

平成 18 年度 食品機械の電気安全設計対応に関する 調査研究報告書

-国際安全規格利用手引き 電気・制御安全編-

平成 19 年 3 月

社団法人 日本機械工業連合会

社団法人 日本食品機械工業会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

[Http://keirin.jp/](http://keirin.jp/)



本書利用に関する注意事項

- 本書は技術者の国際安全規格利用を支援する手引き書である。
- 本書に記載する規格の解説は、要求内容を具現化するための一つの解釈であり、規格作成に携わる技術委員会(Tc)より検証を受けていない。
- 本書に記載する解釈の採用は、利用者の責任において行わなければならない。
- 本書が記載する事項は、将来、解釈が変更されることがある。
- 本書が記載する解釈を採用したことによる全ての結果について、執筆・発行者は直接又は間接を問わず一切の責任を負わない。
- 本書、及び規格について、利用者は以下の事項を考慮しなければならない。
 - －本書は、食品機械産業に関係すると考えられる規格について解説を行ったものであり、食品機械産業以外は考慮していない。
 - －本書が記載する内容は、規格要求事項を解説したものであり、実際の規格内容と表記が異なる。
 - －本書が記載する規格要求事項は、本書作成時に発行済みの規格による。規格は改正により、常に内容が変更される。
 - －上記に示す理由により、本書に記載する規格要求事項の解説を設計・製造等に参照する場合は、該当する ISO/IEC/JIS 規格を購入し、使用しなければならない（規格販売窓口：(財)日本規格協会）。

序

近年、技術の発展と社会との共存に対する課題がクローズアップされ、機械工業においても環境問題、安全問題が注目を浴びるようになってきております。環境問題では、京都議定書の第一約束期間開始を1年後に控え、排出権取引やCDMなどの柔軟性措置に関連した新ビジネスの動きも本格化し、政府や産業界は温室効果ガスの削減目標の達成に向けた取り組みを強化しているところです。また、欧州化学物質規制をはじめとする環境規制も一部が発効し、その対応策が新たな課題である一方、新たなビジネスチャンスとも考えられます。

他方、安全問題も、EUにおけるCEマーキング制度の実施や、平成13年には厚生労働省から「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達として出され、機械工業にとってきわめて重要な課題となっております。

海外では欧米諸国を中心に環境・安全に配慮した機械を求める気運の高まりから、それに伴う基準、法整備も進みつつあり、グローバルな事業展開を進めている我が国機械工業にとって、この動きに遅れることは死活問題であり早急な対処が求められております。

こうした内外の情勢に対応するため、当会では環境問題や機械安全に係わる事業を発展させて、環境・社会との共存を重視する機械工業のあり方を追求するため、早期からこの課題に取組み調査研究を行って参りました。平成18年度には、海外環境動向に関する情報の収集と分析、それぞれの機械の環境・安全対策の策定など具体的課題を掲げて活動を進めてきました。

こうした背景に鑑み、当会では機械工業の環境・安全対策のテーマの一つとして社団法人日本食品機械工業に「食品機械の電気安全設計対応に関する調査研究」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚です。

平成19年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会 長 金 井 務

はじめに

平成 18 年 4 月に改正労働安全衛生法が施行されました。同法の第二十八条の二において、リスクアセスメントの実施を努力義務としていることが、改正の大きな特徴の一つです。そのことから、国際安全規格 ISO 12100 が示すリスクに基づいた安全化プロセスの一部が採用された初の法律と見ることができます。

1995 年に貿易を阻害する技術的障壁を取り除くことを目的に WTO/TBT 協定が締結されました。これを契機に翌年より協定に従い、機械安全に関する我が国の JIS 規格を ISO/IEC へ整合化するための取り組みがはじまりました。しかし、これらの規格は我が国では強制ではありません。また、国際安全規格を利用するためには、「階層化構造」、「リスクベースド・アプローチ」等の前提条件の理解が必須となります。これらの理由から我が国の産業界における一般的な取り組みとして定着するまでに時間を要しています。しかし前述の労働安全衛生法の改正により、今後、機械を使用するユーザーから、“顧客要求”として国際安全規格への適合が求められて来るでしょう。

社団法人日本食品機械工業会(以下、日食工)では、WTO/TBT 協定の締結直後より、国際安全規格に基づく安全への取り組みは、今後、我が国で強く求められる社会的要求になると予測してまいりました。そこで日食工は他の産業に先駆け、いち早くタイプ C 規格となる食品機械 JIS の国際安全規格への適合化に取り組みました。

しかし、前述するとおり、国際安全規格を利用するためには前提条件の理解が不可欠です。そのため、改正食品機械 JIS は、前提条件を理解しなければ使うことができません。次に日食工では、国際安全規格を利用するために不可欠な前提条件に関する解説書作成に平成 15 年度から取り組みました。平成 17 年度からは、百種類を超える国際安全規格について、食品機械に関連する規格を絞り込み、それらを利用するための「手引き書」作成に取り組んでいます。

平成 18 年 3 月には、第 1 巻である“機械安全編”を発行し、お陰様で業界内外より大きな反響を頂くことができました。第 2 巻となる本書は“電気・制御安全編”となります。食品機械・装置の安全化に日頃から取り組まれている技術者の皆様にとり、過去に発行した報告書と合わせ、本書が少しでもご参考になれば幸甚の至りでございます。

なお、本書は日本自転車振興会から(社)日本機械工業連合会を通じ、「環境安全」事業の一環として当工業会が業務受託した「食品機械の安全設計対応に関する調査研究事業」の成果です。この事業にご指導・ご協力賜りました関係省庁、団体、学識経験者、及び当業界の関係各位に対し、ここに厚く御礼申し上げます。

平成 19 年 3 月

社団法人 日本食品機械工業会
会長 尾 上 昇

安全設計調査研究委員会

委員名簿

(敬称略 順不同)

	氏名	所属	役職
副会長	西村 卓朗	(株)西村機械製作所	社長
委員長	竹内 有朋	(株)東京製粉機製作所	社長
主査	田中 紘一	長岡技術科学大学	名誉教授
委員	今井 寛登	ドキュメントサービス・カナエ	代表
委員	森山 哲	(有)森山技術士事務所	社長
委員	齋藤 剛	独立行政法人 労働安全衛生総合研究所	研究員
委員	鷺巣 恵一	山崎製パン(株)	執行役員
委員	中川 則和	(株)紀文食品	取締役本部長
委員	小川 寧彦	(株)日清製粉グループ本社	技術部長
委員	鷹野 雅敏	シマダヤ(株)	次長
委員	林 孝司	関東混合機工業(株)	社長
委員	品川 士郎	(株)品川工業所	社長
委員	宮本 輝夫	(株)ヤナギヤ	取締役
委員	金澤 若夫	(株)大川原製作所	専門部長
委員	小野 憲次	(株)奈良機械製作所	室長
委員	北條 真俊	レオン自動機(株)	課長
委員	新井 克寿	(株)マスダック	リーダー
委員	古屋 慎一郎	(株)サタケ	グループ長
委員	三浦 保徳	(株)なんつね	リーダー
委員	森本 博行	(株)東京製粉機製作所	部長
事務局	鈴木 芳雄	(社)日本食品機械工業会	専務理事
事務局	大坂 耕一	(社)日本食品機械工業会	事務局長
事務局	大村 宏之	(社)日本食品機械工業会	課長

目次

序	III
はじめに	V
委員会委員名簿	VII
目次	IX
用語の定義と略語	XVI

第1章 事業の概要	1
------------------	----------

- 1.1 食品機械の安全・衛生設計基準 2
- 1.2 事業の概要 6
- 1.3 本書の利用方法と制御安全の基礎的プロセス 7
- 1.4 本書の内容 12

第2章 機械の安全と電気	15
---------------------	-----------

- 2.1 機械の安全とフェールセーフ 16
- 2.2 感電と絶縁 18
 - 2.2.1 人体を流れる電流の危険性 18
 - 2.2.2 接触電圧と危険電圧 19
 - 2.2.3 感電災害の防止 19
 - 2.2.4 現場における安全対策 21
 - 2.2.5 電気絶縁と安全 21
- 2.3 接地 22
- 2.4 静電気、EMC、雷による災害・障害の防止 24
 - 2.4.1 静電気 24
 - 2.4.2 EMC(電磁ノイズによる災害・障害の防止) 25
 - 2.4.3 雷サージによる災害・障害の防止 26
- 2.5 防爆電気設備 29

第3章 制御系の安全関連部の設計	31
-------------------------	-----------

- 3.1 電気制御系設計の手順 33
 - 3.1.1 電気制御系設計における留意事項 33
 - 3.1.2 耐環境性 33

目次

- 3.1.3 耐久性 33
- 3.1.4 安全性 34
- 3.1.5 保全性 34
- 3.1.6 法規制への対応 34
- 3.2 機械と電気制御系 36
 - 3.2.1 電気制御系の役割 36
 - 3.2.2 安全機能と電気制御系 36
 - 3.2.3 設計のための一般的戦略 37
 - 3.2.4 安全関連部 37
- 3.3 リスクアセスメントと保護方策カテゴリ 39
 - 3.3.1 3ステップメソッド 39
 - 3.3.2 パフォーマンスレベル(PL) 40
 - 3.3.3 パフォーマンスレベル(PL)の求め方 41
 - 3.3.4 カテゴリ 42
 - 3.3.5 カテゴリとパフォーマンスレベル(PL) 44
 - 3.3.6 SILとの関連 47
- 3.4 システム安全関連部の設計 48
 - 3.4.1 ガードによって引き起こされる安全関連停止機能 48
 - 3.4.2 手動復帰機能(マニュアルリセット) 48
 - 3.4.3 起動／再起動機能 49
 - 3.4.4 現場制御(Local control) 50
 - 3.4.5 ミューティング機能 51
 - 3.4.6 ホールド・ツウ・ラン機能 52
 - 3.4.7 イネーブリング機器 52
 - 3.4.8 予期しない起動の防止 53
 - 3.4.9 機械に補足された人の脱出と救助 54
 - 3.4.10 遮断とエネルギーの消散機能 54
 - 3.4.11 制御モードと運転モード選択 55
 - 3.4.12 制御システムの安全関連部間の繋がり 55
 - 3.4.13 安全関連パラメータの監視 56
 - 3.4.14 非常停止機能 56
- 3.5 ソフトウェア安全性への要求 59
 - 3.5.1 Vモデル 59
 - 3.5.2 組み込みソフトウェア(SRESW) 60

3.5.3 安全関連アプリケーションソフトウェア(SRASW) 61

目次

- 3.5.4 ソフトウェアベースのパラメータ化 61
- 3.6 制御システムにおける妥当性確認 63

第4章 電気設備への要求事項 65

- 4.1 機械類の電気設備のための調査書 66
 - 4.1.1 システム設計 66
 - 4.1.2 電装盤の構造 68
 - 4.1.3 使用機器の選定 69
- 4.2 等電位ボンディング(EB) 70
- 4.3 火災予防 72
- 4.4 絶縁と電線 74
 - 4.4.1 低圧電路の絶縁 74
- 4.5 停止による安全 76
- 4.6 インタロック装置 78
 - 4.6.1 ガードとインタロック装置の代表的な形状とその特徴 78
 - 4.6.2 インタロック装置設計 80
 - 4.6.3 インタロック装置の選択 81
- 4.7 感電保護クラス分類 82

第5章 電気装置一般仕様書 83

- 5.1 適用範囲 86
- 5.2 引用規格 86
- 5.3 定義 86
- 5.4 一般要求事項 87
 - 5.4.1 一般事項 87
 - 5.4.2 装置の選択 87
 - 5.4.3 電源 88
 - 5.4.4 物理的環境及び運転条件 88
 - 5.4.5 輸送及び保管 90
 - 5.4.6 運搬のための手段 90
 - 5.4.7 据付け 90
- 5.5 供給電源への接続及び電源開路用機器仕様 91
 - 5.5.1 供給電源への接続仕様 91

5.5.2	外部保護導体（アース線）接続用端子	91
5.5.3	電源断路機器	92
5.5.4	予期しない起動を防止する開路機器	94
5.5.5	電気器機を断路するための機器	94
5.5.6	禁止されている投入、不注意による投入及び/又は誤投入に対する保護	94
5.6	感電への保護	95
5.6.1	一般要求事項	95
5.6.2	直接接触に対する保護	95
5.6.3	間接接触に対する保護	96
5.6.4	PELVの使用による保護	97
5.7	電気設備の保護	98
5.7.1	一般事項	98
5.7.2	過電流保護	98
5.7.3	電動機の過熱保護	101
5.7.4	異常温度保護	101
5.7.5	停電、電圧低下及びそれらの復旧時の保護	101
5.7.6	電動機の過速度保護	101
5.7.7	地絡/漏電電流の保護	102
5.7.8	相順の保護	102
5.7.9	雷サージと開閉サージによる過電圧に対する保護	102
5.8	等電位ボンディング	103
5.8.1	一般事項	103
5.8.2	保護ボンディング回路	104
5.8.3	機能ボンディング	106
5.8.4	高い漏れ電流の影響を制限するための対策	106
5.9	制御回路及び制御機能	107
5.9.1	制御回路	107
5.9.2	制御機能	108
5.9.3	保護インタロック	112
5.9.4	故障時の制御機能	113
5.10	オペレータインタフェースと機械に取り付けられた制御機器	116
5.10.1	一般要求事項	116
5.10.2	押しボタン	116

目次

- 5.10.3 表示灯及び表示器 118
- 5.10.4 照光式押しボタン 119
- 5.10.5 ロータリ形制御機器 119
- 5.10.6 始動機器 120
- 5.10.7 非常停止用機器 120
- 5.10.8 非常スイッチオフ機器 121
- 5.10.9 イネーブル機器 122
- 5.11 制御装置:配置、取付け及びエンクロージャ 123
 - 5.11.1 一般要求事項 123
 - 5.11.2 配置及び取付け 123
 - 5.11.3 保護等級 124
 - 5.11.4 エンクロージャ、扉及び開口部 124
 - 5.11.5 制御装置への接近性 125
- 5.12 電線及びケーブル 126
 - 5.12.1 一般要求事項 126
 - 5.12.2 電線 126
 - 5.12.3 絶縁 127
 - 5.12.4 正常使用時の電流容量 127
 - 5.12.5 電線及びケーブルの電圧降下 128
 - 5.12.6 可とうケーブル 128
 - 5.12.7 導線、導体棒、及び集電環アセンブリ 129
- 5.13 配線 131
 - 5.13.1 接続及び経路 131
 - 5.13.2 配線の識別 132
 - 5.13.3 エンクロージャ内の配線 134
 - 5.13.4 エンクロージャ外の配線 134
 - 5.13.5 ダクト、接続箱及びその他の箱 136
- 5.14 電動機及び関連装置 138
 - 5.14.1 一般要求事項 138
 - 5.14.2 電動機エンクロージャ 138
 - 5.14.3 電動機の寸法 138
 - 5.14.4 電動機の取付け 138

- 5.14.5 電動機の選定基準 138
- 5.14.6 機械的制動装置用保護機器 139
- 5.15 附属品及び照明 140
 - 5.15.1 附属品 140
 - 5.15.2 機械及び装置の局部照明 140
- 5.16 マーキング、警告標識及び略号 142
 - 5.16.1 一般事項 142
 - 5.16.2 警告標識 142
 - 5.16.3 機能表示 143
 - 5.16.4 制御装置のマーキング 143
 - 5.16.5 参照標識（番号） 143

第6章 安全性確保技術	145
------------------------------	------------

- 6.1 安全性を支える技術の流れ 146
- 6.2 安全情報抽出の原理 147
- 6.3 安全確認型 150
- 6.4 単調論理 152
- 6.5 冗長性と多重化 154
- 6.6 ダイバシティ(多様構造) 156
- 6.7 ダイナミック処理 157
- 6.8 安全関連部と非安全関連部の独立性 159
- 6.9 フェールセーフ化が推奨されている回路 160
- 6.10 フェールセーフ化の一般的方法 161
 - 6.10.1 オフ確認 161
 - 6.10.2 起動と停止及び再起動防止 162
 - 6.10.3 ノーマルクローズ型の採用 162
 - 6.10.4 強制引き離し(強制開離) 163
 - 6.10.5 相反モードによる監視の利用 163
 - 6.10.6 発振回路の利用 164
 - 6.10.7 交流信号の利用 164
 - 6.10.8 電源枠外処理 164
 - 6.10.9 フェールセーフなチェック回路の利用 165
 - 6.10.10 二重化不一致検出 165

目次

6.10.11	バックチェック	166
6.10.12	非溶着	166
6.10.13	非対称誤り特性を持つ物理的特性の利用	167
6.10.14	操作電池と接地	167
6.11	自己保持回路	169
6.11.1	自己保持回路と安全性	170
6.12	起動と停止	171
6.13	両手操作制御	173
6.13.1	偶発的操作及び無効化の防止	174
6.14	安全 PLC と一般の PLC	176
6.15	安全リレー	178
6.15.1	安全リレー	178
6.15.2	安全リレーモジュール(安全リレーユニット)	179
附属書 I	機械の電気装置のための調査書	181
附属書 II	IP コード	184
附属書 III	識別指定された電線末端を意図した機器の端子の表示法	185
附属書 IV	主な電気回路図記号	186
附属書 V	主なデジタル回路記号	192
附属書 VI	食品機械の安全・衛生設計に関する主な規格	194
引用・参考図書		203

用語の定義と略語

1. 用語の定義

安全性(safety) : 受入不可能なリスク (unacceptable risk)がないこと。

危害(harm) : 機械作業者の身体的傷害又は健康傷害。食品機械では、生産する食品を摂取した事による消費者の健康傷害、食品を製造する組織の資産、への物理的な傷害や損害も含む。

危険源/危険(hazard) : 危害を引き起こす潜在的根源

危険区域(danger zone) : 人が危険源に暴露されるような機械類の内部や機械周辺の空間。

リスク(risk) : 危害の発生確率と危害のひどさの組み合わせ。ハザードが原因となって被る可能性のある損傷または損害。

受忍限度内(許容可能)リスク(tolerable risk) : ある一定の利益を有していて、リスクが適切にコントロールされているという信頼の下に、社会がその現状を受け入れるレベルのリスク。ISO/IEC ガイド 51 の邦訳版では tolerable risk を「許容可能なリスク」と訳している。

受入れ可能なリスク(acceptable risk) : 社会的に広く受入が可能なリスク。一般的にハザードの発生確率が 100 万分の一であれば、その危険を意識していても不可抗力と見なされており、このレベルを指す場合が多い。

残留リスク(residual risk) : 保護対策を講じた後に、なおも残るリスク。

機械のライフサイクル(lifecycle of machine) : 設計、開発、試験、評価、生産、運搬、設置・調整、使用、そして解体廃棄まで含めた、機械・システムの全ての段階。

機械の信頼性(assembly of machine) : 機械もしくはその構成品や設備が、特定の条件の下である定められた期間に渡って故障せずに所要の機能を果たす能力。

リスクアセスメント(risk assessment) : リスク分析及びリスク評価を含めた全てのプロセス。

リスク分析(risk analysis) : 機械の制限の決定、ハザードの特定からリスクを推定するまで。

リスク評価(risk evaluation) : リスク分析に基づき、許容可能なリスクが達成されたかどうかを判断する。

危険源の同定 [hazard identification] : 機械装置、プロセス、作業工程に潜在する危険源をチェックリスト等を用いて、探し出す作業。

保護方策(protective measures) : リスクの低減を達成するために意図される適切な方策。

本質的安全設計方策(inherently safe design measure) : ガード等の安全装置を使用せずに機械の設計、又は運転特性を変更することにより、危険源を除去するか又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策。

付加保護方策(complementary protective measures) : ガードや保護装置を用いてリスク低減をはかる保護方策。

作業員(worker/operator) : 機械装置の運搬、据付、運転、調整、保全、洗浄を業務として行う者。

用語の定義と略語

フェールセーフ (fail-safe) : 動力や安全関連部に故障が生じたとき、圧倒的に安全な方向へ故障するような設計特性。

フールプルーフ (fool-proof) : 人的ミスがあっても、安全に関する機能提供が完全に行われる構造

危険側故障 (failure to danger) : リスクを増加させるような、機械類又はその動力供給における機能不良。

故障 (failure) : 要求される機能を遂行する能力がアイテムになくなること。

共通原因故障 (common cause failures) : 単一の事象から生じる異なったアイテムの故障。故障原因は共通。

共通モード故障 (common mode failures) : 同一の不具合モードにより位置づけられるアイテムの故障。故障モードは共通であるが、原因は異なる。

危険な故障 (dangerous failure) : 制御システムの安全関連部を危険あるいは機能障害の状態にする可能性のある故障。

不具合/障害 (fault) : 必要な機能を実行できないアイテムの状態。保全等による運転休止状態を除く。

機械の始動 (initiation) : 作業者が誤って押すことが許される。安全確保の責任は通常求められない。例：始動ボタン。

機械の起動 (start-up) : 安全確保の条件に基づいて開始される機械の運転で、運転開始には安全確認の責任を伴う。

予期しない起動 (unexpected start-up, unintended start-up) : その起動が予期できない性質であるため、危険源となる起動。

強制開離機構 (forced opening mechanism) : 電気接点に溶着故障が生じているとき、この接点間の溶着を引き剥がさない限り人は危険区域に入れないような機械的構造(例:人体が侵入するために溶着接点を引き離れた時、危険源となる可動部を必ず停止させる。又は起動に必要な安全条件信号を絶対に発信させない)。

ポジティブな機械的結合 (positive mechanical coupling) : 機械的構成部品が直接接触して、または合成要素を介して他の機械的構成部分に作用するような結合。

ロックアウト (lockout) : 非制御のエネルギー遮断装置が遮断状態の位置に施錠されている状態を意味する。遮断装置の施錠が解錠されるまで操作してはならないことを示す。

アクチュエータ (actuator) : 制御器の外部からの作動力が働く部分。例：ハンドル、ノブ、押しボタン、等の主導制御機器類がある。

アクチュエータの適用範囲は広いいため、機械安全規格では流体の持つエネルギーを与えられて機械的な仕事をするモータ、シリンダ、バルブの動作装置等は“**機械アクチュエータ**”と呼ぶ。

エンクロージャ (enclosure) : 外部要因の影響からの保護、及び任意方向からの直接接触に対する保護を目的とした囲い。キャビネット、箱、機械構造内の閉空間等が含まれる。

安全確認型システム(safety conformation system) : 安全を直接抽出して、その情報を通報するシステム。

危険検出型システム(hazard detect system) : 危険を検出して、その否定により安全情報を通報するシステム。

非対称故障モード(非対称誤り、≡フェールセーフ) [oriented failure mode] : 2 値信号 {1, 0} が 1(危険)に誤らない時を非対称誤り信号といい、1 側の誤りを生じない装置の特性は非対称誤り特性と呼ぶ。この特性を持つ機能を非対称誤り機能という。

ダイバシティ(diversity) : 異種の物理的手段または技法を用いた冗長(多様、多重)構成技術。

フォールト・トレランス(fault tolerance) : 障害発生時において要求機能を実行し続けるための機能ユニットの能力。

フォールト・レジスタンス(fault resistance) : 障害発生時において安全機能を実行し続けるための機能ユニットの能力。たとえ不具合が生じても安全機能に限っては維持する能力。

制御システムの安全関連部(safety-related parts of a control system : SRP/CS) : 安全関連の入力信号に応答し、かつ安全関連出力信号を生成する制御システムの部分又は附属部分。制御システムに組み合わされた安全関連部は、安全関連信号の発生するところで始まって、動力制御要素の出力で終わり、これは監視システムを含む。

カテゴリ(category) : 制御システムの安全関連部の分類。その故障、及び故障状態におけるそれ以降の動作に対するフォールト・レジスタンスに関する。部品の構造配置、故障検知、及びその信頼性により得られる。

安全機能(safety function) : 故障がリスクを直ちに増大させる可能性のある機械の機能。

パフォーマンスレベル(performance level : PL) : 予知可能な条件下で、安全機能を実行する SRP/CS の能力を特定するのに使用するレベル。

安全完全性レベル(safety integrity level : SIL) : 電気式/電子式/プログラマブル電子式(E/E/PE)の安全関連システムに与える安全機能の安全度要件を特定する個別レベル。完全性レベル 4 は最も安全度が高く、1 は最も低い。

安全コンポーネント(Safety components) : 安全に関わる制御システムに使用される電氣的、機械的、油空圧によるコンポーネント。

2. 国際安全規格に出てくる主な略語

ISO : The International Organization for Standardization (国際標準化機構)

IEC : International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議)

JIS : Japanese Industrial Standard (日本工業規格)

CEN : Comité Européen de Normalisation/European Committee for Standardization
(欧州標準化委員会)

CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique/European Committee for

用語の定義と略語

	Electrotechnical standardization(欧州電気標準化委員会)
EN	: Europäische Norm/European Standard (欧州規格)
prEN	: Proposal Europäische Norm/European Standard (欧州規格原案)
ENV	: Europäische vor Norm/European pre-Standard (欧州予備規格)
BS	: British Standard (イギリス規格)
DIN	: Deutsches Institut für Normung (ドイツ規格協会)
ANSI	: American National Standard (米国規格協会)
UL	: Underwriters Laboratories Inc. [(米国火災保険業者安全試験所)米国の火災保険会社の協会により設立された世界で最も古く権威ある安全試験機関が定めた規格]
FM	: Factory Mutual Research Corporation [(米国産業相互保険機構)8つの火災保険会社から構成されている民間の非営利目的の機関が定めた規格]
IRI	: Industrial Risk Insures [(米国工業リスク保険協会)火災、爆発、暴風というような災害による損害を保障する複数の保険会社で構成される機関が定めた規格]
DIS	: Draft International Standard (国際規格案)
FDIS	: Final Draft International Standard (国際規格最終原案)
Tr	: Technical Report (技術報告書)
Tc	: Technical Committee [(規格作成を行う)専門委員会]
ALARP	: As Low As Reasonably Practicable [(合理的に実施可能な限りリスクを低減させる)という基本原則]
SIL	: Safety Integrity Level [安全インテグリティレベル(安全システムにおける安全機能の信頼性の分類)4が最も安全性が高い]

第 1 章

事業の概要

国際安全規格へ対応する食品機械 JIS(全 9 種)は、平成 17 年に全てが発効した。

(社)日本食品機械工業会は、我が国食品機械の更なる安全・衛生化推進に向け、食品機械 JIS や ISO/IEC 等の国際安全規格利用促進に資する事業に取り組んでいる。当該事業は、その一環として実施するものであり、昨年発行した“国際安全規格利用手引き 機械安全編”に続くものである。

本章では、日食工が取り組む安全・衛生化推進事業における当該事業の位置づけ、目的、概要について示す。

1.1 食品機械の安全・衛生設計基準

1.1.1 食品機械 JIS の国際安全規格整合化への取り組み

(社)日本食品機械工業会(以下、日食工)が原案を作成した、食品機械の安全及び衛生に関する設計基準を定めた JIS 規格は、1988 年(昭和 63 年)～1990 年(平成 2 年)にかけて制定された。この規格は、多くの食品機械に共通する安全及び衛生設計に関する要求事項をまとめた“通則”、及び各機械別に必要な事項をまとめた 8 種類の細則からなるシリーズ規格である。細則は、製パン機械、製菓機械、肉類加工機械、水産加工機械、製粉機械、製めん機械、飲料加工機械、精米機械と、食品別のカテゴリに分かれており、細則ごとに関連機械の要求事項を定めている。

食品機械 JIS の制定後、1995 年(平成 7 年)に WTO において、国家規格の国際規格への整合化等を定めた TBT 協定¹⁾が締結された。この協定に基づき JIS 規格は、ISO/IEC 規格との整合化をはからねばならなくなった。日食工は、ISO 12100 をはじめとする国際安全規格へ適合をはかるため、1995 年より改正作業に取り組み、2004 年全ての改正作業を完了し、改正食品機械 JIS は、2005 年に発効した。

注 1) WTO/TBT 協定：貿易の技術的障害に関する協定(国際安全規格利用手引き 機械安全編 3.1.1 参照)

1.1.2 改正食品機械 JIS の普及に向けた活動

(1) 改正食品機械 JIS の特徴

前項に記した ISO/IEC 規格が定める機械類の安全性に関する設計基準は、数百もの規格によって、体系を構成している。この体系はタイプ A、B、C と呼ばれる 3 階層から成る(図表 1-1 参照)。タイプ A に属し、国際安全規格の基本概念、一般原則を定めた ISO 12100 の要求事項の適用が、メーカーに求められる。ISO 12100 は、達成すべき安全の手法や考え方を示すものであり、具体的な手法や構造は定めていない。

タイプ B 規格は、多くの機械に共通して適用可能なリスク低減方策を定める規格が属する階層。そしてタイプ C 規格は、個別の機械特有のリスク低減方策を定めた規格が属する階層と、ISO/IEC ガイド 51¹⁾ は定める。機械メーカーは、ISO 12100 が定める手順に従い、リスク低減のための適切な方策をタイプ B、C に分類される規格群から選び適用するか、又は科学的に検証可能な客観的根拠に基づく方策を採用しなければならない。

2003 年以降に発効した改正食品機械 JIS は、タイプ C 規格に属する。そのため、食品機械固有の危険源とリスク低減方策等を中心に記載するもので、タイプ B 規格が定める要求事項は重複を避けるため省いている。階層の下位に位置する規格は、上位規格の要求を引

用する構成となるため、改正後の食品機械 JIS は、単独で使用することができない。

以上のように食品機械 JIS は、改正により規格の使用方法から大きく変わったため、旧食品機械 JIS に慣れ親しんだ設計者より戸惑いの声が日食工へ寄せられた。このような業界が抱える疑問や問い合わせに答えるため、2003 年度より改正食品機械 JIS の利用促進を図ることを目的とする各種事業に取り組んだ。主な事業の概要を次項より示す。

規格の階層	ISO/JIS：機械・制御系	IEC/JIS：電機・制御系
タイプA 全ての規格に共通する概念や原則	ISO 12100 基本概念 ISO 14121 リスクアセスメントの原則	該当なし
タイプB 広範囲の機械に利用できる保護装置やテクニック	ISO 13849 制御システムの安全関連部 ISO 13854 最小隙間 ISO 14119 ガードインターロック ISO 14159 機械類の衛生要求事項 等	IEC 60204-1 機械の電気装置—一般要求事項 IEC 61496 電氣的検知保護設備 IEC 61508 電気安全機能 等
タイプC 個別の機械に関する詳細な規格	JIS B 9650 食品機械 ISO 11806 農業及び林業機械 等	IEC 60335 シリーズ 家庭用電気機器 等

図表 1-1 国際機械安全規格の階層化構成

(2) 食品機械のリスクアセスメント実施マニュアルの作成

改正前の旧食品機械 JIS は、“規格の階層化”や“リスクに基づく保護方策の採用”等、ISO/IEC ガイド 51 が示す概念に基づいていない。旧食品機械 JIS を含め、1995 年以前の多くの JIS は、要求事項をチェックリストにすることで、規格への適合を容易に確認することができた。しかし ISO/IEC ガイド 51 に基づく国際安全規格は、使用者が要求する受認限度内(許容可能)のリスクにまで低減をはかるリスクベースド・アプローチ¹⁾を求める。そのため、特定のリスクをどのように、あるいはどこまで低減させるかといった判断は、機械の仕様や信頼性、コスト等の情報に基づき、機械メーカー及び使用者が判断すべき事項となる。このように 1995 年以降、安全設計に対するアプローチから根本的に変わってしまった。

そこで、日食工では会員企業の要望を受け、業界の安全設計に対する取り組みを支援するため、2003 年度に「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」を作成・発行した。このマニュアルでは、食品機械産業専用の“危険源同定方法”、“リスク見積り方法”“リスク低減手順”などを開発し、広く業界内外へ公開した。リスクアセスメントに不可欠である危険源同定やリスクの見積りに関する手法は、幾つかの規格や書籍が取り上げている。しかし、それらは全て作業者が傷害を受けるリスクを対象としたものであり衛生リスクについて記載したものは皆無であった。日食工が作成したマニュアルは、作業者の傷害リスクと共に、衛生リスクについても見積もることを想定した我が国初の内容となっている。

さらに危険源の同定作業についても、通常は ISO 14121 が示す危険源リストから危険源を探し出す“チェックリスト法²⁾”を多くの文献は紹介しているが、食品機械では温度、圧力、流速、粘度、質量といったプロセスパラメータの非定常状態からの逸脱による危害が多く発生するため、このプロセスパラメータから危険源を見つける手法である“HAZOP²⁾”を併せて紹介する等、個性的な内容となっている。

注 1) ISO/IEC ガイド 51 は、安全設計に向けたアプローチとして「製品、プロセス又はサービスを使用することから生じるリスクを低減することに基づくアプローチを採用する」ことを定めている。「国際安全規格利用手引き 機械安全編」3.1.2 参照

注 2) 危険源同定方法については「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」4.2.4 参照

(3) 食品機械の取扱説明書作成ガイドラインの作成

ISO 12100 では、取扱説明書や警告ラベルの検討をリスク低減手順の最後に位置づけられる第 3 ステップにおいて実施する方策と定めている。同規格では、残留リスクへの対応は設計により低減をはかるものであり、安易に取扱説明書や警告ラベル等の“使用上の情報”を採用することを厳しく禁止している。

取扱説明書や警告ラベル等の使用上の情報は、機械を安全に、かつ正しく使用するために必要な情報を使用者へ伝える機械部品の一つである。ISO 12100 では、取扱説明書等の使用情報には、運転方法だけでなく“機械の制限仕様”“残留リスク”“採用したリスク低減方策”等、様々な情報の記載や、編集上の要求まで広く定めている。しかしこれらの要求の多くは概念的な内容であるため、具体的な取り組みはメーカ各社の解釈に委ねられている。取扱説明書の作成方法を解説する書籍は、ほとんど PL 法対応を目的としたものばかりで、2004 年当時には ISO 12100 の視点から取扱説明書の作成方法を解説した書籍は、やはり見あたらなかった。そこで、日食工は 2004 年度に安全を達成するための保護方策最後のステップとなる取扱説明書に関するガイドライン作成に取り組んだ。

当ガイドラインは、機械安全 ISO/JIS の要求を満たす取扱説明書とするために必要な記載事項、記載方法、表現、等について、できる限り具体的に、そして事例を交えながらまとめたものである。取扱説明書は PL 訴訟に大きな影響を与える重大な要素である。そのため当ガイドラインの製作は、米国及び我が国における取扱説明書の不備により生じた事故やその判例に関する調査結果を参考に PL の視点もかけ合わせ、専門家の指導に基づき慎重に検討を行った。

(4) 国際安全規格利用手引き 機械安全編

食品機械 JIS は、多くのタイプ B 規格を引用している。これは、タイプ B 規格として規格化された要求の解釈の誤りを防ぎ、要求事項を統一すると共に重複した記載を避けるためである。また、機械の“使用上の制限仕様”¹⁾により、同じ危険源であっても“残留リスク”、及び“受忍限度内(許容可能)リスク”のレベルは異なる。そのため、食品機械 JIS にはリスクを低減するための具体的な方策を示さない性能要求も多い。

以上に示す食品機械 JIS の特徴を考慮し、設計者は危険源とその危険源から生じるリスクを低減するために“費用便益評価”¹⁾の考えに基づき最も適切な方策を絞り込まなければならない。しかしタイプ B 規格は食品機械に関するものだけでも百種類以上に及ぶ。また、規格によっては、一つの規格に複数種の保護方策を包含し、そして又あるものは、タイトルから要求事項を想定できない等の問題がある。国際安全規格体系は規格間で要求の統一性を持たせる合理的な仕組みである反面、設計者にあらかじめ一定の知識を要求する。この特徴は、規格に近寄りがたい印象を与えてしまう短所の一つとも言える。

そこで日食工は、2005 年度に食品機械に関係すると思われるタイプ B 規格に属する機械安全系規格の利用を支援するため“国際安全規格利用手引き 機械安全編”を作成、発行した。同書は ISO 12100 が定める“本質的安全設計”“安全防護・付加保護方策”の要求に従い、規格の名称、番号、要求の概要等を整理・解説する。

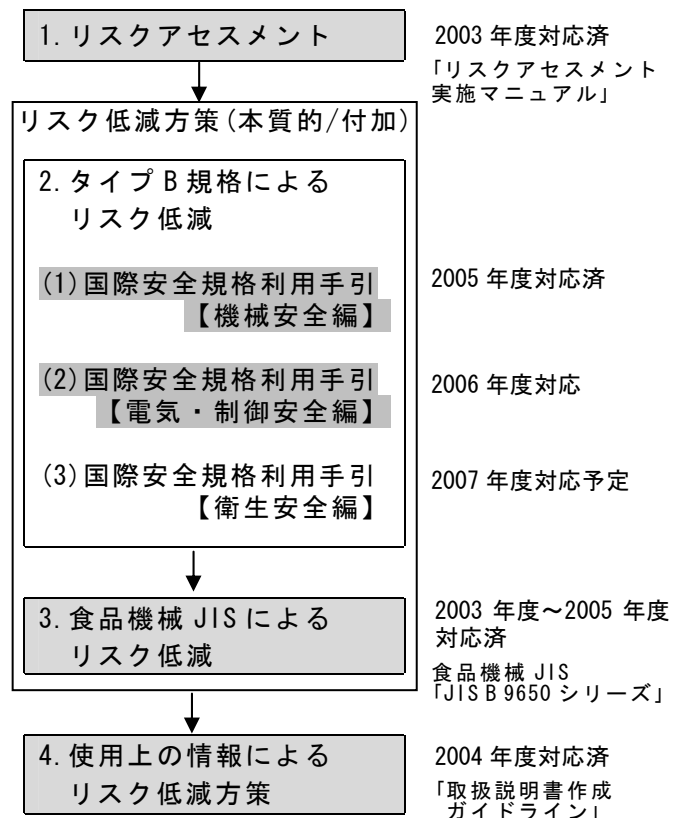
“機械安全編”では、機械の幾何学的形状、ポジティブな機械的作用原理、人間工学的方策、ガード等、制御上の方策を含まない構造上の方策を中心にまとめた。

注 1) 「国際安全規格利用手引き」3.2.2 参照

(4) 今後の予定

ISO/IEC が定めるリスク低減プロセスは、“本質的安全設計方策”“安全防護・付加保護方策”“使用上の情報”の 3 つのステップからなる。図表 1-2 は、このプロセスを便宜上変形し、日食工が過去に取り組んだ調査研究、及び今後予定する調査研究が、3 ステップのどこに位置づけられるかを示すものである。図表 1-2 に網掛けによって示す箇所はすでに完了した調査研究である。本書は、2. (2) に該当する。

2005 年度から取り組んできた、食品機械 JIS に関連する規格の利用手引き作成は、“衛生安全”を残すのみとなった。2007 年度は、手引き書の完結編となる衛生安全に取り組む予定である。以上の調査研究の実施を持って、改正食品機械 JIS の利用を促進・支援するための一連のプロジェクトは完結する。



図表 1-2 リスク低減方策への日食工の対応

1.2 事業の概要

1.2.1 事業の目的

食の安全に対する社会的要求の高まりに呼応するように、食品加工機械類の一層の安全設計が求められてきている。このような社会環境に対応し、我が国食品機械の安全・衛生化の更なる推進に努めるため、日食工は、国際安全規格に基づく安全・衛生化活動に積極的に取り組んでいる。

食品機械 JIS を利用するためには、国際安全規格の理解が不可欠である。しかし、百種類を超える規格の理解を各企業が独自に取り組むことは、負担が大きく、困難であるのが現状である。そこで、日食工では 2005 年度より、業界における食品機械 JIS の利用を促すと共に、国際安全規格に基づく機械の安全・衛生化に取り組む企業を支援するため、技術者の規格利用を助ける「手引き書」作成に取り組んだ。

食品機械に関連するタイプ B 規格の数は、膨大であるため、“機械安全”“電気・制御安全”“衛生安全”のカテゴリに大別し、シリーズとしてそれぞれ調査研究に取り組む事とした。2005 年度に取りまとめた「機械安全」に関する手引き書に続き、2006 年度は「電気・制御安全」に関する調査研究を実施し、当報告書を取りまとめた。

1.2.2 事業の実施過程

本事業の実施にあたり、日食工に特別委員会「食品機械の安全設計対応に関する調査研究委員会(安全設計調査研究委員会)」を設置し、2006年6月から2007年3月の間に合計3回の本委員会、並びに数回に及ぶ少人数によるワーキンググループを開催した。

委員会には、日食工の会員企業だけでなくユーザー企業、並びにセーフティエンジニアリングや機械安全 ISO/JIS、労働安全等、当該事業に関する分野に精通した多くの専門家を招聘し、ご参画いただいた。また、当該事業の主査には、我が国で唯一“安全工学”に関する専門教育を行う長岡技術科学大学の名誉教授、田中紘一先生をお迎えし、当委員会における調査研究指導、及び報告書の監修にあたっていただいた。

当委員会が取り組んだ事業の概要は次の通りである。

- (1) 食品機械の電気安全に関する国際規格 (ISO/IEC) の調査・研究
(ISO12100-2 に関連した電気・制御安全に関するタイプ B 規格の調査・研究)
- (2) 国際基準を踏まえた食品機械の電気に関する保護方策の具体的事例に関する調査・研究
- (3) 上記調査研究に基づく安全設計のための手引き書の作成

1.3 本書の利用方法と制御安全の基礎的プロセス

1.3.1 本書の利用方法と記載事項の概要

(1) 本書の利用方法

本書は、食品機械のリスク低減に関する電気及び、制御システムの安全関連部の要求を定めたタイプ B 規格の利用を支援する手引き書としての利用を想定している。

電気・制御に関する国際安全規格は、制御盤の設計や設置等の電気関連部の「安全構造」、と作業者の安全を確保及び安全な食品を生産するための安全情報を抽出し機械の動作を制御する「制御システムの安全関連部」に大きく分けることができる。特に安全制御機能に関する面では、制御システムの安全関連部に関する規格 ISO 13849 が 2006 年 11 月に全面改正され、ソフトウェアや信頼性、妥当性確認等を含めた“機能的な安全性”が一層強調される内容となった。この傾向は今後ますます強まると想定される。安全関連部とは、主に安全性に関わるドアスイッチ、リミットスイッチ、センサ、PLC(Programmable Logic Controller)等のいわゆる“安全コンポーネント”を指す。食品機械では主にこれら安全コンポーネントは、専門メーカーから購入するため、ここではソフトウェアや安全関連機能の信頼性、妥当性確認、等に関する要求は紹介程度に留めた。安全制御機能の信頼性は、それだけで膨大な解説を要するため、ここでは、電気・制御安全について、設計者の配慮が不可欠な最低限のポイントに絞り込んでいる。従って、本書は「国際安全規格利用手引き」であると同時に、電気・制御安全の入門書としても利用可能と考える。

本書が重点的に扱う事項は以下の通りである。

- ①**電気安全構造**：IEC 60204-1:2003 が扱う「電源の接続と断路」「感電保護」「過電流等からの装置の保護」「接地」「エンクロージャ」「配線/ケーブル」。
- ②**安全関連部の制御システム**：ISO 13849-1:1999 が扱う、安全情報を用いた制御カテゴリ。改訂により 2006 年版から加わった、パフォーマンスレベルなどの信頼性については紹介のみ。

次章以降、上記の関連要求事項の概要とその解説をそれぞれ章を改め記載した。機械に用いる配線等を含めた制御盤の設計、及び制御システムの安全関連部に関する検討の際、該当する章を参照して頂きたい。

なお、IEC 60204-1 が主に扱う、制御盤、電源、配線、遮断機、接地、等の電気安全構造系に関する事項について我が国では、JEM 規格(日本電気機械工業会規格：通称 JEM)が長く各業界で使用されてきた。そのため現在もなお、JEM 規格を参照するメーカーは多い。しかし、JEM 規格の一部の要求事項は、ISO/IEC と整合していないものもあるので、設計者は

このことを考慮する必要がある。

(2) 設計プロセスから見た本書が記載する電気・制御安全の概要

電気・制御系と機械系の保護方策は、安全コンポーネント等の一部を除き、基本的に異なる。しかしリスクアセスメントは、危険源の見落としや残留リスク、及びコストを考慮した最善な方策を求めるために、機械系技術者及び電気・制御系技術者双方が共同して取り組むことが重要である。リスクアセスメントに相互の知識と経験を用いることで、作業の精度を高めると共に、効率的な運営が期待できる。

ISO 13849-1:1999では、保護方策の選択及び設計のためのプロセスを図を用いて紹介している。この図を図表 1-3 のように修正し、プロセスの流れごとに参照すべき規格、並びに本書参照部を示す。同図に示すとおり、リスクアセスメントまでは、電気・制御系と機械系技術者による共同作業とし、リスク低減方策の検討からそれぞれ分野ごとに別れて検討する事が望ましい。ただし、ISO 12100-1 に示される 3 ステップメソッド^{注)}に従い、保護方策の検討と、リスクアセスメントは、反復して実施されることが必要である。

注) 3.3.1 参照

「国際安全規格利用手引き 機械安全編」3.2 でも解説している

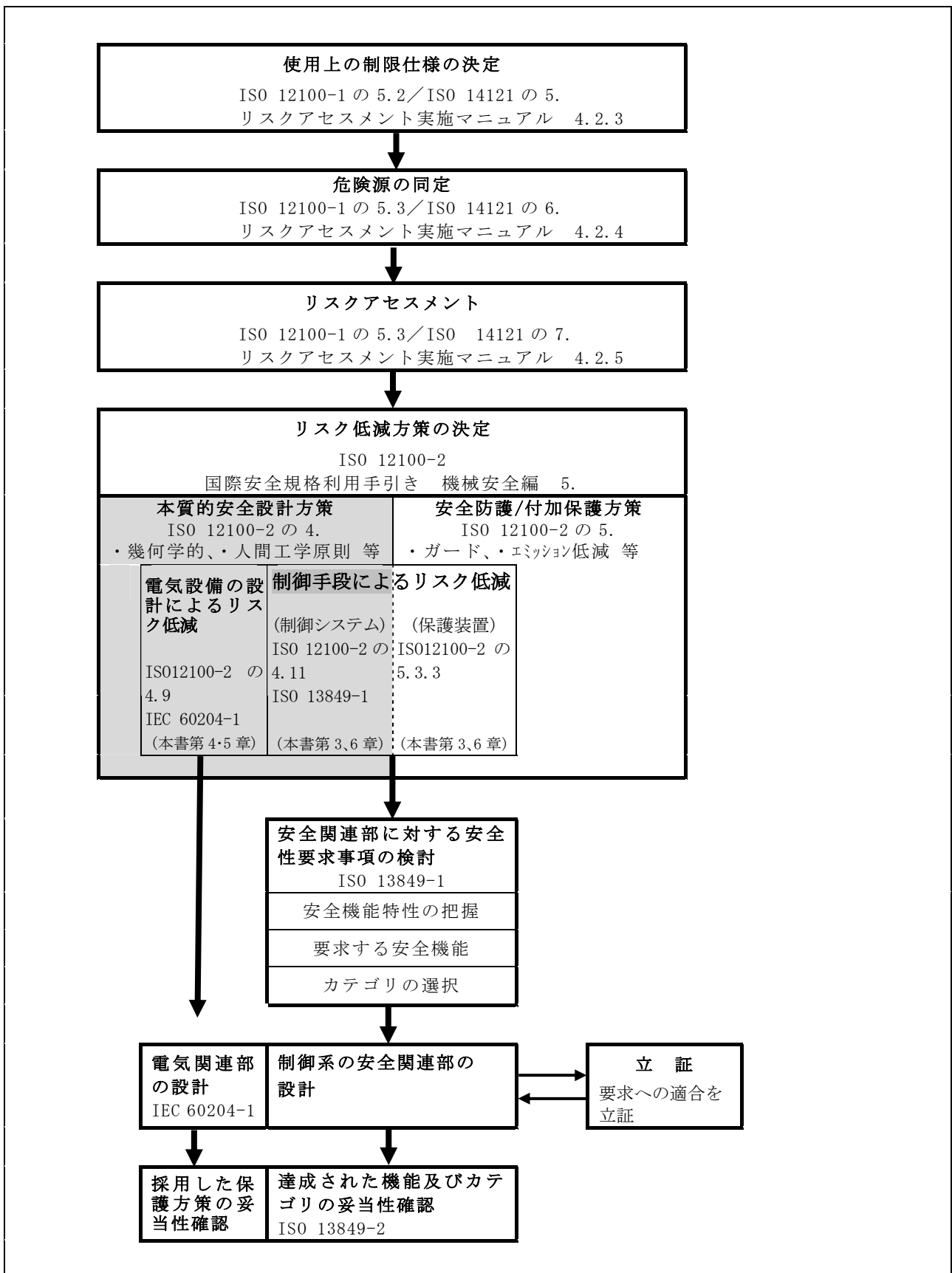
(3) 本書が想定する読者

本書のタイトルは“電気・制御安全編”となっている。しかし、本書が電気・安全関連部の制御系技術者のみを対象としているということではない。

制御には、ISO 13849-1 が示す制御のカテゴリを実現させるための各種テクニックを含む。各種テクニックには、安全情報を抽出するための、スイッチ、センサや、情報を伝達するためのリレー等、安全コンポーネントが含まれる。これらの安全コンポーネントは、機械表面に設置するものも多く、また機械の構造にも関わるため、電気・制御系を担当する技術者だけでなく、機械系の技術者にとっても、不可欠な情報である。

また、企業によっては機械系の設計者が、安全コンポーネントの選択、設置場所の設定、情報の加工方法、等を決めることもある。このような企業においては、技術者は国際安全規格が示す「安全情報抽出の原理 (6.2)」「非対称誤り特性 (6.10.13)」「単調論理 (6.4)」といった制御安全に関わる基礎的な事項に対する知識を有していなければならない。

以上のことから本書が示す事項は、電気・制御系に関わる全ての技術者に対する必須情報である。

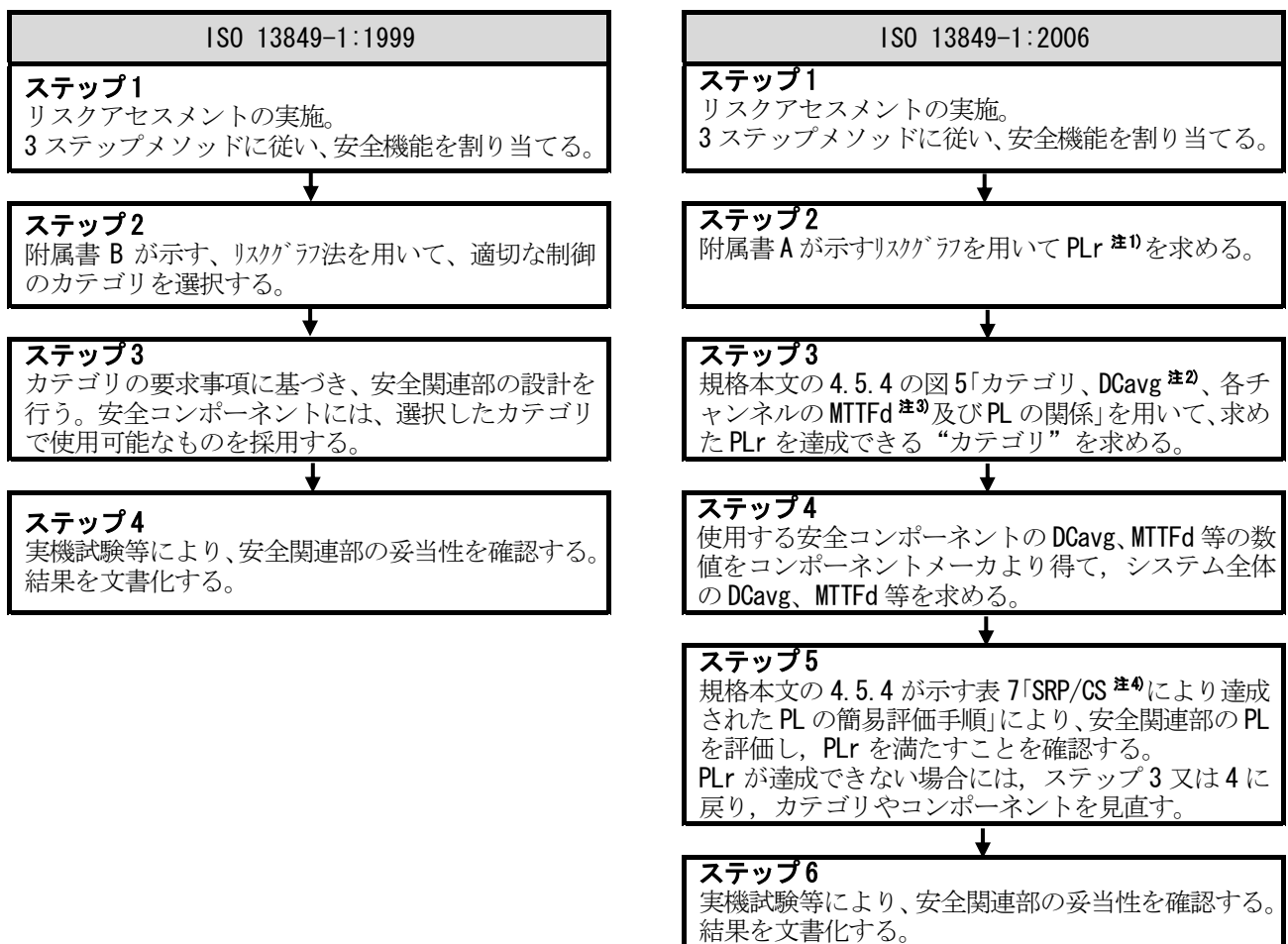


図表 1-3 “電気” “制御系の安全関連部” のリスク低減を目的とする設計の流れ

1.3.2 制御手段によるリスク低減の検討手順

食品機械を含めた全ての機械類の安全設計は、リスクアセスメントの結果に基づかなければならない^{注1)}。制御による保護方策も同様である。リスクアセスメントから適切な制御の保護方策を選択する手順は、ISO 13849-1 が規格の中で示すが、2006 年に行われた改訂により手法がやや変更された。ここでは ISO 13849-1:1999 と ISO 13849-1:2006 を同時に示し、保護方策選択手順の概略を述べる。ただし ISO 13849-1:2006 の手順については、当該原稿執筆の時点で規格の適用を詳細に解説する書籍はまだないので、ここでは附属書 1 に記載されている内容を参考に概説する。詳細な手順については ISO 13849-1:2006 図 1 を参照。

注 1) 食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル参照



注 1) 本書 3.3.2 項「パフォーマンスレベル」参照

注 2)、注 3) 本書 3.3.4 項「カテゴリ」参照。今後セーフティコンポーネントメーカーは、これらの数値を明示することになると思われる。また、カテゴリ B、1 はでは DCavg は考慮しない。

注 4) 制御システムの安全関連部 (Safety-related part of a control system)

備考 1: このステップには危険源に対する「安全情報」抽出しか含んでいない。

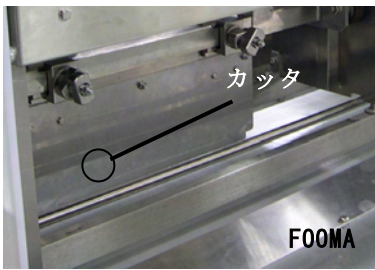
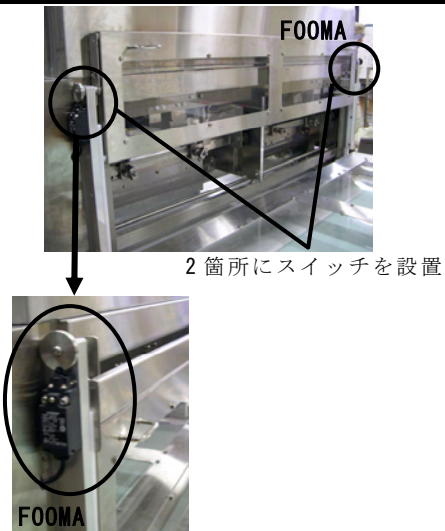
備考 2: 設計時には「起動」「停止」「再起動」等、他の制御も考慮しなければならない。

備考 3: 安全関連部には、PLC 等の複雑な電子機器は用いず、ここでは全てハードワイヤによって構成するものとした。

図表 1-4 制御の安全関連部の設計手順例

ISO 13849-1:2006 は発効したばかりであるため、この規格が示す手法はまだ一般的となっていない。安全コンポーネントメーカーのカタログにも DCavg、MTTFd 等のデータは示されていない。しばらくは ISO 13849-1:1999 が示す手法がそのまま用いられることになると思われる。

以下に図表 1-4 に示した ISO 13849-1:1999 の手順に従い、カテゴリ選定から安全コンポーネント設計までの主なプロセスについて、簡単な検討例を図表 1-5 に示す。

ステップ	主な検討内容	実施内容のイメージ
ステップ 1.1 リスクアセスメントの実施 ・危険源の同定 ・リスクの見積り	カッタにより指を切断する可能性のある危険源を同定。 指切断の可能性有。 作業時に頻繁に作業者のアクセス有。	
ステップ 1.2 リスクアセスメントの実施 リスク低減方策の決定	安全防護である、インターロック付き可動式ガードを採用	保護方策検討の手順 1. 本質的安全設計方策 ↓ 2. 安全防護、付加保護方策 ↓ 3. 使用上の情報
ステップ 2 制御のカテゴリの選定	ISO 13849-1:1999 附属書 A のリスクグラフを用いて、カテゴリ 3 が妥当と判断	カテゴリ 3 ・十分吟味された安全原則の使用 ・単一の不具合で安全機能を喪失しない ・実施可能なら単一の不具合を検出する
ステップ 3 カテゴリの要求事項に基づく安全関連部の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・カテゴリ 3 以上の安全関連部に使用できるカム型の安全スイッチを扉の両側に 1 つずつ、合計 2 箇所設置。 ・2 つのスイッチから出る安全信号がなければ起動しない、ON 信号の AND 回路とする (6.3、6.4 参照)。 ・可能ならば、安全スイッチの不具合検知に b 接点を用いたバックチェック (6.10.11 参照) を採用する。 ・カテゴリ 3 以上に対応したセーフティリレーユニット (6.15 参照) をこの回路に使用。 	

(協力：レオン自動機株)

図表 1-5 保護方策の決定から制御による保護方策の実施までの流れ

1.4 本書の内容

1.4.1 第2章 機械の安全と電気

電気から生じる主な危険源には、作業者の感電、機械設備の誤作動、偶発起動、漏電による火災、等がある。これらの危険源から生じる危害とその危害を防止するための考え方を解説する。電気・制御安全に関する国際安全規格は、ここに紹介する危害を防止するための詳細な保護方策の事例を提供するものである。本章は、国際安全規格やこの「手引き書」本体となる3章以降を読む前に一読することにより、電気・制御によるリスク低減に取り組む技術者が、規格が対象とするリスクとその低減方策をイメージして頂くのに役立つと考えられる。

なお、本章が記載する危害は、電気・制御に由来するものであるが、機械系の設計だけでなく機械の仕様にも強く関わる事項である。従って機械系の技術者、及び設計、技術、開発の管理責任者の方々にも一読頂きたい章である。

1.4.2 第3章 制御系の安全関連部の設計

本章は、リミットスイッチを用いたガードインターロック、及びセンサなどの検出機器、等の安全コンポーネントを用いる保護方策の設計プロセスで明確にすべき事項について示す。

安全コンポーネントを用いたリスク低減方策は多数有り、それぞれ特徴がある。この特徴により、用いる場面や用途を誤ると、機器が備える安全性が十分発揮できないばかりか、新たな危険源を生み出すことにもなる。制御に関わる保護方策の設計を行う技術者は、本章を十分理解し、適切な“安全コンポーネントの選択”、及び“抽出した安全情報の利用法”について考えなければならない。

本章は安全関連システムに関わる技術者にとって最も重要な章と言える。

1.4.3 第4章 電気装置の安全構造

電気装置の構造や、使用する電機系ケーブル等の選択は、機械の性能要求に関するものではなく、構造要求の要素が強い。規格が示す構造は、最低限満たすべき構造と考えられるので、要求事項はチェックリストにして利用することもできる。

本章では主に IEC 60204-1:2003 附属書 B が示す、電気装置設計時に設計者が考慮しなけ

ればならない事項を中心に提起し、解説する

1.4.4 第5章 電気装置一般仕様書

制御盤の構造は、電氣的危害発生を防止するために重要である。機械作業者の安全を考慮せず、電装盤の製造作業を容易に行うことを優先したことから生じる事故が毎年多発している。本章は、制御盤を社内で作成する際に参考とする資料としてだけでなく、制御盤の製作を外部へ発注する際に提示する、仕様書として活用が可能な安全構造仕様の例を解説する。本章が取り上げる事項も第4章同様、構造要求である。

1.4.5 第6章 個別安全制御技術

第3章において、安全関連部の制御に関する設計の概要を解説している。本章は、第3章に示す制御による保護方策を実現させるための具体的なテクニックを扱っている。

ISO 13849-1では、リスク低減に関わる制御システムの安全関連部の構造をカテゴリにまとめ、リスクに応じた選択を求めている。しかし、規格はそれぞれのカテゴリが備えるべき性能要求しか示しておらず、具体的な方策は各企業が検討すべき事項としている。規格の要求を満たす制御を独自に検討できる企業は限られるため、本章では、制御システムの安全関連部として主に利用される代表的な構造を具体的にシーケンス回路図と合わせて示す。また、それらのカテゴリを満たすために必要な安全情報の抽出方法、扱い方等の主な手法も取り上げる。

1.4.6 附属書

(1) 附属書Ⅰ 機械の電気装置のための調査書

機械装置の使用者が、メーカへ提示する電気装置に関する情報(仕様)の例を示す。この調査書は IEC 60204 附属書 B に示されているものを使いやすくまとめたものである。機械メーカが電気装置を外注する場合にも使用することができる。

(2) 附属書Ⅱ IPコード

制御盤や電動機等のエンクロージャの構造要求に IP コード(保護等級)が使用される。IEC 60529 が定める分類をイラストを交えて一覧として示す。

(3) 附属書Ⅲ 識別指定された電線端末を意図した機器の端子の表示方法

電線端末の識別方法を IEC 60445 は定めている。図面を作成する際に必要な表示を一覧にして示す。

(4) 附属書Ⅳ 電気回路図記号

シーケンス制御回路図などを示すために電気図記号は不可欠である。この図記号に、長く JIS C 0301(廃止)が使われてきた。また、企業によっては企業独自の図記号がある場合がある。回路図は使用者へ提供する情報である。このような誰でも読めなければならない書類は、共通の記号によって作成されるべきである。

1995年に締結された WTO/TBT 協定に従い、我が国の電気図記号の規格 JIS C 0301 はすでに廃止され、IEC が定める IEC 60617 シリーズに従った JIS C 0617 シリーズが 1999 年に発効している。附属書Ⅳでは、食品機械の回路図に使用されると考えられる主な図記号を紹介する。

(5) 附属書Ⅴ 主なデジタル回路記号

安全に関する制御回路を示す際、シーケンス回路図よりも論理記号を用いたデジタル回路図で表した方がわかりやすい。また、デジタル回路図は回路の妥当性を容易に確認できるなどの特徴がある。ここでは、ANSI Y 32.14 が示す主な記号を紹介する。

(6) 附属書Ⅵ 食品機械の安全設計に関する主な規格

食品機械の設計の際、リスクや採用を決めたリスク低減方策により、国際安全規格を参照する必要がある。ここでは、関連する ISO/IEC 規格を対応する JIS 規格と共に一覧として示す。

第 2 章

機械の安全と電気

電気は現代文明を支える最も基本的なエネルギーである。機械の動力源であり、さらに機械の制御と安全装置も電気を利用している。機械の機能を実現するために電気エネルギーを利用し、機械の制御を電気電子でおこない、更には安全系も電気を使用している。

電気への依存度が大きいだけに電気の取り扱いや不具合（障害）によっては働く人への災害になる。電気が人体に流れて起こる感電災害、電気が漏電して火災、制御機器不具合による事故、電気火花が周囲の引火性ガスや粉塵に着火する爆発災害、電磁ノイズによる電子機器の誤動作、静電気による事故や自然現象である雷による事故、のように電気が直接関係する災害は多い。

本章では機械における電気と安全との関わりについて述べる。

2.1 機械の安全とフェールセーフ

機械類は、生産、運搬など多種多様な分野に広く使用されている。機械の特徴のひとつは人に出せない大きな力と速度を発揮できることである。ここには大きなエネルギーが存在し、エネルギーの取り扱いには電気と制御が欠かせない。

機械は壊れるもの、人は誤るもの、を前提にして考える。機械の壊れ方はその兆しがあるものが多い。それに比べて電気系統の不具合は予兆なしに突然発生する。機械の機能、性能は制御系に依存している部分が多いので電気系統が機能しなくなると大変困る。安全装置も制御系との関わりがあるので電気系統の不具合は事故に直結する。

機械メーカは、機械が壊れないように、故障しないようにという努力を永年続けてきた。これが信頼性を向上させた。信頼性を高くするには、良質で厳選された部品を採用する方法と、システムを多重化して1つのシステムに不具合が生じたら他のシステムに切り替える冗長化（多重化）を採用する方法がある。ジェット旅客機、原子力発電所、一部の化学プラントなどでは良質な部品を使用しかつ多重化が行われている。規模が大きく、安全状態である停止に移行するに時間を要する分野である。

それに比較すると、産業機械（工場設備、工作機械、食品機械、印刷機械、など）は、規模が小さく安全状態である停止へ即座に移行することが可能であり容易である。原子力発電所の事故と不具合が生じたら停止させられる産業機械とは発想が全く違うといえる。ここで機械は壊れるものであるから、故障しても人が怪我をしない、人命を失わないような機械を作ろうという考えがあり、これをフェールセーフという。機械が壊れた場合、目的の機能（たとえば生産する、運搬するなど）が発揮できなくても災害を起こさないことを優先している。これに対して故障になりそうな部分をあらかじめ2重化、あるいは3重化しておき故障した場合にシステムを切り替えて機械の目的の機能を保つ考えがある。これをフォールトトレランスという。故障を許容する考えである。ジェット旅客機に搭載してある航法用コンピュータが3重化されているのがその好例である。

信頼性を高めることは、機械の一部が故障しても機械の機能を失わせないことが目標であるが、安全性を高めることは、機械の一部が故障した場合に機械の機能を失っても人に危害を与えない事の違がある。本報告書は一般の産業用機械を対象としており安全性とフェールセーフを取り扱う。なお、国際規格ではフェールセーフの用語を使用しない方向である。それはこの機械はフェールセーフであるというとな法的な責任問題が発生する国があるので国際規格ではフェールセーフの用語の使用を控えている。

機械の運転には人間の操作が常に伴う。「人は誰でも間違える」ことを前提にして機械を設計しなければならない。人間が間違っても安全であるためにフルプルーフの概念があ

る。人間であるから、誤判断や誤操作がある。ベテランでも、会社の社長でも、高度な教育を受けた人でも「誤」から放免されない。産業の現場、医療の現場、教育の現場でもすべて「人は誰でも間違える」と想定しなければならない。Fool を未熟練者（十分に訓練を受けていない人）や愚人、あるいは低位と見下している人と取り間違えると、自分はフールでないからそのような間違いは起こさないと勘違いをする。プルーフは、耐性がある、あるいは備えがあることをいう。

フール・プルーフとは、ミスやエラーに対して備えができていることを言う。実現の手段はいろいろある。例えば、アメリカのガソリンスタンドではセルフサービスが一般的で、レギュラーガソリンとハイオク、軽油を間違えて給油できないように車の燃料タンクと給油ポンプ側のノズルが燃料の種類によって違うことはよく知られているフール・プルーフの一例である。車の自動変速機のシフトレバーに、段差がついていてニュートラルから D（ドライブ）にはすぐ行けるが 2 や 1 のポジションにすぐに入らないのも人間工学的にフールプルーフを備える仕掛けといえる。

2.2 感電と絶縁

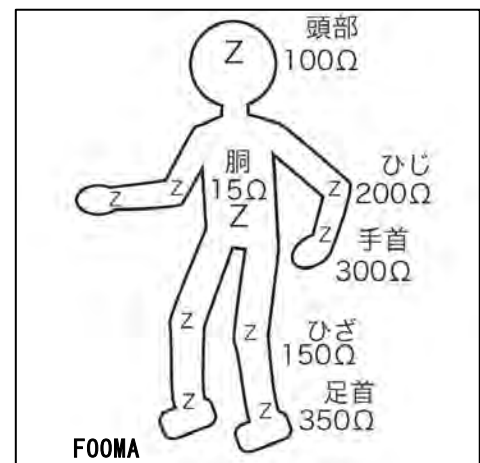
電気と安全というとな誰もが最初に感電による危険に気づく。感電とは、人体を通過する電流により死亡その他の影響を受けることである。配線や電気機器の通常の使用状態で電気が供給（または蓄積）されている部分を回路または充電部、大地と絶縁されている回路の絶縁が低下して大地に電流が流れる故障を地絡といい、災害用語である漏電は一般には地絡故障を指す。

感電は直接接触と間接接触に大別できる。直接接触は人体が充電部に直接接触し電流が人体を經由して大地へと流れることをいう。間接接触は電気機器内の絶縁が低下し充電部が金属製の外箱、鉄台、筐体（エンクロージャという）に地絡（この地絡を特に漏電という）したため金属部の対地電圧が上昇しており、この状態で人体が金属部に接触して人体に電流が流れることをいう。

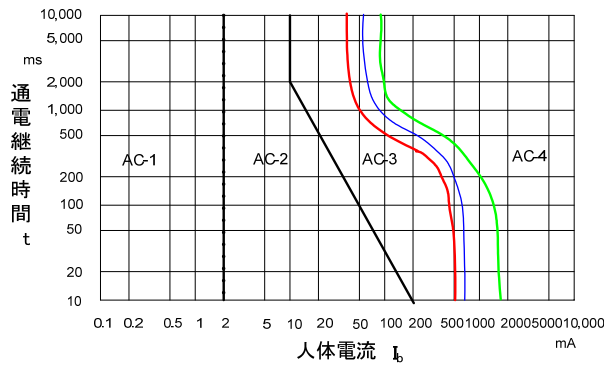
2.2.1 人体を流れる電流の危険性

人体は電氣的に見ると図表 2-1 のようにインピーダンス（ほとんどが抵抗分）の概念で示すことができる。皮膚の湿り、接触面積、接触圧力、接触時間で変動し非線形である。Z はインピーダンスを表す。

電流（商用周波）が皮膚に接触すると、50%の人は 0.5mA で皮膚に感じ、5mA でかなりの痛感、10mA で耐えられないほどの痛み、30mA では筋肉が痙攣、50mA では自力で電気回路から離脱できなくなるほど相当危険になり、100mA 超では心臓細動になって致命的結果となる。なお直流電流では交流電流の 2 倍から 4 倍の電流で同じ刺激効果がおきる^{1) 2)}。なお比較的軽度の感電であっても二次災害（溺死、墜落）を招ねく事もあるので注意が必要である。図表 2-2 に人体に流れる電流 I_b と通電継続時間 t による人体への影響を示す。



図表 2-1 人体インピーダンス
(IEC 60479-1 を簡略化)



AC-1 : 反応無し
 AC-2 : 有害な生理的反応無し
 AC-3 : 筋肉収縮、呼吸困難
 AC-4 : 心拍停止、呼吸停止、重度の火傷。時間と電流による。

図表 2-2 人体電流/時間の影響 (15~100Hz)
 (出典 : IEC 60479 を簡略化)

2.2.2 接触電圧と危険電圧

前述のように感電は電流が関係している。しかし現場では測定の容易さから電圧表記が好まれる。電撃時に人体の両端にかかる電圧を接触電圧という。接触面積が小さく皮膚乾燥時の片手または片足の抵抗は 500Ω (図表 2-1 参照) であるので、片手一両足では約 750Ω となり心室細動相当の 50mA が流れると接触電位は 37.5V (商用周波数において) となる。人体への危険電流、電圧について国内法規に規定はないが、労働安全規則 (第 36 条) では、50V 以下の充電電路の業務は特別教育を必要とする業務から除外していること、国際規格^{3) 4)}では AC25Vrms 又は DC60V 以下の使用電圧は、特定の条件下であれば感電保護を考慮しなくて良い電圧としていることなどが参考になる。

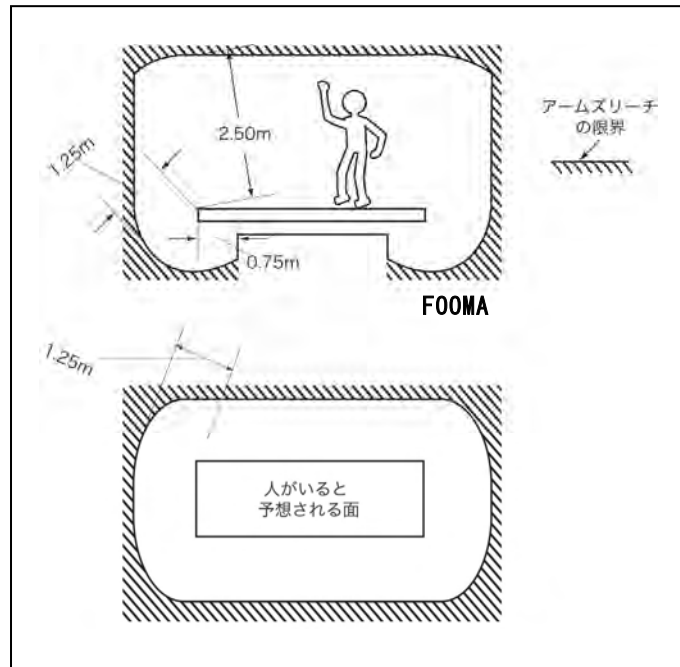
2.2.3 感電災害の防止

図表 2-3 に感電保護の方法を示す。

保護の対象		保護手段	
直接 接触 保護	意図的および無意識な直接接触に対する保護	絶縁 バリア エンクロージャ オブスタクル アームブリーチの外	
	直接接触に対する追加の保護	漏電遮断器	
間接 接触 保護	保護導体がある	電源の自動遮断	過電流遮断器 漏電遮断器
		絶縁状態の連続監視	絶縁監視装置
	保護導体がない場合	自動遮断、絶縁監視によらない保護	クラス II 機器 電気的分離 アースフリー用局部的ボンディング
注) 保護導体とは接地されているアース線などをいう			

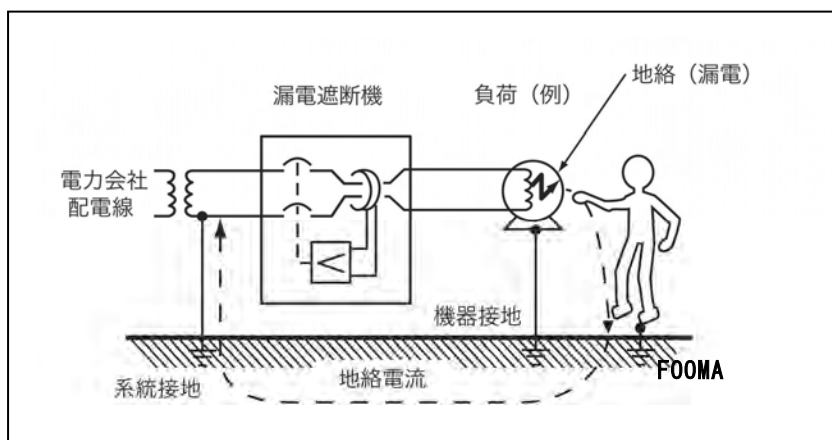
図表 2-3 感電保護の方法

直接接触の保護手段には、絶縁、バリア（人の接近を阻止する物理的障害物）、エンクロージャ（筐体、キュービクル）、オブスタクル（充電部に無意識に接触するのを防止するカバー、ガードなど）³⁾、及びアームズリーチ（図表 2-4）⁵⁾がある。



図表 2-4 アームズリーチ

間接接触からの保護手段は、絶縁の確保、接地と保護機器の使用がある。良く使用される保護機器には、過電流遮断器（ブレーカ、フューズなど）と漏電が発生した回路を遮断する漏電遮断器（図表 2-5）がある。感電防止には定格感度電流が 30mA 以下、動作時間が 0.1 秒以内、すなわち高感度高速形の漏電遮断器を使用する（労働安全衛生規則第 333 条）。



図表 2-5 漏電遮断機による間接感電保

2.2.4 現場における安全対策

工場の電気設備や建設現場の電気安全は、絶縁管理、接地管理、デマンド（電力消費量）管理にくわえて保護具（作業者の身体に着用するもの）と防具（露出充電部に装着するもの）の使用と適正な管理が必要である。またアーク溶接機の自動保護設備の使用や移動式発電機を使用する場合には発電機と負荷とのあいだに漏電遮断器を入れることを推奨する。

2.2.5 電気絶縁と安全

感電災害の防止対策は、電気絶縁の維持と、接地を適切に接続することともいえる。絶縁物に電圧を印加したときの電流の流れにくさが絶縁抵抗であり、電圧に耐える能力が絶縁耐力である。絶縁物の性能を実用的に試験する方法には

(1) メガー試験

絶縁抵抗値を直読する方法で、500V、250V あるいは 125V（電圧の選択は被検査品の耐電圧による）の直流電圧をかけて高い入力インピーダンスで測定する非通電状態での検査方法である。回路毎の絶縁抵抗値は回路の相間電圧 150V 以下では $0.1\text{M}\Omega$ 以上、150V を超え 300V 以下では $0.2\text{M}\Omega$ 以上、300V を超える場合は $0.4\text{M}\Omega$ 以上の値でなければならない⁷⁾。

(2) 漏洩電流試験

通電中に行う試験で、漏洩電流が 1mA 以下であれば上述のメガー試験による抵抗値と同等である⁷⁾。通電中にクランプメータを使用して計測できるので急速に広まっている。なお、インバータを使用している負荷では平均値型ではなく実効値型のクランプメータの使用が必要である。

(3) 耐電圧試験（交流、直流、インパルス）

絶縁物に規定の電圧（例えば 1000V）を一定時間（例えば 1 分間）印加したとき、絶縁物が破壊せず耐えうるか否かを調べる試験である。

(4) 誘電正接試験

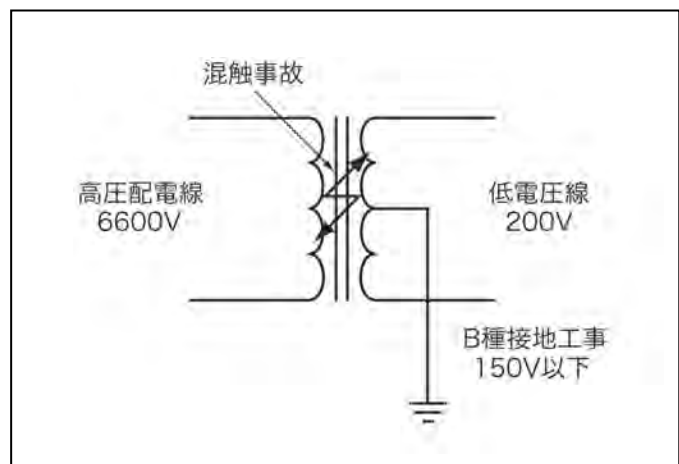
誘電正接試験は、絶縁物に交流電圧を印加したときの $\tan\delta$ 値、 $\tan\delta$ －電圧特性、 $\tan\delta$ －温度特性等から、絶縁物の性状、劣化の程度を調べる方法である。

2.3 接 地

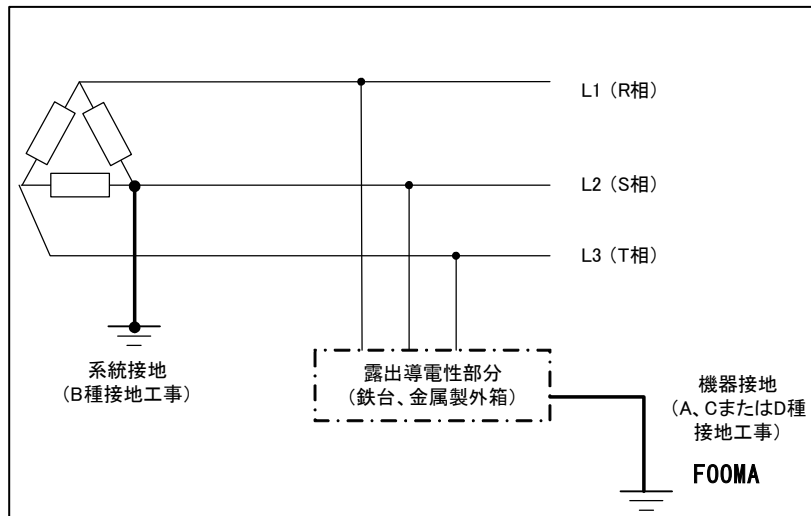
接地とは種々の電気設備・機器、電子・通信機器を大地と電氣的に接続することであり、接地のために地中に埋設した接地極（earth electrode）が大地との間に生じる電氣的抵抗が接地抵抗である。接地抵抗は、地質や電極の深さ・面積で大きく変わり、季節による変動もある。接地はその目的によって保安用の系統接地、機器接地、静電気防止用接地、避雷用接地と、機能用のノイズ対策用接地、電位基準化用接地等の弱電用接地に大別される。保安用接地は感電防止、漏電火災防止等の安全の確保のための接地である。

配電線と低圧電路の境界には変圧器（トランス）が入っており、低圧（2次）側の中性線が接地されている（図表 2-6 参照）。変圧器の高圧巻線と低圧巻線間の混触事故が発生した場合に、低圧側の異常電位を抑制する（150V 以下）ための接地で B 種接地工事という。図表 2-7 に示すように電気機器の鉄台や外箱も接地し、これを機器接地という。電気機器の絶縁が劣化すると、内部の充電部分から外部の露出非充電金属部分に電気が漏れる。これが漏電であり、このとき露出非充電金属部分に触れると感電するので機器接地によって露出非充電部分に過大な対地電圧が発生するのを抑制する（図表 2-8 参照）。電気設備技術基準（経済産業省令）では、電路に施設する機械器具の鉄台及び金属製外箱には機械器具の区分に応じて、A 種（10Ω）、C 種（10Ω）、D 種（100Ω）の接地工事を施すことと定めている。

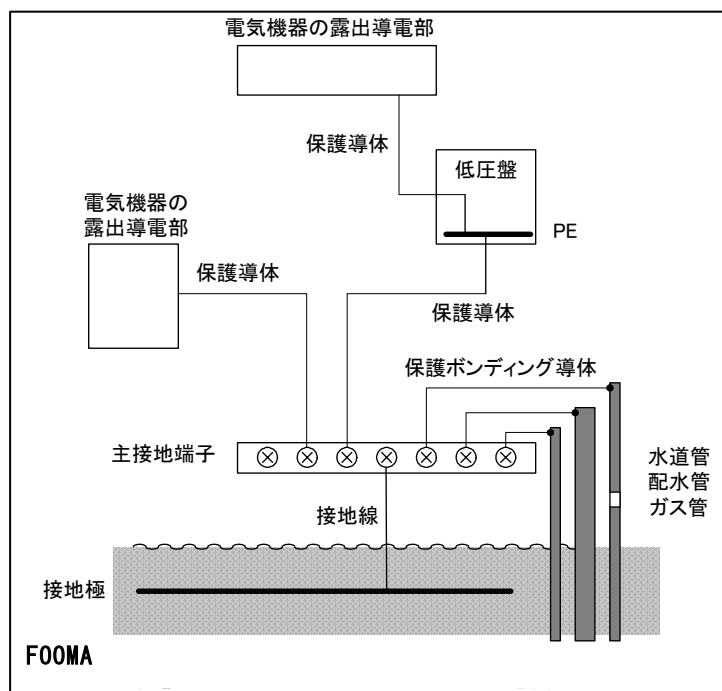
接地を必要とする設備・機器類が少なかった頃には接地工事を必要とする設備や機器にそれぞれ独立した接地工事を施行できたが、接地工事の種類と数が増えた最近では国際規格（JIS 化されている）による等電位ボンディング方式が急速に普及しつつある。等電位ボンディングは従来の日本でも接地に落とすという表現ですすめていた共用接地に近い考え方であり、等電位ボンディングは今後普及してゆくだらう。



図表 2-6 系統接地



図表 2-7 機器の接地



図表 2-8 機器の接地
(IEC 60364-5-54 を簡略化)

2.4 静電気、EMC、雷による災害・障害の防止

2.4.1 静電気

静電気が原因となって発生する災害・障害は、電子デバイスの破壊・誤動作、原材料のコンタミネーション、搬送部分の詰まり等の生産障害のほか、可燃性物質の爆発・火災のような大きな災害に至るまで多種多様である。

静電気は固体の摩擦、液体の流動、粉体の衝突等に伴い発生する。静電気の引き起こす力学的な力は小さく、生じる電気エネルギーは数 mJ（ミリジュール）と小さいが、可燃性ガス・蒸気、あるいは微粉体には十分な最小着火エネルギーである（最小着火エネルギーの例：水素が 0.02mJ、その他の多くの燃料は 0.25mJ 近傍）。静電気放電ではピーク値が数 A 程度の放電電流が瞬時にながれ人体は電撃を受ける。静電気放電による電撃は、2kV でかすかな放電音と指先に感じる程度、4kV で放電の発光があり指が痛み、7kV で指、手のひらに強い痛みとしびれを感じる。導電体である人が合成繊維の衣服と絶縁（ゴム底）の靴を着用していると、3～5kV（乾燥している冬季には数十 kV）の帯電電位になることもある。静電気の抑制に失敗すると大きな帯電になり、災害・障害を誘発する。静電気の発生自体は自然現象であるので完全に抑制できないが、静電気の発生抑制と帯電防止等の適切な対策は可能であり必要である。

2.4.1.2 静電気による爆発・火災件数

静電気を原因とする爆発・火災は毎年ほぼ 100 件前後発生している。石油類、可燃性溶剤等、可燃性液体の爆発事故は、被害の大きさと人身事故の可能性から非常に危険である。

2.4.1.3 帯電防止策

静電気は物質の流動あるいは摩擦等で発生し、絶縁された導体や絶縁物が帯電するので絶縁物の帯電は避けられない。絶縁物の帯電電位が 5～10kV 以上となる場合は原材料等の帯電防止等が必要である。

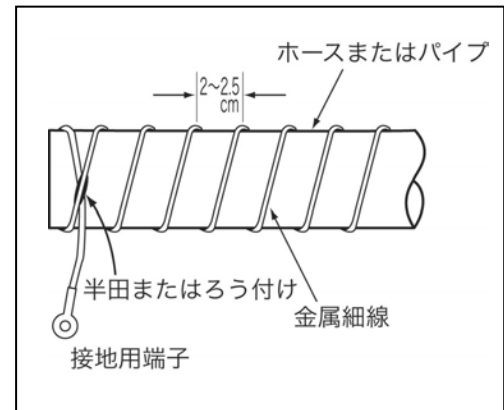
(1) 絶縁物の帯電防止には、静電気の発生防止をできる限り抑制する必要がある。その手段は、以下に示す通りである。

- ①設備と物質、あるいは物質相互の接触（面積・圧力）の減少。
- ②接触回数の減少。
- ③接触・分離速度の低下。
- ④急速はく離の防止。

- ⑤表面状態の清浄・円滑化。
- ⑥不純物等異物の混入防止。
- ⑦発生の少ない材料の選定。 等。

- (2) 導電部の接地は最初実施すべき対策である。導体は漏洩抵抗が $10^6 \Omega$ 以下であれば帯電しない。実務的には接地抵抗の値は 1000Ω を目安とする。

絶縁物の接地は難しいので、接地された導電部に接触させて絶縁物に帯電した電荷を移動させない（固定）方法や、静電気の起きやすい輸送パイプを接地線で巻くなどの方法を取る（図表 2-9）。移動するタンクや運搬車など、移動させて使用する運搬具も積み卸し作業の開始前にアースチャックで接地線を取り付ける。材料を接地した容器に接した状態で帯電物体を静置すると、帯電した電荷が減少（緩和）する。帯電量は時間の経過とともに指数関数的に減衰する。



図表 2-9 金属細線によるホース、パイプの遮蔽

(引用:「静電気安全指針」産業安全研究所編)

- (3) 湿度が低いと物体表面の水分が減少して表面抵抗率が増加し帯電性が上昇する。多湿化は狭い室内とか局所的な帯電防止に有効であり、水蒸気の噴霧、加湿機、床への散水等が具体策である。
- (4) 人体は導電物なので着衣や靴から静電誘導を受け、または電荷が移動して人体が帯電する。人体の静電容量は 100pF 程度であり帯電電位を火花が放電しない数百 V 以下にするためには着衣、靴を含めた漏洩抵抗を $10^8 \Omega$ とすれば良い。水素ガス等が漏洩するような爆発危険場所は漏洩抵抗を $10^7 \Omega$ とすれば良い。そのためには作業場を導電性の床（塗工を含む）にし、帯電防止靴と帯電防止服を着用する。
- (5) 除電器と帯電防止剤。除電器には、コロナ式除電器、電圧印加式除電器、電圧印加式除電器などがある。帯電防止剤には、低分子型帯電防止剤、高分子型帯電防止剤、導電性フィラーなどがある。導電防止性を評価して帯電防止剤の安全性を確認してから使用して欲しい。

2.4.2 EMC（電磁ノイズによる災害・障害の防止）

すべての機械装置は制御部を有している。制御部のほとんどは電気・電子システムであるので電磁ノイズに関わりがある。ノイズ対策の3原則は

- ・ノイズを出さない
- ・ノイズを感じない
- ・ノイズを通過させない

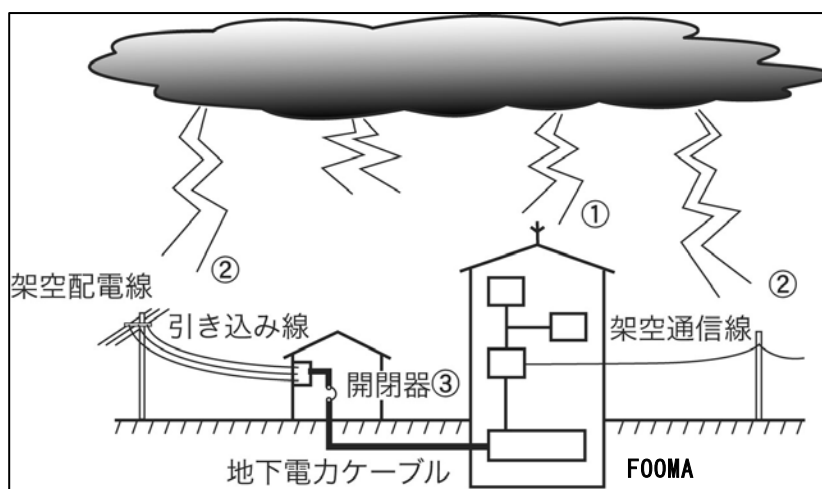
である。人工的な電磁ノイズによる障害とそれに対する耐性を一般的に EMC (Electromagnetic compatibility) と呼ぶ。電磁ノイズの結合と災害・障害は、静電結合と電磁結合により引き起こされるので、電磁ノイズを出さないための抑制策と誤動作させないための抑制がある。

電気・電子使用機器に適用される国際規格（EMC 指令を代表とする）があるので設計・製造そして輸出にあたっては各項目毎に試験を実施し適合認定を受ける必要がある。

2.4.3 雷サージによる災害・障害の防止

2.4.3.1 雷サージ電流

雷サージには直撃雷と誘導雷がある。図表 2-10 に示すように直撃雷(図中①)は地上に存在する物体に落雷し非常に大きな雷サージ電流(数百～数万アンペア)により局所的に大地の電位が上昇する。建築物の避雷設備は直撃雷を受雷し電流を大地に流入させる。誘導雷(図中②)は落雷による大電流放電に伴う周囲の架空線に生じる電磁誘導による起電力、落雷あるいは雷雲間放電による電荷移動による静電誘導、これらがサージとして架空線から建築物内の機器類に過電圧による損害を与える。電気電子機器類の損害の大部分は誘導雷によるものである。なお電源の開閉(図中③)によって発生するスイッチングサージは電子機器に障害を与えることがあるが人的災害におよぶほどサージが大きくない。



図表 2-10 各種のサージ

2.4.3.2 雷防護システム

雷保護方策は外部雷防護（直撃雷から建築物を守る）と内部雷防護（雷サージ等から設備機器を防護する）に大別される。

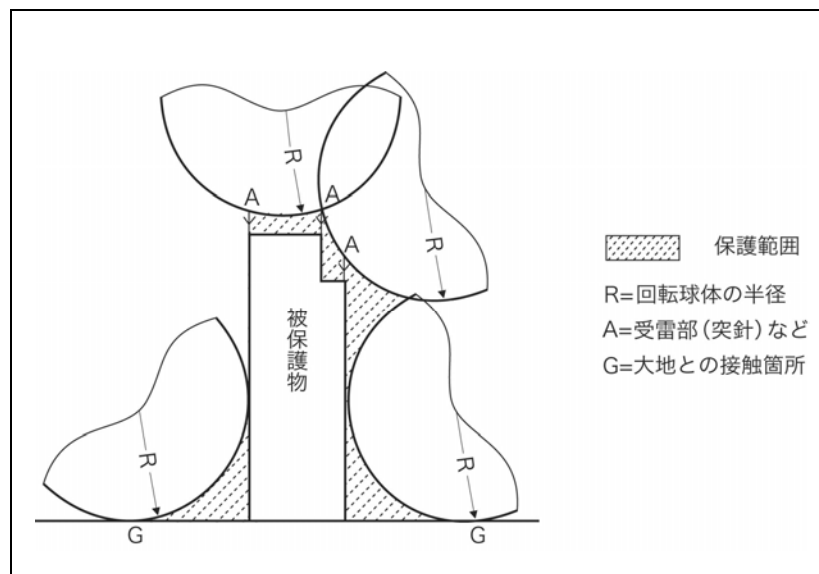
外部雷防護システムは雷電流を直接受ける受雷システム、大地に放流する接地システム、その二つを接続する引き下げ導体から構成される。従来は避雷針（誘導針）の保護角法（傘の下は雷被害から保護される考え）であったが高層建築の普及と電子情報通信機器への被害拡大から 2003 年に JIS A 4201「建築物等の雷保護」が全面改定された。大きな変更箇

所は、受雷システムの配置は、

- (1) 保護角法、
- (2) 回転球体法（図表 2-11 に示す雷電流の先端を球面でとらえる）、
- (3) メッシュ法 によること、

接地システムは、抵抗値より接地システムの形状及び寸法を重視している（接地抵抗の値の規定は無い）こと、構造体（コックリート内の相互接続した鉄筋など）を利用した統合単一接地システムを推奨し、導電位ボンディングの考えを取り入れたことである。この考え方は IEC などの国際規格と一致している。

内部雷保護システムは、電力線や通信線を経由する雷サージから人と機器類を防護するもので、基本は接地を含めた等電位ボンディングと雷サージ防護装置の適用である。



図表 2-11 回転球体法による保護範囲
(参照：JIS A4201:2003)

2.4.3.3 等電位ボンディングと雷サージ防護装置

(1) 等電位ボンディング

ボンディングは金属導体の“つなぎ”であり、電位差を最小化するためボンディングした導体で低インピーダンス接地することを等電位ボンディングという。従来共用接地あるいは同じ接地につなぐといわれていたものをさらに推進し明確にしたものである。建物の鉄骨を利用した等電位ボンディングも施工事例が増加している。留意すべきは機器と接地極とを結ぶボンディングのための導体は極力短くする必要があるということである。

(2) 雷サージ保護装置

マイコン内蔵の電気機器は過電圧耐性が小さいため、雷サージ等から機器を防護するために雷サージ防護装置 (Surge Protective Devices) が有効である。

SPD には半導体型とギャップ型があり、広く使用されている酸化亜鉛 (ZnO) は大きなサージ耐量と優れた制限電圧特性等の特徴を持っており理想的な SPD といえる。動作電圧

の低い領域(1V～数十 V)では、トンネル効果を利用したツェナダイオードと電子なだれ効果を利用したアンバランスダイオードがあり主に機器内に設置される。代表的な特性を図表 2-12 に示す。

種類	動作電圧 (V)	応答時間 (μ s)	電流耐量 (A)	静電容量 (pF)
酸化亜鉛 ZnO	10～10 ³	0.01～0.05	10～10 ³	～10 ⁴
シリコン系	10～10 ²	0.001～0.01	10～10 ²	～10

図表 2-12 雷サージ防護装置 (SPD) の特性

2.5 防爆電気設備

爆発性雰囲気、例えば可燃性ガスや粉塵（ふんじん）、である危険場所に電気機器を設置する場合には、防爆構造の電気機器を使用することが義務付けられている。電気設備が存在しない状況での爆発災害については、着火源として静電気による放電火花が疑われる場合が多い。

電気機器の防爆構造と防護システムの主なものに、耐圧防爆構造、内圧防爆構造、安全増防爆構造、本質安全防爆構造、樹脂充てん防爆構造などがある。それぞれの防爆構造と防護システムにしたがって電気配線の防爆対策（電力用配線、防爆回路の配線）がおこなわれる（図表 2-13 参照）。

耐圧防爆構造 flameproof enclosure JIS C 60079-1	着火源となりうる電気器機を容器（エンクロージャ）内に収容し全閉構造としたものであるが、すき間から侵入する爆発性雰囲気が容器内部で爆発しても容器がそれに耐えて損傷せず、かつ、容器のすき間から漏れるエネルギーで容器外の爆発性雰囲気に着火しない。
内圧防爆構造 pressurized apparatus JIS C 60079-2	着火源となりうる電気器機を容器（エンクロージャ）内に収容し全閉構造としたものであるが、内部を外部の雰囲気より 0.05kPa 以上加圧して容器内部に爆発性雰囲気が侵入しない構造。保護ガス（空気、窒素、不燃性ガス）を外部から通風する方式と内部に封入する方式がある。
油入防爆構造 oil-immersed apparatus JIS C 60079-6	小容量の開閉制御装置、変圧器などを絶縁油の中に浸し、油面上の爆発性雰囲気に着火させないようにした構造。油面まで 25mm 以上の深さなど取り扱いが難しいので適用分野が限定される。
安全増防爆構造 increased safety JIS C 60079-7	正常状態で使用される限りは着火源にならない電気器機を対象とし安全性の増強策、例えば電気絶縁性能の強化、導線接続部の強化、容器の機械的強化、余裕度設計で温度上昇を抑えたもの。潜在的着火源（火花など）を有するものは認められない。
本質安全防爆構造 intrinsic safety JIS C 60079-11	電気器機の正常状態あるいは仮定した故障状態においても電気器機の発生する電気火花、発熱が爆発性雰囲気に着火しないようにした構造。低電圧、低電流の電気器機に適用できる。電氣的要件には、配線のインダクタンス、キャパシタンス、抵抗を含む。
<p>－国際規格に国内規格を整合させるための作業が現在行われている。上記の JIS は整合した規格の番号を示す。</p> <p>－この他に砂づめ防爆構造、樹脂充てん防爆構造がある。</p>	

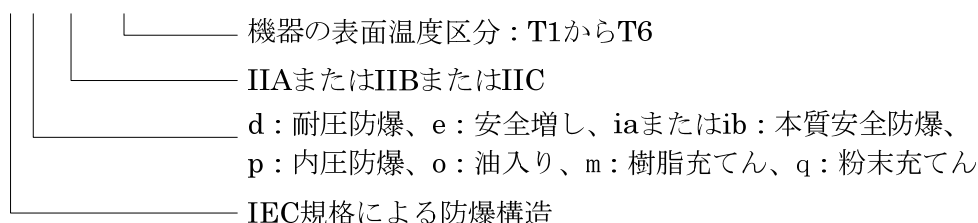
図表 2-13 防爆構造の種類

空気中で燃えるものを細かく粉砕して細粒化するとほとんどの物質は気相中の酸素と粉じんが反応して燃焼反応帯を形成して圧力の発生が認められる現象を起こしうる。これを粉じん爆発（Dust Explosion）という。

粉じん爆発は、ガス爆発に類似する点が多いが、最初の爆発で発生した爆風により堆積粉じんが舞い上げられ、二次的に発生した粉じん雲がさらに爆発する可能性を有する。また、爆発するのが固体粒子であるので燃焼時間が比較的長く、そのため、しばしば火災を併発し、り災者は重度の火傷を負うことが多い。電気機器の防爆構造と防護システムの多くはガス爆発の防止を意識しているが粉塵爆発の防止にも適用できる。

それぞれの防爆機器には記号で防爆性能を表示する。たとえば

Ex d IIB T4



防爆電気設備は、国際規格による統一が図られている一方ではそれぞれの国、たとえば中国、韓国では独自の検定制度があるので輸出にあたっては注意が必要である。

引用・参考文献

- 1) IEC 60479-1、-2、-3、-4 Effects of current on human beings and livestock
- 2) JIS TR C-0023:2002-1 人間及び家畜に関する電流の影響 — 第1部：一般分野
- 3) IEC 60204-1 Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
- 4) JIS B9960-1 機械類の安全性—機械の電気装置— 第1部：一般要求事項
- 5) IEC 60364-4-41 Low-voltage electrical installations - Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock
- 6) JIS 0364-4-41 建築電気設備—第4—41部：安全保護—感電保護
- 7) 電気設備技術基準 経済産業省省令（電技と省略されることが多い）
- 8) 静電気安全指針 1988-3、(独) 産業安全研究所

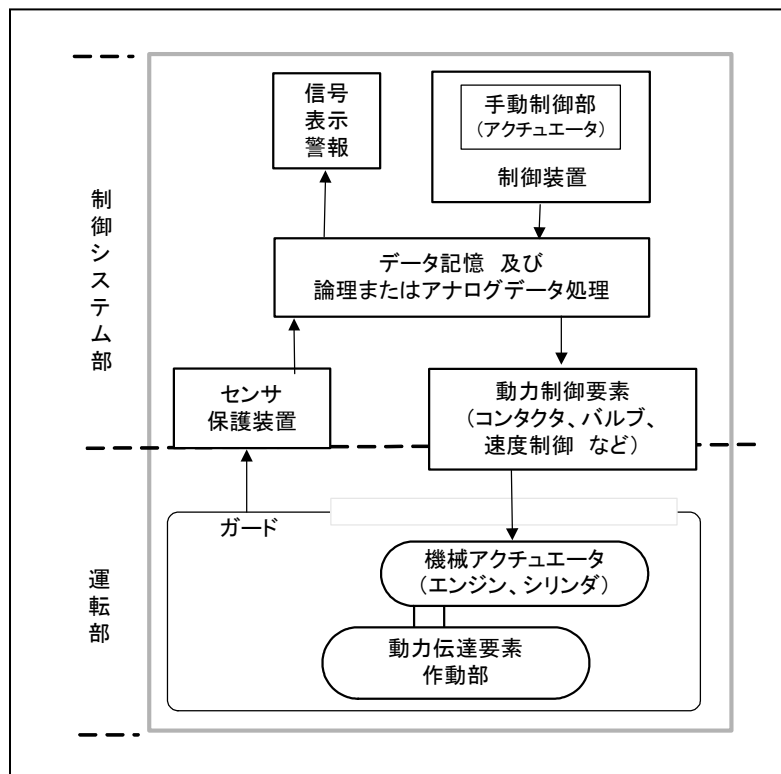
第 3 章

制御系の 安全関連部の設計

機械類の電気制御系の役割は、機械類の本来機能（例えば生産、運搬など）へ動力の供給と機械の制御、及び安全を保つことである。人を災害から守ることは、電気制御系の基本的な要求事項であるにもかかわらず具体的な設計法に関する成書がない、またどのレベルまでの安全を考慮すればよいかよいかわからないなどの悩みを持つ設計者は多い。本章では電気制御系の安全関連部の基本設計原則を述べる。

機械類(machinery)とは、図表 3-1 に示すように、“連結された部品又は構成品の組合せで、そのうちの少なくとも一つは適切な機械アクチュエータ、制御及び動力回路を備えて動くものであって、特に材料の加工、処理、移動及び梱包といった特定の用途に合うように結合されたもの（国際規格 ISO 12100-1、3.1）として取り扱う。

本章の記述は、主に ISO 13849-1:2006 を参考にした。



(出典：ISO12100-1:2003 附属書 A)

図表 3-1 機械類の構成図

3.1 電気制御系設計の手順

3.1.1 電気制御系設計における留意事項

電気制御系の設計において留意すべき基礎的で共通的な要求事項を述べる。

- (1) 耐環境性
- (2) 耐久性
- (3) 安全性
- (4) 保全性
- (5) 法的規制への対応

3.1.2 耐環境性

機械類が設置される環境条件は、機械部品、電気部品の寿命に大きな影響を与える。環境条件には、温度、湿度、被水、振動、衝撃、腐食性ガス、供給電源変動、ノイズなどがある。電気制御系に使用する機器・部品（以降 部品と呼ぶ）のカタログに記載されているこれらの環境仕様は、必ず守らなければならない範囲であるが、メーカー記載の製品寿命は、一般的な使用条件（例えば温度 40℃、湿度 60%RH）に基づき計算されている場合が一般的であり、使用条件の上限、下限に近いところでの使用は、信頼性（寿命）が劣化するとの前提で設計に臨まなければならない。

3.1.3 耐久性

電気制御系に使用されるリレー、接触器（コンタクタ）、PLC（Programmable Logic Controller/シーケンサ）、表示灯、電解コンデンサ、バッテリーなどは有寿命部品である。寿命は部品ごとに異なるが、温度、湿度、サージ電圧などの使用環境により大きな差が生じるため、使用環境を考慮した交換時期を設計に織り込む必要がある。電気制御系の信頼性を維持するために、設備に使用されている機器の予備品を確保しておき、寿命が来て故障にいたる前に交換を行う必要がある（予防保全）。設計にあたっては予め交換の時期を予測すると共に入手性の良い部品の選択が必要である。

3.1.4 安全性

機械類を安全に使用するためには、電気制御系は要求された正常時の機能を満足するだけでなく、使用している部品に不具合が生じた場合も安全性を確保しなければならない。安全装置に不具合が生じることを設計に織り込むためには、安全装置に使用する部品は不具合時の挙動（非対称故障モード：たとえば短絡状態になる、あるいは開放状態になるなどがほぼ決まっていること）がわかっていることに応じて機械を停止させるなどの設計ができる。なお現場では設計者が意図していない使用をされる場合がしばしばある。合理的に予見できる範囲の誤使用への設計上の配慮が必要である。

3.1.5 保全性

機械類を安全に使用するためには、点検、動作確認、寿命部品の交換、予備品の補充を定期的に行い、トラブルを未然に防ぐことが必要である。電気設備の保全計画とは、電気制御系の耐環境性、耐久性、安全性を考慮し、機械類の設置時点から設備の定期的な点検、部品交換といった保全作業を計画することであり、機械類のライフサイクルを考慮してリプレース時期を提案することである。また、取扱説明書に、機械類のトラブル時にユーザ自身が行う一次診断と機械類メーカーが行う二次診断の調査範囲、責任区分を明確にしておくことが必要である。

3.1.6 法規制への対応

それぞれの国では、現地の事情に合わせた安全に関する法令・規則、国内規格があり、また国際規格への適合要求がある。国内では製品安全4法（消防法、液化石油ガス法、ガス事業法、電気用品安全法）の適用もある。規格への適合は、電気制御系だけではなく、電気制御系が組み込まれた機械類として適合する必要があるため、あらかじめ使用する国で適用される規格を調査しておき、該当する規格への適合を済ませておく必要がある。設計製造にあたって準拠する法令・規格・規定には、**図表 3-2** に示すものがある。なお、予備品を杖付け後に納入するときも、各国の規格に適合する必要があるため部品選定の段階で予め考慮すること。

主な分類	国内	欧州	米国
法規	労働安全衛生法と関連規則 電気設備技術基準 電気用品安全法（適用時） 関係省庁発行の技術指針	EU 理事会指令 （例：機械指令、EMC 指令等） 等	OSHA その他連邦法 その他州法 等
規格	JIS 規格 ISO 規格、IEC 規格 ¹⁾	EN 規格 ISO 規格、IEC 規格 各国の規格 BS（英国）、DIN（独）等	ANSI NFPA、NEC、UL ISO 規格、IEC 規格 ¹⁾ 等
顧客の仕様（①打合せ議事録、②個別仕様書、③一般購入仕様書、の順位） ²⁾			
自社の技術標準 ³⁾			
業界の技術標準（各工業会）など			

図表 3-2 各種法律、制限、規格などの一覧

- 1) 国際規格の数は ISO で 1 万規格、IEC で 5000 規格といわれている。そのうちで電気制御系の設計に関連が深い基本的な規格は、ISO 12100-1、-2、ISO 14121、ISO 13849-1、IEC 60204-1 である。
- 2) 顧客の要求仕様は、かならず文書で入手すること。顧客の仕様の細部が不明なときは、打合せで確認しながら進め、議事録や電話連絡メモ、メール・FAX などの形で文書化して記録すること。
- 3) 自社の技術標準は、社内用、協力会社に発注用など用途に応じて準備される。自社の技術文書に引用元の規格名称(含む発行年)と項目番号を明記しておくことと有益である。顧客承認用の標準図面を予め用意しておき機械類受注時に提出して承認を受けておくとよい。

3.2 機械と電気制御系

3.2.1 電気制御系の役割

機械類の電気制御系の役割は、

- ・機械の機能（生産、運搬、など）を果たすための制御をおこなう
- ・安全を維持する

である。

機械本来の機能、例えば加工する、運搬するなどは、機械に与えられたエネルギー（電力が主）を対象物に供給して機能を発揮する。機械はメーカーの設計、製造の過程を経て、ユーザの工場に設置され所定の機能を果たす。もし機械の一部や原材料、あるいは工程に不具合があると機械は停止する。このエネルギーの制御を電気制御系は担っている。電気制御系は図表 3-1 に示すようにセンサと保護装置、データを記憶・演算・処理をする部分、信号表示警報をおこなう部分、オペレータが入力する部分、動力を制御する部分に分けることができる。

3.2.2 安全機能と電気制御系

機械類の電気制御系の安全機能には、下記のようなものがある。

- ・機械が壊れぬよう保護すること
- ・火災を起こさぬ事
- ・感電しないこと
- ・機械が不具合を起こしても危険状態にならぬこと
- ・人を災害から守ること

安全な機械を作る唯一無二の機会には設計にある。設計は概念設計、基本設計、詳細設計と流れ、そして各段階でデザインレビューがあり、それぞれのフェーズで危険源を無くす努力をしてゆく。これを**本質的設計**という。設計によって低減することのできなかつたリスク低減の次のステップが保護方策である。代表的なものが、**ガード**と総称される保護カバーを付けたり筐体の中に入れ**インターロック装置**に組み込むことである。

機械は停止すれば安全であると考えることができる。機械は停止して安定的な状態になることができなければならない。どのような機械の状態が安全かを定義できる必要がある。

機械は故障する、人間は誤る（ヒューマンエラー）ことを認めることが設計の前提である。絶対に故障しない機械はあり得ない。安全装置も機械であるので故障する。したがっ

て安全装置に求めるものは、絶対に故障しない安全装置ではない。安全装置も故障することを前提にして、安全装置が故障したときも機械を停止させられるものでなければならない。即ち、安全装置に求められる機能は

- ・安全装置が作動して機械を停止させる機能
- ・安全装置が故障したときにも機械を停止させる機能
- ・安全装置が故障している時には機械が起動しない機能

である。安全装置が故障したため機械を停止させることができない故障を危険側故障という。それに対して故障しても機械を安全側で停止させることができる故障を安全側故障という。

3.2.3 設計のための一般的戦略

信頼性と安全性は同一ではない。信頼性の高い部品のみを使って安全装置を作ったからもう安心だと考えてはならない。安全装置の故障の結果が取り返しのつかない場合がある。機械は壊れても安全であってほしいと考えなければならない。すなわち安全装置に関しては、不具合が生じることを想定し不具合時の挙動をすべて考慮しておかねばならない。この特性は使用する部品1つずつの故障時の特性を吟味し故障が生じた際の壊れ方が一方向である、回路素子でいえば圧倒的にショート方向の壊れ方かオープン方向の壊れ方のいずれかになるものを組み合わせて実現する。故障モードが圧倒的に一方向になるような壊れ方を**非対称故障モード**という。

例えば、比較的低い信頼性の構成部分をもつ安全装置（システム）の安全性が、ある冗長構造をもつことによって、よりシンプルで、しかもより信頼性の高い構成部分をもつ安全装置（システム）の安全性よりも高くなり得る。適用によっては、例えば故障の結果が常に深刻でかつ通常は取り返しのつかない場合、達成される信頼性には関係なく安全性を最優先するという理由で、この概念は重要である。そのような場合、一つ若しくは二つ、又はそれ以上の不具合（障害）発生後に必要な安全機能を提供できるような不具合（障害）検出構造がリスクアセスメントに準じて提供されなければならない。

3.2.4 安全関連部

電気制御系のうち、特に安全に関わり深い部分を**安全関連部**という。安全関連部は他の電気制御系から構造的、機能的に**独立**している必要がある。電気制御系の安全関連部の設計は

- ・安全機能遂行に関する信頼性
- ・制御システムの構造（又はアーキテクチャ）
- ・安全関連文書の品質
- ・仕様の完全性

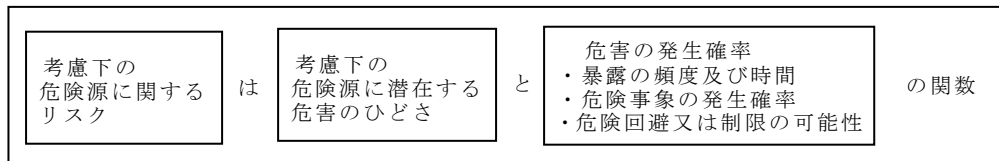
- ・ 設計、製造、保全
- ・ ソフトウェアの品質及び正確さ
- ・ 機能試験の程度
- ・ 制御下の機械又は機械部分の動作特性

などにより達成され、安全関連部は次の3通りの主要な特性グループに分けて示すことができる。

- (1) ハードウェアの信頼性－不具合(障害)を回避するための構成部分の信頼性レベル。
- (2) システムの構成－不具合(障害)を回避する、許容する又は検知するための電気制御系の安全関連部における構成部分の装備。
- (3) 電気制御系の安全関連部への挙動に影響するような定量化不可能で定性的な側面。

3.3 リスクアセスメントと保護方策カテゴリ

機械類の設計に際しては、どんな危険源があるか（この作業を同定という）、そのリスクの大きさがどのくらいかを評価しなければならない。危険の大きさと危険に暴露される機会の組合せをリスクといい図表 3-3 の要素の組合せである。機械の、どこに、どのような、リスクがあるかを見つけ出し大きさの評価することをリスクアセスメントという。

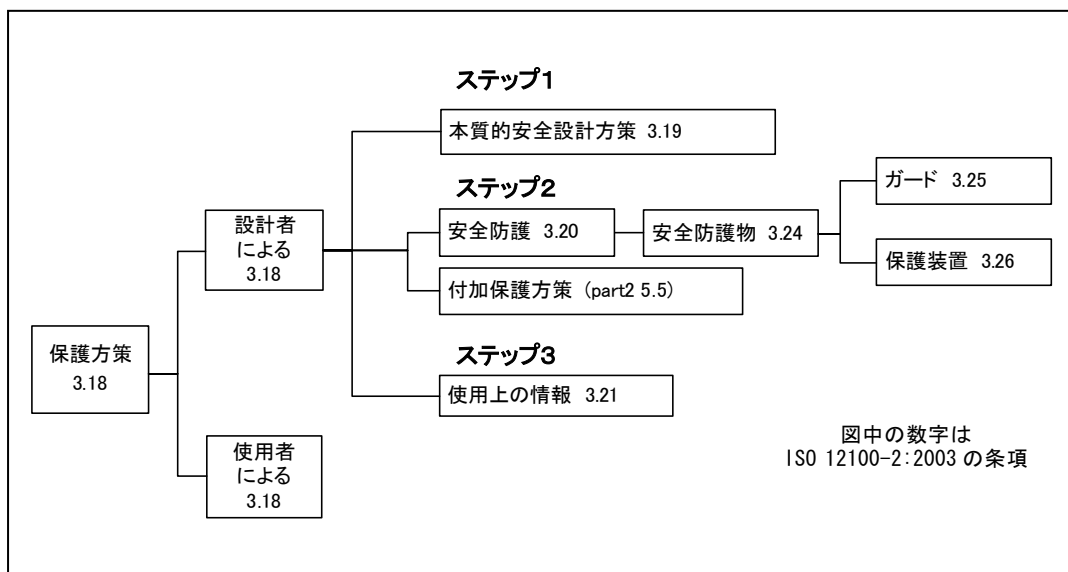


図表 3-3 リスクの要素
(参照：ISO 14121)

3.3.1 3ステップメソッド

制御システムの安全関連部の設計に関する原則は、安全に関する国際規格 ISO 12100-1、ISO 12100-2 に示され、その設計原則を 3 ステップメソッドという。

- ・本質的設計方策
- ・安全防護物による、付加保護方策による
- ・使用上の情報

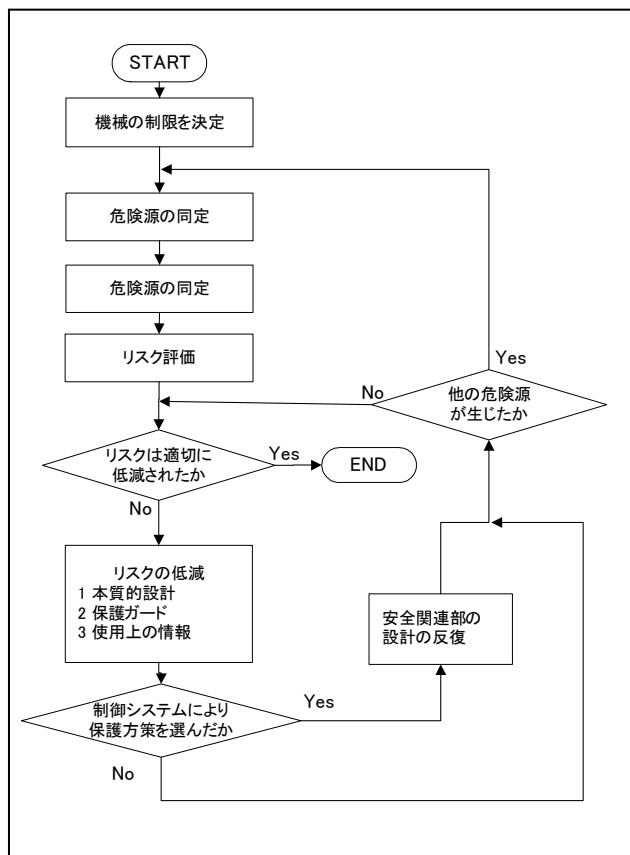


図表 3-4 3ステップメソッド
(参照：ISO12100-1:2003)

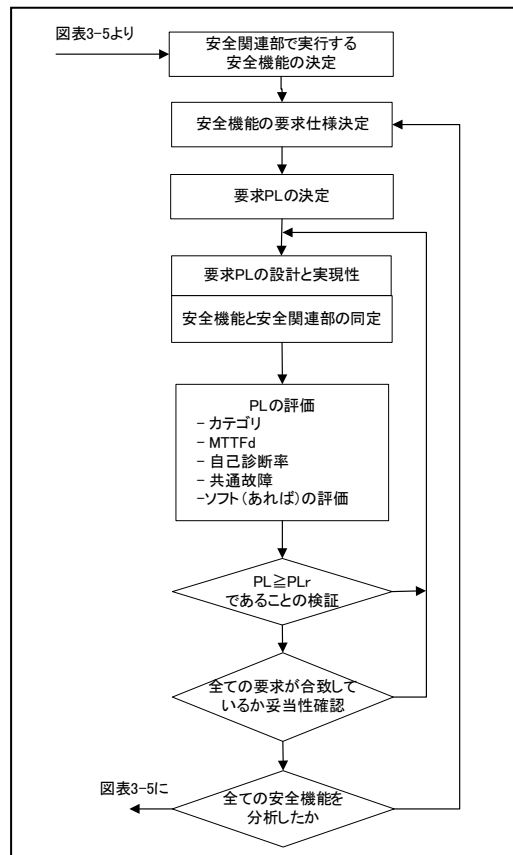
図表 3-4 に示す 3 ステップメソッドは、機械の設計から据付までであり、機械はその後、使用者の現場にて機械を破棄するまで使用され維持管理される。この長い期間はメーカの設計・製造に劣らず重要である。設計から破棄までのすべての期間を機械のライフサイクルという。設計にあたっては次を十分に配慮したうえで設計し、製作することが重要である。

- ・設計者が意図する使用、設計時に予見可能なユーザの誤使用のすべてを熟慮し、
- ・機械に不具合（障害）が発生した場合の挙動を予測し、
- ・機械が破棄されるまでの期間に、予見可能な人間の過誤が生じたばあいを含む。

この考え方は安全に関する国際規格 ISO 12100-1 の第 5 節に、さらに ISO 12100-2 第 4 節（本質的設計方策）と第 5 節（防護ガードと付加保護方策）に詳述されている。その手順を図表 3-5、及び図表 3-6 に示す。



図表 3-5 リスクアセスメントとリスク低減の流れ



図表 3-6 制御システムの安全関連部の反復設計

3.3.2 パフォーマンスレベル (PL)

安全装置が的確に機能しなければ災害に直結する。安全装置の不具合（障害）に対する抵抗性が高いほど、安全装置が必要とする安全機能を遂行し損なう確率は低くなる。

安全装置の性能は、**危険側故障**（必要なときに安全装置が機能しない故障）がどの程度の頻度で起きるかを指標にして考えることができる。この考え方を**パフォーマンスレベル**

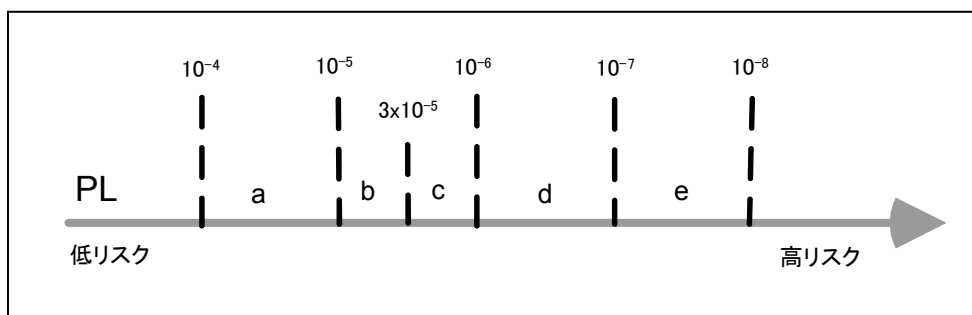
(PL)という。安全機能を実行する安全関連部のレベルを5段階(a, b, c, d, e)で指定し図表3-7に示すように危険側故障の平均確率で表す。

PL	1時間あたりの危険側故障の平均確率 (1/h)
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$

図表 3-7 パフォーマンスレベル (PL)

パフォーマンスレベル PL の平均確率は、1/稼働時間であらわす。即ち、PLa の安全装置では機械が 10 万台あれば 1 時間に 1 回の割合で危険側に故障し、PLb の安全装置では同様に機械が 30 万台あれば 1 時間に 1 回の割合で危険側に故障することを示す。1 年間で 1 万時間と 1 台の機械にだけ注目すると、たとえば PLc では 50 年に 1 回の割合で誤った制御出力を出す可能性、即ち停止すべき時に止まってくれないことを意味する。図表 3-8 に図式化して示した。

言い換えれば、PL は、安全関連部が作動するときに失敗する確率を時間軸に取ったもので、a は 10 年、b は 30 年、c は 100 年、d は 1000 年、e は 10000 年に 1 回生じる事に相当する。

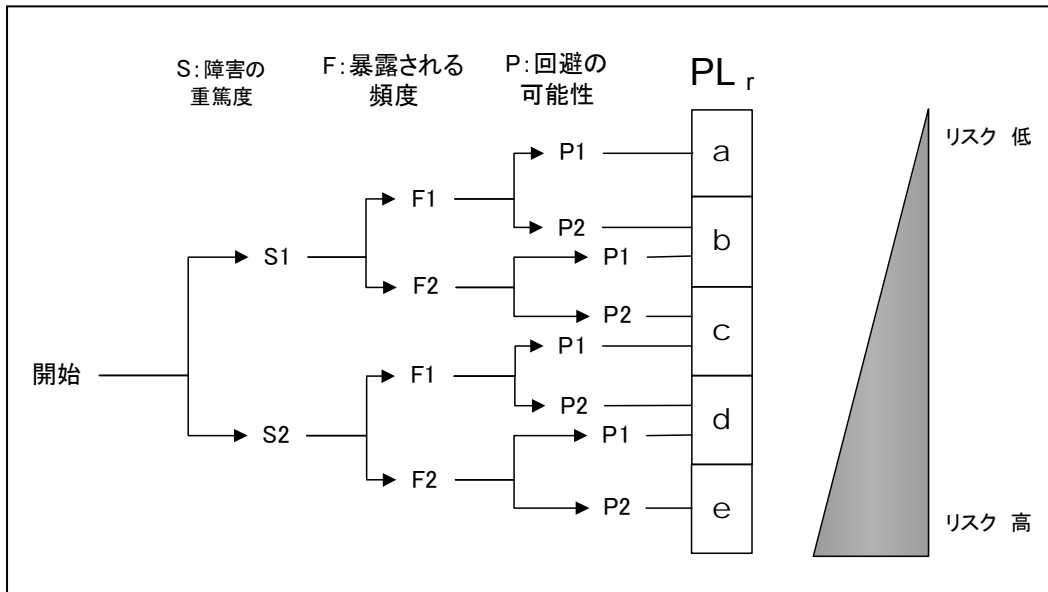


図表 3-8 パフォーマンスレベル

(1 時間あたりの危険側故障の平均的確率を横軸にとったもの)

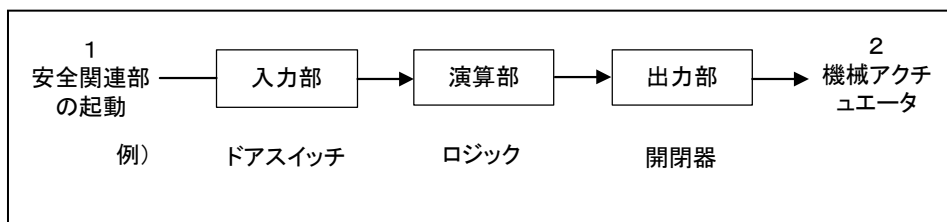
3.3.3 パフォーマンスレベル (PL) の求め方

機械類のリスクアセスメントを実施し、リスクグラフ (図表 3-9) を求めその結果からパフォーマンスレベル PL の要求を求める。リスクグラフの結果を 5 段階 (a から e まで) としそれぞれをパフォーマンスレベル PL の要求レベルとしたものである。この要求レベルを PLr という。



図表 3-9 リスクグラフと PLr を求める方法

リスクの低減は、安全関連部にておこなわれる。安全関連部は図表 3-10 に示すように、入力部 (I)、論理演算部 (L)、出力部 (O) のブロックから構成するものとして次節以降にてリスク低減の達成方法を述べる。

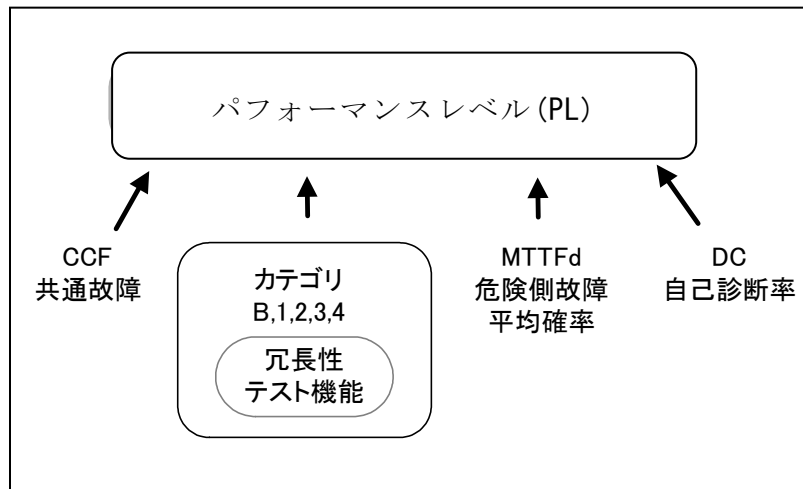


図表 3-10 安全関連部の安全機能ブロック図 (例)

3.3.4 カテゴリ

安全関連部の安全機能を実行する能力は、その機械のために決定したパフォーマンスレベル PL である。安全関連部に最も要求されることは、危険側の出力を出さないことである。安全関連部パフォーマンスレベル PL は図表 3-11 に示すように、

- ・カテゴリで分類される構造 (例えば安全原則が使用されているか、シングルか冗長系か、多層の故障による影響度はどうか)
- ・危険側故障の平均確率 (MTTFd)
- ・故障を検出する能力 (DC、Diagnostic Coverage) と共通故障 (common cause failure) と密接な関係がある。



図表 3-11 PL とカテゴリ、MTTRd、DC、CCF

安全関連部はリスクアセスメントで求めた PLr（パフォーマンスレベルの要求）が要求する PL（パフォーマンスレベル）を達成するためカテゴリ B、1、2、3、4 の 5 段階のうちから 1 つ以上の要件に従わなければならない。カテゴリは、不具合（障害）の発生時の挙動、構造（アーキテクチャ）からカテゴリ B、1、2、3、4 の 5 段階に分けられる。カテゴリの要約を図表 3-12 に示す。

カテゴリ	要 約
B	基本的なカテゴリである。不具合(障害)の発生は安全機能の喪失につながる。
1	不具合(障害)に対する抵抗性の改良は主として構成部分の選択及び適用によって達成される。
2	指定の安全機能が働くことを定期的にチェックすることによって実現できる。
3	単一の不具合(障害)が安全機能の喪失を確実に招かないようにすることによって実現できる。
4	単一の不具合(障害)が安全機能の喪失を確実に招かないようにすることによって実現できる。その単一の不具合(障害)は検出できるようにする。

図表 3-12 カテゴリ要約

それぞれのカテゴリの構造（アーキテクチャ）を図表 3-13 に示す。

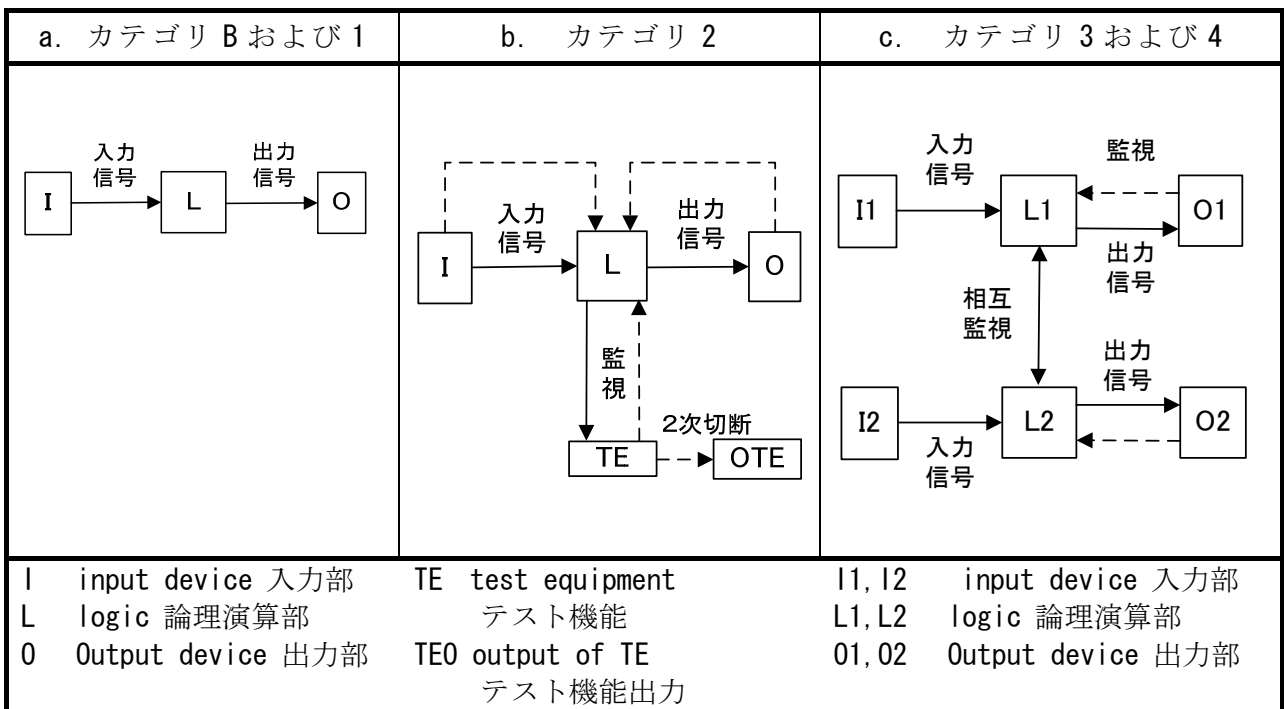
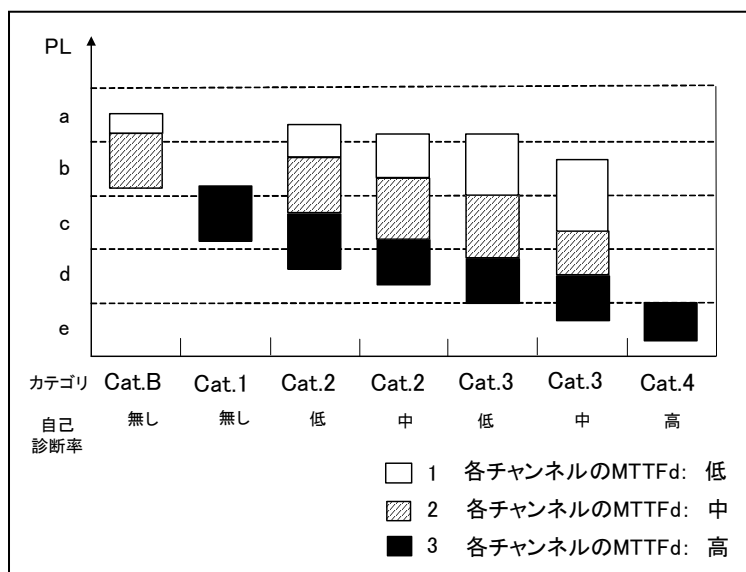


図 3-13 カテゴリの指定構成 (アーキテクチャ)

3.3.5 カテゴリとパフォーマンスレベル (PL)

安全関連部の制御システムは同じカテゴリに属していても信頼性や自己診断能力に違いがある。パフォーマンスレベル PL に達成するために DC 自己診断度を高中低の 3 つに分けてパフォーマンスレベル PL を決定する。図表 3-14 と図表 3-15 に PL を決定できる関連を示す。カテゴリについては、図表 3-16 参照。



図表 3-14 カテゴリ、自己診断率、MTTFd と PL の関連図

カテゴリ		B	1	2	2	3	3	4
DCavg 自己診断率		無し	無し	低	中	低	中	高
MTTFd 各チャンネル								
	低	a	～	a	b	b	c	～
	中	b	～	b	c	c	d	～
	高	～	c	c	d	d	d	e

表 3-15 安全関連部によって達成できる PL の評価手順

第3章 制御系の安全関連部の設計

カテゴリ	要求の要約	システムの挙動	安全の到達のために使用する原則	各チャンネルのMTTFd	DCavg	CCF
B	構成部分、制御システムの安全関連部及び/又は保護設備は予想される影響に耐え得るように、関連する規格に従って設計、製造、選択、組立、組み合わせされなければならない。 基本的な安全原則を用いなければならない。	不具合(障害)の発生は安全機能の喪失につながる。	主として構成部の選択によって特徴付けられる	低から中	なし	関連なし
1	Bの要求事項が適用されること。十分吟味された構成部分及び安全原則を用いなければならない。	不具合(障害)発生時、安全機能の喪失を招くことがあるが、発生する確率はカテゴリBより低い。	主として構成部の選択によって特徴付けられる。	高	なし	関連なし
2	Bの要求事項及び十分吟味された安全原則の使用が適用されなければならない。 安全機能は機械の制御システムによって適切な間隔でチェックされなければならない。 チェックの間の不具合(障害)の発生が安全機能の喪失を招くことがある。	安全機能の喪失はチェックによって検出される。	主として構造によって特徴付けられる。	低から高	低から中	附属書Fを参照
3	Bの要求事項及び十分吟味された安全原則の使用が適用されなければならない。 制御システムの安全関連部は、そのいずれの部分に単一の不具合(障害)が生じて、それが安全機能の喪失につながるように設計され、単一の故障は実用的な限り検出できなければならない。	単一の不具合(障害)発生時、安全機能が常に機能する。 すべてではないが不具合(障害)は検出される。 未検出不具合(障害)の累積は安全機能の喪失につながる。	主として構造によって特徴付けられる。	低から高	低から中	附属書Fを参照
4	Bの要求事項及び十分吟味された安全原則の使用が適用されなければならない。 安全関連部は次のように設計されなければならない。 - これらのいずれの部分の単一の不具合(障害)は、安全機能の喪失につながる、そして - 単一の不具合(障害)は、安全機能に対する次の動作要求時、又はそれ以前に検出される、しかし検出が不可能な場合、不検出の不具合(障害)の蓄積が安全機能の喪失につながってはならない。	単一の不具合(障害)発生時、安全機能が常に機能する。 蓄積した不具合の検出は安全機能(高いDC)の損失の確率を減少させる。 不具合(障害)はやがて検出され、安全機能の喪失を防止する。	主として構造によって特徴付けられる	高	不具合の蓄積を含む高	附属書Fを参照。

表 3-16 各カテゴリにおける要求の概要

3.3.6 SIL との関連

プラントの制御システムの安全性に指標に使用されている SIL (Safety Integrity Level, 安全性達成度レベル) と PL の関連を示すイメージ図を**図表 3-17**に示した。安全関連部に使用する機器が SIL のレベルの認証(例えば SIL2 の認証が取得されていると PL=d に相当)、がある場合にこの表を利用できる。

PL	SIL (IEC 61508-1、参考用) 高/連続運転モード
a	関連無し
b	1
c	1
d	2
e	3
参照 : ISO 13849-1:2006	

図表 3-17 パフォーマンスレベル(PL)と安全達成度レベル(SIL)の関連

3.4 システム安全関連部の設計

本節では機械類の代表的な安全機能を示し、設計への要求事項と留意事項を述べる。

3.4.1 ガードによって引き起こされる安全関連停止機能

〔関連規格 ISO 13849-1:2006 5.2.1、ISO 12100-1 3.26.8、ISO 12100-2 4.11.3〕

安全柵の扉を開く、防護カバーを開くなどインターロッキングガードを開いたとき、位置、速度、温度、圧力などが制限値を超えた場合、安全関連の停止機能は作動後必要な限り早く機械を安全状態にしなければならない。この停止は通常運転のための停止に対し、動力の停止やブレーキをかけるなど、優先的であることが求められる。複数の機械が統合化されたシステムでは、安全機能による停止条件にあることを、統合システムの管理制御系及び/又はその他の機械に対して、信号で伝えるための処置を講じることも必要である（ISO 13849-1 5.2.1 参照）。

また、機械およびその制御系は、運動の起動又は加速の最初の動作は、エネルギー（電圧もしくは流体圧力）を増加により実行し、停止又は減速はエネルギーの除去または低減によって実行するべきである。値論理の要素を考慮するシーケンサロジックでは、運転状態を1、停止の状態を0で表記することを推奨する。

常時減速の制御をオペレータが維持するためにこの原則を守れない場合（例えば、自走式移動機械の油圧ブレーキ装置）、機械には主ブレーキシステムが故障したときに減速し、停止する手段を備えなければならない。

3.4.2 手動復帰機能（マニュアルリセット）

〔関連規格 ISO 13849-1:2006 5.2.2〕

停止命令が、安全ガードや非常停止ボタンによって開始されたとき、この安全機能のリセットをすることを手動復帰機能（マニュアルリセット）という。停止命令が、安全ガードや非常停止ボタンによって開始されたとき、停止状態は安全状態が確認されるまで維持しなければならない。このリセットはオペレータによって手動解除されることが重要である。またリセット自体で機械が起動または危険な状態になってはならない。リセット機能への要求事項は

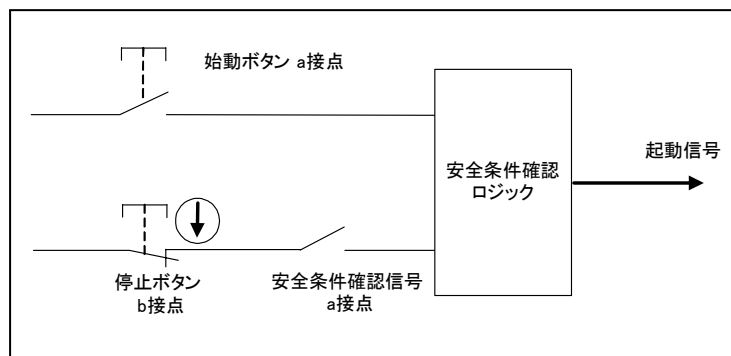
- ・安全関連部の一部であって、分離された手動操作であること
- ・すべての安全機能と安全防護機能が動作状態の時のみリセット可能であること
- ・リセットすることで機械の起動又は危険状態の始まりを生じてはならない

- ・ 計画的動作でなければならない
- ・ 個別の起動命令を受け入れるための制御システムを備えなければならない
- ・ アクチュエータの通電 (on) 状態からアクチュエータを解放する動作だけを受け入れなければならない。
- ・ 手動リセットを備えることによって関連する安全機能で必要な安全性を低下させないように手動復帰機能のカテゴリを選択しなければならない。
- ・ 手動復帰のための押しボタンは危険区域の外で、危険区域内の人の不在を目視によってチェックしやすいような安全な位置に配置すること。
- ・ 危険区域の視認性が完全でないところでは、特別なりセット手順を考慮すること。たとえば前確認用の押しボタンとそれに続く手動復帰押しボタンなど。

3.4.3 起動/再起動機能

関連規格：ISO 13849-1:2006 5.2.3、 ISO 12100-2:2003 4.11.3、
ISO 12100-2:2003 4.11.4、 ISO 12100-2:2003 5.3.2.5

機械の運転開始はオペレータの押しボタン（始動ボタン、または運転ボタン）であること。この押しボタンは機械を運転して良いかを安全条件、運転許可条件などを確認したのちに、動力部の駆動を始めて良い。運転開始の押しボタンを始動、安全条件確認後に機械に送る運転開始の信号を起動と呼ぶ。押しボタンは、**図表 3-18** に示すように押ししている間のみ接点が閉じるタイプ（a 接点）を使用し、運転許可条件と **AND** が取れた時に駆動部に起動信号を送る。停止操作は別の押しボタンである。この回路構成は後述する。また、機械およびその制御系は、運動の起動又は加速の最初の動作は、エネルギー（電圧もしくは流体圧力）を増加により実行し、停止又は減速はエネルギーの除去または低減によって実行すべきである。2 値論理の要素を考慮するシーケンサロジックでは、運転状態を 1、停止の状態を 0 で表記することを推奨する。



図表 3-18 安全確認信号と始動ボタン

設計にあたり特に注意が必要なのは、安全関連機能による停止や停電による停止の後である。動力の中断後に再励起されると機械が自動的に再起動して、それが危険源となるおそれがある場合は、その再起動を防止しなければならない（例えば、自己保持のリレー、

電磁接触器又はバルブの使用による)。再起動はオペレータが介在し、運転を再開して良いことを確認した後に始動ボタンを押すことが大原則である。自動的な再起動は危険状態が存在しない場合に限って行われてよい。端的な例は、室内照明、換気装置のようなものが相当する。起動及び再起動に関するこれらの要求事項は、遠隔制御が可能な機械にも適用しなければならない。

起動機能インターロック付きガード（ガードが閉まると自動的に機械が起動する）が備わっている機械ではさらに注意が必要である。このインターロック装置は、故障により意図しない又は予期しない起動を生じないような方法によって設計し、位置検出の二重系及び自動監視なども考慮すべきである。

3.4.4 現場制御 (Local control)

機械には主操作盤とは別に機械の近くに操作箱を置き局所的に操作できるもの、あるいは携行式制御装置やペンダントの様に移動できる操作箱が備わっている場合がある。最近では無線による制御（ケーブルレスという）も行われている。このような局部制御の場合には下記の要件を守る必要がある。

- ・ 局部制御選択のための手段は危険区域外に配置しなければならない。
- ・ 局部制御から危険条件の起動が可能なのはリスクアセスメントによって定義された区域内だけである。
- ・ 局部制御と主制御を切り換えで危険状態を作り出さない。

さらに

- (1) 手動制御装置は、人間工学原則に従って設計し、配置しなければならない。
- (2) 停止制御装置は各々の起動制御装置の近傍に配置しなければならない。
起動又は停止の機能をホールド・トゥ・ラン制御により行う場合、ホールド操作を止めて放したときホールド・トゥ・ラン制御装置が停止指令の伝達を失敗することによるリスクが生じるおそれがある場合には、別途停止制御装置を設けなければならない。
- (3) 例えば、非常停止又は教示ペンダントのように必要上やむを得ず危険区域内に配置する制御器の場合を除いて、手動制御器は危険区域から届かない所（IEC 61310-3:1999/JIS B 9706-3:2001 の4.参照）に配置しなければならない。
- (4) 制御装置及び制御位置は、可能な場合はいつでもオペレータが作業区域又は危険区域を視認できるように配置しなければならない。
- (5) 同一の危険要素を複数の制御器を用いて起動できる場合、使用時は唯一の制御器だけが有効に作動するように制御回路を設計しなければならない。この要求事項は、特に、オペレータが携行して危険区域に入る可能性のあるような携行式制御ユニット（例えば、教示ペンダント）を用いて、手動で操作が可能な機械に適用する。
- (6) オペレータによる常時直接の制御に頼っている機械の安全運転機能に対して、オペ

レータが制御位置にいることを確実にするための方策を採用しなければならない。例えば、制御装置の設計及び配置による。

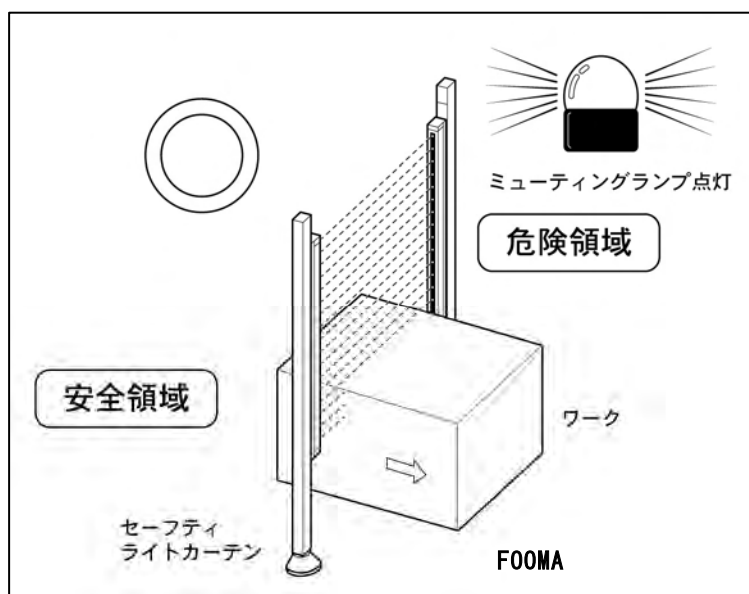
- (7) ケーブルレスでの制御に対し、通信が不通になることを含め、制御信号が受信されないとき自動停止が作動しなければならない（参照：IEC 60204-1:1997/JIS B 9960-1:1999 の 9.2.7）。

3.4.5 ミューティング機能

〔関連規格：ISO 13849-1:1999 5.2.5〕

ミューティングとは、安全防護装置の保護機能を一時的に自動停止させることをいう。機械の安全機能には、たとえば光カーテンのように光線を面状に張り人体が光線を遮ると警報を出すものがある。材料の自動搬入時には光線を材料が遮っても警報を出さぬように一時的に保護機能を停止させる。ミューティングすると安全防護装置の保護機能が働かないので設計にあたっては下記に留意しなければならない（図表 3-19 参照）。

- ・ミューティングによっていかなる人をも危険状態にさらすことがあってはならない。
- ・ミューティング中は他の手段によって安全条件が提供されなければならない。
- ・ミューティングの終わりでは、安全関連部のすべての安全機能が復旧されなければならない。
- ・ミューティング機能を備える安全関連部のカテゴリは、ミューティング機能を含むことによって、関連する安全機能の安全性を損なうことがないように、選択しなければならない。

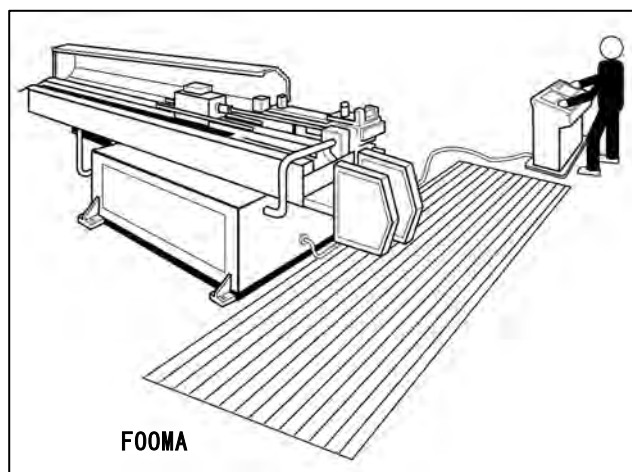


図表 3-19 保護方策に光カーテンを用いた時のミューティング例

3.4.6 ホールド・トゥ・ラン機能

ホールド・トゥ・ラン (Hold to run) の制御装置とは、作業者が操作アクチュエータ（押しボタンなど）を押しているときだけ機械が運転され、アクチュエータから手指などを離れたときに直ちに機械を停止させるインタロック回路である。基本的な使用方法は、作業者の固定である。

ホールド・トゥ・ラン制御は、運転のために操作アクチュエータの継続作動を必要とする（例えば押しボタンを押し続ける、など）ものでなければならない。両手操作制御（後述）が特に手を挟まれることに有効であり、またイネーブリング機器（後述）は、ティーチングペンダントやグリップに組み込まれて危険区域内をも移動できるのに比較して、ホールド・トゥ・ランは操作スイッチを押す（片手でも良い）ことで、作業者が危険区域にいないことを保証するものである。そのため操作アクチュエータは図表 3-20 のように危険区域外にあって固定されていなければならない。



図表 3-20 ホールド・トゥ・ランを用いた例

3.4.7 イネーブリング機器

〔関連規格 IEC 60204-1:2005 10.9〕

起動制御に係して用いる補足的な手動操作装置であり、連続的に操作するとき、機械が機能することを許可する。イネーブル機器には 2 ポジションと 3 ポジションの 2 種類がある。

(1) 2 ポジションタイプ

- ・ポジション 1：スイッチのオフ機能
- ・ポジション 2：イネーブル機能

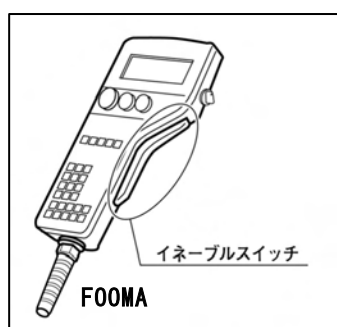
(2) 3 ポジションタイプ

- ・ポジション1：スイッチのオフ機能
- ・ポジション2：イネーブル機能
- ・ポジション3：スイッチのオフ機能
- ・ポジション3から2に戻るとイネーブル機能は発動できない

イネーブル機器は、その機能が無効化される可能性が最小になるように選択し、組み込まなければならない。図表 3-21、3-22 は 3 ポジションのイネーブルスイッチの例である。ボタンを離している状態では OFF で機械は起動せず、ボタンを通常の力で押しているときには機械の起動は許可される。事故などオペレータが過度に緊張する場合は押しボタンを強く握りしめるので機械は起動しない（停止する）ので安全機能に使用できる。



図表 3-21 グリップスイッチ (3 ポジション)



図表 3-22 テーチャングペンダントの例 (3 ポジション)

3.4.8 予期しない起動の防止

[関連規格：ISO 12100-2 5.5.3]

予期しない起動^{※1)}とは、その起動が予期できない性質であるため、危険源を発生させる起動。これは、例えば次によって引き起こされる。

- ・電気制御系の故障による、又は電気制御系に対する外部からの影響により生じる起動指令。
- ・起動制御における、又は、例えば、センサ若しくは動力制御要素のような機械の他の部分における、不適切な作用により生じる起動指令。
- ・中断後の動力供給の復帰。
- ・機械の部分への外部/内部影響（例えば、重力、風、内燃機関における自己点火等）。

備考：自動サイクルの正常なシーケンス中の機械の起動は“意図しない起動”には含まれないが、オペレータの立場からは“予期しない起動”として考えられる。この場合における災害の回避には安全防護方策^{※2)}の使用がある（ISO 12100-2:2003、5 参照）[引用：ISO 14118:2000、3.2]

注1) 意図しない起動と同義

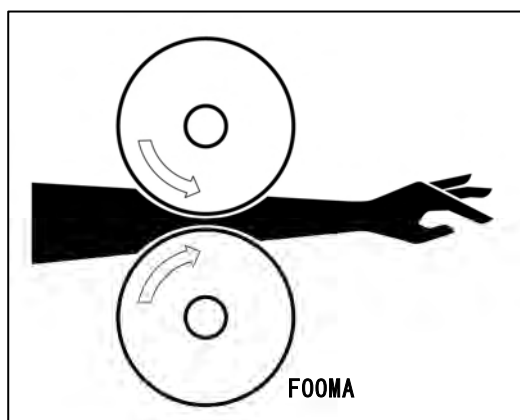
注2) 防止のための具体策は第6章を参照

3.4.9 機械に捕捉された人の脱出と救助

[関連規格：ISO 12100-2:2003 5.5.3]

捕そく（捉）された人の脱出及び救助のための方策には、例えば、次のようなものがある。なお、非常停止により補足された人の脱出及び救助の機能を損なってはならない（図表 3-23 参照）。

- ・非常停止後に特定の要素を手で動かすための手段。
- ・特定の要素を取りはず手段。
- ・特定の要素を逆転するための手段。
- ・下へ降りる装置のための係留具。
- ・捕そくされた人が救助を求めることができる伝達の手段。
- ・オペレータが捕そくされる危険源を生じる設備での脱出ルート及び避難場所



図表 3-23 ローラに捕そくされた腕

3.4.10 遮断とエネルギーの消散機能

[関連規格：ISO 12100-2:2003 5.5.4]

保全及び修理に関して、機械は次の措置によって、動力供給の遮断及び油空圧装置や電気設備、無停電電源装置などに蓄積されたエネルギーを消散させる技術的手段を装備しなければならない。

- ・機械（又は機械の決められた部分）をすべての動力供給から遮断（切断、分離）する

こと。

- ・すべての遮断装置を“遮断”の位置に施錠すること（又は他の方法で確実に締めること）。
- ・危険源を生じるおそれのあるすべての蓄積エネルギーを消散すること又はこれが不可能若しくは実際的でない場合、抑制すること（封じ込めること）。
- ・安全作業手順によって、上記事項の措置が期待どおりの効果をもたらしたか検証すること。

3.4.11 制御モードと運転モード選択

〔関連規格：ISO 12100-2:2003 4.11.10、 IEC 60204-1:2005 9.2.3、 9.2.4〕

機械類は、運転モード（自動、半自動、手動あるいは現場操作）、製品材料の切り替えモード、作業手順モード（例えば、調整、設定（段取り等）、保全、点検）などいろいろな運転モードを有する。それぞれのモードの切り替え装置は、

- ・切り替え装置の各々の位置は明確に識別可能でなければならない。
- ・選択されたモードは、表示しなければならない（例えば、モード選択器の位置、表示灯、ディスプレイ表示）。
- ・切り替え装置の各々の位置は、一つの制御モード又は運転モードのいずれか一つを選択するようにしなければならない。
- ・モード選択だけで機械が動作を始めてはならない。オペレータによる別の操作を必要とするものでなければならない。
- ・選択したモードによって危険な状態が起こりうる場合、その選択は適切な手段（例えば、キースイッチ、アクセスコード）によって防がなければならない。
- ・安全防護は、すべてのモードにおいて有効でなければならない。

3.4.12 制御システムの安全関連部間の繋がり

〔関連規格：ISO 12100-2:2003 4.11.1、 IEC 60204-1:2005 9.3.4〕

同じ機械類の内部で、それぞれ独立しても使用可能な種々の要素を同期して使用するように設計した機械類の場合、制御システムの同期がずれたときのリスクを防止するように設計しなければならない。

- ・相互に密接な関係をもつ機械を、安全、かつ、正常に連続動作させるために、適切なインタロックをとらなければならない。
- ・二つ以上の制御装置をもつ連携して稼働する一群の機械は、制御装置間の必要な協調をとらなければならない。
- ・機械の要素を制御する接触器、リレーその他の制御機器で、同時に作動したときに危険な状態をもたらすおそれのある（例えば、3相誘導電動機の2相を逆接続し逆向き

の運動を起こさせる)ものは、このような誤動作を防ぐインタロックを備えなければならない。

- ・また可逆接触器(例えば、電動機の回転方向を制御する)は、通常運転時、短絡が生じないようにインタロック機能をもつものでなければならない。
- ・メカニカルブレーキが故障して、ブレーキが入ったままで機械アクチュエータが付勢され、その結果として危険な状態が起こりうる時は、機械アクチュエータをオフにするインタロックを備えなければならない。

3.4.13 安全関連パラメータの監視

機械類の安全関連部にはポジションスイッチのような接点入力だけでなく、アナログ入力信号がある。例えば、温度、圧力、回転数、速度、質量、位置情報、などである。センサには検出部、変換部があり多くの場合取り扱いやすい電流信号や電圧信号に変換され安全関連部に取り込み安全であるか安全でないか(危険)を判断し制御出力を生成する。センサ(検出器と変換器)はそれぞれの専門メーカーからの購入となる場合が多いのでセンサのカテゴリに注目する。自社でセンサ素子を購入し変換器と組み合わせて安全関連パラメータの監視を行う場合は、要求されるPLrに合致しているかを検証しなければならない。

3.4.14 非常停止機能

[関連規格: IEC 60204-1:2005、ISO 13850:1996]

非常停止機能(emergency stop function)とは、次のことを目的とした機能をいう。

- ・人に対する危険源を又は機械類若しくは工程中のワークの損害を避けるか又は減少させる。
- ・人間の単一の動作によって始動する。

非常停止機器の設計上の注意事項は、(1)配置、(2)非常停止機器の構造、(3)制御、(4)その他の考慮事項に分けて述べる(図表3-24参照)。

(1) 配置

- ①オペレータおよびその他の人(だれでも)が操作できること。
- ②非常停止機器は明確に識別可能で、明確に視認できること。
- ③非常停止機器に速やかに危険無く接近可能であること。
- ④非常停止機器は、各オペレータの操作位置ごとに及び非常停止を必要とする位置に配置すること。
- ⑤非常停止機器操作は危険がない位置に取り付けること。

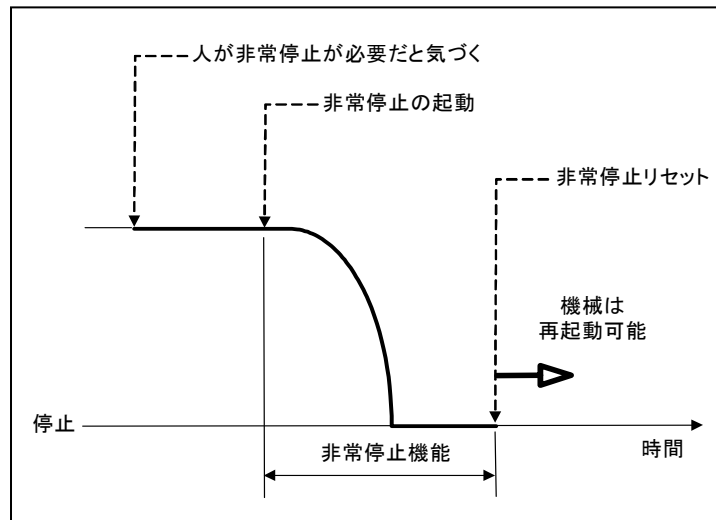
(2) 構造

- ① 非常停止機器は容易に働かせるように設計されているもので形状は下記であること。
 - ・きのこ形ボタン
 - ・ワイヤ、ロープ、バー
 - ・ハンドル
 - ・特別な場合として、保護カバーのないフットペダル
- ② 非常停止機器のアクチュエータは、赤色でなければならない。アクチュエータ背後に取付面があり、実施可能であれば、取付面は黄色であること（5.10.7 参照）。
 - ・ワイヤ又はロープを使用するとき、マーカフラッグを取り付けると見やすくなる。
- ③ 非常停止機器は、ポジティブな機械的作用の原理を適用したものであること。
- ④ 非常停止機器が動作を開始し、非常停止信号を出力したら、その信号はラッチング[機械的か（噛）み合い]によって保持しなければならない。
 - ・非常停止信号を出力することなしに非常停止機器がラッチング可能になってはならない。
 - ・非常停止機器（ラッチングを含めた）が故障した場合、停止信号を出力することがラッチングより優先しなければならない。
- ⑤ 非常停止信号は非常停止機器がリセットされる（かみ合いがはずされる）まで保持しなければならない。
- ⑥ 非常停止機器のリセットは、当該の非常停止機器を手動で操作することによってだけ可能でなければならない。

(3) 制御

- ① 非常停止は、停止カテゴリ 0 又は停止カテゴリ 1 のいずれかの機能であること。
- ② 非常停止機能は、非常停止機器の動作後、別の危険を発生させず、危険な工程は、新たな危険源を生じないように可能な限り迅速に停止させること。

注) これが不可能な場合又はリスクを低減できない場合、非常停止機能の実施が最良の解決策か否か検討するべきである。必要な場合、非常停止制御機能は特定の安全防護物の作動を開始するか、又は開始を許可しなければならない。
- ③ 非常停止機能は、保護機器又は他の安全重要機能をもつ機器の有効性を損なってはならない。
- ④ 非常停止機能は捕捉された人を解放するように設計されたいかなる設備をも損なってはならない。
- ⑤ 機械のすべての運転モードで他のすべての機能に優先しなければならない。
- ⑥ 非常停止機器を切り離すことができる（例えば、携帯形教示ペンダント）場合、又は機械類を部分的に分離できる場合、動作中及び非動作中の制御機器との間の混乱が生じさせぬこと。
- ⑦ 作動状態にある非常停止機器すべてが、リセットされるまで再起動が可能であってはならない
- ⑧ 非常停止機器のリセットが再起動信号となってはならない。



図表 3-24 非常停止機能

(4) その他の考慮事項

- ①非常停止機能は、安全防護策及び他の安全重要機能の代替手段として採用してはならず、バックアップの方策（例えば、故障の場合）として設計するのがよい。
- ②非常停止によって動力源を切り離す場合は、電磁チャック又は制動機器のような補助的設備が確実に作動すること。
- ③“適切な方法で停止”とは、次のようなことを含む。
 - ・最適な減速度の選択
 - ・停止カテゴリの選択（4.5 参照）
 - ・運転の停止順序の事前決定
 これらは機械アクチュエータの動力源を切り離すことを含んでいる。動力源の切り離しの例
 - ・電気モータへの電源切
 - ・機械エネルギー源から動作要素分離
 - ・ラム/スライドの流体動力源遮断
- ④非常停止のカテゴリの選択は、機械のリスクアセスメントによって決定しなければならない
- ⑤ポジティブな機械的作用の原理とは、強制開離機構をもつ電気接点を用いた非常停止機器である。IEC 60947-5-1:1990 の 3.2.2 によれば、（接点の）強制開離機構とはスイッチのアクチュエータの規定された動作が弾力性のない部分（例えば、バネによらない）によって直接的に接点を分離するものである。

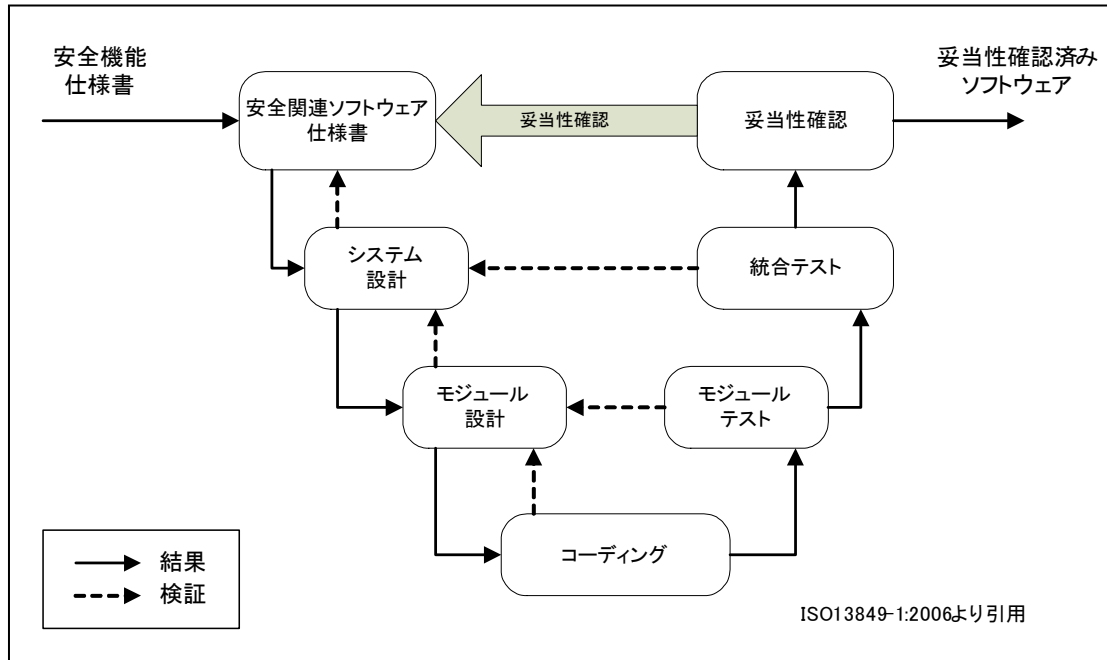
3.5 ソフトウェア安全性への要求

制御にはソフトウェアが欠かせない。ソフトウェアは組み込みソフトとして専用の制御ユニット、アプリケーションソフトウェアとして汎用制御装置や PLC（シーケンサ）に使用されるほか、温度、圧力、速度、位置など安全関連パラメータ、機械内部あるいは統合化された機械類の情報交換にも使用されている。安全に直接関連するソフトウェアのみならず通常のアプリケーションソフトウェアでもソフトの不具合を無くすことは大きな課題である。

3.5.1 Vモデル

安全関連部で使用するソフトウェアは、読みやすく、理解しやすく、テスト可能で、メンテナンス性が良いものでなければならない。ソフトのライフサイクルでは図表 3-25 の V モデルに示すようにソフトウェアの各活動と妥当性確認（validation）および検証（verification）がおこなわれる。

- ・安全機能仕様書を理解し、ソフトウェアの要求仕様書である安全関連ソフトウェア仕様書を作成する。
- ・実装するハードウェア、関連する機械類の機能、オペレータの操作、警報、保守など総合的に考慮してシステム設計を行う。
- ・必要なモジュールの設計をおこなう。既存のモジュールを再利用するときには要求仕様と合致していることを検証する。
- ・プログラムのコーディングを行う。
- ・上記の活動は、（図表 3-24）のようにそれぞれのステップに対応して検証（Verification）する。
- ・安全関連ソフトウェア仕様書は、要求内容と実現の方法が妥当であるか確認を行う。この活動を Validation という。



図表 3-25 単純化したソフトウェアライフサイクルのVモデル

3.5.2 組み込みソフトウェア (SRESW, Safety-related embedded software)

安全関連部で使用する組み込みソフトウェア (PL_r=a と PL_r=b) には以下の手段が適用されなければならない。

- ・ 検証と妥当性確認活動があるソフトウェア安全ライフサイクル、(図表 3-25) を参照。
- ・ 仕様と設計の文書化。
- ・ モジュール、構造化設計、およびコーディング。
- ・ システム的な障害の制御。
- ・ ランダムなハードウェアの故障の制御にソフトウェアを使用するところでは、正しい実装の検証。
- ・ 機能的なテスト、例えば、ブラックボックス・テスト。
- ・ 変更の後には、適切なソフトウェア安全ライフサイクル活動。

PL_r=c と PL_r=d には、上記に加えて

- ・ プロジェクト管理と品質管理システム。
- ・ ソフトウェア安全ライフサイクルの期間中、すべての関連活動の文書化。
- ・ SRESW リリースに関連した、すべてのコンフィギュレーション品目とドキュメントを特定する構成管理。
- ・ 安全要求事項と設計がされている構造化仕様。
- ・ 使用実績ある適切なプログラミング言語とコンピュータ・ベースのツールの使用。
- ・ モジュール化された構造化プログラミング、非安全関連ソフトウェアにおける分離、十分な定義のインタフェースの適切な大きさのモジュール、設計とコーディング規格

の使用。

- ・制御フロー分析によるウォークスルー/レビューによるコーディング検証。
- ・拡張機能的なテスト、例えば、グレーボックステスト、性能テストまたはシミュレーション。
- ・変更後の、影響分析と適切なソフトウェア安全ライフサイクル活動。

さらに、PLr=e では、IEC 61508-3:1998 7 節に従って SIL=3 のソフトウェアと同等の検証をおこなう。もし保護方策カテゴリ 3 または 4 で示す 2 チャンネル構造で、仕様、設計、コーディングにダーバシティ（多様性）を適用すれば PLr=e を達成することができる。

3.5.3 安全関連アプリケーションソフトウェア (SRASW Safety-related application software)

V モデルはアプリケーションソフトにも適用される。使用するプログラム言語は、LVL が望ましい。FVL の使用でもよい。PLr の a から e までコンポーネントのための SRASW に関しては、以下の基本的な手段は適用されなければならない。

- ・検証と妥当性確認活動付きの開発ライフサイクル（図表 3-25 参照）。
- ・仕様と設計の文書化。
- ・モジュール化された構造化プログラミング。
- ・機能テスト。
- ・変更の後の適切な開発活動。

更に、図表 3-25 に示す各ステップにおける要求事項、ツールへの要求などがあるが、それらについては ISO 13849-1:2006 の本文を参照願いたい。

3.5.4 ソフトウェアベースのパラメータ化

安全関連パラメータのソフトウェアベースのパラメータ化は、ソフトウェア安全要求仕様書の中で記述される安全関連部設計の安全関連側面として考えられなければならない。

パラメータ化は、安全関連部の供給者によって提供された特化したツールを使用して行わなければならない。このツールは、自身の識別（名称、バージョン、など）を持ち、例えばパスワードを使用して、許可されていない改造を防止しなければならない。

パラメータ化に使用されるすべてのデータの統一性は維持されなければならない。これは、次の方策を適用することで達成される。

- ・有効入力値のレンジ（範囲）を制御する。
- ・送信の前にデータが駄目になることを制御する。
- ・パラメータ送信プロセスから誤りの影響を制御する。
- ・不完全なパラメータの送信の影響を制御する。

- ・パラメータ化のために使用するツールのハードウェア、ソフトウェアの故障による影響を制御する。

パラメータ化ツールはこの規格による安全関連部へのすべての要求を満たさなければならない。代案として、特別な手順が安全関連パラメータの設定に使用されなければならない。この手順は、以降に続く確認と同様に、例えば、適切な熟練した人間とパラメータ化ツールの自動チェックの方法による、下記のどちらかの方法によって安全関連部への入力パラメータの確認を含まなければならない。

- ・パラメータ化ツールへの変更されたパラメータの再送信、又は
- ・パラメータの統一性の確認の適当な手段。

備考1 パラメータ化がそれ専用の特別な機器で行われない場合、(例えば、パーソナルコンピュータか同等物)、これは特別に重要である。

検証は、アプリケーション特定コードに必要であり、ライブラリ機能の妥当性確認には必要でない。

ソフトウェアモジュールは、送信/再送信プロセスの中でのエンコーディングでコーディングに使用される。そしてユーザに安全関連パラメータを視認できるようにするために、最小限、システムチェック故障を防げるよう各機能の中でダイバーシティを使用しなければならない。

ソフトウェアベースのパラメータ化の文書は、パラメータ化を実行している人に他の関連情報、例えばパラメータ化の日付と共に、使用データ(例えば、予め定義されたパラメータセット)と安全関連部に関連したパラメータを識別するために必要な情報を示さなければならない。

次の検証活動は、ソフトウェアベースのパラメータ化に適用されなければならない。

- ・各安全関連パラメータの正しい設定の検証(最小、最大、そして、代表値)。
- ・安全関連パラメータについてもっともらしさがどうかのチェック。例えば、無効の値などの使用で。
- ・安全関連パラメータを権限のないものが変更できないことの検証。
- ・パラメータ表示のためのデータ/信号が発生して、そのような方法で処理され、不具合(障害)は安全機能の損失を出さないことの検証。

備考2 パラメータ化がそれ専用の特別な機器で行われない場合、(例えば、パーソナルコンピュータか同等物)、これは特別に重要である。

3.6 制御システムにおける妥当性確認

[参考規格：ISO 13849-1:1999、ISO 13849-2:2003、IEC 61508-3:1998、IEC 61508-4:1889]

妥当性確認^{注)}とは、要求事項が満足されているかを技術文書の客観的調査あるいは試験によって確認することをいう。

注) 妥当性確認は“セーフティアセスメント”と呼ばれることもある。リスクアセスメントとセーフティアセスメントは、前者のリスクアセスメントをメーカーが実施し、後者のセーフティアセスメントをシステムのユーザで実施する方法が通常行われる。

(1) 機械類に関する妥当性確認では、リスクアセスメントした結果、電気制御系の安全関連部が安全要求仕様にどのくらい一致しているかのレベルを確定する。妥当性確認は妥当性確認計画に従って技術文書の客観的調査試験を実施する作業と試験結果を分析する作業からなる。妥当性確認は、安全関連部の各々が次に適合することを証明しなければならない。

- ・指定のカテゴリのすべての要求事項、及び、
- ・設計上で理論的根拠として述べるような、安全関連部に特定される安全特性。

制御システムの安全関連部の妥当性確認は次の手順で進める。

- ①妥当性確認計画の選択
- ②妥当性確認試験（仕様、手順、分析の手順）の管理及び実行
- ③文書化

(2) 妥当性確認計画は次に対するすべての要求事項を含まなければならない。

- ・分析による妥当性確認
- ・試験による妥当性確認

- ①指定の安全機能試験
- ②指定のカテゴリに関する試験
- ③寸法計測及び環境パラメータ適合に関する試験

(3) リスク低減の達成についてその妥当性を確認のため分析をおこなう。ツールの例としては、不具合（障害）リスト、FTA、FMEA、重要度分析、系統的な不具合（障害）チェックリストなどがある。

(4) 試験による妥当性確認

- ①安全機能の試験の目的は、安全関連部の出力信号が入力信号に正しく、しかも論理的

に依存していることを確かめることである。システムの妥当性を確認するために、試験はすべての正常状態及び予想可能な異常状態で静的及び動的シミュレーションを実施する。

②試験によって指定のカテゴリの要求事項が満たされていることを証明する。試験手順は制御システムの技術及び複雑性を基に選択する。次の方法が適用可能である。

- ・回路図上の理論的チェック及び挙動分析。
- ・理論的なチェック中及び分析中に同定される挙動に関して、特に疑わしい領域における実際の回路の実試験、及び実際の構成部分に関する不具合（障害）シミュレーション。
- ・試験対象を独立した幾つかの機能グループに分けてシミュレーションまたは実試験を行う。

③寸法計測及び環境パラメータへの適合試験 すべての運転モード及び全環境条件において、指定の設計性能が達成されていることを証明するための試験。

(5) 安全性の妥当性確認報告書に示さなければならない内容は次の通り。

- ・試験実施のすべてのアイテム
- ・試験責任者
- ・試験設備（校正の詳細を含めて）及びシミュレーションツール
- ・実施した試験及び分析
- ・発生した問題及びそれらの問題の解決策
- ・結果

結果は文書化し、かつ監査可能な形式で保管されなければならない。

第 4 章

電気設備への 要求事項

機械の電気制御系について多くの国際規格があり安全に関わるものが分散して記述されているので設計者は混乱しやすい。

国際規格が要求する事項をすべてまとめることはできないが、規格が要求することの背景を幾つかの切り口でまとめて解説することを試みた。本章は第 5 章で述べる IEC 60204-1:2005 の要求事項を理解するにも有効である。

また 4.5 停止のカテゴリ、4.6 インタロック装置は機械系の設計者にも一読をお勧めする。

4.1 機械類の電気設備のための調査書

本節では機械類に使用する電気制御系の設計上の留意点を記載する。安全関連部に限定することなく電気設備全般について機械類に給電する分電盤の取り合い点以降について述べる。工場の受電設備、キュービクル、建築と密接に関わる屋内配線は該当する国際規格を参照願いたい。

4.1.1 システム設計

システム設計は、計画したシステムを具体的に設計していく段階であり要求仕様とコストとの兼ね合いによって電気制御系が設計される。要求仕様が明確になり（これが難しいのが現実）、機器類が設置される場所（現場）の環境を把握し、それらの条件が、使用する電気制御系の各機器の仕様範囲内になるよう電気制御系を構成する。

(1) 据付環境

電気制御系機器は、電装盤〔きょう(筐)体〕内に取り付けられ、盤は、屋内に設置されることが多いが、屋外に設置される場合もある。電気設備は実際の稼動状態で仕様範囲内になるようにしなければならない。図表 4-1 に一般的な要求事項を示す。

備考：要求仕様欄の条項は、IEC 60204-1:2003 の条項と一致していることが望ましい

(2) 電源設備

装置の仕様に適合することを確認する（図表 4-2 参照）。ノイズフィルタ又は絶縁トランスを必要に応じて挿入する。

項目	一般的な条件、仕様の例	IEC 60204-1 関連項番号
周囲温度範囲	+5℃から+40℃	4.4.3
湿度範囲	90%/20℃、50%/+40℃	4.4.4
標高	海拔 1000m までの高度で正常に動作する	4.4.5
筐体保護等級	筐体：IP22、IPXXB (12.5mmφ、手の甲の大きさ) ダクト：IP33 (2.5mmφ、針金)	
腐食性雰囲気	想定しない	
粒状物質	想定しない	
電磁両立性	規定無し	4.4.2
放射線	想定しない	4.4.7
振動及び衝撃	規定無し	4.4.8
据付け特別な要求事項(1)	例えば、筐体の固定方法、キャスターなど	
据付け特別な要求事項(2)	例えば、ケーブル及び電線の難燃性要求事項	

図表 4-1 環境条件

項目	一般的な条件、仕様の例	IEC 60204-1 関連項番号
公称電圧	100、115、200、230V、あるいは指定	4.3.2
周波数	50/60Hz、あるいは指定	4.3.2
相数	単相、3相の指定	
電源線数、中性線の要求、接地線	2本 (単相) 3本 (単相+接地)、(単相3線式) 3本 (3相) 4本 (3相+接地)、(3相+中性線) 5本 (3相+中性線+接地) 指定	
ひず(歪)み率	10%を超えない (第2から第5高調波合計)	4.3.2
配電方式 (接地)	TT方式か、TN方式、あるいはそれ以外か	
	3相の場合、L2 (S相) が接地か、Y結線の中性点の接地か	
中性線	機械の電源内部で中性線を接続するか	
	中性線を断路器で断路するか	
電源容量	将来の増設を見込むか	
停電対策		
突入電流		
短絡・漏電対策		
雷対策		

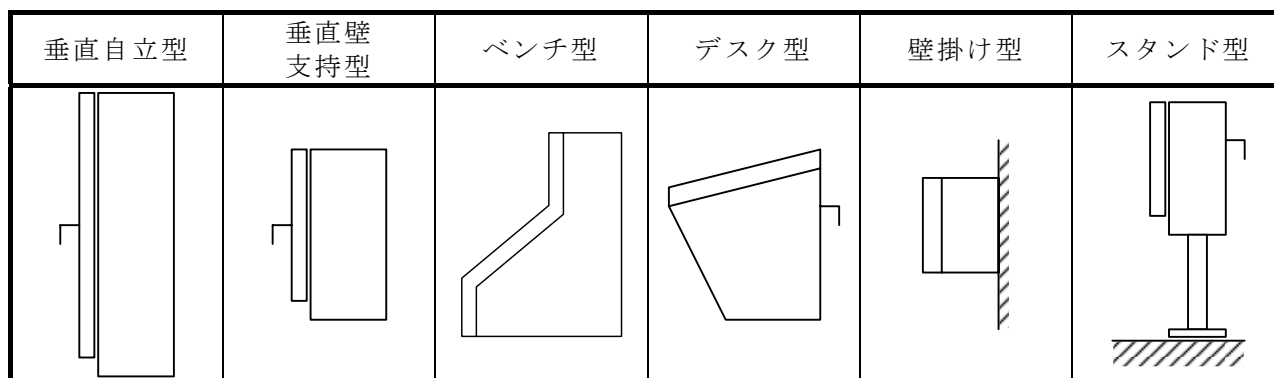
IEC 60204-1 は、1000V 以下、400Hz 以下を適用範囲としている。
本書では、とくに断りのない限り、交流 3 相 200V あるいは単相 100V、50/60Hz を基準にする。

図表 4-2 電源仕様

一般的に、電源電圧の許容範囲は、定格電圧に対して“AC：±10 %、DC：±10 %”となっていることが多いが、できるだけ定格電圧に近い範囲で使用することを推奨する。電圧が低い場合、わずかな電圧変動で停電状態となり、また、電圧が高い場合、機器の発熱量が多くなり、寿命を縮める原因になる。電源の電圧変動が大きい場合、定電圧トランス（CVT）などを接続するなどの対策を行う。

4.1.2 電装盤の構造

機械設備の高機能化に伴いセンサの増加、モータの台数増加、アクチュエータの増加と電装への要求が多くなった。従って電装盤には、変換器、電磁開閉器、インバータ、シーケンサなどより多くの機器が詰め込まれるようになった。しかし電装盤にも小型化の要求はやまない。また制御電子部品の高集積化、高密度実装化によって、制御システムは高機能、かつ、小形になったその一方で、制御システム自体の熱放出量は増大しており、制御システム自体が熱ストレスによる影響を受けないために、収納する盤の外形寸法について十分考慮する必要がある。また、制御盤を保守するための作業スペースについても十分検討しておく必要がある。電装盤の代表的な形状を図表 4-3 に示す。電装盤を含めて電装品を収容する筐体はエンクロージャという。一般的な仕様については図表 4-4 に記す。



図表 4-3 電装盤の形状の例

項目	一般的な条件、仕様の例	IEC 60204-1 関連項番号
盤の高さ	任意	
扉の幅	幅 0.9m 以下、取り外し可能、95° 以上開く	
操作面の高さ	0.6m 以上、1.9m 以下	
取付機器	作業面より 0.4m～2.0m の高さ	
扉に機器	操作、表示、測定、冷却のための機器限定	
端子の高さ	作業面から 0.2m 以上の高さ	12.2.1
保護等級	IP22 以上	12.3
接地	等電位ボンディング	8.2

図表 4-4 電装盤の一般的仕様

4.1.3 使用機器の選定

電気制御の使用機器の選定では、

- ・納入地でメーカー保守体制がある。
- ・故障対応又は部品の供給期間ができるだけ長い。
- ・技術的サポート期間ができるだけ長い。
- ・納入地が要求する法律や規格を満足している。

ことを考慮しなければならない。

4.2 等電位ボンディング (EB:equipotential bonding)

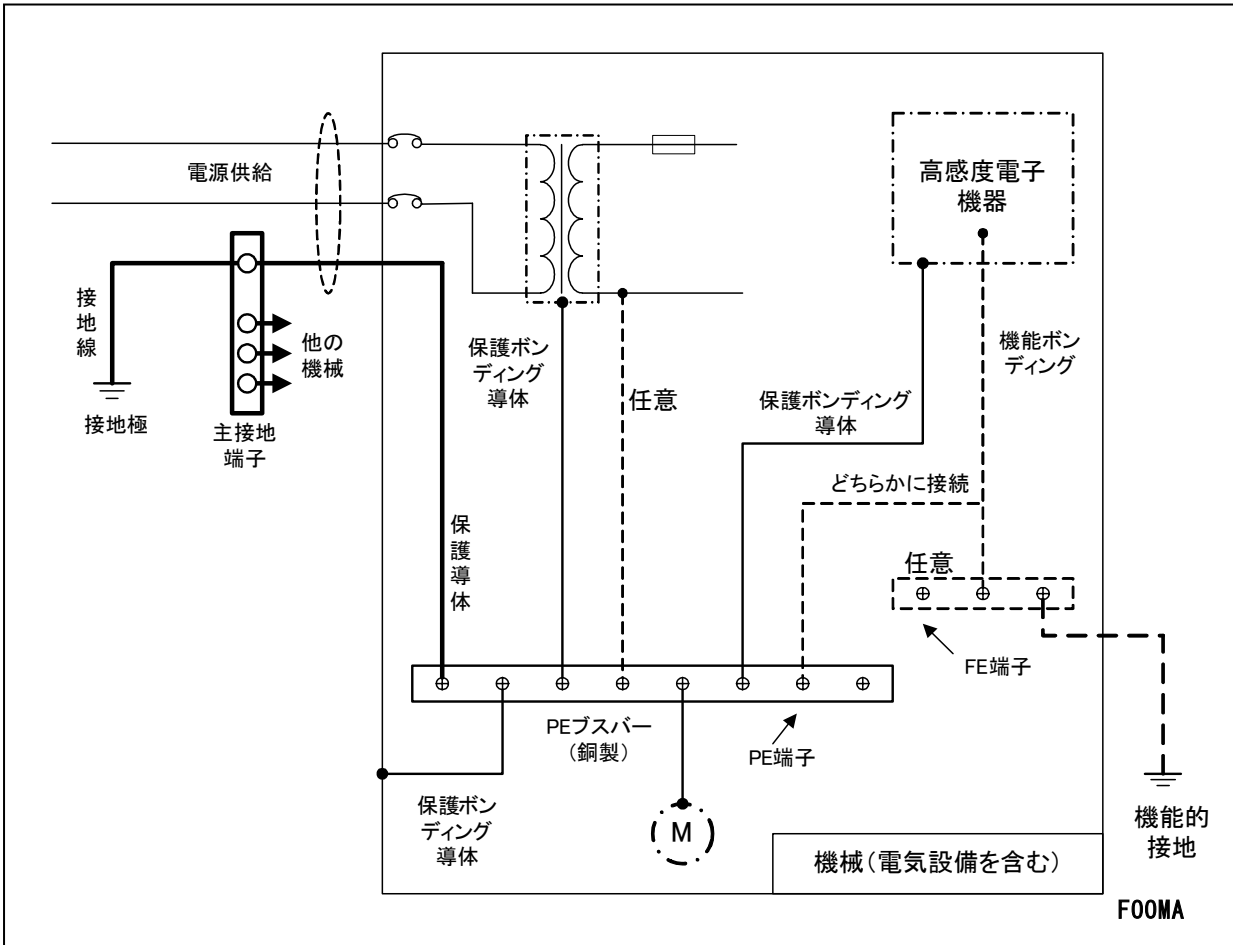
露出導電性部分を相互に、また系統外電導性部分とも相互に電氣的につなぐことによって、危険な接触電圧を低減するために電位を等しくする、すなわち等電位化を図ることを等電位ボンディングという。等電位ボンディングはヨーロッパで発達した概念であり、電位差を無くすよう相互に接続することである。大地に接地することを必ずしも意味していないが、航空機のように特別な例を除き大地に接続されているのが通例である。

国内で広く行われてきた接地方式は、接地を必要とする設備、機器を接地に落とすとか接地を取るといった言葉で施工した。接地極は地中に埋設した金属棒、金属板あるいは金属メッシュである。大地に埋設したコンクリート（除くプレストレスコンクリート）の鉄筋も認められる。大地との接地抵抗が 10Ω 以下のものを A 種接地工事（以前は 1 種接地工事）、 100Ω 以下が D 種接地工事（同 3 種接地工事）と表現してきた。大地はマクロ的に良好な導電体と考えられるので、接地抵抗とは導電体への接触抵抗と言い換えることができる。すなわち、大地を介して機械や電気設備をつなぎ合わすというやり方であり、接地抵抗と接地電流によって生じる対地電位を低くすることを行ってきた。

等電位ボンディングは、1 つの機械の中、グループ化されている機械群、あるいは同じ建屋内の機械や電気設備を導線で積極的に電氣的に接続して電位差を少なくすることが目的である。最近の高層建築物では、鉄骨、鉄筋、金属工作物などを積極的にボンディングして等電位化を図っている。この建築構成部材を利用した等電位ボンディングを**主等電位ボンディング (Main equipotential bonding)**と呼ぶことがある。主等電位ボンディングに呼応するボンディングが**補助等電位ボンディング**といい局部的に機械内部、固定設備などの等電位を図るものである。

機能等電位ボンディングとは、高速かつ動作電圧が低く外部からの電子的障害を受けやすい電子機器（例えばコンピュータ機器、高感度測定器）のための専用アース回路である。ロジックアースと呼ぶこともある。これらの機器ケース（筐体）は、内部のロジックと接続されていることがあるので電装盤に組み込むときは必要に応じて電装盤と筐体を絶縁する必要がある。

等電位ボンディングで最も大事なことは、ボンディングする機器、金属部分は独立した保護ボンディング（アース線）をもち、等電位ブスバーの端子 1 つに 1 本の保護ボンディングを接続しなければならない。すなわち、アース線の渡り配線やアース線の 2 本付けは厳禁である。1 つのターミナルラグには電線 1 本のみを接続する（図表 4-5 参照）。



図表 4-5 等電位ボンディング

4.3 火災予防

工場火災の28%は電気火災である。工場には危険物や着火物となるものが多く保存されており火災危険が大きいだけでなく、ひとたび火災が発生すると周辺地域へ及ぼす影響が大きい。図表4-6に工場火災の出火原因を示す。

発火源	割合 %	電気発火源の細部	件数	割合 %
電気による発熱体	28.3	電熱器（移動可能）	111	5.1
ガス油類を燃料とする道具	15.5	電熱器（固定）	53	2.4
まき、炭、石炭燃料の道具装置類	2.9	電気機器	133	6.1
火種	21.1	電気装置	105	4.8
高温の固体	8.5	電灯電話配線	120	5.5
自然発火し易いもの	3.6	配線器具	48	2.2
危険物品	0.1	漏電による発熱	4	0.2
天災	0.6	静電気	41	1.9
その他	0.4	その他の発熱体	2	0.1
計	100	計	617	28.3

出典:日本損害保険協会、工場防火に関する調査報告書、2001-04

図表4-6 工場火災における発火源と電気を発火源とする火災の細部

電気に関わる火災原因は、絶縁不良と過電流、トラッキング現象が多い。静電気が原因による火災もあるが実際には検証がむずかしい。電線を過電流で燃やす事故も多い。電線の許容電流値に見合った保護機器（ヒューズ、ブレーカ）の選択をすること。例えばより線2mm²（単線1.6mmφ）の保護機器は15A以下でなければならない。盤内配線を過電流から保護することは可能であるが、盤から盤外に出る配線は細く、長く、踏まれるなど断線・短絡・接触不良などなどが生じやすい。

盤内では通常細い配線を使用する。ここで注意しなければならないのは短絡などで配線に大電流が流れると細い配線は容易に発火する。細い配線が束ねてある場合、一本の配線からの発火が束ねてある他の配線に移り盤内火災から電源供給ケーブルを伝わって工場全体の火災に発展する恐れがある。太いビニル絶縁ケーブルは一旦燃え始めると導火線のようになり火を伝える。機械工場で一台の機械から発火した火災が工場全体に広がるのはケーブルを火が伝わるためである。またダクトに配線を収容した場合に放熱が妨げられるので思いがけぬ火災事故が生じる場合がある。電線を束ねて使用する場合は図表4-7の低減率を参考にしたい。束ねると露出配線の許容電流値が1/3に大幅減少する。

単線・より線の別	公称断面積	導体径	周囲温度 40℃ の場合の許容電流 (A)							
			600V ビニル電線							
			露出配線	同一管内に収める電線数						
				3以下	4	5~6	7~15	16~40	41~60	60以上
より線	0.9		14	10	9	8	6	5	5	5
	1.25		15	10	9	9	7	6	5	5
	2.0		22	15	14	12	10	10	9	7
	3.5		30	21	19	17	14	13	11	10
	5.5		40	28	25	22	19	17	15	13
	以下略									
単線		1.0	13	9	8	7	6	5.6	5.3	4.5
		1.2	16	10	10	8	7	6	5	5
		1.6	22	15	14	12	10	10	9	7
		2.0	29	19	18	15	14	12	11	10
		2.6	29	27	24	22	19	17	15	14
		以下略								

出典：JIS B 6015 附属書 4

図表 4-7 600V ビニル絶縁電線の許容電流

PVC 絶縁電線の電流容量は、周囲温度が 40℃ の場合を基準に定めてある (IEC 規格)。従って他の周囲温度では補正係数を利用してその値を補正する (図表 4-8 参照)。

周囲温度 °C	補正係数
30	1.15
35	1.06
40	1.00
45	0.91
50	0.82
55	0.71
60	0.58

出典 IEC 60364-5-523

図表 4-8 PVC 絶縁電線の温度補正係数表

注) 電気設備技術基準・解釈※ (1340-3 表) では、ビニル絶縁電線の許容温度を 60℃ であり許容電流減少係数計算式を次のようにしている (ただし R は許容電流減少係数、θ は周囲温度)。図表 4-8 の補正係数と目的は同じであるが、基準温度が違うので値が異なっている。

$$R = \sqrt{\frac{60 - \theta}{30}}$$

※ 電気設備技術基準は省令 (法令) であり、解釈は法令ではないが経済産業省より示されているので法令に準じたものと取り扱う。

4.4 絶縁と電線

4.4.1 低圧電路の絶縁

電気使用場所における使用電圧が低圧の電路の電線相互間及び電路と大地との間の絶縁抵抗は、開閉器又は過電流遮断器で区切ることのできる電路ごとに、次の表の左欄に掲げる電路の使用電圧の区分に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる値以上でなければならない(図表 4-9 参照)。

電路の使用電圧の区分		絶縁抵抗値
300V 以下	対地電圧(接地式電路においては電線と大地との間の電圧、非接地式電路においては電線間の電圧をいう。以下同じ。)が 150V 以下の場合	0.1MΩ
	その他の場合	0.2MΩ
300V を超えるもの		0.4MΩ

(出典:電気設備技術基準第 58 条)

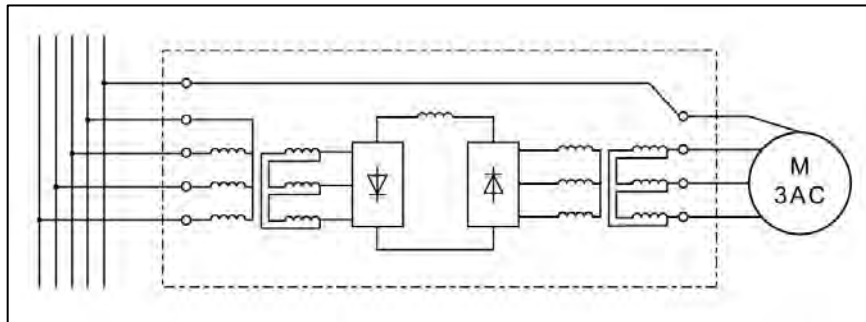
図表 4-9 低圧の電路の絶縁抵抗

なお、電気設備技術基準・解釈 第 14 条では、「使用電圧が低圧の電路であって、絶縁抵抗測定が困難な場合には、省令第 58 条に掲げる表の左欄に掲げる電路の使用電圧の区分に応じ、それぞれ漏えい電流を 1mA 以下に保つこと。」と漏洩電流の測定でもって絶縁測定とできることを定めている。クランプメータの使用は停電させないで測定できる有利な点がある。

電動機の巻き線の絶縁劣化で火災になる事故もある。汎用電動機の多くは密閉外扇型であり、水滴がかかる場所での使用を想定していない。電動機や変圧器の絶縁低下はメガーで比較的容易に測定できる。メガーによる絶縁測定は運転中にできないのでクランプメータによる漏れ電流測定が多くなった。ただしインバータのように波形ひずみ大きい機械では実効値型のクランプメータを使用すること(図表 4-10 参照)。

電源供給の導体の相の識別は、国際規格、JIS 規格、官公庁の共通規格、内線規程、JEM (日本電機工業会)により違いがある。国際規格は電線の識別をマーキング(文字)で、国内の規格は色を使用する。設計にあたってはどの規格に従うのか、最初に明確にしてユ

ーザと文書で取り交わすべきである。



図表 4-10 機器の端子と導体

電気設備に使用する電線は、ほとんどが銅のより線を使用する。盤内では、主にビニル絶縁電線を使用する。KIV、IVが多いが、用途によってVSF、HIVも使用される。良く使用される電線は：

- ・ 信号・制御に 0.75mm²、0.9mm²、1.25mm²、VSF、KIV 線
- ・ 動力に 1.25mm²、2mm²、3.5mm²、5.5mm²、8mm²、KIV、IV、HIV 線
- ・ 電子回路に、0.2mm²、0.3mm²、0.5mm²、KV 線
- ・ 電源供給ケーブルには架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル（記号 CV）

などが使用される。こうした電線の選択は、

- ・ 電流容量
- ・ 周囲温度
- ・ 環境条件（耐候性、化学薬品、まれに蟻・ネズミ対策品）
- ・ 可とう性（可撓性）、曲げに対する柔軟性

を考慮して決定するが、導体の色、マーキングの方法とあわせて購入者の承諾を得ておくのがよい。

備考：IV 線は盤内の配線で使われる 600V ビニル絶縁電線。KIV は IV 線より柔らかいビニル絶縁電線で取り扱いが容易なので IV 線より多く使用される。HIV 線は 600V 二種ビニル絶縁電線。VSF 線は単心コードであり柔らかく細いので盤内のリレー配線など制御系に使用されている。

4.5 停止による安全

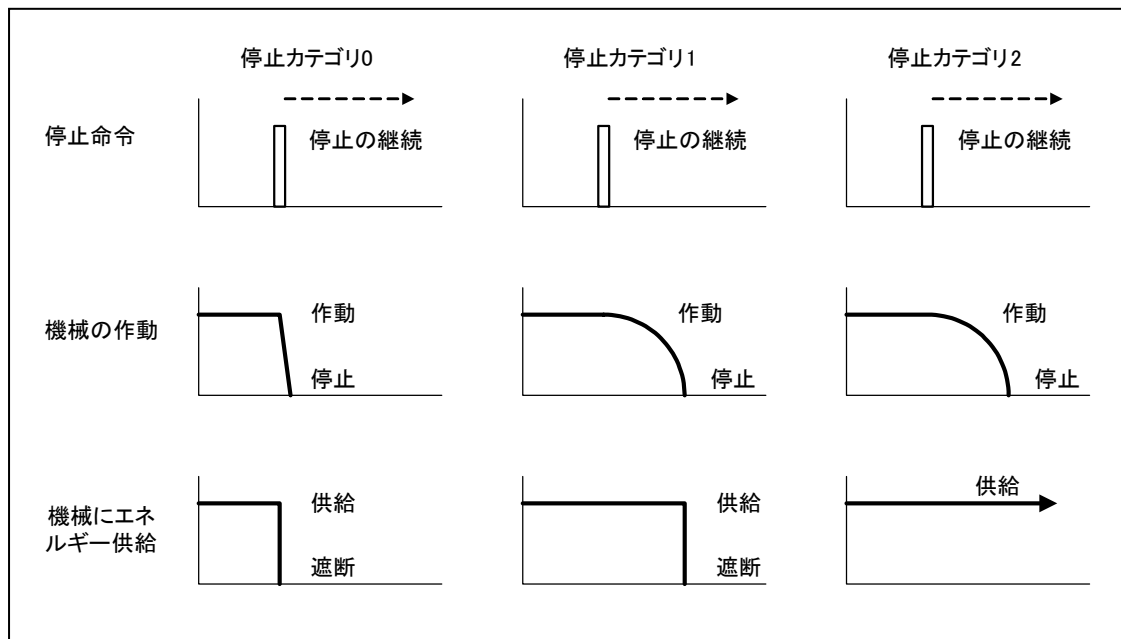
機械アクチュエータ（例えば電動機）を停止させる方法を停止カテゴリとして3つのカテゴリに分類する（IEC 60204-1:2005 9.2.2 参照）。

停止カテゴリ0は、機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止をいう。これは制御によらない停止であるので非制御停止ともいう。たとえば電動機のコンタクタを開路してモータへの電源供給を絶つ停止が相当する。非常停止押しボタンを押して電動機を止めるなどがこれに相当する。

停止カテゴリ1は、機械アクチュエータを停止させるあいだは電力を供給し、停止した時に電源を遮断する停止であり、制御停止という。インバータ駆動の電動機をインバータを使用して減速、停止させ、その後に電源を遮断するのがこのカテゴリである。非常停止では停止後に確実にエネルギー供給を遮断しなければならない。

停止カテゴリ2は、機械アクチュエータに電力を供給したまま停止させる制御停止である。非常停止では使用してはならない。

図表4-11にそれぞれのカテゴリにおける停止命令、機械の作動、エネルギーの供給を示した。



図表 4-11 停止カテゴリ

停止カテゴリの選択は、リスクアセスメントと機械の機能要求により決定する。非常停止では停止カテゴリ 0 または停止カテゴリ 1 のいずれかでなければならない (IEC 60204-1:2005 9.2.5.4.2 参照)。また通常の停止に加えて非常停止では次の要求がある。

- ・カテゴリ 0 とカテゴリ 1 の停止は、運転モードに関係なく働かなければならない (IEC 60204-1:2005 9.2.3 参照)。
- ・その場合、カテゴリ 0 が優先的に働かなければならない。
- ・停止機能は、始動機能より優先しなければならない (IEC 60204-1:2005 9.2.5.2 参照)。
- ・必要により、保護機器及びインタロック機器が接続できなければならない。
- ・保護機器及びインタロックが機械を停止させる場合、そのことを、制御システムの論理回路に伝える必要がある。
- ・この停止機能をリセットしても危険な状態を引き起こしてはならない。

カテゴリ 0 の停止を非常停止を使用する場合の要求、“ハードワイヤによる電気機械部品だけで構成”と“その操作を電子論理(ハードウェア又はソフトウェア)または通信ネットワーク若しくはリンクを経由する司令・の伝送によることの禁止”(IEC 60204-1:1997/1999 9.2.5.4.2) は 2005 年版から削除された。これは安全機能に使用できる電子機器が増加したことを反映してためであろう。しかし実際の設計にあたってハードワイヤードの停止機能は実績がありまたコストでも優位な場合が多いのでこの方式はしばらく踏襲されるであろう。

4.6 インタロック装置

〔関連規格：ISO 14119:1998〕

インタロック装置(Interlocking device)、インタロック(interlock)は、ガードが開いているなどの特定の条件のもとで機械要素の運転を禁止することを目的とした機械装置や電気装置をいう。インタロック装置には、ガード(例えば扉)を開くと機械に停止命令を出すものと、ガードが電気錠で施錠されており、危険源が消失したときのみガードを開くことのできるものがある。

4.6.1 ガードとインタロック装置の代表的な形状とその特徴

ガードとインタロック装置の代表的な形状とその特徴を図表 4-12 に示す。

	技術的形式
1	機械的作動の検出器を有するインタロック装置 ・カム作動式 (cam) ・トング (tongue)
2	非機械的検出器を有するインタロック装置 ・磁氣的作動スイッチ ・電氣的近接スイッチ ・光学的スイッチ
3	キー組み込みシステム ・キャプティブ・キーシステム ・トラップド・キーシステム
4	プラグーソケットシステム ・セーフティプラグ
5	ガードと可動部分間の機械的な部分を有するインタロック装置

出典：ISO 14119:1999 4.3

図表 4-12 インタロック装置の種類

インタロックの代表的な形式を図表 4-13a、b に図示する。5 項を除き機械－電氣的インタロック装置である。

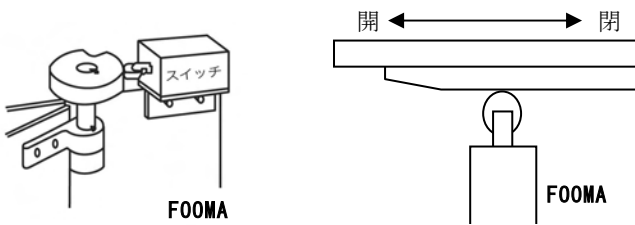
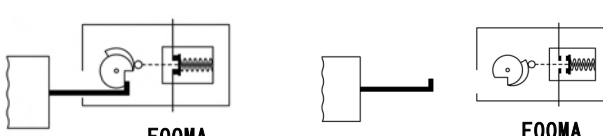

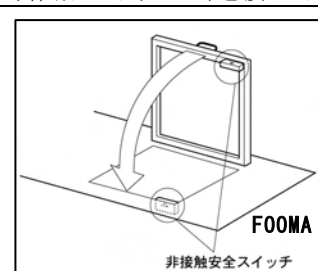

	名称と形状	特徴
1.1	<p>単一のカム位置検出器を備えたガード</p>  <p>FOOMA</p> <p>回転ガード付き</p> <p>FOOMA</p> <p>スライドガード付き</p>	<p>ポジティブモードのカム位置検出器（ポジションスイッチ）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・b接点の強制解離機構 ・スイッチの無効化は難しい ・ガード、扉の取り外しには工具が必要な構造であること <p>(短所)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検出器とカムの調整不良 ・スイッチの機械的なバイパス
1.2	<p>トングスイッチを備えたガード</p>  <p>FOOMA</p> <p>ガード閉状態</p> <p>FOOMA</p> <p>ガード開状態</p>	<p>特殊形状の部品（トング）によりガードの開閉でインタロック</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドア（ガード）の開口部端や工具を使用せずに取り外せるガードに適切 <p>(短所)</p> <p>別のトング（予備部品など）により無効化が可能</p>
2.1	<p>磁気（磁石）的作動スイッチ</p>  <p>FOOMA</p> <p>(協力: レオン自動機株)</p>	<p>コード化された磁石がガードに取り付けられてノーマルオープン、ノーマルクローズのリードスイッチに作動する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンパクト、可動部分なし ・塵埃、液体へ高い抵抗性 <p>(短所)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電磁妨害 ・接点のポジティブ解離なし
2.2	<p>電氣的作動スイッチ（近接スイッチ、圧力スイッチ）</p>  <p>FOOMA</p> <p>非接触安全スイッチ</p>	<p>金属に感応する近接スイッチをガードにとりつけてガードの開閉を確認する。</p> <p>(長所)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・可動部分無し ・ワーク搬送のミュートイングに使用できる <p>(短所)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・無効化の可能性がある
2.3	<p>光学的スイッチ（ライトカーテン等）</p>  <p>FOOMA</p> <p>(協力: ㈱サタケ)</p> <p>[IEC 61496 シリーズ参照]</p>	<p>人がアクセスする箇所を光ビームを張った面で監視する。</p> <p>(長所)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・可動部分無し ・面で監視 <p>(短所)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・危険源が所定時間内に停止できること

表 4-13a インタロック装置の例

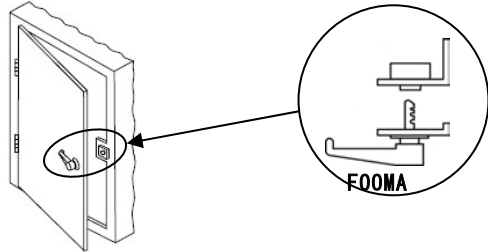
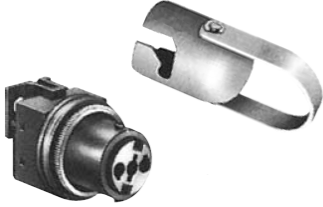
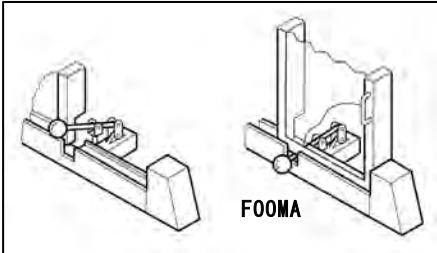
	名称と形状	特徴
3	<p>キー組み込みシステム（キャプティブ）</p> 	<p>操作原理：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ハンドルを回してスイッチ切 2) 更にハンドル回してガード解錠 3) ガード（ドア）を開く <p>（長所）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガードを開く前に確実に断路可能（短所） ・扉の位置あわせに難がある
4	<p>セーフティプラグ・ソケット</p> 	<p>プラグを抜くことにより回路を断路できる。一方を機械に取付け他方をガード上に取り付ける事でインタロックとして使用できる。</p> <p>（短所）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・頻繁なアクセスする場所には向かない ・無効化の可能性がある。
5	<p>ガードと可動部分に機械的なインタロックがある</p> 	<p>ガードと機械の間を機械的に直接インタロックする。</p> <p>（長所）</p> <p>シンプルであり信頼性が高い。</p> <p>（短所）</p> <p>機能の確実性はメカ的要素に依存する。 単純な場所にだけ適用できる</p>

表 4-13b インタロック装置の代表的な形式

4.6.2 インタロック装置設計

設計にあたっての共通事項を下記に示す。

- (1) 位置検出器はポジティブモード（剛体で直接伝達）であること。
- (2) 位置検出器のブレーク接点は強制解離型であること。
- (3) 位置検出器は堅固に固定し、取り外しには工具^{注)}を必要とすること。
注)ねじ廻しやその機械で常用する工具では取り外し、無効化ができないこと〔ISO 14119(JIS B 9710) 5.7.1、5.7.2.2 参照〕。
- (4) 位置検出器をストッパーとして使用しないこと。
- (5) 保全のために容易に位置検出器に接近できること。
- (6) 位置検出器を2重に取り付ける場合は、互いに逆のモードで作動すること（図表 6-12 参照）。

4.6.3 インタロック装置の選択

もしインタロック装置が働かなかつた場合に生じ得るリスクを想定してリスクアセスメントを実施し、ライフサイクルの全ての局面に対応できるインタロック装置を選択する。重要な選択基準は、

- ・機械の使用条件（例えば、環境、衛生）
及び意図する使用に対して適切であるということを確認するために、インタロック装置のすべての技術を考慮しなければならない。
- ・機械の意図する使用
- ・機械に存在する危険源
- ・発生する可能性のある傷害のひどさ
- ・インタロック装置の故障確率
- ・停止時間及び接近時間の考慮
- ・要員の危険源への接近頻度
- ・要員の危険源にさらされる時間
- ・パフォーマンスレベル PL に対する考慮（3.3.2 参照）

4.7 感電保護クラスの種類

絶縁（insulation）とは、電気または熱の通過を遮断することをいい、完全な遮断はできないが、電気伝導率または熱伝導率が十分小さいものを絶縁体という。絶縁には図表4-14に示す次の種類がある。

1	基礎絶縁 Basic Insulation	感電に対する基礎的な保護となるように充電物に施した絶縁。
2	付加絶縁 Supplementary insulation	基礎絶縁が故障したとき、感電に対する保護ができるように基礎絶縁に追加して設けられた独立した絶縁。
3	2重絶縁 Double Insulation	基礎絶縁と保護絶縁の2つからなる絶縁。
4	強化絶縁 Reinforced Insulation	充電部に施された単一の絶縁であって感電に対する保護の度合いが2重絶縁と同等であるものをいう。
5	機能絶縁 Operational Insulation	機器が正しく機能するために必要な絶縁をいう。

(参照：IEC 60950 1.2.9)

図表 4-14 絶縁の種類

感電に対する保護形式には図表4-15に示す4クラスがある。

1	クラス0 機器	感電に対する保護を基礎絶縁だけに頼る機器をいう。
2	クラス I	感電に対する保護は基礎絶縁と、基礎絶縁が故障した場合に可触導電部が充電部にならないように設備の固定配線中のアース用保護導体にこの可触導電部を接続するなど、追加安全予防策をもっている機器をいう。
3	クラス II	感電に対する保護を基礎絶縁だけではなく、二重絶縁または強化絶縁のような追加安全予防策を持っている機器をいい、また保護用アースを必要としない。
4	クラス III	感電に対する保護を SELV(導体間または任意の導体と供給電源から絶縁されている回路の中のアース間において実行値が50VACを超えない電圧)の電源に依存し、かつ SELV より高い電圧を内部で生じることがない機器をいう。

(参照：IEC 60950 1.2.4.1)

図表 4-15 感電に対する保護形式

第 5 章

電気装置一般仕様書

本章は、電気制御部の設計実務に役立つ国際規格 IEC 60204-1:2005 を解説する。

節の番号は規格の番号に合わせた。ただし節番号の最初の数字“5”は5章を表わしている。

機械の電装に関連する規格は多数あるがその中でも IEC 60204-1 は一般的に網羅された中心的な規格であり、電装盤の仕様書としても活用できる。本章では電装盤を設計するときに参考となる情報も記述した。規格と本章を併せて活用いただきたい。

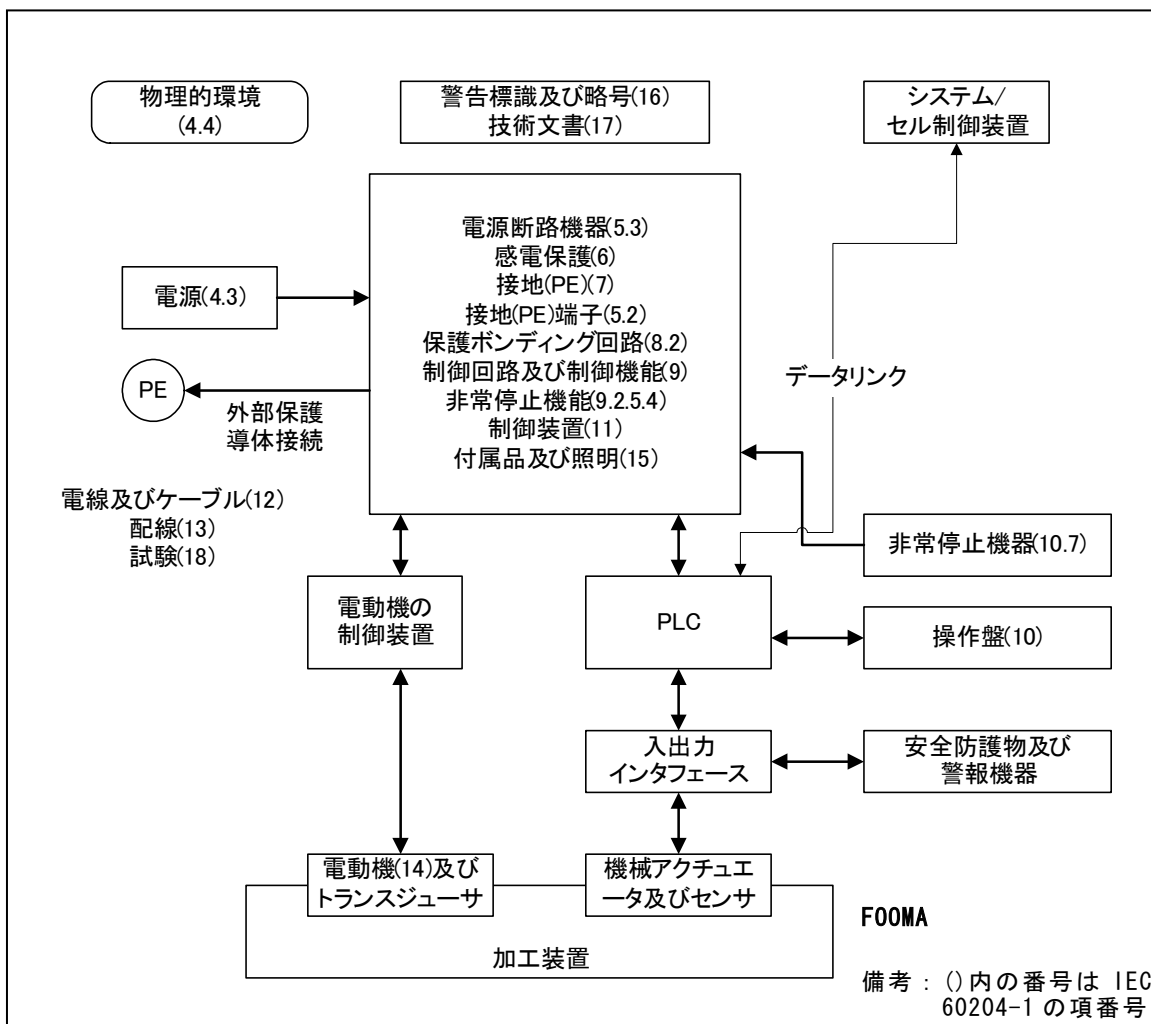
本章を執筆時点では IEC 60204-1:2005 に対応する JIS は未発行であり、JIS B 9960-1:1999 は IEC 60204-1:1997 に対応している。

本章では、機械の電気制御部について、次の事項を達成するための要求事項及び推奨事項について述べる。

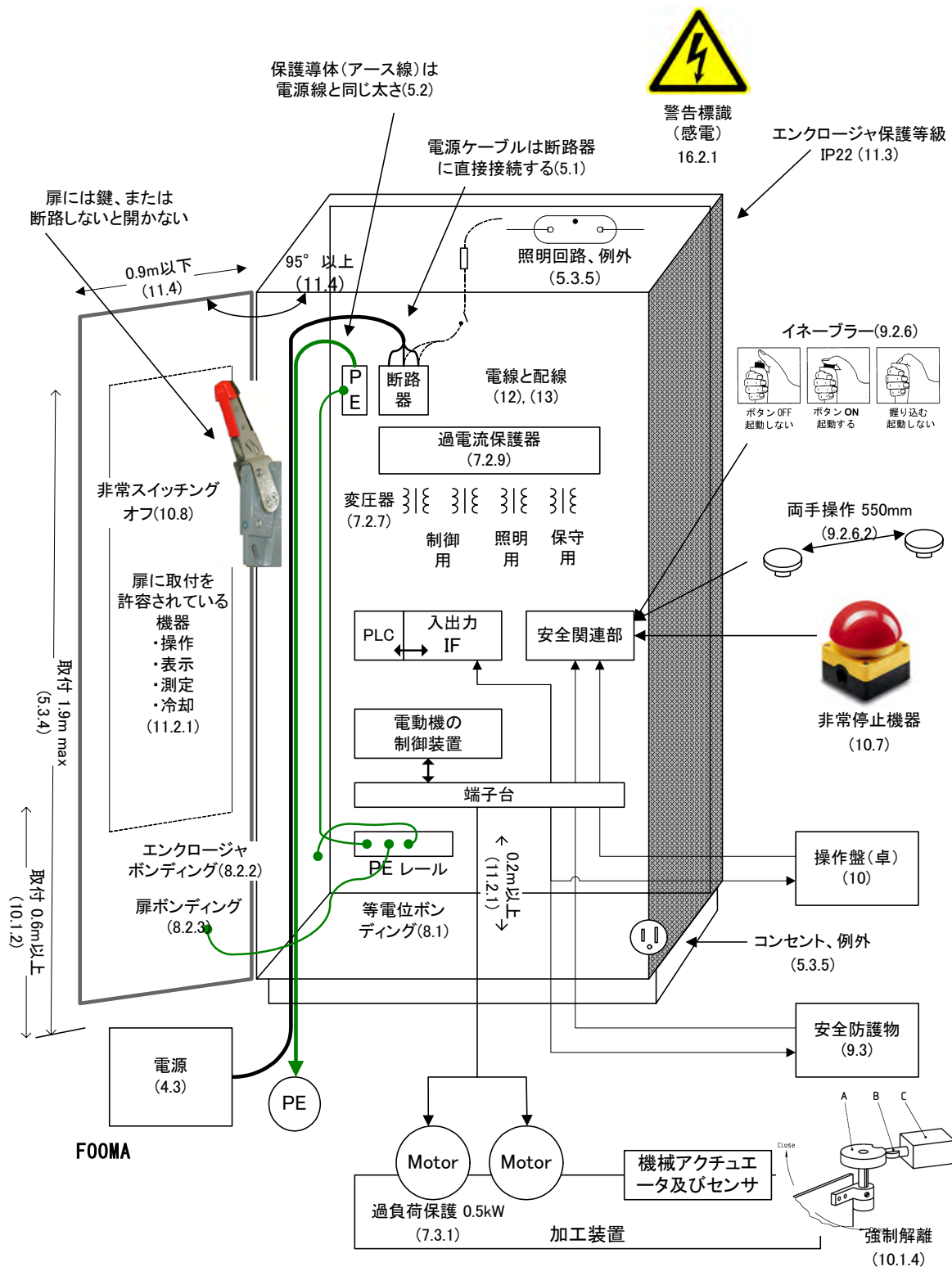
- ・ 人及び財産の安全
- ・ 制御応答の一貫性
- ・ 保守の容易さ

図表 5-1 は機械の諸要素とそれらの関連図であり、図表 5-2 は本章で解説する制御盤の関連図である。なお、()の数字は本章の章番号を除く項番号(5.#.#)を示す。

↓ ↓
章番号 項番号



図表 5-1 機械の諸要素



図表 5-2 機械の諸要素とエンクロージャの配置(例)

5.1 適用範囲

規格 IEC 60204-1 は、稼働時に手で移動させることができない機械の電気制御部に適用される。

規格の範囲は、機械装置の電気接続点、例えば建屋の分電盤、からである。(5.5.1 参照)。

規格は、公称電源電圧が交流 1000 V 以下、直流 1500 V 以下及び公称周波数が 200 Hz 以下で動作する電気設備に適用される。建物の電気設備に関する規格は IEC 60364 (JIS C 60364) を参照のこと。ガードや保護装置などへの要求は個別の国際規格 (対応 JIS 規格) を参照のこと。

5.2 引用規格

この規格は多くの他の規格を引用している。必要に応じて引用されている規格を参照願いたい。

5.3 定義

IEC 60204-1:2005 では、57 種類の用語が定義されている。その一部は第 1 章に紹介したがページ数の関係で全てを収録できないので規格を参照いただきたい。

5.4 一般要求事項

5.4.1 一般事項

この要求事項は、機械（類）の電気制御部に適用する。電気制御部の危険源に伴うリスクの評価は、機械のリスクアセスメントの一部として行い、実施にあたっては下記の危険源とその原因（カッコ内に示す）が参考になる。

- －感電又は電気火災の危険源（電気制御部の故障又は障害）
- －機械の機能不良（制御回路、又は回路の構成部品及び装置の故障又は障害）
- －機械の機能不良（電力回路の故障又は障害、並びに電源の変動又は停止）
- －安全機能の故障（滑り又は転がり接触による回路の導通不良）
- －電氣的妨害（電磁気、静電気、無線周波障害など）
- －蓄積された電氣的又は機械的エネルギーの開放
- －高いレベルの騒音
- －表面の高温、低温による障害

安全方策は、メーカーの設計による本質的安全設計方策、安全防護、付加の保護方策と、使用者において実施するものの双方の組合せである。使用者と供給者との間で、電気設備に関する基本的な仕様と使用者の要求事項の合意を得るため、IEC 60204-1 附属書 B（本書附属書 I に収録）の調査書を使用するよう推奨する。

5.4.2 装置の選択

電気制御部に使用する部品（コンポーネント）及び機器類は、

- －意図した用途に適したものであり、
- －関連した IEC 規格（または JIS）があれば適合するものであり、
- －メーカーの取扱説明書に従うこと。

さらにリスクアセスメントで同定された安全要求を満足しなければならない。

5.4.3 電 源

5.4.3.1 一般事項

電気制御部への電源条件を図表 5-3、図表 5-4 に示す。なお使用者から要求がありそれに供給者が合意したときには合意を優先する。また許容幅、例えば電圧 (0.9~1.1 倍)、を供給者の方針で広げてよい。

項 目	仕 様
電 圧	定常電圧は公称電圧の 0.9~1.1 倍。
周波数	公称電源周波数の 0.99~1.01 倍(連続)又は 0.98~1.02 倍(短時間)。
高調波	高調波歪は、第 2 から第 5 高調波までの合計が、充電導体間の総実効値の 10%を超えない。さらに第 6 から第 30 高調波までの合計が、充電導体間の総実効値の 2%まで許容される。
電圧不平衡	三相電源の逆相分の電圧及び零相分の電圧は、いずれも正相分の 2%を超えない。
瞬時停電	電源の中断又はゼロ電圧は、供給電源のサイクルのどの時点でも 3 ms を超えない。次の中断までの間隔は、1 秒を超えるものとする。
電圧低下	電圧低下は、電源の波高値の 20%を超えるものが 1 サイクルを超えて生じない。次の降下までの間隔は、1 秒を超えるものとする。

図表 5-3 交流電源の標準仕様

項 目	仕 様	
電池電源	電圧	公称電圧の 0.85~1.15 倍
	瞬時停電	5ms を超えない
コンバータ電源	電圧	公称電圧の 0.9~ 1.1 倍
	瞬時停電	20ms を超えない。次の中断までの間隔は、1 秒を超えるものとする
	リップル	公称電圧の 0.15 倍 (peak to peak) を超えない

図表 5-4 直流電源の標準仕様

5.4.4 物理的環境及び運転条件

5.4.4.1 一般事項

電気設備 (電気制御部及び電気器機) の使用環境条件を、5.4.4.2 から 5.4.4.8 に示す。物理的環境又は運転条件が供給者と使用者との間で合意が必要になることがある (附属書 I 参照)。

5.4.4.2 電磁両立性 (EMC)

電気設備は、使用場所にふさわしいレベルを超える電磁妨害を発生してはならない。また

電気制御部は使用環境内で正しく動作するように、電磁妨害に対する適切なイミュニティを有すること。

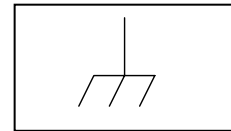
発生する妨害、例えば伝導もしくは放射のための方策例を次に示す。

- －電源のフィルター
- －ケーブル遮蔽
- －高周波放射を最低限にする筐体設計
- －高周波抑制技術

機器に対する伝導または放射高周波(RF)妨害の影響を低減する方策例は、

- －機能ボンディング(アース)システム(FE)の設計への考慮事項

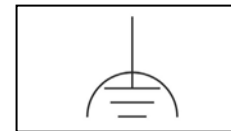
- ・高感度な電気電子機器のシャーシ(フレーム)のアース端子に図表 5-5 を表示、またはラベルを貼る(5.8 項参照)。



図表 5-5 シャーシへの接続
(IEC 60417-5020)

- ・シャーシを盤内の PE レール(アースブスバー)への接続は、高周波インピーダンスが低い導線で短くすること。

- －高感度電気装置または回路を直接アース導体か機能アース(FE)(ノイズレスアースとも言う)に接続する。ノイズレスアースの端子には、図表 5-6 を表示するか、ラベルを貼らなければならない。



図表 5-6 ノイズレス接地
(IEC 60417-5018)

- －妨害源から高感度回路を分離する
- －高周波伝播が最小になるように設計したエンクロージャを使用する
- －EMC 配線の方法
 - ・ツイストペア線(約 25mm ピッチ)を使用する(+-の 2 本のより線)
 - ・妨害を出す導体と高感度の回路導体との間隔の確保(約 30cm が望ましい)
 - ・ケーブルが交差する時、ケーブルはできるだけ直角に近く交差させる
 - ・電線をできるだけ、接地線、接地金属板に近づけて布線する
 - ・シールド線(可能なら網状ではなくテープ状シールド)を使用する。静電遮蔽のためシールド部は片側を良質(高周波インピーダンスが低い)なアースに接続する。

5.4.4.3 周囲温度

すべての電気設備は、周囲温度が少なくとも+5℃から+40℃の間で正常に動作しなければならない。高温(炉などの輻射熱を含む)または低温の使用環境では特別な要求が必要となるので使用者と供給者はあらかじめ合意すること(附属書 I 参照)。

5.4.4.4 湿度

電気設備は、最高気温+40℃において相対湿度が 50%を超えない場合には、正常に動作

しなければならない。温度が低い場合には、高い湿度も許容される(例 90%、20℃)。結露によって悪影響がでる場合には、これを避けるために設計で考慮する、あるいは追加の対策(例えば、内蔵ヒータ、エアコン、水抜き穴)をすること。

5.4.4.5 高度

電気設備は、海拔 1 000m までの高度で正常に動作しなければならない。

5.4.4.6 汚染物

電気設備は、固体及び液体の侵入に対して適切に保護すること(5.11.3 保護等級参照)。電気設備が据え付けられる物理環境に汚染物(例えば、ほこり、酸、腐食性ガス、塩分)がある場合は、考慮を払うことが望ましい(附属書 I 参照)。

5.4.4.7 電離及び非電離放射線

装置が放射線(例えば、マイクロ波、紫外線、レーザー、X線)を受ける場合、電気設備の機能不良や絶縁の急速な劣化を避ける為の対策を追加すること。供給者と使用者との間に特別な合意が必要になることがある(附属書 I 参照)。

5.4.4.8 振動、衝撃及びバンプ

振動、衝撃及びバンプ(機械及び関連装置によって発生するもの、及び物理環境によって生じるもの)による悪影響は、それに耐え得る器機を選択する、それから機械から十分離す、防振器具を使用することなどによって避けること。供給者と使用者との間に特別な合意が必要になることがある(附属書 I 参照)。

5.4.5 輸送及び保管

電気設備は、輸送及び保管温度範囲が-25℃~+55℃、24時間を超えない短時間では+70℃までの温度の影響に耐えるものであること。適切な対策を講じて、湿度、振動及び衝撃による損傷を防止しなければならない。なお低温で損傷を受けやすいものに PVC 絶縁ケーブルが含まれる。

5.4.6 運搬のための手段

重くてかさばる電気設備であって、輸送のために機械から取り外さなければならないもの又は機械から独立しているものは、クレーン又は類似設備で取扱えるように、適切な手段を備えなければならない(5.13.4.6 参照)。

5.4.7 据付け

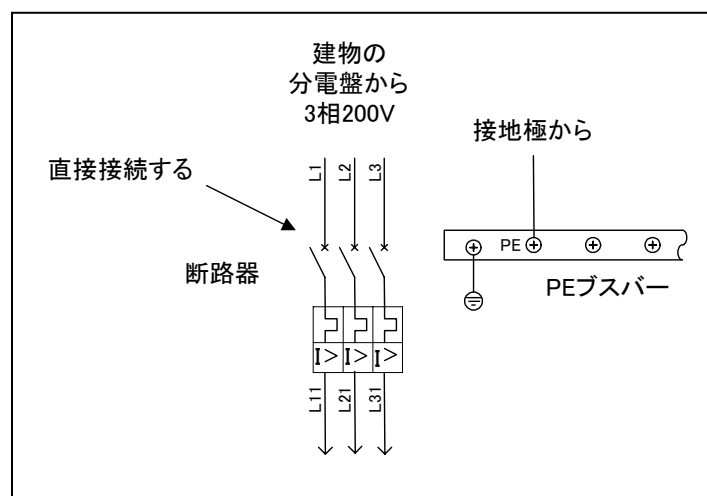
電気設備の据付けは、供給者の指示に従って行わなければならない。

5.5 供給電源への接続及び電源開路用機器仕様

5.5.1 供給電源への接続仕様

機械への供給電源は機械1台につき一系統一系統とすること。機械内で、供給電源電圧とは異なる電圧を必要とする時は、機械内で変圧器などによって電圧を変換して使用すること。

供給電源から機械への電源接続は、プラグ付き電源ケーブルまたは電気制御部内の主開閉器への電源ケーブルの直接の接続とする(図表 5-7 参照)。機械内に供給電源からの中継接続用の端子を設けないこと。中性線(例 3 相 4 線式)を使用する場合は、図面に明記し、N のラベルを付けた中性導体用の絶縁端子を設けること。中性線は設備内で保護ボンディング回路と接続してはならない。中性線の端子と保護ボンディングの端子(PE)は独立していること。図表 4-5 等電位ボンディング参照。



図表 5-7 供給電源からの接続

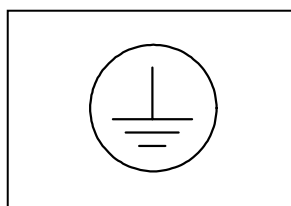
5.5.2 外部保護導体（アース線）接続用端子

外部保護導体（アース線）接続用端子は、各供給電源毎に、その電圧相導体端子(8.2.1)の近くに備えなければならない。図表 4-5、図表 5-7 参照。外部保護導体(アース線)は、短絡事故時の戻り電流経路を確実にするため、電源供給の電源線と同じ断面積とすること。ただし 22mm^2 を超える電源線であるとき、または海外規格の電線を使用するときは図表 5-8 による。5.8.2.2 参照。

装置への電源線の断面積（1相あたり） $S\text{mm}^2$	外部保護導体の最小断面積 $S_p\text{mm}^2$
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

図表 5-8 外部保護導体（銅線）の最小断面積

外部の保護導体から機械のアース接続点には、図表 5-9 の表示、または PE と明記すること。



図表 5-9 保護接地
IEC 60445

5.5.3 電源断路機器

5.5.3.1 一般事項

機械の電気設備の入力電源線毎に、断路機器を取り付けること。断路機器は、電気機器を含めた機械の保守のためなどに電氣的な切り離しができること。複数の断路機器があるときには、人員、あるいは機械設備や加工物に危険な状態や損害が発生しないよう電源断路機器間にインタロックを設けること

5.5.3.2 種類

電源断路機器^{注)}の種類は、次のいずれかであること。

- (1) 回路遮断器であって、ヒューズ付き又はヒューズ無の IEC 60947-3 (JIS C8201-3) に適合しカテゴリ AC-23B または DC-23B に使用するもの (図表 5-10 参照)。
- (2) 断路器であって、ヒューズ付き又はヒューズ無の IEC 60947-3 に適合し常に断路器の主接点が閉路する前に別の開閉器によって負荷回路を遮断させるための補助接点を持つもの。
- (3) 回路遮断器であって IEC 60947-2 に規定する断路(アイソレーション)の機能をもつもの。参考 JIS C 8370、JIS C 8371、JIS C 8372、JIS C 8201-2
- (4) プラグ/ソケットを柔軟なケーブルとの組合せで使用する。

注) TN 方式 (欧米の配電方式) が広く使用されている国際規格では断路器を規定している。国内は TT 配電方式であるので主開閉器には漏電遮断器を使ってもよい。分岐回路に漏電遮断器を使用する場合は、主断路は漏電遮断器でなくて良い。

電流の種類	使用負荷種別		代表的な目的とした用途
	煩雑に操作	まれに操作	
交流	AC-20A	AC-20B	無負荷時の接続及び断路
	AC-21A	AC-21B	適度の過負荷を含む抵抗性負荷の開閉
	AC-22A	AC-22B	適度の過負荷を含む抵抗性負荷及び誘導性負荷の両方の開閉
	AC-23A	AC-23B	モータ負荷または高誘導性負荷の開閉
直流	DC-20A	DC-20B	無負荷時の接続及び断路
	DC-21A	DC-21B	適度の過負荷を含む抵抗性負荷の開閉
	DC-22A	DC-22B	適度の過負荷を含む抵抗性負荷及び誘導性負荷の両方の開閉（例えば直巻モータ）
	DC-23A	DC-23B	高誘導性負荷の開閉（例えば直巻モータ）

図表 5-10 使用負荷種別 (IEC 60947-3 による分類)

5.5.3.3 要求事項

電源断路機器は次の要求事項をすべて満足しなければならない。

- －電源から電気装置を分離でき、オフ(断路)、オン位置を各一つだけ有し、それぞれ“○”及び“Ⅰ”と明示する(参照:5.10.2.2)。
- －位置表示がある(全接点が完全に開路し適切な断路距離が確保されるまでオフ(断路)表示をしない)。
- －入切の外部操作手段(例えば、外部ハンドル、リモート操作)がある。ハンドルの色は、黒か灰色であること(参照:5.10.7.4、5.10.8.4)。
- －オフ(断路)位置でロックできる手段(例えば、南京錠による)を備えている。ロックされている場合は、手元閉路と共に遠隔操作による閉路も防止できる。
- －電源回路のすべての充電導体を断路できる。TN配電方式の場合では、中性線を断路してもしなくてもよい。
- －断路機器の容量は、最大の電動機の拘束電流とその他のすべての電動機及び電動機以外の負荷の通常動作電流との総和の電流を遮断できること。なお、これにより計算した遮断容量は、換算係数によって減じてよい。

5.5.3.4 操作ハンドル

操作手段(たとえば外部ハンドル)は、接近しやすい場所にあつて、作業面から0.6mから1.9mの高さにあること。取り付け位置の上限は1.7mを推奨する。

5.5.3.5 例外回路

次の回路で主電源断路時にも必要な場合は、主電源断路機器で断路しなくてもよい。ただし、それ自体で断路できること、明確な警告表示をすること。

- －保守及び修理中に必要な照明回路
- －修理又は保守用のサービスコンセント回路(例えば、電動ドリル、試験装置に限定して用いる)

- －電源故障時の自動引外しのみに使用する不足電圧保護回路。
- －正常な動作のため常に給電しておくべき装置、例えば、温度制御されている測定装置、製品(作業中のワーク)のヒータ、プログラム記憶装置。
- －インタロック用制御回路
- －無停電電源装置^{注)}

注) 電源断路機器で断路されない機器の端子部には、「常時通電中」等の銘板を付けること。例外回路は他の開路から分離すること。インタロック回路の配線色は 5.13.2.4 に従うこと。サービスイコンセント回路には許容電流値を明記し、過電流保護のブレーカ、あるいはヒューズを取り付ける。

5.5.4 予期しない起動を防止する開路機器

予期しない起動を防止する開路機器を備えなければならない(例えば、保守作業中に機械が起動すると危険である)。不注意や間違い(遠隔操作や手元操作での)による断路機器の投入を防ぐための手段を備えなければならない(5.5.6 参照)。予期しない起動と意図しない起動は同じ意味である。

5.5.5 電気器機を断路するための機器

感電又は火傷のリスクなく作業ができるように、電気設備を断路(分離)する機器を備えなければならない。

5.5.6 禁止されている投入、不注意による投入及び/又は誤投入に対する保護

5.5.4 及び 5.5.5 で規定されている機器で、禁止されている投入、不注意による投入及び/又は誤投入に対する保護のためオフ位置又は断路状態にロックする手段(例えば、南京錠)を装備できるものには、これを装備しなければならない。

5.6 感電への保護

5.6.1 一般要求事項

感電は、2.2 で述べたように直接接触と間接接触に分けられる。ここでは絶縁、接地そして安全な低電圧 PELV の使用による保護も併せて述べる。

5.6.2 直接接触に対する保護

5.6.2.1 一般事項

電気制御部の各回路又は各部分はエンクロージャによる保護、絶縁物による保護をする。これらの手段が実際的でないならば IEC 60364-4 にある直接接触に対する他の保護手段(例えば、バリヤ*の使用、手の届かないところに配置する、オブスタクル**の使用、接近を防ぐ構造又は取り付け手法の使用)を採用してもよい。電気設備が、子供を含めすべての人が近づける場所にある場合は、少なくとも保護等級 IP4X 又は IPXXD(附属書Ⅱ)に相当するエンクロージャによる保護、又は絶縁の手段を採用しなければならない。

* バリヤ：人が接近できないように設けた固定された柵など。5.6.2.5 参照。

**オブスタクル：カバーのように充電部を覆うもの、意図的な接近は防げない。5.6.2.6 参照。

5.6.2.2 エンクロージャ*による保護

充電部はエンクロージャの内部に配置すること。エンクロージャは IP2X 又は IPXXB であること。ただしエンクロージャの上面に容易に近づくことができるなら、その上面は、直接接触に対する保護が少なくとも IP4X 又は IPXXD であること。

エンクロージャの扉、ふた、カバーなどを開けるには、次のいずれかの条件でのみ可能とする。特に装置を電源に接続した状態で機器の再設定又調整を行うときに触れる恐れのある充電部は、IP2X などの保護やオブスタクルによって直接接触に対する保護を行うこと。

(1) 鍵又は工具を必要とする。

(2) 中の充電部を断路した状態で、エンクロージャを開くことができる。

断路中も充電される回路やインタロック回路は、後述する警告表示と配線色で警告すること。機器の手動操作によって危険源が発生しうる(たとえば手動で接触器やリレーを閉じる)ような操作は取り外しに工具が必要なバリヤやオブスタクルによって防護されなければならない。

*エンクロージャ：盤、筐体、キャビネット、箱、ケースなどの総称

5.6.2.3 絶縁物による充電部*の保護

充電部は絶縁物で完全に覆われ、通常の使用状態で受ける機械的、化学的、電氣的及び熱的ストレスに耐えられること。塗料、ワニス、ラッカーの塗布並びにこれに類した方法だけでは不十分である。

*充電部：通常の使用状態で電圧が印加されている導体、導電性部分

5.6.2.4 残留電圧に対する保護

電源断後5秒以内に60V以下になること。ただし充電電荷が60 μ C以下の部品を除く。栓型ヒューズなどの引き抜きによる断路では放電時間が1秒以内でなければならない。さもなければ、その導体は、直接接触に対する保護が少なくともIP2X又はIPXXBでなければならない。

5.6.2.5 バリヤによる保護

バリヤは、正常な電源供給条件において、充電部から適切に分離するための物理的な障害物であり、所定の位置に堅固に固定され、かつ十分な安定性と耐久性が必要である。バリヤの開放または一部分の取り外しには、鍵または工具が必要な物であること(JIS C 0364-4-41 412.2 参照)。

5.6.2.6 人体が届かないところへの配置による保護又はオブスタクルによる保護

人体が届かないところの配置による保護に関しては、**図表 2-4** アームブリーチを参照。アームブリーチの外に置く目的は、充電部に無意識に接触することを防ぐ目的である。オブスタクルは、充電部に無意識に接触するのを防止する保護であり、国内では透明アクリル板などのカバー（例：端子カバー）が相当する。オブスタクルは無意識に取り外せないように堅固に固定しなければならないが、取り外しには鍵または工具の使用をしなくてもよい。JIS C 0364-4-41 の 412.3 を参照。

5.6.3 間接接触に対する保護

5.6.3.1 一般事項

間接接触は、器機や電線の充電部と金属部分（露出導電性部分）間の絶縁不良（絶縁破壊）が発生した場合に危険が生じる。電気制御部の回路や各部分は、絶縁破壊を起こさせぬ事、あるいは危険な接触電圧になる前に電源を自動遮断する事、あるいはその両方の手段によって実現できる。

5.6.3.2 危険な接触電圧の発生を防止する手段

5.6.3.2.1 一般事項

危険な接触電圧の発生を防止するには、次の方法がある。

- －クラス II 装置の使用又は同等の絶縁
- －電氣的分離

5.6.3.2.2 クラス II 装置の使用又は同等の絶縁による保護

クラス II の電気機器又は器具(4.6 絶縁保護クラスを参照)の使用。この手段は、基礎絶縁の破壊により人が近づける部分に危険な接触電圧が発生することを防止することが目的

である。

5.6.3.2.3 電氣的分離による保護

回路の充電部の基礎絶縁の破壊によって充電される可能性がある露出導電性部分との接触による危険な接触電圧を防止することが目的である。JIS C 0364-4-41 413.5

5.6.3.3 電源の自動断路による保護

絶縁不良の発生によって影響を受ける回路の電源の自動断路は、接触電圧から生じる危険な状態を防止することが目的である。保護の手段は下記2項目の実施である^{注)}。

- －露出導電性部分の保護ボンディング
- －絶縁不良による漏電を検知し自動遮断する（国内のTT配電方式の場合）

注) TN方式では過電流検知による自動遮断、IT方式では絶縁監視による自動遮断

5.6.4 PELVの使用による保護

5.6.4.1 一般要求事項

PELV (Protective Extra Low Voltage)は、使用する電源を低電圧とし、幾つかの考慮をすることで感電しても人体が保護されている方法である。

PELV回路は、次の条件をすべて満足していなければならない。

(1) 公称電圧は、次の値を超えない。

- －通常乾燥した場所で使用するときには、AC25 V(実効値)又はDC60 V(リップルなし^{注)})。
- －その他の場合は、AC6 V(実効値)又はDC15 V(リップルなし)。

注) リップル無しとはリップルが基本波成分の10%を超えない。

(2) 回路の一方の側又は回路の供給電源の一点を保護ボンディング回路と接続する。

(3) PELV回路の充電部は、他の充電回路から電氣的に分離されている。安全トランス(IEC 61558-1、-2-6)の1次2次間の絶縁性能以上であること。

(3) 各PELV回路の導体は、他のいかなる回路の導体からも物理的に分離している。

(4) PELV回路用のプラグ及びコンセントは、次の各項を満足する。

- ①プラグは、他の電圧システムのソケットに挿入できない。
- ②コンセントは、他の電圧システムのプラグの挿入を許さない。

5.6.4.2 PELVの電源

PELVの電源は、安全絶縁変圧器(IEC 61558-1、-2-6)または同等(電池、適切な電子回路電源)なものであること

5.7 電気設備の保護

5.7.1 一般事項

電気設備を下記の影響から保護する方法を述べる。

- －短絡事故による過電流
- －過負荷または冷却モータ不具合
- －異常な温度
- －電源電圧の低下又は停電
- －機械/機械要素の過速度
- －地絡、漏電
- －正しくない相順
- －雷サージ及び開閉サージによる過電圧

5.7.2 過電流保護

5.7.2.1 一般事項

過電流保護は、部品・器機あるいは導体（盤内配線、盤外配線）を定格電流、又は導体の許容電流容量のいずれか小さい電流値を超えないように保護する。

5.7.2.2 電源導体

電源供給箇所から機械の受電端までの電源導体（電源ケーブル）の為の過電流保護器機は機械供給者の責任範囲としない（別途取り決めがある場合を除く）。機械（電気設備を含む）の供給者は、過電流保護機器の選定に必要なデータを据付接続図に記述すること。

5.7.2.3 電力回路

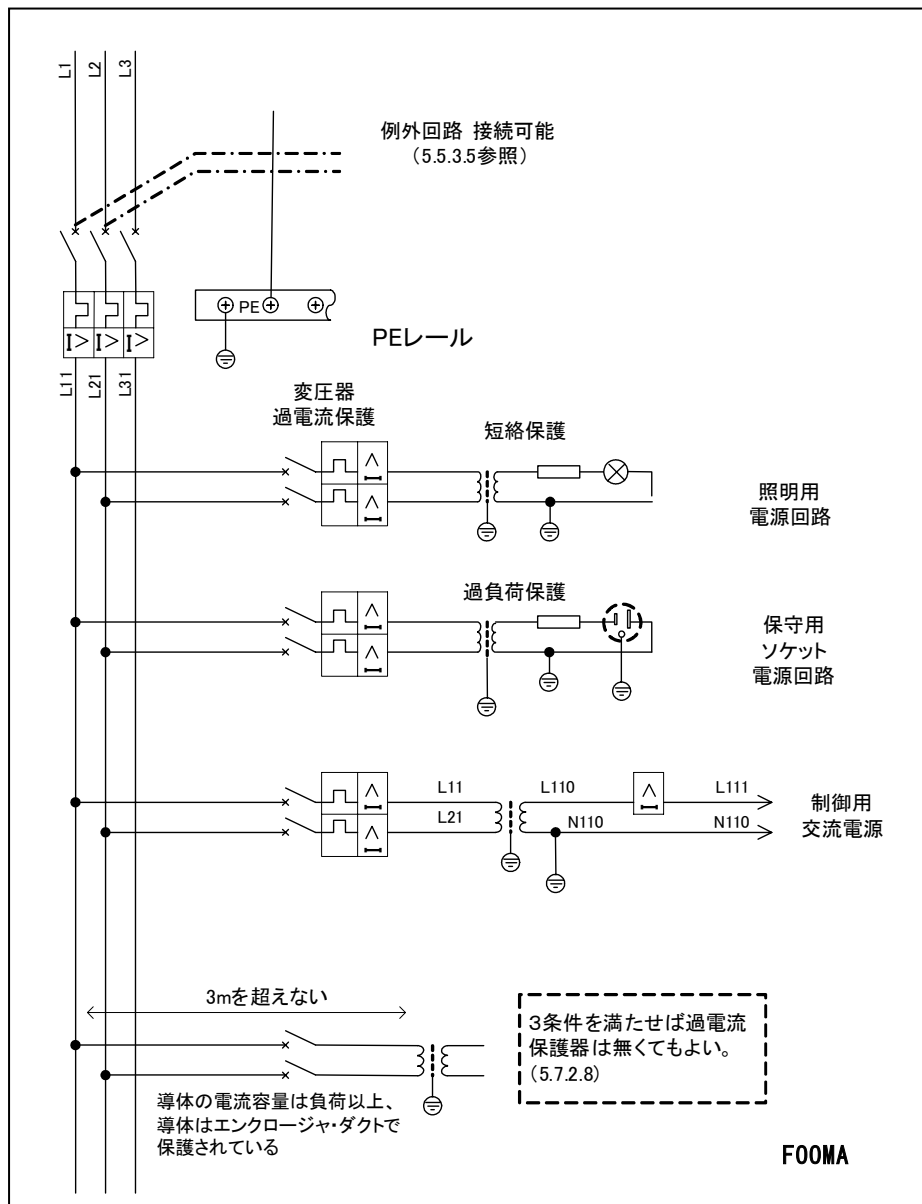
機械の電力回路（モータ、ヒータなど）への各充電導体に 5.7.2.10 に従って選定した過電流を検知する機器及び遮断する機器を設ける。中性線の断面積が電圧相導体の断面積と同等以上の場合には、この中性線に過電流保護は考慮しなくて良い。IT 配電方式では、中性線を使用しないことを推奨する（JIS C 0364-4-473 473.3.2.2 参照）。

5.7.2.4 制御回路

供給電源に直接接続する制御回路の電線及び制御変圧器に給電する回路の電線は、5.7.2.3 に従って、過電流に対し保護すること。二次巻線の一端を保護ボンディング回路に接続した変圧器から電源供給を受けている制御回路では、過電流保護機器は、保護ボンディング回路に接続されていない側に設ける。

5.7.2.5 サービスコンセント（ソケット）及びそれに関連する電線

サービスコンセントの各回路の充電導体の接地されていない側に過電流保護機器(図表5-11)を設けること。



図表 5-11 過電流保護機器

5.7.2.6 照明回路

照明用電源回路の接地されていないすべての導体に短絡に対する回路専用の過電流保護機器を設けること。

5.7.2.7 変圧器

変圧器のための過電流保護機器の種類及び設定値は、変圧器の供給者の推奨に従うのがよい。選定では

- － 変圧器の突入電流は定格よりかなり大きいので電源投入時にトリップしないよう選定する。

- 二次側端子間を短絡したとき、巻線温度が変圧器の絶縁の種類が許容する倍以上に上昇することがないように選定する。

5.7.2.8 過電流保護機器の設置場所

過電流保護機器は、保護される回路導体の電源接続点に設置すること。これができない場合、次の3つのすべての手段によって短絡の可能性を減じてあれば過電流保護機器はなくても良い^{註)}(図表 5-11 参照)。

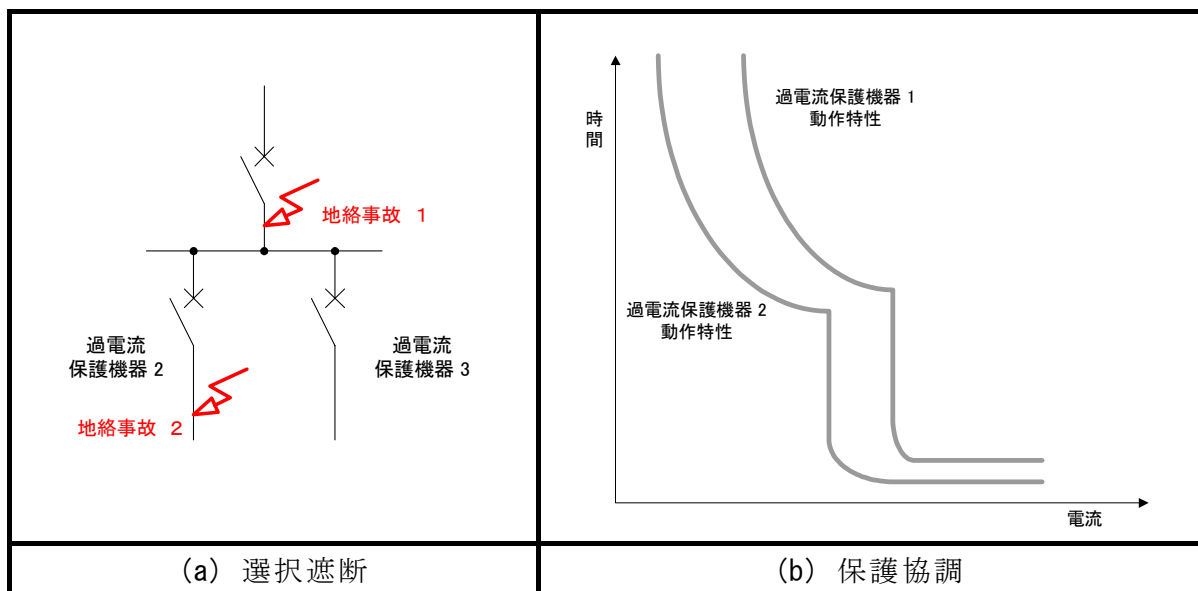
- 導体の電流容量が負荷容量以上である。
- 保護したい機器への各接続導体が 3m を超えない。
- 導体は、短絡の可能性を減少できるようにエンクロージャ又はダクトで保護されている。

注) 過電流保護器を除外できるが、保全あるいは保護協調の点から過電流保護器の使用を薦める。

5.7.2.9 過電流保護機器

過電流保護機器の定格短絡遮断容量は、想定される短絡電流以上でなければならない。直列に過電流保護機器を使用する場合は、直列になった二つの保護機器の通過エネルギー (I^2t) が、負荷側の過電流保護機器及びこれによって保護されている導体にとって危険なく耐えられる範囲内にあるように、二つの保護機器の特性の協調をとらなければならない (JIS C 8201-2 の附属書 A 参照) (図表 5-12 参照)。

- 電力回路の過電流保護機器には、ヒューズ及び回路遮断器を含む。
- ヒューズを使用する場合は、使用する国で容易に入手できる形式を選択すること。



図表 5-12 過電流保護器の選択遮断と保護協調

5.7.2.10 過電流保護機器の定格と設定

ヒューズの定格電流、又はその他の過電流保護機器の設定値は、できる限り小さい値とする。ただし、予期される過電流(例えば、電動機の始動電流又は変圧器の突入電流)には、

十分耐える容量でなければならない。これらの保護機器を選定するとき、制御開閉機器の過電流による損傷(例えば、制御開閉機器の接点溶着)も保護することを考慮するのが望ましい。

過電流保護装置の定格電流又は設定値は 5.13.4 に従う保護する導体の許容電流値によって決定する。保護する回路中の他の電気機器との協調をとる必要性も考慮することが望ましい。これらは、機器の供給者の推奨値に従うとよい。

5.7.3 電動機の過熱保護

定格が 0.5kW を超える電動機には、過熱保護を備えなければならない。電動機の動作を自動的に中断できない場合(例えば、消火ポンプ)は、過負荷検出により、作業者が気付くように警報信号を出さなければならない。電動機の過熱防止は次の方法がある。

- －過負荷防止
- －過熱保護
- －電流制限保護

過負荷保護がスイッチングオフによって行われる場合、その開閉機器は、すべての充電導体をオフしなければならない。中性線は切らなくてもよい(5.7.2.3 参照)。

過負荷保護の作動後に電動機が自動再起動しないこと。危険な状態を起こさない、機械又は加工中のワークに損傷を与える可能性がない場合は自動で再起動してもよい。

5.7.4 異常温度保護

加熱ヒータなどで、異常高温となって火災を生じるなど危険な状態になる可能性があるものには、冷却など適切な制御応答を伴う検出手段を設けなければならない。

5.7.5 停電、電圧低下及びそれらの復旧時の保護

停電・電圧低下及び回復時に、危険な状態又は機械若しくは加工中の製品に損害が生じる可能性がある場合は、不足電圧保護(例えば、機械のスイッチングオフ)を備えなければならない。機械の動作が、短時間の停電・電圧の低下を許容できる場合は、遅延型不足電圧保護機器を備えてもよいが、機械の停止制御機能を妨げてはならない。

5.7.6 電動機の過速度保護

過速度が危険状態を引き起こす可能性がある場合には、過速度保護を行わなければならない。

5.7.7 地絡/漏電電流の保護

間接感電保護(5.6.3 参照)で規定した自動断路による保護に加えて、地絡検知または漏洩/過電流保護を装置の損傷を減らすために使用することができる。地絡検知/漏洩電流検知は過電流保護より検知できる電流の設定値が低い。

5.7.8 相順の保護

電源電圧の相順が正しくないと3相誘導電動機は逆転する。このような危険状態又は機械の損傷を引き起こす可能性がある場合は、相順の保護を備えなければならない。特に移動できる機械では考慮が必要である。

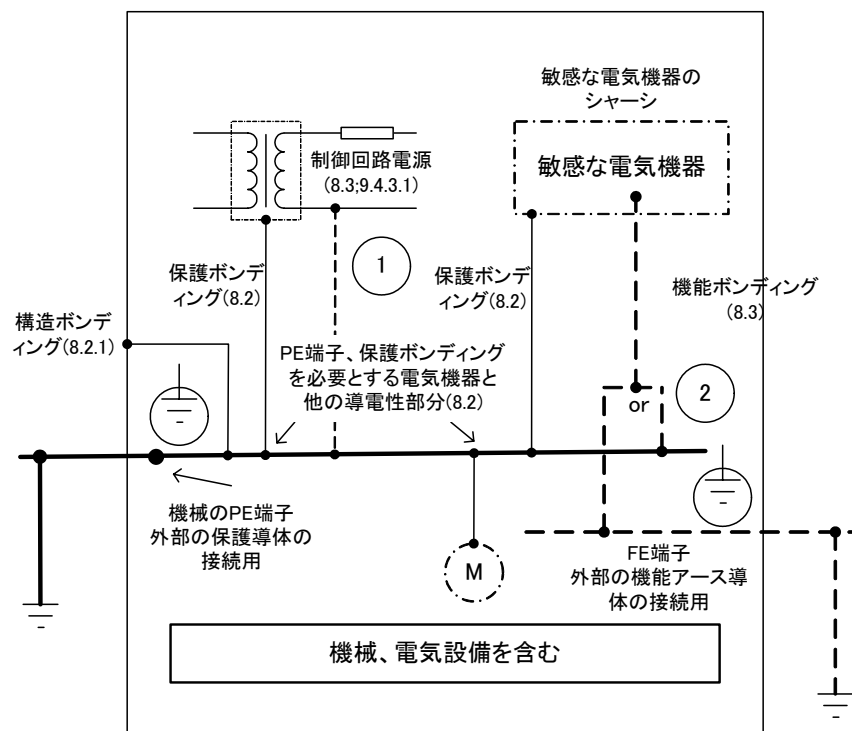
5.7.9 雷サージと開閉サージによる過電圧に対する保護

雷サージは、電源線や通信線から電気設備に侵入する。対策はサージ保護器機 (SPD) を電源断路機器の入力端子へ接続し、アースを取ること。開閉サージは雷サージより小さいが、リレーや開閉器の接点の損害、更には溶着の事故にもなる。開閉サージによる過電圧を抑制する保護機器は、その保護を必要とするすべての装置の端子間に接続する。

5.8 等電位ボンディング

5.8.1 一般事項

5.8 は保護ボンディング及び正常動作用ボンディングについて述べる。図表 5-13 は、この概念を示すものである。保護ボンディングは、人を間接接触による感電から保護する基本的対策である。機能ボンディング (Functional Bonding) の目的は、絶縁不良が機械の動作に与える影響を小さくする、高感度 (外部からの影響に左右されやすい) な機器が妨害されて機械の動作に影響を与えないようにすることである。機能ボンディングと保護ボンディングは相互に機械の中で接続されるが、電気的外乱が機器の動作に影響がある場合は機能ボンディングを別接地線にすることも許容される。



備考：()内の番号は IEC60204-1 の項番号

- 任意の接続
- FOOMA
- ① 機能ボンディング(8.3)、保護ボンディング(8.2)を含む
 - ② 機能ボンディングのみ(8.3)、保護導体へまたは機能アース線のいずれかに接続

図表 5-13 機械の電気装置のための等電位ボンディングの例

5.8.2 保護ボンディング回路

5.8.2.1 一般事項

保護ボンディング回路は下記から構成される。

- －PE 端子 (5.5.2 参照)
- －機械の装置内の保護導体(しゅう動接点が回路の一部であるなら、それも含む。)
- －電気設備の露出導体部分と導電性構造部
- －機械の導電性構造部 (金属部分)

地絡すると保護ボンディング回路に大きな熱、機械的力(ストレス)が発生する。したがって保護ボンディング回路はそれに耐えられるものでなければならない。電気設備のエンクロージャまたはフレームなどは IEC 60364-5-054(JIS C 60364-5-054、543)が定める条件を満足していれば保護ボンディング回路として使用できるので参照願いたい。代表例を図表 5-14 に示す。

保護導体として使用できる (例)	保護導体として使用できない (例)
他心ケーブルの導体	金属製水道管
エンクロージャに収めた絶縁導体、裸導体	可燃性ガス管
固定して施設した裸導体、絶縁導体	機械的応力を受ける構造部
金属製ケーブル外装、ケーブルシールド、ケーブル鎧装、ワイヤ編組、同軸ケーブル外部導体、金属電線管	可とう性電線管、可とう性金属製部品、支持用線

(出典 : IEC 60364-5-005 543.2.2、 543.2.3)

図表 5-14 保護導体として使用できるもの、できないもの

5.8.2.2 保護導体(Protective conductors)

保護導体の識別法は緑と黄色の縞模様の組合せ(5.13.2.2 参照)による。保護導体の材質は銅が望ましく、断面積は 5.5.2 と図表 5.8 に示す。

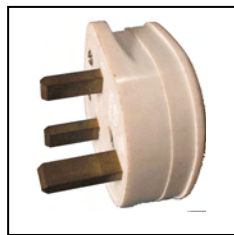
5.8.2.3 保護ボンディング回路の導通性

- －電気装置及び機械のすべての露出導電性部分は、保護ボンディング回路に接続しなければならない。
- －どのような理由 (例えば、保守) で一部を取りはずしても、残った部分の保護ボンディング回路が切れてはならない。
- －金属製ダクトと金属製ケーブル外装(例えばケーブル鎧被、鉛シース)は、保護ボンディング回路に接続しなければならない。
- －電気装置がふた、扉、カバープレートに取り付けられている場合、保護ボンディング回路を付けること。
- －保護ボンディング回路に低抵抗の締結部品、蝶番又はしゅう動接点を使用してもよい。

5.8.2.4 保護ボンディング回路からの開閉機器の排除

- －保護ボンディング回路には、開閉機器及び過電流保護機器(例えば、スイッチ、ヒューズ)を挿入してはならない。
- －引離し式集電子又はプラグ/ソケットで保護ボンディング回路の途中を切る場合は、充電導体が切れる前に保護ボンディング回路が切れてはならない。
- －充電導体が接続する前に保護ボンディング回路が接続しなければならない。これは、移動形又は引き抜き形プラグインユニットにも適用する(13.4.5 参照)。
- －プラグ/ソケットの金属ハウジングを、保護ボンディング回路に接続しなければならない(PELV 用を除く)。

図表 5-15 にイギリスで使用されているプラグを示す。アースピンの長さが他の 2 本の電圧ピンより著しく長く、またアースピンがソケットに差し込まれるとソケットの電圧ピンの蓋が開くようになっている。



図表 5-15 イギリスで使用されているプラグ

5.8.2.5 保護ボンディング回路に接続する必要のない部分

露出導電性部分が、次のいずれかの理由で危険を引き起こすことがないように取り付けられている場合は、保護ボンディング回路に接続する必要はない。

- －接触部分が少ない、又は握ることができない小さなもの(約 50mm×50mm 未満)。
- －充電部との接触及び絶縁不良が起きないような配置。

この規定は、ねじ・リベット・銘板のような小さな部品に適用し、またエンクロージャの中の部品(例えば、電磁接触器又は電磁継電器の電磁石、及び機器の機械的部分)には、大きさに関係なく適用する(JIS C 0364-4-47 の 471.2.2 参照)。

5.8.2.6 保護導体の接続点

すべての保護導体は、13.1.1 に従って接続しなければならない。保護導体接続点にその他の機能をもたせてはならない。例えば、器具又は部品を取り付け又は接続するために使用してはならない。

各保護導体接続点は、図記号 **60417-2-IEC-5019** を使用して識別しなければならない。また、保護導体を接続する端子は、緑と黄の 2 色組合せで識別してもよい。文字 PE の使用については、5.5.2 を参照

5.8.2.7 移動機械

自動車などに搭載されている電気設備の保護導体は、感電に対する保護のため機械の構造とともに保護ボンディング端子に接続すること。またこの移動機械が固定電源に接続されるときには外部保護導体を保護ボンディング端子に接続すること。

5.8.2.8 交流 3.5mA または直流 10mA 以上の漏れ接地電流への追加保護ボンディング

可変速のモータードライブ、例えばインバータによる速度制御で漏れ電流が多い。そうした場合は次を満たす必要がある。

- (1) 保護導体は 10mm^2 の断面積以上
- (2) 保護導体が 10mm^2 に満たない場合は保護導体を追加する。
- (3) もし保護導体の接続がなくなったばあいは、電源を自動的に遮断する。

5.8.3 機能ボンディング

絶縁不良による誤動作からの保護には、接地系統の共通化が有効である（5.9.4.3.1 参照）。電磁障害による誤動作を避けるためには機能ボンディングが有効である。

5.8.4 高い漏れ電流の影響を制限するための対策

高い漏れ電流が出る機器の影響を制限するには、その機器専用の巻き線を持つ専用の変圧器を使用するのがよい。機器の露出導電部と変圧器の2次巻き線は保護ボンディング回路に接続する（5.8.2.8 参照）。

5.9 制御回路及び制御機能

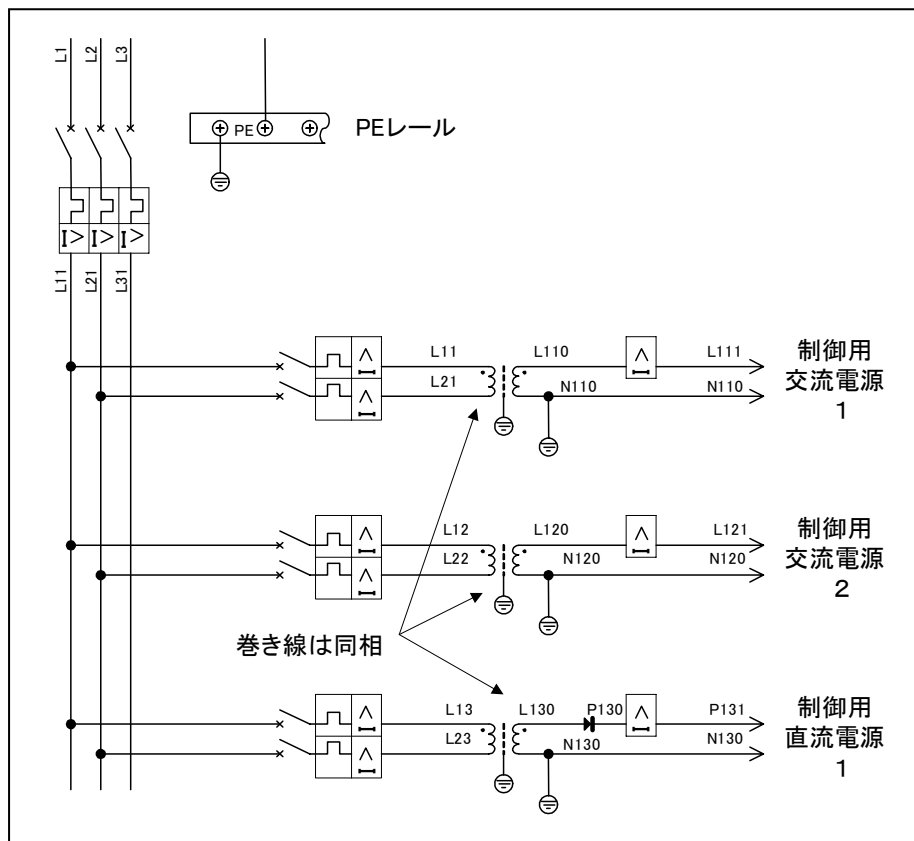
5.9.1 制御回路

5.9.1.1 制御回路電源

制御回路の電源供給には、1次巻き線と2次巻き線が絶縁されている複巻線形の変圧器を用いること。複数の変圧器を用いる場合には、二次側電圧が同相となるように接続する(混触時の事故防止)。

直流制御回路を保護ボンディング回路に接続する場合(5.8.2.1 参照)、直流制御回路への電源供給は、交流制御回路用の変圧器の別巻線によるか、又は別の制御回路用変圧器によらなければならない。スイッチング電源を使用するときには複巻線形で IEC 61558-2-17 に合致しているのが良い。

モータ始動器を1台しか持たず、制御機器(例えば、インタロック機器、始動/停止制御盤)を最大2個しか持たない機械は、制御用変圧器を使用は必須ではない。



図表 5-16 制御回路電源 (同相)

5.9.1.2 制御回路の電圧

制御回路の公称電圧は、277 V (240V の 15%) を超えてはならない。

5.9.1.3 保護

制御回路には過電流保護を備えなければならない。図表 5-16、5.7.2.4、5.7.2.10 参照。

5.9.2 制御機能

安全関連部に関する要求事項は、ISO 13849-1、ISO 13840-2、IEC 62061 を参照。また本項と 5.10 項を合わせて参照すること。

5.9.2.1 起動機能

起動機能は、関連回路の通電で動作すること。起動回路の非通電で起動してはならない。(5.9.2.5.2、ISO 12100-2 4.11.3 参照)。

5.9.2.2 停止機能

停止機能には、次の三つのカテゴリがある。

- －停止カテゴリ 0：機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止(非制御停止)。
- －停止カテゴリ 1：機械アクチュエータが停止するために電力を供給し、その後停止した時に電源を遮断する制御停止。
- －停止カテゴリ 2：機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止。

詳細は第4章5項 “停止による安全” を参照。

5.9.2.3 運転モード

機械には、目的や用途に応じて一つ以上の運転モードがある。モードは、押しボタン、セレクタ、画面などによって切り替えるが、モード選択で危険な状況が起こりうる場合は、権限の無い人の操作あるいは不注意な選択は、例えばキースイッチ、アクセスコード(パスワード)により防止すること。

モード選択だけで機械は動作を始めてはならず、オペレータによる始動操作を必要とするものでなければならない。それぞれの運転モードに対応する安全機能・防護手段があること。選択されたモードは表示すること(例、モードセレクタ、表示灯、ディスプレイ表示)。

5.9.2.4 安全防護の中断

設定(段取り変更)又は保守のために安全防護を一時的な不作動にする場合は、下記の手段で防護を確実にする。

- －すべての運転(制御)モードを不能にする
- －下記の方法から幾つか選択する
 - ・ホールド・トゥ・ラン機器又は同等の制御機器による始動
 - ・携行式操作盤(例えば、ペンダント)、非常停止機器、また適切であるならイーネーブル機器付き
 - ・ケーブルレス操作盤(5.9.7.3 参照)

- ・動作速度又は出力を制限する
- ・動作範囲を制限する

5.9.2.5 運転

5.9.2.5.1 一般事項

安全な運転のために、安全機能と保護方策（例えばインタロック（5.9.3参照））を設けること。

機械のいかなる理由の停止であっても意図または予期しない動きを始めないように対策を取ること。

もし複数の操作卓（盤）がある機械の場合は、他の操作卓（盤）からの命令が危険を及ぼさないよう保護手段があること。

5.9.2.5.2 始動

運転の始動はすべての安全機能と防護方策が機能しているときにのみ可能であること（5.9.2.4の状態は例外である）。特定の運転をするために安全機能と防護方策が適用できないある種の機械（例えば移動機械）では、イネーブル機器を備えたホールド・トゥ・ランによる手動起動とする。

正しい順序で起動するように適切なインタロックを設けること。機械の起動に複数の操作卓（盤）の使用が必要な機械では、それぞれの操作卓（盤）に手で操作する独立した始動制御機器を備え次により始動可能とする。

- －機械の運転に必要な条件が整っている。
- －すべての始動制御機器が開放状態（オフ）である。
- －すべての始動制御機器はコンカレントに操作する。

5.9.2.5.3 停止

- －機械が備える停止カテゴリ（0、1、2）は、リスクアセスメント及び機械の機能要求（5.4.1参照）の結果による。停止機能は、始動機能より優先しなければならない（9.2.5.2参照）。
- －保護機器とインタロック機器は必要により停止機能に接続できなければならない。保護機器及びインタロックが機械を停止させる場合、そのことを、制御システムの論理回路に伝える必要がある。
- －停止機能のリセットは、危険な状態を引き起こしてはならない。
- －複数の操作盤（卓）があるとき、リスクアセスメントによりその必要があれば、どの操作盤（卓）からの停止命令も有効になるようにすること。

5.9.2.5.4 非常操作（非常停止、非常スイッチングオフ）

5.9.2.5.4.1 一般事項

非常操作には、図表 5-17 に示す 4 種類があるが IEC 60204 では非常停止と非常スイッチングオフを述べる。これらはともに、人の単一動作によって始動する。

非常停止 Emergency stop	非常操作であり、危険になったプロセスもしくは作動の停止を意図する。
非常始動 Emergency start	非常操作であり、危険状態を取り除くまたは避けるためにプロセスもしくは作動の始動を意図する。
非常スイッチングオフ Emergency switching off	非常操作であり、感電や電気に起因するリスクがあるところの全体もしくは部分へ供給される電気エネルギーの断路を意図する。
非常スイッチングオン Emergency switching on	非常操作であり、非常状態で使用するための電気エネルギーを必要とするところの全体もしくは部分へ供給を意図する。

(引用：IEC 60204:2005 Annex E)

図表 5-17 非常操作の種類

- －非常停止^{註)} (5.10.7 参照)、非常スイッチングオフ (5.10.8 参照) が人によって操作された場合、非常停止あるいは非常スイッチングオフの命令は、その操作器を人が手動でリセットするまで信号は保持されていなければならない。
- －このリセットで機械は再起動してはならない。リセットは再始動の操作の許可である。
- －またリセットより前に始動操作があっても機械は再起動してはならない。
- －非常スイッチングオフがリセットされるまで機械に通電してはならない。

注) 非常停止、非常スイッチングオフは付加の保護方策であって、リスクを減少させる手段ではない。ISO 12100 を参照。

5.9.2.5.4.2 非常停止

非常停止の詳細は ISO 13850 (JIS B 9703) を参照。

非常停止への要求は、

- －停止カテゴリ 0 又は停止カテゴリ 1 として機能しなければならない (5.9.2.2 参照)
- －非常停止の停止カテゴリの選択は、機械のリスクアセスメントにより決定
- －停止に対する要求事項 (5.9.2.5.3 参照) を適用
- －すべてのモードにおいて、他の機能及び操作より優先
- －他の危険を発生させない
- －危険な状態を引き起こし得る機械アクチュエータの動力をできるだけ早く除去
- －リセットによって、再起動してはならない

なお、IEC 60204-1:1997 にあった「ハードワイヤによる電気機械部品だけで構成」する要求、「電子論理 (ハードウェア又はソフトウェア) によって、又は通信ネットワーク若しくはリンク」の禁止、「機械アクチュエータの駆動源の最終的な除去は、電気機械部品」の要求の条項は 2005 年版からは削除されている。

5.9.2.5.4.3 非常スイッチングオフ

非常スイッチングオフの詳細は IEC 60364-5-53 (JIS C 60364-5-53) を参照。

非常スイッチングオフは、機械の供給電源を断路することであり、感電からの保護をおこなえる。供給電源を遮断しての停止であるので停止カテゴリ 0 である。機械が停止カテゴリ 0 の停止が許容できない場合、他の方策が必要になり、直接接触による感電を防ぐことができれば非常スイッチングオフは必要でなくなることもある。

次の場合には、非常スイッチングオフを備えていることが望ましい。

- －手が届かない場所に取り付けるか、又はオプスタクル (5.6.2.6 参照) だけにより、(例えば、集電ワイヤ、集電パーサ、スリップリング機構、電気設備区域内の制御機器との) 直接接触に対する保護を行う場合。
- －電気によってその他の危険又は損傷を起こす可能性がある場合。

5.9.2.5.5 指令動作の監視

危険な状態を起こすおそれのある機械又は機械の部分の動きは、監視しなければならない。例えば、行き過ぎのリミット (オーバトラベルリミット)、電動機の過速度検出、機械的な過負荷検出又は衝突防止機器。手動制御の機械の場合には、オペレータがこの監視の一部を行うことができる。

5.9.2.6 その他の制御機能

5.9.2.6.1 ホールド・トゥ・ラン制御

ホールド・トゥ・ラン制御は、運転のために制御機器の継続作動を必要とするものでなければならない。

両手操作器の使用でもよい。

5.9.2.6.2 両手操作制御

両手操作には三つのタイプがあり、その選択はリスクアセスメントによって決定する。各タイプは、次の特徴を持たなければならない。

(1) タイプ I :

- －両手によってコンカレントに操作する 2 個の制御機器からなる。
- －危険な状態の間、コンカレントで継続的な操作を必要とする。
- －危険状態が存在する間は、1 個又は両方の制御機器の開放によって機械の運転が止まらなければならない。

(2) タイプ II :

- －いったん両方の制御機器から手を離さなければ機械の運転が再開できないタイプ I の制御。

(3) タイプ III (次のような制御機器のコンカレントな操作を必要とするタイプ II の制御) 。

- －二つの制御機器を互いに決められた時間内に操作しなければならない。その時間は、0.5 秒を超えてはならない (附属書 I 参照)。
- －この決められた時間を超えた場合、いったん両方の制御機器から手を離さなければ再始動できない。

5.9.2.6.3 イネーブル機器

イネーブル機器は、始動制御とともに使う手動操作機器であり、継続操作したとき機械の運転が可能となる。本書 3.4.7 参照。

5.9.2.6.4 始動と停止を兼ねる制御機器

オルタネイト型押しボタンスイッチ（ボタンを一度押すと始動、もう一度押すと停止する）あるいは類似の制御機器は危険な状態になり得ない機能に対してだけ使用してもよい。

5.9.2.7 ケーブルレス制御

規格にあるケーブルレスの仕様は実際に設計するためには不十分であるので、本書では解説を省略する。

5.9.3 保護インタロック

5.9.3.1 インタロック付き安全防護物の再閉鎖又はリセット

インタロック付き安全防護物（ガード）は、ガードが開いたときに危険状態になったとしてインタロックが働き機械を停止させる。運転再開は、インタロックをリセットし、ガードを閉じて安全が確認されてから始動ボタンを押して機械を再起動する。

機械によっては、ガードを閉じるだけで機械を起動させても安全上問題が無い場合がある。この起動機能付きインタロックガードに関する要求事項は、ISO 12100-2:2003 5.3.2.5を参照すること。

5.9.3.2 オーパトラベルリミット

行き過ぎ（例えば、速度、圧力、位置）によって危険な状態が発生するおそれのある場合は、あらかじめ設定した限界値を超えたことを検出し、適切な制御動作を始める手段がなければならない。

5.9.3.3 補助機能の動作

インタロックには、人の安全の目的のものと機械の保護、ワークの保護のものがある。補助機能の動作は、適切な機器（例えば、圧力センサ）によって確認しなければならない。

5.9.3.4 異なる動作間及び逆動作間のインタロック

- －機械の要素を制御する接触器、リレーその他の制御機器で、同時に作動したときに危険な状態をもたらすおそれのある（例えば、互いに逆向きの運動を起こさせる）ものは、このような誤動作を防ぐインタロックを備えなければならない。例えば電動機の回転を3相のうち2本の相導体を入れ替えることによって逆転させる場合は、接触器（コンタクタ）の短絡による逆回転が起きないようにインタロックしなければならない。
- －このように相互に密接な関係をもつ機械を、安全、かつ、正常に連続動作させるために、適切なインタロックをとらなければならない。
- －二つ以上の制御装置をもち連携して稼働する一群の機械は、制御装置間の必要な協調をとらなければならない。

5.9.3.5 逆相制動

電動機に逆相制動を使用する場合で、制動終了時に電動機が逆転すると危険な状態となり、若しくは機械又は加工中のワークを損傷するおそれがあるときは、効果的な手段を講じてこれを防止しなければならない。この目的に、時間だけにより作動する機器を使用して

はならない。

電動機の軸を（例えば、手で）回転させても危険な状態を生じないような制御回路にしなければならない。

5.9.4 故障時の制御機能

5.9.4.1 一般要求事項

電気装置内の故障又は妨害が危険な状態を引き起こし、又は機械若しくは加工中のワークを損傷するおそれがある場合には、適切な手段を講じてそのような故障又は妨害の起こる可能性を最小にしなければならない。どの手段をとるか、及びそれをどの程度実施するかは、その実施に伴うリスクのレベルによって決定する（4.1 参照）。電気制御回路は機械のリスクアセスメントを行ったときに決定する適切なパフォーマンスレベル（PL）でなければならない。IEC 62061 と ISO 13849-1:2006、 ISO 13849-2:2003 の要求を適用する。

このリスクを軽減する手段の例を挙げるが、これに限定しない。

- －機械の保護機器（例えば、インタロック付きガード、トリップ機器）
- －電気回路の保護インタロック
- －十分吟味された回路技術及び部品の使用（5.9.4.2.1 参照）
- －部分的若しくは完全な冗長性（5.9.4.2.2 参照）又はダイバシティ（5.9.4.2.3 参照）の採用
- －機能試験（5.9.4.2.4 参照）の採用

メモリ保持がバッテリーによって行われるときバッテリーの故障や交換によって引き起こされないようにしなければならない。

許可されていない人によるメモリの書き換えができないように鍵またはアクセスコードが必要なようにすること。

5.9.4.2 故障時のリスクを最小にする手段

5.9.4.2.1 実績のある回路技術及び部品の使用

これには、次の手段があるが、限定しない。

- －制御回路を接地して安定化する（5.9.4.3.1 参照）
- －電磁コイルを有する機器では、コイルの片側を接地する（5.9.4.3.1 参照）
- －停止カテゴリ 0 による停止（5.9.2.2 参照）
- －負荷配線を両切りにする制御用接点の使い方（5.9.4.3.1 参照）
- －強制開離機構を備えた開閉機器の使用（IEC 60947-5-1 参照）
- －望ましくない動作を起こす故障をできるだけ低減する回路設計

5.9.4.2.2 冗長性の採用

本書 6.5 冗長性と多重化を参照。

5.9.4.2.3 ダイバシティの採用

本書 6.6 ダイバシティを参照。

5.9.4.2.4 機能試験

機能試験は、自己診断といわれる制御システムによる自動実行、又は作業者による手動の検査若しくは試験がある。自己診断は、始動時に実施する方法や運転中に一定周期で行う。

5.9.4.3 地絡、瞬時停電及び回路断に対する保護

5.9.4.3.1 地絡

制御回路の地絡が、予期しない始動及び危険な運動を引き起こし、又は機械の停止を妨げてはならない。これらの要求事項への適合は以下を含む。

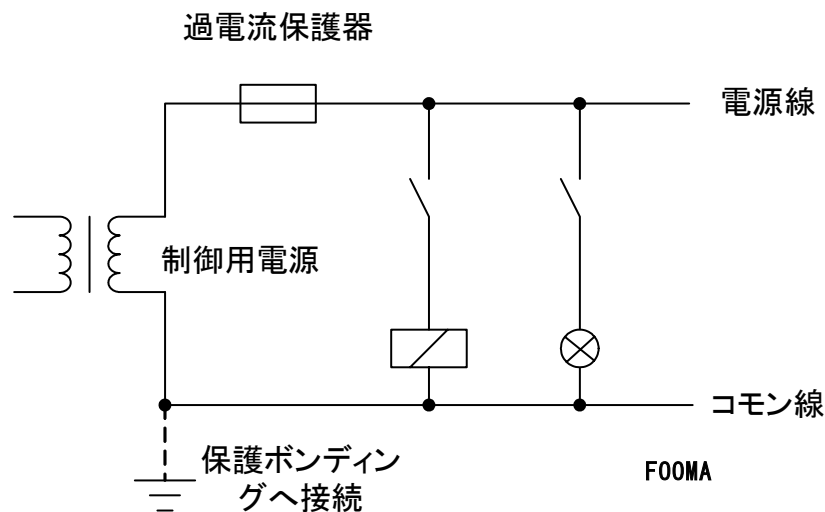
(1) 方法 a 制御用変圧器から給電される制御回路

①制御回路の電源は交流、直流とも基本的に片側を接地する(5.7.2.4 参照)。共通側導体(コモン線)は、電源部にて、保護ボンディング回路に接続する。電気・電磁的な機器又はその他の機器を働かすことを意図している全ての接点・半導体素子などのスイッチ機能は、制御回路電源のスイッチされる側とコイル又は機器に端末との間に接続しなければならない。コイル又は機器のもう一方の端末(常に同一のマーキングであることが望ましい)は、スイッチング素子を接続することなく、制御回路電源の共通側導体へ直接接続しなければならない(図表 5-18 参照)。

例外

- 保護機器(例えば、過負荷リレー)の接点は共通側導体とコイルとの間に接続してもよい、または
- その接続が短く(すなわち、同一の制御エンクロージャ内にある)、かつ地絡が起きそうもないタイプ(例えば過負荷リレー)である。

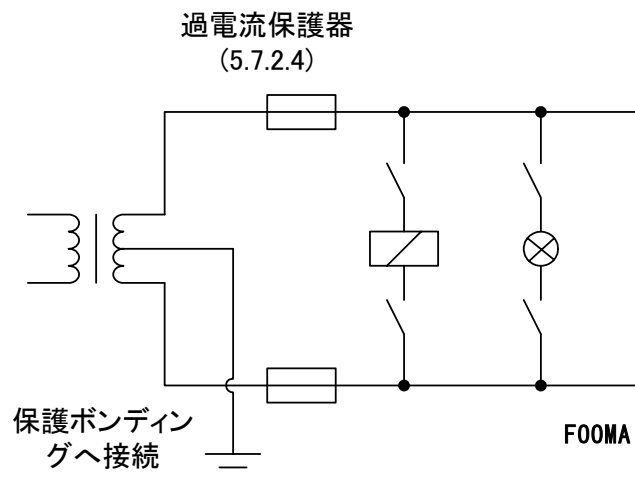
②変圧器から給電され、保護ボンディング回路に接続されていない制御回路は、上記のように配列(図表 5-18 参照)とし、かつ、地路事故が生じると自動的に回路を遮断する監視機器を設置しなければならない。



図表 5-18 方法 a 接点の入れ方

(2) 方法 b 中性点が接地されている制御変圧器から供給されている制御回路

中性点が保護ボンディング回路に接続されている（中性点接地）場合は、図表 5-19 のようにスイッチ機能と負荷を接続する。過電流保護は同図のように両方の制御回路電源供給導体に必要である。なお中点接地の制御変圧器から電源が供給されている場合、片側の電源ラインが地絡すると 50%の電圧が負荷に残る。この場合 50%の電圧が印加されているとリレーは保持するので、結果として機械を停止できない危険性がある。そのため、図表 5-19 のように負荷の両端に制御接点を入れる方法もある。



図表 5-19 方法 b 中点接地電源

(3) 方法 c 制御変圧器（片側接地されている）から供給されない制御回路の場合

- ①制御電源の片側が接地されている場合、負荷の両端を切る多極のスイッチを使用する。
- ②制御電源が非接地あるいは高インピーダンス接地の場合は、負荷の両端を切る多極のスイッチを使用するとともに、地絡中に回路を自動的に遮断する地絡検出器を設けなければならない。

5.9.4.3.2 瞬時停電

5.7.5 に規定した要求事項を適用しなければならない。制御システムに記憶機器を使用する場合には、停電時の正しい機能を確保し（例えば不揮発性メモリを使用）、危険な状態を引き起こす可能性がある記憶の喪失を防がなければならない。

5.9.4.3.3 導通性喪失

安全関連制御回路に使用するしゅう動接点の接触不良が、危険な状態を引き起こす可能性がある場合は、適切な対策を講じなければならない（例えば、しゅう動接点の二重化による）。

5.10 オペレータインタフェースと 機械に取り付けられた制御機器

5.10.1 一般事項

5.10.1.1 機器に対する一般要求事項

本項は、制御機器をエンクロージャの外部に、又は部分的に外部に取り付ける場合の要求事項を述べる〔関連規格：IEC 61310 (JIS B 9706-1、-2、-3)〕。

特に不用意な誤操作を少なくするためにはタッチスクリーン、キーパッド、キーボードなどオペレータの操作入力機器の選択と使用方法に考慮すべきである〔関連規格：IEC 60447 (JIS C 0447、JIS Z 8907)〕。

5.10.1.2 配置及び取付け

制御機器の取付けは、サービス及び保守が容易であって手動操作の制御機器は、作業用床面から 0.6m 以上の高さに配置し、オペレータが容易に届く範囲にありオペレータが操作するとき、危険でないこと。

5.10.1.3 保護

機械に取り付ける操作部、表示部は使用（環境）条件、機械で使用している浸潤性の液体、蒸気又はガスの影響、汚染物（例えば、削りくず、じんあい、微粒子）の侵入に耐え、操作部、表示部は IP コード D（針金からの保護）でなければならない。

5.10.1.4 位置センサ

位置センサ（例、ポジションスイッチ、近接スイッチ）は、行き過ぎ検出などにも損傷しないように取り付けてあり、安全関連機能に使用する位置センサは、強制解離機構であること（5.9.4.2 参照）。

5.10.1.5 携行式及びペンダント形操作盤

携行式、ペンダント形操作盤、それらの操作スイッチは、落下や衝突によって、機械が意図しない作動をする可能性があるできるだけ少ないこと。

5.10.2 押しボタン

5.10.2.1 押しボタンの色

押しボタンアクチュエータの色を図表 5-20 に示した。ここに含まれない用途の押しボタンの色は図表 5-21 から選択する。なお、納入する事業所の仕様とこれらの図表に示す色が異なることがある。この場合は顧客仕様を優先させる。

用途	使用が認められている押しボタン色			禁止
	優先使用	使用してよい	条件付き	
始動(入)	白	灰色、黒、緑		赤
非常停止	赤(必須) *1,*2			
非常スイッチングオフ	赤(必須) *1,*2			
停止(切)	黒	灰色、白	赤*3	緑
始動/停止(入/切) オルタナティブ形*4		白、灰色、黒		赤、黄、緑
ホールド・ツウ・ラン		白、灰色、黒		赤、黄、緑
リセット押しボタン	青	白、灰色、黒		緑
停止(切) 兼リセット	黒	白、灰色		緑
中断、自動停止後の再始動	黄	白、灰色、黒		赤、緑

- *1 (必須)必ず守らなければならない
- *2 手のひらで押せる、またはキノコ型、周りの地は黄色
- *3 非常用操作機器の近くでは使用しないこと
- *4 危険な状態になり得ない場合のみ使用して良い
- ** 複数の機能に同じ色(例:白、灰色、黒)を使用するときは形・位置、感触などを変えること

(出典 IEC 60204-1:2005)

図表 5-20 押しボタンの用途別の色

色	意味	説明	適用例
赤	非常	危険な状態または非常時に作動させる	－非常停止 －非常機能の起動
黄	異常	異常発生時に作動させる	－異常状態阻止のための介在 －遮断された自動サイクル再始動のための手動介在
青	強制	行動を必要とする状態で作動させる	リセット機能
緑	正常	安全な状態または正常な状態の動作	始動(入り) 注:始動に最も適切な色は白であるが緑でも良い
白			始動(入り) (優先) 停止(切)
灰色	特定の意味は与えられていない	非常停止以外の一般的機能を開始(備考参照)	始動(入り) 停止(切)
黒			始動(入り) 停止(切) (優先)
備考		・照光による赤色であってはならない。 ・押しボタン型アクチュエータを識別するための補助的な方法(例えば、形・位置・感触)を使用する場合には、種々の機能に同じ白、灰色又は黒を使用してもよい(例えば、始動(入り)と停止(切)に白を使用する)。	

(出典: IEC 60204-1:2005)

図表 5-21 押しボタン形アクチュエータの色と意味

5.10.2.2 マーキング

押しボタンには、銘板とともに直接アクチュエータに表 5-22 の記号を付けることを推奨する (5.16.3 参照)。

始動(入)	停止(切)	始動/停止及び 入/切オルタナティブ 形押しボタン	押した時始動(入)、離 した時停止(切)の押 しボタン(例えばホー ルド・ツウ・ラン)
IEC 60417-5007	IEC 60417-5008	IEC 60417-5010	IEC 60417-5011
	○	⓪	Ⓧ

(出典：IEC 60204-1:2005)

図表 5-22 押しボタンのシンボル

5.10.3 表示灯及び表示器

5.10.3.1 使用目的

表示灯及び表示器は、オペレータへの指示または確認のために使用する(図表 5-23 参照)。

用途	色	意味
表示	赤、黄色、青、緑	オペレータの注意を引く 何か行動する
確認	青、白、緑(まれ)	指令や状態の確認 変化や過渡状態の終了の確認

備考：警報灯はランプテスト機能を持つこと

図表 5-23 表示灯の色の用途

5.10.3.2 色

表示灯は図表 5-23 に示した色と意味を使用する。ただし、供給者と使用者の間で他に合意があればその合意を優先する。図表 5-23 と異なる意味で使用するときには、人の安全、周囲の状況、電気装置の状態を基準にすること (図表 5-24 参照)。IEC 60073/JIS C0448 参照。

色	意味	説明	オペレータの行動
赤	非常	危険な状態	危険状態を処理するための即時対応、 例えば、 －主電源の断 －危険状態警報発令 －機械から避難する
黄	異常	異常状態 重大な状況が差し迫っている	監視及び/又は介入 (例えば、意図する機能の再設定)
青	強制	オペレータの動作を必要とする状態	必要な行動
緑	正常	正常な状態	任意
白	中立	他の状況 赤、黄、青の使用に疑義あるとき使用	監視

図表 5-24 IEC 60073 が示す色の用途

5.10.3.3 点滅灯

表示灯より細かい情報や区別、特に強調の意味を追加するために点滅灯を使用できる。

- －注意を促す
- －直ちに行動を要求する
- －指令と実際の状態とが不一致であることを表示する
- －変化が進行中であることを表示する

優先度の高い情報には高い点滅度数を使用し、音響の併用を薦めている。

参考：IEC60073 /JIS C 0448 4.4 では推奨する点滅速さ及びパルス/休止比は、

- －f1：ゆっくりとした点滅。0.4Hz～0.8Hz (24～48 点滅/分)
- －f2：通常の点滅。1.4Hz～2.8Hz (84～168 点滅/分)

とし、例えば f1:f2 = 0.5 Hz : 2 Hz, 点灯と消灯の比率は 1:1 が望ましいとしている。

5.10.4 照光式押しボタン

照光式押しボタンの色は、図表 5-21 及び図表 5-23 とする。適切な色を割り当てること
が困難な場合には、白とする。非常停止押しボタンの地色は赤であり、照光による赤であ
ってはならない。

5.10.5 ロータリ形制御機器

回転式セレクタ、ポテンショメータのように回転部のある機器は、回り止めを使用して
固定部がすべらないように取り付けなければならない。

5.10.6 始動機器

始動機能に使用する押しボタンなどの操作機器は不注意による起動が生じないように取り付けること。キノコ型操作機器は両手操作器にも使用できる。

5.10.7 非常停止用機器

5.10.7.1 位置

非常停止用機器は、簡単にすぐ手が届くような構成と配置であること。

非常停止用機器は、それぞれの操作盤にあり、また操作盤以外でも非常停止操作が要求される場所にもあること。

操作盤の機能を無効にしたことにより非常停止用機器が有効でない状況が生じる場合には、使用者に使用上の情報を提供して混乱が生じないようにすること。

5.10.7.2 非常停止用機器の種類

機器の種類は

- －押しボタンスイッチ、手のひらで押せるまたはキノコ型ヘッド
- －ロープ、ワイヤ、バーを引くスイッチ
- －保護カバーのないフットペダル



図表 5-25 非常用停止機器の種類と例

機器（スイッチ）は、ポジティブな機械作用の原理（強制解離形接点）であること。IEC 60947-5-1 / JIS C0947-5-1 附属書 K

5.10.7.3 アクチュエータ

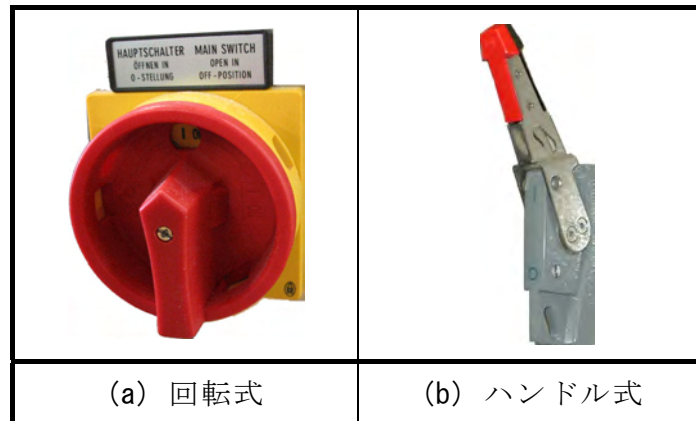
非常停止用スイッチの操作部は、赤でなければならない。操作部の取付け周りの地は、可能な限り黄とする（ISO 13850/JIS B 9703、3.4.14 参照）。

5.10.7.4 非常停止となる電源断路機器の直接操作

次のような電源断路機器の直接操作は、非常停止機能としてもよい。

- －オペレータが即座に操作可能である。
- －5.5.3.2 (1)、(2)又は(3)に記述された種類である。

電源断路機器をこのような目的に使用するときには、操作部は赤、周辺の地色は黄色であること(5.10.7.3参照)。



(協力：レオン自動機㈱)

図表 5-26 非常停止となる電源断路器の例

5.10.8 非常スイッチングオフ機器

5.10.8.1 非常スイッチングオフ機器の位置

非常スイッチングオフは5.9.2.5.4.3で述べたように、非常操作であり、感電や電気に起因するリスクがあるところの全体もしくは部分へ供給される電気エネルギーの断路を意図する。電源導体を直接遮断して、機械の停止カテゴリ0と直接感電、間接感電の危険の防止を達成する。そのため、非常スイッチングオフ機器は、非常停止と電源断ができるように配置しなければならない。通常、非常スイッチングオフ機器はオペレータの操作盤とは別の位置に置かれる。

もし操作盤に非常停止機器と非常スイッチングオフ機器の双方を備えるときには、この2つの機器の混乱を避ける必要がある。例えば、非常停止機器はキノコ型の押しボタンとし、非常スイッチングオフ機器はガラス窓を破って操作する事が考えられる。

5.10.8.2 非常スイッチングオフ機器のタイプ

非常スイッチングオフ機器のタイプは：

- －押しボタンスイッチで、手の平でおす、又はキノコヘッド形式。
- －コードを引くことで作動するスイッチ。

機器は強制解離方式であること。押しボタンスイッチは、ガラス窓付きエンクロージャの中に入れてもよい。

5.10.8.3 アクチュエータの色

非常スイッチングオフ機器のアクチュエータは、赤とする。回りに地があるときは、地の色を黄色とする。

非常停止と非常スイッチングオフ機器の間に混乱が起きないように配慮すること。

5.10.8.4 電源断路機器を非常スイッチングオフに使用する場合

電源断路機器を直接操作して非常スイッチングオフとする場合は、容易に接近できるように配置し、前述の赤と黄色であること。

5.10.9 イネーブル機器

システムの部分にイネーブル機器を使用するときには、1位置だけで作動（運転）を許容し、他の位置では作動（運転）を無効にすること。本書 3.4.7、5.9.2.6.3 参照。

5.11 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

5.11.1 一般要求事項

制御装置（control gear）は、以下を考慮してエンクロージャまたは機械に配置、取り付けること。

- －メンテナンスを考慮し容易に接近できて保守が可能である。
- －意図した運転条件下で、外界から影響又は周囲条件から保護できる。
- －機械及び関連装置の運転と保守ができる。

5.11.2 配置及び取付け

5.11.2.1 接近性及び保守性

制御装置の部品は、取り外すことなく識別できること。

動作のチェックや交換をする場合は、他の機器や部品を外さなくても可能であるのが望ましい。

- －特殊工具は機械に附属させること。
- －制御装置の運転及び保守は前面から容易に行えること。
- －保守又は調整を要する機器は、作業面より 0.4m から 2.0m までの高さに取り付けること。
- －端子は、作業面から 0.2m 以上の高さであること。
- －制御装置の扉及び通常取外し可能なカバーなどに、操作、表示、測定及び冷却のための機器を除いて、機器を取り付けてはならない。
- －複数の機器がプラグイン形式で接続される場合は、受け側との対応関係を、種類（形状）、マーキング、略号などで明確にしなければならない（5.13.4.5 参照）。
- －正常な運転中に取り扱うプラグイン形式の機器は、誤挿入が生じない構造でなければならない。ただし、誤挿入によって機能不良を起こす場合に限る。
- －正常な運転中に取り扱うプラグ/ソケットは、妨害物がない位置であること。
- －テストポイントもアクセス可能でテストを行えること。

5.11.2.2 隔離又はグループ分け

制御装置を収納するエンクロージャの中には、電気設備と直接関係がない非電氣的部品及び非電氣的機器を配置してはならない。電磁弁のような機器は、他の電気機器から（例えば、別のコンパートメントに）隔離することが望ましい。

同じ場所に取り付ける制御機器は、使用する電源によって分けすること。電力用電源、制御用電源、又は電力用電源と制御用電源の両方とに分けてまとめる。端子は、次のグループに分けなければならない。

- － 電力回路
- － 制御回路
- － 外部電源（例えば、インタロック）が印加されている他の制御回路

それぞれのグループは、（例えば、マーキング、寸法の違い、隔壁、色などによって）容易に識別できれば、電圧の異なるグループを隣接して取り付けてもよい。

機器を配置する際には、（相互接続を含めて）、機器のメーカーが規定した空間距離及び沿面距離を、物理環境の影響又は条件を考慮したうえで保たなければならない。

5.11.2.3 熱の影響

発熱機器（例：ヒートシンク、電力用抵抗器）の温度上昇が許容値以内になるよう配置すること。

5.11.3 保護等級

電気で動作する制御装置の感電に対する保護は 5.6 で既に述べた。ここでは、外部からの固体及び液体の侵入に対して保護について述べる。制御装置のエンクロージャは設置場所における外部からの影響（すなわち、設置場所、物理的環境条件）を考慮して適切でなければならない。また、ほこり、冷却剤、削りくずに対しても十分に保護しなければならない。水や固体物の侵入からエンクロージャを保護する等級を IP（International Protection）という。詳細は附属書 II を参照。制御装置のエンクロージャは、少なくとも IP22 の保護等級とする。エンクロージャの代表的な保護等級を図表 5-27 に示す。

代表的な機器と IP	IP コード
換気式エンクロージャ、電動機始動用抵抗器と大型機器を含む	IP10
換気式エンクロージャ、その他の装置用	IP32
一般産業用エンクロージャ	IP32, IP43, IP54
低圧の水（水道ホースのような）で洗浄するエンクロージャ	IP55
粉塵に対する保護のあるエンクロージャ	IP65
スリップリング機構を含むエンクロージャ	IP2X

図表 5-27 代表的な機器と IP（保護等級）

5.11.4 エンクロージャ、扉及び開口部

エンクロージャは、通常の使用状態での機械的、電気的及び熱的ストレス、湿度に対して耐えられる材料で構成すること。扉及びカバーの締め金具（ファスナ）は、脱落防止形とする。エンクロージャ内部の計器類を見るための窓は、機械的ストレスと化学的侵食に

耐える材料（例えば、3mmの厚さの強化ガラスかポリカーボネート・シート）であること。エンクロージャの扉は、幅0.9m以下、できれば取外しが可能な蝶番で、95°以上開くことを推奨する。扉・ふた・カバーとエンクロージャ間のジョイント又はガスケットは、機械に使用される各種の油、洗浄剤、腐食性液体、蒸気又はガスの化学作用に耐えられるものでなければならない。

備考：両面テープによるガスケットの固定は耐久性がないので溝やスロットを適宜組み合わせる事

5.11.5 制御装置への接近性

通路のドアと電気設備区域の入口のドアは、下記であること。

－少なくとも幅0.7m、高さ2.0m

－外に開く

－内側からキーや工具を使わずに開けられる手段（例えば、パニックボルト）が有る。

人が内部に入れるエンクロージャは、パニックボルトのようなドアを内部から開けることのできる脱出手段を備えなければならない。エンクロージャの内部で仕事をするのが想定される場合は、障害物のない0.7m幅で2.1m高さのスペースを確保しなければならない。

もし作業中に機器が通電され、導体部が露出される場合は、障害物のない1.0m幅が必要である。もしそのような部分が内部通路の両面にある場合は1.5m幅が必要である。

備考：なお、米国(OSH, NEC)では30インチが要求されている(IEC60364-4-481, OSHA1910.303, NEC 110-26, NFPA70 110-26 参照)。

5.12 電線及びケーブル

5.12.1 一般要求事項

電線及びケーブルは、動作条件（例えば、電圧、電流、感電に対する保護、ケーブルの束線）及び外界から受ける影響、〔例えば、周囲温度、水又は腐食性物質の存在、機械的応力（布設時の応力も含む）〕、火災、に対し適切なものを選ぶこと。

5.12.2 電線

一般に、電線は銅を使用する。

電線の断面積は、適切な機械的強度を確保するため、**図表 5-28** に示す値を下回ってはならない。

しかし、**図表 5-28** に示す値未満の電線でも、適切な機械的強度が他の手段で確保され、かつ、適切な機能が損なわれないならば、装置に使用してもよい。

電線、ケーブルの種類						
布設場所	用途	単心		多心		
		可とう クラス5または 6	単線(クラス1) 又は より線(クラス2)	2心 シールド付	2心 シールド無	3心以上 シールド付 または シールド無
(保護された) エンクロージャの外部 配線	電力回路、 固定	1.0	1.5	0.75	0.75	0.75
	電力回路、 頻繁移動	1.0	—	0.75	0.75	0.75
	制御回路	1.0	1.0	0.2	0.2	0.2
	データ通信	—	—	—	—	0.08
エンクロージャ内部の 配線 ^{注1)}	電力回路 接続移動無	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	制御回路	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	データ通信	—	—	—	—	0.08

備考：断面積は mm²

注1) 個々の規格の特別要求を除く、また 5.12.1 参照

図表 5-28 銅導線（電線）の最小断面積

図表 5-29 に銅線のクラスを示す（規格附属書表 D.4）。

クラス	記述	使用／用途
1	銅またはアルミの単線	固定された配線
2	銅またはアルミのより線	
5	銅の柔軟なより線	振動のある機械への配線；可動部との接続、 高頻度可動部
6	銅の柔軟なより線でクラス 5 より柔軟のもの	

備考 IEC 60228 /JIS C3664:1998 から引用 クラス 3,4 はない。

図表 5-29 電線のクラス（電力ケーブル及び可とうコード）

クラス 1 とクラス 2 の電線は、主に堅い非可動部間の使用を意図する。

1 時間に 1 回以上動く高頻度可動部には可とうより線クラス 5 または 6 を使用すること。

5.12.3 絶縁

絶縁被覆の種類は、次による（ただし、これに限定しない）。

- ポリ塩化ビニル (PVC)
- 天然ゴム及び合成ゴム
- シリコンゴム (SiR)
- 無機材料
- 架橋ポリエチレン (XLPE)
- エチレンプロピレン化合物 (EPR)

電線及びケーブルの絶縁被覆（例えば、PVC）は、火災時には火炎を伝播させ、又は毒性若しくは腐食性フュームを発生する。耐熱電線の使用を含め、高温時と火災時の危険源を安全関連部のリスクアセスメント時には注意すること。

絶縁被覆は、運転中又は布設中、特にケーブルをダクトに引き込む際、損傷しない機械的強度及び厚さでなければならない。

5.12.4 正常使用時の電流容量

電流容量はいくつかの要素に依存する。例えば、絶縁材料、ケーブルの導体の数（心数）、設計（ケーブルのシース）、据付の方法、グルーピング、及び周囲温度。PVC 絶縁電線について、エンクロージャ間及び装置の各部品間の布設方法による定常状態での電流容量を、図表 5-30 に示す。

断面積 mm ²	布設方法 (規格附属書 D. 1. 2)			
	B1	B2	C	E
	電流容量 I _z (3 相回路) A			
0.75	8.6	8.5	9.8	10.4
1.0	10.3	10.1	11.7	12.4
1.5	13.5	13.1	15.2	16.1
2.5	18.3	17.4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240
電子用より線				
0.20	適用無	4.3	4.4	4.4
0.5	適用無	7.5	7.5	7.8
0.75	適用無	9.0	9.5	10

備考 1：電流容量は、0.75mm²以上の3相ケーブル、もしくは0.25mm²~0.75mm²の制御用ペア線を基準とする。複数の負荷のかかったケーブル/ペア線のディレーティングは規格附属書表 D. 2, D. 3を参照。

備考 2：周囲温度が40° 以外の場合は、規格附属書表 D. 1により電流容量を求めよ。

備考 3：この電流容量は、ドラムに巻かれた可とう電線には適用しない。(13.7.3 参照)

備考 4：他のケーブルの電流容量は IEC 30364-5-52 参照

図表 5-30 周囲温度 40°Cのときの PVC 絶縁銅電線及びケーブルの異なる布設方法における電流容量 (I_z) の例

5.12.5 電線及びケーブルの電圧降下

供給点から負荷までの電圧降下は、通常の運転条件で公称電圧の 5%を超えないこと。

5.12.6 可とうケーブル

5.12.6.1 一般事項

可とうケーブルは、クラス 5 か、クラス 6 の導体であること。

備考：国内で市販されている可とうケーブル、可とうコードはこのクラス名称を適用していない。ロボットケーブルの通称で可とう性に優れた物がある。使用にあたっては電線メーカーの技術資料を参考にされたい。

5.12.6.2 機械的定格

機械のケーブルハンドリングシステムは、機械運転中の電線の引張応力をできるだけ低く保つようにいろいろな使用方法がある。(注：使用方法の種類例、カーテン、キャタピラ、エレベータ、キャリア、リール、旋回、バスケット、ペンダント、垂直リール巻き、

等)。銅電線を使用する場合には、引張応力は、銅の断面積に対して $15\text{N}/\text{mm}^2$ を超えてはならない。

備考：電線の引張応力に影響を及ぼす条件には次のものがある：

- －加速力
- －運動速度
- －ケーブルの自重
- －ガイドの方法
- －ケーブルドラムシステムの設計

5.12.6.3 ドラムに巻き付けたケーブルの電流容量

ドラムに巻き付けるケーブルは、完全にドラムに巻き付けた状態で通常使用電流を流したとき、最高許容電線温度を超えない断面積の電線を持つものを選定する。

ドラムに収容した円形断面のケーブルについては、**図表 5-31** に従い、自由大気中の最大電流容量から低減することが望ましい（IEC 60621-3 の 44 項参照）。

備考：大気中のケーブルの電流容量は、製造者の仕様書又は関連国家規格による。

ドラムタイプ	ケーブル巻き数の数				
	任意	1	2	3	4
円筒状、換気	—	0.85	0.65	0.45	0.35
放射状、換気	0.85	—	—	—	—
放射状、非換気	0.75	—	—	—	—

備考 1：放射状ドラムとは、少ない間隔で配置されたフランジ間にケーブルのら旋層が収容されているもの。無口フランジを用いたドラムを“非換気式”、フランジに適度の換気口があるものを“換気式”という。

備考 2：円筒状換気式ドラムとは、広い間隔で配置されたフランジ間にケーブル層が収容されており、さらに、ドラムと端部フランジとに通気口があるものをいう。

備考 3：低減係数については、ケーブル及びケーブルドラム製造者より入手すること。

図表 5-31 ドラムに巻かれたケーブルの低減係数

5.12.7 導線、導体棒、及び集電環アセンブリ

5.12.7.1 直接接触に対する保護

集電ワイヤ、集電バー及びスリップリング機構は、直接接触に対する保護が必要である。

- －充電部を部分的に絶縁する。
- －エンクロージャ又はバリヤによる保護、少なくとも IP2X。
- －容易に接近可能なバリヤやエンクロージャの上面は、少なくとも IP4X。

要求の保護等級を達成できない場合は、充電部を手の届かない所に配置し、かつ非常スイッチングオフにより保護する（5.9.2.5.4.3 参照）。

5.12.7.2 保護導体回路

集電ワイヤ、集電バー及びスリップリング機構を保護ボンディング回路の一部として使用する場合は、正常運転中に電流を流さない事。そのため、保護導体（PE）と中性線（N）

は、それぞれ別の集電ワイヤ、集電バー又はスリップリングを使用すること。特にしゅう動接点を使用した保護導体回路の導通性は、集電子の二重化、導通性の監視などの適切な対策が必要である。

5.12.7.3 保護導体集電子

保護導体集電子は、他の集電子との混乱を防ぐため、交換できない形又は構造で、しゅう動接点式であること。

5.12.7.4 断路機能をもつ引離し式集電子

断路機能をもつ引離し式集電子は、充電部が断路された後に保護導体回路が遮断され、充電部が接続される前に保護導体回路の導通性が確立すること（5.8.2.6参照）。

以下5.12.7.8までは省略。

5.13 配線

5.13.1 接続及び経路

5.13.1.1 一般要求事項

- －配線の接続、特に保護ボンディングは、緩まないようにしっかり締め付ける事。
- －接続方法は、電線の断面積と特性（心数、柔軟性など）に適していること。
 - 備考：端子台はクランプ式または丸形圧着端子、Y型（フォーク）圧着端子に適合するものが望ましい。ゆるみや電食が生じないものであること。
 - 備考：規格には、1個の圧着端子に接続する電線の本数の規定は無い。1圧着端子に1本の電線を接続するのを基本とし、多くとも1圧着端子により線を2本までとする。
- －1端子には1本の電線を接続すること。2本以上の電線を1つの端子に接続することは、端子がその用途に設計されている場合だけに許される。
- －保護導体（アース線）は、1か所の端末点に1本だけ接続しなければならない。
- －はんだ付け用端子の場合にのみ、はんだ付け接続をしてもよい。
- －端子台には図面と同じ名称と端子番号を付けること。銘板は、読みやすく、耐久性があり、温度、湿度、油分、洗浄剤などの使用環境に適したものであること。
- －可とうコンジットの内部に入った液体を排出できること。
- －より線のよりの状態を維持するようになっていない機器又は端子により線を接続する場合には、よりを維持する手段（例えばケーブルクランプ、よりもどし）を備えなければならない。はんだ付けをこの目的に使用してはならない。
- －シールドされた電線は、シールドがほつれず、簡単に脱着できること。
- －識別タグは、読みやすく、耐久性があり、使用環境に適したものであること。
- －端子台は、内部配線と外部配線を明確に区分けできること。端子台上で内部配線と外部配線が交差してはならない。

5.13.1.2 電線及びケーブルの配線

- －電線とケーブルは、端子から端子までの途中でつなぎ合わせまたは分岐をしてはならない。つなぎ合わせには、スプライス又はジョイント接続を含む。偶発的な断線保護があるプラグ/ソケットの使用による接続は、ここでいうジョイントと見なさない。
- 例外：中継端子箱を設けることが実際的でない場合（例えば、移動機械で長い可とうケーブルを有する；1本のケーブルドラム以上の長さのケーブル；据付と運転中の機械的ストレスのためケーブル修理を待っている）は、スプライス又はジョイン

ト接続を使用して良い。

- －ケーブルとケーブル組み付けの脱着が必要な場合は、必要なケーブルの余裕を確保すること。
- －ケーブルの端末部は、電線の端末に局部的に機械的応力がかからないよう適切に保持すること。
- －保護導体（アース線）は、ループインピーダンスを減らすため、できる限り関連する充電導体（電源線）の近くに布設しなければならない。

5.13.1.3 異なる回路の電線

異なる回路の電線は、相互の影響が無ければ、隣接して布設したり、同一のダクト（例えば、コンジット、ケーブルトランキングシステム）に入れたり、同一の多心ケーブルに収容してよい。

これらの回路が異なる電圧で動作する場合には、配線は適切な仕切りで分離する、又は同一のダクト内の電線にかかる電圧のうち高い方の電圧に対応する絶縁を行わなくてはならない。例えば非接地の系統では線間電圧、接地系統では相と大地の間の電圧。

5.13.1.4 誘導式電力供給システムのピックアップとピックアップ・コンバータの間の接続

- －できるだけ短く
- －適切に機械的損傷に対して保護

すること。ピックアップは電流（出力）源であるのでケーブルが損傷すると高電圧危険源になる。

5.13.2 配線の識別

5.13.2.1 一般要求事項

全ての配線は端末にて、技術文書に従って識別可能でなければならない。電線の識別は、数字、英字、色（単色または縞模様）、色と数字の組合せ又は色と英数字の組合せによって行う。数字はアラビア数字を使用する。文字は **Roman** で大文字、小文字を問わない。ローマ数字、漢数字は使用しない。

備考：望ましい識別の方法に関して供給者と使用者が合意するために、附属書 B を使用してもよい。

5.13.2.2 保護導体の識別

保護導体は、形状、位置、マーキング又は色によって容易に識別できること。色だけによって識別する時は、配線の全長にわたって緑と黄の 2 色組合せであること。この緑と黄の識別色は厳格に保護導体のみを使用する。

絶縁導体の場合、緑と黄の 2 色組合せは、どの 15mm の長さにおいて、その色の 1 つが導体の表面の 30%以上 70%未満で、残りの表面を他の色が覆うものであること。

備考：日本、米国、カナダは国内規格で緑色の単色の使用を認めている。

保護導体であると、形・位置・または構造（例えば、編組導体、非絶縁の撚線）で容易に識別できる、もしくは絶縁導体が容易にアクセスしやすすくないところでは、全長に渡る色識別（カラーコード）は必要でないが、終端もしくはアクセスしやすい場所では、グラフィカルシンボル IEC 60417-5019 (DB: 2002-10) 又は 2 色の組み合わせの緑と黄色で識別すること。

5.13.2.3 中性線の識別

中性線を色で識別するときはライトブルーを使用する。IEC 60446:1999 3.2.2 (JIS C 0446:1999)。混乱の恐れがあるときにはライトブルーを他の用途に使用しないこと（図表 5-32 参照）。

備考：国内では白であることが多い。

5.13.2.4 色彩による識別

電線の識別（カラーコーディング）を色で行うときに使用できる色は黒・茶色・赤・黄赤（だいだい）・黄・緑・青（ライトブルーを含む）・紫・灰色・白・ピンク・青緑である。（IEC 60757）

保護ボンディング（アース線）には 黄色と緑のストライプ（もしくは緑）
中性線（5.13.2.3）にはライトブルーと明確な規定があるが、その他の電線に色を使用する事はある程度緩やかである。色で識別する場合の推奨は次の通り。

- －黒：交流と直流の電力回路
- －赤：交流制御回路
- －青：直流制御回路
- －黄赤：例外回路（5.5.3.5 参照）、たとえば外部から電源供給のインタロック回路、主電源断路時も供給される盤内照明回路、サービスコンセント、など。

例外として許容されるのは：

- －推奨の色がない絶縁材を使用する場合
- －多心ケーブルの場合、ただし緑と黄色の 2 色の組合せは保護ボンディング専用。

識別に色を使うときは、電線の全長にわたってその色の絶縁被覆又は色マーカを使用することを推奨する。

緑と黄の 2 色組合せと混同するおそれがある場合には、安全のために、緑及び黄を使用してはならない（5.13.2.2 参照）。混同を起こさない場合には、緑と黄の 2 色組合せ以外に緑又は黄を使わない限り、上記の色の組合せを使って識別をしてもよい。

備考：JIS を含む国際規格と国内でひろく使用されている公共建築工事標準仕様書あるいは JEM1134:2005 とは差異がある。図表 5-32 参照。また盤内の配線に国内では黄色を使用するが、国際規格は上記である

規格・仕様書	交流														直流		
	単相2線式			単相3線式			三相3線式				三相4線式				2線式		
	接地側		非接地				接地側		非接地							正極	負極
	第1相	第2相	第2相	第1相	中性相	第2相	第1相	第2相	第2相	第3相	第1相	第2相	第3相	第4相	P	N	
IEC60204-1	L1	L2	L2	L1	N	L2	L1	L2	L2	L3	L1	L2	L3	N	P	N	
	黒	黒	黒	黒	青	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	青	黒	黒	
標準仕様書(2005)	赤	白	黒	赤	白	黒	赤	白	黒	青	赤	黒	青	白	赤	青	
JEM1134:2005	赤	青	青	赤	黒	青	赤	白	白	青	赤	白	青	黒	赤	青	

図表 5-32 電線の識別、国際規格、公共建築工事標準仕様書、JEM 規格

5.13.3 エンクロージャ内の配線

エンクロージャ内部の配線は、適切に保持されるようにサポートを設けること。非金属性の配線ダクトは難燃性絶縁材でなければならない。

エンクロージャ内に取り付ける機器は、前面から配線の変更ができること（5.11.2.1 参照）。

これが不可能で、制御機器がエンクロージャの裏面で接続される場合には、アクセス用扉か外開き式パネルを用いること。

扉その他の可動部分に取り付けてある機器への配線は、その部分が頻繁に動くことを考慮した 5.12.2 と 5.12.6 に従う可とう電線を用いること。この可とう電線は、電気的な接続とは別に、固定部と可動部とにそれぞれ固定しなければならない(5.8.2.3 及び 5.11.2.1 参照)。

ダクトに収納しない電線及びケーブルは、適切に保持すること。

エンクロージャの外部へ出る制御用配線は、端子台又はプラグ/ソケット組合せを使うこと。

電動機など電力回路及び測定回路のケーブルは、エンクロージャ内部の接続すべき機器の端子に直接つないでもよい。

5.13.4 エンクロージャ外の配線

5.13.4.1 一般要求事項

ケーブル又はダクトをエンクロージャ内に引込む際はそれぞれにグランド（glands：メカニカルシールのこと、ケーブルクランプ、キャプコンとも呼ばれる）やブッシュなどを用いて、エンクロージャの保護等級を低下させてはならない（5.11.3 参照）。

5.13.4.2 外部ダクト。

- －エンクロージャの外部に出る電線との接続は 5.13.5 の適切に密閉されたダクト(すなわち、コンジットかケーブルトランキングシステム) に収容しなければならない。ただし密閉ダクトを必要としないケーブルを除く。ダクト又は多心ケーブルに使う取付金具は、使用環境に適したものでなければならない。
- －ペンダント形押しボタン操作盤との接続は、フレキシブルコンジット（商品名プリカ PV、など）又は可とう多心ケーブルを用いること。なお操作盤の重さは、フレキシブルコンジット又は可とう多心ケーブル以外の手段で支えなければならない。ただし、コンジット又はケーブルが、特にその用途のために設計されている場合は、この限りではない。

備考：可とう電線管には、金属製可とう電線管（1種（フレキシブルコンジット）、2種（プリカコンジット））がある。一般に2種を使用する。JIS C8309 参照）と、合成樹脂製可とう管（耐燃性の PF 管、耐燃性でない CD 管 JIS C8411 参照）がある。

5.13.4.3 機械可動部への接続

頻繁に動く可動部との接続は、可とうケーブル及びフレキシブルコンジットを使用すること。過大な曲げ及び引っ張りが生じないように取り付けること。

可動部に用いるケーブルは、接続箇所に機械的引張りがなく、過度の曲げが生じないような方法で保持しなければならない。ループ状に保持する場合には、少なくともケーブル直径の 10 倍の曲げ半径がとれる長さとする。

5.13.4.4 機械上の機器の相互接続

機械に取り付けられている数個の開閉機器（例えば、位置センサ、押しボタン）を直列又は並列に接続する場合は、機器間接続の中間にテストピン（端子）を設けるとよい。このテストピン（端子）は、保守が容易な個所に設け、適切に保護し、関連する図面に表示すること。

5.13.4.5 プラグ/ソケット接続

プラグソケットへの要求は、メーカーの技術文書と規格の要求を併せて参照。

5.13.4.6 輸送のための取外し

輸送のために配線を外す必要がある場合には、その個所に、切り離しと再接続のための端子台又はプラグ/ソケットを設けること。

5.13.4.7 予備電線

保守又は修理のために予備電線（特に多心ケーブルの場合）を通しておくことが望ましい。

予備線がある場合は、予備の端子に接続するか、又は充電部分と接触することがないように絶縁または分離すること。

5.13.5 ダクト、接続箱及びその他の箱

5.13.5.1 一般要求事項

ダクトはアプリケーションに適した保護の度合いであること。

備考：IEC 60204-1:1997 14.5.1ではIP33と規定していたが、2005年版より削除された。

ケーブルトランキングシステム、接続箱及びその他の配線用の箱で、油又は水滴のたまるものは、直径6mmの排出孔を設けてもよい。

注：6mmより小さいと油水が排出されない

通路上に設置するダクト及びケーブルトレイの高さは、作業面から2m以上でなければならない。

5.13.5.2 ダクトの内部占積率

ダクトの占積率は、ダクトの直線性及び長さ並びに電線の可とう性に基づいて決めること。

備考：40%、多くても60%が目安になる。

5.13.5.3 金属製非可とうコンジット及び取付器具

金属製電線管（非可とうコンジット）及び取付器具は、めっき鋼又は使用条件に適した耐腐食性のものであること。接触部に電食を起こすような異種金属を使用しないこと。

5.13.5.4 金属製可とうコンジット及び取付器具

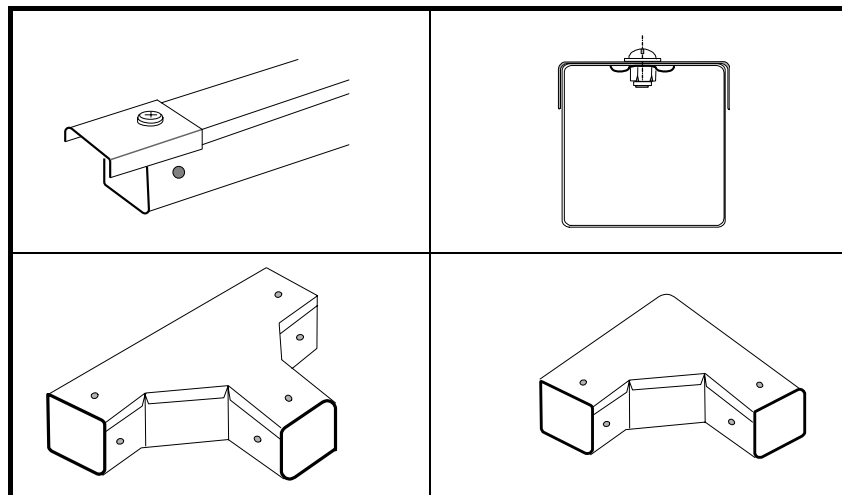
金属製可とうコンジットは、可とう性のある金属管又は針金編み込みアーマード外装によって作られたもので予測される物理的環境に適したものでなければならない。

5.13.5.5 非金属製可とうコンジット及び取付器具

非金属製可とうコンジットは、ねじれに耐え、多心ケーブルの外装と同等の物理的特性を備えたものであり、予測される物理的環境における使用に適したものでなければならない。

5.13.5.6 ケーブルトランキングシステム

ケーブルトランキングは、図表 5-33 のようなもので、5cm～20cm 角のケーブルを収納する小規模な金属製ダクトである。関連規格 IEC 61084-1、-2-1 (JIS C8471-1、-2-1) なお、5cm より小さいケーブルトランキングを金属線ぴ（庇）、大きい物を金属ダクトと電気設備技術基準の解釈第 179 条で定義している。



図表 5-33 ケーブルトランキングシステム

5.13.5.7 機械コンパートメント及びケーブルトランキングシステム

機械の柱又は基部の中の一隅（コンパートメント）又はその中のケーブルトランキングシステムを電線の収納のために使用するには、そのコンパートメント又はケーブルトランキングシステムが、冷却剤及び油のリザーバから隔離していて、かつ完全に閉じていること。

閉じたコンパートメント及びケーブルトランキングシステムの中に収納する電線は、機械的な損傷を受けないように固定し、配置しなければならない。

5.13.5.8 接続箱（端子箱）及びその他の箱

配線用の接続箱（端子箱）その他の箱は、保守のために容易に近づくことができなければならない。

機械の運転に想定した外界の影響を考慮して、これらの箱は、固形物及び液体の侵入から保護するものでなければならない（5.12.3 参照）。これらの箱には、開けたままのロックアウトその他の開口部があってはならない。また、ほこり、綿くず、油、冷却剤などが侵入しない構造でなければならない。

5.13.5.9 電動機用接続箱（端子箱）

電動機用接続箱（端子箱）には、電動機及び電動機の附属機器（例えば、ブレーキ、温度センサ、プランキングスイッチ、速度計用発電機）の接続だけを収納しなければならない。

5.14 電動機及び関連装置

5.14.1 一般要求事項

電動機にはいろいろな種類がある。3相誘導電動機ではインバータがコントローラとして使用される。停止中でも電動機の電源を切らないコントローラがあるので、5.5.3、5.5.4、5.5、5.7.5、5.7.6及び5.9.4の要求事項を確実に満たす上で、注意が必要である。電動機及び関連装置は、過電流、過負荷及び過速度の保護をする。電動機の制御装置の配置と取り付けは、5.11に述べる。

5.14.2 電動機エンクロージャ

電動機の大敵は水分による絶縁不良である。密閉外扇型の電動機エンクロージャはシャフトから水分がモータ内部の巻き線に侵入して絶縁不良を起こし、漏電や火災などの事故を誘発するので、IEC 60034-5に定めるものの中から選定することを推奨する。すべての電動機は、少なくともIP23の保護等級を満足すること。

5.14.3 電動機の寸法

モータの寸法はIEC 60072 (JIS C 4203, JIS C 4210) シリーズによる。

5.14.4 電動機の実付け

電動機及びそのカップリング、ベルト・プーリ、又はチェーンは、適切に保護し、また、検査、保守、調整及び位置合わせ、給油及び交換のため容易に近づくことができるように取り付けなければならない。

5.14.5 電動機の実定基準

次の事項を考慮する

- －電動機の種類；
- －デューティサイクルの種類

- － 一定速運転又は可変速運転（及びそれに伴う通風の変化による影響）；
- － 機械的振動
- － （静止形コンバータ型の場合）電源の高調波が、電動機の温度上昇に及ぼす影響；
- － 起動方法及び突入電流が他の使用者の運転に及ぼす影響
- － 反トルク負荷の時間及び速度による変化
- － 大きな慣性を持つ負荷の影響
- － 一定トルク又は走出力運転の影響
- － 電動機とコンバータとの間の誘導リアクトルの必要性

5.14.6 機械的制動装置用保護機器

機械的制動装置のアクチュエータの過負荷及び過電流保護機器が作動した場合には、それが関連する機械アクチュエータも同時に無励磁（開放）とすること。

5.15 附属品及び照明

5.15.1 附属品

機械及び機械に組み込まれた装置が、附属装置（例えば、手持ち電動工具、試験装置）用のコンセントを備えている場合には、次の各項を適用する。

- －コンセントには、電圧及び電流定格を明示すること。
- －コンセントへの保護ボンディング回路の連続は確実にする。
- －コンセントに接続するすべての非接地電線は、他の回路の保護と独立して、過電流に対して、また、必要なら、過負荷に対して保護しなければならない（5.7.2 及び 5.7.3 参照）。

5.15.2 機械及び装置の局部照明

5.15.2.1 一般事項

機械の局部照明回路を保護ボンディング回路に接続すること（5.8.2.3 参照）。

照明回路のオン/オフスイッチをランプホルダに組み込んで서는ならない。

5.15.2.2 電源

局部照明回路の公称電圧は導体の間（線間電圧）で 250V を超えないこと。導体の間（線間電圧）で 50V を超えていない電圧を推奨する。

照明回路は、次のいずれかの電源から供給しなければならない（5.7.2.6 参照）。

- －電源断路機器の負荷側に接続した照明専用の絶縁変圧器。二次回路には過電流保護を設けなければならない。
- －電源断路機器の一次側に接続した照明専用の絶縁変圧器。これは、制御エンクロージャ内の保守用照明回路に限る。二次回路には過電流保護を設けなければならない。5.5.3.5 及び 5.13.1.3 参照。
- －専用の過電流保護を備えた機械用の回路。
- －電源断路機器の一次側に接続された絶縁変圧器で、一次側に専用の断路器（5.5.3.5 参照）及び二次側に過電流保護を備え、電源断路機器に隣接して制御エンクロージャ内に取り付けたもの（5.13.1.3 参照）。
- －外部的に供給された電灯回路（例えば、工場の照明供給）。これは、制御エンクロージャ内の照明、又は定格電力の総和が 3 kW 未満の機械作業用照明にだけ許される。上記は、通常運転中にオペレータが届かない位置に設置されている固定照明には適用し

ない。

5.15.2.3 保護

局部照明回路は 5.7.2.6 に従って保護しなければならない。

5.15.2.4 照明器具

調整可能な照明器具は、物理的環境に適合していなければならない。

5.16 マーキング、警告標識及び略号

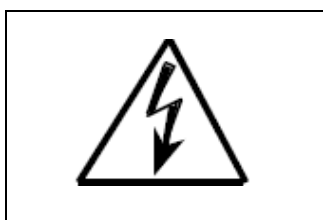
5.16.1 一般事項

警告標識、銘板、マーキング及び識別プレートは、機械が使用される物理的環境に十分耐えるものであること。

5.16.2 警告標識

5.16.2.1 感電の危険源

エンクロージャは、感電のリスクがある電気設備を含むことを既に別の方法で明確に示しているほかは、**図表 5-34** の警告標識をつけること。



IEC 60417-5036 (dB:2002-10)

図表 5-34 感電の危険源

この警告マークは、エンクロージャの扉又はカバーに見やすく表示すること。
警告標識は以下の場合には省略してもよい (5.6.2.2(2)参照)。

- －電源断路機器を収納するエンクロージャ
- －オペレータマシンインタフェース又は操作盤
- －それ自身が単一の機器のエンクロージャである (例えば、位置センサ)。

5.16.2.2 高温の表面の危険源

リスクアセスメントによって、電気設備の表面温度が危険な可能性がある場合は**図表 5-34** の警告標識をつけること。



IEC 60417-5041 (dB: 2002-10)

図表 5-35 高温の表面の危険源

5.16.3 機能表示

制御機器、表示機器及びディスプレイ（特に安全に関するもの）には、その機器又はその近くに、その機能を、明りょう（瞭）に、かつ消えないように表示すること。

この表示は、装置の使用者と供給者の間で合意するのがよい（附属書 B 参照）。

IEC 60417（オンラインデータベース）及び ISO 7000 に規定する記号を、優先的に使用することが望ましい。

5.16.4 制御装置のマーキング

制御装置には、装置の据え付け後にもはっきり見えるように、明瞭で消えないマーキングをしなければならない。

以下の情報を教える銘板は、それぞれの入って来る供給に隣接してエンクロージャに取り付けられるものとする

- －供給者名又は商標
- －要求がある場合、認証済み表示
- －あれば、製造番号
- －定格電圧、相数及び周波数（交流の場合）、並びに各電源の全負荷電流
- －設備の短絡電流の格付け（Short circuit Current Rating）
- －主な文書番号（IEC 62023 参照）

銘板に記載する全負荷電流は、少なくとも、通常の使用状態で同時に運転される可能性のあるすべての電動機その他の装置の負荷電流の合計値とする。

電動機コントローラが 1 個の場合は、全負荷電流を、コントローラにではなく、機械の銘板に、よく見えるように記載してもよい。

5.16.5 参照標識（番号）

すべてのエンクロージャ、アセンブリ、制御機器、及び構成部品は、技術的な文書と同じ標識（番号）で識別できなければならない。

第 6 章

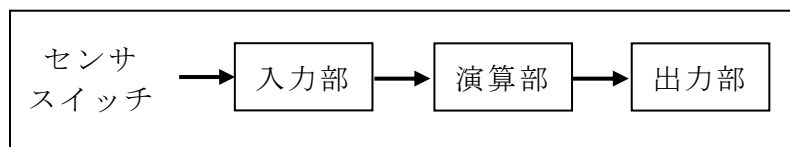
安全性確保技術

機械が性能を発揮するためには電気エネルギーと電気制御系が不可欠であることを前章にて述べた。

本章では電気、制御、安全を支える個別の技術を安全の切り口にて述べる。

6.1 安全性を支える技術の流れ

機械類の安全にはフェールセーフ（第2章参照）の考え方は大変重要でありかつ有効である。機械の安全は制御によって守られていると言って過言ではない。制御系は図表 6-1 に示すように入力部、演算部、出力部から構成されそれぞれ信号をもってやりとりをする。信号はシーケンス回路では on-off、PLC（シーケンサ）では 0/1 や数値データである。



図表 6-1 制御系と信号の流れ

安全に関する制御も何らかの信号で表現される。したがって信号は情報として扱い、この安全情報をどのように検出し、入力処理し、演算の結果を出力するかが安全関連部の設計でありそれを支える技術である。

本章で基礎となる原理

- ・安全情報抽出の原理
- ・安全確認型と危険検出型
- ・安全情報の伝達（単調論理）
- ・冗長性と多重化
- ・ダイバシティ（多様性）
- ・ダイナミック処理（信号を交流化する利点）
- ・安全関連部の独立性

を述べ、続いて実際の技術について述べる。

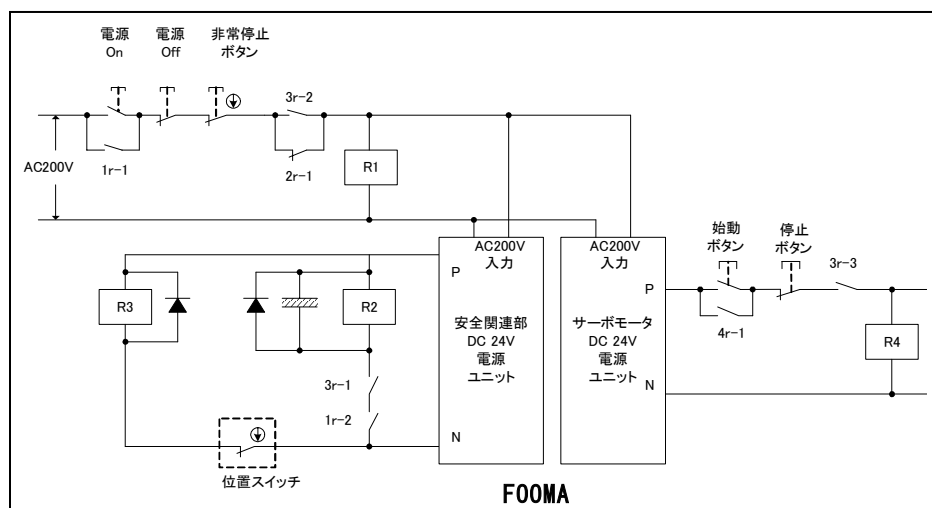
6.2 安全情報抽出の原理

〔関連規格：ISO 12100-2:2003 4.11.3〕

産業機械の安全は、危険源に人が誤って接近しないこと、人が誤って危険源に接近したら機械を停止させることによって守られる。したがって機械は、安全な状態なときに運転し、安全な状態でないときには停止する。人、機械、危険源との関わりにおいて状態を安全と安全でない（危険な）場合に分けるとき、スイッチ（センサを含む）によって抽出される情報を「安全情報」と呼ぶ。言い換えれば、安全情報とは、安全が確認されているときだけ生成される安全を示す情報のことである。この方法による安全情報の抽出が安全確認型(6.3項参照)の基本原則である。

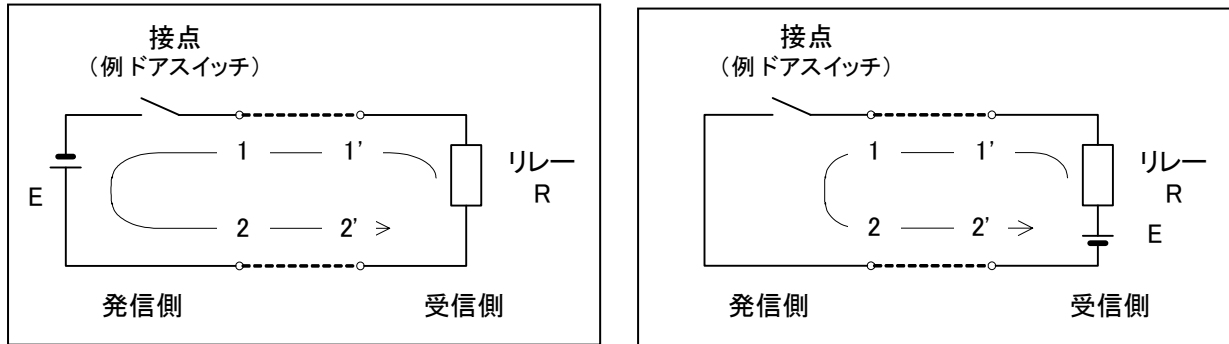
この安全情報を1と0の2値で表現するとき、安全の状態を1、安全でない状態を0で表す。さらに制御系、とくにシーケンス制御などでは、安全の状態をエネルギー有り（電圧、電流）、安全でない状態をエネルギー無しで取り扱うのがよい。この考えは、安全である情報をエネルギーの高い状態に、安全でない情報（危険）をエネルギーの低い状態に対応させており、物理的現象とうまく合致する。エネルギーが伝わらなければ「安全でない」を示すと、故障で伝わらないことはあり得るがこれは安全側の故障である。すなわち、安全情報がない（安全が確認されていない）時に、エネルギーが突然生じて安全情報を作ってしまうことは、物理的にあり得ないことを利用している。

この原理は、安全装置の電気回路では広く実用化されている。例えば図表6-2の産業用ロボットの防護扉では、位置スイッチ（ドアスイッチ）をb接点として、扉が閉じているときにはモータの運転を許可するが、扉が開いたらモータを停止させる。（実際の使用では安全に関する注意事項がある。）



図表 6-2 保護ガードなどのインタロック回路(例)

図表 6-2 ではドアスイッチに関する b 接点の利用例を示したが、安全情報がエネルギーを有するためには接点への電源供給は、図表 6-3 (a) のように位置スイッチ（ドアスイッチ）側にあることが望ましい。現実的にはドアスイッチ側に電源を持たせることは困難な場合が多く図表 6-3 (b) のような構成が多い。

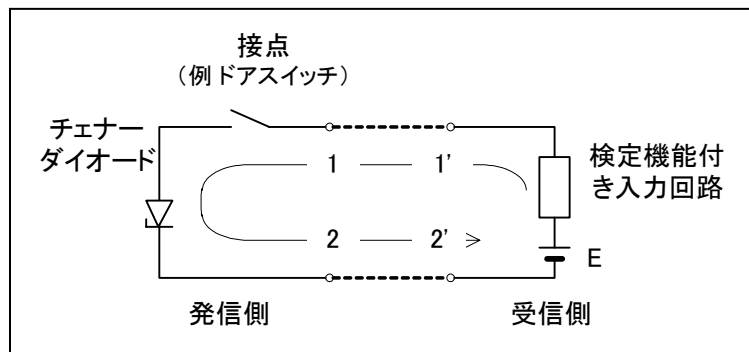


(a) 発信側にエネルギーがある

(b) 受信側からエネルギーを供給する

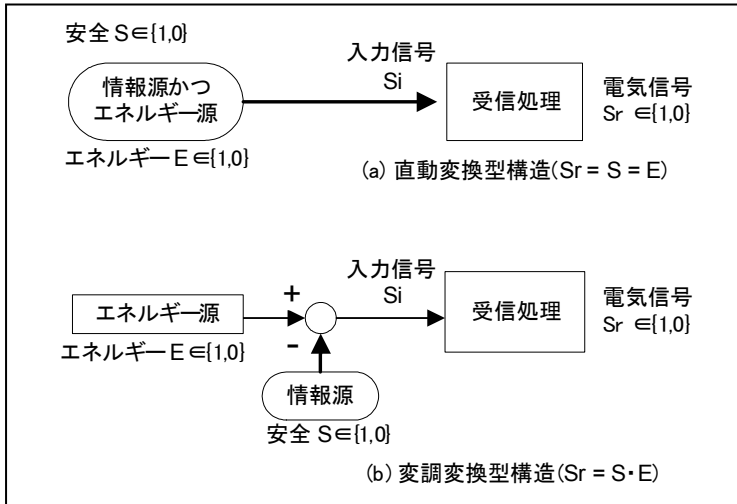
図表 6-3 安全情報抽出の原理

図表 6-3 (b) の構成は途中の配線の短絡や端子台やスイッチ端子を銅線で短絡すると誤った安全信号を送出する危険がある。その危険を防ぐために発信側に図表 6-4 のようにチェナーダイオードをいれて電圧降下を発生させ受信側で適正な電圧降下か確認すれば図表 6-3 (a) と等価な安全確認型を組むことができる。



図表 6-4 発信側にチェナーダイオードを組み込んだ例

エネルギーの供給方法と検出部を比較すると図表 6-5 に示すように情報源そのものがエネルギーを有するものを「(a) 直動変換型構造のセンサ」といい、情報源にエネルギーを供給しエネルギーと情報の積になっているものを「(b) 変調変換型構造のセンサ」と言う。直動変換型の代表は熱電対温度計や圧電降下型圧力計であり、変調変換型は測温抵抗体温温度計やストレインゲージ型圧力計である。検出素子自身がエネルギーを出すセンサは少数で、センサの多くは変調変換型に属する。



記号		意味
S	1	安全
	0	安全でない
E	1	エネルギー有り
	0	エネルギーなし
Sr	1	センサの出力有り
	0	センサの出力なし

図表 6-5 直動変換型構造と変調変換型構造

6.3 安全確認型

安全関連部は図表 6-1 のように入力部、演算部、出力部から構成される。それぞれの機能ブロックにおける安全情報の取り扱い方を述べる。

安全なシステムの作り方には、一般に次の二種類がある。

(1) 危険検出型

危険であることを検出して（これを危険情報ということにする）作業を止める、あるいは回避するシステム（危険を検出し、危険情報を赤信号で伝えて、赤信号がなくなったら安全と見なす）。

(2) 安全確認型

安全であることを確認して、この安全情報を受けているときだけ作業を続行するシステム（安全が確認できたときのみ緑信号で伝え、緑信号がなくなったら危険と見なす）。

危険検出型は、「情報を伝えられない」ことに起因する大きな問題点を含んでいる。それは危険（赤信号）と安全（緑信号）は裏表の関係に無いことによる。言い換えれば、危険情報が出力される事は、危険な状態であるといえるが、危険情報が出力されない事は、“安全である”と受け取って良いかという命題である。

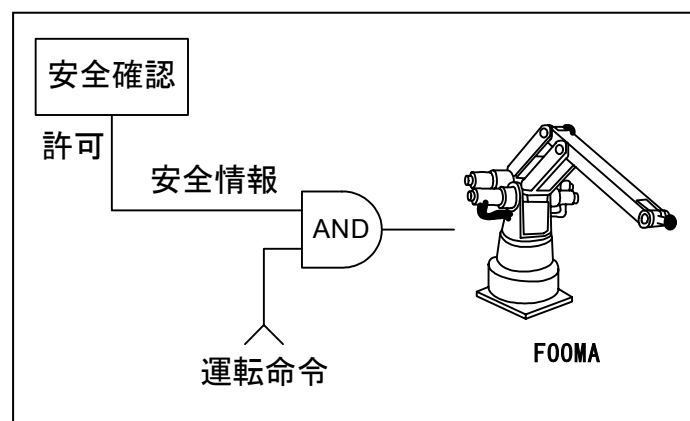
例えば、危険を検出するセンサの故障や情報を伝達する通信装置の故障等々で、危険情報が伝えられないことがあり得る。機械であるのでこの故障は避けられない。この故障の場合には、危険情報が出力されないので実際には危険であるにもかかわらず安全と誤って判断してしまうことになり、明らかに危険側の故障になる。

一方、**安全確認型**では、安全を検出するセンサの故障や情報を伝達する通信装置の故障等々で、安全情報が伝えられないことがあり得る。この場合は、安全情報が出力されないことは“危険である”とうけとめる。安全なのに安全情報が出力されない場合は、危険と判断されるので危険情報が誤って伝えられる事になり、危険に対応した処置が取られるので（迷惑ではあるが）安全側の誤りである。ただし、安全確認型の構成では、危険なのに安全情報を間違えて出力する誤りがあると、これは危険を安全として通報してしまう危険側の故障であり、あってはならない故障、許されない故障となる。しかし、この誤りは、非対称故障の実現というアイデアにより、避けることが可能である。

非対称故障とは、故障すると必ず（圧倒的な確率で）ある予測される状態になり、それ以外にはならない故障を意味する。例えば、よくあげられる例に踏み切りの遮断機がある。

遮断機が正常に働いている時は、列車が来なければ遮断器は開いているが、遮断機が故障をすると、列車が来る、来ないにかかわらず、重力により自動的に遮断機は降りてしまう構造となっている。すなわち重力に逆らって、自然に上がるということは無い構造である。故障で必ず閉まる方向である。これを非対称故障という。遮断機に与えられる安全情報は、列車の不在を検出する安全確認であり世界各国で採用されている。

すなわち、安全情報を、エネルギーの高い状態に対応させておけばエネルギーは、故障で伝わらないことはあるが（安全側故障）、何もないときにエネルギーが生じるということはあるので物理的事実が非対称故障を保証している。すなわち、安全情報がない（安全が確認されていない）時に、エネルギーが突然生じて安全情報を作ってしまうことは、物理的にあり得ないことを利用している。

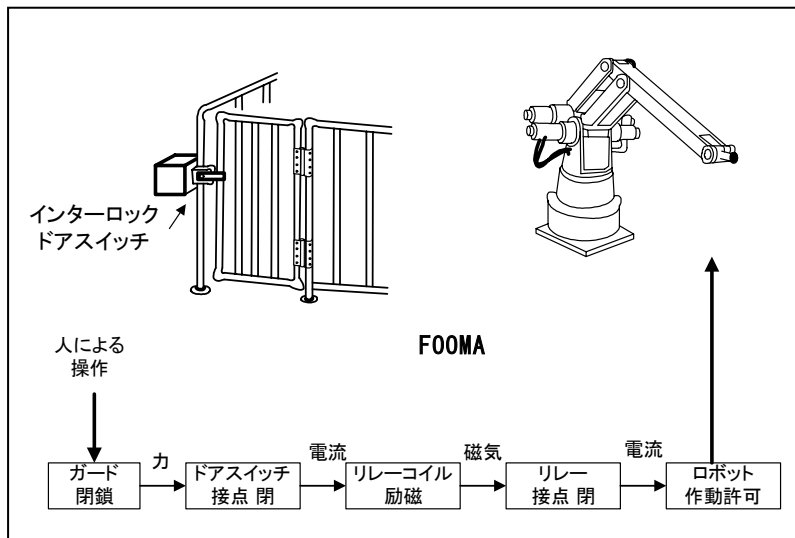


図表 6-6 安全情報の確認システムの例

図表 6-6 は、人間がいないことを確認してロボットや機械に行動命令を出すことを想定した安全確認型システムのモデル図である。これは、安全情報によるインターロックシステムでもある。図表 6-6 の AND（論理積）回路は、安全情報があるときだけ運転命令を通過させ、安全情報がないときは通過させないような判断要素である。この安全情報生成手段は非対称故障特性を、AND（論理積）回路も非対称故障特性を持つように実現すれば、この安全装置と人間の指令（運転命令）に誤りがあっても（誤って人間が危険なところに入っても）、安全が実現できる。人間がいないという安全確認の情報がないかぎり動かないシステム構成となっている。これを「安全確認型システム」という。

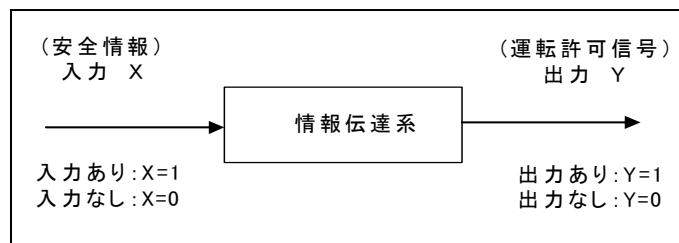
6.4 単調論理

安全情報は、エネルギー有りの状態で抽出することを前節で述べた。この情報は、位置スイッチから幾つかの機能を経由して操作端である機械アクチュエータに伝達される。



図表 6-7 安全情報伝達の単調論理

図表 6-7 のロボットは、人が安全を確認しガードを閉じるとドアスイッチの接点が閉になり、リレーコイルに電流が流れ、リレーの接点が閉じてロボットに作動許可の信号がでる。これらは全てエネルギー有りの状態を安全となるように構成されている。個々の箱（ブロック）を見ると入力があって出力がある。これを情報の伝達系と考える（図表 6-8 参照）。



図表 6-8 安全情報の伝達系

入力を X、出力を Y とすると、入力（有り・無し）と出力（有り・無し）の組合せは 4 通りになる。入力あり：X=1、入力なし：X=0、出力あり：Y=1、出力無し：Y=0 とし、1 を

安全、0を危険とすると入力と出力の関係は図表 6-9 の真理値表で示すことができる。

番号	入力 X	出力 Y	式で表現	判定
①	安全 1	安全 1	$X = Y$	正常 問題なし
②	安全 1	危険 0	$X > Y$	許される故障状態
③	危険 0	危険 0	$X = Y$	正常 問題なし
④	危険 0	安全 1	$X < Y$	許されない故障

図表 6-9 情報伝達系の入力と出力 Y の関係

入力 X と出力 Y の関係は、①②③に関しては、正常あるいは許される故障であり、式では $X \geq Y$ と表現できる。しかし④では、危険 ($X=0$) であるという情報が入力されているにもかかわらず出力は安全 ($Y=1$) を示している。これは許せない誤りである。

このように、“入力 \geq 出力” の不等式で表される入出力関係は単調論理に基づくと呼ばれ安全工学で最も重要視される安全確保の論理式である。

この情報伝達をユネイトな情報伝達という。システムに安全情報が入力されない限り誤って運転許可信号を発生することのない情報伝達の形態であり、図表 6-9 において④の場合が許されない情報伝達の形態を示す。

6.5 冗長性と多重化

安全機能の喪失はシステムの停止につながる所以需要に応じて、高信頼化等の手法の採用によって稼働率の低下を防ぐ必要がある。冗長性とは、1つが機能を失ったとき、他の1つが同機能を確保する目的で、機器もしくはシステム、又はそれらの一部を少なくとも二重化することをいう。冗長性の実現の方法には幾つかの手法がある。

(1) 質の異なるものの二重系

通信における有線ケーブルと無線のように、同じ機能であっても質の異なるものによる二重の系を使用する方法。

(2) マスク

制御機構を構成する要素に全く同じものを二つ以上設け、そのうちのひとつに故障が生じても他が正常ならば、その故障をマスク(遮断)して外に出さない方法。

(3) デュアル

制御機構を構成する要素に全く同じものを二つ設け、お互いに出力をチェックし合い、故障した方がわかる場合は切り替える方法。

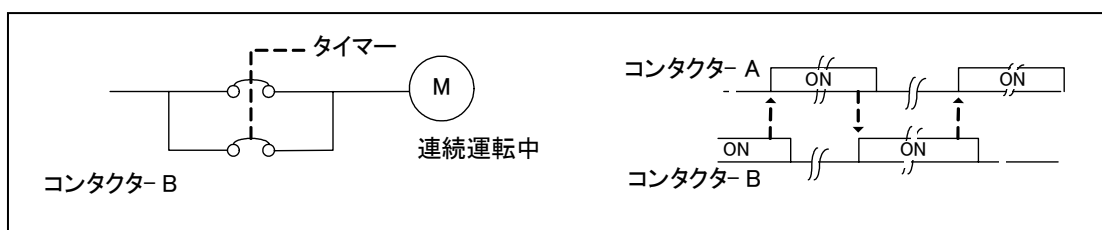
(4) デュープレクス

制御機構を構成する要素に正と副の二つを設け、正に障害が発生した場合は副に切替える方法。

(5) 三重多数決

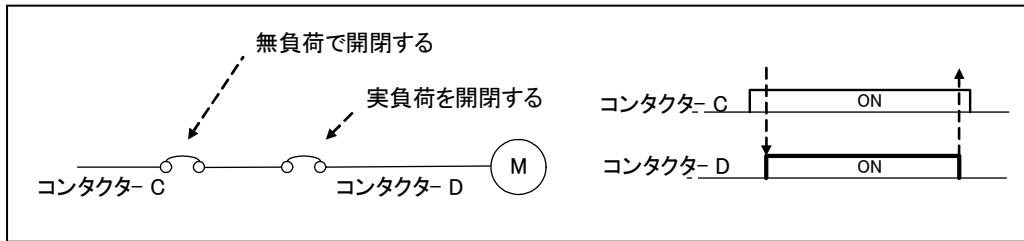
単一誤りを訂正し、どれが誤ったかを知るために制御機構を構成する要素に全く同じものを三つ設け、これらの多数決で出力する方法

図表 6-10 は、連続運転中の動力（この場合は電動機）の遮断機能を運転中に確認する方法である。2系統のコンタクタを並列に接続し、ONの状態を重複させながら ON-OFF を交互に実行しコンタクタが溶着していないことを確認できる。



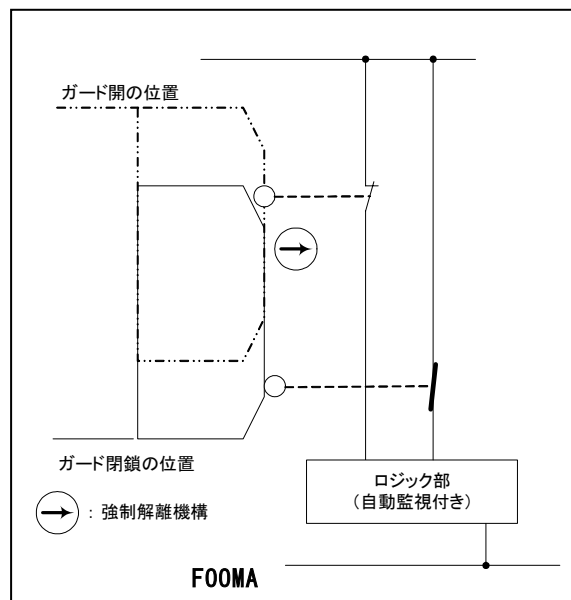
図表 6-10 並列に接続したブレーカを交互に On-Off して溶着を検知する

図表 6-11 は、電磁接触器（コンタクタ）を 2 台直列に使用して確実に機械アクチュエータを遮断する方法である。コンタクタ C は常時無負荷で開閉し、実際の負荷はコンタクタ D が開閉している。仮にコンタクタで接点の溶着が生じてもそれはコンタクタ D であり、もう一つの接点（コンタクタ C）で確実に遮断できる。



図表 6-11 2 台のブレーカを直列に接続して溶着を回避する

ガードのインタロックでは、図表 6-12 のように確実性を確保するため、位置スイッチを 2 重化することがしばしば行われる。



図表 6-12 位置スイッチ（ドアスイッチ）を 2 重化したガード

6.6 ダイバシティ(多様構造)

ダイバシティは、異種の物理的手段または技法を用いた冗長構成技術で共通原因故障(CCF)を避けるための手法であり、例えば

- ・1チャンネルはプログラムできる電子回路で構築し、2チャンネルはハードで構築する。
- ・接点出力を直列に（1つは電磁リレーで、もう一つは半導体リレーで）構成する。
- ・起動方法を変える。
- ・温度と圧力で安全関連パラメータを監視する。
- ・距離と圧力で安全関連パラメータ（位置）を監視する。
- ・デジタル（スイッチ）とアナログセンサを組み合わせる。
- ・構成品（安全コンポ）では異なるメーカーの製品を使用する。
- ・圧力マットの動作（電極間の容量変化を検出、電極間の接点閉を検出）。
- ・ガードに位置検出器を2台取付けてポジティブと、ネガティブで検出する。
- ・カムスイッチを2台取付けてポジティブと、ネガティブで検出する。

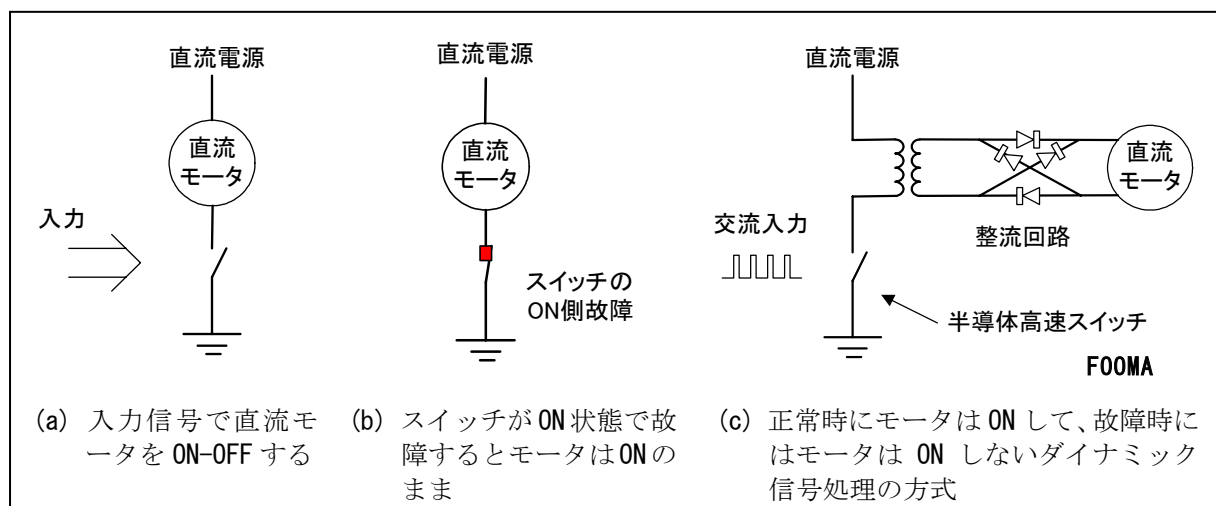
など多くの適用事例があり、ダイバシティは、コスト面では高くなるが、安全関連部の構造に大きな役割を有する。ある安全 PLC では異なった3社のCPU（インテル、モトローラ、シーメンス）を使用して3種類の言語でプログラムを開発した事例がある。異種3重化 PLC と呼ばれる。

6.7 ダイナミック処理

ダイナミック信号処理によってスタティック(静的)な故障を検出すること。静的な信号を内部的にまたは外部から自動的に変化させる方法は、コンポーネントの静的故障を検出のための支援として使用することができる。この技術はしばしば、電気機械的コンポーネントへの接続で用いられる。

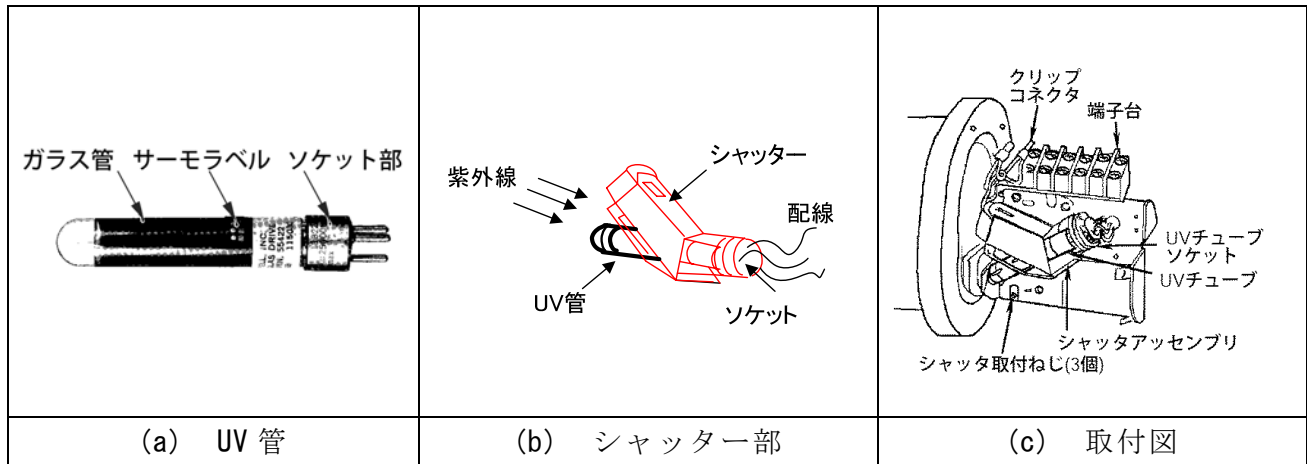
電気制御系では直流信号を使用して状態の伝達や制御を行うことが多い。広く使用されるリレー回路はその典型である。このような状態伝達系ではシステム内の不具合が生じても検出できず次の状態変化を伝えることに失敗する恐れがある。

図表 6-13 (a)は直流モータをリレー接点で ON-OFF している様子を示す。(b)図のように、もし接点が ON 側で故障するとモータは回転を続ける危険側故障になる。(c)図では、直流電源を交流入力と半導体高速スイッチで ON-OFF してトランスに入力すると交流入力に相当する出力がトランスから得られるので整流回路を通せば直流モータの電源を作ることができる。(c)図の方式は、交流入力、半導体高速スイッチ、トランス、整流回路のいずれが故障しても直流モータは停止するので安全側故障となる。この方式をダイナミック信号処理という。故障が生じて安全側であるのでこの方式をダイナミックフェールセーフ信号処理と呼ぶ場合もある。なお、(c)図において、増幅器を含む半導体高速スイッチを使用する場合には増幅器が自己発振を起こさないように格別の配慮が必要である。



図表 6-13 ダイナミック信号処理 (簡略図)

図表 6-14 はセンサにダイナミック信号処理を利用している例である。燃料を使用しているボイラーや燃焼炉の運転中は、燃焼していること、即ち火炎があること、が安全情報である。炎の検出に使用する UV 管（ウルトラビジョン）は、炎から出る紫外線が真空管の電極間に飛び込むと放電する特性を利用して火炎の有無の検出を行うことができる。UV 管の危険側故障は紫外線が無いにも関わらず放電することである。従って UV 管にシャッターを取り付けて入射光を ON-OFF し、入射紫外線が無いときに放電が起きないことをチェックしている。これもダイナミック信号処理である。



図表 6-14 ダイナミック信号処理をしているセンサの例（火炎センサ）

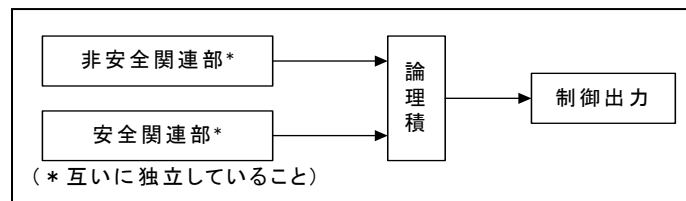
6.8 安全関連部と非安全関連部の独立性

機械の制御システムは、安全に関わる部分と安全に関わらない部分を原則的に分けるべきである。もし分けることができなければ全ての制御系を安全に関わる部分^{注)}として取り扱って安全性を確保しなければならない。

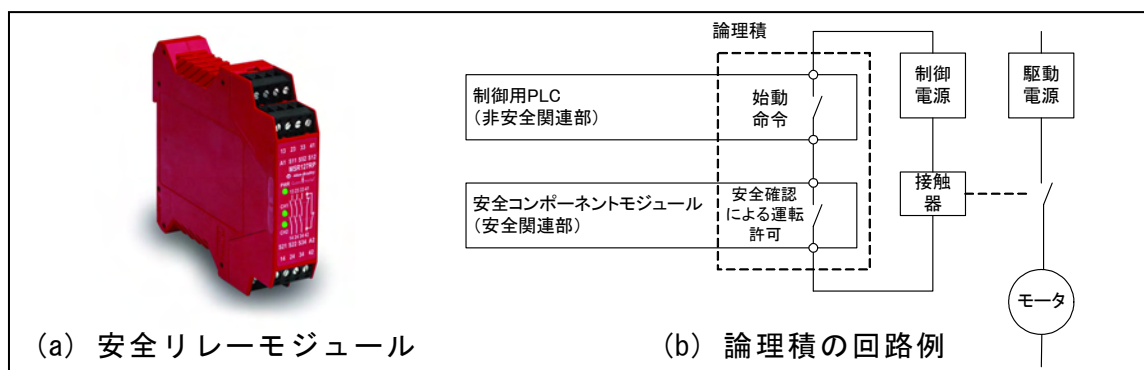
注)安全に関わる部分は、

- ・ リスクアセスメント実施の対象であり
 - ・ 保護方策を国際規格に基づいて設計し
 - ・ 検証し
 - ・ 技術文書を作成・保管し求めに応じて直ちに提出し
 - ・ 妥当性確認を実施する
- 必要がある。

安全関連部と非安全関連部に制御システムを分けるときには、それらはシステムの安全性に関して独立していなければならない。例えば制御出力が図表 6-15 に示す様に安全関連部と非安全関連部の論理積出力であるときには、実際の回路は図表 6-16 のように組むことができる。



図表 6-15 制御システムにおける安全関連部と非安全関連部の関係



図表 6-16 安全関連部と非安全関連部の独立性

なお、同じ機械の中では、ある安全機能を実行するための、異なる安全機能とそれらが関連する安全関連部を区別することは重要である。ただし、ロジック部、電源などを複数の安全関連部が共用することは認めている(参照: ISO 13849-1:2006 4.4)。

6.9 フェールセーフ化が推奨されている回路

安全関連部の構築と適用技術の選択に参考になる通達がある。下表の制御機構にフェールセーフの考えを取り入れるように推奨したものである。

	制御機構の区分	内 容
1	再起動防止機構	急停止機構等の作動によって機械が停止したときや、停電後に機械への通電が復帰したときに、作業者が再起動操作を行わなければ、機械を再び起動できないようにする回路。
2	ガード用の インタロックの機構	機械の可動中に作業者が危険領域内へ侵入するのを防止する回路。機械が停止した後にガードのロック機構を解除し、作業者が危険領域内へ進入するのを許可する方式と、ガードを開いたときに機械が急停止する方式の二種類がある。
3	急停止用の機構	機械側で何らかの異常を感知したときに、直ちに機械の運転を停止させる回路。作業者がガードを開いたとき、安全装置が作動したとき、機械が何らかの故障や異常を起こしたときなどに作動する。
4	非常停止用の機構	作業者が何らかの異常を感知したときに直ちに機械の運転を停止させる回路。機械の運転中に労働災害が発生しかねない不測の事態が起きたときや、機械に異常が生じたとき、作業中にトラブルが発生したときなどに作動させる。
5	行き過ぎ防止用の機構	機械があらかじめ設定した位置・角度等を超えて行き過ぎないように監視を行い、行き過ぎが生じたときは直ちに機械を停止させる回路。
6	操作監視用の機構	作業者が正しい操作をしたときに限り、起動信号を発生させる回路。
7	ホールド停止監視用の機構	ホールド停止状態にある機械が故障や電磁ノイズ等の影響によって暴走しないように監視を行い、暴走が起きたときに直ちに機械を停止させる回路。
8	速度監視用の機構	機械を低速状態で運転するときに、故障や電磁ノイズ等の影響によって機械があらかじめ定めた速度を超えて暴走しないように監視を行い、暴走が起きたときは直ちに機械を停止させる回路。
9	ホールド・ツー・ランの機構	作業者が操作装置を押しているときに限って機械が運転を開始し、操作装置から手指等を離れたときは直ちに機械を停止させる回路。
<p>出典 “工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの策定について” 労働省労働基準局長通達（基発 464 号、平成 10 年 7 月 28 日）</p>		

図表 6-17 厚生労働省が示す制御機構のフェールセーフ化

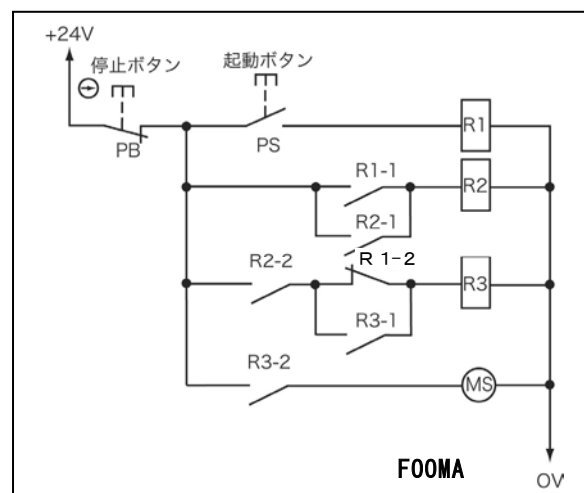
6.10 フェールセーフ化の一般的方法

〔出典：工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの運用上の留意事項について労働省事務連絡 平成10年7月28日〕

6.10.1 オフ確認

ボタンを押して接点を閉じる動作に続けて、ボタンを離して接点を開く動作を行ったときに初めて起動信号又は始動信号を発生させる方法（図表6-18参照）。

- ① 起動ボタン PS を押すとリレー R1 が励磁される。
- ② 接点 R1-1 が閉じ、リレー R2 が励磁される。これにより、接点 R2-1 が閉じ、R2 が自己保持（6.11 参照）する。
- ③ “②” により、接点 R2-2 が閉じるが、起動ボタンの操作中は接点 R1-2 が開いているため、R3 は励磁されない。
- ④ 起動ボタン PS を離すと、接点 R1-2 が閉じ R3 が励磁され、R3 が自己保持する。
- ⑤ 接点 R3-2 が閉じて MS（マグネットスイッチ）が励磁されて、機械が運転を始める。

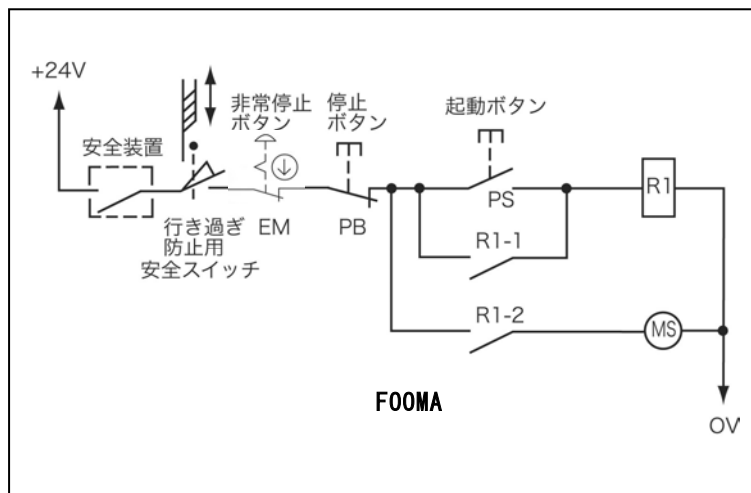


図表 6-18 オフ確認回路の例

6.10.2 起動と停止及び再起動防止

起動操作によって自己保持回路が作動して自己保持を開始し、作業者が停止操作を行ったとき又は安全装置が作動したとき等には自己保持を解除し、機械の再起動を防止する方法(図表 6-19 参照)。

- ①起動ボタン PS を押すと、リレーR1 が励磁されて接点 R1-1 が閉じる。この結果、ボタンを離しても、リレーR1 は励磁されたまま自己保持する。
- ②接点 R1-2 が閉じることにより、メインコンタクタ MS が励磁され、機械が運転を始める。
- ③停止ボタン PB を押すと、リレーR1 が無励磁となり、接点 R1-2 が開いて機械が停止する。
- ④その後、停止ボタン PB を離すと、ボタン PB は復帰位置に戻るが、既に R1 が無励磁となっているので、起動ボタン PS を押さない限り、機械は再起動しない。
- ⑤安全装置が作動したとき、位置検出用ドグが行き過ぎ防止用安全スイッチと接触したとき、および非常停止ボタンが操作されたときも、起動ボタン PS を押さない限り機械は再起動しない。



図表 6-19 再起動防止回路の例

6.10.3 ノーマルクローズ型の利用

ノーマルクローズ型の弁又はブレーキによって、故障時には、労働災害を発生させない形で機械を停止させる方法。

例えば、ノーマルオープン型の電磁弁は、ソレノイドに断線故障が起こると、弁が常に開いた状態となり、機械を停止できなくなる場合がある。したがって、機械の駆動回路に使用する電磁弁は、ソレノイドに通電がなくなることにより弁が閉じるノーマルクローズ型のものとする必要がある。ノーマルオープン(正作動)型のブレーキは、ブレーキの励磁コイルに断線故障が起こると、ブレーキが作動しなくなり、機械を停止できなくなる場合がある。したがって、機械の可動部の停止に使用するブレーキは、励磁コイルに通電が

なくなることによりブレーキが閉じるノーマルクローズ（負作動）型のものとする必要がある。

吊り上げ保持は永久磁石の磁力を利用し、脱着時のみ励磁コイルに電流を流して永久磁石の磁力を弱めて作業する方法。

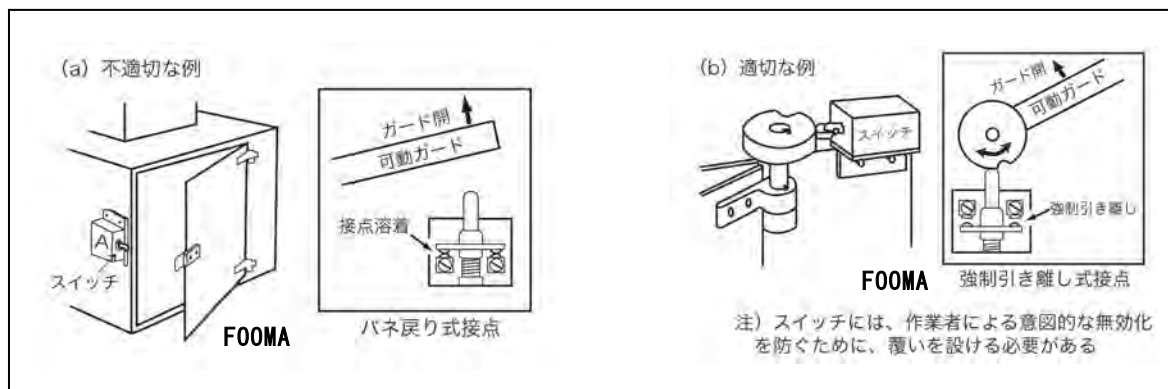
6.10.4 強制引き離し(強制開離)

作業者が非常停止装置を操作するときの力、作業者が可動ガードを開くときの力、機械の可動部がスイッチと接触するときの力等を直接利用して、ノーマルクローズ型スイッチの接点を強制的に引き離し、労働災害を発生させない形で機械を停止させる方法。

強制引き離しについては、ガード式インタロック及び行き過ぎ防止用リミットスイッチに用いられる。

強制引き離し式のガード式インタロックについては、**図表 6-20**を参照すること。また、行き過ぎ防止用リミットスイッチに関して、行き過ぎによる危険とは、機械の危険な可動部が行き過ぎて人体と直接接触したり、行き過ぎにより機械の他の部分を破壊し、その部分が人体に向けて落下するなどの危険をいう。

いま、このスイッチにノーマルオープン型（a 接点タイプ）のリミットスイッチを使用すると、接点の接触不良が生じたときに機械を停止できなくなるおそれがある。このため、行き過ぎ防止用のリミットスイッチは、機械の可動部がリミットスイッチと直接接触したときに接点を強制的に引き離すノーマルクローズ型（b 接点タイプ）のものを使用する必要がある。



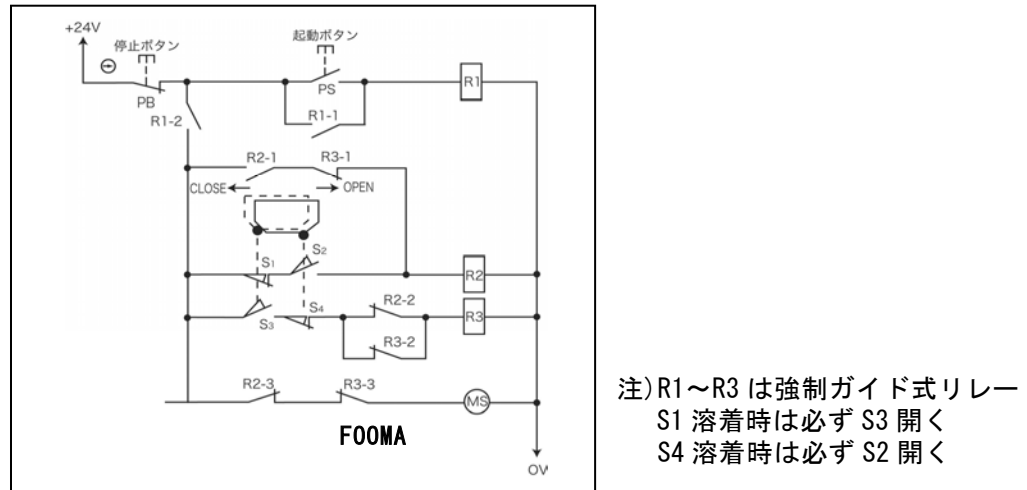
図表 6-20 強制開離を利用したインタロックの例

6.10.5 相反モードによる監視の利用

相反するモード(正モードと負モード)のスイッチを二個設けて、ガード開閉の正常性を監視し、正常でないときは労働災害を発生させない形で機械を停止させる方法。

機械のインタロック用ガードでは、ガードが開いていることを確認するためのリミットスイッチ（直接作動によってスイッチがオフする方式、すなわち正モードスイッチ）と、

ガードが閉じていることを確認するためのリミットスイッチ（直接作動によってスイッチがオンする方式、すなわち負モードスイッチ）の二種類を設けて、ガードの開閉状態の正常確認を行うことがある。正負の異なるモードのスイッチを使用してガードの開閉の正常性を確認することから、これを相反モードによる監視という。図表 6-21 は相反モードによる監視の回路例である。



図表 6-21 相反モードによる監視の例

6.10.6 発振回路の利用

入力によって発振するように回路を構成し、故障時には発振が停止することを利用して故障を検出するとともに、回路の出力をオフとする方法。

6.10.7 交流信号の利用

安全情報を交流信号として伝達し、故障時には直流出力が生じることを利用して故障を検出するとともに、回路の出力をオフとする方法。ダイナミック信号処理ともいう（6.7 項参照）。

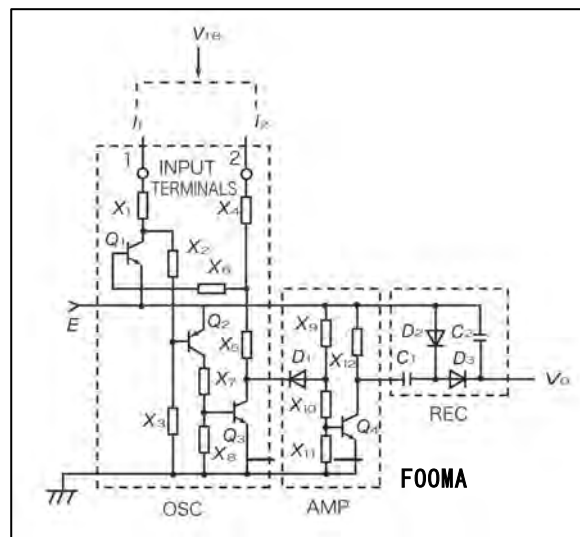
6.10.8 電源枠外処理

安全情報を電源電圧より高い電圧に設定することにより、信号線と電源線の混触による誤った安全情報の伝達を防止する方法。

図表 6-22 の AND ゲート回路では、電源電圧 E に対して、安全情報 V0 をこれより高く設定すれば、仮に電源線が混触しても、これに起因して誤った安全情報が発生することはない。

同様に、供給電源が 12V であるとき電源電圧を重畳して 24V 電圧出力回路へ適用するな

どの応用がある。

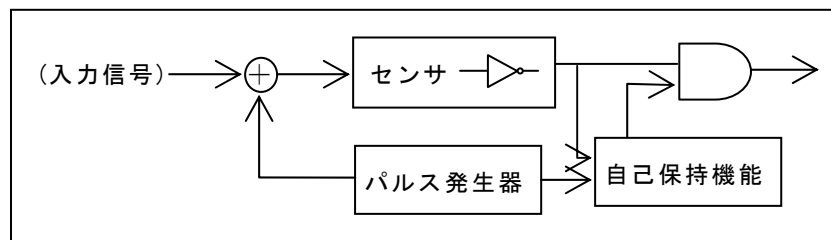


図表 6-22 電源枠外処理の例

6.10.9 フェールセーフなチェック回路の利用

フェールセーフなチェック回路によって、制御機構を構成する危険検出型の安全装置やセンサ類に故障が生じていないかを常時チェックする方法。

入力信号にパルス信号を重畳させセンサ出力から取り出した出力信号のパルス成分が入力に重畳したパルスと同じであればセンサが健全であると判断できることよりセンサのチェックを行う(図表 6-23 参照)。



図表 6-23 フェールセーフなチェック回路の例

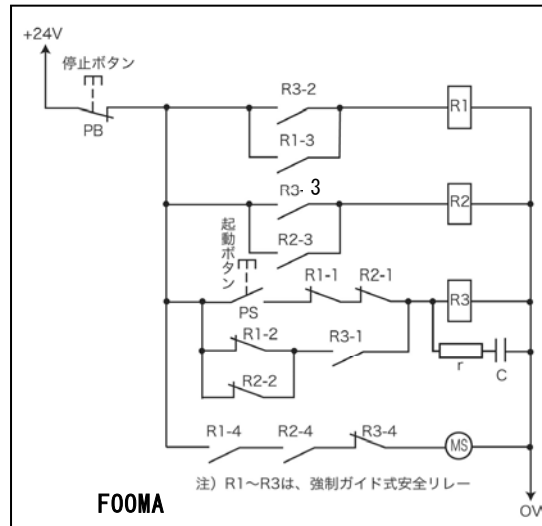
6.10.10 二重化不一致検出

電磁リレーでは、a 接点に溶着が起こると、機械を停止できなくなる場合がある。そこで、リレーの a 接点を二重化し、二つの a 接点の動作が不一致の時は、接点に溶着が起きたとみなして機械を停止させるように回路を構成する(図表 6-24 参照)。

- ① 起動ボタン PS を押すと、R3 が励磁する。接点 R1-1、R2-1、R1-2、R2-2 が閉じているため R3-1 が閉じて、R3 が自己保持する。
- ② 接点 R3-2 と R3-3 が閉じ R1 と R2 が自己保持する。
- ③ 接点 R1-2 と R2-2 が開き、R3 の自己保持は解除される(コンデンサによって R3 の解

除は遅延する)。

- ④ “②、③”より、接点 R1-4、R2-4 及び R3-4 が閉じて、機械が運転を開始する。
- ⑤ R1、R2 の接点のいずれかに溶着が生じたときは、接点 R1-1 又は R2-1 が閉じないため①のステップで R3 が自己保持せず、次のステップに進まない。また、R3 の接点に溶着が生じたときは、R3-4 が閉じないため、機械は運転を開始しない。



図表 6-24 二重化不一致検出回路の例

6.10.11 バックチェック

通電時に閉じる a 接点 に溶着が生じたとき、対となる通電時に開く b 接点によってこれを検出し、直ちに機械を停止させる又は次のサイクルの運転を開始させない方法。b 接点をバック接点とも呼ぶことから、このような名称がつけられた。

具体的なバックチェック接点の例としては、以下のものがある。

- ① 図表 6-18 の接点 R1-2
- ② 図表 6-21 の接点 R3-1、R2-3、S1 及び S4
- ③ 図表 6-24 の接点 R1-1、R2-1、R1-2、R2-2 及び R3-4

6.10.12 非溶着

本質的に溶着しない接点を用いる方法。

電磁リレーの中には、接点機構に使用する材質を適切に選定することによって、溶着が生じないように工夫したリレーもある。これを非溶着リレーと呼ぶ。例えば、銀-炭素接点の使用によって、接点が溶着しそうになると接点材料の破壊により開離する構造のリレーなどは、これに該当する。

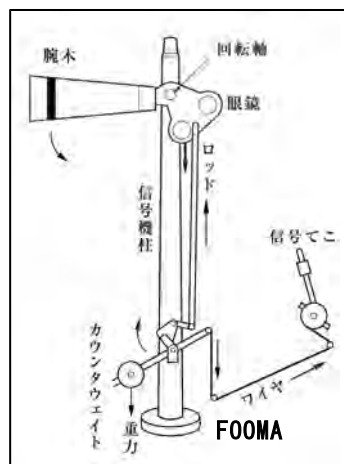
6.10.13 非対象誤り特性を持つ物理的特性の利用

安全情報の生成が停止したとき、重力の作用によって機械的機構が自然に落下し、安全を確保する方法及び加熱等が生じたとき、温度センサ固有の物理特性に基づいてセンサの抵抗値等が増大し、機械への通電を遮断する方法等。

重力を利用する方法

図表 6-25 は以前に使用されていた鉄道の腕木式信号機である。腕木の角度が水平の時赤（停止）と定められている。信号伝達のワイヤが切れる、ロッドが折れるとカウンタウェイトに働く重力の力で腕木が水平になり安全側、即ち赤信号を表示する。

（引用： 産業安全研究所安全資料 NIIS-SD-No. 13, 1996）

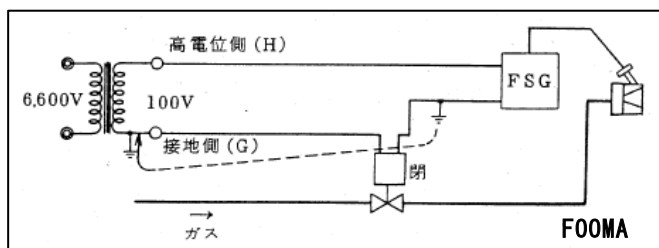


図表 6-25 重力を利用した非対称誤り特性を持つ信号の例

6.10.14 操作電池と接地

国内では、100V の片側は接地されている。高電位（ホット）と中性点（ニュートラル）があり、屋内配線ではそれぞれ黒色と白色の絶縁被覆で区別されている。制御用の on-off する接点は必ず高電位（ホット）側、負荷は中性点（ニュートラル）側になるように設計および施工しなければならない。

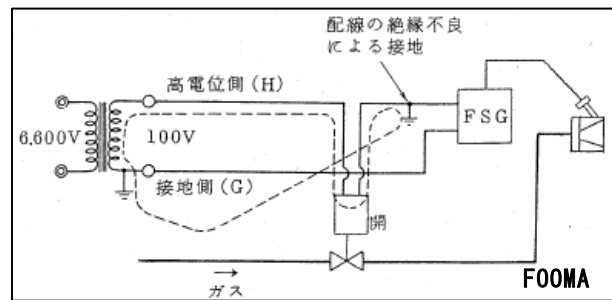
図表 6-26、6-27 に正しい方法と間違った配線で事故が生じた事例を示す。



図表 6-26 燃焼回路の正しい接続

正しい接続の方法。

この事例は燃焼安全の安全回路である。FSG の制御リレーでガス遮断弁を開閉操作する。



事件事例

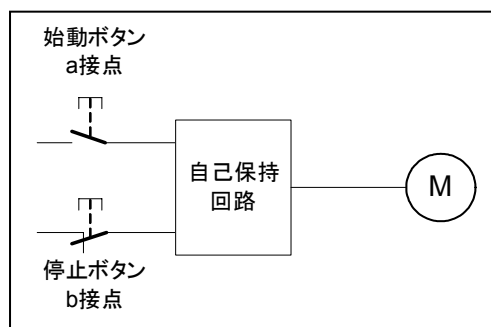
ガス遮断弁の制御リレー (FSG) とガス遮断弁の操作電源の接続が誤っていた場合 (すなわち、高電位側 (H) と接地側 (G) の接続が逆になっていた) とき、たまたま制御リレー (FSG) と安全しや断弁間の線が地絡した。結果として電源投入と同時にガス遮断弁に接地電流が流れて弁が開き、バーナから未燃ガスが大量に流出し、これにプレパージの空気が混入して爆発混合気が生じ、点火時に爆発した。

図表 6-27 燃焼回路の誤った接続

出典：・ (株) 山武コンポクラブ
 ・ 工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの運用上の留意事項について 労働省事務連絡平成 10 年 7 月 28 日

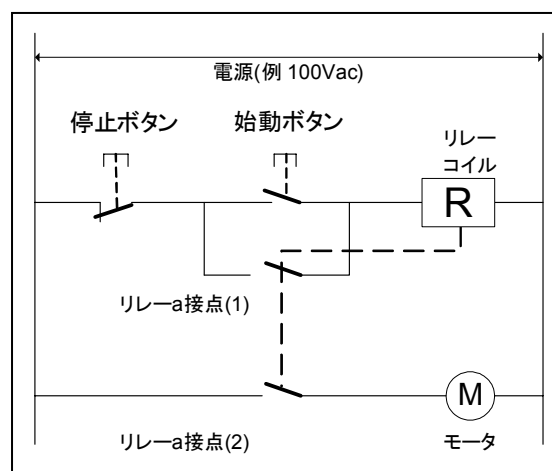
6.11 自己保持回路

機械の始動と停止には押しボタンスイッチを使用する。押しボタンスイッチは、ボタン部分を指先(手)で押している時だけ接点が開(または閉)になるモーメンタリ型である。ボタン部から指を離すと接点が元の状態に戻る。指を離しても機械が運転を続けるように自己保持回路を使用し、始動ボタンを押して運転状態、停止ボタンを押して停止させる。



図表 6-28 自己保持回路ブロック図

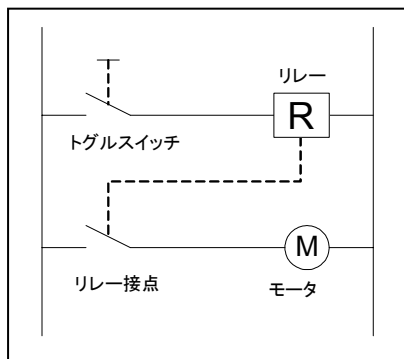
図表 6-28 のブロック図をリレー回路図に展開すると図表 6-29 になる。この自己保持回路は、始動ボタンを押すとリレーコイルに電流が流れリレー接点(2)を閉じてモータを起動する。同時にリレー接点(1)も閉じるので押しボタンスイッチを離してもリレーコイルに電流が流れ続けてモータは回転を続ける。停止押しボタンを押すとリレーコイルに電流が流れなくなるのでリレー接点(2)が開きモータが停止する。またリレー接点(1)も開いているので停止ボタンを放してもリレーコイルには電流が流れずモータは停止している。



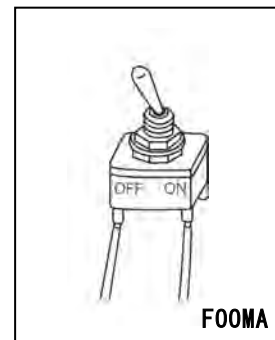
図表 6-29 自己保持回路シーケンス図

6.11.1 自己保持回路と安全性

図表 6-30 にトグルスイッチとリレーを用いたシーケンス図を示して図表 6-29 との比較をしてみる。なおトグルスイッチには各種のものがありその一例を図表 6-31 に示す。図表 6-30 のトグルスイッチは、モータ「運転」指令を機械的に保持し、トグルスイッチに機械的操作を行うことでモータ「停止」を実行する。この構成では、1 つのトグルスイッチの故障（機械的故障、接点溶着など）によりモータを停止できないが、さらに停電や異常によりモータが停止した場合に復電時に自動的にモータが起動する重大な危険性がある。従って予期しない（再）起動を防止するためにモータなどの駆動制御には押しボタンスイッチと図表 6-29 に一例として示した自己保持回路を採用すべきである。

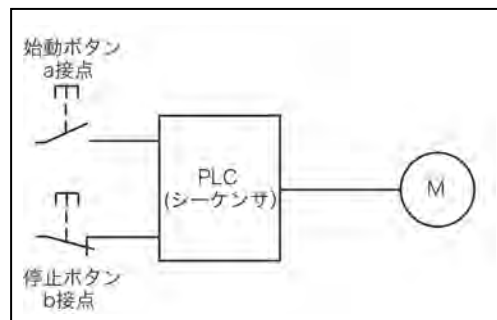


図表 6-30 トグルスイッチによるモータの運転回路



図表 6-31 トグルスイッチの例

なお広く使用されている PLC (シーケンサ) を使用する場合も同じ考え方を適用できる。PLC への接点入力は、始動ボタンからは a 接点、停止ボタンは b 接点を使用する。停止ボタンに a 接点を使用し接点閉で停止させることは接点故障や断線などの故障時にモータを停止できないので行うべきではない。非常停止が必要なモータでは安全機能の性能（パフォーマンスレベル PL）が重要なのでリスクアセスメントを行う必要がある。非常停止の回路を汎用 PLC で構築することは厳禁であり電磁リレーで回路を構築する事を薦める。なお図表 6-32 ではモータ用の電磁接触器（コンタクタ）を図中から省略してある。



図表 6-32 PLC 入力と接点信号

6.12 起動と停止

〔関連規格：ISO 12100-2:2003 4.11.2、ISO 13849-1:2006 5.2、IEC 60204-1:2003 9.2〕

始動ボタンとは、外部から作業者などによって機械の運転を始めるための要求をするための押しボタンをいう。JIS では制御開始と訳されている。始動ボタンは、モーメンタリ型の a 接点を利用する。

起動は、機械を起動する機械アクチュエータを動作させる信号をいう。この起動信号は安全確保の条件に基づいていなければならない。

操作パネルの始動ボタンスイッチの銘板に始動、起動、運転などの言葉が混在して使用されている。銘板に使用される言葉（文字）はそれぞれの背景と事情があるのでそれを使用してよい。

(1) 起動機能

- ① 起動機能は関連回路の通電によって動作すること。
- ② 起動機能は関連回路の断路では起動してはならない。
- ③ 機械の起動は安全が確認されているとき（すべての安全防護物が正規の位置にあり、機能している）にのみ可能となるようにしなければならない。
- ④ 安全防護物がない機械（例えば移動機械、手持ち工具など）では、手動操作による始動は、必要によりイネーブル機器を備えたホールドトゥラン制御器を使用すること。
- ⑤ 正しい順序で始動するように、適切なインタロック機能があること。
- ⑥ 複数の操作盤がある機械では、次により始動可能とする。
 - ・ 各操作盤に手で操作する独立した始動ボタン（制御機器）があること。
 - ・ 機械の運転に必要な安全条件が確認されていること。
 - ・ すべての始動ボタンの接点が開放状態（オフ）のときのみ、始動が可能であること。
 - ・ 複数の始動ボタンから機械の始動が可能なときは予期せぬ起動になる可能性があるので事前にリスクアセスメントを実施すること。
 - ・ リスクアセスメントの結果により、使用できる始動ボタンを選択方式とすること。

(2) 停止機能

停止には、3 つの停止カテゴリがある。リスクアセスメント及び機械の機能要求に従い、停止カテゴリ 0、停止カテゴリ 1 及び/又は停止カテゴリ 2 の停止を備えること。

- ・ 停止カテゴリ 0 と停止カテゴリ 1 の停止は、運転モードに関係なく作動すること。その場合、停止カテゴリ 0 が優先的に働くこと。

- ・ 停止機能は、始動機能より優先すること。
- ・ 必要により、保護機器及びインターロック機器に接続すること。
- ・ 停止機能をリセットしても危険な状態を引き起こしてはならない。

(3) 非常操作(非常停止、非常スイッチングオフ)

非常操作には非常停止と非常スイッチングオフがあり、ともに人の単一動作によって始動する。

①非常停止

非常停止機能には、停止に対する要求事項に加えて、次の要求事項がある。

- ・ すべてのモードにおいて、他の機能及び操作より優先すること。
- ・ 危険な状態を引き起こし得る機械アクチュエータの駆動源を、他の危険を発生させることなく、できるだけ早く除去しなければならない。(例えば、外部駆動源を必要としない機械的な停止機構を備える、又はカテゴリ 1 の停止において逆相制動を用いる。)
- ・ リセットによって、再始動してはならない。
- ・ 非常停止は、停止カテゴリ 0 又は停止カテゴリ 1 として機能しなければならない。
- ・ 非常停止の停止カテゴリの選択は、機械のリスクアセスメントによって決定しなければならない。

②非常スイッチングオフ

非常スイッチングオフは、入力電源を電気機械的スイッチング器機の断路することによる。停止カテゴリ 0 になる。全ての電源が遮断されるので直接感電事故などには有効であるが、機械によっては停止カテゴリ 0 を許容できない場合があるので直接接触に対して、非常スイッチングオフがなくてもよいような他の保護が必要となることがある。

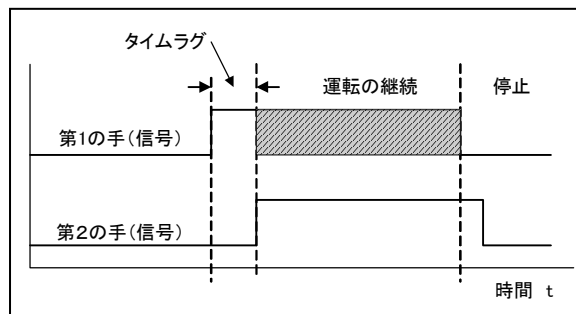
非常スイッチングオフの機能は、IEC 60364-5-53 (JIS C 60364-5-53) による。

6.13 両手操作制御

〔関連規格：ISO 13851:2002 〕

両手操作制御装置は、機械を起動しかつ運転を継続させるために両手を同時に使って操作し、それによって操作者に対しては防護対策が講じられる装置をいう。出力信号は2つ一組の入力信号により出力信号が出される。

両手の使用は、同時操作と同期操作に区別する。同期操作は2つの入力信号間の遅れ(タイムラグ)を0.5秒以内としたもので、より高い安全性が必要な場合に適用する。同時操作では2つの入力信号のタイムラグは規定しない(図表6-33参照)。



図表 6-33 両手操作の入力信号と機械の運転

両手操作には三つのタイプがあり、その選択はリスクアセスメントによって決定する。各タイプは、次の特徴を持たなければならない。

タイプ	要求事項	タイムラグ	制御の カテゴリ
I	両手によって同時に操作する2個の制御機器からなる。危険な状態の間、同時に継続的な操作を必要とする。危険状態が存在する間は、1個又は両方の制御機器の開放によって機械の運転が止まらなければならない。	同時	—
II	タイプIの要求に加えて、いったん両方の制御機器から手を離さなければ機械の運転が再開できない。	同時	—
IIIA	タイプIIの要求に加えて、二つの制御機器を互いに決められた0.5秒以内に操作しなければならない。この時間を越えた場合、いったん両方の制御機器から手を離さなければ再始動できない。	同期(0.5秒以内)	1
IIIB		同期(0.5秒以内)	3
IIIC		同期(0.5秒以内)	4
	タイプIIIAは油空圧式 タイプIIIBは通常の電気電子式 特に危険な領域にはタイプIIICを適用するのがよい。		

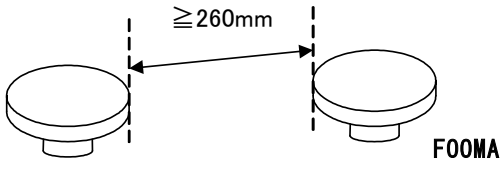
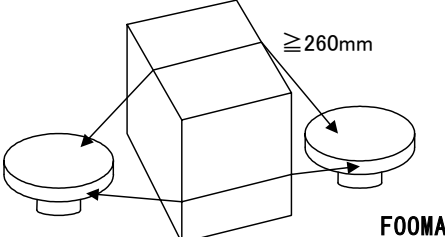
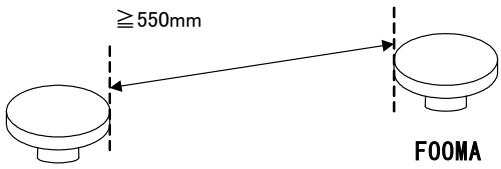
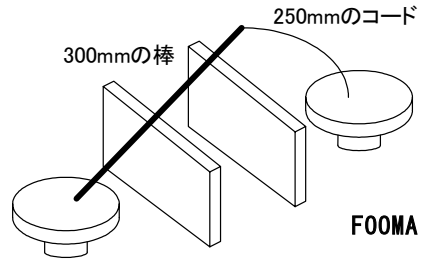
図表 6-34 両手操作装置のタイプ一覧

6.13.1 偶発的操作及び無効化の防止

両手操作制御装置の制御作動器は、それを適用する個々の場合のリスクアセスメントに従って、両手操作制御装置の防護効果が容易には無効化できないように、また偶発的操作の可能性が最小限になるように、設計し、配置すること。”無効化する補助具として、例えばブリッジ板、ひも、テープがある。異なる操作方向、カバー、形状などの選択によって無効化の可能性を最小限にすること。

両手操作制御装置が2人で操作された場合、2つの手が自由になり危険状態の発生が考えられるが、同期操作を採用することによって解決できる。

参考例として図表 6-35 に無効化対策の例を示す。

(1) 片手を使った無効化の防止	
	<p>制御作動器を少なくとも 260 mm（内側寸法）分離すること^{注1}。</p> <p>注) 労働安全衛生法では 300mm</p>
	<p>制御作動器の間隔が遮蔽物を迂回して少なくとも 260 mm となるように設計された 1 個又は複数個の遮蔽物又は高くなった部分を、制御作動器の間に設けること^{注1}。</p> <p>注) 労働安全衛生法では 300mm</p>
(2) 同じ腕の手先と肘を使った無効化の防止	
	<p>制御作動器を、内側寸法で少なくとも 550 mm 分離すること。人間工学的な理由により、その距離は 600 mm を越えないこと。</p>
	<p>同じ腕の肘と指先が、同時には両方の制御作動器に触ることができないように設計された 1 個又は複数個の遮蔽物又は高くなった部分を、制御作動器の間に設けること。</p> <p>左図の他に“制御作動器を肘で操作することができないように設計されたカバー”や、互いに異なる形式及び/又は異なる操作方向の制御作動器。などがある。</p>
(3) 片手と身体他のいずれかの部分（たとえば膝、腰部）を使った無効化の防止	
	<p>制御作動器を、床面又はアクセス面から少なくとも 1100 mm の高さの水平又は、ほぼ水平な面上に配置すること。これは、腰部による操作を防止することを意図している。</p>

図表 6-35 両手操作装置の無効化対策例

その他の設計にあたっての留意事項は、

- (1) 両手操作制御装置の形及び配置
- (2) 手動アクチュエータ（押しボタン）は赤色でないこと
- (3) 両手操作器を設置する場所は、
 - －手／腕の速度
 - －両手操作制御装置の動作時間
 - －両手操作制御装置の応答時間（レスポンスタイム：出力信号の終止から機械が停止するまで、あるいは危険な状態が除かれるまでに要する最大時間）

などである。

6.14 安全 PLC と一般の PLC

安全 PLC とは、電気制御系の安全関連部に使用できる PLC をいう。従来、安全関連部はハードワイヤードで構築されてきたが、ソフトのもつ柔軟性の利点から多数の入力や変動する論理演算、あるいは統合化システムのように複数の機械類が統合して運転する場合などでは安全 PLC を採用する場合が増加している。

安全 PLC は、電磁リレーの有する幾つかの問題点：

- (1) 自己診断機能がない
- (2) 有寿命（常時励磁で使用する）
- (3) 接点がある
- (4) 条件変更が難しい
- (5) 使用状態でのチェックが難しい

などに対して有利であり、今後発展してゆく製品である。

安全 PLC は、例えば TÜV（ドイツ）、HSE（英）、FM（米）などが定めた厳格な設計規定要件を満足した PLC をいう。安全性能は、少なくとも IEC 61508 が定める SIL3、あるいは ISO 13849-1 のカテゴリ 3 を満足している。安全 PLC の主要部分は自己診断機能を充実させた 2 重化アーキテクチャ（1oo2D： one out of two with diagnostics）で構成されているシステムが多い。自己診断に要する CPU 能力は処理時間の 70% から 85% であるといわれている。製品は欧州製に著名なものが多いが、国内製品にも、OMRON、ジェイテクト（旧豊田工機）、三菱電機が販売している。またプロセス産業用に発展した大型の PLC もある。製品の認証規格は IEC 61508 でありそのグレードは SIL (Safety Integrity Level) であらわされる。Integrity の訳語に論議があるが、ここでは安全度達成レベルとした。SIL は 4 段階あり SIL4 が最もレベルが高い。プラントのシャットダウンや年に 1、2 度しか働かない非常停止に使用する低頻度モードと日常的に使用する高頻度モードがある。それを図表 6-36 にしめす。

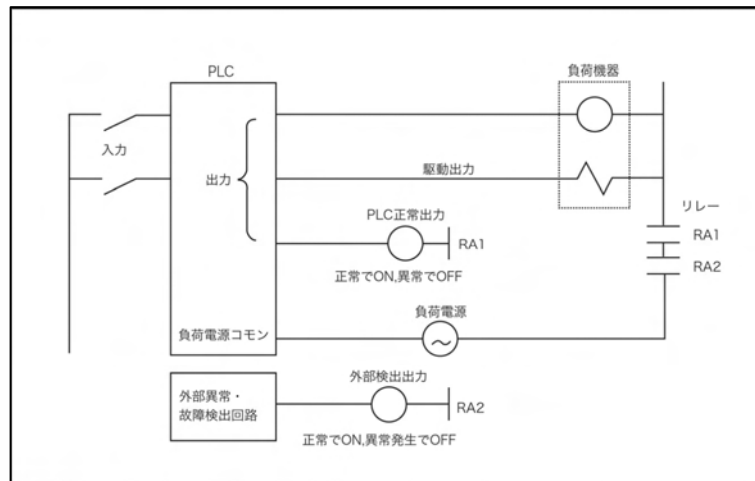
SIL	低頻度運転モード	高頻度運転モードまたは連続運転モード
	作動要求当たりの設計上の機能失敗平均確率	単位時間当たりの危険側故障確率 [1/時間]
4	$\geq 10^{-5}$ to $\leq 10^{-4}$	$\geq 10^{-9}$ to $\leq 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-4}$ to $\leq 10^{-3}$	$\geq 10^{-8}$ to $\leq 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-3}$ to $\leq 10^{-2}$	$\geq 10^{-7}$ to $\leq 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-2}$ to $\leq 10^{-1}$	$\geq 10^{-6}$ to $\leq 10^{-5}$

出典：IEC 61508-1

図表 6-36 使用頻度別 SIL が示す故障確率

一般に使用されている汎用 PLC は、入出力機能が充実しており使い易いが、故障モードが明確でないので安全関連部に使用しない事を勧奨する。安全関連部の独立性（6.8 項）で述べたように汎用 PLC は非安全関連部へ適用し、安全関連部とはその接続条件を明確にして使用するのが良い。

汎用 PLC に安全対策が必要な場合は、PLC 正常の信号と外部異常・故障検出回路を組み合わせておこなう。その一例を図表 6-37 に示す。



図表 6-37 外部回路に対する安全方策

6.15 安全リレー

[参照規格 EN 250205]

6.15.1 安全リレー

リレー (Relay) は継電器とも呼ばれる。電氣的入力信号を受けると、その出力で他の電気回路の開閉を制御する機器であり、

- ・増幅作用
- ・回路数の増加 (接点数の増加)
- ・絶縁 (アイソレーション)

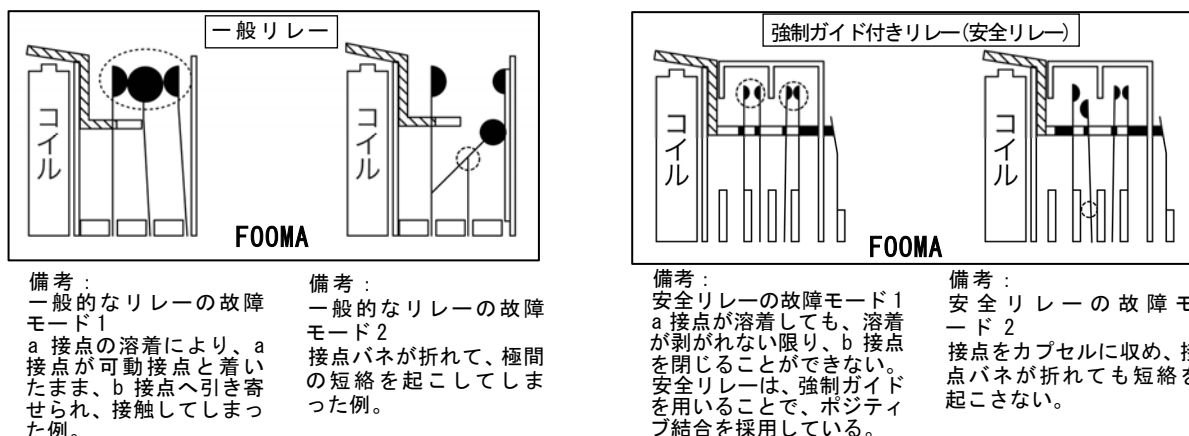
の機能を持つので、機械装置、特に制御系には欠かせない部品である。その構造は図表 6-38 に示すように電磁コイルと可動鉄片、接点から構成される。半導体を利用したスイッチング素子は接点を有さないのに比較して電磁リレーは接点がある。電流を On-Off するうちにアークが発生し接点が溶けて離れなくなる故障がまれではあるが発生する。これを接点の溶着 (welding) といい、電磁リレーでは最も警戒を要する不具合である。

安全リレーは、有接点電磁リレーの重大な問題である接点の溶着を他の接点を利用して検出可能にした安全関連部に使用する電磁リレーである。安全リレーは a 接点と b 接点を各々1個以上持ち、接点の強制ガイド機構を有するリレーである (図表 6-38 参照)。

強制ガイド式安全リレーは、

- (1) a 接点と b 接点の極間短絡を防止するために、a 接点と b 接点の間は遮蔽板によって遮蔽されているか、または、個々の接点が遮蔽室等に収納された構造であること。
- (2) 万一 a 接点が溶着したときは、対となる b 接点を開いた状態に保持できるように、強制ガイドを持つこと。
- (3) (2) のとき、b 接点の接点間ギャップは 0.5mm 以上を確保できること。

上記の要件を満足できるものを、安全リレーと呼ぶ。



図表 6-38 一般リレーと強制ガイド付きリレーの比較

6.15.2 安全リレーモジュール（安全リレーユニット）

安全リレーは、a 接点、b 接点を少なくとも1つずつ以上持つので、リレーの故障を検出することができる。検出回路を自分で構築するよりあらかじめパッケージ化されたモジュールを使用すると簡便であると共に保護方策カテゴリの認証も取得されているので安全回路を組むのが容易になる。アプリケーションに合わせて各社から販売されているのでそちらを参照していただきたい。

附属書 I 機械の電気装置のための調査書

下表は機械の使用者から提供されることを推奨する。これは、使用者と供給者の間で基本条件及び使用者の追加要求事項に関して合意し、機械の電気設備の適切な設計、応用及び利用が出来るためのものである。

(出典：IEC 60204-1:2003 附属書 B)
備考：() 内の番号は IEC 60204-1 の項番号

製造者/供給者名			
最終使用者名			
入札/注文番号		日付	
機械のタイプ		製造番号	
1. 特別な条件(1項参照)			
a)機械は屋外で使用されるか?	はい		いいえ
b)機械は爆発性あるいは可燃性の材料を、使用、処理または生産するか?	はい/いいえ		はい、ならば仕様書
c)機械は潜在的に爆発性あるいは可燃性のある環境で使用されるか?	はい/いいえ		はい、ならば仕様書
d)機械はある材料の生産や消費する時に特別な危険源になるか?	はい/いいえ		はい、ならば仕様書
e)機械は鉱山で使用するか?	はい		いいえ
2. 電気機械と関連する条件 (参照4.3)			
a)予想される電圧変動(±10%を超える場合)			
b)予期された周波数変動(±2%を超える場合)			
c)将来の増設で電源供給の増加を必要とする			
d)瞬時停電が第4項の規程より長い時には条件を指定する			
3. 物理的環境と運用条件 (4.4.2参照)			
a)電磁環境(4.4.2参照)	住宅、商業または準工業地域		工業地域
特別な条件または要求事項			
b)周囲温度範囲			
c)湿度範囲			
d)標高			
e)例えば腐食性の大気、粉じん、多湿な環境			
f)放射線			
g)振動及び衝撃			
h)特別な設置と運転要件(例、難燃性電線と導体)			
i)輸送と保管(例えば4.5項で指定した範囲外)			

附属書 I 機械の電気装置のための調査書













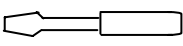



の温度)				
4. 入って来る供給電力				
各供給源毎に指定:				
a)公称電圧(V)	交流		直流	
もし交流なら	相数		周波数	
電源供給点における推定短絡電流 (kA r.m.s.) (アイテム2参照)				
b)供給電源の接地方式(IEC 60364-3参照)				
TN(1点を直接接地していて,1本の保護導体(PE)で直接その点に接続されている方式);	アースされたポイントが中性点(スターのセンター)であるかどうか指定			
1点を直接接地しているが、機械の保護導体(PE)はその点に直接接続されていない方式				
IT(直接接地していない方式)				
c)電気装置は、電源の中性線(N)に接続するか (5.1 参照)	はい		いいえ	
d)電源断路機器				
中性線(N)の断路が必要か	はい		いいえ	
中性(N)を外すための取り外し可能なリンクが必要か?	はい		いいえ	
用意すべき電源供給断路機器の形式				
5. 感電保護(6項参照)				
a)装置の通常操作において、エンクロージャ内に接近する必要のある人としては、次のいずれを想定するか	電気取扱者		電気作業員	
b)鍵を別に保管できる錠を、ドア又はカバーの開閉保障に使用するか (6.2.2参照)	はい		いいえ	
6. 装置の保護(Clause7を参照しなさい)。				
a)使用者又は供給者が電源線の過電流保護機器を用意するか (7.2.2参照)				
過電流保護機器の形式と定格				
b)供給電源に直接接続されて起動できる最大(kW)の三相交流電動機				
c)電動機の過負荷検出機器の数は減らしてもよいか (7.3 参照)	はい		いいえ	
7. 運転				
ケーブルレス制御において、正規の信号がなくなつてから自動的に機械を遮断するまでの時間は何秒とするか。				
8. オペレータインタフェースと機械に取り				

付けられた制御機器(10項参照)。				
特別な色指定(例えば既存の機械に並ぶ):	始動		停止	
	他			
9. 制御装置				
エンクロージャの保護等級(11.3項参照)または特別な条件。				
10. 配線(13項参照)				
電線表示に使用する特別な方法があるか?(13.2.1参照)	はい		いいえ	
タイプ				
11. 附属品及び照明(15項参照)。				
a)特定のタイプの壁コンセントが必要か?	はい		いいえ	
はい、どのタイプであるか?				
b)壁コンセントに残留電流保護装置による追加保護は提供されることになっているか?	はい		いいえ	
c)機械の局部照明について:	最も高い許容電圧(V)		もし照明回路電圧を電源から直接とらない場合の希望電圧	
12. マーキング,警告,および略号(16項参照)。				
a)機能表示(17.3参照)				
仕様書:				
b)刻印/特殊なマーキング	電気装置につけるか		どこの言語か	
c)認定マーク	はい		いいえ	
はいの場合、どこの認定か				
13. 技術文書(17項参照)				
a)技術文書17.1参照)	使用媒体		どこの言語か	
b)ユーザ準備のダクトのサイズ,位置,および目的、上部開放ケーブルトレイ、ケーブルサポート(17.5参照)。				
c)機械又は制御装置を据付場所まで輸送するのに影響する、寸法及び質量に対する特別の制限があれば記入する:	最大寸法		最大質量	
d)特別に製造する機械の場合、実負荷をかけた運転試験の証明書が必要か	はい		いいえ	
e)その他の機械の場合、プロトタイプの場合、実負荷をかけた運転形式試験の証明書が必要か	はい		いいえ	

附属書Ⅱ IPコード

IP (International Protection) コードは人体及び固形異物に対する保護と水に対する保護の程度により表される。表示方法は IP23CH

(コード文字、第1特性数字、第2特性数字、追加文字、補足文字)






～の保護	第2特性文字								
									
	保護無し	水滴 垂直 斜め		散水	水しぶき	放水	激しい放水	一時的浸漬	継続的浸漬
第1特性文字	IP_0	IP_1	IP_2	IP_3	IP_4	IP_5	IP_6	IP_7	IP_8
 IP0_ 保護無し	IP00								
 IP1_ 手、50mm	IP10	IP11	IP12						
 IP2_ 指、12.5mm	IP20	IP21	IP22	IP23					
 IP3_ 工具、2.5mm	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34				
 IP4_ 針金、1mm	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44				
 IP5_ 針金、防塵	IP50			IP53	IP54	IP55	IP56		
 IP6_ 針金、防塵	IP60					IP65	IP66	IP67	

出典 IEC 60529 (エンクロージャによる保護等級)

追加文字：A:手の甲、B:指、C:工具、D:針金

補足文字：H:高電圧機器、M:水試験中の移動、S:水試験中の停止、W:悪天候条件

附属書Ⅲ
識別指定された電線末端を意図した機器の端子の表示法

識別指定された電線	機器の端子の表示	機器で使用する図形表示
交流電源システムの導線		
第1相 Line 1 (L1) ^{注)}	U	
第2相 Line 2 (L2) ^{注)}	V	
第3相 Line 3 (L3) ^{注)}	W	
中点導線 Mid-point conductor (M)	M	
中性線 Neutral conductor (N)	N	
直流電源システムの導線		
正 (L+)	+	+
負 (L-)	-	-
保護接地線 (PE)		
— PEN conductor (PEN)	PEN	
— PEL conductor (PEL)	PEL	
— PEM conductor (PEM)	PEM	
保護ボンディング導線 (PB)	PB	
— アースされている (PBE)	PBE	
— アースされていない (PBU)	PBU	
機能接地導線 (FE)	FE	
機能ボンディング導線 (FB)	FB	

出典：IEC60445:2006 Page 11 Table1 筆者修正

注) 国内では3相電源にR、S、Tの記号を用いている。

備考1：IEC 60445:2006では、電線末端の識別法の記述が削除された。この削除により従来の電線末端の表示（例えばL1、L2、L3）の表示は本表に示す機器末端の表示を使用することと解釈できる。





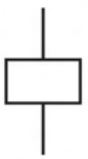
備考2：IEC 60445に対応するJIS規格は、JIS C 0445:1999といえるが、これは1988年の第2版に対応している。最新のIEC 60445は2006年11月発行の第4版である。

附属書Ⅳ 主な電気回路図記号

- 備考 1. この資料は、IEC 60617 シリーズ に対応した JIS C 0617 シリーズが電子回路図の作成に使用する図記号を一覧にしたものである。
- 備考 2. 本書がまとめる図記号は、食品機械の設計の際、主に使用されると考える記号を規格から抽出し示したもので、ここに示す図記号が全てではない。
- 備考 3. 本附属書は、本書を読むための参考資料として示すものである。図記号には記号番号を併記するので、設計の際に本附属書に示す記号を用いる際は、規格本体を参照しなければならない。

【各種接点記号】



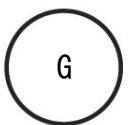
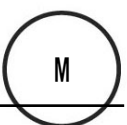
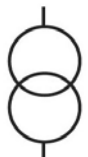

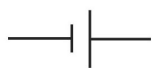
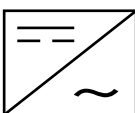
機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617	機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617
a 接点 (07-02-01)		b 接点 (07-02-03)	
非オーバーラップ切替接点 (C 接点) (07-02-04)		遅延動作瞬時復帰の a 接点 (07-05-01)	
遅延動作瞬時復帰の b 接点 (07-05-03)		瞬時動作遅延復帰の a 接点 (07-05-02)	
瞬時動作遅延復帰の b 接点 (07-05-04)		同一器具内に動作遅延のない a 接点、動作遅延のある a 接点、更にこの装置が作動解除時に動作遅延する b 接点がある (07-05-06)	
自動復帰する a 接点 (07-06-01)		自動復帰する b 接点 (07-06-03)	

機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617	機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617
自動復帰しない a 接点 (07-06-02)		遮断機 (07-13-05)	
電磁接触器の主 a 接点 (07-13-02)		電磁接触器の主 b 接点 (07-13-04)	
作動装置 継電器コイル (07-15-01)			

【各種アクチュエータ、スイッチ記号】

機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617	機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617
手動操作(一般) (02-13-01)		引き操作 (引きボタン スイッチ) (自動復帰 a 接点) (02-13-03)	
ひねり操作 (ひねりスイッチ) (非自動復帰 a 接点) (02-13-04)		押し操作 (押しボタン スイッチ) (自動復帰 a 接点) (02-13-05)	
非常操作 (非常停止スイッチ) (02-13-08)		カム操作 (カムスイッチ) (02-13-16)	
手動操作 スイッチ (ナイフスイッチ) (07-07-01)		押しボタン スイッチ (07-07-02)	
引きボタン スイッチ (07-07-03)		C 接点の 押しボタン スイッチ (---)	
リミットスイッチ (07-08-01)		リミットスイッチ。 機械的に連結され た a 接点と b 接点 を持つ (07-08-03)	
a 接点の確実動作 が行われる押し ボタンスイッチ (警報スイッチ) (07-07-05)		b 接点の確実な開 放を行い、その位 置を維持する押し ボタンスイッチ (非常停止スイッチ) (07-07-06)	







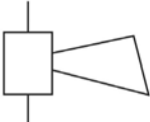

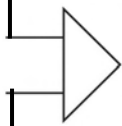

【電気エネルギー発生・変換機器記号】

機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617	機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617
回転機一般図記号 (06-04-01)	 (*=G: 発電機、M: 電動機 等)	電動機 (---)	
発電機 (---)		リニアモータ (06-04-02)	
2巻線変圧器 1 (トランス) (06-09-01)		2巻線変圧器 2 (トランス) (06-09-02)	
電池 (06-15-01)		インバータ (逆変換装置) (06-14-05)	

【接地、受動部品、半導体、保護装置記号】

機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617	機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617
接地 (02-15-01)		無雑音接地 (ノイズレス接地) (02-15-02)	
保護接地 (02-15-03)		フレーム接続 (02-15-04)	
抵抗器 (04-01-01)		可変抵抗器 (04-01-02)	
コンデンサ (キャパシタ) (04-02-01)		可変コンデンサ (キャパシタ) (04-02-07)	
インダクタ コイル 巻き線 チョーク (04-03-01)		磁心入インダクタ 等 (04-03-03)	
PNP トランジスタ (05-05-01)		NPN トランジスタ (コレクタを外周 器と接続) (05-05-02)	
半導体ダイオード (整流器) (05-03-01)		ヒューズ (07-21-01)	

【計器、ランプ、信号装置記号】

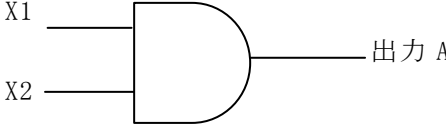
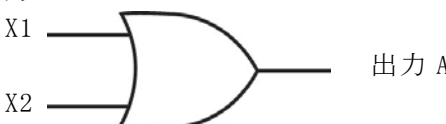
機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617	機器名 (記号 No)	世界標準図記号 IEC 60617
指示計器 (08-02-1) 計器の種類によっ て*を置き換える	 (* = V: 電圧、A: 電流、W: 電力等)	電圧計 (08-02-01)	
塩分計 (08-02-13)		温度計 高温計 (08-02-14)	
同期装置 (08-09-02)	 (* = C: 制御、T: トルク、R: 回転角等)	ランプ (08-10-01)	
ホーン (08-10-05)		ベル (08-10-06)	
サイレン (08-10-09)		ブザー (08-10-10)	

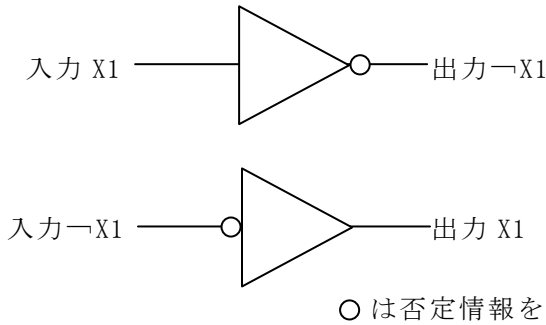
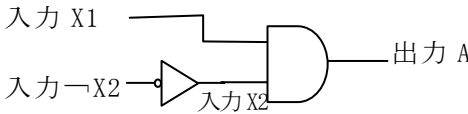
附属書V 主なデジタル回路記号

備考 1. この資料は、ANSI Y 32.14 が規定する論理記号を用いたもので、安全関連部位の制御を設計する際に主に用いる記号を一覧にしたものである。

備考 2. 安全関連部の制御を設計する際、ここに示す論理記号を用いてデジタル回路図を作成することにより回路設計の検証を容易に行うことができる。

備考 3. 本附属書は、本書を読むための参考資料として示すものである。設計の際に本附属書に示す記号を用いる際は、規格本体を参照しなければならない。

論理記号名	図記号と意味															
AND 記号	<div style="text-align: center;"> <p>入力 X1</p>  <p>出力 A</p> </div> <p>「AND」は、入力信号 X1、X2 が共に 1 である時、出力信号 A が 1 と出力される論理積を表す記号である。通常この機能を持たせるには、リレーの a 接点を用いられる。</p> <p>使用例としては、X1 にガード等の安全情報を用いて、X2 に始動スイッチ ON の信号を用いるなどがある。</p> <p>AND の機能を真理値表で右のように表すことができる。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>入力 X1</th> <th>入力 X2</th> <th>出力 A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	入力 X1	入力 X2	出力 A	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
入力 X1	入力 X2	出力 A														
1	1	1														
1	0	0														
0	1	0														
0	0	0														
OR 記号	<div style="text-align: center;"> <p>入力 X1</p>  <p>出力 A</p> </div> <p>「OR」は、入力信号 X1、X2 のどちらか、あるいは両方が 1 である時、出力信号 A が 1 と出力される論理和を表す記号である。通常この機能を持たせるには、二つのリレーが並列に用いられる。通常安全関連部に論理和は、用いない。</p> <p>使用例としては、二つの押しボタン X1、X2 があり、どちらを押しても可動部が動くような構造である。</p> <p>OR の機能を真理値表で右のように表すことができる。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>入力 X1</th> <th>入力 X2</th> <th>出力 A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	入力 X1	入力 X2	出力 A	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
入力 X1	入力 X2	出力 A														
1	1	1														
1	0	1														
0	1	1														
0	0	0														

論理記号名	図記号と意味																			
NOT 記号	<div style="text-align: center;">  <p>○ は否定情報を表す</p> </div> <p>「NOT」は、入力信号 X1 の出力を反対にする論理否定を表す記号である。この機能を持たせるには、リレーの b 接点が主に用いられる。通常安全関連部に論理否定は用いない。論理否定を用いて回路を設計すると、否定機能の上流にある他の機能に生じた異常を「正常」と判断してしまう。どうしても使用しなければならない局面があった場合、シーケンス回路の可能な限り上流に持っていかなければならない。</p> <p>使用例としては、「信号が検出されなければ安全(ガードが閉じている時 X1=0)」を判断するような場合である。このデジタル回路例とその機能を示す真理値表を以下に示す。</p>																			
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <table border="1" data-bbox="893 1070 1412 1348"> <thead> <tr> <th>入力 X1</th> <th>入力 ¬X2</th> <th>入力 X2</th> <th>出力 A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> </div>	入力 X1	入力 ¬X2	入力 X2	出力 A	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
入力 X1	入力 ¬X2	入力 X2	出力 A																	
1	1	0	0																	
1	0	1	1																	
0	1	0	0																	
0	0	1	0																	

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に関する主な規格

- 備考 1. この資料は、機械類の安全性に関する国際規格 (ISO) によく引用される、あるいは食品機械の安全・衛生設計に関係すると思われる主な規格を一覧とした。ここに掲載している規格は、機械類の安全性に関する国際規格の一部であり、全てではない。
- 備考 2. ISO に対応する EN 規格、及び JIS 規格を参考に記載している。これらの規格は、規格によって要求事項が一部異なるので、使用する際、注意が必要である。
- 備考 3. 機械類の安全性に関する ISO のほとんどは、EN 規格がベースとなっている。参考のため EN 規格も併記した。また、ISO が引用している、あるいは食品機械に関係する主な EN 規格は単独でも記載した。
- 備考 4. 本書は ISO を中心に記載している。EN 規格は「参考」としての扱いであるため、EN 規格を全てリスト化していない。
- 備考 5. 改正された ISO/IEC であって、JIS 化されていない規格は、上下に併記した。
- 備考 6. FDIS と表記する ISO/IEC 規格は、まだ正規の規格となっていないが近くほぼ同じ内容で発効する規格である。

ISO/IEC	GEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 12100-1:2003	EN ISO 12100-1	JIS B 9700-1:2004	機械類の安全性－基本概念、設計の一般原則－第 1 部：基本用語、方法論
ISO 12100-2:2003	EN ISO 12100-2	JIS B 9700-2:2004	機械類の安全性－基本概念、設計の一般原則－第 2 部：技術原則
ISO 14121:1999	EN 1050	JIS B 9702:2000	機械類の安全性－リスクアセスメントの原則
	EN 1070		機械類の安全性－用語集（この文書は、他の文書から採った用語及び定義のアンソロジーである）－廃止－
一 般			
ISO 11161:1994	prEN ISO 11161		産業用自動化システム－統合生産システムの安全性－基本的必要条件
ISO 13849-1:2006			機械類の安全性－制御装置の安全性関連部品－第 1 部：設計のための一般原則
ISO 13849-1:1999	EN 954-1	JIS B 9705-1:2000	機械類の安全性－制御装置の安全性関連部品－第 1 部：設計の一般原則
ISO 13849-2:2003	EN ISO 13849-2		機械類の安全性－制御システムの安全関連部－第 2 部：妥当性確認
ISO/TR 13849-100:2000	EN 954-100		機械の安全性－制御システムの安全性関連部分－第 100 部：ISO 13849-1 の使用及び適用
ISO 13850:2006	EN ISO 13850		機械の安全性－非常停止－設計原則
ISO 13850:1996	EN 418	JIS B 9703:2000	機械類の安全性－非常停止－設計の原則
ISO 13851:2002	EN 574	JIS B 9712:2006	機械類の安全性－両手操作制御装置－機能的側面－設計原則
ISO 13852:1996	EN 294	JIS B 9707:2002	機械類の安全性－危険区域に上肢が触れない安全距離
ISO 13853:1998	EN 811	JIS B 9708:2002	機械類の安全性－危険区域に下肢が触れない安全距離
ISO 13854:1996	EN 349	JIS B 9711:2002	機械類の安全性－人体の一部が挟まれない最小隙間
ISO 13855:2002	EN 999	JIS B 9715:2006	機械類の安全性－人体各部の接近速度に対応した保護機器の位置決め
ISO 13856-1:2001	EN 1760-1		機械類の安全性－感圧保護装置－第 1 部：感圧マット及び感圧フロアの一般原則及び試験
ISO 13856-2:2005	EN 1760-2		機械類の安全性－感圧保護装置－第 2 部：設計及び圧力試験の一般原則－感圧バーの感応エッジ
ISO 13856-3:2006	EN 1760-3		機械の安全性－感圧保護装置－第 3 部：感圧パンパ、プレート、ワイヤ及び類似のデバイスの設計及び試験の一般原則
ISO 14118:2000	EN 1037	JIS B 9714:2006	機械類の安全性－予定外始動の防止
ISO/FDIS14119:2007			機械類の安全性－ガードと連動するインタロック装置－設計及び選択のための一般要求事項
ISO 14119:1998	EN 1088	JIS B 9710:2006	機械類の安全性－ガードと連動するインタロック装置－設計及び選択の原則
ISO 14120:2002	EN 953	JIS B 9716:2006	機械類の安全性－ガード－固定式及び可動式ガードの設計及び製造のための一般要求事項
ISO 14122-1:2001	EN ISO 14122-1	JIS B 9713-1:2004	機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第 1 部：二つのレベル間の固定接近手段の選択
ISO 14122-2:2001	EN ISO 14122-2	JIS B 9713-2:2004	機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第 2 部：作業用足場及び通路

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に係る主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 14122-3:2001	EN ISO 14122-3	JIS B 9713-3:2004	機械類の安全性—機械への恒久的アクセス手段—第3部：階段、はしご及びガードレール
ISO 14122-4:2004	EN ISO 14122-4	JIS B 9713-4:2004	機械類の安全性—機械への恒久的アクセス手段—第4部：固定はしご
ISO 14123-1:1998	EN 626-1	JIS B 9709-1:2001	機械類の安全性—機械が放出する有害物質からの健康リスクの防止—第1部：機械製造業者の原則及び仕様
ISO 14123-2:1998	EN 626-2	JIS B 9709-2:2001	機械類の安全性—機械が放出する有害物質からの健康リスクの防止—第2部：検証手順を導く方法論
ISO 14159:2002	EN ISO 14159		機械類の安全性—機械設計の衛生要求事項
ISO 19353:2005	EN 13478		機械類の安全性—防火及び保護
ISO 21469:2006			機械の安全性—製品との偶発的接触を伴う潤滑剤—衛生要求事項
	EN 1093-1		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第1部：試験方法の選択
	EN 1093-2		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第2部：特定の汚染物質の放出率—ガスの追跡方法
	EN 1093-3		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第3部：特定の汚染物質の放出率—実際の汚染物質を使用する台上試験
	EN 1093-4		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第4部：排気システムの補足効率—トレーサ試験
	EN 1093-6		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第6部：質量による分離効率、非導管排出口
	EN 1093-7		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第7部：質量による分離効率、導管排出口
	EN 1093-8		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第8部：汚染物質濃度パラメータ、試験ベンチ法
	EN 1093-9		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第9部：汚染物質濃度パラメータ、室内法
	EN 1093-11		機械類の安全性—大気危険物質の放出の評価—第11部：汚染指数
	EN 1127-1		爆発性雰囲気—防爆及び保護—第1部：基本概念及び方法論
	EN 12198-1		機械類の安全性—機械から放出される放射線がもたらすリスクの評価及び低減—第1部：一般原則
	EN 12198-2		機械類の安全性—機械から放出される放射線がもたらすリスクの評価及び低減—第2部：放射線放出計測手順
	EN 12198-3		機械類の安全性—機械から放出される放射線がもたらすリスクの評価及び低減—第3部：減衰又は遮へいによる放射線の低減
電気/制御			
IEC 60529:2001		JIS C 0920	エンクロージャによる国際保護等級(IPコード)
IEC 60204-1:2005	EN 60204-1		機械類の安全性—機械の電気機器—第1部：一般要求事項
IEC 60204-1:1999	EN 60204-1	JIS B 9960-1	機械類の安全性—機械の電気機器—第1部：一般要求事項
IEC 61131-1:2003	EN 61131-1	JIS B 3501	プログラマブルコントローラ—第1部：一般情報
IEC 61131-2:2004	EN 61131-2	JIS B 3502	プログラマブルコントローラ—第2部：機器要求事項及び試験
IEC 61131-3:2003	EN 61131-3	JIS B 3503	プログラマブルコントローラ—第3部：プログラム言語
IEC/TR 61131-4		JIS TR B 0004	プログラマブルコントローラ—第4部：使用指針
IEC 61131-5:2000			プログラマブルコントローラ—第5部：通信
IEC 61131-7:2000	EN 61131-7		プログラマブルコントローラ—第7部：ファジー制御プログラミング
IEC/TR 61131-8:2003			プログラマブルコントローラ—第8部：プログラム言語の適用及び実施の指針
IEC 61310-1:1995	EN 61310-1	JIS B 9706-1	機械類の安全性—指示、マーキング及び作動—第1部：視覚的、音響及び触覚信号
IEC 61310-2:1995	EN 61310-2	JIS B 9706-2	機械類の安全性—指示、マーキング及び作動—第2部：マーキング要求事項
IEC 61310-3:1999	EN 61310-3	JIS B 9706-3	機械類の安全性—指示、マーキング及び作動—第3部：アクチュエータの位置及び操作の要求事項
IEC 61496-1:2004	EN 61496-1	JIS B 9704-1	機械類の安全性—電気感光性保護機器—第1部：一般要求事項及び試験
IEC 61496-2:2006			機械類の安全性—電気感光性保護機器—第2部：能動的電子保護装置(AOPDs)を使用する機器の特定要求事項
IEC 61496-2:1997	EN 61496-2	JIS B 9704-2	機械類の安全性—電気感光性保護機器—第2部：能動的電子保護装置(AOPDs)を使用する機器の特定要求事項
IEC 61496-3:2001	EN 61496-3	JIS B 9704-3	機械類の安全性—電気感光性保護機器—第3部：拡散反射にตอบสนองする能動的電子保護装置(AOPDDR)に関する特定要求事項
IEC 61508-0:2005			電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性—第0部：機能的安全性及び IEC 61508
IEC61508-1:1998		JIS C 0508-1	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性—第1部：一般要求事項

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に関する主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
IEC61508-2:2000		JIS C 0508-2	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性-第2部: 電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの要求事項
IEC61508-3:1998		JIS C 0508-3	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性-第3部: ソフトウェア要求事項
IEC61508-4:1998		JIS C 0508-4	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性-第4部: 定義及び省略
IEC61508-5:1998		JIS C 0508-5	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性-第5部: 安全性一体レベルの決定方法の例
IEC61508-6:2000		JIS C 0508-6	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性-第6部: IEC 61508-2 及び IEC 61508-3 の適用の指針
IEC61508-7:2000		JIS C 0508-7	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性-第7部: 手法及び措置の概要
IEC 61511-1:2003			機能的安全性-プロセス工業部門の安全計装システム-第1部: 枠組み, 定義, システム, ハードウェア及びソフトウェア要求事項
IEC 61511-2:2004			機能的安全性-プロセス工業部門の安全計装システム-第2部: IEC 61511-1 の適用の指針
IEC 61511-3:2004			機能的安全性-プロセス工業部門の安全計装システム-第3部: 安全度水準の決定のための指針
IEC 60715:1981			低電圧開閉装置及び制御装置の寸法. 開閉装置及び制御装置設備の電気装置の機械的支持のための標準レール取付
IEC 60947-5-1:2003	EN 60947-5-1		低電圧開閉装置及び制御装置-第5-1部: 制御回路装置及び開閉素子-電気機械制御回路装置
IEC 60947-5-2:2004			低電圧開閉装置及び制御装置-第5-2部: 制御回路装置及び開閉素子-近接スイッチ
IEC 60947-5-3:2005	EN 60947-5-3		低電圧開閉装置及び制御装置-第5-3部: 制御回路装置及び開閉要素-故障条件で定義された挙動を持つ近接装置の要求事項
IEC 60947-5-4:2002			低電圧開閉装置及び制御装置-第5-4部: 制御回路装置及び開閉素子-低電力接点の性能評価法-特殊試験
IEC 60947-5-5:2005	EN 60947-5-5		低電圧開閉装置及び制御装置-第5-5部: 制御回路装置及び開閉要素-機械的ラッチ機能を持つ電氣的非常停止装置
IEC 60947-5-6:1999			低電圧開閉装置及び制御装置-第5-6部: 制御回路装置及び開閉要素-近接センサ及び開閉増幅器(NAMUR)のための直流インタフェース
IEC 60947-5-7:2003			低電圧開閉装置及び制御装置-第5-7部: 制御回路装置及び開閉素子-アナログ出力をもつ近接素子の要求事項
IEC/TR 62271-301 :2004			高電圧開閉装置及び制御装置-第301部: 端子の寸法標準化
IEC/TS 62046:2004			機械の安全性-人の存在を検出するための保護機器の応用
IEC 62061:2005	EN62061		機械の安全性-安全関連電気/電子/プログラム可能電子制御システム
流体動力			
ISO 4413:1998	EN 982	JIS B 8361	油圧動力カーシステムに関する一般規則
ISO 4414:1998	EN 983	JIS B 8370	空気流動カーシステムに関する一般規則
振動			
ISO 2017:1982			振動及び衝撃-絶縁装置-特定の規定手順
ISO 2017-1:2005			機械振動及び衝撃-弾性支持装置-第1部: 分離装置の適用のために交換すべき技術情報
ISO 2041:1990		JIS B 0153	振動及び衝撃-用語集
ISO 10816-1:1995		JIS B 0906	機械振動-非回転部の測定による機械振動の評価-第1部: 一般的指針
ISO 2631-1:1997		JIS B 7760-2	機械振動及び衝撃-全身振動に暴露される人体の評価-第1部: 一般要求事項
ISO 2631-2:2003			機械振動及び衝撃-人体の全身振動暴露の評価-第2部: 建物内の振動(1 Hz~ 80 Hz)
ISO 3046-5:2001			往復動機関-性能-第5部: ねじり振動
ISO 5349-1:2001			機械振動-手腕系振動への人体暴露の測定及び評価-第1部: 一般要求事項
ISO 5349-2:2001		JIS B 7761-2	機械振動-手腕系振動への人体暴露の測定及び評価-第2部: 作業現場における測定の実施の指針
ISO 5805:1997		JIS Z 8131	機械振動及び衝撃-人間への影響-用語
	EN 1032		機械振動-全身振動放出値を測定するための可動機械の試験-一般
	EN 1033		手腕系振動-手案内式機械の握り面における振動の試験所内測定-一般
	EN 1299		機械振動及び衝撃-機械の振動絶縁方法-振動発生源の絶縁方法
電磁両立性(EMC)			
	EN 50081-1		電磁両立性-一般放出規格-第1部: 住宅, 商業及び軽工業

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に係る主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
	EN 50081-2		電磁両立性—一般放出規格—第2部：工業環境
	EN 50082-1		電磁両立性—一般イミュニティ規格—第1部：住宅、商業及び軽工業
IEC 61000-4-2:2001	EN 61000-4-2	JIS C 1000-4-2	電磁両立性(EMC)—第4-2部：試験及び測定技術—静電放電イミュニティ試験
IEC 61000-4-3:2006			電磁両立性(EMC)—第4-3部：試験及び測定技術—放射、無線周波数、電磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-3:2002	EN 61000-4-3	JIS C 1000-4-3	電磁両立性(EMC)—第4-3部：試験及び測定技術—放射、無線周波数、電磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-4:2004	EN 61000-4-4	JIS C 1000-4-4	電磁両立性(EMC)—第4-4部：試験及び測定技術—電気的ファストトランジェント(高速過渡現象)/バーストイミュニティ試験 基本EMC出版物
IEC 61000-4-5:2005	EN 61000-4-5	JIS C 1000-4-5	電磁両立性(EMC)—第4-5部：試験及び測定技術—サージイミュニティ試験
IEC 61000-4-6:2006	EN 61000-4-6	JIS C 1000-4-6	電磁両立性(EMC)—第4-6部：試験及び測定技術—無線周波数界で誘導された伝導妨害に対するイミュニティ
IEC 61000-4-7:2002	EN 61000-4-7	JIS C 1000-4-7	電磁両立性(EMC)—第4-7部：試験及び測定技術—電力供給システム及びこれに接続される装置のための高調波及び中間高調波測定並びに計装に関する一般指針
IEC 61000-4-8:2001	EN 61000-4-8	JIS C 1000-4-8	電磁両立性(EMC)—第4-8部：試験及び測定技術—電源周波数磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-11:2004	EN 61000-4-11	JIS C 1000-4-11	電磁両立性(EMC)—第4-11部：試験及び測定技術—電圧ディップ、停電及び電圧変動イミュニティ試験
IEC 61000-6-2:2005	EN 61000-6-2		電磁両立性(EMC)—第6-2部：一般規格—工業環境のイミュニティ
音 響			
ISO 3740:2000	EN ISO 3740		音響—騒音源の音響出力レベルの測定—基本規格の使用法指針
ISO 3741:1999	EN ISO 3741	JIS Z 8734:2000	音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—残響室のための精密測定法
ISO 3743-1:1994	EN ISO 3743-1		音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—残響音場における小移動音源での測定方法—第1部：壁面が硬い試験室での比較法
ISO 3743-2:1994	EN ISO 3743-2		音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—残響音場における小移動音源での測定方法—第2部：特殊残響試験室での測定法
ISO 3744:1994	EN ISO 3744	JIS Z 8733:2000	音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—反射面上の実質自由音場での測定法
ISO 3745:2003	EN ISO 3745		音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—無響室及び半無響室での精密測定法
ISO 3746:1995	EN ISO 3746		音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—反射面上に包囲測定面を設ける測定法
ISO 3747:2000	EN ISO 3747		音響—音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定—現場での比較法
ISO 4871:1996	EN ISO 4871		音響—機械及び機器の騒音発生量の宣言及び検証
ISO 9614-1:1993	EN ISO 9614-1	JIS Z 8736-1:1999	音響—音響インテンシティによる騒音源音響パワーレベルの測定—第1部：非連続点での測定
ISO 9614-2:1996	EN ISO 9614-2	JIS Z 8736-2:1999	音響—音響インテンシティによる騒音源音響パワーレベルの測定—第2部：走査による測定
ISO 9614-3:2002	EN ISO 9614-3		音響—音響インテンシティによる騒音源音響パワーレベルの測定—第3部：走査による測定の精密方法
ISO 11200:1995	EN ISO 11200		音響—機械及び装置～放射された騒音—ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測に使用される基本的規格に対する指針
ISO 11201:1995	EN ISO 11201	JIS Z 8737-1:2000	音響—機械及び装置～放射された騒音—ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測—反射面上の真の自由空間における工学手法
ISO 11202:1995	EN ISO 11202	JIS Z 8737-2:2000	音響—機械及び装置～放射された騒音—ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測—現地調査方法
ISO 11203:1995	EN ISO 11203		音響—機械及び装置～放射された騒音—音響パワーレベルによるワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測
ISO 11204:1995	EN ISO 11204		音響—機械及び装置～放射された騒音—ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測—環境的相関を要求する方法
ISO 11205:2003	EN ISO 11205		音響—機械及び機器から放射される騒音—音響強度を用いた作業場及びその他の規定場所における現場の放射音圧レベルの測定のための工学的な方法

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に関する主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO/TR 11688-1:1995	EN ISO 11688-1		音響学—低騒音機械及び機器の設計の推奨手順—第1部：計画
ISO 11690-1:1996	EN ISO 11690-1		音響学—防音機械室の設計のための推奨作業—第1部：防音戦略
ISO 11690-2:1996	EN ISO 11690-2		音響学—防音機械室の設計のための推奨作業—第2部：防音措置
ISO 12001:1996	EN ISO 12001		音響学—機械及び装置によって放出される雑音—雑音試験コードの原案作成及び提出に関する規則
人間工学			
ISO 6385:2004	EN 614-1		作業システム設計における人間工学の原則
ISO 7243:1989	ENV 27243	JIS Z 8504:1999	暑熱環境—WBGT 指数(湿球黒球温度)指数に基づく作業者の熱ストレス評価
ISO 7250:1996	EN ISO 7250	JIS Z 8500:2002	技術的設計のための基本人体測定項目
ISO 7726:1998	EN 27726		温熱環境の人間工学—熱環境物理量測定のための機器と方法
ISO 7730:2005	EN ISO 7730		熱環境の人間工学—PMV 及び PPD 指標の計算及び局所快適温熱基準による快適温熱の分析的測定及び解釈
ISO 7731:2003	EN ISO 7731		人間工学—公共の場所及び職場の危険信号—聴覚危険信号
ISO 7933:2004	EN 12515		熱環境の人間工学—必要発汗率の計算による熱ストレス解析
ISO 8996:2004	EN 28996		人間工学—代謝熱産生量の算定法
ISO 9241-1:1997	EN ISO 9241-1	JIS Z 8511:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第1部：通則
ISO 9241-2:1992	EN 29241-2	JIS Z 8512:1995	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第2部：仕事の要求事項についての手引き
ISO 9241-3:1992	EN 29241-3	JIS Z 8513:1994	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第3部：視覚表示の要求事項
ISO 9241-4:1998	EN ISO 9241-4	JIS Z 8514:2000	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第4部：キーボードの要求事項
ISO 9241-5:1998	EN ISO 9241-5	JIS Z 8515:2002	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第5部：ワークステーションのレイアウト及び姿勢の要求事項
ISO 9241-6:1999	EN ISO 9241-6		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第6部：作業環境の指導事項
ISO 9241-7:1998	EN ISO 9241-7	JIS Z 8517:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第7部：画面反射に関する表示装置の要求事項
ISO 9241-8:1997	EN ISO 9241-8	JIS Z 8518:1998	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第8部：表示色の要求事項
ISO 9241-9:2000	EN ISO 9241-9		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第9部：キーボード以外の入力デバイスの要求事項
ISO 9241-10:1996	EN ISO 9241-10	JIS Z 8520:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第10部：対話の原則
ISO 9241-11:1998	EN ISO 9241-11	JIS Z 8521:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第11部：使用性の手引
ISO 9241-12:1998	EN ISO 9241-12		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第12部：情報の提示
ISO 9241-13:1998	EN ISO 9241-13		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第13部：利用者案内
ISO 9241-14:1997	EN ISO 9241-14	JIS Z 8524:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第14部：メニュー対話
ISO 9241-15:1997	EN ISO 9241-15	JIS Z 8525:2000	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第15部：コマンド対話
ISO 9241-16:1999	EN ISO 9241-16		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第16部：直接操作対話
ISO 9241-17:1998	EN ISO 9241-17	JIS Z 8527:2002	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項—第17部：フォームフィリング対話
ISO 9241-400:2007			人-システム相互作用の人間工学—第400部：物理的入力装置の原理及び要求事項
ISO 9355-1:1999	EN 894-1		表示器及び制御作動器の設計における人間工学要求事項—第1部：表示器及び制御作動器と人間との相互作用
ISO 9355-2:1999	EN 894-2		表示器及び制御作動器の設計における人間工学必要条件—第2部：表示器
ISO 9355-3:2006	EN 894-3		機械類の安全性—表示器及び制御作動器の設計における人間工学要求事項—第3部：制御作動器
ISO/DIS 9355-4:	EN 894-4		機械類の安全性—表示器及び制御作動器の設計における人間工学要求事項—第4部：表示及制御アクチュエータの配置
ISO 9886:2004	EN ISO 9886		人間工学—生理的測定による熱ひずみの評価
ISO 9920:1995	EN ISO 9920		温熱環境の人間工学—被着衣の断熱性と透湿抵抗の評価

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に係る主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 9921:2003	EN ISO 9921		人間工学—言語伝達の評価
ISO 10075:1991	EN ISO 10075-1	JIS Z 8502:1994	精神的作業負荷に関する人間工学の原則—一般的用語及び定義
ISO 10075-2:1996	EN ISO 10075-2	JIS Z 8503:1998	精神的作業負荷に関する人間工学の原則—第2部：設計の原則
ISO 10075-3:2004	EN ISO 10075-3		精神的作業負荷に関する人間工学の原則—第3部：精神的作業負荷の測定及び評価のための方法に関する原則及び要求事項
ISO 10551:1995	EN ISO 10551		温熱環境の人間工学—主観尺度による温熱環境評価
ISO 11064-1:2000	EN ISO 11064-1	JIS Z 8503-1:2002	コントロールセンターの人間工学的設計—第1部：コントロールセンターの設計原理
ISO 11064-2:2000	EN ISO 11064-2		コントロールセンターの人間工学的設計—第2部：コントロールスイッチの配置計画
ISO 11064-3:1999	EN ISO 11064-3	JIS Z 8503-3:1999	コントロールセンターの人間工学的設計—第3部：コントロールルームの配置計画
ISO 11064-4:2004	EN ISO 11064-3		コントロールセンターの人間工学的設計—第4部：ワークステーションのレイアウト及び寸法
ISO/TR 11079:1993	ENV ISO 11079		寒冷環境の評価—必要衣服熱抵抗の算出
	EN 1005-5		機械類の安全性—人の身体能力—第5部：頻繁に繰り返す操作に対するリスクアセスメント
ISO 11226:2000	EN 1005-4		人間工学—静的作業姿勢の評価
	EN 1005-3		機械類の安全性—人の身体能力—第3部：機械の運転のための力の推奨限度値
ISO 11228-1:2003	EN 1005-2		人間工学—手動取扱い—第1部：巻き上げ及び運搬
	EN 1005-1		機械類の安全性—人の身体能力—第1部：用語及び定義
ISO 11399:1995	EN ISO 11399		温熱環境の人間工学—国際規格の思根と適用原理
ISO 11428:1996	EN 842		人間工学—視覚的な危険信号—一般的な必要条件、設計及び検査
ISO 11429:1996	EN 981		人間工学—音及び光を用いた危険及び安全信号のシステム
ISO 12894:2001	EN ISO 12894		温熱環境の人間工学—著しい暑熱・寒冷環境に曝される者への事前健康審査
ISO 13406-1:1999	EN ISO 13406-1	JIS Z 8528-1:2002	フラットパネルディスプレイ (FPD) を用いる作業の人間工学要求事項—第1部：通則
ISO 13406-2:2001	EN ISO 13406-2		フラットパネルディスプレイ (FPD) を用いる作業の人間工学要求事項—第2部：FPDの人間工学要求事項
ISO 13407:1999	EN ISO 13407	JIS Z 8530:2000	インタラクティブシステムの人間中心設計過程
ISO 13731:2001	EN ISO 13731		温熱環境の人間工学—用語と諸量
ISO 13732-1:2006	EN ISO 13732-1		機械類の安全性—接触表面の温度—熱い表面の温度限界値を定めるための人間工学的データ
ISO/TS 13732-2			温熱環境の人間工学—表面接触時の人体反応の評価法—第2部：中庸温域表面への人体接触
ISO 13732-3:2005	EN ISO 13732-3		温熱環境の人間工学—表面接触時の人体反応の評価法—第3部：低温表面
ISO 14738:2002	EN ISO 14738		機械類の安全性—機械のワークステーションの設計に対する人体測定要求事項
ISO 14915-1:2002	EN ISO 14915-1		マルチメディアユーザーインターフェース用のソフトウェア人間工学—第1部：設計原則及び枠組み
ISO 14915-3:2002	EN ISO 14915-3		マルチメディアユーザーインターフェース用のソフトウェア人間工学—第3部：メディアの選択及び組合せ
ISO 15265:2004			温熱環境の人間工学—温熱作業条件におけるストレス及び不快感を予防するためのリスクアセスメント戦略
ISO 15534-1:2000	EN 547-1		機械類の安全のための人間工学的設計—第1部：身体全体で近づいて作業する場合の開口部寸法決定の原理
ISO 15534-2:2000	EN 547-2		機械類の安全のための人間工学的設計—第2部：作業用開口部寸法決定の原理
ISO 15534-3:2000	EN 547-3		機械類の安全のための人間工学的設計—第3部：人体測定データ
ISO 15535:2003	EN ISO 15535		人体計測データを作成するための一般要求事項
ISO 15536-1:2005	EN ISO 15536-1		人間工学—コンピュータマネキン及び人体プレート
ISO 15537:2004	EN ISO 15537		工業製品及び設計の人体計測学的側面を試験するための試験要員の選定及び使用の原則
機械 特定用途			
ISO 14159			機械類の安全性—機械設計に対する衛生要求事項
ISO 3274:1996		JIS B 0651	製品の幾何特性仕様 (GPS)—表面性状：輪郭曲線方式—触針式表面粗さ測定機の特長
ISO 4287:1997		JIS B 0601	製品の幾何特性仕様 (GPS)—表面性状：輪郭曲線方式—用語、定義及び表面性状パラメータ

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 5436-1:2000		JIS B 0659-1	製品の幾何特性仕様 (GPS) - 表面性状輪郭法, 測定標準-第1部: 実体寸法
ISO 3601-1:2002		JIS B 2401	流体動カシステム-0形リング-第1部: 内径, 断面, 公差及びサイズ識別コード
ISO 3601-3:2005			流体動カシステム-密封装置-0形リング-第3部: 品質判定基準
ISO 3601-5:2002			流体動カシステム-0リング-第5部: 産業用弾性材料の適切性
ISO 23550:2004			ガスバーナ及びガス燃焼器具の安全性及び制御装置-一般要求事項
ISO 23551-1:2006			ガスバーナ及びガス燃焼機器の安全性及び制御装置-特定要求事項-第1部: 自動弁
ISO 23551-2:2006			ガスバーナ及びガス燃焼機器の安全性及び制御装置-特定要求事項-第2部: 圧力調項器
ISO 23551-3:2005			ガスバーナ及びガス燃焼機器の安全性及び制御装置-特定要求事項-第3部: ガス/空気比制御, 空気圧タイプ
ISO 23551-4:2005			ガスバーナ及びガス燃焼機器の安全性及び制御装置-特定要求事項-第4部: 自動遮断弁のためのパルプ試験システム
ISO/FDIS21469			機械類の安全性-潤滑油と製品との偶発接触-衛生要求事項
IEC 60079-0:2004			可燃性ガス検知用電気機器-第0部: 一般要求事項
IEC 60079-1:2003			可燃性ガス検知用電気機器-第1部: 耐圧防爆容器
IEC 60079-1-1:2002			可燃性ガス検知用電気機器-第1-1部: 耐圧防爆容器'd'-最大実験安全隙間の確認のための試験方法
IEC 60079-2:2001			可燃性ガス検知用電気機器-第2部: 内圧防爆構造'p'
IEC 60079-4:1975			可燃性ガス検知用電気機器-第4部: 着火温度の試験方法
IEC 60079-5:1997			可燃性ガス検知用電気機器-第5部: 砂詰め'q'
IEC 60079-6:1995			可燃性ガス検知用電気機器-第6部: 油浸'o'
IEC 60079-7:2006			爆発性雰囲気-第7部: 安全性'e'の向上による機器の保護
IEC 60335-1:2006			家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第1部: 一般要求事項
IEC 60335-1:2004	EN 60335-1	JIS C 9335-1	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第1部: 一般要求事項
IEC 60335-2-5:2005	EN 60335-2-5	JIS C 9335-2-5	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-5部: 食器洗い機の特定制要求事項
IEC 60335-2-6:2005	EN 60335-2-6	JIS C 9335-2-6	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-6部: クッキングレンジ, ホブ, オープン及び類似機器の特定制要求事項
IEC 60335-2-9:2005	IEC 60335-2-9	JIS C 9335-2-9	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-9部: グリル, トースタ及び類似の可搬調理機器の特定制要求事項
IEC 60335-2-12:2005	EN 60335-2-12	JIS C 9335-2-12	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-12部: ウォーミングプレート及び類似機器の特定制要求事項
IEC 60335-2-13:2005	EN 60335-2-13	JIS C 9335-2-13	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-13部: 深油揚げ器, フライパン及び類似機器の特定制要求事項
IEC 60335-2-14:2006			家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-14部: 調理器具の特定制要求事項
IEC 60335-2-14:2005	EN 60335-2-14	JIS C 9335-2-14	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-14部: 調理器具の特定制要求事項
IEC 60335-2-15:2003	EN 60335-2-15	JIS C 9335-2-15	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-15部: 液体加熱機器の特定制要求事項
IEC 60335-2-24:2005	EN 60335-2-24	JIS C 9335-2-24	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-24部: 冷却用機器, アイスクリーム機器及び製氷機の特定制要求事項
IEC 60335-2-25:2005	EN 60335-2-25	JIS C 9335-2-25	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-25部: 電子レンジの組合せを含む電子レンジの特定制要求事項
IEC 60335-2-31:2005	EN 60335-2-31	JIS C 9335-2-31	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-31部: レンジフードの特定制要求事項
IEC 60335-2-36:2005	EN 60335-2-36	JIS C 9335-2-36	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-36部: 商用電気調理機器, オープン, ホブ及びホブエレメントの特定制要求事項
IEC 60335-2-37:2005	EN 60335-2-37	JIS C 9335-2-37	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-37部: 商用深底油揚げ機の特定制要求事項
IEC 60335-2-38:2005	EN 60335-2-38	JIS C 9335-2-38	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-38部: 商用電気グリドル及びグリドルグリルの特定制要求事項
IEC 60335-2-39:2005	EN 60335-2-39	JIS C 9335-2-39	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-39部: 商用電気多目的調理鍋の特定制要求事項
IEC 60335-2-42:2005	EN 60342-2-37	JIS C 9342-2-37	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-42部: 商用電気強制対流式オープン, 蒸気調理器及び蒸気対流式オープンの特定制要求事項
IEC 60335-2-47:2002	EN 60335-2-47	JIS C 9335-2-47	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-47部: 商用電気沸騰鍋の特定制要求事項
IEC 60335-2-48:2005	EN 60335-2-48	JIS C 9335-2-48	家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第2-48部: 商用電気グリル及びトースターの特定制要求事項

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に係る主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
IEC 60335-2-49:2005	EN 60335-2-49	JIS C 9335-2-49	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-49 部：商用電気ホットカップボードの特定要求事項
IEC 60335-2-50:2002	EN 60335-2-50	JIS C 9335-2-50	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-50 部：商用電気蒸し器の特定要求事項
IEC 60335-2-51:2005	EN 60335-2-51	JIS C 9335-2-51	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-51 部：加熱用固定循環ポンプ及び水道水設備の特定要求事項
IEC 60335-2-52:2005	EN 60335-2-52	JIS C 9335-2-52	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-52 部：経口衛生機器の特定要求事項
IEC 60335-2-58:2005	EN 60335-2-58	JIS C 9335-2-58	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-58 部：商用電気食器洗い機の特定要求事項
IEC 60335-2-64:2002	EN 60335-2-64	JIS C 9335-2-64	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-64 部：商用電気調理機械の特定要求事項
IEC 60335-2-70:2004	EN 60335-2-70		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-70 部：搾乳機器の特定要求事項
IEC 60335-2-73:2006			家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-73 部：固定式浸水湯沸かし器の特定要求事項
IEC 60335-2-73:2005	EN 60335-2-73	JIS C 9335-2-73	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-73 部：固定式浸水湯沸かし器の特定要求事項
IEC 60335-2-74:2006			家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-74 部：可搬式浸水湯沸かし器の特定要求事項
IEC 60335-2-74:2003	EN 60335-2-74	JIS C 9335-2-74	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-74 部：可搬式浸水湯沸かし器の特定要求事項
IEC 60335-2-79:2005	EN 60335-2-79		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-79 部：高圧洗浄機及び蒸気洗浄機の特定要求事項
IEC 60335-2-80:2004	EN 60335-2-80	JIS C 9335-2-80	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-80 部：ファンの特定要求事項
IEC 60335-2-87:2003	EN 60335-2-87		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-87 部：電気動物気絶機器の特定要求事項
IEC 60335-2-89:2005	EN 60335-2-89		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-89 部：内蔵又は外付け冷媒凝縮ユニット又はコンプレッサ付き商用冷凍機の特定要求事項
IEC 60335-2-90:2006			家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-90 部：商用電子レンジの特定要求事項
IEC 60335-2-90:2003	EN 60335-2-90	JIS C 9335-2-90	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-90 部：商用電子レンジの特定要求事項
		JIS B 9650-1, -2:2003	食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準通則
		JIS B 9651:2005	製パン機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9652:2005	製菓機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9653:2003	肉類加工機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9654:2005	水産加工機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9655:2004	製粉機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9656:2005	製めん機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9657:2004	飲料加工機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9658:2004	精米麦機械の安全及び衛生に関する設計基準
	EN1672-1, -2		食品加工機械 基本概念
	EN746-1		産業用熱加工装置に対する共通安全要件
	EN746-2		燃焼と燃料の取扱いシステムに対する安全要件
	EN88		内圧が 200 ミリバール以下のガス装置用圧力ガバナ
	EN125		ガス燃焼装置の火災管理装置の仕様
	EN161		ガスバーナ及びガス装置用自動遮断バルブ
表示・図記号・製品情報			
ISO 3864-1:2002		JIS Z 9101:2005	図記号－安全色及び安全標識－第 1 部：職場及び公共区域の安全標識の設計原則
ISO 3864-2:2004			図記号－安全色及び安全標識－第 2 部：製品安全ラベルの設計原則
ISO 3864-3:2006			図記号－安全色及び安全標識－第 3 部：安全標識に使用する図記号のためのデザイン原則
ISO 17398:2004			安全色及び安全標識－安全標識の分類、パフォーマンス及び耐久性
ISO 7000:2004			機器に用いる図記号－索引及び摘要
IEC 60073:2002			マンマシンインタフェース、マーキング及び識別の基本安全原則－表示装置及びアクチュエータのコーディング原則

附属書VI 食品機械の安全・衛生設計に関する主な規格

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
IEC 60447:2004			マンマシンインタフェース, マーキング及び識別のための基本及び安全原則—アクチュエータの操作に関する原則
		JIS B 9706-1	機械類の安全性—指示, マーキング及び作動—第1部: 視覚的, 音響及び触覚信号
		JIS B 9706-2	機械類の安全性—指示, マーキング及び作動—第2部: マーキング要求事項
		JIS B 9706-3	機械類の安全性—指示, マーキング及び作動—第3部: アクチュエータの位置及び操作の要求事項
IEC 60617 シリーズ:2001		JIS C 0617 シリーズ	図表用図記号
ISO/IEC ガイド 37		JIS S 0137	消費者生活製品の取扱説明書

引用・参考図書

書籍名	著者／監修／編集者	出版社
安全基礎工学ノート	蓬原 弘一	長岡技術科学大学
安全関連基礎用語集	蓬原 弘一	安全技術応用研究会
国際規格対応 安全な機械の設計	A・ノイドルファ 訳：田中 紘一	安全工学研究所
ISO 12100-1、-2:2003 機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則 その他関連規格		ISO
ISO 14121:1999 機器類の安全性－リスクアセスメントの原則		ISO
ISO 13849-1：1999 機械の安全性－制御装置の安全性関連部品－第1部：設計のための一般原則		ISO
ISO 13849-1：2006 機械の安全性－制御装置の安全性関連部品－第1部：設計の一般原則		ISO
IEC 60204-1:2005 機械の安全性－機械の電気機器－第1部：一般要求事項		IEC
その他 タイプ B 機械安全国際規格 (ISO/IEC)		ISO/IEC
JIS B 9650 食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準		日本規格協会
PD 5304:2000 機械の安全使用		BSI
工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの策定について	厚生労働省	
機械の包括的な安全基準に関する指針	厚生労働省	
労働法全書	厚生労働省	労務行政研究所
食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル	(社)日本食品機械工業会	(社)日本食品機械工業会
食品機械の取扱説明書作成ガイドライン	(社)日本食品機械工業会	(社)日本食品機械工業会
国際安全規格利用手引き 機械安全編	(社)日本機械工業連合会 (社)日本食品機械工業会	(社)日本機械工業連合会 (社)日本食品機械工業会

監修・編著者

■田中 紘一 (監修)

長岡技術科学大学 名誉教授

■森山 哲 (第2章、3章、4章、5章、6章、附属書I、II、III執筆担当)

(有)森山技術士事務所 代表

■社団法人日本食品機械工業会 事務局

(編集、第1章、附属書IV、V、VI執筆担当)

非 売 品
禁無断転載

平成 18 年度

食品機械の安全設計対応に関する調査研究報告書
－国際安全規格利用手引き 電気・制御安全編－

発 行 平成 19 年 3 月

発行者

社団法人 日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号
電話 03-3434-5384

社団法人 日本食品機械工業会
〒108-0023
東京都港区芝浦三丁目 19 番 20 号
電話 03-5484-0981

