

## (5) 保護方策について

前述したように、リスクレベルが5点以上では先ず工学的な保護方策を優先して適用し、それでも残留するリスクに対して使用上の情報提供によって対処するものとした。リスクの再評価においては、この使用上の情報提供によるリスク低減効果は反映させず、リスクレベル7点以下の場合に許容して使用するための必要条件と見なしている。

なお、実機を見ながら行ったリスクアセスメント結果の確認作業において、間接接触による電氣的危険源を指摘し、機械設備の電気安全規格に基づく安全要件を助言した。ただし、実機への反映結果は表6には記述していない。

また、保護方策にインタロック回路を適用した場合のリスク低減効果には、回路の安全性能を考慮して反映させている。本来、リスクアセスメント結果に基づいて必要な安全性能を割り当てるべきだが、今回は本機全体のリスクアセスメントを完成させることを主眼としたため、制御システムに対するリスクアセスメント手順の検討（制御システムの安全関連部における制御カテゴリの決定）までは至っていない。

## 2 支援実施機種の概要と実施結果

対象とした「粉詰め自動機」について、設定した条件や仕様およびリスクアセスメントを実施した結果は以下の通りである。

### 2-1 対象機械の概要、仕様、制限仕様

表2に本機の概略仕様と想定作業、想定使用環境と予見される誤使用等を記す。本機を構成する個別の機械の仕様については表5に示す。

### 2-2 対象機械の初期リスクアセスメント結果、適用した保護方策、残留リスク対応

表6に、想定作業毎に同定した危険源、危険状態/危険事象、初期リスク評価、適用する保護方策、リスクの再評価までの一連の内容をまとめて示す。同表において、リスク評価と最終結果の欄には○か×が記入されている。これは表4の判断に従っており、リスクアセスメントとリスク低減の手順は、この最終結果が○であるか、×であってもリスクレベルⅡ（条件付き）ならば終了する。

なお、粉じんによる爆発・火災のリスク見積りに関しては、特定の原料が8～9割の混合粉体の場合の火災のリスクは、着火源が静電気や酸化（自然発火）の場合にはほとんどなしと見なした。

### 2-3 保護方策の適用前後の確認

本機は既にほぼ完成した形であったため、表6で述べた保護方策のほとんどが適用された状態であった。写真1、2はフィーダー、集塵機以外の機械が全て全面透明樹脂板によりカバーされており、自動運転時に不用意な人体の接近を防ぐとともに、内部からの粉じんの飛散を防止する目的もある。作業者が内部にアクセスする場合（容器や仕切板ボックスの設置・取り出し、非定常作業時）は、スライドまたはヒンジ式ドア（カバー）を開けることができる。これらのドアには閉状態を検知するドアスイッチが装備され、インタロック回路に接続されている。

なお、透明カバーよりも下の部分は金属パネルで覆われており、保守等の必要時のみ取り外すことができるが、インタロックは装備されていない。

表5 粉詰め自動機を構成する個別機械の概略仕様

| No. | 名称                        | 機能                                    | モータ出力                                    | 最高速度  | 定常速度     | 備考                   |  |
|-----|---------------------------|---------------------------------------|--|---|----------|----------------------|--|
| 1   | 仕切板搬送ロボット<br>(円筒座標型ロボット)  | 人手でセットされた仕切板ボックスから、1枚ずつ仕切板をアライナへ供給する。 | R軸 60W以下<br>θ軸 70W以下<br>Z軸 75W以下         | R軸 480mm/s<br>θ軸 340° /s<br>Z軸 250mm/s            | 最高速度の50% | 可搬重量<br>3kg          |  |
| 2   | 汎用スカラロボット                 | 仕切板と混合粉体が互いに積層されたSUS容器の取り出しと空容器の供給。   | X軸 400W<br>Y軸 200W<br>Z軸 200W<br>R軸 200W | X軸 8.4m/s<br>Y軸 8.4m/s<br>Z軸 1.7m/s<br>R軸 170° /s |          | 可搬重量<br>10kg         |  |
| 3   | インデックステーブル                | 粉供給、粉ならし、容器交換、仕切板供給の4ステージを90度毎回転する。   | コントローラ<br>供給電源<br>2kVA                   | 140rpm  |          | 最大出力<br>トルク<br>75N・m |  |
| 4   | アライナ部<br>(グリッパ型電動シリンダ)    | 仕切板の位置決め用。                            | コントローラ<br>供給電源<br>48VA                   | 36.7mm/s  |          | 最大<br>把持力<br>80N     |  |
| 5   | 仕切板ハンドリング部<br>(X軸アクチュエータ) | 仕切板をアライナ部からインデックステーブル上の容器内に置く。        | 60W                                      | 800mm/s   |          |                      |  |
| 6   | 仕切板ハンドリング部<br>(Z軸アクチュエータ) |                                       | 30W                                      | 30mm/s  |          |                      |  |
| 7   | 粉供給部<br>(2軸スクリーフイーダ)      | 混合粉体をインデックステーブル上の容器内に供給する。            | スクリー<br>0.2kW<br>アジテータ<br>0.4kW          | —   |          | 秤量<br>50kg           |  |
| 8   | 粉ならし部<br>(Z軸アクチュエータ)      | 粉ならしステージ上の容器内の混合粉体を平らにならす(上下動と回転)。    | 60W                                      | 800mm/s   |          |                      |  |
| 9   | 粉ならし部<br>(ステッピングモータ)      |                                       | コントローラ<br>供給電源<br>330VA                  | 1100rpm   |          | —                    |  |
| 10  | 真空ポンプ                     | 仕切板ハンドリング時に真空吸着する。                    | 43W                                      | —   |          | —                    |  |
| 11  | 集塵機                       | 飛散混合粉体を吸入回収する。                        | 2.2kW                                    | —   |          | —                    |  |

### 3 まとめと感想

支援を行った事業所はグループ内の製造設備を自社内で設計開発する能力を持ち、設備投資に積極的な印象を受けた。

本支援事業で対象とした「粉詰め自動機」は、一つの機械設備としてはかなり複合化されたシステムであり、個々の構成機械毎に見るとリスクは大きくなるが、本機の場合は全面カバーをすることで、リスクの大半を低減させている。それ故、カバーを開けるまたは外す場合の安全確保、すなわちインタロック回路の重要性が増すことになる。

本機に安全性能の高いインタロック回路、関連コンポーネントを装備する費用が本機の製造費に占める割合は、それほど高くないと予想されるため、安全制御への投資も積極的に推進していただきたい。ただし、どこまで費用をかければよいか、どれだけ費用対効果が得られるか、という見極めも大事であるため、今後、制御システムまでを包含したリスクアセスメントを試みることを勧める。リスクアセスメントは安全かつ合理的な設計を実現するための手段であるので、これまで以上に有効な運用を目指すことを期待する。



写真1 「粉詰め自動機」外観（粉供給部側）



写真2 「粉詰め自動機」外観（操作盤面側）

表6 「粉詰め自動機」のリスクアセスメント結果とリスク低減

| 事業所名 |      | 職場名               |           | 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:<br>メンバ:   |                   | リスクの再評価              |                      |            |           |       |        |      |    |   |  |
|------|------|-------------------|-----------|-------------------------------|--|--------------|----------------|----------|--------|-------|---|--|-------------------|----------------------|----------------------|------------|-----------|-------|--------|------|----|---|--|
|      |      |                   |           | 熱処理前準備工程                      |  | 粉詰め作業        |                | 有・無      |        |       |   |  |                   |                      |                      |            |           |       |        |      |    |   |  |
| No   | 作業No | 作業等               | 対象者       | 危険源の同定                        |  | リスクの見積り      |                |          |        | リスク評価 | 採用する保護方策  | 使用上の情報提供   |                   | リスクの再評価              |                      |            |           |       |        | 最終結果 |    |   |  |
|      |      |                   |           | 危険源の種類                        | 危険状態および危険事象の内容   | 危害のひどさ       | 発生確率<br>曝される頻度 | 発生可能性    | リスクレベル |       |   | 警告ラベル  | 作業手順取扱説明書         | 方策は妥当か               | 新たな危険源の発生            | 危害のひどさ     | 曝される頻度    | 発生可能性 | リスクレベル |      |    |   |  |
| 1    | 1-1  | 粉ホッパー搬送           | 作業員       | 1.1 押しつぶし                     | リフトで搬送しているホッパーに添えた手が、ホッパーと本体との間に挟まれる   | 3            | 1              | 2        | II     | ×     | ・滑り、つまづき等の防止  | -  | -                 | (使用者が実施する保護方策)       | -                    | 3          | 1         | 2     | II     | ×    |    |   |  |
| 2    | 1-1  | 粉ホッパー据付           | 作業員       | 1.1 押しつぶし                     | ホッパーに添えた手が重量で下がった粉体供給部と本体接合端部との間に挟まれる  | 3            | 1              | 2        | II     | ×     |   |  |                   |                      |                      | 3          | 1         | 2     | II     | ×    |    |   |  |
| 3    | 1-2  | 運転モード確認           | 作業員       | -                             | -  |              |                |          |        |       | ・運転モードの表示を行う  | 運転モード確認(表示)  | 取扱説明書             | -                    | -                    |            |           |       |        |      |    |   |  |
| 4    | 1-3  | 空容器セット            | 作業員       | 1.6 衝撃                        | 誤って手から落とした空容器が足に当たる  | 1            | 1              | 2        | I      | ○     | ・容器に滑り止めを付加する等  | -  | 安全靴着用(手順書)        | (使用者が実施する保護方策)       | -                    | 1          | 1         | 2     | I      | ○    |    |   |  |
| 5    | 1-4  | 仕切板ボックスセット        | 作業員       | 1.3 切傷                        | 仕切板ボックスを不用意に掴み仕切板のエッジで指を切傷する   | 1            | 1              | 2        | I      | ○     | -   | -  | 保護手袋着用(手順書)       | (使用者が実施する保護方策)       | -                    | 1          | 1         | 2     | I      | ○    |    |   |  |
| 6    | 1-4  | 仕切板ボックスセット        | 作業員       | 1.6 衝撃                        | 棚の先端で指/手に衝撃を受ける  | 1            | 1              | 2        | I      | ○     | ・鋭利な端部、角、突起物の排除   | -  | 保護手袋着用(手順書)       | 妥当                   | なし                   | 1          | 1         | 2     | I      | ○    |    |   |  |
| 7    | 2-1  | 自動運転              | 作業員       | 1.4 巻込<br>1.5 引込<br>1.6 衝撃    | 監視中に容器の位置調整を行い、ロボット可動範囲へ進入して手/腕/上部/眼/頭部がロボットアームと固定物(容器置台等)で挟まれる、もしくは衝撃を受ける             | 片眼失明<br>6    | 1回/月<br>2      | 4        | IV     | ×     | ・可動部全体のカバーとカバー『開』時のロボット停止のインターロックをつける<br>・ロボットアーム先端を丸くする、柔軟構造とする<br>・ドアスイッチにセーフティユニットを使用する(カテゴリ2) | -  | 保護眼鏡着用(作業手順)      | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし                   | 片眼打撲<br>3  | 1         | 1     | 5      | II   | ×  |   |  |
| 8    | 2-1  | 自動運転              | 作業員       | 1.6 衝撃<br>1.7 突き刺し            | No.7の場合で、手/腕/上部/眼/頭部が突き出てきたスカロボットのアームで突き衝撃を受ける、突き刺される                                  | 片眼失明<br>6    | 1回/月<br>2      | 4        | IV     | ×     |   |  |                   |                      |                      |            | 片眼打撲<br>3 | 1     | 1      | 5    | II | × |  |
| 9    | 2-1  | 自動運転              | 作業員       | 1.3 切傷/切断<br>1.4 巻込<br>1.5 引込 | No.7の場合で、手/腕がターンテーブルと固定物で挟まれる、もしくは衝撃を受ける   | 拇指脱臼<br>3    | 1回/月<br>2      | 4        | III    | ×     |   |  |                   |                      |                      |            | 拇指脱臼<br>3 | 1     | 1      | 5    | II | × |  |
| 10   | 2-1  | 自動運転              | 作業員       | 7.2 火災/爆発                     | 活性粉じんによってたらされる火災で火傷する  |              |                |          |        |       | (濃度不変ならば着火不能)   | -  | -                 | (使用者が実施する保護方策)       | -                    |            |           |       |        |      |    |   |  |
| 11   | 3-1  | 充填容器取出            | 作業員       | 1.3 切傷<br>1.6 衝撃              | 誤って手から落とした充填容器が足に当たり、または仕切板の破片で足等を切傷する   | 3            | 1              | 2        | II     | ×     | ・容器に滑り止めを付加する等  | -  | 安全靴着用(手順書)        | (使用者が実施する保護方策)       | -                    | 3          | 1         | 2     | II     | ×    |    |   |  |
| 12   | 3-1  | 充填容器取出            | 作業員       | 1.4 巻込<br>1.5 引込<br>1.6 衝撃    | ロボット可動範囲へ進入した手/腕/上部/眼/頭部が、不意に稼働したロボットアームとテーブルで挟まれる、もしくは衝撃を受ける                          | 片眼失明<br>6    | 1              | 6        | IV     | ×     | (対策7.8.9に同じ)  | -  | -                 | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし                   | 片眼打撲<br>3  | 1         | 1     | 5      | II   | ×  |   |  |
| 13   | 4-1  | 吸引清掃              | 作業員       | 1.6 衝撃                        | 清掃時に手/腕/上部/頭部が固定物とぶつかる   | 1            | 1              | 2        | I      | ○     | ・鋭利な端部、角、突起物を排除する   | -  | -                 | 妥当                   | なし                   | 1          | 1         | 2     | I      | ○    |    |   |  |
| 14   | 4-1  | 吸引清掃              | 作業員       | 7.1 粉じんの吸引                    | 微細活性粉じんの誤吸引による健康影響   | 肺障害<br>6     | 4              | 4        | IV     | ×     | ・粉充填部に集塵機を設置する(長期の影響を排除)<br>・全面カバー設置  | -  | 保護眼鏡、防塵マスク着用(手順書) | 妥当                   | なし                   | 肺への影響<br>3 | 1         | 1     | 5      | II   | ×  |   |  |
| 15   | 6-2  | ・点検保守             | 調整/保全者    | 2.1 充電部に人が接触(直接接触)            | 架台下部に置かれた充電部に触れ、点検・保守者が感電する(直接感電)  | 200V感電<br>10 | 1              | 1        | 12     | IV    | ×   | ・充電部の端子部分にカバーを設置する<br>・保護ボンディングの実施   | 充電マーク(表示)         | 保守手順(手順書)            | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし         | 1         | 1     | I      | 3    | ○  |   |  |
| 16   | 5、6  | ・異常処置<br>・調整/点検保守 | 作業員調整/保全者 | 10.1 予期しない起動(制御システムの混乱)       | 異常処置後/非常停止後の意識的動作によらない起動による危険状態  | 片眼失明<br>6    | 2              | 2        | 10     | III   | ×   | (対策7.8.9に同じ)<br>・復帰後、再起動操作をしない限り動作しないようにする<br>・機械の運転制御モード<br>・非常停止スイッチを設置する        | -                 | -                    | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし         | 片眼打撲<br>3 | 1     | 1      | 5    | II | × |  |
| 17   | 5、6  | ・異常処置<br>・調整/点検保守 | 作業員調整/保全者 | 10.2 予期しない起動(電源中断後の回復)        | 電源復帰後の突然起動による、巻込、引込、衝撃   | 片眼失明<br>6    | 1              | 4        | 11     | III   | ×   |  |                   |                      |                      | 片眼打撲<br>3  | 1         | 1     | 5      | II   | ×  |   |  |
| 18   | 5、6  | ・異常処置<br>・調整/点検保守 | 作業員調整/保全者 | 10.3 予期しない起動(電気設備に対する外部影響)    | 電磁ノイズ、落雷等の外部からの影響でロボットが異常な動きをする危険状態  | 片眼失明<br>6    | 1              | 6        | 13     | IV    | ×   | (対策7.8.9に同じ)<br>・交流/直流の布設配線隔離、直流配線シールド<br>・非常停止スイッチを設置する                           | 施錠ロック(表示)         | 保守手順(手順書)            | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし         | 片眼打撲<br>3 | 1     | 2      | 6    | II | × |  |
| 19   | 5、6  | ・異常処置<br>・調整/点検保守 | 作業員調整/保全者 | 10.4 予期しない起動(その他の外部影響(粉じん環境)) | 堆積粉じん起因する絶縁破壊による制御回路(パネル)、電気回路(配電盤)での短絡による起動もしくは停止不能の危険状態                              | 片眼失明<br>6    | 1              | 6        | 13     | IV    | ×   | (対策7.8.9に同じ)<br>・コンパネ背面、端子台には防塵カバーをつける<br>(活性粉塵による環境起因の誤動作防止の措置)<br>・非常停止スイッチを設置する | 施錠ロック(表示)         | 日常清掃(手順書)            | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし         | 片眼打撲<br>3 | 1     | 2      | 6    | II | × |  |
| 20   | 5、6  | ・調整/点検保守          | 調整/保全者    | 14 制御回路の故障(ロボットの予期しない起動)      | 堆積粉じん起因する短絡に起因するコンポーネントの故障による予期しない起動もしくは停止不能の危険状態                                      | 片眼失明<br>6    | 1              | 6        | 13     | IV    | ×   |  |                   |                      |                      | 片眼打撲<br>3  | 1         | 2     | 6      | II   | ×  |   |  |
| 21   | 6    | ・異常処置<br>・調整/点検保守 | 作業員調整/保全者 | 10.6 予期しない起動(調整作業によるエラー)      | 教示ペンダント誤操作による予期しない起動による危険状態。ロボット可動範囲へ進入した手/腕/上部/頭部が不意に起動したロボットアームとテーブルで挟まれる、もしくは衝撃を受ける | 片眼打撲<br>3    | 2              | 4        | 9      | III   | ×   | (対策7.8.9に同じ)<br>・ペンダントのボタンはホールド・ツウ・ラン制御とし、イネーブル装置を装備する                             | 施錠ロック(表示)         | 保守手順(手順書)            | 妥当<br>(制御システムのRAが必要) | なし         | 片眼擦過<br>3 | 1     | 2      | 6    | II | × |  |

網掛け: 現状の設計・製作の変更実施が必要な項目

# 食品加工業 U社の事例



図1. サイレントカッター

## 1 全体概要

### 1-1 事業場での共通事項

#### (1) 事業場の機械安全への考え方、取り組み方

「U社」は、機械メーカーではなく、食品機械を購入して使用しているユーザー企業である。リスクアセスメントの対象機械は食品加工に際して使用するサイレントカッターで、購入・据付け後の安全性についてアドバイスを受けることを目的として、リスクアセスメント支援事業に応募したものである。リスクアセスメントの対象となったサイレントカッターの設計/製造にあたった食品機械メーカーのW社は支援に伴う調査に同席し、可能な範囲で協力を行うという立場で臨んだものである。従って、ここで言及する事業場の機械安全への考え方、取り組み方は、あくまで機械ユーザーである「U社」の事業所としての考え方と取り組みである。

#### 【安全管理への取り組みの概況について】

親会社の100%資本の会社として、グループの安全ポリシーに沿って安全管理を進めている。機械安全の領域では、2年前から機械購入時点での安全性のチェックリストに基づく事前評価、およびこのチェックリスト(69項目の安全性要求事項)の既存設備への適用拡大に取り組んできている。作業安全の領域では4Mの管理を重視し、一昨年から食品化工工程の1ラインをモデルとして選定して、リスクアセスメントを開始し、今年、全ライン完了を目標に進めている。機械ユーザーとしての特質から、特に非常作業で人が関与するリスクを重視し、リスクのコントロール方法を手順書や仕組みに落とすことを目指して進めてきた。リスクアセスメントは製造技術スタッ

フ、職場リーダー、直接作業者の一部の三者を主体として進めている。(4M: Man Machine Material Method)

【工場長としての取り組み方針について】 - 以下は工場長コメント

「安全は、やればやるほど手が必要であり、現場にも負荷がかかるものなので、計画性と継続性が不可欠。生産活動が暇なときにやるものではない。生産活動はコスト視点からだけで進めるものではなく、活動に従事する従業員が誇りを持って仕事ができる、安全と安心がある『ものづくりの場』を提供するという視点を大切にしている。そうした考えからパート、派遣、正社員を分け隔てせず、新人を守り、育てる『指導社員制度』なども、本年6月から立ち上げている」というコメントに表れているように、食品安全と同様に労働安全に対する取り組み姿勢にも極めて真摯な熱意が感じられた。

(2) 支援の重点ポイントとその背景

食品機械メーカーからの購入に際して、親会社の本社部門の安全性のチェックとそれらに基づいて、独自にオプションの安全仕様を加えたサイレントカッターの安全性について、さらにリスク低減の必要性を感じて今回の支援要請となったため、以下の重点ポイントを中心に支援がされた。

① 毎分1500回転(MAX)の回転刃のリスクとリスク低減の追加方策

食材の投入と高い清掃頻度でのカッター(切断の危険源)部位へのアクセスが存在する現状での安全性の見極めと、なお残留しているリスクとおよびリスク低減対策方法の提案

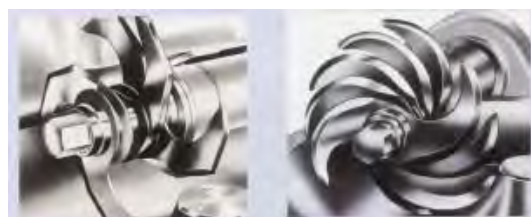


図2. 回転刃と刃の取付け機構

② その他のリスクの所在とリスク低減の追加方策

食品機械メーカーと親会社の本社部門によって一通りリスク低減対策が講じられた現行のサイレントカッターに、なお存在するリスクの所在とそれらを適切なレベルに低減するために必要な対策事項の明確化

③ 機械ユーザーとして実施すべきリスクアセスメントの留意点

機械ユーザーとして、「追加の安全方策」を行うためのリスクアセスメントの適切な実施方法、運用に際しての留意点

1-2 対象機械に関する支援の概略

(1) 適切なリスクアセスメントを行うために不足していた事項