

【公開版】

提出年月日	令和2年3月9日	R5
日本原燃株式会社		

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

安全審査 整理資料

第 22 条：重大事故等の拡大の防止等

## 目 次

### 1 章 基準適合性

1. 規則適合性
2. 重大事故等の拡大の防止等（要旨）
3. 重大事故の事象選定
4. 重大事故の同時発生，連鎖の想定
5. 重大事故等の対処に係るの有効性評価の基本的考え方
6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処
7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処
8. 必要な要員及び資源の評価

# 1 章 基準適合性

6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処

## 目 次

- 6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処
  - 6. 1 火災による閉じ込める機能の喪失への対処
    - 6. 1. 1 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策
      - 6. 1. 1. 1 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の  
具体的対策
      - 6. 1. 1. 2 火災による閉じ込める機能喪失の発生防止対策の有  
効性評価
    - 6. 1. 2 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策
      - 6. 1. 2. 1 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の  
具体的内容
      - 6. 1. 2. 2 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の  
有効性評価
    - 6. 1. 3 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡  
大防止対策に必要な要員及び資源
  - 6. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失への対処
    - 6. 2. 1 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策
      - 6. 2. 1. 1 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の  
具体的対策
      - 6. 2. 1. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の  
有効性評価
    - 6. 2. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策
      - 6. 2. 2. 1 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の  
具体的内容

- 6. 2. 2. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の有効性評価
- 6. 2. 3 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源

## 6. 1 火災による閉じ込める機能の喪失への対処

### (1) MOX燃料加工施設における火災の特徴

MOX燃料加工施設の燃料製造工程では焼結処理で水素・アルゴン混合ガスを使用するほかには有機溶媒等の可燃性物質を多量に取り扱う工程がないこと、核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備及び機器は不燃性材料又は難燃性材料を使用することから、MOX燃料加工施設における大規模な火災の発生は想定されない。また、MOX粉末を取り扱うグローブボックスは窒素雰囲気とする設計であること、火災源となり得る除染作業用のアルコール、ウエス等の他、グローブボックス内に設置する機器が保有する潤滑油は不燃性材料で覆われ、露出していないことから火災の発生は想定されない。

ただし、基準地震動を超える地震動による地震により、窒素雰囲気を維持する機能が喪失してグローブボックス内が空気雰囲気となり、さらに機器が損傷して内部から潤滑油が漏えいした場合、ケーブルの断線等を着火源として火災が発生する可能性を否定できない。

火災が発生した場合、MOX燃料加工施設で取り扱うMOXの形態である粉末、焼結前の圧縮成形体（以下「グリーンペレット」という。）、グリーンペレット焼結後のペレット（以下「ペレット」という。）の内、飛散し易いMOX粉末が火災により発生する気流によって気相中へ移行し、環境へ放出されることが想定される。

#### 【補足説明資料6-1】

以上のとおり、MOX燃料加工施設における火災の特徴を考

慮し、火災区域に設定する工程室においてMOX粉末を露出した状態で取り扱い、かつ、潤滑油を内包する機器を設置するグローブボックスを重大事故等の発生を想定するグローブボックスとして選定し、これらのグローブボックス内で発生する火災への対処として、加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十二条及び第二十九条に規定される要求に基づき、重大事故等の対策を講ずる。

## (2) 火災への対処の基本方針

火災による閉じ込める機能の喪失への対処として、加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十二条及び第二十九条に規定される要求を満足する重大事故等の発生防止対策及び拡大防止対策を整備する。

火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策として、火災による核燃料物質の飛散の発生を未然に防止するための対策を整備する。

火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策として、環境への核燃料物質の漏えいを防止するための対策を整備する。

火災による閉じ込める機能の喪失の発生を想定する機器を有するグローブボックスを第6-1表に、各対策の概要図を第6-1図に示す。また、各対策の基本方針の詳細を以下に示す。

### ① 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策

基準地震動を超える地震動の地震により、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内で火災が発生した場合、消火剤を供給し消火する。

本対策は、火災の発生後速やかに対策を完了させる。

② 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合，給排気経路上に設置するダンパを閉止することにより，核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずる。

本対策は，基準地震動を超える地震動の地震の発生後速やかに対策を完了させる。

また，消火又は核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間，核燃料物質が火災の影響を受けることにより，環境へ放出されるおそれがある。このため，環境へ放射性物質を放出するおそれがある経路に設置する高性能エアフィルタにより，環境へ放出される放射性物質を可能な限り低減する。

本対策は，要員による操作を要さない。

## 6. 1. 1 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策

### 6. 1. 1. 1 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の 具体的対策

重大事故の起因となる火災源を有する複数のグローブボックス内で火災が発生した場合、核燃料物質が火災の影響を受けることにより飛散又は漏えいするおそれがあることから、火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策については、核燃料物質の飛散又は漏えいの原因となる火災の消火を行う。

第6-1表に示す機器への対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第6-2図及び第6-3図に、アクセスルート図を第6-4図から第6-8図に、対策の手順の概要を第6-9図に示す。また、対策における手順及び設備の関係を第6-2表に、必要な要員及び作業項目を第6-10図に示す。

#### (1) 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の実施判断

地震発生に伴い、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る監視機能が喪失した場合、重大事故等への対処として以下の(2)に移行する。また、地震発生に伴い、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る警報が発報した場合においても、同様に重大事故などへの対処として以下の(2)に移行する。

#### (2) 火災の感知

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、中央監視室又は中央監視室近傍の廊下において、火災状況確認用温度計(グローブボックス内火災用)によるグローブボックス内温度の確認及びグローブボックス内の火災状況を確認する火災状況

確認用カメラによるグローブボックス内の確認を行う。火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）の測定値及び火災状況確認用カメラで撮影した映像の確認は、可搬型火災状況監視端末を接続することで行う。

万一、火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）及びグローブボックス内の火災状況を確認する火災状況確認用カメラの機能が喪失した場合には、(3)、(4)、(5)及び(6)の消火の対策を実施した後に、予備開口から可搬型工程室監視カメラを挿入し、室内の確認を行う。

(3) 火災の消火（グローブボックス局所消火装置の自動起動）

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内において火災が発生した場合は、グローブボックス局所消火装置が自動的に消火剤を放出することで消火を行う。

(4) 火災の消火（遠隔消火装置の遠隔手動起動）

(3)の対策にも係らず、火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）又はグローブボックス内の火災状況を確認する火災状況確認用カメラにより火災の継続を確認した場合は、中央監視室又は中央監視室近傍廊下からの遠隔手動操作により、遠隔消火装置による消火を行う。

(5) 火災の消火（遠隔消火装置の現場手動起動）

(4)の対策における遠隔消火装置の遠隔手動起動に失敗した場合は、工程室外の廊下にて、該当する箇所に対して遠隔消火装置を手動起動することによる消火を行う。

(6) 火災の消火（可搬型消火ガスボンベによる消火）

(4)及び(5)の対策の実施にも係らず、火災の消火を確

認できない場合は、当該箇所に対して消火剤を放出できるよう、遠隔消火装置の分岐配管の接続口又はグローブボックス火災対処配管の接続口に可搬型消火ガスボンベを接続し、消火を行う。

(7) 火災の消火の成功判断

火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）による温度の確認及びグローブボックス内の火災状況を確認する火災状況確認用カメラによる室内の確認により、火災が消火されたことを判断する。

## 6. 1. 1. 2 火災による閉じ込める機能喪失の発生防止対策の有効性評価

### 6. 1. 1. 2. 1 有効性評価

#### (1) 代表事例

火災源を有するグローブボックス内の火災源近傍に、地震により高温部が露出して着火源となるような機器は存在しないこと及び潤滑油は引火点が高く（200℃以上）容易には着火しないことから、地震時においても火災の発生は考えにくいため、複数個所で潤滑油が漏えいし、さらに複数個所で火災が同時発生することは、関連性が認められない偶発的な事象の同時発生であり、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスの全てである8基のグローブボックス内において火災が発生することは想定しにくい。しかし、評価に当たっては、設計基準事故で想定する単一の火災区域における火災よりも規模が上回るものとして、2つの火災区域（2室）で同時発生した火災が継続することを想定する。このため、第6-1表に示すグローブボックスのうち、放出量の評価結果が最も厳しくなるようM O X粉末の取扱量が多い2室（粉末調整第5室及びペレット加工第1室）の火災源から火災が発生することを想定する。

#### (2) 有効性評価の考え方

地震による火災発生後速やかに火災の感知及び消火を実施できることについて評価する。

#### (3) 機能喪失の条件

外的事象の地震を要因とした場合の安全機能の喪失の想定は、基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機

能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失するものとする。また、全ての動的機能の喪失を前提として、蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する設備以外の動的機器は全て同時に機能喪失することを想定することから、更なる安全機能の喪失は想定しない。

このため、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス及び当該グローブボックスの内装機器については、基準地震動を1.2倍した地震力に対して、必要な機能が損なわれることによって重大事故等の発生のおそれがないように設計することから、基準地震動を超える地震動の地震時においても転倒及び落下しない。

また、外部電源も含めた全ての交流電源喪失も想定し、蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する設備以外の動的機器は全て同時に機能喪失することを想定する。

機能喪失の条件の設定の考え方は、火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策でも同様である。

#### (4) 事故の条件及び機器の条件

地震が発生前は、平常運転状態であることを想定する。

火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策に使用する機器を第6-3表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

##### a. 火災の感知に係る機器

火災の感知に係る機器の条件を以下に示す。なお、火災の感知に係る機器については、火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）及び火災状況確認用カメラにより、多

様性を有する。

(a) 火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）

火災状況確認用温度計は、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内で発生した火災を感知できる設計とする。また、全交流電源喪失時においても機能するよう、想定される重大事故等への対処が完了するまでの時間駆動できる蓄電池を有する設計とする。

火災状況確認用温度計は、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

(b) 火災状況確認用カメラ

火災状況確認用カメラは、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内で発生した火災を感知できる設計とする。また、全交流電源喪失時においても機能するよう、想定される重大事故等への対処が完了するまでの時間駆動できる蓄電池を有する設計とし、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

火災状況確認用カメラは、廊下に隣接しない室については火災状況確認用カメラを 2 系統設置する。

(c) 可搬型火災状況監視端末

可搬型火災状況監視端末は、火災状況確認用温度計及び火災状況確認用カメラと接続することにより、中央監視室又は中央監視室近傍廊下にて火災状況を監視できる設計とする。また、全交流電源喪失時においても機能するよう、想定される重大事故等への対処が完了するまでの時間駆動できる充電池を有する設計とする。

可搬型火災状況監視端末の保管に当たっては、故障時を考慮した個数を燃料加工建屋内において、常設重大事故等対処設備と異なり、かつ火災源となる機器と異なる室又は離れた場所に保管し、保管容器に収納した上で固縛又は転倒防止対策を講じた保管棚に固縛するとともに、保管容器又は保管棚は被水防護できる構造とする。

(d) 可搬型工程室監視カメラ

可搬型工程室監視カメラは、万一、廊下に隣接する工程室内における火災状況を確認できない場合、火災が発生したグローブボックスを設置する工程室に面する廊下から、予備開口を通して可搬型工程室監視カメラを挿入し、室内の状況を確認する。

可搬型工程室監視カメラの保管に当たっては、保管容器に収納した上で固縛又は転倒防止対策を講じた保管棚に固縛するとともに、保管容器又は保管棚は被水防護できる構造とする。

全交流電源喪失時においても機能するよう、想定される重大事故等への対処が完了するまでの時間駆動できる充電池又は乾電池を有する設計とする。また、故障時を考慮した個数を燃料加工建屋内において、常設重大事故等対処設備と異なり、かつ火災源となる機器と異なる室又は離れた場所に保管する。

b. 火災の消火に係る機器

火災の消火に係る機器の条件を以下に示す。なお、消火剤を有する機器については、グローブボックス局所消火装置、

遠隔消火装置及び可搬型ガスボンベにより多様性を有するとともに、重大事故の起因となる火災源に消火剤を投入する配管については、遠隔消火装置及びグローブボックス火災対処配管により多様性を有する。

(a) グローブボックス局所消火装置

グローブボックス局所消火装置は、電源を必要とせずに火災を感知し、自動で消火剤の放出が可能な設計であり、消火に必要な容量の消火剤量を確保する。

グローブボックス局所消火装置は、重大事故の起因となる火災源の近傍に配置する設計とする。

(b) 遠隔消火装置

遠隔消火装置は、中央監視室又は中央監視室近傍の廊下から遠隔手動操作により消火剤を投入でき、全交流電源喪失時においても機能するよう、想定される重大事故等への対処が完了するまでの時間、駆動できる充電池を有する設計とする。また、工程室外の廊下から現場手動操作が可能な設計であり、消火に必要な容量の消火剤量を確保する。また、可搬型消火ガスボンベと接続できるよう、分岐配管を設ける。

遠隔消火装置は、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

(c) グローブボックス火災対処配管

グローブボックス火災対処配管は、可搬型消火ガスボンベを接続して重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内に消火剤が投入できる設計とし、基準地震動

を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

(d) 可搬型消火ガスボンベ

可搬型消火ガスボンベは，遠隔消火装置の分岐配管又はグローブボックス火災対処配管に接続して重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内に消火剤を投入できる設計とする。また，全交流電源喪失時においても機能するよう，手動で操作できる設計とする。

可搬型消火ガスボンベの保管に当たっては，故障時を考慮した個数を，常設重大事故等対処設備及び火災源を有するグローブボックスから離れた場所又は異なる室に保管し，保管容器に収納した上で固縛又は転倒防止対策を講じた保管棚に固縛する。

【補足説明資料 6－3】

(5) 操作の条件

地震発生後，速やかに火災の感知及び消火に係る対策を開始する。作業と所要時間を第 6－10 図に示す。

(6) 判断基準

火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

重大事故の起因となる火災源を有する複数のグローブボックスにおいて発生した火災を速やかに感知及び消火できること。

## 6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果

### (1) 有効性評価の結果

- ① 重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内は通常運転時は窒素雰囲気であるため、地震による窒素雰囲気を維持するための設備の機能喪失によりグローブボックス内が直ちに空気雰囲気となることは想定しにくいですが、地震の発生直後に火災が発生することを想定し、中央監視室又は中央監視室近傍廊下にて火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）による温度の確認又はグローブボックス内の火災状況を確認する火災状況確認用カメラによる火災状況の確認を行い、温度異常又は発煙の継続により火災が継続していると現場管理責任者が判断した場合は、中央監視室又は中央監視室近傍廊下からの遠隔操作により遠隔消火装置を起動する。この作業は2名にて10分で完了できる。また、この作業は地震の発生後20分で完了できる。
- ② ①の作業の結果、遠隔操作による遠隔消火装置の起動ができない場合は、工程室外の廊下から遠隔消火装置を手動起動する。この作業は4名（2名/班×2班）にて10分で完了できる。また、この作業は地震の発生後45分で完了できる。
- ③ ②の作業の結果、遠隔消火装置が手動起動できない場合は、遠隔消火装置又はグローブボックス火災対処配管の接続口に可搬型消火ガスボンベを接続し、消火剤を噴射する。この作業は4名（2名/班×2班）にて15分で完了できる。また、この作業は地震の発生後1時間で完了できる。
- ④ 火災の消火をグローブボックス内の火災状況を確認する火災

状況確認用カメラ又は火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）により確認するが、万一、これらの機器で火災の消火が確認できない場合は、②及び③の消火の対策を実施した後、予備開口から可搬型工程室監視カメラを挿入し、室内の状況を確認する。

以上より、火災による閉じ込める機能の喪失の発生を防止するための措置は地震の発生後1時間で完了する。また、必要となる実施組織要員は6名であり、燃料加工建屋にて常時確保する20名で対処可能である。

## (2) 評価条件の不確かさの影響評価

### ① 操作条件の不確かさの影響

#### a. 実施組織要員の操作

「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮して計画することで、これら要因による影響を低減している。

また、遠隔消火装置の遠隔手動起動は、簡易な操作であるため、余裕をもって作業を完了することができる。

#### b. 作業環境の観点

重大事故等対策におけるアクセスルートは、最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する。アクセスルートの設定に当たっては、実施する重大事故等対策及び重大事故等対処施設の配置を踏まえ、作業性及び効率性を考慮する。重大事故等対策における作業環境に対する有効性は下記のとおりであり、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることは

ない。

(a) ばい煙による視界不良

地下3階で対策を実施する実施組織要員は、ヘッドライト、呼吸器及び防護衣を装備する。また、視界不良時においても対策ができるよう、消防建屋における濃煙下での訓練を実施する。

したがって、ばい煙による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(b) 当該室の照明の損傷による視界不良

実施組織要員は、必要に応じヘッドライトを装備して対策を実施する。また、中央監視室又は中央監視室近傍に可搬型照明を配備する。

したがって、当該室の照明の損傷による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(c) アクセスルート上の火災による温度上昇

アクセスルートを阻害する火災がある場合は室又は廊下にある消火器を用いて消火する。

したがって、火災の熱による当該室及び廊下の温度上昇を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(d) 管理区域内における放射性物質の飛散

重大事故等対策では、火災が発生したグローブボックスを設置する工程室へ入室することではなく、工程室の扉は開放しないため、放射性物質が室外へ飛散することは考えにくい。管理区域内作業においては、内部被ばくを防止する観点から呼吸器を装備する。

したがって、放射性物質の飛散を考慮しても、放射性物質の体内への取込みが防止されるため、重大事故等対策は実施可能である。

(e) 配管破断による溢水

配管破断による溢水量の考え方を以下に示す。以下の考え方に基づいた重大事故等対策のアクセスルート上の溢水水位は、最大でも 20cm 以下であり、実施組織要員は防護装備を装備して対策を実施することから、配管破断による溢水を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

- i. 溢水防護対象設備を有する燃料加工建屋に配置される機器及び配管のうち、溢水防護対象設備に影響を与えるおそれのある流体（液体及び蒸気）を内包し、かつ基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とした設備以外の機器及び配管の破損による系統保有水の溢水量を見込む。
- ii. 加速度大の信号により自動的に閉止して供給を停止する緊急遮断弁を設置する設備については、緊急遮断弁の設置箇所から破損箇所までの配管の保有量と燃料加工建屋内に設置される機器の保有量を合算して算定する。
- iii. 重大事故等対策を行う作業エリア内に水配管が敷設されている箇所は、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。
- iv. 重大事故等対策を行う作業エリアへのアクセスルートについては、アクセスルートの全域を溢水の滞留エリアとし、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。

(f) 設備・機器の落下又は転倒によるアクセスルートの阻害

可搬型重大事故等対処設備を運搬するアクセスルートにおいて、落下又は転倒することにより可搬型重大事故等対処設備の運搬に支障がある設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

可搬型重大事故等対処設備の運搬を必要としないアクセスルートにおいては、設備・機器が落下又は転倒した場合に乗り越えて移動することを基本とするが、落下又は転倒によりアクセスに支障が生じる設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

また、重大事故等対策に係るアクセスルートは、最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する設計とする。

したがって、設備・機器の落下又は転倒を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

## ② 評価項目に与える影響

火災を消火するまでの実施組織要員に与える影響は、「① 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

## ③ 評価結果

評価条件の不確かさが実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響について確認した結果、実施組織要員の想定操作時間をより厳しい結果を与える条件で評価をしていること又は実施組織要員の操作の時間に影響を与えないことを確認した。

## 6. 1. 1. 2. 3 重大事故等の同時発生又は連鎖

### (1) 重大事故等の同時発生

火災による閉じ込める機能の喪失と同時発生する可能性のある重大事故等は、「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，地震により爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生が想定される。

爆発による閉じ込める機能の喪失における爆発が火災による閉じ込める機能の喪失の重大事故等対策に与える影響は，爆発による爆発圧力であるが，爆発の発生を想定される焼結炉等は工程室内であること，焼結炉等の設置場所は重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスと異なることから，重大事故等対策が阻害されることはない。

### (2) 重大事故等の連鎖

「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，火災による閉じ込める機能の喪失と爆発による閉じ込める機能の喪失が連鎖して発生することはない。

#### 6. 1. 1. 2. 4 判断基準への適合性の検討

火災による閉じ込める機能の喪失を未然に防止することを目的として、火災を消火する手段を整備しており、これらの対策について外的事象の「地震」を条件として有効性評価を行った。

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内で火災が発生した場合、火災の感知により自動起動するグローブボックス局所消火装置及び中央監視室又は中央監視室近傍廊下から遠隔操作が可能な遠隔消火装置により、火災源に対して必要量の消火剤を投入することで消火が可能である。

上記の対策で消火に失敗した場合においても、工程室の外から遠隔消火装置の手動起動、遠隔消火装置の分岐配管又はグローブボックス火災対処配管へ可搬型消火ガスボンベを接続し、必要量の消火剤を投入することにより、消火が可能である。また、全交流電源喪失時においても消火が可能である。

火災の感知は、温度異常の感知又は室内の状況の確認により行うことができる。火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）及び火災状況確認用カメラは蓄電池を有する設計であることから、全交流電源喪失時においても、中央監視室又は中央監視室近傍廊下にて温度異常の感知及び室内の状況の確認が可能である。

これらの火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策は、地震の発生後1時間で実施が可能である。

上記のとおり、複数の対策手段を講ずること及びアクセスルート可能な限り2ルート確保することから、遠隔操作が困難な場合においても、現場操作により手動で起動することが可能

であり、対策は有効であると評価する。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響はない。

以上のことから、火災による閉じ込める機能の喪失の発生を未然に防止でき、有効性評価の判断基準を満足する。

## 6. 1. 2 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策

### 6. 1. 2. 1 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の 具体的内容

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、建屋排風機、工程室排風機、グローブボックス排風機、送風機及び窒素循環ファン（以下「送排風機」という。）の停止及び核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずる。重大事故の起因となる火災源を有する複数のグローブボックス内での火災の発生状況を直ちに把握できない場合においても、同様の対策を講ずる。

また、火災が発生した場合、火災の影響を受けた核燃料物質の一部がグローブボックス内の気相中に移行し、グローブボックス排気設備を通り環境へ放出されるおそれがあるが、排気経路に設置する高性能エアフィルタで放射性物質を捕集することで、放射性物質の環境への放出量を低減する。

対策の概要を以下に示す。

対策の系統概要図を第6-11図及び第6-12図に、アクセスルート図を第6-4図から第6-8図に、対策の手順の概要を第6-9図に示す。また、対策における手順及び設備の関係を第6-4表に、必要な要員及び作業項目を第6-13図に示す。

#### (1) 重大事故等の拡大防止対策の実施の判断

地震発生に伴い、中央監視室に表示される加速度計の指示値が、基準地震動相当の加速度であることを確認した場合、以下の(2)及び(3) a. の操作を行う。

また、地震発生に伴い、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る監視機能が喪失した場合又

は重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る警報が発報した場合は、重大事故等への対処として

(3) b. を実施する。

(2) 送排風機の停止

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、中央監視室から送排風機の停止を実施する。送排風機の停止に失敗した場合は、電源を遮断することにより、送排風機の停止を実施する。

(3) ダンパの閉止による核燃料物質の燃料加工建屋内への閉じ込め

a. 給排気閉止ダンパの閉止

中央監視室からの遠隔操作によりグローブボックス排気閉止ダンパ、工程室排気閉止ダンパ、建屋排気閉止ダンパ及び給気閉止ダンパ（以下「給排気閉止ダンパ」という。）の閉止を実施する。

また、給排気閉止ダンパの閉止を遠隔操作により実施できない場合においても、中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより、給排気閉止ダンパの閉止を実施する。その後、b. の作業と並行して、給排気閉止ダンパの作動状態の現場確認を実施する。

b. 送排風機入口手動ダンパの閉止

a. の対策の成否に係らず、送風機入口手動ダンパ、建屋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グローブボックス排風機入口手動ダンパ（以下「送排風機入口手動ダンパ」という。）を現場手動操作により閉止する。

6. 1. 2. 2 火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の有効性評価

6. 1. 2. 2. 1 有効性評価

(1) 代表事例

「6. 1. 1. 2. 1 (1) 代表事例」に示したとおり、第6-1表に示すグローブボックスのうち、放出量の評価結果が最も厳しくなるようMOX粉末の取扱量が多い2室（粉末調整第5室及びペレット加工第1室）の火災源から火災が発生することを想定する。

(2) 有効性評価の考え方

地震発生後速やかに核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずることができることについて評価する。

また、消火及び核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間の大気中への放射性物質の放出量を評価する。この評価においては、地震発生前の平常運転時の状況を踏まえて、グローブボックスが保有する放射性物質質量、事故の影響を受ける割合、事故時の放射性物質の移行率、放出経路における除染係数を考慮する。

(3) 機能喪失の条件

「6. 1. 1. 2. 1 (3) 機能喪失の条件」に記載したとおりである。

(4) 事故の条件及び機器の条件

地震が発生前は、平常運転状態であることを想定する。

火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策に使用する機器を第6-3表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下

に示す。

a. 核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る機器

核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る機器の条件を以下に示す。また、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る機器については、給排気閉止ダンパ及び送排風機入口手動ダンパにより多様性がある。

(a) 給排気閉止ダンパ

給排気閉止ダンパは、中央監視室から遠隔手動操作により閉止できるとともに、全交流電源喪失時においても機能するよう、中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより閉止できる設計とし、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

(b) 送排風機入口手動ダンパ

送排風機入口手動ダンパは、全交流電源喪失時においても機能するよう、現場において手動操作ができる設計とし、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

(c) 環境への漏えいの防止のために経路を維持する機器

環境への漏えいの防止のために経路を維持する以下の機器は、基準地震動を超える地震動の地震の発生時においても経路を維持し、火災源を有するグローブボックス内で発生した火災により影響を受けた核燃料物質が、環境へ漏えいすることを防止するため、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

i. グローブボックス排気ダクト（外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側からグローブボックス排気閉止ダンパ及び

グローブボックス排風機入口手動ダンパまでの経路)

- ii. グローブボックス排風機 (経路を維持するために必要な機能)
- iii. 工程室排気ダクト (外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側から工程室排気閉止ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパまでの経路)
- iv. 工程室排風機 (経路を維持するために必要な機能)
- v. 建屋排気ダクト (外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側から建屋排気閉止ダンパ及び建屋排風機入口手動ダンパまでの経路)
- vi. 建屋排風機 (経路を維持するために必要な機能)
- vii. 給気ダクト (外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側から給気閉止ダンパ及び送風機入口手動ダンパまでの経路)

b. 放射性物質の放出量を低減するための措置に係る機器

放射性物質の環境への放出量を低減できるよう、排気経路を維持するとともに、排気経路に設置する高性能エアフィルタで放射性物質を捕集するための機器条件を以下に示す。

(a) グローブボックス排気フィルタ

グローブボックス排気フィルタは、1段当たり  $1 \times 10^3$  以上 ( $0.15 \mu\text{mDOP}$  粒子) の除染係数を有する高性能エアフィルタ2段で構成し、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

(b) グローブボックス排気フィルタユニット

グローブボックス排気フィルタユニットは、1段当たり  $1 \times 10^3$  以上 ( $0.15 \mu\text{mDOP}$  粒子) の除染係数を有する高

性能エアフィルタ 2 段で構成し、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

(c) 放出量を低減するために経路を維持する機器

放出量を低減するために経路を維持する以下の機器は、基準地震動を超える地震動の地震の発生時においても経路を維持し、火災源を有するグローブボックス内で発生した火災により、影響を受けた核燃料物質の環境への漏えいを低減できるように、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

- i. グローブボックス排気ダクト（重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスに対して設置する範囲）
- ii. グローブボックス排風機（経路を維持するために必要な機能）

(5) 操作の条件

地震発生後、速やかに核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を実施する。作業と所要時間を第 6-13 図に示す。

なお、消火又は核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間、環境へ放出される放射性物質の放出量を低減する対策については、操作を要さない。

(6) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

有効性評価における大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が発生するグローブボックスに内包する放射性物質質量に対して、発生した火災により影響を受ける割合、火災により気相中に移行する放射性物質の割合、大気中への放出経路におけ

る除染係数の逆数を乗じて算出する。

また、評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137 への換算係数を乗じて、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）を算出する。セシウム-137 換算係数は、IAEA-TECDOC-1162 に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量への換算係数を用いて、セシウム-137 と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム及びアメリシウムは、化学形態による影響の違いを補正する係数を乗じて算出する。

① グローブボックスに内包する放射性物質質量

火災が発生したグローブボックス内で容器又は機器が保有する放射性物質質量は、当該室に設置するグローブボックスの単一ユニットの核的制限値を基に設定する。

② 火災の影響を受ける割合

火災により影響を受ける割合は、グローブボックス内で容器又は機器が保有する放射性物質が火災の影響を受ける場合及びグローブボックス内に付着した放射性物質が火災の影響を受ける場合いずれにおいても、放射性物質質量の全量が、火災により影響を受けるものとして設定する。

③ 火災に伴い気相中に移行する放射性物質の割合

火災に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、グローブボックス内で容器又は機器が保有する放射性物質に対し、 $1 \times 10^{-2}$ として設定する。また、グローブボックス内の付着分については、放射性物質質量の 100 分の 1 がグローブボックス内の気

相中へ移行すると想定し、 $1 \times 10^{-2}$ として設定する。

#### ④ 大気中への放出経路における除染係数

気相中に移行した放射性物質は、グローブボックス排気設備を経由して環境へ放出される。基準地震動を超える地震動の地震に伴い、送排風機を停止させるため、グローブボックス排風機の停止までの間に、グローブボックス排気設備に移行する割合を $1 \times 10^{-1}$ として設定する。

経路中にはグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットとして高性能エアフィルタが計4段設置されている。通常時の環境における健全な高性能エアフィルタ3段の除染係数が $1 \times 10^{11}$ 以上という測定試験結果もあることから、健全な高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^9$ と想定する。ただし、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高性能エアフィルタの除染係数は、高性能エアフィルタ1段につき除染係数が1桁下がることを想定する。このため、高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^5$ と設定する。

#### 【補足説明資料6-4】

#### (7) 判断基準

火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

環境への核燃料物質の漏えいにつながる経路を閉止し、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置ができること。

また、火災の感知及び消火の対策又は核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間に環境へ放出される放射性物質の放出量が、セシウム-137換算で100TBqを下回

るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

## 6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果

### (1) 有効性評価の結果

- ① 基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合には、中央監視室から送排風機を停止する。送排風機の停止に失敗した場合には電源を遮断することで送排風機を停止する。この作業は2名にて5分で完了できる。また、この作業は基準地震動を超える地震動の地震の発生後30分で完了できる。
- ② ①の対策が完了した後、給排気閉止ダンパを中央監視室からの遠隔操作により閉止する。中央監視室からの遠隔操作が実施できない場合は、中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより給排気閉止ダンパを閉止する。この作業は2名にて10分で完了できる。また、この作業は基準地震動を1.2倍にした地震動の地震の発生後35分で完了できる。その後、給排気閉止ダンパの作動状態の現場確認を実施する。
- ③ ②の作業の成否に係らず、送排風機入口手動ダンパを現場手動操作により閉止する。この作業は4名（2名/班×2班）にて25分で完了できる。また、この作業は基準地震動を超える地震動の地震の発生後1時間で完了できる。
- ④ 以上より、火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策は基準地震動を超える地震動の地震の発生後1時間で完了する。また、必要となる実施組織要員は6名であり、燃料加工建屋にて常時確保する20名で対処可能である。
- ⑤ 環境への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 $1.4 \times 10^{-3}$  TBqである。燃料加工建屋外への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の詳細を第6-5表に示す。

- ⑥ 環境への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）が 100TBq を下回ることから、火災による閉じ込める機能の喪失による環境への放射性物質の異常な水準の放出を防止することができる。

【補足説明資料 6-5】

(2) 不確かさの影響評価

① 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

事態の収束までの大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）は、気相中に移行する放射性物質の移行割合や放出経路における放射性物質の除染係数に不確かさがある。非安全側な影響として、仮に大気中への放射性物質の放出経路を工程室排気設備とした場合、放出量が増加する可能性がある。一方、安全側な影響として、放出量評価に用いた高性能エアフィルタの除染係数は評価が厳しくなるよう設定しており、放出量がさらに小さくなることが想定される。このように不確かさを有するものの、これらを考慮した場合でも判断基準を満足することに変わりはない。不確かさを考慮した各パラメータの幅を以下に示す。

(a) 火災の発生を想定する設備・機器が保有する放射性物質  
量

設備・機器が保有する放射性物質量は、単一ユニットの核的制限値を設定しており、また、各グローブボックスへのMOX粉末の付着量として、当該室に設置するグローブボックスの単一ユニットの核的制限値を基に設定している

ことからこれ以上の上振れはない。

MOXのプルトニウム富化度は、二次混合粉末、添加剤混合粉末及びグリーンペレットの最大プルトニウム富化度である18%として評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れが考えられる。

(b) 火災により放射性物質が影響を受ける割合

火災により放射性物質が影響を受ける割合を評価上1として設定していることから、これ以上の上振れはない。

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス及び当該グローブボックスの内装機器については、基準地震動を1.2倍した地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないよう設計することから、基準地震動を超える地震動の地震時においても機器又は容器からMOX粉末が全量漏えいするとは考えにくいことから、金属容器からの漏えい割合を $1 \times 10^{-2}$ と想定した場合は、金属製の混合機や容器に収納されていないプレス・グリーンペレット積込ユニット及び造粒ユニットを除くと、全体として1桁未満の下振れが考えられる。

(c) 火災により放射性物質が気相に移行する割合

潤滑油と機器及び容器から漏えいしたMOX粉末が混ざった状態で燃焼することを想定した場合、1桁の上振れが考えられる。

NUREG/CR-6410によると、最大1000℃、粉末周囲の上昇流100cm/sに置かれた非可燃性の粉末の移行割合を $6 \times 10^{-3}$

としており，この場合，火災により放射性物質が気相に移  
行する割合は，1桁の下振れが考えられる。

(d) 大気中への放出経路における低減割合

放射性物質の放出経路としてグローブボックス排気設備  
を經由せず工程室に漏えいし工程室排気設備を經由する場  
合，高性能エアフィルタ2段（除染係数は $1 \times 10^3$ と見込  
む。）となることから，2桁上振れする可能性が考えられる。

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高性能  
エアフィルタの除染係数は，高性能エアフィルタ1段に  
つき捕集効率が1桁下がることを想定し，高性能エアフィ  
ルタ4段の除染係数を $1 \times 10^5$ と設定していることから，4  
桁程度の下振れが考えられる。なお，放出経路となる排気  
ダクトは，数十mの長さがあり，屈曲部を有しているため，  
経路上への放射性物質の沈着が想定され，更なる下振れの  
可能性がある。

【補足説明資料6-6】

② 操作の条件の不確かさの影響

a. 実施組織要員の操作

6. 1. 1. 2. 1 (2) ① a. に記載したとおりである。

また，送排風機の遠隔手動停止及び給排気閉止ダンパの遠隔  
手動閉止は，簡易な操作であるため，余裕をもって作業を完了  
することができる。

③ 作業環境

重大事故等対策におけるアクセスルートは，最短で対策で

きるアクセスルート可能な限り2ルート確保する。アクセスルートの設定に当たっては、実施する重大事故等対策及び重大事故等対処施設の配置を踏まえ、作業性及び効率性を考慮する。重大事故等対策における作業環境に対する有効性は下記のとおりであり、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

(a) ばい煙による視界不良

地下3階で対策を実施する実施組織要員は、ヘッドライト、呼吸器及び防護衣を装備する。また、視界不良時においても対策ができるよう、消防建屋における濃煙下での訓練を実施する。

したがって、ばい煙による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(b) 当該室の照明の損傷による視界不良

実施組織要員は、必要に応じヘッドライトを装備して対策を実施する。また、中央監視室又は中央監視室近傍に可搬型照明を配備する。

したがって、当該室の照明の損傷による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(c) アクセスルート上の火災による温度上昇

アクセスルートを阻害する火災がある場合は室又は廊下にある消火器を用いて消火する。

したがって、火災の熱による当該室及び廊下の温度上昇を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(d) 管理区域内における放射性物質の飛散

重大事故等対策の実施にあたっては、火災の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室に入室することはなく、工程室の扉を開放しないため、放射性物質が室外へ飛散することは考えにくいですが、管理区域内作業においては、内部被ばくを防止する観点から呼吸器を装備する。

したがって、放射性物質の飛散を考慮しても、放射性物質の体内への取込みが防止されるため、重大事故等対策は実施可能である。

(e) 配管破断による溢水

配管破断による溢水量の考え方を以下に示す。以下の考え方に基づいた重大事故等対策のアクセスルート上の溢水水位は、最大でも 20cm 以下であり、実施組織要員は防護装備を装備して対策を実施することから、配管破断による溢水を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

- i. 溢水防護対象設備を有する燃料加工建屋に配置される機器及び配管のうち、溢水防護対象設備に影響を与えるおそれのある流体（液体及び蒸気）を内包し、かつ基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とした設備以外の機器及び配管の破損による系統保有水の溢水量を見込む。
- ii. 加速度大の信号により自動的に閉止して供給を停止する緊急遮断弁を設置する設備については、緊急遮断弁の設置箇所から破損箇所までの配管の保有量と燃料加工建屋内に設置される機器の保有量を合算して算定する。
- iii. 重大事故等対策を行う作業エリア内に水配管が敷設されている箇所は、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリ

アの溢水水位が最も高くなるように設定する。

iv. 重大事故等対策を行う作業エリアへのアクセスルートについては、アクセスルートの全域を溢水の滞留エリアとし、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。

(f) 設備・機器の落下又は転倒によるアクセスルートの阻害  
可搬型重大事故等対処設備を運搬するアクセスルートにおいて、落下又は転倒することにより可搬型重大事故等対処設備の運搬に支障がある設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

可搬型重大事故等対処設備の運搬を必要としないアクセスルートにおいては、設備・機器が落下又は転倒した場合に乗り越えて移動することを基本とするが、落下又は転倒によりアクセスに支障が生じる設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

また、重大事故等対策に係るアクセスルートは、最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する設計とする。

したがって、設備・機器の落下又は転倒を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

## 6. 1. 2. 2. 3 重大事故等の同時発生又は連鎖

### (1) 重大事故等の同時発生

火災による閉じ込める機能の喪失と同時発生する可能性のある重大事故等は、「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，地震により爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生が想定される。

爆発によって火災による閉じ込める機能の喪失の重大事故等対策に与える影響は，爆発による圧力であるが，爆発の発生を想定される焼結炉等は工程室内であること，焼結炉等の設置場所は重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスと異なることから，重大事故等対策が阻害されることはない。

### (2) 重大事故等の連鎖

「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，火災による閉じ込める機能の喪失と爆発による閉じ込める機能の喪失が連鎖して発生することはない。

#### 6. 1. 2. 2. 4 判断基準への適合性の検討

火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策として、燃料加工建屋内に核燃料物質を閉じ込める手段及び環境へ放出される放射性物質量を低減する手段を整備しており、これらの対策について、外的事象の「地震」を要因として有効性評価を行った。

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、火災による核燃料物質の閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の成否に係らず、拡大防止対策として、中央監視室から送排風機の停止及び核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を並行して実施する。

送排風機の停止については、中央監視室より遠隔で実施するとともに、万一停止操作に失敗した場合には、現場手動操作にて電源を遮断し、送排風機を停止することができる。

給排気閉止ダンパは、中央監視室からの遠隔操作により閉止可能である。中央監視室からの遠隔操作が実施できない場合は、中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより、全交流電源喪失時においても給排気閉止ダンパを閉止することができる。また、給排気閉止ダンパの閉止操作の成否に係らず、送排風機入口手動ダンパを現場手動操作により閉止する。

これらの火災による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策は、地震の発生後1時間で実施が可能である。

上記のとおり、複数の対策手段を講ずること及びアクセスルート可能な限り2ルート確保することから、遠隔操作が困難

な場合においても、現場操作により手動で起動することが可能であり、対策は有効に機能すると評価する。

また、火災による閉じ込める機能の喪失への対処として実施する、火災の感知及び消火に係る対策又は燃料加工建屋内に核燃料物質を閉じ込める措置が完了するまでの間、火災により気相中へ移行し環境へ放出される放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）は、約  $1.4 \times 10^{-3}$  TBq である。評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響はないこと及び放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）への影響は小さいことを確認した。

以上のことから火災による閉じ込める機能の喪失が発生したとしても、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を実施できる。また、有効性評価で示す環境への放射性物質の放出量は基準以下であり、大気中への異常な水準の放出を防止することができる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

6. 1. 3 火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源

火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

(1) 必要な要員

火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は、合計 12 名であり、MOX燃料加工施設に常駐している実施組織要員は 20 名であり、必要な作業が可能である。

(2) 必要な資源

火災による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策には水源、燃料及び電源を要さない。

## 6. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失への対処

### (1) MOX燃料加工施設における爆発の特徴

MOX燃料加工施設の燃料製造工程では、焼結炉及び小規模焼結処理装置（以下「焼結炉等」という。）以外で、爆発下限値を越える水素濃度の水素・アルゴン混合ガスを使用して核燃料物質を取り扱う設備はなく、それ以外の設備において爆発の発生は想定されない。また、仮に焼結炉等に亀裂が生じた場合においても、亀裂が生じた箇所において、水素・アルゴン混合ガスと空気の接触面で拡散燃焼となるか、あるいは部分的な小規模爆発に留まることが想定される。

ただし、基準地震動を超える地震動による地震により、焼結炉等が損傷した場合、複数個所で爆発が発生する可能性を否定できない。

爆発が発生した場合、焼結炉等で取り扱うグリーンペレットが粉末化して気相中へ移行し、環境へ放出されることが想定される。

#### 【補足説明資料6－1】

以上のことから、MOX燃料加工施設における爆発の特徴を考慮し、核燃料物質を取り扱う設備・機器のうち、水素・アルゴン混合ガスを取り扱い、爆発の発生が想定される焼結炉等を重大事故等の発生を想定する設備として選定し、これらの焼結炉等で発生する爆発への対処として、加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十二條及び第二十九條に規定される要求に基づき、整備した重大事故等の対策を講ずる。

## (2) 爆発への対処の基本方針

爆発による閉じ込める機能の喪失への対処として、加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十二条及び第二十九条に規定される要求を満足する重大事故等の発生防止対策及び拡大防止対策を整備する。

爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策として、再爆発による核燃料物質の飛散の発生を未然に防止するための対策を整備する。

爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策として、環境への核燃料物質の漏えいを防止するための対策を整備する。

爆発による閉じ込める機能の喪失の発生を想定する機器を第6-6表に、各対策の概要図を第6-14図に示す。また、各対策の基本方針の詳細を以下に示す。

### ① 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、焼結炉等における爆発が発生するおそれがあることから、再爆発による核燃料物質の飛散を防止するために、水素・アルゴン混合ガスの供給を遮断する。

本対策は、地震の発生後速やかに対策を完了させる。

### ② 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、給排気経路上に設置するダンパを閉止することにより、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずる。

本対策は、基準地震動を超える地震動の地震の発生後速やかに対策を完了させる。

また、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間、核燃料物質が爆発の影響を受けることにより、環境へ放出されるおそれがある。このため、環境へ放射性物質を放出するおそれがある経路に設置する高性能エアフィルタにより、環境へ放出される放射性物質を可能な限り低減する。

本対策は、要員による操作を要さない。

## 6. 2. 1 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策

### 6. 2. 1. 1 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の 具体的対策

焼結炉等で爆発が発生した場合、水素・アルゴン混合ガスの供給が継続すると再爆発が発生するおそれがあることから、爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策として、焼結炉等への水素・アルゴン混合ガスの供給を遮断する。

第6-6表に示す機器への対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第6-15図に、アクセスルート図を第6-16図から第6-18図に、対策の手順の概要を第6-19図に示す。また、対策における手順及び設備の関係を第6-7表に、必要な要員及び作業項目を第6-20図に示す。

#### (1) 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の実施判断

地震発生に伴い、混合ガス緊急遮断弁が自動閉止したことを中央監視室にて確認する。混合ガス緊急遮断弁が自動閉止しない場合は、中央監視室にて遠隔閉止操作を行う。また、焼結炉等の爆発に係る監視機能が喪失した場合、重大事故等への対処として以下の(2)に移行する。また、地震発生に伴い、焼結

炉等の爆発に係る警報が発報した場合においても、重大事故等への対処として以下の(2)に移行する。

(2) 混合ガス隔離弁の現場手動閉止操作

混合ガス隔離弁の現場での手動閉止操作を行う。

## 6. 2. 1. 2 爆発による閉じ込める機能喪失の発生防止対策の有効性評価

### 6. 2. 1. 2. 1 有効性評価

#### (1) 代表事例

基準地震動を超える地震動の地震の発生により，第6－6表に示すペレット加工第2室の焼結炉3系統及び分析第3室の小規模焼結処理装置において，地震により生じた配管接続部等の損傷部から炉内に空気が流入することにより，複数箇所爆発が発生することを想定する。

#### (2) 有効性評価の考え方

速やかに焼結炉等における再爆発を防止できることについて評価する。

#### (3) 機能喪失の条件

外的事象の地震を要因とした場合の安全機能の喪失の想定は，基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失するものとする。また，蓄電池，充電機，乾電池といった電源を有する設備以外の動的機器は全て同時に機能喪失することを想定することから，更なる安全機能の喪失は想定しない。

ただし，耐震重要度分類がSクラスのグローブボックスに対して，波及的影響を及ぼさないようにするために，グローブボックス内及びグローブボックス外の機器についても地震時に転倒及び落下により焼結炉等の安全機能に波及的影響を及ぼさないようにするために，基準地震動による地震力に対して概ね弾性範囲に留まるように設計することから，基準地震動を超える

地震動の地震時においても転倒及び落下しない。

また、外部電源も含めた全ての交流電源喪失も想定し、蓄電池、充電機、乾電池といった電源を有する設備以外の動的機器は全て同時に機能喪失することを想定する。

機能喪失の条件の設定の考え方は、爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策でも同様である。

#### (4) 事故の条件及び機器の条件

地震の発生前は、平常運転状態であることを想定する。

爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策に使用する機器を第6－7表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

##### a. 水素・アルゴン混合ガスの遮断に係る機器

水素・アルゴン混合ガスの遮断に係る機器の条件を以下に示す。なお、水素・アルゴン混合ガスの遮断に係る機器については、混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁により、多様性を有する。

##### (a) 混合ガス遮断弁

混合ガス遮断弁（ユーティリティ用洞道と燃料加工建屋の接続部の壁外側から混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁までの経路を含む。）は、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合においても焼結炉等への水素・アルゴン混合ガスを遮断できるよう、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

混合ガス緊急遮断弁は多重化するとともに、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合においても確実に水

素・アルゴン混合ガスの供給を遮断できるよう，基準地震動よりも低い加速度（耐震Cクラスの設備・機器に適用する静的震度（1.2Ci）程度）で自動閉止する設計とする。また，中央監視室からの遠隔手動操作による閉止ができる設計とする。

（b） 混合ガス隔離弁

混合ガス隔離弁（ユーティリティ用洞道と燃料加工建屋の接続部の壁外側から混合ガス緊急遮断弁及び混合ガス隔離弁までの経路を含む。）は，焼結炉等への水素・アルゴン混合ガスを遮断できるよう，基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

全交流電源喪失時においても機能するよう，現場手動操作による閉止ができる設計とする。

（5） 操作の条件

地震発生後，速やかに再爆発の防止に係る対策を実施する。作業と所要時間を第6-20図に示す。

（6） 判断基準

爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

速やかに焼結炉等における再爆発を防止できること。

## 6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果

### (1) 有効性評価の結果

- ① 地震により設定加速度を検知した場合，混合ガス緊急遮断弁が自動閉止する。
- ② 加速度検知による混合ガス緊急遮断弁の自動閉止に加え，中央監視室からの混合ガス緊急遮断弁の遠隔手動閉止及び混合ガス隔離弁の現場手動閉止を実施する。当該作業は，2名にて5分で完了できる。また，この作業は地震の発生後20分で完了できる。

以上より，爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策は地震の発生後20分で完了する。また，必要となる実施組織要員は4名であり，燃料加工建屋にて常時確保する20名で対処可能である。

### (2) 評価条件の不確かさの影響評価

#### ① 操作条件の不確かさの影響

##### a. 実施組織要員の操作の観点

「認知」，「要員配置」，「移動」，「操作所要時間」，「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮して計画することで，これら要因による影響を低減している。

また，混合ガス緊急遮断弁の遠隔手動閉止は，簡易な操作であるため，余裕をもって作業を完了することができる。

##### b. 作業環境の観点

重大事故等対策におけるアクセスルートは，最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する。アクセ

スルートの設定に当たっては、実施する重大事故等対策及び重大事故等対処施設の配置を踏まえ、作業性及び効率性を考慮する。重大事故等対策における作業環境に対する有効性は下記のとおりであり、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

(a) ばい煙による視界不良

地下3階で対策を実施する実施組織要員は、ヘッドライト、呼吸器及び防護衣を装備する。また、視界不良時においても対策ができるよう、消防建屋における濃煙下での訓練を実施する。

したがって、ばい煙による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(b) 当該室の照明の損傷による視界不良

実施組織要員は、必要に応じヘッドライトを装備して対策を実施する。また、中央監視室又は中央監視室近傍に可搬型照明を配備する。

したがって、当該室の照明の損傷による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(c) アクセスルート上の火災による温度上昇

アクセスルートを阻害する火災がある場合は室又は廊下にある消火器を用いて消火する。

したがって、火災の熱による当該室及び廊下の温度上昇を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(d) 管理区域内における放射性物質の飛散

重大事故等対策では、焼結炉等を設置する工程室へ入室

することはなく、工程室の扉は開放しないため、放射性物質が室外へ飛散することは考えにくいですが、管理区域内作業においては、内部被ばくを防止する観点から呼吸器を装備する。

したがって、放射性物質の飛散を考慮しても、放射性物質の体内への取込みが防止されるため、重大事故等対策は実施可能である。

(e) 配管破断による溢水

配管破断による溢水量の考え方を以下に示す。以下の考え方に基づいた重大事故等対策のアクセスルート上の溢水水位は、最大でも 20cm 以下であり、実施組織要員は防護装備を装備して対策を実施することから、配管破断による溢水を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

- i. 溢水防護対象設備を有する燃料加工建屋に配置される機器及び配管のうち、溢水防護対象設備に影響を与えるおそれのある流体（液体及び蒸気）を内包し、かつ基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とした設備以外の機器及び配管の破損による系統保有水の溢水量を見込む。
- ii. 加速度大の信号により自動的に閉止して供給を停止する緊急遮断弁を設置する設備については、緊急遮断弁の設置箇所から破損箇所までの配管の保有量と燃料加工建屋内に設置される機器の保有量を合算して算定する。
- iii. 重大事故等対策を行う作業エリア内に水配管が敷設されている箇所は、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。

iv. 重大事故等対策を行う作業エリアへのアクセスルートについては、アクセスルートの全域を溢水の滞留エリアとし、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。

(f) 設備・機器の落下又は転倒によるアクセスルートの障害  
可搬型重大事故等対処設備を運搬するアクセスルートにおいて、落下又は転倒することにより可搬型重大事故等対処設備の運搬に支障がある設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

可搬型重大事故等対処設備の運搬を必要としないアクセスルートにおいては、設備・機器が落下又は転倒した場合に乗り越えて移動することを基本とするが、落下又は転倒によりアクセスに支障が生じる設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

また、重大事故等対策に係るアクセスルートは、最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する設計とする。

したがって、設備・機器の落下又は転倒を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

## ② 評価項目に与える影響

再爆発の防止対策が完了するまでの実施組織要員に与える影響は、「① 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

## ③ 評価結果

評価条件の不確かさが実施組織要員の操作の時間余裕に与え

る影響について確認した結果，実施組織要員の想定操作時間をより厳しい結果を与える条件で評価をしていること又は実施組織要員の操作の時間に影響を与えないことを確認した。

## 6. 2. 1. 2. 3 重大事故等の同時発生又は連鎖

### (1) 重大事故等の同時発生

爆発による閉じ込める機能の喪失と同時発生する可能性のある重大事故等は、「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，地震により火災による閉じ込める機能の喪失の同時発生が想定される。

火災によって爆発による閉じ込める機能の喪失の重大事故等対策に与える影響は，火災による温度上昇及び圧力上昇であるが，重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスの設置場所は焼結炉等と異なる室であることから，重大事故等対策が阻害されることはない。

### (2) 重大事故等の連鎖

「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，爆発による閉じ込める機能の喪失と火災による閉じ込める機能の喪失が連鎖して発生することはない。

#### 6. 2. 1. 2. 4 判断基準への適合性の検討

爆発による閉じ込める機能の喪失を未然に防止することを目的として、再爆発を防止する手段を整備しており、これらの対策について外的事象の「地震」を起因として有効性評価を行った。

基準地震動よりも低い加速度（耐震Cクラスの設備・機器に適用する静的震度（1.2Ci）程度）の検知により多重化された混合ガス緊急遮断弁が自動閉止するため、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合においても焼結炉等への水素・アルゴン混合ガスの供給を確実に遮断できる。また、混合ガス緊急遮断弁は中央監視室からの遠隔手動操作による閉止も可能であることに加え、混合ガス隔離弁の現場手動操作による焼結炉等への水素・アルゴン混合ガスの供給を遮断することも可能である。

これらの爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策は、地震の発生後 20 分で実施が可能である。

上記のとおり、複数の対策手段を講ずること及びアクセスルート可能な限り 2 ルート確保することから、遠隔操作が困難な場合においても、現場操作により手動で閉止することが可能であり、対策は有効であると評価する。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響はない。

以上のことから、爆発による閉じ込める機能の喪失の発生を未然に防止でき、有効性評価の判断基準を満足する。

## 6. 2. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策

### 6. 2. 2. 1 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の 具体的内容

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、送排風機の停止及び核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずる。焼結炉等における爆発の発生状況を直ちに把握できない場合においても、同様の対策を講ずる。

また、爆発が発生した場合、爆発の影響を受けた核燃料物質の一部が焼結炉内の気相中に移行し、グローブボックス排気設備又は工程室排気設備を通り環境外へ放出されるおそれがあるが、排気経路に設置する高性能エアフィルタで放射性物質を捕集することで、放射性物質の環境への放出量を低減する。

対策の概要を以下に示す。

対策の系統概要図を第6-15図に、アクセスルート図を第6-16図から第6-18図に、対策の手順の概要を第6-19図に示す。また、対策における手順及び設備の関係を第6-7表に、必要な要員及び作業項目を第6-20図に示す。

#### (1) 重大事故等の拡大防止対策の実施判断

地震発生に伴い、中央監視室に表示される加速度計の指示値が、基準地震動相当の加速度であることを確認した場合、以下の(2)及び(3) a. の操作を行う。

また、地震発生に伴い、焼結炉等の爆発に係る監視機能が喪失した場合又は焼結炉等の爆発に係る警報が発報した場合は、重大事故等への対処として(3) b. を実施する。

#### (2) 送排風機の停止

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合，中央監視室から送排風機の停止を実施する。送排風機の停止に失敗した場合は，電源を遮断することにより，送排風機の停止を実施する。

(3) ダンパの閉止による核燃料物質の燃料加工建屋内への閉じ込め

a. 給排気閉止ダンパの閉止

中央監視室からの遠隔操作により給排気閉止ダンパの閉止を実施する。

また，給排気閉止ダンパの閉止を遠隔操作により実施できない場合においても，中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより，給排気閉止ダンパの閉止を実施する。その後，b. の作業と並行して，給排気閉止ダンパの作動状態の現場確認を実施する。

b. 送排風機入口手動ダンパの閉止

a. の対策の成否に係らず，送排風機入口手動ダンパを現場手動操作により閉止する。

## 6. 2. 2. 2 爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の有効性評価

### 6. 2. 2. 2. 1 有効性評価

#### (1) 代表事例

「6. 2. 1. 2. 1 (1) 代表事例」に示したとおり、第6－7表に示す焼結炉等において爆発が発生することを想定する。

#### (2) 有効性評価の考え方

地震発生後速やかに核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を講ずることができることについて評価する。

また、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間の大気中への放射性物質の放出量を評価する。この評価においては、地震発生前の平常運転時の状況を踏まえて、焼結炉等が保有する放射性物質質量、事故の影響を受ける割合、事故時の放射性物質の移行率、放出経路における除染係数を考慮する。

#### (3) 機能喪失の条件

「6. 2. 1. 2. 1 (3) 機能喪失の条件」に記載したとおりである。

#### (4) 事故の条件及び機器の条件

地震の発生前は、平常運転状態であることを想定する。

爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策に使用する機器を第6－7表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

a. 核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る機器

核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る機器の条件を以下に示す。また、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る機器については、給排気閉止ダンパ及び送排風機入口手動ダンパにより多様性を有する。

(a) 給排気閉止ダンパ

給排気閉止ダンパは、中央監視室から遠隔手動操作により閉止できるとともに、全交流電源喪失時においても機能するよう、中央監視室近傍にて可搬型ガスポンペを接続してガスを供給することにより閉止できる設計とし、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

(b) 送排風機入口手動ダンパ

送排風機入口手動ダンパは、全交流電源喪失時においても機能するよう、現場において手動操作ができる設計とし、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

(c) 燃料加工建屋外への漏えいの防止のために経路を維持する機器

環境への放射性物質の漏えいの防止のために経路を維持する以下の機器は、基準地震動を超える地震動の地震の発生時においても経路を維持し、焼結炉等で発生した爆発の影響を受けた核燃料物質が、環境へ漏えいすることを防止するため、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とする。

- i. グローブボックス排気ダクト（外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側からグローブボックス排気閉止ダンパ及びグローブボックス排風機入口手動ダンパまでの経路）

- ii. グローブボックス排風機（経路を維持するために必要な機能）
  - iii. 工程室排気ダクト（外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側から工程室排気閉止ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパまでの経路）
  - iv. 工程室排風機（経路を維持するために必要な機能）
  - v. 建屋排気ダクト（外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側から建屋排気閉止ダンパ及び建屋排風機入口手動ダンパまでの経路）
  - vi. 建屋排風機（経路を維持するために必要な機能）
  - vii. 給気ダクト（外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側から給気閉止ダンパ及び送風機入口手動ダンパまでの経路）
- b. 放射性物質の放出量を低減するための措置に係る機器
- 環境への放射性物質の放出量を低減できるよう、排気経路を維持するとともに、排気経路に設置する高性能エアフィルタで核燃料物質を捕集するための機器条件を以下に示す。

(a) グローブボックス排気フィルタ

グローブボックス排気フィルタは、1段当たり  $1 \times 10^3$  以上 ( $0.15 \mu\text{mDOP}$  粒子) の除染係数を有する高性能エアフィルタ2段で構成し、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

(b) グローブボックス排気フィルタユニット

グローブボックス排気フィルタユニットは、1段当たり  $1 \times 10^3$  以上 ( $0.15 \mu\text{mDOP}$  粒子) の除染係数を有する高性能エアフィルタ2段で構成し、基準地震動を1.2倍にし

た地震動を考慮する設計とする。

(c) 工程室排気フィルタユニット

工程室排気フィルタユニットは、1段当たり $1 \times 10^3$ 以上(0.15  $\mu\text{mDOP}$ 粒子)の除染係数を有する高性能エアフィルタ2段で構成し、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

(d) 放出量を低減するために経路を維持する機器

放出量を低減するために経路を維持する以下の機器は、基準地震動を超える地震動の地震の発生時においても経路を維持し、焼結炉等で発生した爆発の影響を受けた核燃料物質が、環境へ漏えいすることを防止するため、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とする。

- i. グローブボックス排気ダクト (焼結炉等の排気に係るグローブボックスから外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側までの範囲)
- ii. グローブボックス排風機 (経路を維持するために必要な機能)
- iii. 工程室排気ダクト (焼結炉等を設置する工程室から外部と燃料加工建屋の境界となる壁外側までの範囲)
- iv. 工程室排風機 (経路を維持するために必要な機能)

(5) 操作の条件

地震発生後、速やかに核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を実施する。作業と所要時間を第6-13図に示す。

なお、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を完了するまでの間、環境へ放出される放射性物質の放出量を低減す

る対策については、操作を要さない。

## (6) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

有効性評価における大気中への放射性物質の放出量は、爆発が発生する焼結炉等が保有する放射性物質質量、発生した爆発により影響を受ける割合、爆発により気相中に移行する放射性物質の割合、大気中への放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。

また、評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137 への換算係数を乗じて、大気中への放射性物質の放出量 (セシウム-137 換算)を算出する。セシウム-137 換算係数は、IAEA-TECDOC-1162 に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量への換算係数を用いて、セシウム-137 と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム及びアメリシウムは、化学形態による影響の違いを補正する係数を乗じて算出する。

### ① 焼結炉等に内包する放射性物質質量

焼結炉等内で保有する放射性物質質量は、焼結炉等に設定される単一ユニットの核的制限値を基に設定する。具体的には、焼結炉は焼結炉ユニットの核的制限値 411kg・MOXとする。小規模焼結処理装置は小規模試験ユニットの核的制限値 103 kg・MOXとする。

### ② 爆発の影響を受ける割合

爆発による影響を受ける割合は、焼結炉等内のグリーンペレ

ット全量が爆発の影響を受けることを想定する。焼結炉等内に存在するグリーンペレットの想定比率として、焼結炉においては、ペレット及びグリーンペレットが混在することから、焼結炉ユニットの核的制限値のうち3分の2がグリーンペレットとして設定する。小規模焼結処理装置においては、小規模試験ユニットの核的制限値のうち、10分の1をグリーンペレットとして設定する。

### ③ 爆発に伴い気相中に移行する放射性物質の割合

焼結に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、焼結炉等内に保有するグリーンペレットに対し、 $1 \times 10^{-2}$ として設定する。

### ④ 大気中への放出経路における除染係数

焼結炉等内の気相中に移行した放射性物質は、排ガス処理装置又は小規模焼結炉排ガス処理装置（以下「排ガス処理装置等」という。）を経由して排ガス処理装置グローブボックス（上部）又は小規模焼結炉排ガス処理装置グローブボックス（以下「排ガスの処理に係るグローブボックス」という。）に放出された後にグローブボックス排気設備を経由して環境へ放出される若しくは焼結炉等から焼結炉等の損傷部から工程室内に移行し、工程室排気設備を経由して環境へ放出される。

グローブボックス排気設備を経由する場合、基準地震動を超える地震動の地震に伴い送排風機を停止させるが、グローブボックス排風機の停止までの間に、排ガス処理装置等へ移行する割合を $1 \times 10^{-1}$ として設定する。排ガス処理装置等内への付着を踏まえた排ガスの処理に係るグローブボックス内へ移行する

割合を  $1 \times 10^{-1}$  と設定し、その全量がグローブボックス排気設備に移行するものとする。

工程室排気設備を経由する場合、焼結炉等内から工程室へ移行する割合を  $9 \times 10^{-1}$  として設定する。基準地震動を超える地震動の地震に伴い送排風機を停止させるが、工程室排風機の停止までの間に、工程室排気設備へ移行する割合を  $1 \times 10^{-2}$  として設定する。

グローブボックス排気設備を経由する場合、経路中にはグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットとして高性能エアフィルタが合計4段設置されている。通常時の環境における健全な高性能エアフィルタ3段の除染係数が  $1 \times 10^{11}$  以上という測定試験結果もあることから、健全な高性能エアフィルタ4段の除染係数を  $1 \times 10^9$  と想定する。ただし、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高性能エアフィルタの除染係数は、高性能エアフィルタ1段につき除染係数が1桁下がることを想定する。また、高性能エアフィルタは重大事故で想定する爆発の環境条件の影響を受けない箇所に設置するが、評価としてはグローブボックス直近にある高性能エアフィルタの1段目は爆発圧力による一部損傷により除染係数が1桁下がることを想定する。このため、高性能エアフィルタ4段の除染係数を  $1 \times 10^4$  として設定する。

工程室排気設備を経由する場合、経路中には工程室排気フィルタユニットとして高性能エアフィルタが2段設置されている。健全な高性能エアフィルタ2段の除染係数を  $1 \times 10^5$  と想定する。ただし、基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高

性能エアフィルタの除染係数は、高性能エアフィルタ 1 段につき除染係数が 1 桁下がることを想定する。このため、高性能エアフィルタ 2 段の除染係数を  $1 \times 10^3$  として設定する。

【補足説明資料 6 - 4】

(7) 判断基準

爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

環境への核燃料物質の漏えいにつながる経路を閉止し、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置ができること。

また、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの間に環境へ放出される放射性物質の放出量が、セシウム-137 換算で 100TBq を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

【補足説明資料 6 - 5】

## 6. 2. 2. 2. 2 有効性評価の結果

### (1) 有効性評価の結果

- ① 基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合には、中央監視室から送排風機を停止する。送排風機の停止に失敗した場合には電源を遮断することで送排風機を停止する。この作業は2名にて5分で完了できる。また、この作業は基準地震動を超える地震動の地震の発生後30分で完了できる。
- ② ①の対策が完了した後、給排気閉止ダンパを中央監視室からの遠隔操作により閉止する。中央監視室からの遠隔操作が実施できない場合は、中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより給排気閉止ダンパを閉止する。この作業は2名にて10分で完了できる。また、この作業は地震の発生後35分で完了できる。その後、給排気閉止ダンパの作動状態の現場確認を実施する。
- ③ ②の作業の成否に係らず、送排風機入口手動ダンパを現場手動操作により閉止する。この作業は4名（2名/班×2班）にて25分で完了できる。また、この作業は地震の発生後1時間で完了できる。
- ④ 以上より、爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策は基準地震動を超える地震動の地震の発生後1時間で完了する。また、必要となる実施組織要員は6名であり、燃料加工建屋にて常時確保する20名で対処可能である。
- ⑤ 環境への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 $4.2 \times 10^{-3}$  TBqである。環境への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の詳細を第6-9表に示す。

- ⑥ 環境への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）が 100TBq を下回ることから、爆発による閉じ込める機能の喪失による環境への放射性物質の異常な水準の放出を防止することができる。

(2) 不確かさの影響評価

① 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

a. 爆発が発生した焼結炉等が保有する放射性物質質量

設備・機器内の放射性物質質量については、焼結炉等における最大取扱量である単一ユニットの核的制限値を設定していることから、これ以上の上振れはない。

MOXのプルトニウム富化度は、二次混合粉末、添加剤混合粉末及びグリーンペレットの最大プルトニウム富化度である 18%として評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れが考えられる。

b. 爆発により放射性物質が影響を受ける割合

小規模焼結炉のタイプはバッチ式であり、炉内にペレットを装荷したタイミングによっては全量がグリーンペレットであることが考えられる。ただし、放射性物質の放出量の算定において爆発の影響を受ける割合は、小規模試験ユニットの核的制限値 103kg・MOXのうち 10 分の 1 と設定しており、一方小規模焼結炉へのペレットの装荷量は 2 台合計で 6 kg・MOX 程度であることから、仮に小規模焼結炉のペレットが全量グリーンペレットの場合であっても、これ以上の上振れ

はない。

焼結炉のタイプは連続焼結炉であり、グリーンペレットと焼結ペレットの比率は常に一定となるが、ペレットの焼結が始まる温度領域を考慮すると、完全なグリーンペレットは実際には全体の半分程度であると考えられ、1桁未満の下振れが考えられる。

c. 爆発により放射性物質が気相に移行する割合

実際は焼結炉が破損した場合、水素・アルゴン混合ガスと空気の接触面で拡散燃焼となるか、又は部分的な小規模爆発に留まることが考えられる。よって、想定を超える爆発が発生し、放射性物質が気相に移行する割合が上振れすることはない。

評価においては気相中への移行率として $1 \times 10^{-2}$ に設定しているが、DOE HANDBOOKによると爆発によって気相に移行する割合は $5 \times 10^{-3}$ と報告されており、爆発による放射性物質の気相中への移行率の不確かさを考慮すると、1桁程度の下振れが考えられる。

d. 大気中への放出経路における低減割合

工程室排気設備を経由する場合、高性能エアフィルタ2段の除染係数を放射性物質の放出経路としてグローブボックス排気設備を経由せず工程室に漏えいし工程室排気設備を経由する場合、高性能エアフィルタ2段（除染係数は $1 \times 10^3$ と見込む。）となることから、2桁程度の下振れが考えられる。

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高性能エアフィルタの除染係数は、高性能エアフィルタ1段につき

捕集効率が1桁下がることを想定し、グローブボックス排気設備を経由する場合、高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^5$ と設定しているため、4桁程度の下振れが考えられる。  
なお、放出経路となる排気ダクトは、数十mの長さがあり、屈曲部を有しているため、経路上への放射性物質の沈着が想定され、更なる下振れの可能性がある。

【補足説明資料6-6】

② 操作の条件の不確かさの影響

a. 実施組織要員の操作

6. 2. 1. 2. 1(2) ① a. に記載したとおりである。

また、送排風機の遠隔手動停止及び給排気閉止ダンパの遠隔手動閉止は、簡易な操作であるため、余裕をもって作業を完了することができる。

③ 作業環境

重大事故等対策におけるアクセスルートは、最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する。アクセスルートの設定に当たっては、実施する重大事故等対策及び重大事故等対処施設の配置を踏まえ、作業性及び効率性を考慮する。重大事故等対策における作業環境に対する有効性を下記のとおりであり、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

(a) ばい煙による視界不良

地下3階で対策を実施する実施組織要員は、ヘッドライト、呼吸器及び防護衣を装備する。また、視界不良時においても対策ができるよう、消防建屋における濃煙下での訓

練を実施する。

したがって、ばい煙による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(b) 当該室の照明の損傷による視界不良

実施組織要員は、必要に応じヘッドライトを装備して対策を実施する。また、中央監視室又は中央監視室近傍に可搬型照明を配備する。

したがって、当該室の照明の損傷による視界不良を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(c) アクセスルート上の火災による温度上昇

アクセスルートを阻害する火災がある場合は室又は廊下にある消火器を用いて消火する。

したがって、火災の熱による当該室及び廊下の温度上昇を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

(d) 管理区域内における放射性物質の飛散

重大事故等対策実施にあたっては、爆発の発生を想定する焼結炉等を設置する工程室に入室することではなく、工程室の扉を開放しないため、放射性物質が室外へ飛散することは考えにくい。管理区域内作業においては、内部被ばくを防止する観点から呼吸器を装備する。

したがって、放射性物質の飛散を考慮しても、放射性物質の体内への取込みが防止されるため、重大事故等対策は実施可能である。

(e) 配管破断による溢水

配管破断による溢水量の考え方を以下に示す。以下の考

え方に基づいた重大事故等対策のアクセスルート上の溢水水位は、最大でも 20cm 以下であり、実施組織要員は防護装備を装備して対策を実施することから、配管破断による溢水を考慮しても、重大事故等対策は実施可能である。

- i. 溢水防護対象設備を有する燃料加工建屋に配置される機器及び配管のうち、溢水防護対象設備に影響を与えるおそれのある流体（液体及び蒸気）を内包し、かつ基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とした設備以外の機器及び配管の破損による系統保有水の溢水量を見込む。
  - ii. 加速度大の信号により自動的に閉止して供給を停止する緊急遮断弁を設置する設備については、緊急遮断弁の設置箇所から破損箇所までの配管の保有量と燃料加工建屋内に設置される機器の保有量を合算して算定する。
  - iii. 重大事故等対策を行う作業エリア内に水配管が敷設されている箇所は、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。
  - iv. 重大事故等対策を行う作業エリアへのアクセスルートについては、アクセスルートの全域を溢水の滞留エリアとし、周囲への溢水の流出を考慮せず、作業エリアの溢水水位が最も高くなるように設定する。
- (f) 設備・機器の落下又は転倒によるアクセスルートの障害
- 可搬型重大事故等対処設備を運搬するアクセスルートにおいて、落下又は転倒することにより可搬型重大事故等対処設備の運搬に支障がある設備・機器については、落下防止措置又は固縛措置を実施する。

可搬型重大事故等対処設備の運搬を必要としないアクセスルートにおいては，設備・機器が落下又は転倒した場合に乗り越えて移動することを基本とするが，落下又は転倒によりアクセスに支障が生じる設備・機器については，落下防止措置又は固縛措置を実施する。

また，重大事故等対策に係るアクセスルートは，最短で対策できるアクセスルートを可能な限り2ルート確保する設計とする。

したがって，設備・機器の落下又は転倒を考慮しても，重大事故等対策は実施可能である

## 6. 2. 2. 2. 3 重大事故等の同時発生又は連鎖

### (1) 重大事故等の同時発生

爆発による閉じ込める機能の喪失と同時発生する可能性のある重大事故等は、「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，地震により爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生が想定される。

火災によって爆発による閉じ込める機能の喪失の重大事故等対策に与える影響は，火災による温度及び圧力上昇であるが，重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスは工程室内にあること，重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスの設置場所は焼結炉等と異なる室であることから，重大事故等対策が阻害されることはない。

### (2) 重大事故等の連鎖

「4. 重大事故等の同時発生，連鎖の想定」に記載したとおり，火災による閉じ込める機能の喪失と爆発による閉じ込める機能の喪失が連鎖して発生することはない。

## ② 評価項目に与える影響

核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置が完了するまでの実施組織要員に与える影響は、「① 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

環境への放射性物質の放出量に与える影響については，以下に示すとおりである。

### a. 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

放射性物質の放出量評価に用いるパラメータは不確かさを

有するため、環境への放射性物質の放出量に影響を与える。  
不確かさを考慮した各パラメータの幅を以下に示す。

(a) 爆発が発生した焼結炉等が保有する放射性物質質量

設備・機器内の放射性物質質量については、焼結炉等における最大取扱量である単一ユニットの核的制限値を設定していることから、これ以上の上振れはない。

MOXのプルトニウム富化度は、二次混合粉末、添加剤混合粉末及びグリーンペレットの最大プルトニウム富化度である18%として評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れが考えられる。

(b) 爆発により放射性物質が影響を受ける割合

小規模焼結炉のタイプはバッチ式であり、炉内にペレットを装荷したタイミングによっては全量がグリーンペレットであることが考えられる。ただし、放射性物質の放出量の算定において爆発の影響を受ける割合は、小規模試験ユニットの核的制限値103kg・MOXのうち10分の1と設定しており、一方小規模焼結炉へのペレットの装荷量は2台合計で6kg・MOX程度であることから、仮に小規模焼結炉のペレットが全量グリーンペレットの場合であっても、これ以上の上振れはない。

焼結炉のタイプは連続焼結炉であり、グリーンペレットと焼結ペレットの比率は常に一定となるが、ペレットの焼結が始まる温度領域を考慮すると、完全なグリーンペレットは実際には全体の半分程度であると考えられ、1桁未満

の下振れが考えられる。

(c) 爆発により放射性物質が気相に移行する割合

実際は焼結炉が破損した場合、水素・アルゴン混合ガスと空気の接触面で拡散燃焼となるか、又は部分的な小規模爆発に留まることが考えられる。よって、想定を超える爆発が発生し、放射性物質が気相に移行する割合が上振れすることはない。

評価においては気相中への移行率として $1 \times 10^{-2}$ に設定しているが、DOE HANDBOOKによると爆発によって気相に移行する割合は $5 \times 10^{-3}$ と報告されており、爆発による放射性物質の気相中への移行率の不確かさを考慮すると、1桁程度の下振れが考えられる。

(d) 大気中への放出経路における低減割合

工程室排気設備を経由する場合、高性能エアフィルタ2段の除染係数を放射性物質の放出経路としてグローブボックス排気設備を経由せず工程室に漏えいし工程室排気設備を経由する場合、高性能エアフィルタ2段（除染係数は $1 \times 10^3$ と見込む。）となることから、2桁程度の下振れが考えられる。

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合の高性能エアフィルタの除染係数は、高性能エアフィルタ1段につき捕集効率が1桁下がることを想定し、グローブボックス排気設備を経由する場合、高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^5$ と設定しているため、4桁程度の下振れが考えられる。なお、放出経路となる排気ダクトは、数十m

の長さがあり，屈曲部を有しているため，経路上への放射性物質の沈着が想定され，更なる下振れの可能性がある。

【補足説明資料 6－6】

③ 評価結果

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として，実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を確認した。

評価条件の不確かさが実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び重大事故等の拡大防止対策の評価項目に与える影響は，より厳しい結果を与える条件で評価をしていることを確認した。

また，環境への放射性物質の放出量評価では，放出量算出において考慮する各パラメータに上振れ又は下振れする可能性があるものの，その幅は，3桁程度の下振れであり，100TBq に対して重大事故等対策が完了するまでの間の環境への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）の寄与割合に与える影響は小さいことを確認した。

(6) 必要な要員及び資源の評価

爆発による閉じ込める機能の喪失への対策に必要な要員及び資源は，爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策に必要な要員及び資源を合わせて 6. 2. 3 に示す。また，要員及び資源の有効性評価については，他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため，「7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

#### 6. 2. 2. 2. 4 判断基準への適合性の検討

爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策として、燃料加工建屋内に核燃料物質を閉じ込め手段及び環境へ放出される放射性物質量を低減する手段を整備しており、これらの対策について、外的事象の「地震」を要因として有効性評価を行った。

基準地震動を超える地震動の地震が発生した場合、爆発による核燃料物質の閉じ込める機能の喪失の発生防止対策の成否に係らず、拡大防止対策として、中央監視室から送排風機の停止及び核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を並行して実施する。

送排風機の停止については、中央監視室より遠隔で実施するとともに、万一停止操作に失敗した場合には、現場手動操作にて電源を遮断し、送排風機を停止することができる。

給排気閉止ダンパは、中央監視室からの遠隔操作により閉止可能である。中央監視室からの遠隔操作が実施できない場合は、中央監視室近傍にて可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することにより、全交流電源喪失時においても給排気閉止ダンパを閉止することができる。また、給排気閉止ダンパの閉止操作の成否に係らず、送排風機入口手動ダンパを現場手動操作により閉止する。

これらの爆発による閉じ込める機能の喪失の拡大防止対策は、地震の発生後1時間で実施が可能である。

上記のとおり、複数の対策手段を講ずること及びアクセスルート可能な限り2ルート確保することから、遠隔操作が困難

な場合においても、現場操作により手動で起動することが可能であり、対策は有効に機能すると評価する。

また、爆発による閉じ込める機能の喪失への対処として実施する、燃料加工建屋内に核燃料物質を閉じ込める措置が完了するまでの間、爆発により気相中へ移行し環境へ放出される放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）は、約  $4.2 \times 10^{-3}$  TBq である。評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響はないこと及び放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）への影響は小さいことを確認した。

以上のことから爆発による閉じ込める機能の喪失が発生したとしても、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置を実施できる。また、有効性評価で示す環境への放射性物質の放出量は基準以下であり、大気中への異常な水準の放出を防止することができる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

6. 2. 3 爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源

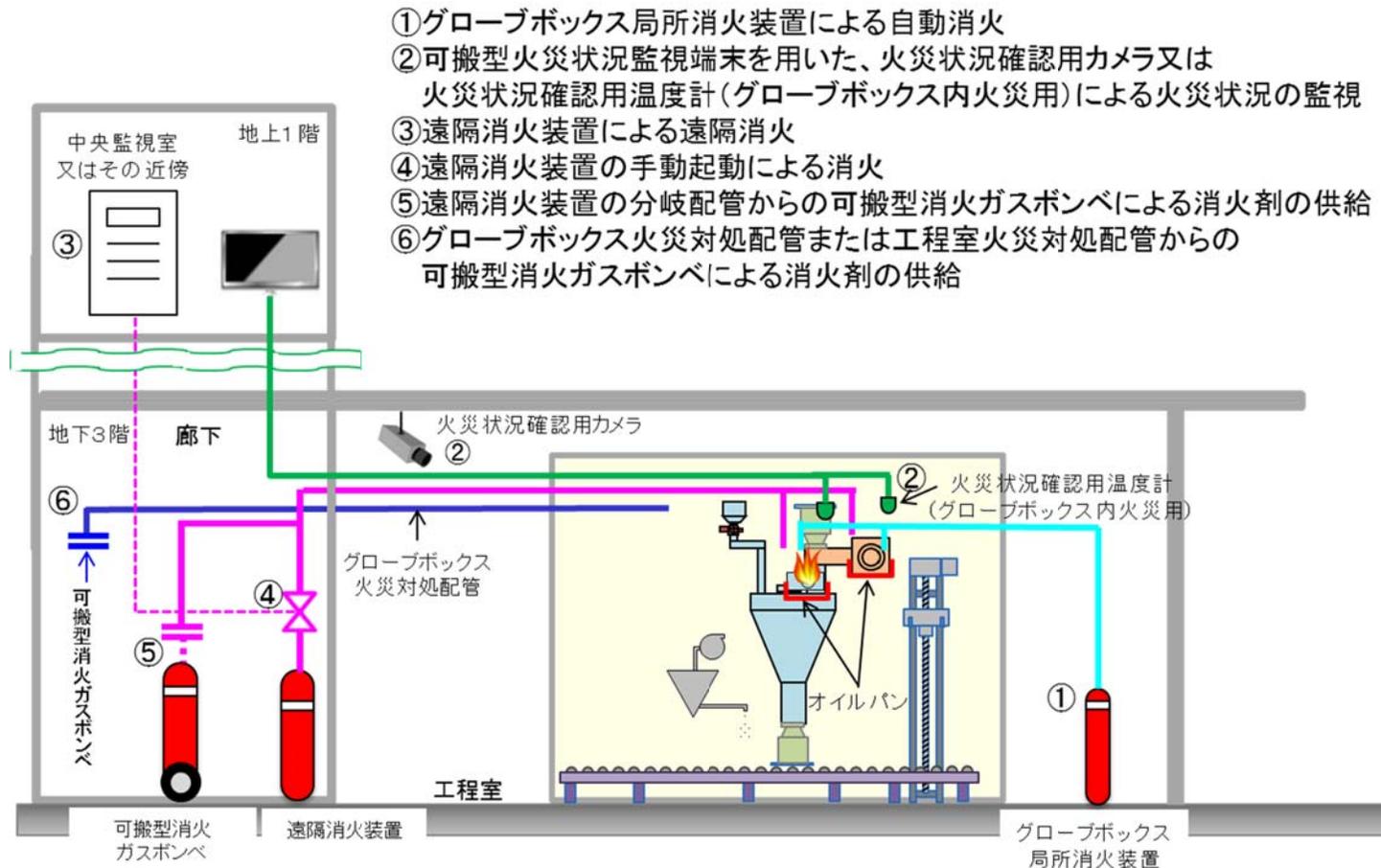
爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

(1) 必要な要員

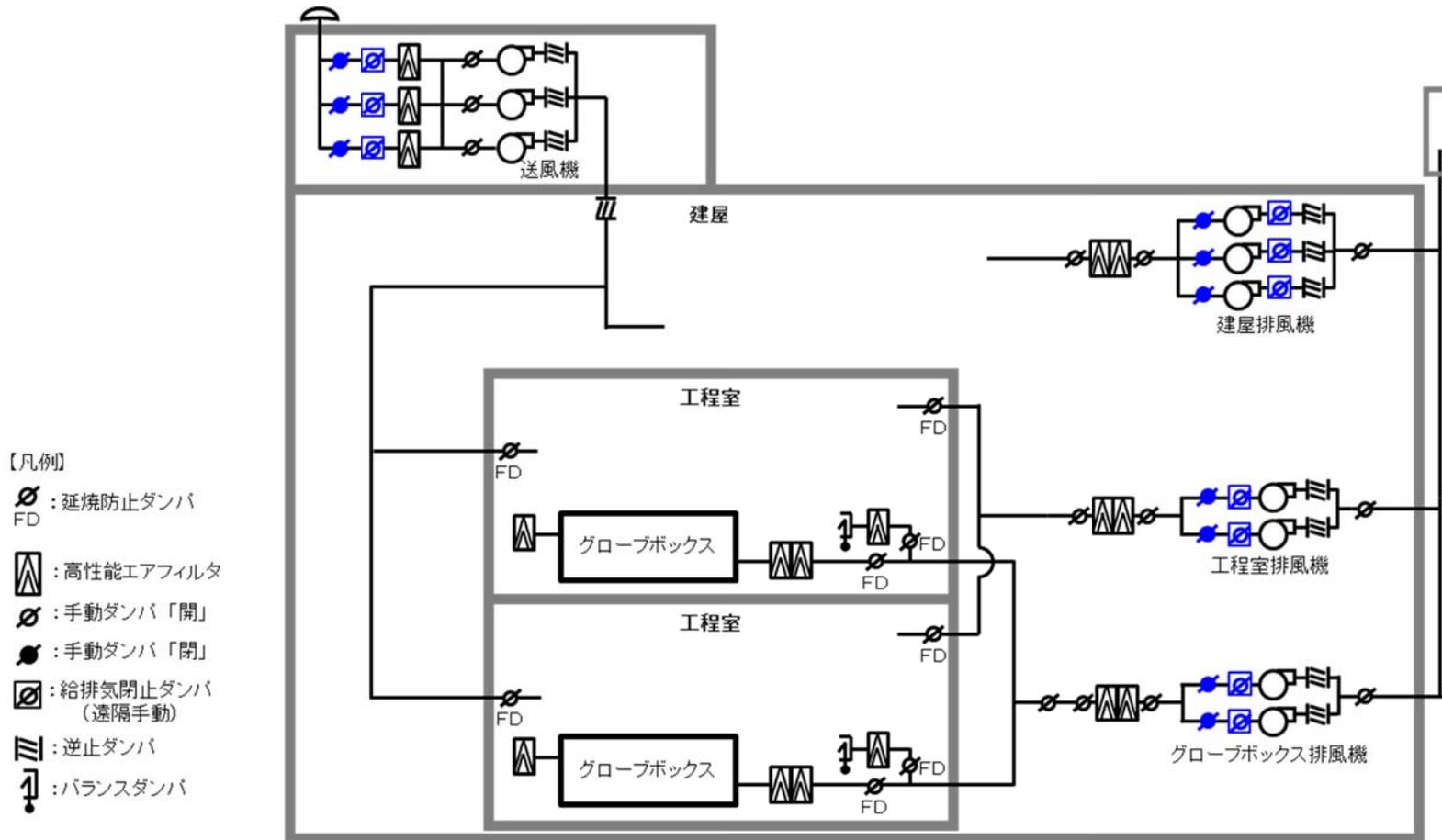
爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は、合計 10 名であり、MOX燃料加工施設に常駐している実施組織要員は 20 名であり、必要な作業が可能である。

(2) 必要な資源

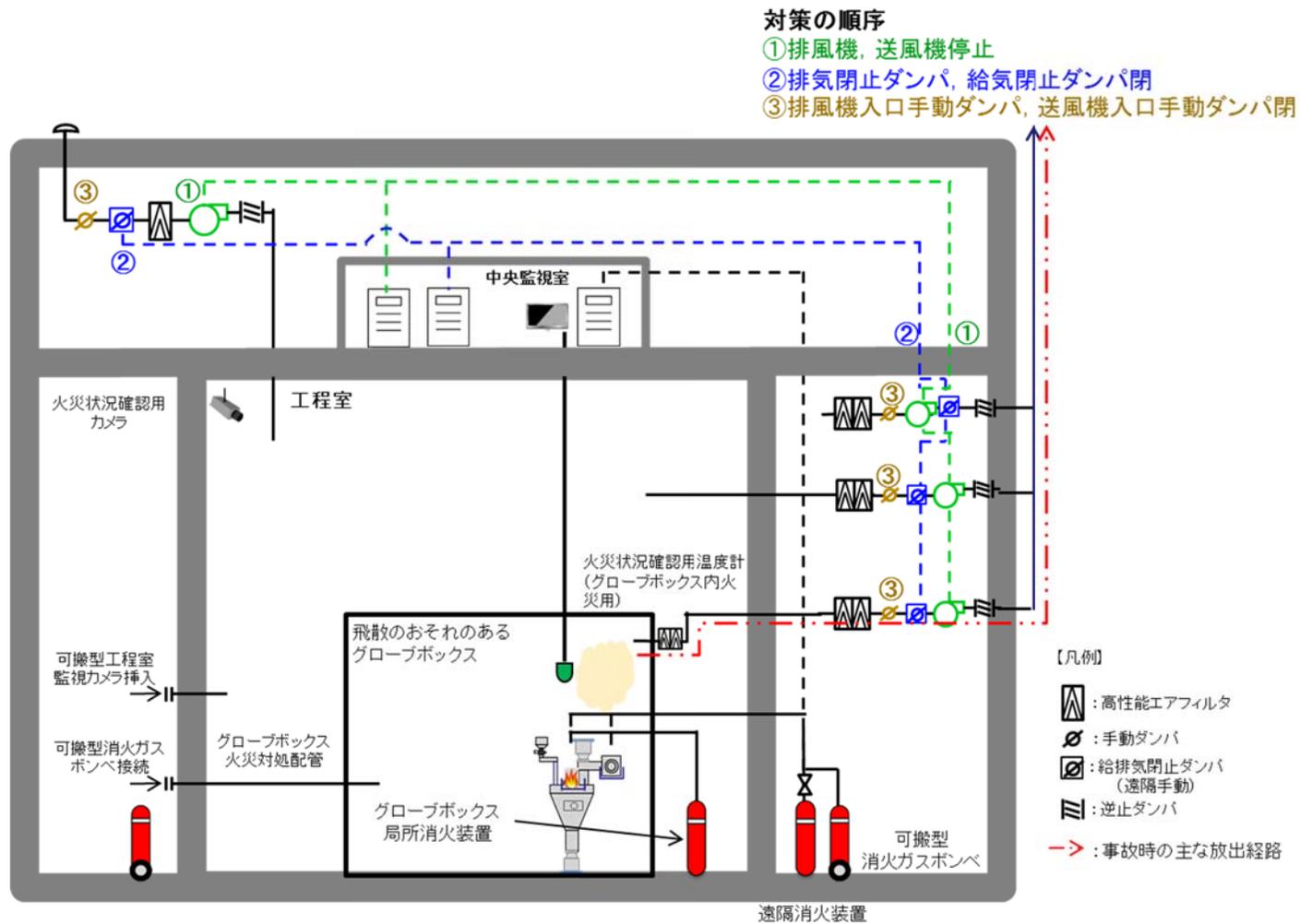
爆発による閉じ込める機能の喪失の発生防止対策及び拡大防止対策には水源、燃料及び電源を要さない。



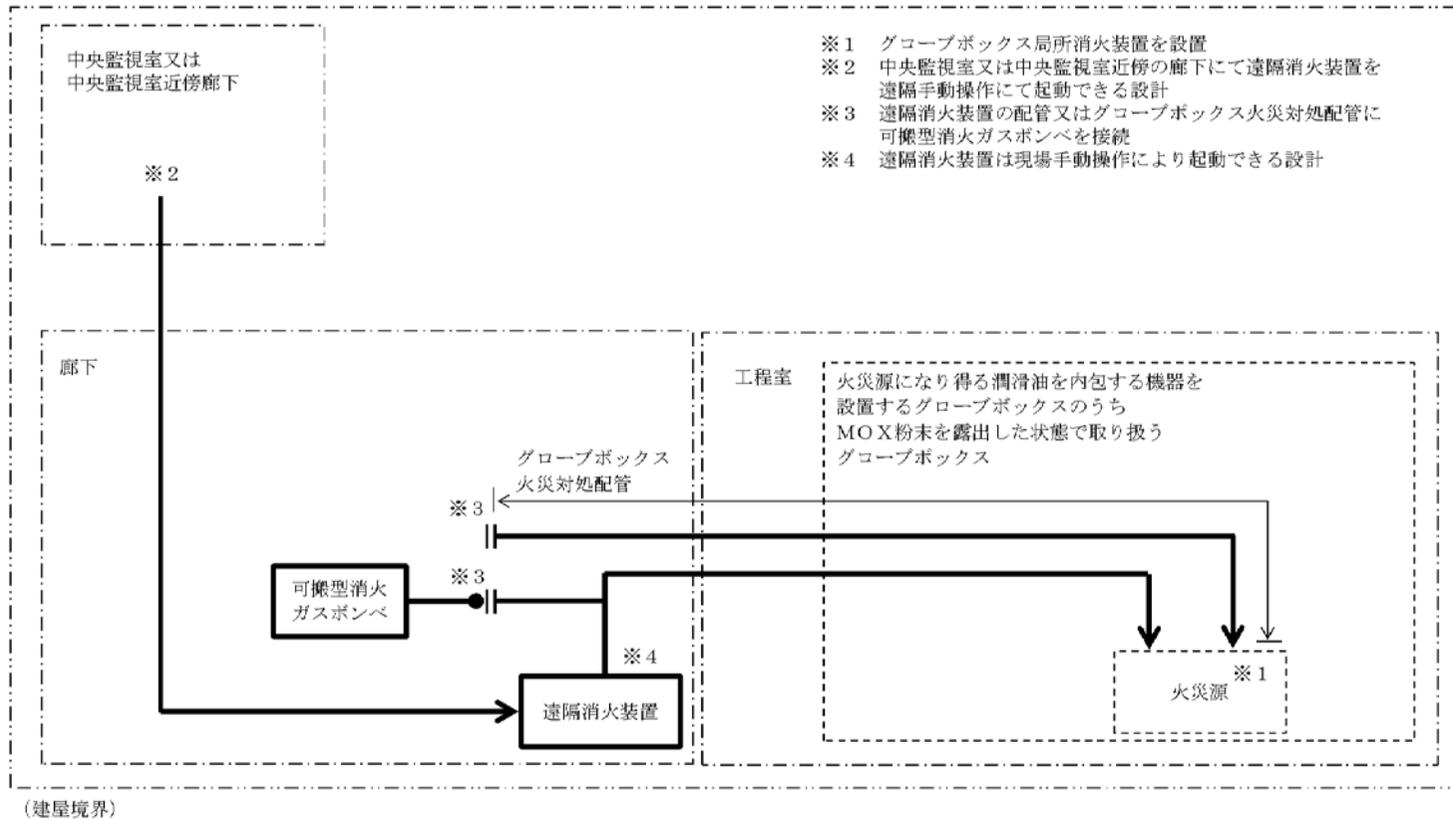
第6-1図 「火災による閉じ込める機能の喪失」への対策の概要図(1/3)



第6-1図 「火災による閉じ込める機能の喪失」への対策の概要図 (2/3)

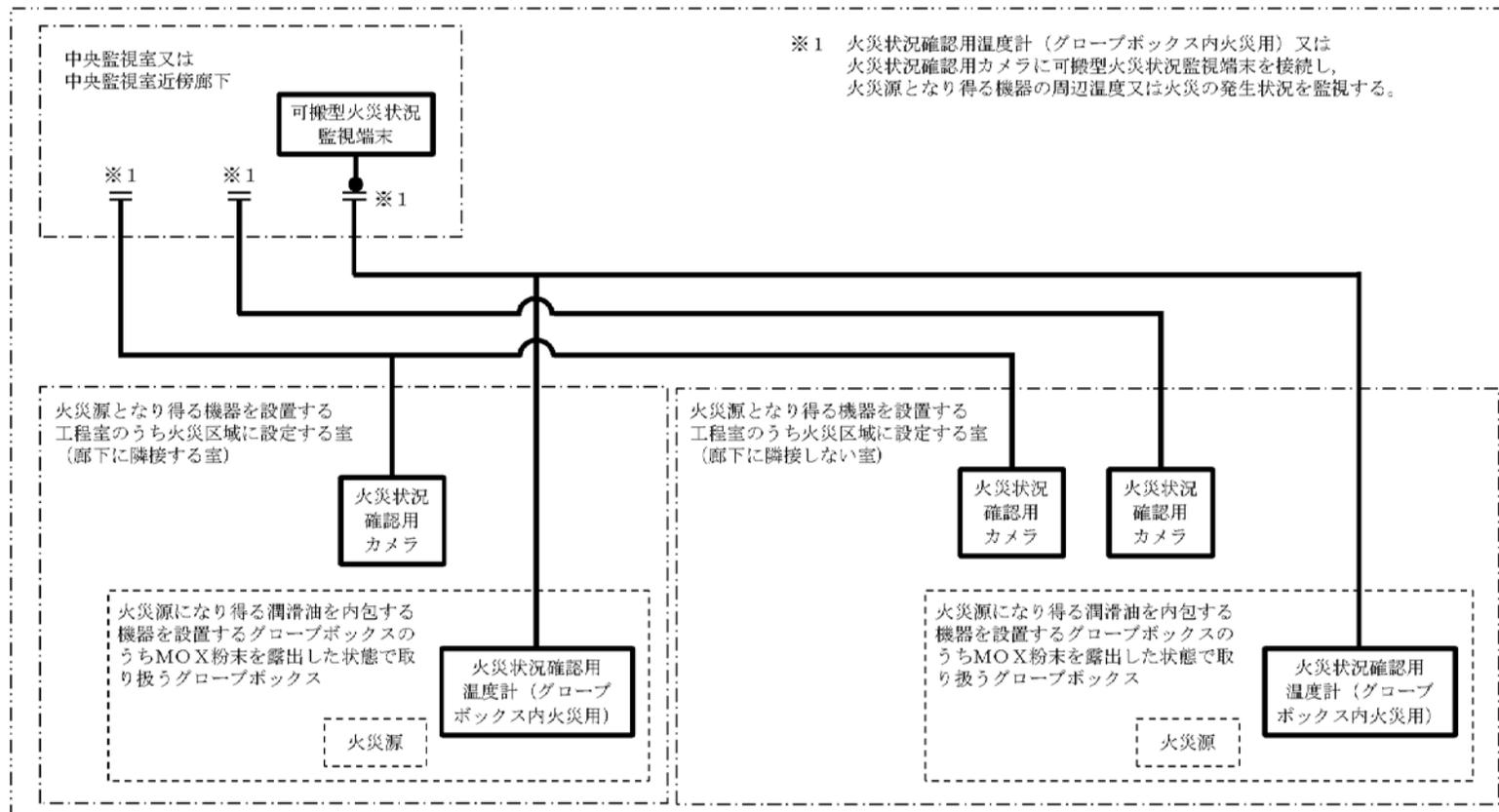


第6-1図 「火災による閉じ込める機能の喪失」への対策の概要図 (3/3)



第6-2図 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備の系統概要図

(飛散防止設備) (消火対策)



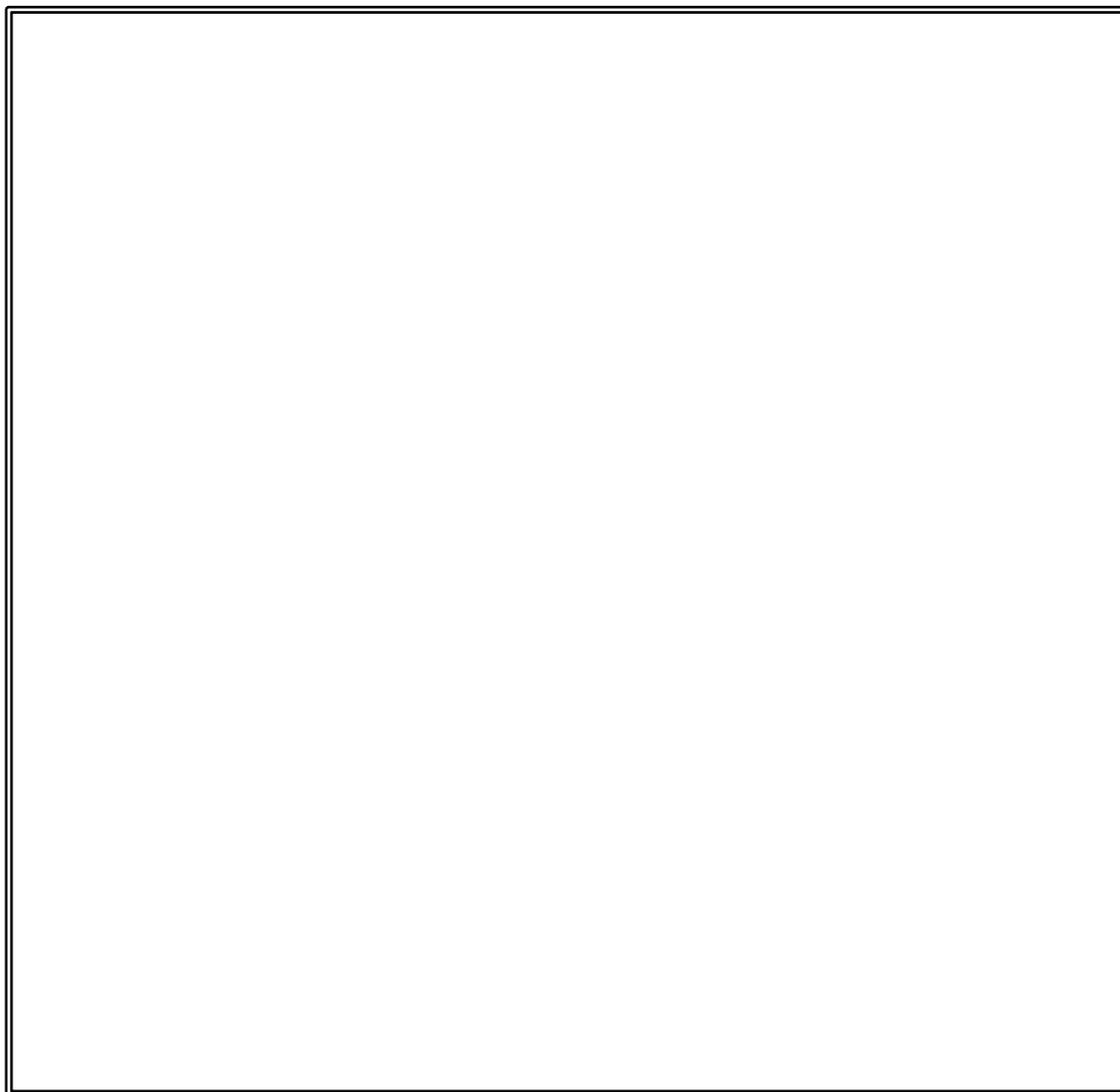
(建屋境界)

凡 例

- 配管，電路
- || 可搬型重大事故等対処設備と  
取り合う常設設備の接続口
- (太い実線) 重大事故等対処施設
- - - (破線) 本設備以外の設備

第 6 - 3 図 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備の系統概要図

(飛散防止設備) (火災状況監視)



## 【凡例】

—— : アクセスルート (第1ルート)

--- : アクセスルート (第2ルート)

- ※ 可搬型消火ガスボンベ及び可搬型工程室監視カメラは、廊下に保管する。
- ※ 遠隔消火装置及び可搬型消火ガスボンベによる消火剤供給操作は、廊下で実施する。
- ※ 予備開口に対する可搬型工程室監視カメラの挿入操作を廊下にて実施する。

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-4図 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地下3階)



**【凡例】**

—— : アクセスルート (第1ルート)

--- : アクセスルート (第2ルート)

※ 可搬型消火ガスボンベ及び可搬型工程室監視カメラは、廊下に保管する。

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-5図 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地下2階)



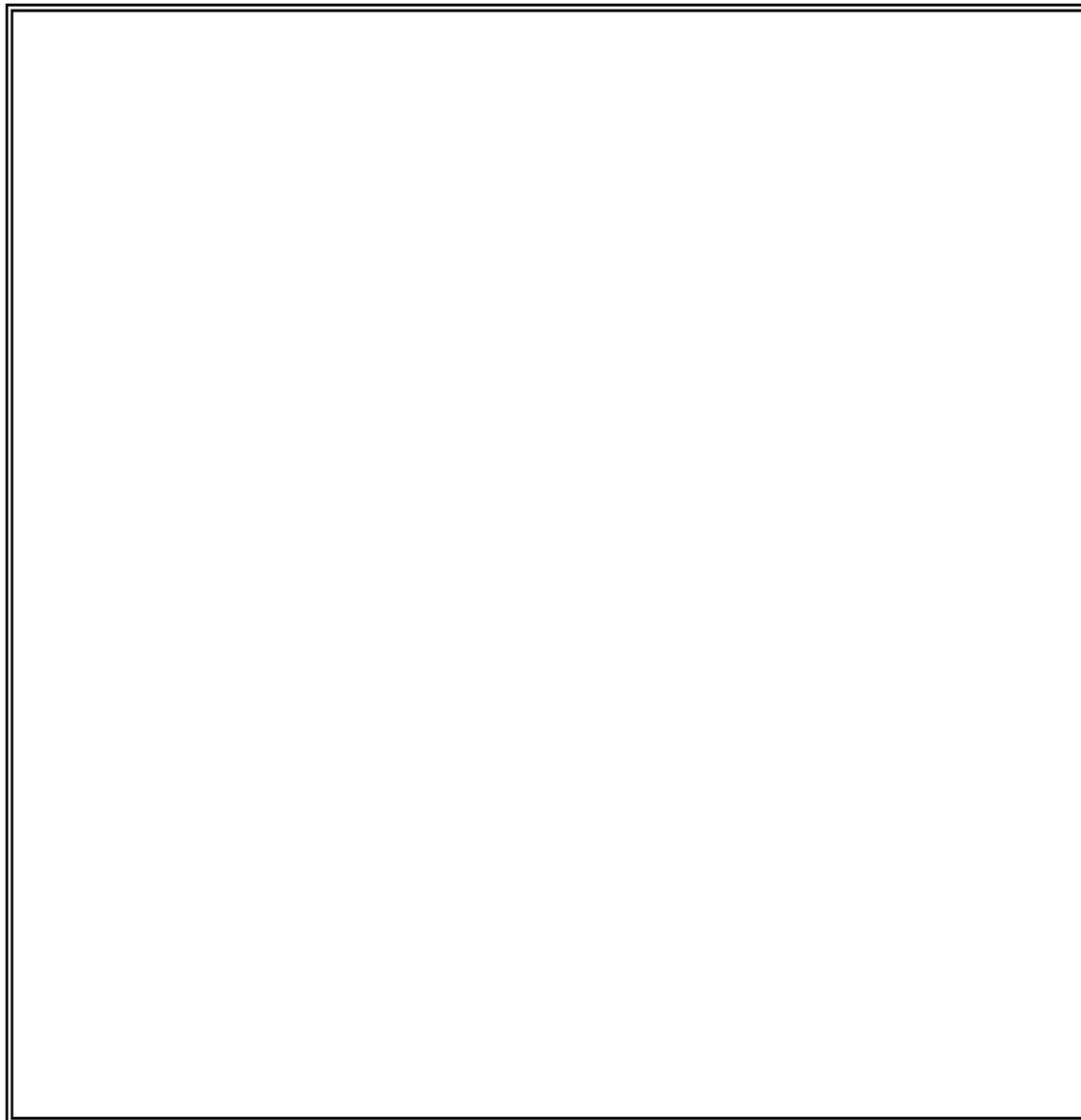
**【凡例】**

- : アクセスルート (第1ルート)
- - - : アクセスルート (第2ルート)
-  : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

※1 排風機入口手動ダンパの手動閉止操作

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-6図 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地下1階)

**【凡例】**

—— : アクセスルート (第1ルート)

--- : アクセスルート (第2ルート)

 : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

※1 給排気閉止ダンパの可搬型ガスボンベ接続による手動閉止操作

※2 電源の遮断操作

※ 遠隔消火装置による遠隔手動消火操作は、中央監視室又はその近傍にて実施する。

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-7図 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地上1階)



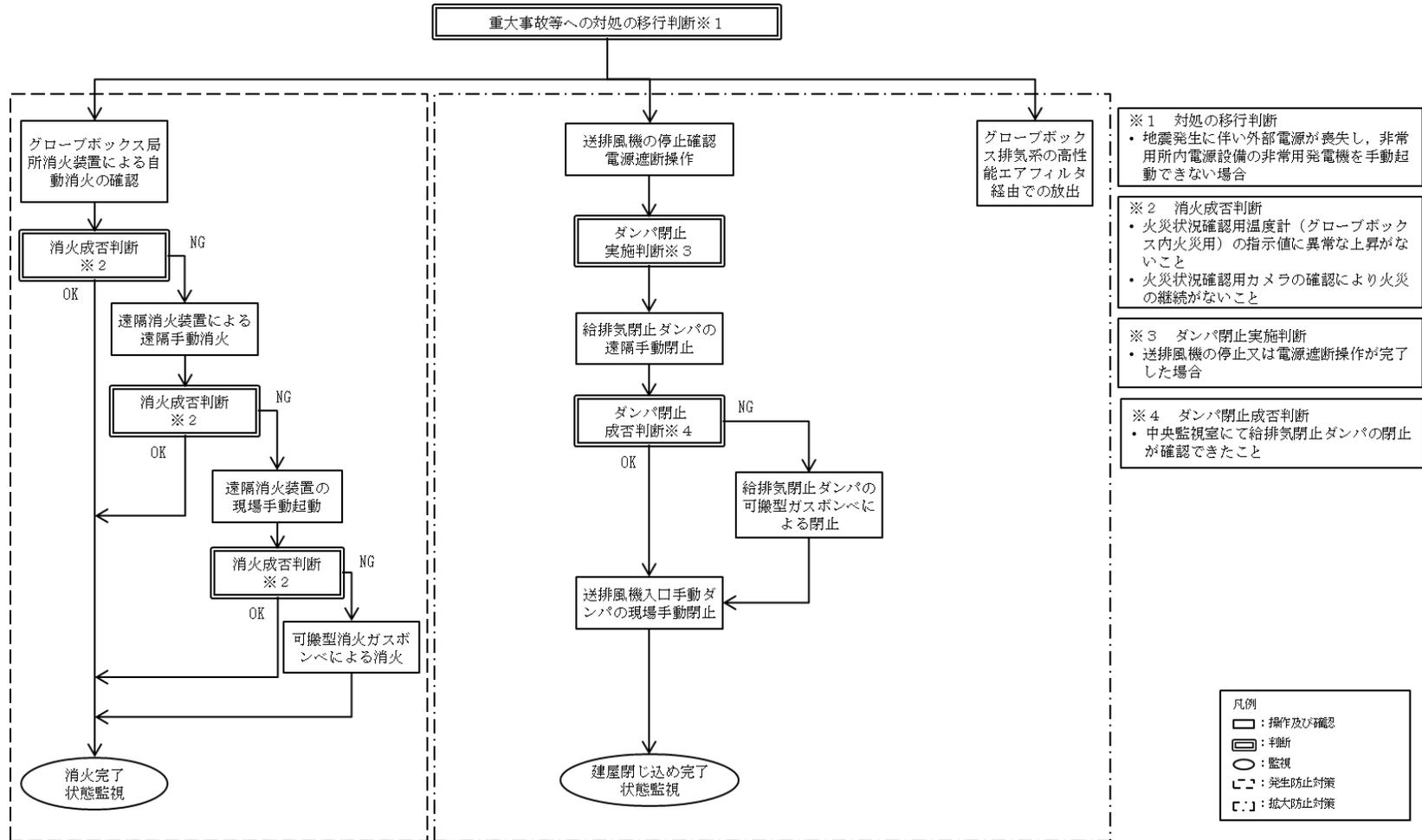
**【凡例】**

- : アクセスルート (第1ルート)
- - - : アクセスルート (第2ルート)
-  : 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1 送風機入口手動ダンパの手動閉止操作

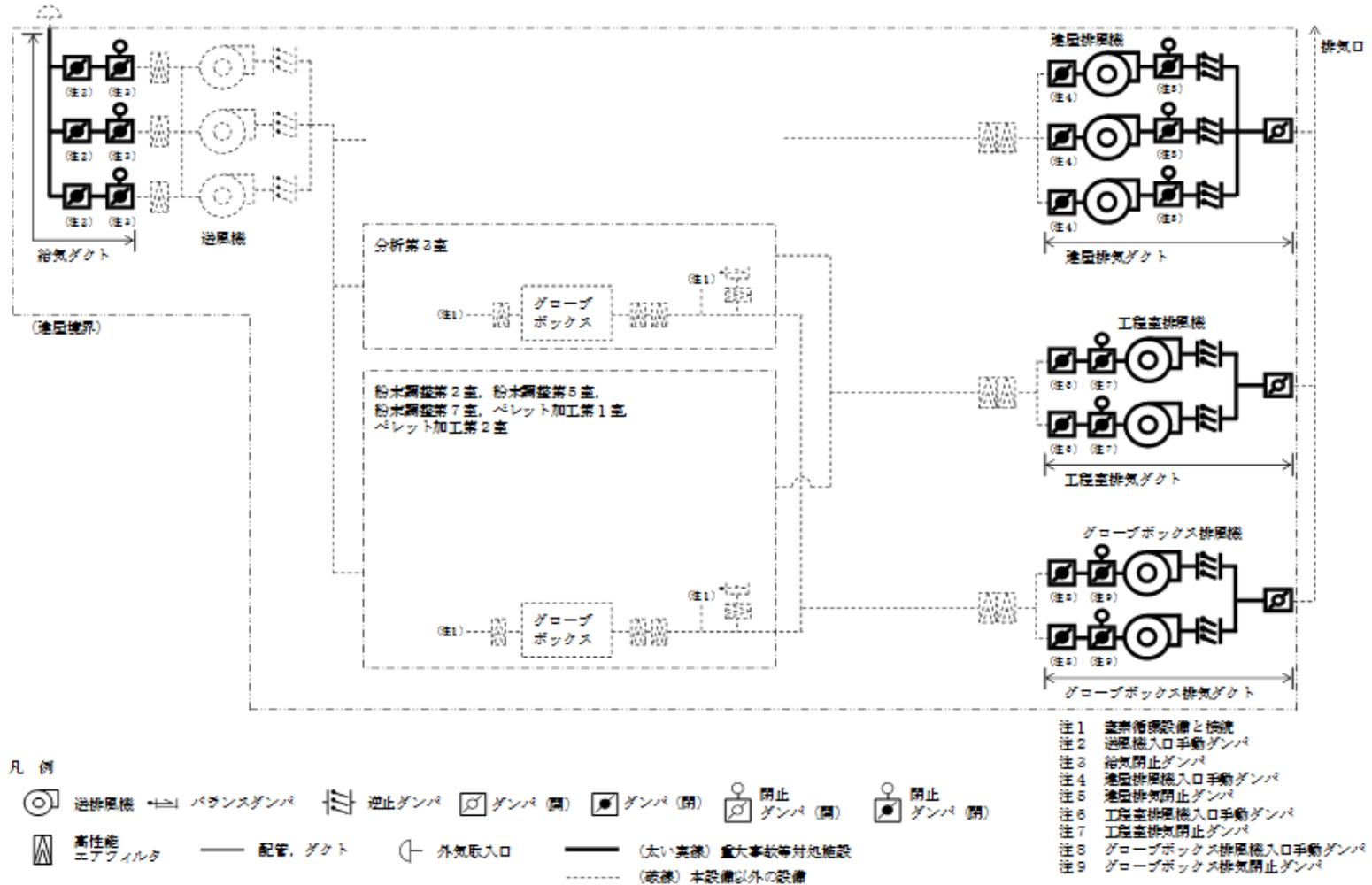
 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-8図 「火災による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地上2階)

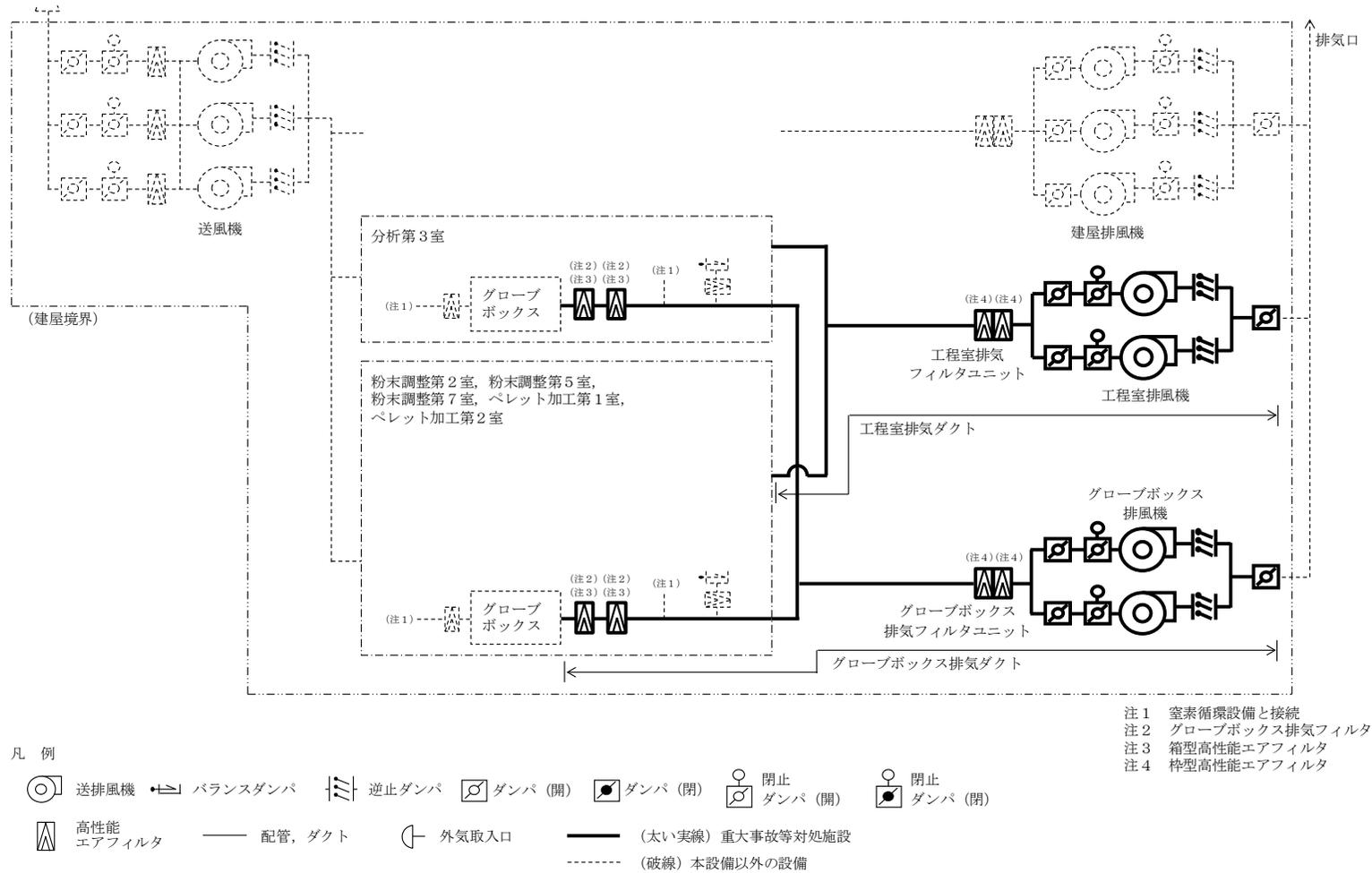


第6-9図 「地震発生による全交流電源の喪失を伴う火災による閉じ込める機能の喪失」の  
対策の手順の概要



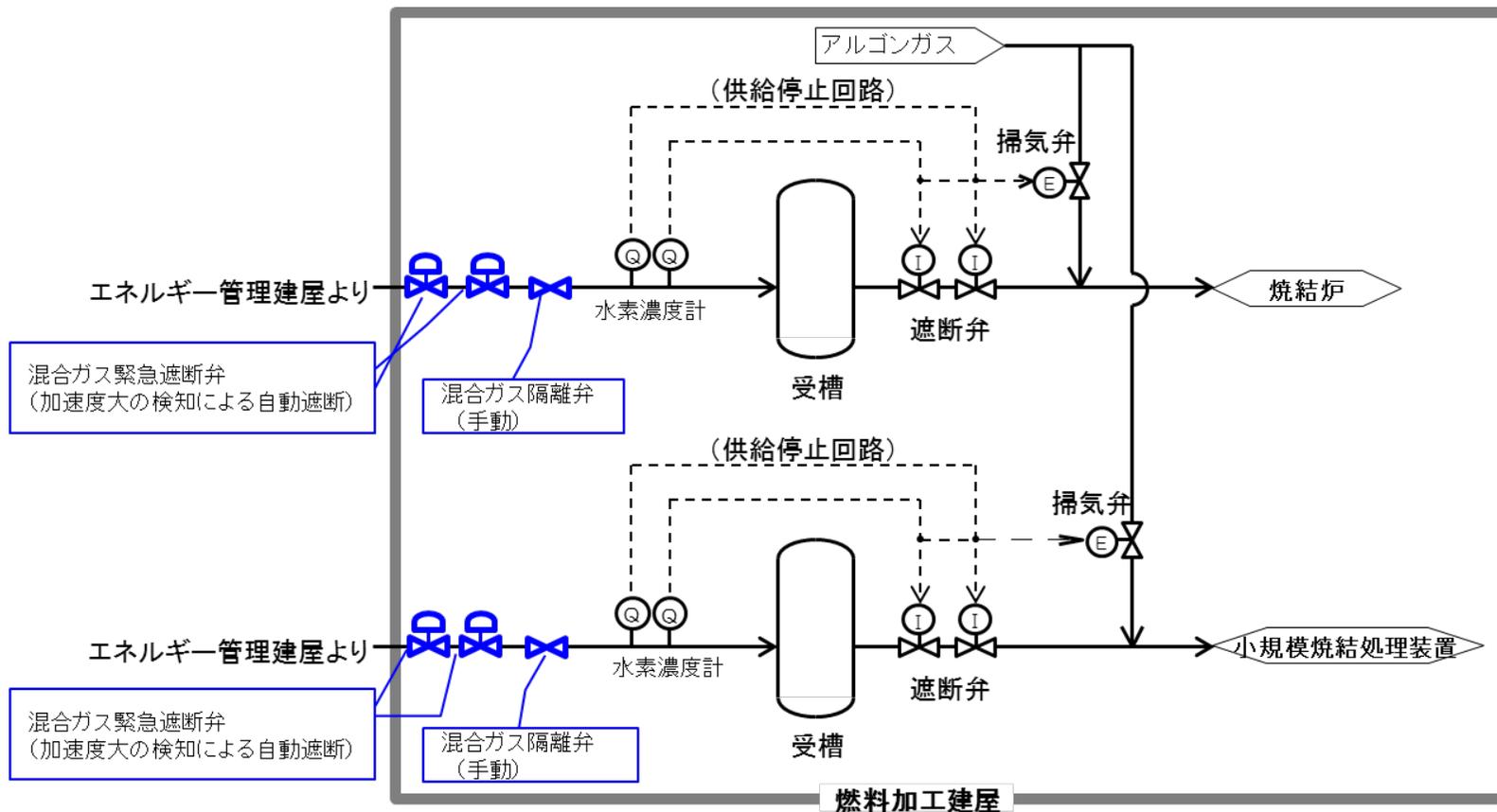


第 6 - 11 図 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備の系統概要図（漏えい防止設備）



第6-12図 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備の系統概要図 (外部への放出量低減)



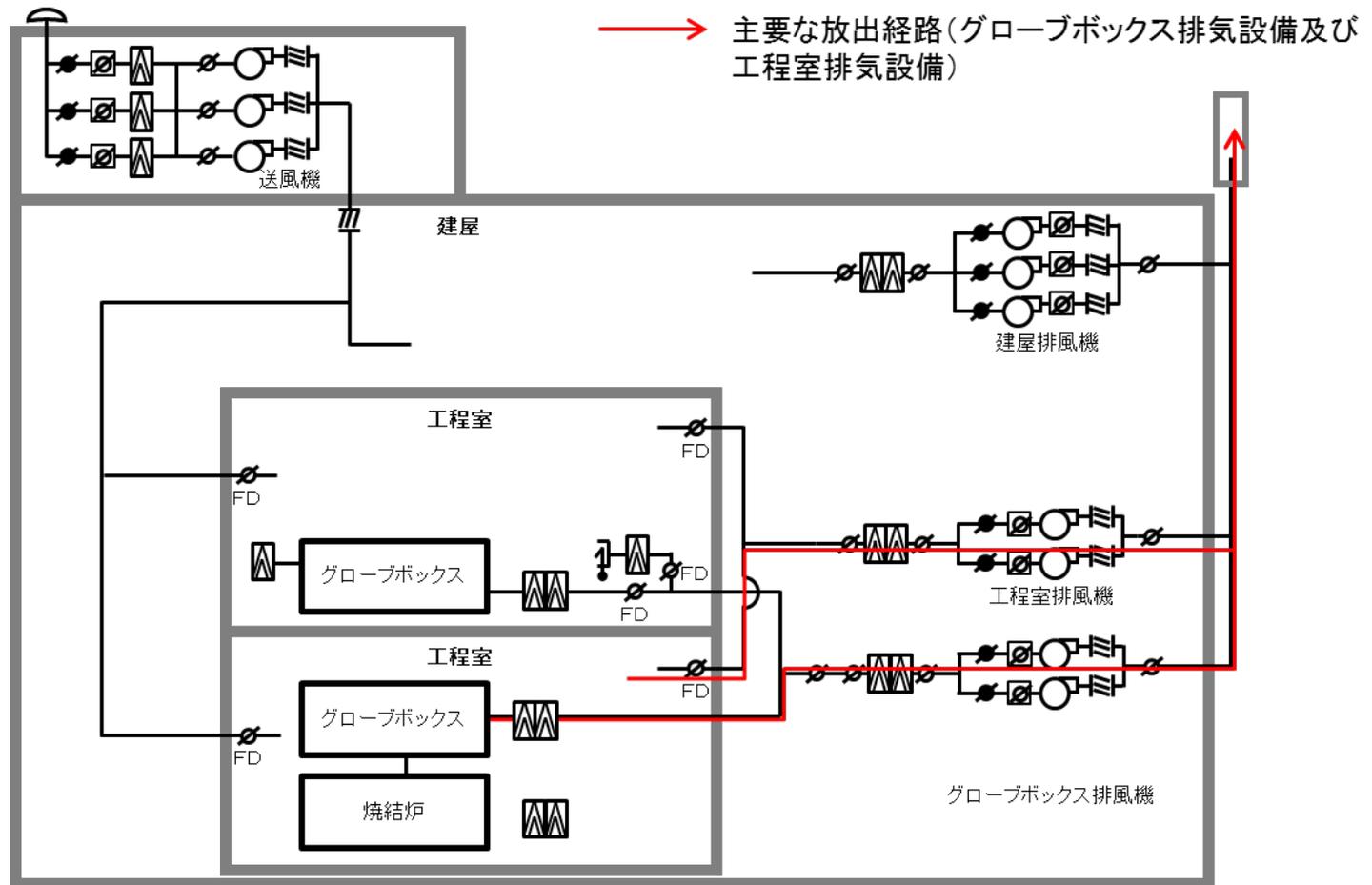


第6-14図 「爆発による閉じ込める機能の喪失」への対策の概要図 (1/3)

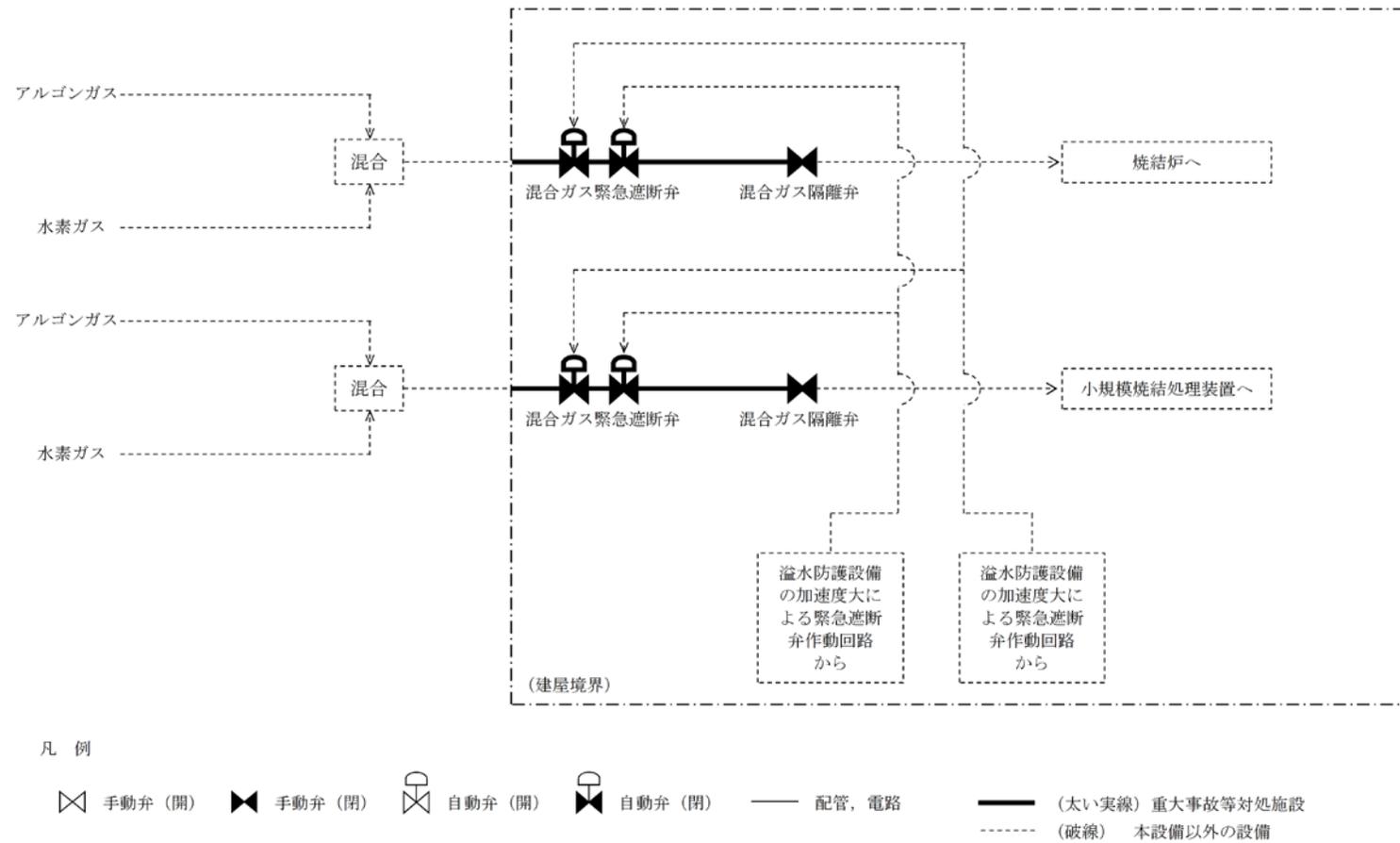


【凡例】

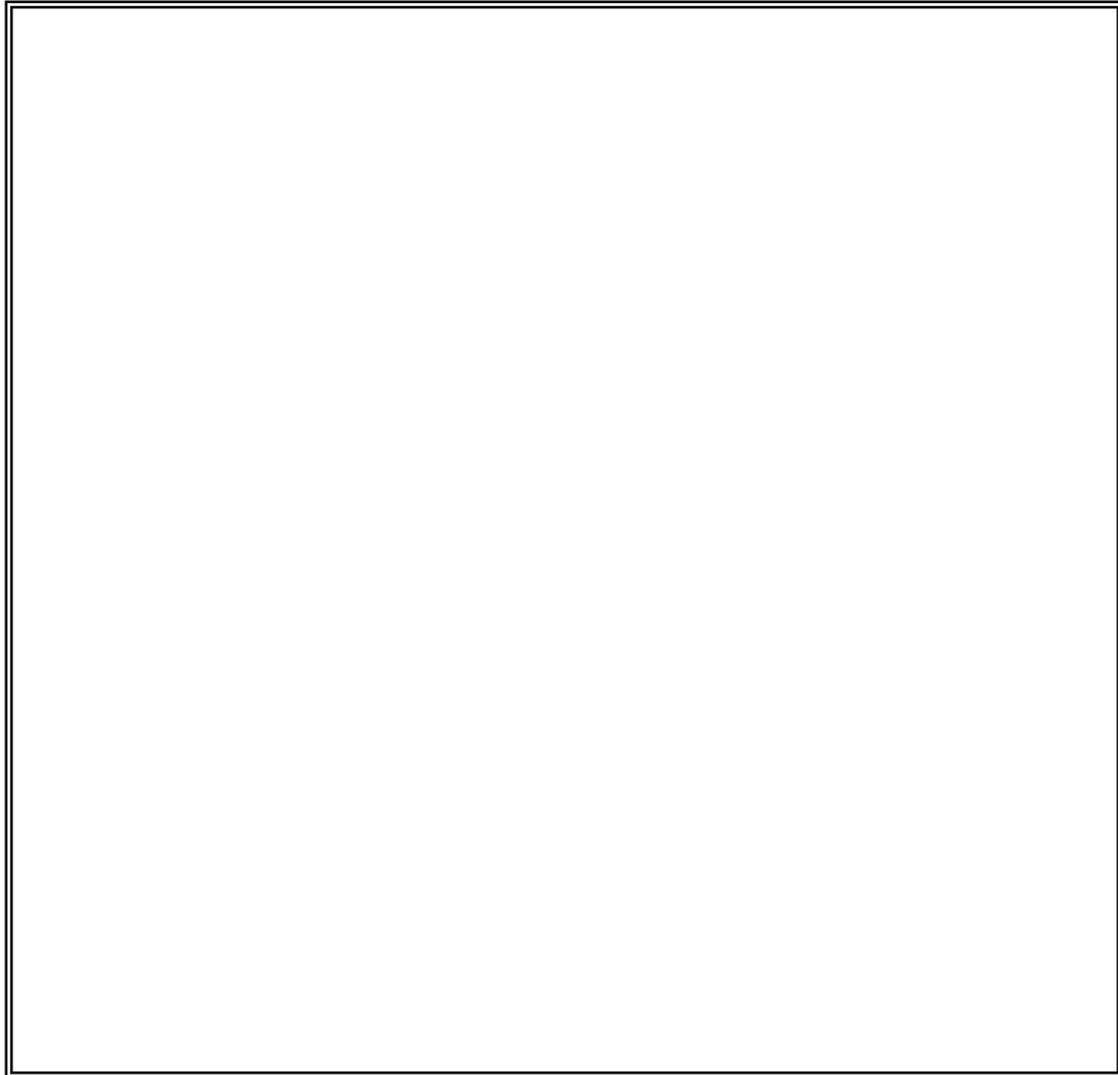
-  : 延焼防止ダンパ  
FD
-  : 高性能エアフィルタ
-  : 手動ダンパ「開」
-  : 手動ダンパ「閉」
-  : 給排気閉止ダンパ  
(遠隔手動)
-  : 逆止ダンパ
-  : バランスダンパ



第6-14図 「爆発による閉じ込める機能の喪失」への対策の概要図 (3 / 3)



第6-15図 閉じ込める機能の喪失に対処するための設備の系統概要図 (飛散防止設備)  
 (水素・アルゴン混合ガスの供給遮断)



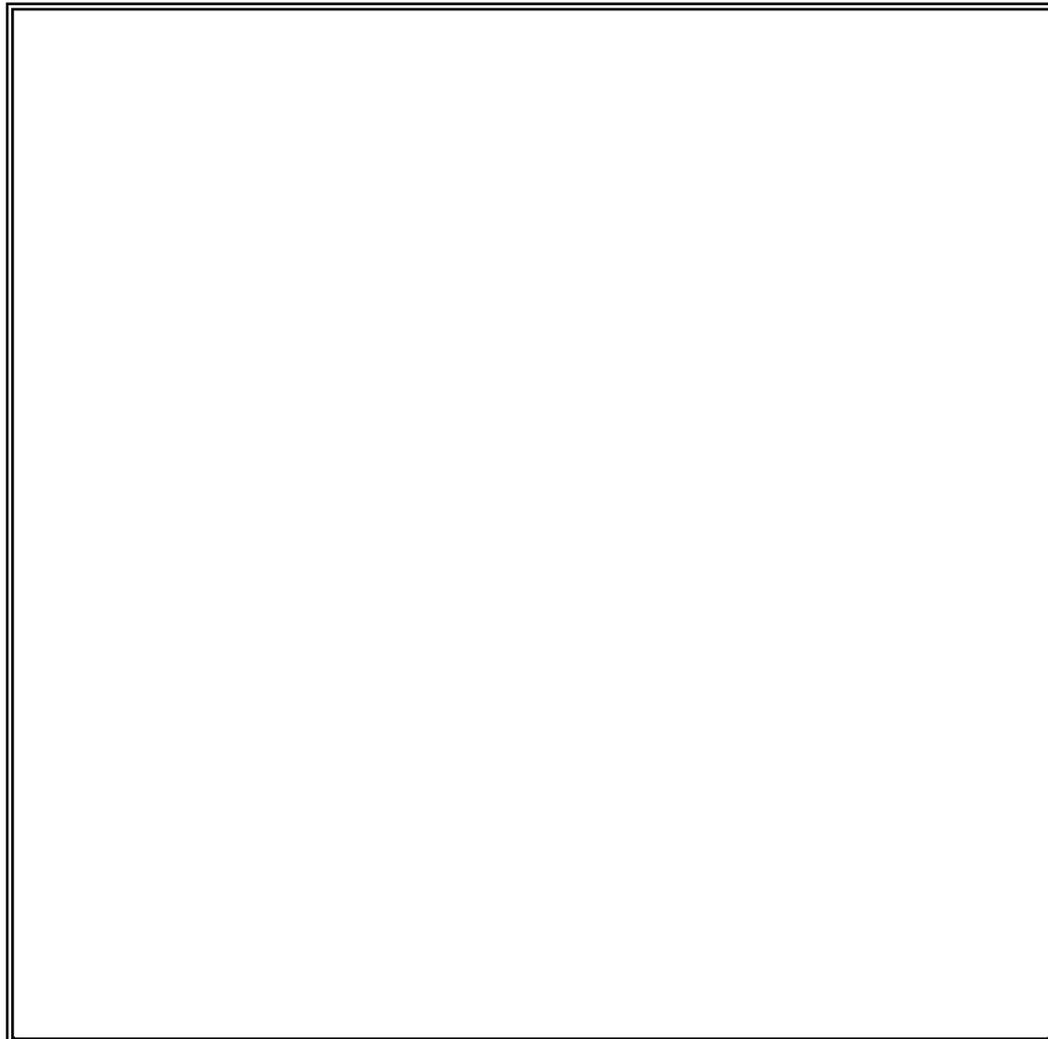
**【凡例】**

- : アクセスルート (第1ルート)
- - - : アクセスルート (第2ルート)
-  : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

※1 排風機入口手動ダンパの手動閉止操作

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-16図 「爆発による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地下1階)



**【凡例】**

- : アクセスルート (第1ルート)
- - - : アクセスルート (第2ルート)
-  : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

- ※1 給排気閉止ダンパの可搬型ガスボンベ  
接続による手動閉止操作
- ※2 電源の遮断操作
- ※3 混合ガス隔離弁の手動閉止操作

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-17図 「爆発による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地上1階)



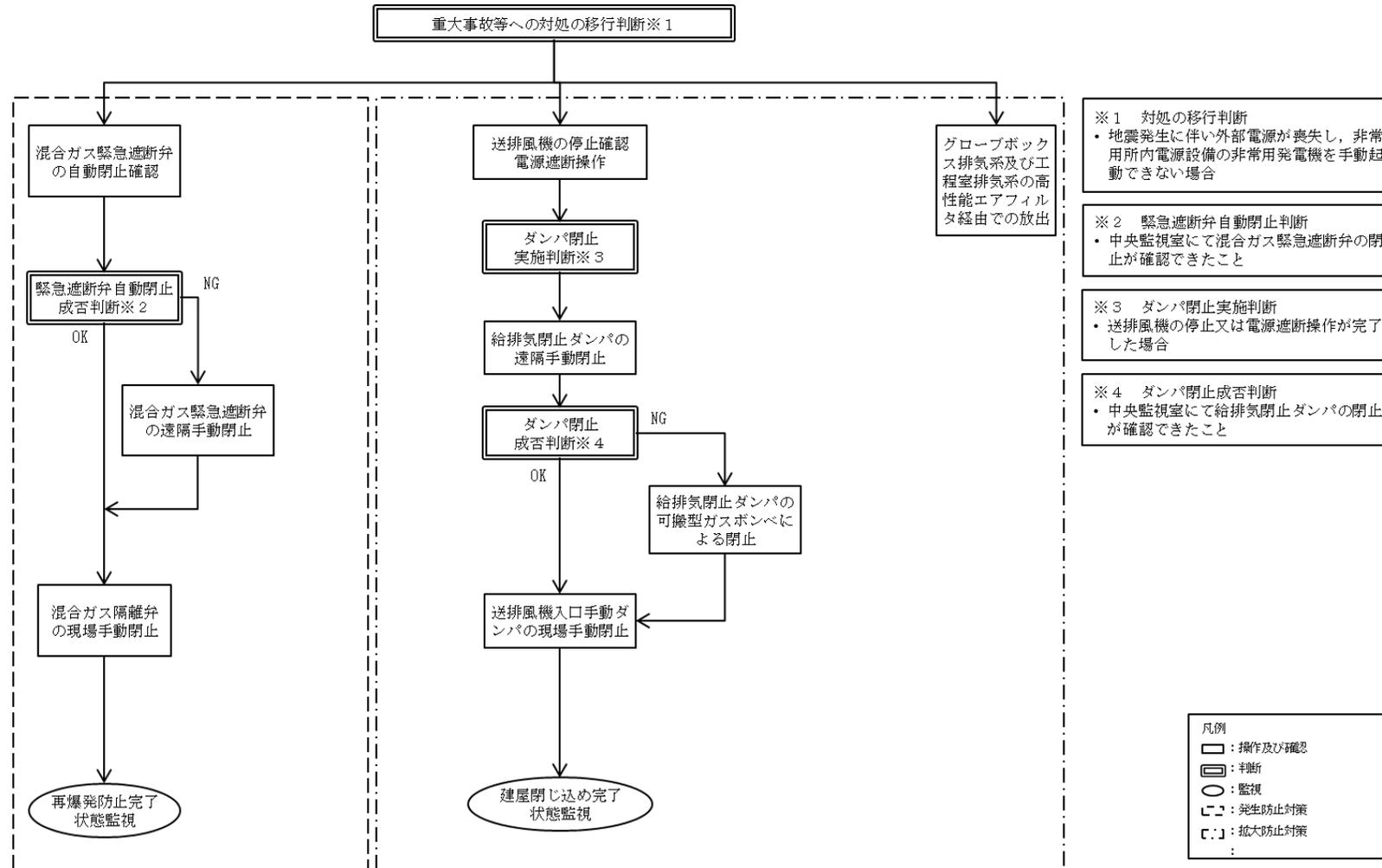
**【凡例】**

- : アクセスルート (第1ルート)
- - - : アクセスルート (第2ルート)
-  : 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1 送風機入口手動ダンパの手動閉止操作

 については核不拡散上の観点から公開できません。

第6-18図 「爆発による閉じ込める機能の喪失」の対策のアクセスルート (燃料加工建屋 地上2階)



第6-19 図 「地震発生による全交流電源の喪失を伴う爆発による閉じ込める機能の喪失」の対策の手順の概要



第6-1表 重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス一覧

部屋名称	グローブボックス名称	インベントリ (kg・Pu)	対象グローブボックスの部 屋毎の合計インベントリ (kg・Pu)
粉末調整第2室	予備混合装置グローブボックス	28.8	28.8
粉末調整第5室	均一化混合装置グローブボックス	53.7	74.0
	造粒装置グローブボックス	20.3	
粉末調整第7室	回収粉末処理・混合装置グローブボックス	39.7	39.7
ペレット加工第1室	添加剤混合装置Aグローブボックス	33.0	143.8
	プレス装置A（プレス部）グローブボックス	38.9	
	添加剤混合装置Bグローブボックス	33.0	
	プレス装置B（プレス部）グローブボックス	38.9	

第6-2表 「火災による閉じ込める機能の喪失」の発生防止対策の手順と重大事故等対処施設（1/2）

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設	
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備
a.	発生防止対策の準備の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震発生に伴い、<u>重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る監視機能が喪失した場合、重大事故等への対処として以下のb.に移行する。</u>また、<u>地震発生に伴い、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る警報が発報した場合においても、同様に重大事故等への対処として以下のb.に移行する。</u></li> </ul>	—	—
b.	火災状況の監視及び消火活動の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型火災状況監視端末を、火災状況確認用温度計及び火災状況確認用カメラと接続する。</li> <li>中央監視室又は中央監視室近傍廊下にて、火災状況確認用温度計及び火災状況確認用カメラにより、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスの火災状況及びグローブボックス局所消火装置の起動状況を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス局所消火装置</li> <li>火災状況確認用温度計</li> <li>火災状況確認用カメラ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型火災状況監視端末</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>上記の監視の結果、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスにおける火災の継続を確認した場合は、以下のc.に移行する。</li> </ul>	—	—
c.	遠隔消火装置の遠隔手動起動操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記b.にて、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスにおける火災の継続を確認した場合、中央監視室又は中央監視室近傍廊下にて、当該箇所の遠隔消火装置を遠隔手動操作により起動する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔消火装置</li> </ul>	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>上記の遠隔消火装置の遠隔手動操作による起動に失敗した場合は、以下のd.に移行する。</li> </ul>	—	—

第6-2表 「火災による閉じ込める機能の喪失」の発生防止対策の手順と重大事故等対処施設（2/2）

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設	
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備
d.	遠隔消火装置の現場手動起動操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程室外の廊下にて，遠隔消火装置を現場手動操作により起動する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔消火装置</li> </ul>	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>上記の遠隔消火装置の現場手動操作による起動に失敗した場合は，以下のe.に移行する。</li> </ul>	—	—
e.	廊下からの状況確認及び消火活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程室外の廊下にて，遠隔消火装置又はグローブボックス火災対処配管の接続口に可搬型消火装置を接続し，消火剤を噴射する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔消火装置</li> <li>グローブボックス火災対処配管</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型消火ガスボンベ</li> </ul>
f.	火災状況の継続監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災状況を継続監視する。</li> <li>室内の状況を確認できない場合は，予備開口から可搬型工程室監視カメラを挿入し，室内の状況を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災状況確認用温度計</li> <li>火災状況確認用カメラ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型工程室監視カメラ</li> <li>可搬型火災状況監視端末</li> </ul>

第6-3表 「地震発生による全交流電源の喪失を伴う火災による閉じ込める機能の喪失」に対する設備

事象	対策	重大事故等対処施設			常設, 可搬型の区分
火災	発生防止対策	閉じ込める機能の喪失に対処するための設備	飛散防止設備	グローブボックス局所消火装置	常設
				遠隔消火装置	常設
				グローブボックス火災対処配管	常設
				火災状況確認用温度計 (グローブボックス内火災用)	常設
				火災状況確認用カメラ	常設
				可搬型消火ガスボンベ	可搬型
				可搬型工程室監視カメラ	可搬型
				可搬型火災状況監視端末	可搬型
	拡大防止対策		漏えい防止設備	給気閉止ダンパ	常設
				グローブボックス排気閉止ダンパ	常設
				工程室排気閉止ダンパ	常設
				建屋排気閉止ダンパ	常設
				送風機入口手動ダンパ	常設
				グローブボックス排風機入口手動ダンパ	常設
				工程室排風機入口手動ダンパ	常設
				建屋排風機入口手動ダンパ	常設
				グローブボックス排気ダクト	常設
				グローブボックス排風機	常設
				工程室排気ダクト	常設
				工程室排風機	常設
				建屋排気ダクト	常設
				建屋排風機	常設
				給気ダクト	常設
放出影響緩和設備	放出影響緩和設備	グローブボックス排気フィルタ	常設		
		グローブボックス排気フィルタユニット	常設		
		グローブボックス排気ダクト	常設		
		グローブボックス排風機	常設		

第6-4表 「火災による閉じ込める機能の喪失」の拡大防止対策の手順と重大事故等対処施設

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設	
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備
a.	拡大防止対策の準備の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震発生に伴い、中央監視室に表示される加速度計の指示値が、基準地震動相当の加速度であることを確認した場合、中央監視室より送排風機停止及び給排気閉止ダンパ閉止の操作を行う。また、<u>地震発生に伴い、重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る監視機能が喪失した場合又は重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス内の火災に係る警報が発報した場合は、重大事故等への対処として以下のb.、c.及びd.に移行する。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス排気閉止ダンパ</li> <li>工程室排気閉止ダンパ</li> <li>建屋排気閉止ダンパ</li> <li>給気閉止ダンパ</li> </ul>	—
b.	電源の遮断操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央監視室より送排風機停止操作ができない場合は、非常用電気A室及び非常用電気B室にて、手動遮断操作を行う。</li> </ul>	—	—
c.	給排気閉止ダンパの遠隔手動閉止	<ul style="list-style-type: none"> <li>全交流電源喪失により中央監視室より給排気閉止ダンパ閉止の操作ができない場合は、中央監視室近傍にて、可搬型ガスボンベを接続してガスを供給することで閉止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス排気閉止ダンパ</li> <li>工程室排気閉止ダンパ</li> <li>建屋排気閉止ダンパ</li> <li>給気閉止ダンパ</li> </ul>	—
d.	送排風機入口手動ダンパの現場手動閉止	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記c.の対策の成否に係らず、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建屋排風機入口手動ダンパを排風機室にて手動閉止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス排風機入口手動ダンパ</li> <li>工程室排風機入口手動ダンパ</li> <li>建屋排風機入口手動ダンパ</li> </ul>	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>上記c.の対策の成否に係らず、送風機入口手動ダンパを給気機械・フィルタ室にて手動閉止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>送風機入口手動ダンパ</li> </ul>	—

第6-5表 「地震発生による全交流電源の喪失を伴う火災による閉じ込める機能の喪失」時の放射性物質の放出量

核種	放出量 (Bq)
Pu-238	$1 \times 10^8$
Pu-239	$6 \times 10^6$
Pu-240	$1 \times 10^7$
Pu-241	$2 \times 10^9$
Am-241	$2 \times 10^7$

第6-6表 爆発の発生を想定する機器一覧

部屋名称	機器名称
ペレット加工第2室	焼結炉 A
	焼結炉 B
	焼結炉 C
分析第3室	小規模焼結処理装置

第6-7表 「爆発による閉じ込める機能の喪失」の発生防止対策の手順と重大事故等対処施設

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設	
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備
a.	発生防止対策の準備の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震発生に伴い、混合ガス緊急遮断弁が自動閉止したことを中央監視室にて確認する。混合ガス緊急遮断弁が自動閉止しない場合は、中央監視室にて遠隔閉止操作を行う。また、<u>地震発生に伴い、焼結炉等の爆発に係る監視機能が喪失した場合、重大事故等への対処として以下のb.に移行する。</u>また、地震発生に伴い、<u>焼結炉等の爆発に係る警報が発報した場合においても、同様に重大事故等への対処として以下のb.に移行する。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合ガス緊急遮断弁</li> </ul>	—
b.	混合ガス隔離弁の現場手動閉止操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合ガス隔離弁を地上1階にて、現場での手動閉止操作を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合ガス隔離弁</li> </ul>	—

第6-8表 「地震発生による全交流電源の喪失を伴う爆発による閉じ込める機能の喪失」に対する設備

事象	対策	重大事故等対処施設			常設, 可搬型の区分	
爆発	発生防止対策	閉じ込める機能の喪失に対処するための設備	飛散防止設備	混合ガス緊急遮断弁	常設	
				混合ガス隔離弁	常設	
	拡大防止対策		漏えい防止設備	給気閉止ダンパ	常設	
				グローブボックス排気閉止ダンパ	常設	
				工程室排気閉止ダンパ	常設	
				建屋排気閉止ダンパ	常設	
				送風機入口手動ダンパ	常設	
				グローブボックス排風機入口手動ダンパ	常設	
				工程室排風機入口手動ダンパ	常設	
				建屋排風機入口手動ダンパ	常設	
				グローブボックス排気ダクト	常設	
				グローブボックス排風機	常設	
				工程室排気ダクト	常設	
				工程室排風機	常設	
				建屋排気ダクト	常設	
				建屋排風機	常設	
				給気ダクト	常設	
				放出影響緩和設備	グローブボックス排気フィルタ	常設
					グローブボックス排気フィルタユニット	常設
					工程室排気フィルタユニット	常設
					工程室排気ダクト	常設
	グローブボックス排気ダクト		常設			
	グローブボックス排風機		常設			
工程室排風機	常設					

第6-9表 「爆発による閉じ込める機能の喪失」の拡大防止対策の手順と重大事故等対処施設

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設	
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備
a.	拡大防止対策の準備の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震発生に伴い、中央監視室に表示される加速度計の指示値が、基準地震動相当の加速度であることを確認した場合、中央監視室より送排風機停止及び給排気閉止ダンパ閉止の操作を行う。また、<u>地震発生に伴い、焼結炉等の爆発に係る監視機能が喪失した場合又は焼結炉等の爆発に係る警報が発報した場合は、</u>重大事故等への対処として以下のb., c.及びd.に移行する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス排気閉止ダンパ</li> <li>工程室排気閉止ダンパ</li> <li>建屋排気閉止ダンパ</li> <li>給気閉止ダンパ</li> </ul>	—
b.	電源の遮断操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央監視室より送排風機停止操作ができない場合は、非常用電気A室及び非常用電気B室にて、手動遮断操作を行う。</li> </ul>	—	—
c.	給排気閉止ダンパの遠隔手動閉止	<ul style="list-style-type: none"> <li>全交流電源喪失により中央監視室より給排気閉止ダンパ閉止の操作ができない場合は、中央監視室近傍にて、可搬型ガスポンペを接続してガスを供給することで閉止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス排気閉止ダンパ</li> <li>工程室排気閉止ダンパ</li> <li>建屋排気閉止ダンパ</li> <li>給気閉止ダンパ</li> </ul>	—
d.	送排風機入口手動ダンパの現場手動閉止	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記c.の対策の成否に係らず、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建屋排風機入口手動ダンパを排風機室にて手動閉止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス排風機入口手動ダンパ</li> <li>工程室排風機入口手動ダンパ</li> <li>建屋排風機入口手動ダンパ</li> </ul>	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>上記c.の対策の成否に係らず、送風機入口手動ダンパを給気機械・フィルタ室にて手動閉止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>送風機入口手動ダンパ</li> </ul>	—

第6-10表 「地震発生による全交流電源の喪失を伴う爆発による閉じ込める機能の喪失」時の放射性物質の放出量

核種	放出量 (Bq)
Pu-238	$3 \times 10^8$
Pu-239	$2 \times 10^7$
Pu-240	$3 \times 10^7$
Pu-241	$7 \times 10^9$
Am-241	$8 \times 10^7$

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト  
第22条: 重大事故等の拡大の防止等(6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処)

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料6-1	本施設における火災及び爆発の特徴	3/9	1	
補足説明資料6-2	冷却期間の変更における影響	3/9	0	
補足説明資料6-3	火災の消火について	3/9	1	
補足説明資料6-4	重大事故等への対処に使用する設備の有効性について	3/9	1	
補足説明資料6-5	事態の収束までの放出量評価及び被ばく線量評価	12/26	0	
補足説明資料6-6	不確かさの設定について	3/9	2	
補足説明資料6-7	要員及び資源等の評価			1章 基準適合性に記載したため。

令和2年3月9日 R1

## 補足説明資料6-1 (22条)

## MOX燃料加工施設における火災及び爆発の特徴について

### 1. MOX燃料加工施設における火災の特徴について

MOX燃料加工施設においてMOX粉末又はグリーンペレットを取り扱うグローブボックス、乾燥後のペレットを取り扱うグローブボックス及び分析設備を収納する一部のグローブボックスは、窒素ガス雰囲気で行う。このため、窒素ガス雰囲気下において火災は発生しない。

MOX燃料加工施設の燃料製造における加工工程は乾式工程であり、焼結処理で水素・アルゴン混合ガスを使用するほかには、有機溶媒等の可燃性物質を多量に取り扱う工程はないことから有機溶媒等による大規模な火災は発生しない。また、機械の摺動部は潤滑油を用いるが、引火点が200℃と比較的高く、容易に引火するものではない。

核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備及び機器は、不燃性又は難燃性材料を使用することから、核燃料物質を取り扱うグローブボックス等の設備及び機器による大規模な火災は起こらない。ただし、MOX燃料加工施設の運転に必要な可燃性物質は、火災防護の対策を講じたうえで使用する。

燃料加工建屋には6.9kVで受電し、各設備に必要な電圧に変圧器で降圧して使用する。このため、工程室内の設備及び機器のうち、焼結炉等を除くものについては、アーク放電不良による大規模な電気火災のリスクは小さい。

これらのMOX燃料加工施設における火災の特徴に関連する設計及び運用について、以下に示す。

## 1.1 核燃料物質の形態とグローブボックス内雰囲気の整理

グローブボックス内で取り扱う核燃料物質の形態と、それらグローブボックス内における雰囲気を 1.1-1 図及び 1.1-2 図に示す。



燃料加工建屋 地下3階

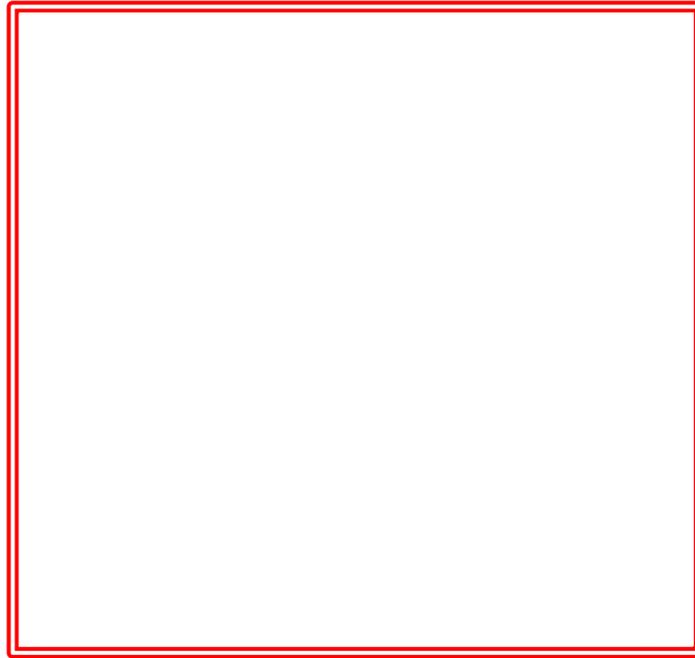
取扱形態	
	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室
	ペレットを主に取り扱う室
	グリーンペレットを主に取り扱う室
	粉末を主に取り扱う室

- :窒素循環型GB
- :窒素貫流型GB
- :空気雰囲気型GB

※1 排ガス処理装置GBは水素-アルゴン混合ガス雰囲気である焼結炉と接続されているGBであり、GB内雰囲気が焼結炉内に逆流しない設計とする。

□ については核不拡散上の観点から公開できません。

### 1.1-1 図 燃料加工建屋地下3階における核燃料物質の取扱形態及びグローブボックス内雰囲気



燃料加工建屋 地下2階

取扱形態	
	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室
	ペレットを主に取り扱う室
	グリーンペレットを主に取り扱う室
	粉末を主に取り扱う室

- : 窒素循環型GB
- : 窒素貫流型GB
- : 空気雰囲気型GB

※2 スタック乾燥装置はアルゴンガス雰囲気下でペレットの乾燥を行う装置であり、装置内で空気とアルゴンガス、アルゴンガスと窒素の置換を行う。

※3 挿入溶接装置GBと除染装置GBの境界は開口部を限定し、開口部にボールバルブを設けることで、GB内の雰囲気を管理する。

※4 小規模焼結炉排ガス処理装置GBは水素-アルゴン混合ガス雰囲気である小規模焼結処理装置と接続されているGBであり、GB内雰囲気が小規模焼結処理装置内に逆流しない設計とする。

※5 再生スクラップ焼結処理装置GBに接続するGBはシャッタを設けることで、GB内の雰囲気を管理する。

□ については核不拡散上の観点から公開できません。

## 1.1-2 図 燃料加工建屋地下2階における核燃料物質の取扱形態及びグローブボックス内雰囲気

### 1.2 グローブボックス内に持ち込む可燃性物質について

#### 1.2.1 アルコール、ウエス等

MOX燃料加工施設の各工程では、生産工程上、測定精度に係る設備及び機器を収納するグローブボックス又は除染に係る清掃

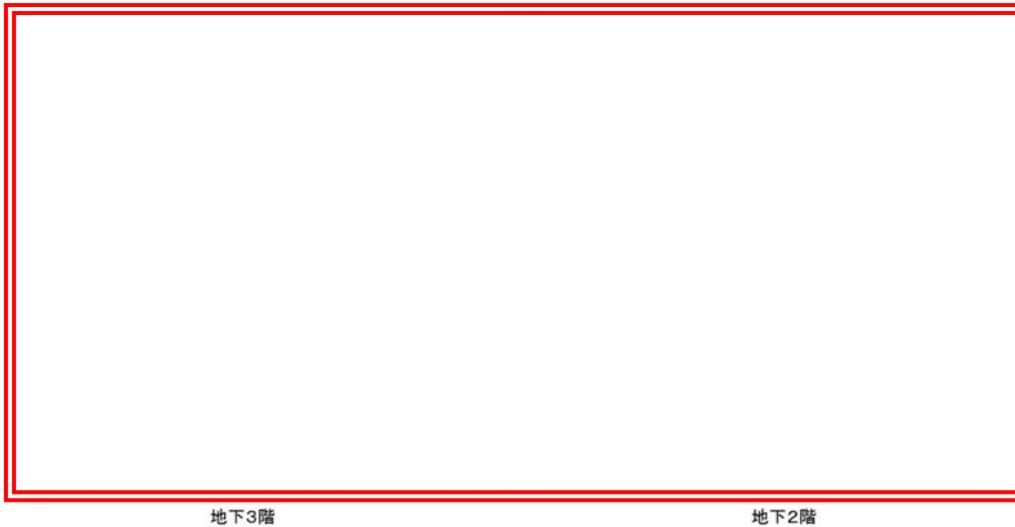
を必要とするグローブボックスにおいては、アルコール、ウエス等が高頻度で必要となる。これらのグローブボックスにおいて使用の都度、アルコール、ウエス等をバッグイン及びバッグアウトすることは困難であることから、グローブボックス内にアルコール、ウエス等を保管する必要がある。設備の運転のためにグローブボックス内にアルコール、ウエス等の可燃性物質を保管する必要がある場合は、可燃性物質を金属製の容器等に収納することで火災の発生を防止する。

アルコール、ウエス等を高頻度で使用するグローブボックスの配置を 1.2.1-1 図に示す。また、各工程におけるアルコール、ウエス等の使用例は以下のとおりである。

- ・ 試料瓶， 容器及び金型の拭き取り
- ・ ボールミルのボール清掃
- ・ 試作前の金型除染
- ・ レーザ測長器又は重量測定器の校正に用いるマスターペレットの拭き取り

なお、気送子， 試料瓶及びスミヤろ紙については可燃性物質量が少ないことから、万一、火災時に燃焼した場合であっても、グローブボックスへの影響は小さい。

凡例			
■	アルコール、ウエス等を高頻度で使用するグローブボックス	■	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室
■	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室	■	ペレットを主に取り扱う室
■	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室	■	グリーンペレットを主に取り扱う室
■	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室	■	粉末を主に取り扱う室
■	燃料棒(燃料集合体)を主に取り扱う室	■	火災区域



  については核不拡散上の観点から公開できません。

### 1.2.1-1 図 アルコール、ウエス等を高頻度で使用するグローブボックスの配置

### 1.2.2 潤滑油

MOX燃料加工施設においては、グローブボックス内外に設置する設備及び機器に潤滑油を使用するものがある。

潤滑油は可燃性物質であるが、不燃性材料の容器に収納すること、引火点は 200℃以上であり、機器周辺には高温部はないことから、火災のリスクは小さい。

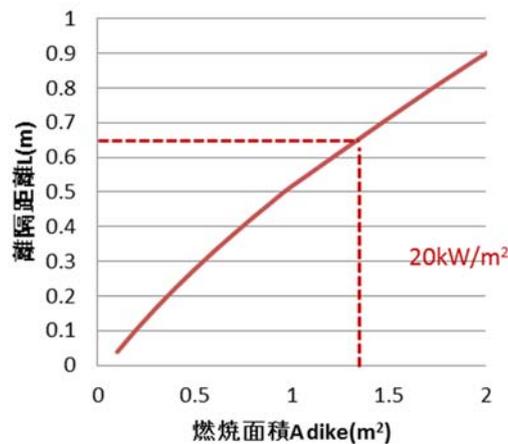
火災区域に設定する工程室では、グローブボックス外の火災源になり得る潤滑油を内包する機器及び電気盤の火災について、安全上重要な施設のグローブボックスへの火炎及び輻射熱による影響を軽減するため、離隔距離を設ける設計又は遮熱板を設置する

設計とする。

グローブボックスの熱輻射の基準としては、 $20\text{kW/m}^2$  を設定する。

なお、グローブボックス外で最も潤滑油を内包する機器が多く設置されているペレット加工第2室の焼結設備において、真空ポンプ4台から潤滑油が漏えいし火災が発生したと想定した場合、燃焼面積は約 $1.3\text{m}^2$ であり、必要な離隔距離は約1 m以上となる。

1.2.2-1 表 燃焼面積と離隔距離の関係



火災により核燃料物質が気相中へ移行する状態としては火災による気流の影響を直接受ける場合であるが、核燃料物質は容器又は機器内で取り扱うこと及びグローブボックス内外において潤滑油を内包する設備及び機器には、オイルパンを設置することで、火災の延焼範囲を限定することから、火災によりMOXが気相中へ移行する量は極めて小さいと考えられる。

### 1.3 遮蔽体

管理区域その他MOX燃料加工施設内の人が立ち入る場所における外部被ばく及び内部被ばくによる線量を低減できるよう、従事者の作業性等を考慮し、適切に遮蔽及び機器を配置する設計とする。また、遠隔操作を可能とし、放射性物質の漏えい防止対策及び換気

を行うことにより、所要の放射線防護上の措置を講ずる設計とする。また、従事者の立入時間等を考慮し、遮蔽設計の基準となる線量率を設定するとともに、管理区域を線量率に応じて適切に区分し、区分ごとの基準線量率を満足する設計とする。MOX燃料加工施設における遮蔽体の設計について以下に示す。

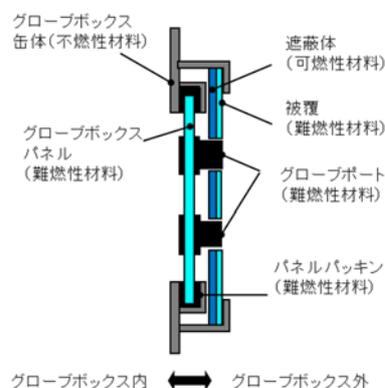
中性子線の遮蔽材としては、水素原子を多く含む材料が適しているため、MOX燃料加工施設の一部では、遮蔽性能の高いポリエチレンを用いる設計とする。

ガンマ線の遮蔽材には、遮蔽性能の高い鉛、鉄等を用いる設計とするが、視認性が必要な場合には、含鉛メタクリル樹脂を用いる設計とする。

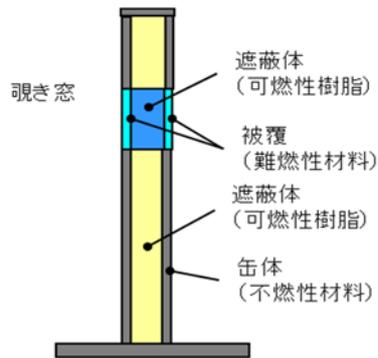
MOX燃料加工施設内の可燃性物質になり得る遮蔽体は、火災時に可燃性物質とならないよう対策することで、火災源としてのリスクを排除する。

管理区域内における可燃性の遮蔽材は、不燃性材料又は難燃性材料で覆う設計とする。

含鉛メタクリル樹脂を難燃性材料で覆う場合は、UL 垂直燃焼試験 (UL94 V-0) を確認した材料で覆う設計とする。



1.3-1 図 グローブボックスの構造の概要図



1.3-2 図 遮蔽体の構造の概要図

#### 1.4 盤

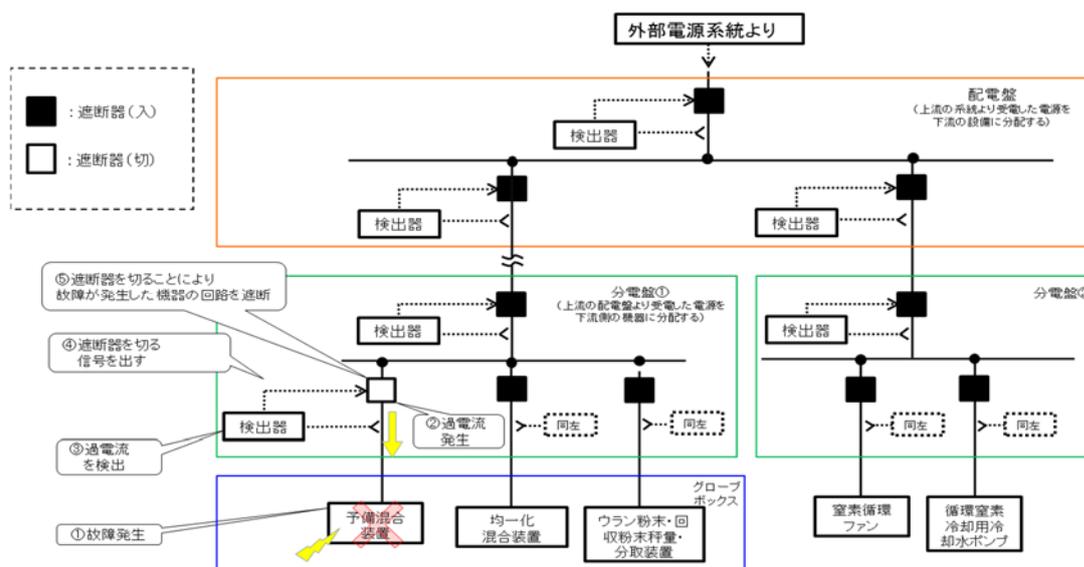
燃料加工建屋には 6.9kV で受電し、各設備に必要な電圧に変圧器で降圧した上で給電する。工程室の設備及び機器のうち、焼結炉等を除くものについては、440V 未満に降圧された電源が各設備の盤に給電される。



  については核不拡散上の観点から公開できません。

1.4-1 図 燃料加工建屋内の給電の概要図

また、機器の故障により過電流が発生した場合には、当該機器に給電を行う系統上の直近の検出器が過電流を検出し、遮断器を切ることにより、火災の発生要因となる故障が発生した機器の回路を遮断できる。概略電気系統図を 1.4-2 図に示す。



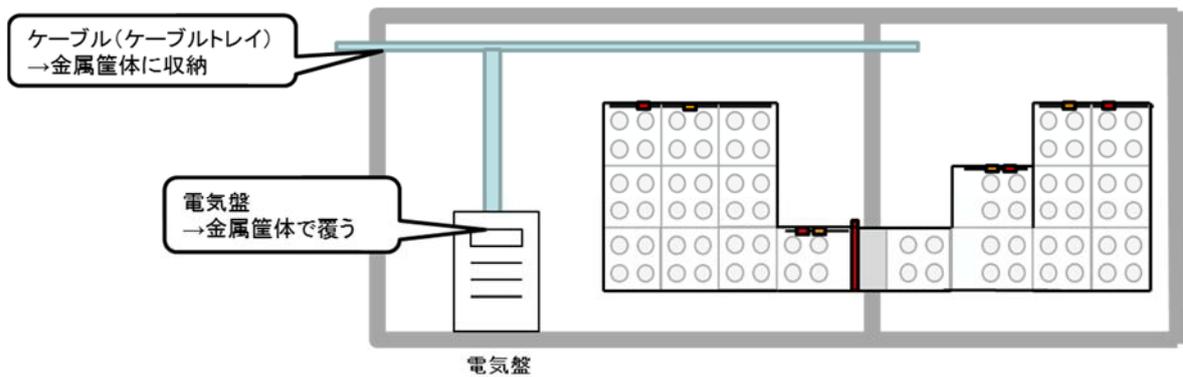
1.4-2 図 概略電気系統図

火災源となり得る機器及び電気盤並びに安全上重要な施設のうち、機器、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、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。大規模な電気火災が発生するリスクがある電気盤はグローブボックスから隔離をとる設計とする。また、実証試験により延焼性（米国電気電子工学学会規格 IEEE383－1974 又は IEEE1202－1991 垂直トレイ燃焼試験相当）及び自己消火性（UL1581 (Fourth Edition) 1080 VW-1 UL 垂直燃焼試験相当）を確認したケーブルを使用する設計とする。

安全上重要な施設に係る盤は、互いに独立した系統又は回路から構成し、物理的及び電氣的に分離する設計とする。これらの安

全上重要な施設のケーブルは、物理的系統分離を行う設計とする。

このため、これらの安全上重要な施設は、火災時でも機能を損なうことはない。



1.4-3図 電気盤及びケーブルのイメージ図

MOX燃料加工施設において、運転時に発生し得る主な電気火災の原因として、短絡、断線、接続部の緩みが考えられる。

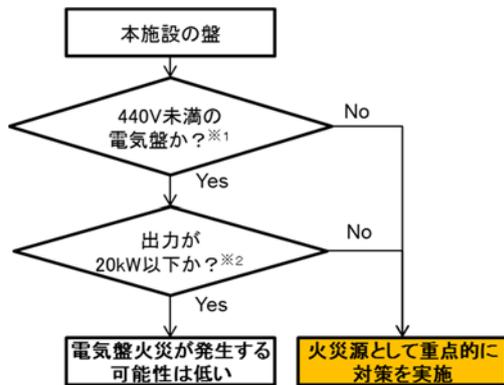
短絡は、電気回路の2点が、非常に低い抵抗値で接続されることにより、ケーブルが許容できる電流よりも大きな電流が発生し、ケーブルが発熱する。

断線は、ケーブルが切れかかっている状態であり、断線部分での発熱及び火花が発生する。

接続部の緩みは、ケーブル接続部（固定部分）の緩みにより接触不良を起こし、接触部が発熱する。

上記の現象は遮断器を設置することで回路を遮断することができるが、短時間で火花が発生し、火災に至るリスクがある。このため、工程室の設備及び機器のうち、焼結炉等を除くものについては、440V未満に降圧された電源が各設備の盤に給電される設計となって

いることを踏まえ、1.4-4図のフローに基づき、電気盤火災が発生するリスクが高い箇所を特定する。



※1 NUREG/CR-6850 における以下の記載に基づく。

Also note that panels that house circuit voltages of 440V or greater are counted because an arcing fault could compromise panel integrity (an arcing fault could burn through the panel sides, but this should not be confused with the high energy arcing fault type fires).

「440V以上の回路を収容する電気盤は、アーク放電不良が盤の健全性に支障をきたす可能性がある点に留意すること」

※2 消防法施行令に基づく省令(対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令(平成十四年三月六日総務省令第二十四号)第二章第三条十五項の記載に基づく。

「十五 変電設備(全出力二十キロワット以下のもの及び第二十号に掲げるものを除く。以下同じ。)」

1.4-4図 電気盤火災が発生するリスクの高い箇所の特定フロー

## 2. MOX燃料加工施設における爆発の特徴について

MOX燃料加工施設では焼結炉等において、水素・アルゴン混合ガスを使用し、ペレットの焼結を行う。

焼結炉には排ガス処理装置を、小規模焼結処理装置には小規模焼結炉排ガス処理装置を接続する。排ガス処理装置及び小規模焼結炉排ガス処理装置は核燃料物質を取り扱わず、焼結炉及び小規模焼結処理装置から排出される排ガスの冷却及び有機物の除去を行うとともに、補助排風機による排気で、炉内の負圧を維持する設計である。

焼結炉等へ供給する水素・アルゴン混合ガスは、あらかじめ水素ガスを不活性のアルゴンガスで水素濃度 9 vol%以下に混合し、希釈したものを供給する。このため、仮に爆発が発生したとしても爆ごうには至らない。

また、水素・アルゴン混合ガスを供給する配管は、漏えいしにくい構造である。

分析設備においても水素ガスを使用するが、分析設備では爆発下限値（水素濃度 4 vol%）未満の濃度にて水素ガスを使用することから、爆発は発生しない。

これらのMOX燃料加工施設の特徴を考慮し、基準地震動を超える地震動による地震により爆発が発生する可能性を検討した結果を、2.-1 表に示す。

2.-1表 「水素・アルゴン混合ガス」を取り扱う設備・機器の地震時における爆発が発生する可能性

設備・機器	基準地震動を超える地震動による地震による爆発の可能性
<ul style="list-style-type: none"> <li>・焼結炉</li> <li>・小規模焼結処理装置</li> </ul>	爆発下限値以上の水素・アルゴン混合ガスを取り扱っており、酸素混入により爆発する可能性がある。
<ul style="list-style-type: none"> <li>・排ガス処理装置グローブボックス</li> <li>・小規模焼結炉排ガス処理装置グローブボックス</li> </ul>	補助排風機又はグローブボックス排風機が機能喪失した場合、水素・アルゴン混合ガスの供給を停止し、補助排風機の出口弁を閉止し、炉内で閉じ込める設計であるため、グローブボックス内に水素・アルゴン混合ガスが滞留することはない。万一、焼結炉内の水素・アルゴン混合ガスがグローブボックス内に拡散したとしても、水素濃度は爆発下限値を上回ることはないため、爆発は発生しない。
<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素・アルゴン混合ガス配管</li> </ul>	地震による加速度大の検知により混合ガス緊急遮断弁が閉止する設計とする。 混合ガス緊急遮断弁より下流の配管が保有する水素・アルゴン混合ガスが室及び廊下に漏えいした場合においても、拡散により爆発下限値未満に希釈されるため、爆発は発生しない。
<ul style="list-style-type: none"> <li>・分析設備</li> </ul>	爆発下限値未満濃度に希釈された水素ガスを使用するため、爆発は発生しない。

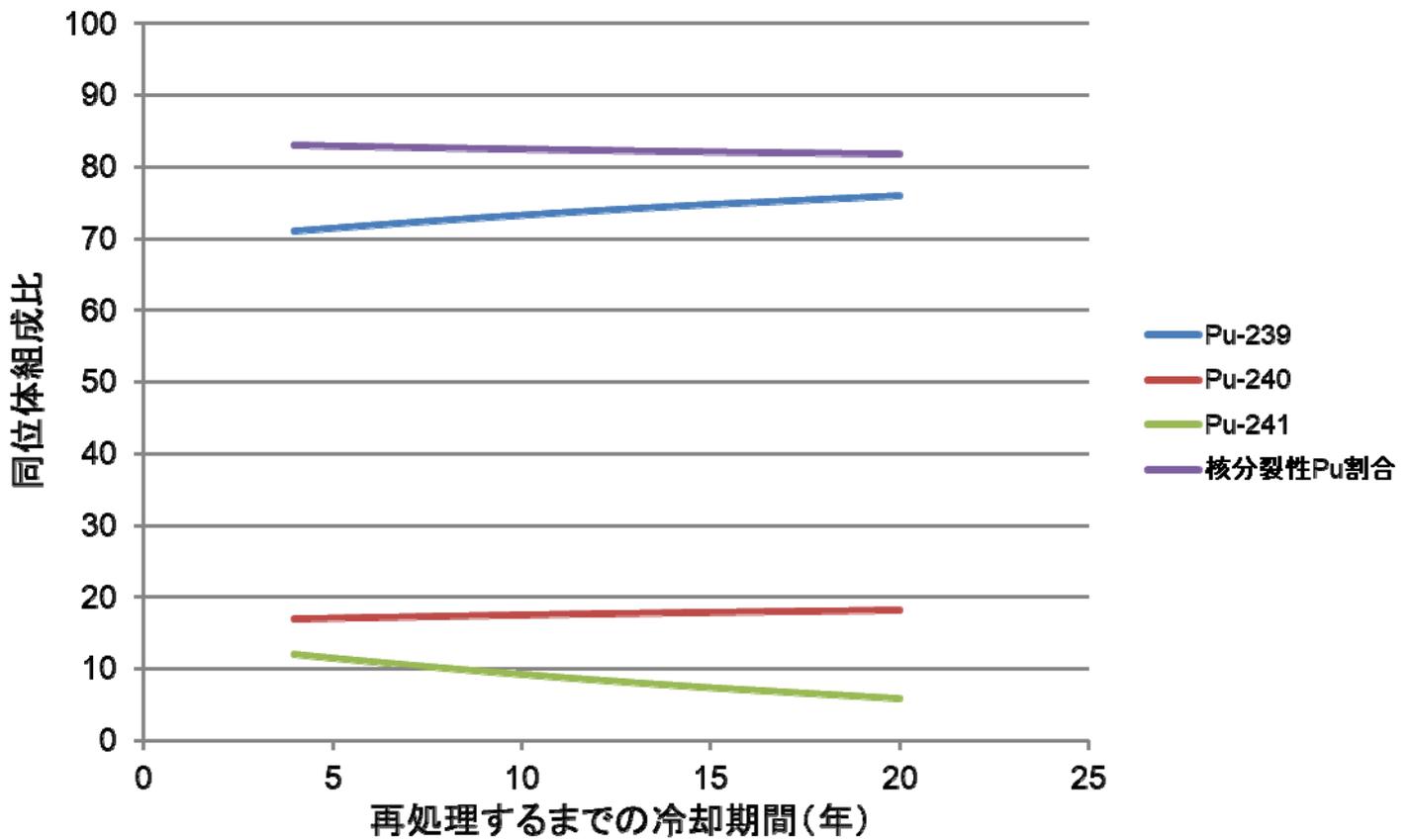
令和2年3月9日 R0

補足説明資料6－2（第22条）

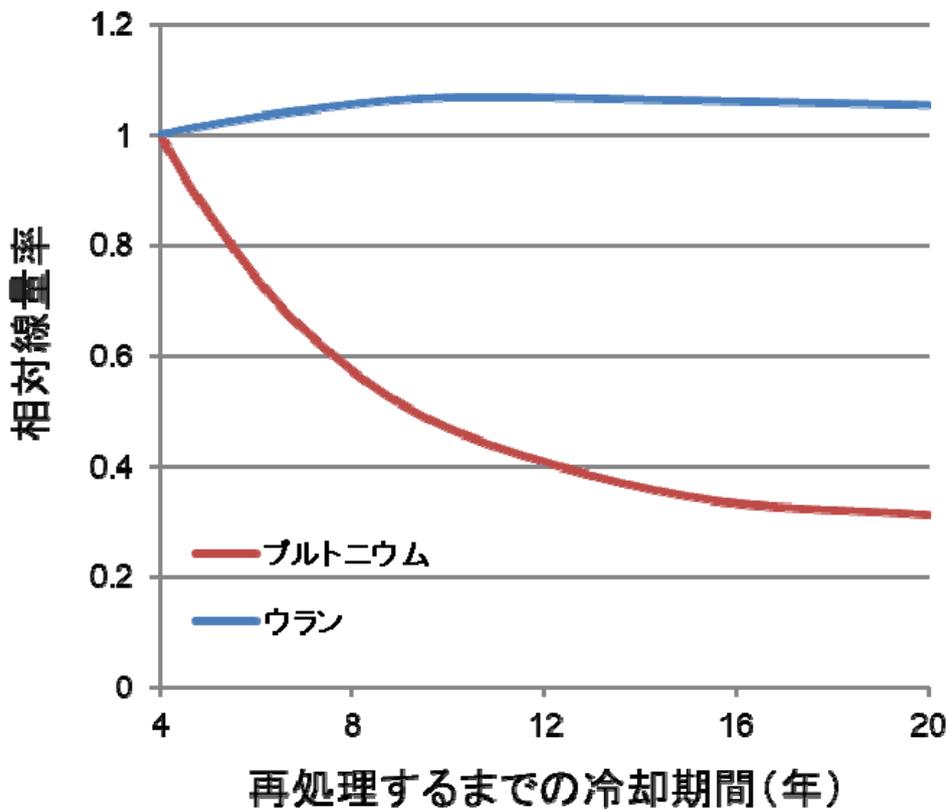
## 冷却期間の変更における影響

安全設計に係る各種評価で使用するパラメータ（線量率，放射能，崩壊熱）の冷却期間依存性については第1図から第7図に示す。

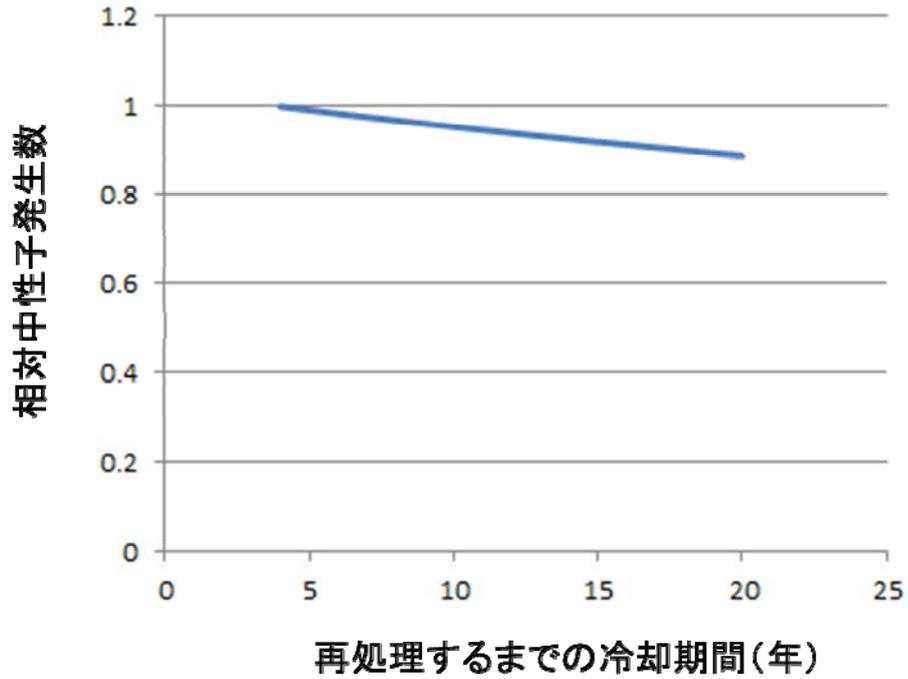
MOX燃料加工施設においては，再処理される燃料の仕様として冷却期間を最低4年と設定して安全設計に係る各種評価を行っているが，第1図から第7図で示すとおり，各パラメータ（線量率，放射能，崩壊熱）は，冷却期間を短い年数で設定した方が長い年数で設定する場合より厳しい値となる。そのため，冷却期間の最低年数が増加した場合においても安全設計に係る各種評価の内容は変更しない。



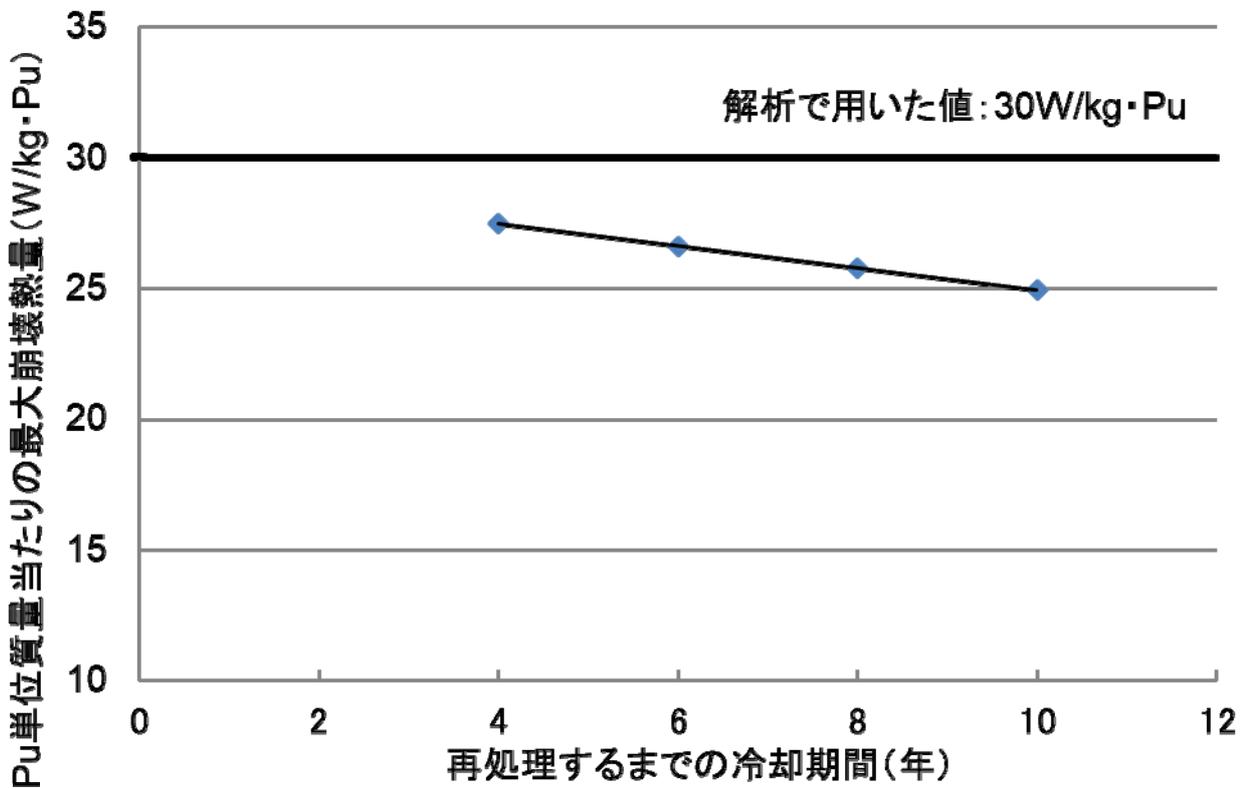
第1図 Pu 同位体組成の冷却期間依存性



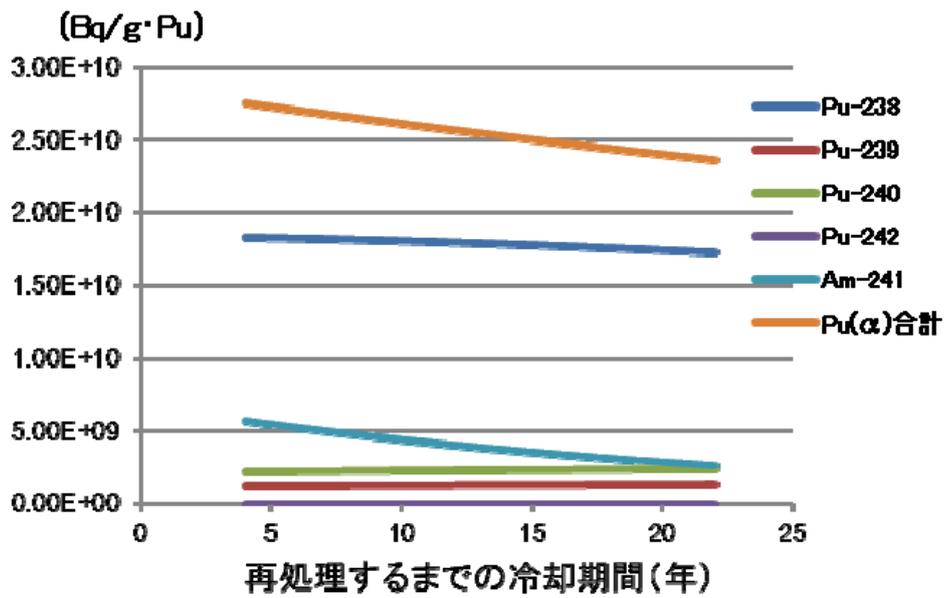
第2図 ガンマ線線量率の冷却期間依存性



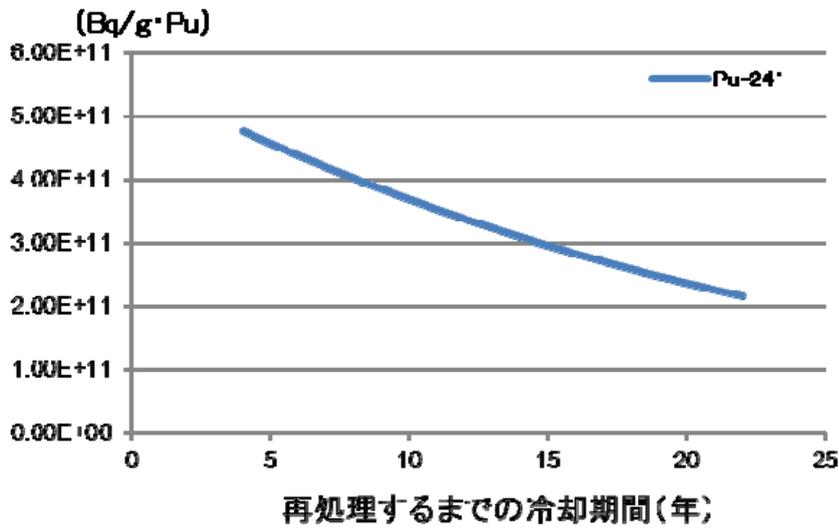
第3図 中性子発生数の冷却期間依存性



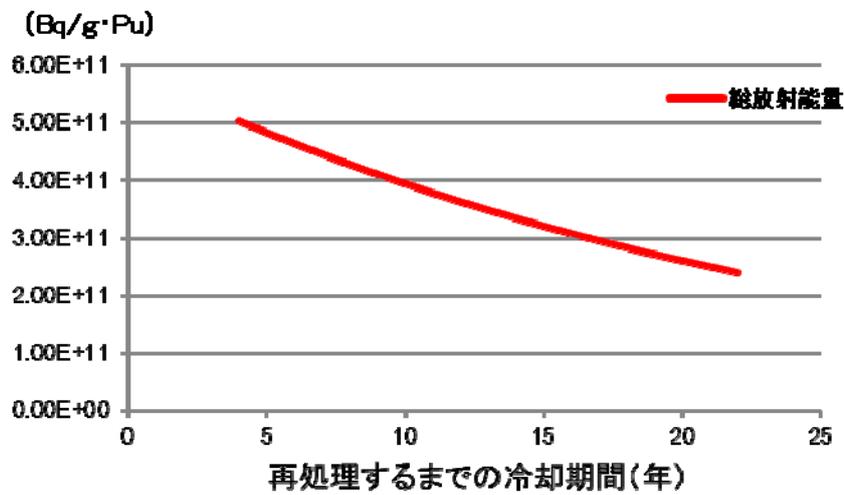
第4図 再処理精製後の経過期間を考慮した崩壊熱量の最大値



第5図 α核種の放射能の冷却期間依存性



第6図 β核種の放射能の冷却期間依存性



第7図 総放射線量の冷却期間依存性

令和2年3月9日 R 1

補足説明資料6－3(22条)

## 火災の消火について

火災への対処として使用する設備について、基本設計を進めるにあたり、各種試験を実施した。本資料は、これらの結果をまとめたものである。

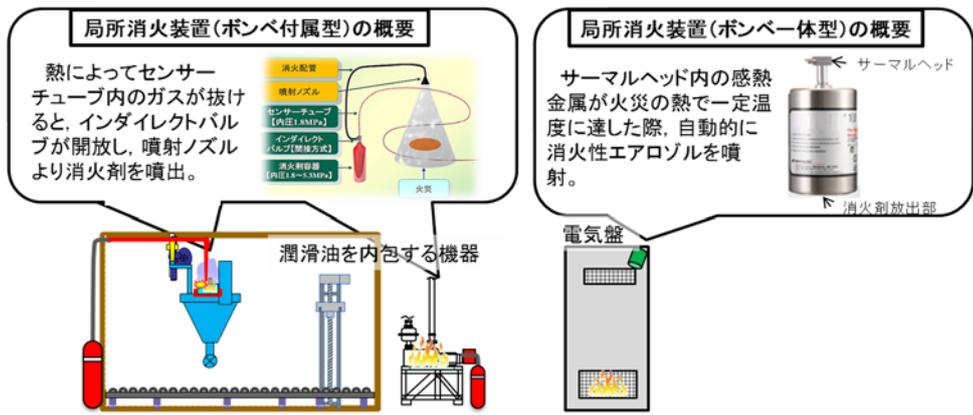
### 1. 火災の感知・消火に関する試験

#### 1. 1 実施する試験とその内容について

グローブボックス及び室内の機器への消火に使用する局所消火装置については、製品保護及び消火後の清掃性の観点から、ボンベ付属型の採用を検討している。

また、電気盤への消火に使用する局所消火装置については、盤の内装を踏まえて設置箇所を選定する必要があることから、機構がシンプルなボンベ一体型の採用を検討している。

これらの局所消火装置が確実に感知・消火できることを確認したうえで基本設計を進めていく必要があることから、消火対象となるグローブボックス及び電気盤を模擬し、基本設計に必要な事項の確認試験を実施した。局所消火装置の概要を第1. 1-1図に、実施した試験に関する事項を第1. 1-1表に示す。



第1. 1-1 図 局所消火装置の概要

第1. 1-1 表 重大事故等対処設備として期待する性能及び実施した試験

消火に関する設備	必要とされる性能 (太字: 消火試験における確認項目)	試験
グローブボックス 局所消火装置 (ポンベ付属型) 工程室局所消火装置 (ポンベ付属型) 遠隔消火装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性*</li> <li><b>感知性能</b></li> <li><b>消火性能</b></li> </ul>	確認項目 感知性能, 消火性能 実施試験 <ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックスを模擬した潤滑油模擬火災試験</li> <li>グローブボックス外 (工程室内の開放空間) における潤滑油模擬火災試験</li> </ul>
火災状況確認用温度計 (グローブボックス内火災用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性*</li> <li><b>感知性能</b></li> <li><b>設置環境下における耐熱性能</b></li> </ul>	確認項目 感知性能, 耐熱性能 実施試験 グローブボックスを模擬した潤滑油模擬火災試験
工程室局所消火装置 (ポンペー体型)	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性*</li> <li><b>感知性能</b></li> <li><b>消火性能</b></li> </ul>	確認項目 感知性能, 消火性能 実施試験 盤における模擬火災試験
カメラによる現場確認 (可搬型工程室監視カメラ・火災状況確認用カメラ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性*</li> <li><b>ばい煙発生環境下における視認性能</b></li> <li><b>設置環境下における耐熱性能</b></li> </ul>	確認項目 視認性能 実施試験 グローブボックスを模擬した潤滑油模擬火災試験  確認項目 耐熱性能 実施試験 閉鎖空間における潤滑油模擬火災試験

※耐震性は解析又は試験により確認する。

## 1. 2 試験内容について

### 1. 2. 1 グローブボックス内の火災源を模擬した試験

#### 1. 2. 1. 1 試験概要

グローブボックスを簡易的に模擬した筐体に、局所消火装置（ボンベ付属型）を設置し、グローブボックス内火災時の状況を模擬した。グローブボックス内が換気されている状態は、消火に対してより厳しい状況であることから、換気を模擬した試験を実施した。さらに、消火剤を直接火災源に噴射出来ないように障害物を設置した。消火剤は代替ハロン（FK-5-1-12）を使用した。

#### 1. 2. 1. 2 試験条件

以下の条件で試験を実施した。試験イメージを第1. 2. 1. 2-1 図に示す。

##### (1) グローブボックスの模擬体

グローブボックスの模擬体として、約 W2,000mm×D1,000mm×H2,000mm（約 4 m<sup>3</sup>）のボックスを準備した。

模擬体はダウンフロー換気が可能なように、上部に給気口、下部に排気口を設けた。

##### (2) 換気条件

換気は、換気が行われる状態を模擬した。

換気風量は、グローブボックスの主な換気回数である 6 回/h（約 24m<sup>3</sup>/h）とした。

##### (3) 模擬火災源の設定

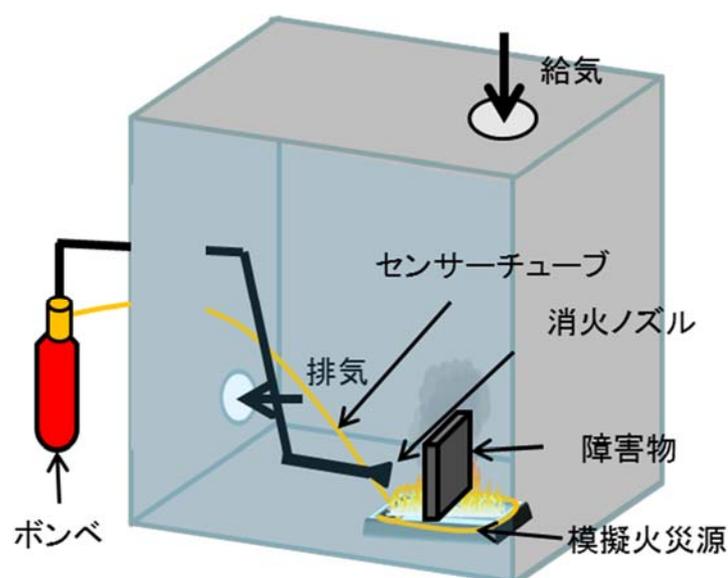
潤滑油を内包する機器（グローブボックス内外）のうち、最もオイルパンのサイズが大きく、燃焼による発熱量が大きくな

る「研削粉回収装置ブロー」(ただし、当該装置は本試験実施後の設計変更により、潤滑油を有さない設計とし、火災源ではなくなった。)を代表として選定。潤滑油は燃焼を継続させることが困難であることから、ヘプタンで代用し、研削粉回収装置ブローのオイルパンで潤滑油を燃焼した場合と同等の発熱量を模擬した。

また、火災源に消火剤が直接噴射されないように高さ250mmの障害物をオイルパン中央に設置した。

#### (4) センサーチューブの設置位置

オイルパンの縁に沿うように設置した。



第1. 2. 1. 2-1 図 試験イメージ

#### 1. 2. 1. 3 試験結果

試験実施時の写真を第1. 2. 1. 3-1 図に、試験実施時の温度変化を第1. 2. 1. 3-1 表に示す。

オイルパン直上950mm位置でも、着火から7秒後には100℃に達していたことから、センサーチューブの設置にあたってはオイルパンの内

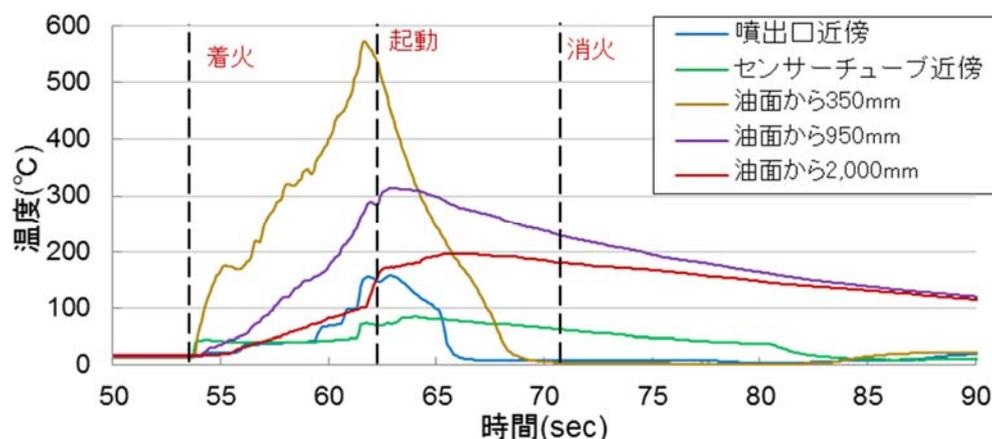
側で、鉛直上であれば感知に問題はないと考えられる。

噴出口近傍またはオイルパンの直上であれば、消火完了後速やかに温度が低下していたことから、グローブボックス内火災の発生及び継続の有無を確認することが出来ると考えられる。



第1. 2. 1. 3-1 図 試験実施時の写真

第1. 2. 1. 3-1 表 グローブボックス内模擬試験の温度変化



以上より、換気をしているグローブボックスにおいて、消火剤を直接噴射出来ない状況であっても、感知後速やかに火災を消火できることを確認した。

## 1. 2. 2 グローブボックス外の火災源を模擬した試験

### 1. 2. 2. 1 試験概要

開放空間に、模擬火災源と局所消火装置（ボンベ付属型）を設置し

た。消火剤は代替ハロン（FK-5-1-12）を使用した。

また、グローブボックス外の火災を模擬することで、体積の大きいグローブボックスに対しても適用できることを確認した。

ABC 粉末については、消火配管にエルボを設け、閉塞の有無を確認した。

#### 1. 2. 2. 2 試験条件

以下の条件で試験を実施した。試験イメージを第1. 2. 2. 2-1 図に示す。

##### (1) 模擬火災源の設定

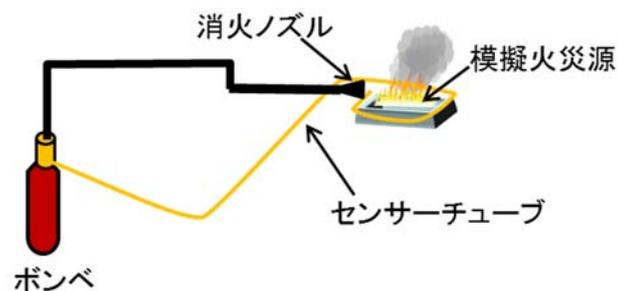
潤滑油を所有する機器（グローブボックス内外）のうち、最もオイルパンのサイズが大きく、燃焼による発熱量が大きくなる「研削粉回収装置ブロア」（ただし、当該装置は本試験実施後の設計変更により、潤滑油を有さない設計とし、火災源ではなくなった。）を代表として選定。潤滑油は燃焼を継続させることが困難であることから、ヘプタンで代用し、研削粉回収装置ブロアのオイルパンで潤滑油を燃焼した場合と同等の発熱量を模擬した。

##### (2) 消火剤

代替ハロン（FK-5-1-12）及びABC粉末を使用した。

##### (3) センサーチューブの設置位置

オイルパンの縁に沿うように設置した。



第1. 2. 2. 2-1 図 試験イメージ

### 1. 2. 2. 3 試験結果

#### (1) 代替ハロンを使用した場合

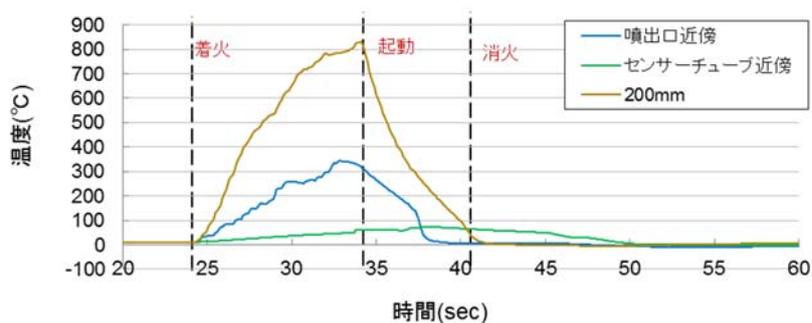
試験実施時の写真を第1. 2. 2. 3-1 図に、試験実施時の温度変化を第1. 2. 2. 3-1 表に示す。

オイルパンの直上は消火完了時には温度が低下していたことから、消火ノズル近傍またはオイルパン直上に温度計を設置することで火災の発生及び継続の有無を確認することが出来ると考えられる。



第1. 2. 2. 3-1 図 試験実施時の写真

## 第1. 2. 2. 3-1表 グローブボックス外模擬試験の温度変化



以上より、開放空間及び大きい容積のグローブボックスにおいても、代替ハロンを用いた局所消火装置（ボンベ付属型）で、感知後速やかに火災を消火できることを確認した。

### (2) ABC 粉末を使用した場合

試験実施時の写真を第1. 2. 2. 3-2図及び第1. 2. 2. 3-3図に示す。

局所消火装置（ボンベ付属型）で、ABC 粉末を消火剤として用いても、消火剤は配管に閉塞することなく噴出された。

ただし、開放空間で ABC 粉末を火災源に噴射し、一部でも覆えない箇所があると、火災が継続するケースがあり、ABC 粉末を使った場合、消火ノズルの指向性（位置、向き、数）による影響が大きいことがわかった。



第1.2.2.3-2図 試験実施時の写真（火災源をABC粉末で一部覆えられない箇所がある場合）



第1.2.2.3-3図 試験実施時の写真（火災源をABC粉末で覆えられた場合）

以上より、開放空間及び大きい容積のグローブボックスにおいても、代替ハロンを用いた局所消火装置（ボンベ付属型）で、感知後速やかに火災を消火できることを確認した。

### (3) 試験結果を受けた設計方針

上記の試験により、ABC粉末を用いる場合は火災源を全て覆える位置にノズルを配置する必要があること、代替ハロンを用いた試験では障害物の有無に係わらず、開放空間での火災も含めて全てのケースで消火が確認できた。これらにより、グローブボックス内及びグローブボックス外に係らず、ボンベ付属型の局所消火装置は、メーカー推奨の設置条件（センサーチューブをオイルパン近傍に設置）に加えて、潤滑油を内包する機器に対しては消火剤と

して代替ハロンを用いる方針とする。また、消火剤として代替ハロンを用いる場合は金属筐体の設置は不要であることを確認した。

### 1. 2. 3 小型盤を模擬した試験

#### 1. 2. 3. 1 試験概要

電気盤に設置する予定の局所消火装置（ボンベ一体型）は、防護空間体積が  $1.5\text{m}^3$  となっており、必要な消火薬剤濃度を空間に満たすことで消火する設備である。メーカーが実施した試験結果より、閉鎖空間であれば、約  $2\text{m}^3$  の空間であっても火災を消火できることが確認できている。当該試験の写真を第 1. 2. 3. 1-1 図に示す。



提供：日本工機㈱

#### 第 1. 2. 3. 1-1 図 約 $2\text{m}^3$ の閉鎖空間内での消火試験結果

上記を踏まえ、局所消火装置（ボンベ一体型）の防護空間体積を下回る盤に開口を設けた小型盤での消火性能確認を実施した。

#### 1. 2. 3. 2 試験条件

以下の条件で、局所消火装置（ボンベ一体型）を 1 箇所を設置し、消火剤の噴射方向は盤側面に向けて配置した状態で試験を実施した。試験イメージを第 1. 2. 3. 2-1 図に示す。

##### (1) 盤の模擬体

以下のボックスにより盤を模擬した。

✓ サイズ：約 W600mm×D300mm×H800mm (約 0.15m<sup>3</sup>)

✓ 開口サイズ：扉面 330mm×590mm，側面 φ50mm

(下部に各箇所)

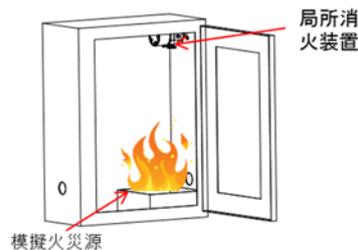
✓ 開口位置：扉面 1箇所，側面 2箇所 (開口率約 9%)

## (2) 模擬火災源の設定

電気盤火災による発熱量を，ヘプタンを入れたオイルパン (250mm×250mm) で模擬し，下部に配置した。

## (3) 局所消火装置 (ボンベ一体型)

熱感知温度を 95℃，消火薬剤量を 100g とした。



第 1. 2. 3. 2-1 図 試験イメージ

## 1. 2. 3. 3 試験結果

試験実施時の写真を第 1. 2. 3. 3-1 図に示す。

着火後 45s で局所消火装置が自動起動した。火炎は消火剤を噴射した方から消失していき，起動から 3s で完全に消失した。



### 第1. 2. 3. 3-1 図 試験実施時の写真

以上より、体積がメーカー推奨の防護空間体積より小さければ、開口率が大きくても火災を検知し、速やかに消火できることを確認した。

#### 1. 2. 4 大型盤を模擬した試験

##### 1. 2. 4. 1 試験概要

局所消火装置（ボンベ一体型）は防護空間体積が  $1.5\text{m}^3$  を下回っていれば開口があっても火災を消火できることを、1. 2. 3で確認した。

上記を踏まえ、より厳しい条件として局所消火装置（ボンベ一体型）の防護空間体積を上回り、大きな開口を有する大型盤を模擬して消火性能の確認を実施した。

##### 1. 2. 4. 2 試験条件

以下の条件で、局所消火装置を2個用いて、扉（開口）側、裏面側に噴射方向をそれぞれ向けて配置した状態で試験を実施した。試験イメージを第1. 2. 4. 2-1 図に示す。

##### (1) 盤の模擬体

最も開口面積の大きい $2\text{ m}^3$ 以上の盤として、焼結設備の本焼ゾーン加熱電源盤を模擬するよう以下の模擬体とした。

- ✓ サイズ：約 W2,400mm×D800 mm×H1,600 mm (約 $3\text{ m}^3$ )
- ✓ 開口サイズ：340 mm×480 mm
- ✓ 開口位置：中段2箇所，下段3箇所 (開口率約5%)
- ✓ 内部構造を簡易的に模擬するために中段にパンチングメタルを配置

## (2) 模擬火災源の設定

電気盤火災による発熱量を，ヘプタンを入れたオイルパン(250mm×250mm)で模擬し，下部に配置した。

## (3) 局所消火装置 (ボンベ一体型)

熱感知温度 $95^{\circ}\text{C}$ ，消火薬剂量100gとした。



第1. 2. 4. 2-1図 試験イメージ

## 1. 2. 4. 3 試験結果

試験実施時の写真及びイメージ図を第1. 2. 4. 3-1図に示す。

局所消火装置を設置する際は，給気部となる盤内の開口部の位置を確認し，火災時の空気の流れに配慮することで消火の信頼性が向上することがわかった。



第1. 2. 4. 3-1 図 試験実施時の写真及びイメージ図

1. 2. 5 盤内に設置する局所消火装置の起動信頼性確認試験

1. 2. 5. 1 試験概要

電気盤に設置する予定の局所消火装置（ボンベ一体型）は、サーマルヘッド内の感熱金属が火災の熱で既定温度に達して起動する構造であることから、設置場所による起動性能の確認を行った。局所消火装置の図を第1. 2. 5. 1-1 図に示す。



第1. 2. 5. 1-1 図 局所消火装置（ボンベ一体型）

1. 2. 5. 2 試験条件

局所消火装置（ボンベ一体型）の位置を、①火災源直上から約400mm に設置②火災源直上から約1200mm に設置③火災源直上から約

2000mm に設置 とそれぞれ変化させ、局所消火装置（ボンベ一体型）の起動の有無を確認した。また、盤内における火災発生時の温度分布を確認した。

### 1. 2. 5. 3 試験結果

局所消火装置（ボンベ一体型）に対して火災源の位置を変えて、4分以内に自動起動するかを確認した結果、①火災源直上から約 400mm 位置では着火から 157s 後に自動起動したが、②及び③の試験の結果から、火災源直上から約 1,200mm 離れると起動せず、火災源からの距離が配置設計上重要となることが判明した。

試験実施時の写真を第 1. 2. 5. 3 - 1 図に示す。



火災源直上から約400mmに設置



火災源直上から約1200mmに設置



火災源直上から約2000mmに設置  
※写真は左右反転している。

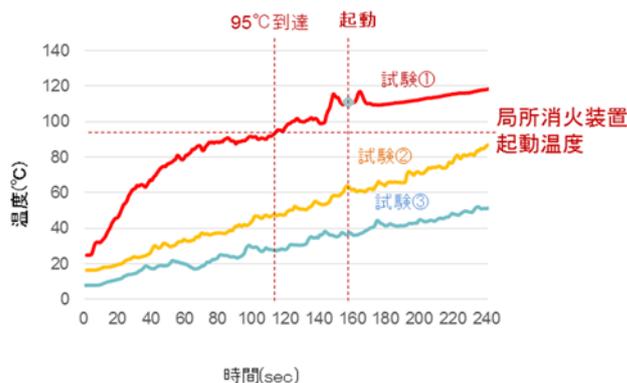


第 1. 2. 5. 3 - 1 図 試験実施時の写真

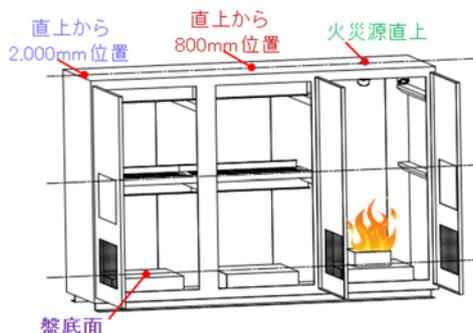
局所消火装置（ボンベ一体型）のサーマルヘッドは、火災源が近い場合は起動温度 95℃を超えるが、試験②及び③のように火災源から距離が離れると、温度が低下することを確認した（第 1. 2. 5. 3 - 1 表参照）。

以上より，幅の広い盤に局所消火装置（ボンベ一体型）を設置する際は，火災源との離隔距離を考慮する必要があることがわかった。

第1. 2. 5. 3-1表 試験時のサーマルヘッドの温度

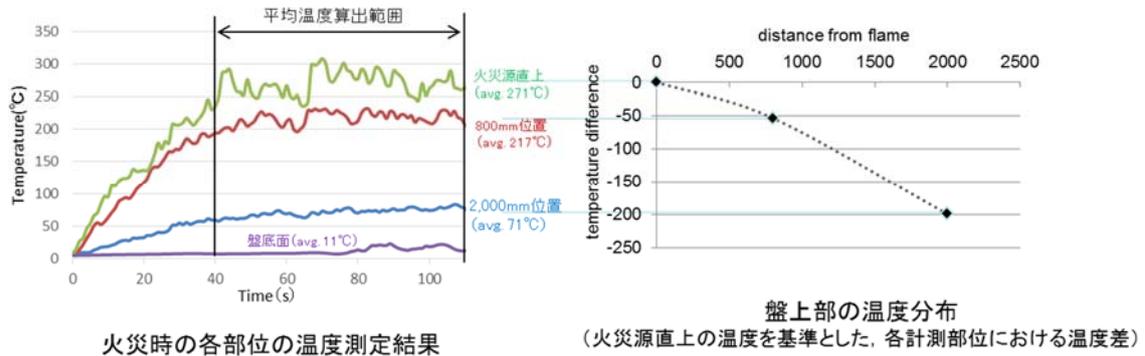


また，盤の空間温度を測定した結果，盤上部では火災源直上から800mm の範囲では，温度差は 50°C以内に収まり，局所消火装置（ボンベ一体型）の起動温度（95°C）より高くなることが確認された。試験のイメージ図を第1. 2. 5. 3-2図に，温度測定結果を第1. 2. 5. 3-2表に示す。



第1. 2. 5. 3-2図 火災源と温度計測位置

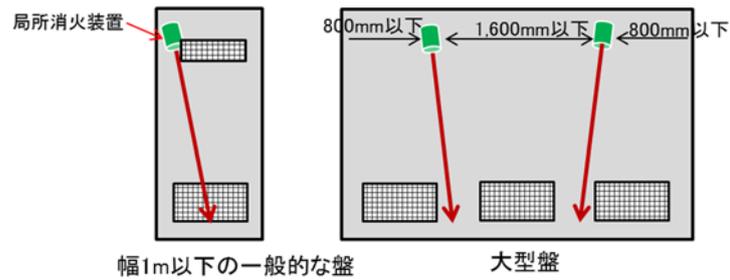
## 第1. 2. 5. 3-2表 温度測定結果



上記の試験結果を踏まえ、電気盤に対する局所消火装置（ボンベ一体型）の設置について、メーカー推奨の設置条件（1.5m<sup>3</sup> /個，閉鎖空間の上部に設置）に加えて以下の設置方針とする。

消火剤の噴射方向は、盤下部の開口から給気されることで火災継続する。このため、消火剤の噴射方向は、盤の開口配置と火災発生時の上昇気流を考慮し、給気口となり得る開口に向けて消火剤を噴射するよう設置する方針とする。

また、試験の結果、火災源の位置によって盤上部の温度分布が異なることから、盤内のどの位置で火災が発生しても局所消火装置（ボンベ一体型）から 800mm の範囲内となるように配置できるように、局所消火装置（ボンベ一体型）は互いに 1,600 mm 以内の間隔で配置する方針とする。配置例を第1. 2. 5. 3-3図に示す。



第1. 2. 5. 3-3図 盤構造に応じた局所消火装置（ボンベ一体型）の配置例

### 1. 2. 6 閉鎖空間における潤滑油火災を模擬した試験

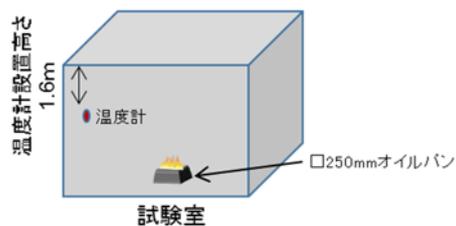
#### 1. 2. 6. 1 試験概要

消火試験の一環として、室内における潤滑油火災を模擬した試験により、室内の温度上昇のデータを取得した。

#### 1. 2. 6. 2 試験条件

室内で $\square 250\text{mm}$ のオイルパン内のヘプタンを100秒燃焼させた際の室温の温度上昇のデータを取得した。試験イメージを第1. 2. 6. 2-1図に示す。

温度計設置箇所



第1. 2. 6. 2-1図 試験イメージ

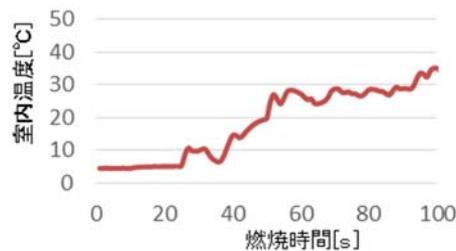
### 1. 2. 6. 3 試験結果

試験実施時の写真を第1. 2. 6. 3-1図に、試験室内の温度上昇を第1. 2. 6. 3-1表に示す。試験の結果、天井から1.6m位置の室内温度が約30°C上昇したというデータが得られた。



第1. 2. 6. 3-1図 試験状況

第1. 2. 6. 3-1表 試験室内の温度上昇

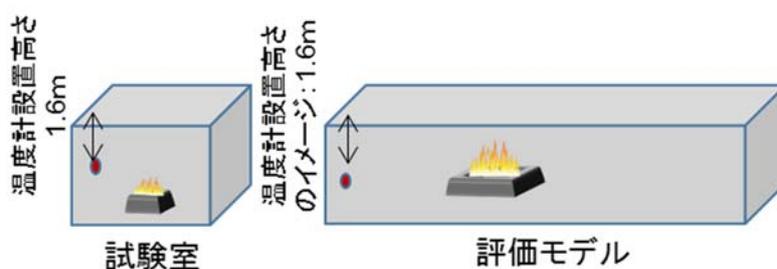


本データを用いて、保守的な条件として、火災区域におけるグローブボックス外の火災源でオイルパンサイズが最も大きい機器（回収粉末混合機）を、体積が小さい火災区域の室（粉末調整第1室）で燃焼させることを想定した場合の温度を、比例計算により概算した。試験条件と想定する室内火災のイメージ図を第1. 2. 6. 3-2図に、試験条件と想定する室内火災の比較を第1. 2. 6. 3-2表に示す。

- 実際には試験室と粉末調整第1室（グローブボックス外で潤滑油火災が想定される室のうち最も体積の小さい室）の天井高さは異なるが、保守的に試験室と同じ高さの室で床面積は粉末調整第1室と同じ室を想定することで、試験室と粉末調整第1室

との床面積の比率を用いて粉末調整第1室の温度上昇を推定することができる。

- ▶ 試験室の床面積及び試験時の火災源のパラメータから、粉末調整第1室における同規模の潤滑油火災に必要なオイルパンの面積をFire Dynamics Tools (FDTs) で算定（同規模の潤滑油火災の燃焼面積：1.35m<sup>2</sup>）した。
- ▶ 上記結果の燃焼面積と、実際のグローブボックス外機器のオイルパンサイズ（火災区域のグローブボックス外の火災源で最も大きいオイルパンサイズ）を元に、グローブボックス外機器のオイルパンで潤滑油が燃えた場合の温度上昇率を算定（0.053°C/s）した。
- ▶ グローブボックス外機器のオイルパンで潤滑油の全面火災が発生した場合、潤滑油保有量 6.9L（機器が保有する最大の潤滑油量）が燃焼する時間は約560秒となることから、温度上昇 $\Delta T$ を算定（ $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$ ）した。



第1. 2. 6. 3-2 図 試験条件と想定する室内火災の比較  
イメージ図

### 第1. 2. 6. 3-2表 試験条件と想定する室内火災の比較

	試験室	粉末調整第1室
高さ(m)	3	7.6
床面積(m <sup>2</sup> )	15.1	131
体積(m <sup>3</sup> )	45.3	992
火災源面積(m <sup>2</sup> )	0.0625	0.24
火災源	ヘプタン	潤滑油

上記の条件により，火災状況確認用カメラを設置する室の火災時の温度を概算した結果，部屋の初期温度を26℃とした場合，天井から1.6m位置における温度は最高で約56℃という結果が得られた。

以上より，火災状況確認用カメラは，使用条件においてその機能が有効に発揮できるよう，天井から2mの高さ以下の位置に配置することにより，想定される温度環境下で使用可能な設計とする。

### 1. 2. 7 シミュレーションによる室内火災の温度分布の確認

#### 1. 2. 7. 1 概要

粉末調整第1室において，1時間潤滑油火災が継続することを想定し，流体解析ソフトで室内の温度分布を確認した。なお，6.9Lの潤滑油は全面火災では火災は約560秒で燃え尽きるが，潤滑油燃焼試験で全面火災に至らなかったこと，長時間高温に曝される環境を模擬するため，火災が約1時間継続することを想定した。

#### 1. 2. 7. 2 解析条件

以下の第1. 2. 7. 2-1表に示す解析条件にて，室内火災の温度分布を確認した。

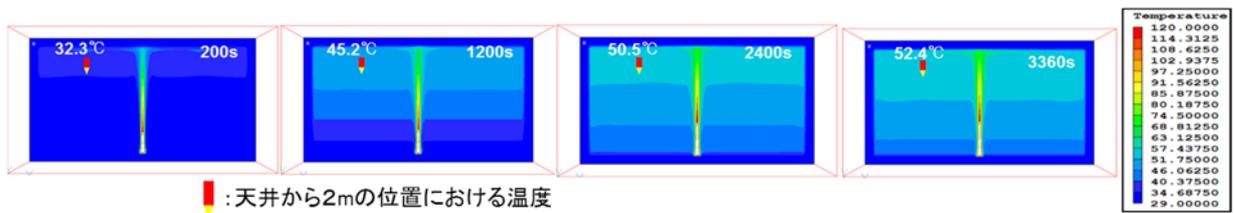
## 第1. 2. 7. 2-1表 解析条件

ソフトウェア	PHOENICS2013
部屋寸法	14.95m×8.7m×7.6m
壁厚	0.6m
コンクリート：熱伝導率：密度：比熱	1.74W/m・K : 2150kg/m <sup>3</sup> : 963J/kg・m <sup>3</sup>
初期温度	26℃
火災源：寸法：発熱速度：燃焼時間	0.4m×0.6m : 23kW <sup>**</sup> : 3360s <sup>**</sup>

※約1時間火災が継続することを想定し、発熱速度は全面火災時の1/6倍、燃焼時間は6倍に設定

### 1. 2. 7. 3 解析結果

解析結果の温度分布を第1. 2. 7. 3-1図に示す。これらより、火災により主に室上部で温度上昇していることがわかる。このため、天井から2mの位置で最高52.4℃程度まで上昇することを確認した。また、天井面においても、100℃以下であることを確認した。



第1. 2. 7. 3-1図 室内温度上昇解析結果

### 1. 3 試験結果について

以下の第1. 3-1表に、実施した試験の結果をまとめる。各種条件を設定した試験を実施することにより、各設備についての基本設計に必要な事項を確認した。

第1. 3-1表 試験結果まとめ(1/2)

試験内容	設定条件	試験結果	事業変更許可申請における整理
<p>①グローブボックスを模擬した潤滑油模擬火災</p> <p>①' グローブボックス外（工程室内の開放空間）における潤滑油模擬火災</p>	<p>グローブボックス局所消火装置（ボンベ付属型）の感知性能の確認</p> <p>・メーカー推奨の設置条件（センサーチューブをオイルパン近傍に設置）にて感知性能を確認。</p>	<p>感知性能</p> <p>・メーカー推奨の設置条件（センサーチューブをオイルパン近傍に設置）で早期に感知が可能であることが確認できた。</p> <p>・噴出口近傍またはオイルパンの直上の温度測定で、消火完了後速やかに温度低下が確認できた。</p>	<p>試験により局所消火装置（ボンベ付属型）を設置することで、火災の早期感知・消火が可能であることが確認できたことから、潤滑油を火災源とする箇所に局所消火装置（ボンベ付属型）を適用する旨を記載する。</p> <p>火災状況は、噴出口近傍またはオイルパンの直上に設置した温度計により確認できたこと、温度計の仕様・配置設計に必要な温度分布が確認できたことから、火災状況の確認に温度計を用いる旨を記載する。</p>
	<p>火災状況確認用温度計（グローブボックス内火災用）の耐熱性能の確認</p> <p>・温度計を複数箇所に設置し、試験環境における温度を確認。</p>	<p>耐熱性能</p> <p>・試験時の温度は、オイルパン直上 350mm の位置で約 600℃、オイルパン直上 950mm の位置で約 320℃、オイルパン直上 2000mm の位置で約 200℃、消火剤の噴出口近傍で約 150℃であり、火災時の温度分布が確認できた。</p>	
	<p>グローブボックス局所消火装置（ボンベ付属型）の感知性能の確認</p> <p>・密閉状態よりも換気有のほうが消火剤濃度が上昇しにくいことから、保守的な条件としてグローブボックスの体積に見合った換気有の状態を模擬して消火性能を確認。</p> <p>・工程室の開放空間における消火性能の確認とともに、容積が最大のグローブボックスにおける適合性を確認するため、開放空間での火災に対する消火試験を実施。</p> <p>・火災区域に設定する室における火災源のうち、最大となる発熱量をヘプタンで模擬して消火性能を確認。</p>	<p>消火性能</p> <p>・ABC 粉末を用いる場合はノズルの指向性による影響が大きいが、代替ハロンを用いた試験では障害物の有無に係わらず、開放空間での火災も含めて全てのケースにおける早期消火が確認できたことから、ABC 粉末よりも代替ハロンのほうが消火剤として適用しやすいことが確認できた。</p>	<p>グローブボックス局所消火装置、工程室局所消火装置（ボンベ付属型）及び遠隔消火装置の消火剤は、代替ハロンを用いる旨を記載する。</p> <p>必要に応じて金属筐体を設置することとしていたが、開放空間においても消火性能が確認できたことから、金属筐体は不要とする。</p>

第1. 3-1表 試験結果まとめ(2/2)

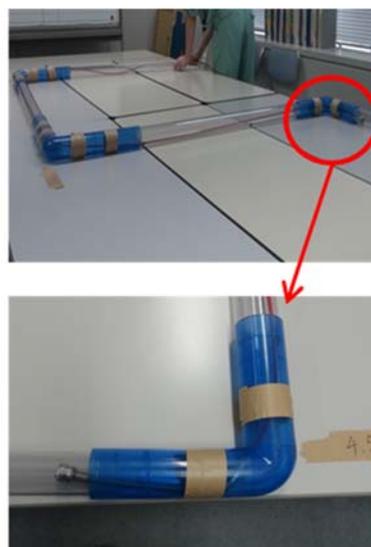
試験内容	設定条件	試験結果	事業変更許可申請における整理
<p>①グローブボックスを模擬した潤滑油模擬火災</p> <p>①' グローブボックス外（工程室内の開放空間）における潤滑油模擬火災</p>	<p>カメラの視認性能の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に用いる予定の潤滑油に助燃材を加え、潤滑油火災を再現。</li> </ul>	<p>視認性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・模擬グローブボックスにおける潤滑油の火災において、パネルの内側に煤が付着し視認性が悪くなるものの、火炎を確認することができた。</li> </ul>	<p>ばい煙発生環境下においても火災の継続状況の確認ができたことから、火災状況の確認にカメラを用いる旨を記載する。</p>
<p>②盤における模擬火災</p>	<p>グローブボックス局所消火装置（ボンベ一体型）の感知性能の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・内部火災影響評価ガイドに基づき1配線束の火災に相当する発熱量を模擬して感知性能を確認。</li> </ul>	<p>感知性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メーカー推奨設置条件よりも厳しい条件においても、早期に感知が可能であることが確認できた。</li> <li>・どの位置で火災が発生しても感知できるようにするためには、800mmの範囲内に局所消火装置（ボンベ一体型）を配置できるようにすれば良いという知見が得られた。</li> </ul>	<p>試験により局所消火装置（ボンベ一体型）を設置することで、火災の早期感知・消火が可能であることが確認できたことから、電気盤における火災に対してボンベ一体型の工程室局所消火装置を設置する旨を記載する。</p>
<p>グローブボックス局所消火装置（ボンベ一体型）の消火性能の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メーカー推奨設置条件よりも厳しい条件における条件での消火性能確認のため、核燃料物質を取り扱う火災区域における最小サイズの電気盤と開口率が最も大きい大型盤を模擬して消火性能を確認。</li> </ul>	<p>消火性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メーカー推奨設置条件よりも厳しい条件においても、消火が可能であることが確認できた。</li> <li>・局所消火装置を設置する際は、給気部となる盤内の開口部の位置を確認し、火災時の空気の流れに配慮することで消火の信頼性が向上するとの知見が得られた。</li> </ul>		
<p>③閉鎖空間における潤滑油模擬火災</p>	<p>カメラの耐熱性能の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・閉鎖空間における火災時における室内の温度上昇から、核燃料物質を取り扱う火災区域のうち最も小さい室において、核燃料物質を取り扱う火災区域のうち発熱量が最大となる潤滑油火災が発生した場合の室の温度を推定。</li> </ul>	<p>耐熱性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験時の室内温度の上昇結果から、火災状況確認用カメラを設置する室の環境温度を概算した結果、部屋の初期温度26℃とした場合、天井から1.6m位置における温度は最高で約56℃という結果が得られた。</li> </ul>	<p>試験結果を基にした温度評価結果を踏まえて、火災状況確認用カメラは天井から2mの高さ以下の位置に配置し、想定される温度環境下で使用可能な設計とする旨を記載する。</p>

## 2. 可搬型工程室監視カメラについて

現場確認の手段として、監視カメラが使用出来ない場合には、グローブボックス火災対処配管又は予備配管から可搬型工程室監視カメラを挿入し、現場を監視することを想定していた。

上記方針を踏まえて、ファイバースコープを用いて、配管への挿入性を確認した結果（第2. - 1 図）、配管のエルボを通過させることは容易ではないことが分かった。

予備配管については、廊下から火災源まで距離があること、室内に配管を敷設する場合、壁又は天井からサポートを取る必要があり、壁又は天井に沿って敷設するために配管に多くの曲げ加工が必要になるという点から、可搬型工程室監視カメラ（ファイバースコープ）の挿入性は極めて悪く、速やかな現場確認には不向きである。



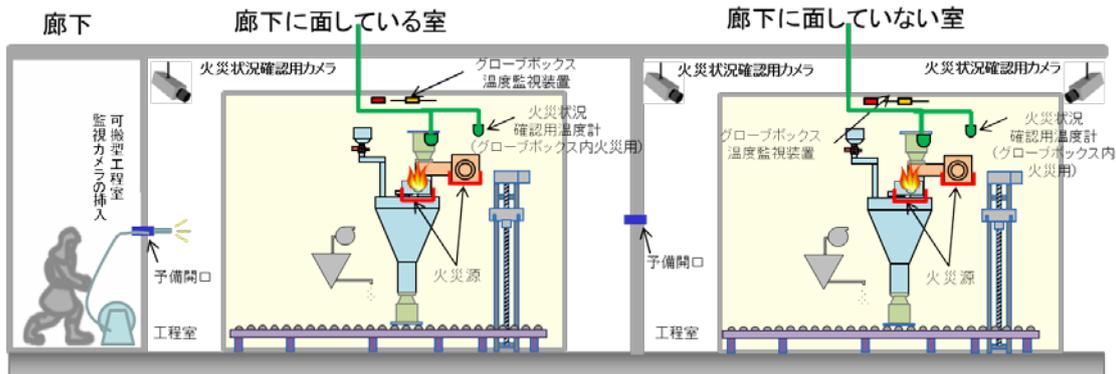
第2. - 1 図 50A配管に対するファイバースコープの挿入性確認時の状況

したがって、カメラによる状況監視の考え方として、廊下に面している室については、予備開口から室内の状況を確認するとともに、

火災状況確認用カメラを1系統設置することとした。

また、廊下に面していない室については、可搬型工程室監視カメラを挿入するためには、隣室までアクセスする必要があることから、火災状況確認用カメラを2系統設置することとした。

これらのイメージを第2. - 2図及び第2. - 3図に示す。



第2. - 2図 火災区域の火災監視に係る設備のイメージ



地下3階

地下2階

- : 火災状況確認用カメラを1系統設置する室
- : 火災状況確認用カメラを2系統設置する室
- : 重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス
- : 火災区域
- : グローブボックス外の潤滑油を内包する機器
- : グローブボックス外の盤類(440V以上又は出力が20kW以上)

□ については核不拡散上の観点から公開できません。

第2. - 3図 火災状況確認用カメラを1系統設置する室と2系統設置する室

補足説明資料6-4(22条)

## 重大事故等への対処に使用する設備の有効性について

### 1. はじめに

MOX燃料加工施設において想定している閉じ込める機能の喪失に関する重大事故としては、基準地震動を超える地震動による地震による火災及び爆発の2事象を選定している。

重大事故等への対処の発生防止対策及び拡大防止対策をそれぞれ多様化するとともに、使用する重大事故等対処施設が、重大事故時における環境条件を考慮しても機能が期待でき、対処が実施可能であることを説明している。

重大事故等への対処における放射性物質の放出低減対策として期待するグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットを含む経路については、耐震性を有する設計とし、放出量評価においては、この経路からの放出量を評価している。

このため、グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットについて、使用する環境条件及び健全性を整理し、放出量評価で見込んでいる高性能エアフィルタの除染係数が裕度を含んだ設定であることを確認する。

### 2. 想定される環境条件

グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットについて、重大事故時にこれらの機能に影響を及ぼす可能性のある環境条件を以下に示す。

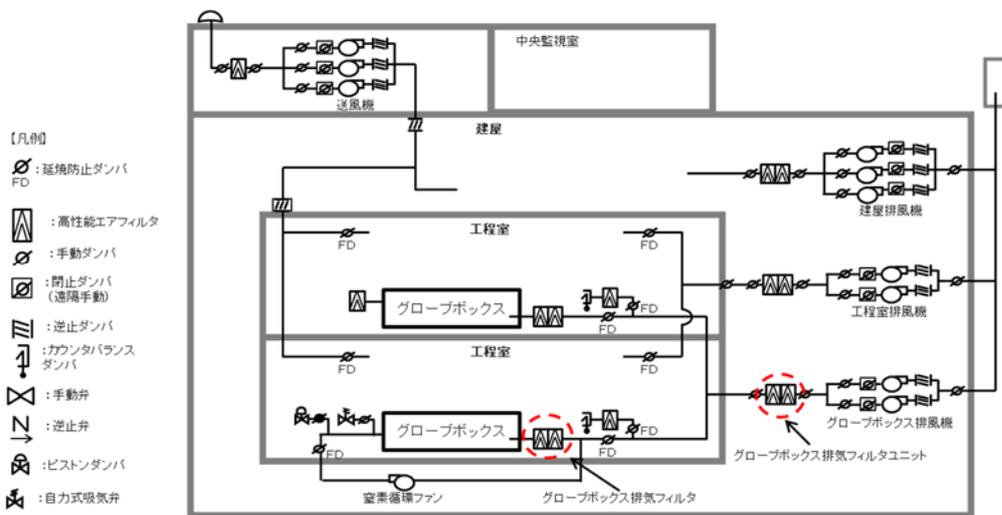
- ✓ 火災による温度上昇
- ✓ ばい煙の発生

- ✓ 爆発による圧力上昇
- ✓ 地震力による影響

これらの環境条件下において、グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットの高性能エアフィルタがどのような影響を受けるかを整理した。

なお、グローブボックス排気フィルタは、火災及び爆発の発生を想定する工程室内に設置していることから、排気系統の後段に設置しているグローブボックス排気フィルタユニットよりも厳しい環境条件下にさらされると考えられる。

グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットの配置イメージを 2.-1 図に示す。

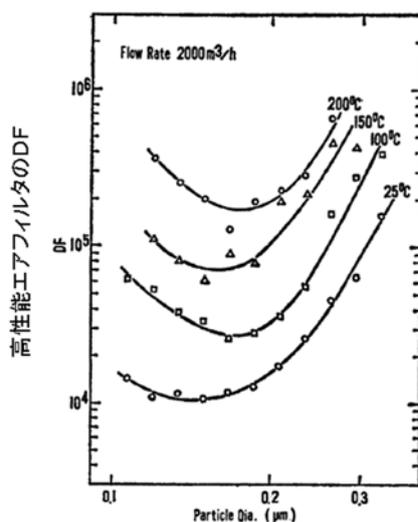


2.-1 図 グローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットの配置イメージ

### 3. 火災による温度上昇の影響について

高性能エアフィルタは不燃性材料又は難燃性材料で構成されていることから、火災により損傷することはない。また、高性能エアフィル

タへの高温負荷試験により、面速を一定として試験空気温度を 200℃まで上昇させた場合、温度の上昇に伴い高性能エアフィルタの除染係数は上昇する結果が報告されている<sup>(1)</sup>こと、グローブボックス内の火災は天井面近傍における空間温度が最大でも 200℃程度であること及び火災発生時の室内の温度は天井面近傍でも 100℃程度と推定されることから、火災による温度上昇を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの除染係数は維持できる。3.-1 図に高性能エアフィルタの温度と除染係数の関係を示す。



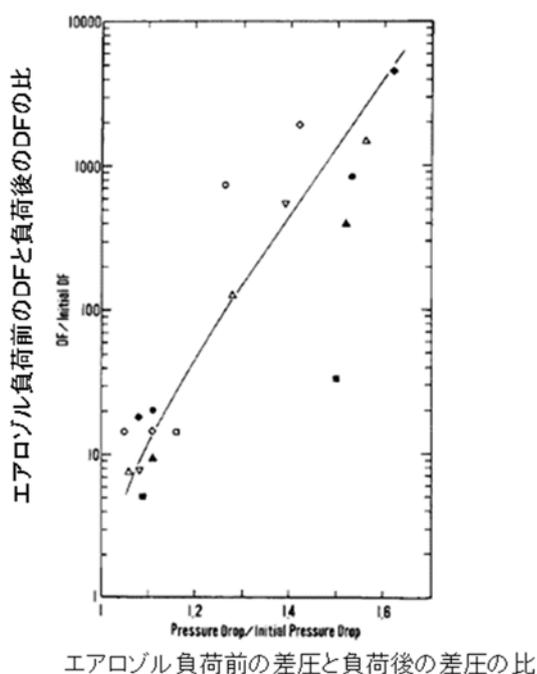
3.-1 図 高性能エアフィルタの温度と除染係数の関係

重大事故（火災）の放出量評価では温度上昇による高性能エアフィルタの除染係数の上昇は見込んでいないことから、裕度を含んだ評価であるといえる。

#### 4. 火災によるばい煙の影響について

高性能エアフィルタにエアロゾルを負荷させる試験により、エアロゾルの負荷量の増加に伴い高性能エアフィルタの捕集効率が上昇する

という結果が報告されている<sup>(2)</sup>ことから、ばい煙の負荷を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの除染係数は維持できる。4-1 図に高性能エアフィルタへのエアロゾル負荷前後の除染係数の変化を示す。



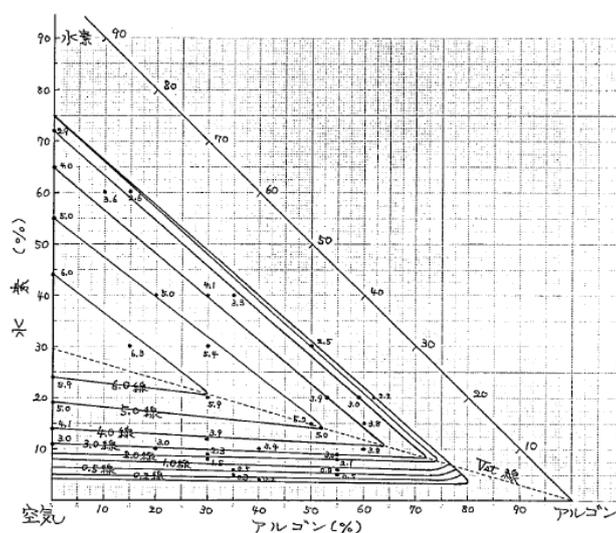
4.-1 図 エアロゾル負荷前後の除染係数の変化

重大事故（火災）の放出量評価ではばい煙の負荷による高性能エアフィルタの除染係数の上昇は見込んでいないことから、裕度を含んだ評価になっているといえる。

#### 5. 爆発発生時の圧力上昇による影響について

焼結炉等で発生する爆発に伴う圧力上昇は、炉内においても 200kPa 程度と推定される<sup>(3)</sup>。焼結炉等で発生する爆発による圧力は、排ガス処理装置又は小規模焼結炉排ガス処理装置を經由して、炉内の容積の約 10 倍の容積を有する排ガス処理装置グローブボックス(上部)又は小規模焼結炉排ガス処理装置グローブボックス内に開放することから、

排ガス処理装置又は小規模焼結炉排ガス処理装置による圧力損失等によりグローブボックス排気フィルタに到達する圧力としては、10分の1程度になると想定される。5.-1 図に水素-空気-アルゴン系の爆発圧力等圧線を示す。



5.-1 図 水素-空気-アルゴン系の爆発圧力等圧線

また、高性能エアフィルタへの衝撃波試験により、30kPa 以下の圧力では高性能エアフィルタは健全であることが報告されている<sup>(4)</sup>ことから、爆発による圧力上昇を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの捕集効率は維持できる。5.-2 図に2段の高性能エアフィルタの衝撃波負荷時の構造的な限界値を示す。

Run No.	Overpressure (kPa)	Failure		Pressure between 1st & 2nd filters (kPa)
		1st filter	2nd filter	
1	10.1	Not	Not	6.8
2	15.6	Not	Not	11.7
3	20.1	Not	Not	16.7
4	24.5	Not	Not	23.4
5	29.0	Not	Not	30.5
6	29.5	Not	Not	30.5
7	38.1	Yes	Not	37.8
8	46.0	Yes	Yes	51.3

5.-2 図 2段の高性能エアフィルタの衝撃波負荷時の構造的な限界値

重大事故（爆発）の放出量評価では、1段目のフィルタは機能喪失するとして、除染係数を1桁下げて評価していることから、裕度を含んだ評価になっているといえる。

## 5.1 再処理施設におけるフィルタへの評価との比較

再処理施設における爆発事象（放射線分解により発生する水素による爆発及び TBP 等の錯体の急激な分解反応）では、発生した爆発圧力を大容量のセル内に解放し、数十mあるダクトを介して高性能粒子フィルタに影響を与えることから、爆発による衝撃波は十分に緩和され、風量の増加という形で高性能粒子フィルタに影響を与えると想定し、大風量負荷時の試験結果<sup>(5)</sup>を採用している。

一方、MOX燃料加工施設の焼結炉等における爆発事象では、爆発圧力が開放されるグローブボックスの容積も 10m<sup>3</sup>程度と再処理施設におけるセルと比較してかなり小さく、またグローブボックスとその直近に設置するグローブボックス排気フィルタまでの経路は数mと短いことから、爆発による衝撃波の影響を受けると想定し、衝撃波試験の結果<sup>(4)</sup>を参照している。

再処理施設の各種重大事故の有効性評価において参考になっている圧力変化試験では数秒間のフィルタへの負荷による事象を検証している。この文献では、圧力の異常な変化が生じた場合に排気処理系への影響を考察することを目的としている。

一方、MOX燃料加工施設の爆発の重大事故の有効性評価において参考になっている衝撃波試験では、約 50 ミリ秒のフィルタへの負荷による事象を検証しており、MOX燃料加工施設の重大事故の爆発の想定

と同様な瞬間的な圧力異常を十分に模している。再処理施設及びMOX燃料加工施設のそれぞれの有効性評価において参照している文献と試験内容の比較を 5.1-1 表に、試験概要図の比較を 5.1-1 図に示す。

5.1-1 表 参照する文献と試験内容の比較

項目	圧力変化試験	衝撃波試験
フィルタへの影響	圧力の異常な上昇あるいは降下が生じた場合、その圧力差による短時間の大量により、高性能エアフィルタが変形・破損しリークを生じることがある。	爆発等の圧力の急激な変化により、高性能エアフィルタは衝撃波負荷により力を受け、リークを生じることがある。
試験条件	大量はタンク内の高圧空気の開放による	衝撃波は高圧空気を駆動源とした衝撃波管による
フィルタへの負荷の持続時間	数秒	約 50 ミリ秒
リーク発生圧	リーク発生差圧：9.3～18kPa (風量 400～600m <sup>3</sup> /min 差圧上昇速度 1～50kPa/s)	リーク発生衝撃圧：約 30kPa

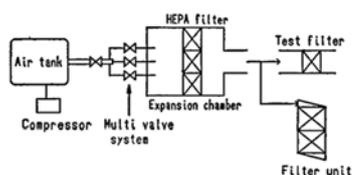


Fig. 1 Flowsheet of test apparatus  
圧力変化試験

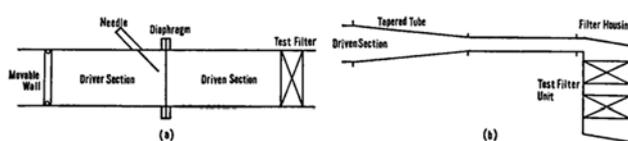


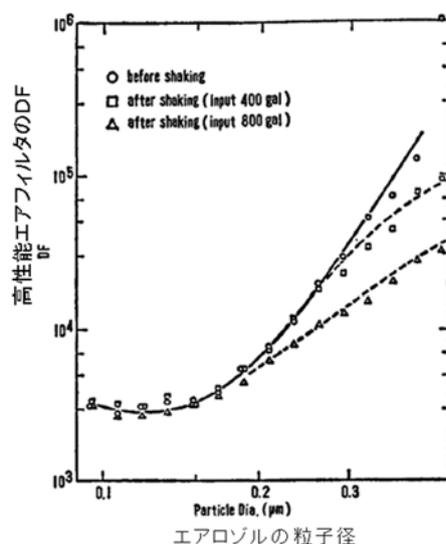
Fig. 1 Flowsheet of test apparatus (shock tube and filter system)  
衝撃波試験

図 5.1-1 図 参照する文献の試験概要の比較

## 6. 地震力による影響について

常設重大事故等対処設備として位置づける高性能エアフィルタは、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計である。また、高性能エアフィルタは 1 段で除染係数が  $10^3$  以上であるが、高性能エアフィルタの振動試験により、入力加速度 800gal の条件においても、高性能エアフィルタ 1 段の除染係数は  $10^3$  以上を確保できるという結果が報告されている<sup>(6)</sup>ことから、地震力を考慮しても評価上期待している高性

高性能エアフィルタの捕集効率は維持できる。6.-1 図に高性能エアフィルタの加震後の除染係数の変化を示す。



6.-1 図 高性能エアフィルタの加震後の除染係数

放出量評価では、基準地震動を超える地震動による地震力の影響として、高性能エアフィルタ 1 段につき除染係数を 1 桁低下させて評価を行っていることから、裕度を含んだ評価になっているといえる。

## 7. まとめ

重大事故等への対処における放出量低減対策に使用するグローブボックス排気フィルタ及びグローブボックス排気フィルタユニットについて、使用する環境条件と健全性について整理した。

この結果、いずれの環境条件においても、放出量評価で見込んでいる高性能エアフィルタの除染係数が、評価上十分な裕度を含んだ設定であることを確認した。

## 8. 参考文献

- (1) 尾崎誠, 残間徳吾, 金川昭. “高性能エアフィルタの苛酷時補-6-4-8

- 健全性試験，（Ⅲ）高温負荷”，日本原子力学会誌．1986．
- （2） 尾崎誠，横井信司，金川昭．“高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験，（Ⅱ）ダスト負荷試験”，日本原子力学会誌．1985．
- （3） 産業安全技術協会．水素混合ガスの安全性に関する研究（Ⅱ）．動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書．1997，PNCTJ8655 97-001．
- （4） 尾崎誠，安藤昇，金川昭．“高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験，（Ⅴ）衝撃波試験”，日本原子力学会誌．1987．
- （5） 尾崎誠，金川昭．“高性能エアフィルタの苛酷条件下における性能”，1988年 日本空気清浄協会誌
- （6） 尾崎誠，残間徳吾，金川昭．“高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験，（Ⅵ）振動試験”，日本原子力学会誌．1988．

補足説明資料6-6(22条)

## 不確かさの設定について

本資料では、「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の発生時の大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）の算定にあたって使用する各パラメータの不確かさについて説明する。

### 1. 各パラメータの不確かさについて

#### 1.1 火災による閉じ込める機能の喪失

##### (1) 機器が保有する放射性物質の変動

###### ① 上振れ効果

重大事故の起因となる火災源として想定するグローブボックス中のMOX粉末のインベントリは、核的制限値に基づき設定していることから、これ以上の上振れはない。

###### ② 下振れ効果

放射性物質の放出量の算定において、二次混合粉末、添加剤混合粉末及びグリーンペレットはプルトニウム富化度を18%と設定して評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れとなる。

##### (2) 放射性物質が影響を受ける割合の変動

###### ① 上振れ効果

より厳しい条件として1と設定していることから、これ以上の上振れはない。

###### ② 下振れ効果

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス及び

当該グローブボックスの内装機器は、基準地震動を1.2倍した地震力を考慮する設計であることから、基準地震動を超える地震動の地震時においても機器又は容器からMOX粉末が全量漏えいすることは考えにくく、Elizabethらの文献<sup>(1)</sup>によると金属性の一重閉じ込めによるエアロゾルの移行割合を  $1 \times 10^{-2}$  としており、金属製の混合機や容器で取り扱うMOX粉末に対して火災の影響を受ける割合は2桁程度下振れする可能性があり、金属製の混合機や容器に収納されていないプレス・グリーンペレット積込ユニット及び造粒ユニットを除くと、全体として1桁未満の下振れとなる。

<u>Modifying Factors</u>	
<u>Factor 3. Fraction of Aerosol released from primary containment into building</u>	
<u>Primary Containment</u>	<u>Factor</u>
<u>Gases &amp; Vapours</u>	
Whatever the containment (except elemental iodine released under water).	1.0
Elemental iodine released under water.	0.01
<u>All other forms</u>	
Fibre drums, glove boxes, cells, reactor structures etc., which are so seriously damaged that containment is virtually nil.	1.0
Storage blocks and pits, seriously damaged glove boxes, cells, flasks, reactor structures, etc.	0.1
Safes, undamaged or slightly damaged glove-boxes <sup>(12)</sup> , cells, flasks, reactor structures, etc., under water storage, particulate release into building via filtered extract, <span style="border: 1px solid red;">single metal containment.</span>	<span style="border: 1px solid red;">0.01</span>
Concreted steel drums, double metal containment.	0.001

第1. 1-1 図 金属性の一重閉じ込めにおけるエアロゾル移行割合

(3) 放射性物質が気相に移行する割合の変動

① 上振れ効果

NUREG/CR-6410<sup>(2)</sup>によると、有機溶媒の火災において、液面が乱流状態で激しい燃焼時における非揮発性化合物の移行割合を  $1 \times 10^{-1}$  としており、潤滑油と機器及び容器から漏えいしたMOX粉末が混ざって燃焼することを想定した場合、1桁の上振れとなる。

Table 3-1. Bounding ARFs and Applicable Experimentally Measured RFs<sup>a</sup> (Continued)

Stress/Material	ARF (RF) <sup>b</sup>	TSL <sup>c</sup>	References and Comments
<b>THERMAL STRESS</b>			
3.3.2.1, Volatile compounds 3.3.2.2	1E+0 (1.0)	1	Brereton, et al. 1995 [APAC Spills Report]
3.3.2.3 Liquid, aqueous solutions-- a. Simmering, no visible bubbles	3E-5 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsection 3.2.1.1
b. Boiling <sup>†</sup>	2E-3 (RF NVA <sup>d</sup> )	1	Mishima, et al. 1968; Borkowski, et al. 1986; Kataoka and Ishii 1983; USDOE 1994, Subsection 3.2.1.3
3.3.2.4 Liquid, organic combustible-- Volatile compounds dissolved in organic liquid	1E+0 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.1; 3.3.7
3.3.2.5 Liquid, organic combustible-- a. Non-volatile compounds, burns to self-extinguishment, no significant surface turbulence	1E-2 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.1; 3.3.7
b. Non-volatile compounds, vigorous burning with surface turbulence, burns to self-extinguishment	3E-2 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.3; 3.3.4; 3.3.5; 3.3.7
c. Non-volatile compounds, vigorous burning with surface turbulence, to complete dryness	1E-1 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.3; 3.3.7
3.3.2.6 Liquid, organic combustible-- a. Burning of combustible liquid over air-dried residue from solution on porous, non-heat-conducting surface	5E-3 (0.4)	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.6; 3.3.7
b. Burning of combustible liquid over air-dried residue from solution on heat-conducting surface	2E-1 (0.3)	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.6; 3.3.7

第1. 1-2図 有機溶媒の火災における非揮発性化合物の移行割合

② 下振れ効果

NUREG/CR-6410によると、最大 1000°C，粉末周囲の上昇流 100cm/s に置かれた非可燃性の粉末の移行割合を  $6 \times 10^{-3}$  として

おり，この場合，火災により放射性物質が気相に移行する割合は，1桁の下振れとなる。

**3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders**

*a. Non-Reactive, up to 1000° C (1830 °F), upflow around powder to 100 cm/s (2.24 mph)*

**ARF 6E-3**  
**RF 0.01**

第1. 1－3 図 非可燃性の粉末の移行割合

(4) 大気中への放出経路における低減割合の変動

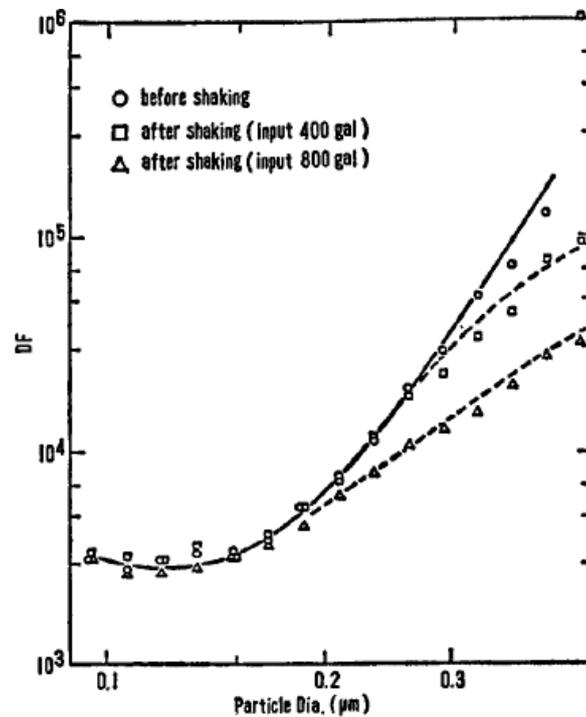
① 上振れ効果

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス及び当該グローブボックスの内装機器は，基準地震動を1.2倍した地震力を考慮する設計であることから，多量の放射性物質がグローブボックス外に漏えいすることはないが，放射性物質の放出経路を工程室排気設備とする場合，高性能エアフィルタ2段（除染係数は $1 \times 10^3$ ）となることから，グローブボックスが大きく破損し多量の放射性物質が工程室に漏えいした場合，2桁の上振れとなる。

② 下振れ効果

高性能エアフィルタの除染係数として，より厳しい条件として地震により高性能エアフィルタ1段につき捕集効率が1桁下がることを想定し，高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^5$ と設定しているが，高性能エアフィルタの振動試験により，入力加速度800galの条件においても，高性能エアフィルタ1段の捕集効率は99.9%以上を確保できるという結果が報告されて

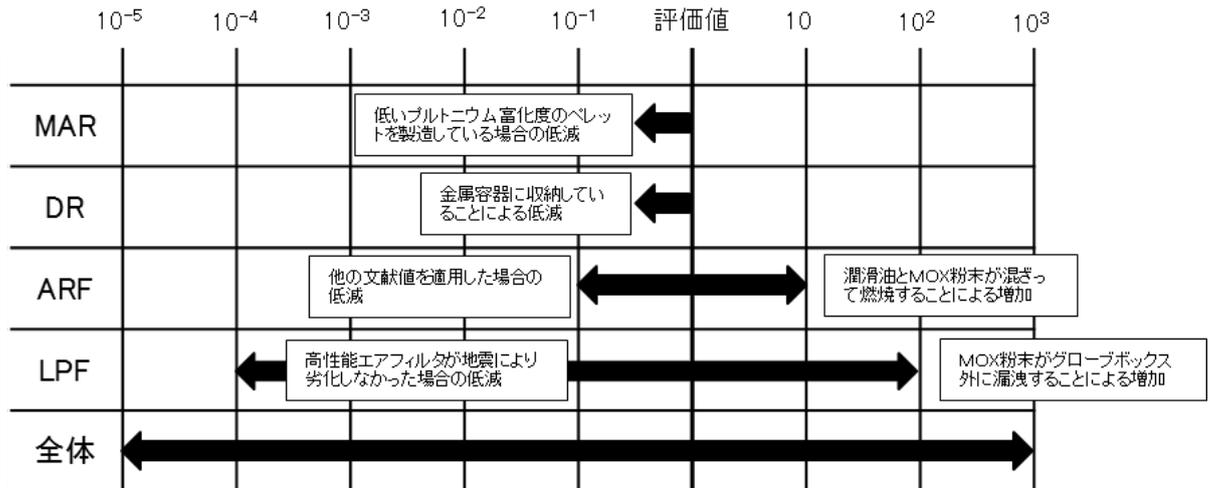
いる<sup>(3)</sup>ことから、地震力を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの捕集効率は維持でき、4桁の下振れとなる。



第1. 1-4図 地震による捕集効率の影響

(5) まとめ

第1. 1-5図に、火災による閉じ込める機能の喪失における大気中への放射性物質の放出量の算定にあたって使用する各パラメータの変動幅を示す。検討の結果3桁程度の上振れ、5桁程度の下振れの可能性がある。



第1. 1-5図 火災による閉じ込める機能の喪失の各パラメータの変動幅

## 1.2 爆発による閉じ込める機能の喪失

### (1) 機器が保有する放射性物質の変動

#### ① 上振れ効果

水素・アルゴン混合ガスを取り扱う焼結炉及び小規模焼結炉中のMOXのインベントリは、核的制限値に基づき設定していることから、これ以上の上振れはない。

#### ② 下振れ効果

放射性物質の放出量の算定において、グリーンペレットはプルトニウム富化度を18%と設定し評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れとなる。

### (2) 放射性物質が影響を受ける割合の変動

#### ① 上振れ効果

小規模焼結炉のタイプはバッチ式であり、炉内にペレットを

装荷したタイミングによっては全量がグリーンペレットであることが考えられる。ただし、放射性物質の放出量の算定において爆発の影響を受ける割合は、小規模試験ユニットの核的制限値 103kg・MOXのうち10分の1と設定しており、一方小規模焼結炉へのペレットの装荷量は2台合計で6kg・MOX程度であることから、仮に小規模焼結炉のペレットが全量グリーンペレットの場合であっても、これ以上の上振れはない。

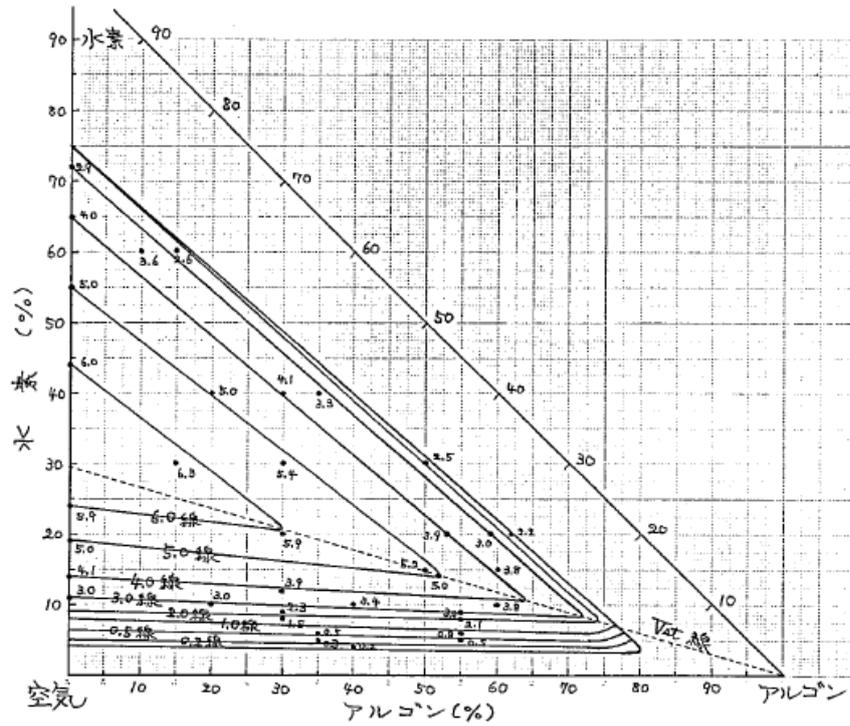
## ② 下振れ効果

焼結炉のタイプは連続焼結炉であり、グリーンペレットと焼結ペレットの比率は常に一定となるが、ペレットの焼結が始まる温度領域を考慮すると、完全なグリーンペレットは実際には全体の半分程度であると考えられ、1桁未満の下振れとなる。

## (3) 放射性物質が気相に移行する割合の変動

### ① 上振れ効果

焼結炉等で発生する爆発に伴う圧力は、炉内において200kPa程度と推定される<sup>(4)</sup>。ただし、この値は水素-アルゴン-空気の化学量論比による予混合の理想的な条件下における圧力であり、実際には焼結炉が破損した箇所において、水素・アルゴン混合ガスと空気の接触面で拡散燃焼となるか、或いは部分的な小規模爆発に留まることが考えられる。よって、想定を超える爆発が発生し、放射性物質が気相に移行する割合が上振れすることはない。



第1. 2-1図 水素-空気-アルゴン系の爆発圧力等圧線

② 下振れ効果

DOE HANDBOOK によると爆発によって気相に移行する割合は  $5 \times 10^{-3}$  と報告されており<sup>(5)</sup>、1桁の下振れとなる。

and components. Shock and blast waves and associated TNT equivalents were estimated for 1.8 and 4 meter diameter flammable gas clouds. The point of detonation was assumed to be 0.75 m from the front of the glovebox.

The modelling indicated that even relatively weak shielding such as the lexan windows or gloves of the glovebox provided significant shielding from shock waves. This was due to the speed of the shock wave (total glovebox envelopment in 2.5 milliseconds), which would almost completely pass over the structure and initiate reflection waves in the time it took for shielding material to fail: "the shock wave moving inside the glovebox is approximately spherical in shape and much weaker than the outside shock." Peak overpressures in the glovebox ranged from ~ 8 to 28 psig at the glovebox floor and from ~ 5 to 15 psig at 0.3 m above the glovebox floor. As would be expected, the higher pressures were on the side of the glovebox facing the explosion.

The peak velocity and density of the shock and blast wave moving across the bottom of the glovebox were 300 m/sec and 0.004 g/cm<sup>3</sup> respectively. Kinetic energy density was computed from these values. Halverson and Mishima (1986) had developed an empirical equation for wt% of powder airborne as a function of energy density. In this calculation, powder mass was minimized (~ 30 g) to maximize energy absorbed per gram. The fraction of material driven airborne was estimated to be 5E-3. The main uncertainty associated with this calculation is the unaccounted potential for localized, high energy density regions that would be expected in a non-uniform distribution. To attempt to determine the relative severity of conditions inside the glovebox, massless tracer particles were inserted into the model to follow flow with no drag. Particle motion indicated an absence of strong shear forces or turning forces that might enhance breakup. Most particle movement was uniformly to the rear of the glovebox.

The explosion study is considered to support the basic interpretation of phenomena in studies by Mishima and Schwendiman. Based on those studies, values for ARF and RF of 5E-3 and 0.3 appear to be conservative for the suspension of a powder from a smooth, unyielding surface from the pressure impulse generated (i.e., gas flow parallel to surface) by an explosion. The release phenomena is considered to cover powders shielded from the direct impact of the blast as well. Examples of such situations include powder buried under debris, in a can/container that is uncapped by the blast, or in a glovebox with blast external to the glovebox.

#### 4.4.2.3 Venting of Pressurized Powder

For the entrainment due to the rapid burning of a limited volume of combustible mixture (equal to an unconfined vapor explosion - cloud volume, <0.25 volume of container) over

#### (4) 大気中への放出経路における低減割合の変動

##### ① 上振れ効果

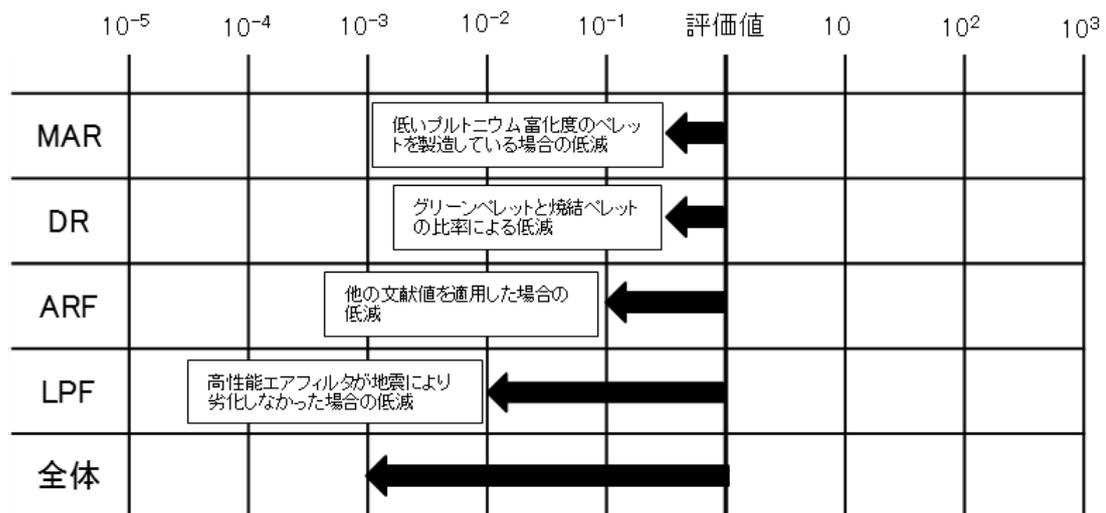
仮に気相へ移行した放射性物質がグローブボックス排気設備を経由せず、全量が工程室排気設備を経由することを想定した場合においても捕集効率は同程度であり、これ以上の上振れはない。

##### ② 下振れ効果

爆発事故時の放出経路は、工程室排気設備を経由する場合が主であり、高性能エアフィルタの除染係数として、より厳しい条件として地震により高性能エアフィルタ1段につき捕集効率が1桁下がることを想定し、高性能エアフィルタ2段の除染係数を $1 \times 10^3$ と設定しているが、高性能エアフィルタの振動試験により、入力加速度800galの条件においても、高性能エアフィルタ1段の捕集効率は99.9%以上を確保できるという結果が報告されていることから、地震力を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの捕集効率は維持でき、2桁の下振れとなる。

#### (5) まとめ

第1. 2-3図に、爆発による閉じ込める機能の喪失における大気中への放射性物質の放出量の算定にあたって使用する各パラメータの変動幅を示す。検討の結果3桁程度の下振れの可能性がある。



第1. 2-3図 爆発による閉じ込める機能の喪失の各パラメータの変動幅

## 2. 参考文献

- (1) Elizabeth M. Flew, et al. "Assessment of the Potential release of radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7, p. 653-668.
- (2) Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1998, NUREG/CR-6410.
- (3) 尾崎 誠, 残間 徳吾, 金川 昭. 高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (VI) 振動試験. 日本原子力学会誌. Vol. 30, No. 3, 1988, p. 257-263.
- (4) 産業安全技術協会. 水素混合ガスの安全性に関する研究 (II). 1997年3月

(5) AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS  
FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES. U. S. Department of Energy,  
DOE-HDBK-3010-94

7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

## 目次

### 7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

#### 7.1 重大事故等の同時発生

##### 7.1.1 同時発生が想定される重大事故等の種類と想定する条件

##### 7.1.2 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価の範囲

##### 7.1.3 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価

## 7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

### 7.1 重大事故等の同時発生

#### 7.1.1 同時発生が想定される重大事故等の種類と想定する条件

MOX燃料加工施設の重大事故等の同時発生は、外的事象の「地震」による安全機能の喪失によって、核燃料物質等の閉じ込める機能の喪失として「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」が同時に発生する事象である。

#### 7.1.2 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価の範囲

火災による閉じ込める機能の喪失への対処は、火災の感知及び消火並びに核燃料物質の燃料加工建屋への閉じ込めの観点で実施する。爆発による閉じ込める機能の喪失の場合は、再爆発の防止及び核燃料物質の燃料加工建屋への閉じ込めの観点で実施する。各重大事故等対策におけるこれらの観点は、重大事故等が同時発生した場合であっても同じであるとともに、核燃料物質の燃料加工建屋への閉じ込めについては、火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失どちらにおいても同じである。

各重大事故等対策に使用する重大事故等対処設備は、重大事故等ごとに専用の設備を整備する又は共用する場合であっても重大事故等の同時発生を前提として必要な容量を有する設計としている。

また、重大事故等への対処手順も、重大事故等が同時発生することを前提に各々の重大事故等の相互影響を考慮し整備している。

以上より、重大事故等が同時発生した場合であっても、各重大事故等対策の有効性評価は、個別に評価することが可能だが、各重大事故等が発生した場合の事故環境が相互に与える影響を考慮する必要があ

る。

各重大事故等が発生した場合の事故環境が相互に与える影響及び有効性評価の要否の詳細を以下に示す。

#### (1) 重大事故等の発生防止対策

火災による閉じ込める機能の喪失は、発生した火災の感知及び消火の対策を、爆発による閉じ込める機能の喪失は、焼結炉及び小規模焼結処理装置（以下「焼結炉等」という。）における再爆発を防止する対策を実施する。

火災による閉じ込める機能の喪失の発生を想定する重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスを設置する室と、爆発による閉じ込める機能の喪失の発生を想定する焼結炉等を設置する室は異なる室であることから、それぞれの室で発生した火災又は爆発が相互に影響することは考えられず、重大事故等が単独で発生している状態と変わるものではないことから、重大事故等が同時発生した場合の発生防止対策の有効性評価における評価条件及び評価結果は、「6. 核燃料物質等を閉じこめる機能の喪失への対処」に記載した内容と同じである。

#### (2) 重大事故等の拡大防止対策

拡大防止対策のうち、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置については、火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失で共通なものである。

重大事故として発生を想定する火災及び爆発は、燃料加工建屋の地下3階又は地下2階である。核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置については、地下1階、地上1階又は地上2階で実施す

る対策である。このため、核燃料物質を燃料加工建屋内に閉じ込める措置に係る対策が、火災又は爆発の影響を受けることは考えられない。

また、拡大防止対策のうち、放射性物質の放出量の低減に係る対策については、放射性物質の放出量の低減に係る対策が、火災又は爆発の影響を受けることは考えられない。

以上より、重大事故等が同時に発生した場合の拡大防止対策の有効性評価における評価条件及び評価結果は、「6. 核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失への対処」に記載した内容と同じである。

また、火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失が同時に発生した場合には、大気中への放射性物質の放出量が増加することから、重大事故等の同時発生の大気中への放射性物質の放出量を評価する。

### 7.1.3 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価

#### (1) 有効性評価

##### ① 有効性評価の考え方

外的事象の「地震」を起因として、火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失が同時に発生することを想定する。

##### ② 機器の条件

「6. 1. 1. 2. 1 有効性評価」「6. 1. 2. 2. 1 有効性評価」「6. 2. 1. 2. 1 有効性評価」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価」に記載した内容と同じである。

③ 操作条件

「6. 1. 1. 2. 1 有効性評価」「6. 1. 2. 2. 1 有効性評価」「6. 2. 1. 2. 1 有効性評価」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価」に記載した内容と同じである。

④ 放出量評価の条件

火災による閉じ込める機能の喪失と爆発による閉じ込める機能の喪失の単独発生を想定した場合であっても、同時発生を想定した場合であっても、大気中への放射性物質の放出量の評価条件に変わりはなく、「6. 1. 2. 2. 1 有効性評価」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価」に記載したとおりである。

⑤ 判断基準

重大事故等が同時発生した場合、単独事象のときと拡大防止対策の内容に違いはなく、「6. 1. 1. 2. 1 有効性評価」「6. 1. 2. 2. 1 有効性評価」「6. 2. 1. 2. 1 有効性評価」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価」に記載した内容と同じである。

(2) 有効性評価の結果

① 有効性評価の結果

a. 大気中への放射性物質の放出量

重大事故ごとの大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が同時発生した場合でも単独発生の場合と同じであり、火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失による放出量を合計した場合、約 $5.6 \times 10^{-3}$  TBqとなり、100 TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な

限り低い。

② 不確かさの影響評価

a. 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

(a) 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

i. グローブボックス、焼結炉等に内包する放射性物質質量

内包する放射性物質質量は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果」、  
「6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果」  
「6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果」及び「6.  
2. 2. 2. 2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

ii. 事故の影響を受ける割合

事故の影響を受ける割合は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果」、  
「6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果」  
「6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果」及び「6.  
2. 2. 2. 2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

iii. 放射性物質が気相中に移行する割合

放射性物質が気相中に移行する割合は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果」、  
「6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果」  
「6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果」及び  
「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

#### iv. 大気中への放出経路における除染係数

大気中への放出経路における除染係数は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果」、「6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果」「6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

#### b. 操作条件の不確かさの影響

##### (a) 実施組織要員の操作

実施組織要員の操作が有効性評価に与える影響は、「6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果」、「6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果」「6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

##### (b) 作業環境

作業環境の不確かさが有効性評価に与える影響は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「6. 1. 1. 2. 2 有効性評価の結果」、「6. 1. 2. 2. 2 有効性評価の結果」「6. 2. 1. 2. 2 有効性評価の結果」及び「6. 2. 2. 2. 2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

#### (3) 判断基準への適合性の検討

火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失が同時発生した場合であっても、実施組織要員の対処時間を確保し、事態の収束を図り、安定状態を維持できるこ

とを確認した。

事態が収束するまでの大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、火災による閉じ込める機能の喪失及び爆発による閉じ込める機能の喪失による放出量の合計約 $5.6 \times 10^{-3}$  TBqであり、100 TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いことを確認した。

不確かさの影響評価として、「事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響」及び「操作条件の不確かさの影響」が有効性評価へ与える影響を確認し、重大事故等が同時発生した場合であっても、単独で発生した場合と同様に、有効性評価に与える影響は小さく、判断基準を満足することに変わりはないことを確認した。

【補足説明資料 7 - 1】

【補足説明資料 7 - 2】

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト  
第22条: 重大事故等の拡大の防止等(7. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処)

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料7-1	解析に用いるパラメータの妥当性	<u>3/9</u>	<u>1</u>	
補足説明資料7-2	不確かさの設定	<u>3/9</u>	<u>2</u>	

令和2年3月9日 R 1

補足説明資料7-1 (第22条)

## 解析に用いるパラメータの妥当性

本資料では、「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」に対処するための対策の有効性評価に用いたパラメータの設定において参照した根拠等を示す。具体的には以下の項目について記載する。

1. セシウム-137 換算放出量の評価方法と評価に用いたパラメータについて
2. MOX中のアメリシウム-241 最大含有率の評価について
3. 参考文献

## 1. セシウム-137 換算放出量の評価方法と評価に用いたパラメータについて

### 1. 1 評価の前提

本資料では、「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時の大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）の評価方法を説明する。

### 1. 2 セシウム-137 換算放出量の評価条件

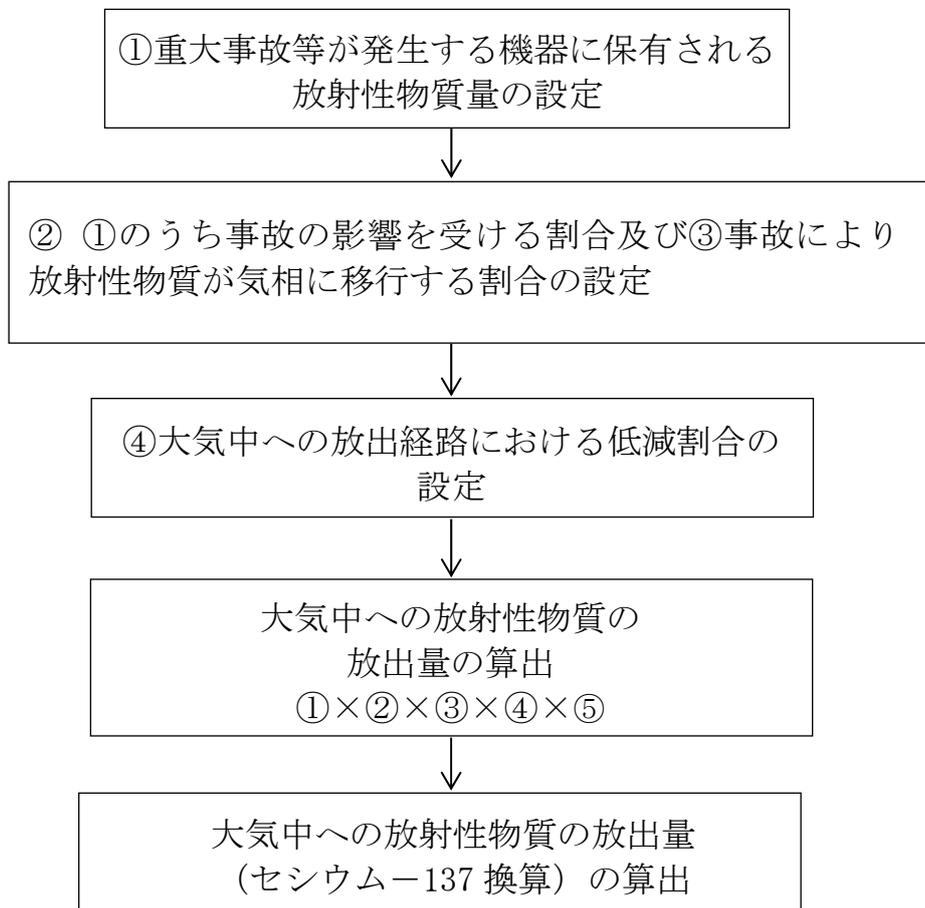
有効性評価における大気中への放射性物質の放出量は、①重大事故等が発生した機器に保有される放射性物質質量、②①のうち事故の影響を受ける割合、③事故により放射性物質が気相に移行する割合、④大気中への放出経路における低減割合、⑤肺に吸収され得るような浮遊性の微粒子状の放射性物質の割合を用いて次式により算出する。

$$\begin{aligned} & \text{大気中への放射性物質の放出量 [Bq]} \\ & = \text{①} \times \text{②} \times \text{③} \times \text{④} \times \text{⑤} \end{aligned} \quad (1)$$

評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137 への換算係数を乗じて、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）を次式により算出する。

$$\begin{aligned} & \text{大気中への放射性物質の放出量 (Cs-137 換算)} \\ & = \text{大気中への放射性物質の放出量 [Bq]} \times \text{Cs-137 換算係数} \end{aligned} \quad (2)$$

大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）の評価方法のフローを第1. 2-1 図に示す。



第1. 2-1 図 大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の評価方法のフロー

## 1. 3 評価パラメータの設定

### (1) 重大事故等が発生する機器に保有される放射性物質量

#### a. 火災が発生した機器に保有される放射性物質量

重大事故の起因となる火災源として想定するグローブボックス中のMOX粉末のインベントリは、核的制限値に基づき第1. 3-1表のとおり設定し、この内インベントリ量が多い粉末調整第5室及びペレット加工第1室における火災の同時発生を想定し、プルトニウム量 217.8kg を火災が発生した機器に保有される放射性物質量とする。

#### b. 爆発が発生した機器に保有される放射性物質量

水素・アルゴン混合ガスを取り扱う焼結炉及び小規模焼結炉中のMOXのインベントリは、核的制限値に基づき第1. 3-2表のとおり設定し、これらの設備が同時に爆発することを想定し、プルトニウム量 250.3kg を爆発が発生した機器に保有される放射性物質量とする。

第1. 3-1表 重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックスとインベントリ

部屋名称	グローブボックス名称	インベントリ (kg・Pu)	対象グローブボックスの部屋 毎の合計インベントリ (kg・Pu)
粉末調整第2室	予備混合装置グローブボックス	28.8	28.8
粉末調整第5室	均一化混合装置グローブボックス	53.7	74.0
	造粒装置グローブボックス	20.3	
粉末調整第7室	回収粉末処理・混合装置グローブボックス	39.7	39.7
ペレット加工第1室	添加剤混合装置グローブボックス	33.0	143.8
	プレス装置（プレス部）グローブボックス	38.9	
	添加剤混合装置グローブボックス	33.0	
	プレス装置（プレス部）グローブボックス	38.9	

第1. 3-2表 重大事故の起因となる水素・アルゴン混合ガスを取り扱う設備とインベントリ

部屋名称	設備名称	インベントリ (kg・Pu)	対象グローブボックスの部屋 毎の合計インベントリ (kg・Pu)
ペレット加工第2室	焼結設備	195.8	250.3
分析第3室	小規模試験設備	54.5	

(2) 事故の影響を受ける割合

a. 火災により影響を受ける割合

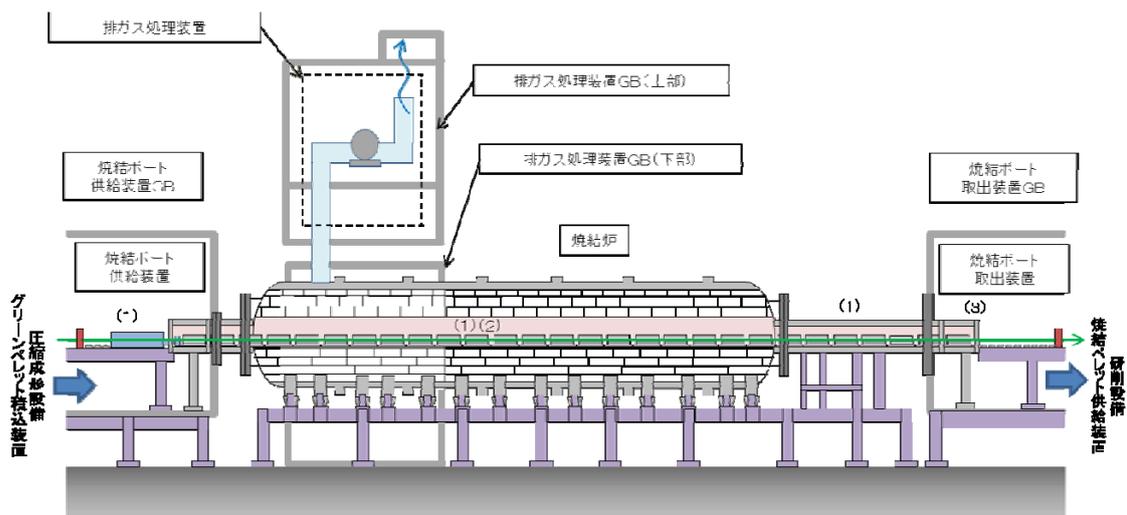
より厳しい条件として1とする。

b. 爆発により影響を受ける割合

焼結炉等内のグリーンペレットに対して1とする。

(a) 焼結炉におけるグリーンペレットの割合

ペレット加工第2室に設置する焼結炉のタイプは連続焼結炉であり、一方からグリーンペレットを搬入し、もう一方から焼結されたペレットを搬出する構造である。そのため、グリーンペレットと焼結ペレットの比率は常に一定である。ペレットの焼結が始まる温度領域を考慮すると、完全なグリーンペレットは全体の半分程度であるが、ここではより厳しい条件として、焼結炉等内に存在するグリーンペレットの比率を、焼結炉ユニットの核的制限値の3分の2として設定する。



第1. 3-1図 焼結炉の構造

(b) 小規模焼結炉におけるグリーンペレットの割合

小規模試験設備は、小規模粉末混合装置、小規模プレス装置、小規模焼結炉、小規模検索装置及び資材保管装置で構成し、これらの装置はそれぞれのグローブボックス内に設置する。分析第3室に設置する小規模焼結炉のタイプはバッチ式であり、一台あたり3kg・MOX程度のペレットを処理単位として焼結処理をする構造である。そのため、グリーンペレットが焼結ペレットとなっているかは事故が発生するタイミングによって異なる。よって、より厳しい条件として小規模試験ユニットの核的制限値103kg・MOXのうち、10分の1をグリーンペレットとして設定する。

(3) 事故により放射性物質が気相に移行する割合

a. 火災により放射性物質が気相に移行する割合

J. MISHIMA らの、上昇気流を伴う火災時の気相へのプルトニウムの移行影響を調査した実験において、4種類のプルトニウム粉末を用いて試験を行った結果、最も気相への移行率が大きい粉末でも、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1%未満であったことが報告されている。<sup>(1)</sup>

本試験結果に基づき、火災発生後から消火又は閉じ込め完了まで1時間の気相への放射性物質の移行率として $1 \times 10^{-2}$ に設定する。

第1. 3-3表 上昇気流を伴う火災時のプルトニウムの移行率

*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
		<0.004	<0.004	0.38 0.54
	B	<0.004	<0.004	0.006 0.025
		<0.004	0.0096	0.023 0.036
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).*

b. 爆発により放射性物質が気相に移行する割合

爆発によりグリーンペレットが粉末化し焼結炉等内の気相中へ移行する割合として、非揮発性固体の爆発による移行率を適用し、 $1 \times 10^{-2}$ と設定する。(2)

第1. 3-4表 爆発時の非揮発性固体の移行率

Release Mechanism	Safety Analysis Parameter	Range of Observations	Current Practice	Recommended Values
6. Pike Release (Fraction released except as noted)	(a) Noble Gas	--	0.90 - 1.00	1.00
	(b) Halogen	0.65 - 0.84	1.00	1.00
	(c) Volatile Solids	$\sim 3 \times 10^{-6}$ - 0.01	0.01 - 0.90	0.01
	(d) Non-Volatile Solids	$\sim 4 \times 10^{-6}$ - 0.38	0.01 - 0.60	0.01
	(e) Fly Ash	$\sim 5 \times 10^{-4}$ - 0.20	0.01 - 0.05	0.01
	(f) Airborne Particle Size ( $\mu$ )	<0.1 - 10	<5	<5
7. Explosions (Fraction released except as noted)	(a) Noble Gas	--	1.00	1.00
	(b) Halogens	--	1.00	1.00
	(c) Volatile Solids	--	0.001	0.01
	(d) Non-Volatile Solids	$9 \times 10^{-5}$ - 0.14	0.01	0.01
	(e) Airborne Material (size > 100 $\mu$ )	1.0 - 71 $\text{mg}/\text{m}^3$	10 - 100 $\text{mg}/\text{m}^3$	100 $\text{mg}/\text{m}^3$ (d)
	(f) Airborne Particle Size ( $\mu$ )	--	<10 - <30	<10
8. Criticality	(a) Initial Pulse - Fissions	$1 \times 10^{15}$ - $4.68 \times 10^{18}$	$1 \times 10^{18}$ - $3.7 \times 10^{18}$	$1.0 \times 10^{18}$
	(b) Secondary Pulse - Fissions	No Estimate	$0.4 \times 10^{17}$ - $5 \times 10^{17}$	$1.9 \times 10^{17}$
	Pulse Interval	No Estimate	10 min	10 min
	(c) Total Fissions	$3 \times 10^{15}$ - $1.2 \times 10^{20}$	$1 \times 10^{18}$ - $1 \times 10^{20}$	$1.0 \times 10^{19}$
	Total Time	No Estimate	7 min - 24 hr	8 hr
	(d) Gas Release Fraction	No Estimate	1.00	1.00
	(e) Halogen Release Fraction	No Estimate	0.25 - 1.00	0.25
	(f) Solid Release Fraction	No Estimate	0.001 - 0.20	(e)
(g) Material Release	No Estimate		(e)	

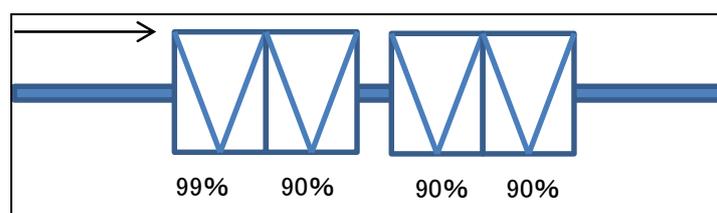
(d) Applicable to particulate material only, not to gas or volatile material release  
 (e) Use applicable Reg Guide Recommendations

#### (4) 大気中への放出経路における低減割合

##### a. 高性能粒子フィルタの除去効率の設定

高性能エアフィルタ 1 段当たりの捕集効率は99.97%以上(0.15  $\mu$ mDOP粒子)<sup>(3)</sup>であり、高性能エアフィルタ 1 段目と 2 段目の捕集効率は同等との試験データ<sup>(4)</sup>もあるが、設計基準事故評価においては、1 段目：99.9%、2 段目：99%として、グローブボックス排気設備の高性能エアフィルタ 2 段の捕集効率を99.999%としている。

また、高性能エアフィルタを 3 段直列に並べた DF 測定試験<sup>(5)</sup>では  $DF \geq 10^{11}$  との結果が得られているが、従来の事故評価における高性能エアフィルタ 4 段の捕集効率については、上記試験の高性能エアフィルタの除染係数 ( $DF \geq 10^{11}$ ) よりも厳しい条件となるよう、後段 2 段の高性能エアフィルタの捕集効率をそれぞれ 99%と設定し、全体として捕集効率を 99.9999999% ( $DF : 10^9$ ) としている。

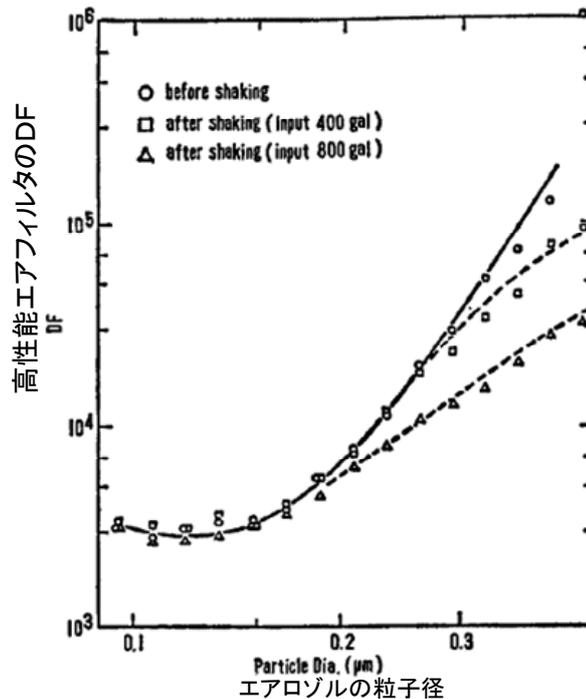


第 1. 3-2 図 高性能エアフィルタ捕集効率の設定

尾崎らの高性能エアフィルタの振動試験によると、入力加速度800galの条件においても、高性能エアフィルタ 1 段の捕集効率は99.9%以上を確保できるという結果が報告されている<sup>(6)</sup>ことから、地震力を考慮しても評価上期待している高性能エアフ

フィルタの捕集効率は維持できる。

ただし、より厳しい条件として、本評価におけるグローブボックス排気設備の高性能エアフィルタの捕集効率を各段において1桁下げ、除染係数を $10^5$ と設定する。



第1. 3-3図 高性能エアフィルタの加振後のDF

焼結炉等における爆発によって発生する圧力は、炉内の容積の約10倍の容積を有する排ガス処理装置グローブボックス又は小規模焼結炉排ガス処理装置グローブボックス内に開放され、グローブボックス排気設備の高性能エアフィルタに到達する前に圧力は10分の1程度に低下すると考えられる。また、尾崎らの高性能エアフィルタへの衝撃波試験によると、30kPa以下の圧力では高性能エアフィルタは健全であることが報告されている<sup>(7)</sup>。

ただし、爆発事故においてはグローブボックス直近にある高性能エアフィルタの1段目は爆発圧力による一部損傷により除染係数が1桁下がることを想定し、除染係数を $10^4$ と設定する。

第1. 3-5表 2段高性能エアフィルタの衝撃波負荷時の構造的な限界値

Run No.	Overpressure (kPa)	Failure		Pressure between 1st & 2nd filters (kPa)
		1st filter	2nd filter	
1	10.1	Not	Not	6.8
2	15.6	Not	Not	11.7
3	20.1	Not	Not	16.7
4	24.5	Not	Not	23.4
5	29.0	Not	Not	30.5
6	29.5	Not	Not	30.5
7	38.1	Yes	Not	37.8
8	46.0	Yes	Yes	51.3

(5) 肺に吸収され得るような浮遊性の微粒子状の放射性物質の割合より厳しい条件として1とする。

#### 1. 4 環境へのセシウム-137 換算放出量

##### (1) セシウム-137 換算係数

放射性物質のセシウム-137 への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162<sup>(8)</sup>に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくにかかる実効線量への換算係数についてセシウム-137 と着目核種との比を用いる。ただし、化学形態による影響の違いを補正するために、IAEA-TECDOC-1162 に記載の吸入摂取換算係数を

ICRP の Publication72 の吸入摂取換算係数で補正するために設定する「吸入核種の化学形態に係る補正係数」を用いて、以下の計算式により算出する。

$$\begin{aligned} & \text{セシウム-137換算放出量} \\ & = \sum_i \text{核種 } i \text{ の放出量} \times \text{核種 } i \text{ のセシウム-137換算係数} \end{aligned}$$

核種*i*のセシウム-137換算係数は以下の方法で算定する。

$$\begin{aligned} & \text{核種 } i \text{ のセシウム-137換算係数} \\ & = \frac{\text{核種 } i \text{ の } CF_4 \text{ 換算係数}}{\text{セシウム-137の } CF_4 \text{ 換算係数}} \times \text{吸入核種の化学形態に係る補正係数} \end{aligned}$$

ここで、プルトニウム及びアメリシウムに対する換算例を第1.4-1表に、吸入核種の化学形態に係る補正係数を第1.4-2表に示す。

## 1.5 評価結果

大気中への放射性物質の放出量を第1.5-1表から第1.5-2表に、評価結果を第1.5-3表に示す。

第1.5-3表の結果から、放射性物質の放出量は事業許可基準規則第22条で要求されているセシウム-137換算で100TBqを十分下回る。

第1. 4-1表 プルトニウム及びアメリシウムに対する換算

主要核種	TECDOC の C F <sub>4</sub> 換算係数【A】	TECDOC の C F <sub>4</sub> 換算係数 (C s -137 の値) 【B】	吸入核種の化学形 態に係る補正係数 【C】	C s -137 換算係数 <sup>※1</sup> 【D】 = 【A】 / 【B】 × 【C】
	m S v / k B q / m <sup>2</sup>	m S v / k B q / m <sup>2</sup>	—	—
P u -238	6.6	1.3×10 <sup>-1</sup>	0.14	7.17
P u -239	8.5	1.3×10 <sup>-1</sup>	0.13	8.72
P u -240	8.4	1.3×10 <sup>-1</sup>	0.13	8.62
P u -241	1.9×10 <sup>-1</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>	0.07	0.11
A m -241	6.7	1.3×10 <sup>-1</sup>	0.17	8.84

※1：地表沈着した放射性物質のガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量を用いてC s -137 放出量に換算する係数

第1. 4-2表 吸入核種の化学形態に係る補正係数

核種	TECDOC の吸入 摂取換算係数 【a】	ICRP Pub72 の 吸入摂取 換算係数 (化学形態を考慮) 【b】	吸入核種の化学形態 に係る補正係数 【c】 = 【b】 / 【a】
	$S_v / B_q$	$S_v / B_q$	—
Pu-238	$1.13 \times 10^{-4} \text{※1}$	$1.6 \times 10^{-5}$	0.14
Pu-239	$1.20 \times 10^{-4} \text{※1}$	$1.6 \times 10^{-5}$	0.13
Pu-240	$1.20 \times 10^{-4} \text{※1}$	$1.6 \times 10^{-5}$	0.13
Pu-241	$2.33 \times 10^{-6} \text{※1}$	$1.7 \times 10^{-7}$	0.07
Am-241	$9.33 \times 10^{-5}$	$1.6 \times 10^{-5}$	0.17

※1 : 化学形態としてキレートを想定。

第1. 5-1表 火災事故時の大気中への放射性物質の放出量

核種	放出量 [Bq]	Cs 換算係数 [Bq- Cs137/Bq]	Cs137 換算放 出量[Bq- Cs137]
Pu-238	$1.05 \times 10^8$	7.17	$7.53 \times 10^8$
Pu-239	$5.57 \times 10^6$	8.72	$4.85 \times 10^7$
Pu-240	$1.00 \times 10^7$	8.62	$8.61 \times 10^7$
Pu-241	$2.22 \times 10^9$	0.106	$2.36 \times 10^8$
Am-241	$2.49 \times 10^7$	8.84	$2.20 \times 10^8$

第1. 5-2表 爆発事故時の大気中への放射性物質の放出量

核種	放出量 [Bq]	Cs 換算係数 [Bq- Cs137/Bq]	Cs137 換算放 出量[Bq- Cs137]
Pu-238	$3.28 \times 10^8$	7.17	$2.35 \times 10^9$
Pu-239	$1.74 \times 10^7$	8.72	$1.51 \times 10^8$
Pu-240	$3.12 \times 10^7$	8.62	$2.69 \times 10^8$
Pu-241	$6.92 \times 10^9$	0.106	$7.37 \times 10^8$
Am-241	$7.77 \times 10^7$	8.84	$6.87 \times 10^8$

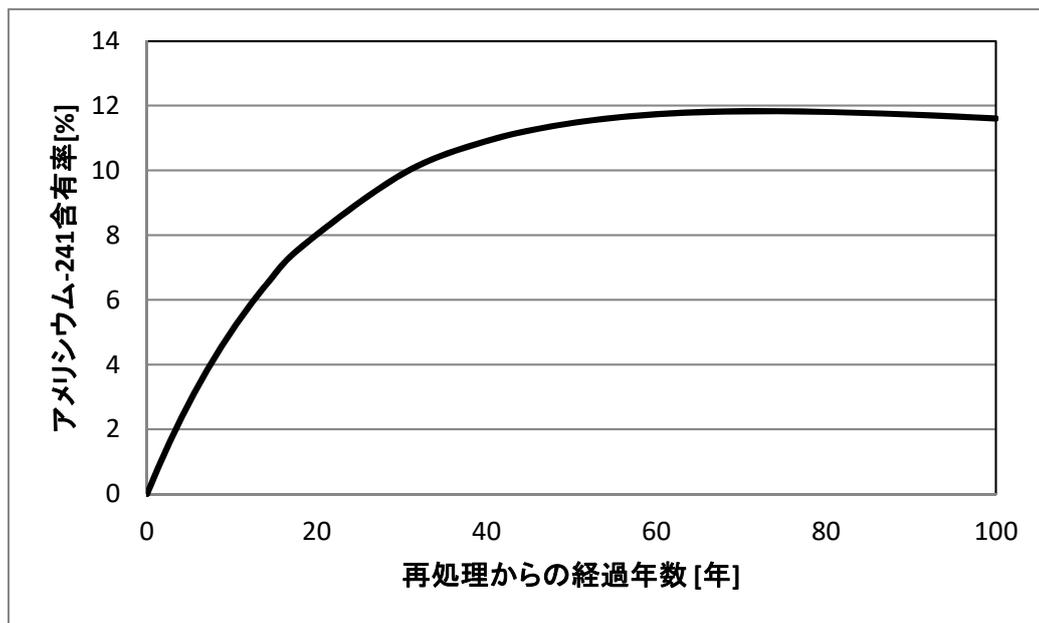
第1.5-3表 火災及び爆発における大気中への放射性物質の  
放出量 (C s -137換算)

事故	評価対象	放出量(T B q)
火災	C s -137換算値	$1.4 \times 10^{-3}$
爆発		$4.2 \times 10^{-3}$
合計		$5.6 \times 10^{-3}$

## 2. MOX中のアメリカシウム-241 最大含有率の評価について

重大事故等対策を踏まえた環境へのセシウム-137換算放出量の評価において、事故の影響を受けるMOX中のアメリカシウム-241含有率を4.5%として計算している。このアメリカシウム-241含有率4.5%は、再処理施設において再処理し貯蔵したMOX粉末をMOX燃料加工施設に受け入れるまでの期間を約10年と仮定して設定した値である。

ここで、有効性評価に用いるプルトニウムの同位体組成のうちプルトニウム-241の質量割合である13.3%を初期値とし、娘核種であるアメリカシウム-241が崩壊しないと仮定して崩壊計算を実施した場合、再処理から73年後にアメリカシウム-241含有率は最大の11.9%となる。



第2-1図 アメリカシウム-241含有率の推移

アメリカシウム-241含有率を11.9%とした場合のセシウム-137換算放出量は、火災と爆発事故が同時発生した場合、 $7.1 \times 10^{-3} \text{TBq}$ となり、アメリカシウム-241含有率が4.5%のときのセシウム-137換算放出

量 $5.6 \times 10^{-3} \text{ T B q}$ と比較しても、アメリシウム-241の増加による影響は小さい。

### 3. 参考文献

- (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.
- (2) ANSI N46. 1-1980 : 1981. American National Standard Guidance for Defining Safety-Related Features of Nuclear Fuel Cycle Facilities.
- (3) 放射性エアロゾル用高性能エアフィルタ. 日本規格協会, 1995, JIS Z 4812-1995.
- (4) 尾崎 誠, 金川 昭. 高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験,  
(I) DOPエアロゾルの捕集性能. 日本原子力学会誌. Vol. 27, No. 7, 1985, p. 626-636.
- (5) Seefeldt, W. H. et al. Characterization of Particulate Plutonium Released in Fuel Cycle Operations. Argonne National Laboratory, 1976, ANL-75-78.
- (6) 尾崎 誠, 残間 徳吾, 金川 昭. 高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (VI) 振動試験. 日本原子力学会誌. Vol. 30, No. 3, 1988, p. 257-263.
- (7) 尾崎 誠, 安藤 昇, 金川 昭. 高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (V) 衝撃波試験. 日本原子力学会誌. Vol. 29, No. 3,

1987, p. 244-250.

- (8) Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, IAEA-TECDOC-1162, IAEA, Vienna (2000).

令和2年3月9日 R2

補足説明資料7-2 (22条)

## 不確かさの設定

本資料では、「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時の大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）の算定にあたって使用する各パラメータの不確かさについて説明する。

### 1. 各パラメータの不確かさについて

#### (1) 機器が保有する放射性物質質量の変動

##### a. 火災による閉じ込める機能の喪失

###### (a) 上振れ効果

重大事故の起因となる火災源として想定するグローブボックス中のMOX粉末のインベントリは、核的制限値に基づき設定していることから、これ以上の上振れはない。

###### (b) 下振れ効果

放射性物質の放出量の算定において、二次混合粉末、添加剤混合粉末及びグリーンペレットはプルトニウム富化度を18%と設定して評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れとなる。

##### b. 爆発による閉じ込める機能の喪失

###### (a) 上振れ効果

水素・アルゴン混合ガスを取り扱う焼結炉及び小規模焼結炉中のMOXのインベントリは、核的制限値に基づき設定していることから、これ以上の上振れはない。

###### (b) 下振れ効果

放射性物質の放出量の算定において、グリーンペレットはプルトニウム富化度を 18%と設定し評価しているが、これより低いプルトニウム富化度のペレットを製造している場合、1桁未満の下振れとなる。

c. 火災及び爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生

(a) 上振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、機器が保有する放射性物質質量に上振れはない。

(b) 下振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、仮にプルトニウム富化度が 10%のペレットを製造していた場合、1桁未満の下振れとなる。

(2) 放射性物質が影響を受ける割合の変動

a. 火災による閉じ込める機能の喪失

(a) 上振れ効果

より厳しい条件として 1 と設定していることから、これ以上の上振れはない。

(b) 下振れ効果

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス及び当該グローブボックスの内装機器は、基準地震動を1.2倍した地震力を考慮する設計であることから、基準地震動を超える地震動の地震時においても機器又は容器からMOX粉末が

全量漏えいすることは考えにくく、Elizabethらの文献<sup>(1)</sup>によると金属性の一重閉じ込めによるエアロゾルの移行割合を $1 \times 10^{-2}$ としており、金属製の混合機や容器で取り扱うMOX粉末に対して火災の影響を受ける割合は2桁程度下振れする可能性があり、金属製の混合機や容器に収納されていないプレス・グリーンペレット積込ユニット及び造粒ユニットを除くと、全体として1桁未満の下振れとなる。

<u>Modifying Factors</u>	
<u>Factor 3. Fraction of Aerosol released from primary containment into building</u>	
<u>Primary Containment</u>	<u>Factor</u>
<u>Gases &amp; Vapours</u>	
Whatever the containment (except elemental iodine released under water).	1.0
Elemental iodine released under water.	0.01
<u>All other forms</u>	
Fibre drums, glove boxes, cells, reactor structures etc., which are so seriously damaged that containment is virtually nil.	1.0
Storage blocks and pits, seriously damaged glove boxes, cells, flasks, reactor structures, etc.	0.1
Safes, undamaged or slightly damaged glove-boxes <sup>(12)</sup> , cells, flasks, reactor structures, etc., under water storage, particulate release into building via filtered extract, <u>single metal containment.</u>	<u>0.01</u>
Concreted steel drums, double metal containment.	0.001

第1-1図 金属性の一重閉じ込めにおけるエアロゾル移行割合

b. 爆発による閉じ込める機能の喪失

(a) 上振れ効果

小規模焼結炉のタイプはバッチ式であり、炉内にペレットを

装荷したタイミングによっては全量がグリーンペレットであることが考えられる。ただし、放射性物質の放出量の算定において爆発の影響を受ける割合は、小規模試験ユニットの核的制限値 103kg・MOX のうち 10 分の 1 と設定しており、一方小規模焼結炉へのペレットの装荷量は 2 台合計で 6 kg・MOX 程度であることから、仮に小規模焼結炉のペレットが全量グリーンペレットの場合であっても、これ以上の上振れはない。

(b) 下振れ効果

焼結炉のタイプは連続焼結炉であり、グリーンペレットと焼結ペレットの比率は常に一定となるが、ペレットの焼結が始まる温度領域を考慮すると、完全なグリーンペレットは実際には全体の半分程度であると考えられ、1 桁未満の下振れとなる。

c. 火災及び爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生時

(a) 上振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、放射性物質が影響を受ける割合に上振れはない。

(b) 下振れ効果

火災事故において、金属製の混合機や容器に収納されていないプレス・グリーンペレット積込ユニット及び造粒ユニットを除き、金属性の一重閉じ込めによる低減効果に期待した場合、「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、1 桁未満の下振れとなる。

(3) 放射性物質が気相に移行する割合の変動

a. 火災による閉じ込める機能の喪失

(a) 上振れ効果

NUREG/CR-6410<sup>(2)</sup>によると、有機溶媒の火災において、液面が乱流状態で激しい燃焼時における非揮発性化合物の移行割合を  $1 \times 10^{-1}$  としており、潤滑油と機器及び容器から漏えいしたMOX粉末が混ざって燃焼することを想定した場合、1桁の上振れとなる。

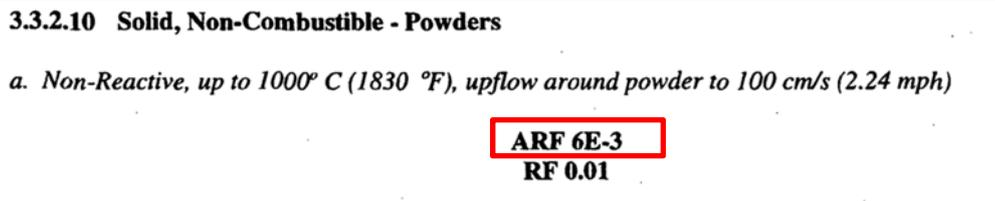
Table 3-1. Bounding ARFs and Applicable Experimentally Measured RFs\* (Continued)

Stress/Material	ARF (RF) <sup>b</sup>	TSL <sup>c</sup>	References and Comments
<b>THERMAL STRESS</b>			
3.3.2.1, Volatile compounds 3.3.2.2	1E+0 (1.0)	1	Brereton, et al. 1995 [APAC Spills Report]
3.3.2.3 Liquid, aqueous solutions-- a. Simmering, no visible bubbles	3E-5 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsection 3.2.1.1
b. Boiling <sup>e</sup>	2E-3 (RF NVA <sup>d</sup> )	1	Mishima, et al. 1968; Borkowski, et al. 1986; Kataoka and Ishii 1983; USDOE 1994, Subsection 3.2.1.3
3.3.2.4 Liquid, organic combustible-- Volatile compounds dissolved in organic liquid	1E+0 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.1; 3.3.7
3.3.2.5 Liquid, organic combustible-- a. Non-volatile compounds, burns to self-extinguishment, no significant surface turbulence	1E-2 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.1; 3.3.7
b. Non-volatile compounds, vigorous burning with surface turbulence, burns to self-extinguishment	3E-2 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.3; 3.3.4; 3.3.5; 3.3.7
c. Non-volatile compounds, vigorous burning with surface turbulence, to complete dryness	1E-1 (RF NVA <sup>d</sup> )	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.3; 3.3.7
3.3.2.6 Liquid, organic combustible-- a. Burning of combustible liquid over air-dried residue from solution on porous, non-heat-conducting surface	5E-3 (0.4)	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.6; 3.3.7
b. Burning of combustible liquid over air-dried residue from solution on heat-conducting surface	2E-1 (0.3)	2	USDOE 1994, Subsections 3.3.6; 3.3.7

第1-2図 有機溶媒の火災における非揮発性化合物の移行割合

(b) 下振れ効果

NUREG/CR-6410 によると、最大 1000°C、粉末周囲の上昇流 100cm/s に置かれた非可燃性の粉末の移行割合を  $6 \times 10^{-3}$  としており、この場合、火災により放射性物質が気相に移行する割合は、1桁の下振れとなる。

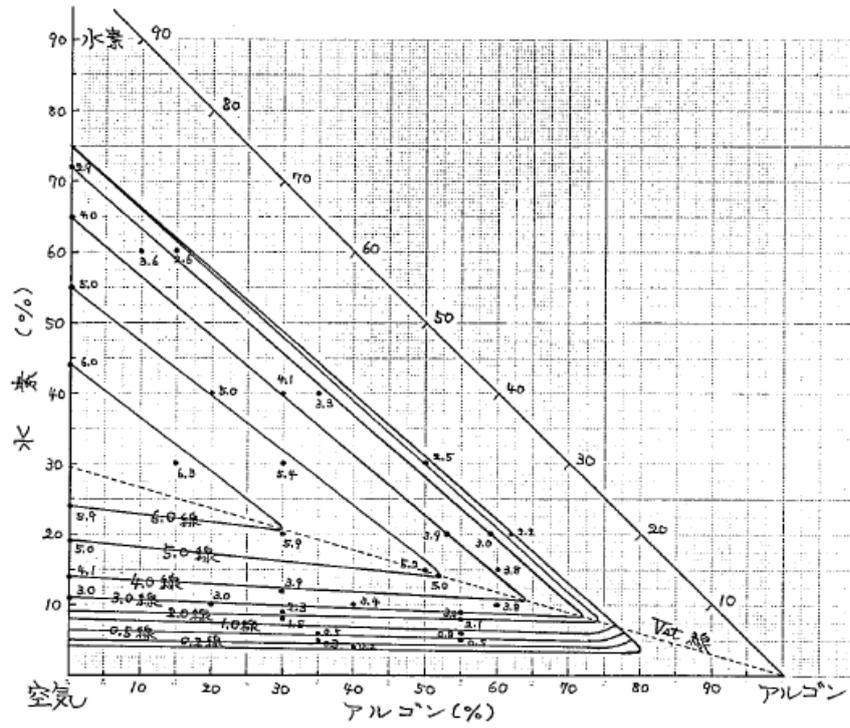


第 1 - 3 図 非可燃性の粉末の移行割合

b. 爆発による閉じ込める機能の喪失

(a) 上振れ効果

焼結炉等で発生する爆発に伴う圧力は、炉内において 200kPa 程度と推定される<sup>(4)</sup>。ただし、この値は水素-アルゴン-空気の化学量論比による予混合の理想的な条件下における圧力であり、実際には焼結炉が破損した箇所において、水素・アルゴン混合ガスと空気の接触面で拡散燃焼となるか、あるいは部分的な小規模爆発に留まることが考えられる。よって、想定を超える爆発が発生し、放射性物質が気相に移行する割合が上振れすることはない。



第1-4図 水素-空気-アルゴン系の爆発圧力等圧線

(b) 下振れ効果

DOE HANDBOOK によると爆発によって気相に移行する割合は  $5 \times 10^{-3}$  と報告されており<sup>(5)</sup>、1桁の下振れとなる。

and components. Shock and blast waves and associated TNT equivalents were estimated for 1.8 and 4 meter diameter flammable gas clouds. The point of detonation was assumed to be 0.75 m from the front of the glovebox.

The modelling indicated that even relatively weak shielding such as the lexan windows or gloves of the glovebox provided significant shielding from shock waves. This was due to the speed of the shock wave (total glovebox envelopment in 2.5 milliseconds), which would almost completely pass over the structure and initiate reflection waves in the time it took for shielding material to fail: "the shock wave moving inside the glovebox is approximately spherical in shape and much weaker than the outside shock." Peak overpressures in the glovebox ranged from ~ 8 to 28 psig at the glovebox floor and from ~ 5 to 15 psig at 0.3 m above the glovebox floor. As would be expected, the higher pressures were on the side of the glovebox facing the explosion.

The peak velocity and density of the shock and blast wave moving across the bottom of the glovebox were 300 m/sec and 0.004 g/cm<sup>3</sup> respectively. Kinetic energy density was computed from these values. Halverson and Mishima (1986) had developed an empirical equation for wt% of powder airborne as a function of energy density. In this calculation, powder mass was minimized (~ 30 g) to maximize energy absorbed per gram. The fraction of material driven airborne was estimated to be 5E-3. The main uncertainty associated with this calculation is the unaccounted potential for localized, high energy density regions that would be expected in a non-uniform distribution. To attempt to determine the relative severity of conditions inside the glovebox, massless tracer particles were inserted into the model to follow flow with no drag. Particle motion indicated an absence of strong shear forces or turning forces that might enhance breakup. Most particle movement was uniformly to the rear of the glovebox.

The explosion study is considered to support the basic interpretation of phenomena in studies by Mishima and Schwendiman. Based on those studies, values for ARF and RF of 5E-3 and 0.3 appear to be conservative for the suspension of a powder from a smooth, unyielding surface from the pressure impulse generated (i.e., gas flow parallel to surface) by an explosion. The release phenomena is considered to cover powders shielded from the direct impact of the blast as well. Examples of such situations include powder buried under debris, in a can/container that is uncapped by the blast, or in a glovebox with blast external to the glovebox.

#### 4.4.2.3 Venting of Pressurized Powder

For the entrainment due to the rapid burning of a limited volume of combustible mixture (equal to an unconfined vapor explosion - cloud volume, <0.25 volume of container) over

c. 火災及び爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生時

(a) 上振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、1桁未満の上振れとなる。

(b) 下振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、1桁の下振れとなる。

(4) 大気中への放出経路における低減割合の変動

a. 火災による閉じ込める機能の喪失

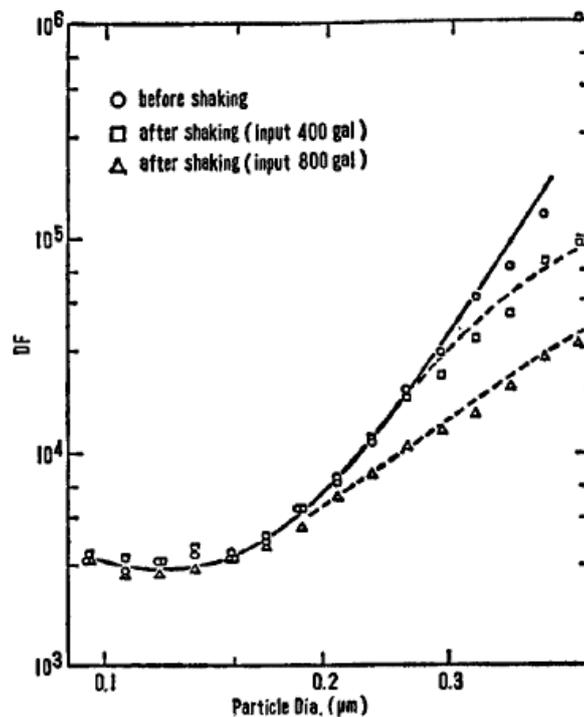
(a) 上振れ効果

重大事故の起因となる火災源を有するグローブボックス及び当該グローブボックスの内装機器は、基準地震動を1.2倍した地震力を考慮する設計であることから、多量の放射性物質がグローブボックス外に漏えいすることはないが、放射性物質の放出経路を工程室排気設備とする場合、高性能エアフィルタ2段（除染係数は $1 \times 10^3$ ）となることから、グローブボックスが大きく破損し多量の放射性物質が工程室に漏えいした場合、2桁の上振れとなる。

(b) 下振れ効果

高性能エアフィルタの除染係数として、より厳しい条件として地震により高性能エアフィルタ1段につき捕集効率が1桁下がることを想定し、高性能エアフィルタ4段の除染係数を $1 \times 10^5$ と

設定しているが、高性能エアフィルタの振動試験により、入力加速度800galの条件においても、高性能エアフィルタ1段の捕集効率は99.9%以上を確保できるという結果が報告されている<sup>(3)</sup>ことから、地震力を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの捕集効率は維持でき、4桁の下振れとなる。



第1-6図 地震による捕集効率の影響

b. 爆発による閉じ込める機能の喪失

(a) 上振れ効果

仮に気相へ移行した放射性物質がグローブボックス排気設備を経由せず、全量が工程室排気設備を経由することを想定した場合においても捕集効率は同程度であり、これ以上の上振れはない。

(b) 下振れ効果

爆発事故時の放出経路は、工程室排気設備を経由する場合が主であり、高性能エアフィルタの除染係数として、より厳しい条件として地震により高性能エアフィルタ1段につき捕集効率が1桁下がることを想定し、高性能エアフィルタ2段の除染係数を $1 \times 10^3$ と設定しているが、高性能エアフィルタの振動試験により、入力加速度800galの条件においても、高性能エアフィルタ1段の捕集効率は99.9%以上を確保できるという結果が報告されている<sup>(3)</sup>ことから、地震力を考慮しても評価上期待している高性能エアフィルタの捕集効率は維持でき、2桁の下振れとなる。

c. 火災及び爆発による閉じ込める機能の喪失の同時発生時

(a) 上振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、1桁の上振れとなる。

(b) 下振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時において、2桁の下振れとなる。

(5) 「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時の全体の変動

(a) 上振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時の全体の上振れは2桁程度と

なる。

(b) 下振れ効果

「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時の全体の下振れは4桁程度となる。

2. まとめ

第2-1図に、「火災による閉じ込める機能の喪失」及び「爆発による閉じ込める機能の喪失」の同時発生時の大気中への放射性物質の放出量の算定にあたって使用する各パラメータの変動幅を示す。検討の結果2桁程度の上振れ，4桁程度の下振れの可能性がある。



### 3. 参考文献

- (1) Elizabeth M. Flew, et al. "Assessment of the Potential release of radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning" . Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7, p. 653-668.
- (2) Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1998, NUREG/CR-6410.
- (3) 尾崎 誠, 残間 徳吾, 金川 昭. 高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (VI) 振動試験. 日本原子力学会誌. Vol. 30, No. 3, 1988, p. 257-263.
- (4) 産業安全技術協会. 水素混合ガスの安全性に関する研究 (II) . 1997年3月
- (5) AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES. U. S. Department of Energy, DOE-HDBK-3010-94