

- ②危険源のエネルギーを人に傷害を与えない程度に低減する
 - ③危険源への暴露をなくす。頻度、時間を低減する
 - ④人間工学的な本質的安全設計その他
- (2) 制御的な本質安全設計
- ⑤制御システムの本質的安全設計

これらを単独又は組み合わせて使うことによりリスク低減策を実施する。

4-3-1 危険源そのものをなくす／低減する手段

① 構造的に危険な部位をなくす

・機械構造で、人が接触する可能性のある部分から突出部、鋭利部を排除する
・可動部分と開口部の間隔を適切にして、押しつぶし、せん断を防止する
・ほかの作業員及び危険区域がオペレーターの死角にならないよう機械の形状を工夫する

② エネルギーを小さくする

・機械設備の機能に必要な最小限の作動力（パワー）に制限する
・可動部の質量や速度を小さくする（特に速度を小さく）
・可能なら動力源にAC100V以上ではなく、DC24Vなどの低電圧を使用する

③ 構造計算、材料等の吟味など一般的設計技術・知識を活用する

・機械的応力を検討する
・使用材料に配慮する
・騒音や振動の発生、危険物、放射線の漏えいに配慮する

④ 本質的に安全な技術や動力源を使用する

・爆発性雰囲気を使う制御機器やアクチュエーターを制限する
・操作用電源など人が触れる可能性が高いものは、DC24Vなどの低圧を使用する

⑤ ヒューマンファクターを考慮した設計

・ストレスの大きな作業姿勢、動作を回避する
・過剰又は繰り返し動作を回避する
・作業区域の照明を適切に設定する
・手動の操作機器の要件を守る

⑥ 制御システムの本質的安全設計

・機械設備の起動や加速のトリガ（きっかけ）は、電圧の印加により行い、停止や減速のトリガは、電圧の遮断によって行う
--

・動力を中断した後の再起動を防止する
・エネルギー供給の中断や大幅な変動でも危険な状態にならないようにする
・非対称故障モードの構成部品を使う
・重要な構成部品の二重化、冗長化をする
・段取り、教示、保全の各運転モードの安全要件を満たす（自動モードは無効）運転は、イネーブル装置 ^(注) 、ホールド・トゥ・ラン制御 ^(注) 、両手制御装置 ^(注) による
・動作制限（減速、力の低下など）を行う

⑦ 圧力機器の危険防止

・接続のゆるみなどで流体の噴出等の危険を生じさせない
・パイプ、ホースなどを外力から保護する
・機械設備側に、動力源を遮断した後の圧抜き装置を設ける

4-3-2 作業者が危険区域に入る必然性をなくす／低減する手段

① 設備の故障を減らし、作業者が危険源にさらされる機会を減らす

・機械設備の構成要素に信頼性の高い部品を使用し、機械設備自体の長期安定性を確保する
・機械設備の構成要素の不具合発生を予想し、構成品を冗長系（二重系など）にして組み込むことでその機能の持続を図り、設備故障を最小限にする

② ワーク供給／取出作業の機械化、自動化で作業者が危険源にさらされないようにする

・自動供給／排出装置を機械設備に組み込む
・移載装置、ロボットハンド等の使用により、作業者に直接ワークを扱わせない

③ 保全作業等をするときの作業ポジションについて配慮する

・作業が容易、かつ人間特性に則って作業できるように設計的に配慮する
・点検歩廊（足場）、階段、梯子、手すり等を適切に配置（再配置）して危険源へ暴露する可能性を減らす

④ 機械設備の据え付け安定性を向上させる

・機械設備が転倒、構成部品が落下しないように設計的に配慮する

注記：

a. イネーブル装置

産業用ロボットの教示装置（ティーチングボックス、ティーチペンダント）な

ど、手持ちの手動操作装置の把持部分（側面や裏面など）に取り付ける押釦やレバーで、それを意図的に押さない限り、ボタン等による機械設備の運転操作をできないようにしたものである。

これは、意図しないボタンの押下による機械設備の誤動作を防ぐのが目的である。誤って教示装置を、ボタンを下にして取り落としたとき、テーブル等に置いた教示装置の上に何か落ちたときなど、ボタンが押されてしまう可能性があるが、このときにイネーブル釦も同時に押されてしまう確率は極めて低いので安全が確保できる。

この押釦やレバーはティーチングボックスを手に持ったとき、自然に、かつ軽い力で押せる位置に取り付けておく。つまり、作業者に負担を掛けないようにして、この機能を使うことを作業者が嫌がらないようにしてあるのである。力を掛けないと押せないボタンでは、作業者がそのボタンをテーピングして常に押した状態にしてしまうなどの不正行為をする可能性がある。

b. ホールド・トゥ・ラン制御

手動操作装置のスイッチ、レバーなどで、それを人が作動させている（押している）間に限って機械設備の運転操作ができる電気制御の手法である。スイッチやレバーから手や指を離せば、それに対応する機械設備の動きは直ちに停止（その場停止）する。

スイッチから手を離せば直ちに機械設備が止まるというこのホールド・トゥ・ラン制御を行えば、緊急事態のときの安全性が高まる。

この制御手法は、寸動スイッチの制御とは若干動作が異なる。寸動スイッチの場合は、ボタンを押したままでいても、一定のごく短い時間（又は一定の短い距離）だけ作動して停止する。しかし、ボタンを押して一旦起動すれば、直ちにボタンから手を放しても所定の時間（距離）だけ作動しないと停止しない。その場停止はしないのである。この差が災害発生の分かれ目になる可能性も否めない。

c. 両手制御装置

作業者が両手で操作したときにだけ機械設備の起動（運転）ができるものである。これによって機械設備が起動した時点における当該作業者自身の安全が確保できる。

例えば、プレス機械の両手制御装置は起動に使われているが、人の両手を一定位置に置かせることで作業位置を固定し、当人が危険源に近づけないように設計されている。したがって、両手制御装置の設置位置には十分な配慮が必要である。手の動きを封じても、頭や足が危険源に届いてしまっただけでは何にもならない。また、片方のボタンをテーピングして押したままの状態にした場合には、起動できない