

機械の名称:化学産業分野用縦型混合攪拌機				オーダー番号:		関連書類No., 及び名称					RA作業メンバー					確認	承認				
RAの区分: RA1 RA2 RA3				RA実施工程(コンポーネント):		1. 2. 3. 4.															
安全・衛生等の区別: 安全 衛生				RA実施工程(機械等設備名):使用段階 運転																	
識別No	作業内容	機械の対象部 機械の動作等	危険源	危険事象	対象者	想定される 危害	リスクの評価					保護方策	リスクの再評価					制御システムRA	保護対策に関する 規格No	最終的な結果	
							危害の ひどさ ①	危険源に さらされる 頻度 ②	危険事象の 発生確率 ③	危害回避 の可能性 ④	リスク レベル		危害の ひどさ ①	危険源に さらされる 頻度 ②	危険事象の 発生確率 ③	危害回避の 可能性 ④	リスク レベル				
1-1-1-1	機械に通電するために電源プラグを差し込む。(1回/日)	電源ケーブル	電源に人が接触することによる感電(AC200V)	手が濡れていた	作業員	死亡	重傷	まれ	低い	低い	III	JISB9960-1等に基づき、電源の自動遮断による保護方策を採用する(高感度高速型漏電遮断器JISC8371)。シグナルワード「警告」を取説・本体に明記する。	重傷	まれ	低い	低い	III			リスクが残ったが、最低水準は満たしたと考えている。	
1-1-1-2	制御回路に通電するために制御盤内のブレーカーをオンにする。(1回/日)	制御盤内のブレーカー	充電部に人が接触(直接接触)することによる感電(AC200V)	端子部分に接触した	作業員	死亡	重傷	まれ	高い	低い	IV	操作部を制御盤のエンクロージャーの外側に出すことにより充電部に暴露されないようにする。JISB9960-1等に基づき、電源の自動遮断による保護方策を採用する(高感度高速型漏電遮断器JISC8371)。シグナルワード「警告」を取説・本体に明記する。	重傷	まれ	低い	低い	III			リスクが残ったが、最低水準は満たしたと考えている。	
1-1-1-7	ボールを攪拌位置に移動させるためにボール上昇ボタンを押してボール受けをボール受け上限位置まで上げる。(1回/バッチ)	ボールの縁	ボールの縁と脱泡カバの縁による手・指の挟まれ(推力2380N=推力3380N-ボール受け700N-ボール300N速度:0.032m/s)	手などをボールの縁に置いていた	作業員	指・手の骨折	重傷	頻繁	低い	高い	IV	セーフティSリミットスイッチを上限以下に追加して手が挟まる前に上昇動作が一旦止まるようにする。その後は両手操作かつホールド・トゥ・ランにより上昇させる。	重傷	頻繁	低い	高い	IV	要		更なる保護方策を検討する	
		ボール	ボールの落下(ボール300N+内容物の重量)	ボールストッパがかけられていないため、ボール受けからボールが落下した。	作業員	足の骨折	重傷	頻繁	低い	高い	IV	近接スイッチをボール受けに設置して、ボールのつばがボール受けの受け面に接していない場合は上昇動作しないようにする。安全靴の着用を義務づける。シグナルワード「注意」を取説に明記する。	重傷	頻繁	低い	高い	IV	要		リスクが残ったが、最低水準は満たしたと考えている。	
1-2-1-1	専用台車を使用してボールをボール受けにセットする。(1回/バッチ)	ボール台車	ボールが乗ったボール台車の転倒(ボール300N+内容物の重量)	ボール受けが下限以外の位置のときに、ボールがのったボール台車を勢い良く本体に押込んだためボール台車が転倒した。	作業員	足、その他人体の転倒による打撲	軽症					I	シグナルワード「注意」を取説に明記する。	軽症					I		適切レベル
						足を挟まれたことによる骨折	重傷	まれ	低い	高い	II	安全靴の着用を義務づける。シグナルワード「注意」を取説に明記する。	重傷	まれ	低い	高い	II			条件付適切レベル	
					作業員	失明	重傷	頻繁	低い	低い	V	取扱物によっては適切な防護メガネや防護マスクの着用を促す。シグナルワード「警告」を取説に明記する。	重傷	頻繁	低い	低い	V			リスクが残った。「重傷」になる可能性のある材料の攪拌を機械の仕様から外す。	
1-3-1-1	ボールがボール受けにセットされた状態で材料をボールに投入する。	材料	有害な液体、気体、ミスト、煙及び粉塵との接触またはそれらの吸入による危険源	材料投入時に粉塵やミストなどに接触あるいは吸引	作業員	失明	重傷	頻繁	高い	低い	V	取扱物によっては適切な防護メガネや防護マスクの着用を促す。シグナルワード「警告」を取説に明記する。	重傷	頻繁	高い	低い	V			リスクが残った。「重傷」になる可能性のある材料の攪拌を機械の仕様から外す。	

識別No	作業内容	機械の対象部 機械の動作等	危険源	危険事象	対象者	想定される 危害	リスクの評価					保護方策	リスクの再評価					制御システムRA	保護対策に関する 規格No	最終的な結果
							危害 のひどさ ①	危険源に さらされる 頻度 ②	危険事象の 発生確率 ③	危害回避 の可能性 ④	リスク レベル		危害 のひどさ ①	危険源に さらされる 頻度 ②	危険事象の 発生確率 ③	危害回避の 可能性 ④	リスク レベル			
1-2-1-3	攪拌子が静止した状態ではボールを攪拌位置に上昇させられない材料である場合、ボール受けを上昇させながら攪拌運転を行う。(1回/バッチ)	攪拌部	攪拌子やスクレーバによる巻き込み (1速の接線方向の力と速度 攪拌子: 1211N, 1.82m/s スクレーバ: 3160N, 0.70m/s)	回転中の攪拌子やスクレーバに手や衣服の端が接触した	作業者	指・手・腕の骨折	重傷	頻繁	低い	低い	V	上昇させながら攪拌子を回転させる場合は、両手操作でかつホールド・トゥ・ランにより上昇と回転を行う。そのときは一速(1.82m/s)の回転数でのみ運転できるようにする。	重傷	頻繁	低い	低い	V	JIS B9712 両手操作制御装置	更なる保護方策	
												攪拌運転(継続運転、1速以外の速度での運転)は、LSによりカバーが完全にかぶっている上限位置でのみ可能にする。	重傷	頻繁	低い	低い	V		更なる保護方策	
1-2-1-4	試運転などのときにボールがセットされていない状態で攪拌運転を行う。(1回/年)	攪拌部	攪拌子やスクレーバによる巻き込み (1速の接線方向の力と速度 攪拌子: 1211N, 1.82m/s スクレーバ: 3160N, 0.70m/s)	回転中の攪拌子やスクレーバに手や衣服の端が接触した	作業者	指・手・腕の骨折	重傷	頻繁	低い	低い	V	近接スイッチをボール受けに設置かつLSによりカバーが完全にかぶっている上限位置でのみ可能にして、ボールのつばがボール受けの受け面に接していかつボール受けが上限位置にある場合のみ攪拌部が回転できるようにする。	重傷	まれ	低い	低い	III		更なる保護方策	

制御システム安全関連部

JIS B9705-1「制御システムの安全関連部のリスククラスと安全性能カテゴリ」適用

識別No	作業内容	機械の対象部 機械の動作等	危険源	危険事象	対象者	想定される 危害	リスクの評価					保護方策	リスクの再評価					制御システム		保護対策に関する 規格No	最終的な結果
							危害 のひどさ (S)	危険源に 曝される 頻度 (F)		危害回避 の可能性 (P)	リスク レベル		危害 のひどさ (S)	危険源に 曝される 頻度 (F)		危害回避の 可能性 (P)	リスク レベル	要求安全 性能カテゴリ	安全性能 カテゴリ		
1-1-1-7	ボールを攪拌位置に移動させるためにボール上昇ボタンを押してボール受けをボール受け上限位置まで上げる。(1回/バッチ)	ボールの縁	ボールの縁と脱泡カバーの縁による手・指の挟まれ (推力2380N =推力3380N -ボール受け700N -ボール300N 速度: 0.032m/s)	リミットスイッチが故障したため、ボール受けが途中で止まらず上昇し続けた。	作業者	指・手の骨折	重傷	頻繁		高い	IV	セーフティLSを採用かつ安全性能カテゴリ2の安全確保機能を二重化してカテゴリ3とする(→セーフティLSを採用する)。	重傷	まれ		高い	II	カテゴリ3 (S2, F2, P1)	カテゴリ3	GS-ET-15準拠のLS	適切レベル
		ボール	ボールの落下 (ボール300N +内容物の重量)	ボールストッパがかけられていないため、ボール受けからボールが落下した。	作業者	足の骨折	重傷	頻繁		高い	IV	近接スイッチをボール受けに設置して、ボールのつばがボール受けの受け面に接していない場合は上昇動作しないようにする。	重傷	まれ		高い	IV	カテゴリ3 (S2, F2, P1)	カテゴリ3		適切レベル

電子部品製造業 T社の事例

1 全体概要

1-1 事業所の概要

電子材料事業として結晶材料や電子デバイス等の生産を行っている事業所であり、国内外に複数の生産拠点を有している。これら電子材料を生産するための機械設備のうち約半数は外部メーカーからの調達ではなく、内製している。そのため、産業用ロボットをはじめとする各種機械設備を複数組み合わせ合わせた自動化システムの設計、製造も併せて行って「機械の製造者等」の位置付けとなっている。

(1) 業種

電子部品製造業

(2) 事業所従業員数

約540人

(3) 主な製造

ガリウムリン結晶、抵抗ペーストなど

1-2 支援事業への参加の経緯と目的

事業所では、平成5年ごろからチェックシートによる安全事前審査を実施しており、機械設備の購入および製作に際して、機械、電気、薬品等の安全性について社内基準に基づくチェックが行われている。さらに、平成15年頃から本質安全活動を加えて、「設備本質安全規程」を作成して運用してきた。チェックシートは、設計終了時と製造終了時および現地稼働前に利用し、各審査項目に適合するものについてチェックマークを入れ、適合しない項目については追加の保護方策をその対応期限とともに明示して記すものである。さらに、詳細な安全設計の実行のため、「機械の包括的な安全基準に関する指針」に基づいてリスクアセスメントも行われてきたが、リスク評価について適切なリスク低減レベルの判断が難しいと感じていた。

この指針の改正時に行われた講習会をきっかけとして本支援事業を知り、上記問題点の解消を目的として参加を申し込んだ。これまで内製機械設備の安全化は、生産技術部および安全環境部が主体となって実行してきたが、第三者の目で適切か否かの判断をしてもらい、対象機械の危険源同定、抽出作業のポイントを学ぶことも参加の目的である。また、既存のチェックシートは保護方策の有無または適否のチェックが主なため、保護方策導出に至るまでのリスクアセスメント手順についても助言を望んでいる。さらに、必要なリスク低減にかかるコスト発生についても納得できる理由を探している。

1-3 支援対象機械設備の選定

グループ内の他事業所向けに開発される「粉詰め自動機」を支援対象とした。この機械は、従来、人手と専用機によって行われていた容器内への仕切板と混合粉末の共詰め作業を、完全に自動化するために設計された専用の自動化システムである。複数の機械を作業中に並べて連動させる新規のシステムであるため、個々の機械を単独使用する場合に比べてより危険性が高くなると予想され、設計段階で十分な安全仕様を確定しておくことは必須である。加えて、複雑なシステムであるほど、過不足のない合理的な安全防護の選択が求められる。

以上の要求を満足するために、「粉詰め自動機」を対象にリスクアセスメントを実施することにした。なお、この機械を構成する個々の機械毎にリスクアセスメントを行うことができるが、各々の機械動作が連動して機能するため、リスクアセスメントの対象としては一つの機械設備として扱う。そして、想定される作業シナリオ毎に、関連する個々の機械部分についてリスクアセスメントを行うこととした。

1-4 支援の内容と検討

実際のリスクアセスメント支援は、対象とする「粉詰め自動機」は製作がほぼ終了した段階であり、グループ内の他事業所へ移設する直前に実施されたため、予め作成していたリスクアセスメント結果とその対策をレビューすることが中心であった。したがって、具備されたリスク低減方策適用後の再リスクアセスメント結果の妥当性までは詳細には検証していない。実際に確認または指摘した主な項目は、以下のとおりである。

(1) リスクアセスメント実施体制について

表1にリスクアセスメント実施体制を示す。発案者であるテーマリーダーが開始し、各分野のリーダーを含めて4～5人のチームでリスクアセスメントを進める。最終的な承認は安全衛生管理者であるセクションリーダーが行う体制となっている。このリスクアセスメントは、対象機械の構想設計後に実施されて、承認後に詳細設計、製作が行われる。その後、試運転後にもリスクアセスメントが再び実施される。後者に相当するリスクアセスメントは、仕様変更時や使用環境の変更時にも実施できるように、必要十分な社内体制が整備されている。

表1 リスクアセスメントの実施体制

	発信者	実行者	集計者	確認者	承認者	保存者	提出者
設計時のリスクアセスメント	・テーマリーダー ¹⁾ ・設備担当者	・セクションリーダー ²⁾ ・グループリーダー ³⁾ ・担当者 ----- ・主任安全衛生係員	・テーマリーダー ・設備担当者	・グループリーダー なし	・セクションリーダー	・テーマリーダー ・設備担当者 ・主任安全衛生係員	なし ・主任安全衛生係員

- 1) 対象機械毎にリーダーは異なる
- 2) 安全衛生管理者である
- 3) 機械、電気、組立、工事等の各分野のリーダーである

(2) 制限仕様について

表2に「粉詰め自動機」の概略仕様および制限仕様を示す。「機械の主要な仕様」の「構造」欄に概略表示してあるが、本機は2台のロボット、4台の単軸アクチュエータ（ロボット）、およびターンテーブル、駆動用モーター、粉ホッパー（供給装置）、真空ポンプ、集塵機が各1台の合計11台の動力で作動する機械を統合した設備である（全景は写真1、2参照）。そこで、これら機械単独の概略仕様を記述してリスクの見積りの参考とすることにした。

本機は自社グループ内事業所でのみ使用する専用機であるため、使用環境や機械に関わる作業等はかなり限定して差し支えないと判断した。そこで、本機の運転時には、訓練された作業員（オペレータ、保全者）のみが関与するという使用条件に限定した。

基本的な想定作業は表2の設計目標のa項に記した6種類であり、機械外側からアクセスする定常作業と機械内部へ進入する非定常作業が想定される。続くb項は、これらの作業中に予測される誤操作と起こり得る機械側の誤動作を示している。

表2 「粉詰め自動機」の仕様・制限仕様

設置事業所	設置職場	対象工程(設備)名	対象範囲(作業)	作業標準(手順)	RA実施日	RA実施者 リーダー： メンバー：
		熱処理前準備工程	粉詰め作業			
項目		機械の使用状況等				
機械の名称		粉詰め自動機				
機械の意図する使用(目的、用途)		SUS(ステンレス)容器に仕切板と混合粉末を自動充填する				
適用法規/届出		安衛法88条(設置届出、排気関係)、粉じん障害防止規則(粉じん作業・特定粉じん発生源⇒非該当、定期自主検査⇒該当)、 安衛則36条(特別教育を必要とする業務 31、32)⇒該当				
RMS/EMS対応検討結果		安衛法等法令順守、RMSリスク登録必要[火災、健康影響]				
機械のライフサイクル段階(RA対象作業等)		稼働段階(定常運転・非定常運転)				
設計目標		<p>a. 容器に仕切板と粉体を交互に自動供給を行なう</p> <p>1) 作業項目 [1.準備(フィーダー設置、運転確認、容器・仕切板ボックス配置、治具交換)、2.自動運転(監視)、 3.取出(充填容器・空仕切板ボックス・フィーダー取出)、4.清掃、5.異常処置、6.教示、点検・保守]</p> <p>2) 運転モードと異常検知停止時の処置と自動運転再開 [異常検知(仕切板ボックス設置位置、容器位置/サイズ違い、 吸着/真空異常、テーブル容器有無、搬送ロボット接触異常、粉切出、ドア開閉、各ロボットアラーム)]</p> <p>b. ・自動運転中に、容器・仕切板ボックス・仕切板の配置を手で修正する ・設置/取出時に、手を滑らせて容器・仕切板ボックスを落とす[max7kg] ・電源の復帰後/非常停止後の運転再開時のロボット、ターンテーブルの不意の起動(始動ボタンによる起動を含む) ・電磁ノイズによるロボット、ターンテーブルの不意の起動[異常処置、教示時] ・制御機能不全/誤操作[ティーチング時のロボットアームブレーキ(Z軸)の開放、パネルボタンの誤操作]</p> <p>c. c-1. 動作範囲： [搬送ロボット (Z)400mm、(水平)560mm]、 [スカルロボット (Z)300mm、(水平)805mm] c-2. 保守範囲： [容器・仕切板ボックス変形修正、フィルタ交換、スイッチ機能点検、ストッパー点検、位置ずれ修正(含、ティーチング)、堆積粉塵清掃]</p> <p>d. ・保守対象 [コントローラバッテリー交換、モーター保守、ロータリーコネクタ(シール磨耗)、ストッパー点検(磨耗)、スクリューフィーダー(磨耗) アジテーター(磨耗)、真空ポンプダイヤフラム、エアレギュレータ、電磁弁、搬送ロボット(年次点検、5年オーバーホール)、スカルロボット(年次点検、10年オーバーホール)] ・部品廃棄/使用後の注意： ロータリーコネクタ(水銀使用)</p> <p>e. ・粉じん環境</p>				
注)明確にする事項		1. 人と				
機械の 主要な 仕様	製品型式	***				
	構造	スカル型ロボット(1)、搬送(円筒座標型)ロボット(1)、ターンテーブル(1)、短軸ロボット(4)、粉供給・局排設備(1式)				
	設計寿命(年)	10年(部品供給期間)				
	重量(kg)	本体全重量：2000 kg、粉フィーダー：70 kg				
	原動機出力(W)、動作速度(mm/s)	[搬送ロボット] 原動機出力75W、動作速度240mm/s、 [スカルロボット] 原動機出力(Z) 400W、動作速度 420mm/s				
	繰り返し位置決め精度	横位置 0.5mm以下、縦位置 0.5mm以下				
	設置環境 [温度(°C)、圧力、湿度(%)、他]	常温、常湿、粉じん環境				
危害 対象者	運転員	資格の要否・必要資格	要 [作業教育、粉じん作業]			
		その他条件(使用者情報等)	-			
	周辺の作業員	本機械設備に関しては、機械設備との接触は無く、異常時発見時の連絡等 [RMSによる異常連絡措置のみ]				
	当該設備に係るサービス員 (補給、保全等)	教育終了者であること [安衛則36条(特別教育を必要とする業務 31、32)、定期自主検査要領]				
第三者	巡視者、見学者等は、本機械設備との接触は無い					
危険有害情報		微細粉塵(50μm)の誤吸引 [必須保護具：呼吸用保護具]、MSDS[混合粉体]、GHS表示、R/S警句[R10、R15、R17、S2、S7/8、S43]				

(3) 危険源の同定について

本機は基本的にはロボットと搬送機械の組み合わせであるので、各々の機械に特有の危険源が想定される。さらに、各機械間の空間に生じる危険源、さらには活性粉じんに係わる危険源を考慮しなければならない。特に、粉じんに起因する火災や爆発の危険に加えて、長期間の粉じんばく露による衛生に関する有害性を検討していることが一般の機械設備とは異なる。

また、安全防護の適用によって新たな危険源が生じる場合（例えば、付加した安全制御回路の故障）は、本来他の危険源と同様に独立して評価しなくてはならないが、粉じんが原因のコンポーネント故障から予期しない起動を引き起こすプロセスと同じと見なせるため、制御回路の故障は粉じん環境に代表させた。

(4) リスクの見積り・評価について

リスク要素は中央労働災害防止協会の講習で使用された資料の事例を参照して、表3に示すような3つのリスク要素（S、F、Q）に各々重み付けした点数を割り当てる方式を考案した。リスクの評価はこれら3つの点数の合計点で4段階のリスクレベルに分類した。合計点が5点以上となった場合は何らかのリスク低減策を検討しなければならないとした（表4参照）。少なくとも、8点以上では実際の（工学的な）リスク低減策が必要であり、7点以下ならば、管理的な方策（作業手順書、保護具の着用等）を必ず守るという条件付きでリスクは許容できると判断する。このような判断基準の場合、危害のひどさが重傷以上ならば、他のリスク要素をいくら低減してもこれ自体を軽傷以下に下げる努力（すなわち、本質的安全設計に基づく方策）が必須となってしまう。つまり、機械によっては本質的安全設計をすることが機械自体の機能を制限してしまうことにもなりかねない。

事業所が行ったリスク評価では、表3および4の指標を実地に適用しており、その結果を尊重した。なお、今回の支援に当たっては「危害のひどさ」が重傷と見積られた場合には本質的安全設計方策を適用することを試み、最終的にリスクレベルが、最悪でも7点以下となるようにリスクの見積りを机上で見直した。したがって、表6のリスクアセスメント結果には、実機に反映していない保護方策が存在することに注意が必要である。

表3 リスク要素とその見積り基準

リスク評価要素	評価点	内容
危害のひどさ (S)	10	重大（死亡、後遺障害1～7級、重大災害）
	6	重傷（休業災害、後遺障害8～14級）
	3	軽傷（不休災害）
	1	軽微（不休災害にも至らない災害）
危険源にさらされる頻度 (F)	4	頻繁（週単位～日単位、作業毎に発生）
	2	時々（月単位～週間単位の間1回程度）
	1	まれ（半年に1回程度かそれ以下）
危害発生の可能性 (Q)	6	確実（危険の検知/回避は無理）
	4	可能性が高い（よほど注意しないと危害が発生）
	2	可能性がある（注意していれば検知可能/回避可能）
	1	ほとんどない（危険は容易に検知/回避可能）

表4 加算法によるリスクレベル分類

リスクレベル	評価点合計	判断	リスク評価
IV	12～20	極めて重大なリスク	×
III	8～11	重大な問題があるリスク	
II	5～7	多少の問題があるリスク	
I	3～4	些細なリスク	○