

プロセスプラントのプロセス災害防止のための リスクアセスメント等の進め方

事例編

事例編には、技術資料の第5章に示した実施事例について、各STEPでの検討のポイントなどをまとめています。

※ 表番号は技術資料に合わせています。

1. 事例プロセス¹

本資料に示されたリスクアセスメント等の進め方に従った実施事例を示す。図5に事例プロセスを示す。原料などの特定の物質名は記載していないが、「主原料（粉体）と副原料（粉体）を混合させた後、後工程にある混練機に払い出す」という一般的な粉体の混合プロセスである。

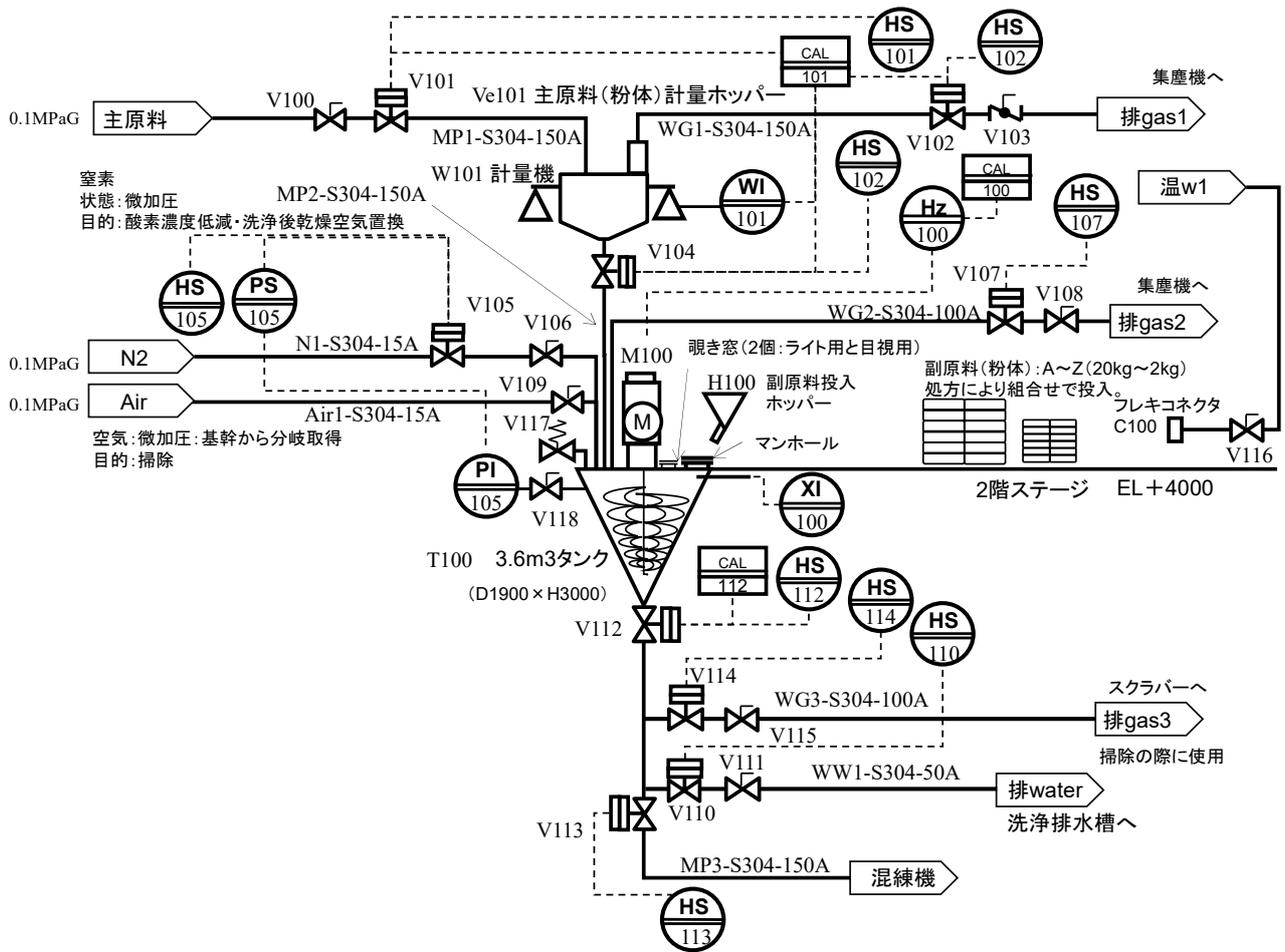


図5 事例プロセス

¹ 本資料で用いる図表番号は技術資料に合わせています。

【工程の概要】

1. 準備

- ①T100 の内部確認 (残留物など含む)
- ②窒素置換

2. 操作 (仕込み・混合・払い出し)

- ①主原料投入：上流にて加圧槽経由。
- ②副原料：マンホール開放後、粉体袋の必要数を副原料投入ホッパーへ投入。
マンホール閉。
- ③窒素置換
- ④混合：必要時間と回転数を入力後自動運転。(混合終了後は、ホールド)
- ⑤払い出し：混練機のスタンバイ確認後、払い出し。タイマーで終了。
ただし、内部確認 (上部覗き窓)。

3. 掃除

- ①窒素と空気にて、槽内掃除 (排 gas3 利用)。
- ②マンホールを開けて温水 (フレキ) にて掃除 (排水は排 Water)。
- ③掃除エアにて混合槽から排 gas3 まで空気洗浄。

【操作手順】

1. 準備

①T100 の内部確認 (残留物など含む)

窒素供給ライン閉となっていることを確認する。

V105 が閉となっていることを確認する。

V106 が閉となっていることを確認する。

全仕込みラインが閉となっていることを確認する。

V101 が閉となっていることを確認する。

V104 が閉となっていることを確認する。

払い出しラインが閉となっていることを確認する。

V110 が閉となっていることを確認する。

V112 が閉となっていることを確認する。

V113 が閉となっていることを確認する。

V114 が閉となっていることを確認する。

ただし、V100 が常時開となっていることを確認する。

V111 が常時開となっていることを確認する。

V115 が常時開となっていることを確認する。

マンホールを空ける。

槽内酸素濃度計で酸素濃度測定する (濃度 20%以上)。

酸素濃度不足の場合、Air 投入する (排 gas2：開)。

内部に異物がないか確認する。

異物がある場合は洗浄する (方法は異物状態による)。

マンホールを閉める。

②窒素置換

マンホールが閉まっていることを確認する。

窒素供給ラインが閉となっていることを確認する。

V105 が閉となっていることを確認する。

V106 が閉となっていることを確認する。

ラインを作成する。

全仕込みバルブを閉とする。

V101 を閉とする。

V104 を閉とする。

全排出バルブを閉とする。

V110 を閉とする。

V112 を閉とする。

V113 を閉とする。

V114 を閉とする。

ただし、V100 が常時開となっていることを確認する。

V111 が常時開となっていることを確認する。

V115 が常時開となっていることを確認する。

空気ラインを閉 (V109) とする。

排気ガスラインを確保する。

V107 開とする。

V108 は 70%とする (バルブに付けた目印まで)。

窒素投入する。

V106 を 70%開とする (バルブに付けた目印まで)。

PS105 の SP を 1.0kPa とする。

V105 を開とする。

PS105 を ON とする。

所定圧になってから約 10 分で窒素供給停止する。

PS105OFF で V105 を閉とする。

V106 を閉とする。

排ガスラインを全閉とする (V107 のみ)。

2. 操作 (仕込み・混合・払い出し)

全排出バルブを閉とする。

V110 を閉とする。

V112 を閉とする。

V113 を閉とする。

V114 を閉とする。

ただし、V100 が常時開となっていることを確認する。
V111 が常時開となっていることを確認する。
V115 が常時開となっていることを確認する。

空気ラインを閉 (V109) とする。

窒素供給ラインが閉となっていることを確認する

V105 が閉となっていることを確認する。

V106 が閉となっていることを確認する。

V105 は PS105OFF で閉とする。

①主原料投入

上流にて加圧槽経由する。

V100 は常時開とする。

V103 は 50% とする。

排ガスラインを確保する。

V107 を開とする。

CAL101 SP は指示書とおり設定する。

CAL101 をスタートする (秤量完了後、自動投入)。

②副原料

マンホール開とする。

指示書とおり、粉体袋の必要数を副原料投入ホッパーへ投入する。

マンホール閉とする。

③窒素置換

上記 1. の②と同じとする。

ただし、窒素投入時の V106 は 35% まで開とする。

(バルブに付けた目印まで)

④混合

必要時間と回転数を入力後自動運転

指示書に従い、CAL100 に回転数と混合時間入力する。

CAL100 をスタート (終了後ホールド)。

⑤払い出し

混練機のスタンバイを確認する。

ラインを作成する。

V113 を開とする。

V114 を閉とする。

(V115 は常時開となっていることを確認する)

排 gas2 の V107 を閉とする。

窒素投入する。

V106 を 70% 開とする (バルブに付けた目印まで)。

PS105 の SP を 1.0kPa とする。

V105 を開とする。

PS105 を ON とする。

CAL112 にタイマーセットしてスタートする。

終了後は窒素供給停止する。

PS105OFF で V105 を閉とする。

V106 を閉とする。

排ガスラインを全閉とする (V107 のみ)。

内部を確認する。

(上部覗き窓が 2 箇所; 一方から電灯で照らし、他方から覗く)

3. 掃除

攪拌機を停止する。

窒素供給ラインが閉となっていることを確認する。

V105 が閉となっていることを確認する。

V106 が閉となっていることを確認する。

全排出バルブを閉とする。

V110 を閉とする。

V112 を閉とする。

V113 を閉とする。

V114 を閉とする。

ただし、V100 が常時開となっていることを確認する。

V111 が常時開となっていることを確認する。

V115 が常時開となっていることを確認する。

空気ラインを閉 (V109) とする。

全仕込みバルブを閉とする。

V101 を閉とする。

V104 を閉とする。

排 gas2 の V107 を閉とする。

①排 gas3 の V114 を開とする。

払い出バルブ V112 を開とする。

排出バルブ V113 を開とする。

窒素投入

V106 を 70% 開とする (バルブに付けた目印まで)。

PS105 の SP を 2.0kPa とする。

V105 を開とする。

PS105 を ON とする。

空気投入

V109 を開とする。

10 分で V109 を閉とする。

V113 を閉とする。

②マンホールを開ける。

温水 (フレキ) を使い、V110 閉のまま温水投入する (満杯)。

CAL100 で 10rpm×10 分攪拌する。

V110 を開として払い出す。

以上、2 バッチ繰り返す。

③掃除エアにて混合槽から排 gas3 で空気洗浄する。

マンホールを閉とする。

V110 を閉とする。

V113 を開とする。

V109 を開とする。

30 分後、V109 を閉とする。

内部を確認する (1.①と同様)。

2. 解析事例

リスクアセスメント等の実施手順に沿って、STEP 1 及び STEP 2 の実施例を示す。条件は以下の通りである。

- ・対象操作：2. 操作（仕込み・混合・払い出し）の「空気ラインを閉（V109）とする」
- ・主原料：ポリエチレン粉末（平均粒径 数十 μm）
- ・副原料：ポリスチレン粉末（平均粒径 数十 μm）

表 12 に解析事例に対するリスクアセスメント等実施シートを示す。

STEP 1：取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握

表 4 に示す 17 の質問に回答する。各質問に対する考え方を以下にまとめる。

質問	質問に対する考え方	回答
1	ポリエチレン及びポリスチレンは、リスクアセスメントの実施が義務化された特定の化学物質（参考資料表 A1）に該当しない。	「いいえ」
2	SDS から、ポリエチレン及びポリスチレンは GHS 分類（参考資料の表 A2）に該当しない。	「いいえ」
3	ポリエチレン及びポリスチレンは可燃物である。	「はい」
4	ポリエチレン及びポリスチレンは、参考資料表 A3 に示す爆発性に関わる原子団及び参考資料表 A4 に示す自己反応性に関わる原子団を持っていない。	「いいえ」
5	取り扱うポリエチレン及びポリスチレンは有機物の粉体である。	「はい」
6	ポリエチレン及びポリスチレンは、参考資料表 A5 に示す過酸化物を生成する物質には該当しない。	「いいえ」
7	ポリエチレン及びポリスチレンは、参考資料表 A6 に示す重合反応を起こす物質ではない。	「いいえ」
8	ポリエチレン及びポリスチレンは、液化ガスではない。	「いいえ」
9	ポリエチレン及びポリスチレンは、SDS がある物質であるため、該当しない。	「いいえ」
10	事例プロセスでは、意図的に反応を起こしていない。	「いいえ」
11	事例プロセスでは、主原料と副原料の混合を行うが、温度が上がるほどの激しい混合は行わない。	「いいえ」
12	事例プロセスにおいて取り扱われるポリエチレン及びポリスチレンは、SDS によれば極めて安定な物質であり、それらの混合や、意図していない物質の混入によって、表 4 の 12 の(1)～(4)に示す現象を引き起こす可能性は考えにくい。	「いいえ」
13	事例プロセスでは、主原料を圧送しているため、高圧の箇所が存在する。また、主原料の圧送を繰り返すため、繰り返し圧力がかかる箇所が存在する。	「はい」
14	事例プロセスでは、ポリエチレン及びポリスチレンは大量に保管されていない。	「いいえ」
15	事例プロセスでは、腐食が進みやすい箇所は存在しない。	「いいえ」
16	事例プロセスでは、装置などは屋内にあるため、外界の影響は受けない。	「いいえ」
17	事例プロセスでは、主原料と副原料を混合するための攪拌機を稼働させるため、高電圧／高電流の箇所が存在する。	「はい」

以上より、対象とするプロセスプラントでは、取り扱い物質及びプロセスの危険源が存在することが確認される。

・質問3の回答が「はい」

→ 火災・爆発を引き起こす可能性がある。

・質問5の回答が「はい」

→ 可燃性の粉じんが大気中に分散され、着火することにより、爆発を引き起こす可能性がある。
また、堆積すると自然発火する可能性がある。

・質問13の回答が「はい」

→ シール部分の劣化などにより内容物が漏洩する可能性がある。また、逆に大気などがプロセス内に侵入し、内容物と反応する可能性がある。

・質問17の回答が「はい」

→ 短絡・地絡を起こすと着火源となる可能性がある。また、ジュール熱によって電線素材の爆発を引き起こす可能性がある。

これらの結果を参考に、次のSTEP2において、プロセス災害に至る引き金事象の特定、及びシナリオの同定を行う。

STEP 2：リスクアセスメント等の実施

① 引き金事象の特定とシナリオの同定

(1) リスクアセスメント等の対象とする作業・操作又は設備・装置の目的を確認する(実施シートに記入)。

【操作手順】から「2. 操作（仕込み・混合・払い出し）：空気ラインを閉（V109）とする」を選択し、その目的を記載する。

操作目的：「ライン内を不活性雰囲気にし、粉じん爆発を防ぐ」

※ 全ての操作手順が対象となりますが、ここでは一つの手順について説明します。

※ 全ての操作には目的（意図）があるため、各々の操作意図を明記しておき、リスクアセスメント等を実施するメンバーは把握しておきます。

(2) 次の3種類を潜在する危険を顕在化させる事象として特定する。(i)～(iii)はどの順番で実施してもよい。

- (i) 作業・操作に関する不具合
- (ii) 設備・装置に関する不具合
- (iii) 外部要因

(i)について、「V109を誤って開とする」を引き金事象（初期事象）として特定する。

※ 引き金事象には、上記のように「作業・操作に関する不具合」、「設備・装置に関する不具合」、「外部要因」の3種類があり、様々な可能性を考慮しますが、ここでは説明のため、一つの引き金事象について記述しています。

(3) 引き金事象からプロセス災害発生に至る過程をシナリオとしてまとめる。

V109 が全閉となっていない場合、常に T100 内に空気が流入し続け、その後の「③窒素置換」で窒素置換が不十分となり、T100 内の酸素濃度が限界酸素濃度 (LOC) を上回って残存する可能性がある。その後、「⑤払い出し」の際に、空気が T100 内で粉体を舞い上げながら (粉じん雲を形成しながら) 大量に混入し、T100 から払い出される。その際に攪拌により帯電していた粉体に静電気放電により着火し、「T100 内で粉じん爆発が発生する可能性」がある。

(補足) シナリオ同定の考え方

【STEP 1 の結果より】 (SDS, 運転条件, 表 4 の質問票の右欄などを参照する)

- 1) 化学物質 (主原料: ポリエチレン粉末, 副原料: ポリスチレン粉末) について, SDS などを確認することにより, 質問 3 「可燃性・引火性」, 質問 5 「可燃性粉じん」 に対する回答が「はい」となり, 表 4 (右欄) のそれぞれの説明・事例から, 「火災・爆発を引き起こす可能性」 があることが分かる。
- 2) プロセスについて, 運転条件などを確認することにより, 質問 13 「高圧, 繰り返し昇圧・降圧」, 質問 17 「高電圧/高電流」 に該当し, 表 4 (右欄) の説明から, 「内容物の漏洩, 短絡・地絡を起こすと着火源となる可能性」, 及び 「電線素材の爆発を引き起こす可能性」 があることが分かる。

【STEP 2 (1)(2)引き金事象の特定】 (操作手順書, 機器情報, 図面類, 表 5~7 の引き金事象の例を参照)

- 1) 操作「空気ラインを閉 (V109) とする」を検討対象とする。
- 2) この操作の目的は「T100 内での粉じん爆発の防止」である。
- 3) 表 5 に示した「作業・操作に関する不具合を検討するためのずれの例」から, 「空気ラインの V109 を誤って開とする」 を引き金事象として特定する。

【プロセス災害に至る経路 (シナリオ) の検討】 (その他, プラスチック関係の教科書などを参照する)

- 1) 「空気ラインの V109 が誤って開」となった場合, 空気が混入し, 燃焼の 3 要素 (可燃物, 酸素供給源, 着火源) のうちの 2 つ (可燃物, 酸素供給源) が存在する。
- 2) 一般的に, プラスチックは帯電しやすく, 放電を起こしやすいが, 「攪拌により粉体同士が衝突することで, 粉体に帯電し, 移送中に放電することで, 着火源となりうる」。
- 3) 1), 2) より, 「燃焼の 3 要素が同時に存在すること」となり, 「粉体が燃焼する」というプロセス異常が発生し, その結果, 「粉じん爆発」が発生する。

※ シナリオの同定には, 本技術資料に記載されていること以外に, プロセスで扱っている物質等の特性, 扱っている反応の詳細, 扱っているプロセスの挙動などの総合的な知識が要求されます。実施マニュアルの 1.1 節に示した参加者がそれぞれの立場から意見を述べ, チームでシナリオを同定していくことが大事です。

② シナリオに対するリスクの見積りとリスク評価

(1) 引き金事象、プロセス異常（プロセス変数のずれなどの異常伝播）、及びプロセス災害の発生を防ぐために既に設置されているリスク低減措置の有無を確認する。既存のリスク低減措置が存在する場合には、その内容と種類及び目的を記入する。

「不活性雰囲気での混合操作」は、粉じん爆発のリスク顕在化に対するリスク低減措置となる。

（理由；酸素濃度を低く保てば爆発は発生しない（燃焼の3要素））。

「不活性雰囲気での混合操作」はラインの窒素置換による粉じん爆発が生じる頻度を低減するプロセスの運転条件の設定であるため、リスク低減措置の種類は【B】工学的対策】である。また、初期事象（V109の内部漏れ）発生から粉じん爆発発生までの異常伝播のうちの一つである酸素供給源を絶つ対策であることから、リスク低減措置の目的は【c】事故発生防止対策】である。

※ STEP 2①(1) で操作目的を明確にしますが、これより既存のリスク低減措置の有無を判断するヒントとなる場合があります。

(2) 既存のリスク低減措置が設置されていない（機能しない）場合を想定して、リスク見積りとリスク評価（その1）を行う。

V109 から空気が漏れ込んでいると、T100 内に原料を投入した際に粉じん雲が形成される可能性がある。着火源を皆無にすることはできないため、危害が発生する可能性があるかと判定する。これより、危害発生の頻度は、「可能性がある（△）」と評価した。

結果としては粉じん爆発が想定され、粉じん爆発は事業場内外の施設、生産に壊滅的なダメージを与える可能性がある。これより、危害の重篤度は「致命的・重大（×）」とした。リスクレベルはⅢとなる。

(3) (1)で確認したリスク低減措置が機能した場合のリスク見積りとリスク評価（その2）を行う。

ラインの窒素置換を行い、不活性雰囲気での混合操作を行う操作手順となっているが、操作を間違えたことに気付く方策がないため、空気がT100内に流入することには気付かないと思われる。そのため、危害発生の頻度及び危害の重篤度のレベルは変わらない。リスクレベルはⅢのままとなる。

※ 必ずしも既存のリスク低減措置が災害防止に寄与するとは限らないことに留意します。本事例では、既存のリスク低減措置の効果をなくすようなプロセス異常（空気が混入して十分な不活性雰囲気にならない）が起こっているため、危害発生の頻度が下がらないと考えられます。そのため、リスクレベルも変わらないと考えます。

※ 既存のリスク低減措置が機能しても、見かけのリスクレベルが変わらないことも考えられます。例えば、危害の重篤度が「致命的・重大」である場合、危害発生の頻度を「高い又は比較的高い」から「可能性がある」に低減できたとしても、リスクレベルはⅢのまま変わりません。

(4) (1)で既存のリスク低減措置が存在しない場合には、表2のリスクアセスメント等実施シートに、「無」と記載し、(その2)の欄に(その1)と同じ結果を転記する。

リスク低減措置が存在するので、本項目は検討しない。

③ シナリオに対するリスク低減措置の検討（追加のリスク低減措置の立案）

(1) リスクレベルを下げるために追加すべきリスク低減措置を検討する。

- イ) 異常発生防止のために，V109 にリミットスイッチを設置することで，V109 の開閉状態を検知し【B】工学的対策，b)異常発生検知手段】，リミットスイッチの ON, OFF 状態からアンサーバックを取得するインターロックシステムを構築する【B】工学的対策，a)異常発生防止対策】。ただし，操作フェーズが分からないと的確に動作しないため，シーケンスの製作導入が必要となる。
- ロ) 異常発生防止のために，V109 のラインに流量計（ロータメーター）を設置することで，V109 閉時の漏れを検知し【B】工学的対策，b)異常発生検知手段】，V109 閉時に漏れが見られた場合にはバルブを交換するように手順を改定する【C】管理的対策，a)異常発生防止対策】。
- ハ) 事故発生防止のために，既に T100 に設置されている槽内酸素濃度計 XI100 で測定されている酸素濃度を利用する【B】工学的対策，b)異常発生検知手段】。攪拌機起動時の酸素濃度高警報により機能するインターロックを導入し，酸素濃度が高い時には混合操作ができないようにする【B】工学的対策，c)事故発生防止対策】。
- ニ) 被害の局限化のために，T100 に爆発放散口を設置し，粉じん爆発発生時に T100 などの破損を防止する【B】工学的対策，d)被害の局限化対策】。

※ 【B】工学的対策】を施す際には，【b）異常発生検知手段】を併せて検討する 경우가多く，計装に詳しい技術者等の協力を仰ぐとよいでしょう。

(2) 追加するリスク低減措置を実施した場合を想定し，再度，リスクを見積り，評価する（その 3）。

イ) について：

インターロックの導入により，V109 を間違っ開にして運転することが小さくなるため，危害発生の頻度は「ほとんどない（○）」に減ずることができる。なお，危害の重篤度は変わらず「致命的・重大（×）」である。リスクレベルはⅡとなる。

ロ) について：

V109 が閉となっていないことが検知され，漏れがある場合にはバルブが健全なものに交換されるため，危害発生の頻度は「ほとんどない（○）」に減ずることができる。なお，危害の重篤度は変わらず「致命的・重大（×）」である。リスクレベルはⅡとなる。

ハ) について：

インターロックの導入により，T100 内に高濃度の酸素が混入したときに運転する可能性が小さくなるため，危害発生の頻度は「ほとんどない（○）」に減ずることができる。なお，危害の重篤度は変わらず「致命的・重大（×）」である。リスクレベルはⅡとなる。

ニ) について

爆発放散口の設置により，T100 が破損する可能性が小さくなるため，危害発生の頻度は「ほとんどない（○）」に減ずることができる。なお，危害の重篤度は変わらず「致命的・重大（×）」である。リスクレベルはⅡとなる。

※ 【A】本質安全対策】以外の対策は、危害発生の頻度を下げる対策であり、危害の重篤度は変わらないことに注意しましょう。

(3) 提案された追加のリスク低減措置が実装可能かどうかを確認する。

イ) ～ロ) すべて、リスクレベルは低減し、既存のリスク低減措置などと干渉しあうこともないので、実装可能である。

※ 最終的に、STEP 3 でリスク低減措置の全体を勘案して実装可能かを再度確認します。

(4) 既存及び追加リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項を記載する。

イ、ハ) インターロックについては、センサーや駆動部の外観点検を行う。また、〇か月に1回の頻度でインターロックの動作確認を行う。

ロ) 〇か月に1回の頻度でV109の漏れ試験を行う。

ニ) 日常の点検で目視により外観に異常がないか確認する。また、〇か月に1回の頻度で損傷などがないことを確認する。

※ 動作確認、日常確認等の作業は、どの程度の間隔で実施するか（1日に1回、1ヶ月に1回など）を明確にすることで、実効性のある現場での対応とすることができます。

(5) その他、リスクアセスメント等の結果について、生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項があれば、記入する。

追加のリスク低減措置を実装しても、当該操作におけるT100内での粉じん爆発のリスクレベルはⅡにとどまっている。次の点を記載し、作業員への定期的な教育などで徹底する。

- ・本作業において粉じん爆発の可能性があること
- ・実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどにも明示すること
- ・点検記録などのルール及び管理規則や記録を確認する。

表 12 プロセス災害防止のためのリスクアセスメント等実施シート（記載例）

実施日	○年○月○日
実施者（記載者）	○○○○

STEP 1 取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握

取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握結果	3 可燃性・引火性, 5 可燃性粉じん, 13 高圧・繰り返し昇圧・降圧, 17 高電圧／高電流	質問票で「はい」に○が付いた項目
-------------------------	--	------------------

STEP 2 リスクアセスメント等の実施

作業・操作、設備・装置とその目的		（操作） 2. 操作（仕込み・混合・払い出し）：空気ラインを閉（V109）とする。 （目的） ライン内を不活性雰囲気にし、粉じん爆発を防ぐ。			
① 引き金事象の特定とシナリオ同定	引き金事象（初期事象）	V109 を誤って開とする。			
	プロセス異常（中間事象）	V109 が全閉となっていない場合、常に T100 内に空気が流入し続け、その後、「③窒素置換」で窒素置換が不十分となり、T100 内の酸素濃度が限界酸素濃度（LOC）を上回って残存する可能性がある。その後、「⑤払い出し」の際に、空気から払い出される。その際に攪拌により帯電していた粉体に静電気放電により着火する可能性がある。			
	プロセス災害（結果事象）	T100 内で粉じん爆発が発生する可能性がある。			
② 既存のリスク低減措置の確認		・不活性雰囲気での混合操作（B-c）			
② リスク見積りと評価（その1） 既存のリスク低減措置が無いと仮定した場合		重篤度	頻度	リスクレベル	
		×	△	III	
② リスク見積りと評価（その2） 既存のリスク低減措置の有効性確認		重篤度	頻度	リスクレベル	
		×	△	III	
③ 追加のリスク低減措置の検討 & ③ リスク見積りと評価（その3） 追加のリスク低減措置の有効性確認			重	頻	リ
イ) V109 にリミットスイッチを設置し、V109 の開閉状態を検知する。（B-b） アンサーバックを取得するインターロックシステムを構築する。（B-a）		×	○	II	
ロ) V109 のラインに流量計（ロータメーター）を設置し、V109 閉時の漏れを検知する。（B-b） 漏れ検知時にはバルブを交換するように手順を改定する。（C-a）		×	○	II	
ハ) 既に T100 に設置されている槽内酸素濃度計 XI100 で測定されている酸素濃度を利用し（B-b）、攪拌機起動時の酸素濃度高警報により機能するインターロックを導入し、酸素濃度が高い場合には混合操作ができないようにする。（B-c）		×	○	II	
ニ) T100 に爆発放散口を設置し、粉じん爆発発生時に T100 などの破損を防止する。（B-d）		×	○	II	
③ 追加のリスク低減措置の実装可否		イ～ニ) いずれのリスク低減措置もリスクレベルは低減し、既存のリスク低減措置などと干渉しあうこともないので、実装可能である。			
③ リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等		イ、ハ) インターロックについては、センサーや駆動部の外観点検を行う。また、○か月に 1 回の頻度でインターロックの動作確認を行う。 ロ) V109 については、○か月に 1 回の頻度で V109 の漏れ試験を行う。 ニ) 爆発放散口については、日常の点検で目視により外観に異常がないか確認する。また、○か月に 1 回の頻度で損傷などが無いことを確認する。			
③ その他、生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項		残留リスクの有無の確認： <input checked="" type="checkbox"/> 有 ・ 無 残留リスクへの対応方法：本作業において粉じん爆発の可能性があることと、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示するとともに、定期的に作業員への教育を行う。 点検記録などのルール及び管理規則や記録を確認する。			
備考					

STEP 3：リスク低減措置の決定

STEP 2 では、様々な引き金事象を特定すること、複数のシナリオを同定することができます。STEP 3 では STEP 2 で同定されたシナリオを「リスクアセスメント等実施結果シート」（一覧表）にまとめ、実装するリスク低減措置を決定します。

表 13 に「2. 操作（仕込み・混合・払い出し）」の中の以下の操作に対するリスクアセスメント等実施結果シートを示します。

- ・全排出バルブを閉とする
- ・空気ラインを閉（V109）とする
- ・窒素供給ラインが閉となっていることを確認する
- ・①主原料投入：上流にて加圧槽経由する

一覧表として見渡すことで、シナリオ毎にリスクレベル判定のばらつきなどがあれば、修正することができます。

特定された引き金事象によっては、既存のリスク低減措置が無い場合もあります（表 13 の No.1, No.2 など）。この場合、リスク見積りと評価（その 2）の欄は記載せず、リスクレベルに則した対応を行います。

また、プロセス災害には至らないシナリオも同定することもあります（表 13 の No.4, No.5 など）。この場合、リスクの見積りと評価を行う必要はありませんが、この引き金事象についても確認したことを記録しておく必要があります。

以上

表 13 プロセス災害防止のためのリスクアセスメント等実施結果シート（記載例）

取り扱い物質・プロセスに係る危険源の把握結果			作業・操作、設備・装置とその目的						実施担当者と実施日			実施担当者と実施日				
3 可燃性・引火性, 5 可燃性粉じん, 13 高圧・繰り返し昇圧・降圧, 17 高電圧／高電流			(操作)2. 操作(仕込み・混合・払い出し): 全排出バルブを閉とする.						(目的)ライン内を不活性雰囲気にし, 粉じん爆発を防ぐ			理須区一郎 ○年○月○日				
No.	①引き金事象特定とシナリオ検討			②既存のリスク低減措置の確認			③追加のリスク低減措置の検討			③追加のリスク低減措置の実装可否			③リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等			
	引き金事象 (初期事象)	プロセス異常 (中間事象)	プロセス災害 (結果事象)	重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル				
1	V110を誤って開とする.	粉じんが洗浄排水槽に流れ込み、槽の排ガス口から粉じん及び窒素が放出される可能性がある。	工場外に粉じんが漏洩する。	無し	○	△	I	-	-	-	既存のリスク低減措置が無い場合は記入しない。					
2	同上	粉じんが洗浄排水槽に流れ込み、槽の排ガス口から粉じん及び窒素が放出される可能性がある。槽の排ガス口付近に高濃度の窒素が滞留する可能性がある。	洗浄排水槽の排ガス口付近で酸欠となる可能性がある。	無し	×	△	III	-	-	-	プロセス災害の種類別に行を分ける。			イ) V110 自動弁化によるインターロックシステムを導入する。(B-a)ただし、操作フェーズが分からないと、的確に動作しないため、シーケンスの製作導入が必要となる。 ロ) V111 の開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ハ) 払い出し時は、槽類の放出口や周辺で作業しないようにマニュアルなどに明示する。(C-c)		
3	同上	粉じんが洗浄排水槽に流れ込み、槽の排ガス口から粉じん及び窒素が放出される可能性がある。放出された粉体が粉じん気を形成し、静電気放電などにより着火する可能性がある。	洗浄排水槽の排ガス口付近で粉じん爆発が発生する可能性がある。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V110 自動弁化によるインターロックシステムを導入する。(B-a)ただし、操作フェーズが分からないと、的確に動作しないため、シーケンスの製作導入が必要となる。 ロ) V111 の開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ハ) 洗浄排水槽の排ガスをスクラバーに通す設計とする(スクラバー能力増を含む)。(B-c) ニ) スクラバー、特にガス放出口はアースを取っておく(B-c) ホ) 払い出し時は、槽類の放出口や周辺で作業しないようにマニュアルなどに明示する。同様に、火気取扱注意の旨を明示する(C-c)					
4	V112を誤って開とする.	V112-V113間の配管に主原料及び副原料が混合されない形で、払い出し時に混練機に移送する。	無し(品質の劣化が生じる可能性がある。)	網羅的にシナリオを検討すると、プロセス災害に至らないシナリオも出てくる。												
5	V113を誤って開とする.	V110, V112, V114が稼働していればプロセスの異常には移行しない。	無し													
6	V114を誤って開とする.	粉じん及び窒素がスクラバーの能力以上に流れ込み、粉体を分離できず粉体及び窒素が外気に放出される可能性がある。 また、分離不能となった粉じんによって循環水が詰まり、循環水ポンプが故障することにより、粉体そのまま外気に放出される可能性がある。 さらに、分離不能となった粉じんにより循環水がオーバーフローし、その循環水が工場内を経由して一般雨水口に流れ込む可能性がある。	工場外に粉じん若しくはスクラバーの循環水が漏洩する。	無し	○	△	I	-	-	-				全排出バルブを閉にしておかないと内容物が工場外に漏洩する可能性があることをマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。		

7	同上	粉じん及び窒素がスクラバーの能力以上に流れ込み、粉体を分離できずに、粉体及び窒素が外気に放出される可能性がある。 その結果、スクラバーの排ガス口付近に高濃度の窒素が滞留する可能性がある。	スクラバーの排ガス口付近で酸欠となる可能性がある。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V114 自動弁化によるインターロックシステムを導入する。(B-a)ただし、操作フェーズが分からないと、的確に動作しないため、シーケンスの製作導入が必要となる。 ロ) V115 の開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ハ) スクラバーで全量処理できるように粉体量の最大値を定める。(C-c)あるいは、スクラバーで全量処理できるようにスクラバーの能力増強を行う。(B-c) ニ) 払い出し時は、スクラバーの放出口や周辺で作業しないようにマニュアルなどに明示する。(C-c)	×	○	II	イ)については、シーケンスの製作導入を行うことで実装可能である。 ロ)、ハ)、ニ)については、既存のリスク低減措置などと干渉しあうことがないので、実装可能である。	イ) インターロックについては、センサーや駆動部の外観点検を行う。また、定期的にインターロックの動作確認を行う。 ロ) 毎日の巡視において、表示がされていることを確認する。 ハ) 日常の点検で、粉体量の最大値の表示を確認する。あるいは、粉体量の最大値のスクラバーについて、日常の点検で目視により外観に異常がないか確認する。また、定期的にスクラバーの点検、清掃を行う。 ニ) 毎日の巡視において、不安全行動がないかを確認する。また、定期的にマニュアルなどの監査を行い、明示されていることを確認する。	本作業において酸欠災害の可能性があることと、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。
8	同上	粉じん及び窒素がスクラバーの能力以上に流れ込み、粉体を分離できず粉体及び窒素が外気に放出される可能性がある。 また、分離不能となった粉じんによって循環水が詰まり、循環水ポンプが故障することにより、粉体そのまま外気に放出される可能性がある。 その結果、放出された粉体が粉じん気を形成し、静電気放電などにより着火する可能性がある。	スクラバーの排ガス口付近で粉じん爆発が発生する可能性がある。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V114 自動弁化によるインターロックシステムを導入する。(B-a)ただし、操作フェーズが分からないと、的確に動作しないため、シーケンスの製作導入が必要となる。 ロ) V115 の開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ハ) スクラバー、特にガス放出口はアースを取っておく(B-c) ニ) スクラバーで全量処理できるように粉体量の最大値を定める。(C-c)あるいは、スクラバーで全量処理できるようにスクラバーの能力増強を行う。(B-c) ホ) 払い出し時は、スクラバーの放出口や周辺で作業しないようにマニュアルなどに明示する。同様に、火気取扱注意の旨を明示する(C-c)	×	○	II	イ)については、シーケンスの製作導入を行うことで実装可能である。 ロ)、ハ)、ニ)については、既存のリスク低減措置などと干渉しあうことがないので、実装可能である。 ホ)については、上記の対策に含めて火気取扱注意の掲示を行うことで可能である。	イ) インターロックについては、センサーや駆動部の外観点検を行う。また、定期的にインターロックの動作確認を行う。 ロ) 毎日の巡視において、表示がされていることを確認する。 ハ) 接地線が断線していないことを定期的に確認する。 ニ) スクラバーについては、日常の点検で目視により外観に異常がないか確認する。また、定期的にスクラバーの点検、清掃を行う。 ホ) 毎日の巡視において、不安全行動がないかを確認するとともに、表示がされていることを確認する。	本作業において粉じん爆発の可能性があることと、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。 点検記録などのルール及び管理規則や記録を確認する。

取り扱い物質・プロセスに係る危険源の把握結果	作業・操作、設備・装置とその目的		実施担当者と実施日	実施担当者と実施日
3 可燃性・引火性, 5 可燃性粉じん, 13 高圧・繰り返し昇圧・降圧, 17 高電圧/高電流	(操作)2. 操作(仕込み・混合・払い出し): 空気ラインを閉(V109)とする。	(目的)ライン内を不活性雰囲気にし、粉じん爆発を防ぐ	理須区一郎 ○年○月○日	

No.	①引き金事象特定とシナリオ検討			②既存のリスク低減措置の確認	③追加のリスク低減措置の検討						③追加のリスク低減措置の実装可否	③追加のリスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等	③その他、生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項		
	引き金事象(初期事象)	プロセス異常(中間事象)	プロセス災害(結果事象)		重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル					
9 本文の事例	V109 を誤って開とする。	V109 が全閉となっていない場合、常に T100 内に空気が流入し続け、その後、「③窒素置換」で窒素置換が不十分となり、T100 内の酸素濃度が限界酸素濃度(LOC)を上回って残存する可能性がある。 その後、「⑤払い出し」の際に、空気が T100 内で粉体を舞い上げながら(粉じん雲を形成しながら)大量に混入し、T100 から払い出される。その際に攪拌により帯電していた粉体に静電気放電により着火する可能性がある。	T100 内で粉じん爆発が発生する可能性がある。	不活性雰囲気での混合操作(B-c)	×	△	III	×	△	III	×	○	II	イ、ハ) インターロックについては、センサーや駆動部の外観点検を行う。また、○か月に1回の頻度でインターロックの動作確認を行う。 ロ) ○か月に1回の頻度でV109の漏れ試験を行う。 ニ) 日常の点検で目視により外観に異常がないか確認する。また、○か月に1回の頻度で損傷がないことを確認する。	本作業において粉じん爆発の可能性があることと、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。 点検記録などのルール及び管理規則や記録を確認する。

取り扱い物質・プロセスに係る危険源の把握結果	作業・操作、設備・装置とその目的	実施担当者と実施日	実施担当者と実施日
3 可燃性・引火性, 5 可燃性粉じん, 13 高圧・繰り返し昇圧・降圧, 17 高電圧/高電流	(操作)2. 操作(仕込み・混合・払い出し): 窒素供給ラインが閉となっていることを確認する	理須区一郎	〇年〇月〇日

No.	①引き金事象特定とシナリオ検討			②既存のリスク低減措置の確認						③追加のリスク低減措置の検討			③追加のリスク低減措置の実装可否			③リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等	③その他、生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項
	引き金事象 (初期事象)	プロセス異常 (中間事象)	プロセス災害 (結果事象)	重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル		
10	PI105の誤指示によってV105が誤って開となる。	2. 操作:②副原料時にマンホールを開にした時に、2階ステージに粉じんが漏洩する。漏洩した粉じんが粉じん気を形成し、静電気放電などにより着火する。	2階ステージで粉じん爆発が発生する可能性がある。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V106 開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ロ) V106の後段のラインに流量計(ロータメータ)を設置し、窒素流量を検知する(B-b) マンホールを開ける前に流量を確認し、確実に窒素ラインが閉になっていることを確認するように手順を改定する(C-a)	×	○	II	リスクレベルは低減し、既存のリスク低減措置などと干渉しあうこともないので、実装可能である。	イ) 毎日の巡視において、表示がされていることを確認する。 ロ) 定期的に流量計の校正を行う。	本作業において粉じん爆発の可能性があること、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。
11	同上	粉じんと共に窒素ガス(空気より少し重い)が漏洩する。マンホールを開けた際、窒素が放出され、周りが低酸素雰囲気となる可能性がある。	作業員が酸欠となり倒れる。場合によってはマンホールより落下する。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V106 開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ロ) 携帯用酸素濃度計を必ず着用する。(D-b) アラームが鳴った時には速やかにマンホールから離れ、作業を停止する(C-d) ハ) エアラインマスクを使用する。(D-d)作業標準に盛り込む。(C-d)	×	○	II	リスクレベルは低減し、既存のリスク低減措置などと干渉しあうこともないので、実装可能である。	イ) 毎日の巡視において、表示がされていることを確認する。 ロ、ハ) 毎日の巡視において、装備の不備がないかを確認する。また、作業員同士でも作業前に確認しあう。	本作業において酸欠災害の可能性があること、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。
12	V106を誤って開とする。	2. 操作:②副原料時にマンホールを開にした時に、2階ステージに粉じんが漏洩する。漏洩した粉じんが粉じん気を形成し、静電気放電などにより着火する。	2階ステージで粉じん爆発が発生する可能性がある。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V106 開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ロ) V106の後段のラインに流量計(ロータメータ)を設置し、窒素流量を検知する(B-b) マンホールを開ける前に流量を確認し、確実に窒素ラインが閉になっていることを確認するように手順を改定する(C-a)	×	○	II	リスクレベルは低減し、既存のリスク低減措置などと干渉しあうこともないので、実装可能である。	イ) 毎日の巡視において、表示がされていることを確認する。 ロ) 定期的に流量計の校正を行う。	本作業において粉じん爆発の可能性があること、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。
13	同上	粉じんと共に窒素ガス(空気より少し重い)が漏洩する。マンホールを開けた際、窒素が放出され、周りが低酸素雰囲気となる可能性がある。	作業員が酸欠となり倒れる。場合によってはマンホールより落下する。	無し	×	△	III	-	-	-	イ) V106 開・閉状態が外部から見て分かるような表示装置を設置し、バルブに開・閉表示札を設置する。(C-a) ロ) 携帯用酸素濃度計を必ず着用する。(D-b) アラームが鳴った時には速やかにマンホールから離れ、作業を停止する(C-d) ハ) エアラインマスクを使用する。(D-d)作業標準に盛り込む。(C-d)	×	○	II	リスクレベルは低減し、既存のリスク低減措置などと干渉しあうこともないので、実装可能である。	イ) 毎日の巡視において、表示がされていることを確認する。 ロ、ハ) 毎日の巡視において、装備の不備がないかを確認する。また、作業員同士でも作業前に確認しあう。	本作業において酸欠災害の可能性があること、実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し、定期的に作業員への教育を行う。

取り扱い物質・プロセスに係る危険源の把握結果	作業・操作, 設備・装置とその目的	実施担当者と実施日	実施担当者と実施日
3 可燃性・引火性, 5 可燃性粉じん, 13 高圧・繰り返し昇圧・降圧, 17 高電圧/高電流	(操作) 2. 操作(仕込み・混合・払い出し): ①主原料投入: 上流にて加圧槽経由する.	理須区一郎	〇年〇月〇日

No.	①引き金事象特定とシナリオ検討			②既存のリスク低減措置の確認						③追加のリスク低減措置の検討	③リスクの見積りと評価 (その3) 追加のリスク低減措置の有効性確認			③追加のリスク低減措置の実装可否	③リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等	③その他, 生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項	
	引き金事象 (初期事象)	プロセス異常 (中間事象)	プロセス災害 (結果事象)	重篤度	頻度	リスクレベル	重篤度	頻度	リスクレベル		重篤度	頻度	リスクレベル				
14	V100 を誤って閉とする.	主原料が計量ホッパーに移送されない.	無し														
15	計量完了間際に V100 を閉じる.	粉体移送の窒素停止の反動で計量機が計量完了と誤認識する. 計量完了後, 粉体が混合槽に移送されるが, 窒素による加圧がないため, 計量ホッパーから移送ラインに粉体が残る. そのため, V104 に粉体が噛み込む. 窒素による加圧がないため, 排ガスラインから逆に空気が漏れこむ. 窒素シールが破れる. その状態で攪拌機を回すと, 粉じん雲と静電気を発生させ, 静電気火花で発火する可能性がある.	槽内で粉じん爆発が起こる可能性がある. また, 粉体を噛み込んだバルブから被害が拡大する. 注)このシナリオは, V104 が噛み込んだ場合のすべてのシナリオに通じる.	無し	×	△	III	-	-	-		×	○	II	リスクレベルは低減し, 既存のリスク低減措置などと干渉しないことなので, 実装可能である.	イ), ロ), ハ) インターロックについては, センサーや駆動部の外観点検を行う. また, 定期的にインターロックの動作確認を行う.	本作業において粉じん爆発の可能性があること, 実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し, 定期的に作業員への教育を行う.
16	V103 を開け過ぎて 50%より開度が大きくなる.	集じん機に移行する粉じんが多くなるため, 集じん機の能力を超える粉じんが移行し, フィルタが早く目詰まりを起こす可能性がある. そのまま稼働し続けると, フィルタが破損し, 開口部から主原料が漏洩する可能性がある. 漏洩した粉じんが粉じん雲を形成し, 静電気放電などにより着火する可能性がある.	排 gas1 につながる集じん機付近で粉じん爆発が発生する可能性がある.	無し	×	△	III	-	-	-		○	○	I	リスクレベルは低減し, 既存のリスク低減措置などと干渉しないことなので, 実装可能である.	イ) 当該配管の径を適切に設計することにより, バルブを用いることなく粉体の移行量を適切に制御することができる. 当該配管の径の設計根拠をマニュアルなどに明記し, 配管を変更する時にはその妥当性を検討することとする. ロ) 表示がされていることを毎日の点検で確認する. ハ) 爆発放散口については, 定期的に目視により外観に異常がないか確認する.	本作業において粉じん爆発の可能性があること, 実装されているリスク低減措置及びその実装理由をマニュアルなどに明示し, 定期的に作業員への教育を行う. 点検記録などのルール及び管理規則や記録を確認する.

イ)の対策を施した時

ロ), ハ)の対策を施した時