

1. 電気配線

電気は目に見えないが、非常に危険を伴う。これは機器の取付や配線を行っている際は当然だが、施工後にテストを行っている際や完成し運用を始めてからも危険を伴う。漏電による火災や感電事故、保守の際の感電事故、また配線間違いによる誤動作などが考えられる。これらを防ぐために正しい知識と施工する技能が求められる。

資格の種類

電気工事の施工を行うための技術や技能を判断するために国家資格や国家試験がある。これは電気が非常に危険であるため、正しくそれらの知識を習得し、評価するために行われている。

1. 電気工事士1級、2級

2級では600V以下の一般住宅や店舗の電気工事、1級では2級の範囲と最大500kw未満の工場やビルの工事を行うことができる。この試験は「一般財団法人 電気技術者試験センター」が実施している国家試験である。

2. 電気主任技術士(第1種、2種、3種)

工場などの事業用電気設備の工事、維持管理、点検などの監督をするために電気主任技術者を選任しなくてはならないと法律で義務付けられている。この試験は「一般財団法人 電気技術者試験センター」が実施している国家試験である。

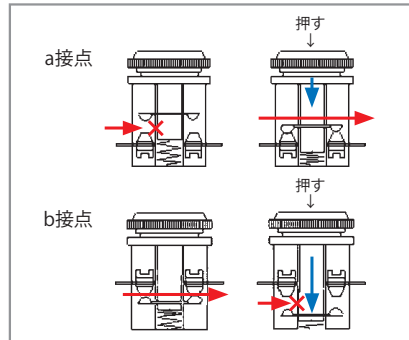
3. 技能検定「電気機器組立て、配電盤・制御盤組立て作業」

商用電源を使用し三相誘導電動機を制御する制御盤を組立てる。AC200Vを中心とした配線や制御の技術、技能の程度を測る国家検定である。合格者には1級、2級、3級技能士の称号が与えられる。

4. 技能検定「電気機器組立て、シーケンス制御作業」

PLCを用いた配線、プログラミングを使用したシーケンス制御の技術、技能の程度を測る国家検定。合格者には1級、2級、3級技能士の称号が与えられる。

押しボタンスイッチやリレーなどの接点には「a接点」と「b接点」があります。



工場等で使用される機械設備には、作業者の安全を確保するために機械設備を緊急に停止させるための「非常停止スイッチ」が取り付けられている。

この非常停止スイッチの接点は通常b接点で使用される。

a接点の場合、非常停止スイッチに配線されている電線が何らかの事故や故障により切断されると、押されても電気が流れず機能しなくなる。

b接点の場合、回路には常に電気が流れておりコントローラはオンと認識し、この状態を通常とする。非常停止スイッチを押すと電気の流れが切断され、信号はオフとなり、スイッチが押されたことを認識する。

事故や故障の時も切断され、電気が流れずオフになる。コントローラはこの際もスイッチが押された状態と判断し、動作を緊急停止する。



非常停止スイッチ

電線の種類と端子

配線をする場合、使用する電線を選択する必要がある。電線の選択方法は会社により仕様で規定されている場合もあるが、作業する人が図面から電線を判断する場合も多くある。

電線は流れる電流の容量、直流・交流の違い、屈曲性、周囲温度などで決まる。これを間違えると電線が発熱し、最悪の場合被覆が溶けてしまい、火災となる可能性がある。

下記の表は用途と使用する電線の種類の1例である。

電線種類

IV：600Vクラスの電気工作物用配線材として最もポピュラーなもの。

HIV：600Vクラスの電気工作物用配線材。

IVよりも耐熱性に優れている。

VSF：300Vクラスの電気工作物用配線材。

KV：100Vクラスの電気工作物用配線材。

電線の断面積と電流値

電線のサイズの呼び方は単線とより線で異なる。単線は直径で呼び、単位はミリ、より線は導通部の公称断面積 (mm²) で呼び、単位はmm² (「スケ」と呼ぶ) である。太さが大きくなるにつれて、許容電流値の値が大きくなっていく。下記はIV線の場合の参考値である。メーカーや被覆の種類によって異なる。

公称断面積 (mm ²)	許容電流 (A)
1.25	19
2	27
3.5	37
5.5	49

A接点、b接点と非常停止スイッチ

名称	a接点	b接点
他の呼び方	・メーク接点 ・NO (ノーマリ・オープン) ・常時開	・ブレイク接点 ・NC (ノーマリ・クローズ) ・常時閉
動作	通常は離れており、動作するとつながる	通常はつながっており、動作すると離れる

用途と使用する電線の種類

電線種類	動力回路	電源回路	交流制御回路		直流制御回路		接地線
			共通線	信号線	共通線	信号線	
電線種類	IV HIV	IV HIV	VSF KV		VSF KV		IV
電線色	黒	黄	黄		青		緑
断面積	2s以上	1.25s以上	0.75s以上	0.5s以上	0.75s以上	0.5s以上	2s以上
電線キャップ	有	有	無		無		有(緑色)
圧着端子	丸型	丸型	丸型		Y型		丸型
マークチューブ	白色マークチューブに線番を印字						

端子

電線を端子などに接続する際に、電線の先端に「圧着端子」と呼ばれるものを取り付ける。これは電線がより線の場合、すべての銅線が端子台に接触できない可能性があるため、端子に圧着しそれを端子台でねじ締めをすることで確実に接触するようにしている。圧着端子にも用途により形状が様々あり、会社や工場の仕様、安全性、作業性に合わせて選択する必要がある。

圧着端子には、丸型とY型と棒型などがあり、電線の太さによって使用できるものが変わる。



圧着端子のサイズは対応する電線のサイズと端子台のねじのサイズで決まる。また、用途は丸型は動力系などの電圧の高い経路で使用し、Y型は制御系の電圧の低い経路で使用する事が多い。高圧で丸端子を使うのは、ねじを緩めた際に電線の重みで抜け落ちないからである。

マークチューブ

圧着端子にその電線が何かが分かるように「マークチューブ」を付ける。マークチューブには配線図に記載されている電線の番号を印字する。



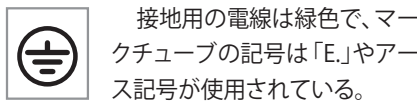
接地(アース)

機械設備には金属が沢山使われている。その中に電線を通し電気を流すと、磁界が発生しその磁界により金属に微弱な電気が発生し静電気となる。また、漏電が発生した際も金属に電流が流れ込むこととなる。これらの原因により金属に電気が流れ込むと機械に障害を与

えたり、人が感電する可能性がある。

この機械に流れ込んだ電気を地球(アース)に流してしまうことを接地(アース)という。ほとんどの工場では一次側の分電盤の中に接地用端子台が用意されており、緑色の電線が配線されている。この電線の先端は地中に「接地極」といわれる伝導体を埋め、その極に配線されている。

制御盤や配電盤の中には接地端子台が設けられ、機械の中の様々な機器がこれに配線されている。

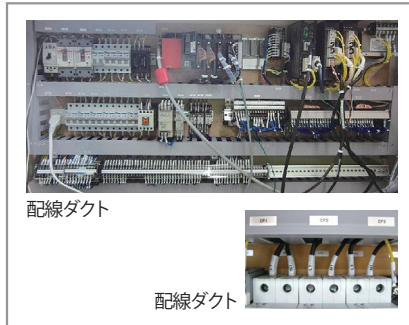


配線ダクト

建築業界では「ダクト」とは「空調ダクト」のような空気を通す管のことを指すが、FA業界での「ダクト」とは配線ダクトを示すことが一般的である。電線の整理をしたり、保護の目的で使用される。また、ノイズの影響を受けやすいものについては金属ダクトに入れることもある。

1. 配線ダクト

制御盤や分電盤の中で使用されることの多いダクト。樹脂で作られた物が多く両側に穴が開いており、自由に電線の引き回しができるようになっている。



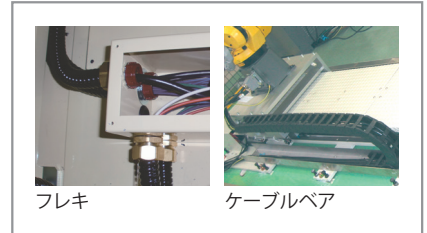
2. フレキシブル型配線ダクト

一般に「フレキ」と呼ばれている配線ダクト。自由に屈曲が可能。

ケーブルチェーン(ケーブルベア)

直線動作をする1軸ロボットやスライダに電線やホースをつなげる場合に使用する。直線動作に追従し屈曲する構造となっており、この中に電線やホースを入れることで整理し、摩擦による破損などを軽減する。

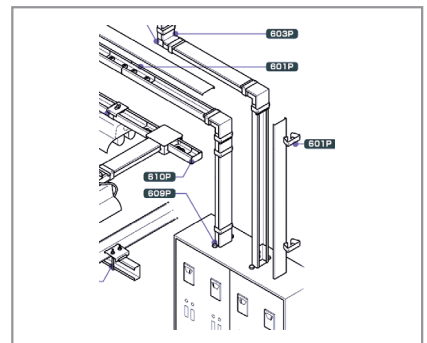
一般的に「ケーブルベア」と表現するが、これは(株)椿本チエインの登録商標であり、各社さまざまな商品名で販売されている。



金属ダクト、ケーブルラック

大量の電線を入れる場合や足で踏む可能性のある場所などには金属性のダクトを使用する事が多くある。

また、天井からぶら下げる場合はケーブルラックを使用する事が多くある。



配線ダクト内の電線占有率

配線ダクトに入れることができる電線の本数はダクト、管の材質、流れる電気の種類、電線の種類で決まってくる。これは発熱等で絶縁被覆が劣化する可能性等があるからである。

ねじ式端子台は日本が中心

日本ではY型端子や丸型端子を電線に圧着し、端子台のねじを締めるタイプが主流である。これは日本圧着端子製造株式会社が「圧着端子」を開発、販売しそれに伴い様々な会社が端子台を販売したことで急速に広がっていった。一方、ヨーロッパを中心にクランプ式端子台が主流である。

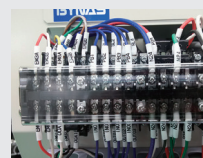
配線と電気の流れ方向

ブレーカやリレー、端子台に電線を接続する場合、電気が「上」から「下」に流れるように配線する。一次側が「上」、二次側が「下」になるようにする。

また、横向きに接続する場合は、「左」から「右」に流れるように配線するのが一般的である。

電源ケーブルのツイスト

電源用ケーブルを配線する場合、交流のプラスとマイナスの2本、AC100Vや単相AC200Vは電線が2本、三相200Vの場合は電線が3本になる。これらを配線する場合、電線を「ツイスト」することがよくある。「ツイスト」とは双方の電線をねじって束ねることをいう。これはそれぞれから発生するノイズを打ち消し合うようにするためである。また、こうすることで外部からのノイズの影響も低くなる。



ねじ式端子台



クランプ式端子台



電源をツイストして配線

2.LAN工事

情報連携 (IoT) の普及する今日、Ethernet対応機器が増加している。それらを繋ぎ込むネットワークの構築には、必ずLAN工事、配線設計が必要となる。FAに求められるLANの特性を確実に理解し適切なネットワークを構築することは現代のシステムインテグレータには必須の技術となっている。

LAN工事

資格について

LAN工事に関しては基本的に資格の必要はない。ただし、電話線の配線になると工事担任者の資格が必要となる。市販されているモジュラーケーブルを繋ぐ程度では問題ないが、電気工事と同様に増設や配線工事はできないことになる。
(以下電気工事士法一部抜粋)

第三条

2 第一種電気工事士又は第二種電気工事士免状の交付を受けている者(以下「第二種電気工事士」という。)でなければ、一般用電気工作物に係る電気工事の作業(一般用電気工作物の保安上支障がないと認められる作業であつて、経済産業省令で定めるものを除く。以下同じ。)に従事してはならない。

第十四条 第三条第一項、第二項又は第三項の規定に違反した者は、三月以下の懲役又は三万円以下の罰金に処する。

業者依頼内容(現地調査/配線設計)

業者に依頼する際、以下のような選定が必要となる。

ケーブル配線ルートの確保、配線方法は床下、天井配線、モール保護ありかなど、基本的には業者が直接現地調査し選択肢を提示してくれるが、概ねの配線図は描けるように準備しておくべきである。ケーブルの仕様選定(Cat5e/Cat6A UTPケーブル、光ケーブル、産業用ケーブル)、ケーブル本数計算、末端部材(PLC、表示機、PC、ローゼット、モジュラージャックなど)の選定も必要となる。

さらに必要な場合は、配線図/構成図の作成もしてもらうこともできるが、一般的に有料である。

LANとは

LANとは、建物や工場内にある機械・機器で構成されたネットワークのEthernet配線などを指す。LANは、ロボットや

カメラなどの機器間の通信はもちろん、上位(生産管理などのシステム)システムとの通信環境を構築する際にも、必要となる。工場を最適に自動化するには、こういったネットワークの知識も必要となる。

なお、オフィスで使用するLANと産業用との違いは、産業用は「リアルタイム性」を重視した通信で、さらに安定性確実性が強く要求されることである。

IoTとLAN

工場のネットワーク化は今後必須要件となると考えても過言ではない。世界中でIoT化が促進されており、日本の工場も例外ではない。

IoTは、製造設備を接続制御するOperational Technology=OTと、組立加工作業工程ラインを自動化するFactory Automation=FAの手段として導入されている。

工場のIoT化では、ITの導入という利点を生かすためにインターネットなどの外部のネットワークへの接続が必要となる。ここでやはり問題となるのが、セキュリティの部分である。クラウドやデータセンターなどに製造ラインで生成されたデータを管理するというようなことは、地方で離れている工場間通信を実現するような場合には適しており、利便性は格段とあがり生産ラインの自動化も大幅に前進する可能性がある。しかし、現実では、有線ならではの信頼・安心感もさることながら、セキュリティ(データの改ざん、紛失、盗聴など)面での問題から実装している工場は余り多くはない。

以下のようなネットワークが工場には存在し、それらをLANで接続する必要性がある。

- 情報系ネットワーク
- コントローラ間ネットワーク
- フィールドネットワーク

ネットワークに関しては別途講じている(「FAにおけるネットワーク技術」参照)

上記ネットワーク間では、オフィス間での通信とは異なり、一定の時間にデー

タ交換を確実に通信させる必要がある。また制御盤・PLC・各コントローラ間となると、数十ミリ秒から数百ミリ秒でのレスポンスが必要となるため、非常に高精度な性能が要求されるので、配線選定にはその点に留意する必要がある。

周辺機器・配線の選定

周辺機器において

産業用の機器は振動、ノイズあるいは高温など比較的悪環境下において運用されることになる。工場内においては設置するスペースも制限されることが多く、制御盤内などに取り付け可能なコンパクトなサイズの機器が求められる。ネットワーク周辺機器であるルータ・スイッチ・ハブなども含め、全てに配慮する必要がある。

配線において

配線には、有線LANと無線LANがある。それぞれ特徴、メリット、デメリットを理解した上で敷設する必要がある。

無線LANのメリット

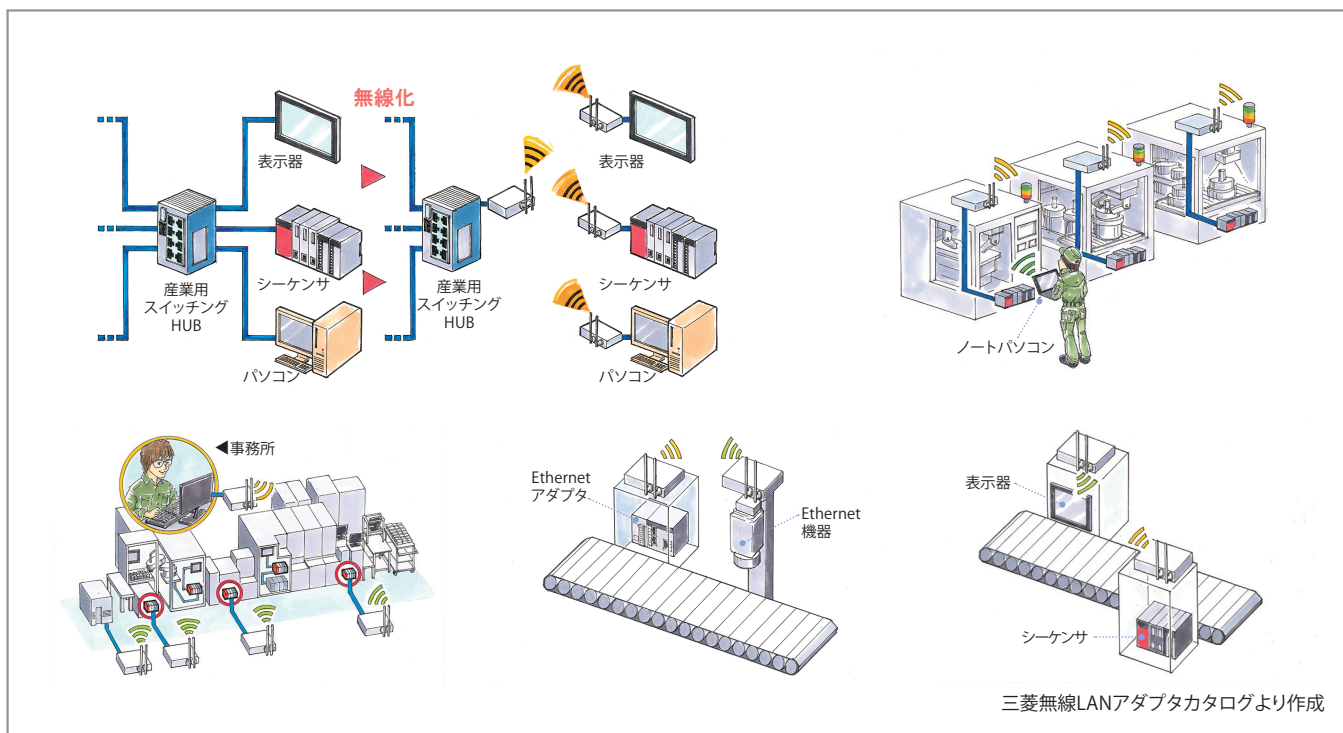
- ケーブルの引き回しを気にせず作業でき、利便性が高い
- 工場内のライン新設、レイアウト変更も柔軟に対応可能
- 配線フリーで、配線工事費を大幅削減できる
(無線LANの規格として、最も普及しているのはIEEE802.11b)

無線LANの注意点

気を付けなければならないことは、以下のとおり。

- 干渉なく安定的に通信ができるか
- 通信が切断されたり、データが正常に送られない場合、リカバリ処理およびエラー通知が行われること
- 干渉対策がとれること
- 導入コストとランニングコストをできるだけ安くすること(キャリア回線利用の場合のみ)

次に有線LANの説明をする。まず産業用で使用される有線LANは、情報系で使用されるケーブルと同等で、銅線、光ファ



イバーケーブルを状況に応じて使用する。ただ、銅線をコーティングするケーブル、コネクタは悪環境に耐えるものを想定して選定する必要がある。

有線LANのポイント

- 防滴あるいは防水（耐油性）に関し、現場環境にあったものを採用する必要がある。
- 産業ロボット、自動工作機等の可動部に対応するためには耐屈曲性能の優れたものを検討する必要がある。また、可動部には、通常の検査に加えて耐屈曲試験やU字バンド試験によって性能を評価されたケーブルを使用する必要がある。なお、ケーブルはメーカー純正のケーブルを使用すべきである。

- 高周波特性が強い現場にはアルミテープシールドが適用されているものが必要となる。また低周波特性が強い現場には編組シールドなどを施したケーブルを敷設する。

FAのLANについて

FAのネットワークを構築するにあたり、以下の点を要件にする必要がある。

- ① 確実な通信の確保
- ② 物理的・電氣的なFA環境への耐久性
- ③ 高速な通信速度保証
- ④ 干渉・到達に対する保証

上記の点を踏まえると、無線LANによる実現はハードルが高い。事実、FAの現

場ではやはり無線より有線が採用されていることがほとんどだ。だが、近年工場では多品種小ロットな工場でも省人化を行う傾向にあり、積極的にロボットを導入する企業が増加している。そのため、レイアウトフリーであることを希望する現場が多い。そうすると先ほどあげた通信の要件をできる限り実現する無線環境を提供できるような構成案の提案が望ましい。全て無線環境で構成することは現代の無線技術ではまだまだ困難だが、今後の無線LAN技術の向上に常にアンテナをはり、工場の最適化を考案できるシステムインテグレータであることが大切だと考える。

MES

MESとは（エムイーエス：Manufacturing Execution System、メスとも呼称される）「製造実行システム」のことである。MESを導入することにより、製造現場にある設備、原料、仕掛品の製造現状をリアルタイムに把握できる。またさらに生産管理計画に基づいた作業スケジュールを組立てることができる。これらの導入メリットから、FAを検討する際、MESが未導入な工場であれば、本項で説明しているLAN工事を構築する機会などでも、将来的にMESを導入することを視野に入れたシステム構成を検討することを推奨する。

MESはコントローラ間ネットワークの上位に構築されるシステムになり（MESの上位にはERP等計画システムが構築されるケースが多い）、TCP/IPのプロトコルのもと、Ethernet（LAN）で通信を図る。レスポンス性能としては、先ほど述べたリアルタイムで製造現場の状況を管理するシステムであるため、数十ミリから数百ミリ秒の通信速度が求められる。接続先としてはPLCや制御盤が対象となるため、通信をMESに送り込む必要があり、LAN工事の際、無線、有線どちらを採用するにしろ通信速度に注意する必要がある。

