

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



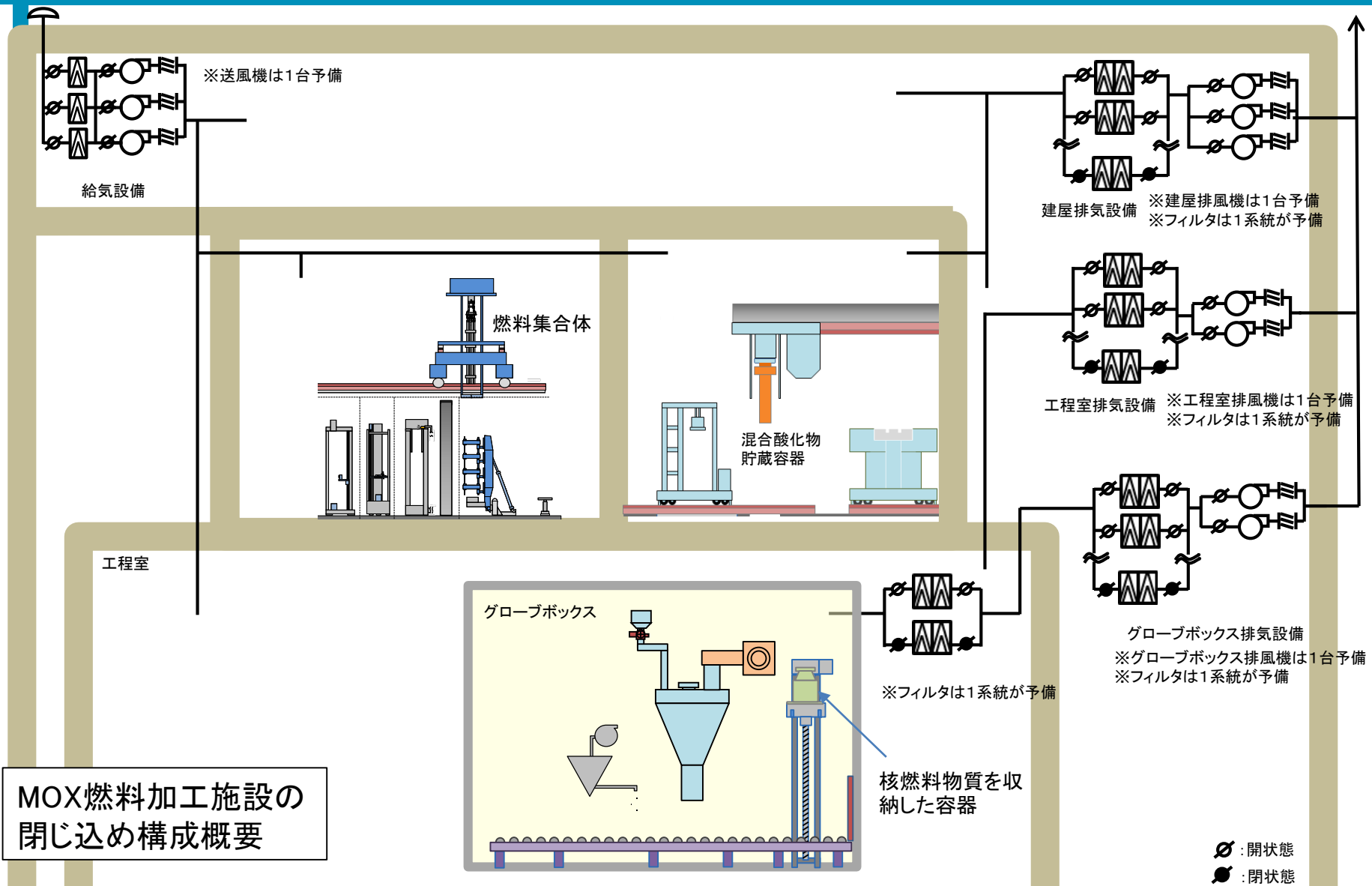
日本原燃株式会社

令和2年6月9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, プロセスにおいて化学的な変化等がない)を踏まえ、網羅的に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の落下, 内部発生飛散物でのグローブボックスの破損による核燃料物質の漏えい
 - ii. 燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器, 粉末缶の落下による室への核燃料物質の漏えい
 - 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. グローブボックス排風機の機能喪失によるグローブボックスから工程室への漏えい
 - v. 駆動力となり得る火災, 爆発による外部への放射性物質の放出
- 閉じ込めに係る安全機能を有する設備として、捕集・浄化機能を担うフィルタがあるが、フィルタは静的機器であり設計基準で想定する地震力に対して機能維持ができる設計であること、予備を考慮した切り替え等を行うことでその機能を維持できる設計とすることから、その機能喪失は外部への放出に繋がる事象として考慮する必要がないとして整理する。

1. 設計基準事故の選定の考え方



MOX燃料加工施設の閉じ込め構成概要

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、内部火災が想定される。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。
- また、内部火災については、内的事象としてではなく、設計基準事故に繋がる可能性のある駆動力を伴う事象として火災を想定する。なお、配管破断による漏えいについては、腐食性流体を取扱っていないこと、高温・高圧ではないこと等から内的事象として機能喪失の要因とならないと想定する。
- 上記を踏まえ、動的機器の単一故障等、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(グローブボックス内外での重量物の落下、内部発生飛散物でのグローブボックスの破損による核燃料物質の漏えい、燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器、粉末缶の落下による室への核燃料物質の漏えい、駆動力となり得る火災、爆発による外部への放射性物質の放出(爆発))。

※平常時の放出については年間の線量で評価し、管理する。

1. 設計基準事故の選定の考え方

- MOX燃料加工施設では、施設の特徴(バッチ処理, プロセスにおいて化学的な変化等がない)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: 静的な核的制限値の維持機能に加え、機械的、人的による多様性を確保した複数のチェック、動作、操作を組み合わせることにより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
- PSのみの場合は、PSの機能に対して動的機器の単一故障等、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するとともに、動的機器の単一故障等を要因として想定し、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。なお、短時間の全交流電源喪失はPSの機能喪失の前提に含まれており、MSの機能喪失の要因としては重ね合わせは考慮しない。
- 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、動的機器の故障等を想定し、事故評価を行う。

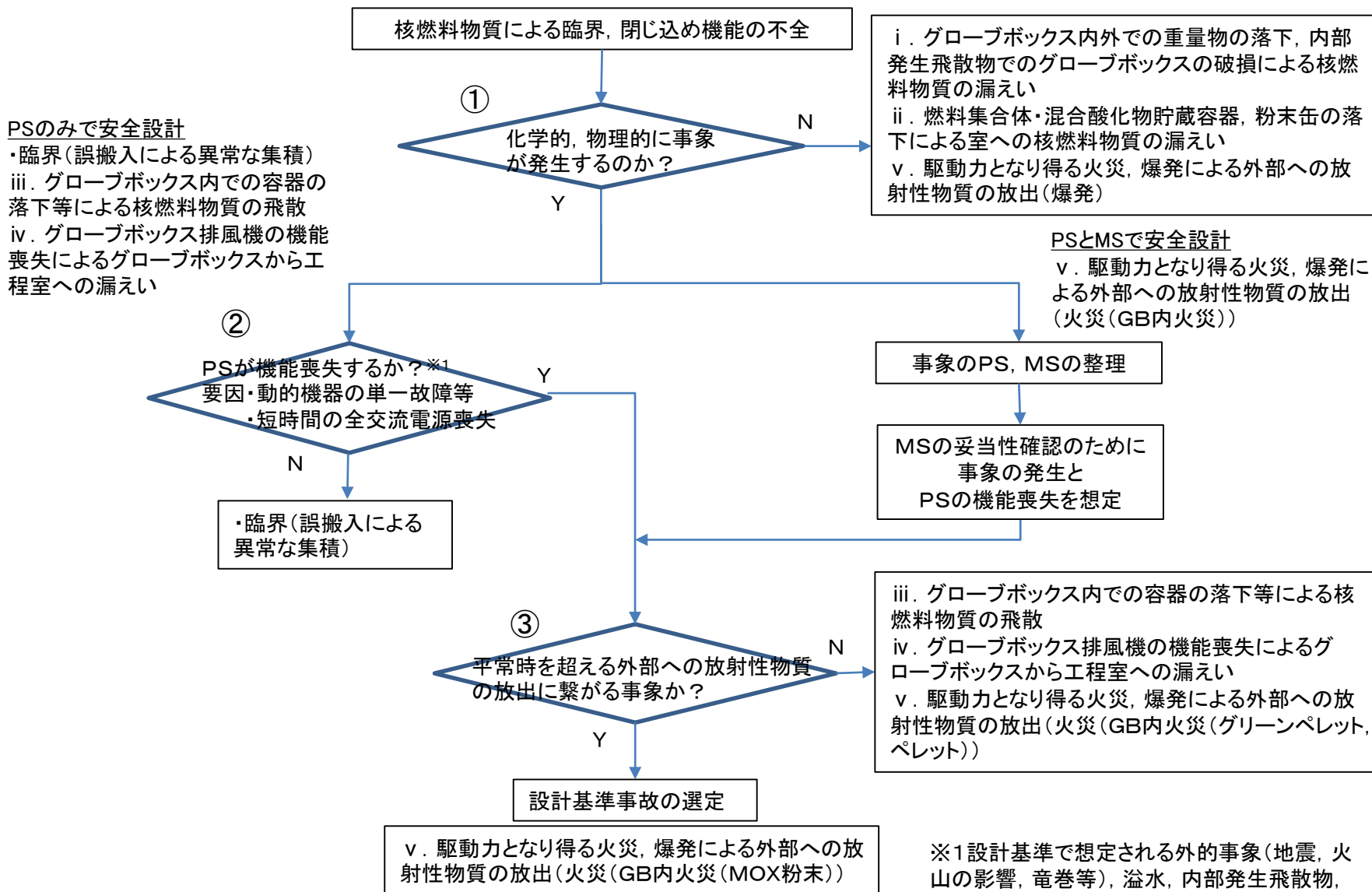
1. 設計基準事故の選定の考え方

分類	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
臨界	核的制限値の維持機能 誤搬入防止機構	—	対象事象として想定する。	5段階の機械と人の確認を行っているものに対し、複数の誤動作、誤操作、誤作動による誤搬入を想定しても、未臨界質量を超えることはなく、核燃料物質が集積して最適臨界条件に達することはないことから、臨界は発生しない。	—	—
i. グローブボックス内外での重量物の落下、内部発生飛散物でのグローブボックスの破損による核燃料物質の漏えい	落下防止機構等	排風機、フィルタ	以下の理由により発生しない。 ・MOX粉末を取り扱うグローブボックス内では重量物を取扱うクレーンがない。 ・MOX粉末を取扱うグローブボックス内で容器が落下等しても架台等の影響によりグローブボックスを破損させることがない。 ・内部発生飛散物(回転機器)は、過回転防止等により、その発生を防止するとともに、回転羽根が飛散物になった場合でもケーシング等で飛散しない。 ・工程室内には重量物を取扱うクレーン等の設備がない。	—	—	—
ii. 燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器、粉末缶の落下による室への核燃料物質の漏えい	落下防止機構等	フィルタ	燃料集合体、混合酸化物貯蔵容器、粉末缶は取扱う高さを制限しており、落下しても核燃料物質の漏えいは発生しない。	—	—	—

1. 設計基準事故の選定の考え方

分類	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
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	落下防止機構等	フィルタ, グローブボックス排風機, 排気経路	対象事象として想定する。	容器昇降装置の単一故障等による機能喪失を想定する。	グローブボックス内に粉末が飛散するが, フィルタの捕集・浄化機能により平常時の線量を超えないことがあきらかである。	—
iv. グローブボックス排風機の機能喪失によるグローブボックスから工程室への漏えい	グローブボックス排風機	工程停止, 工程室排風機停止, フィルタ	対象事象として想定する。	単一故障等による機能喪失を想定する。	排風機の機能喪失によりグローブボックス内の粉末が飛散することは発生せず, 工程室に漏えいする核燃料物質の量はわずかであることに加え駆動力がなく外部への放出に至らないこと, さらにフィルタの捕集・浄化機能により平常時の線量を超えないことがあきらかである。	—
v. 駆動力となり得る火災, 爆発による外部への放射性物質の放出 ◆ 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	窒素雰囲気, 潤滑油の機器への収納, 不燃性材料・難燃性材料の使用等の発生防止対策を講じており技術的な発生は想定しにくい, 火災の発生を想定してMS設計を講じていることから, 対象事象として想定する。	MSの妥当性確認のためPSの機能喪失と異常事象の発生を想定する。	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。	○ 潤滑油を有LMOX粉末を露出した状態で取扱うグローブボックス(8基)における単一火災 ⇒感知・消火の単一故障等を想定して事故評価
v. 駆動力となり得る火災, 爆発による外部への放射性物質の放出 ◆ 爆発	過加熱防止回路等による炉内への空気の混入防止	—	MOX燃料加工施設で取り扱う水素・アルゴン混合ガスは, 水素濃度9vol%以下であるため, 物理的に爆発は発生しない。	—	—	—

設計基準事故の選定の考え方(フロー)



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として考慮した以下の項目全てを対象として、そ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。
 - i. グローブボックス内外での重量物の落下、内部発生飛散物でのグローブボックスの破損による核燃料物質の漏えい
 - ii. 燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器、粉末缶の落下による室への核燃料物質の漏えい
 - 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. グローブボックス排風機の機能喪失によるグローブボックスから工程室への漏えい
 - v. 駆動力となり得る火災、爆発による外部への放射性物質の放出
- 重大事故の要因としては、外的事象と内的事象がある。
- 外的事象としては、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を、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として考慮する。
- また、設計基準の条件を超える条件が想定される自然現象等のうち、予めその発生等が想定され事前の対処を行うことによって要因となることが防げるものは要因とならないと想定する。(森林火災(草原火災)に対する事前散水、火山の影響(降下火砕物)に対する除灰、積雪に対する除雪)。
- 上記の結果、外的事象としては、地震と火山の影響(降下火砕物濃度)を考慮する。(基準地震動を超える地震力を想定し、1.2Ssで機能維持できないものは機能喪失を考慮。設計基準規模を超える降下火砕物濃度を想定し、フィルタの目詰まりによる機能喪失を考慮)

2. 重大事故の選定の考え方

- 内的事象については、設計基準事故で想定した動的機器の単一故障等、短時間の全交流電源喪失を超える条件として、動的機器の多重故障等、長時間の全交流電源喪失を考慮し、設計基準事故を超える事故に進展する可能性のある事故を選定する。配管破断による漏えいについては、設計基準事故の選定の想定と同様、機能喪失の要因とならないと想定する。
- 設計基準事故の選定と同様に、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(グローブボックス内外での重量物の落下、内部発生飛散物でのグローブボックスの破損による核燃料物質の漏えい、燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器、粉末缶の落下による室への核燃料物質の漏えい、駆動力となり得る火災、爆発による外部への放射性物質の放出(爆発))。
- 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の2種類の安全設計の考え方を踏まえて評価を行い、外的事象、内的事象の要因を考慮した場合に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、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。
- PSのみの場合は、PSの機能に対して外的事象、動的機器の多重故障等、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し、事故の発生が想定されるものについては、設計基準事故を超える事故に至る可能性、多量に放射性物質が外部に放出される状態になる事故かを確認し、重大事故を特定する。
- PSとMSの組み合わせの場合は、PSの機能喪失により事象が発生したことを想定するとともに、MSの機能に対して外的事象、動的機器の多重故障等(長時間の全交流電源の喪失を含む。)を要因として想定し、事故の発生の可能性を確認し、事故の発生が想定されるものについては、設計基準事故を超える事故に至る可能性、多量に放射性物質が外部に放出される状態になる事故かを確認し、重大事故を特定する。

2. 重大事故の選定の考え方

分類	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多量に外部への放射性物質の放出に繋がる事象か	重大事故の特定
臨界	核的制限値の維持機能 誤搬入防止機構	—	対象事象として想定する。	地震、火山の影響：機器の停止等により搬入が行われなくなるため臨界は発生しない。 多重故障等：5段階の機械と人の確認において複数の誤動作、誤操作、誤作動による誤搬入を複数回想定しても、臨界は発生しない。	—	—	—
i. グローブボックス内外での重量物の落下、内部発生飛散物でのグローブボックスの破損による核燃料物質の漏えい	落下防止機構等	排風機、フィルタ	発生しないとする状態については設計基準事故の選定における想定と変わらない。	—	—	—	—
ii. 燃料集合体・混合酸化物貯蔵容器、粉末缶の落下による室への核燃料物質の漏えい	落下防止機構等	フィルタ	発生しないとする状態については設計基準事故の選定における想定と変わらない。	—	—	—	—

2. 重大事故の選定の考え方

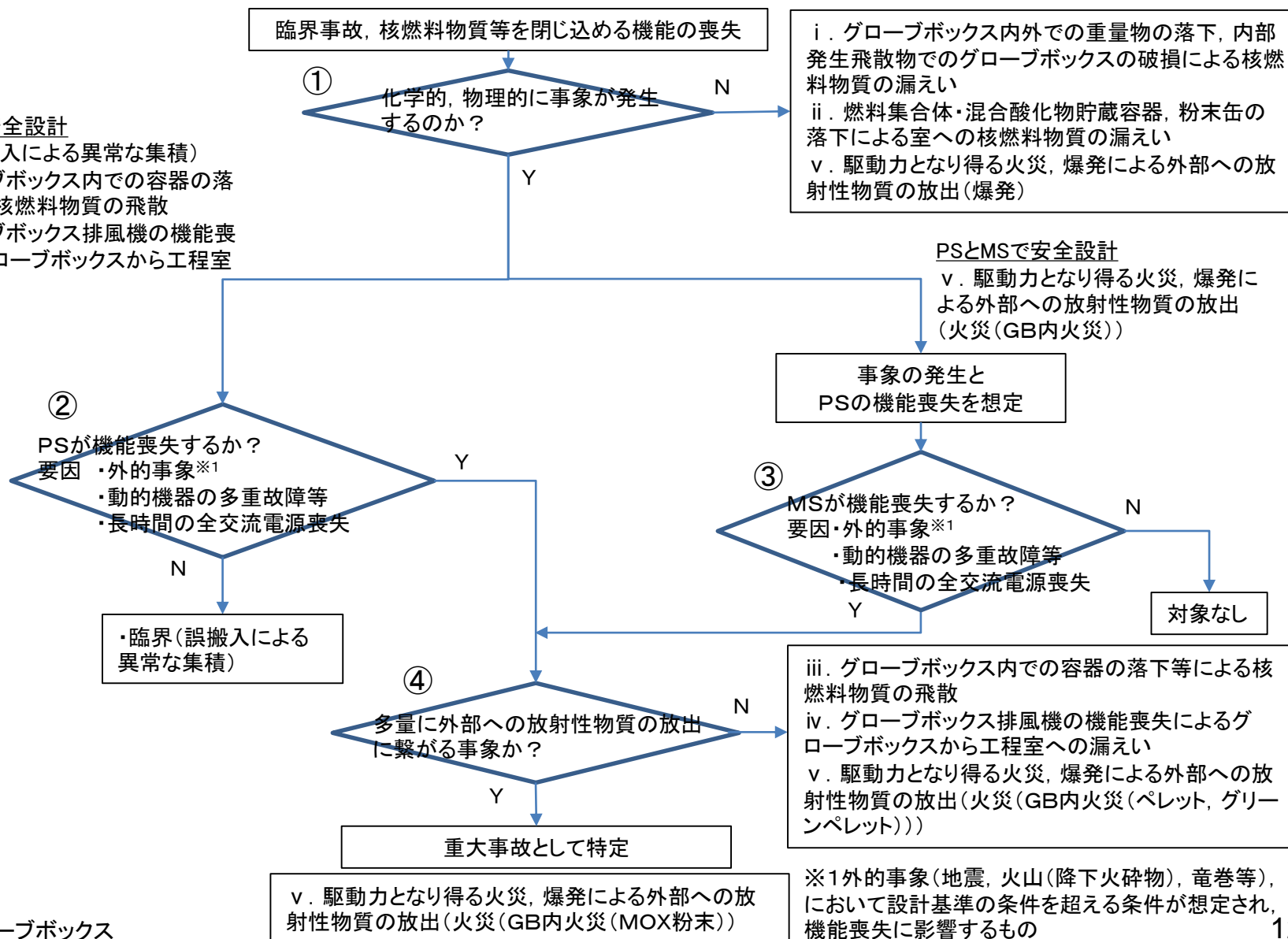
分類	PS	MS	①化学的物理的に事象が発生するか	②PSが機能喪失するか	③MSが機能喪失するか	④多量に外部への放射性物質の放出に繋がる事象か	重大事故の特定
iii. グローブボックス内での容器の落下等による核燃料物質の飛散	落下防止機構等	フィルタ, グローブボックス排風機, 排気経路	対象事象として想定する。	多重故障等: 容器昇降装置の故障等による機能喪失を想定する。	—	設計基準事故の選定で想定した状況を超えないことがあきらかである。	—
iv. グローブボックス排風機の機能喪失によるグローブボックスから工程室への漏えい	グローブボックス排風機	工程停止, 工程室排風機停止, フィルタ	対象事象として想定する。	多重故障等: 排風来の機能喪失を想定する。	—	設計基準事故の選定で想定した状況を超えないことがあきらかである。	—
v. 駆動力となり得る火災, 爆発による外部への放射性物質の放出 ◆ 火災	グローブボックス内の窒素雰囲気等大規模な地震発生時の工程停止・排風機停止・電源遮断の措置, 降灰予報による工程停止等の措置(自然災害等への対応手順)	火災の感知・消火	発生防止を講じていることから, 火災発生条件を成立させることが技術的に困難であることから, その発生は想定しがたいが, 技術的な想定を超えてその発生を想定する。	PSの機能喪失と異常事象の発生を想定する。	地震: 感知・消火設備の機能喪失, 地震による火災の発生を想定する。 火山: 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。 多重故障等: 感知・消火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, 火災の発生と感知・消火設備の機能喪失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おそれがある。	○ 潤滑油を有しMOX粉末を露出した状態で取扱うGB(8基)における火災(外的: 8基同時火災, 内的: 単一火災)
v. 駆動力となり得る火災, 爆発による外部への放射性物質の放出 ◆ 爆発	過加熱防止回路等による炉内への空気の混入防止	—	発生しないとする状態については設計基準事故の選定における想定と変わらない。	—	—	—	—

重大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)
- 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. グローブボックス排風機の機能喪失によるグローブボックスから工程室への漏えい



GB: グローブボックス

※1 外的事象(地震, 火山(降下火砕物), 竜巻等), 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

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。

次回の審査会合において、重大事故の選定結果を踏まえた重大事故対処、手順、有効性評価についてこれまでの指摘事項等を踏まえて説明を行う。