

令和2年6月16日

日本原燃株式会社

設計基準事故及び重大事故の選定等の考え方

【設計基準事故】

1. 設計基準事故の評価における基本方針

MOX燃料加工施設において、取扱う核燃料物質の形態、取扱方法等を踏まえて、技術的に想定される異常事象を抽出、その中から設計基準事故を選定し、安全設計の妥当性を確認する。

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

2. 設計基準事故の評価事象

設計基準事故とは、発生頻度が低いものの当該事象が発生した場合には、MOX燃料加工施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして、安全設計上想定すべき事象とする。

設計基準事故の評価によって確認する事項は、発生防止対策が設計基準事故の誘因にならないことに加え、拡大防止対策等の安全設計の妥当性であり、その機能喪失によって過度の放射線被ばくを防止する機能を有する安全上重要な施設を対象とする。

事業許可基準規則を踏まえ、機能喪失と過度の放射線被ばくとの関係で安全上重要な施設の機能として設定している「臨界防止」と「閉じ込め機能」に着目し、核燃料物質を取扱う各工程における、放射性物質を外部に放出する可能性のある事象として、「核燃料物質による臨界」と「閉じ込め機能の不全」を設計基準事故の評価事象とし、その分類ごとに、取扱う核燃料物質の形態、取扱方法等を踏まえて技術的に想定される異常事象を抽出し、その中からMOX燃料加工施設から多量の放射性物質が放出するおそれがある事象を設計基準事故として選定する。

3. 設計基準事故の発生を想定する際の条件の考え方

発生防止対策が設計基準事故の誘因にならないことの確認及び技術的に想定される異常事象の発生を想定する際の条件を設定し、これによる安全上重要な施設の機能喪失を整理することで、多量の放射性物質が放出するおそれがある事象として設計基準事故を選定する。

上記条件として、外的事象については、設計基準で想定される規模に対して機能喪失しない設計とすることから安全機能の機能喪失の要因とならないとし、内的事象については、発生防止対策の確認においては、短期間の全交流電源喪失および動的機器の単一の故障、誤動作

及び誤操作（以下、「単一故障等」という）を、技術的に想定される異常事象を抽出する際には、動的機器の単一故障等を考慮し、それ以外の事象については、以下のことから、条件としては考慮しない。

- ・短時間の全交流電源喪失については、それにより動的機能の機能喪失に至ることから、発生防止の確認では、要因として想定する。一方、技術的に想定される異常事象を抽出においては、動的機器の機能喪失に加え、電源喪失によって工程停止、排風機停止になること、冷却機能等の通常時に機能を期待する動的機器はないことから、放射性物質が放出するおそれとの関係で機能喪失の要因として想定されない。
- ・配管破断については、高温、高圧の流体を取り扱っていないこと、腐食性の流体を取り扱っていないことを踏まえ、機能喪失の要因としない。
- ・溢水、内部発生飛散物については、発生防止対策を行うことで安全機能が喪失しないよう設計することから機能喪失の要因としない。
- ・内部火災については、発生防止の確認においては、火災によって安全機能が機能喪失しないよう設計することから機能喪失の要因としない。

なお、火災の感知・消火機能を安全上重要な施設に設定していること、外部に放出されるための駆動力となることから、技術的に想定される異常事象として考慮する。

4. 設計基準事故の選定

4. 1 核燃料物質による臨界

(1) 発生防止対策に対する確認

臨界については、核燃料物質を取扱う各工程のうち質量管理を行う設備において、形状寸法の維持等の設計に加え、機械・人による多様性、多重性をもった誤搬入防止機能により発生防止を行う設計であることから、動的機器の単一故障等を想定したとしても、誤搬入は発生しない。

さらに、複数の誤動作と誤操作が重ねて発生することにより、誤搬入が行われることを想定したとしても、未臨界質量を超えるものではなく、核燃料物質の集積が発生することもないため、物理的、化学的にみて発生防止対策の信頼性が十分に高く、発生が十分に防止できる。

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

上記の結果、発生防止対策が設計基準事故の誘因にならないことを確認した。

(2) 設計基準事故の選定

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

4. 2 閉じ込め機能の不全

閉じ込め機能の不全では，核燃料物質の閉じ込め機能を有する安全上重要な施設を対象とし，期待する機能の状態が通常から逸脱し，外部への放射性物質の放出に至る可能性のあるものを不全として取扱う。さらに，放射性物質の放出に至るおそれのある形態として，MOX燃料加工施設の各工程で取扱う核燃料物質の形態や取扱い方法を踏まえ，飛散しやすく，気相に移行しやすいMOX粉末を対象とする。なお，それ以外のMOXの形態であるペレット，グリーンペレットは，物理的に安定した状態であることから，飛散しがたいため対象としない。また，MOX粉末の閉じ込め機能としては，非密封のMOX粉末を取扱うグローブボックスが有していることから，これを対象とする。

(1) 発生防止対策に対する確認

閉じ込めの発生防止に係る動的機器（排風機，焼結炉内部温度高による過加熱防止回路等）については，単一故障等では多重化したもう一方の機器によりその機能が維持される。また，短時間の全交流電源喪失による動的機器の機能喪失が想定されるが，同時に工程停止に至る駆動力がなくなることから，外部への放射性物質の放出に至らない。

上記の結果，発生防止対策が設計基準事故の誘因にならないことを確認した。

(2) 設計基準事故の選定

MOX粉末を非密封状態で取扱うグローブボックスの破損，グローブボックス内でのMOX粉末の飛散，グローブボックス内での外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生を抽出し，それぞれに対して，外部へ多量の放射性物質が放出する可能性を評価することにより設計基準事故を選定する。

1) グローブボックスの破損

動的機器の単一故障等によるグローブボックス内で取り扱う容器の落下等を想定しても，グローブボックス内の内装機器等によりグローブボックスの破損には至らない。

2) グローブボックス内でのMOX粉末の飛散

動的機器の単一故障等で，グローブボックス内で取り扱う容器が落下等することにより，MOX粉末が飛散した場合，気相中にMOX粉末が移行するが，平常時の被ばくを超えないことが明らかである。

3) 外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生

駆動力となる事象としては、火災と爆発が想定されるが、爆発は物理的に発生することない。

グローブボックス内での火災は、グローブボックス内を窒素雰囲気とする、不燃性・難燃性材料を使用する、火災源となる潤滑油を機器内に収納するなどの「火災等による損傷の防止」としての発生防止を講じており、その発生は想定しがたい。しかしながら、発生した場合にその駆動力により、外部への放射性物質の放出に至るおそれがあるため、動的機器の単一故障等を条件として拡大防止対策等の安全設計の妥当性を確認する観点から、その発生を想定する。

そのため、露出した状態でMOX粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を保有しているグローブボックスにおいて火災が発生、グローブボックス内のMOX粉末が飛散し、外部に放射性物質が放出される事象を設計基準事故として選定する。

【重大事故】

1. 重大事故の評価における基本方針

設計基準事故の選定において、「臨界」と「閉じ込め機能の不全」を想定し技術的に想定される異常事象として抽出した事象に対し、重大事故の発生を仮定する際の条件を設定し、これによる安全上重要な施設の機能喪失および重大事故の発生を仮定する設備を特定し、事故が単独で、同時に又は連鎖して発生することを仮定する。

2. 重大事故の評価事象

重大事故の評価事象は、事業許可基準規則を踏まえ、設計上定める条件よりも厳しい条件の下において発生する以下のものとする。

- 一 臨界事故
- 二 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

3. 重大事故の発生を仮定する際の条件の考え方

外部からの影響による機能喪失（外的事象）と動的機器の故障等による機能喪失（内的事象）を考慮する。

外的事象の考慮として、安全機能を有する施設の設計において想定した地震、火山の影響等の 55 の自然現象と、航空機落下、有毒ガス等の 24 の人為事象（以下「自然現象等」という。）に対して、発生頻度が極めて低い、発生するが安全機能の喪失の要因となる規模に至らない等の自然現象等を除いて、設計基準より厳しい条件を施設に与えた場合に重大事故の要因となる可能性のある自然現象等として、地震、火山の影響（降下火砕物による荷重、フィルタの目詰まり）、森林火災、草原火災、積雪が残り、当該事象による重大事故の発生の有無を検討した。

その結果として、火山の影響（降下火砕物による積載荷重）に対しては降下火砕物を除去すること、積雪に対しては除雪を行うこと、森林火災及び草原火災に対しては消火活動を行うこと、火山の影響（目詰まりの発生）に対しては工程停止、送排風機停止等を行うことにより、重大事故に至る前までに対処が可能であり、放射性物質の放出に至ることはない。

したがって、地震について、設計基準より厳しい条件として、基準地震動を上回る地震力を想定し、基準地震動の 1.2 倍の地震力を考慮した際に、機能を維持できない静的機器の機能喪失、全ての動的機器の機能喪失を考慮し、重大事故の発生を想定する。

内的事象は、設計基準事故で想定した動的機器の単一故障等を超える条件として、動的機器の多重故障等を考慮する。

溢水、内部発生飛散物は、設計基準事故の選定の際の条件を超える条件が物理的に想定されないことから、機能喪失の要因として考

慮しない。配管破断による漏えいは、高温、高圧の流体を取扱っていないこと、腐食性物質を取扱っていないことから対象としない。

全交流電源喪失については、工程停止、送排風機停止等になるが、放射性物質の放出に至ることはないことから、機能喪失の要因として考慮しない。

また、内的事象と外的事象の同時発生は、外的事象は発生頻度が極めて低いことに加え、外的事象と内的事象は関連性が認められない偶発的な事象となることから、考慮する必要はない。

4. 個々の重大事故の発生の仮定

重大事故の発生を仮定する際の条件による機能喪失の範囲を整理することで、重大事故が単独で、又は同種の重大事故が複数の機器で同時に発生するものとして、外的事象を要因とした場合及び内的事象を要因とした場合の重大事故の発生を仮定する機器を特定する。

その際、機能喪失時の公衆への影響が平常運転時と同程度であるか、設計基準の施設で事象の収束が可能であるかについて評価を実施し、いずれかの条件に該当する場合には、重大事故の発生を仮定する機器として特定しない。

5. 重大事故の発生を仮定する機器の特定

5. 1 臨界事故

(1) 外的事象発生時

貯蔵施設等において、基準地震動の1.2倍の地震力によって設備が損傷等することを想定したとしても、臨界事故が発生する物理的条件が成立しないため、臨界事故の発生は想定できない。

(2) 内的事象発生時

質量管理を行うグローブボックスにおいて、安全上重要な施設以外の施設である誤搬入防止機能での動的機器の多重故障等として、共通要因では起こりえない機器の故障と人による誤操作の重ね合わせにより、動的機器の多重故障（異常起動及び出力異常）、多重の誤操作による複数回の誤搬入を想定しても、臨界は発生しない。さらに、技術的想定を超えて、誤搬入を繰り返し行うことを想定したとしても、最も少ない設備で25回の誤搬入を行っても臨界の発生は想定できない。

以上のことから、臨界事故は重大事故として特定しない。

5. 2 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

重大事故において、3. で示した条件を考慮しても、ペレット、グリーンペレットが安定な形態であることは変わるものではない

め、放射性物質の放出に至るおそれのある形態として、MOX粉末を対象とする。また、外部に放出する状態に至る駆動力となる火災に対し、3. で示した条件を考慮しても、火災源は潤滑油である。そのため、設計基準事故の選定における技術的に想定される異常事象を踏まえて重大事故の評価を行う。

(1) 外的事象発生時

1) グローブボックスの破損

設計基準事故での評価に加え、グローブボックスのうち基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持する設計としないものが、地震によって破損し、グローブボックスから工程室に核燃料物質が漏えいすることを想定しても、駆動力がなく、外部への放出には至らない。

2) グローブボックス内でのMOX粉末の飛散

地震によるグローブボックス内でのMOX粉末の飛散を想定しても、公衆への影響が平常運転時と同程度であり、さらに排風機が機能喪失し、駆動力がなくなることから、外部への放出には至らない。

3) 外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生

グローブボックス内を窒素雰囲気とすること、潤滑油が機器に収納されていること、着火源がないことなどの発生防止を講じており、外的事象等によって、動的機能の多重故障を想定してもそれ以外の基準地震動の1.2倍の地震力を考慮した際に機能維持できる設計とする静的機器（グローブボックス支持構造、火災源である潤滑油を内包する機器等）により、火災が発生する条件が成立しないことから、その発生は想定できない。しかしながら、技術的想定を超えて、設計基準事故で想定した機能喪失に加え、動的機器の機能喪失として、感知・消火設備が同時に機能喪失することにより、火災が継続し、火災による駆動力により、外部への多量の放射性物質の放出に至ることを仮定する。

その結果、露出した状態でMOX粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を保有しているグローブボックスとして8基を特定し、地震により同時に火災の発生すること、同時に感知・消火のための機能が喪失し、火災が継続することにより設計基準事故を超えて外部に放射性物質が放出される事象を重大事故として特定する。

(2) 内的事象発生時

1) グローブボックスの破損

動的機器の多重故障によるグローブボックス内での容器の落下等を想定したとしても、グローブボックスの破損には至らない。

2) グローブボックス内でのMOX粉末の飛散

動的機器の多重故障によるグローブボックス内でのMOX粉末

の飛散を想定しても、公衆への影響が平常運転時と同程度である。

3) 外部に放出する状態に至る駆動力となる事象の発生

グローブボックス内を窒素雰囲気とすること、潤滑油が機器に収納されていること、着火源がないことなどの発生防止を講じており、動的機器の多重故障等を想定しても、静的機器の機能が維持されることなどにより、火災の発生は想定できない。

しかしながら、技術的想定を超えて、設計基準事故の機能喪失に加え、動的機器の多重故障として、感知・消火設備が同時に機能喪失することにより、火災が継続し、火災による駆動力により、外部への多量の放射性物質の放出に至ることを仮定する。

その結果、露出した状態でMOX粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を保有しているグローブボックスとして8基を特定し、そのうちの1基において単独で火災が発生すること、同時に感知・消火のための機能が喪失し、火災が継続することにより設計基準事故を超えて外部に放射性物質が放出される事象を重大事故として特定する。

6. 連鎖による異種の重大事故の発生

重大事故として特定した、グローブボックス内の火災の発生により臨界に係る安全上重要な施設の安全機能の喪失やMOXの集積等が発生することはないことから、火災による連鎖での臨界の発生は想定されず、連鎖による異種の重大事故の発生はない。

以 上

第1表 MOX燃料加工施設における安全上重要な施設（1/3）

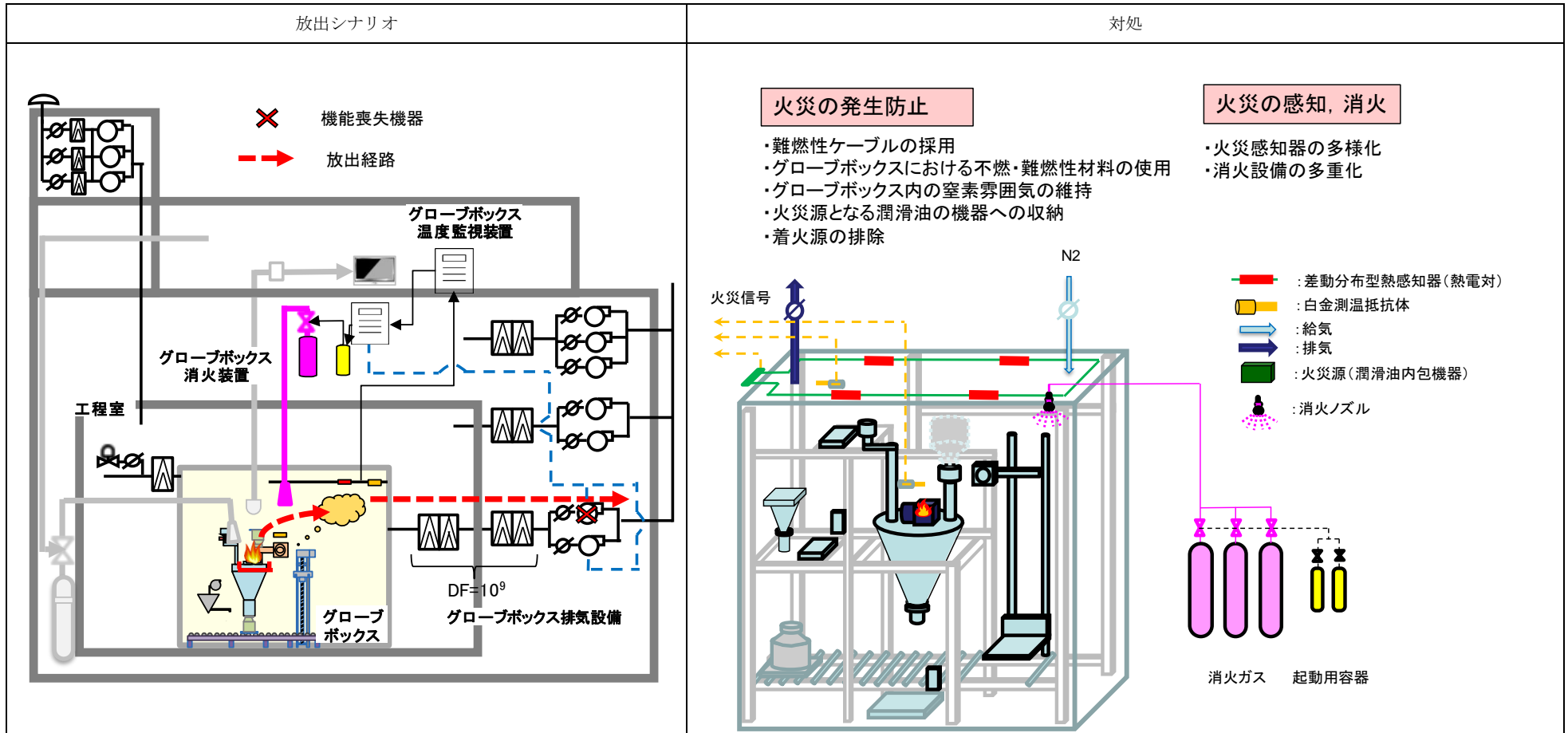
分類	設備等	安全機能	安全機能の性質	静的, 動的の分類	機能喪失による外部への放射性物質の放出への寄与	基準地震動の1.2倍の地震力での設計
① プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス, 設備・機器であってグローブボックスと同等の閉じ込め機能を必要とするもの等	グローブボックス (主に粉末を取り扱うもの)	核燃料物質の閉じ込め	発生防止 拡大防止等	静的機能	○	○ (重大事故の発生を仮定するグローブボックスについて構造を維持)
	焼結炉, 小規模焼結処理装置, 混合酸化物貯蔵容器	核燃料物質の閉じ込め	発生防止 拡大防止等	静的機能	○	—
② プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス等に繋がる換気設備	グローブボックス排気設備 (上記①に示すグローブボックスから排風機までの範囲)	排気経路の維持機能	発生防止 拡大防止等	静的機能	○	○ (重大事故の発生を仮定するグローブボックスからグローブボックス排風機までの範囲)
	グローブボックス排気フィルタ (上記①に示すグローブボックスに付随するもの)	MOXの捕集・浄化機能	発生防止 拡大防止等	静的機能	○	○ (重大事故の発生を仮定するグローブボックスの排気フィルタ)
	グローブボックス排気フィルタユニット	MOXの捕集・浄化機能	発生防止 拡大防止等	静的機能	○	○
	グローブボックス排風機	排気機能	発生防止 拡大防止等	動的機能	×	—
	窒素循環設備	排気経路の維持	拡大防止等	静的機能	×	○

第1表 MOX燃料加工施設における安全上重要な施設（2/3）

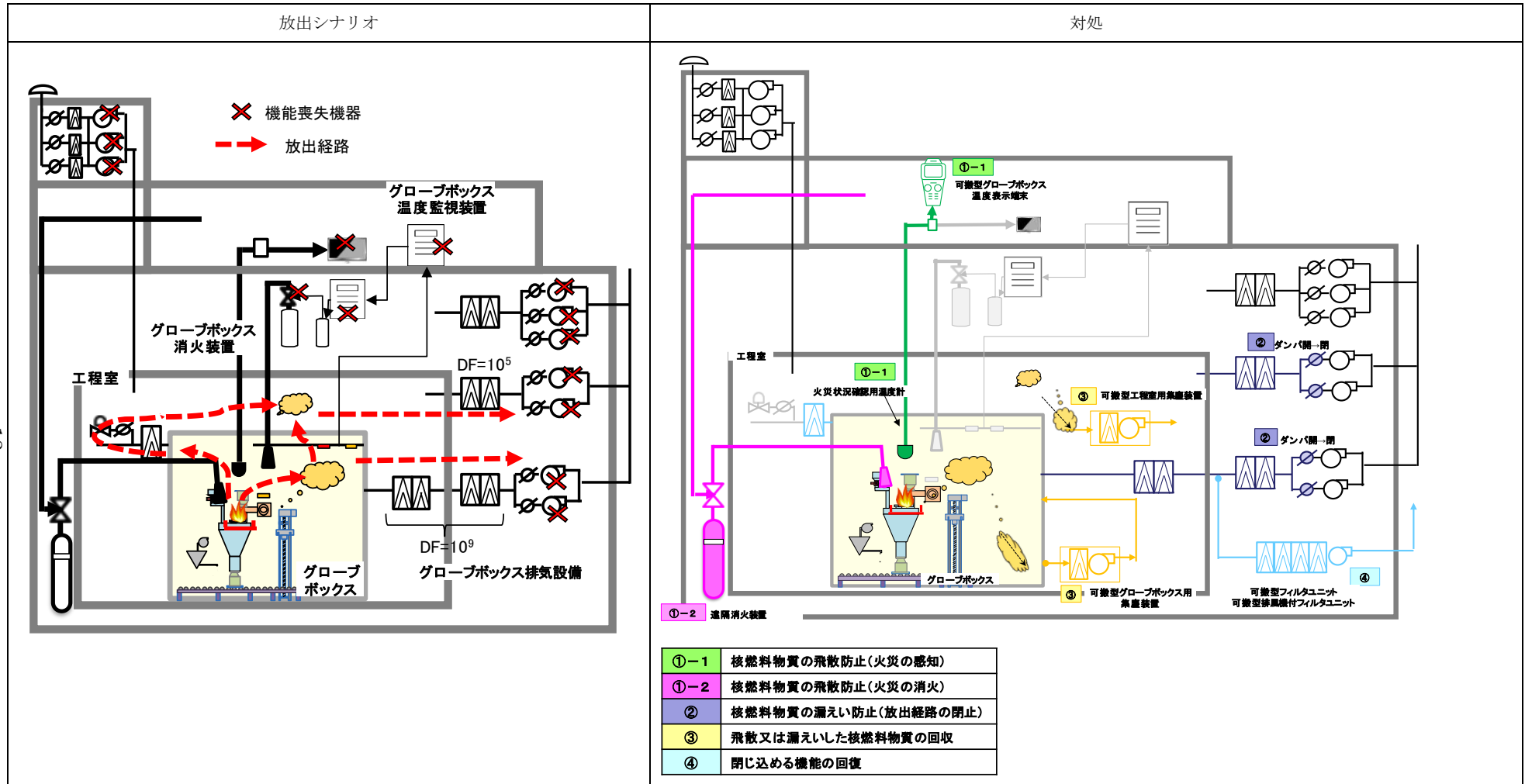
分類	設備等	安全機能	安全機能の性質	静的, 動的の分類	機能喪失による外部への放射性物質の放出への寄与	基準地震動の1.2倍の地震力での設計
④ プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス等を直接収納する構築物及びその換気設備	① の設備を設置する室等	MOXの過度の放出防止機能	拡大防止等	静的機能	×	○
	工程室排気設備 (上記の部屋から工程室排気フィルタユニットまでの範囲)	排気経路の維持機能	拡大防止等	静的機能	×	○
	工程室排気フィルタユニット	MOXの捕集・浄化機能	拡大防止等	静的機能	×	○
⑤ 非常用電源設備	非常用所内電源設備	安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能	拡大防止等	動的機能	×	—
⑥ 核的, 熱的制限値を有する設備・機器及び当該制限値を維持するための設備・機器	平板厚さを核的制限値とする単一ユニットの入口のゲート	核的制限値(寸法)の維持機能	発生防止	静的機能	○	—
	焼結炉内部温度高による過加熱防止回路等	熱的制限値の維持機能	発生防止	動的機能	×	—

第1表 MOX燃料加工施設における安全上重要な施設（3/3）

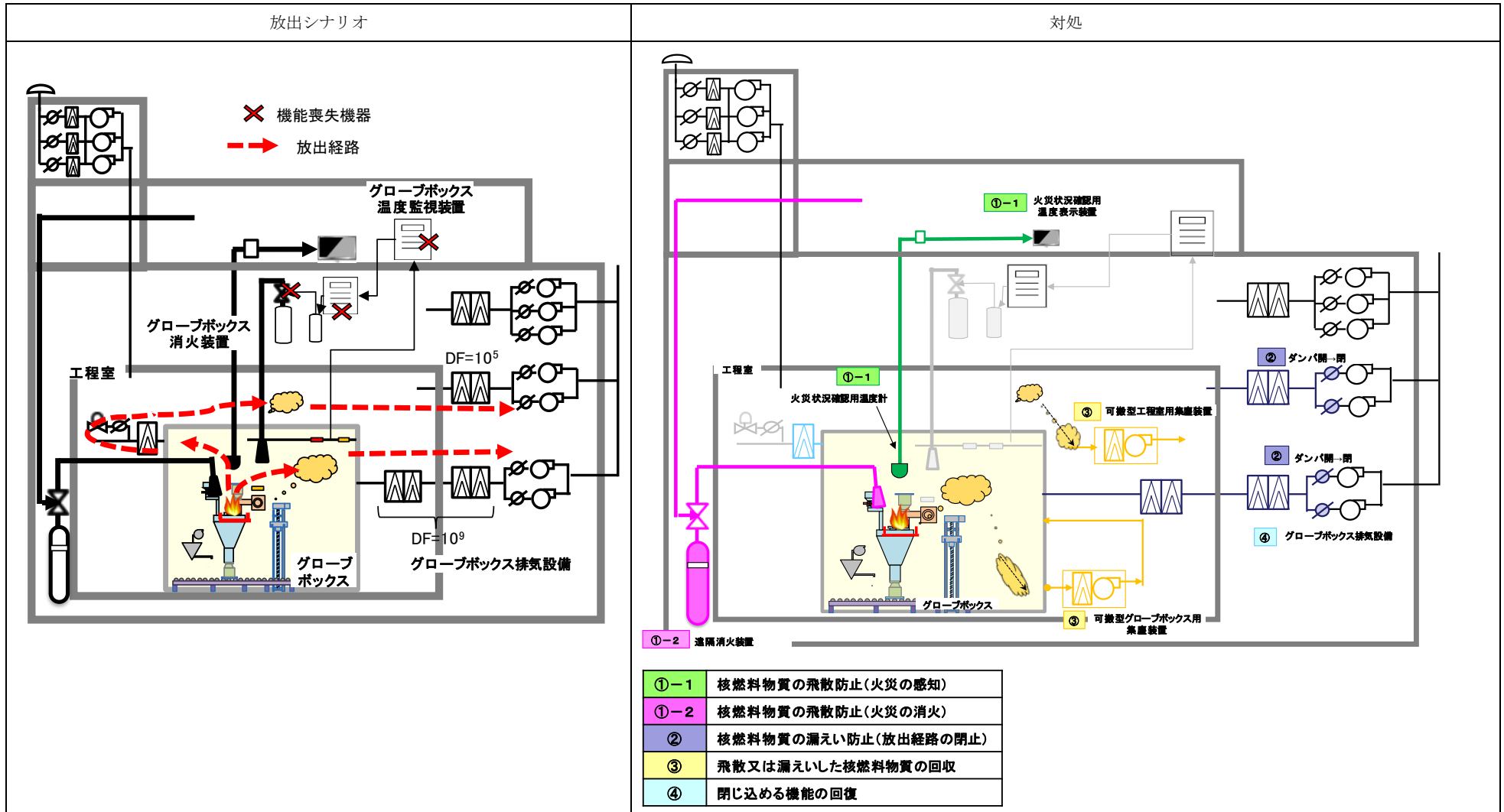
分類	設備等	安全機能	安全機能の性質	静的、動的の分類	機能喪失による外部への放射性物質の放出への寄与	基準地震動の1.2倍の地震力での設計
⑦ その他上記各設備等の安全機能を維持するために必要な設備・機器等のうち、安全上重要なもの	混合ガス水素濃度高による混合ガス供給停止回路及び混合ガス濃度異常遮断弁	安全に係るプロセス量等の維持機能 (混合ガス中の水素濃度)	拡大防止等	動的機能	×	—
	排ガス処理装置、排ガス処理装置グローブボックス等	閉じ込めに関連する経路の維持機能	発生防止 拡大防止等	静的機能	×	—
	排ガス処理装置の補助排風機等	安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能 (焼結炉内の負圧維持)	発生防止 拡大防止等	動的機能	×	—
	一時保管ピット、原料MOX粉末缶一時保管装置、粉末一時保管装置、ペレット一時保管棚、スクラップ貯蔵棚、製品ペレット貯蔵棚、燃料棒貯蔵棚、燃料集合体貯蔵チャンネル	安全に係る距離の維持機能(単一ユニット相互間の距離維持)	発生防止	静的機能	○	—
	グローブボックス温度監視装置、グローブボックス消火装置等	グローブボックスの閉じ込め機能の維持機能	拡大防止等	動的機能	○	—
	グローブボックス排気設備のうちグローブボックスの給気側 (閉じ込め機能維持に必要な範囲)	グローブボックスの閉じ込め機能の維持機能	拡大防止等	静的機能	×	○ (重大事故の発生を仮定するグローブボックスに関する範囲)



第1図 設計基準事故の放出シナリオ及び対処



第2図 重大事故（外的事象）の放出シナリオ及び対処



第3図 重大事故（内的事象）の放出シナリオ及び対処

第1表 MOX燃料加工施設の特徴

核燃料物質の特徴	放射性物質である核燃料物質の形態は粉末あるいはペレット等の固体であり、化学的に安定している。
	通常時の核燃料物質の取扱い状態においては、工程における核燃料物質は安定な状態である。
	MOX燃料加工施設で取り扱うMOXの崩壊熱の影響は小さい。
その他の特徴	燃料製造における工程は乾式工程であり、有機溶媒等を多量に取り扱う工程はなく、化学反応による物質の変化及び発熱が生ずるプロセスはない。
	製造工程において、高温、高圧の流体、腐食性の流体を取り扱わない。
	焼結炉及び小規模焼結処理装置に供給する水素・アルゴン混合ガスの水素濃度は9 vol%以下である。

第2表 安全設計の考え方

分類	設計における考慮	外部への放出への影響
安全上重要な施設の設定	物理的なバウンダリ及びそれに繋がる排気設備以外の安全上重要な施設は、支援機能等の目的で安全上重要な施設とする。	物理的なバウンダリ及びそれらの排気設備以外の安全上重要な施設は、その機能喪失によって直接的に外部への放射性物質の放出、過度の被ばくに繋がるものではない。
負圧の維持	グローブボックス内、工程室内、建屋内は通常時には負圧を維持する。	安全上重要な施設の支援機能である非常用電源については、冷却機能等の常時機能を期待する動的機器がないこと、異常時等には工程停止、排風機停止等を行うことから、機能喪失によって外部への放出に繋がる事象に至るものではない
崩壊熱の除去	冷却機能等の常時機能を期待する動的機器を必要としない。	
落下に対する考慮	燃料集合体、混合酸化物容器については、取扱い高さを制限することにより破損しない設計とする。	燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器は、仮に落下したとしても、外部への放出には至らない。