

重大事故等の拡大の防止等の概要

1. MOX燃料加工施設の特徴

- (1) MOX燃料加工施設で取り扱う核燃料物質は、ウラン及びウランとプルトニウムの混合酸化物であり、化学的に安定している。また、燃料製造における工程は乾式工程であり、有機溶媒等を多量に取り扱う工程はなく、化学反応による物質の変化及び発熱が生ずるプロセスはない。
- (2) MOX燃料加工施設では、密封形態のMOXとして燃料棒及び混合酸化物貯蔵容器を取り扱う。また、作業環境中にMOXが飛散又は漏えいすることのないよう、MOX粉末、グリーンペレット及びペレットはグローブボックス等内で取り扱う。MOXの形態のうち、MOX粉末は飛散しやすく、気相中へ移行しやすい。このため、MOX粉末を取り扱うグローブボックスは、燃料加工建屋の地下3階及び地下2階に設置する。
- (3) MOX燃料加工施設で取り扱うMOXは崩壊熱が小さく、送排風機による除熱を期待しなくても、閉じ込め機能が損なわれて外部に放射性物質を放出する事故には至らない。
- (4) MOX燃料加工施設における加工工程は、バッチ処理であり、

各処理は独立している。このため、異常が発生したとしても工程停止の措置を講じれば停止時の状態が維持でき、異常の範囲は当該処理の単位に限定される。

- (5) 平常運転時における核燃料物質の閉じ込めについては、燃料加工建屋、工程室、グローブボックスの順に気圧を低くすることで、放射性物質の漏えいの拡大を防止する設計としているが、大きな事故に進展するおそれのある事象が発生した際は、必要に応じて全工程停止及び全送排風機を停止し、地下階においてグローブボックス等内にMOX粉末を静置させることで、核燃料物質を安定な状態に導くことができる。

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

2. 重大事故の発生を仮定する際の条件の設定

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も厳しい条件の下において発生する事故であって、MOX燃料加工施設においては、臨界事故と核燃料物質を閉じ込める機能の喪失とされている。

これらの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重

大事故に対しては、対策を検討し、必要な設備、手順書及び体制を整備し、それらの有効性を評価する。したがって、重大事故の発生を仮定する機器の特定として、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。

安全機能の喪失を想定する対象は、公衆への著しい被ばく影響をもたらす可能性のある事故が重大事故であることを踏まえ、安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設とする。

安全上重要な施設の安全機能の喪失を特定するにあたり、設計基準の想定においては、安全上重要な施設の安全機能は喪失しない設計としている。したがって、これを超える想定として、ある施設の損傷状態（設備の破損、故障）を定めることにより、安全上重要な施設の安全機能喪失を想定する。

重大事故の発生を仮定する機器の特定に当たっては、設計基準より厳しい条件として、安全機能を有する施設の設計において想定した設計基準より厳しい条件を要因とした場合の機能喪失の範囲を整理し、重大事故の発生規模とその発生を仮定する機器の検討を行う。

その際の設計基準より厳しい条件として、外部からの影響による機能喪失（以下「外的事象」という。）と機器の故障等による機能喪失（以下「内的事象」という。）及びこれらの同時発生を考慮する。

（１）外的事象の考慮

安全機能を有する施設では、設計基準事故に対処するための設備の設計として想定すべき規模の外的事象に対して、当該設備の機能を維

持するよう設計条件を設定しているが、重大事故を仮定する際には、この設計条件を超える規模の外的事象を要因として、重大事故の発生の有無を検討した。その検討においては、安全機能を有する施設の設計で考慮した地震、火山等の 55 の自然現象及び航空機落下（衝突、火災）、有毒ガス等の 24 の人為事象を対象とした。

検討の対象とした事象のうち、MOX燃料加工施設周辺では起こり得ないもの、重大事故を引き起こさないことが明らかなもの及び発生頻度が極めて低いものは除外した。森林火災、草原火災、積雪及び火山（降下火砕物による荷重）については、それぞれ、消火活動を行うこと、堆積した雪又は降下火砕物を除去することにより、安全上重要な施設が機能喪失に至ることを防止できることから除外した。また、火山の影響（降下火砕物によるフィルタの目詰まり等）については、降下火砕物の体積による外部電源の喪失及び屋内の動的機器のうち非常用所内電源設備の非常用発電機のフィルタの降下火砕物による目詰まりにより全交流電源の喪失に至ることが想定されるが、MOX燃料加工施設では全交流電源の喪失は事故の起因となることはないことから除外した。

この結果、設計基準事故に対処するための設備の設計条件を超える規模の外的事象により重大事故の要因となるおそれのある事象として、地震を抽出した。地震により機能喪失をすとした安全上重要な施設の条件は以下のとおり。

- ・地震による全交流電源の喪失が想定されることから、安全上重要な施設の動的機器は機能喪失する。しかし、基準地震動を 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安全上重要な施設の静的機器は機能を維持する。

また、設計基準事故の選定において、駆動力を有する事象としてグローブボックス内火災を選定していることから、地震を要因として設備が損傷することにより、潤滑油を有する設備における複数の火災が発生することについても想定する

(2) 内的事象の考慮

設計基準事故の選定では、安全上重要な施設の動的機器の単一の破損、故障等、溢水、重量物落下又は回転体の飛散による内部発生飛散物、火災・爆発として考慮し、安全上重要な施設はこれらの事象に対し当該設備の機能を維持するよう設計することから、設計基準事故の起因とならないことを確認した。

このため、重大事故の発生を仮定する際の条件として、設計基準事故において考慮した機器の機能喪失を超える条件について検討した。

その結果、溢水及び爆発については、MOX燃料加工施設が有する保有水量及び水素・アルゴン混合ガスの水素濃度が上昇することはないため、想定される事象が拡大することはない。

内部発生飛散物については、内部発生飛散物により安全上重要な施設の安全機能の喪失が想定されるが、閉じ込めの機能を有する機器の閉じ込めの機能が喪失したとしても、駆動力を有する事象ではなく、MOX燃料加工施設の外部への放射性物質の放出に至ることはない。

火災については、火災が有する駆動力によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される状態になるこ

とから、グローブボックス内で発生する単一火災による閉じ込め機能の不全を設計基準事故として選定していた。事象の規模の拡大の観点としては、設備が有する火災源の潤滑油の量が増加することはないため、火災の規模が設計基準事故の想定から拡大することはない。

破損、故障等については、独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の全台故障により、当該機器が有する動的機器の機能が喪失することにより、想定される事象が拡大することが想定される。

以上より、内的事象については、独立した系統で構成している同一機能を担う安全上重要な施設の動的機器の全台故障により、当該機器が有する動的機能の喪失を想定する。

なお、動的機器の多重故障は、関連性が認められない偶発的な同時発生は想定しない。

(3) 事象の重ね合わせ

異なる事象の重ね合わせについて、外的事象は事象の発生頻度が極めて低いこと、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重ね合わせの必要はない。

2. 2 重大事故の発生を仮定する機器の特定

重大事故の発生を仮定する機器は、上記のとおり整理した機能喪失の範囲を踏まえ、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、以下のとおり、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

器を特定した。この際、設計基準の設備で事象の収束が可能である場合又は機能喪失時の公衆への影響が通常時と同程度である場合は、重大事故の発生を仮定する機器として特定しない。

(1) 臨界事故

臨界事故は、臨界が発生することにより、気体状の放射性物質や放射性エアロゾルが発生し、大気中への放射性物質の放出量が増加するものである。

① 外的事象

外的事象を要因とした場合には、基準地震動を超える地震動の地震による影響を考慮し、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ない機器の搬送機能が喪失した場合、核燃料物質の搬送ができなくなることで、核燃料物質の異常な集積は発生しないことから、臨界事故は発生しない。また、臨界に係る安全上重要な施設は不燃性材料であることから、地震を起因として発生する火災により機能を喪失することもない。

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り、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ない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。また、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た評価の結果、いずれの貯蔵施設においても臨界に至ることはない。

なお、基準地震動を超える地震動による地震の発生により、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ないグローブボックス等が損傷することを想定しても、質量管理を行う単一ユニットは運転管理の条件値以下で核燃料物質を管理すること、同一室内に単一ユニットが複数存在しても、単一ユニットを構成するグローブボックスが分散配置されていることから、地震によりグローブボックス等の機能が喪失したとしても核燃料物質が一箇所に集積することはなく、臨界に至ることはない。

また、基準地震動に対する耐震性を有する溢水源となる設備、堰及び緊急遮断弁は、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することから、溢水量も設計基準事故の選定から増加することもないことから、安全上重要な施設のグローブボックス等が溢水の影響を受けることはなく、臨界に至ることはない。

② 内の事象

内の事象の場合、重大事故の発生を仮定する際の条件を設定しても、臨界の防止に係る安全上重要な施設の動的機器はない

ため、内的事象による臨界事故は想定されない。

整理の結果、臨界事故については、重大事故の発生を仮定する際の条件を想定しても、関連する安全上重要な施設の動的機器がなく、また全交流電源が喪失したとしても、核燃料物質の移動が行われなくなることにより、核燃料物質の集積が発生することはなく、臨界に至ることはない。

MOX燃料加工施設では、臨界の発生の条件を満たすためには多量の核燃料物質が集積する必要がある。設計基準事故の選定の際には、核燃料物質がグローブボックス内に誤搬入することを防止するための機能として、搬送対象となる容器のID番号が一致していることの確認、容器の秤量値に有意な差がないことの確認、計算機による運転管理の上限値以下であることの確認、誤搬入防止シャッタの開放及び運転員による搬入許可といった、複数の機器による確認及び運転による確認を行っているが、仮にこれらの複数の機器の機能喪失及び運転員の誤操作により、核燃料物質の1回の誤搬入を想定しても、臨界は発生しない。

このため、内的事象としてこれよりも厳しい条件として、設計基準事故で想定した核燃料物質のグローブボックス内への誤搬入が複数回継続する状況として、複数の動的機器の機能喪失（多重故障）及び運転員が行う操作の誤操作（異常検知に係る認知・判断ミスを含む）を想定することにより、臨界の発生の可能性を評価する。

具体的には、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、当該グローブボックスに設定された核的制

限值を超えて核燃料物質が集積する状況を想定する。この際、各グローブボックスへMOXを搬送する容器のうち、1回あたりの搬送量が最も大きい容器を用いて、未臨界質量まで搬入し続けることを想定する。

本検討を全ての安全上重要な施設のグローブボックスを対象に評価を行った結果、臨界防止機能の喪失から臨界に至る可能性のある状態に到達するまでの時間余裕が長く、その間に複数の運転員により行われる多数回の設備の状態の確認により異常を検知し、異常の進展を防止できることから、臨界事故は発生しない。

以上より、MOX燃料加工施設においては、臨界事故に至るおそれはない。

(2) 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失

MOX燃料加工施設において、MOX粉末は地下階に設置するグローブボックス等内を負圧とした状態で取り扱うことを踏まえると、核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失としては、設計基準事故における整理と同様に、グローブボックス等の損傷による核燃料物質のグローブボックス等外への漏えい、グローブボックス等内の負圧の喪失及び駆動力によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される状態の3つに分類される。

重大事故としての核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失としては、重大事故の発生を仮定する際の条件による安全上重要な施設の機能喪失について単独の機能喪失又は複数の機能喪失の組合せを考慮したとしても、分類した3つのうちグローブボックス等外への漏えい及びグ

グローブボックス等内の負圧の喪失についてはMOX燃料加工施設の外部への放射性物質の放出に至ることはない。このため、重大事故として核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失としては、駆動力を有する事象によりMOXが管理された状態を超えてグローブボックス等内から外部に放出される事象であることが想定される。

設計基準事故の選定においては、グローブボックス内に潤滑油を有し、MOX粉末を露出した状態で取り扱うグローブボックスを設計基準事故の想定箇所として選定し、当該グローブボックス内で発生した火災は安全上重要な施設が有する火災の感知・消火機能により消火することで対処できることを確認した。このため、設計基準事故から事故の規模の拡大を想定するという観点から、重大事故においては発生した火災が継続する事象が、核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失であるといえる。

① 外的事象

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ない「火災の感知・消火機能」が喪失するとともに、地震による設備の損傷により、火災が発生、継続することが想定される。発生したグローブボックス内火災の影響を受けた放射性物質が外部に放出されることにより、当該グローブボックスが有する閉じ込めの機能の喪失に至る。火災が発生したグローブボックスと隣接するグローブボックスとの連結部分等が地震により損傷し、火災の影響を受けた放射性物質はグローブボックスから工程室内に漏えいすることも想定される。

MOX燃料加工施設の特徴を考慮すると、取り扱う核燃料物質の形態のうち、粉末の状態であれば、火災による影響を受けることにより、火災による上昇気流を駆動力として放射性物質の大気中への放出に至る可能性がある。

また、火災源として、グローブボックス内に設置する機器が有する潤滑油が該当する。

以上を踏まえ、グローブボックス内に潤滑油を有し、MOX粉末を露出した状態で取り扱う8基のグローブボックスを重大事故の発生を仮定する機器として特定する。

また、これらのグローブボックスにおいて発生する火災は、地震を起因として同時に発生することが考えられることから、8基のグローブボックスにおける火災が地震により同時に発生することを想定する。

② 内の事象

内の事象を要因とした場合には、火災の感知・消火機能が喪失したとしても、火災自体が発生していないことから、MOX燃料加工施設の外部への放射性物質の放出に至ることはなく、事故の発生は想定されない。

設計基準事故の選定においては、駆動力を有する事象としては、単一の火災の発生を想定し、「火災の感知・消火機能」により発生した火災を消火することで対処するとしていた。

このため、設計基準事故として選定した単一の火災の発生と、「火災の感知・消火機能」の喪失が同時に発生することを仮定

する。火災が継続することにより、グローブボックス内の放射性物質が火災による上昇気流を駆動力として放射性物質の大気中へ放出されることにより、核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失に至ることを想定する。

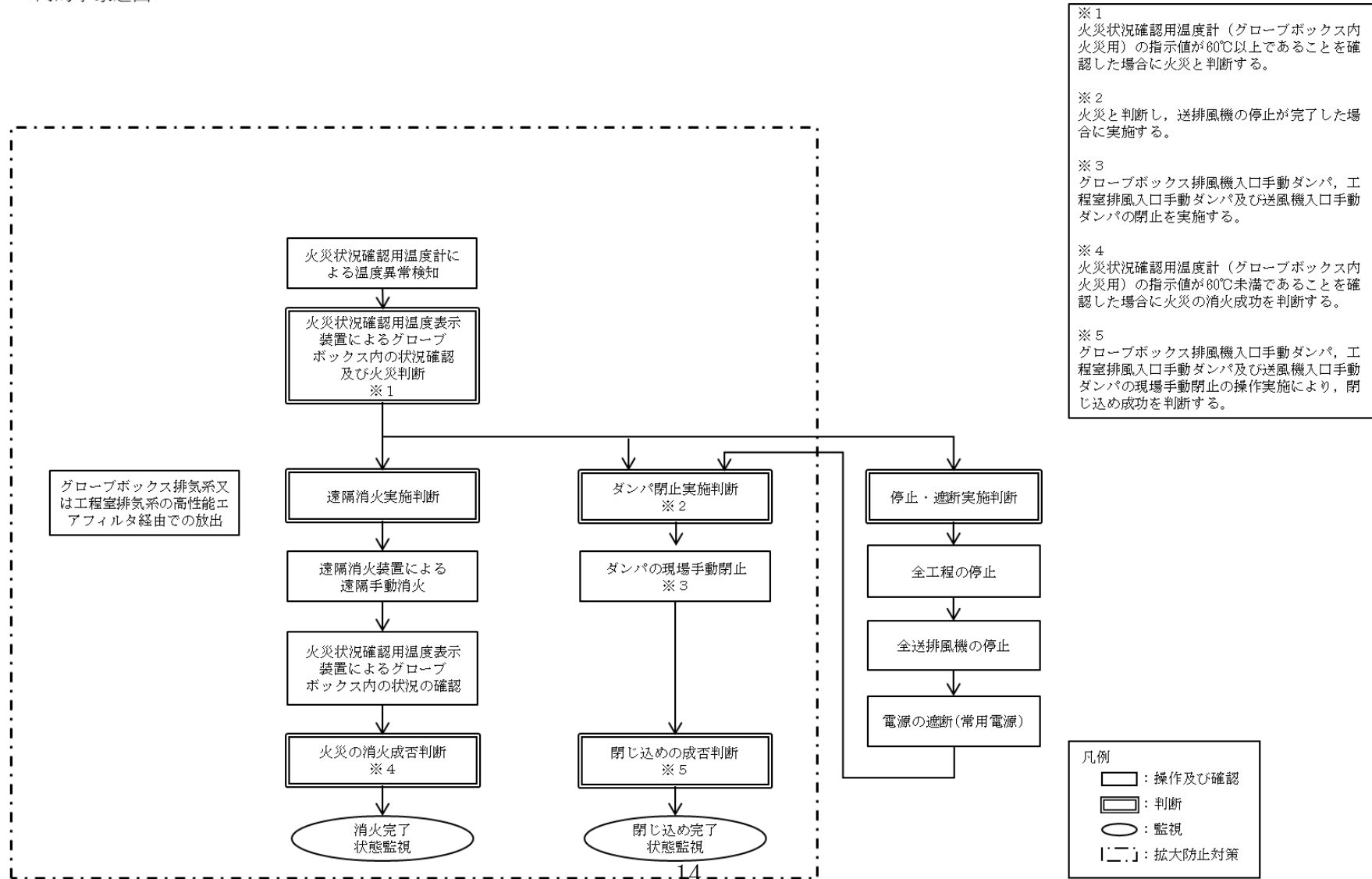
MOX燃料加工施設の特徴を考慮すると、取り扱う核燃料物質の形態のうち、粉末の状態であれば、火災による影響を受けることにより、火災による上昇気流を駆動力として放射性物質の大気中への放出に至る可能性がある。

また、火災源として、グローブボックス内に設置する機器が有する潤滑油が該当する。

以上を踏まえ、火災源を有するグローブボックスとして、8基のグローブボックスを重大事故の発生を仮定する機器として特定する。

また、内的事象においては、「火災の感知・消火機能」の喪失と、火災が発生すること及び異なる設備の火災源で火災が発生することは関連性が認められない偶発的な事象であることから、複数の火災源における火災の同時発生は想定せず、また、単一の火災のみを想定する。

< 内の事象起因 >



※1
火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）の指示値が60℃以上であることを確認した場合に火災と判断する。

※2
火災と判断し、送排風機の停止が完了した場合に実施する。

※3
グローブボックス排風機入口手動ダンパ、工程室排風機入口手動ダンパ及び送風機入口手動ダンパの閉止を実施する。

※4
火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）の指示値が60℃未満であることを確認した場合に火災の消火成功を判断する。

※5
グローブボックス排風機入口手動ダンパ、工程室排風機入口手動ダンパ及び送風機入口手動ダンパの現場手動閉止の操作実施により、閉じ込め成功を判断する。

- 凡例
- : 操作及び確認
 - : 判断
 - : 監視
 - : 拡大防止対策

図1 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策の手順の概要（1 / 4）

<外的事象起因>

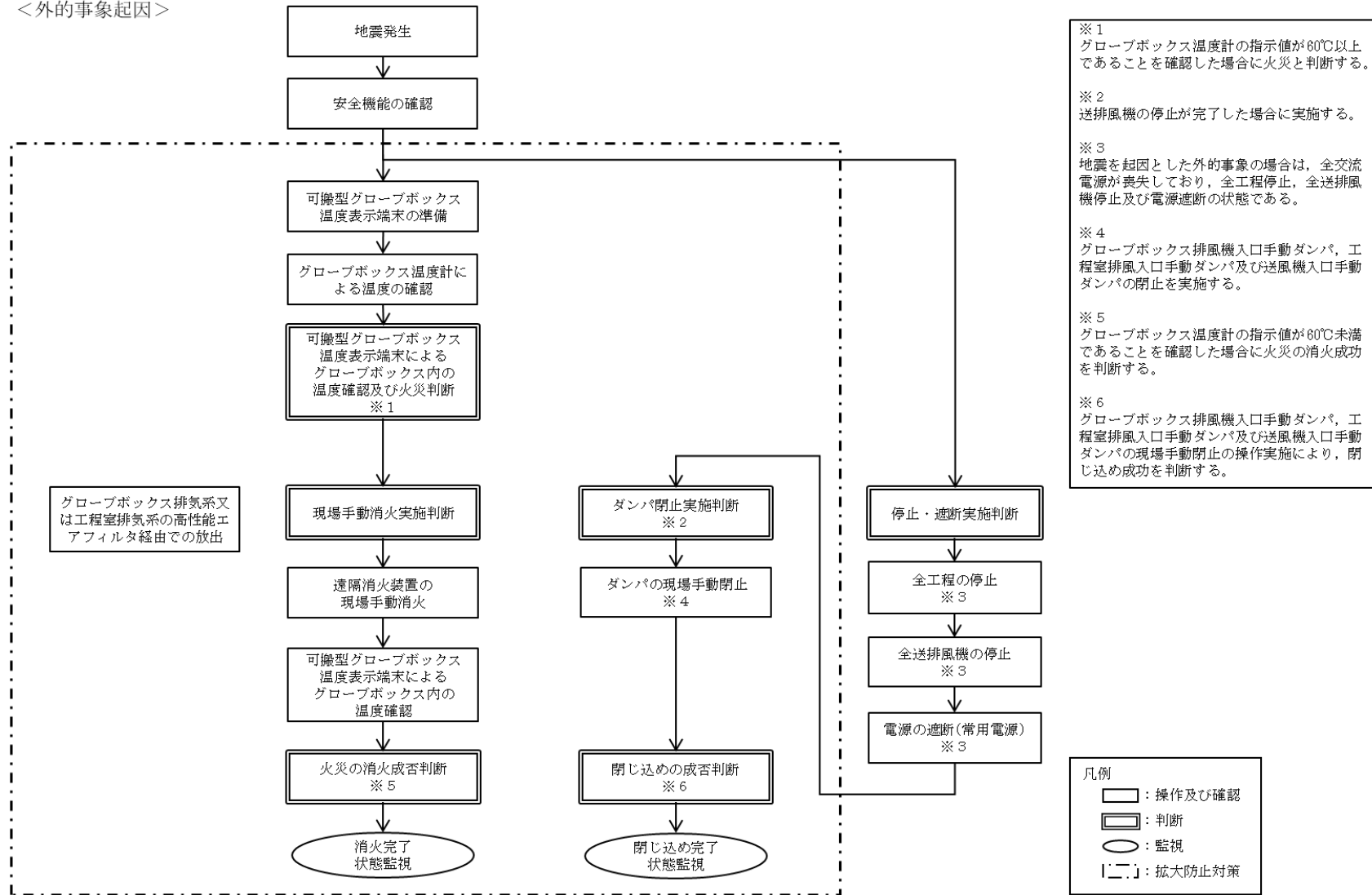


図1 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策の手順の概要 (2 / 4)