

- 6 . 工作機械製造企業 F 社における設計製造時のリスクアセスメント

【事例の位置づけ】

この事例では、リスクの見積りに、イギリス労働安全庁（H S E）が作成し、ドイツの安全機器メーカーのピルツ社が推奨する方式である積算法を使用しています。また安全対策として制御システムが使われる場合には、ISO 13849 - 1「機械類の安全性 - 制御システムの安全関連部 - 第 1 部：設計のための一般原則」（JIS B 9705 - 1）により安全コンポーネントの満たすべきカテゴリを判定しています。

1 . 工場の概要

1.1 業種：

機械製造業

1.2 労働者数：

約 1 , 2 0 0 人（工作機械部門）

1.3 主な製造物：

工作機械、その他機構部品等

2 設計製造時のリスクアセスメント取り組み状況（全体概要）

2.1 企業のリスクアセスメントへの取り組み方針、背景等：

（ 1 ）リスクアセスメントへの取り組み方針、設計製造管理体制上の位置づけなど

1985 年頃に輸出の関係などで TÜV 社より情報入手を行い、1990 年代になってグループ各社の海外進出に合わせ、グループの安全問題研究会で研究が始まり、自社としての具体的取り組みも始まった。当初、安全問題は PL 対策を念頭に対応していたが、平成 13 年に厚生労働省より「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達されたことを契機に組織はそのままであるが、活動の基軸をリスクアセスメントに移した。

（ 2 ）リスクアセスメントに関する社内規定の概要

「安全設計及び設備安全基本基準運用規定」を始め、各種の全社標準類、製造部門別の標準類が作られている。

また、これらは ISO 等で採用されているタイプ A 規格（基本安全規格）、タイプ B 規格（グループ安全規格）、タイプ C 規格（個別機械安全規格）の階層構造と同等であり、その状況を資料 1 「ISO 規格と関連企業グループ安全基準との比較」に示す。

（ 3 ）リスクアセスメントの実行組織と人員体制の概要

全社的な社内 PL 委員会が設置されていて、その下に PL 部会がある。この PL 部会はそれぞれの事業本部毎に置かれ、リスクアセスメント活動を行っている。

本事例の工作機械部門の PL 部会はその下に、設計、製造、販売、法務の 4 ワーキンググループ（WG）を設置している。

リスクアセスメントだけを行う専門組織は無く、具体的なリスクアセスメントは以下の4ワーキンググループで、約20名のメンバーが実施している。

設計WG：設計上の課題、表示上の課題の検討を行う。(10名程度)

製造WG：製造上の課題の検討を行う。(6～7名)

販売WG：顧客対応、情報提供を行う(数名)

法務WG：法令上の課題の検討、国内外の法令収集を行う。(数名)

(4) リスクアセスメントに基づく保護方策の実施体制

リスクアセスメントの結果判明した危険状態や危険源の除去もしくはそのリスクレベルの低減を図るにあたっては、関連企業グループや当社の持つ保護方策方針および設計安全基本基準等を活用している。

2.2 リスクアセスメント手法の概要：

(1) リスクアセスメント実施手法の概要

ISO14121「機械類の安全性 - リスクアセスメントの原則」、ISO12100「機械類の安全性 - 基本概念、設計のための一般原則」および(社)日本機械工業連合会の報告書「平成14年度事業 リスクアセスメント検討委員会活動報告書」並びにグループの方針に従うと共に、イギリス労働安全庁の指導も得て、概ね以下のように実施している。

【手順概要】

手順1．機械の各種制限および“意図する使用”の明確化

設計しようとする機械の搬入から廃棄までを考慮し、その機械がどのような機能を持ち、どこに設置され、どのように作業者に使用されるかなどを明確にしている。具体的には、機械に係わり危害を受ける人(危害の対象者)の基本条件および区分を以下の通りとしている。

制限	仕 様	
機械の使用上の制限(1)	基本条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 18才以上の健常者 ・ 身長148～190cm
「危害の対象者」	対象者の区分	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械操作員 ・ 補助作業員 ・ 保守サービス員 ・ 第三者

また、危害の対象者の区分毎の業務内容（機械の使用）を以下のように定めている。

制限	仕 様	
機械の使用上の制限（２） 「危害の対象者および意図する使用」	機械操作員	<ul style="list-style-type: none"> ・ワーク脱着 ・操作盤を使った異常復帰 ・異常機器の推定 ・デバッグ ・切削工具の段取り ・日常点検
	補助作業員	<ul style="list-style-type: none"> ・切削工具の段取り ・日常点検
	保守サービス員	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカーサービス員が行うレベルの保全作業 ・保全教育受講者が行うレベルの保全作業 ・保全調査 ・工具を使った故障復帰
	第三者	<ul style="list-style-type: none"> ・上記以外の、通行者等の行動

なお、通常作業時のリスクアセスメントでは、危険状態が予測される状況を「ワーク脱着」、「加工調整」、「保全調整」、「異常処理」の４状態としている。このうち加工調整、保全調整として規定されている具体的な作業（機械の使用）を以下に示す。

制限	仕 様	
機械の使用上の制限（３） 「意図する使用」	加工調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ツーリング調整 ・治具調整 ・クーラントノズル調整 ・プログラムデバッグ ・治具F C調整 ・刃具検調整
	保全調整	<ul style="list-style-type: none"> ・近接スイッチ・リミットスイッチ・プレッシャースイッチ・オートスイッチの調整 ・圧力調整 ・可変絞り調整 ・テーブルF C調整 ・主軸冷却温度調整 ・シリンダストローク調整 ・水準出し ・原点出し ・A T C 芯出し・レベリング ・配管・端子台増締め ・保守マニュアル記載の保全項目内容の実施 ・機械移設 ・機器交換・装置交換 ・A P C 芯出し

手順 2 . 危険源および危険状態の同定

機械に係わる危害の対象者については、危険状態の発生が予測される 4 種類の対象者とその業務内容をもとに、ISO14121(JIS B 9702:2000)の附属書 A に示される危険源、危険状態及び危険事象のリストのうち、1 項 ~ 19 項についてその危険状態等が発生するかどうか検討(同定)する。

手順 3 . 特定した危険源および危険状態等に対するリスクの見積り

リスクの見積りは積算法を使い、作業項目全てについて、4 種類の対象者毎に点数(ポイント)を積算する。

積算法については、資料 2「リスクアセスメント積算法の諸表」を参照。

手順 4 . 保護方策の策定基準と実施の基本方針

リスクレベルが 2 以上と判定され、安全の制御手段が必要と評価された危険源や危険状態については、以下の方針で保護方策を講じる。

可動部に対しては、基本的にカバーで囲う。

メカ的に機構を変更しない限り、危害のひどさは最初のリスクの見積り時と同等(変わらない)とする。

パレットチェンジャー(APC)開口部には、インターロック付の扉(自動扉または手動扉)を設置する。

(i) APC 部にエリアセンサのみ設置する保護方策は、EN12417 の 1.4.1 項に反するため採用しない。

() 自動扉(手動扉)には電磁ロックスイッチ(300 万分の 1 の故障確率) + 安全カテゴリ 4 の制御回路を使った保護方策を採用して、動力遮断後でないと扉が開かないようにすることにより危害の発生確率を 0 にできると見なす。

作業者扉関係。

(i) 作業者扉も通常は、() の機構と同様とする。

() 保全時は、軸送り、精度保持のためのパレット締め/緩めのみ可能とし、軸送りは $\times 10$ 注(最高速度の 10%)として危害回避の可能性を高める。なお、加工調整(デバッグ)は作業者扉を閉めて行うものとする(取扱説明書に記載する)。

注： $\times 10 = 1 \text{ mm} / \text{回転}$ ，1 秒間に 33 回転以上は不可能と想定する。すなわち、EN12417「工作機械 - 安全性 - マシニングセンタ」の 1.1.6.3 項の規定に、人が介在する作業では機械の速度は $2 \text{ m} / \text{min}$ 以下とされているので、上記 33 回転 ($1 \text{ mm} / \text{回転} \times 33 \text{ 回転} / \text{秒} \times 60 \text{ 秒} = 1.98 \text{ m}$) という値が得られる。

MG 扉も、() の機構と同様とする。

保護方策に制御システムが採用される場合は、ISO13849-1 (JIS B 9705-1) の附属書 B 「カテゴリ選択のための指針」に従い、リスクを三要素に分けて見積り^注、そのリスクレベルに対応したカテゴリの制御回路を採用する。

注：本見積り手法については、2.2(5)項の図を参照。

例) A P Cワーク脱着での見積り (資料3「リスク確認実施例」を参照)

(手順1) 保護方策がない状態での見積り

危害のひどさ	危険源に曝される頻度	回避の可能性	リスクレベル
S 2	F 2	P 2	

リスクレベル、すなわち許容できないリスクなので、何らかの保護方策を適用する必要がある。保護方策を立案して次の手順に進む。

(手順2) 保護方策として扉を付けた状態での見積り

・インターロック付きではあるが、まず始めに制御システムが機能しない前提での見積りをする。

危害のひどさ	危険源に曝される頻度	回避の可能性	リスクレベル
S 2	F 2	P 2	

ワーク脱着作業においては、単なる扉を付けただけでは各リスク要素は軽減されず、リスクレベルは「」のままである。

そこで、制御システムには、リスクレベルに対応する「安全カテゴリ4」を適用する必要があることがわかる。次の手順で確認する。

(手順3) 安全カテゴリ4の制御回路で構成するインターロック付き扉を付けた状態での見積り (再見積り)

危害のひどさ	危険源に曝される頻度	回避の可能性	リスクレベル
S 2	F 1	P 1	

可動部の機構はそのままなので危害のひどさは変わらないが、適切な安全性能を持ったインターロック付き扉の導入で、危険源に曝される頻度が下がり、回避の可能性も高めることができ、結果としてリスクレベルが「」に下がることが確認できる。

メカバルブは定期点検を行うことにより確実に作動すること、とする。

(取扱説明書に記載する)

その他。

(i) 異常処理 (機器交換)・保全調整は、電源・エア源をロックアウトしてから作業することとし、これにより危険源に曝される頻度は無しになる、とする。

(取扱説明書に記載する)

() シリンダ部のオートスイッチ、近接スイッチおよびリミットスイッチの調整、自動工具交換装置 (ATC) 芯出しは、ロックアウト作業が困難なため、作業手順を明確

化することにより、回避の可能性を高めることが出来る、とする。

(取扱説明書に記載する)

- () テーブル F C S W 調整は作業者扉を開けて作業することにより、自動的に送り速度が $\times 10$ (最高速度の 10%) になるため、Z 軸に巻き込まれることの回避の可能性が高まる。(取扱説明書に記載する)

(3) リスクアセスメント手法作成時に参考とした基準・規格類

(社) 日本機械工業連合会の報告書

「平成 14 年度事業 リスクアセスメント検討委員会活動報告書」

I S O 1 4 1 2 1 「機械類の安全性 - リスクアセスメントの原則」

I S O 1 2 1 0 0 「機械類の安全性 - 基本概念、設計のための一般原則」

E N 2 9 2 「機械の安全性 - 基礎概念、設計原則」

E N 1 0 5 0 「機械の安全性 - リスクアセスメントの原理」

E N 5 5 0 1 1 「産業等用無線周波機器 - 無線妨害特性 - 限度値及び測定方法」

E N 6 1 0 0 0 「電磁両立性 (E M C)」

E N 6 0 2 0 4 「機械の安全性 - 機械設備の電気機器」

E N 1 2 4 1 7 「工作機械 - 安全性 - マシニングセンタ」

イギリス労働安全庁の指導によるリスクの見積り積算法

(4) 対象設備のリスクの再評価

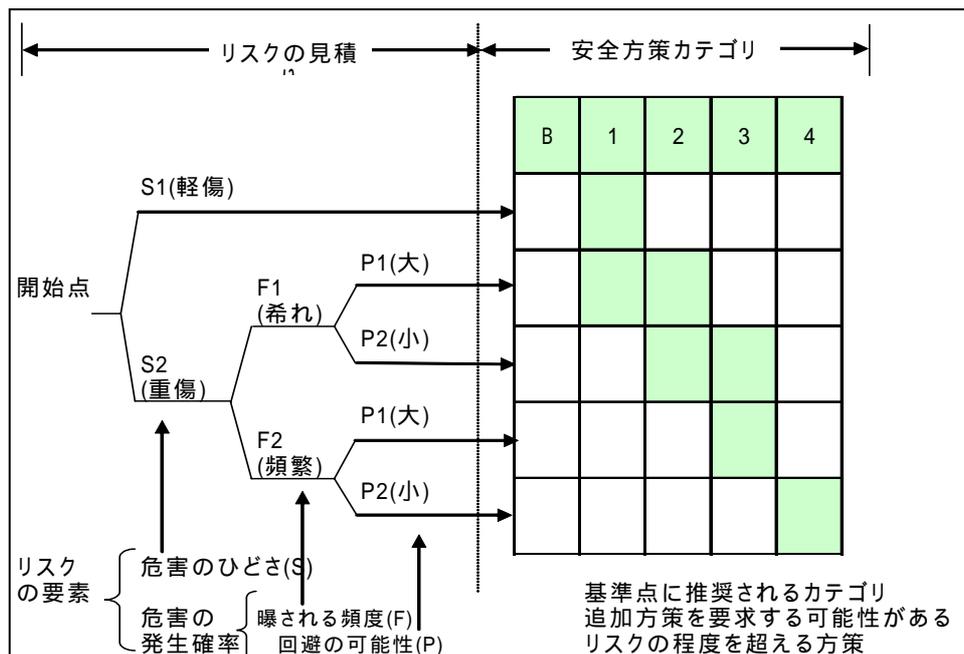
基本設計時、詳細設計時、出荷前の 3 回のリスクアセスメントを行うが、いずれも安全対策実施後のリスク再評価を行っている。

同一メンバーによる評価では見方に偏りの出ることが否めないため、出荷前リスクアセスメントでは自社の製造部門の作業員や労組職員を入れている。新型機種では第三者機関による実機評価を取り入れることもある。

(5) このリスクアセスメント手法 (手順書) の範囲には、制御系のリスクアセスメント (J I S B 9 7 0 5) を含んでいるか？ また、安全性能カテゴリ選択をしているか？

安全対策に制御システムが使われる場合は図 1 に示す J I S B 9 7 0 5 - 1 (制御システムの安全関連部 - 第 1 部 : 設計のための一般原則) の附属書 B に記載の手法に従い、使用する安全コンポーネントのカテゴリを確認している。

図1 制御システムの安全関連部に対するカテゴリの選択



3. 具体的な機械設備のリスクアセスメント実施状況と実施内容

3.1 リスクアセスメント実施対象設備の概要

2001年頃に開発された単体機のマシニングセンタではあるが、ユーザーの要望でコンベアやロボットなどと組み合わせ、ライン設備とすることもある機種である。

3.2 リスクアセスメントの実施時期

基本設計時、詳細設計時、出荷前の3回行っている。量産品についても、開発時に行うだけで、特に定期的な見直しは行っていない。ただし、国際規格や法規定に変更があればその都度対応している。

(1) 具体的なリスクアセスメントの実施

基本的なリスクアセスメントは積算法を使い、資料3「リスクアセスメントワークシート(積算法)」に例示したとおりに行っている。

安全対策に制御回路が使われる場合は、安全コンポーネントのカテゴリ選定には資料3「リスクアセスメントワークシート(積算法)」および2.2(5)項の図1に示したJIS B 9705-1に記載のリスクグラフ方式(資料4「リスク確認実施例」を併せて参照)が使われている。

(2) リスクの再評価の内容

基本的には再評価後のリスクレベルが、危険指数で5以下となるように対策を講じている。

具体的内容は資料3「リスクアセスメントワークシート(積算法)」の通りである。

(3) 実施に当たって問題となった点およびその解決策

リスクアセスメントを実施することに対しては、既に社内の組織や規定類の整備も済んでいて、特段の問題はない。

3.4 リスクアセスメントに基づいた保護方策

(1) 保護方策の具体的実施内容（技術的対策について）

リスクアセスメントを実施した結果、見つかった安全上の具体的課題としては以下の通りである。

保守・保全扉の開閉機構不備

保守・保全扉の開閉を特殊レンチを使わないと出来ない形式にしていたが、輸出時に第三者機関で、ヒンジのある扉は電磁ロックを設備するか、ヒンジ無しで扉自体を取り外すタイプにしないといけないと指摘された。

その対応策として、締め付け方法を変更し、取り外しタイプの扉に変更した。

EMC試験によるノイズレベル規定外れ

設計では十分な性能が得られるはずであったが、実機でテストしたら基準値を上回るレベルのノイズが発生した。

その対応策として、フィルター機器を変更した。

作業モードによる主軸回転速度の制限

作業内容によって動力源を制限し、主軸回転速度の最大値を、加工時回転速度の1/10または1/100になるように制限した。

また、運転モードは3種類あり、リスクアセスメントはすべてのモードを対象にしている。モードを切り替える際は、それぞれ異なるキースイッチのキーを使わなければ他のモードに移行出来ないようにした。キーの管理は、作業者のレベルによって分けることができる。これとは別に、コントローラーにはイネーブルスイッチを付けた。

これらの対応のため、油圧動力源の切り分け、および、運転モード設定と操作機器の変更を行った。

以下に、運転モードの一覧表を示す。

表1 運転モード一覧

運転モード	モード1 (自動サイクル)	モード2 (設定)	モード3 (制限された運転条件下の 手動調整用オプション)
作業者のレベル	ワーク着脱・搬送を おこなう作業者	ワーク着脱・搬送 + 治具ワーク芯出しを おこなう作業者	プログラムデバック・メン テナンスをおこなう作業者
モードスイッチ	1	2	3

3.5 使用上の情報の作成（残留リスクの処置）

（1）残留リスク情報の記録

リスクアセスメントワークシート上に記録し、あわせてテクニカルファイルに記載し、保管している。

（2）ユーザーへの使用上の情報の提供方法等

機械仕様書や取扱説明書に記載し、また当該危険個所には注意・P L表示板を貼付した。

また、機械の納入前と納入後の両方の時点で顧客に説明した。

4 リスクアセスメントの取り組みで顕在化した問題点とその解決策及び課題等

4.1 問題点の内容：

（1）日本国内では、ユーザーサイドの安全に対するコスト負担の認識が低い。

（2）E N（欧州）規格とN F P A（アメリカ防災協会）規格に違いがあり、輸出先に応じて同じリスクに対し異なる保護方策を実施することになりかねない。

（3）国、地域によるローカル安全規格の存在で、（2）項のような問題を生じる。

4.2 その解決策

（1）ユーザーサイドの安全に対するコスト意識の高揚については、

・国による広報活動

・I S O国内委員会による国際規格案の審議におけるリーダーシップの発揮などを期待したい。

社内的には、安全規格に関してはリスクアセスメントの法務W Gで情報収集活動を行い対応している。

5 これまでにユーザーから受けたフィードバック事項：

5.1 その具体的な内容（と対応）の一例

（1）保守・保全扉の専用固定ボルトに特殊ではあるが通常使われる型式のボルトを使用したところ、特殊な工具を使わないと外せないタイプでないという規格に合致しないと指摘され、該当する全てのボルトを交換した事がある。

6 リスクアセスメントへの取り組みによって得られた効果

6.1 有形効果：

（1）設備安全の作りこみを論理的に実施できる体制が強化できた。

6.2 無形効果：

（1）設計者、製造者の安全に対する意識の高揚が図れている。

6.3 投下費用

- (1) リスクアセスメントに基づく保護方策を講じるためのコストは、製造コスト全体の8%前後と推定される。

6.4 その他、問題点など

- (1) 製造サイドと使用サイドが安全に対する認識を共有化しないと、より安全な設備活用が期待できない。

一企業や企業グループとしてこれを改善することは困難なので、関係諸官庁や中央労働災害防止協会が、製造側はもとより、使用者側への理解活動を促進することが望まれる。