

8. 「“しくみ”を用いた安全確認型システム」使用時の留意点

(リスクアセスメントによる残存リスクの明確化)

「“しくみ”を用いた安全確認型システム」は、危険源と人とを分離する「隔離安全」、人が危険源に近づく場合の「エネルギーの遮断及び消失（停止安全）」あるいは「エネルギーの制限（許容安全）」のそれぞれについて、人の意識に依存せず、確実に機能する「しくみ」を考案し、これを単独あるいは組み合わせて用いることで構築される。

「“しくみ”を用いた安全確認型システム」は、「電気的手段を用いた安全確認型システム」に比べ、構成が単純で安全確保の機能が分かり易く、しかも比較的安価に仕上がるという特徴がある。また、種々な「しくみ」を用いることにより設備だけでなく道具や治具を用いた作業システムにも適用されるので適用範囲も広い。

しかし、「隔離安全」に使用される「 - A - : 操作スイッチの隔離」、 「 - A - : 同時操作化による隔離」は、作業する特定の数の人を対象としており、図 8-1 のように応援にかけつけた仲間や通り返りの人は対象としていない。そのためこのような不特定多数の人が存在する場合においては、作業に関係しない人が可動部に接近できないように可動部全体を柵で囲うなど他の対策を併用しなければならない。

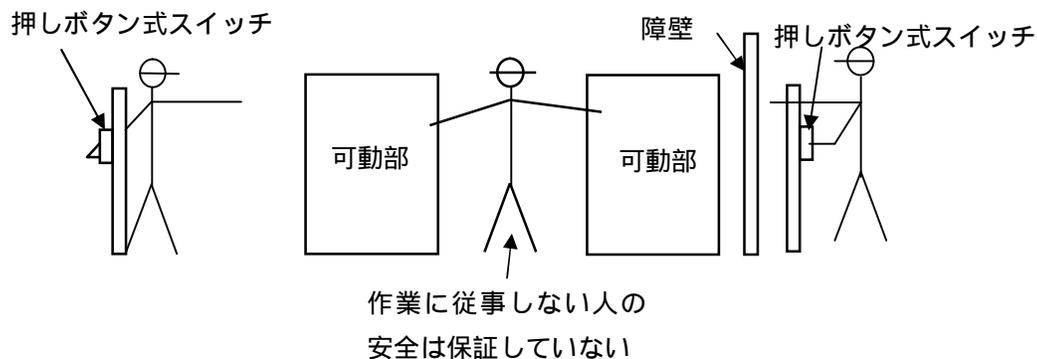


図 8-1 押しボタン式スイッチによる隔離

また、下図（図 8-2）の“しくみ”において、扉が開いた状態でキーを外すことができる、あるいは キースイッチまたは扉の予備キーを複数の人が持てる、といった「しくみ」にすると、システムとしては「安全確認型」でも確実に安全を保証できない場合が生じるので、システムの構成については十分な注意・配慮が必要である。

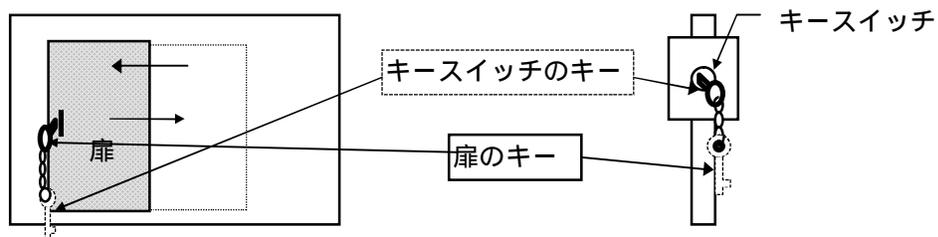


図 8-2 キースイッチによる停止

その他、「エネルギーの遮断」を行っても惰性回転や残圧があり直ちに停止安全状態にはならないものもある。

国際安全規格である ISO14121:1999「機械類の安全性 - リスクアセスメントの原則 (JISB9702:2000)」では、リスクアセスメントにより同定した危険に対して、検討した安全対策で確かに許容されるリスク以下になることを立証することを求めている。

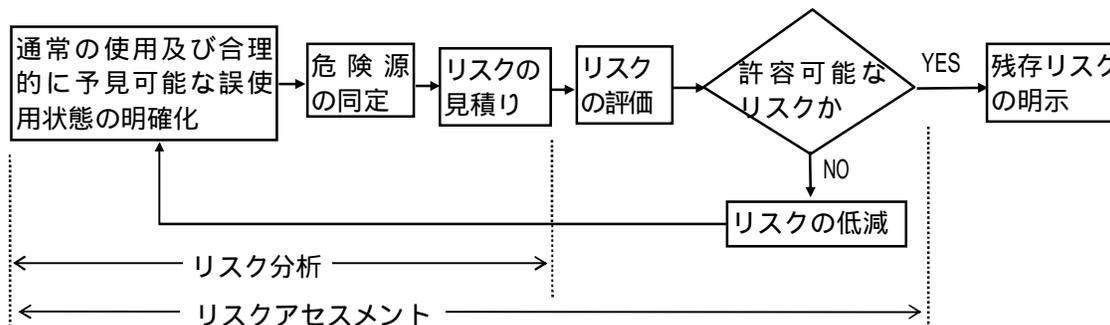


図 8-3 リスクアセスメント (ISO/IEC Guide 51:1996)

上記のことから実際の設備・システムへ「“しくみ”を用いた安全確認型システム」を応用場合は、設備・システムの特長、使用環境条件、予見可能な誤使用を十分に調査・検討して「隔離安全」、「停止安全」、「許容安全」の組み合わせも含めた適切な手段を構築するとともに残存リスクを評価して許容されるレベル以下になっているかどうかを判定することが大切である。

以下、「“しくみ”を用いた安全確認型システム」を構築する場合の留意点について述べる。

(1) “しくみ”の対象とする作業範囲

危険源に係わるどの作業を対象とした安全対策かその範囲を明確にするとともに、対象としていない作業等によるリスク（以下「対象外の危険による残存リスク」という）がないかを調べ、必要なら追加対策をとらなければならない。

特に既存の設備あるいは作業の危険度低減を図る場合は、現在問題となっている危険個所のみが目が行きやすく、中途半端な安全対策を作ってしまう可能性があるため注意が必要である。

現状どのようなリスクがあるかについて必ずアセスメントを行い、どのリスクを対象として“しくみ”を作るのか、その他のリスクはどのように対処するのかを明確にしなければならない。その他のリスクの対策も基本的には設備的対応（“しくみ”を含む）であることが望ましいが、どうしても管理にたよらざるを得ない場合、現場表示を含め作業員全員への周知徹底を図らなければならない。周知徹底が難しい職場環境において部分的な安全確認型化を行った場合、作業員は全てについて安全が保証されていると思い込んで行動し被災する可能性もある。中途半端な対策はかえって危険を増す場合もあるので注意が必要である。

(2) エネルギーの完全な遮断・消失（ZMS（ゼロ・メカニカル・ステート））

システムに用いられているエネルギーには種々な形態がある。「停止安全」を作るためにはこれら全てについて検討しなければならない。

例えば下左図の簡易プレスでは、電磁弁を作動させるための電流、エアシリンダーを作動させるための圧縮空気、持ち上げられている（位置エネルギーを与えられている）可動部（重量物）、の3つのエネルギーの形態がある。

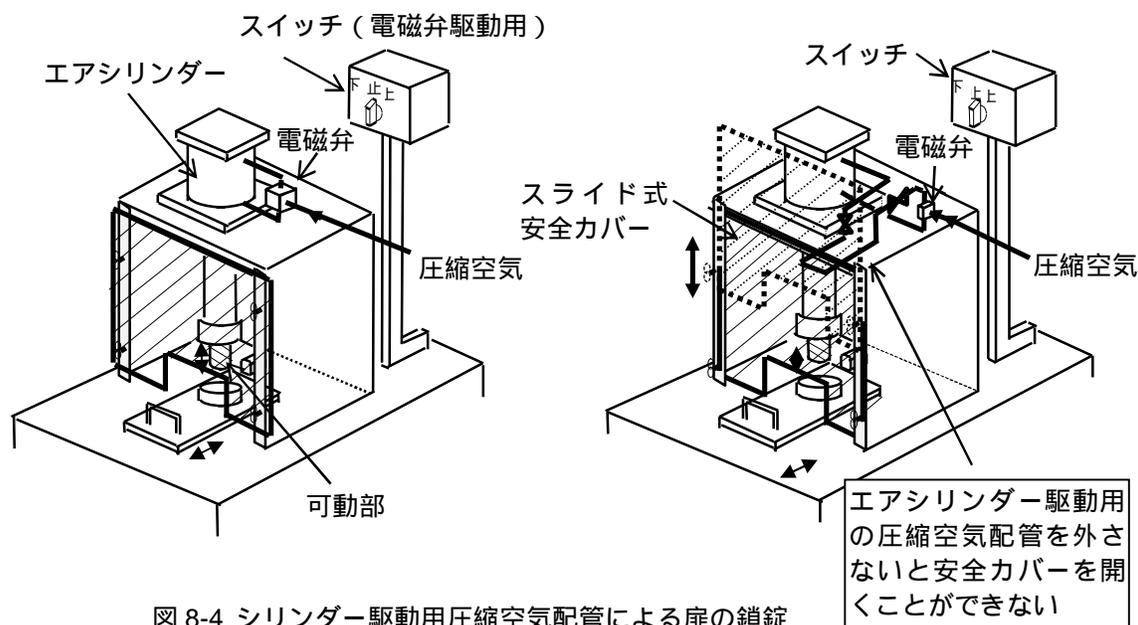


図 8-4 シリンダー駆動用圧縮空気配管による扉の鎖錠

この簡易プレスにおいては、(a)電磁弁を作動させる電源の遮断、(b)電磁弁へ供給される圧縮空気の遮断、といった危険源へのエネルギーの供給遮断だけでなく、(c)エアシリンダー内圧の放出、(d)可動部の持ち上げ状態の解除（重いものは下におろす等）、といった「保有するエネルギーをゼロにする」対策が行われて初めて全てのエネルギーが遮断・消失した状態になったといえる。

エネルギーの供給遮断後におけるエネルギーの保有状態には、電源OFF後の残留電荷あるいは慣性回転、油圧・空圧供給バルブ閉止後の残圧、圧縮または引き伸ばされたスプリングに蓄えられている機械的エネルギー、持ち上げられた重量物の持つ位置エネルギー、加熱停止後の高温状態（熱エネルギーの保持）などがある。

エネルギーの供給が遮断されただけでなく保有するエネルギーが完全にゼロになった状態は「ZMS（ゼロ・メカニカル・ステート）」と呼ばれる。「停止安全」を考えた時には、《その方法で確実にZMSが保証できる》ということを確認する必要がある。

では、本簡易プレスにおいて、上記(a)(b)(c)(d)の全てについて対策が必要かということでもない。上右図のように、可動部を下方に動かす側のシリンダーへの圧縮空気配管を除去することで圧縮空気供給を遮断・消失させる“しくみ”にすれば、(a)電源の遮断、(b)電磁弁へ

の圧縮空気供給の停止及び残圧の除去、を行わなくても可動部の停止を保証できる。又、可動部の重量が軽く、自重で降下したことにより指を挟まれたとしても軽い打ち身程度の被害しか被らない場合には(d)可動部持ち上げ状態の解除、の対策は省略できる(可動部のロック方式については - A - , サンプル参照)。

採用した“しくみ”が全てのエネルギーに対する対策になっているか、又、対応をとっていないエネルギーについてはそれによるリスク(=〔傷害の程度〕×〔傷害の発生確率])が許容できる範囲か否か、について十分に検討する必要がある。

(3) “しくみ”に使用する部品が「故障」あるいは「破損」した場合の安全保証

「安全確認型」においては、用いられる部品が通常の使用条件で「故障」あるいは「破損」して機能を発揮出来なくなった場合でも安全を保証できる“しくみ”でなければならない。

“しくみ”の「故障」

下記簡易プレスは、シリンダーへの圧縮空気の供給遮断を電磁弁にて行うだけでなく、安全カバーを開く時には可動部を下降させるシリンダー側の圧縮空気を消失させるように、キースイッチ型の手動式三方弁(圧縮空気を大気解放する側にしないとバルブのハンドルが外せない構造を持ったバルブ)を設置して、三方弁のハンドルが安全カバーのストッパーとなるようにハンドルと安全カバーを鎖で結んだ“しくみ”である。

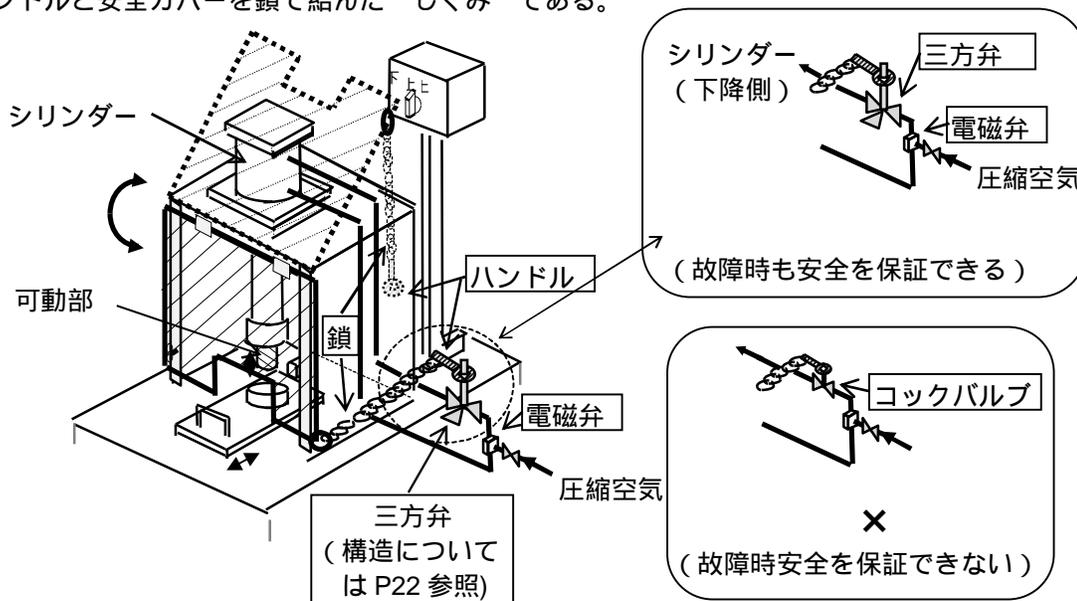


図 8-5 シリンダー駆動用圧縮空気配管の手動弁による扉の鎖錠

一般に使用されているバルブは、通常の使用状態においても整備不良や磨耗等により内部流体の漏れを生じる(完全に止まらなくなる)可能性がある。また、電磁弁は内部流体の漏れの他に切り替わり不良を生じることがある。

そのため右上図のように、シリンダーの圧縮空気供給を遮断する側にコックバルブを設置す

ると、バルブが完全に閉まらず漏れを生じた場合は、外見上バルブが閉まっている（この時には安全カバーを開くことができる）、電磁弁が開く（あるいは作動不良で閉まらなくなる）とシリンダーが動くので安全を保証できない。

本“しくみ”は上記のことを考慮して三方弁を用いている。三方弁であれば、シリンダーを下降させる側の圧縮空気の供給が停止するだけでなく、シリンダー側の残圧が大気解放されシリンダーに圧がかからなくなる（可動部が下降しなくなる）。またバルブが完全に閉まらず供給側から圧縮空気が漏れてくる場合でも（電磁弁が故障して圧縮空気の供給が止まらなくなった場合を含む）、漏れてきた圧縮空気は確実に大気に放出されるのでシリンダーには圧がかからず安全を保証できる。

“しくみ”の「破損」

上記図 8-5 の“しくみ”においては、使用するバルブ及び電磁弁の故障の他に、「鎖の切断」という「破損」も考えられる。鎖が切れるということはこの“しくみ”が働かなくなるということなので危険側の破損であり、「安全確認型」であるためには鎖が切れたら圧縮空気が遮断・消失する（停止安全になる）“しくみ”でなければならない。しかし、バルブや電磁弁の故障が通常の使用状態でも油切れなどの整備不良、磨耗あるいはゴミの噛みこみなどにより生じ、これらの故障をゼロにすることが出来ないし何時起こるか予測出来ないのに対して、鎖の切断は材質、製作状態、取り付け方法を吟味・選択すれば通常の使用状態で破損することはない。破損するとすれば鎖を引きちぎるような（設計強度を超えた）強い力を外部より受ける場合であり、このような異常な状態が存在すれば鎖だけでなく安全カバーを含めあらゆる部分の破損が起こり得る（システムそのものが破壊を受け機能しなくなる）ことになる。このような設計条件を超えた異常によるリスク（以下「設計条件外の残存リスク」という）は、安全対策を考える以前に解決・解消すべきものである。設計条件外の残存リスクがない環境下では、「鎖の切断」という破損まで考慮した「しくみ」は必要でなく、通常の使用状態で生じるバルブや電磁弁の故障が考慮されていれば良いといえる。

このように“しくみ”は、通常の使用状態では破損することのない強度を持つ部品を使用するとともに、通常の使用状態で起こり得る部品の故障に対しては“しくみ”そのもので安全を保証するように構築しなければならない。

なお、接点が溶着していないことを確認してONの出力を出すことのできるスイッチ、弁が完全に切り替わらないと出力の出ない（油・空気などの圧力媒体が流れない）電磁弁など、故障時の安全を保証する「安全確認型」ユニットも市販されている。これらについては安全機器メーカーの資料を参考にしていきたい。

(4) 誤使用あるいは故意の変更の防止

誤使用あるいは“しくみ”を無効にするような故意の変更が簡単に出来ることがないか十分な検討と対策を行う必要がある。

「“しくみ”を用いた安全確認型システム」は、省略行為を生じさせないあるいは決められた手順通りに実施しないと運転の開始・継続が出来ない構造にするため、作業性を犠牲にしているところがある。そのため迅速性が要求される、あるいは操作頻度の多いシステムに“しくみ”を用いた場合、なぜそのような構造をとっているのかその理由を作業員全員が理解し納得していないと、作業性を改善しようとしてドライバーやペンチなど簡単に手に入る道具で故意に“しくみ”を無効にする、あるいは改善提案で改悪してしまう可能性がある。

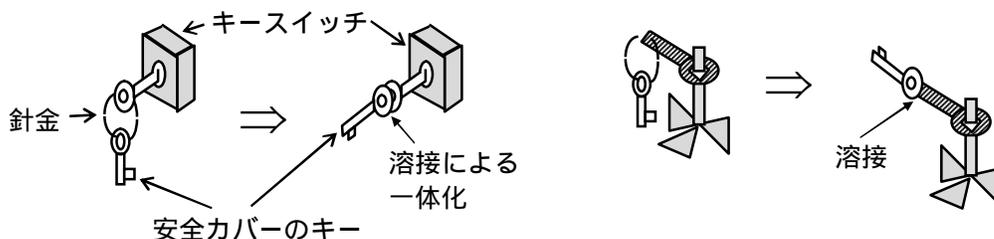
このような誤使用あるいは故意の変更を防止するには、柵・カバーといった固定ガードは簡単に外されることがないようにしておかなければならないし、図 8-2 のキーを用いた“しくみ”においては予備キー、図 8-5 の手動バルブを用いた“しくみ”においては予備のハンドルあるいはスパナといった日常使用する道具の管理を厳重にしなければならない。

固定ガードについては、国際規格（ISO12100-1:2000：機械類の安全性 - 基本概念、設計のための一般原則 - 第 1 部、条項 3.22.1）において、「工具の使用（例えばネジ、ナット）又は取り付け手段（例えば溶接）を破壊することによってのみ開くことができるような方法で取り付けられたガード」と規定されている。

偽操作（いたずら）の防止については、欧州規格（EN1088,条項 5-7）において、「手または容易に利用できるもの、例えばネジ、針、板状片、日常使用のキー、コイン、工具（ドライバー等）などで安全確保の機能を無効化できないこと」と規定されている。

“しくみ”の無効化は現場の管理状態により発生するリスク（以下「管理上の残存リスク」という）であり、予備のキーやハンドルあるいはドライバー、ペンチ、ハンマーといった一般的な道具の管理が現場作業員に任されており、作業員が自由に道具を使用して設備を変更できる職場においては、故意に変更すれば無効化できる（安全が保証できなくなる）“しくみ”を使用してはならない。

現場作業員が道具を管理する職場においては、錠と錠、錠とキースイッチ、錠とボールバルブを用いた“しくみ”においてキーとキーあるいはキーとボールバルブのハンドルとを針金で一体化した場合、ペンチやニッパーで針金を切り“しくみ”が解除される可能性がある。このような故意の変更を防ぐためには、両者を溶接で一体化する等の工夫が必要である。



上記のように“しくみ”を用いた安全確認型システムには使用時の留意点が存在するので、「電気的手段を用いた安全確認型安全システム」との使い分け、組み合わせも含めて最適のシステムを組むことが大切である。