効増倍率が0.97と検証⁽²⁾されている。

(1) PuO₂均質系

PuO₂均質系として、16ケースについて評価を行っている。実験の体系は、PuO₂-ポリスチレンコンパクトを用いたもので、この中には、溶液の体系も含まれている。

(2) MOX均質系

MOX均質系として、49ケースについて評価を行っている。実験の体系は、PuO₂-UO₂-ポリスチレンコンパクトを用いたもので、Pu富化度は、約8~30%のものについて実施している。

(3) MOX非均質系

MOX非均質系として、138ケースについて評価を行っている。実験の体系は、正方格子に配列した燃料棒に対し、様々な反射体を用いたものとなっている。

(4) ベンチマーク計算結果及び誤差評価

下表にPuO₂均質系、MOX均質系及びMOX非均質系の推定臨界中性子実効増倍率及び推定臨界下限中性子実効増倍率を示す。

第1表 ベンチマーク計算結果及び誤差

体系	ケース数	推定臨界中性子実効増倍率	推定臨界下限中性子実効増倍率	標準偏差
PuO ₂ 均質系	16	1.0183	0.9969	0.0065
MOX均質系	49	1.0073	0.9723	0.0136
MOX非均質系	138	1.0103	0.9971	0.0058

4. 参考文献

- (1) P. B. Fox and L. M. Petrie. Validation and Comparison of

KENO-V.a and KENO-VI. Oak Ridge National Laboratory. 2002.
ORNL/TM-2001/110.

- (2) 動力炉・核燃料開発事業団. MOX取扱施設臨界安全ガイドブック. 1996, PNC TN1410 96-074.

令和2年2月26日 R 1

補足説明資料3－6（22条）

混合機の容積制限について

1. 設計の考え方

質量管理を行う設備では、通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても臨界に至ることはないが、添加剤の投入が可能で、設計上定める条件より厳しい条件の下において含水率の逸脱が想定される混合機については、MOX粉末及び添加剤のいかなる組合せの過剰投入を想定した場合においても臨界が発生することがないように設計する。

2. 評価方法

SCALE-4のKENO-V. aコード及びENDF/B-IVライブラリを用いて臨界解析を行う。MOX粉末と添加剤の和の質量を固定し、その範囲でMOX粉末と添加剤の割合を変化させて解析を行い、すべての領域で推定臨界下限増倍率0.97以下となる場合、設定したMOX粉末と添加剤の和の質量では、いかなる割合においても臨界に至らないと判断する。

3. 評価条件

以下の条件で、プルトニウム富化度30%及びプルトニウム富化度18%のMOX粉末を対象として臨界解析を行う。詳細条件を第2-1表及び第2-2表に示す。

(1) モデル形状

評価モデルは、中性子の漏れが最も少ない球形状とする。

(2) MOX質量

プルトニウム富化度30%のMOX粉末については、10～782kg・MOXの範囲で評価を行う。プルトニウム富化度18%のMOX粉末については、10～1850kg・MOXの範囲で評価を行う。

(3) プルトニウム富化度

プルトニウム富化度60%以下の原料MOX粉末を取り扱う設備は、添加剤を添加する構造となっていないことから対象外とし、プルトニウム富化度30%及びプルトニウム富化度18%のMOX粉末を評価対象とする。

(4) 中性子反射効果

容器や機器による中性子の反射を考慮し周囲を2.5cmの水とする。

(5) MOX粉末密度

希釈混合時のMOX粉末密度は、 $4 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ に設定した原料MOX粉末、これと同等である原料ウラン粉末及び $6 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ に設定した回収粉末を混合することを考慮し、 $5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ に設定する。

(6) 核分裂性プルトニウム割合

再処理施設からプルトニウム中のプルトニウム-240含有率が17%以上の粉末のみを受け入れることから、核分裂性プルトニウム割合の最大値として83%を設定する。プルトニウム同位体組成は、再処理施設の臨界計算条件と同じ同位体組成（プルトニウム-239：プルトニウム-240：プルトニウム-241=71：17：12）を適用している。

(7) ウラン中のウラン-235含有率

再処理施設からMOX中のウラン-235含有率が1.6%以下の粉末のみを受け入れ、工程中では、ウラン中のウラン-235含有率が天然ウラン以下(0.72%以下)の原料ウラン粉末の希釈混合を行うことから、ウラン中のウラン-235含有率の最大値として1.6%を設定する。

4. 評価結果

評価結果を第2-1図及び第2-2図に示す。

プルトニウム富化度30%のMOX粉末については、評価範囲における中

中性子実効増倍率 ($K_{eff}+3\sigma$) の最大値は0.932となり、MOX粉末が600kg・MOX以下、つまり混合機の容積を120L以下で設計することでMOX粉末及び添加剤のいかなる組合せの過剰投入を想定した場合においても臨界が発生することはない。

プルトニウム富化度18%のMOX粉末については、評価範囲における中性子実効増倍率 ($K_{eff}+3\sigma$) の最大値は0.937となり、MOX粉末が1850kg・MOX以下、つまり混合機の容積を370L以下で設計することでMOX粉末及び添加剤のいかなる組合せの過剰投入を想定した場合においても臨界が発生することはない。

5. 対象混合機

以上の結果から以下の混合機の容積を制限する設計とする。

(1) 容積を120L以下に制限する対象機器

- ・ 予備混合機

(2) 容積を370L以下に制限する対象機器

- ・ 均一化混合機
- ・ 添加剤混合機
- ・ 回収粉末混合機

第 2 - 1 表 プルトニウム富化度30%のMOX粉末に対する評価条件

項目	計算条件
使用計算コード及び核データライブラリ	SCALE-4 の KENO-V. a コード及び ENDF/B-IV ライブラリ
核燃料物質の形状	球形状
混合機容積	120 L
Pu 富化度	30%
核分裂性Pu割合	83%
ウラン中のウラン-235含有率	1.6%
核燃料物質量	10~600kg・MOX（混合機内の残りの空間は添加剤充填）
含水率	81.0~1.0%
密度	$0.09 \sim 5.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$
反射条件	水 2.5cm
中性子実効増倍率 ($K_{\text{eff}}+3\sigma$)	0.932（核燃料物質量：600kg・MOX）
評価結果	中性子実効増倍率は、推定臨界下限増倍率 0.97 未満であるため未臨界

* 120L 以下に容積を制限する対象混合機は、予備混合機である。

第 2 - 2 表 プルトニウム富化度18%のMOX粉末に対する評価条件

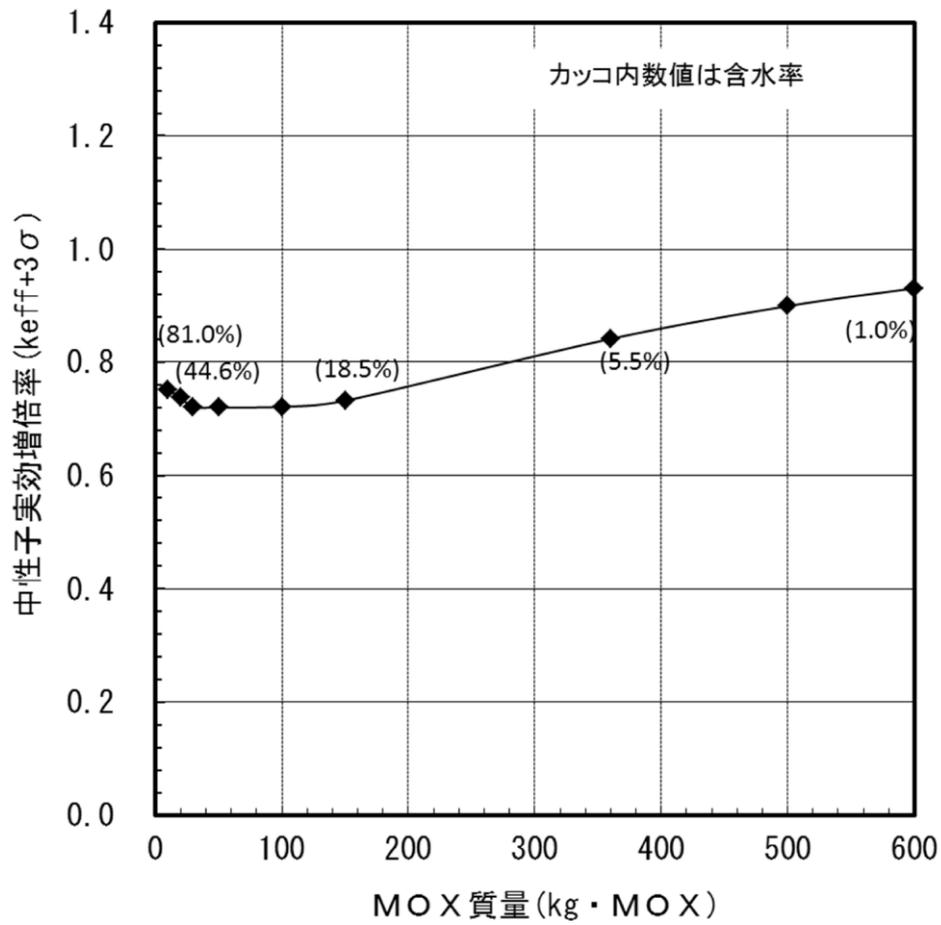
項目	計算条件
使用計算コード及び核データライブラリ	SCALE-4 の KENO-V. a コード及び ENDF/B-IV ライブラリ
核燃料物質の形状	球形状
混合機容積	370 L
Pu 富化度	14% [※]
核分裂性Pu割合	83%
ウラン中のウラン-235含有率	1.6%
核燃料物質量	10~1850kg・MOX（混合機内の残りの空間は添加剤充填）
含水率	93.0~1.5%
密度	0.03~5.0×10 ³ kg/m ³
反射条件	水 2.5cm
中性子実効増倍率（Keff+3σ）	0.937（核燃料物質量：1850kg・MOX）
評価結果	中性子実効増倍率は、推定臨界下限増倍率 0.97 未満であるため未臨界

※次の範囲に対して厳しい評価となる条件を設定する。

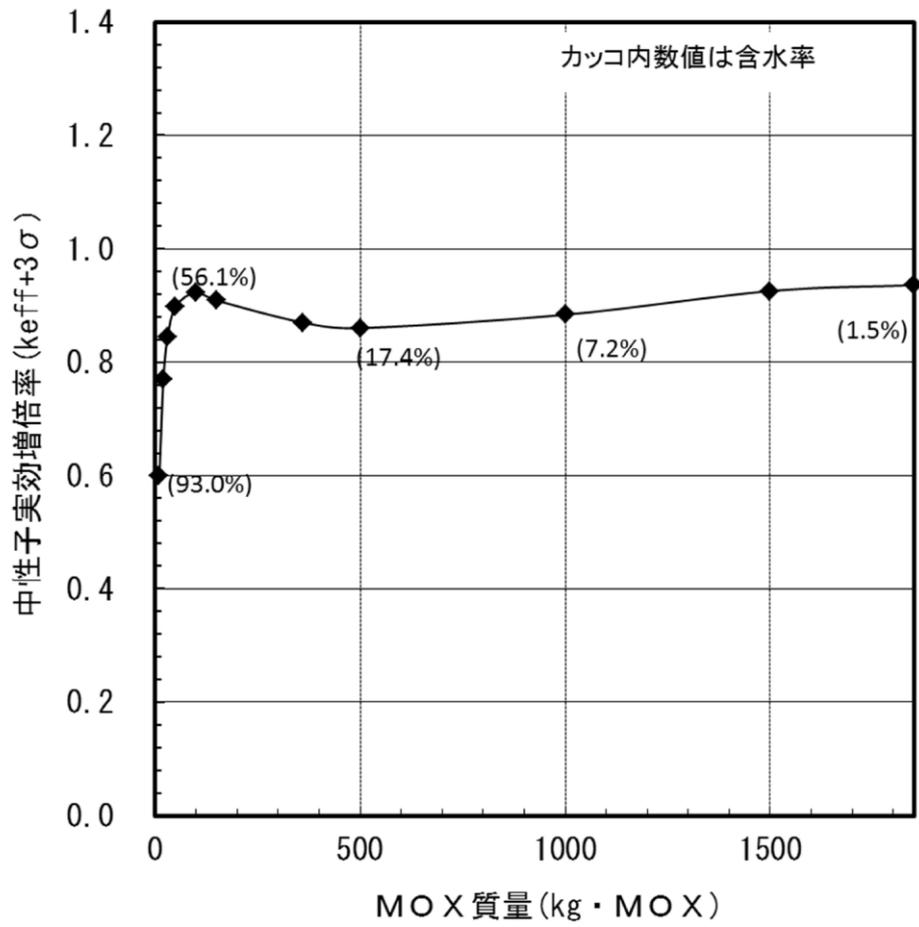
- 1) 核分裂性Pu富化度：11.6%以下
- 2) Pu富化度：18%以下

臨界評価上は、核分裂性Pu富化度 11.6%及び核分裂性Pu割合 83%との組合せから、Pu富化度を 14%とする。

第2-1図 プルトニウム富化度30%のMOX粉末に対する評価結果



第2-2図 プルトニウム富化度18%のMOX粉末に対する評価結果



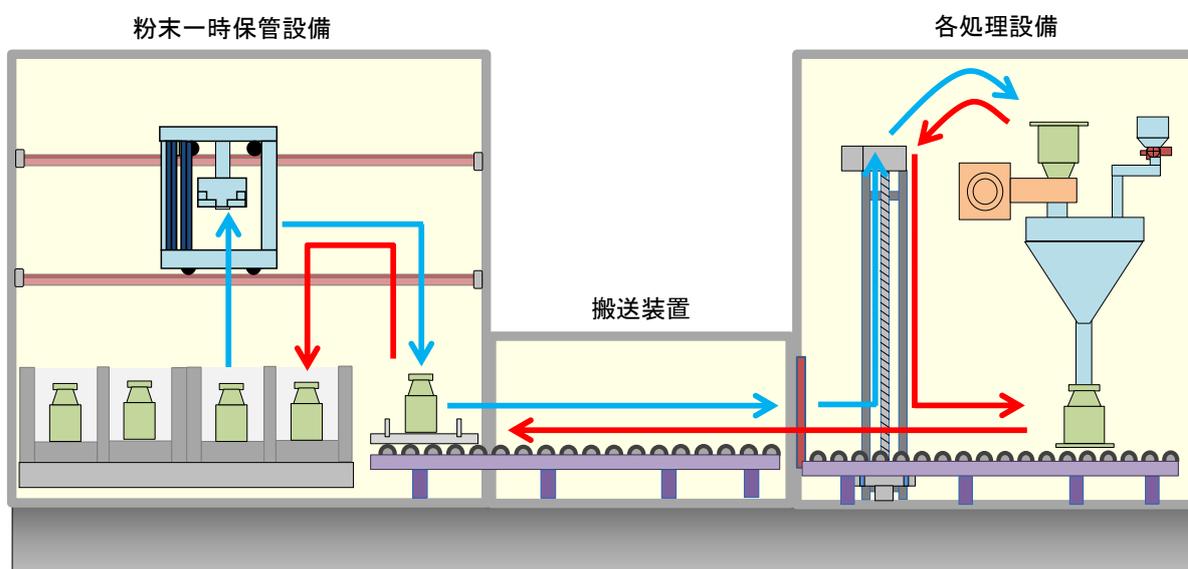
令和2年2月26日 R 1

補足説明資料3－8（22条）

未臨界質量に至る所要時間の算定について

MOX燃料加工施設の粉末調整工程はバッチ処理であり、基本的に粉末容器単位で混合等の処理を行う。仕掛品のMOX粉末を収納した粉末容器は、粉末一時保管設備に保管し、混合等の処理を実施する際は、各処理設備に粉末容器を1容器単位で搬送し、粉末容器を反転し処理装置に投入する。処理後のMOX粉末は再び同じ粉末容器に収納し、粉末一時保管設備に返送する。

上記のとおり、粉末容器は1容器単位で粉末一時保管設備と各処理設備間を行き来することから、搬送装置において粉末容器同士がすれ違うことが出来ない設計であり、よって未臨界質量に至る所要時間の算定にあたっては粉末容器の返送時間も見込んで評価をおこなう。



第1図 粉末一時保管設備から処理設備間の搬送

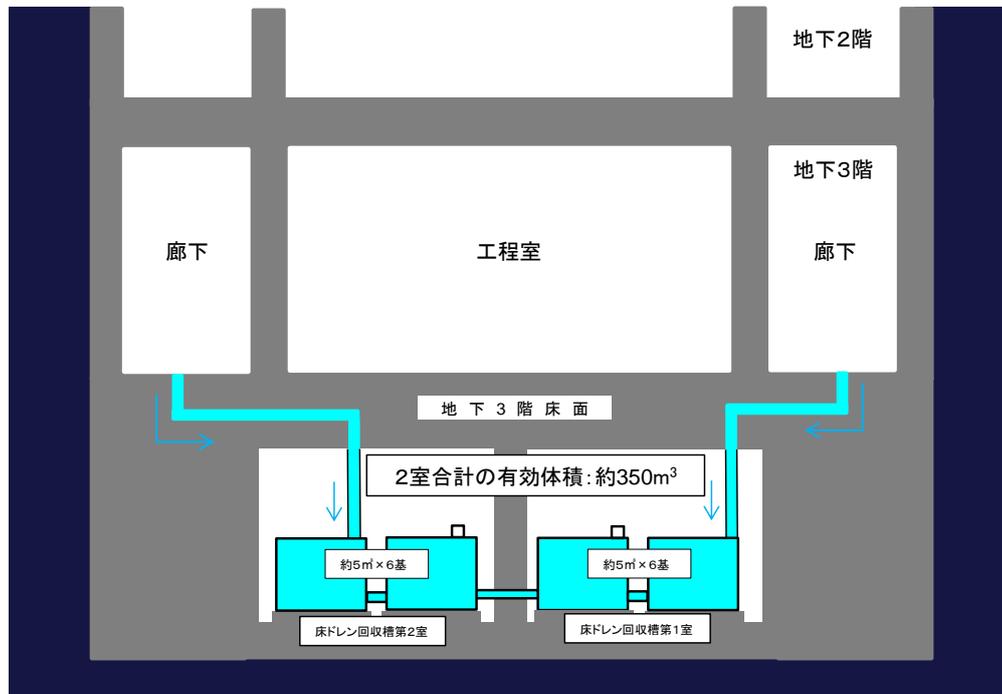
令和2年2月26日 R 1

補足説明資料3－9（22条）

水配管の破損による溢水の想定について

MOX燃料加工施設は地下3階の床下に床 dren 回収槽第1室及び床 dren 回収槽第2室を有し、本室に設置する床 dren 回収槽により管理区域で発生する床 dren、空調などの機器 dren 及び湧水を回収する設計である。

この床 dren 回収槽は床 dren 回収槽第1、2室にそれぞれ6台設置し、一台当たり約 5m^3 の容量を有する。また、万一床 dren 回収槽が満杯になった場合オーバーフローする構造としていることから、床 dren 回収槽から溢れた水は床 dren 回収槽第1、2室内に漏洩することとなる。この床 dren 回収槽第1、2室は合計で約 350m^3 の空間体積を有し、一方MOX燃料加工施設が有する総溢水量は 225m^3 であることから、溢水による水は全量床 dren 回収槽第1、2室に收容することが可能である。このため、本来は地下3階に溢水が滞留することはないが、本評価においては、より厳しい条件として床 dren 回収槽第1、2室の空間体積を期待せず溢水高さを算定する。



第1図 床 dren 回収槽第1室及び床 dren 回収槽第2室の概念図

令和2年2月26日 R0

補足説明資料3-12 (22条)

設計上定める条件より厳しい条件等の同時発生

設計上定める条件より厳しい条件同士又は設計上定める条件より厳しい条件及び設計上定める条件を重ね合わせることで、設計上定める条件より厳しい条件を超える想定の有無を確認する。以下に示す条件の重ね合わせの確認の結果、内的事象の発生時は速やかに対処を行い設計上定める条件より厳しい条件と重なることはないこと、機能への影響の範囲は、「基準地震動を超える地震動による地震による機能喪失」に包含されること、設計上定める条件より厳しい条件の内的事象は発生頻度が極めて低い等の理由から、同時に発生する可能性は低いことから、設計上定める条件より厳しい条件をそれぞれ考慮することにより、適切に重大事故等を選定することが可能であることを確認した。

1. 設計上定める条件より厳しい条件における内的事象及び設計上定める条件における内的事象の同時発生

設計上定める条件より厳しい条件における内的事象及び設計上定める条件における内的事象を組み合わせた場合の影響を以下のとおり確認する。

(1) 多重故障及び動的機器の単一故障の同時発生

多重故障及び動的機器の単一故障は、発生する故障に因果関係が認められない機器同士の機能喪失であるため、機器同士の機能喪失の原因は異なり、多重故障及び動的機器の単一故障が同時に発生する可能性は低い。また、多重故障及び動的機器の単一故障の組み合わせは、複数の動的機器の機能喪失を引き起こすが、発生する事象は「地震による機能喪失」に包含される。

(2) 静的機器の損傷及び動的機器の単一故障の同時発生

静的機器の損傷及び動的機器の単一故障は、発生する故障に因果関係が認められない機器同士の機能喪失であるため、機器同士の機能喪失の原因は異なり、静的機器の損傷及び動的機器の単一故障が同時に発生する可能性は低い。

静的機器の損傷及び動的機器の単一故障の組み合わせは、複数の動的機器の機能喪失を引き起こすが、発生する事象は「地震による機能喪失」に包含される。

(3) 全交流電源の喪失及び動的機器の単一故障の同時発生

全交流電源の喪失は、外部電源の喪失及び非常用発電機が起動できない事象であり、その他の動的機器が単一故障に至る原因とは異なることから、同時に発生する可能性は低い。全交流電源の喪失時には、核燃料物質を取り扱う動的機器も停止することから、影響の範囲は全交流電源の喪失に包含される。

2. 設計上定める条件より厳しい条件における外的事象及び設計上定める条件における内的事象の同時発生

設計上定める条件より厳しい条件における外的事象及び設計上定める条件における内的事象を組み合わせた場合の影響を以下のとおり確認する。

また、重大事故の起因となる機能喪失を発生させる可能性がある自然現象として選定した地震に、設計上定める内的事象を重ね合わせた場合の影響を以下に示す。

(1) 地震による機能喪失及び動的機器の単一故障の同時発生

地震による機能喪失は、動的機器が地震に対して機能維持できない場合に発生する。一方、動的機器の単一故障自体は、外力による故障を想定するものではないため原因が異なることから、同時に発生する可能性は低い。

地震による機能喪失及び動的機器の単一故障の組み合わせは、複数の動的機器の機能喪失を引き起こすが、影響の範囲は「地震による機能喪失」に包含される。

3. 設計上定める条件より厳しい条件における内的事象及び設計上定める条件における外的事象の同時発生

設計上定める条件における外的事象の外力に対して安全機能の維持に必要な設備を防護する設計としている。

設計上定める条件より厳しい条件における内的事象は、外力による影響を考慮せずに動的機器の故障、静的機器の損傷等を想定している。したがって、設計上定める条件における外的事象の同時発生を想定しても、その外力に対して安全機能は維持されるため、設計上定める条件より厳しい条件における発生する事象は「地震による機能喪失」と変わらない。

4. 設計上定める条件より厳しい条件における内的事象同士の同時発生

設計上定める条件より厳しい条件における内的事象同士を組み合わせた場合の影響を以下のとおり確認する。

(1) 静的機器の損傷及び全交流電源の喪失の同時発生

静的機器の損傷を起因として非常用発電機の機能喪失（全交流動力電源の喪失）に至ることはない。また、全交流電源の喪失を起因として動的機器及び静的機器が故障することはない。したがって、静的機

器の損傷と全交流電源の喪失の同時発生は想定されない。全交流電源の喪失は、外部電源の喪失及び非常用発電機が起動できない事象であり、動的機器の単一故障に加え、静的機器の損傷とは原因が異なることから、同時発生は想定されない。

- (2) 全交流電源の喪失及び独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の多重故障による機能喪失の同時発生
- 全交流電源の喪失は、外部電源の喪失及び非常用発電機が起動できない事象であり、その他の独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器が多重故障に至る原因とは異なることから、同時発生は想定されない。

全交流電源の喪失により各設備へ電力が供給されないことを起因として動的機器が故障に至ることは考えられるが、全交流電源の喪失で機能喪失を想定する対象は、独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器多重故障で機能喪失を想定する対象を全て含んでおり、影響の範囲は全交流電源の喪失に含まれる。

- (3) 動的機器の単一故障に加え、静的な発生防止対策の機能喪及び独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の多重故障による機能喪失の同時発生

動的機器の単一故障に加え、静的な発生防止対策の機能喪失を起因として安全上重要な施設の動的機器の機能喪失に至ることはない。

動的機器の単一故障に加え、静的な発生防止対策の機能喪及び独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の多重故障による機能喪失は、動的機器と静的機器の機能喪失であり原因は異なることから、同時発生は想定されない。

- (4) 独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の多重故障による機能喪失の同時発生

多重故障の重ね合わせについては、独立した系統で構成している同一機能を担う動的機器の多重故障を想定しており、同一機能を担う機器数が2以上であっても全台の故障を想定している。このため、多重故障の同時発生と影響の範囲が変わるものではない。

異なる機能の故障の場合、互いに関連性がない動的機器は同時に多重故障に至るとは考え難いことから、同時発生は想定されない。

- (5) 静的機器の損傷の同時発生

複数の静的な発生防止対策が同時に機能喪失することは、発生する故障に因果関係が認められない機器同士の機能喪失であり、静的な発生防止対策の機能の同時喪失は因果関係が認められない事象を起因とするため、発生の可能性は低い。

5. 設計上定める条件より厳しい条件における外的事象同士の同時発生

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象は地震のみであり、同時発生は想定されない。

6. 設計上定める条件の内的事象及び外的事象の同時発生

ここでは、設計上定める条件同士を組み合わせた場合の影響を以下のとおり確認する。組み合わせは、内的事象及び外的事象の同時発生、内的事象同士の同時発生及び外的事象同士の同時発生である。

- (1) 外部事象及び内部事象の同時発生

設計上定める条件の内部事象及び設計上定める条件の外部事象の組み合わせは、設計上定める外部事象に対して必要な安全機能を維持

する設計としていることから、想定される事象は設計上定める条件の内部事象であるため、設計上定める条件より厳しい条件となることはない。また、外部事象の原因と内部事象の原因は異なることから、同時発生は想定されない。

(2) 内の事象同士の同時発生

a. 動的機器の単一故障の同時発生

動的機器の単一故障の同時発生は、同一の機能の場合、共通原因により故障の同時発生が想定される場合があるが、「動的機器の多重故障」に包含される。異なる機能の故障の場合、機能喪失の原因は異なり、同時に発生する可能性は低い。異なる機能の故障が発生しても、各機器には異常事象に対して発生防止対策を講じていることから、事象は発生しない。

(3) 外的事象同士の同時発生

設計上定める条件の外的事象同士の組み合わせは、外的事象の外力に対して安全機能の維持に必要な設備を防護する設計としていることから、外的事象同士を組み合わせても設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の影響の範囲に包含される。

自然現象の中には、ある外的事象に付随して他の自然現象が発生する場合がある。主な例を以下に示す。

- ・風（台風）及び降水：同時に発生する可能性があるが、風に対しては100m/s に対する防護を行うとともに、降水は重大事故等の起因となる規模には至らない。
- ・風（台風）及び落雷：同時に発生する可能性があるが、風に対しては100m/s に対する防護を行うとともに、落雷についても設備対応により安全機能を防護する設計としている。

- ・地震及び火山の影響：火山活動に伴う地震が発生する可能性があるが、火山性地震の規模は断層面上のずれ等により発生する地震とは異なり、規模が小さく、火山帯から離れた場所では記録できないものが多いことから、火山の影響に包含される。
- ・積雪及び氷結：同時に発生する可能性があるが、積雪の荷重に耐える設計としていること、二又川の氷結はMOX燃料加工施設において重大事故等の誘因になることはないことから、積雪の影響に包含される。

上述のとおり、自然現象同士の同時発生の可能性は否定できないが、重大事故の起因となる機能喪失を発生させる自然現象の影響の範囲に包含されることから、重大事故の選定において問題となることはない。

以 上

令和2年2月26日 R0

補足説明資料 3-13(22条)

近接の原子力施設からの影響について

1. はじめに

第 29 回及び第 32 回原子力規制委員会において、近接の原子力施設からの影響については、他の外部事象と同様に、以下の 2 点について審査において考慮するとの方針が示された。

- ・周辺原子力施設の事故が、申請施設の事故の起因とならないこと。
- ・周辺原子力施設の事故が、申請施設の事故対処において著しい阻害要因とならないこと。

また、対象とする原子力施設については以下の方針が示された。

- ・申請施設が重大事故などの考慮を要する原子力施設であって、当該周辺原子力施設の PAZ 内に申請施設が立地する場合を含む。

上記を受け、MOX 燃料加工施設における近接の原子力施設からの影響について確認する。

2. 近接の原子力施設からの影響について

MOX 燃料加工施設に近接する原子力施設としては、再処理施設、六ヶ所ウラン濃縮工場及び廃棄物管理施設が存在しており、そのうち、重大事故等を考慮する必要がある原子力施設として再処理施設が該当する。

このため、近接の原子力施設からの影響を考慮する施設としては、再処理施設を対象として、MOX 燃料加工施設への影響を確認した。

2. 1 MOX 燃料加工施設の事故の起因とならないことについて

MOX 燃料加工施設の重大事故等の起因として考慮している事象は

外的事象のうち、地震による影響である。地震を起因として同時に発生することが想定される重大事故等は、MOX燃料加工施設の「火災（爆発）による閉じ込める機能の喪失」、再処理施設の「冷却機能の喪失による蒸発乾固」、「放射線分解により発生する水素による爆発」、「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失」、「放射性物質の漏えい」である。

再処理施設で発生が想定される重大事故等は、外部に衝撃をもたらすものではなく、MOX燃料加工施設の重大事故等の起因となることはない。

2. 2 MOX燃料加工施設の事故対処において著しい阻害要因とならないことについて

MOX燃料加工施設と再処理施設の重大事故等への対処においては、両施設で重大事故等が同時に発生した場合を想定して必要な要員を確保するとともに、対処に必要な設備及びアクセスルートを整備すること並びにMOX燃料加工施設の重大事故等に対処する要員は、放射線防護具類（防護マスク等）を携行し、必要に応じて着用することとしていることから、MOX燃料加工施設の重大事故等への対処に影響を与えることはない。

その他、近隣の原子力施設としては東通原子力発電所が存在するが、東通原子力発電所が設定している予防的防護措置を準備する区域にMOX燃料加工施設は含まれないことから、MOX燃料加工施設の重大事故等への対処に影響を与えることはない。

参考として、MOX燃料加工施設と東通原子力発電所の位置関係を第2. 2-1 図に示す。MOX燃料加工施設と東通原子力発電所は直

線距離で約 26 k m 離れており，東通原子力発電所において設定している PAZ 圏内（概ね 5 k m）には MOX 燃料加工施設は含まれていない。



第 2. 2 - 1 図 MOX燃料加工施設と東通原子力発電所の位置関係

令和2年2月26日 R0

補足説明資料 3-14 (22 条)

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

MOX燃料加工施設では、グローブボックス内の負圧維持のために換気する設計であることから、換気設備によりMOXの崩壊熱を除去する。換気設備のグローブボックス排風機には予備機を設け、当該排風機が故障した場合には自動的に予備機に切り替わる設計とする。また、グローブボックス排風機は、外部電源喪失時には非常用所内電源設備から電力を自動的に供給する設計であるため、グローブボックス内の負圧を維持できる。

ここでは、全交流電源が喪失し、グローブボックス排気設備が停止した際、崩壊熱による閉じ込め機能の不全に至るおそれのある事象のうち、最も発熱量の大きいスクラップ貯蔵設備において、崩壊熱が最も厳しくなるよう再処理施設において再処理する使用済燃料の燃焼条件及び冷却期間を設定することにより発熱量 $30\text{W/kg}\cdot\text{Pu}$ を想定し、評価を実施した。（評価モデルは図1参照）

なお、スクラップ貯蔵設備は、表1に示すようにグローブボックス内に設置する貯蔵施設のうち最も発熱量の大きい設備である。また、プルトニウムの発熱量($30\text{W/kg}\cdot\text{Pu}$)は、再処理後の経過時間を制限せず、最大となる崩壊熱量(再処理後約30年)を安全側の評価となるように設定した値である。（再処理施設のウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵設備の条件と同じ値）

図2に示す評価結果よりグローブボックスのパネル（ポリカーボネイト）の健全性を確保するための制限温度（荷重たわみ温度 135°C ）に達するまでに1週間以上を要し、閉じ込め機能の不全に至るまでに

時間的な余裕がある。なお、ポリカーボネイトの融点は 240℃であり、評価結果と比較すると温度は低く、融点に達することはない。

表 1 貯蔵施設（グローブボックス）の発熱量

設備名称	最大プルトニウム貯蔵量(t・P u)	発熱量(kW)
原料MOX粉末缶 一時保管設備	0.18 (最大貯蔵能力0.3t・HM, プルトニウム富化度60%)	5.4
粉末一時保管設備	1.46 ^(注1)	43.8
ペレット一時保管 設備	0.306 (最大貯蔵能力1.7t・HM, プルトニウム富化度18%)	9.18
スクラップ貯蔵設 備	1.62 ^(注2)	48.6
製品ペレット貯蔵 設備	1.134 (最大貯蔵能力6.3t・HM, プルトニウム富化度18%)	34.02

(注1) プルトニウム質量は、崩壊熱を考慮し、1.46t・P uを上限とする。

(注2) プルトニウム質量は、崩壊熱を考慮し、1.62t・P uを上限とする。

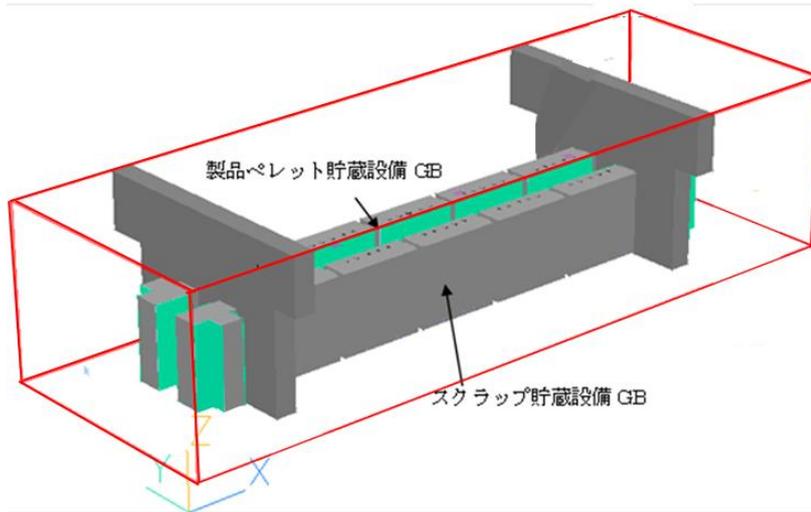


図1 評価モデル

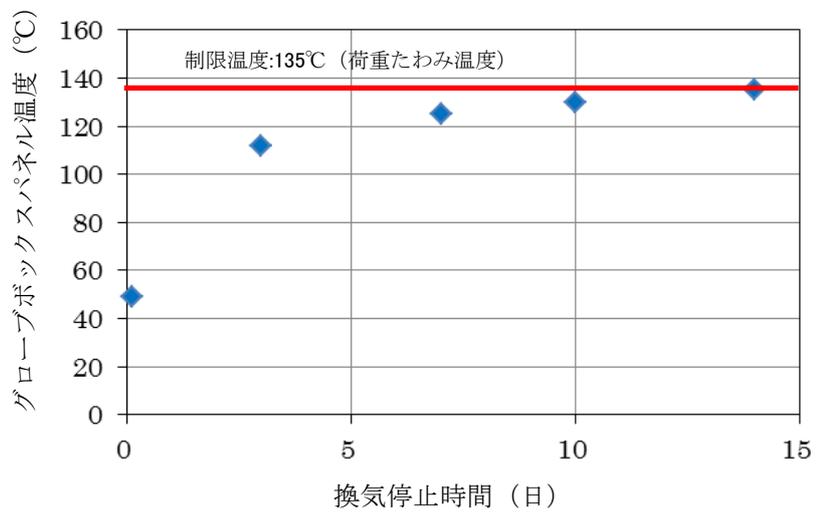


図2 評価結果

4. 重大事故等の同時発生, 連鎖の想定

目次

4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定

4. 1 概要

4. 2 重大事故等の同時発生，連鎖の整理の考え方

4. 3 同時発生，連鎖の検討対象となる重大事故等

4. 4 重大事故等の同時発生に関する検討

4. 5 重大事故等の連鎖に関する検討

4. 5. 1 起因となる重大事故等の抽出

4. 5. 2 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

4. 5. 3 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定

4. 5. 4 安全機能喪失の分析

4. 5. 4. 1 安全機能喪失の分析

4. 5. 4. 2 安全機能喪失の分析結果

4. 5. 5 重大事故等対策への影響分析

4. 5. 5. 1 重大事故等対策への影響分析

4. 5. 5. 2 重大事故等対策への影響分析結果

4. 6 まとめ

4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定

4. 1 概要

重大事故は，核燃料物質の加工の事業に関する規則第二条の二において，設計上定める条件より厳しい条件の下において発生する事故であって，次に掲げるものとされている。

一 臨界事故

二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

重大事故への対策の有効性評価に当たっては，上記の各号に掲げる重大事故が，共通する起因によって同時に発生するかを明確にすることが必要である。また，上記，各号に掲げるいずれかの事故が発生することで，その他の事故の発生を防止するための安全機能が喪失し，その他の事故が連鎖的に発生するかを明確にすることが必要である。

4. 2 重大事故等の同時発生，連鎖の整理の考え方

起因となる重大事故等と同時に発生する重大事故等又は起因となる重大事故等の事故影響を受けて連鎖して発生する重大事故等の整理は，同時発生又は連鎖の組み合わせを前提とした場合に，互いの重大事故等対策を阻害せず，有効に機能することを確認することを目的として実施する。

4. 3 同時発生，連鎖の検討対象となる重大事故等

同時発生，連鎖の検討対象となる重大事故等は，「3. 重大事故の選定」で抽出された重大事故等を対象に検討を行う。

4. 4 重大事故等の同時発生に関する検討

同時発生は、互いに異なる重大事故等が共通する起因によって、各々の重大事故等の発生を防止している安全機能が同時に喪失することで発生することである。

重大事故等の発生を防止している安全機能がどういった原因により喪失するかは、「3. 2 設計上定める条件より厳しい条件」で示した機能喪失の想定そのものである。

設計上定める条件より厳しい条件による機能喪失の想定のうち、同時に複数の安全機能を喪失させる条件は、「蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する設備以外の動的機器が全て同時に機能喪失（全交流電源の喪失）」及び「基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計としており、かつ蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する設備以外の動的機器が全て同時に機能喪失＋設計基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮した設計としない静的機器の損傷（地震による機能喪失）」の 2 つであり、この想定により発生する重大事故等は、同時発生を想定した上で有効性を確認する。

4. 5 重大事故等の連鎖に関する検討

起因となる重大事故等の事故影響を受けて連鎖して発生する重大事故等の特定は、以下の流れ（第 1 図に示す検討フローの 1. 2. 3. 4.）に沿って実施する。

(1) 起因となる重大事故等の抽出

(2) 起因となる重大事故等が発生した場合における事象進展、事

故規模の分析

(3) 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定

(4) 発生防止に係る安全機能喪失の分析

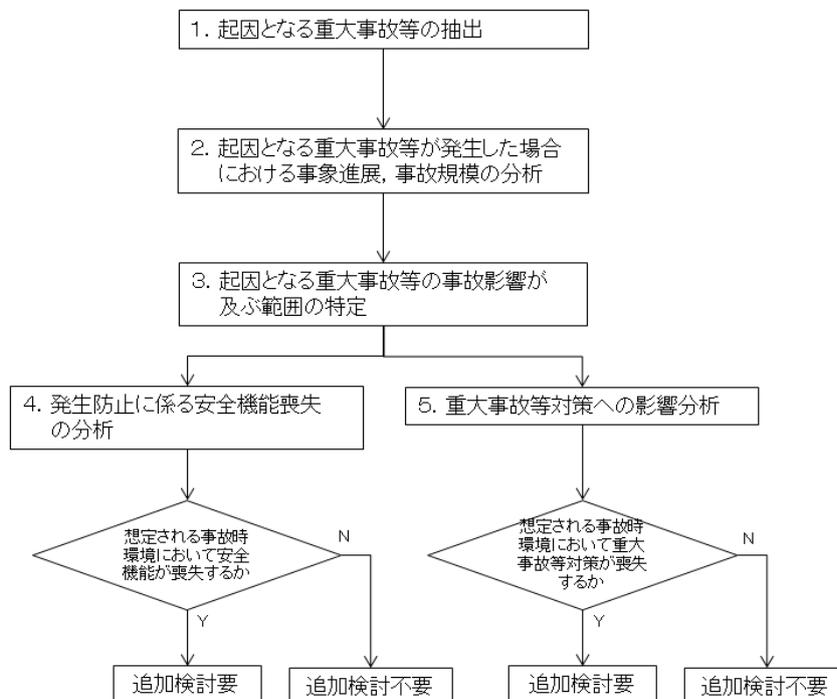
さらに、起因となる重大事故等の発生の結果として、連鎖してその他の重大事故等が発生するか否かの観点とは関係のない分析ではあるが、各機器に接続している各重大事故等対策を担う機器・システムが機能を喪失するか否かについても同様のアプローチで明らかとすることができることから、本観点での分析を以下の流れ（第1図に示す検討フローの1. 2. 3. 5.）に沿って実施する。

(1) 起因となる重大事故等の抽出

(2) 起因となる重大事故等が発生した場合における事象進展，事故規模の分析

(3) 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定

(5) 重大事故等対策への影響分析



第1図 連鎖の検討フロー

4. 5. 1 起因となる重大事故等の抽出

「3. 4 重大事故の事象選定結果」に示した重大事故等の全てを起因となる重大事故等とする。

4. 5. 2 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

起因となる重大事故等の事象進展，事故規模を分析し，事故影響によって健在化する環境条件の変化を，起因となる重大事故等が発生する機器毎に特定する。環境条件は，「温度」，「圧力」，「放射線」及び「ばい煙」を考慮する。

各環境条件の影響を考慮する主な観点は次のとおりである。

(1) 温度

事故による発熱や構造材を通じた熱伝導，空間部を通じての熱伝達による熱影響を考慮する。

(2) 圧力

当該空間のバウンダリを構成する機器への圧力上昇に伴う応力を，また，配管・ダクト等を通じて空間が連結されている場合には圧力伝播によって発生する応力の影響を考慮する。

(3) 放射線

当該環境にさらされる機器の材質との関係から，脆化等が発生し得るかを考慮する。

(4) ばい煙の発生

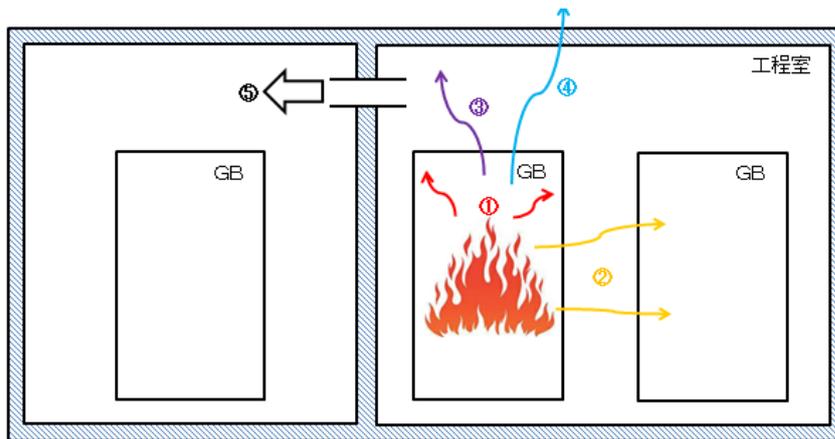
ばい煙の発生は，当該環境にさらされる機器が有する機能との

関係から機能低下等が発生し得るかを考慮する。

4. 5. 3 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定

起因となる重大事故等の事故影響によって生じる環境条件の変化が及ぶ範囲を以下の観点で整理する。(第2図参照)

- (1) 起因となる重大事故等が発生している機器自体の損傷・劣化及び機器に接続している各種安全機能を担う機器・系統の損傷・劣化(第2図における①)
- (2) (1)の結果, 起因となる重大事故等の事故影響が, 起因となる重大事故等が発生している機器を超えて波及すると判断された場合には, 隣接するその他機器の損傷・劣化(第2図における②)
- (3) (1)の結果, 起因となる重大事故等の事故影響が, 起因となる重大事故等が発生している機器を超えて波及すると判断された場合には, 機器が設置される工程室の損傷・劣化(第2図における③)
- (4) (3)の結果, 起因となる重大事故等の事故影響が, 工程室を超えて波及すると判断された場合には, 起因となる重大事故等が発生する機器が設置されている工程室外の機器の損傷・劣化(第2図における④)
- (5) 上記(1)から(4)は, 機器又は工程室を通過している配管, ダクト等を通じた事故影響の伝播を考慮する。(第2図における⑤)



第2図 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ安全機能の概念図

4. 5. 4 安全機能喪失の分析

4. 5. 4. 1 安全機能喪失の分析

重大事故等の連鎖を評価するにあたっては、重大事故等の発生防止対策としている、各機器に接続された各種安全機能を担う機器・系統の構造的な健全性について、「4. 5. 2 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に示した環境条件の変化に対して分析する。分析の概要を第1表に示す。

また、各種安全機能に対し、「4. 5. 2 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に示した環境条件の変化を考慮した場合に、これらの安全機能が劣化又は喪失するかについて、各安全機能を構成する機器の特徴に応じて個別に評価する。

なお、MOX燃料加工施設の特徴を踏まえると、重大事故等の発生防止対策に係る各種安全機能と重大事故等の発生に直接的な因果関係がない場合がある*ことから、環境条件の変化による直接的な重大事故等の発生可能性についての評価についても併せて実施する。重大事故等の発生防止対策と直接的な重大事故等の発生可能性につ

いて第2表に示す。

- *：火災に対する発生防止対策は，重大事故等に至る火災の発生を防止するための消火対策及び火災の感知であり，火災そのものの発生防止ではない。このため，環境条件の変化を考慮した場合における火災そのものの発生可能性についても評価する。
- 爆発に対する発生防止対策は，再爆発を防止するための水素・アルゴン混合ガスの供給停止であり，爆発そのものの発生防止ではない。このため，環境条件の変化を考慮した場合における爆発そのものの発生可能性についても評価する。

第1表 安全機能喪失の分析（構造的な健全性）

環境条件	主要な分析内容	判断基準
温度	起因となる重大事故等によって生じる温度上昇に対する機器の耐性を確認する。 また、温度上昇そのものが重大事故等の要因となり得るか確認する。	機器の設計温度との比較により、機器の耐性を確認する。 また、温度上昇による引火点等の比較を行う。
圧力	起因となる重大事故等によって生じる圧力上昇に対する機器の耐性を確認する。 また、圧力上昇そのものが重大事故等の要因となりうるか確認する。	機器の機械的強度との比較により、機器の耐性を確認する。
放射線	起因となる重大事故等によって生じる放射線に対する機器の耐性を確認する。 また、放射線そのものが重大事故等の要因となりうるか確認する。	金属及びコンクリート以外の材料を使用する場合、放射線の影響を考慮する。
ばい煙の発生	フィルタ等の機能に対する影響を確認する。	ばい煙の発生では機器が損傷することは想定されないが、フィルタ等の機能劣化について、ばい煙発生量とフィルタ等の許容負荷量との関係から機能喪失の有無を判断する。

第2表 重大事故に至る可能性がある要因

重大事故	重大事故に至る可能性がある要因	
	発生防止対策	直接的な要因
火災による閉じ込める機能の喪失	<ul style="list-style-type: none"> 各種消火装置による消火 各種機器による火災状況の監視 	<ul style="list-style-type: none"> 火災の三要素「可燃物，酸素，着火源」
爆発による閉じ込める機能の喪失	<ul style="list-style-type: none"> 水素・アルゴン混合ガスの遮断 	<ul style="list-style-type: none"> 焼結炉等の破損による空気混入

4. 5. 4. 2 安全機能喪失の分析結果

各重大事故において発生を想定する全機器に対して分析を実施する。火災による閉じ込める機能の喪失を想定する機器に対する分析結果及び爆発による閉じ込める機能の喪失を想定する機器に対する分析結果のいずれにおいても、起因となる重大事故等の事故影響を受けて連鎖して発生する重大事故等はない。

【補足説明資料4-1】

4. 5. 5 重大事故等対策への影響分析

4. 5. 5. 1 重大事故等対策への影響分析

起因となる重大事故等の発生の結果として連鎖して新たな重大事故等が発生するか否かの観点とは関係のない分析ではあるものの、複数の重大事故等が同時に発生した場合において、互いの事故影響によって、互いの重大事故等対策に使用する設備が使用できなくなることがないかを把握することを目的として、「4. 5. 1 起因となる重大事故等の抽出」から「4. 5. 4 安全機能喪失の分析」の分析を各機器に接続している各重大事故等対策を担う機器・系統に対して実施する。

影響評価の詳細は、個別の重大事故等の有効性評価に示す。

4. 5. 5. 2 重大事故等対策への影響分析結果

各重大事故において発生を想定する全機器に対して分析を実施する。

火災による閉じ込める機能の喪失を想定する機器に対する分析結

果及び爆発による閉じ込める機能の喪失を想定する機器に対する分析結果のいずれにおいても、互いの事故影響によって、互いの重大事故等対策に使用する設備が使用できなくなることはない。

【補足説明資料4-2】

4. 6 まとめ

互いに異なる重大事故等が共通する起因によって同時に発生する可能性について分析した結果、重大事故等の起因となる地震による「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生を想定する。

起因となる重大事故等の事故影響を受けて連鎖して発生する重大事故等を分析した結果、MOX燃料加工施設では、起因となる重大事故等の事故影響を受けて連鎖して発生する重大事故等はない。また、複数の重大事故等が同時に発生した場合において、互いの事故影響によって、互いの重大事故等対策に使用する設備が使用できなくなることはない。

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22条:重大事故等の拡大の防止等(4. 重大事故の同時発生, 連鎖の想定)

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4-1	安全機能喪失の分析結果について	<u>2/26</u>	1	
補足説明資料4-2	重大事故対策への影響分析結果について	<u>2/26</u>	1	

補足説明資料4-1 (第22条)

安全機能喪失の分析結果について

1. はじめに

重大事故等の連鎖の評価においては、重大事故等による環境条件の変化が、起因となる重大事故等として抽出された火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失に対する発生防止対策としている、各機器に接続された各種安全機能を担う機器・系統の構造的な健全性に与える影響について分析する。

また、各種安全機能に対し、環境条件の変化を考慮した場合に、これらの安全機能が劣化又は喪失するかについて、各安全機能を構成する機器の特徴に応じて個別に評価する。

火災による閉じ込める機能の喪失に対する発生防止対策は、重大事故等に至る火災の発生を防止するための消火対策及び火災の感知であり、火災そのものの発生防止ではない。このため、環境条件の変化を考慮した場合における火災そのものの発生の可能性についても評価する。

また、爆発による閉じ込める機能の喪失に対する発生防止対策は、再爆発を防止するための水素・アルゴン混合ガスの供給停止であり、爆発そのものの発生防止ではない。このため、環境条件の変化を考慮した場合における爆発そのものの発生の可能性についても評価する。

2. 火災による閉じ込める機能の喪失を親事象とした場合の検討

2. 1 事象進展の想定

「3. 重大事故等の選定」で示したとおり、内部事象を起因とした場合、

単一火災しか想定されない。そのため、重大事故等対処にあたっては、基準地震動を超える地震動の地震による複数箇所における火災発生を想定した。

重大事故等の発生箇所としては、露出した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場合、燃料加工建屋外に放射性物質を放出するおそれがあることから、これらのグローブボックスのうち火災源を内包するグローブボックス（計8箇所）を重大事故へ至る可能性のあるグローブボックスとして想定した。

具体的な事象進展は以下のとおりである。

- 基準地震動を超える地震動の地震により、グローブボックス内機器が内包する潤滑油が漏えいする。
- 潤滑油は引火点が 200℃以上であり、容易に引火するとは考えがたいが、何らかの要因により火災が発生する。
- 上記の火災が複数箇所により同時に発生する。

2. 2 事故規模の想定

火災による他事象への進展に係る想定内容及び設定した評価条件を以下に示す。

(1) 火災に伴うグローブボックス内温度の上昇

グローブボックス内で潤滑油を火災源とした火災が発生したとしても、発熱速度は最大でも400kWを下回る程度であるとともに、潤滑油の性状及び燃焼面積を考慮すると発熱速度は大きく低下する。グローブボックス内の温度については、天井面近傍における空間温度が最大でも200℃程度である。

漏えいした潤滑油はオイルパンに固定されるため、広範囲に潤滑油が広がることに伴う火災の拡大はない。

グローブボックス缶体及び接続されているダクトは不燃性素材、グローブボックスパネルは難燃性素材であることから、グローブボックス外へ火災が延焼することはない。

(2) 火災に伴うグローブボックス内圧力の上昇

温度上昇による圧力上昇については、隣接するグローブボックスへ避圧されることにより数 kPa 程度であると想定する。

(3) ばい煙の発生

潤滑油の燃焼により、ばい煙が発生すると想定する。

2. 3 連鎖して発生する子事象の特定

連鎖して発生する可能性のある子事象として、以下について考慮する。

- ・ 火災による閉じ込める機能の喪失（親事象以外の箇所で発生する火災）
- ・ 爆発による閉じ込める機能の喪失

なお、閉じ込める機能の喪失については、MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質の特徴を踏まえると、MOX燃料加工施設における外部に放射性物質を放出し、敷地周辺の公衆に被ばく影響を与えるような事象は、MOX粉末を取り扱うエリアにおける、火災や爆発といった駆動力を伴う事象であることから、火災及び爆発を伴う事象を子事象とする。

2. 4 MOX燃料加工施設の特徴を踏まえた子事象の評価方法

2. 4. 1 火災による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価方法

重大事故等に至る可能性がある火災の発生防止対策である以下の項目に対して、親事象により上記の安全機能が喪失するか否かを評価する。

- ・ グローブボックス局所消火装置による自動消火
- ・ 可搬型火災状況監視端末を用いた、火災状況確認用カメラ又は火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）による火災状況の監視
- ・ 遠隔消火装置による遠隔消火
- ・ 遠隔消火装置の手動起動による消火
- ・ 遠隔消火装置の分岐配管からの可搬型消火ガスボンベによる消火剤の供給
- ・ グローブボックス火災対処配管または工程室火災対処配管からの可搬型消火ガスボンベによる消火剤の供給

一方、MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質は化学的に安定な酸化物であり、焼結処理、焙焼処理及び一部の分析作業を除いて、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ことから、上記の発生防止対策の機能喪失と火災の発生について、直接的な関係は無い。

親事象において既に火災が発生している状況であることから、子事象の評価にあたっては、親事象による延焼の観点についても評価を行う。

2. 4. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価方法

重大事故等に至る可能性がある爆発の発生防止対策である以下の項目に対して、親事象により上記の安全機能が喪失するか否かを評価する。

- ・ 混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁の閉止

上記の発生防止対策は、焼結炉等における再爆発の発生を防止するための対策であり、初回の爆発そのものの発生防止対策ではない。

MOX燃料加工施設において爆発の可能性がある箇所は、爆発下限値を超える水素濃度の雰囲気下で核燃料物質を取り扱う焼結炉等に限定され、炉体の破損により空気混入が発生した場合のみ、爆発の可能性が生じる。

したがって、爆発による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価にあたっては、親事象により炉体の破損が発生するか否かの観点においても評価を行う。

2. 5 子事象の発生の可能性についての評価結果

2. 5. 1 火災による閉じ込める機能の喪失（親事象以外の箇所で発生する火災）

（1）温度の観点

火災発生時のグローブボックス内の温度については、天井面近傍における空間温度が最大でも 200℃程度である。

グローブボックスのパネルは、耐熱性のあるポリカーボネート樹脂であり融点も約 250℃である。

また、発火性又は引火性の液体が漏えいした場合の漏えいの拡大を防止するため、吸着剤を入れたオイルパンを設置する設計としており、火災源は固定される。

上記の温度上昇を踏まえると、火災が発生したグローブボックスから、当該グローブボックスよりも大空間を有する工程室への伝熱を考慮すると、隣接したグローブボックス及び当該室へ設置した発生防止対策に係る設備が機能喪失することはない。

また、上述の理由により、隣接する重大事故へ至る可能性のあるグローブボックスへ延焼することはない。

（2）圧力の観点

火災影響によりグローブボックス内圧力が上昇するが、圧力上昇は緩やかであり、グローブボックス排気系へ避圧されること、火災により当該グローブボックスパネルが損傷した場合、当該グローブボックスと比較し、十分な広さを有する工程室に圧力は開放されることから、隣接したグローブボックスや隣接した室に設置された発生防止対策に係る設備に影響を及ぼすことは考えられない。

また、圧力は火災の延焼に影響を及ぼす環境条件ではない。

(3) ばい煙の観点

ばい煙の発生により、発生防止対策に係る設備のうち、火災状況確認用カメラによる視認性に影響を及ぼす可能性があるが、模擬グローブボックスによる燃焼試験の結果、火災状況の確認が可能であることを確認している。

また、ばい煙は火災の延焼に影響を及ぼす環境条件ではない。

2. 5. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失

(1) 温度の観点

火災発生時のグローブボックス内の温度については、天井面近傍における空間温度が最大でも 200℃程度である。

発生防止対策とした設備のうち、混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁は地上 1 階に設置されており、温度の影響を受けない。

また、重大事故へ至る可能性のある火災を想定するグローブボックスが設置された室と焼結炉等の設置室は異なる室であり、上記の温度上昇は、焼結炉等の損傷に影響しない。

したがって、温度影響による爆発発生は考えられない。

(2) 圧力の観点

温度上昇による圧力上昇については、隣接するグローブボックスへ避圧されることにより数 kPa 程度である。

発生防止対策とした設備のうち、混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁は地上 1 階に設置されており、圧力の影響を受けない。

また、爆発の発生の可能性として、臨界事故を想定するグローブボックスが設置された室と焼結炉等の設置室は異なる室であり、上記の圧力上昇は、焼結炉等の損傷に影響に影響しない。

したがって、圧力影響による爆発発生は考えられない。

(3) ばい煙の観点

ばい煙は発生防止対策とした設備及び焼結炉等の損傷に影響を及ぼす環境条件ではない。

2. 6 火災による閉じ込める機能の喪失からの連鎖

MOX燃料加工施設において、親事象である火災による閉じ込める機能の喪失から連鎖して、子事象である重大事故等が発生することはない。

3. 爆発による閉じ込める機能の喪失を親事象とした場合の検討

3. 1 事象進展の想定

内部事象を起因とした場合、単一設備の爆発しか想定されない。

重大事故等対処にあたっては、基準地震動を超える地震動の地震による複数箇所における爆発発生を想定した。

重大事故の発生箇所としては、MOX燃料加工施設では可燃性ガスとして水素・アルゴン混合ガスを取り扱うことから、爆発が発生する可能性のある設備・機器として、爆発下限値以上の「水素・アルゴン混合ガス」を取り扱う設備・機器である焼結炉（3系統）及び小規模焼結処理装置（以下「焼結炉等」という。）を抽出した。

具体的な事象進展は以下のとおりである。

- ・ 基準地震動を超える地震動による地震により、水素・アルゴン混合ガスを取り扱う焼結炉等の内部に空気が流入し、爆発する。
- ・ 上記の爆発が複数箇所により同時に発生する。

3. 2 事故規模の想定

爆発による他事象への進展に係る想定内容及び設定した評価条件を以下に示す。

(1) 爆発に伴う圧力の上昇

個別の焼結炉等における爆発の規模については、焼結炉等内の水素・アルゴン混合ガス中の水素濃度は、爆ごうに至らない水素濃度である9 vol%以下にあらかじめ希釈された状態で燃料加工建屋に受け入れる設計であり、設計上定める条件よりも厳しい条件を想定した場合においても、設計上定める条件の場合の水素濃度と同じであることから、焼結炉等内の水素・アルゴン混合ガスの水素濃度が9 vol%を上回ることはなく、爆発の規模についても変わらない。

水素・アルゴン混合ガス（水素濃度9 vol%以下）に空気が混入した場合の爆発圧力は、最大値206kPaGであり、炉殻（焼結炉の場合は、入口側機構及び出口側機構を含む。）が損傷せず、閉じ込め機能は損なわれない。

排ガス処理装置、小規模焼結炉排ガス処理装置及び安全弁の系統は、それら自身は閉じ込め機能を有していないが水素・アルゴン混合ガス（水素濃度9 vol%以下）に空気が混入した場合の爆発圧力（最大値206kPaG）を受けても排気経路が維持される設計である。

3. 3 連鎖して発生する子事象の特定

連鎖して発生する可能性のある子事象として、以下について考慮する。

- ・ 火災による閉じ込める機能の喪失
- ・ 爆発による閉じ込める機能の喪失（親事象以外の箇所が発生する爆発）

なお、閉じ込める機能の喪失については、MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質の特徴を踏まえると、MOX燃料加工施設における外部に放射性物質を放出し、敷地周辺の公衆に被ばく影響を与えるような事象は、MOX粉末を取り扱うエリアにおける、火災や爆発といった駆動力を伴う事象であることから、火災及び爆発を伴う事象を子事象とする。

3. 4 MOX燃料加工施設の特徴を踏まえた子事象の評価方法

3. 4. 1 火災による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価方法

重大事故等に至る可能性がある火災の発生防止対策である以下の項目に対して、親事象により上記の安全機能が喪失するか否かを評価する。

- ・ グローブボックス局所消火装置による自動消火
- ・ 可搬型火災状況監視端末を用いた、火災状況確認用カメラ又は火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）による火災状況の監視
- ・ 遠隔消火装置による遠隔消火
- ・ 遠隔消火装置の手動起動による消火
- ・ 遠隔消火装置の分岐配管からの可搬型消火ガスボンベによる消火剤の供給
- ・ グローブボックス火災対処配管または工程室火災対処配管からの可搬型消火ガスボンベによる消火剤の供給

一方、MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質は化学的に安定な酸化物であり、焼結処理、焙焼処理及び一部の分析作業を除いて、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ことから、上記の発生防止対策の機能喪失と火災の発生について、直接的な関係は無い。

したがって、火災による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価にあたっては、親事象による火災の発生の可能性として、火災の三要素として「可燃物、酸素、着火源」の観点においても評価を行う。

3. 4. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価方法

重大事故等に至る可能性がある爆発の発生防止対策である以下の項目に対して、親事象により上記の安全機能が喪失するか否かを評価する。

- ・ 混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁の閉止

上記の発生防止対策は、焼結炉等における再爆発の発生を防止するための対策であり、初回の爆発そのものの発生防止対策ではない。

MOX燃料加工施設において爆発の可能性がある箇所は、爆発下限値を超える水素濃度の雰囲気下で核燃料物質を取り扱う焼結炉等に限定され、炉体の破損により空気混入が発生した場合のみ、爆発の可能性が生じる。

したがって、爆発による閉じ込める機能の喪失に関する子事象の評価にあたっては、親事象により炉体の破損が発生するか否かの観点においても評価を行う。

3. 5 子事象の発生の可能性についての評価結果

3. 5. 1 火災による閉じ込める機能の喪失

(1) 圧力の観点

爆発による圧力上昇は焼結炉等の系内に留まる。

このため、隣接した室に設置された重大事故へ至る可能性のあるグローブボックスの火災の発生防止対策とした設備に影響を与えることはなく、火災の三要素である「可燃物，酸素，着火源」の条件も揃わないことから、圧力影響による火災発生は考えられない。

3. 5. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失（親事象以外の箇所で発生する火災）

（1）圧力の観点

爆発による圧力上昇は焼結炉等の系内に留まる。

このため、地上1階に設置された発生防止対策とした設備は圧力の影響を受けず、隣接した室の焼結炉等又は同室内で隣接した焼結炉等の損傷に影響しない。

したがって、圧力影響による爆発発生は考えられない。

3. 6 爆発による閉じ込める機能の喪失からの連鎖

MOX燃料加工施設において、親事象である爆発による閉じ込める機能の喪失から連鎖して、子事象である重大事故等が発生することはない。

4. まとめ

MOX燃料加工施設において、親事象として火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失を想定した場合においても、連鎖して子事象である重大事故等が発生することはないことを確認した。

補足説明資料 4-2 (第22条)

重大事故対策への影響分析結果について

1. はじめに

起因となる重大事故等の発生の結果として、複数の重大事故等が同時に発生した場合において、互いの事故影響によって、互いの重大事故等対策に使用する設備が使用できなくなることがないかを把握することを目的として、各重大事故等対策を担う機器・系統に対して安全機能の喪失についての評価を実施する。

2. 重大事故等対策への影響分析

2. 1 重大事故等対策への影響分析方法

重大事故等対策への影響分析を行うために、起因となる重大事故等の事象進展、事故規模を分析し、事故影響によって健在化する環境条件の変化が、重大事故等の拡大防止対策に与える影響の有無について評価する。

2. 2 火災による閉じ込め機能の喪失への影響分析

2. 2. 1 拡大防止対策への影響

2. 2. 1. 1 核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置

核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る拡大防止対策は以下のとおりである。

- ・ 送排風機の停止，給排気閉止ダンパの閉止及び送排風機入口手動ダンパの閉止によるMOX粉末の放出抑制

(1) 温度の観点

送排風機の停止，給排気閉止ダンパの閉止及び送排風機入口手動ダンパの閉止は，地上1階及び地上2階で行うため温度の影響を受けない。

(2) 圧力の観点

送排風機の停止，給排気閉止ダンパの閉止及び送排風機入口手動ダンパの閉止は，地上1階及び地上2階で行うため圧力の影響を受けない。

(3) ばい煙の観点

送排風機の停止，給排気閉止ダンパの閉止及び送排風機入口手動ダンパの閉止は，地上1階及び地上2階で行うためばい煙の影響を受けない。

2. 2. 1. 2 放射性物質の放出量低減

放射性物質の放出量低減に係る拡大防止対策は以下のとおりである。

- ・ 高性能エアフィルタによる放射性物質の外部への放出量の低減

(1) 温度の観点

火災発生時のグローブボックス内の温度については、天井面近傍における空間温度が最大でも 200℃程度である。

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捕集効率は上昇する結果が報告されていること、グローブボックス内の火災は天井面近傍における空間温度が最大でも 200℃程度であること及び火災発生時の室内の温度は天井面近傍でも 100℃程度と推定されることから、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捕集効率は維持できる。

重大事故（火災）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DFの上昇は見込んでいないことから、裕度を含んだ評価になっているといえる。

(2) 圧力の観点

温度上昇による圧力上昇については、隣接するグローブボックスへ避圧されることにより数 kPa 程度である。

これらの圧力上昇は緩やかであり、グローブボックス内圧力上昇及び火災影響により、火災が発生した当該グローブボックスパネルについては損傷する可能性があるが、当該グローブボックスと比較し、十分な広さを有する工程室に圧力は開放されることから、高性能エアフィルタに影響を及ぼすことは考えられない。

(3) ばい煙の観点

高性能エアフィルタにエアロゾルを負荷させる試験により、エアロゾルの負荷量の増加に伴い高性能エアフィルタの捕集効率が上昇するという結果が報告されていることから、ばい煙の負荷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捕集効率は維持できる。

重大事故（火災）の放出量評価ではばい煙の負荷による高性能エアフィルタのDFの上昇は見込んでいないことから、裕度を含んだ評価になっているといえる。

2. 3 爆発による閉じ込め機能の喪失への影響分析

2. 3. 1 拡大防止対策への影響

2. 3. 1. 1 核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置

核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る拡大防止対策は以下のとおりである。

- ・ 送排風機の停止，給排気閉止ダンパの閉止及び送排風機入口手動ダンパの閉止によるMOX粉末の放出抑制

(1) 圧力の観点

送排風機の停止，給排気閉止ダンパの閉止及び送排風機入口手動ダンパの閉止は，地上1階及び地上2階で行うため圧力の影響を受けない。

2. 3. 1. 2 放射性物質の放出量低減

放射性物質の放出量低減に係る拡大防止対策は以下のとおりである。

- ・ 高性能エアフィルタによる放射性物質の外部への放出量の低減

(1) 圧力の観点

焼結炉等で発生する爆発に伴う圧力上昇は、炉内においても200kPa程度と推定される。

焼結炉等で発生する爆発による圧力は、排ガス処理装置又は小規模焼結炉排ガス処理装置を経由して、炉内の容積の約10倍の容積を有する排ガス処理装置グローブボックス(上部)又は小規模焼結炉排ガス処理装置グローブボックス内に開放することから、排ガス処理装置又は小規模焼結炉排ガス処理装置による圧力損失等によりグローブボックス排気フィルタに到達する圧力としては、10分の1程度になると想定される。

また、高性能エアフィルタへの衝撃波試験により、30kPa以下の圧力では高性能エアフィルタは健全であることが報告されていることから、爆発による圧力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捕集効率は維持できる。

重大事故(爆発)の放出量評価では、1段目のフィルタは機能喪失するものとして、除染係数を1桁低下させて評価していることから、裕度を含んだ評価になっているといえる。

2. 4 まとめ

MOX燃料加工施設において、複数の重大事故等が同時に発生した場合においても、互いの事故影響によって、互いの重大事故等対策に使用する設備が使用できなくなることはない。

令和2年2月26日 R 1

5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的考え方

目 次

- 5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方
 - 5. 1 概要
 - 5. 1. 1 評価対象の整理及び評価項目の設定
 - 5. 1. 2 評価に当たって考慮する事項
 - 5. 1. 3 有効性評価に使用する計算プログラム
 - 5. 1. 4 有効性評価における評価の条件設定
 - 5. 1. 5 評価の実施
 - 5. 1. 6 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価
 - 5. 1. 7 必要な要員及び資源の評価
 - 5. 1. 8 必要な要因及び資源の評価
 - 5. 2 評価対象の整理及び評価項目の設定
 - 5. 3 評価に当たって考慮する事項
 - 5. 3. 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
 - 5. 3. 2 操作及び作業時間に対する仮定
 - 5. 3. 3 環境条件の考慮
 - 5. 3. 4 有効性評価の範囲
 - 5. 4 有効性評価に使用する計算プログラム
 - 5. 4. 1 火災による閉じ込める機能の喪失
 - 5. 4. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失
 - 5. 4. 3 重大事故等の同時発生
 - 5. 5 有効性評価における条件設定の方針
 - 5. 5. 1 評価条件設定の考え方

5. 5. 2 共通的な条件

5. 6 評価の実施

5. 7 評価条件の不確かさの影響評価方針

5. 8 必要な要員及び資源の評価方針

5. 8. 1 必要な要員

5. 8. 2 必要な資源

5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方

5. 1 概要

MOX燃料加工施設において、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、重大事故の発生防止対策及び重大事故の拡大防止対策（以下「重大事故等対策」という。）が有効であることを示すため、以下のとおり、評価対象を整理し、対応する評価項目を設定した上で、評価の結果を踏まえて、設備、手順及び体制の有効性を評価する。

有効性評価は、「3. 重大事故の事象選定」において特定された重大事故ごとに、同じ種類の重大事故がどの範囲で発生するかを整理した上で実施し、各重大事故等の事故影響を明らかにする。また、異なる種類の重大事故が同時に発生する場合の有効性評価は、各重大事故等の事故影響の相互影響を考慮し実施するとともに、各重大事故等の事故影響が他の安全機能へ及ぼす影響を連鎖として評価する。

5. 1. 1 評価対象の整理及び評価項目の設定

重大事故等の選定において考慮した設計上定める条件より厳しい条件を基に、各重大事故等の発生を防止している安全機能の喪失の範囲及び生じる環境変化に着目し、対応する措置の有効性評価を行う。

有効性評価に際しては、事故の様相や設備の特徴を踏まえて有効性を確認するための評価項目を設ける。

具体的には「5. 2 評価対象の整理及び評価項目の設定」による。

5. 1. 2 評価に当たって考慮する事項

有効性評価は、重大事故等対処設備としている設備を用いたものを対象とする。手順及び体制としては、その他の措置との関係を含めて必要となる水源、燃料及び電源の資源や要員を整理した上で、安全機能の喪失に対する仮定、実施組織要員の操作時間に対する仮定、環境条件を考慮して、事態が収束する時点までを対象とする。具体的には「5. 3 評価に当たって考慮する事項」による。

5. 1. 3 有効性評価に使用する計算プログラム

有効性評価において使用する計算プログラム（以下「解析コード」という。）は、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、実験等を基に妥当性が確認され、適用範囲を含めてその不確かさが把握されているものを選定して使用する。

具体的には「5. 4 有効性評価に使用する計算プログラム」に示す解析コードを使用する。

5. 1. 4 有効性評価における評価の条件設定

有効性評価における評価の条件設定については、「5. 3 評価に当たって考慮する事項」による仮定等を考慮するとともに、事象進展の不確かさを考慮して、設計値等の現実的な条件を設定することを基本とする。

具体的には「5. 5 有効性評価における解析の条件設定の方針」による。

5. 1. 5 評価の実施

有効性評価における解析は、発生を想定する重大事故の影響を把握し、設備の健全性を確認するとともに、対策の実施により事故が収束することを確認し、その結果を明示する。

5. 1. 6 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、運転員等の操作時間に与える影響、評価項目に与える影響を確認し、それらの影響を踏まえても、措置の実現性に問題なく、評価項目を満足することを確認する。

具体的には「5. 7 評価条件の不確かさの影響評価方針」による。

5. 1. 7 必要な要員及び資源の評価

必要な要員については、重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定しても、MOX燃料加工施設として評価項目を満たすために必要な要員を確保できる体制となっていることを評価する。資源については、重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定しても、重大事故に至るおそれがある事故が発生してから7日間は外部支援がないものとして、MOX燃料加工施設単独での措置を継続して実施できることを確認する。

具体的には「5. 8 必要な要員及び資源の評価方針」による。

5. 2 評価対象の整理及び評価項目の設定

重大事故等対策の有効性を確認するため、重大事故等のそれぞれについて、有効性を確認するための評価項目の設定を行う。評価項目は、重大事故の特徴を踏まえた上で、重大事故の発生により、放射性物質の放出に寄与する重大事故等のパラメータとする。

これらの有効性を確認するための評価項目は、重大事故等の同時発生を想定する場合であっても変わらない。ただし、大気中への放射性物質の放出量に関する有効性については、同時発生を想定する重大事故等による大気中への放射性物質の放出量を合算した上で評価を実施する。

5. 3 評価に当たって考慮する事項

有効性評価においては、共通して以下の事項を考慮する。

5. 3. 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

重大事故等の起回事象の発生に加えて、想定する共通原因損傷及び系統間の機能依存性を考慮した安全機能の喪失を考慮する。

5. 3. 2 操作及び作業時間に対する仮定

重大事故等への対処のために実施する操作及び作業を開始する時間は、以下のとおり想定する。

(1) 外的事象の地震における想定

地震発生直後、要員は自らの身を守るための行為を実施し、揺れが収まったことを確認してから、安全機能が維持されているかの確認を実施する。したがって、地震の発生を起点として、その後 10 分間は要員による対処を期待しない。地震の発生から 10 分後以降、要員による安全系監視制御盤等の確認を実施し、その結果に基づき、安全機能の喪失を把握し、通常 of 体制から重大事故等への対処を実施するための実施組織に体制を移行するものと仮定する。その後、要員による重大事故等への対処に必要な操作及び作業を実施するものと仮定する。

5. 3. 3 環境条件の考慮

「3. 重大事故の事象選定」に整理される自然現象の組み合わせを基に、設計基準において想定した規模の自然現象の発生を想定する。ただし、対処により事象を収束させるまでの時間が短い場合に

は、その間に自然現象が発生する可能性が十分に低いと考えられることから、対処実施中の自然現象の発生は想定しない。

5. 3. 4 有効性評価の範囲

有効性評価の範囲は、事態が収束するまでの期間を対象として実施する。

5. 4 有効性評価に使用する計算プログラム

有効性評価に使用する解析コードは、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、実験等を基に妥当性が確認され、適用範囲を含めてその不確かさが把握されているものとする。

5. 4. 1 火災による閉じ込める機能の喪失

火災による閉じ込める機能の喪失の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

5. 4. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失

爆発による閉じ込める機能の喪失の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

5. 4. 3 重大事故等の同時発生

地震発生による全交流電源の喪失を伴う重大事故等の同時発生の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

5. 5 有効性評価における条件設定の方針

5. 5. 1 評価条件設定の考え方

有効性評価における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。

5. 5. 2 共通的な条件

有効性評価に必要な共通的条件として、MOXの性状を以下のとおり定める。

(1) プルトニウム富化度

MOXのプルトニウム富化度は取扱制限値に基づき、MOXの形態ごとに第5. 5. 2-1表のとおり設定する。

第5. 5. 2-1表 MOX中のプルトニウム富化度

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	30
	二次混合粉末	18
	添加剤混合粉末	18
ペレット	グリーンペレット	18
	焼結ペレット	18

(2) プルトニウムの同位体組成

MOX中のプルトニウムの同位体組成は、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、被ばく評価の条件が最も厳しくなるよう、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，再処理する使用済燃料の燃焼条件及び冷却期間をパラメータとして，吸入による被ばくがより厳しい評価結果となるよう第5. 5. 2-2表のとおり設定する。

第5. 5. 2-2表 MOX中のプルトニウムの同位体組成

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

(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設定している単一ユニットの取扱制限値の最大量を適用する。火災源となる潤滑油を内包するグローブボックス及び水素・アルゴン混合ガスを取り扱う設備のインベントリを第5. 5. 2-3表に示す。

第5. 5. 2-3表 グローブボックス・機器のインベントリ

グローブボックス・設備名称	インベントリ (kg・Pu)
予備混合装置 <u>グローブボックス</u>	28.8
均一化混合装置 <u>グローブボックス</u>	53.7
造粒装置 <u>グローブボックス</u>	20.3
回収粉末処理・混合装置 <u>グローブボックス</u>	39.7
添加剤混合装置A <u>グローブボックス</u>	33.0
プレス装置A (プレス部) <u>グローブボックス</u>	38.9
添加剤混合装置B <u>グローブボックス</u>	33.0
プレス装置 (プレス部) B <u>グローブボックス</u>	38.9
焼結設備	195.8
小規模試験設備	54.5

(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、重大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

① 高性能エアフィルタ

高性能エアフィルタは、通常時の環境における健全な高性能エアフィルタ3段の除染係数が 1×10^{11} 以上という測定試験結果もあることから、健全な高性能エアフィルタ4段の除染係数を 1×10^9 と想定する。ただし、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高性能エアフィルタの除染係数は、高性能エアフィルタ1段につき除染係数が1桁下がることを想定する。このため、地震による影響を受けた高性能エアフィルタ4

段の除染係数は 1×10^5 を設定する。また、高性能エアフィルタが事故の影響を受けることが想定される場合は、事故の特徴に応じて個別に設定する。

【補足説明資料 5 - 1】

(6) 放射性物質のセシウム-137 換算係数

大気中への放射性物質の放出量は、セシウム-137 換算で評価する。放射性物質のセシウム-137 換算係数は、IAEA-TECDOC-1162 に記載されている、地表沈着した核種からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊核種の吸入による内部被ばくを考慮した 50 年間の実効線量への換算係数並びに吸入核種の化学形態を線量告示に適合させるために、プルトニウム及びアメリシウムについて、IAEA-TECDOC-1162 に記載の吸入摂取換算係数を ICRP Publication 72 の吸入摂取換算係数で補正するために設定する「吸入核種の化学形態に係る補正係数」を用いて、以下の計算式により算出する。

セシウム-137 換算係数

$$\begin{aligned} &= \text{(ある核種の } C F_4 \text{ 換算係数)} / \text{(セシウム-137 } C F_4 \\ &\text{換算係数)} \times \text{(吸入核種の化学形態に係る補正係数)} \end{aligned}$$

5. 6 評価の実施

有効性評価は、発生を想定する重大事故の特徴を基に重大事故等の進展を考慮し、放射性物質の放出に寄与するパラメータを評価する。また、対策の実施により事態が収束することを確認する。

ただし、事象進展の特徴や厳しさを踏まえ、評価・解析以外の方法で施設が安定状態に導かれ、事態が収束することが合理的に説明できる場合はこの限りではない。

5. 7 評価条件の不確かさの影響評価方針

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、対策を実施する実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を評価するものとする。

評価条件のうち、初期条件、事故条件及び機器条件並びに有効性評価の前提となる各安全機能の機能喪失の要因となる事象の違いに起因する不確かさについて、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。
なお、評価条件である操作条件の不確かさについては、重大事故等の同時発生の可能性を考慮した上で、操作の不確かさ要因である、「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」に起因して生じる運転員等操作の開始及び完了時間の変動並びに可搬型重大事故等対処設備及びそれらの予備機の設置等の対処に時間を要した場合の完了時間の変動が、実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。

5. 8 必要な要員及び資源の評価方針

重大事故等への対処に必要な要員及び資源の評価においては、同時に又は連鎖して発生することを想定する重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定して評価を行う。具体的には、同時に又は連鎖して発生することが想定される重大事故等における必要な要員及び資源の有効性評価は、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「8. 必要な要員及び資源の評価」に示す。

5. 8. 1 必要な要員

重大事故等対策を実施するために必要な要員を確保できる体制となっていることを評価する。

5. 8. 2 必要な資源

重大事故等対策を実施するために必要な水源，電源，燃料を確保できる体制となっていることを評価する。

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22条:重大事故等の拡大の防止等(5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的考え方)

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5-1	放射性物質の放出量評価において設定した高性能エアフィルタの除染係数	2/26	0	

令和2年2月26日 R0

補足説明資料5-1 (第22条)

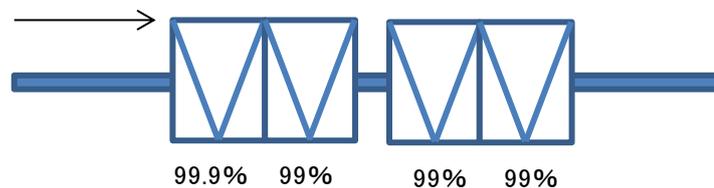
放射性物質の放出量評価において設定した
高性能エアフィルタの除染係数

1. 高性能エアフィルタの除染係数の設定について

高性能エアフィルタ 1 段当たりの捕集効率は 99.97%以上 ($0.15 \mu\text{m}$ DOP 粒子)⁽¹⁾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⁽²⁾もあるが、1 段目：99.9%，2 段目：99%として、高性能エアフィルタ 2 段の捕集効率を 99.999%としている。

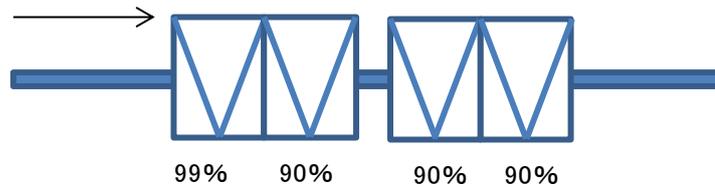
また、高性能エアフィルタを 3 段直列に並べた DF 測定試験⁽³⁾では $DF \geq 10^{11}$ との結果が得られているが、高性能エアフィルタ 4 段の捕集効率については、上記試験の高性能エアフィルタの除染係数

($DF \geq 10^{11}$) よりも保守側となるよう、後段 2 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、全体として除染係数を 10^9 ($DF : 10^9$) と想定する。



第 1. - 1 図 事故評価における高性能エアフィルタの
捕集効率の設定

基準地震動を超える地震動の地震発生時における高性能エアフィルタの除染係数については、上記よりもさらに保守的に、高性能エアフィルタの各段における捕集効率を 1 桁下げて評価を行う（第 1. - 2 図を参照）。



第1. - 2 図 事故評価における高性能エアフィルタの
捕集効率の設定

2. 高性能エアフィルタの段数と除染係数の関係

第2. - 1 図に示すように、後段のフィルタほど除染係数は低下するが、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い⁽⁴⁾。

多段フィルタシステムにおいては、各段のフィルタの捕集性能(粒子径別捕集効率)がまったく変わらなかったとしても、後段のフィルタほどその除染係数 DF が相対的に低下する。ただし、フィルタ固有の値である DF の最小値より小さくなることはない。

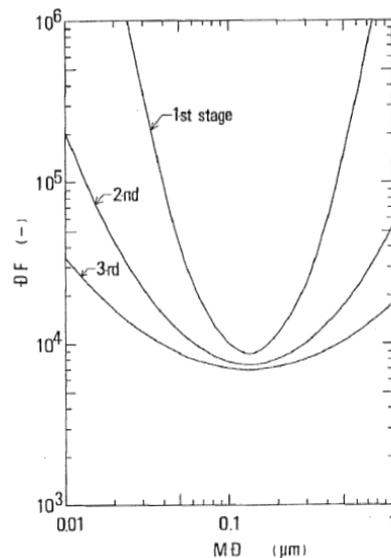


Fig. 5 DF values of HEPA filter in multistage filtration system for aerosol particles with $\sigma_g=1.5$.

第2. - 1 図 フィルタの段数と除染係数の関係

3. 参考文献

- (1) 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.
- (2) 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,
- (3) Seefeldt, W. H. et al. Characterization of Particulate Plutonium Released in Fuel Cycle Operations. Argonne National Laboratory, 1976, ANL-75-78
- (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,