

【公開版】

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

設計基準事故及び重大事故の選定等の考え方

第15条：設計基準事故の拡大の防止

第22条：重大事故等の拡大の防止等



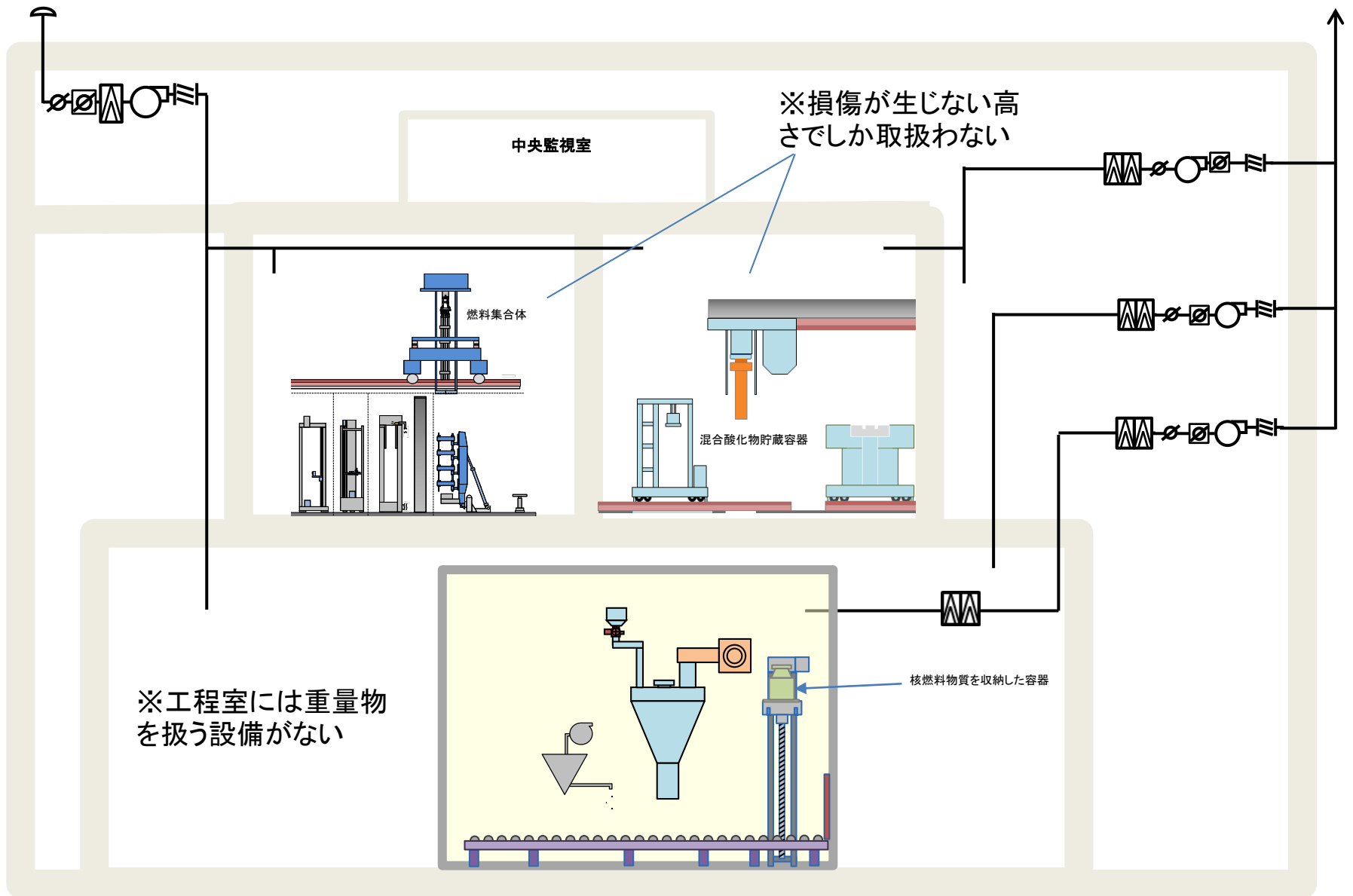
日本原燃株式会社

令和2年6月5日

1. 設計基準事故の選定の考え方

- 設計基準事故としては、核燃料物質を取扱う全ての箇所を対象として、核燃料物質による臨界と閉じ込め機能の不全を検討する。
- 閉じ込め機能の不全については、MOX燃料加工施設の特徴(バッチ処理, 過渡変化がない)を踏まえ、外部への放射性物質の放出に繋がる事象又はその可能性のある事象を設計基準事故の候補として選定する。
 - i. グローブボックス内外での重量物等の落下によるグローブボックスの破損
 - ii. 燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器の落下による室等への核燃料物質の飛散, 漏えい
 - iii. グローブボックス内での容器の落下等による核燃料物質の飛散
 - iv. グローブボックスから工程室への漏えいに繋がるグローブボックス排風機の機能喪失
 - v. 外部に放射性物質を放出する駆動力となり得る火災, 爆発
- MOX燃料加工施設では、施設の特徴(バッチ処理, 過渡変化なし)を考慮し、以下の2種類の安全設計の考え方に分けられる。
 - ✓ PSのみで安全設計を行う設備(臨界の場合は、事業許可基準規則において臨界事故を防止するために必要な設備を設けることを要求しており、その発生が想定される場合において拡大防止等を講じるとしMSを要求する条件が限定されている: 多様性による発生防止に対する堅牢性を確保)
 - ✓ PSとMSの組み合わせで安全設計を行う設備
- 上記に対して、設計基準事故(候補となる事象を含む)の発生を想定し、平常時の放出を超えるような事故を設計基準事故として選定する。

1. 設計基準事故の選定の考え方



1. 設計基準事故の選定の考え方

- 設計基準事故(候補となる事象を含む)の要因としては、外的事象と内的事象がある。
- 外的事象に対しては、設計基準として想定される規模に対して安全機能を喪失しないように設計することから、機能喪失の要因とならないと想定する。
- 内的事象として、動的機器の単一の故障、誤動作、誤操作(以下「動的機器の単一の故障等」という)、短時間の全交流電源喪失、溢水、内部発生飛散物が想定される。このうち、溢水、内部発生飛散物については発生防止対策を講じるとともに、設計基準として想定される規模に対して安全機能を喪失しないように設計することとしていることから機能喪失の要因とならないと想定する。なお、腐食性流体を取扱っていないことなどから配管破断による漏えいは想定されない。
- 上記を踏まえ、動的機器の単一の故障等、短時間の全交流電源喪失を考慮した事象の発生を想定し、平常時の放出を超えるような事故を設計基準事故として選定する。
- この際、物理的、化学的にその発生が想定されないものは設計基準事故として取扱わないものとする(爆発、グローブボックス内外での重量物等の落下によるグローブボックスの破損、燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器の落下による核燃料物質の飛散、漏えい)。
- PSのみの場合は、PSの機能に対して動的機器の単一の故障等、短時間の全交流電源喪失を考慮し、異常事象又は事故の発生の可能性を確認し、発生の可能性がある事象については設計基準事故の候補として選定する。
- PSとMSの組み合わせの場合は、事故事象に対するPS及びMSの設備を整理した上で、PSの機能喪失により事象が発生したことを想定し、MSの安全設計の妥当性を確認するために、設計基準事故の候補として選定する。
- 設計基準事故の候補に対して、平常時を超える外部への放射性物質を放出に繋がる事象である場合は、設計基準事故として選定し、MSの設計の妥当性確認としてMSに対して動的機器の故障等を想定し、事故評価を行う。

1. 設計基準事故の選定の考え方

事象	PS	MS	①化学的物理的に事象が発生するか	②PSが機能喪失するか	③平常時を超える外部への放射性物質の放出につながる事象か	設計基準事故の選定
核燃料物質による臨界	臨界管理用計算機、運転員の確認等による誤搬入防止機構	— (MSなし)	MOX 燃料加工施設では多量の核燃料物質を取り扱うことから発生は想定される。	設備による多様なPS及び運転員による確認を行うことから、PSの機能喪失は想定しない。	—	—
閉じ込め機能の不全(火災)	グローブボックス内の窒素雰囲気等	火災の感知・消火	可燃物があることから火災の発生は想定される。	—	取扱核燃料物質がMOX粉末の場合、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おそれがある。	○
閉じ込め機能の不全(爆発)	過加熱防止回路等による炉内への空気の混入防止	— (MSなし)	MOX 燃料加工施設で取り扱う水素ガスは、水素濃度9vol%以下であるため、物理的に爆発は発生しない。	—	—	—
閉じ込め機能の不全(燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器の落下による核燃料物質の飛散、漏えい/重量物の落下によるグローブボックスの破損)	落下防止機構等	— (MSなし)	・燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器は落下しても損傷しない高さで取り扱うことにより、核燃料物質が飛散漏えいすることはない。 ・重量物が落下しても、グローブボックスは破損しない。	—	—	—
閉じ込め機能の不全(容器の転倒又は落下による核燃料物質の漏えい)		— (MSなし) ※工程を停止、排風機を停止することで外部への放出を防止可能	核燃料物質を収納した容器が落下又は転倒することにより、核燃料物質が飛散することが想定される。	PSの機能喪失を想定する。	グローブボックス等内で核燃料物質が飛散したとしても、外部への放射性物質の放出に至る駆動力はないため、平常時を超える放出には至らない。	—
閉じ込め機能の不全(グローブボックス排風機の機能喪失)	グローブボックス排風機	— (MSなし) ※工程の停止により外部への放出を防止可能	負圧を維持する機器の故障等により、負圧が異常になることが想定される。	PSの機能喪失を想定する。	グローブボックス等内の負圧が喪失したとしても、外部への放射性物質の放出に至る駆動力はないため、平常時を超える放出には至らない。	—

2. 重大事故の選定の考え方

- 重大事故としては、臨界事故と核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失を対象とする。閉じ込める機能の喪失については、設計基準事故での閉じ込め機能の不全の状態が継続する等により設計基準事故を超える事故に進展する可能性のあるものとする。
- 設計基準事故の選定と同様に、PSのみで安全設計を行う設備とPSとMSの組み合わせで安全設計を行う設備を分けて評価を行い、要因を考慮した異常事象の発生を想定し、設計基準事故を超える事故に進展する可能性のあるものを重大事故として選定する。
- この際、物理的、化学的にその発生が想定されないものは重大事故として取扱わないものとする。
- 要因としては、外的事象と内的事象がある。
- 外的事象については、設計基準で想定した条件を超える条件が想定されるものを考慮する。この条件の想定において、予め想定され事前の対処を行うことによって要因とならないものは対象としない(森林火災(草原火災)、火山の影響、積雪)。
- 内的事象については、動的機器の単一の故障等、短時間の全交流電源喪失を超える条件として、動的機器の多重の故障等、長時間の全交流電源喪失を考慮する。
- PSのみの場合は、PSの機能に対して動的機器の多重の故障等、長時間の全交流電源喪失を考慮し、事故の発生の可能性を確認する。
- PSとMSの組み合わせの場合は、異常事象の発生とPSの機能喪失を想定し、その上で動的機器の多重の故障等、長時間の全交流電源喪失を考慮し、事故の発生の可能性を確認する。ただし、想定した異常事象と同時に発生する可能性の想定されない要因については対象としない。
- 事故の発生が想定されるもののうち、設計基準事故を超える事故に至る可能性がある場合には、多量に放射性物質が外部に放出される状態になるものを重大事故として特定する。

2. 重大事故の選定の考え方

事象	PS	MS	①化学的物理的に事象が発生するか	②PSが機能喪失するか	③MSが機能喪失するか	④平常時を超える外部への放射性物質の放出につながる事象か	重大事故の特定
臨界事故	臨界管理用計算機、運転員の確認等による誤搬入防止機構	— (MSなし)	MOX 燃料加工施設では多量の核燃料物質を取り扱うことから発生は想定される。	設備による多様なPS 及び運転員による確認を行うことから、PS の機能喪失は想定しない。	—	—	—
閉じ込める機能の喪失(火災)	グローブボックス内の窒素雰囲気等	火災の感知・消火	可燃物があることから火災の発生は想定される。	—	火災の感知・消火に関する設備の機能喪失を想定する。	取扱核燃料物質がMOX 粉末の場合、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おそれがある。	○
閉じ込める機能の喪失(爆発)	過加熱防止回路等による炉内への空気の混入防止	— (MSなし)	MOX 燃料加工施設で取り扱う水素ガスは、水素濃度9vol% 以下であるため、物理的に爆発は発生しない。	—	—	—	—
閉じ込める機能の喪失(燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器の落下による核燃料物質の飛散、漏えい/重量物の落下によるグローブボックスの破損)	落下防止機構等	— (MSなし)	・燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器は落下しても損傷しない高さで取り扱うことにより、核燃料物質が飛散、漏えいすることはない。 ・重量物が落下しても、グローブボックスは破損しない。	—	—	—	—
閉じ込める機能の喪失(容器の転倒又は落下による核燃料物質の飛散)		— (MSなし)	核燃料物質を収納した容器が落下又は転倒することにより、核燃料物質が飛散することが想定される。	PS の機能喪失を想定する。	—	グローブボックス等内で核燃料物質が飛散したとしても、外部への放射性物質の放出に至る駆動力はないため、平常時を超える放出には至らない。	—
閉じ込める機能の喪失(グローブボックス排風機の機能喪失)	グローブボックス排風機	— (MSなし)	負圧を維持する機器の故障等により、負圧が異常になることが想定される。	PS の機能喪失を想定する。	—	グローブボックス等内の負圧が喪失したとしても、外部への放射性物質の放出に至る駆動力はないため、平常時を超える放出には至らない。	—

3. 重大事故等の有効性評価の検討状況

これまでの審査会合等にて、「事故条件や放出量評価に係るパラメータについて具体的な検討が不足しているため、対処や放出量評価の有効性評価が十分に確認できない」とのご指摘を頂いていると認識しており、現在、以下の検討を実施している。



- 火災の発熱速度，燃焼時間等に基づき，グローブボックス内温度及び圧力のパラメータの時間変化に係る分析
- 上記検討結果及び外部への放射性物質の放出へ至る経路の分析，その結果を踏まえた対処完了までに，放射性物質が外部へ放出される可能性のある経路に係る分析
- グローブボックス内における現実的なMOX粉末の取り扱い環境を踏まえ，火災影響により気相へ移行する放射性物質量の評価，上記で分析した経路での放出量の評価

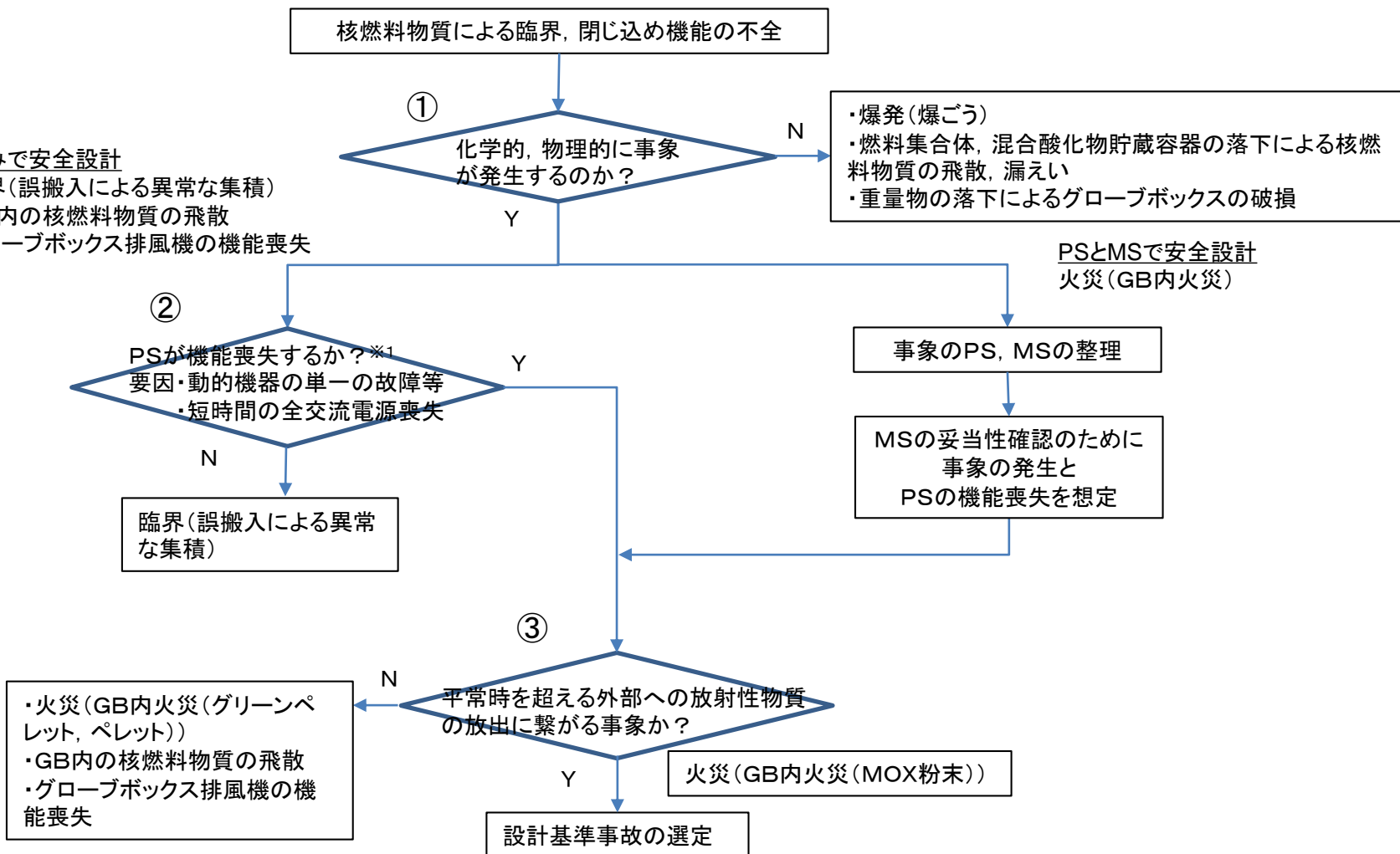
以上の評価により，対処の有効性を示す。

以降, 参考

設計基準事故の選定の考え方(フロー)

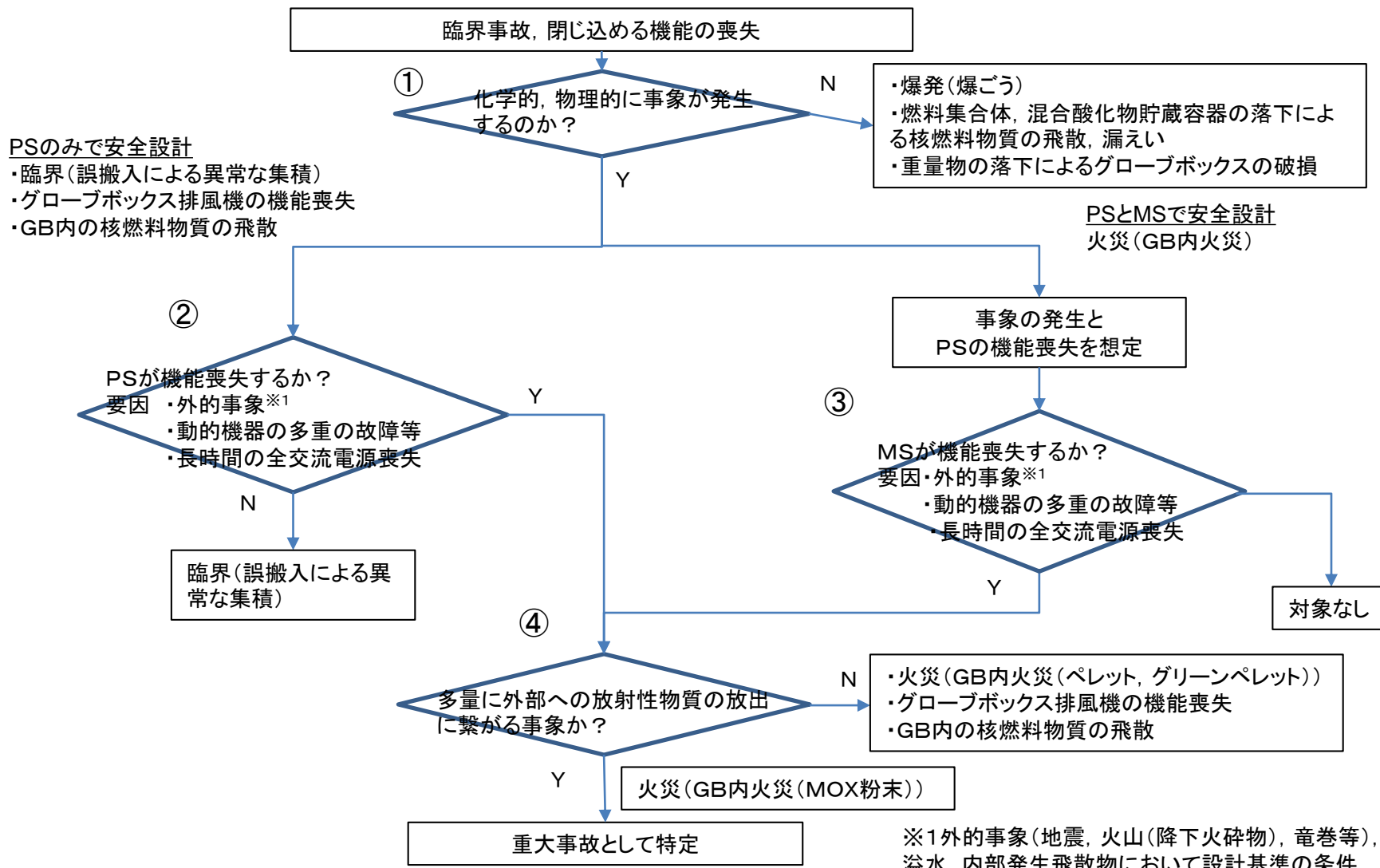
PSのみで安全設計

- ・ 臨界(誤搬入による異常な集積)
- ・ GB内の核燃料物質の飛散
- ・ グローブボックス排風機の機能喪失



※1 設計基準で想定される外的事象(地震, 火山の影響, 竜巻等), 溢水, 内部発生飛散物は, 機能喪失の要因とならないと想定

重大事故の選定の考え方(フロー)



※1 外的事象(地震, 火山(降下火砕物), 竜巻等), 溢水, 内部発生飛散物において設計基準の条件を超える条件が想定され, 機能喪失に影響するもの

設計基準事故と重大事故の事故規模の想定等

事象	設計基準事故の選定	重大事故の選定
臨界	誤搬入防止機能での複数の誤動作, 誤操作による1回の誤搬入	誤搬入防止機能での複数の誤動作, 誤操作による複数回の誤搬入
火災	グローブボックス内で火災が発生, 感知・消火機能の単一故障を想定⇒消火実施	グローブボックス内で火災が発生, 感知・消火機能の機能喪失による火災の継続
爆発	物理的に爆発は発生しない	左記と同じ
燃料集合体, 混合酸化物貯蔵容器の落下による核燃料物質の飛散, 漏えい/重量物の落下によるグローブボックスの損傷	<ul style="list-style-type: none"> 燃料集合体, 混合酸化物貯蔵容器の落下により核燃料物質の飛散, 漏えいは発生しない 重量物の落下によりグローブボックスは損傷しない 	左記と同じ
容器の転倒又は落下による核燃料物質の漏えい	グローブボックス内で容器が転倒又は落下により粉末のグローブボックス内への漏えい	設計基準事故の想定を超えず, 多量の外部への放射性物質の放出に繋がらない
グローブボックス排風機の機能喪失	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の負圧低下が発生, グローブボックスから工程室に核燃料物質が漏えい, 工程室排気設備から核燃料物質が外部に放出	設計基準事故の想定を超えず, 多量の外部への放射性物質の放出に繋がらない

- 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を踏まえて要因となるおそれのある自然現象等として下表のものを抽出。

事象	設計基準の条件	設計基準の条件を超える条件	事故の要因としての考慮
地震	基準地震動による地震力	基準地震動を超える地震力	1. 2Ss に対して機能維持ができない設備の損傷等を考慮 ⇒起因としての考慮要
森林火災(草原火災)	敷地外の発火源からの火災を想定, 防火帯による延焼防止	防火帯を超える火災を考慮	事前散水により延焼防止を図る ⇒起因としての考慮不要
火山の影響(降下火砕物, 降灰濃度)	設計基準規模の降灰荷重を考慮 設計基準規模の降下火砕物濃度を考慮	設計基準規模を超える降灰量の発生, 降下火砕物濃度を考慮	除灰により設計基準の荷重を超えないよう対処 ⇒起因としての考慮不要 フィルタの目詰まりにより非常用所内電源設備の機能喪失⇒起因としての考慮要
積雪	設計基準規模の積雪荷重を考慮	設計基準規模を超える積雪量を考慮	除雪により設計基準の荷重を超えないよう対処 ⇒起因としての考慮不要

①化学的, 物理的に事象が発生するのか?

- グローブボックス内の窒素雰囲気, 潤滑油の機器への収納, 不燃性材料・難燃性材料の使用などの発生防止対策を講じており技術的な発生は想定しがたいが, グローブボックス内で潤滑油を取扱うことから, 物理的に事象が発生することを完全には否定できないため, 技術的想定を超えたものとして発生を想定する。

③MSが機能喪失するか?(要因・外的事象, 動的機器の多重の故障等, 長時間の全交流電源喪失)

- 外的事象のうち地震は, 1. 2Ssで機能維持ができない機器は機能喪失する, 地震による火災の発生が否定できないため要因として想定
- 外的事象のうち火山は, 降灰予報により事前に事象が予測できるため, 工程停止等の措置を講じることで火災の発生可能性を低減可能であり, 火山と火災の同時発生が想定されないため, 要因として想定しない
- 内的事象のうち多重の故障等は, 火災発生時に想定すると感知・消火ができないため要因として想定
- 内的事象のうち長時間の全交流電源喪失については, 火災の発生と同時に全交流電源喪失(外部電源喪失+非常用電源の機能喪失)が発生することは想定できないため, 要因としては想定しない。ただし, 全交流電源喪失が発生した場合には, 感知・消火の機能維持が確認できない(監視機能の喪失)ため, 重大事故発生の可能性を確認すべき状況として手順等で考慮