

【公開版】

M O X 燃 料 加 工 施 設 に お け る 新 規 制 基 準 に 対 す る 適 合 性

指摘事項に対する回答
第5条：火災等による損傷の防止



日本原燃株式会社

令和2年7月8日

MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針

第351回審査会合（令和2年5月26日）の第5条に関する審査会合における指摘事項を踏まえ、MOX燃料加工施設の特徴を考慮し、グローブボックス内火災及び工程室火災の消火に係る設計方針を再度整理し説明する。

- ✓ MOX燃料加工施設では、工程室から可能な限り水を排除する観点から消火剤にはガスを使用する。消火ガスによる消火では、酸素濃度を低下させるために多量の消火ガスを放出することにより窒息消火を行う。
- ✓ 上記のガスによる消火では、消火ガスを放出する先での圧力上昇が生じる。そのため、核燃料物質を取扱うグローブボックスの閉じ込め機能が喪失しないよう、グローブボックス内火災では消火ガスの放出先となるグローブボックス内の圧力上昇に対してグローブボックスを保護するため、工程室火災では工程室に収納するグローブボックスを保護するため消火ガス放出時の圧力上昇を緩和しながら消火ガスを放出する必要がある。そのため、以下の対策を講ずる。
 - グローブボックス内火災では、消火ガスの放出時の圧力によってグローブボックスの閉じ込め機能を損傷させないようグローブボックス内の負圧を維持するため、また、早期に空気を消火ガスに置換するため、グローブボックス排風機の運転を継続しながら消火ガスを放出する。
 - 工程室内火災では、消火ガスの放出時の圧力によってグローブボックスの閉じ込め機能が喪失しないよう、消火ガス放出時における工程室の圧力上昇を緩和するため、隣接する工程室に消火ガス圧を逃がすとともに、核燃料物質を取扱うグローブボックスの負圧を維持するためグローブボックス排風機の運転を継続する。

MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針 (グローブボックス内火災)

第351回審査会合(令和2年5月26日)

- グローブボックス内に消火ガスを放出する際、グローブボックスを排気しており、確実に窒素置換することが可能か。(試験モデルで実機を全て包絡できるのか)
- グローブボックス内に消火ガスを放出することで、気流が発生すると思われる。給気口、排気口、火災源の位置、消火ガスの位置関係について、すべてのグローブボックスにおいて任意の場所に設置したとしても確実に消火できるという認識か。設置位置を許可で担保する必要はないのか。
- or回路とすると誤作動する可能性が高くなると思うが、グローブボックス内に消火ガスを吹いた際に核燃料物質がグローブボックス内に舞い上がる可能性があるのではないか。通常時よりも悪い状況となるのではと懸念しており、整理して回答すること。

グローブボックス消火装置は、火災感知器の信号と連動して、自動で消火ガスを放出する装置である。

消火にあたり、消火剤の選定及び放出方法を以下の通りとする。(b. の(b), (c)については、5月26日審査会合において説明済み)

a. 消火剤の選定

- (a) 消火ガス放出後の作業員の現場状況確認時における万一の消火ガス漏えいを想定し、不活性ガスの中でも人体に影響が少ないことに加え、隙間に対して浸透性がある窒素ガスを選定しグローブボックス内全体の酸素濃度を低下させることによる窒息効果で消火する設計とする。

b. 放出方法

- (a) 消火ガス放出時は、グローブボックスへの給気を遮断するとともに、排気口と対面又は給気口付近に消火ノズルを設置して消火ガスを放出することで、流線を確認する。また、消火ガスの放出口には消火ガスが拡散しやすい形状のノズルを設ける設計とする。

グローブボックスに対して、酸素濃度を消炎濃度以下にできる量の消火ガスを放出する設計とする。

- (b) グローブボックス排風機により排気した状態で消火ガスを放出し、負圧維持を達成するとともに消火ガスの経路(流路)を形成することでグローブボックスの一次閉じ込め機能を喪失させない設計とする。さらに、非火災グローブボックスへの消火ガスの廻り込み、工程室への消火ガスの漏えいを防止する設計とする。
- (c) 消火ガス放出後にピストンダンパ及び延焼防止ダンパを閉止することで、グローブボックスからの消火ガス流出経路を閉止し、酸素濃度が低下した状態を継続できる設計とする。

MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針 (グローブボックス内火災)

a. 消火剤の選定

不活性ガスの中でも人体に影響が少ないことに加え、隙間に対して浸透性がある窒素ガスを選定しグローブボックス内全体の酸素濃度を低下させることによる窒息効果で消火する設計とする。

空気と消火ガスに使用する窒素ガスの密度は以下のとおり。(出展:機械工学便覧)

- ・空気・・・ $1.2754\text{kg}/\text{m}^3$ (大気圧, 0°C における密度)
- ・窒素・・・ $1.2340\text{kg}/\text{m}^3$ (大気圧, 0°C における密度)

空気に対する窒素の密度比は約0.968となるため、密度に大きな差が無いことから浸透性を有する。

したがって、希釈対象となる空気の比重と同程度の比重の窒素ガスを使用することで、内装機器や架台の障害物による隙間に対しても消火ガスを浸透させることができる。

なお、MOX粉末は化学的に安定しているという特徴を有している。また、使用する消火ガスを不活性の窒素ガスとすることで、グローブボックス内に消火ガスを放出しても、MOX粉末は化学変化を生じることはない。したがって、誤作動によって消火ガスが放出しても、通常より悪い状態に至らない。

MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針 (グローブボックス内火災)

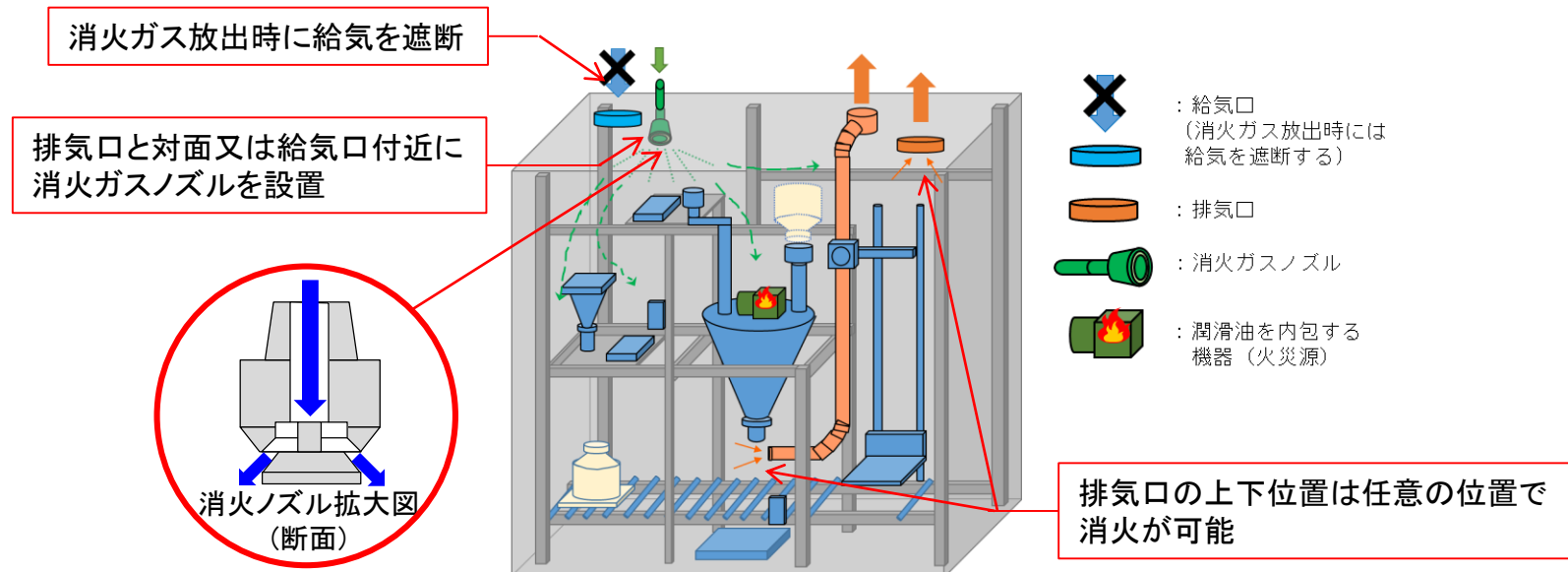
b. 放出方法

消火ガス放出時は、グローブボックスへの給気を遮断するとともに、排気口と対面又は給気口付近に消火ノズルを設置して消火ガスを放出することで、流線を確認する。また、消火ガスの放出口には消火ガスが拡散しやすい形状のノズルを設ける設計とする。

排気口と対面又は給気口の付近に消火ノズルを設け、消火ガスを放出する設計とすることにより、排気口の上下位置は任意の位置で消火が可能であることを試験にて確認している。【補足説明1-5 添付資料1 別紙2】

消火ガスが拡散しやすいよう、消火ガスの放出口にディフレクタを有する消防認定品の消火ノズルを取り付ける設計とする。

なお、消火ガスのノズルは消火ガスを拡散させる構造となっており、真下に蓋の無い容器があった場合でも直接MOX粉末に消火ガスが当たらず、MOX粉末は舞い上がらない。



MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針 (グローブボックス内火災)

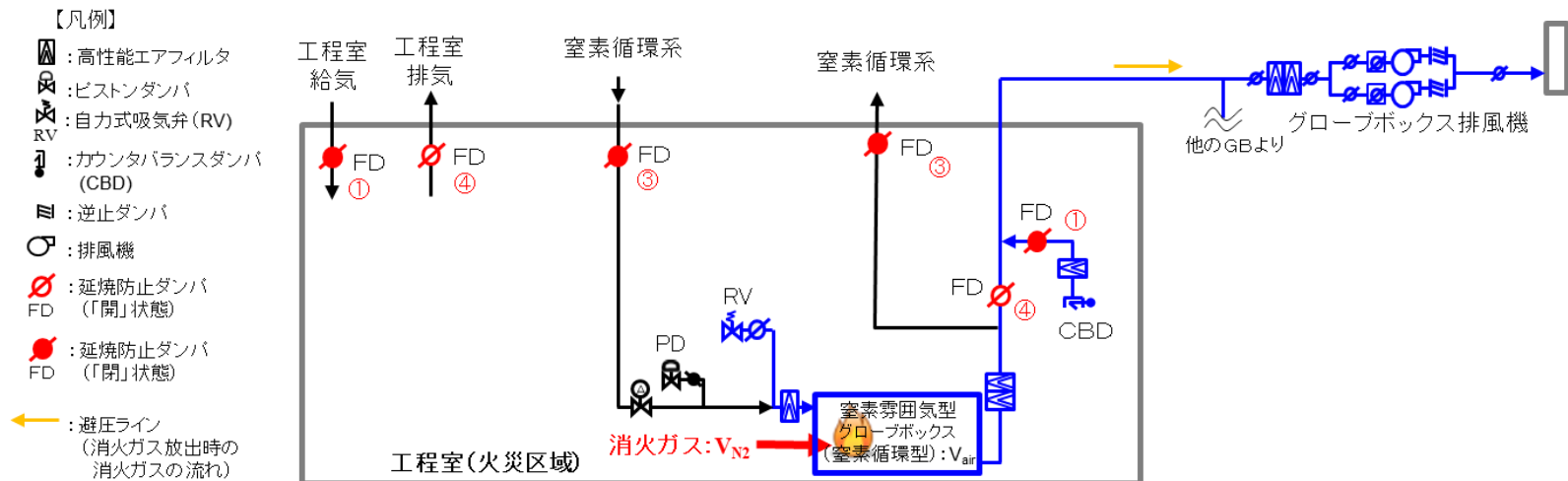
b. 放出方法

グローブボックスに対して、酸素濃度が消炎濃度以下にできる量の消火ガスをグローブボックス内に放出し、グローブボックス内全域の酸素濃度を低下させる設計とする。

グローブボックス内の消火ガス量の計算にあたっては、グローブボックスの容積に対して、消炎濃度12.5vol%以下となるように消火ガス量を確保することで、酸素濃度が低下できる設計とする。

また、グローブボックスの排気量に対して、消火ガス流量を通常時の換気状態における給気量の95%とすることで、グローブボックス内の酸素濃度を低下できる設計とする。

なお、グローブボックス内に対する消火ガス放出時の圧力挙動試験において、消火ガスを給気量の80%の流量で放出し、酸素濃度が低下できることを確認していることをふまえ、実機においては、給気量の95%とすることから酸素濃度を低下できる。



MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針 (グローブボックス内火災)

消火ガス放出時の圧力変動の考え方は以下の通り。

・ダクト, ダンパ類の圧損は一般的に流量の二乗に比例する。

$$\Delta P_d = k_d \times Q^2 \quad k_d: \text{ダクト系抵抗係数}$$

・一方, フィルタの圧損は流量にほぼ比例する(1~1.1乗)。

$$\Delta P_f = k_f \times Q \quad k_f: \text{フィルタ抵抗係数}$$

通常時のグローブボックス~グローブボックス排気ダクト間の圧損は2,200Pa程度である。排気フィルタの圧損を500Paとした場合, ダクト系の圧損は1,700Pa程度である。

消火ガス流量を通常時のグローブボックス排気流量の95%とし, グローブボックス排気ダクトの圧力がほぼ一定(-2,200Pa)とした場合, グローブボックス~グローブボックス排気ダクト間の圧損は以下の通り。

・ダクト系圧損: $1,500 \times 0.95^2 = 1354$ [Pa]

・排気フィルタ圧損: $500 \times 0.95 = 475$ [Pa]

となり, グローブボックス内圧力は

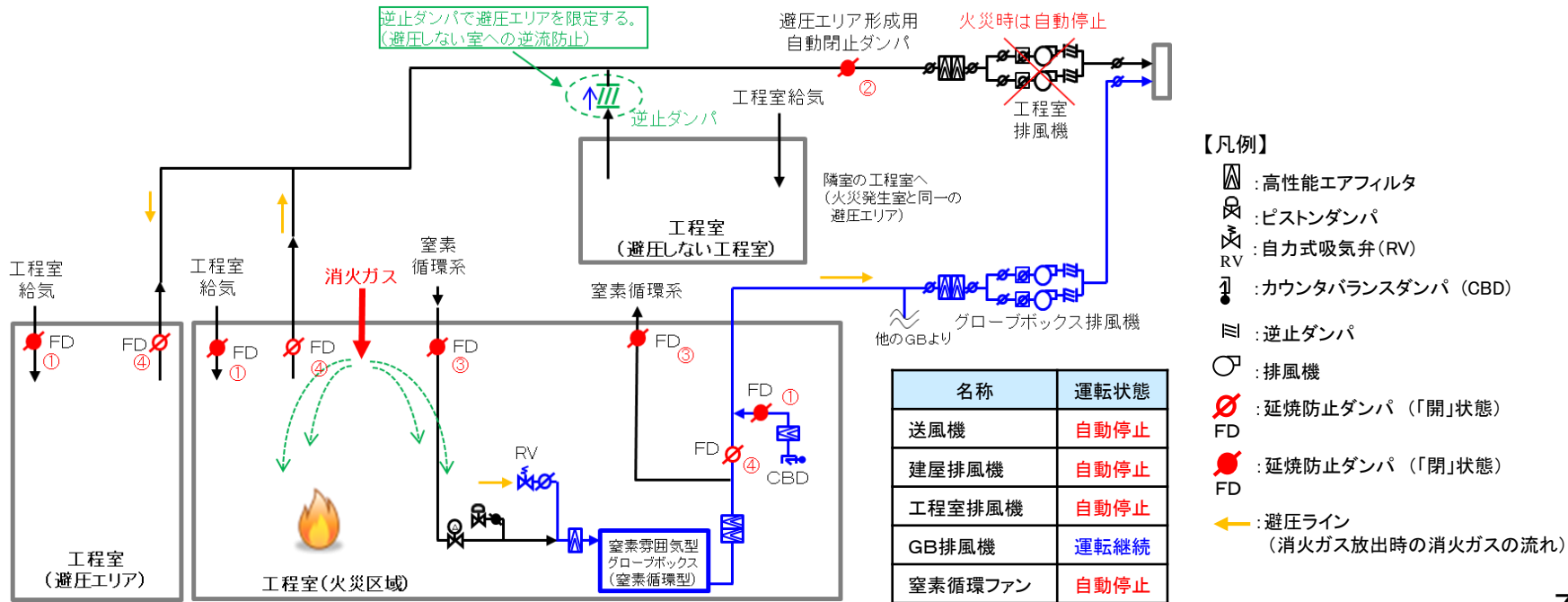
$$-2,200 + 475 + 1354 = -371 \text{ [Pa]程度となる。}$$

したがって, グローブボックス内に消火ガスを放出した場合でも, 負圧を維持することが可能である。

MOX燃料加工施設における消火に係る設計方針 (工程室火災)

消火ガス放出により工程室内の圧力上昇が発生することで、グローブボックスの閉じ込め機能が喪失するおそれがあるため、フロア及びグローブボックスを設置する室の核燃料物質の取り扱い状況を考慮してエリアを区分するとともに、窒素消火装置の起動後直ちに②のダンパを閉止し、工程室排気設備の排気経路を経由して隣接の工程室を用いて圧力上昇を緩和するために消火ガスの圧力を逃がす設計とする。

また、工程室内火災では、消火ガスの放出時の圧力によってグローブボックスの閉じ込め機能が喪失しないようグローブボックスの負圧を維持するため、グローブボックス排風機の運転を継続する。



参考：MOX燃料加工施設における火災発生時における閉じ込めの考え方

1. 施設の特徴を踏まえた対応

MOX燃料加工施設では、非密封の核燃料物質をグローブボックス内で取り扱うが、取り扱う核燃料物質は化学的に安定していること、加工工程を停止すれば事象が進展しないという特徴を有している。

したがって、駆動力が無ければ、施設外に放出されることがないため、非密封形態の核燃料物質をグローブボックス等で取り扱い、核燃料物質を限定された区域で閉じ込めること、グローブボックス等から核燃料物質が漏れいしても工程室内に閉じ込めることを基本方針とする。

一方、異常時には、送排風機を停止して、ダンパを閉止することで、核燃料物質を限定された区域に閉じ込めることが期待できる。

火災の際は早期感知、消火を実施することで火災による駆動力を喪失させるとともに消火後は排風機を停止して核燃料物質をグローブボックス又は工程室の限定された区域に閉じ込めることを最優先とする。

2. 想定される火災

設計基準想定される火災は、核燃料物質を非密封で取り扱うグローブボックス内における単一機器の火災又はグローブボックス外における単一機器の火災を想定する。

【グローブボックス内火災】

グローブボックスの内装機器は不燃性材料又は難燃性材料で構成すること、可燃性物質である潤滑油を機器に内包すること、電気ケーブルを電線管に収納する等により、火災発生防止対策を講ずることで、万一、火災が発生しても火災の規模は小さい。

【工程室火災】

安重機能を有する機器等及び放射性物質貯蔵等の機器等を不燃性材料又は難燃性材料で構成すること、可燃性物質である潤滑油を機器に内包すること、電気ケーブルを電線管に収納する等により、火災発生防止対策を講ずることで、万一、火災が発生しても火災の規模は小さい。

参考：MOX燃料加工施設における火災発生時における閉じ込めの考え方

3. 火災発生時の閉じ込めの考え方

火災発生時は異常な状態であることを踏まえ、閉じ込め境界で最も重要なグローブボックスの閉じ込め機能を喪失しないよう、送排風機を停止するとともに経路上に設置するフィルタにより、核燃料物質の漏えいを防止する。

火災発生時から消火までの間は、グローブボックスの閉じ込め機能を喪失させないよう、他の送排風機を停止して、グローブボックス内を負圧するとともに圧力上昇緩和のための経路を形成する必要がある。

4条 閉じ込め機能に係る整理資料では、異常時の閉じ込めの考え方を以下としている。

- 燃料加工建屋外に放射性物質を放出するおそれのある事象が発生した場合又はその発生が想定される場合においても可能な限り負圧維持、漏えい防止及び逆流防止の機能が確保される設計とする。
 - ✓ 消火時においても、グローブボックス排風機の運転を継続し、核燃料物質を非密封で取扱うグローブボックス内の負圧を維持する設計とする。

5条 火災等による損傷の防止に係る整理資料では、火災発生時の閉じ込め機能確保のための考え方を以下とする。

- グローブボックス内火災及び工程室火災発生時の消火に当たっては、火災感知による早期感知に伴い、臨界防止の観点で窒素ガスで自動消火を行う。ガス消火の場合、酸素濃度の低下による窒息効果に期待するため、多量の消火ガスを放出する必要がある。
したがって、消火中はグローブボックス又は工程室の圧力が上昇することから、圧力上昇を緩和し、グローブボックスの閉じ込め機能が喪失しない設計とする。
 - ✓ グローブボックス内火災においては、消火時のグローブボックス内圧力上昇に伴う排気経路外からの核燃料物質の漏えい防止の観点で、消火時においてもグローブボックス排風機の運転を継続する。
 - ✓ 工程室火災においては、消火時においてもグローブボックス内の核燃料物質を限定された区域に閉じ込めるため、負圧を維持できるようグローブボックス排風機の運転を継続する。
 - ✓ グローブボックス内火災及び工程室火災発生ともに、万一グローブボックスの異常があった場合、核燃料物質が工程室から放出される経路が生じる可能性を踏まえ、工程室の給排気を遮断し工程室を経由した核燃料物質の放出を防止して消火ガスを放出する。