

【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

第5条 火災等による損傷の防止



日本原燃株式会社

令和2年5月19日

1. 要求事項の整理(1/5)

事業許可基準規則 第5条(火災等による損傷の防止)	MOX指針	備考
<p> 第五条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により加工施設の安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。)及び早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。 </p> <p> <解釈> 1 第5条については、設計基準において想定される火災又は爆発により、加工施設の安全性が損なわれないようにするため、安全機能を有する施設に対して必要な機能(火災又は爆発の発生防止、感知及び消火並びに火災による影響の軽減)を有することを求めている。 </p> <p> 2 第1項に規定する「火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。)及び早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するもの」とは、以下に掲げる各号を含むものをいう。また、本項の対応に当たっては、米国の「放射性物質取扱施設の火災防護に関する基準」を参考とすること。 </p>	<p> 指針15. 火災・爆発に対する考慮 2. MOX燃料加工施設において可燃性の物質を使用する設備・機器は、火災・爆発の発生を防止するため、発火及び異常な温度上昇の防止対策、可燃性物質の漏えいの防止対策、混入防止対策等適切な対策が講じられる設計であるとともに、適切な熱及び化学的制限値が設けられていること。 </p> <p> 3. 火災の拡大を防止するために、適切な検知、警報設備及び消火設備が設けられているとともに、火災による影響の緩和のために適切な対策が講じられる設計であること。 </p>	<p> 追加要求事項 </p> <p> 追加要求事項 </p>

1. 要求事項の整理(2/5)

<p>事業許可基準規則 第5条(火災等による損傷の防止)</p>	<p>MOX指針</p>	<p>備考</p>
<p><解釈> 一 建物は、建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料で造られたものであり、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防火措置を講じたものであること。 二 <u>核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備・機器</u>は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とすること。</p>	<p>指針15. 火災・爆発に対する考慮 1. MOX燃料加工施設の建家は、建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料で造られたものであること。また、安全上重要な施設は、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計であること。 (MOX指針 解説) 指針15. 火災・爆発に対する考慮 1. 「不燃性」とは、火災により延焼しない性質をいう。 2. 「難燃性」とは、火災により著しい燃焼をせず、また、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質を言う。</p>	<p>変更無し 要求事項の明確化</p>

1. 要求事項の整理(3/5)

事業許可基準規則 第5条(火災等による損傷の防止)	MOX指針	備考
<p>＜解釈＞</p> <p>三 有機溶媒等可燃性の物質又は水素ガス等爆発性の物質を使用する設備・機器は、火災及び爆発の発生を防止するため、発火及び異常な温度上昇の防止対策、可燃性・爆発性の物質の漏えい防止対策、空気の混入防止対策等の適切な対策が講じられる設計であるとともに、適切に設定された熱的及び化学的制限値を超えることのない設計であること。</p> <p>四 火災の拡大を防止するために、適切な検知、警報設備及び消火設備が設けられているとともに、火災及び爆発による影響の緩和のために適切な対策が講じられるように設計されていること。</p>	<p>(MOX指針)</p> <p>指針15. 火災・爆発に対する考慮</p> <p>2. MOX燃料加工施設において可燃性の物質を使用する設備・機器は、火災・爆発の発生を防止するため、発火及び異常な温度上昇の防止対策、可燃性物質の漏えいの防止対策、混入防止対策等適切な対策が講じられる設計であるとともに、適切な熱及び化学的制限値が設けられていること。</p> <p>指針15. 火災・爆発に対する考慮</p> <p>3. 火災の拡大を防止するために、適切な検知、警報設備及び消火設備が設けられているとともに、火災による影響の緩和のために適切な対策が講じられる設計であること。</p>	<p>変更無し</p> <p>変更無し</p>

1. 要求事項の整理(4/5)

<p>事業許可基準規則 第5条(火災等による損傷の防止)</p>	<p>MOX指針</p>	<p>備考</p>
<p><解釈> 五 火災又は爆発の発生を想定しても、<u>臨界防止</u>、<u>閉じ込め等</u>の機能を適切に維持できること。</p> <p>六 上記五の「機能を適切に維持できること」とは、火災又は爆発により設備・機器の一部の機能が損なわれることがあっても、加工施設全体としては、公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさない、十分な<u>臨界防止</u>、<u>閉じ込め等</u>の機能が確保されることをいう。</p>	<p>(MOX指針) 指針15. 火災・爆発に対する考慮 4. 火災・爆発の発生を想定しても、閉じ込めの機能が適切に維持できる設計であること。</p> <p>(解説) 指針15. 火災・爆発に対する考慮 3. 「火災・爆発の発生を想定しても、閉じ込めの機能が適切に維持できる」とは、火災・爆発の想定時において換気設備等の一部について、その機能が損なわれることがあっても、MOX燃料加工施設全体としてみたときには、一般公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさないように、十分な閉じ込めの機能が確保されていることをいう。</p>	<p>要求事項の明確化</p> <p>追加要求事項</p>

1. 要求事項の整理(5/5)

<p>事業許可基準規則 第5条(火災等による損傷の防止)</p>	<p>MOX指針</p>	<p>備考</p>
<p>2 <u>消火設備(安全機能を有する施設に属するものに限る。)は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。</u></p> <p><解釈> 3 第2項の規定について、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、<u>火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、安全上重要な施設の機能を損なわないもの(消火設備の誤動作によって核燃料物質が浸水したとしても、当該施設の臨界防止機能を損なわないこと等。)</u>であること。</p>	<p>(MOX指針) ※記載無し</p>	<p>追加要求事項</p> <p>追加要求事項</p>

2. MOX燃料加工施設の特徴を考慮した火災防護の考え方

MOX燃料加工施設では、プルトニウムを含むMOX粉末を取り扱うことを考慮すると臨界の発生防止と核燃料物質を限定した区域に適切に閉じ込めることが重要な施設である。

- (1) 核燃料物質は異常な高温状態にならない
- (2) 主要工程は乾式工程であり、核燃料物質は吸湿性でないため、放射線分解ガスの発生、水反射条件や減速条件の変化が起こり難い
- (3) 密封形態の核燃料物質については、形状寸法管理の維持により臨界は発生し難い
- (4) 異常な過渡変化がなく、加工工程はバッチ処理であることから、異常が発生したとしても、工程を停止することにより、施設を安定した状態に維持できる

以上のことから

- 崩壊熱による火災の発生は想定されない。
- 放射線分解等による水素ガスの爆発の発生は想定されない。
- 消火水との接触を避けることより臨界の発生は想定されない。
- 形状寸法管理を維持することで臨界は発生しない。
- 施設を安定した状態から崩さないことが重要である。

2. MOX燃料加工施設の特徴を考慮した火災防護の考え方

MOX燃料加工施設の特徴を踏まえ、閉じ込め機能の維持に着目した火災防護に係る基本的な考え方を示す。

- (1) 非密封形態については、グローブボックス等で取り扱う設計とすること、また、工程の停止により施設を安定した状態に維持することで核燃料物質を限定された区域に閉じ込めるとともに、グローブボックス等から核燃料物質が漏えいした場合においても、グローブボックス等を設置する部屋の境界を形成する範囲に閉じ込める。
- (2) 駆動力を伴う火災及び爆発に対しては発生防止、感知・消火を含む拡大防止対策を手厚く講じることで、グローブボックス等の閉じ込め機能の不全を防止する。
- (3) 消火ガス放出時のグローブボックスの閉じ込め機能維持のため、消火ガス放出中はグローブボックス排気設備の機能を維持できるようにする。

→グローブボックス等の閉じ込め機能を維持することが重要であること、火災及び爆発事象が駆動力を伴う事象であることを踏まえ、火災及び爆発を想定しても、核燃料物質を限定された区域に閉じ込めることが重要である。

2. MOX燃料加工施設の特徴を考慮した火災防護の考え方

火災防護審査基準 基本事項(抜粋)

- (1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構築物, 系統及び機器を火災から防護することを目的として, 以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて, 火災発生防止, 火災の感知及び消火, 火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講ずること。
- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するための安全機能を有する構築物, 系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
 - ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物, 系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
- (2) 火災防護対策並びに火災防護対策を実施するために必要な手順, 機器及び職員の体制を含めた火災防護計画を策定すること。

グローブボックス等の閉じ込め機能を維持することが重要であること, 火災が駆動力を伴う事象であることを踏まえ, 火災を想定しても, 核燃料物質を限定された区域に閉じ込めることが重要である。

MOX燃料加工施設の特徴を踏まえると, 火災又は爆発により公衆に対して過度の放射線被ばくが生じないように, 安全上重要な施設を対象とする。

2. MOX燃料加工施設の特徴を考慮した火災防護の考え方

・火災防護審査基準における基本事項を踏まえ、火災から防護するMOX燃料加工施設における安全上重要な施設を以下に示す。

安全上重要な施設の例

- ① グローブボックス及びグローブボックスと同等の閉じ込め機能を有する設備
- ② 貯蔵施設
- ③ ①及び②の機能維持に必要な設備

安全上重要な施設に対して火災区域及び火災区画を設定したうえで、火災の発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した対策については、NFPA801及び火災防護審査基準の要求を参考に設計する。

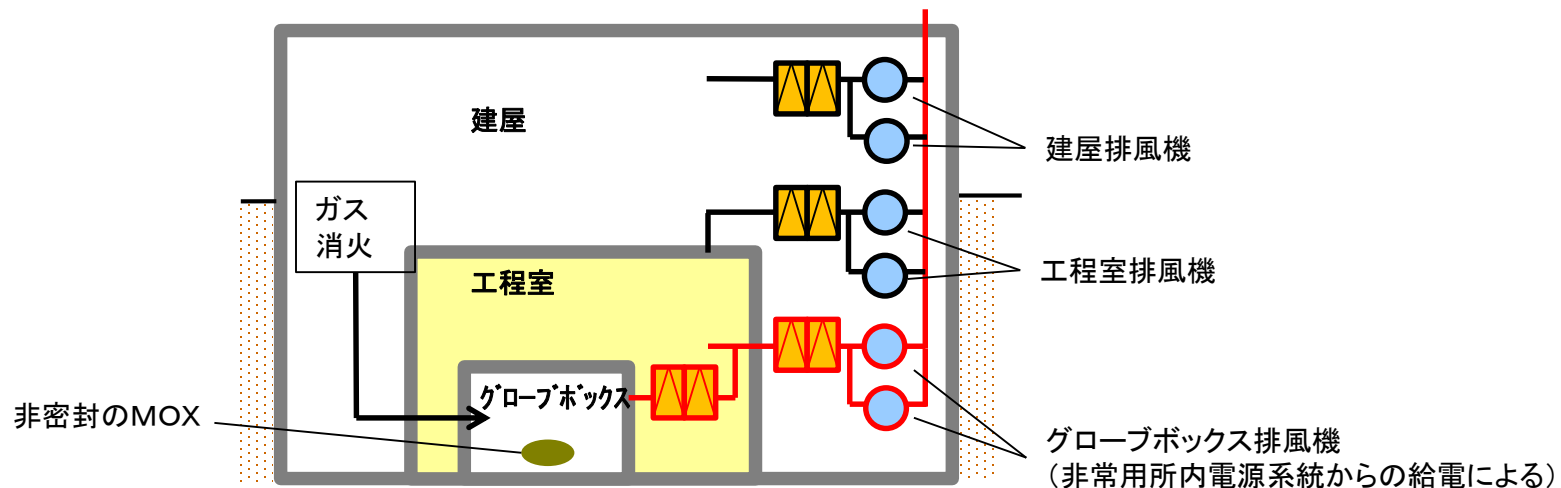
2. MOX燃料加工施設の特徴を考慮した火災防護の考え方

火災防護審査基準においては、臨界状態で高温・高圧状態の原子炉の高温停止を達成するために必要となるシステムに対して系統分離を講じることとしているが、MOX燃料加工施設においては、該当するものは無い。

MOX燃料加工施設では、火災時の消火ガスによるグローブボックスの内圧が上昇することで排気経路以外からの放射性物質の漏えいを防止するために必要となる安全上重要な施設のうち、以下の設備に対し、火災防護審査基準における影響軽減対策として系統分離対策を講じるものとする。

火災防護審査基準の2. 基本事項の(1)の①に該当するもの

- ① グローブボックス排風機
- ② ①の設備の機能維持に必要な範囲の非常用所内電源系統



3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

第五条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により加工施設の安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。）及び早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

< 解釈 >

1 第5条については、設計基準において想定される火災又は爆発により、加工施設の安全性が損なわれないようにするため、安全機能を有する施設に対して必要な機能（火災又は爆発の発生防止、感知及び消火並びに火災による影響の軽減）を有することを求めている。

2 第1項に規定する「火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。）及び早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するもの」とは、以下に掲げる各号を含むものをいう。また、本項の対応に当たっては、米国の「放射性物質取扱施設の火災防護に関する基準」を参考とすること。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

- 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により、MOX燃料加工施設の安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備及び消火を行う設備並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有する設計とするために、NFPA801を参考に設計を行う。
また、安全上重要な施設は、施設の重要度に応じた火災防護対策を講じる観点から火災防護審査基準の要求を参考に設計を行う。

①安全上重要な施設

MOX燃料加工施設は、臨界防止及び閉じ込め等に係る安全機能が火災又は爆発によって損なわれないよう、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

具体的には、施設の重要度に応じた防護対策を講じる観点から、安全上重要な施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器を抽出し、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに影響軽減のそれぞれを考慮した対策を講じる設計とする。

②火災防護対象設備

安全上重要な施設において選定する系統及び機器のうち、火災の影響を受けるおそれのある系統及び機器を火災防護対象設備として選定する。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

③火災区域及び火災区画について

安全上重要な施設を収納する燃料加工建屋に、耐火壁によって囲われた火災区域を設定する。燃料加工建屋の火災区域は、安全上重要な施設の系統及び機器の配置を考慮して設定する。

火災区画は、燃料加工建屋内において設定した火災区域を、隔壁及び離隔距離等に応じて分割して設定する。

④火災防護計画

MOX燃料加工施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。

火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保、教育訓練及び火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、火災防護対象設備を火災から防護するため、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに、火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づく火災防護対策を行うことについて定める。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

< 解釈 >

一 建物は、建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料で造られたものであり、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防火措置を講じたものであること。

(1) 燃料加工建屋は、建築基準法に基づく耐火建築物とする。

< 解釈 >

二 核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備・機器は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とすること。

- (1) 核燃料物質を非密封で取り扱う設備及び機器を収納するグローブボックス等のうち、万一の火災時に閉じ込め機能を損なうおそれのあるものについては、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。
- (2) 安全上重要な施設のうち、機器、配管、ダクト、ケーブルトレイ、電線管及び盤の筐体並びにこれらの支持構造物の主要な構造材は、金属材料又はコンクリートを使用する設計とする。
- (3) 中性子線の遮蔽材として遮蔽性能の高いポリエチレンを用いる場合は、不燃性材料で覆う設計とする。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

<解釈>

三 有機溶媒等可燃性の物質又は水素ガス等爆発性の物質を使用する設備・機器は、火災及び爆発の発生を防止するため、発火及び異常な温度上昇の防止対策、可燃性・爆発性の物質の漏えい防止対策、空気の混入防止対策等の適切な対策が講じられる設計であるとともに、適切に設定された熱的及び化学的制限値を超えることのない設計であること。

- (1) 水素・アルゴン混合ガスを取り扱う設備・機器は、落雷、漏電時の着火源とならないよう、適切に接地する設計とする。
- (2) 水素・アルゴン混合ガスを使用する設備・機器を設置する部屋には、水素ガスの漏えい検知器を設置する設計とする。
- (3) 水素・アルゴン混合ガスを使用する設備・機器は、漏えい及び空気混入の防止対策を講じる。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

<解釈>

四 火災の拡大を防止するために、適切な検知、警報設備及び消火設備が設けられているとともに、火災及び爆発による影響の緩和のために適切な対策が講じられるように設計されていること。

(1) 火災の感知

火災を早期に感知するとともに、火災の発生場所を特定するために、固有の信号を発する異なる種類の火災感知器又は同等の機能を有する機器を組み合わせで設置する設計とする。

ただし、グローブボックス内は、環境状況を考慮すると固有の信号を発する異なる種類の火災感知器を設置することができない。したがって、実用上使用可能な火災感知器のうち、感知に優位性があるものを設置する設計とする。

また、通常作業時に人の立入りが無く、可燃性物質が無い区域については、火災の発生のおそれがないことから火災感知器を設置しない。

(2) 火災の消火

核燃料物質を非密封で取り扱うグローブボックスを設置する室及び危険物を取り扱う非常用発電機等の水による消火が困難な区域については、固定式ガス消火装置を設置する設計とする。

また、屋内消火栓は消防法施行令に基づき設置する。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

<解釈>

五 火災又は爆発の発生を想定しても、臨界防止、閉じ込め等の機能を適切に維持できること。

六 上記五の「機能を適切に維持できること」とは、火災又は爆発により設備・機器の一部の機能が損なわれることがあっても、加工施設全体としては、公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさない、十分な臨界防止、閉じ込め等の機能が確保されることをいう。

(1) 火災又は爆発の発生により臨界防止，閉じ込め等の機能を適切に維持できる設計とする。

また，火災又は爆発により設備・機器の一部の機能が損なわれることがあっても，安全上重要な施設の安全機能を確保することにより，MOX燃料加工施設全体としては，公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさない設計とする。

3. 事業許可基準規則及びその解釈に対する適合方針

2 消火設備(安全機能を有する施設に属するものに限る。)は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。

<解釈>

3 第2項の規定について、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、安全上重要な施設の機能を損なわないもの(消火設備の誤動作によって核燃料物質が浸水したとしても、当該施設の臨界防止機能を損なわないこと等。)であること。

- (1) 安全上重要な施設のグローブボックス内で発生する火災に対しては、消火活動により臨界が発生しないよう、ガス系の消火剤を使用する設計とする。また、グローブボックス内又は外への消火剤放出により、グローブボックスの閉じ込め機能を損なわない設計とする。
- (2) 安全上重要な施設を設置する火災区域に対しては、電気絶縁性を有するガス系の消火剤を使用する設計とする。
- (3) 安全上重要な施設のうち、非常用発電機は、二酸化炭素消火装置の破損、誤作動又は誤操作により流出する二酸化炭素の影響で、運転中の非常用発電機が給気不足を引き起こさないように外気から給気を行う設計とする。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 1 火災及び爆発の発生防止に係る設計方針

(1) 発火性物質及び引火性物質への考慮

MOX燃料加工施設の火災発生防止については、少量の有機溶媒等可燃性物質を使用する設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災発生防止対策を講じるとともに、発火源に対する対策、水素に対する換気及び漏えい検出対策、並びに電気系統の過電流による加熱及び損傷の防止対策等を講じる設計とする。

また、上記に加え発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災発生防止対策を講じるとともに、発火源に対する対策、水素に対する換気、漏えい検出対策及び接地対策並びに電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。

【1.2.1.1(2)①】

- 焼結炉等で使用する水素・アルゴン混合ガスは、空気といかなる混合比においても爆発が発生しない水素濃度9.0vol%以下で使用するとともに万一の漏えいに備えて、水素漏えい検知器を設置し、中央監視室に警報を発する設計とする。
- 溶接構造又はシール構造により漏えい防止を講じる設計とする。
- オイルパン又は堰を設置し、拡大防止を図る。
- 発火性物質、引火性物質の滞留防止及び水素を内包する設備の火災、爆発の発生を防止するため機械換気を行う設計とする。
- 水素・アルゴン混合ガスを取り扱う系統及び機器、静電気を発生するおそれのある機器は接地する。

【2.1.1.2.2(1)①, ②, ③, ④, (4)】

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 1 火災及び爆発の発生防止に係る設計方針

(2) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

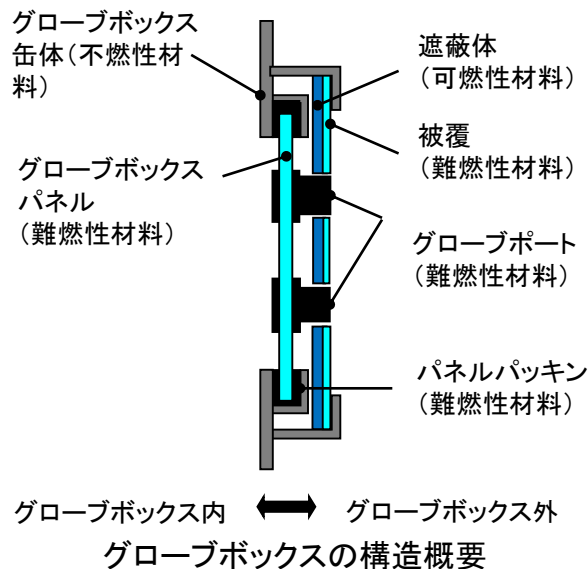
MOX燃料加工施設の建物は、耐火構造又は不燃性材料を使用する設計とする。

グローブボックス及びグローブボックスと同等の閉じ込め機能を有する設備、ケーブル、換気設備のフィルタ、保温材及び建屋内装材は、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。

【1.2.1.1(2)②】

- 安全上重要な施設のうち、機器、配管、ダクト、ケーブルトレイ、電線管及び盤の筐体並びにこれらの支持構造物は金属材料又はコンクリートを使用する。

【2.1.1.2.3(1)】



- (1) 核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備・機器の主要な構造材は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。
- (2) 閉じ込め部材であるグローブボックスのパネルには、難燃性材料を使用する設計とする。
- (3) 中性子線の遮蔽材として遮蔽性能の高いポリエチレンを用いる場合は、不燃性材料で覆う設計とする。
- (4) ガンマ線の遮蔽材として遮蔽性能及び視認性から含鉛メタクリル樹脂を用いる場合は、不燃性材料又は難燃性材料で覆う設計とする。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

(1) 火災の感知を行う設備

火災感知のために使用する火災感知器は、環境条件や火災の性質を考慮して型式を選定する。火災防護対象設備を設置する室に対して、動作原理が異なる種類の火災感知器を組み合わせて設置する設計とする。

ただし、グローブボックス内では、主要な工程で核燃料物質を非密封で取り扱うことや架台や内装機器等の機器を設置することから、放射線影響や火災感知に対する遮蔽物を考慮し、実用上使用可能な火災感知器のうち、感知に優位性があるものとして熱感知器を設置する。

火災感知を行う設備において、外部電源喪失時においても火災の早期感知が可能なように電源確保を行い、中央監視室で常時監視できる設計とする。

【1.2.1.1(3)①】

- 火災感知器は、放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や火災の性質を考慮して型式を選定する。
- 火災感知器は、原則、煙感知器及び熱感知器を組み合わせて設置し、急激な温度や煙の濃度の上昇を把握することができるアナログ式とする。ただし、放射線の影響を考慮する場所に設置する火災感知器は、非アナログ式とする。
- 通常運転時に人の立入りが無く、可燃性物質を設置しない室には火災感知器を設置しない。(高線量区域、ダクトスペース、配管スペース)

【2.1.1.3.1(1)】

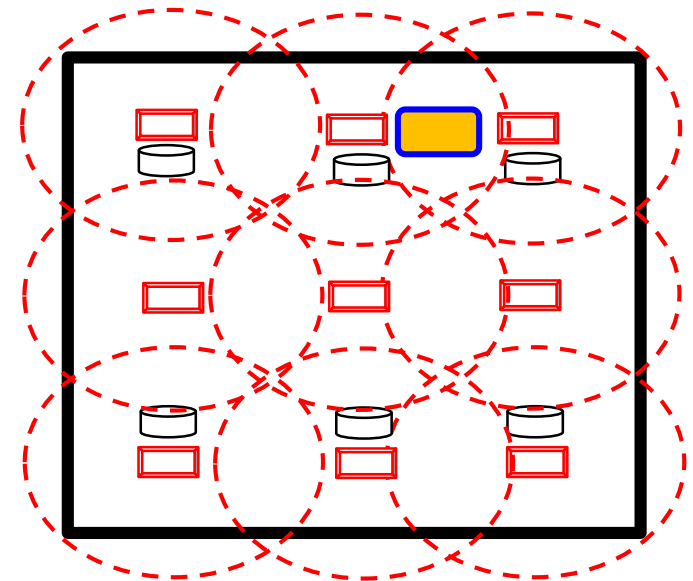
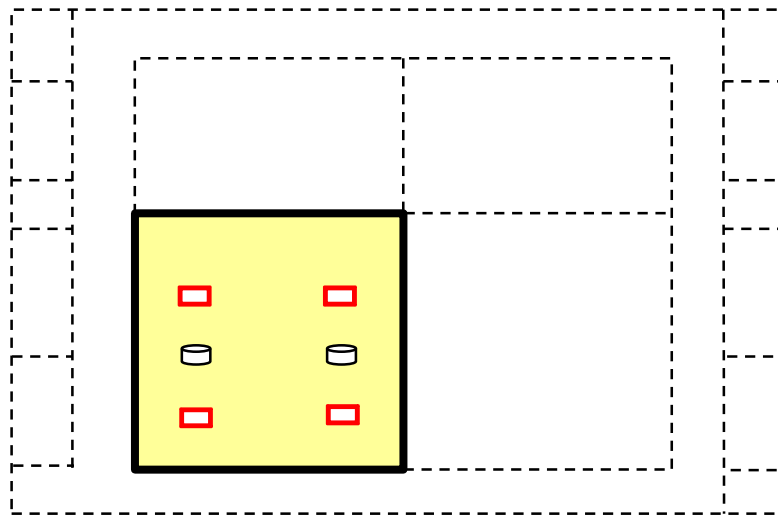
4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

① グローブボックス外火災の感知

MOX燃料加工施設は、グローブボックス外で発生した火災を感知するため、消防法に基づき自動火災報知設備の火災感知器を設置する。

さらに、火災防護対象設備を設置する火災区域に設置する火災感知器は、多様性を有する設計とする。



凡例



火災防護対象設備を設置する火災区域



熱感知器



煙感知器(消防法)



火災防護対象設備



熱感知器の警戒範囲

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

② グローブボックス内火災の感知

- i. グローブボックス内火災の感知にあたり、グローブボックス内で想定される火災源の特徴及びグローブボックス内の特徴を踏まえるものとする。
 - a. 想定される火災源
グローブボックス内には以下のような可燃性物質又は難燃性物質が存在する。
 - (a) 潤滑油, ケーブル, 計器類
 - (b) 清掃, メンテナンス等で使用するウエスやアルコール(使用後は不燃性容器に収納)
 - (c) 遮蔽の観点でグローブボックス内で使用するポリエチレン(不燃性材料で覆う設計)
→火災感知器による火災感知に期待する想定火災は, (a)の火災である。
ケーブル及び計器類は, 火災発生時に火災規模が小さいが, グローブボックス内に点在する形で設置される。
また, 潤滑油の場合は, 火災発生時に火災規模が拡大しやすいが, グローブボックス内に設置される箇所は特定される。
 - b. グローブボックスの特徴
 - (a) 核燃料物質を非密封(蓋がない状態での容器の移送等による)で取り扱う。(放射線の影響, 粒子の影響を考慮)
 - (b) 負圧を維持することで閉じ込め機能を維持するため, 通常時は換気を行う。(グローブボックス全体で見ると, 通常時の温度は一定)
 - (c) 燃料製造を行うことから, 混合器等の機器及びそれを支える架台が存在する。(感知器の配置, 測定や読み取りのためのレーザ光を考慮)
 - (d) 混合器等の核燃料物質が集中する場所, 機器発熱が生じる箇所は局所的に熱を持つ。(局所的には, 通常時の温度が高い場所あり)

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

② グローブボックス内火災の感知

ii. グローブボックス内において、火災感知のために達成すべき事項を「早期感知」及び「誤作動（非火災報発報）防止」と位置づけ、グローブボックスの特徴を踏まえて火災感知器の配置条件を検討し、火災感知に適した配置場所の環境条件を踏まえて感知器の種類を選定する。

a. 火災感知器の配置条件

- (a) 換気設備(排気系統)でグローブボックス内を負圧に維持することで排気口側に気体の流れが生じる。したがって、火災発生時の影響(熱・煙)も排気口に集中するため排気口付近に火災感知器を設置する。
- (b) 火災発生時の炎は、赤外線等を発するため火災感知にあたっては、直接炎を見通せる箇所に設置するのが良い。ただし、グローブボックスの特徴を踏まえると、混合器等や架台を設置することから、設置可能な箇所が限定される。
- (c) 潤滑油の火災は、火災発生時に火災規模が拡大しやすく、核燃料物質に対して駆動力を与える事象となるため、潤滑油を内包する機器近傍に火災感知器を設置する。

b. 火災感知器の種類選定

- (a) 核燃料物質から発する放射線による影響を考慮すると、半導体を有する火災感知器(煙, 炎)は使用不可。
- (b) MOX粉末を取り扱うため、粒子による影響を考慮すると、煙感知器は使用不可。
- (c) 測定や番号読み取りで使用するレーザ光による影響を考慮すると、炎感知器は使用不可。
- (d) 通常時においても生じる局所的な発熱を考慮すると、サーモカメラは使用不可。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

グローブボックス内の特徴を踏まえた火災感知器選定の考え方

種類	検討内容	選定結果
煙感知器	<p>グローブボックス内火災に対する全体感知を考えた場合、半導体を有する構造のため、放射線影響により故障するため感知ができなくなる。(ii.b(a))</p> <p>また、火災時に生じる煙を感知する機構のため、通常時に粒子(MOX粉末)が存在するグローブボックスでは誤作動する。(ii.b(b))</p> <p>なお、グローブボックス内火災(潤滑油の火災)に対する局所的な感知についても同様。</p>	×
炎感知器	<p>グローブボックス内火災に対する全体感知を考えた場合、混合器等の機器及びそれを支える架台が遮蔽物となり、グローブボックス全体の感知ができない。(ii.a(b))</p> <p>また、半導体を有する構造のため、放射線影響により故障するため感知ができなくなる。(ii.b(a))</p> <p>さらに、火災時に生じる炎(赤外線等)を感知する機構であり、通常時に使用するレーザー光(赤外線)を火災と誤判断し誤作動する。(ii.b(c))</p> <p>なお、グローブボックス内火災(潤滑油の火災)に対する局所的な感知についても同様。</p>	×
サーモカメラ	<p>グローブボックス内火災に対する全体感知を考えた場合、半導体を有しない構造のため、放射線影響は受けないが、混合器等の機器及びそれを支える架台が遮蔽物となり、グローブボックス全体の感知ができない。(ii.a(b))</p> <p>また、監視範囲の全体的な温度を測定し、火災発生場所の局所的な温度変化を把握できる機構のため、通常時に温度が高い箇所が存在するグローブボックスでは高温部を火災と誤判断する。(ii.b(d))</p> <p>なお、グローブボックス内火災(潤滑油の火災)に対する局所的な感知についても同様。</p>	×

→グローブボックス内で使用が可能な火災感知器は熱感知器に限定される。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

② グローブボックス内火災の感知

グローブボックス内で発生した火災を感知できるよう、火災感知を行う設備を設置する。

グローブボックス内に使用する熱感知器は、温度異常(60℃以上)を感知する白金測温抵抗体とし、火災の特徴を考慮して配置する。

【2.1.1.3.1 (2)】

火災感知器の選定にあたり、煙感知器及び炎感知器は環境条件により信号を誤発信する可能性があることから、誤発信の可能性が低く火災感知において優位性がある熱感知器を使用する設計とする。詳細は参考1に示す。

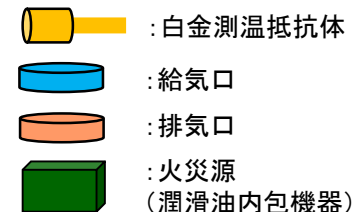
- 白金測温抵抗体は、火災による熱が滞留しやすいグローブボックスの排気口付近に設置することで、グローブボックス内全域で想定される火災を感知できる設計とする。排気口付近に設置する白金測温抵抗体は、機器の単一故障を考慮し2個設置する設計とする。
- 特に安全上重要な施設のグローブボックス内において、潤滑油を内包する機器がある場合は、火災発生時に公衆に与える影響が大きくなることから、特に火災源として対処すべきものとして、当該機器の近傍に白金測温抵抗体を設置する設計とする。火災源近傍に設置する白金測温抵抗体は、機器の単一故障を考慮し2個設置する設計とする。

【補足説明1-4 添付資料4】

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

グローブボックス内の火災感知器の設置例



【想定火災】

潤滑油, ケーブル, 計器類

【設置方針】

グローブボックス内は換気されており, 火災時に生じる熱は排気口に集中するため, 排気口付近に設置

【火災感知器の種類】

火災源からの距離が長いため, 差動式の感知器は向かず, 白金測温抵抗体を設置

【個数】

単一故障を考慮し, 2個設置

【想定火災】

潤滑油

【設置方針】

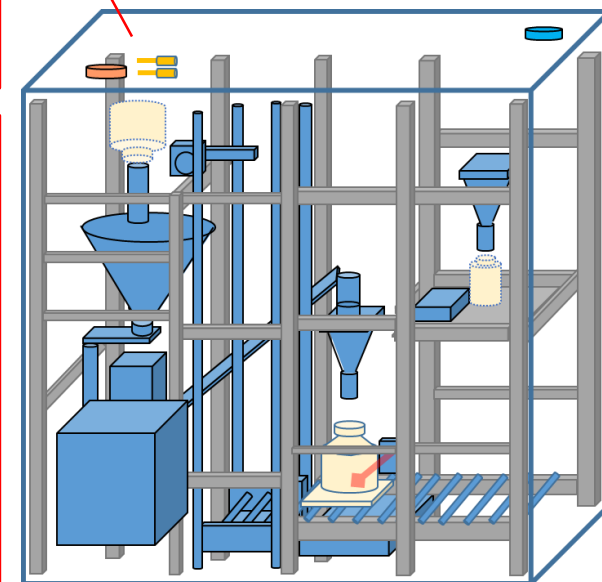
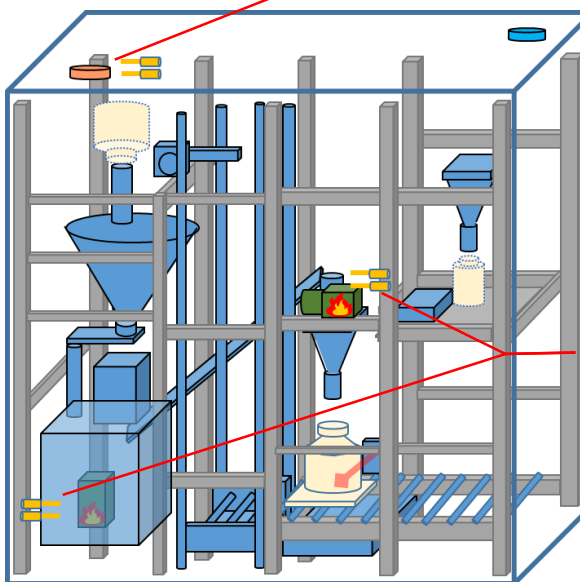
火災発生時に核燃料物質の駆動力になりやすいため, 火災源近傍に設置

【火災感知器の種類】

核燃料物質が集中していること, 機器動作部から局所的には平常時でも熱が高い部分があるため, 温度上昇率は試験時よりも低くなりやすいため, 差動式の感知器は向かず, 白金測温抵抗体を設置

【個数】

単一故障を考慮し, 2個設置



① 潤滑油を内包する機器を設置する安全上重要な施設のグローブボックス

② ①を除く安全上重要な施設のグローブボックス

③ ①及び②を除くグローブボックス

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

(2) 消火を行う設備

安全上重要な施設を設置する火災区域又は火災区画では、消火の対象となる施設の特徴や重要度に応じて、消火を行う設備の種類を選定して消火を行う設計とする。廊下等の核燃料物質を取り扱わない室には、屋内消火栓により水消火を行う設計とする。

工程室等の核燃料物質を取り扱う室には、固定式のガスにより消火を行う設計とする。また、火災防護設備の消火剤はガスを用いる設計とする。

グローブボックス内では核燃料物質を取り扱うことを考慮し、固定式のガスにより消火を行う設計とする。

【1.2.1.1(3)②】

- MOX燃料加工施設は、屋内消火栓、窒素消火装置及びグローブボックス消火装置等を適切に配置することにより、安全上重要な施設に火災の二次的影響が及ばない設計とする。
- 消火剤に電気絶縁性を有するガスを採用することで、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響が安全上重要な施設に悪影響を及ぼさない設計とする。
- 煙の二次的影響が安全上重要な施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼす場合は、延焼防止ダンパを設ける設計とする。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

グローブボックス内において、消火のために達成すべき事項を「消火剤による安全機能喪失の防止」、「消火時の区画形成」及び「消火後の消火状態の維持」と位置づけ、そのために消火剤の選定及び放出方法を検討する。

a. 消火剤の選定

- (a) 核燃料物質を取り扱うため、水の使用による臨界発生の可能性を考慮し、水による消火を行わず、ガス消火を行う。

b. 放出方法

ガス消火による窒息効果で消火を行うため、多量の消火ガスが必要となるため、消火ガス放出に伴うグローブボックスの閉じ込め機能の維持のための措置を講じる。

- (a) 火災発生時に早期に消火を行えることを考慮

→火災感知と連動させる。(排気口付近に設置する火災感知器のand回路、又は火災源近傍に設置する火災感知器のand回路より誤作動による消火ガス放出を防止。ただし、一方の感知器が故障した場合に消火ガスが放出できなくなる可能性を考慮し、故障信号を温度異常信号とみなすand回路とすることで、単一故障を考慮しても消火ガスを放出できる設計とする)

- (b) 消火ガス放出により一次閉じ込め機能が喪失しないこと、非火災グローブボックスへの廻り込みや工程室へ漏えいを考慮

→ グローブボックス排風機で排気しながら消火ガス放出し、負圧維持と流路の形成する。

- (c) 酸素濃度が12.5vol%に到達する(消火される)までグローブボックス境界が健全である必要があることを考慮
→グローブボックス内火災時の温度上昇により、グローブボックスの耐熱等の機能がしなわれない設計とする。

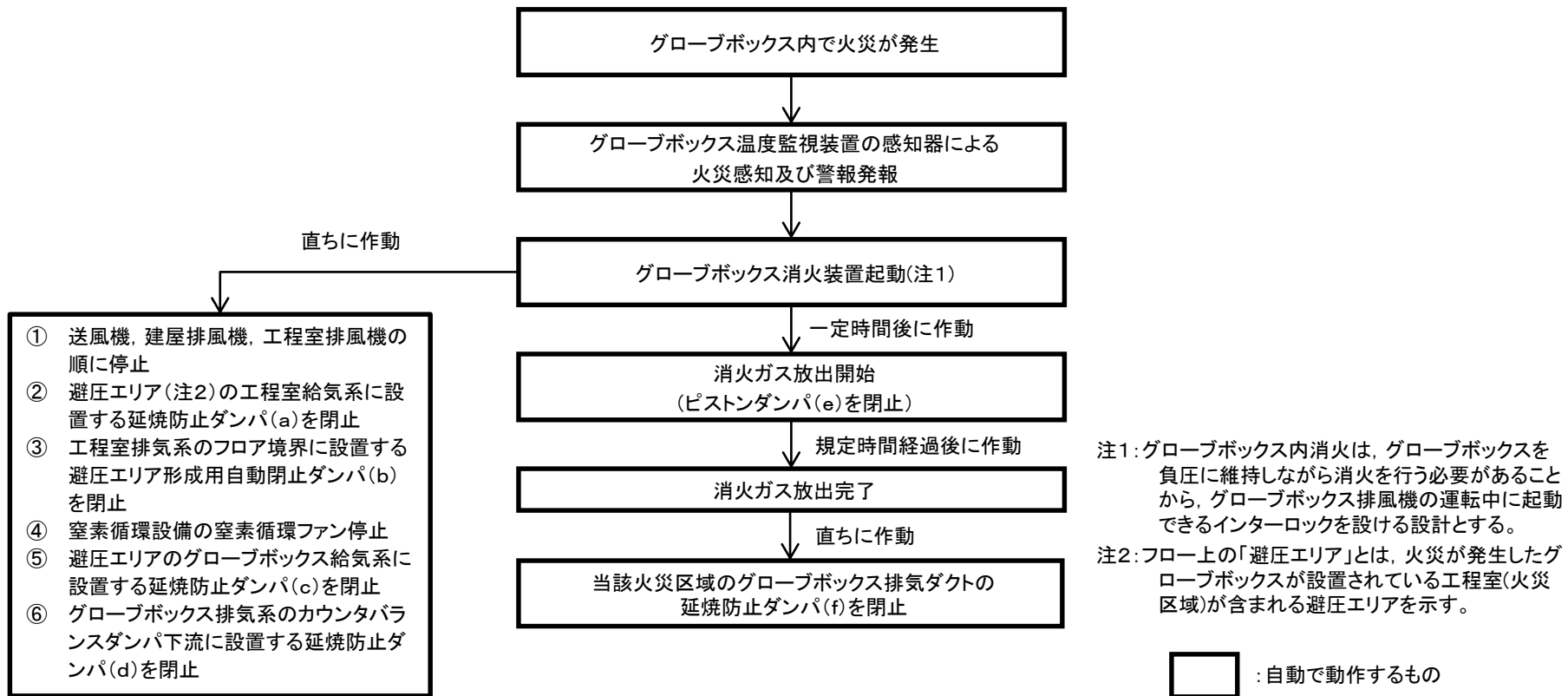
- (d) 負圧に維持しながら酸素濃度を消炎濃度以下にすることから、消火後、グローブボックスに対して気圧が高い工程室からのリークを考慮する。

→解放される経路を閉止し、酸素濃度が低下された状態を継続する。(ピストンダンパ及び延焼防止ダンパを閉止)

4. 第5条要求事項に対する方針

4.2 火災の感知及び消火に係る設計方針

図1 【グローブボックス内火災が発生した際の感知から影響軽減までの流れ(フロー)】

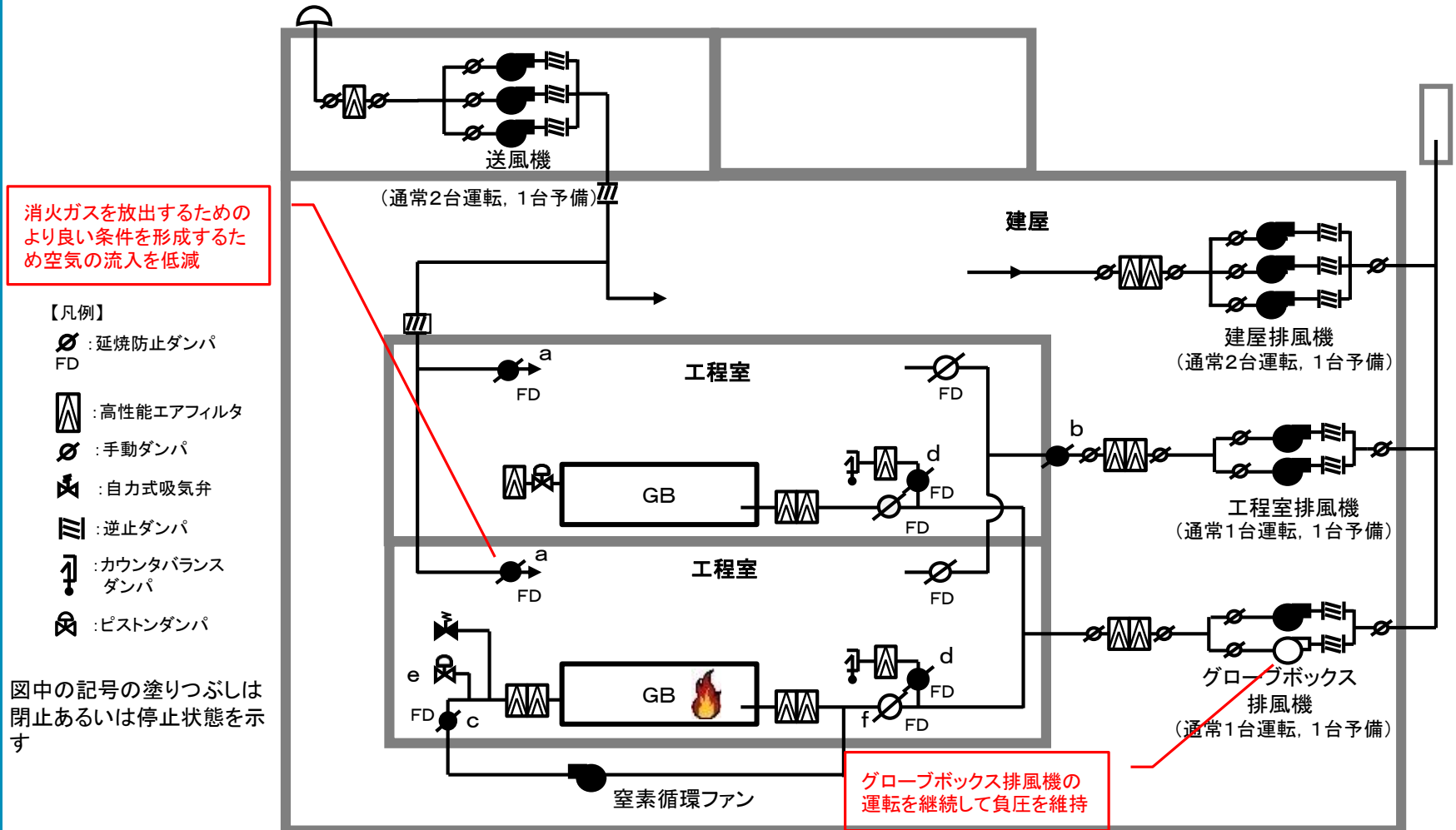


消火ガスの放出完了及び延焼防止ダンパの閉止を確認して、中央監視室でグローブボックス排風機を停止する。

4. 第5条要求事項に対する方針

4.2 火災の感知及び消火に係る設計方針

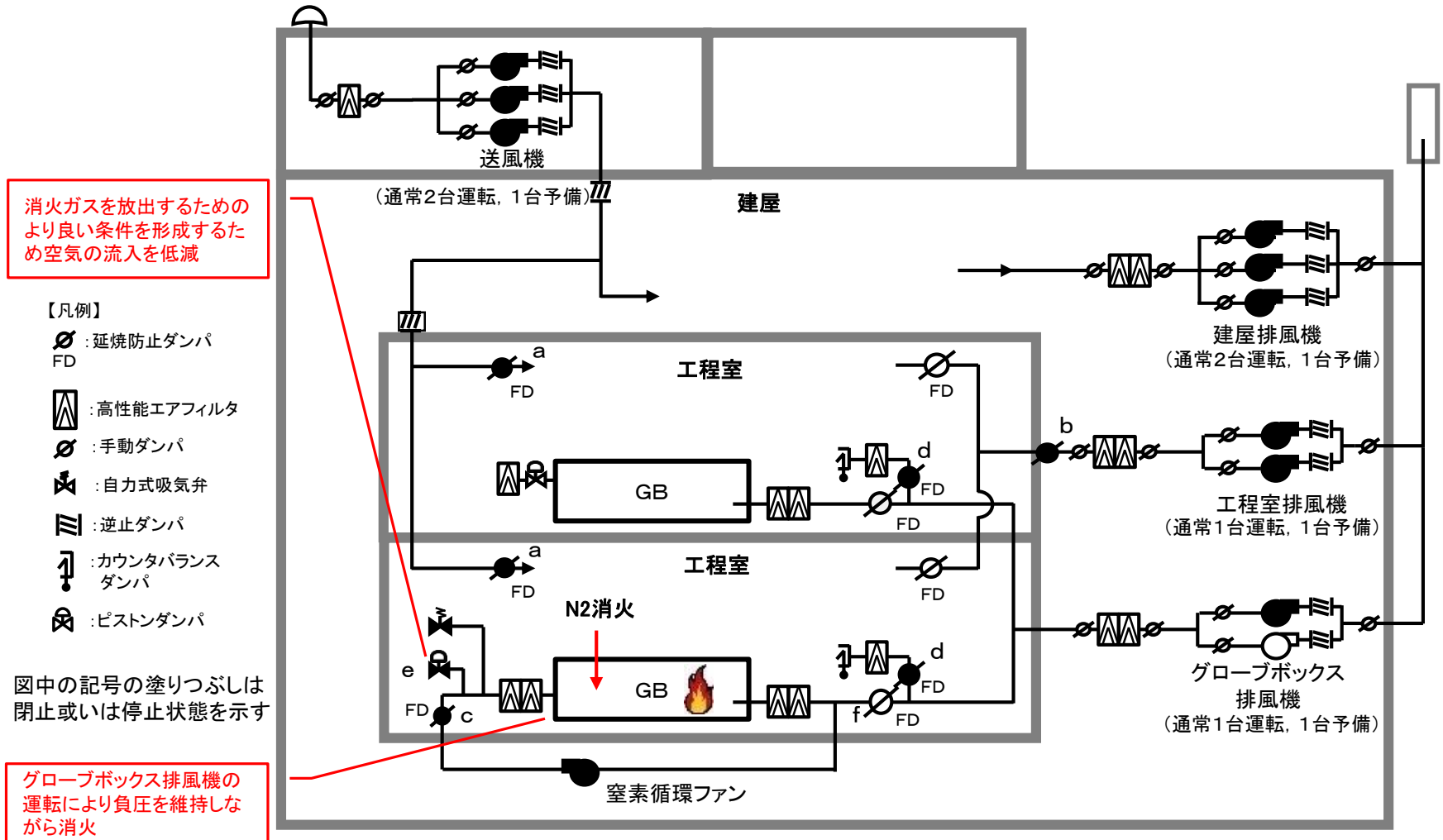
図2 【グローブボックス内火災が発生した際の感知から影響軽減までの流れ(イメージ図)】
(消火ガス放出前)



4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

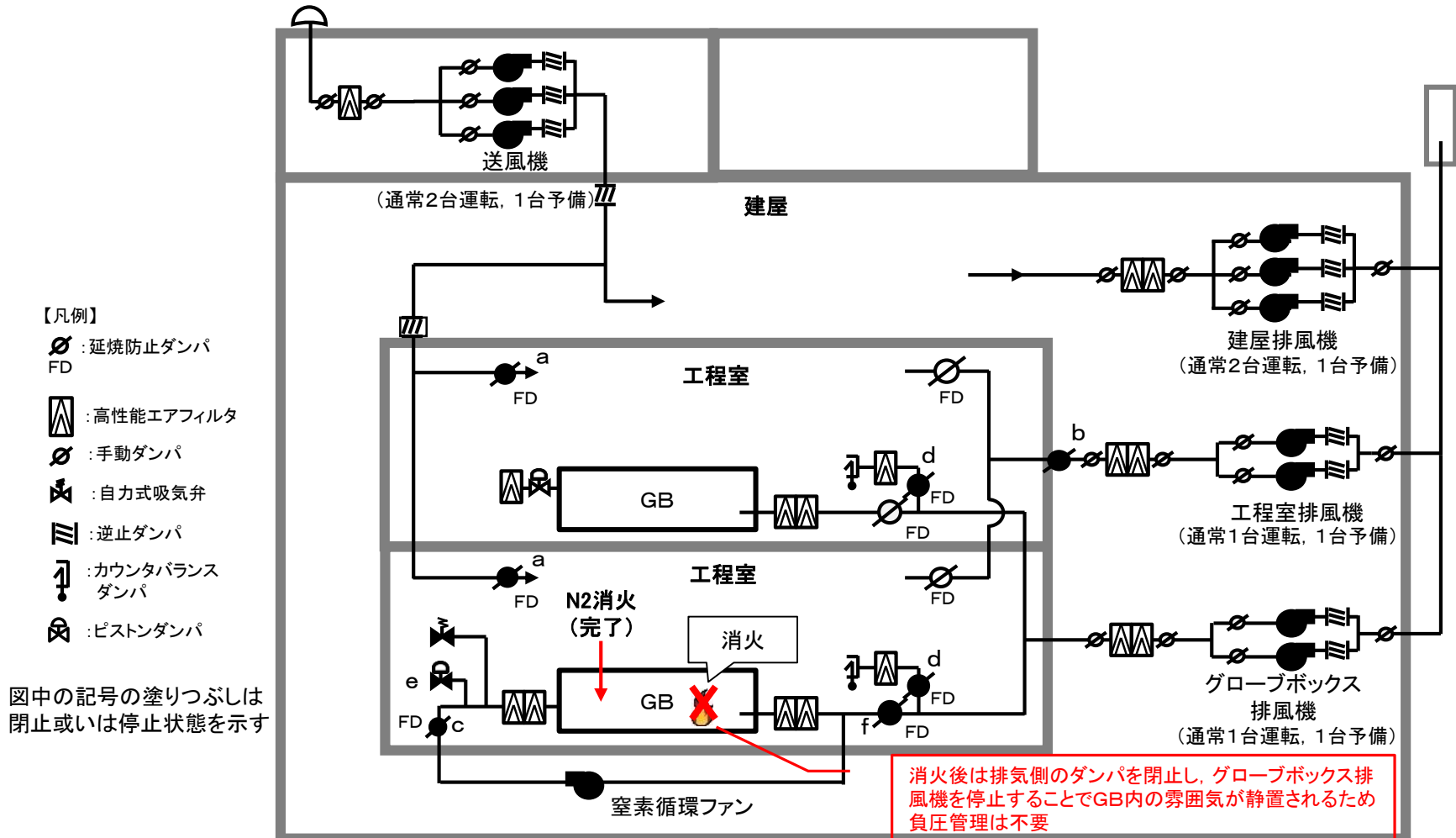
図3 【グローブボックス内火災が発生した際の感知から影響軽減までの流れ(イメージ図)】
(消火ガス放出時)



4. 第5条要求事項に対する方針

4.2 火災の感知及び消火に係る設計方針

図4 【グローブボックス内火災が発生した際の感知から影響軽減までの流れ(イメージ図)】
(消火ガス放出完了後)



4. 第5条要求事項に対する方針

4. 2 火災の感知及び消火に係る設計方針

(2) 消火を行う設備(続き)

- 非常用発電機が設置される火災区域の消火は、非常用発電機は外気を直接給気することで、万一の火災時に二酸化炭素消火装置より二酸化炭素が放出されても、窒息することにより非常用発電機の機能を喪失することが無い設計とする。
- 火災区域及び火災区画に設置する消火器については、延床面積又は床面積から算出される必要量の消火剤以上の数量を配備する設計とする。
- 火災区域のうち多量の可燃物を取り扱う室、電気ケーブルが密集する電気品室のような消火困難区域及び中央監視室等のフリーアクセスフロア内は、固定式のガスによる消火装置を設置することにより、消火を可能とする。

【2.1.1.3.2(1), (2), (7)】

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 3 火災及び爆発の影響軽減に係る設計方針

(1) 火災及び爆発の影響軽減

① 火災の影響軽減

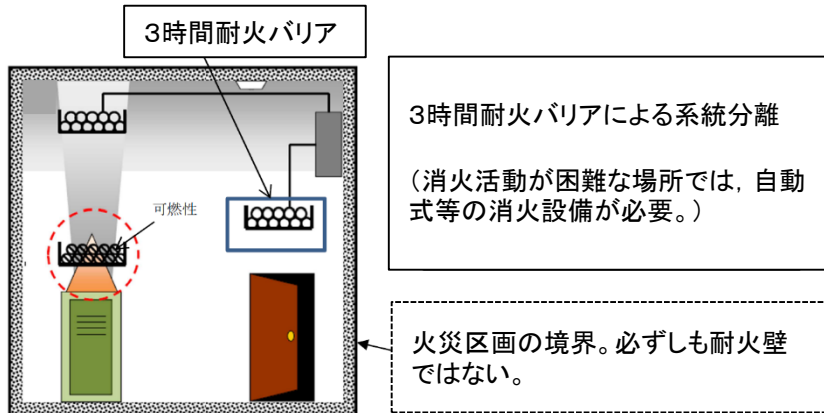
火災の影響軽減については、安全上重要な施設を設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため、以下の対策を講じる設計とする。

- 火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域と分離する。
- グローブボックスの閉じ込め機能を維持する必要があるグローブボックス排風機及びグローブボックス排風機の機能維持に必要な範囲の非常用所内電源系統については、火災防護審査基準に基づき系統分離対策を講じる設計とする。詳細は次ページに示す。
- 火災の影響軽減のための措置を講じる設計と同等の設計として、中央監視室の制御盤に関しては、不燃性筐体による系統別の分離対策を講じるとともに、高感度煙感知器を設置する設計とし、煙を検出した場合、運転員は、制御盤周辺の運転員の活動ルート上に設置している消火器を用いて早期消火を行う。
- グローブボックス排気設備のフィルタは、火災時に発生するばい煙により機能を喪失しない設計とする。詳細は参考2に示す。

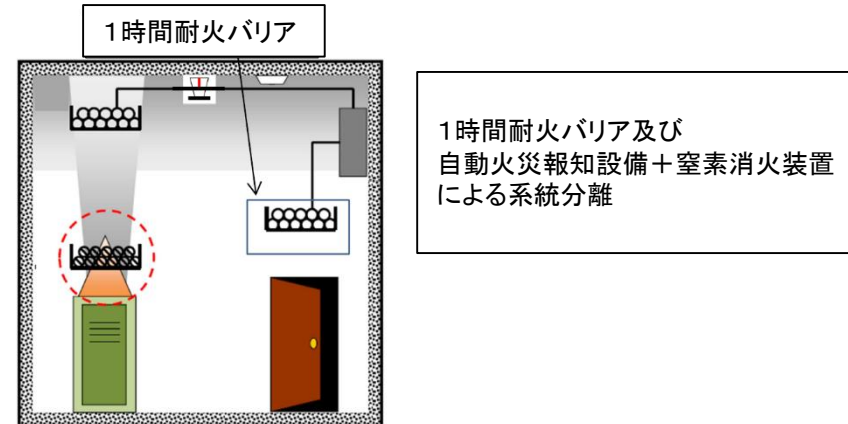
【2.1.1.3.2(1)】

4. 第5条要求事項に対する方針

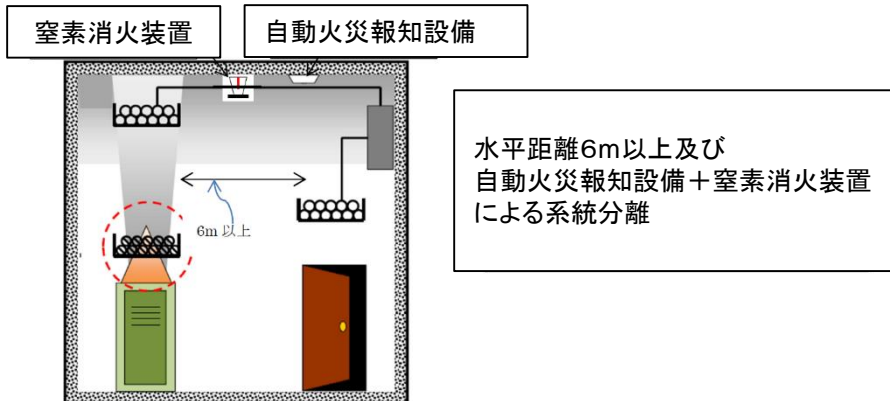
4.3 火災及び爆発の影響軽減に係る設計方針



① 3時間以上の耐火能力を有する隔壁で分離



③ 互いに相違する系列間を1時間の耐火能力を有する隔壁で分離し、火災防護設備の自動火災報知設備及び火災防護設備の窒素消火装置を設置して分離



② 互いに相違する系列間の水平距離を6m以上確保し、火災防護設備の自動火災報知設備及び火災防護設備の窒素消火装置を設置して分離

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 3 火災及び爆発の影響軽減に係る設計方針

(1) 火災及び爆発の影響軽減(続き)

① 火災の影響軽減

- 臨界防止機能における形状寸法管理にかかる設備・機器は、不燃性材料で構成することにより、火災が発生した場合においても安全機能を維持する設計とする。
- 安全上重要な施設のグローブボックス内で発生する火災に対して、消火ガスの放出時にはグローブボックス排気設備を用いて、排気フィルタを介して消火ガスの排気を行うことで、排気経路以外から核燃料物質の放出を防止する。さらに、消火ガス放出後には中央監視室のグローブボックス温度監視装置にて、温度の指示値60°C未満であることを確認し、手動でグローブボックス排風機を停止することにより、核燃料物質の放出を低減する設計とする。

【1.2.1.1(4)】

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 3 火災及び爆発の影響軽減に係る設計方針

(1) 火災及び爆発の影響軽減(続き)

② 爆発の影響軽減

- 焼結炉等は、受け入れた水素・アルゴン混合ガスに空気が混入し、爆発が発生した場合の爆発圧力によって、炉殻が損傷しない設計とすることで、閉じ込め機能を維持できる設計とする。
- 万一爆発が発生した場合に備え、焼結炉等の炉内の圧力異常を検知できる圧力検知器を設置し、当該検知器の検知に連動して、焼結炉等を設置する室の境界を構成するダクトに設置するダンパを閉止するとともに、送排風機を手動停止することで、爆発発生後に核燃料物質が燃料加工建屋外に放出することを防止する。

【1.2.1.1(4)】

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 3 火災及び爆発の影響軽減に係る設計方針

(2) 火災ハザード解析

MOX燃料加工施設の特徴を踏まえ、各火災区域又は火災区画における安全上重要な施設への火災防護対策について「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に、MOX燃料加工施設における火災が発生した場合においても安全機能を損なわないことを確認する。

なお、内部火災影響評価ガイドは、多重化された安全保護系および原子炉停止系のシステムが同時に機能を失わないことを確認するための手法であるが、MOX燃料加工施設では、設備の特徴を考慮し、次項①②のとおり評価を行う。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 3 火災及び爆発の影響軽減に係る設計方針

(2) 火災ハザード解析(続き)

① 多重化する安全上重要な施設(「2.3 火災の影響軽減」に基づき系統分離を行うグローブボックス排風機及び非常用発電機)

「2.3 火災の影響軽減」に基づく火災防護対策の実施状況を確認し、火災区域(区画)の系統分離等の火災防護対策を考慮することで、当該設備の安全機能に影響がないことを確認する。

② 多重化する安全上重要な施設(①を除く設備(工程室排風機等))及び多重化しない安全上重要な施設(グローブボックス等の単一の機器)

最も過酷な単一の火災を想定し、火災力学ツール(FDTs)を用いた評価を実施する。

a. 多重化する安全上重要な施設においては、両系統が想定する単一の火災により同時に機能を喪失しないことを確認する。

b. 多重化しない安全上重要な施設においては、当該機器が想定する単一の火災により機能を喪失しないことを確認する。

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 4 個別の火災区域及び火災区画における留意事項に係る設計方針

(1) 電気室に対する考慮

電気室は、電源供給のみに使用する設計とする。

【2.1.1.5(1)】

(2) 蓄電池室に対する考慮

- ① 通常の使用状態において水素が蓄電池外部へ放出されるおそれのある蓄電池室には、原則として直流開閉装置やインバータを収納しない設計とする。
- ② 蓄電池室の蓄電池は、社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針」に基づき、排風機により蓄電池室内の水素濃度を2vol%以下に維持する設計とする。
- ③ 蓄電池室の換気設備が停止した場合には、中央監視室の監視制御盤に警報を発する設計とする。

【2.1.1.5(2)】

(3) ポンプ室に対する考慮

潤滑油を内包するポンプを設置している部屋は、換気設備による排煙が可能な設計とする。

【2.1.1.5(3)】

4. 第5条要求事項に対する方針

4. 4 個別の火災区域及び火災区画における留意事項に係る設計方針



(4) 中央監視室に対する考慮

- ① 中央監視室と他の火災区域及び火災区画の換気設備の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。
- ② 中央監視室のカーペットは、消防法に基づく防災物品若しくはこれと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用する設計とする。

【2.1.1.5(4)】

(5) 放射性廃棄物の処理及び貯蔵に対する考慮

- ① 管理区域での消火活動により放水した消火水が非管理区域に流出しないように、各室の床ドレン等から低レベル廃液処理設備に回収する設計とする。
- ② 放射性物質を含んだフィルタ類及びその他の雑固体は、処理を行うまでの間、金属製容器に封入し、保管する設計とする。

【2.1.1.5(5)】

(参考1)グローブボックス内に設置する感知器の選定について

火災の感知方法には、大別して煙感知、熱感知及び炎感知がある。グローブボックス内の火災感知は、以下のとおり、最も優位性があると考えられる熱感知器より、温度異常(60℃以上)を感知する白金測温抵抗体を設置する。

(1) 煙感知

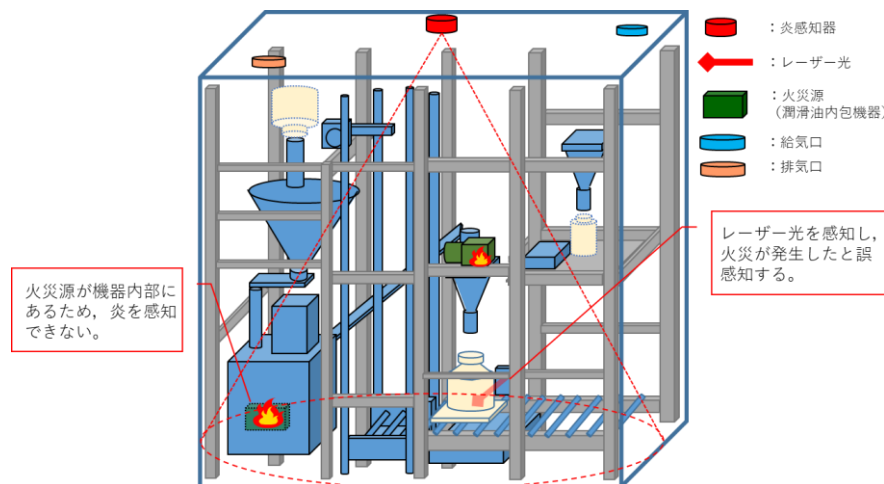
グローブボックス内で取り扱うMOX粉末の浮遊する粒子に対して反応し、火災感知信号を誤発信する可能性があることに加え、煙感知器は半導体回路を有しており、放射線影響を受けやすいことから、グローブボックス内の火災感知が適さないため、煙感知器は設置しない。

(2) 炎感知

グローブボックス内は、照射される赤外線や紫外線が内装機器によって、火災源を遮る障害物となることから、火災感知が適さないため、炎感知器は設置しない。

また、グローブボックス内では、レーザー光を使用するため、その光に反応し、火災感知信号を誤発信する可能性があることに加え、炎感知器は半導体回路を有しており、放射線影響を受けやすいことから、グローブボックス内の火災感知適さないため、炎感知器は設置しない。

【補足説明1-4 添付資料4】



(参考1)グローブボックス内に設置する感知器の選定について(続き)

(3) 熱感知

グローブボックス内で浮遊する粒子に反応することもなく、火災信号の誤発信の要因はないことから、グローブボックス内の火災感知に適するものとする。

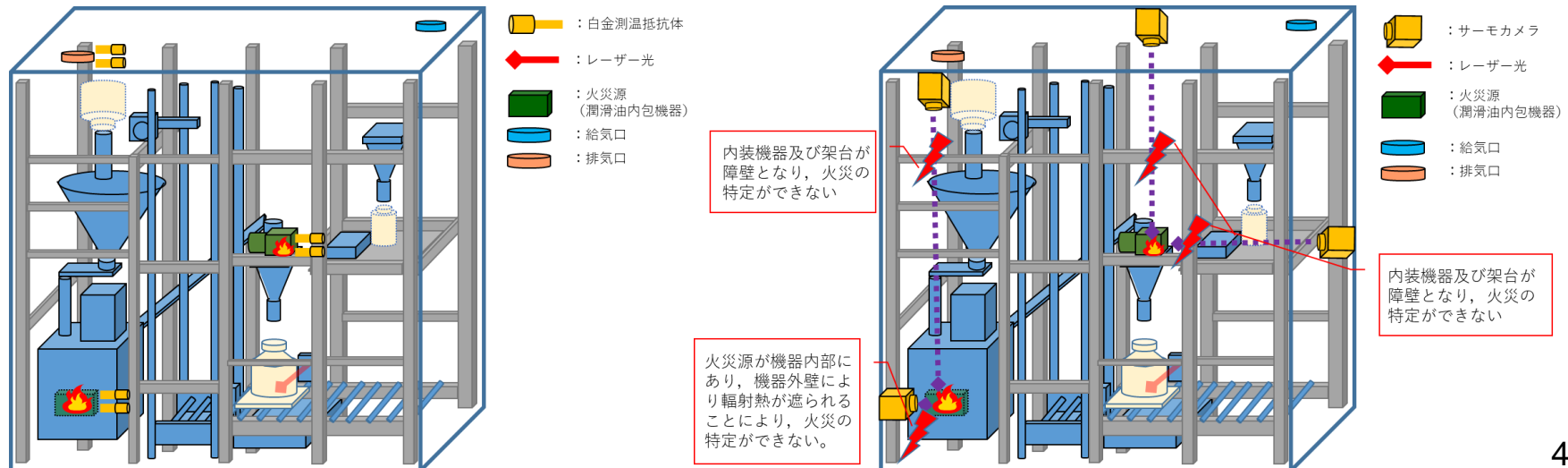
また、高線量環境においては放射線の影響により感知器の電子機器が故障するおそれがあるが、熱感知器は、煙感知器及び炎感知器と比べ電子機器が少なく、比較的放射線の影響を受けにくい。

(4) サーモカメラ

測定対象物からの赤外線放射を熱線として、温度上昇を電気的な変化に変えて火災を検知するものである。

グローブボックス缶体部や架台等が障壁となり、火災の特定が困難であることから、グローブボックス内の火災感知ができないため、煙感知器は設置しない。

【補足説明1-4 添付資料4】



(参考2) グローブボックス内火災の模擬試験について

グローブボックス内で想定される、核燃料物質に対して駆動力を与えるような火災を模擬した試験を実施した。

(1) 試験目的

グローブボックスの模擬体、模擬火災源を用いて、火災を発生させた場合のグローブボックス内温度変化を確認する。

(2) 試験条件

a. グローブボックス模擬体

約W2,000mm × 約D1,000mm × 約H2,000mm

b. 換気条件

6回/h (24m³/h)

⇒グローブボックスの主な換気回数を模擬。

c. 模擬火災源の設定

潤滑油を内包する機器のうち、模擬試験当時の設計で最もオイルパンが大きい「研削粉回収装置ブロア」を模擬。

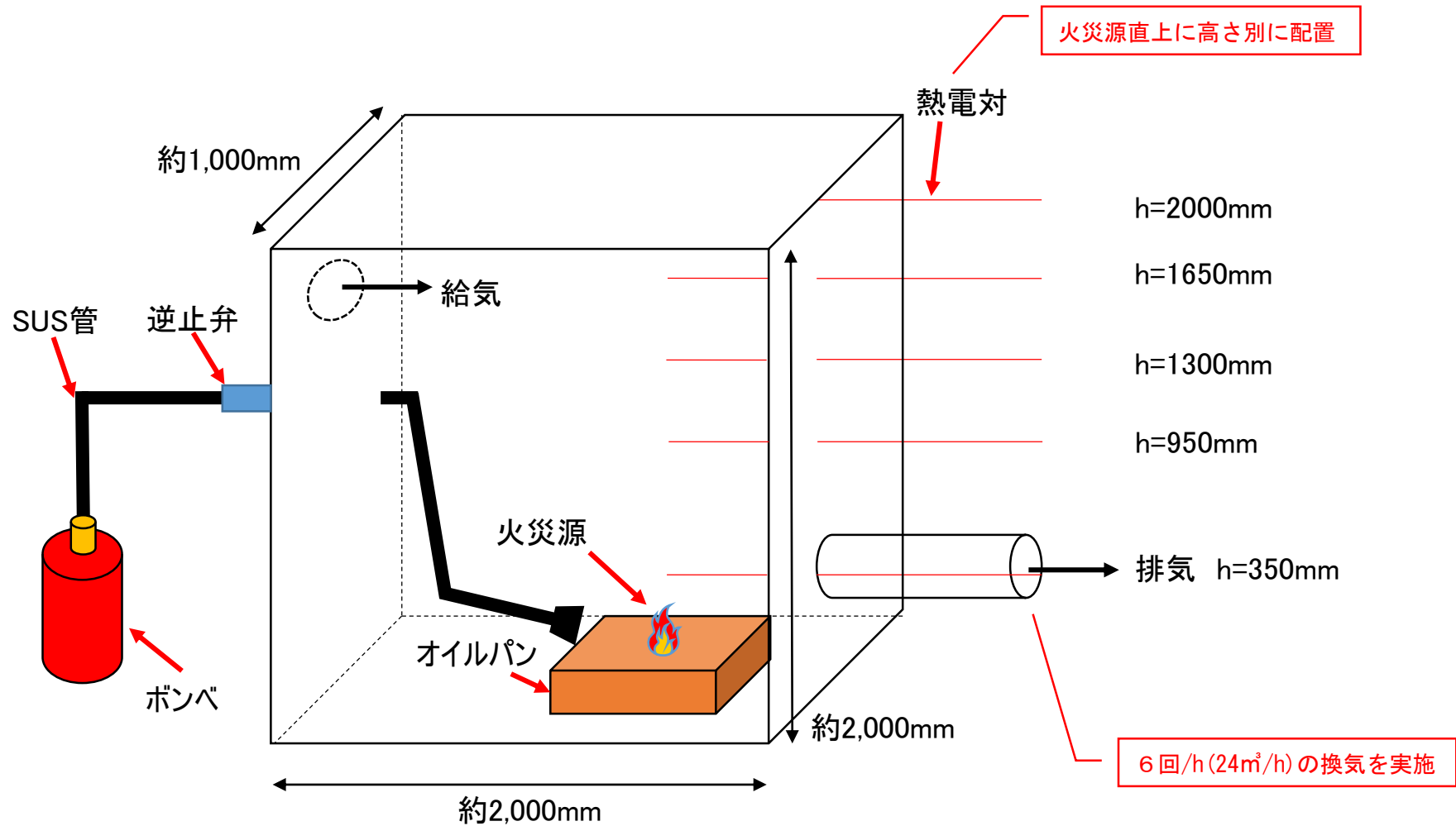
ただし、潤滑油の燃焼継続は困難であるから、ヘプタンで代用し、同等の発熱量を模擬。

d. 熱電対の設置位置

熱が火災源近傍および上部に滞留しやすい特性を考慮し、火災源直上に熱電対を設置。

熱電対は、シース熱電対 Kタイプ(JIS:クラス2)を使用。

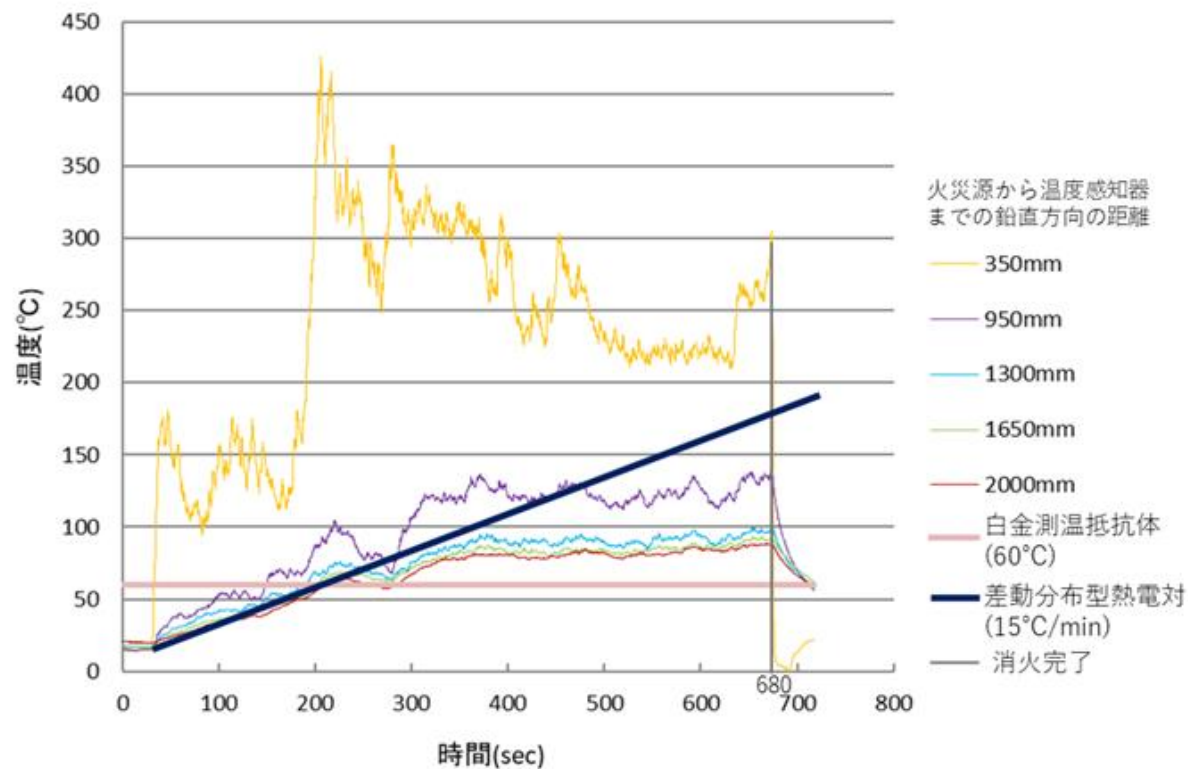
(参考2) グローブボックス内火災の模擬試験について(続き)



(参考2) グローブボックス内火災の模擬試験について(続き)

(3) 試験結果

試験中の温度変化の温度変化は以下のとおりとなる。
 試験結果より、火災源近傍においては、着火数秒後で急激な温度変化が確認された。



【補足説明1-4 添付資料4 別紙1】

(参考3) グローブボックス消火装置起動時の酸素濃度及び 圧力変化について

本試験は、過渡的なグローブボックス内の圧力変動による挙動確認試験の一環として行ったものであり、グローブボックス内で火災が発生した場合の窒素供給時の挙動を確認した結果である。以下に示す試験条件により、酸素濃度及び圧力変化を確認した。

(1) 試験目的

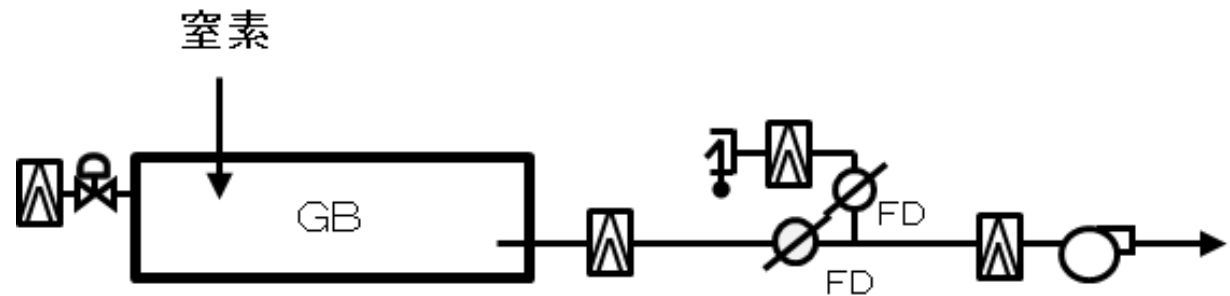
空気雰囲気中のグローブボックスにおいて、窒素供給時の酸素濃度の変化及び圧力変動を解析により確認する。

(2) 試験条件

- a. グローブボックスの容積は10m³とする。解析モデルを図に示す。
- b. グローブボックス内の雰囲気は大気と同等とする。
- c. グローブボックス内の温度は常温とする。

【凡例】

-  : 延焼防止ダンパ
FD
-  : 高性能エアフィルタ
-  : カウンタバランス
ダンパ
-  : ピストンダンパ
-  : グローブボックス排風機



グローブボックス及びその排気系の模擬体

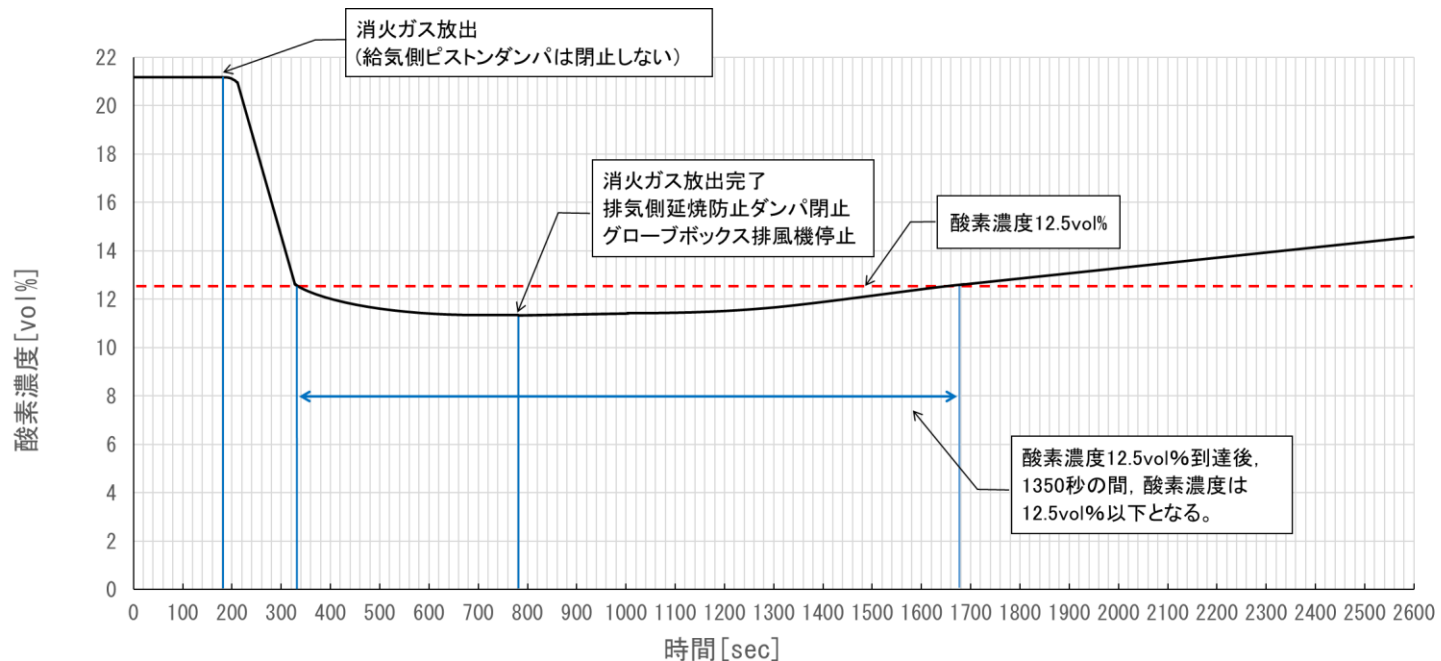
(参考3) グローブボックス消火装置起動時の酸素濃度及び 圧力変化について(続き)

(3) 試験結果

a. 酸素濃度の変化について

前ページの図に示す容積 10m^3 のグローブボックス及びその排気系の模擬体に対して、消火ガスである窒素ガスを供給した場合において、グローブボックス排気量に対して80%の消火ガスを放出し、給気側のピストンダンパを閉止しない状態を想定した場合でも、消火ガス放出開始から約150秒でグローブボックス内の酸素濃度は、燃焼に必要な酸素濃度である $12.5\text{vol}\%$ に到達することを確認した。

なお、消火ガス放出後にピストンダンパ及び延焼防止ダンパが閉止した状態を想定すると、延焼防止ダンパ閉止後、約900秒は酸素濃度 $12.5\text{vol}\%$ 以下を維持できる。



消火ガス放出時のグローブボックス内酸素濃度の変化

(参考3) グローブボックス消火装置起動時の酸素濃度及び 圧力変化について(続き)

(3) 試験結果

b. 圧力の変化について

グローブボックス内は通常、工程室に対して -300Pa で運転しているが、グローブボックス内に消火ガスを放出した際には、工程室に対して約 -90Pa 程度までグローブボックス内の圧力が上昇する。しかし、グローブボックス内は負圧に維持できることから、排気経路以外からの放射性物質の漏えいはないことを確認した。

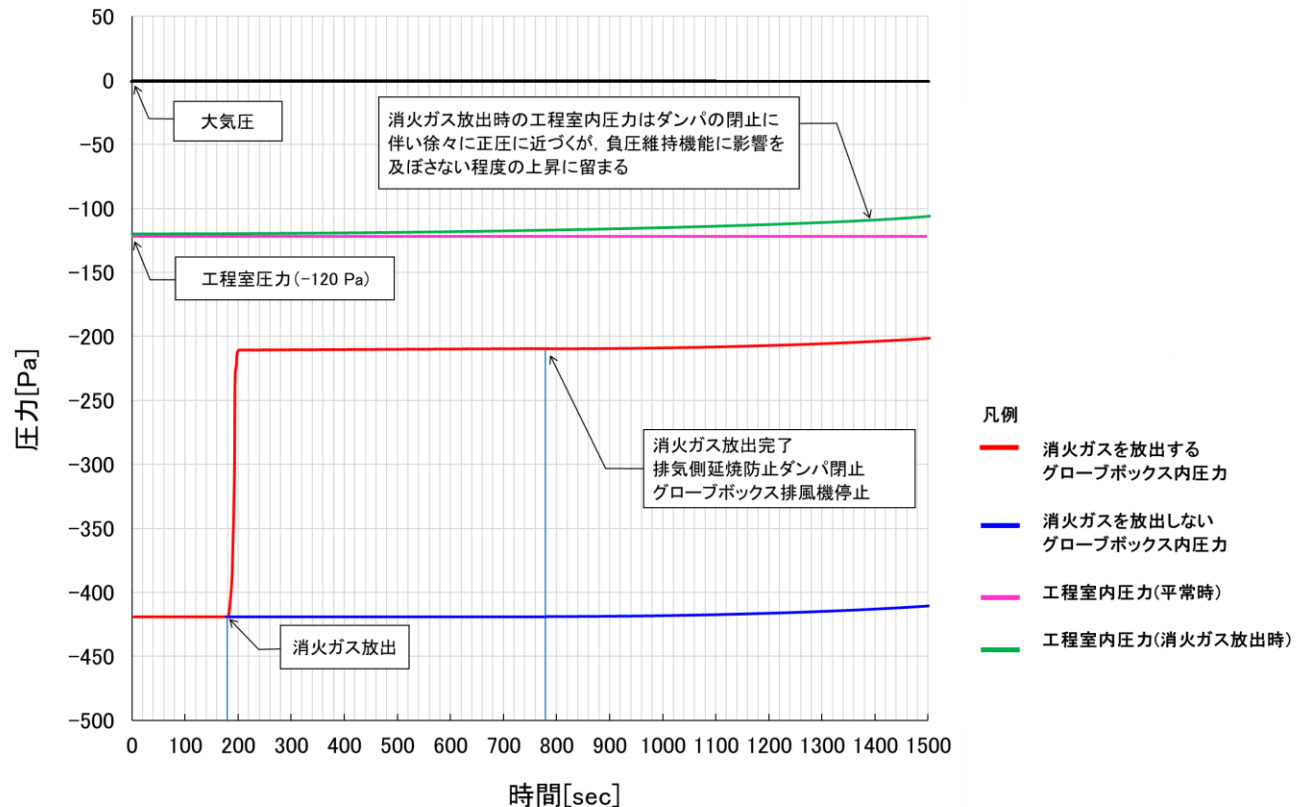


図3 消火ガス放出時のグローブボックス内圧力の変化

(参考4) グローブボックス排気フィルタの健全性について

MOX燃料加工施設は火災時にも換気設備により、グローブボックス、工程室、建屋内の圧力を常時負圧に保ち、負圧は、グローブボックス、工程室、建屋の順に気圧が低くなるように管理する必要があることから、換気設備の隔離は行わないが、火災時のばい煙の発生等を考慮した場合においても排気フィルタの機能維持ができる設計とする。

(1) ばい煙量に対するフィルタの許容圧力

実証試験結果(参考文献[2])を参考に、MOX燃料加工施設におけるグローブボックス排気設備フィルタユニット(フィルタ枚数:50枚)に換算すると、ばい煙量換算218kgまで健全性が維持できると考えられる。

(2) ケーブル燃焼時のばい煙量

ケーブルはMOX燃料加工施設において広範囲に敷設されており、その量からも、最も火災の原因として想定すべき可燃物である。30%TBP/ドデカンのばい煙化率16.7%(参考文献[3])を参考に、難燃性ケーブルのシース材のばい煙化率はこれと同等とされている(参考文献[4])ため、保守的に20%とする。

(3) 評価結果

(1)より、フィルタ性能を維持できるばい煙量は218kgであるため、1090kgのケーブルのシース材が燃焼されるまでフィルタ性能は維持されることになる。これは、ケーブルトレイに換算すると約7m^{※1}に相当するが、MOX燃料加工施設に敷設されるケーブルは、IEEE383又はIEEE1202^{※2}に合格する難燃ケーブルであることから、火災にさらされても損傷長はわずかであり、想定される火災により、フィルタの許容値を上回るおそれはない。

以上より、単一火災を想定しても、フィルタの健全性を維持できると考えられる。

(参考4)グローブボックス排気フィルタの健全性について(続き)

- ※1 MOX燃料加工施設に敷設されるケーブルトレイのうち、代表的なサイズのケーブルトレイを考慮し、保守的にケーブルが最大に積載された状態を想定。
 - ・トレイ寸法:幅1200mm×高さ300mm
 - ・占積率:40%
 - ・ケーブル外径:10mm
 - ・ケーブル積載本数:約1840本
- ※2 ケーブルをバーナ(熱量:73.3MJ/h)で燃焼させ、延焼性を確認する実証試験。ケーブルの損傷距離が1800mm(IEEE383)以下、又は1500mm以下(IEEE1202)で合格となる。

参考文献

- [1] 「六ヶ所再処理工場の確率論的安全評価, (Ⅲ)セル内有機溶媒火災(内的事象)」(日本原子力学会和文論文誌, Vol.10, No.3, (2011))p.176(4)
- [2] 「高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (Ⅶ)圧力変化試験」(日本原子力学会誌, Vol.30, No.4, (1988))p.71, Ⅱ試験結果, 2.
- [3] 「核燃料サイクル施設における可燃性物質の燃焼時の閉じ込め効果評価試験(JAEA-Research2012-035)」p11, 3.1.3
- [4] 「核燃料サイクル施設におけるグローブボックスパネル材及びケーブル被覆材燃焼時の閉じ込め効果評価試験(JAEA-Research2011-015)」p.13

【補足説明1-6 添付資料4】

指摘事項に対する回答1(1/7)

第348回審査会合(令和2年4月28日)

感知器の単一故障に対する信頼性(感知機能が維持できること)を示すこと。
火災感知器2out of 3の考え方(回路等)を示すこと。

火災感知器の単一故障に対する信頼性について

- 白金測温抵抗体は、構造が単純で試験で感知性能を実証されたものであり、信頼性が高い。
- 故障検知回路を有することで、万一、断線等により故障しても異常を検知できる。

火災感知器の2out of 3の考え方

- これまでのグローブボックス内の火災感知は、グローブボックス内の天井部に差動分布型熱感知器1個と排気口付近と火災源となる潤滑油を内包する機器に白金測温抵抗体をそれぞれ1個設置。
- 上記の3つで2out of 3回路を構成しており、本来の2out of 3回路と考え方が異なることから、以下のように見直した。

火災感知器の考え方

- ◆ 構造が単純な白金測温抵抗体を用いることとし、単一故障に対する信頼性の観点で2個設置する設計とする。
- ◆ 消火装置との連動のため2個の白金測温抵抗体をand回路で火災と判断する設計とする。
- ◆ and回路で構成した白金測温抵抗体は、故障検知回路により故障を検知する設計とするとともに、2個の白金測温抵抗体のうち1個が故障しても消火ガスを放出できる設計とする。

指摘事項に対する回答1(2/7)

i. グローブボックス内火災の感知にあたり、グローブボックス内で想定される火災源の特徴及びグローブボックス内の特徴を踏まえるものとする。

a. 想定される火災源

グローブボックス内には以下のような可燃性物質又は難燃性物質が存在する。

(a) 潤滑油, ケーブル, 計器類

(b) 清掃, メンテナンス等で使用するウエスやアルコール(使用後は不燃性容器に収納)

(c) 遮蔽の観点でグローブボックス内で使用するポリエチレン(不燃性材料で覆う設計)

→火災感知器による火災感知に期待する想定火災は, (a)の火災である。

ケーブル及び計器類は, 火災発生時に火災規模が小さいが, グローブボックス内に点在する形で設置される。

また, 潤滑油の場合は, 火災発生時に火災規模が拡大しやすいが, グローブボックス内に設置される箇所は特定される。

b. グローブボックスの特徴

(a) 核燃料物質を非密封(蓋がない状態での容器の移送等による)で取り扱う。(放射線の影響, 粒子の影響を考慮)

(b) 負圧を維持することで閉じ込め機能を維持するため, 通常時は換気を行う。(グローブボックス全体で見ると, 通常時の温度は一定)

(c) 燃料製造を行うことから, 混合器等の機器及びそれを支える架台が存在する。(感知器の配置, 測定や読み取りのためのレーザ光を考慮)

(d) 混合器等の核燃料物質が集中する場所, 機器発熱が生じる箇所は局所的に熱を持つ。(局所的には, 通常時の温度が高い場所あり)

指摘事項に対する回答1(3/7)

- ii. グローブボックス内において、火災感知のために達成すべき事項を「早期感知」及び「誤作動（非火災報発報）防止」と位置づけ、グローブボックスの特徴を踏まえて火災感知器の配置条件を検討し、火災感知に適した配置場所の環境条件を踏まえて感知器の種類を選定する。
- a. 火災感知器の配置条件
- (a) 換気設備(排気系統)でグローブボックス内を負圧に維持することで排気口側に気体の流れが生じる。したがって、火災発生時の影響(熱・煙)も排気口に集中するため排気口付近に火災感知器を設置する。
 - (b) 火災発生時の炎は、赤外線等を発するため火災感知にあたっては、直接炎を見通せる箇所に設置するのが良い。ただし、グローブボックスの特徴を踏まえると、混合器等や架台を設置することから、設置可能な箇所が限定される。
 - (c) 潤滑油の火災は、火災発生時に火災規模が拡大しやすく、核燃料物質に対して駆動力を与える事象となるため、潤滑油を内包する機器近傍に火災感知器を設置する。
- b. 火災感知器の種類選定
- (a) 核燃料物質から発する放射線による影響を考慮すると、半導体を有する火災感知器(煙, 炎)は使用不可。
 - (b) MOX粉末を取り扱うため、粒子による影響を考慮すると、煙感知器は使用不可。
 - (c) 測定や番号読み取りで使用するレーザ光による影響を考慮すると、炎感知器は使用不可。
 - (d) 通常時においても生じる局所的な発熱を考慮すると、サーモカメラは使用不可。

指摘事項に対する回答1(4/7)

グローブボックス内の特徴を踏まえた火災感知器選定の考え方

種類	検討内容	選定結果
煙感知器	<p>グローブボックス内火災に対する全体感知を考えた場合、半導体を有する構造のため、放射線影響により故障するため感知ができなくなる。(ii.b(a))</p> <p>また、火災時に生じる煙を感知する機構のため、通常時に粒子(MOX粉末)が存在するグローブボックスでは誤作動する。(ii.b(b))</p> <p>なお、グローブボックス内火災(潤滑油の火災)に対する局所的な感知についても同様。</p>	×
炎感知器	<p>グローブボックス内火災に対する全体感知を考えた場合、混合器等の機器及びそれを支える架台が遮蔽物となり、グローブボックス全体の感知ができない。(ii.a(b))</p> <p>また、半導体を有する構造のため、放射線影響により故障するため感知ができなくなる。(ii.b(a))</p> <p>さらに、火災時に生じる炎(赤外線等)を感知する機構であり、通常時に使用するレーザー光(赤外線)を火災と誤判断し誤作動する。(ii.b(c))</p> <p>なお、グローブボックス内火災(潤滑油の火災)に対する局所的な感知についても同様。</p>	×
サーモカメラ	<p>グローブボックス内火災に対する全体感知を考えた場合、半導体を有しない構造のため、放射線影響は受けないが、混合器等の機器及びそれを支える架台が遮蔽物となり、グローブボックス全体の感知ができない。(ii.a(b))</p> <p>また、監視範囲の全体的な温度を測定し、火災発生場所の局所的な温度変化を把握できる機構のため、通常時に温度が高い箇所が存在するグローブボックスでは高温部を火災と誤判断する。(ii.b(d))</p> <p>なお、グローブボックス内火災(潤滑油の火災)に対する局所的な感知についても同様。</p>	×

→グローブボックス内で使用が可能な火災感知器は熱感知器に限定される。

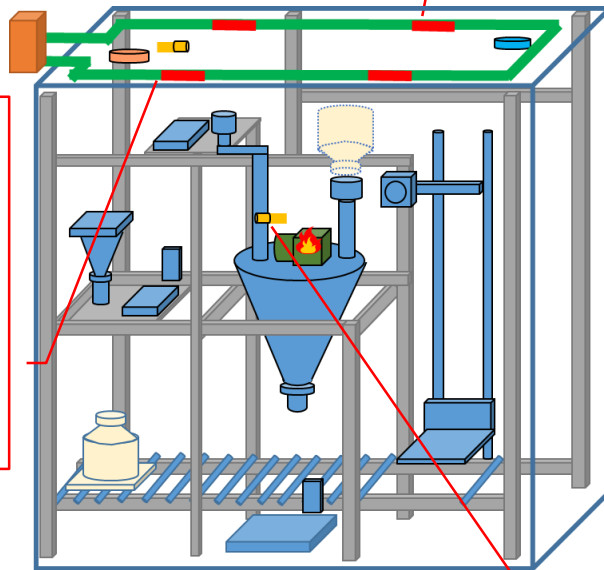
指摘事項に対する回答1 (5/7)

グローブボックス内の火災感知器の設置例① (火災源を有する安全上重要なグローブボックス)

変更前

火災によって生じるグローブボックス内全体の空間温度異常 (60°C) と温度上昇 (15°C/min) を異なる動作原理の熱感知器で感知する設計とする。

差動分布型熱感知器及び白金測温抵抗体によりGB全体で2 out of 3回路を構築し、消火ガスを放出する設計とする。

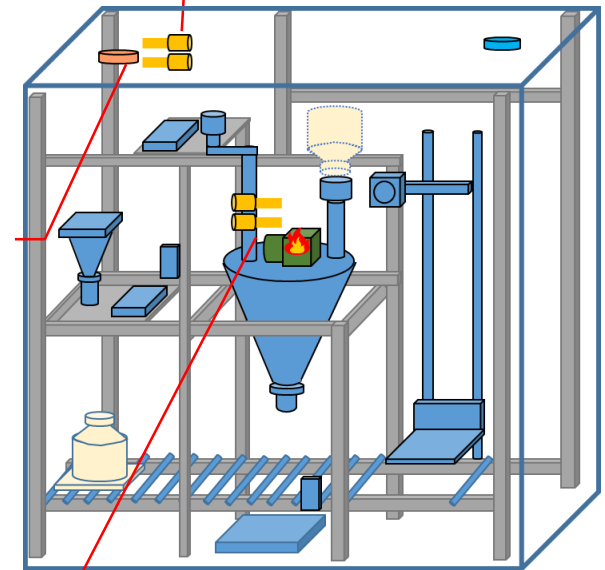


変更後

火災によって生じるグローブボックス内全体の空間温度異常 (60°C) を感知できるように排気口付近に白金測温抵抗体を設置する設計とする。

排気口付近の白金測温抵抗体は、火災を感知できるように同一箇所の2個設置し、消火装置と連動するため2つの白金測温抵抗体をand回路で作動させる設計とする。

潤滑油を内包する機器の火災によって生じる火災源近傍の空間温度を感知 (火災源の直前に設置) する設計とする。



指摘事項に対する回答1 (6/7)

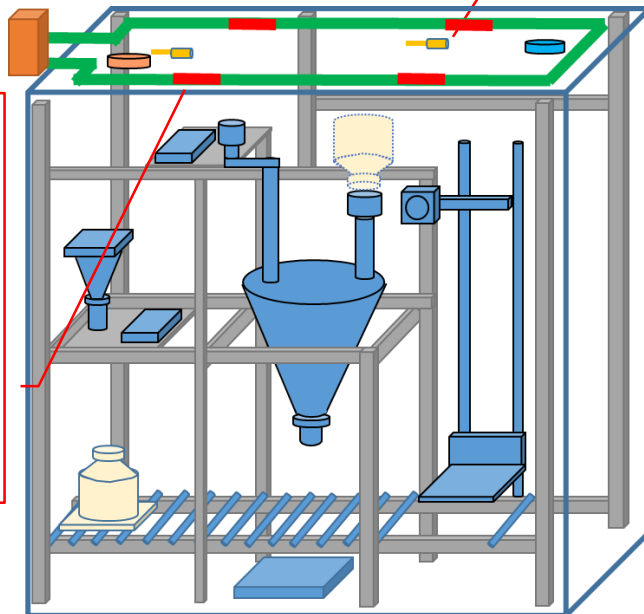
グローブボックス内の火災感知器の設置例②

(火災源を有する安全上重要なグローブボックス以外の安全上重要なグローブボックス)

変更前

火災によって生じるグローブボックス内全体の空間温度異常 (60°C) と温度上昇 (15°C/min) を異なる動作原理の熱感知器で感知する設計とする。

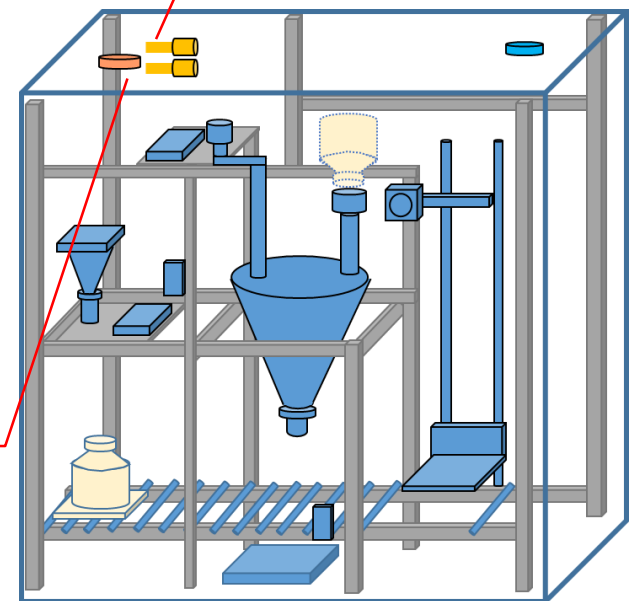
差動分布型熱感知器及び白金測温抵抗体によりGB全体で2 out of 3回路を構築し、消火ガスを放出する設計とする。








変更後

火災によって生じるグローブボックス内全体の空間温度異常 (60°C) を感知できるように排気口付近に白金測温抵抗体を設置する設計とする。

排気口付近の白金測温抵抗体は、火災を感知できるように同一箇所の2個設置し、消火装置と連動するため2つの白金測温抵抗体をand回路で作動させる設計とする。



-  : 差動分布型熱感知器 (熱電対)
-  : 白金測温抵抗体
-  : 給気口
-  : 排気口
-  : 火災源 (潤滑油内包機器)

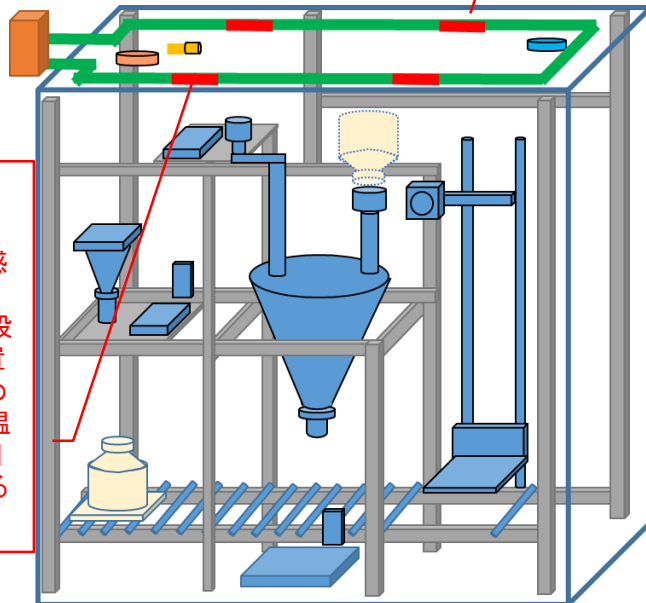
指摘事項に対する回答1 (7/7)

グローブボックス内の火災感知器の設置例③ (安全上重要なグローブボックス以外のグローブボックス)

変更前

火災によって生じるグローブボックス内全体の空間温度異常 (60°C) と温度上昇 (15°C/min) を異なる動作原理の熱感知器で感知する設計とする。

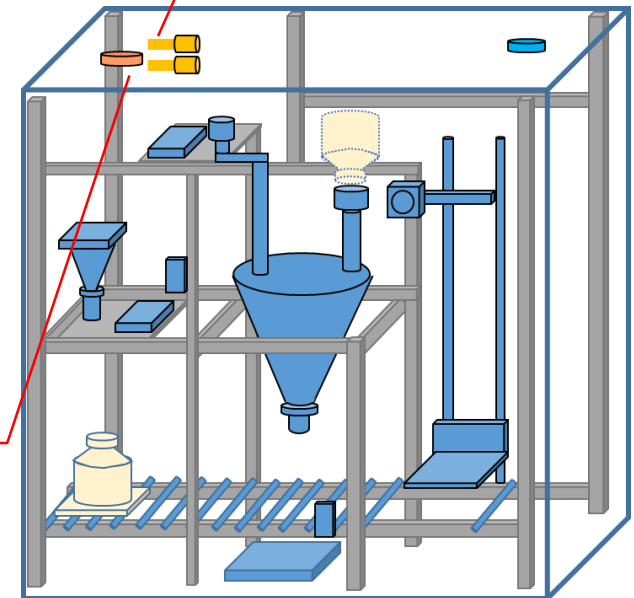
排気口付近の白金測温抵抗体は、火災を感知できるように同一箇所の2個設置し、消火装置と連動するため2つの白金測温抵抗体をand回路で作動させる設計とする。








変更後

火災によって生じるグローブボックス内全体の空間温度異常 (60°C) を感知できるように排気口付近に白金測温抵抗体を設置する設計とする。

排気口付近の白金測温抵抗体は、火災を感知できるように同一箇所の2個設置し、消火装置と連動するため2つの白金測温抵抗体をand回路で作動させる設計とする。



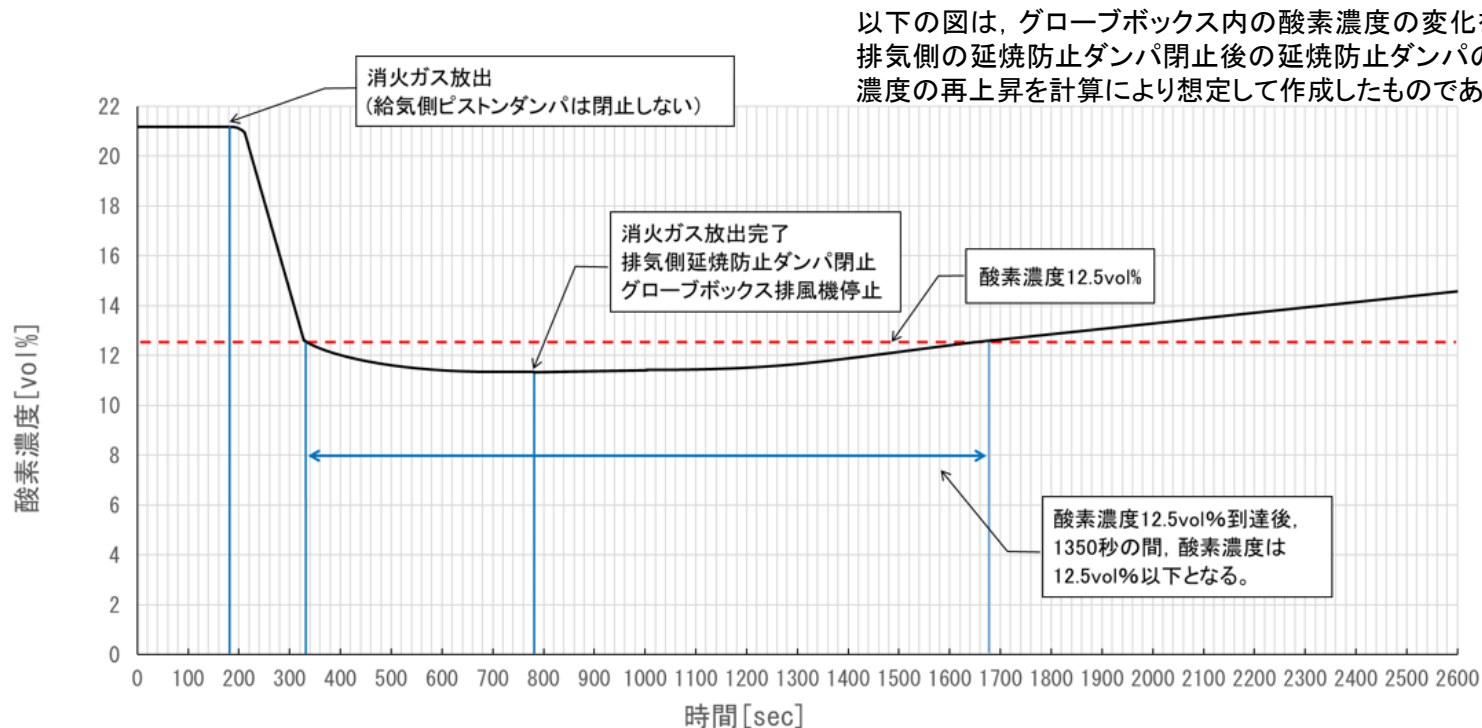
-  : 差動分布型熱感知器 (熱電対)
-  : 白金測温抵抗体
-  : 給気口
-  : 排気口
-  : 火災源 (潤滑油内包機器)

指摘事項に対する回答2(1/2)

第348回審査会合(令和2年4月28日)

窒素ガス消火の場合、1分以内に消火ガスを放出する必要があり、1分以内に消火できない場合グローブボックスの閉じ込め境界が維持できなくなる可能性があるのではないのか。

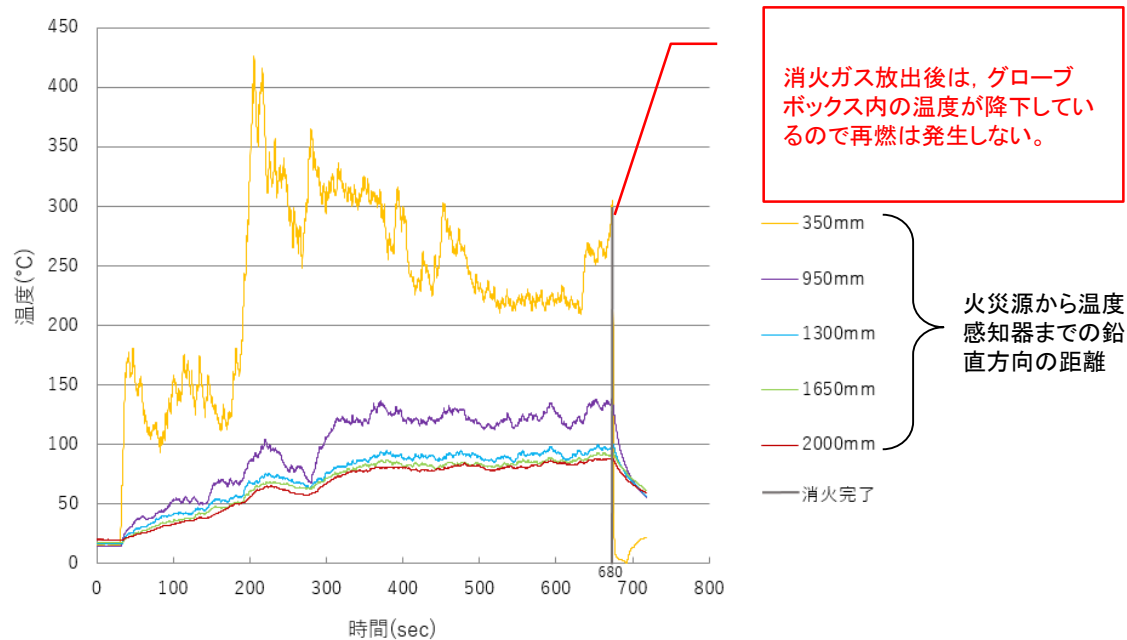
- 消火ガス放出後は、以下の図に示すように燃烧に必要な酸素濃度である12.5vol%を下回り、その後1,350秒(約20分)間は、酸素濃度12.5vol%以下を維持できる。



グローブボックス内に消火ガスを放出した際の酸素濃度変化

指摘事項に対する回答2(2/2)

- 以下の図に示すよう潤滑油火災を模擬した試験では、消火剤を放出し消火した後(約680秒以降)は急速に温度が低下し、潤滑油の発火温度(300°C)以下となり再燃は発生しない。
- グローブボックスのパネル材であるポリカーボネートの溶融温度は240°Cであり、火災源からグローブボックスまでの鉛直方向の距離は1,500mm以上の離隔があるため、以下の図に示すようにグローブボックスのパネル材の溶融温度である240°C未滿となる。



種類	ガラス転移点 (°C)	溶融温度 (°C)
ポリカーボネート	150	240
ナイロン 66	47	250~265
ポリアセタール	-	264
硬質塩化ビニル	70~77	-
アクリル(MMA)	60~105	-
高密度ポリエチレン	-21~-24	105~115
ポリプロピレン	-35	160~170
ポリスチレン	80~105	230

メーカーカタログ値

潤滑油火災を模擬した試験における温度変化

以上のことから、火災によってグローブボックスの閉じ込め境界を喪失することはない。

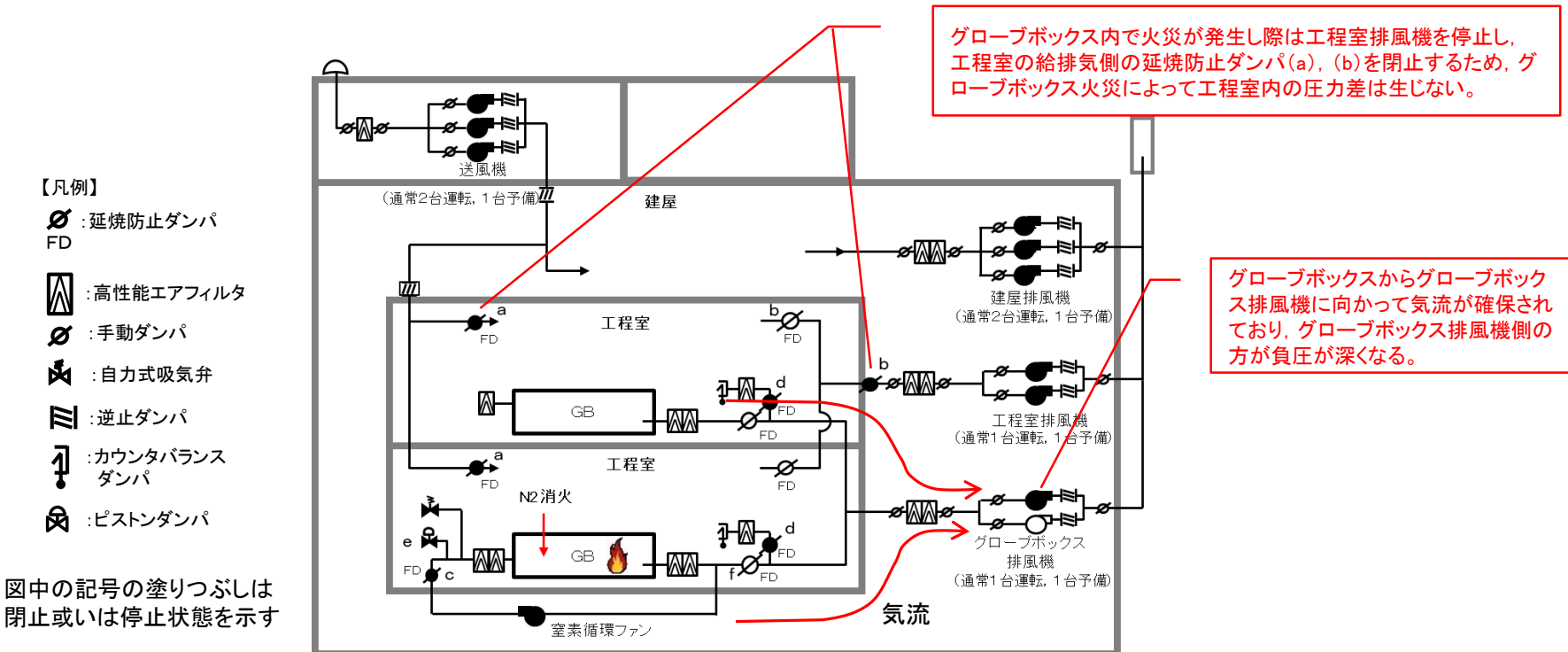
指摘事項に対する回答3(1/2)

第348回審査会合(令和2年4月28日)

消火性能試験のモデルが1GBを対象としているが、実際のGBを想定したときには連結しているGBが多いので、そちらに対して影響がないことを確認すること。

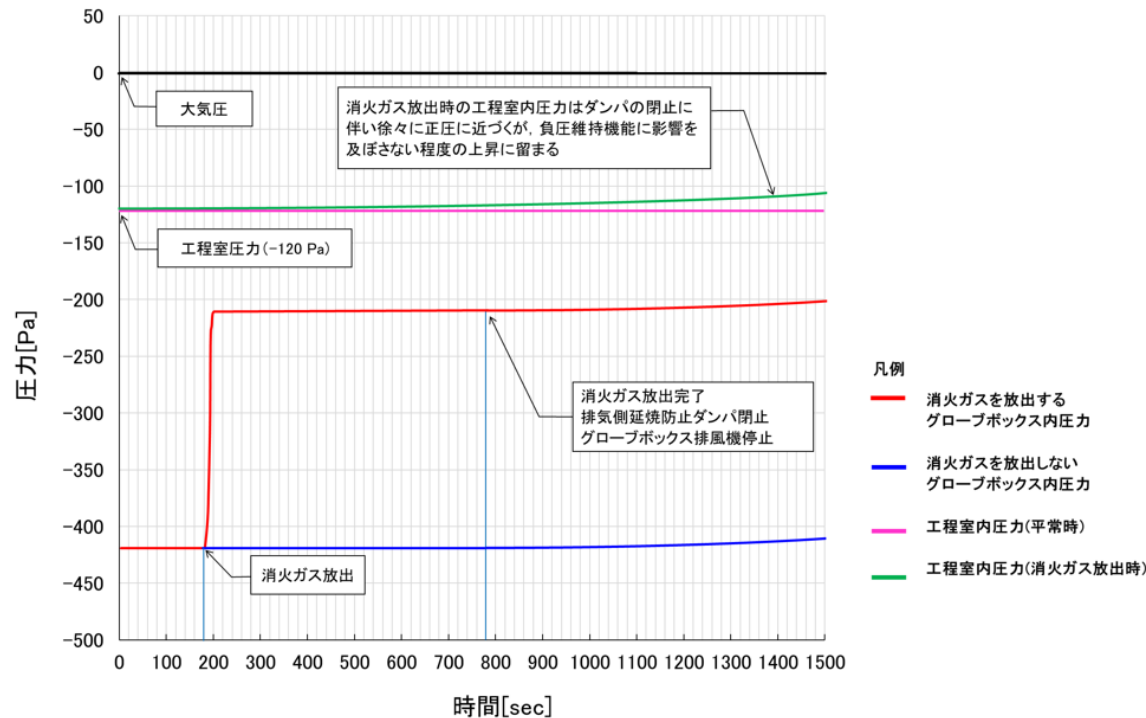
連結したグローブボックスに対し消火ガスを放出した際、必要消火ガス量、負圧バランスへの影響がある。

- 必要消火ガス量を確保すること、グローブボックス排気系は運転を継続して、グローブボックス排風機に向かって気流を確保することにより、火災が発生していないグローブボックスへの消火ガスの廻り込みはない。



指摘事項に対する回答3(2/2)

- 消火ガス放出時は、グローブボックス排風機以外は停止しているため、負圧は乱れているが、消火ガス放出時であっても、工程室に対して消火ガスを放出しているグローブボックスは負圧を確保できる。
- 消火ガス放出後、延焼防止ダンパを自動閉止、グローブボックス排風機停止後はダンパから空気がリークすることで、グローブボックス内の負圧は、徐々に浅くなり大気圧と均衡するが以下の図に示すようにグローブボックスと工程室の圧力変化は大気圧に向かって平行に移行していくため、グローブボックス内から工程室への逆流はない。
- グローブボックス内で火災が発生した際は、工程室排風機を停止して工程室内の給排気を停止するため、火災が発生したグローブボックスを設置する工程室と火災が発生していないグローブボックスを設置する工程室の室内圧力は同じである。

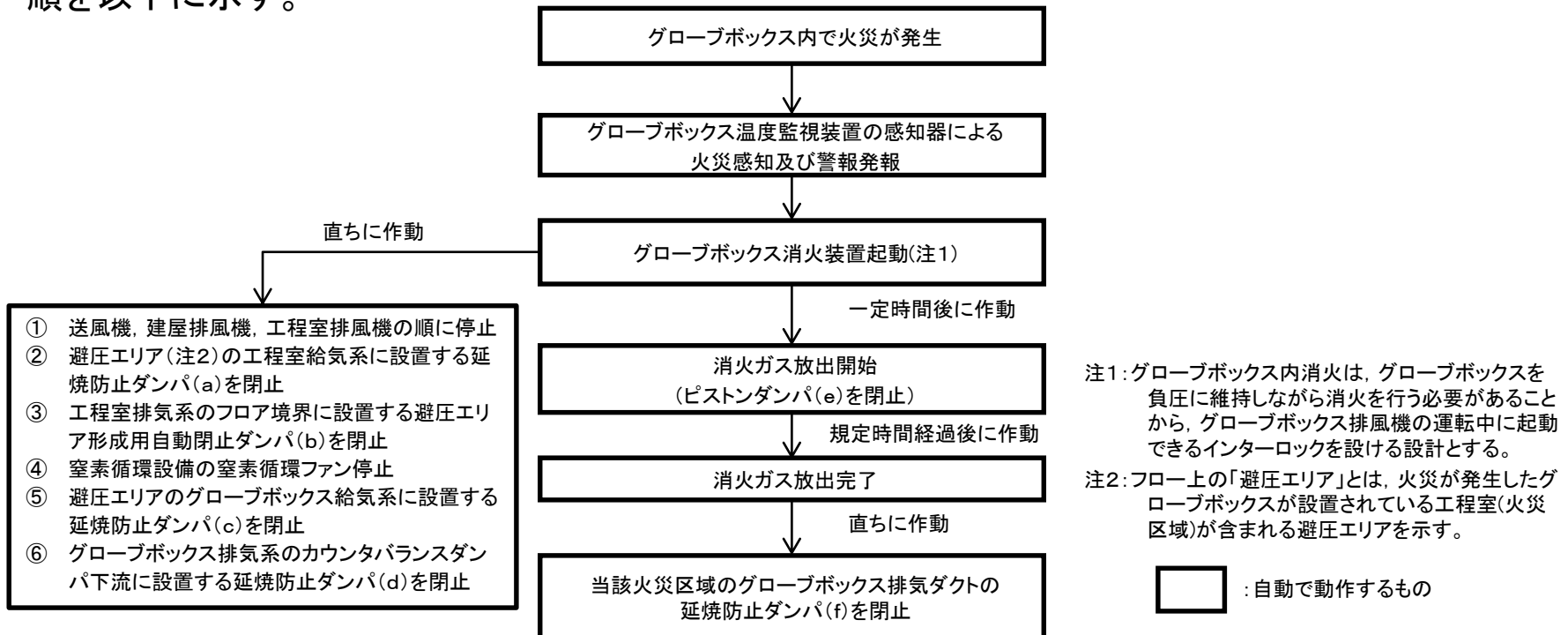


指摘事項に対する回答4

第348回審査会合(令和2年4月28日)

消火ガス放出後、消火確認を行いグローブボックス排風機停止までの手順を整理すること。

MOX燃料加工施設で、グローブボックス内火災が発生した場合、火災感知から消火までの手順を以下に示す。



消火ガスの放出完了及び延焼防止ダンパの閉止を確認して、中央監視室でグローブボックス排風機を停止する。

指摘事項に対する回答5(1/5)

第348回審査会合(令和2年4月28日)

「第14条:安全機能を有する施設」に関する指摘事項

「第5条:火災等による損傷の防止」において、消火確認をするまでは消火できたとは言えない。酸素濃度低下=消火可能ではないため、安全上重要な施設の整理を行うこと。

- 消火ガス放出する際に閉止する給気側のピストンダンパ(P66の図のe)は、グローブボックス負圧確認試験の結果から、「開」状態であっても酸素濃度は燃焼に必要な酸素濃度(12.5vol%)を下回ることから、消火のための必須な機能ではない。
- 排気側の延焼防止ダンパ(P66の図のf)は、消火ガス放出中は「開」状態で、消火ガス放出後に3h耐火の障壁を形成する役割であり、消火のための必須な機能ではないが、消火ガス放出後の窒素雰囲気を持続するための支援機能として安全上重要な施設とする。

	感知	消火	閉じ込め	要求される役割・機能
白金測温抵抗体 (GB温度監視装置)	○	—	—	GB内の排気口付近および火災源となる潤滑油を内包する機器の近傍に設置して、火災を感知する機能。
GB消火装置	—	○	—	GB内の火災を窒息効果、冷却効果により消火する機能。
ピストンダンパ	—	×	×	消火ガス放出時に効率良く、酸素濃度を低下するための役割であり、感知、消火、閉じ込めに必須な機能ではない。
延焼防止ダンパ	—	○	×	火災区域に対して3h耐火の障壁を形成するための役割であり、感知、消火、閉じ込めに必須な機能ではないが、消火ガス放出後に窒素雰囲気を持続するための支援機能として、排気側の延焼ダンパを安全上重要な施設として扱う。

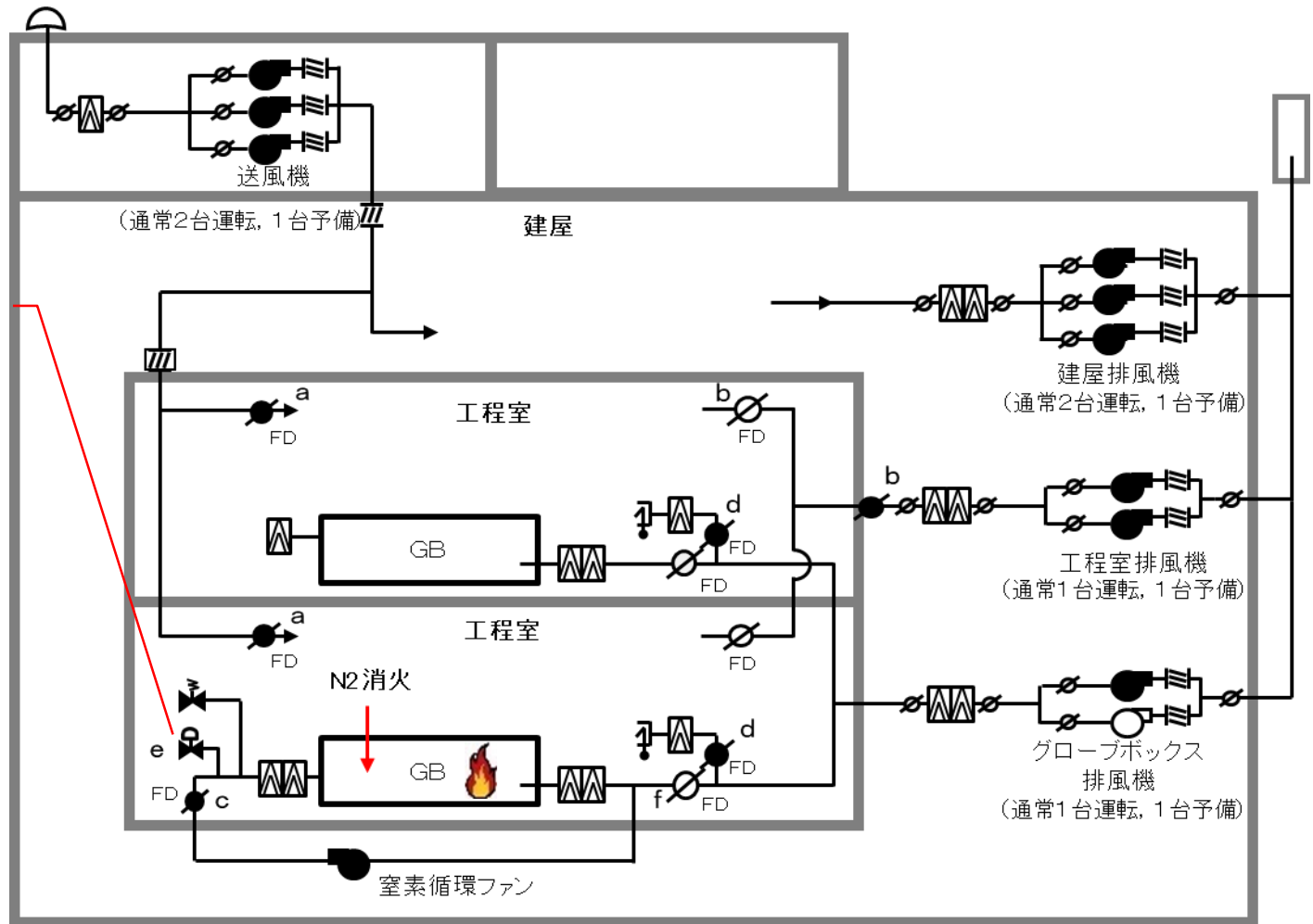
○:機能上必須なもの ×:機能上必須ではないもの —:該当なし

指摘事項に対する回答5(2/5)

消火ガスを放出するためのより良い条件を形成するため空気の流入を低減

【凡例】

-  : 延焼防止ダンパ
-  : 高性能エアフィルタ
-  : 手動ダンパ
-  : 自力式吸気弁
-  : 逆止ダンパ
-  : カウンタバランスダンパ
-  : ピストンダンパ



図中の記号の塗りつぶしは閉止或いは停止状態を示す

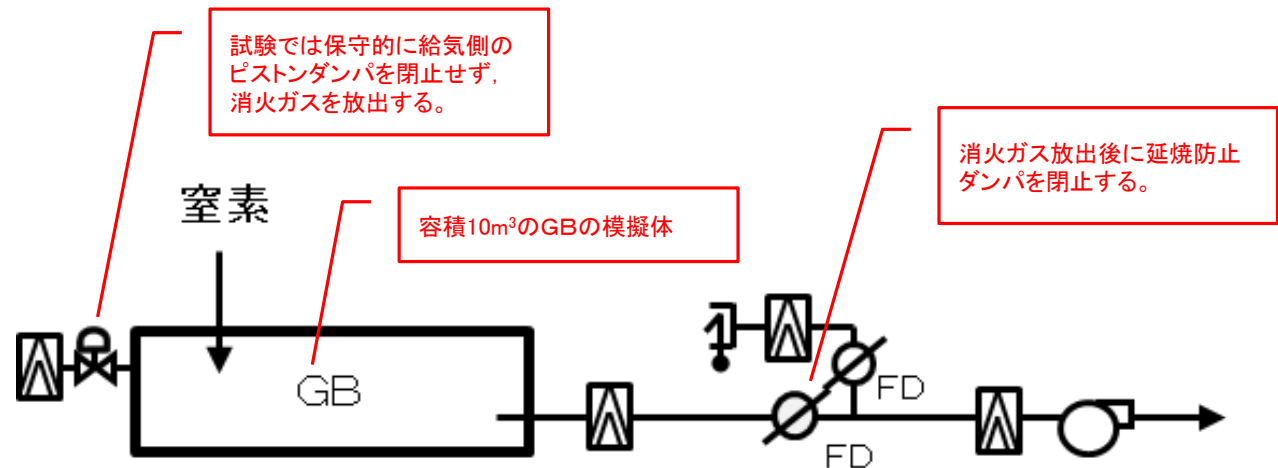
指摘事項に対する回答5(3/5)

- グローブボックス内に消火ガスを放出した際の圧力の挙動を図に示すモックアップを用いて確認しており、その際にグローブボックス内の酸素濃度の変化について確認した。

図に示す容積10m³のグローブボックス及びその排気系の模擬体に対して、消火ガスである窒素ガスを供給した場合において、グローブボックス排気量に対して80%の消火ガスを放出し、給気側のピストンダンパを閉止しない状態で試験を実施した。

【凡例】

-  : 延焼防止ダンパ
FD
-  : 高性能エアフィルタ
-  : カウンタバランス
ダンパ
-  : ピストンダンパ
-  : グローブボックス排風機

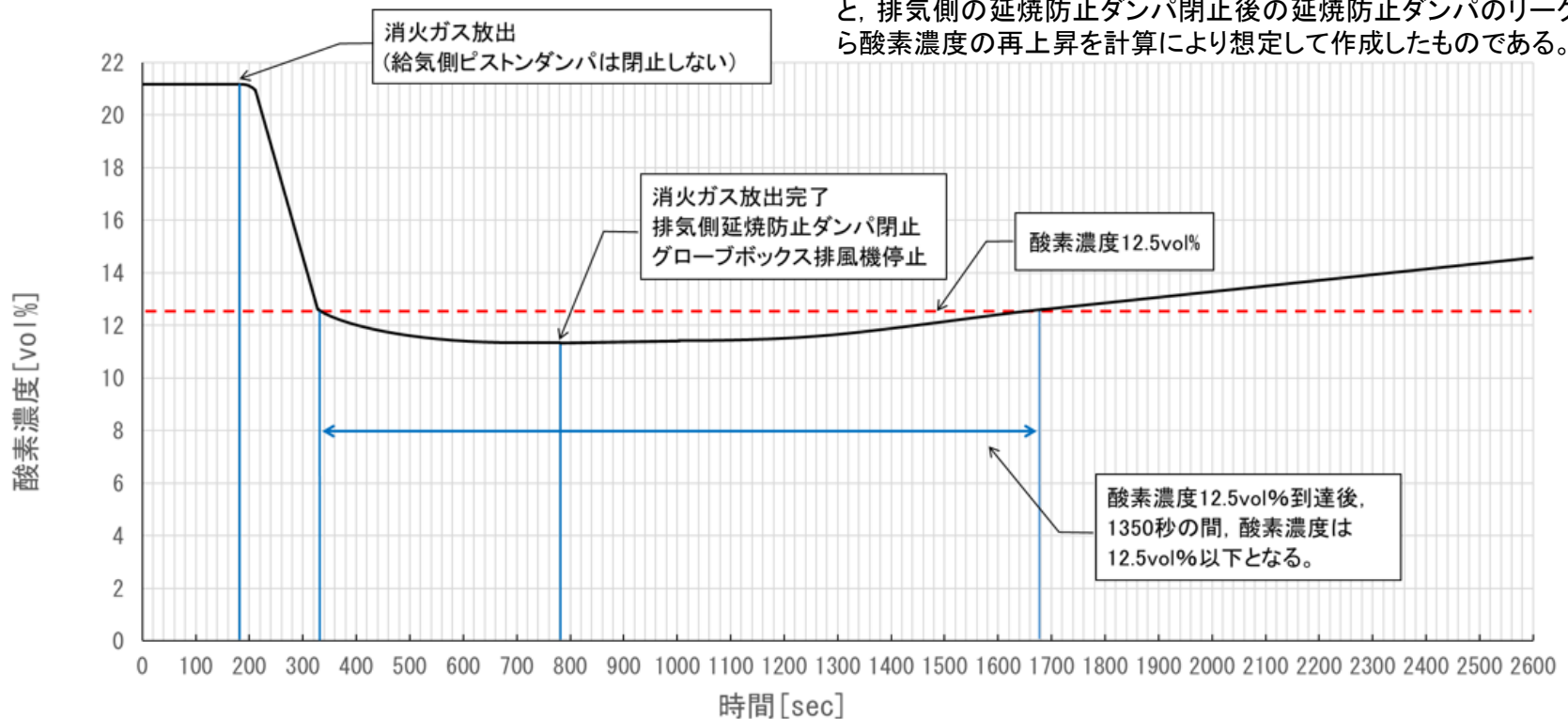


グローブボックス負圧確認試験装置の系統図

指摘事項に対する回答5(4/5)

- 以下の図に示すように消火ガス放出開始後、約150秒でグローブボックス内の酸素濃度が燃焼に必要な12.5vol%以下に低下する。
- 消火ガス放出後は、グローブボックス排風機を停止することで、グローブボックス内の酸素濃度を12.5vol%以下に静置できる。

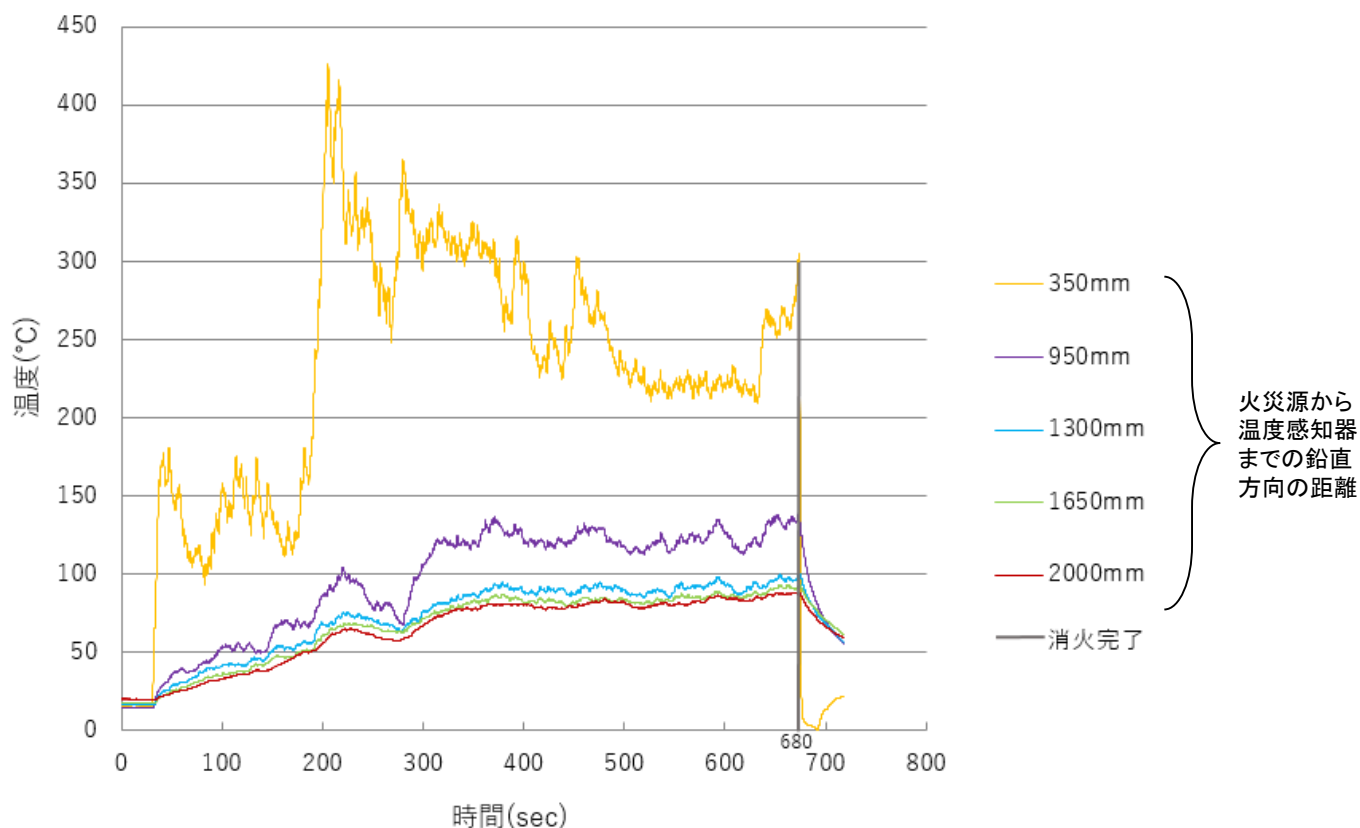
以下の図は、グローブボックス内の酸素濃度の変化を試験した結果と、排気側の延焼防止ダンパ閉止後の延焼防止ダンパのリーク量から酸素濃度の再上昇を計算により想定して作成したものである。



消火ガス放出時のGB内の酸素濃度の変化

指摘事項に対する回答5(5/5)

- 図に示すよう潤滑油火災を模擬した試験では，消火剤を放出し消火した後(約680秒以降)は，急速に温度が低下しており，潤滑油の発火温度(300°C)以下となり再燃の可能性はない。(試験の概要は補足説明1-4添付1別紙1参照)



グローブボックス内の潤滑油火災を想定した際の温度変化