

重大事故における現象，対処を踏まえた有効性評価等について

1. 火災によるMOX粉末の移行等の現象に対する評価

(1) 火災の規模 (添付1参照)

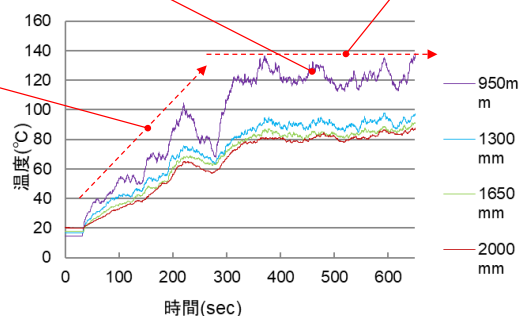
- 潤滑油による火災の規模は，潤滑油を収納する箇所に設置しているオイルパン上での燃焼面積に依存する。(オイルパンは，潤滑油を内包する箇所の底面に全体を覆うように設置)
- 火災試験の状況及び重大事故が発生する状況を踏まえ，燃焼面積50%での火災が継続するものとする。
 - ✓ 着火時点から時間の経過とともに火災の燃焼面積が大きくなるが，火災試験では潤滑油に直接着火しなかったため，スポンジを着火源としてオイルパンの潤滑油の上に載せて着火したところ，着火後に徐々にスポンジが燃焼し，面積が半分程度の状態で火災が継続していた。なお，本試験では，スポンジを取り除くと火災は継続しなかった。
 - ✓ 機器内に収納されている潤滑油が地震等によりオイルパンにどの程度漏えいするかによって火災の規模が変わり，最初に漏えいした潤滑油に着火し，その後漏えいする潤滑油が増加するという状況が考えられる。
- 燃焼面積がオイルパンの半分の場合，火災源のうち最も長い燃焼時間で約20分となり，火災試験において，着火した後5分程度をかけて燃焼面積が広がり，それに応じて温度も上昇していく状況が確認されていることを踏まえると，20分以上火災が継続するものとする。



可燃物（スポンジ）にプロアオイルを浸み込ませてガスバーナで炙った後の様子（引火から約8分後）

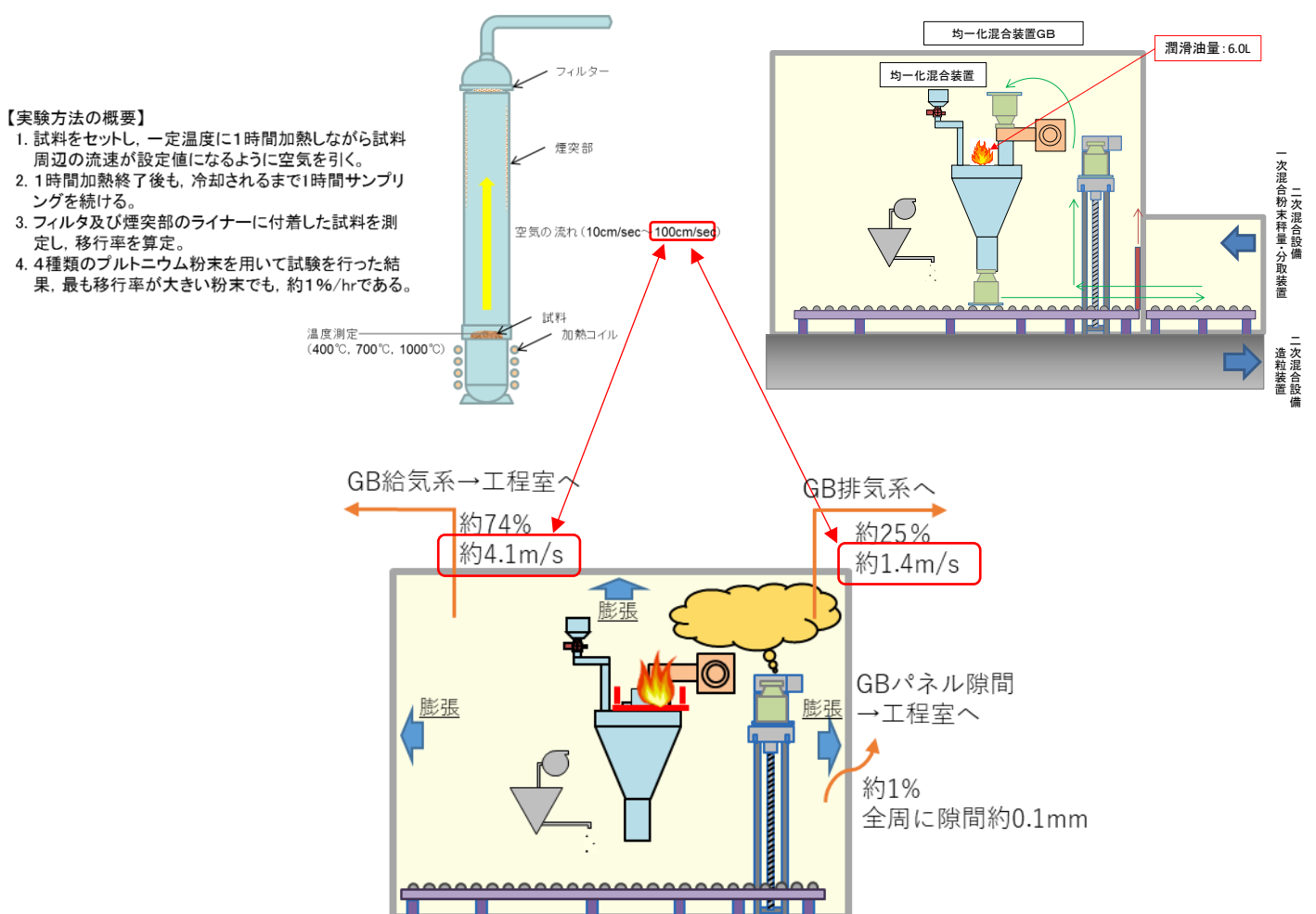
燃焼面積が広がった後は温度上昇は平衡した状態が継続

着火後5分程度で温度が上昇
⇒着火点から徐々に燃焼面積が広がっていく状況



(2) 気相中に飛散したMOX粉末の移行経路

- グローブボックス内で発生した火災の影響により、グローブボックス内で取り扱う容器内のMOX粉末が気相部に移行する。文献から気相部へのMOX粉末の移行率は1%/hと考える。
- 直接的に比較できるものではないものの、当該文献における実験条件として1%/hが確認された空気の流れ(流速)を、燃焼面積をオイルパンの50%とした場合の燃焼状態において、グローブボックス内での体積膨張率と経路上の圧力損失の値から求められる流速と比較しても同程度であり、文献における実験の内容はグローブボックス内における火災時の粉末容器内の粉末の挙動を包含すると考えられる。(添付2参照)



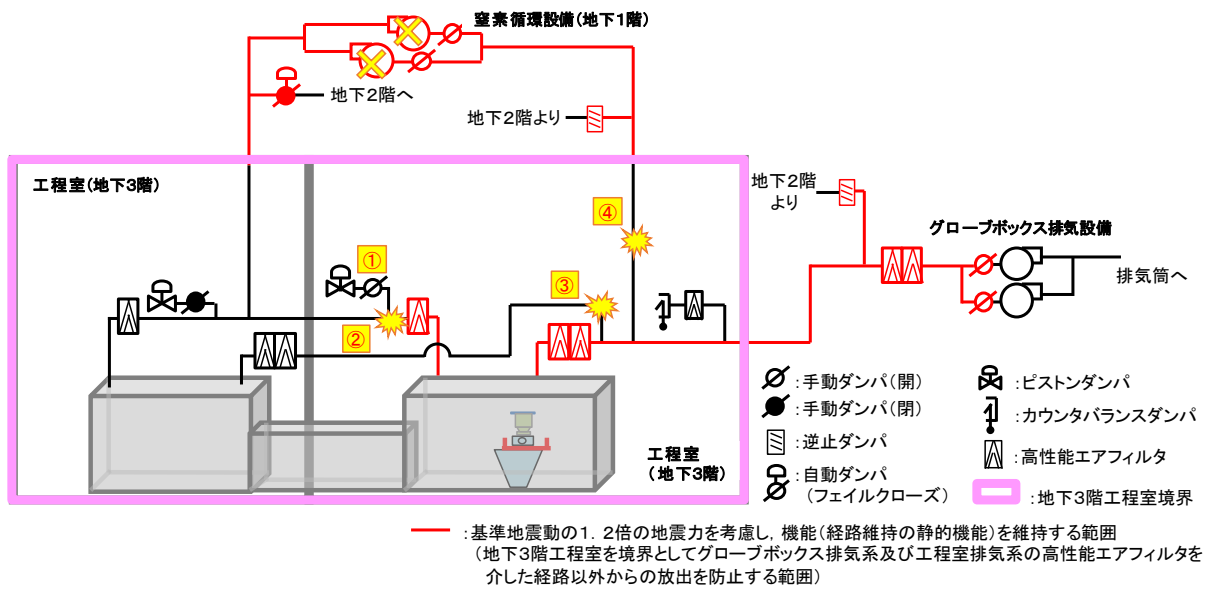
- グローブボックス内での火災の影響により気相中に飛散したMOX粉末が、火災による体積膨張により当該グローブボックスに繋がる排気系、給気系や火災の影響によるパネルの隙間等からグローブボックス外に移行する。
- 燃焼面積をオイルパンの50%とした場合の燃焼状態において、グローブボックス内での体積膨張率を算出し、グローブボックス内の圧

力が一定とした場合のグローブボックスに繋がる各経路への移行割合を評価すると、グローブボックス給気系が最も大きな移行割合となる。

- ただし、この際グローブボックス給気系へ移行する条件としては、以下の通りである。(添付3参照)

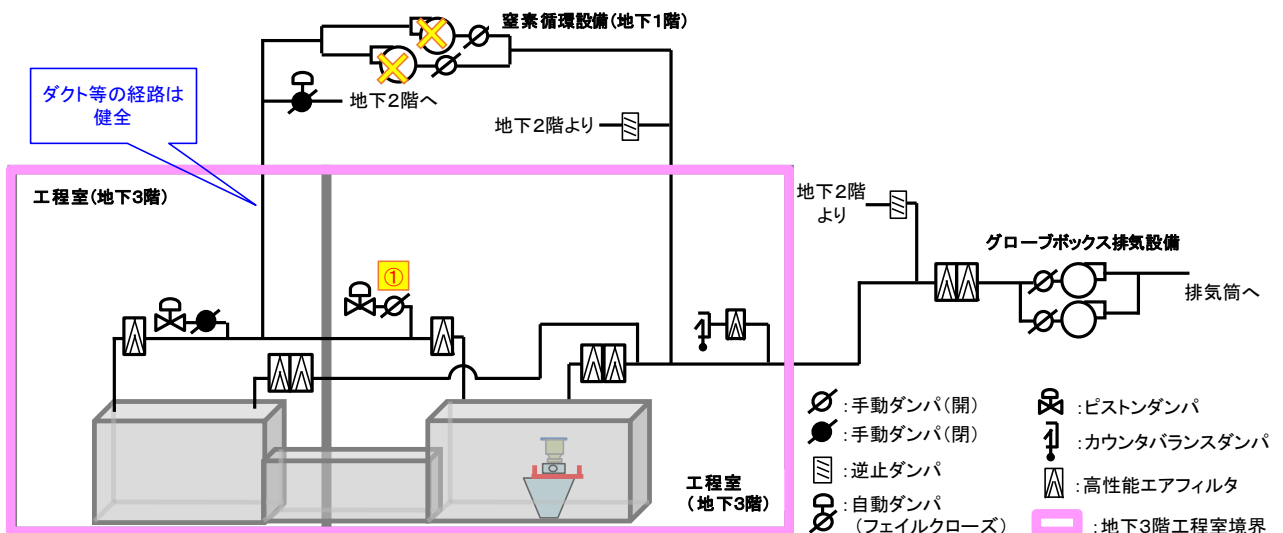
(外的事象の場合)

- ✓ 地震により窒素循環のポンプが停止し、1.2倍の地震力において機能維持ができない静的機器（給気フィルタの先のダクト、窒素循環ダクト）が破損した箇所からの漏えい
- ✓ 地震により窒素循環のポンプが停止するとともに、何等かの理由によりピストンダンパ近傍の手動ダンパが開になっている、ピストンダンパの先から漏えい（当該ダンパは、運転時は閉の状態）

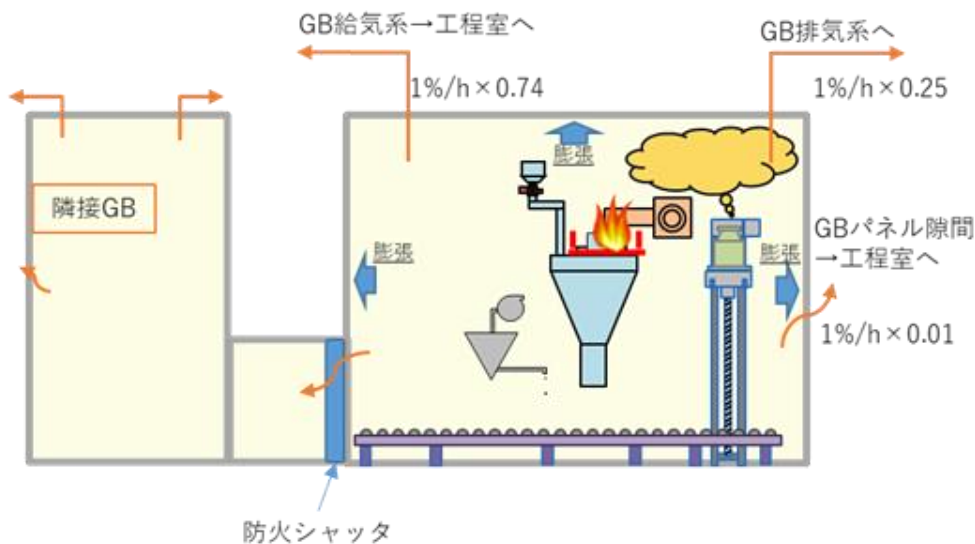


(内的事象の場合)

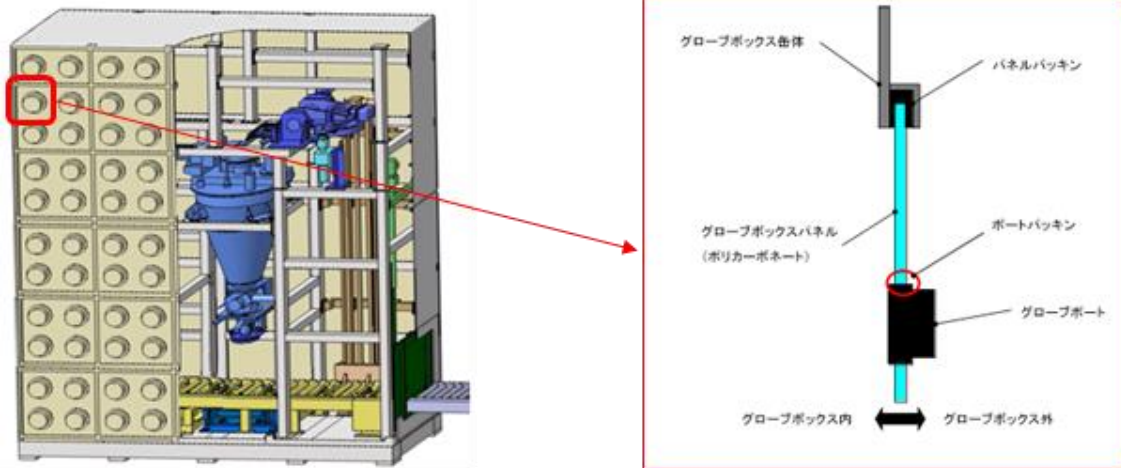
- ✓ 窒素循環ポンプが機能喪失した状態で、何等かの理由によりピストンダンパ近傍の手動ダンパが開になっている、ピストンダンパの先から漏えい



- また、火災の発生したグローブボックスから隣接するグローブボックスに移行する経路も考えられるが、移行した先のグローブボックスからの移行経路は上述と同じである。なお、隣接のグローブボックスがバッファの役割になり、外部への放出が遅れることが考えられるが、評価上は見込まないものとする。



- 移行が想定される経路上の圧力損失を考慮して移行割合を想定すると、グローブボックス給気系が最も移行しやすく（全体の 75%）、その次にグローブボックス排気系（全体の 25%）となる。パネルの隙間等については、設計上考慮しているインリーク量を踏まえると移行はほとんど無い。
- パネルの隙間等が設計上のインリーク量に相当する隙間の 10 倍程度になった場合、パネルの隙間等からの移行量は全体の 1%程度となるが、グローブボックス給気系（74%）>グローブボックス排気系（25%）>パネルの隙間等（1%）の移行割合は変わらない。
- パネルの隙間等が設計上のインリーク量に相当する隙間の 100 倍程度のケースでは、グローブボックス全周に渡り約 1mm との評価であり、パネルの缶体への固定方法を考えると、固定部分で 1 mm 以上の隙間ができることになり、構造上想定しがたいと考える。そのため、火災の影響等を考慮した場合でも、設計上のインリーク相当の隙間かその 10 倍程度の範囲になると考える。

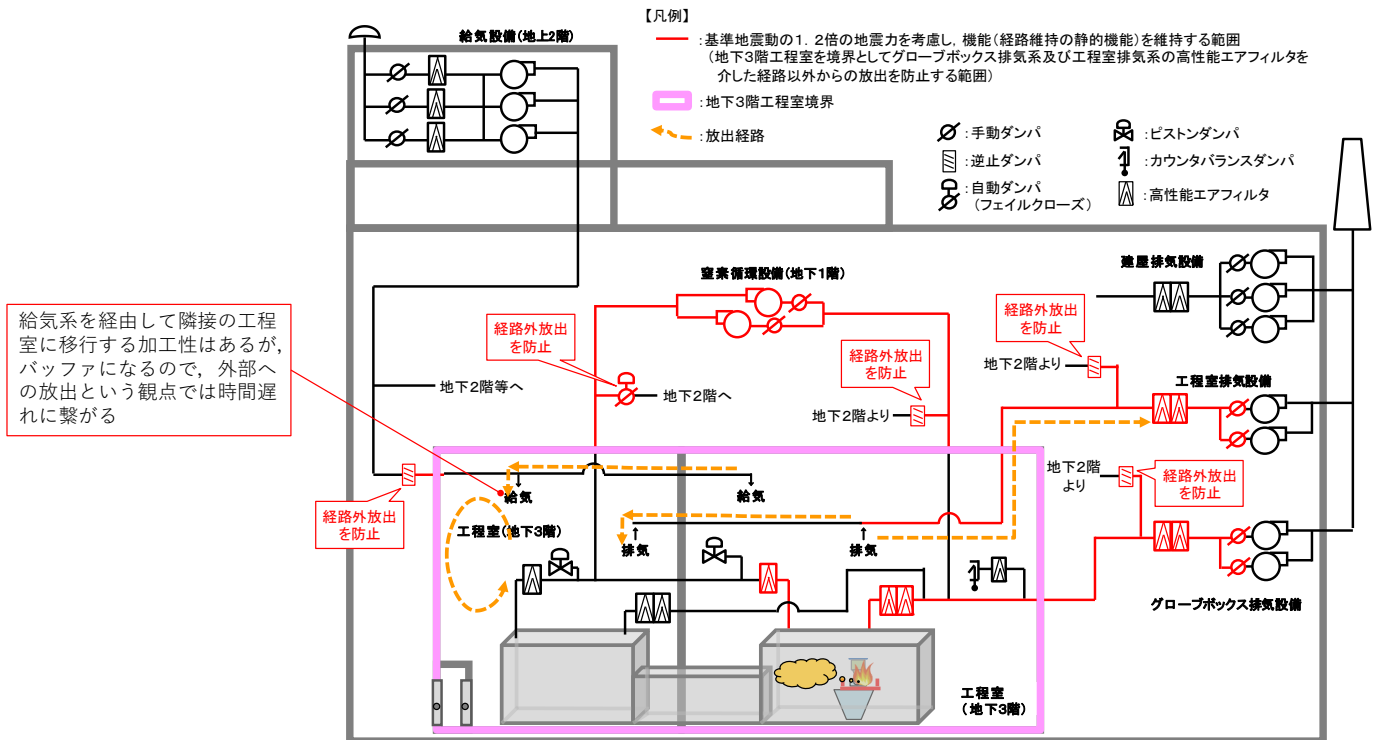


- 上述したグローブボックスの給気系への移行経路は、ダクトの損傷等が生じることが条件となることから、万一これが発生せず、グローブボックス排気系とグローブボックスの隙間等への移行のみと仮定した場合、グローブボックス外への移行割合は、圧力損失の関係からグローブボックス排気系 96%、グローブボックスの隙間等 4%となる。
- 移行経路として、その可能性が否定できない範囲で、外部への放出に対して厳しくなるのは、グローブボックス給気系 (74%)、グローブボックス排気系 (25%)、パネルの隙間等 (1%) の移行割合になるケースであると考える。
- グローブボックス給気系に移行したMOX粉末は、フィルタ 1 段を経由して工程室に漏えいし、パネルの隙間等からはそのままの量が工程室に漏えいする。工程室へ移行した後の経路については (3) に示す。
- なお、グローブボックス排気系に移行したMOX粉末は、フィルタ 4 段を経由して外部に放出される。

(3) 工程室に漏えいしたMOX粉末の移行経路

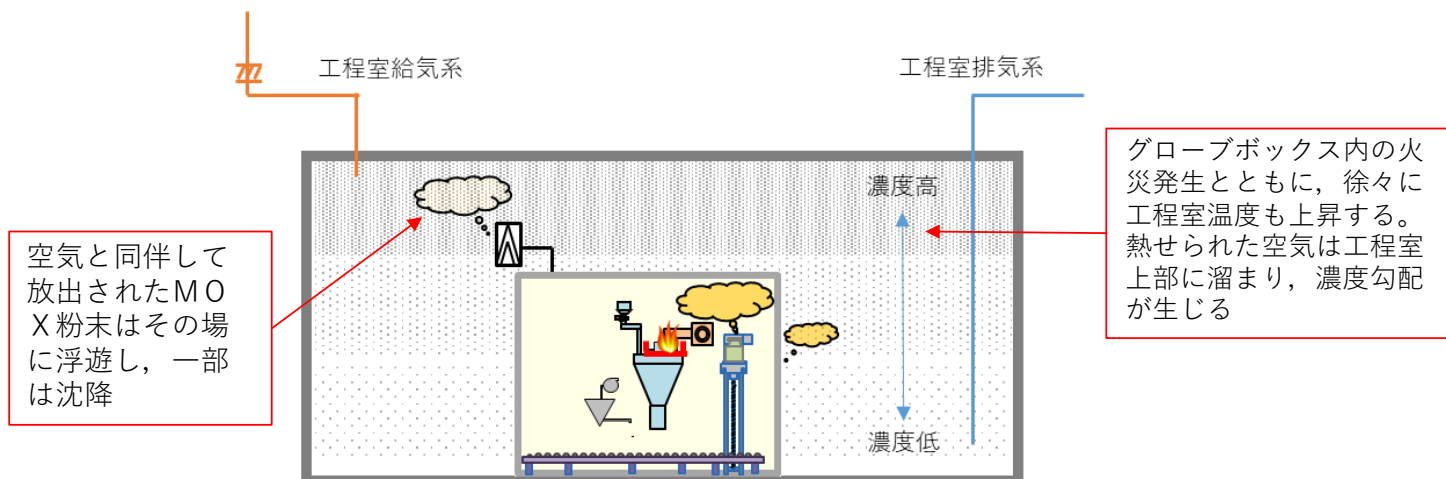
- 工程室に漏えいしたMOX粉末は、グローブボックス内の火災の影響により工程室雰囲気気体膨張することにより当該工程室外に移行する。
- 移行する経路については、工程室に繋がる給気系、排気系等があるが、給気系には工程室外への漏えいを防止するために逆止ダンパを設置するとともに、排気系は複数の工程室からの排気が合流し、合流した複数の経路が地下 3 階分として合流して上階に繋がっているが、地下 3 階以外には移行しないよう逆止ダンパを設置する設計とすることから、工程室排気系が主たる経路となり、フィルタ 2 段を経由して、外部に放出される。

- 給気系や排気系に移行したMOX粉末は、繋がっている他の工程室に移行することも考えられるが、移行した先の工程室からの経路は、上述と同じであり、繋がっている他の工程室に移行した場合は、他の工程室がバッファの役割になり、外部への放出に寄与しないものとする。



(4) 工程室から外部へ放出されるMOX粉末の挙動

- グローブボックス内での火災の影響により容器内のMOX粉末が1%/hでグローブボックスの気相に移行し、気相に移行したMOX粉末が、同じく1%/hで給気系のフィルタやパネル隙間等を經由して工程室に漏れいする。工程室に漏れいしたMOX粉末は、工程室雰囲気と徐々に混合し、工程室雰囲気のMOX粉末濃度が上昇する。
- 工程室から圧力膨張によって工程室排気系に移行する工程室雰囲気も徐々にMOX粉末濃度が上昇する。
- 火災による温度が高い状態で工程室に漏れいした空気は上部に滞留しやすく、時間とともに対流により工程室内で全体的に濃度が上昇し、工程室内で濃度の勾配が生じることが想定される。

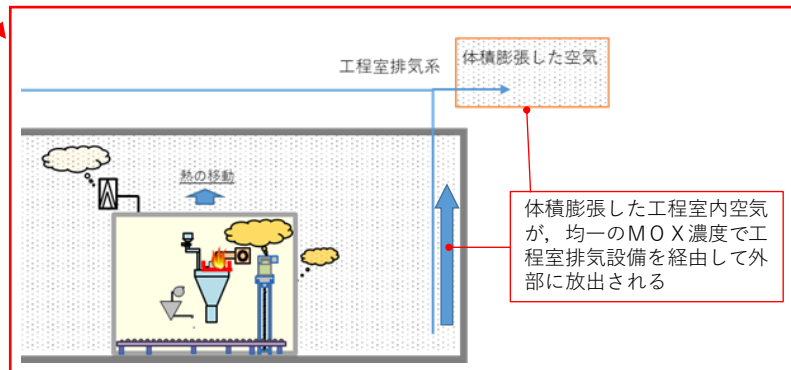
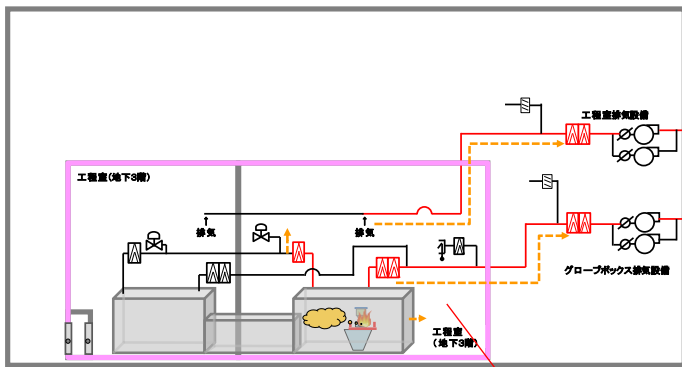
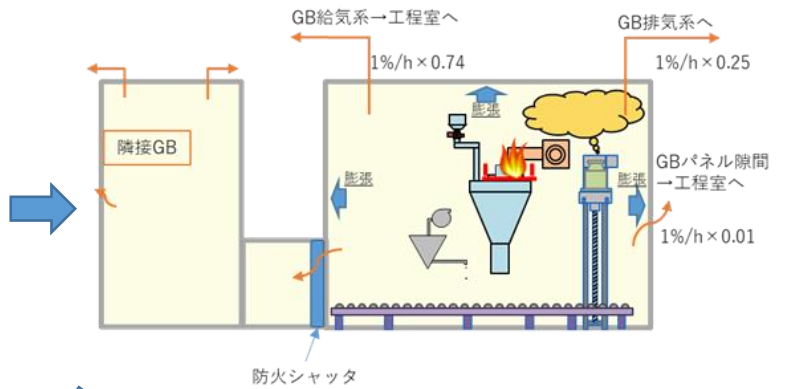
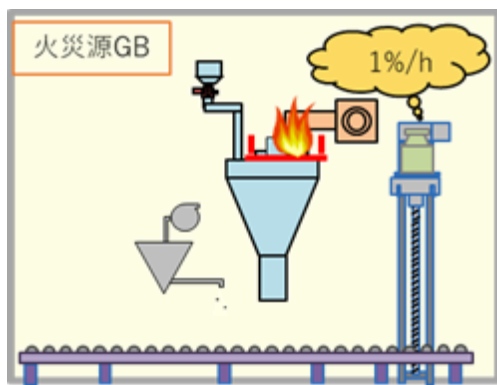


- 工程室から工程室排気設備を経由して外部に放出されるMOX粉末の量を評価するうえでは、工程室の体積で均一になったと仮定し、火災継続 20 分後の工程室内のMOX粉末濃度を評価し、工程室から工程室排気設備を経由して外部に放出される放出量に用いることとする。

2. 火災により発生する現象等を踏まえた放出経路

「1. 火災によるMOX粉末の移行等の現象に対する評価」をもとに、評価に用いる放出経路を以下の通り設定する。

- グローブボックス内で火災が発生し、グローブボックスで取り扱う容器内のMOX粉末が火災の影響で気相部に1%/hで移行する。
- 気相部に移行したMOX粉末は、火災によるグローブボックス雰囲気気体の体積膨張により、グローブボックス給気系、グローブボックス排気系及びグローブボックスパネル隙間等から当該グローブボックス外に移行する。
- 移行する割合は、グローブボックス給気系 75%、グローブボックス排気系 25%及びパネル隙間等 1%。
- グローブボックス給気系から当該グローブボックス外に移行したMOX粉末は、給気系のフィルタを経由して、工程室に漏えいする。
- パネル隙間等から当該グローブボックス外に移行したMOX粉末は、そのまま工程室に漏えいする。
- 工程室に漏えいしたMOX粉末は、グローブボックス火災の影響による工程室雰囲気気体の対流により、工程室内で一定の濃度になり、工程室排気設備を経由し、外部に放出される。
- グローブボックス排気系に移行したMOX粉末は、グローブボックス排気設備を経由し、外部に放出される。



3. 放出量評価

(1) 粉末容器のインベントリ

火災影響を受けるMOX粉末が収納された粉末容器のインベントリは以下のとおりである。

- J60 (最大 Pu 富化度 33%, 最大量 65 kg MOX) を取り扱う GB : 予備混合装置 GB
- J85 (最大 Pu 富化度 18%, 最大量 90 kg MOX) を取り扱う GB : 均一化混合装置 GB, 造粒装置 GB, 添加剤混合 GB, プレス装置 GB (添加剤混合 GB, プレス装置 GB は A 系・B 系の 2 系統)
- 回収粉末処理混合 GB は, J60 と J85 を同時に取り扱う可能性があるため, インベントリとして, これらの 2 容器を考慮する。

(2) 発熱速度及び燃焼継続時間

- 火災源毎に、燃焼面積 50%とした場合の燃焼継続時間を適用する。

対象 GB (火災源)	発熱速度[kW]/燃焼継続時間 [s]		
	燃焼面積 100%	燃焼面積 50%	燃焼面積 25%
予備混合装置 GB	332/130	126/260	47/520
均一化混合装置 GB	163/433	61/866	22/1732
造粒装置 GB①	631/595	244/1191	92/2382
造粒装置 GB②	85/115	31/229	10/459
回収粉末処理・混合装置 GB	332/130	126/260	47/520
添加剤混合装置 GB A/B	332/130	126/260	47/520
プレス装置 GB A/B	715/54	277/109	105/217

(3) グローブボックス排気系経由の除染係数

- グローブボックス排気系を経由する際の除染係数として、ダクト：DF=10，高性能エアフィルタ 4 段：DF=10⁹を設定する。

(4) 工程室排気系経由 (GB 給気フィルタ経由) の除染係数

- グローブボックス給気系を経由する際の除染係数として、高性能エアフィルタ 1 段：DF=10³を設定する。
- グローブボックス排気系を経由する際の除染係数として、ダクト：DF=10，高性能エアフィルタ 2 段：DF=10⁴を設定^{※1}する。

※1：通常、高性能エアフィルタ 2 段の除染係数を「3・2」で DF=10⁵，3 段の除染係数を「3・2・2」で DF=10⁷ と設定している。本経路はグローブボックス給気フィルタの除染係数として DF=10³を既に見込んでいるため、評価においては工程室排気系の高性能エアフィルタ 2 段の除染係数を DF=10⁴と設定する。

(5) 工程室排気系経由 (GB パネル隙間経由) の除染係数

- グローブボックス排気系を経由する際の除染係数として、ダクト：DF=10，高性能エアフィルタ 2 段：DF=10⁵を設定する。

(6) 放出量の評価結果 (添付 4 参照)

- それぞれの経路から放出される放射性物質について、各火災源からの放出を合算した結果、セシウム 137 換算で 1.1×10⁻⁶TBq となり、100TBq を十分下回ることを確認した。

4. 重大事故等に対する対処

設計基準の状態を超える状態として、設計基準対象施設の感知・消火設備の機能喪失を確認した場合には、以下の基本方針に基づき重大事故等に対する対処を行う。

- 火災により飛散・漏えいするMOX粉末を可能な限り建屋に閉じ込める。
- MOX粉末の飛散・漏えいの要因となる火災を消火する。

重大事故等に対する対処としては、火災の影響を受けるMOX粉末の対象を限定すること等により、火災により外部へのMOX粉末の放出に至ることを防止するための発生防止対策と火災により飛散・漏えいするMOX粉末を閉じ込めと飛散・漏えいの要因となる火災を消火するための拡大防止対策を行う。

具体的には、外的事象、内的事象の要因により、以下の対応を行う。

平常運転時の監視から対策開始までの基本的な流れを添付3に示す。

(1) 外的事象発生時（地震）

- 外的事象発生時（地震）は、①安全系監視制御盤等の監視機能の喪失、②全交流電源喪失、③感知・消火機能の多重故障等による機能喪失が想定される。
- 地震が発生した際に、安全系監視制御盤等において、監視機能の喪失、母線電圧低の発報（全交流電源喪失）を確認した場合には、設計基準の感知・消火機能が喪失した状態になることから、重大事故等対処への着手判断を判断する。
- また、外部電源の喪失を受けて非常用電源が起動した場合でも、安全系監視制御盤や監視制御盤での感知機能の多重故障、消火機能（消火設備、グローブボックス排風機）の多重故障を確認した場合は、設計基準の感知・消火機能が喪失した状態になることから、重大事故等対処への着手判断を判断する。
- 重大事故等対処への着手判断を受け、発生防止対策として、地上1階の中央監視室で、全送排風機の停止、全工程の停止及び火災源を有する機器の動力電源の遮断の状態確認（又は、停止等の操作）を行うとともに、拡大防止対策として、外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため、地下1階の排風機室において、グローブボックス排風機入口手動ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパを手動閉止する。
- 地震の発生から10分以降、要員による安全系監視制御盤等の確認を実施し、その結果により安全機能の喪失を把握し、重大事

故等への対処を実施するものと仮定し、ダンパ閉止作業は、地震発生後 20 分で完了する。

- 上記と並行して、火災の発生を確認するため、中央監視室において、重大事故の発生を仮定するグローブボックスの火災源に設置された火災状況確認用温度計の指示値を、可搬型グローブボックス温度表示端末を接続することにより確認する。火災の発生を確認作業は、地震発生後 15 分で完了する。
- 火災状況確認用温度計の指示値が 60℃を超える場合は、火災の発生が確認されたグローブボックスに対して、中央監視室近傍から、遠隔手動操作により、地下 3 階廊下に設置された遠隔消火装置を起動させ、消火剤（ハロゲン化物消火剤）を放出する。火災の消火作業は、地震発生後 20 分で完了する。

(2) 内的事象発生時（動的機器の多重故障等）

- 内的事象発生時としては、①安全系監視制御盤等の監視機能の喪失、②全交流電源喪失、③設計基準の感知設備の機能喪失、④設計基準の消火設備の機能喪失が想定される。
- 安全系監視制御盤等で監視機能の喪失を確認した場合、安全系監視制御盤で母線電圧低の発報（全交流電源喪失）を確認した場合は、 外的事象発生時と同様に発生防止対策及び拡大防止対策を行うこととし、事象確認後 8 分で全ての作業が完了する。
- 監視制御盤で感知機能の多重故障を確認した場合は、 重大事故等対処への着手判断を行い、外部への放出に繋がる可能性のある潤滑油の火災による影響を抑えるため、地上 1 階の中央監視室で、全送排風機の停止、全工程の停止及び火災源を有する機器の動力電源の遮断を行うとともに、共通要因で故障等しないよう設計する重大事故等対処用の火災状況確認用温度計の指示値を中央監視室の盤で確認することにより、火災の発生の有無を確認する。これらの作業は、事象確認後 3 分で完了する。
- 火災が発生していることを確認した場合は、拡大防止対策として、外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため、中央監視室で手動操作によりダンパ閉止操作を行うとともに、遠隔消火装置を起動させ、消火剤（ハロゲン化物消火剤）を放出する。これらの作業は、事象確認後 4 分で完了する（火災発生確認後 1 分で完了）。
- 監視制御盤で消火機能（消火設備、グローブボックス排風機）の多重故障を確認し、監視制御盤で設計基準の感知設備により火災の発生が確認された場合は、 発生防止対策として全送排風機の停止、全工程の停止及び火災源を有する機器の動力電源の遮断を行うとともに、ダンパ閉操作と遠隔消火装置による消火

を行う。

外的事象発生時, 内的事象発生時の初動対応等のフローを添付 5 示す。

4. 回収, 回復に係る対策

事業許可基準規則及びその解釈では, 重大事故の拡大を防止するために必要な措置として, 「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」が求められている。

「飛散又は漏えいした核燃料物質等の回収」については, 上述の重大事故の状況を踏まえると, 工程室内に漏えいし, 沈降したMOX粉末が対象となり, これらは同規則及び解釈に示されている核燃料物質を回収するためのサイクロン集塵機などの手段を使用した場合, MOX粉末の舞い上がりなどリスクが生じるおそれがあることから, 濡れウエス等を配備することにより回収作業を行う。

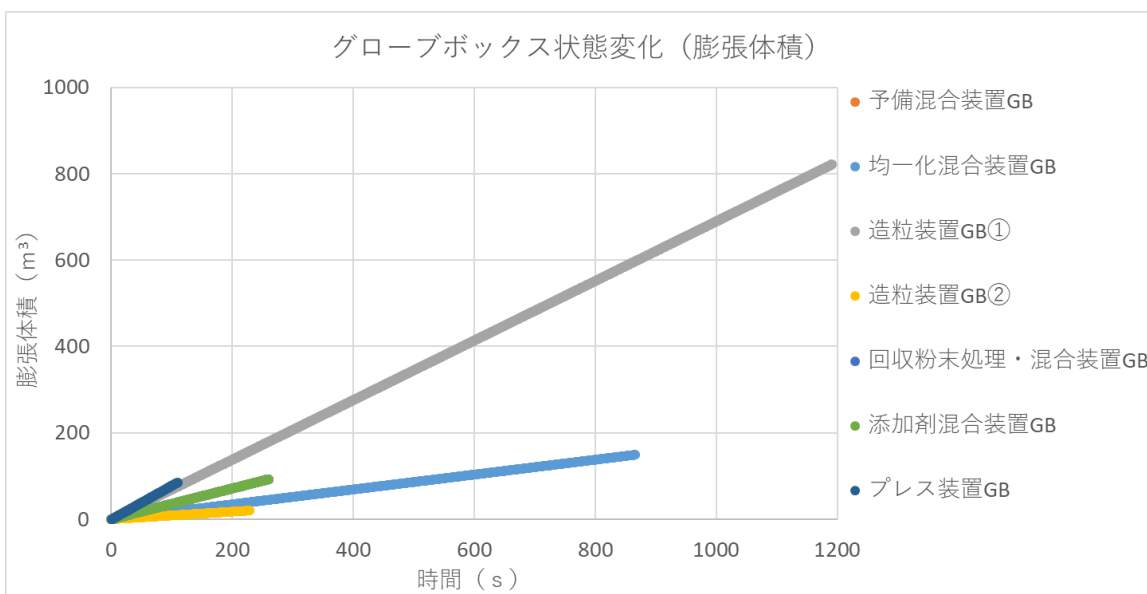
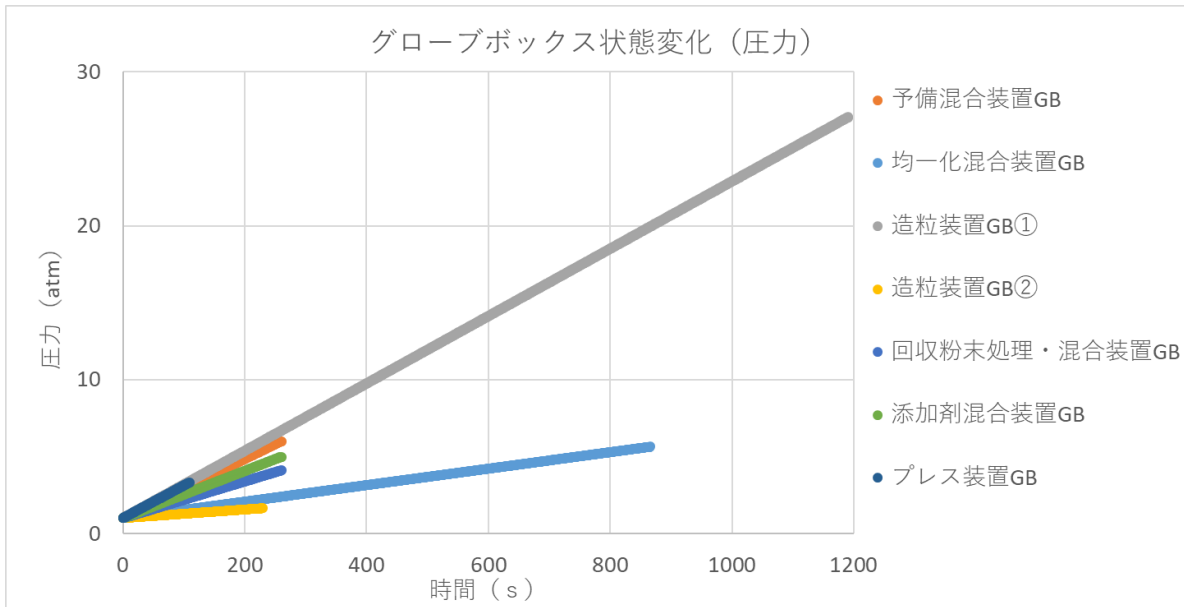
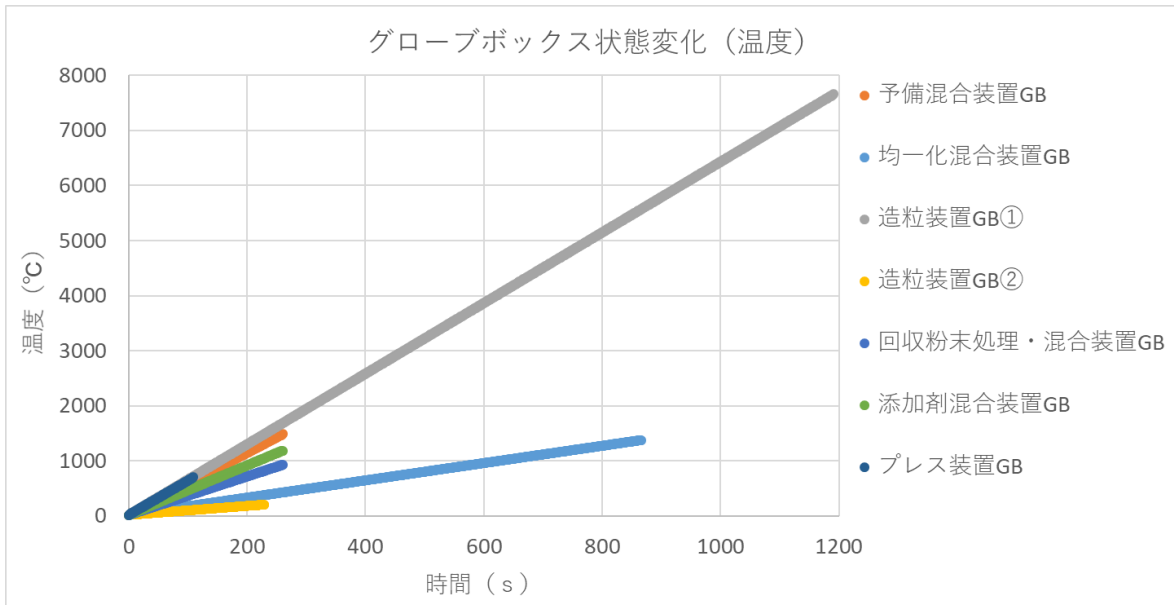
濡れウエス等は資機材として配備するとともに, 回収作業に係る手順については, 濡れウエス等によるふき取り作業自体は手順を要するものではないものの, 作業を行う要員に対する放射線管理上の安全措置の観点で整備する。

また, 核燃料物質等を閉じ込める機能の回復については, 重大事故に対する対処に示したようにダンパを閉止することにより建屋内に閉じ込めることが可能であるため, 重大事故等への直接的な対処として回復に係る設備を必要とするものではないが, 必要となった場合に使用できるよう重大事故等対処設備として回復に必要な設備を配備する。

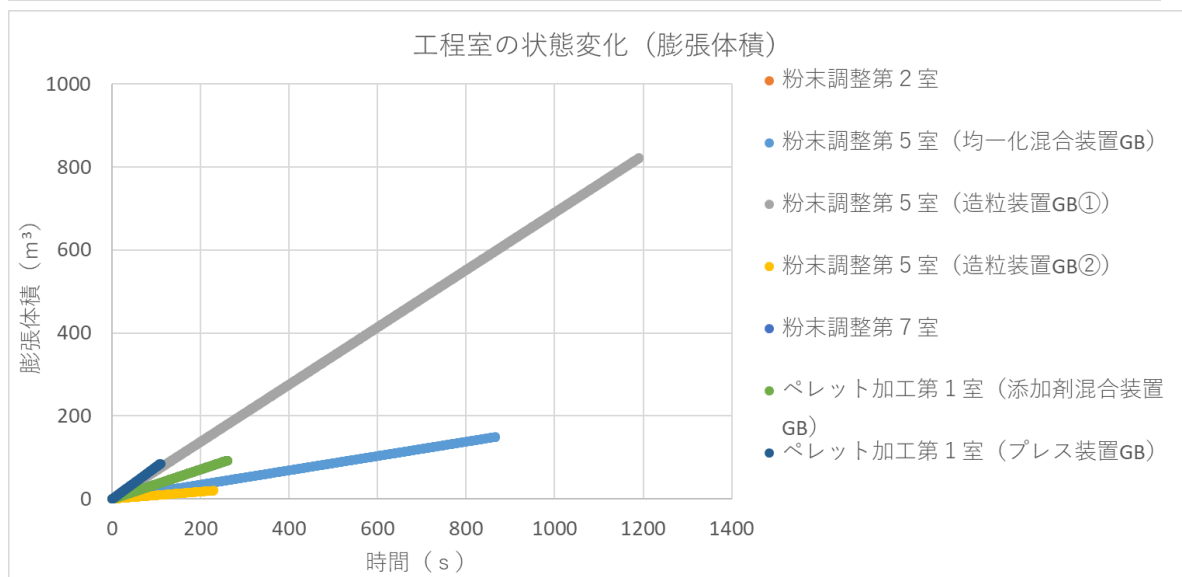
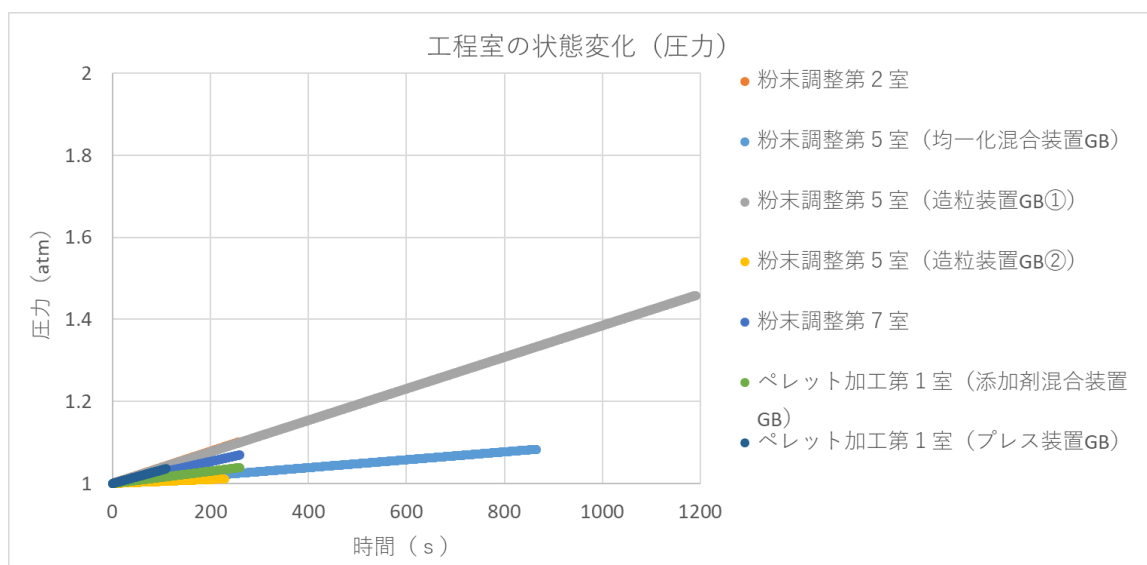
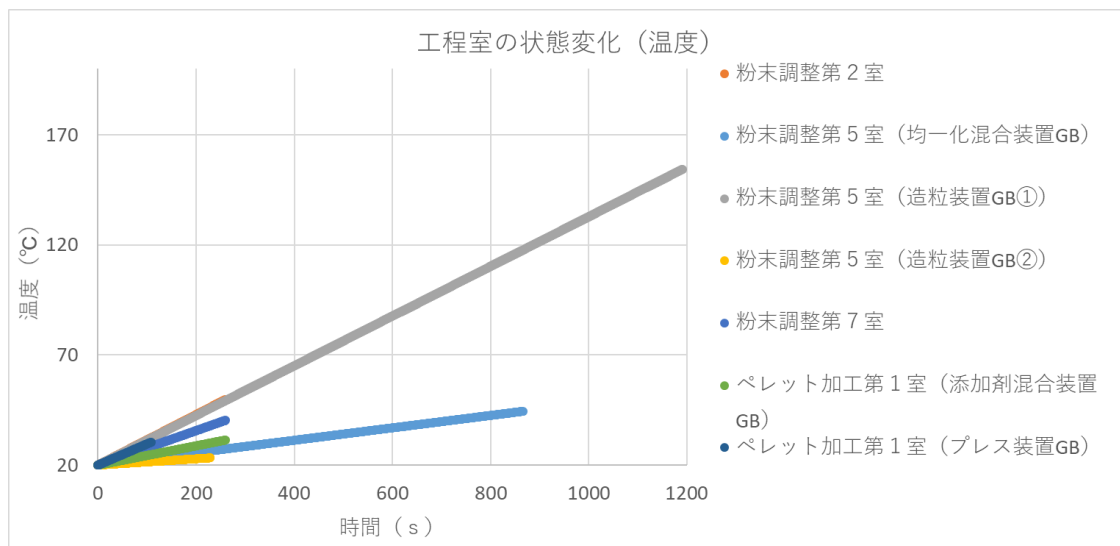
これらの設備が必要な状況として想定されるのは, 現場で作業を行う際の作業環境の確保のためであり, 例えば上述の回収作業のために作業員が工程室に入る前に, 回復に係る設備により工程室からグローブボックスを経由してグローブボックス排気系への気流を確保することを目的として, 回復のための設備を設置して, 気流が確保されていることを確認した後に, 工程室内に作業員が入り, 濡れウエス等で回収作業を行うという流れになる。

これらの作業に必要な手順を整備し, 手順に対する評価を行う。

以 上



火災規模を踏まえた工程室状態変化



火災による気相中への移行率について

文献⁽¹⁾では、火災時のプルトニウム粉末の気相への移行量を調べるために、加熱状態で上昇気流がある状態を模擬した実験を行っている。実験の結果、最も気相中への移行率が高いのは、風速 100cm/s でシュウ酸プルトニウムを 700℃で 1 時間加熱した場合であり、フィルタ及びライナーへの付着量の合計は約 1%/hr という結果である。実験の概要を第 1 図に、実験の結果によるシュウ酸プルトニウムの移行率を第 2 図に示す。

試験の結果、空気の流れが速い方が気相中への移行率が高く、温度は常温よりも温度が高いほうが移行率は高いという結果が得られている。

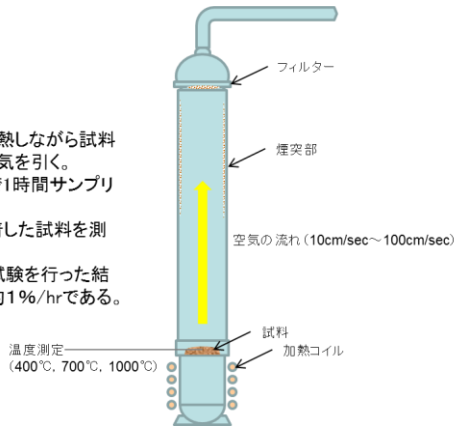
グローブボックス内における火災を想定した場合、火災源と粉末容器の位置関係から、粉末容器が直接火炎に曝されることは想定されないが、火災時には粉末容器の温度上昇が想定されること、粉末容器には開口部があるため、火災時の気流の影響を受けないとはいえないことを踏まえると、文献における実験の内容はグローブボックス内における火災時の粉末容器内の粉末の挙動を包含すると考えられる。火災時のグローブボックス内の状態の概要を第 3 図に示す。

火災試験の結果を踏まえると、火災源からの距離が離れると温度上昇は緩やかになることから、グローブボックス内で火災が発生した場合の粉末の気相への移行率は、文献に記載の移行率よりも下振れすることが考えられる。また、第 4 図に示すように、粉末容器は開口部が限定されており、文献に記載の実験条件よりも気流の影響を受けにくいと考えられることから、文献に記載の移行率よりも下振れすることが考えられる。

(1) J. MISHIMA, L. C. SHEWENDIMAN, C. A. RADASCH. PLUTONIUM RELEASE STUDIES III. RELEASE FROM HEATED PLUTONIUM BEARING POWDERS, BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE PACIFIC NORTHWEST LABORATORY, 1968, BNWL-786.

【実験方法の概要】

1. 試料をセットし、一定温度に1時間加熱しながら試料周辺の流速が設定値になるように空気を引く。
2. 1時間加熱終了後も、冷却されるまで1時間サンプリングを続ける。
3. フィルタ及び煙突部のライナーに附着した試料を測定し、移行率を算定。
4. 4種類のプルトニウム粉末を用いて試験を行った結果、最も移行率が大きい粉末でも、約1%/hrである。



第1図 文献による実験の概要図

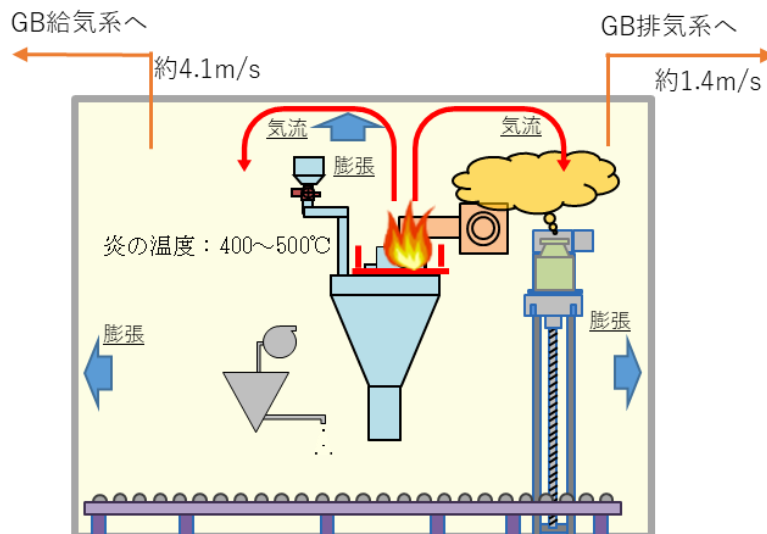
TABLE VIII. Plutonium Oxalate Release Rates (in wt%/hr)

Temperature, °C	Sample Type	Nominal Air Velocity Through Chimney		
		10 cm/sec	50 cm/sec	100 cm/sec
Ambient	A	<0.004	<0.004	<0.004 0.073
	B	<0.004	<0.004	0.38 0.54
400	A	--	--	0.48
	B	--	--	0.016
700	A	0.0044	<0.004	0.90
	B	<0.004	<0.004	0.047
1000	A	<0.004	0.007	0.25
	B	<0.004	0.005	0.075

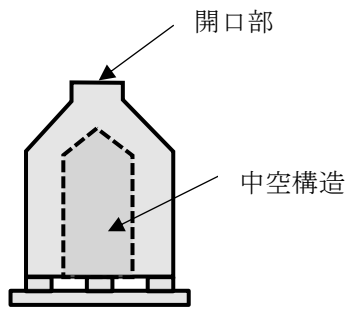
A Particles carried through chimney (collected on glass fiber filter).

B Particles entrained but deposited on chimney walls (collected on 0.003 in. mild steel shimstock liner).

第2図 シュウ酸プルトニウムの移行率



第3図 火災時のグローブボックス内の状態の概要図



第4図 粉末容器のイメージ図

グローブボックスが空気雰囲気化するケースの検討

1. はじめに

重大事故の発生を仮定するグローブボックスは、全て窒素循環型グローブボックスであり、通常運転時においては、窒素循環設備により窒素雰囲気を維持した状態で運転している。

当該グローブボックスが空気雰囲気化する条件について整理し、重大事故の発生時において、グローブボックス内の気相中に飛散したMOX粉末が工程室へと移行する経路としてどのケースが厳しい条件となるのか検討する。

2. 外的事象(地震)を要因とした場合

2. 1 前提条件

外的事象(地震)発生時は、基準地震動の1.2倍の地震力を考慮し、機能を維持できない静的機器の機能喪失及びすべての動的機器の機能喪失を考慮する。

2. 2 窒素循環型グローブボックスへの空気流入箇所

外的事象(地震)発生時は、全交流電源喪失の発生が想定され、窒素循環設備の窒素循環ファンが停止する。

窒素循環ファンの停止のみでは、窒素循環設備が閉ループであることから、即座に窒素循環型グローブボックスが空気雰囲気化することはない。窒素循環設備の経路中から空気が流入する箇所が生じることで、窒素循環型グローブボックスは空気雰囲気化される。

外的事象(地震)を考慮した場合に、窒素循環設備の経路中から空気が流入する箇所としては以下が想定される。

- ① ピストンダンパ近傍の手動ダンパが開放されている場合
- ② グローブボックス給気フィルタ上流側における基準地震動の1.2倍の地震力を考慮した設計としないダクトが損傷(破断)した場合
- ③ グローブボックス排気ダクト合流部における基準地震動の1.2倍の地震力を考慮した設計としないダクトが損傷(破断)した場合
- ④ 窒素循環ダクト分岐部における基準地震動の1.2倍の地震力を考慮した設計としないダクトが損傷(破断)した場合
- ⑤ グローブボックスのパネルに隙間が生じている場合

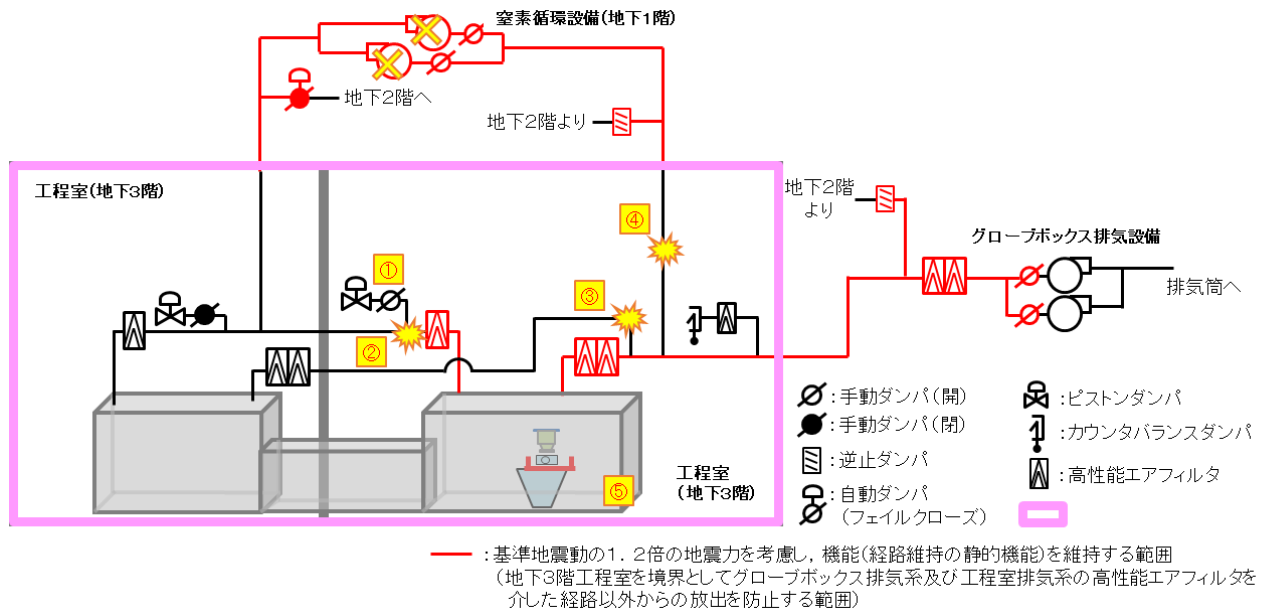


図1. 外的事象(地震)を要因とした場合の窒素循環型グローブボックスへの空気流入箇所

なお、上記①について、当該手動ダンパは、グローブボックスのメンテナンス等、意図的に窒素循環型グローブボックスを空気雰囲気化する際に開放するものであり、通常運転時は閉止状態である。仮に当該手動ダンパの開放が維持された状態であれば空気流入箇所となり得る。

2. 3 空気流入箇所を考慮したグローブボックス内の気相中に飛散したMOX粉末が工程室へと移行する経路について

2. 2項にて示した窒素循環型グローブボックスへの空気流入箇所が、重大事故の発生を仮定するグローブボックス内で火災が発生した場合に、グローブボックス内の気相中に飛散したMOX粉末が工程室へと移行する経路として想定される。

2. 2項で示した③及び④のダクト損傷(破断)の場合は、グローブボックス排気フィルタ2段を介した後の経路であるため、当該部から工程室に移行した場合は、その後工程室排気系のフィルタ2段を介して外部へ放出されるため、合計4段のフィルタを経由する。

①及び②の場合は、グローブボックス給気フィルタ1段を介して工程室へ移行し、その後工程室排気系のフィルタ2段を介して外部へ放出されるため、合計3段のフィルタを経由する。

⑤の場合は、グローブボックスから直接工程室へ移行するため、その後工程室排気系のフィルタ2段を介して外部へ放出される。

上記より、外部への影響の観点で厳しい経路は、

$$\text{⑤} > \text{①} = \text{②} > \text{③} = \text{④} \quad \text{となる。}$$

なお、仮にダクト損傷がなく、ピストンダンパ近傍の手動ダンパが閉止している場合は、グローブボックス給気系からの工程室への移行経路はなくなり、グローブボックス内の気相中に飛散したMOX粉末はグローブボックス排気系から外部へ放出又はグローブボックスのパネル隙間から工程室へ移行した後に外部へ放出するパターンのいずれかが考えられるが、両経路の圧力損失を踏まえると、グローブボックス排気系へと移行する割合が支配的となる。

3. 内の事象を要因とした場合

3. 1 前提条件

内の事象発生時は、全交流電源喪失、設計基準の感知設備の機能喪失、設計基準の消火設備の機能喪失を想定している。これら以外の設備については健全な状態である。

3. 2 窒素循環型グローブボックスへの空気流入箇所

内の事象発生時は、窒素循環設備のダクト等の経路は健全であることから、窒素循環型グローブボックスへの空気流入箇所として想定されるのは、ピストンダンパ近傍の手動ダンパ(図2の①)が開放状態となっている場合のみである。

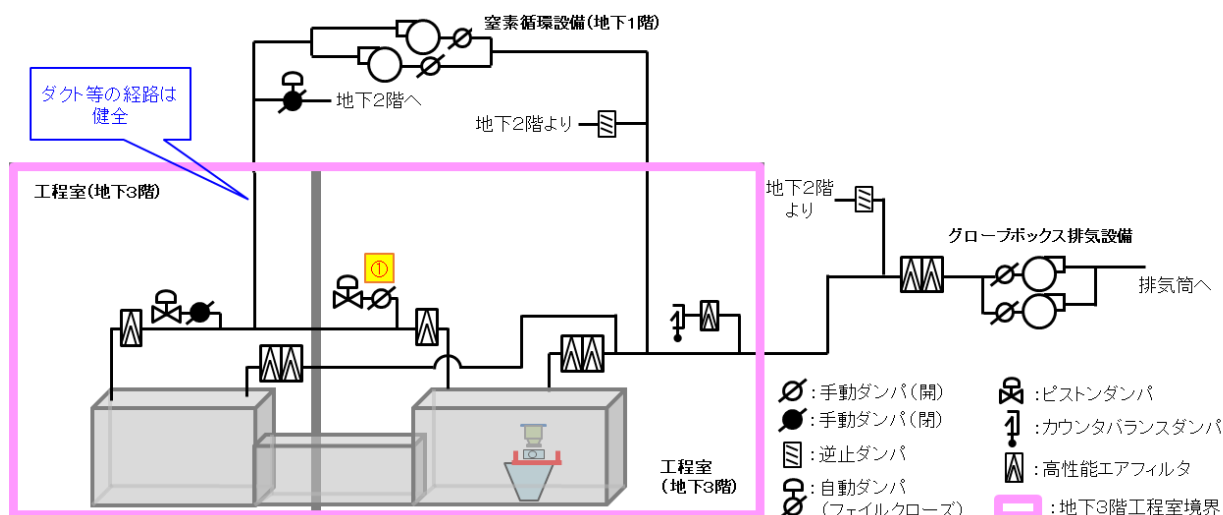


図2. 内の事象を要因とした場合の窒素循環型グローブボックスへの空気流入箇所

想定している内の事象発生時において、ピストンダンパ近傍の手動ダンパを開放している状態が重なることは考え難いが、空気流入経路としては当該部があること、空気流入がなければ火災は発生しないことを踏まえ、内の事象時においては、当該手動ダンパが開放していることを想定

する。

そのため、内的事象発生時における重大事故の発生を仮定するグローブボックス内で火災が発生した場合は、グローブボックス内の気相中に飛散したMOX粉末が工程室へと移行する経路として、グローブボックス給気系のピストンダンパの経路も想定する。

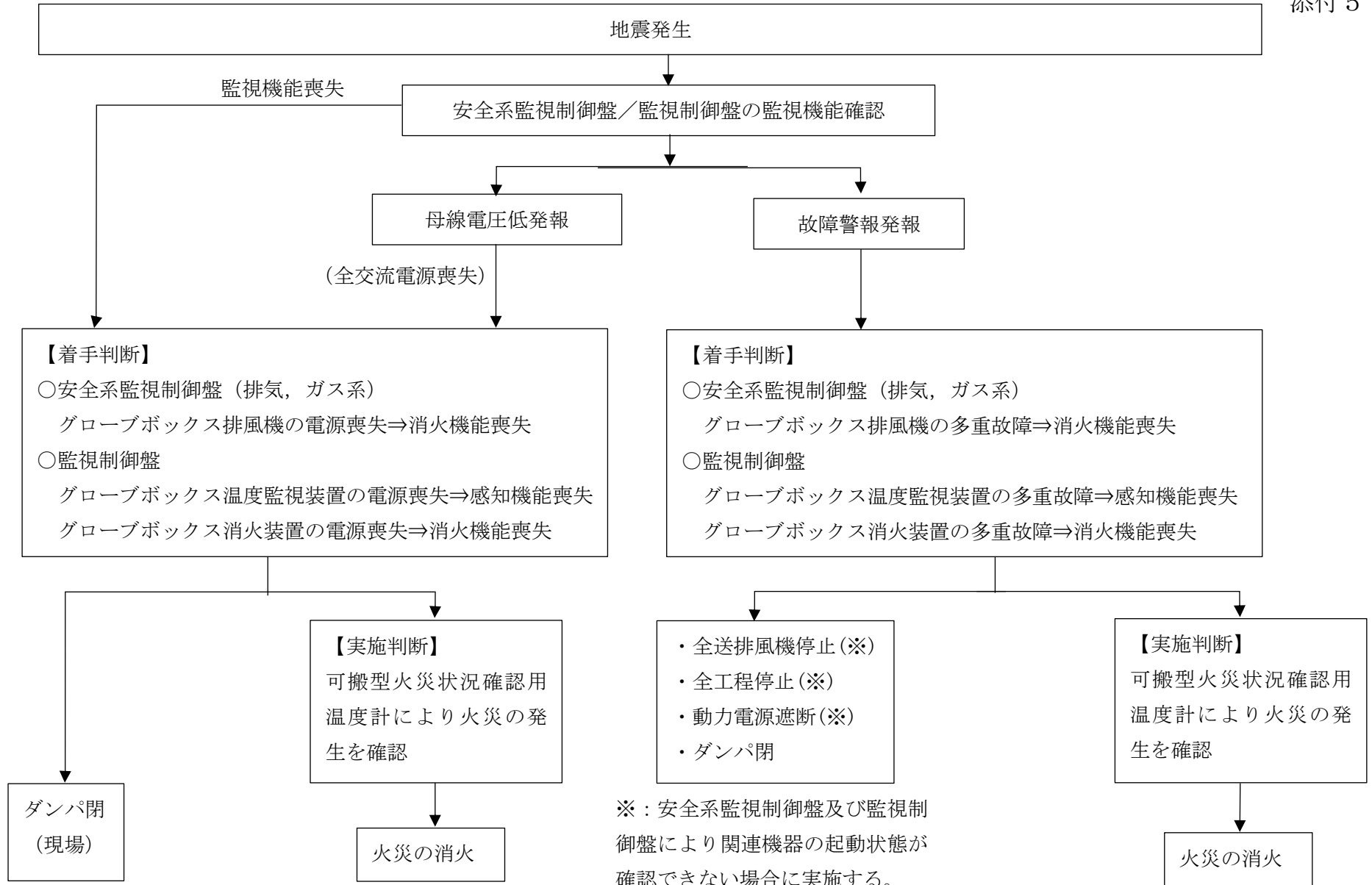
以 上

放出量評価の詳細

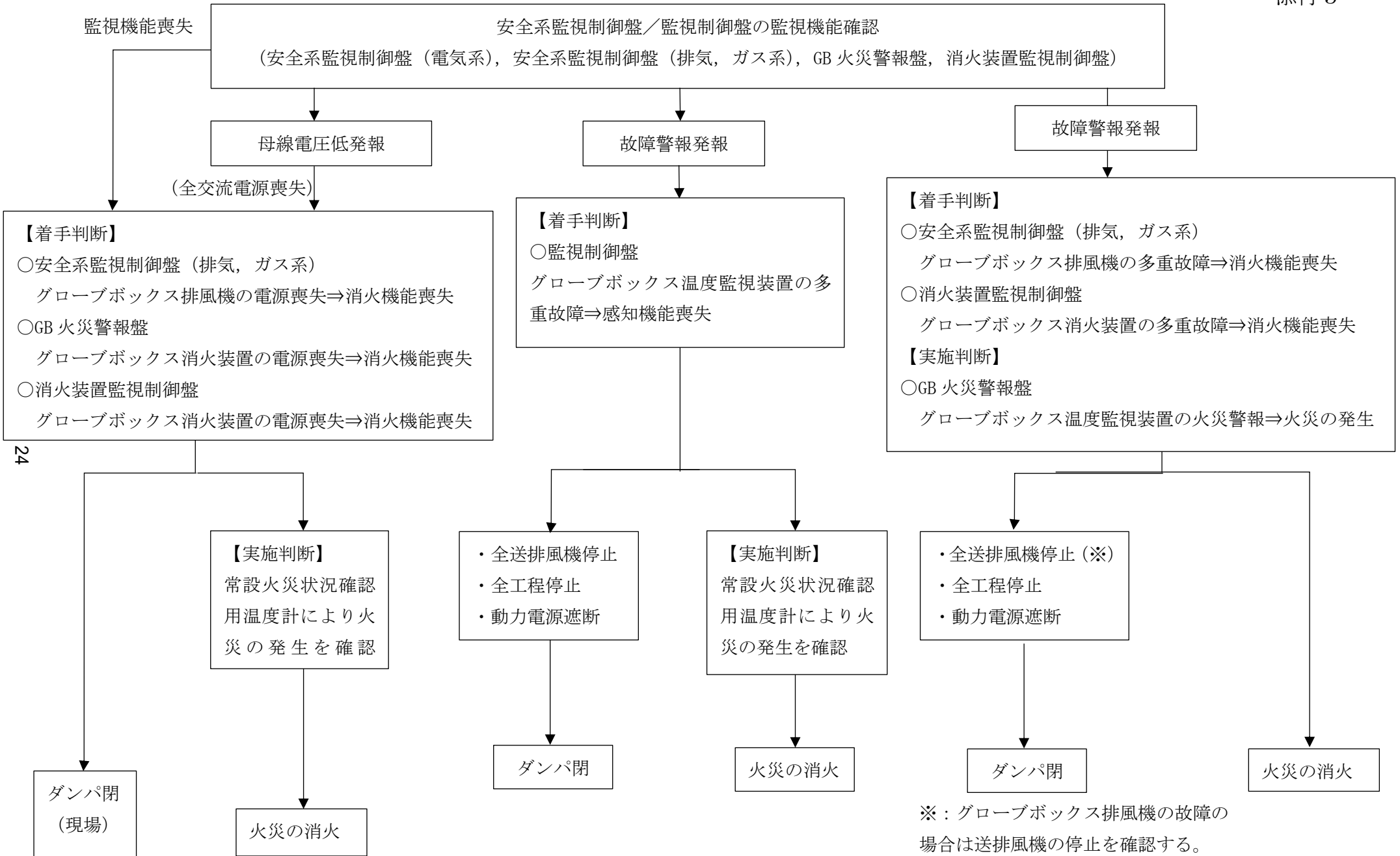
添付 4

GB (火災源) 名称	工程室名称	移行経路	工程室体積(m³)	火災継続時間(s)	膨張体積(m³)	MOX粉末量(kg)	HM換算係数	Pu富化度	Pu質量(kg)	Pu質量(g)	体積膨張率(m³/s)	工程室雰囲気温度(g MOX/m³)	気相への移行率	経路への移行割合	工程室排気フィルタ除去係数	GB排気フィルタ除去係数	ダクト除去係数	Pu放出量(g・Pu)	備考
予備混合装置 GB	粉末調整第2室	GB排気系	910	260	-	65	0.882	0.33	18.9	18900	-	-	7.22E-04	0.25	-	-	0.1	3.41E-10	
		GB給気系	910	260	92.6	65	0.882	0.33	18.9	18900	0.36	4.46E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	4.13E-08	
		パネル開口部	910	260	92.6	65	0.882	0.33	18.9	18900	0.36	5.95E-04	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	5.51E-08	
均一化混合装置 GB	粉末調整第5室	GB排気系	1790	866	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	2.41E-03	0.25	-	1.00E-09	0.1	8.60E-10	
		GB給気系	1790	866	149.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.18	9.43E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	1.47E-07	
		パネル開口部	1790	866	149.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.18	1.26E-03	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	1.96E-07	
造粒装置 GB ①	粉末調整第5室	GB排気系	1790	1191	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	3.31E-03	0.25	-	1.00E-09	0.1	1.18E-09	
		GB給気系	1790	1191	821.2	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.69	1.26E-04	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	1.03E-06	
		パネル開口部	1790	1191	821.2	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.69	1.68E-03	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	1.38E-06	
造粒装置 GB ②	粉末調整第5室	GB排気系	1790	229	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	6.36E-04	0.25	-	1.00E-09	0.1	2.27E-10	
		GB給気系	1790	229	20.1	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.09	1.26E-04	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	2.59E-08	
		パネル開口部	1790	229	20.1	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.09	1.68E-03	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	3.45E-08	
回収粉末処理・混合装置 GB	粉末調整第7室	GB排気系	1330	260	-	155	0.882	0.24	32.8	32800	-	-	7.22E-04	0.25	-	1.00E-09	0.1	5.92E-10	
		GB給気系	1330	260	92.6	155	0.882	0.24	32.8	32800	0.36	7.28E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	6.82E-08	
		パネル開口部	1330	260	92.6	155	0.882	0.24	32.8	32800	0.36	9.71E-04	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	9.09E-08	
添加剤混合装置 A GB	ペレット加工第1室	GB排気系	2380	260	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	7.22E-04	0.25	-	1.00E-09	0.1	2.58E-10	
		GB給気系	2380	260	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.33	3.00E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	2.57E-08	
		パネル開口部	2380	260	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.33	4.00E-04	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	3.43E-08	
添加剤混合装置 B GB	ペレット加工第1室	GB排気系	2380	260	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	7.22E-04	0.25	-	1.00E-09	0.1	2.58E-10	
		GB給気系	2380	260	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.33	2.39E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	2.05E-08	
		パネル開口部	2380	260	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.33	3.18E-04	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	2.73E-08	
プレス装置 A GB	ペレット加工第1室	GB排気系	2380	109	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	3.03E-04	0.25	-	1.00E-09	0.1	1.08E-10	
		GB給気系	2380	109	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.79	2.36E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	2.04E-08	
		パネル開口部	2380	109	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.79	3.15E-04	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	2.71E-08	
プレス装置 B GB	ペレット加工第1室	GB排気系	2380	109	-	90	0.882	0.18	14.3	14300	-	-	3.03E-04	0.25	-	1.00E-09	0.1	1.08E-10	
		GB給気系	2380	109	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.79	2.39E-05	-	0.74	1.00E-04	-	0.1	2.06E-08	
		パネル開口部	2380	109	85.3	90	0.882	0.18	14.3	14300	0.79	3.18E-04	-	0.01	1.00E-05	-	0.1	2.74E-08	
合計																		3.28E-06	

MAR (Bq)	DR	ARF	RF	LPF	放出量 (Bq)	χ/Q (s/m3)	R (m3/s)	H (Sv/Bq)	被ばく線量 (mSv)
7.90E+04	1	1.0E+00	1	1.00E+00	7.90E+04	8.10E-05	0.000333333	1.60E-05	0.0000341
4.18E+03	1	1.0E+00	1	1.00E+00	4.18E+03	8.10E-05	0.000333333	1.60E-05	0.0000018
7.52E+03	1	1.0E+00	1	1.00E+00	7.52E+03	8.10E-05	0.000333333	1.60E-05	0.0000032
1.67E+06	1	1.0E+00	1	1.00E+00	1.67E+06	8.10E-05	0.000333333	1.70E-07	0.0000077
1.87E+04	1	1.0E+00	1	1.00E+00	1.87E+04	8.10E-05	0.000333333	1.60E-05	0.0000081
Pu放出放射能合計					1.78E+06			敷地境界被ばく量	0.0000549
ICRP Pub72	IAEA TECDOC	IAEA TECDOC	IAEA TECDOC	ICRP/IAEA	Cs137	Cs137			
預託換算係数	預託換算係数	呼吸率	預託換算係数	換算係数比	換算放射能				
(Sv/Bq)TypeS	nSv/h)/(kBq/m	(m3/h)	(Sv/Bq)		(Bq)				
1.60E-05	1.70E+02	1.50E+00	1.13E-04	1.41E-01	7.17E+00	5.66E+05			
1.60E-05	1.80E+02	1.50E+00	1.20E-04	1.33E-01	8.72E+00	3.65E+04			
1.60E-05	1.80E+02	1.50E+00	1.20E-04	1.33E-01	8.62E+00	6.47E+04			
1.70E-07	3.50E+00	1.50E+00	2.33E-06	7.29E-02	1.06E-01	1.78E+05			
1.60E-05	1.40E+02	1.50E+00	9.33E-05	1.71E-01	8.84E+00	1.66E+05			
					1.01E+06	1.01E-06	TBq		



重大事故等対処時の初動対応フロー（外的事象発生時）



24

重大事故等対処時の初動対応フロー (内的事象発生時)