

2. 工作機械等の安全対策手順

— 管理区分方式による安全対策 —

梅崎 重夫*, 深谷 潔*, 桑川壮一*

2.1 はじめに

近年、国際的に安全問題への関心が高まる中で、機械の製造者が設計段階で適切な安全対策を講じることは、もはや常識となりつつある。特に欧州では、欧州安全規格 EN 292 (機械の安全性—設計原則)¹⁾ でリスク・アセスメント方式による安全対策手順が義務づけられたこともあり、欧州を市場とする我国の製造者にとって、リスク・アセスメント方式による安全対策 (参考資料3 参照) は必須となった。また、我国でも平成7年度の製造物責任法 (PL法) の施行に伴い、リスク・アセスメントを実施する製造者が急増している。

このように、今後の我国ではリスク・アセスメント方式による安全対策は必須と考えられるが、本来、リスク・アセスメントは「未知」の危険によって重大な災害を起こすことの多い航空機、化学プラント、原子力発電所等の巨大システムの潜在危険性の評価に利用されていたものであり、機械の使用状態と危険状態が「既知」であり、安全対策も定型化した工作機械等を対象としたとき、このような手法が適切とは言えない場合もある。

また、我国では、災害の多くは中小規模の事業場で発生しており、このような事業場の現場でも簡単に実施できる安全対策手順を開発しておく必要がある。そこで本章では、工作機械等の危険な可動部による災害を対象に、中小規模の事業場の現場でも簡単に実施できる安全対策手順として、管理区分方式による安全対策手順を提案した。

この方式は、現場の作業員や安全管理者が日常的に行っている安全確認の行為を対策手順として書き下したものであるため、中小規模の事業場の現場でも比較

的に容易に実施できるという利点がある。以下、この方法について概要を述べる。

2.2 管理区分方式による安全対策手順

2.2.1 安全管理区分の決定

図1に、管理区分方式による安全対策の基本手順を示す。この方式では、まず、通常作業だけでなく、段取り、保守・点検、トラブル処理、修理、清掃、試運転、運転確認等の作業や、複数作業員による作業も含めて、予測される作業形態と危険状態 (表1 参照) を明らかにした後、必要とする安全対策の形態に応じて各作業を次の4種類に分類する。以後、この区分を安全管理区分と呼ぶ。

① 非管理作業

特に追加の安全対策を講じなくとも、作業員の安全が本質的に確保されている作業。たとえば、機械の駆動源の出力を人体に危害を及ぼさない程度に制限して行う作業や、挟圧箇所の隙間が6mm以下であって手指を挟むおそれがない作業など。

電動機出力が80W以下のロボットを用いて行う作業などは、これに該当する。

② 管理1作業

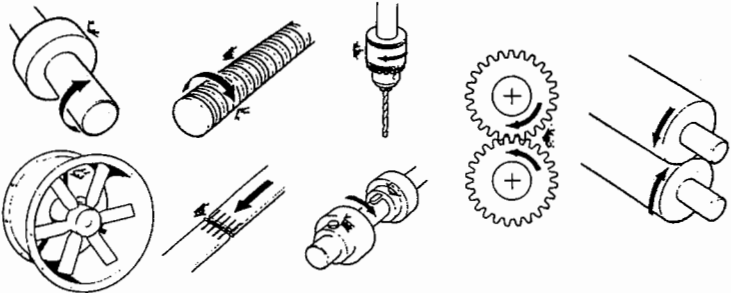
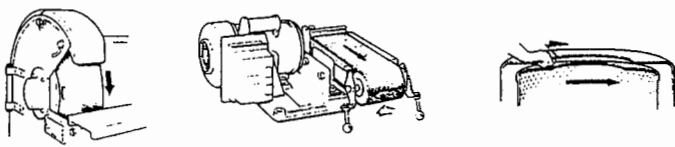
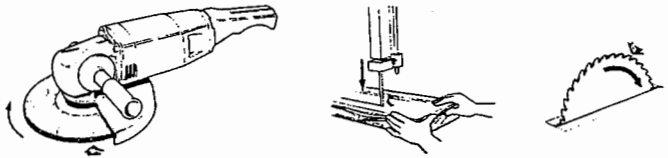
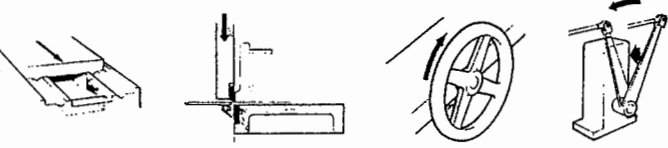
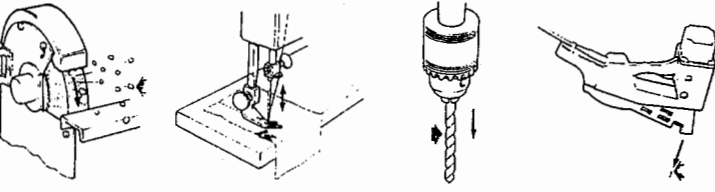
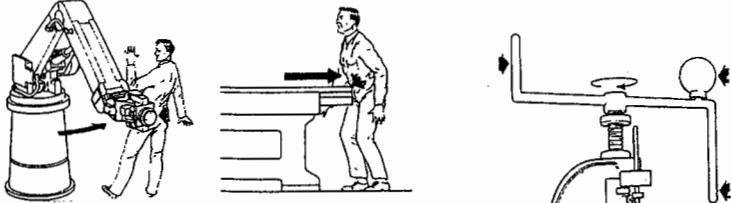
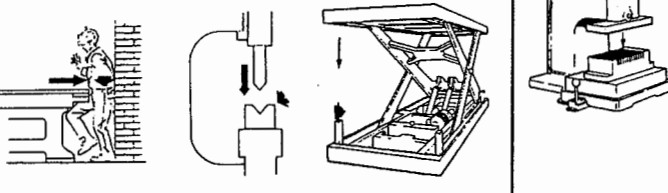
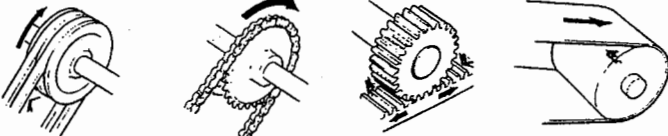
「隔離の原則」に基づいて作業員の安全を確保することが可能な作業。ここで、隔離の原則とは、作業員の作業領域と機械の危険な可動部の動作領域を空間的に分離することによって作業員の安全を確保する原則を言う。たとえば、機械の危険な可動部の動作領域を固定ガード等で囲み、作業員の身体から確実に隔離して行う作業などは、これに該当する。

③ 管理2作業

「隔離の原則」に基づいて作業員の安全を確保することはできないが、「停止の原則」に基づいて作業員の安全を確保することは可能である作業。ここで、停

*機械システム安全研究部 Mechanical and System Safety
Research Division

表1 機械作業における危険状態(文献2を参考にして作成)

危険状態	危険箇所
1 からまれ	
2 摩擦および摩耗	
3 切断	
4 せん断	
5 突刺し	
6 衝撃	
7 挟圧	
8 引張り込み	

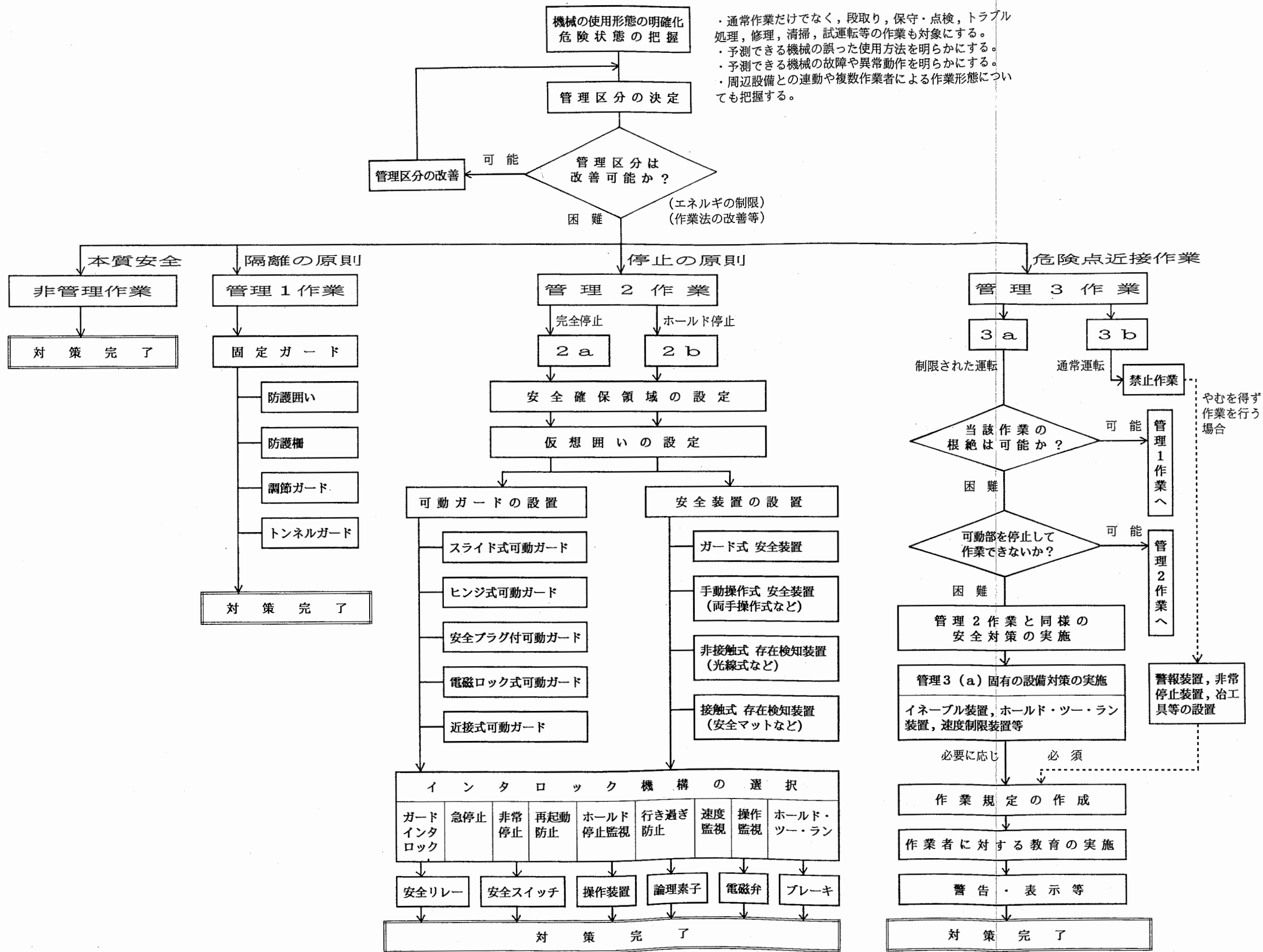


図1 管理区分方式による安全対策の手順

止の原則とは、機械の運転を自動的に停止することによって作業者の安全を確保する原則を言う。この作業は次の2つの形態に分類できる。

- (a) **管理2 a 作業**：機械の駆動源等を直接遮断することにより、危険な可動部を完全停止状態として行う作業。たとえば、主スイッチや遮断器等を切った状態で、作業者が機械の可動範囲内に入って行う作業など。
- (b) **管理2 b 作業**：機械の危険な可動部をホールド停止状態（機械の駆動源等を遮断することなく、機械が一時停止している状態）として行う作業。たとえば、ホールド停止状態のロボットに近接した状態で行う保守、点検、補修等の作業。

④ 管理3 作業

「隔離の原則」と「停止の原則」のいずれによっても安全を確保できない危険点近接作業。この作業は次の2形態に分類できる。

- (a) **管理3 a 作業**：危険点近接作業のうち、機械の危険な可動部が制限された運転状態（たとえば、可動部が低速運転している状態や、作業者が押しボタンを押しているときだけ可動部が動作する状態など）にある作業。作業者がロボットの可動範囲内に進入して行うティーチング作業などは、これに該当する。
- (b) **管理3 b 作業**：危険点近接作業のうち、機械の危険な可動部が通常の運転状態にある作業。たとえば作業者がロール機械へ薄板を手送りで送給したり、印刷用ローラにインクを塗布したり、インクの清掃をしたりする作業など。

2.2.2 各管理区分に対する安全対策の実施

各管理区分毎の安全対策は、以下の手順により行う。

- (1) 非管理作業では、特に追加の安全対策を必要としない。
- (2) 管理1 作業では、**参考資料1**の要件を満足する固定ガードを使用して安全対策を行う。なお、段取り作業等のために固定ガードを頻繁に取り外すときは、当該作業時に機械が不意作動しないように、ガードインタロック機構を設ける。
- (3) 管理2 作業では、以下の手順で安全対策を行う。
 - ① 機械の危険な可動部の動作領域（機械可動部本体の動作領域だけでなく、工具、ハンド、ワーク等の動作領域を含む）を明らかにし、これを最大動作領域とする（**図2**参照）。
 - ② 作業者が機械の運転中に最大動作領域内に侵入して作業を行う可能性のあるときは、進入可能性のある人体の部位に応じて、**参考資料2(3)**に示す安全隙間を最大動作領域の外側に設ける。
 - ③ **参考資料2(4)**の計算式等を参考に、最大動作領域の外側に安全距離を設ける。
 - ④ 安全隙間と安全距離の大きい方の値を最大動作領域に加算して拡張した領域を安全確保領域とする（**図2**参照）。
 - ⑤ 安全確保領域の周囲を仮想囲いで囲む（**図3**参照）。
 - ⑥ 仮想囲いのうち、作業の必要上、作業者の身体が進ませざるを得ない最小部分だけを開口部とし、その他の部分には固定ガードを設ける。
 - ⑦ 上記の開口部は、可動ガードや安全装置の中から最適なものを選定して防護する（**参考資料1**参照）。
 - ⑧ 作業者が上記の開口部を通して安全確保領域内に

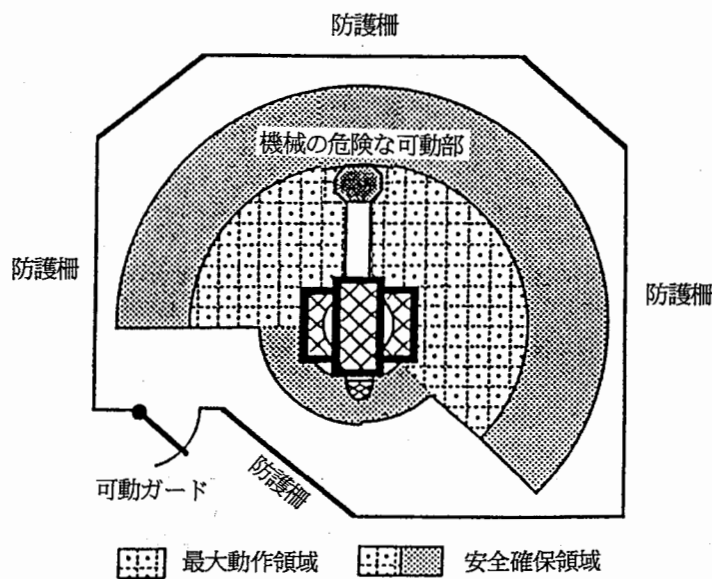


図2 安全確保領域の設定(文献3を参考にして作成)

表3 各管理区分毎のインタロック機構の選択

安全管理区分	安全ガード または 安全装置	必要とするインタロック機構										
		ガード インタ ロック	急停止	非常 停止	再起動 防止	ホールド 停止監視		速度 監視	操作 監視	行き過 ぎ防止	ホールド・ ツー・ラン	
						2 a	2 b					
1	管理1作業の インタロック機構	固定ガード	○		○	○						
2	管理2作業の インタロック機構	可動ガード (ロック機構付) +停止確認センサ	◎		○	◎		◎				○
		可動ガード (ロック機構なし)	◎	◎	○	◎		◎				○
		両手操作式 安全装置		◎	○	◎		◎		◎		○
		非接触式 存在検知装置 (光線式等)		◎	○	◎		◎				○
		接触式 存在検知装置 (安全マット等)		◎	○	◎		◎				○
	安全プラグ		◎	○	◎		◎				○	
3	管理3 a 作業の インタロック機構	速度監視装置 ホールド・ツー・ ラン装置 非常停止装置 等		◎	◎	◎		◎	◎	◎	○	◎

注) ◎: 必須、○: 必要に応じ

表4 各管理区分毎の部品類の選択

安全管理区分	安全ガード または 安全装置	インタロック機構に用いる部品類の構造要件									
		起動装置	非常停止 用装置	安全スイッチ		安全 プラグ	論理 回路	リレー	電磁弁	ブレーキ	
				ガード・ インタック用	限界位置 検出用						
1	管理1作業の インタロック機構	固定ガード	任意	強制 引き離し	/	任意	/	任意	任意	シングル	任意
2	管理2作業の インタロック機構	可動ガード (ロック機構付) +停止確認センサ	任意		強制 引き離し			非対称 誤り特性 フェールセーフ	非溶着又は 冗長化 された強制 ガイド式	冗長化と 固着検出 機構付	ノーマル クローズ ブレーキ の併用
		可動ガード (ロック機構なし)			強制 引き離し 冗長化						
		両手操作式 安全装置	固着検出 溶着検出 同時性 判定付	強制 引き離し	/	強制 引き離し	/	短絡防止			
		非接触式存在検知 装置(光線式等)	任意								
		接触式存在検知装 置(安全マット等)									
安全プラグ											
3	管理3 a 作業の インタロック機構	速度監視装置 ホールド・ツー・ ラン装置 非常停止装置 等	固着検出 溶着検出	強制 引き離し	/	強制 引き離し	/	非対称 誤り特性 フェールセーフ	非溶着又は 冗長化 された強制 ガイド式	冗長化と 固着検出 機構付	ノーマル クローズ ブレーキ の併用

全身を入れることが可能な場合には、表2に示す追加の安全手段を設ける。

- ⑨ 表3に示すインタロック機構を設ける。なお、インタロック機構は、第3章の記述を参考にフェールセーフな回路として構成する。
- ⑩ 上記のインタロック機構を構成する安全部品は、表4に基づいて選択する。
- (4) 管理3 a 作業に対しては、上記(3)の①～⑥と⑨～⑩に追加して、さらに次の対策を行う。
 - ① 当該作業の根絶を目指して、安全確保領域の外側から作業を行えるよう作業方法を改善したり、機械の信頼性向上によってトラブルや補修の発生頻度を少なくする等の対策をとる。
 - ② できる限り可動部の動作を停止して作業を行えるように、作業方法を改善する。
 - ③ 上記①、②の措置が困難である場合でも、イネーブル装置、ホールド・ツー・ランつまみ、速度制限装置、警報装置等の使用に努める。また、作業者が容易に操作できる箇所に非常停止装置を設ける。
 - ④ 必要に応じ、作業規程の作成や作業者に対する教育を実施する。また、関係者以外の者が機械を操作しないように警告・表示等を行う。
- (5) 管理3 b 作業に対しては、次の対策を行う。
 - ① 原則として禁止作業とする。
 - ② やむを得ず作業を行うときは、警報装置、非常停止装置、治工具等、考えられる限りの設備対策を実施して災害の減少に努める。
 - ③ 作業規程の作成、作業者に対する教育、管理監督者による作業管理等を徹底する。
- (6) 以上の対策によっても、なお残る危険に対しては、設計書や取扱い説明書等で明確にしておく。

2.3 安全対策手順に関する具体的留意事項

実際の安全対策に当たっては、たとえば、次のような点に留意する。

2.3.1 予測される作業の抽出

予測される作業の抽出に当たっては、たとえば、次のような点を考慮する。

- ① 段取り作業時

段取り作業時に作業者が行うべき作業の内容（材料のセッティング、型換え、工具の取り替え、ティーチング等の作業）に応じた具体的措置、寸動や手動モードで可動部を運転するときの操作方法と手順、重量物の取扱い作業時の措置等について。
- ② 通常作業時

起動、停止、動力遮断等における操作具の取扱い方法などの機械の操作方法及び手順、材料の供給に関す

る手順、製品の加工と工具の取扱いに関する手順、製品の排出に関する手順、複数の作業者が共同作業を行う場合の手順、安全装置が作動した場合の復帰の手順等について。

- ③ 異常（トラブル）処理作業時

作業者がとるべき異常の内容（製品のトラブル、工具の異常等）に応じた措置、停止装置が作動して機械が停止した後これを再起動させるために必要な異常状態の確認・解除の措置等について。
- ④ 保守・点検作業時

始業点検、定期自主検査、特定自主検査等における点検対象、点検時期、点検項目等のほか、点検時に作業者が占有する作業空間、電源遮断や動力停止の方法、やむを得ず動力を入れたまま作業をする場合の措置、共同作業者との連携等について。
- ⑤ 清掃作業時

機械が完全に停止したことの確認（残圧、回路等のチェックと動力遮断）の措置、安全に作業するための十分な空間の確保、やむを得ず動力を入れたまま作業をする際の措置、共同作業者との連携等について。

2.3.2 安全管理区分の決定

以下の例を参考にして、安全管理区分を決定する。

- ① プレス機械の場合
 - ・光線式安全装置を安全手段とし、プレス機械の金型の中へ加工材を手送りする作業の安全管理区分は管理2作業とする。
 - ・固定ガードを安全手段とし、固定ガードの隙間を介して薄板の長尺材を金型内へ送って加工する作業は管理1作業とする。
 - ・自動プレスを使用した作業では、通常作業時の安全管理区分は管理1作業とする。ただし、トラブル処理時の作業は管理2作業となる可能性があり、金型の調整等の作業は管理3 a の作業となる可能性がある。
 - ・安全金型（上型と下型の間隔が6 mm下のもの）を使用した作業は、非管理作業とする。
 - ・専用プレスを使用した作業は、金型の交換が稀である場合は管理1作業とする。
- ② 産業用ロボットの場合
 - ・電動機出力が80W以下のロボットを使用した作業は、非管理作業とする。
 - ・安全確保領域の外側からロボットを操作する作業は、管理1作業とする。
 - ・作業者とロボットが交互に作業をする方式（ロボットシーソー方式）は、管理2作業となる場合が多い。
 - ・安全確保領域の中に入って行うティーチングの作

業は、管理3 a 作業とする。

③ NC工作機械の場合

- ・安全確保領域の外側からNC工作機械を操作する作業は、管理1 作業とする。
- ・ロック機構付きの可動ガードを安全手段とし、電源を完全に遮断した状態で作業者が安全確保領域内に入って工具の着脱や加工材をセットする作業は、管理2 作業とする。
- ・主軸を低速運転させた状態で、作業者が主軸に近接して行う作業は、管理3 a 作業とする。

2.3.3 安全確保領域の設定

以下の例を参考にして、安全確保領域を決定する。

(1) CNC旋盤の場合（ロック機構付の可動ガードを安全手段として使用するもの）

この例では、機械の運転中に人体が最大動作領域内に進入することはないから、安全隙間を設定する必要はない。また、旋盤の回転が完全停止した後に人体がガード内に進入するため、安全距離を設定する必要もない。従って、安全確保領域は最大動作領域に一致する。

(2) 産業用ロボットの場合（光線式安全装置を安全手段として使用するもの）

この例では、ティーチング作業時に身体全体を最大動作領域内に入れて作業を行う必要があるから、安全隙間は参考資料2(3)より500mmとなる。また、光線式安全装置の応答時間を20ms、急停止時間を120ms、連続遮光幅を30mmとすると、参考資料2(4)より、安全距離は408mmとなる（ただし、欧州安全規格の規定を用いて計算した）。従って、この大きい方をとって、最大動作領域の外側に500mmを付加した領域が安全確保領域となる。

2.3.4 固定ガードと可動ガードの選択

以下の点を考慮して、固定ガードと可動ガードのいづれかを選択する。

- ① 通常作業中に接近する必要がない場所の防護には、固定ガードを使用する。
- ② 段取り、保守・点検、トラブル処理、修理、清掃等の作業中に接近する必要があるが、その頻度がきわめて少ない場所の防護には、固定ガードを使用する。
- ③ 上記②の作業において、接近する頻度が高い（例えば、一勤務時間に一回以上）か、または、固定ガードの取り外し・取り付けが煩雑である場合は可動ガードを使用する。

2.4 考察

2.4.1 リスク・アセスメントと安全管理区分

リスクとは、何らかの望ましくない事態が発生する

可能性に関する概念であり、産業安全の分野では、災害の発生確率とその重篤度の関数として表される場合が多い。このリスクの評価手法がリスク・アセスメントであり、「適切な安全対策を選択するために行う災害の発生確率とその重篤度に関する総合的な予測」と定義される¹⁾。

リスク・アセスメントの過程では、リスクに寄与する様々な要因が分析の対象とされる。たとえば原子力発電所では、立地条件、原子炉本体の構造、安全システムの性能等が対象とされるほか、通常は想定事故として炉心反応度の増大、原子炉冷却能力の低下、放射性物質の放出等について、その定量的評価を行う場合が多い⁴⁾。また、化学プラントでは、立地条件、工場内配置、消防設備、プロセス設計、プロセス機器等に対して定性的なリスク分析を行うだけでなく、対象物質によっては、その容量、温度、圧力等に基づいて定量的なリスク分析を行っている⁵⁾。

上記のように、リスクに寄与する要因をシステムチックに捉えて、これを個々に潰していくという方法は、「未知」の危険によって重大な災害を起こすことの多い化学プラント、航空機、原子力発電所等の巨大システムには、有効な方法と考えられる。しかし、工作機械等のように、機械の使用形態と危険状態が「既知」であり、安全対策も定型化された機械では、このような方法は必ずしも妥当とは言えない。むしろ工作機械等では、特定の災害（たとえば挟まれ・巻き込まれ災害）に対する安全対策を作業の形態に応じていくつかの方式に類型化しておき、実際の対策を行う際にはこれらの中から最適なものを選定できるようなシステムとしたほうが、より現実的と考えられる。

以上のような提案はいささか奇異とも感じられるが、実は労働衛生の分野ではこのような考え方に基いて災害防止対策を実施している場合も多い。たとえば、労働衛生の分野で「未知」の新規化学物質の発ガン性等の影響評価を行う際は、確率統計理論に基づく潜在危険性の評価やリスク・アセスメントの手法を採用する^{6),7)}。これに対し「既知」の化学物質の影響評価を行う際には、個々の物質毎に管理濃度を定め、作業環境測定に基づいて管理区分を決定し、管理区分が管理1、管理2、管理3と上がるにつれて、より有害性の高い作業であるとして、適切な作業管理を要求するシステムとしている。

筆者らは、同様な議論が工作機械等の安全対策にも当てはまると考える。たとえば工作機械等では、最近の電子化やシステム化の進展と共に、これらに付随した「未知」の危険も増大している。これらは明らかに確率統計理論に基づく潜在危険性評価やリスク・アセ

メントが対象とする分野である。これに対し、挟まれ・巻き込まれ災害等は、多くの場合、既に対策の確立した「既知」の災害であり、労働衛生の分野で使用されている管理区分方式に類似した安全対策が可能と考えられる。そこで、本安全資料では、工作機械等の挟まれ・巻き込まれ災害を対象に、労働衛生の分野で使用されている管理区分に類似した区分を決定することを試み、安全管理区分として提案したものである。

なお、本安全資料の内容が、欧州規格 EN 292¹⁾ に規定された安全対策（参考資料3の図1参照）と矛盾するのではないかとの意見もあるが、欧州規格においても、「未知」の危険と「既知」の危険に対する処理方式は明確に区別されており（欧州規格では、未知の危険は pr EN 1050⁸⁾ に基づきリスク・アセスメントを行うが、既知の危険は EN 292 や個々の機械毎の規格で具体的に列挙し、その対策を述べている）、「未知」の危険をリスク・アセスメント方式で、「既知」の危険を管理区分方式で処理するという筆者らの提案は、欧州規格と基本的に矛盾するものではないと考えている。

2.4.2 安全管理区分と空間・エネルギー関係

(1) 人間と機械の空間的關係

管理区分方式による安全対策では、人間と機械の関係を広義の空間・エネルギー関係として捉える。このうち空間的關係は、両者の接触危険性の程度に応じて、図4に示す3つの形態に類型化できる。

第1の形態は、図4(a)に示すように、人間の作業領域と機械の動作領域を空間的に分離することによって作業者の安全を確保する形態である。この方式に基づく安全の原則を「隔離の原則」と呼ぶことは既に述べた。

ここで、人間の作業領域を H_s 、機械の危険な可動部の作業領域を M_s 、空領域を ϕ_s とすると、上記の關係は、次式で表すことができる。

$$H_s \cap M_s = \phi_s \quad (1)$$

ここで、「 \cap 」は領域の積を意味する記号である。

第2の形態は、図4(b)に示すように、人間の作業領域と機械の作業領域が重なるため、隔離の原則によっては安全を確保できない形態である。このような作業では、両者の接触が予測されるとき、直ちに機械を停止させることによって作業者の安全を確保する。この方式に基づく安全の原則を「停止の原則」と呼ぶことは既に述べた。

これは、人間の存在領域と機械の危険な可動部の動作領域を時間的に分離することによって、作業者の安全を確保する形態である。ここで、時刻 t における人間の存在領域を $h_s(t)$ 、時刻 t における機械の危険な

可動部の動作領域を $m_s(t)$ 、空領域を ϕ_s とすると、上記の關係は、次式で表すことができる。

$$H_s \cap M_s \neq \phi_s$$

かつ

$$\forall t: h_s(t) \cap m_s(t) = \phi_s \quad (2)$$

ここで「 \forall 」は all の略字であり、任意の時刻 t で (2) 式が成立することを意味する。

実際の作業では、図4(c)に示すように、人間の作業領域と機械の危険な可動部の動作領域が近接した状態で作業を行うことも多い。これが、第3の形態であり、既に述べた危険点近接作業がこれに該当する。この作業形態は次式で表すことができる。

$$H_s \cap M_s \neq \phi_s$$

かつ

$$\forall t: h_s(t) \cap m_s(t) \neq \phi_s \quad (3)$$

(2) 人間と機械のエネルギー的關係

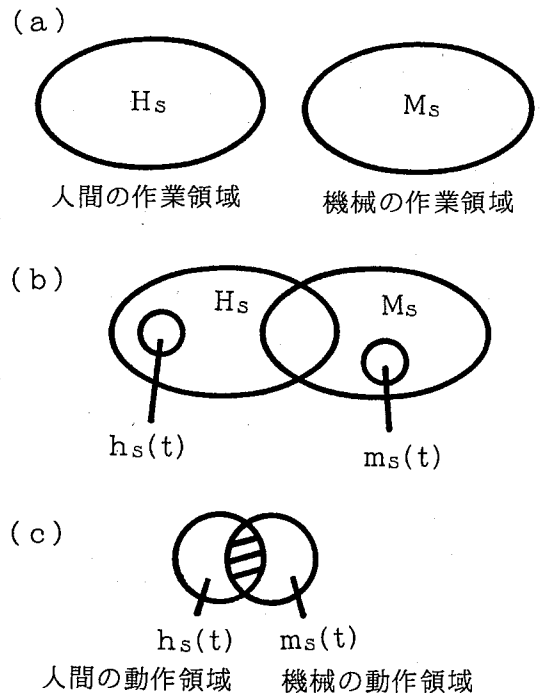
同様に、人間と機械の関係を広義のエネルギー的關係として捉えると、両者の關係は、機械の危険な可動部の仕事出力の大きさに応じて、次式に示す3つの形態に類型化できる。

$$P_w < \epsilon_H \quad (4)$$

$$(P_w \geq \epsilon_H) \text{ かつ } (\forall t: p_w(t) < \epsilon_H) \quad (5)$$

$$(P_w \geq \epsilon_H) \text{ かつ } (\forall t: p_w(t) \geq \epsilon_H) \quad (6)$$

ただし、 P_w は機械の危険な可動部が持つ仕事出力の最大値、 $p_w(t)$ は制御によって抑制された、時刻



機械の停止によって、空間 $m_s(t)$ は消滅する。

図4 人間と機械の空間・エネルギー關係

表5 安全確保の形態の類型化

区 分		空 間 条 件		
		$H_s \cap M_s = \phi_s$	$H_s \cap M_s \neq \phi_s$ かつ $h_s(t) \cap m_s(t) = \phi_s$	$H_s \cap M_s \neq \phi_s$ かつ $h_s(t) \cap m_s(t) \neq \phi_s$
エ ネ ル ギ 条 件	$P_w < \epsilon_H$	a ₁₁ 非管理作業	a ₁₂ 非管理作業	a ₁₃ 非管理作業
	$P_w \geq \epsilon_H$ かつ $p_w(t) < \epsilon_H$	a ₂₁ 管理1作業	a ₂₂ 管理2作業	a ₂₃ 管理3 a 作業
	$P_w \geq \epsilon_H$ かつ $p_w(t) \geq \epsilon_H$	a ₃₁ 管理1作業	a ₃₂ 管理2作業	a ₃₃ 管理3 b 作業

tにおける機械の危険な可動部の仕事能力， ϵ_H は人間に危害を与えない仕事出力の最大値である。

(4)式は，機械の駆動源の能力を人体に危害が及ばない程度に制限することによって作業者の安全を確保する形態である。たとえば，電動機出力が80W未満のロボットを用いて行う作業などは，これに該当する。

これに対し(5)式は，機械の駆動源の能力は人体に危害を及ぼすほど大きい($P_w \geq \epsilon_H$)，制御によって可動部の仕事出力を人体に危害を及ぼさない程度に抑制することにより($\forall t: p_w(t) < \epsilon_H$)，作業者の安全を確保する形態である。たとえば，可動部が低速運転している状態での作業や，作業者が押しボタンを押しているときだけ可動部が動作する状態での作業は，これに該当する。

(3) 安全確保の形態と安全管理区分

(1)~(6)式は，人間と機械の関係で定まる安全確保の形態が，表5に示す9つの形態(表のa₁₁からa₃₃まで)に分類できることを意味している。ただし，実際の作業では，a₁₁，a₁₂，a₁₃は， $P_w < \epsilon_H$ なる条件によって作業者の安全を確保できるから，いずれも別の安全確保の形態をとる必要はない。

同様のことは，隔離の原則によって安全を確保できるa₂₁とa₃₁および停止の原則によって安全を確保できるa₂₂とa₃₂についても当てはまる。そこで本安全資料では，安全確保の形態を表5に示す5つの形態に類型化し，各々に対して安全管理区分を与えることにした。

以上のことから，第2.2.1節で直感的に定めていた安全管理区分が，実は人間と機械の空間・エネルギー関係によって論理的に定まることが確認できた。

2.5 おわりに

欧州では，工作機械等の安全対策手順としてリスク・アセスメント方式による安全対策を義務づけている。しかし，本来，リスク・アセスメントは「未知」の危険によって重大な災害を起こすことの多い航空機，化学プラント，原子力発電所等の巨大システムの潜在危険性の評価に利用されてきたものであり，機械の使用状態と危険状態が「既知」であり，安全対策も定型化された工作機械等を対象としたとき，このような手法が適切とは言えない場合もある。

また，我国では，災害の多くは中小規模の事業場で発生しており，このような事業場の現場でも簡単に実施できる安全対策手順を開発しておく必要がある。そこで本安全資料では，工作機械等の危険な可動部による災害を対象に，中小規模の事業場の現場でも簡単に実施できる安全対策として，管理区分方式による安全対策手順を提案した。

この方式の特徴は，次のように要約できる。

- 1) 作業を危険性の程度に応じて非管理作業(特に追加の安全対策を講じなくとも，作業者の安全が本質的に確保されている作業)，管理1作業(隔離の原則に基づいて作業者の安全を確保できる作業)，管理2作業(停止の原則に基づいて作業者の安全を確保できる作業)，管理3作業(隔離と停止のいずれによっても作業者の安全を確保できない危険点近接作業)の4種類に分類したこと。
- 2) 決定した安全管理区分に基づいて，最適な安全手段を自動的に選定できる方式としたため，安全対策を標準化できること。

3) 現場の作業や安全管理者が日常的に行っている安全確認の行為を対策手順として書き下したものであるため、中小規模の事業場の現場でも比較的容易に実施できる方式であること。

以上が提案した方式の概要であるが、ここで述べた手法は現段階では筆者らの試論に過ぎないものであり、この意味からも、安全関係の研究者や現場の安全に携わる方々からの率直な批判や意見を期待する。

参考文献

- 1) 日本規格協会, 機械の安全性に関する E N 規格集 (第3版) (1995) pp.27-142
- 2) 日本規格協会, 英国安全規格 B S 5 3 0 4 (1988年版) pp.48-49
- 3) 日本規格協会, J I S ハンドブック (安全) (1995年版) p.119
- 4) 米国軽水炉安全性研究グループ, 小野周訳, 軽水炉の安全性, 講談社 (1979) pp.205-296
- 5) 労働省, 化学プラントのセーフティ・アセスメントに関する指針 (1976)
- 6) 松原, リスク科学入門, 東京図書 (1989)
- 7) J.V.ロドリックス, 宮本純之訳, 危険は予測できるか, 化学同人 (1994) pp.295-366
- 8) 日本機械工業連合会, 機械・オートメーションの安全性に関する調査報告書 (1995) pp.59-92

(平成8年3月7日受理)