

重大事故等への対処について

1. 事故の特徴

- 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は、火災の発生防止対策として、グローブボックス内を窒素雰囲気とする、潤滑油を機器に収納する、着火源を排除する等の設計を講じているが、技術的想定を超え、発生防止対策が機能喪失し、何等かの理由により火災が発生する。
- 火災の発生と同時に設計基準対象施設である感知・消火設備が機能喪失し、火災が継続する。
- 火災の継続に応じて、火災により発生する気流によってグローブボックス内の気相中に移行するMOX粉末が設計基準事故よりも増加する。
- 気相に移行したMOX粉がグローブボックス排気系等を経由して外部に放出される。

2. 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。
- 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り、オイルパン面積の全面での燃焼が燃焼面積として最大となる。
- 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分となる。
- 火災の規模としては、火災試験において、着火後10分経過してもオイルパン面積の全面での燃焼が継続していること、火災試験におけるオイルパン上での潤滑油の燃焼状況は、燃焼面積が半分程度で火災が継続する状況であったこと等から、火災は20分以上継続するものと考えられる。

(2) 気相中に飛散したMOX粉末の移行経路（添付1参照）

- 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。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>グローブボックス排気系>パネルの隙間等の移行割合は変わらない。
- 火災の影響等を考慮した場合でも、パネルの隙間等は 10 倍程度の状況が想定される範囲であると考ええる。
- 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が体積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、逆止ダンパ等の設備構造から工程室排気系が経路となる。（添付 1 参照）
- 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おり、圧力損失を考慮すると排気系に移行することが想定され、排気系に移行したMOX粉末は、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、上述と同じである。なお、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。

(4) 工程室から外部へ放出されるMOX粉末の挙動（添付2参照）

- 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経由して工程室に漏えいする。工程室に漏えいした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。
- 上述の移行率や移行経路で、火災継続20分後の工程室内のMOX粉末濃度を評価すると4mg MOX/m³程度になる。これは工程室に漏えいしたMOX粉末が、工程室の体積で均一になったと仮定した場合の濃度であり、実際は工程室内で均一の濃度になることはなく、火災による温度が高い状態で工程室に漏え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てくることが想定されるが、評価上は濃度が均一になるものとする。

3. 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全交流電源喪失、②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で監視機能の喪失や

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。

- 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°C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。
- 地震発生時に、全交流電源喪失には至らないものの安全系監視制御盤等で設計基準の感知・消火機能が喪失を確認した場合は、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、上記と同様にダンパ閉、火災の発生の有無の確認及び消火を行う。

(2) 内の事象発生時（動的機器の多重故障等）

- 内の事象発生時としては、①全交流電源喪失、②設計基準の感知設備の機能喪失、③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、監視機能の喪失や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対処を行う。内の事象発生時においては、外的事象発生時のような要員による確認作業等に要する10分を考慮する必要がないこと、対処を行う環境条件の悪化が想定されないことから、事象確認後8分で全ての

作業が完了する。

- 安全系監視制御盤等で、設計基準の感知設備の機能喪失を確認した場合は、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）。
- 安全系監視制御盤等で、設計基準の消火設備（消火機能又はグローブボックス排風機）の機能喪失を確認し、安全系監視制御盤等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4、タイムチャートを添付5に示す。

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こととし、回収作業は有効性評価の対象とはしない。

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、回復作業は有効性評価の対象としない。

以 上

火災規模，MOX粉末の移行経路に関する検討

1. はじめに

火災時におけるMOX粉末の移行に係る駆動力として，グローブボックス内空気の体積膨張が考えられる。本資料では以下の検討を実施する。

1. 1 火災規模をパラメータとした場合の状態変化

火災規模については様々な要因が影響するため，明確に定義することは困難であることから，火災規模をパラメータとしてグローブボックス内の状態変化をサーベイする。

具体的には，潤滑油量については設計上の上限値で定義できることから，燃焼面積をパラメータとした以下の評価を実施する。

- グローブボックス体積を一定（定積）とした場合の温度変化，圧力変化
- 圧力に変化がない（定圧）とした場合の，グローブボックス体積の膨張

また，工程室に火災源の熱量を与えた場合の評価も同様に実施する。

1. 2 圧力損失を考慮したMOX粉末の移行経路の検討

グローブボックス内のMOX粉末の移行経路としては，いくつかの経路が存在する。各経路の圧力損失を考慮して，膨張したグローブボックス内の雰囲気経路として支配的な経路を特定する。

また，経路の圧力損失に不確かさがある部分については，これをパラメータとして評価する。

1. 3 工程室へ漏えいした後のMOX粉末の移行経路

工程室へ漏えいしたMOX粉末（膨張した空気）の移行経路について検討する。

2. 火災規模をパラメータとした場合の状態変化

2. 1 基本情報

各火災源の情報は以下の通り。また、火災源が存在する室の情報も示す。

表 2-1-1 各火災源の情報

対象 GB (火災源) ※1	GB 容積[m ³]	潤滑油量 [L]	オイルパン面積[m ²]
予備混合装置 GB	18.5	3.0	0.45
均一化混合装置 GB	32.2	6.0	0.27
造粒装置 GB①	31.5	22.0	0.72
造粒装置 GB②		1.0	0.17
回収粉末処理・混合装置 GB	29.8	3.0	0.45
添加剤混合装置 GB A/B	23.2	3.0	0.45
プレス装置 GB A/B	36.7※2	2.2	0.79

※1：造粒装置 GB には火災源が 2 つある。また、添加剤混合装置 GB、プレス装置 GB はそれぞれ A 系・B 系の 2 系統あるが、同一設計であるため記載を省略。

※2：火災源があるプレス装置（プレス部）GB 容積は 4m³ であるが、プレス装置（粉末取扱部 GB）及びグリーンペレット積込装置 GB と実質的に一体であり、間を区切るシャッタ等ないためこれらを合算した容積を記載。

表 2-1-2 火災源が存在する工程室の情報

部屋名称	部屋容積[m ³]	対象 GB (火災源)
粉末調整第 2 室	910	予備混合装置 GB
粉末調整第 5 室	1790	均一化混合装置 GB
		造粒装置 GB①
		造粒装置 GB②
粉末調整第 7 室	1330	回収粉末処理・混合装置 GB
ペレット加工第 1 室	2380	添加剤混合装置 GB A/B
		プレス装置 GB A/B

2. 2 火災規模をパラメータとした場合の状態変化

(1) 発熱速度の設定及びパラメータサーベイ

発熱速度及び燃焼継続時間は、潤滑油量及び燃焼面積に依存する。

発熱速度及び燃焼継続時間については、米国 NRC で開発された火災評価ツール FDTs (Fire Dynamics Tools) により算出した。このツールは、火災事象発生時の影響を受ける範囲の特定等に用いられるものである。

算出の際は、潤滑油量及び燃焼面積をインプットとした。

上記で求めることができる燃焼速度及び燃焼継続時間は、オイルパン全面で理想的な燃焼が進行した場合であるが、実態の火災は徐々に燃焼が継続していくことが想定される。

ここでは、パラメータサーベイとして、潤滑油量を設計上の最大値で固定とし、燃焼面積を 100%、50%、25%と変化させた場合の発熱速度及び燃焼継続時間を求めた。

表 2-2-1 発熱速度及び燃焼継続時間のパラメータサーベイ

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

上記は理想的な燃焼に基づく評価であるが、実現象としては潤滑油が何らかの要因により引火点まで加熱される時間が必要であるほか、火災の燃焼については、徐々に火災の範囲が広がっていき、全面的な火災が継続して徐々に燃え尽きていくことが考えられる。

図 2-2-1 に示す火災試験の結果からも、スポンジを用いて強制的に潤滑油に着火させた結果、徐々に温度が上昇していき、10 分経過後も火災が継続する結果が得られている。



可燃物（スポンジ）にブロー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）

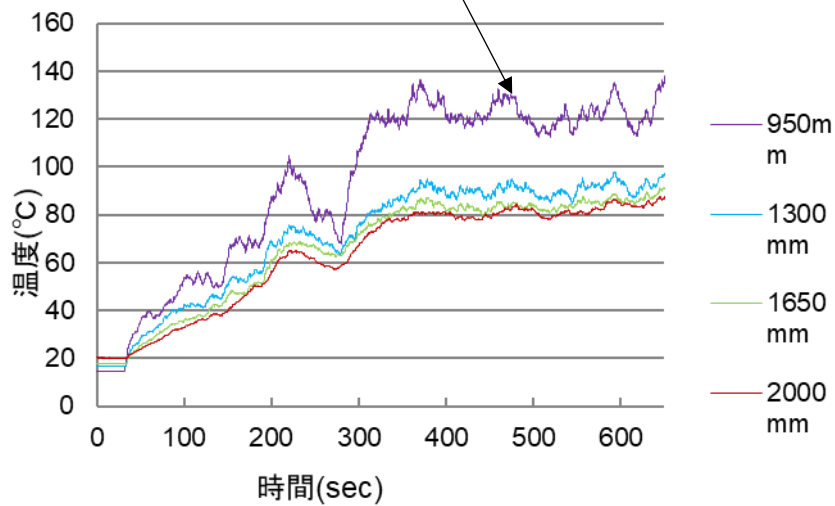


図 2 - 2 - 1 火災試験の結果（スポンジにオイルを含侵）

また、潤滑油については、機器の亀裂から徐々に漏えいし、燃焼面積もこれに比例して拡大していくことが考えられる。

これらを総合すると、潤滑油量が最も多い火災源については 20 分以上火災が継続すると考えられ、火災規模としては「燃焼面積 50%」程度の規模が妥当と考えられる。

2. 3 パラメータサーベイを踏まえたグローブボックスの状態変化

(1) 定積変化

以下に、グローブボックスの温度変化及び圧力変化を示す。なお、いずれの計算も周囲への放熱を無視している。

a. グローブボックスの温度変化

発熱速度から求められる熱量をグローブボックス雰囲気中に与えた際の温度上昇を、以下の式にて求めた。

なお、初期温度は 20℃ とした。

$$\Delta t = \frac{Q}{mc}$$

ここで、

Δt = 時間当たりの温度上昇量 [℃]

Q = 熱量 [J]

m = グローブボックス空気重量 [kg]

c = 空気の比熱 [J/kg・℃]

であり、空気密度及び比熱は以下の値を用いた。これらの値は、標準大気圧における乾燥空気 (20℃) における値である。

空気密度 : 1.2042 [kg/m³]

比熱 : 1003 [J/kg・℃]

上記の式により、火災源毎にオイルパンの燃焼面積を 100%, 50%, 25% と変化させた場合の温度変化を別紙 1 に示す。

なお、現実的には周囲に放熱されるため、別紙 1 に示す温度とはならない。火災規模を踏まえると、図 2-2-3 で示した温度程度と考えられる。

b. グローブボックスの圧力変化

グローブボックスの容積を一定とした場合の圧力上昇を、(1) で求めた温度を用いて以下の式より求めた。

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1$$

ここで、

T_1 = 初期温度 [K]

T_2 = 時間変化後の温度 [K]

P_1 = 初期圧力 [Pa]

P_2 = 時間変化後の圧力 [Pa]

なお、初期圧力については、標準気圧 (101325Pa=1atm) として示す。

上記の式により、火災源毎にオイルパンの燃焼面積を 100%, 50%, 25% と変化させた場合の圧力変化を別紙 1 に示す。

なお、グローブボックスには排気系ダクト、給気系ダクト等の膨張した空気の逃げ道があるため、現実的にはこのような圧力上昇には至らない。

(2) 定圧変化

前項で示した通り、グローブボックス内温度上昇に伴い、圧力が上昇するが、グローブボックス内には系外へ通じる経路がいくつかあることから、この経路を通じて避圧されるものとして圧力が初期状態から変化しないものとして体積変化を求めた。

a. グローブボックスの体積変化

圧力を一定とした場合の体積膨張を、前項で求めた温度を用いて以下の式より求めた。

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1$$

ここで、

T_1 = 初期温度 [K]

T_2 = 時間変化後の温度 [K]

V_1 = 初期体積 [m³]

V_2 = 時間変化後の体積 [m³]

上記の式により、火災源毎にオイルパンの燃焼面積を 100%、50%、25%と変化させた場合の体積変化を別紙 1 に示す。

また、時間当たりの体積膨張率を以下に示す。

表 2-3-1 各グローブボックス雰囲気 の体積膨張率

対象 GB (火災源)	体積膨張率 [m ³ /s]		
	燃焼面積 100%	燃焼面積 50%	燃焼面積 25%
予備混合装置 GB	0.93	0.36	0.13
均一化混合装置 GB	0.46	0.17	0.06
造粒装置 GB①	1.78	0.69	0.26
造粒装置 GB②	0.24	0.09	0.03
回収粉末処理・混合装置 GB	0.93	0.36	0.13
添加剤混合装置 GB A/B	0.93	0.36	0.13
プレス装置 GB A/B	1.98	0.78	0.30

2. 4 パラメータサーベイを踏まえた工程室の状態変化

2. 3 と同様の手法にて、火災源の熱量が全量工程室に移動した場合の状態変化について、別紙 2 に示す。

2. 5 パラメータサーベイを踏まえた工程室の状態変化（複数火災源考慮）

粉末調整第5室及びペレット加工第1室には複数の火災源が存在する。

ここでは、同時に火災が発生すると仮定し、2. 3と同様の手法にて、複数の火災源を考慮した工程室の状態変化を求めた。

この際、火災源により燃焼継続時間が異なるため、時間変化を求める際には、途中で燃焼が終了した火災源について、その時点より当該火災源の発熱量を差し引いた。

整理結果を別紙3に示す。

3. 圧力損失を考慮したMOX粉末の移行経路の検討

グローブボックス内には系外へ繋がるいくつかの経路がある。

各経路の圧力損失を考慮した移行経路を検討するためには、各経路に
入力される体積膨張率（流速）又は圧力を考慮するアプローチがある。

以降の評価では、体積膨張率から求められる流速の観点で検討を実施
する。

3. 1 評価イメージ

グローブボックスから系外へ繋がる経路としては、図中の①～③の経
路を考慮する。防火シャッタの隙間を介して隣接グローブボックスへ経
由するルートもあるが、隣接グローブボックスから先の経路は、最終的
には①～③の経路と同様となるため、ここでは考慮しない。

表2-3-1で求めた体積膨張率を開口部に与え、各経路の圧力損失
が等しくなる流速比より、経路別の分配比を算出した。

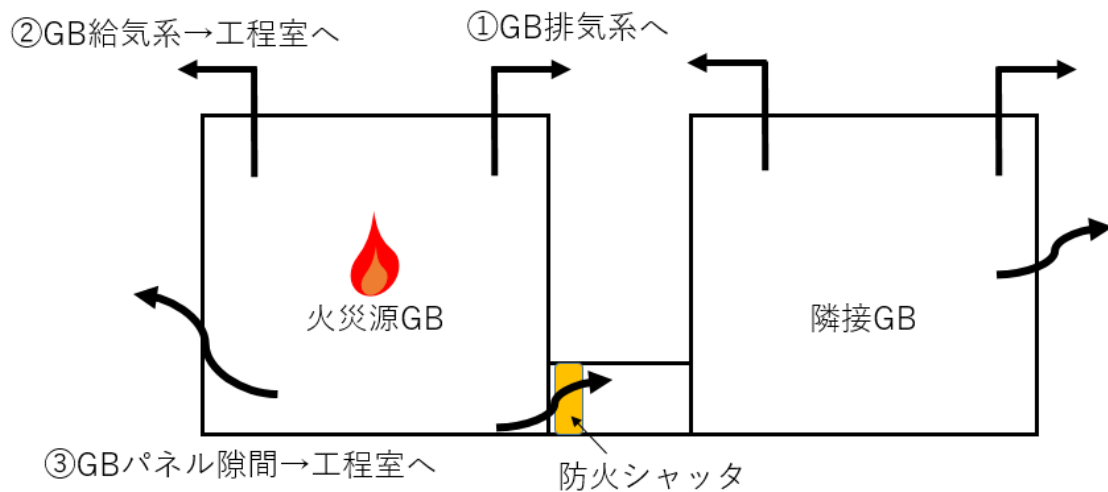


図 評価イメージ

3. 2 評価条件

(1) 空気密度

グローブボックス内温度上昇を考慮し、200℃における空気密度を使用
した。

空気密度：0.7455 [kg/m³]

(2) グローブボックス排気系の圧力損失

経路上の長さ，曲がり，分岐・合流，拡大・縮小，フィルタ（4段）

等を考慮した。なお、概略評価として、最も圧力損失が大きくなる経路の曲がり等の圧力損失情報を使用した。

ダクト径については、排風機側に近づくにつれ合流により太くなるが、グローブボックスの直近の口径（最も細い箇所）を一律適用した。

（3）グローブボックス給気系の圧力損失

経路上の長さ、曲がりフィルタ（1段）等を考慮した。なお、概略評価として、代表的なグローブボックスの圧力損失を適用した。

（4）パネル開口の評価

グローブボックスの設計上の漏えい率は0.1vol%/h以下である。また、上記の漏えい率を確認するための漏えい試験は500～1000Paで実施する。

ここでは、グローブボックスパネル外周に一律隙間があると仮定し、圧力損失が1000Paと等しくなる隙間長さを算出した。

最も火災源の発熱量が大きい造粒装置グローブボックスの寸法情報より求めた結果、隙間長さは 8.9×10^{-6} mとなった。

3. 3 評価結果

上記評価条件に基づき、圧力損失を踏まえた各経路への分配割合は以下の通りとなる。また、設計上の漏えい率から求められるパネル隙間に対して、地震による損傷及び火災による圧力による隙間の拡大等を考慮し、隙間を10倍、100倍としたケーススタディを行った。

ケース1 経路別の分配割合（パネル開口は設計値）

GB 排気系	GB 給気系	パネル隙間
約 25%	約 75%	ほぼ無し

ケース2 経路別の分配割合（パネル開口が設計値の10倍）

GB 排気系	GB 給気系	パネル隙間
約 25%	約 74%	約 1%

ケース3 経路別の分配割合（パネル開口が設計値の100倍）

GB 排気系	GB 給気系	パネル隙間
約 7%	約 21%	約 72%

グローブボックス給気系に対し、グローブボックス排気系は配管長が長く、曲がりも多い。またフィルタ段数が多いことから圧力損失を考慮すると、給気系：排気系の移行比率は約3：1となる。この比率はいかなる場合も変わらない。

パネル隙間自体は隙間から工程室に漏れいする際の圧力損失しかなく、パネル隙間が大きくなると移行割合は支配的となる。

ただし、ケース3に関しては、パネル隙間がグローブボックス全周に渡り約1mmとの評価であり、相当気密が失われた極端なケースである。また、ここまでのパネル隙間が発生する場合には、グローブボックス缶体にパネルを維持することが困難と考えられるが、火災試験による状況を踏まえてもパネルが脱落する状況となることは考えられない。

現実的には、ケース1又はケース2のような分配割合になると想定される。

また、これらの分配割合は、表2-3-1で求めた体積膨張率の範囲において同じ結果となることを確認している。

また、工程室からの移行イメージを以下に示す。

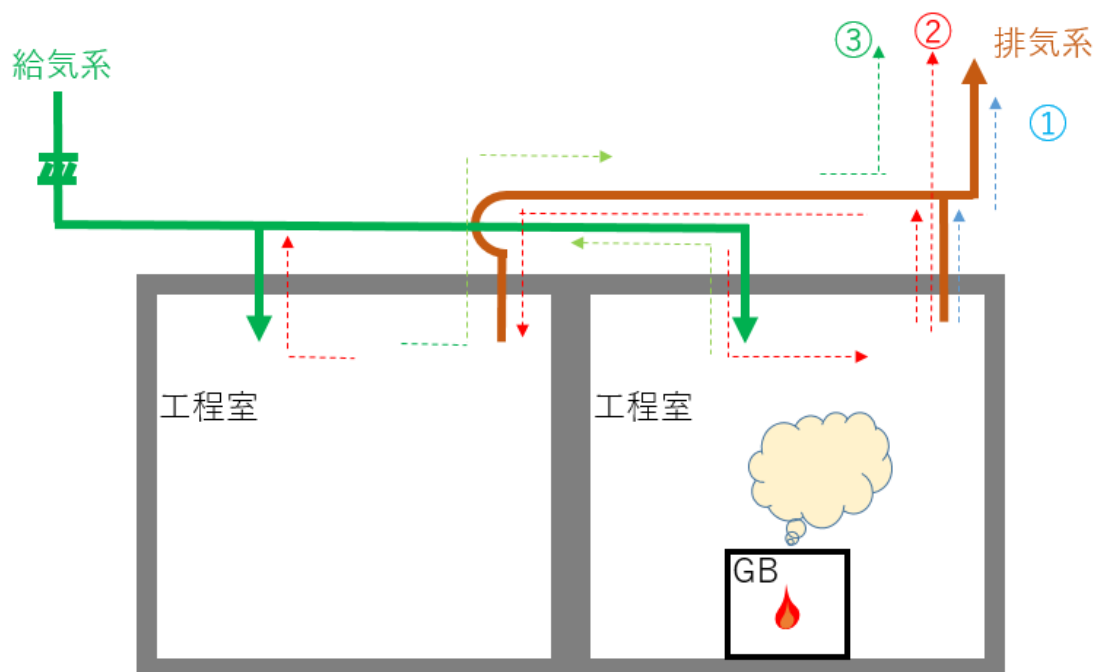


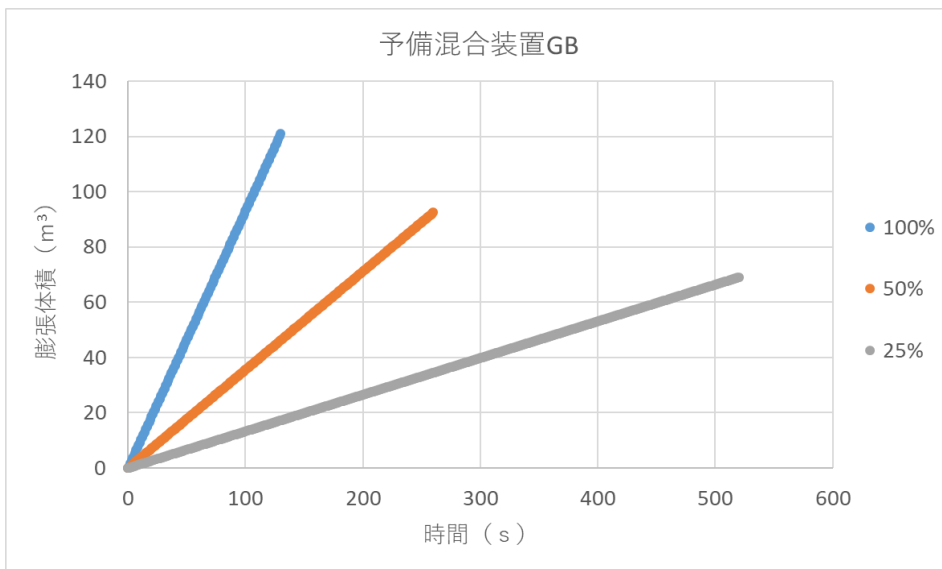
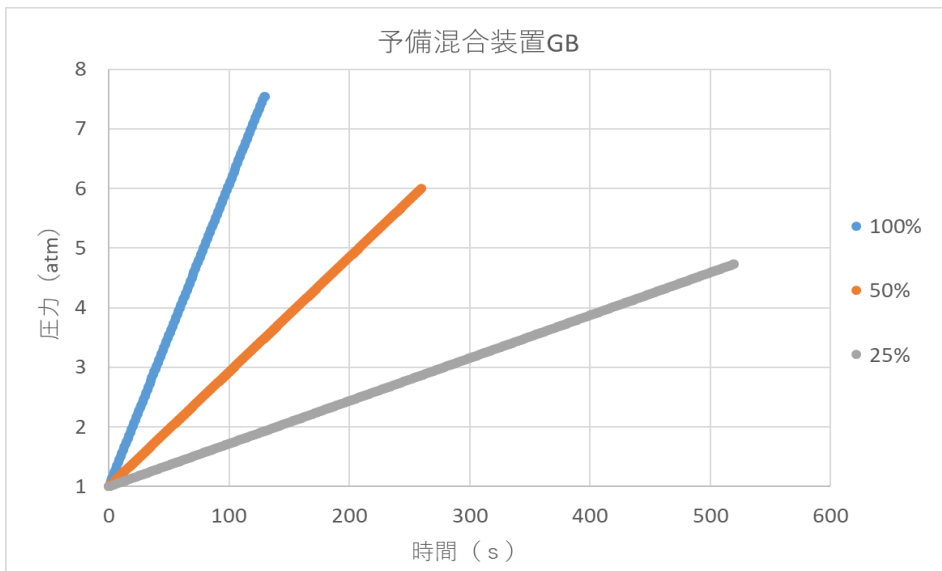
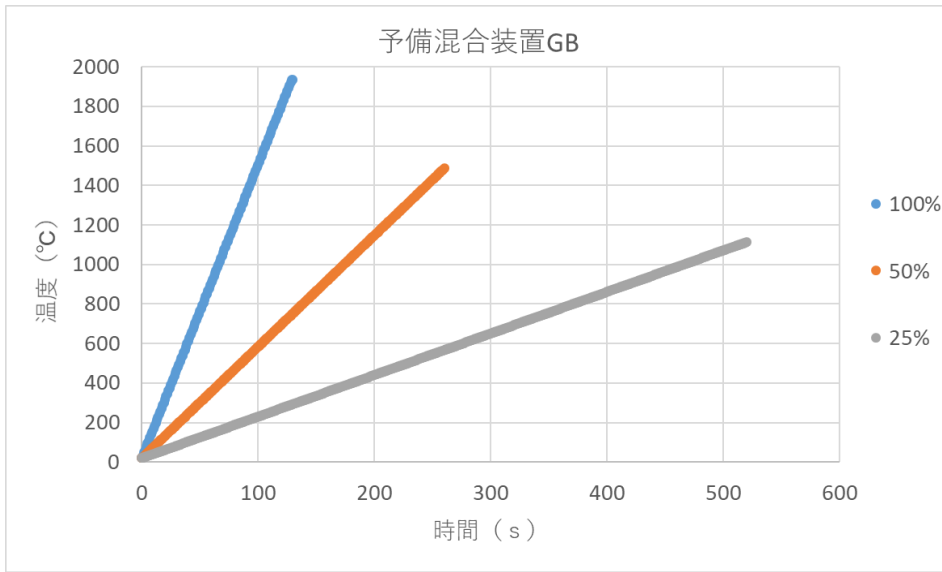
図4-2 工程室から外部への移行経路イメージ

①～③の経路について、分配割合を定量化して示すことは困難であるが、給気又は排気ダクトを介し各部屋を経由して排気系へ戻るような経路については考え難く、工程室の体積膨張があった場合には、工程室に漏えいしたMOX粉末は工程室排気系へ移行すると考えられる。

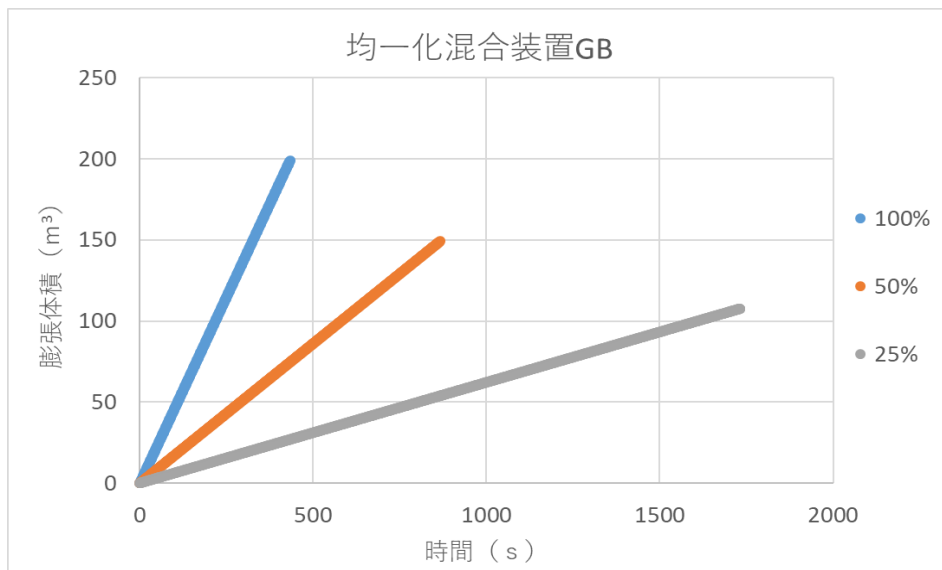
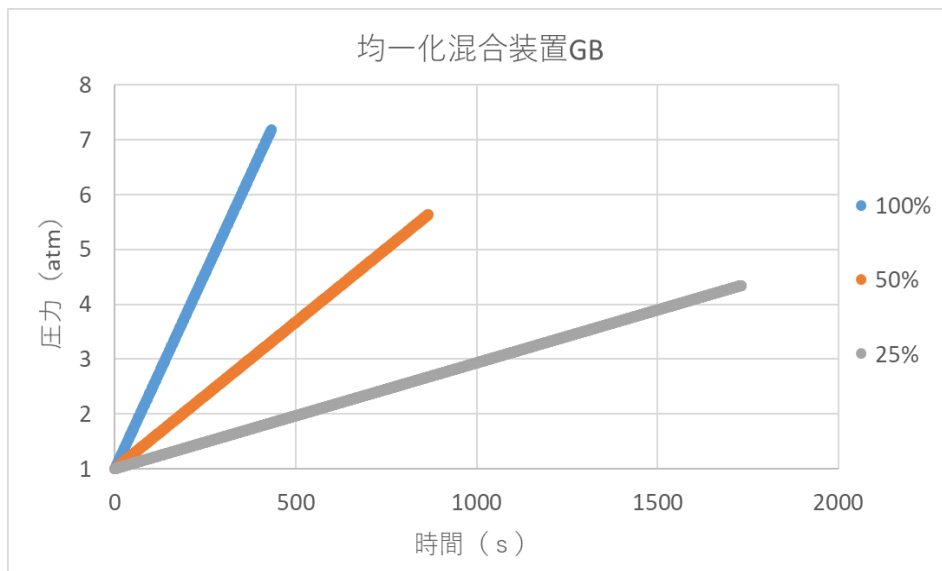
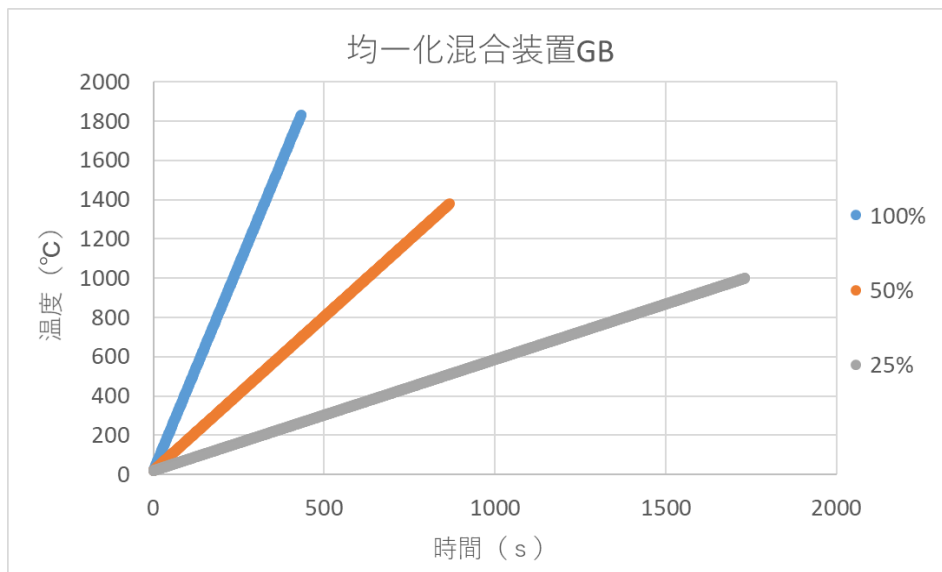
仮に他の室を経由した場合においても、外部への放出の時間遅れが発生するのみであり、最終的には工程室排気系から外部に放出される。

このため、工程室に漏えいしたMOX粉末については、体積膨張量に応じて、工程室排気系を通じて外部へ放出されることを想定する。

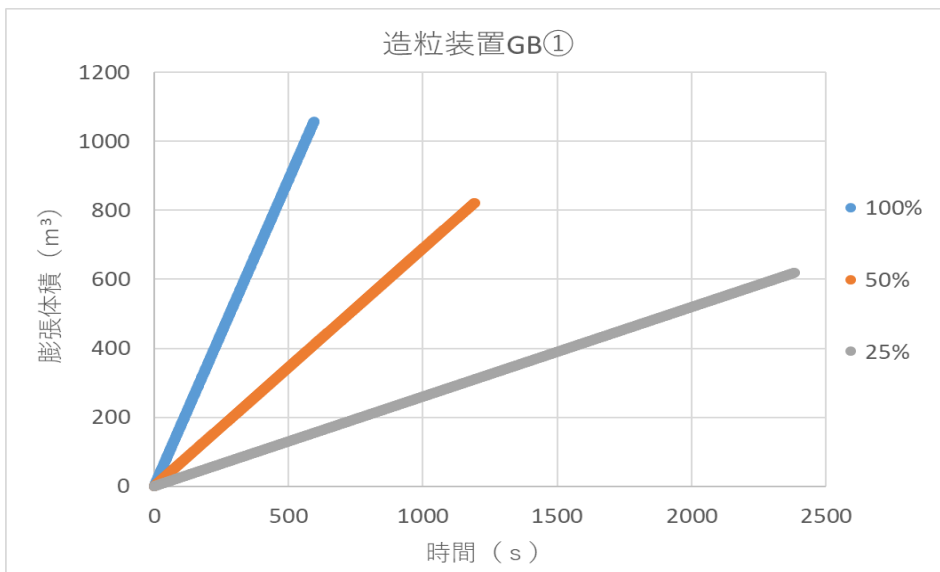
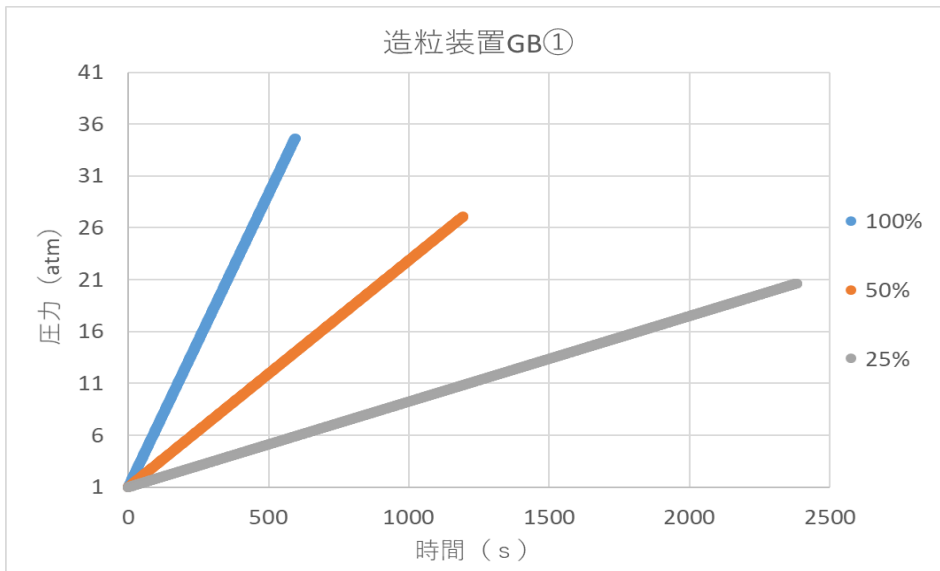
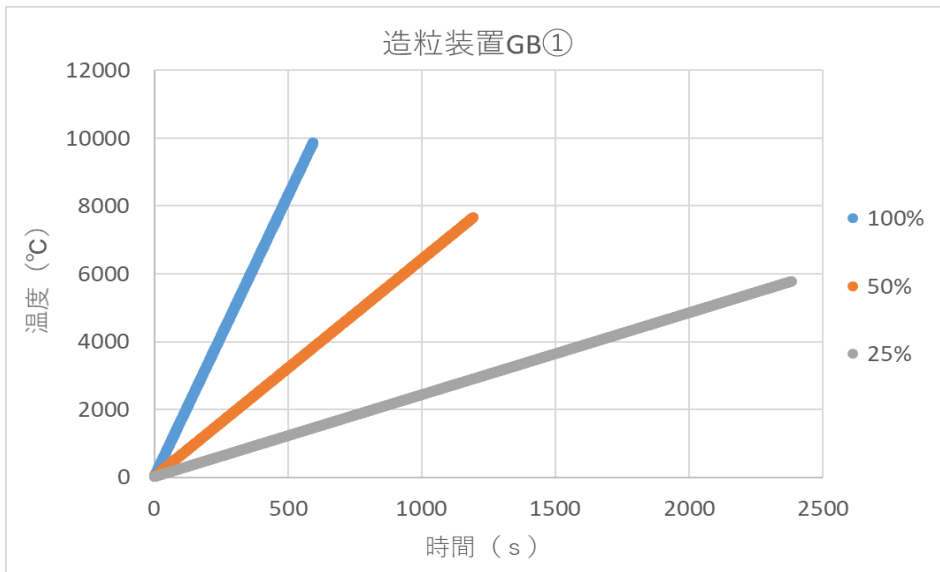
なお、工程室へ漏えいしたMOX粉末の移行経路については、図4-3に示した通り、地下3階工程室から工程室排気設備へ移行するルートのみであることを確認している。



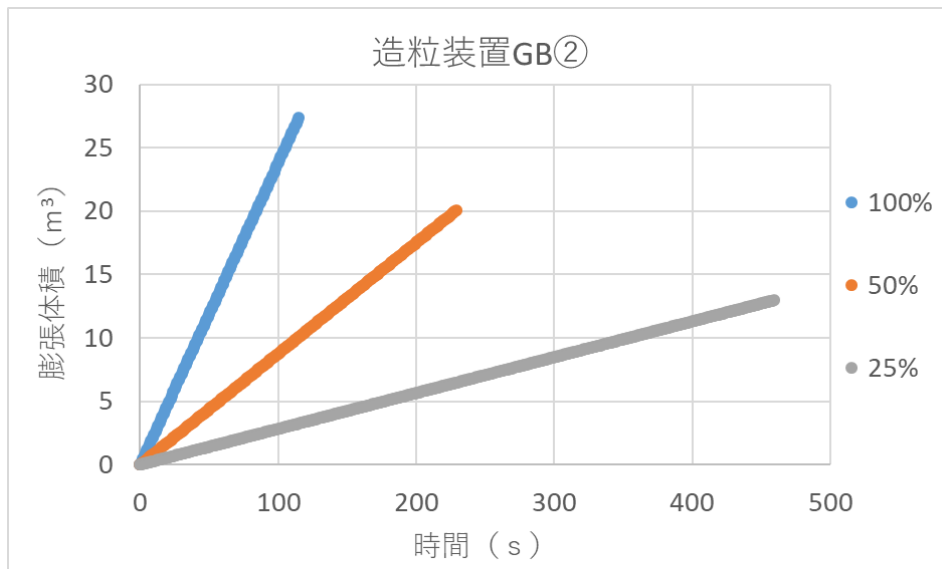
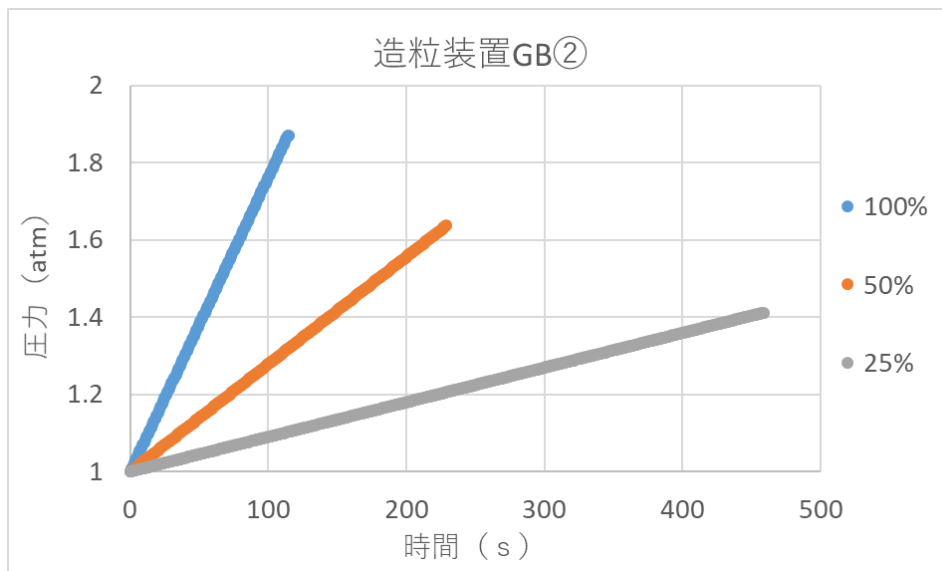
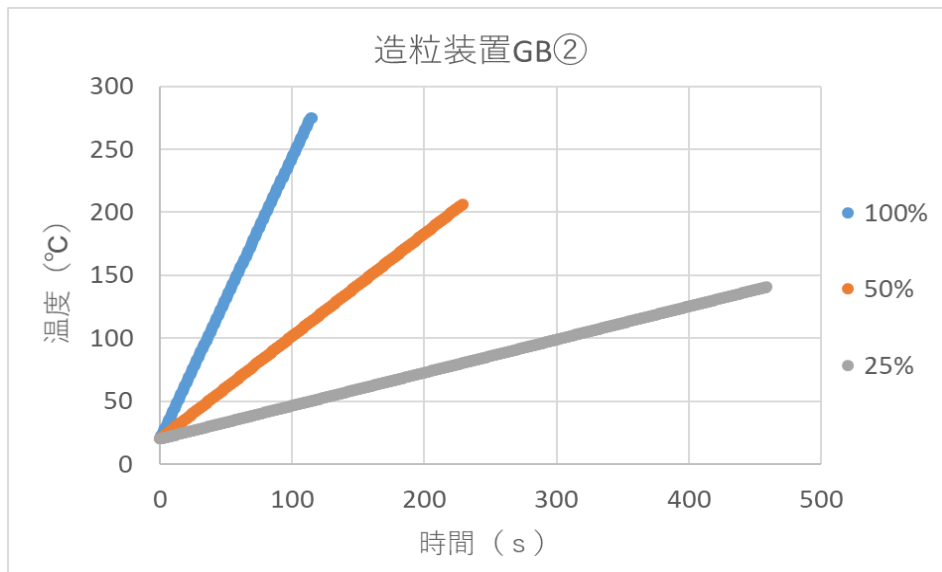
グローブボックスの状態変化



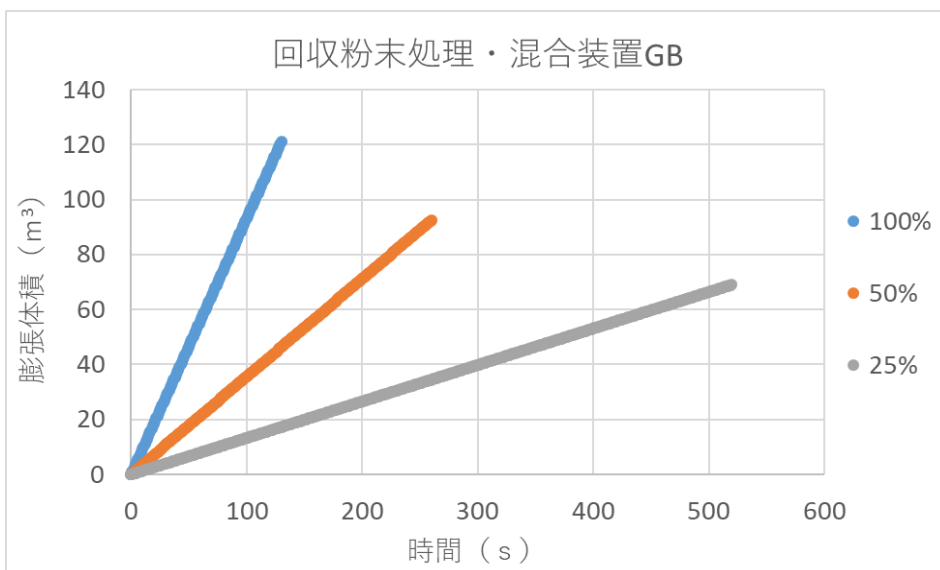
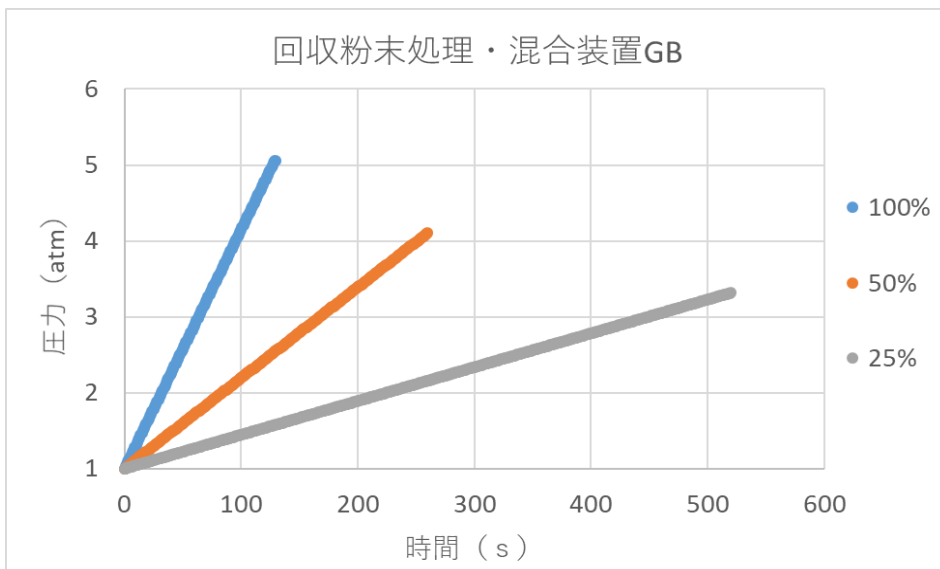
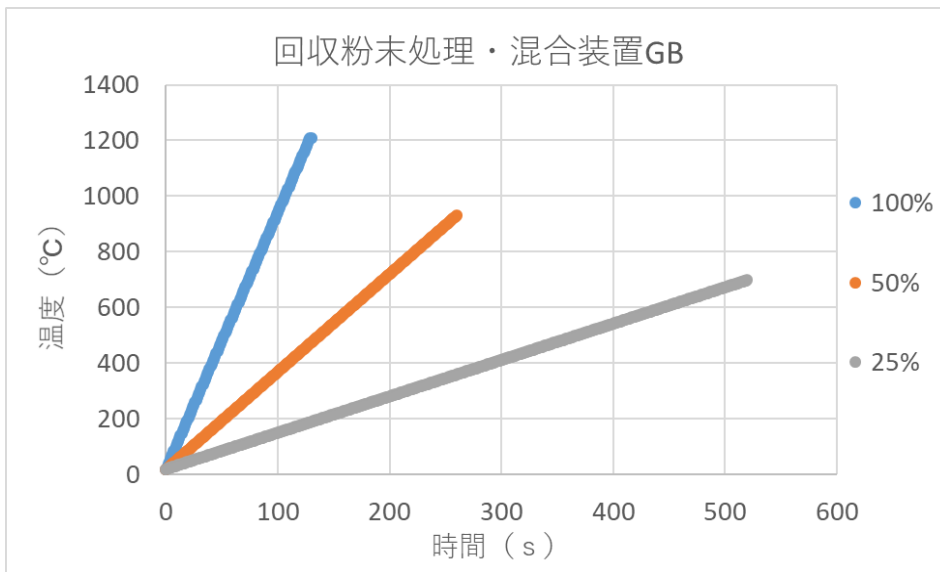
グローブボックスの状態変化



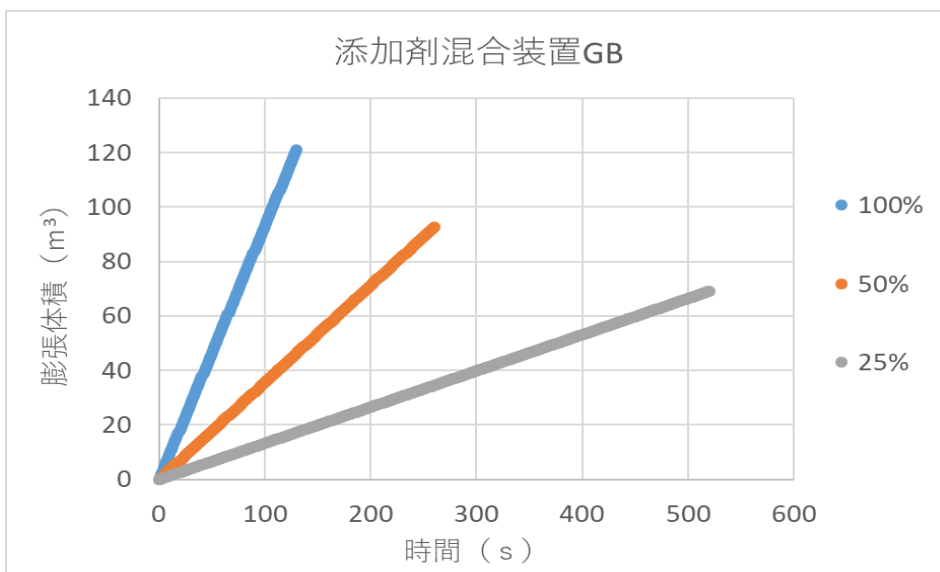
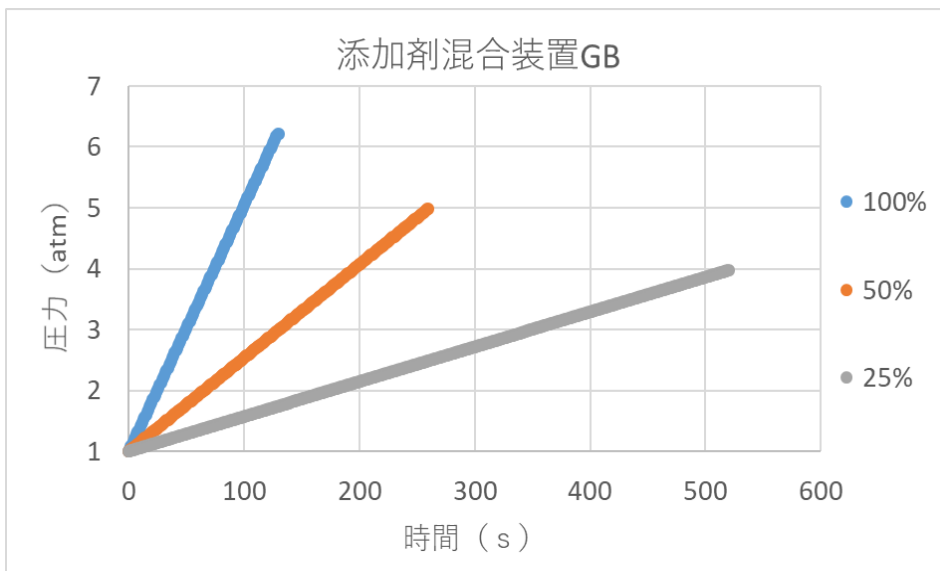
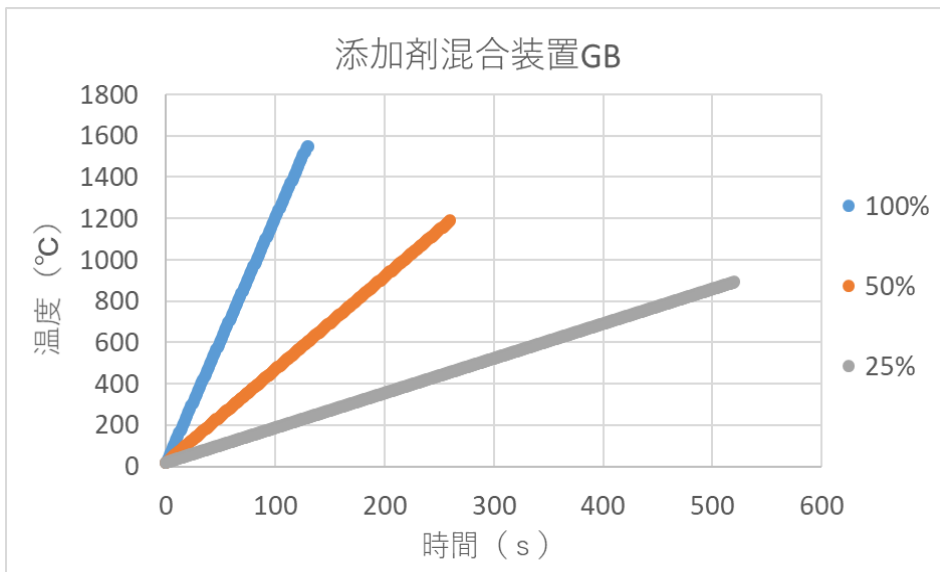
グローブボックスの状態変化



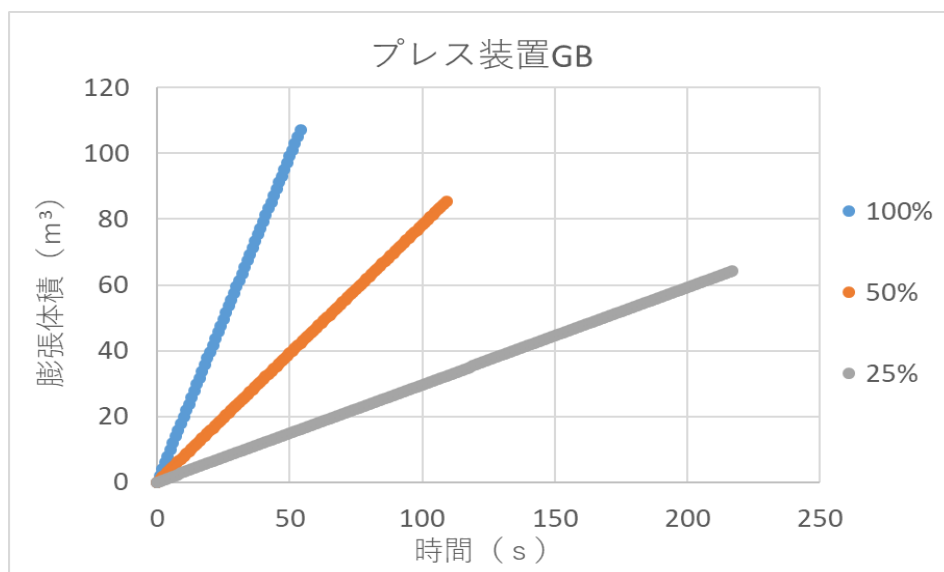
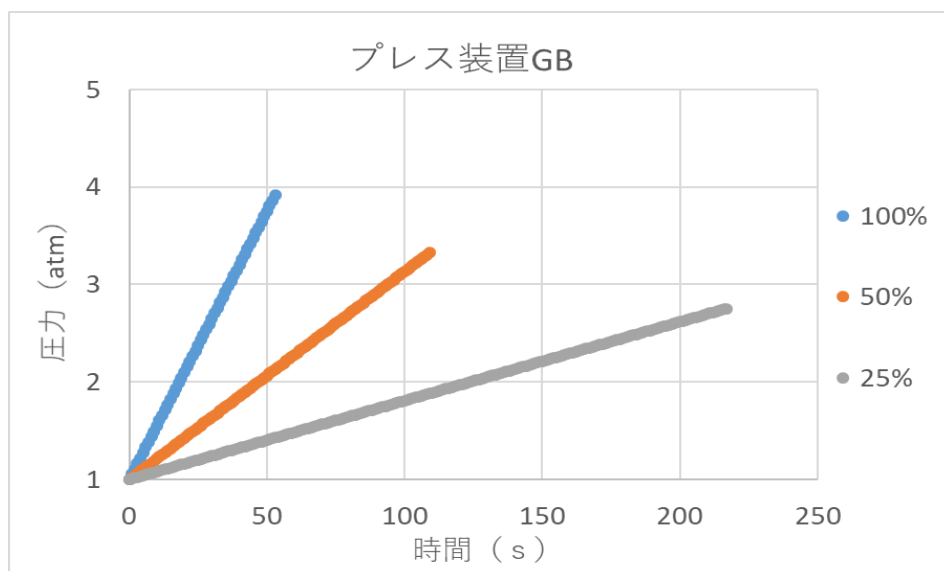
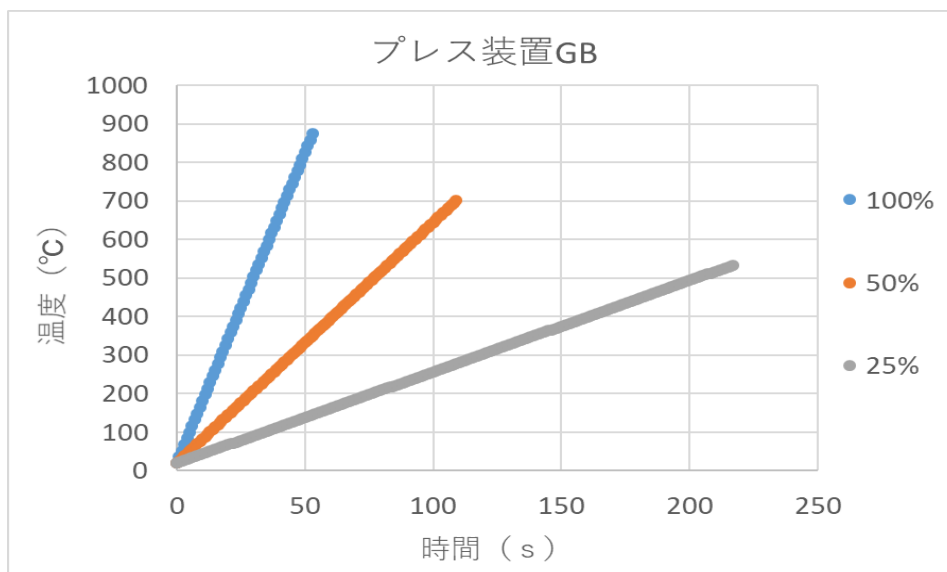
グローブボックスの状態変化

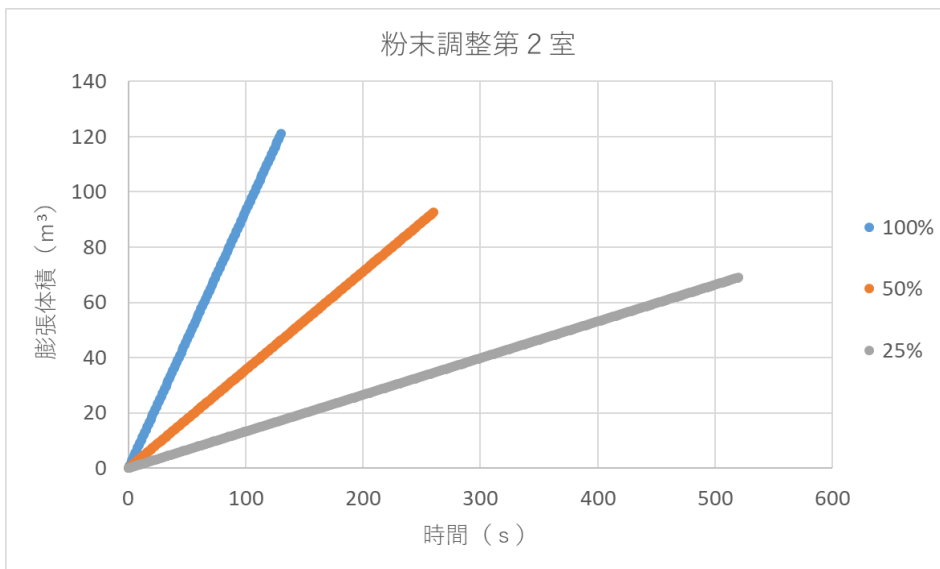
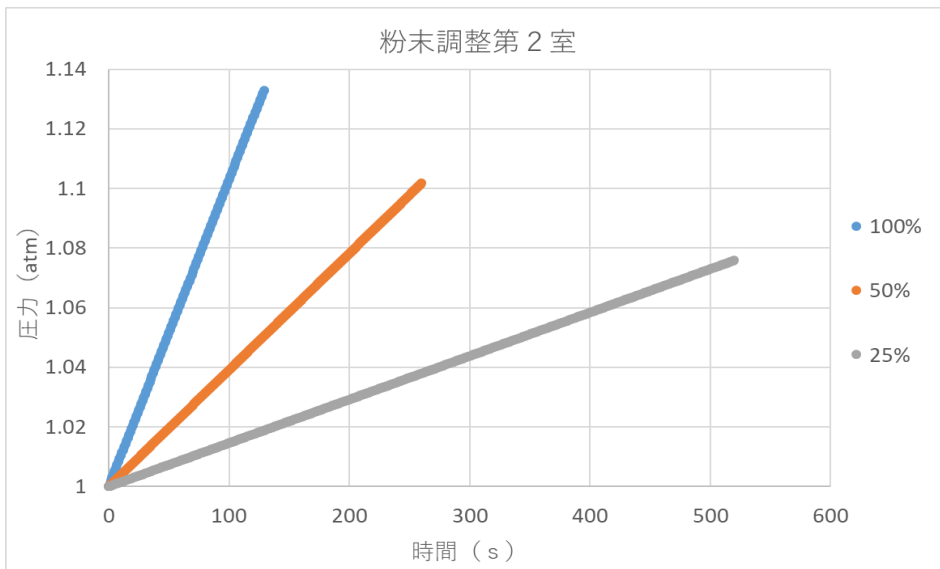
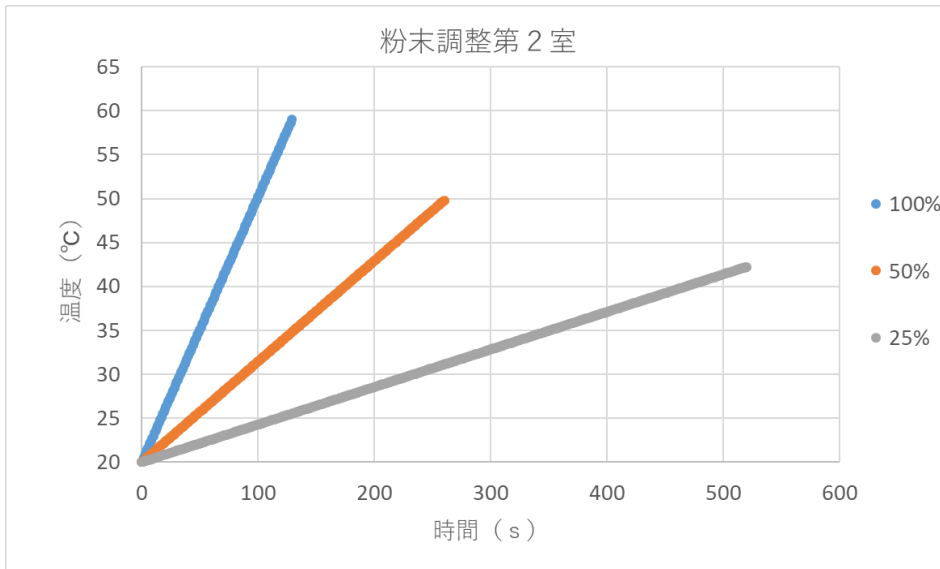


グローブボックスの状態変化

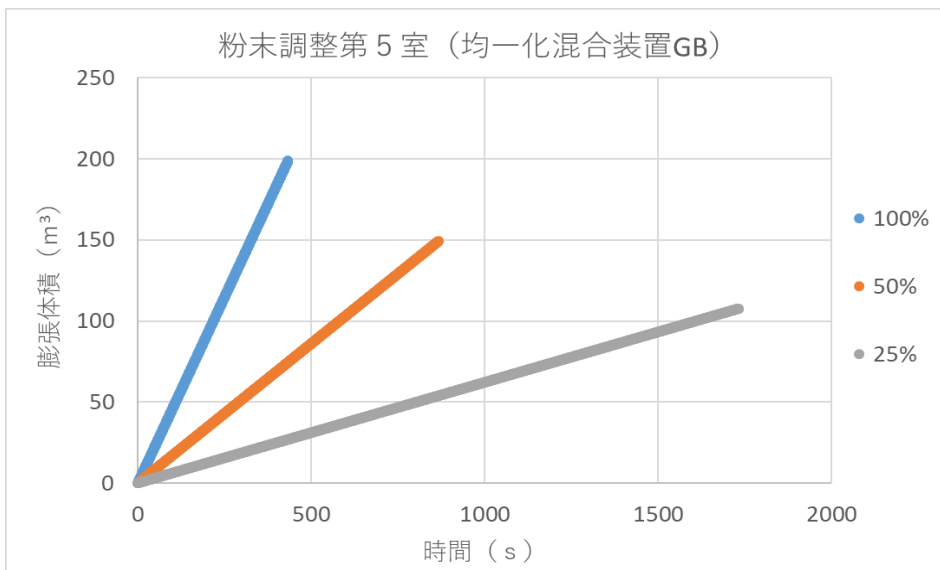
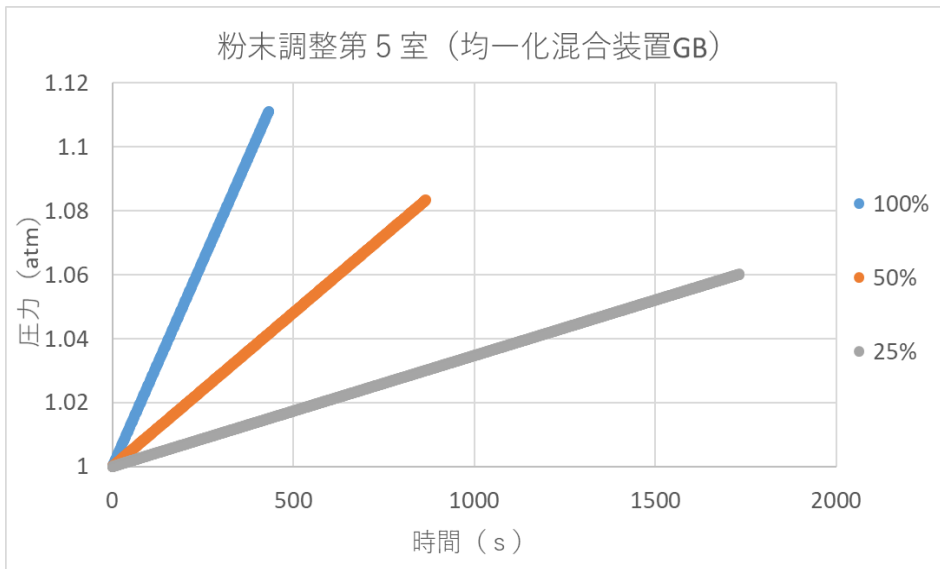
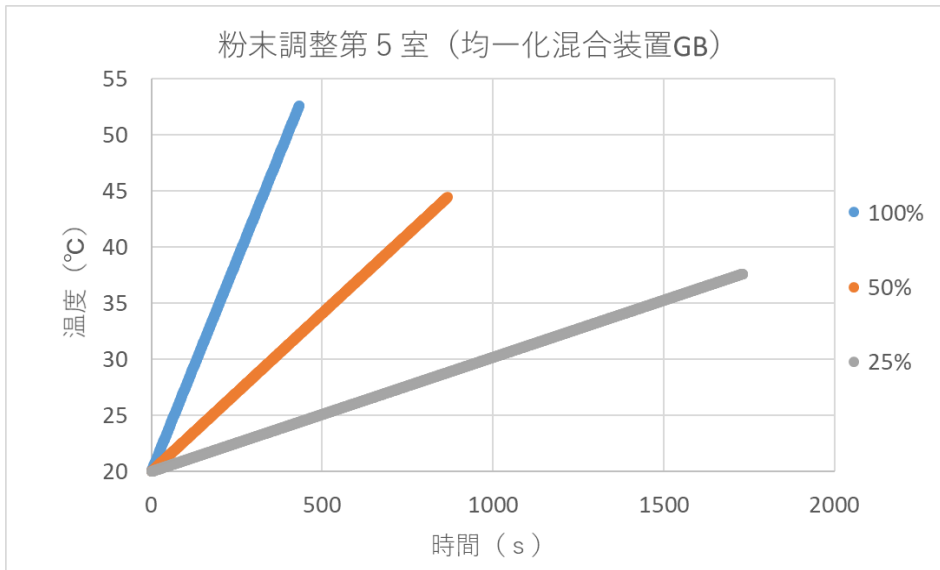


グローブボックスの状態変化

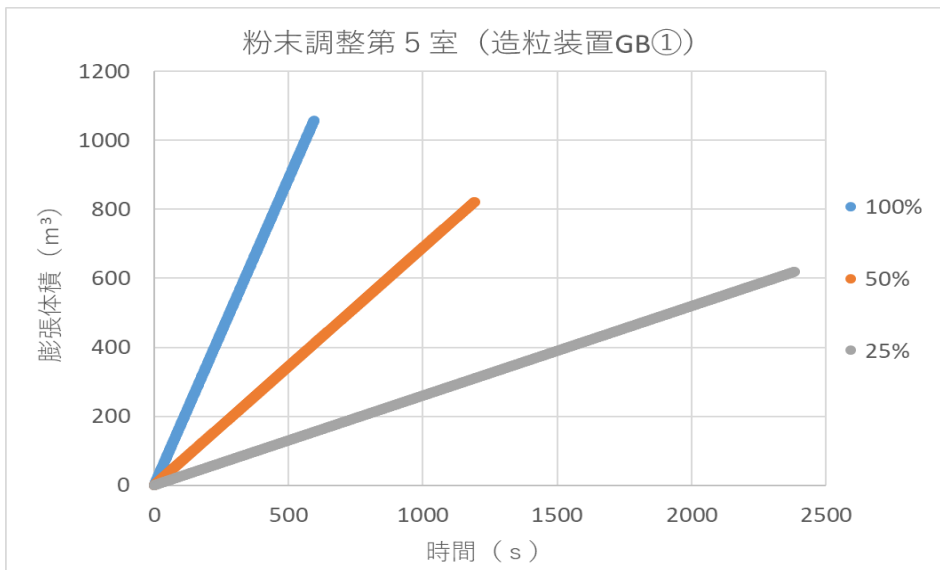
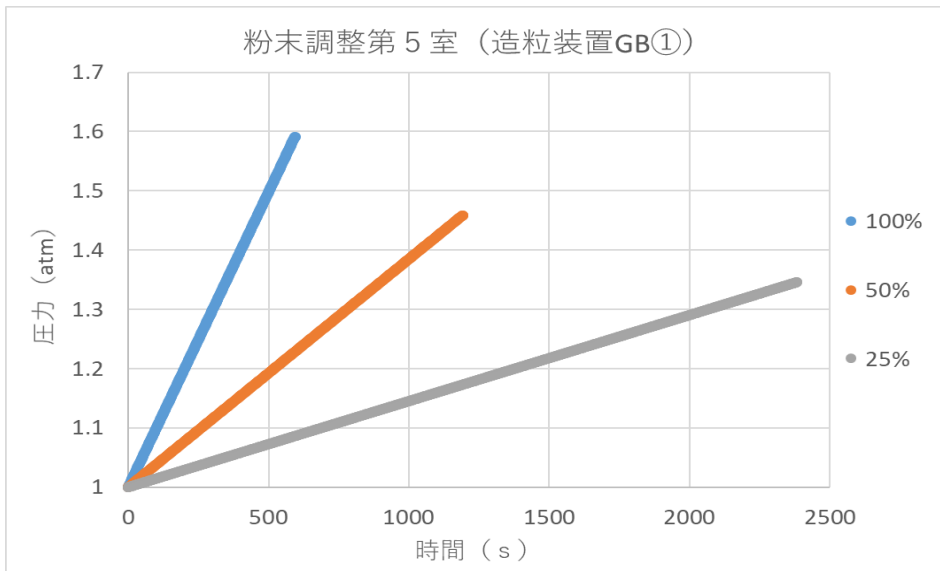
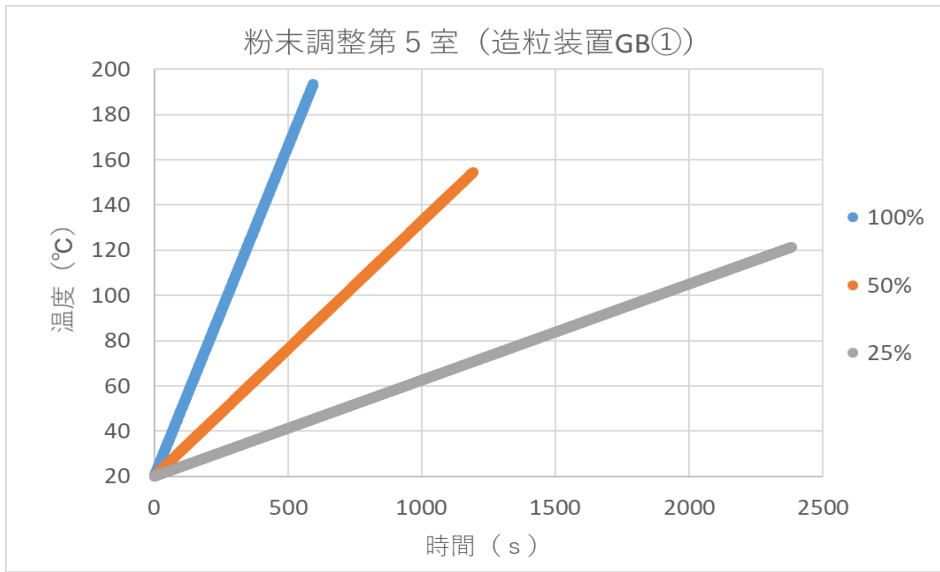




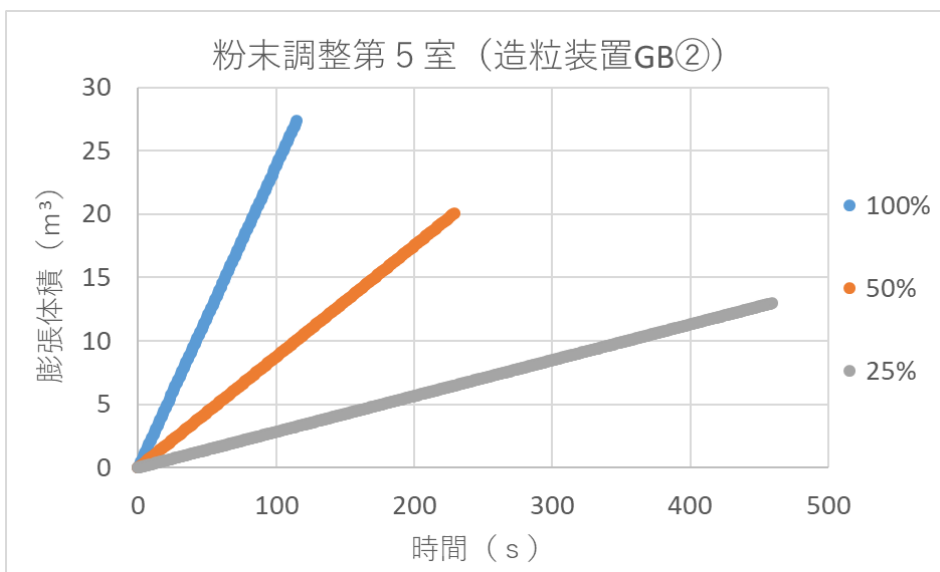
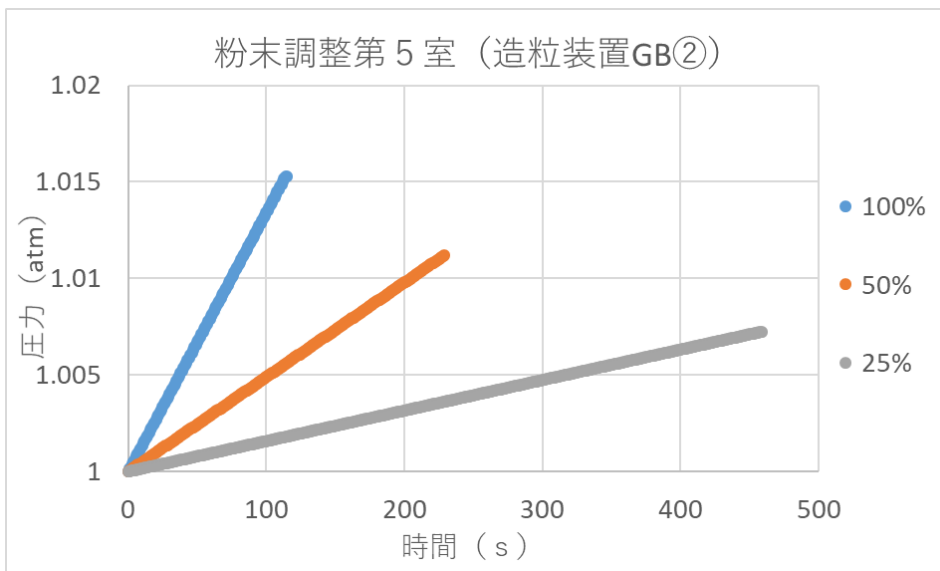
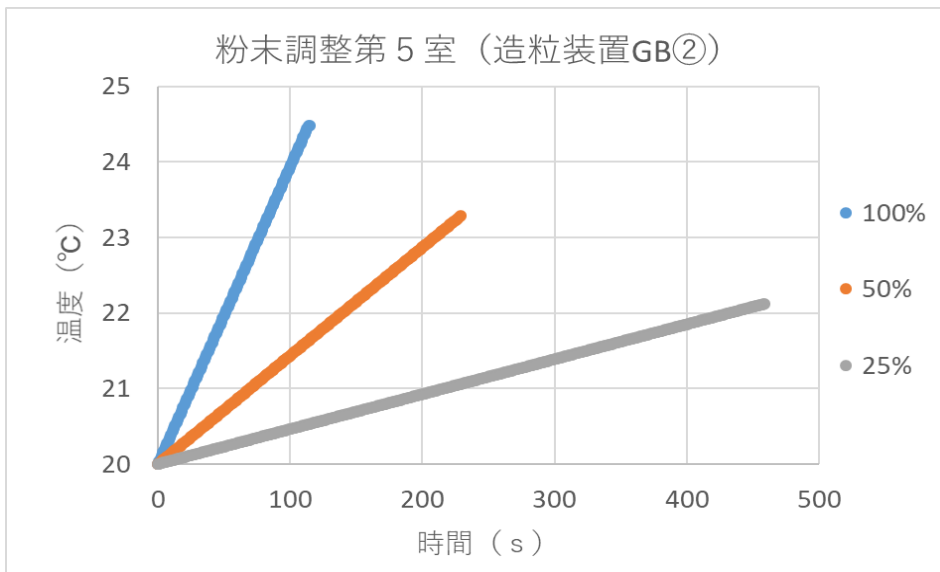
工程室の状態変化



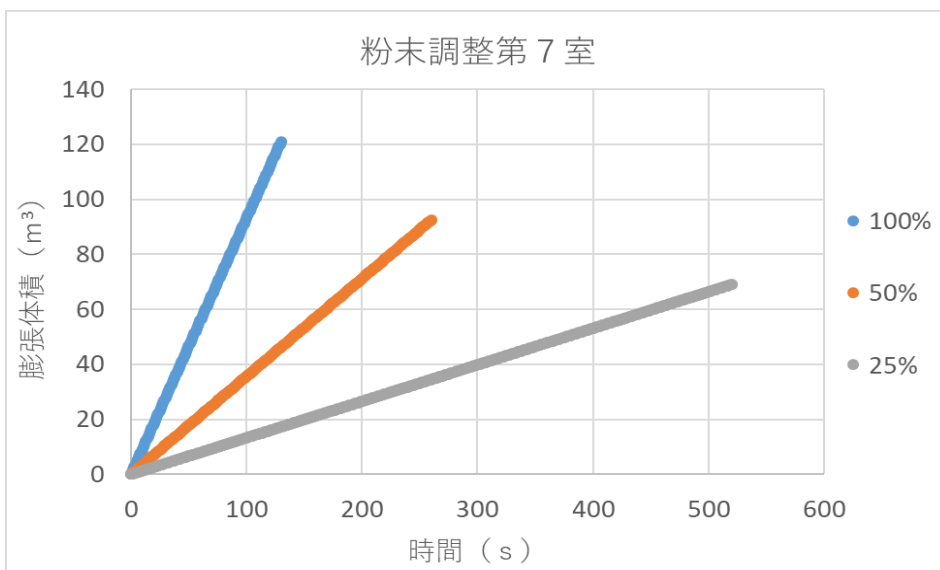
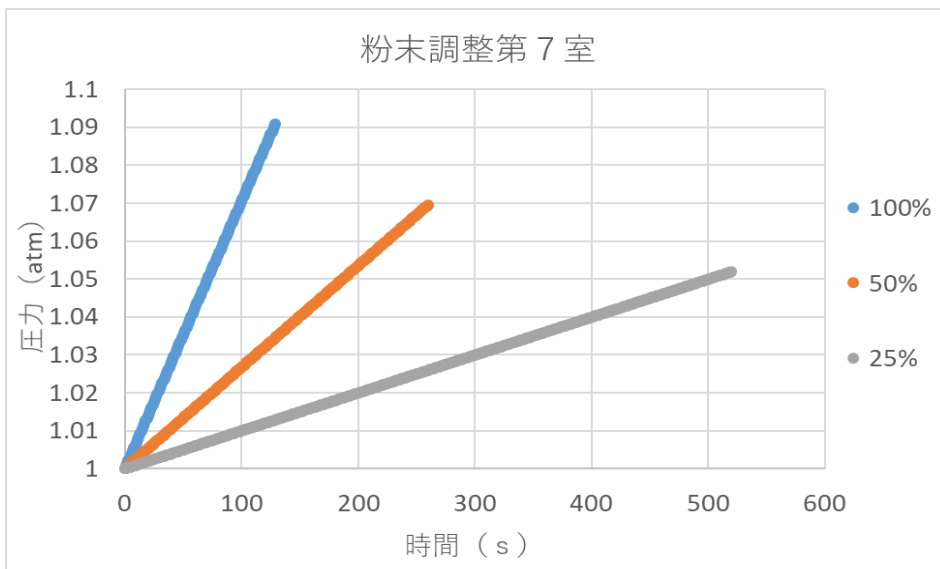
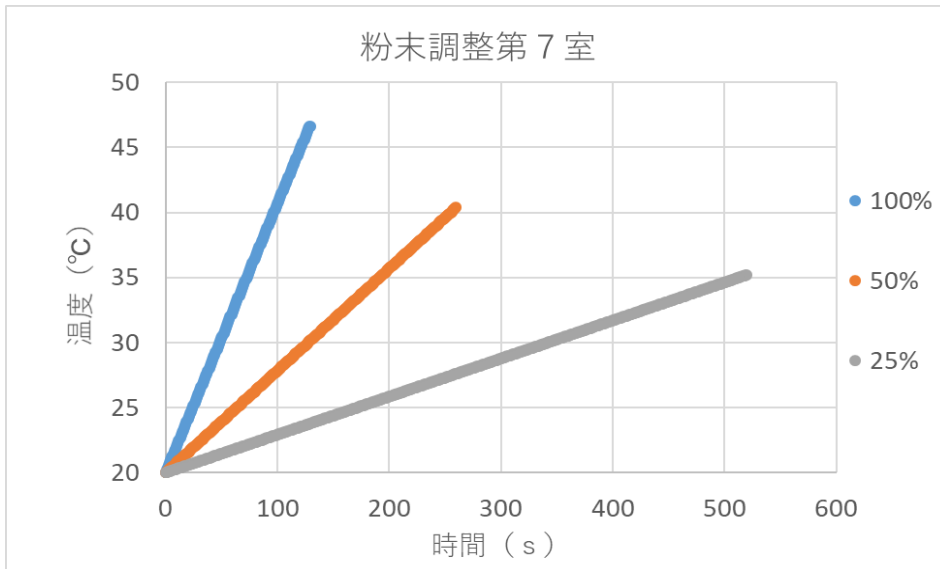
工程室の状態変化



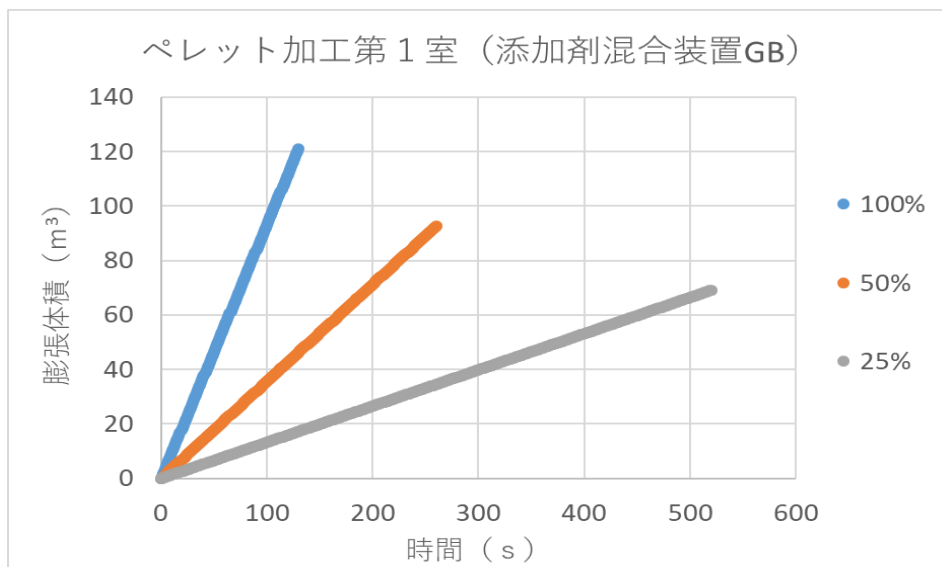
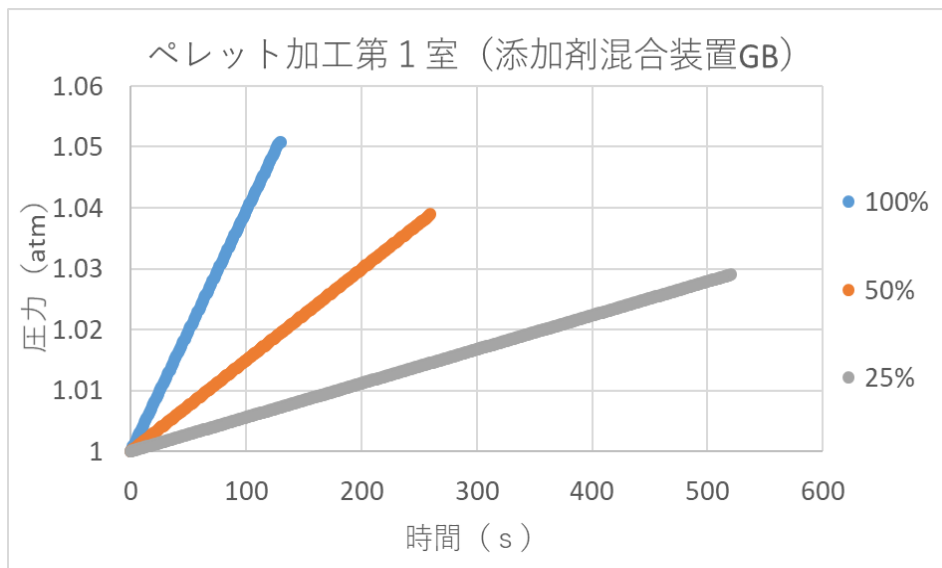
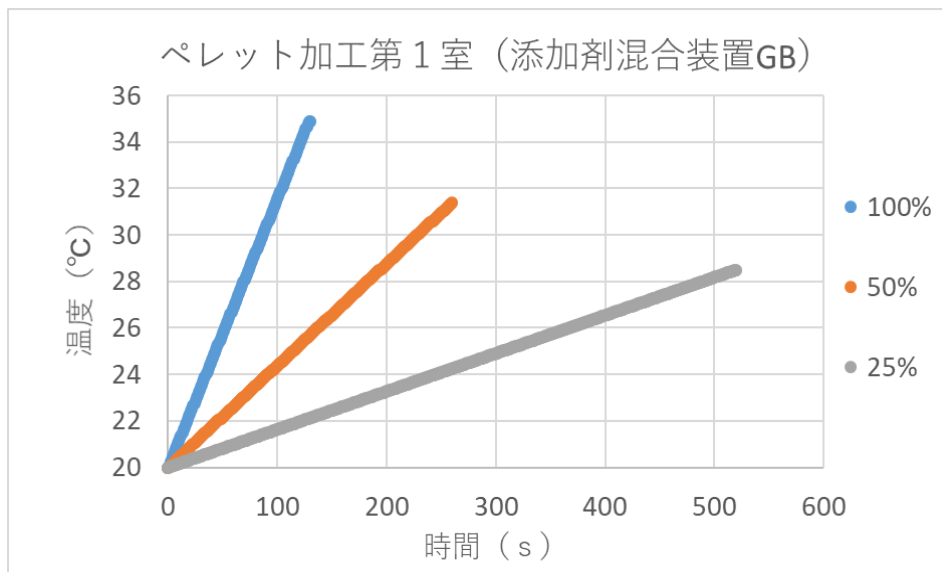
工程室の状態変化



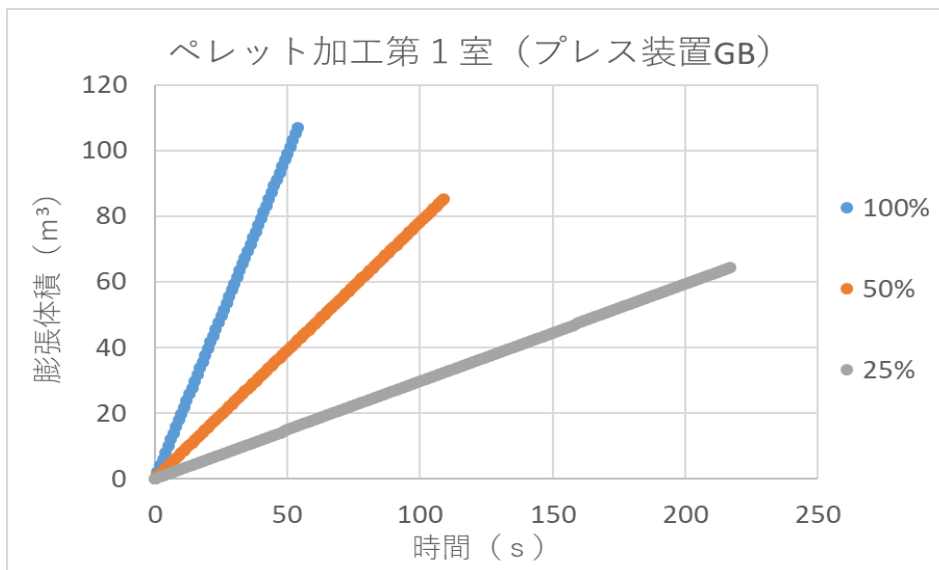
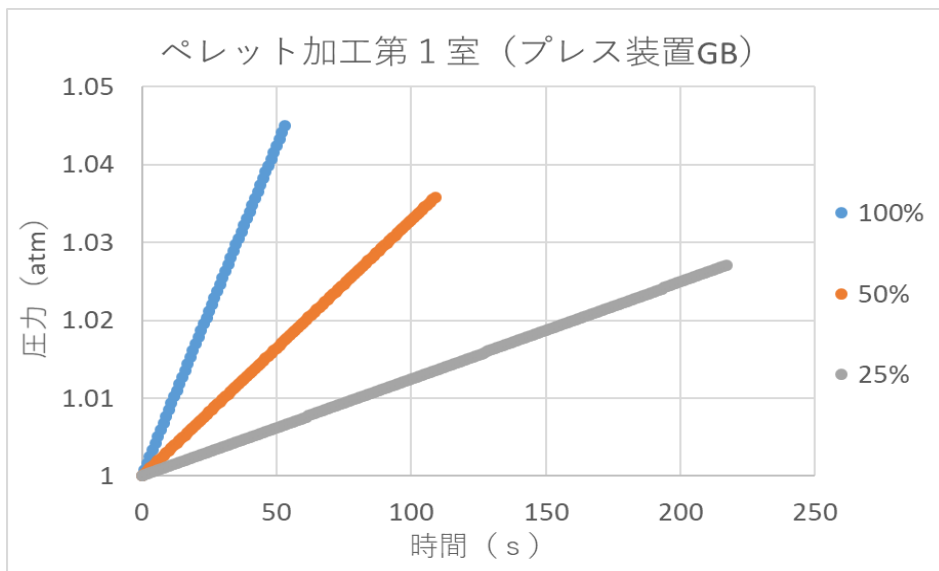
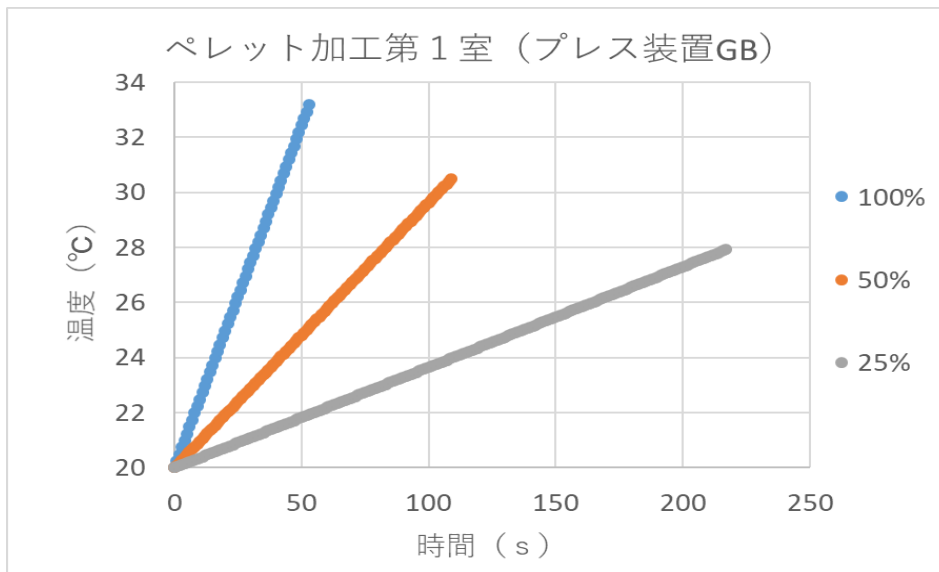
工程室の状態変化

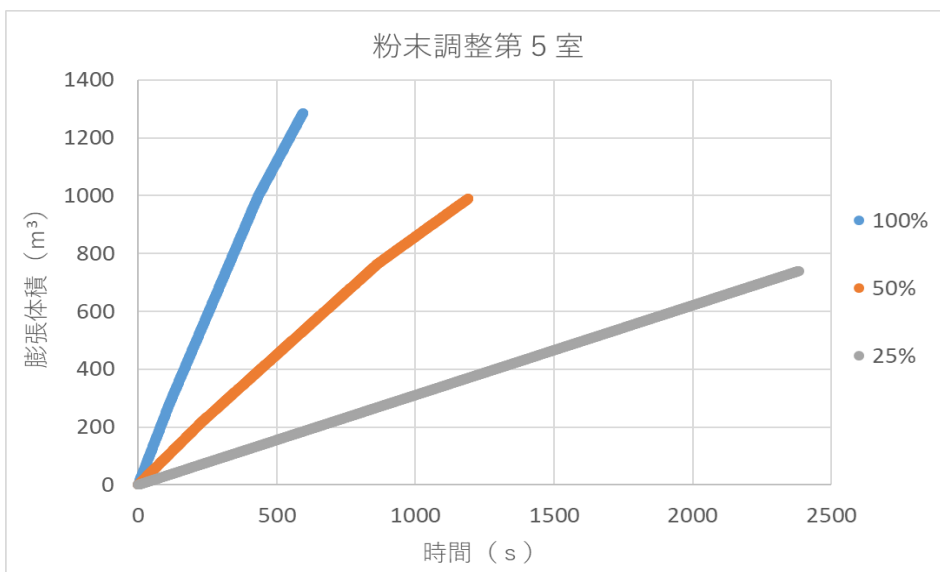
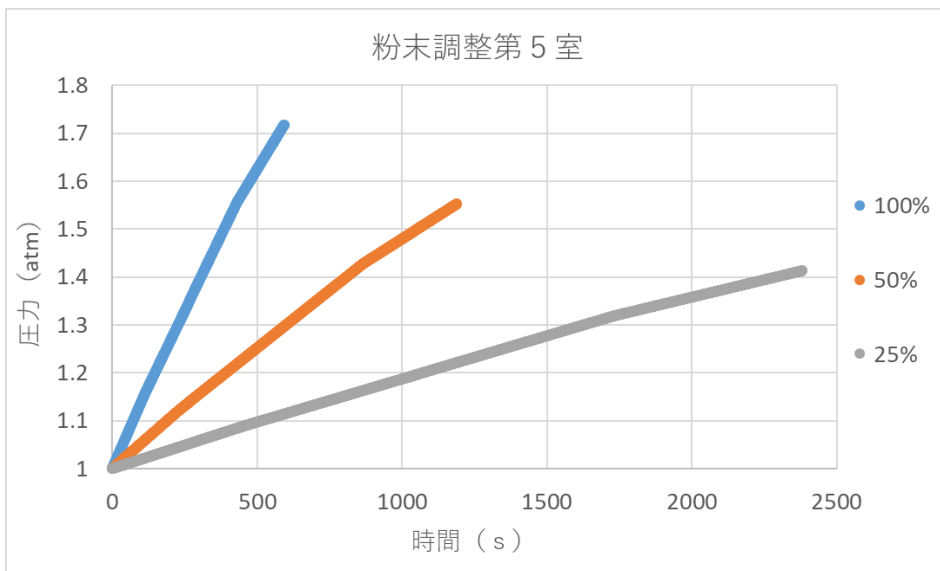
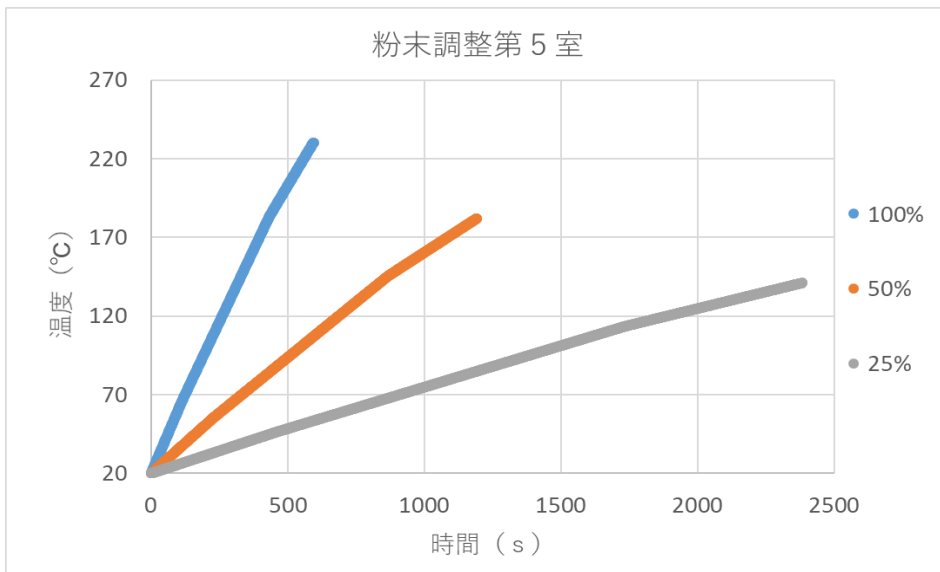


工程室の状態変化

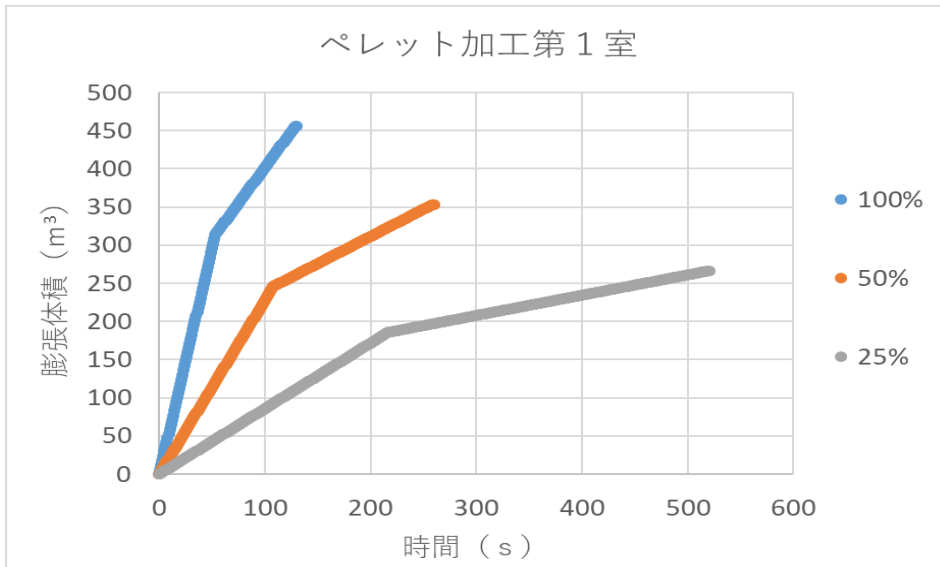
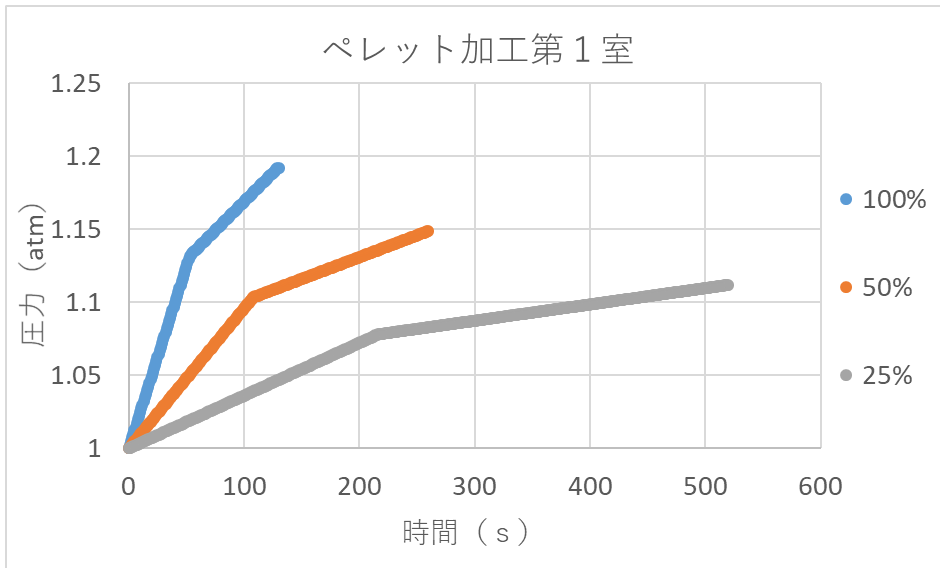
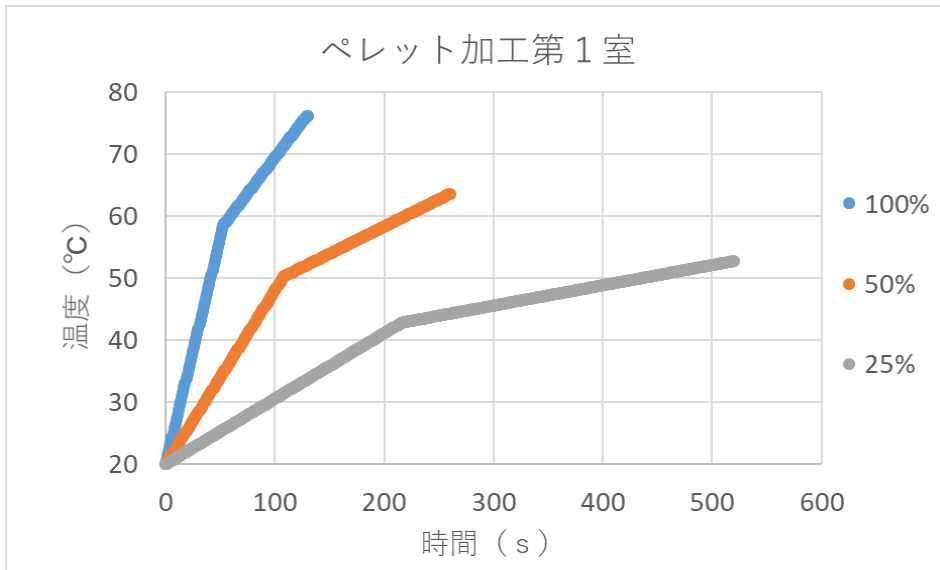


工程室の状態変化





工程室の状態変化（複数火災源がある場合）



工程室に漏えいしたMOX粉末濃度の設定

1. はじめに

火災が発生したグローブボックス内における、粉末容器からグローブボックス内気相中への移行量は、文献を基に、火災の上昇気流による駆動力として、シュウ酸プルトニウムを 700°Cにおいて風速 1 m/s で加熱した場合の気相への移行率である「1%/h」を設定した。

一方、グローブボックス内圧力上昇に伴い工程室に漏えいしたMOX粉末については、直接火災の上昇気流の影響を受けるわけではない。

工程室の空気については、火災源の熱量による温度上昇、体積膨張が考えられることから、工程室雰囲気中のMOX粉末濃度の設定を検討した。

2. 移行経路毎のMOX粉末濃度の検討

添付1のとおり、重大事故時におけるグローブボックスから工程室へ移行する経路としては、以下が考えられる。

ケース 1 経路別の分配割合（パネル開口は設計値）

GB 排気系	GB 給気系	パネル隙間
約 25%	約 75%	ほぼ無し

ケース 2 経路別の分配割合（パネル開口が設計値の 10 倍）

GB 排気系	GB 給気系	パネル隙間
約 25%	約 74%	約 1%

ここでは、20 分間火災が継続すると仮定し、1%/h で気相中に移行したMOX粉末がそれぞれの分配比で工程室に漏えいした場合の雰囲気中濃度を設定した。

熱せられたMOX粉末を含む空気は、グローブボックス近傍から工程室上層に徐々に滞留していき、工程室内に雰囲気中のMOX粉末の濃度勾配が生じることが考えられる。また、工程室内はダウンフローを形成するような給排気口の配置となっており、工程室の排気口からMOX粉末濃度が高い空気が優先的に放出されることは考え難い。

しかし、これらの濃度分布や空気の流れを定量的に評価することは困難であるため、放出量評価においては、漏えいしたMOX粉末が工程室に均

一に分布した場合の濃度を仮定し、工程室排気系から放出されることを設定した。

上記の前提に基づき、20分火災が継続した場合の体積膨張率を求め、体積膨張率とその時点の工程室中MOX濃度から、体積膨張による工程室ダクトへの到達量を算出した。

この場合の最終的なMOX粉末濃度は、粉末調整第5室を例とした場合、ケース1で約0.3 mg MOX/m³、ケース2で約4 mgMOX/m³となった。

放出量評価においては、事故時であることを踏まえてパネル開口が設計値の10倍と想定（ケース2）し、20分火災が継続した時点での濃度設定を工程室毎に行い、放出量の算定を行う。

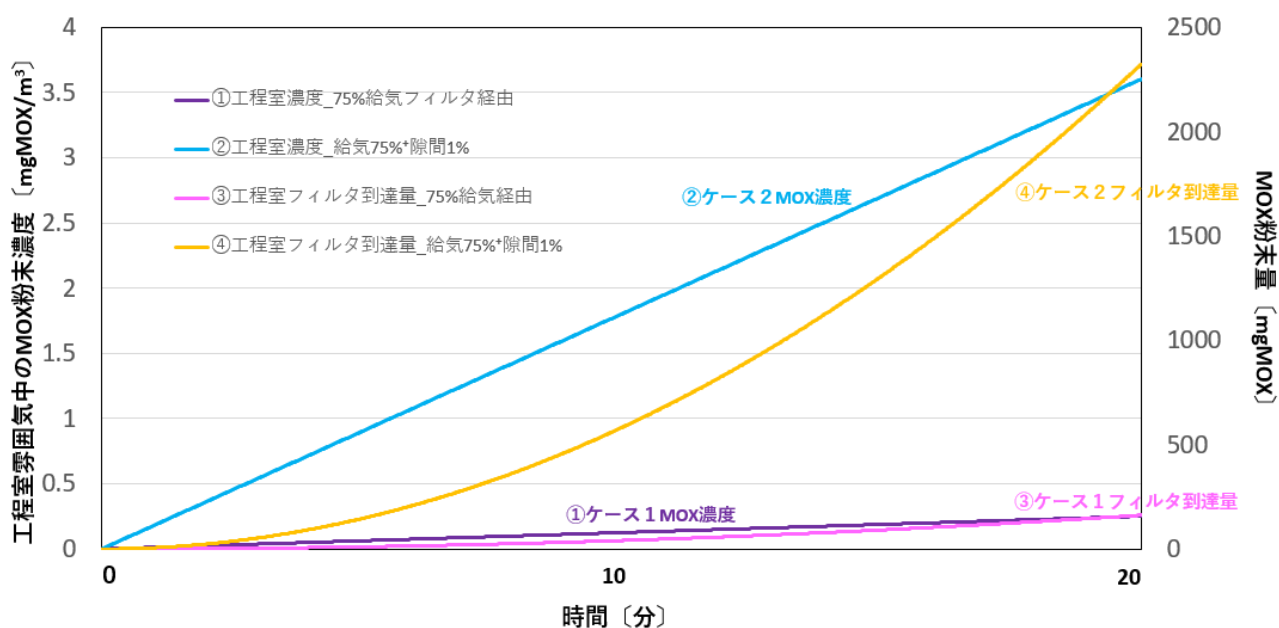


図 工程室濃度変化及び工程室排気ダクト到達MOX量
(粉末調整第5室の例)

以上

巡視・点検細則等

警報対応手順書, 異常・非常時対策要領 等

重大事故等発生時対応手順書

平常運転時の監視

【中央監視室】

- パラメータが範囲内であることを確認
- ・温度
- ・機器の起動状態
- ・受電状態
- ・放射線状況

等

【現場】

- 巡視点検にて、パラメータが範囲内であることを確認
- ・温度
- ・圧力
- ・機器の起動状態
- ・受電状態

異常の検知 (感知・消火の機能喪失)

【中央監視室】

【重大事故等対処の着手判断】

- ・グローブボックス温度監視装置の多重故障
- ・グローブボックス消火装置の多重故障
- ・グローブボックス排風機の多重故障
- ・全交流電源の喪失

異常の検知 (火災)

【中央監視室】

- ・火災警報発報
- ・現場確認 (発生箇所)
- ①対象グローブボックス※
- ②それ以外の箇所

対処 (消火)

【現場】

- ・消火
- ①対象グローブボックス※
→固定式消火 (自動)
- 【設計基準事故】**
- ②それ以外の箇所
→固定式消火又は消火器

異常の検知 (火災以外)

【中央監視室/現場】

- ・パラメータの変動
- ・警報の発報
- ・監視機能喪失

故障の判断

【中央監視室/現場】

- ・機器の起動状態の確認
- ・設備の健全性確認

回復操作

【中央監視室/現場】

- 警報対応手順書に従い対応を実施
- ・パラメータを適切な範囲内へ復旧
- ・予備機等への切替え

等

全工程停止

重大事故等対処 (発生防止対策)

【中央監視室】

- ・全送排風機停止
- ・全工程停止
- ・火災源を有する機器の動力電源の遮断

拡大防止対策の準備・実施判断

【中央監視室】

- ・火災状況確認用温度計による火災の確認
- 【拡大防止対策の実施判断基準】**
- ・対象グローブボックス※の温度指示値が60℃以上

重大事故等対処 (拡大防止対策)

図 2 ⇒ **拡大防止対策 (1)**

【中央監視室/現場】

- ・ダンパ閉

拡大防止対策 (2)

【中央監視室】

- ・遠隔消火

※露出した状態でMO X粉末を取り扱い、火災源となる潤滑油を保有するグローブボックス (対象8基)

図 1 平常運転時の監視から対策開始までの基本的な流れ

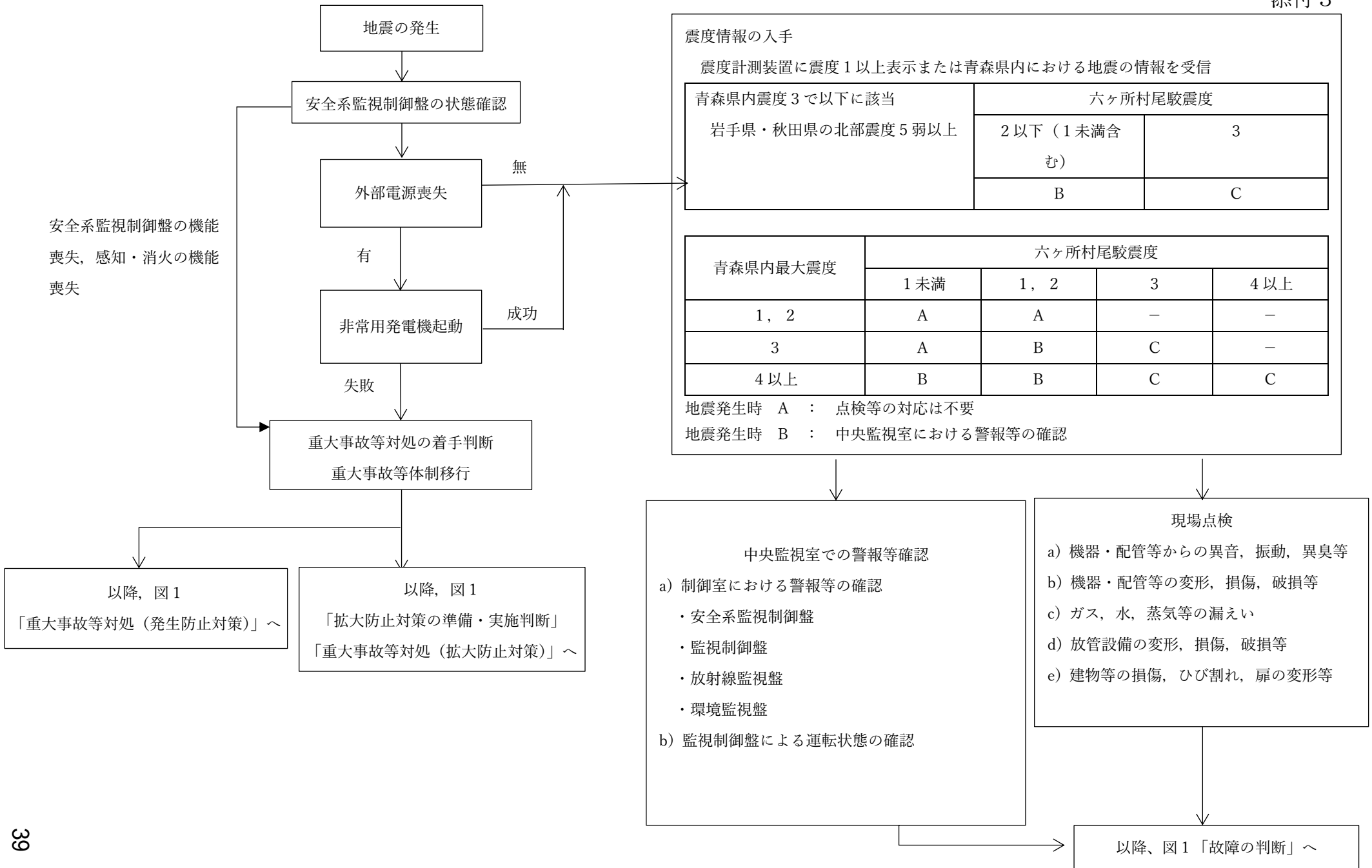
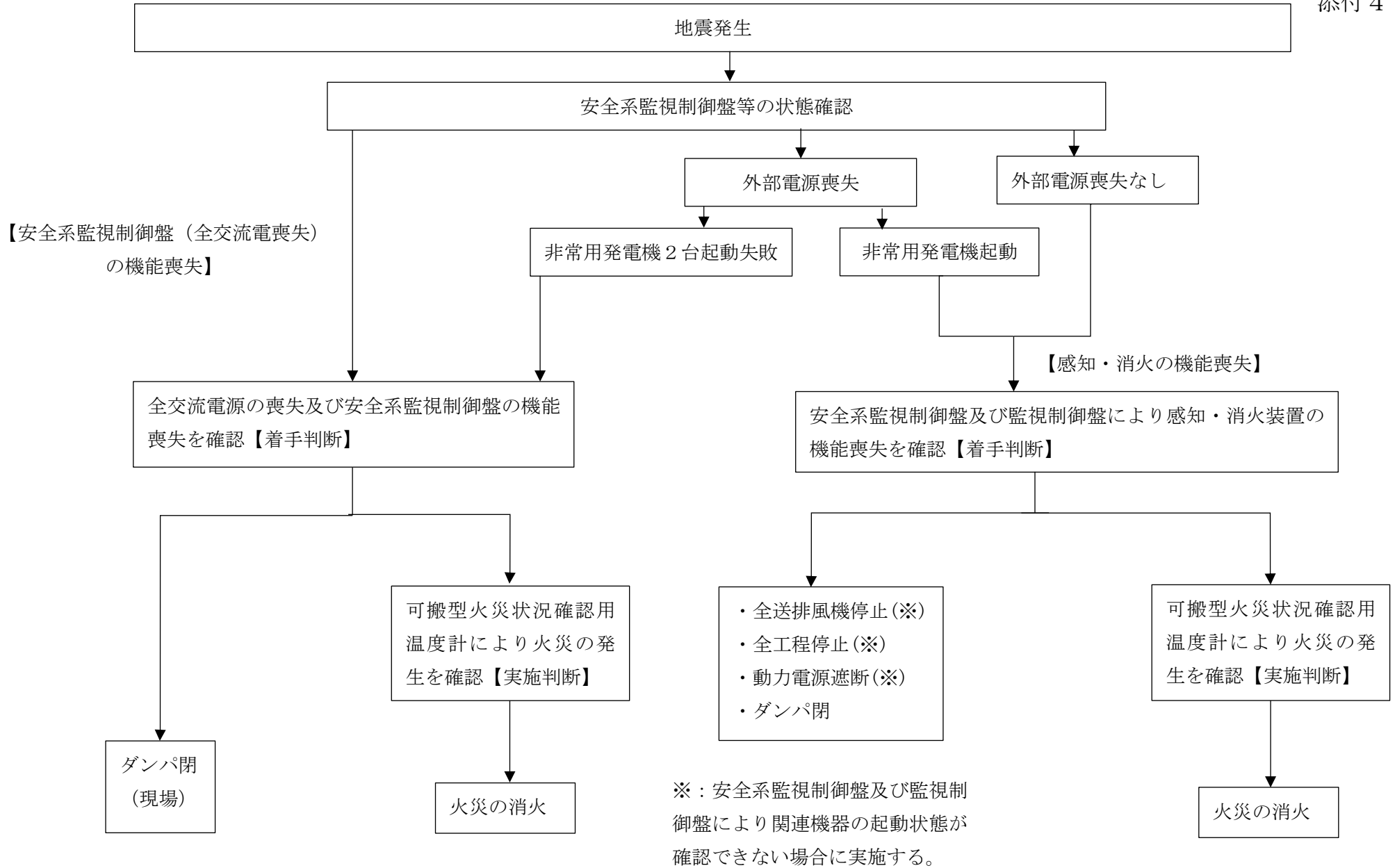
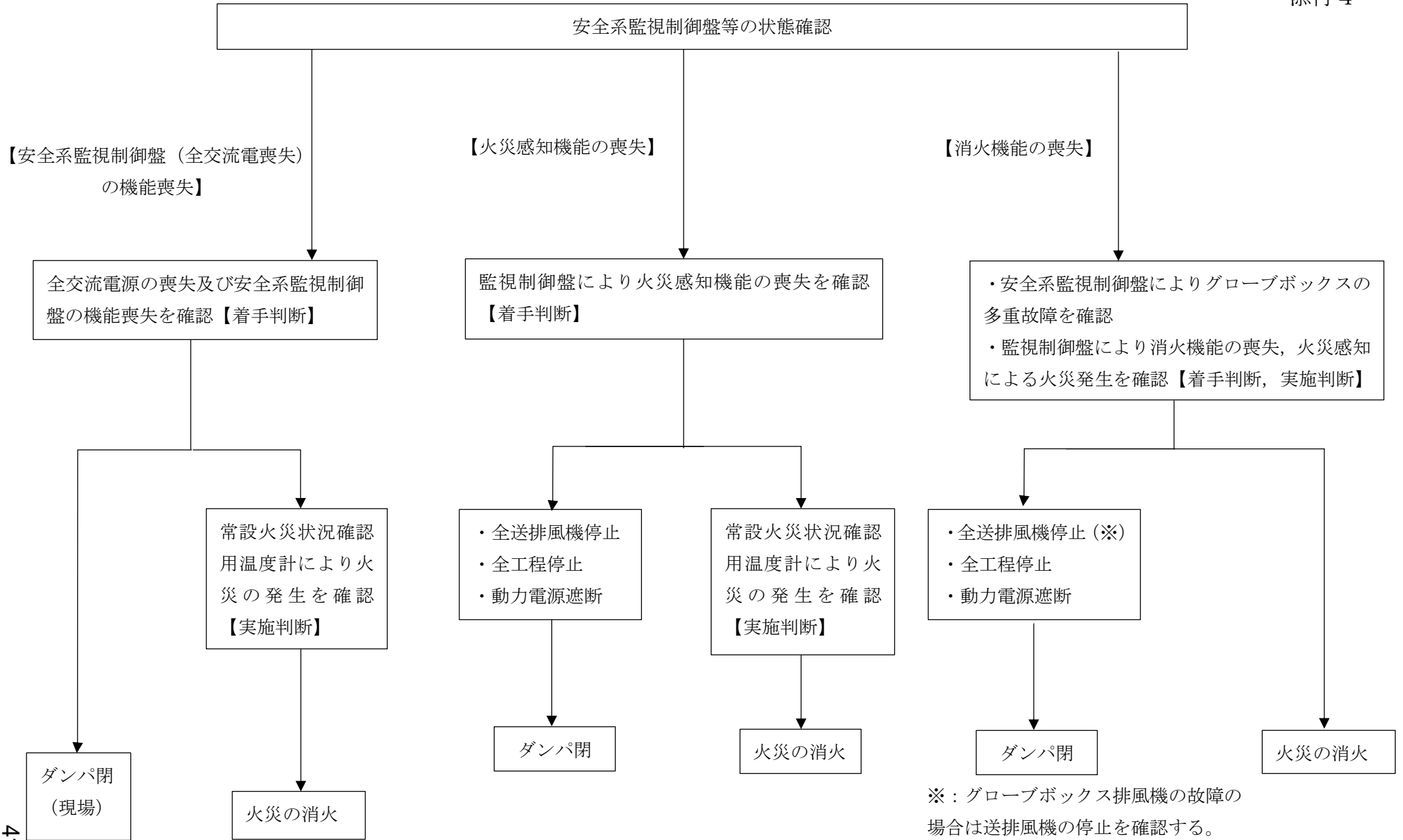


図2 地震発生における対策開始までの流れ



重大事故等対処時の初動対応フロー（外的事象発生時）



重大事故等対処時の初動対応フロー（内的事象発生時）

重大事故対処におけるタイムチャート (3/3)
 【内的事象を起因とした場合 (全交流電源喪失)】

対策	作業番号	作業	作業班	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間 (時:分)												備考
						0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	2:40	2:50	
-	-	実施責任者 (再処理)		1	-	[0:10 - 3:00]												
		情報管理班 (再処理)		3	-	[0:10 - 3:00]												
		MOX燃料加工施設対策班長		1	-	[0:10 - 3:00]												
		MOX燃料加工施設現場管理者		1	-	[0:10 - 3:00]												
		MOX燃料加工施設情報管理班長		1	-	[0:10 - 3:00]												
火災状況確認	1	安全系監視制御盤の状況及び火災状況確認用温度表示装置の確認 (1F 中央監視室)	MOX燃料加工施設対策班1班	2	0:03	[0:03 - 0:03]												
発生防止	2	全送排風機の停止 (中央監視室)	-	-	-	[0:03 - 0:03]												全交流電源喪失のため対処なし
	3	全工程の停止, 火災源を有する機器の動力電源の遮断 (中央監視室)	-	-	-	[0:03 - 0:03]												全交流電源喪失のため対処なし
拡大防止	4	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の現場手動閉止 (B1F 排風機室)	MOX燃料加工施設対策班2, 4班	4	0:08	[0:08 - 0:08]												
	5	遠隔消火装置の遠隔手動起動 (1F 中央監視室近傍)	MOX燃料加工施設対策班3班	2	0:05	[0:08 - 0:08]												
-	-	放射線対応班長 (再処理)		1	-	[0:08 - 3:00]												
放射線管理	6	建屋周辺モニタリング (線量率の測定, 放射性物質の捕集・測定, 建屋開口部の表面密度の測定)	MOX燃料加工施設放射線対応班	2	0:50	[0:50 - 0:50]												
	7	風向・風速測定	MOX燃料加工施設放射線対応班	2	0:10	[0:50 - 0:50]												
通信	8	可搬型衛星電話及び可搬型トランシーバの設置 (アンテナ類の組み立て・調整) (燃料加工建屋)	MOX燃料加工施設対策班3班	2	0:44	[0:44 - 0:44]												
	9	可搬型衛星電話及び可搬型トランシーバの設置 (アンテナ類の組み立て・調整) (制御建屋)	MOX燃料加工施設対策班長, MOX燃料加工施設情報管理班長	2	1:02	[0:44 - 0:44]												