掲載：「健康と安全」2017 年１月号 pp.89-92　中央労働災害防止協会

「機能安全による機械等に係る安全確保に関する技術上の指針」を読み解く

厚生労働省安全課　副主任中央産業安全専門官　安井省侍郎

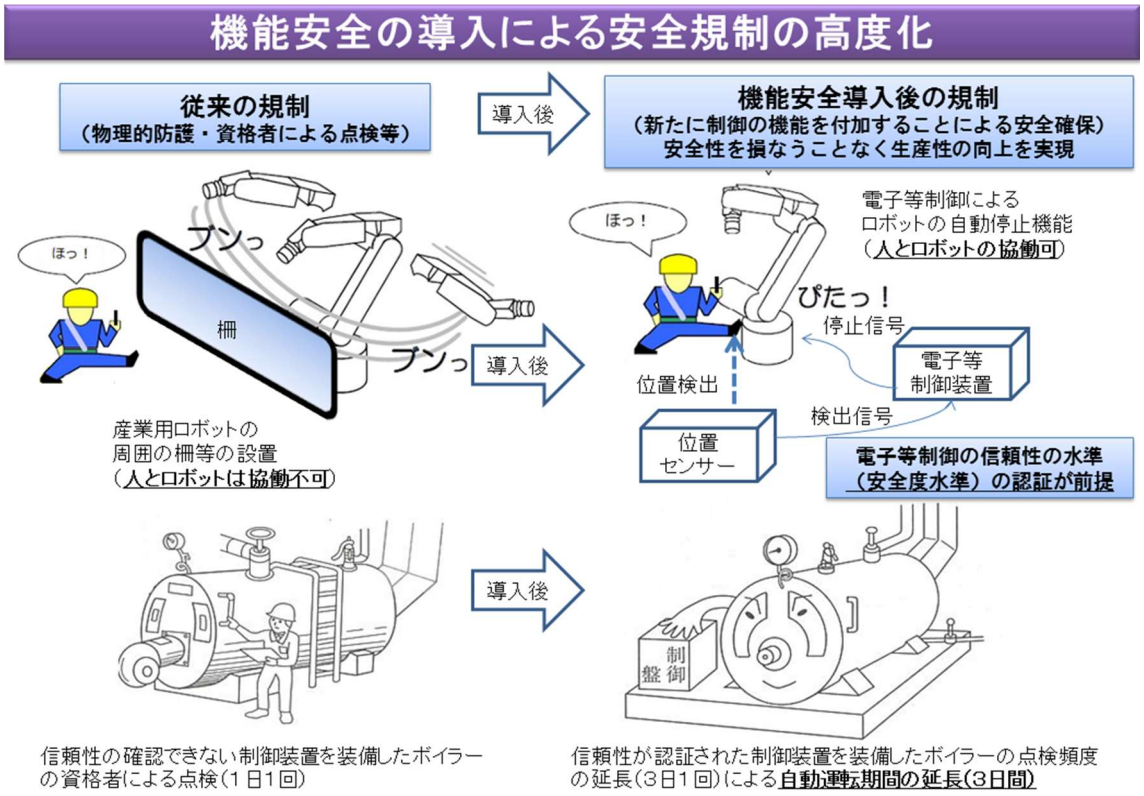
１．はじめに

従来、安衛法の機械関係の規制は、物理的な安全方策と、人的な安全方策を基本としてきた。例えば、産業用ロボットについては、周囲に物理的な柵等を設けること、ボイラーでいえば、ボイラー容器の厚さや安全弁などの物理的な安全方策と、ボイラー技士などの資格者による監視である。

一方で、近年のコンピューター制御技術の向上により、非常に信頼性の高い制御が可能となってきており、新たに制御機能を付加することによる安全方策である「機能安全」について、国際規格が定められ、欧米では、そのような高い信頼性を持つ自動制御装置を装備した機械等に対して、機械等の取扱規制を見直す動きがある。

これらを踏まえ、厚生労働省では、機能安全の基準によって高い信頼性を持つ自動制御装置を備える機械等に対する規制のあり方について、専門家検討会を開催し、平成 28 年年３月に報告書をまとめた。報告書を踏まえ、厚生労働省では、平成 28 年９月に、労働安全衛生法第 28 条に基づき、機能安全に関する技術上の指針を制定した。さらに、登録省令を改正し、自動制御装置が機能安全の指針に適合していることを証明する「登録適合性証明機関」を新設するとともに、ボイラー則を改正し、機能安全の指針に適合していることが認定された自動制御装置を備えているボイラーについて、制御装置の点検の頻度を３日に１回に下げる特例措置を定め、平成 29 年４月から施行する。

本稿では、報告書に基づき制定された機能安全指針の概要を説明するとともに、検討会で議論された、機能安全を安全衛生法令に導入するにあたっての主要な論点を解説する。



掲載：「健康と安全」2017 年１月号 pp.89-92　中央労働災害防止協会

２．機能安全指針の概要

厚生労働省では、機能安全が適切に実施されているかどうかを明らかにするための基準として、「機能安全による機械等に係る安全確保に関する技術上の指針」（平成 28 年厚生労働省告示第 353 号。以下「機能安全指針」という。）を安衛法 28 条に基づく指針として定めた。機能安全指針は、従来の機械式の安全装置等に加え、新たに電子等制御の機能を付加することにより、機械等によるリスクを低減するための措置（機能安全）及びその決定方法を示したものである。機能安全指針では、「機能安全に係る実施事項」として、以下の３ステップが定められている。

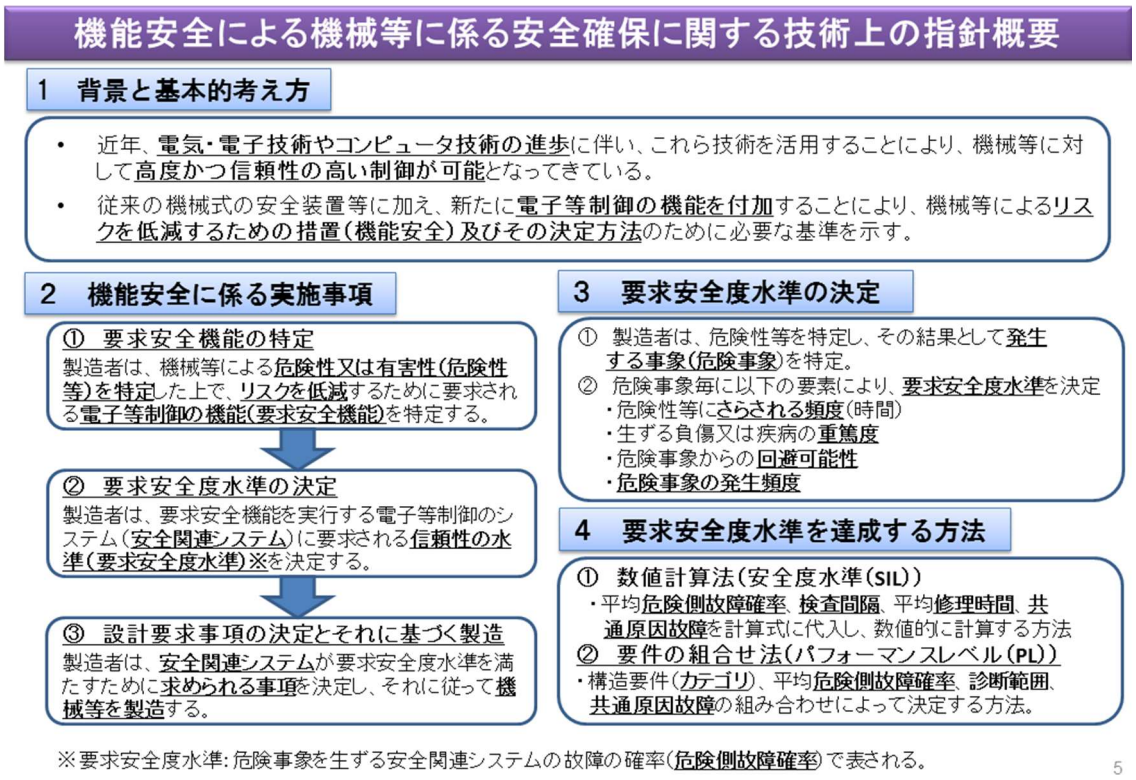
① 要求安全機能の特定：機械等の製造者は、リスクアセスメントを実施し、リスクを特定した上で、リスクを低減するために要求される電子等制御の機能（要求安全機能）を特定する。例えば、ボイラーの場合、空焚きが起きたときに、燃料を遮断するリミッターなどが必要となる。

② 要求安全度水準の決定：製造者は、要求安全機能を実行する電子等制御のシステム（安全関連システム）の信頼性の水準（要求安全度水準）を決定する。指標としては、危険事象を発生させる安全関連システムの故障の確率（危険側故障確率）を使用する。

③ 設計要求事項の決定とそれに基づく製造：製造者は、安全関連システムが要求安全度水準を満たすために求められる事項を決定し、それに従って機械等の安全関連システムを設計し、製造する。

要求安全水準の決定方法については、①事故が起きたときの重篤度、②リスクに曝される頻度、③危険事象からの回避可能性、④危険事象の発生頻度という４つの指標により、４段階で決定される。要求安全水準を達成する設計方法としては、例えば、①危険側故障率（パーツが壊れる確率）、②検査間隔、③共通原因故障（システムを多重化していても共通で使用する配電盤がこわれたら全てだめになってしまうような原因）を無くすなどにより、要求安全機能が作動しない確率を下げていくことになる。

なお、安全度水準やパフォーマンスレベルは、国際電気標準会議（IEC）の規格 61508 若しくは国際標準化機構（ISO）の規格 13849 の基準又はこれらと同等以上の基準に適合する必要がある。



３．専門家検討会での主要な論点

専門家検討会では、機能安全を労働安全衛生法令に取りいれるに当たり、検討が必要な事項を議論した。以下、その検討内容のうち、主要なものを紹介する。

（１）　機能安全の利点

作業者と産業用ロボットが協働作業を行う場合や、介護作業用のロボットのように、リスクに対する本質安全対策が困難な場合は、電子等制御の機能によって安全を確保せざるを得ず、機能安全が最後の手段となる。さらに、複雑な電子制御システム（例：飛行機のように、制御システムに故障があったときに機械等を単純に停止させるとかえって危険になるシステム）においては、機能安全により、自動的に安全な順序で機械等を停止させることが特に必要となる。

一方で、どのような故障が発生しても危険側の故障とならないように制御できる方策（フェールセーフ）が採用されているときは、要求安全機能及び安全関連システムの特定とそれに対する要求安全度水準の決定を省略することができる。

機能安全は、通常の制御システムが故障したときに、独立した安全関連システムが介入して機械等を安全に停止させるという考え方を取る。このため、個別の規格により、安全関連システムが制御システムから独立していることを要求されることが通常である。この考え方は、通常の制御の方法が、プログラム制御、人間による操作、あるいは人工知能（AI）による制御のいずれであっても有効である。

（２）　機能安全の適用限界

機能安全は、挟まれ・巻き込まれや爆発火災等の機械等に起因する災害の防止のための手法であることに留意する必要がある。不安全行動による災害など、機械等の制御の機能によって防止できない危険事象には効果を期待できない。さらに、機能安全は、危

険側故障確率を減少させることで、危険事象の発生確率を下げることができるが、危険事象による災害の重篤度を減少させることは困難である。

このため、機能安全によるリスクの低減を図る場合、本質安全対策など、機械等の構造要件等を優先して検討することが望ましい。例えば、設備全体のリスクを低減するための対策を検討する場合、運転用の制御システムの信頼性の向上、機械等の誤使用（ヒューマンエラー）を防止するための対策、避難待避方法の検討等、多重的な防護による設備の設計方針に従い安全方策を検討し、それでもなお残るリスクについて、機能安全によるリスクの低減を図ることが望ましい。

なお、特定の要求安全機能について要求安全度水準を実現できたことにより、他の要求安全機能の要求安全度水準を低下させることは認められない。

（３）機能安全の認証と法令規制の関係

機能安全の基準を満たすものとして、適合性証明を受けた制御機器等によって制御される機械等の取扱について、特定の機械等ごとに検討の上、可能な場合には、一定の法令上の特例を規定することになる。

ただし、国際規格においては、危険事象により複数の死亡や後遺障害をもたらすおそれのある機械等（ボイラー、クレーン等の労働安全衛生法第 37 条で規定する特定機械等）については、電子等制御の安全機能に要求安全度水準を満たす場合であっても、安全弁等の機械式の安全装置等を省略することは認められていない。その理由としては、多重防護の観点から、異種の方式の安全装置の設置が求められていること、想定外の事象が発生した場合には、物理的な構造や機械式の安全装置で安全を担保する必要があることがあげられる。

一方、特定機械等と比較して事故の結果の重篤度が相対的に低い機械等（安衛法 42 条の規定による構造規格が定められている機械や、労働安全衛生規則で規定されている産業用ロボットなど）については、機械式の安全措置（ストッパー、柵等）を要求安全度水準の高い電子等制御の安全関連システム（監視・保護停止）により代替することが国際規格で認められつつある。安衛法令においても、このような機械等について、一定の程度、機械式の安全機能の代替を認める余地がある。

（４）適合性証明の対象となる範囲と審査内容

適合性証明は、制御システム全体として、要求安全度水準の適合性を証明する必要がある。コントローラ等の機器（デバイス）単位で要求安全水準の適合証明を受けている場合であっても、システムとして組み込んだ機械等の制限によってその安全度水準が達成できない場合があるためである。認定の対象となる適合自動制御装置には、新たに設置される機械等に備え付けられるもののみならず、すでに設置されている機械等を改修して新たに備え付けられるものも含まれる。

なお、法令上の特例措置を受ける必要がない機械等については、製造者自らが機能安全指針に適合することを宣言することも認められる。

適合性証明にあたっては、リスクアセスメントにより、要求安全機能が適切に特定され、要求安全度水準が適切に設定されているかどうかが審査対象となる。同一型式による量産品に適合証明を行う場合、定期的に製造者に対するマネジメント監査も含まれる。

登録適合性証明機関は、ボイラーの自動制御装置が機能安全指針に適合しているこ

とを証明する書面（適合性証明書）を発行する機関として厚生労働大臣の登録を受けるものであるが、ボイラー以外の機械等の電子等制御の機能が機能安全指針に適合していることを証明することを妨げるものではない。

（５）要求安全度水準の決定のための使用条件の把握

要求安全度水準の決定には、機械等の設置場所等の機械等の使用条件に関する情報が必要であるため、機械等の使用者と製造者が連携し、使用条件を決定する必要がある。

ただし、大量に生産される同一型式の機械等については、あらかじめ機械等の使用条件を決定することは困難であるため、一定の使用条件を仮定してリスクを解析し、機械等の取扱説明書等により使用条件の制限やメンテナンス頻度の指定等を行う必要がある。

（６）自動制御装置の使用条件及び用途・仕様と、制御される機械等の種類との整合性

所轄労働基準監督署長は、認定を受けようとする適合自動制御装置に係る「用途及び仕様」及び「使用条件」が、それによって制御されるボイラーの「種類」等に合致していることを審査する必要がある。合致していなければ、自動制御装置が要求される機能を発揮できないためである。

このため、適合証明申請書や適合証明書において、ボイラーの種類、自動制御装置の使用条件、用途・仕様が特定されている必要がある。具体的には、適合証明申請書及び適合証明書の「使用条件」の欄には、当該自動制御装置の要求安全機能の特定及び要求安全度水準の決定の前提となっている、ボイラーの種類、燃料・熱源の種類、設置場所・条件、自動制御装置の点検方法・頻度等を記載する必要がある。さらに、「用途及び型式」の欄には、証明対象機器の用途に加え、当該機器が適合する安全度水準又はパフォーマンスレベルを記載する必要がある。また、適合自動制御ボイラー認定書申請書のボイラーの「種類」の欄には、ボイラーの種類及び燃料・熱源の種類を記載する必要がある。

参考文献

厚生労働省(2016)「機能安全を用いた機械等の取扱規制のあり方に関する検討会報告書を取りまとめました」報道発表資料（2016 年３月 30 日）
URL：http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000118662.html

厚生労働省（2016)「「ボイラー及び圧力容器安全規則及び労働安全衛生法及びこれに基づく命令に係る登録及び指定に関する省令の一部を改正する省令案要綱」について労働政策審議会から妥当との答申がありました」報道発表資料（2016 年９月６日）
URL：http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000135688.html