

シーケンス制御の設計手順

シーケンスチャートの使用

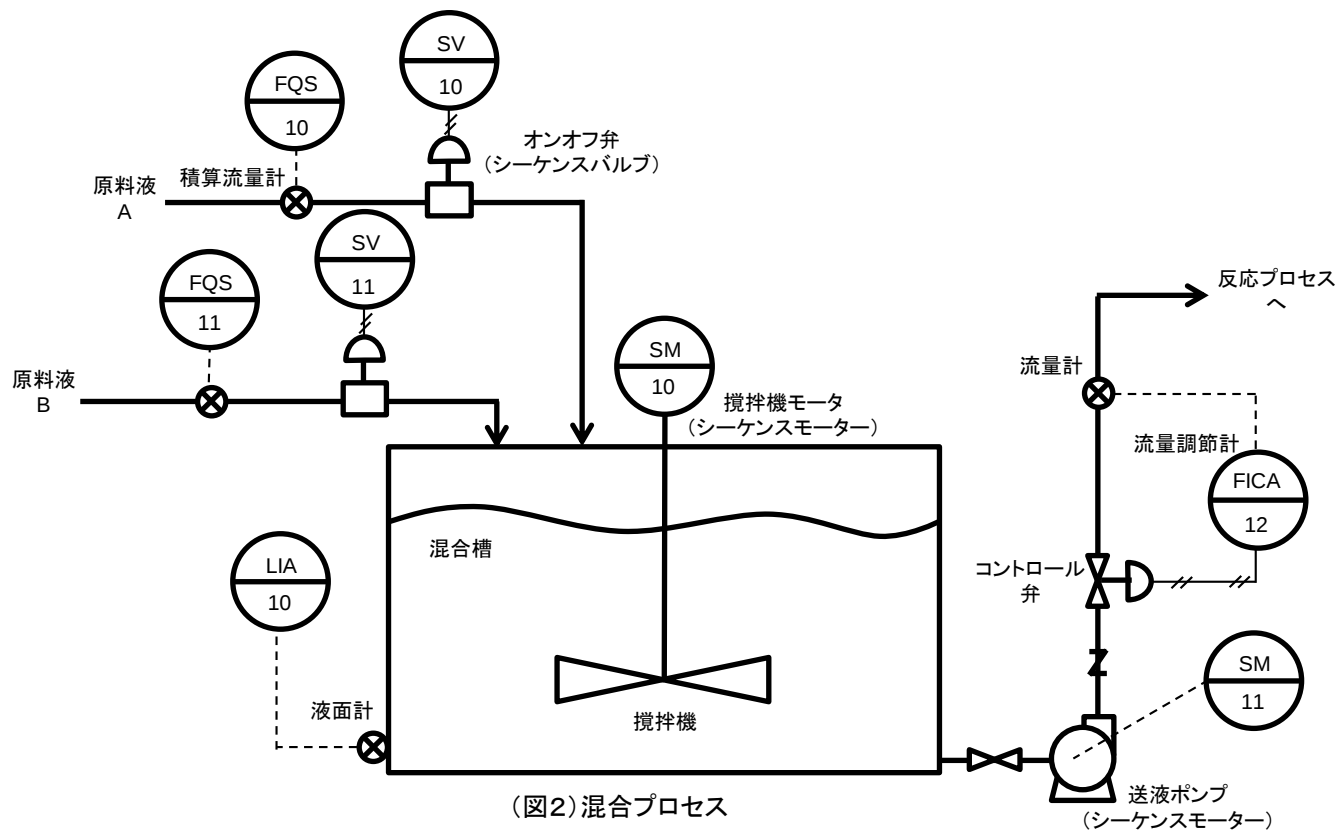
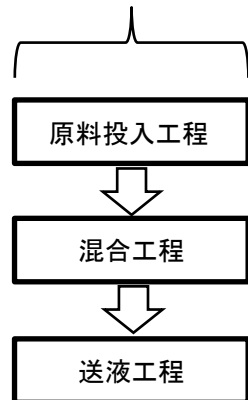
2019年 ver. 1.0
倉谷 隆博

1. プロセス分割と工程

生産プロセスは、例えば、混合プロセス、反応プロセス、濃縮プロセス、分離プロセス、乾燥プロセスなど複数のプロセスで構成される。これらのプロセスは各々複数の工程から成る。例えば混合プロセスは、所定量の原料の投入工程、次いで混合工程、次のプロセスへの送液工程などで構成される。プロセス内の特定の工程は、他のプロセス内の特定の工程と連結して動作し、プロセス自身は独立して動作する。プロセスは、丁度リアルタイムシステムの**タスクプログラムのように、通信で連携しながら時間的には並列動作する**。シーケンスの設計で最初に行うのは、プロセスごとに分割すること、つまりタスク分割である。



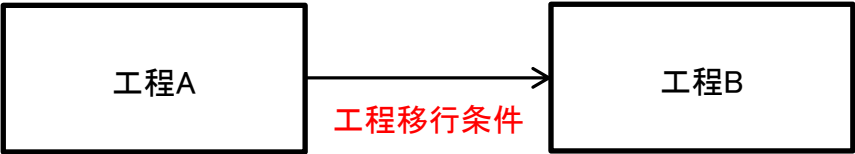
(図1)プロセス分割と工程



(図2)混合プロセス

2. 状態遷移図

まず、プロセスを構成する工程を明確し、工程ごとの移行条件を設定する(図3)。プロセスを構成するすべての工程ごとにこの作業を行い、全体を状態遷移図としてまとめる。(図1)の混合プロセスを例に、状態遷移図作成の手順を示す。

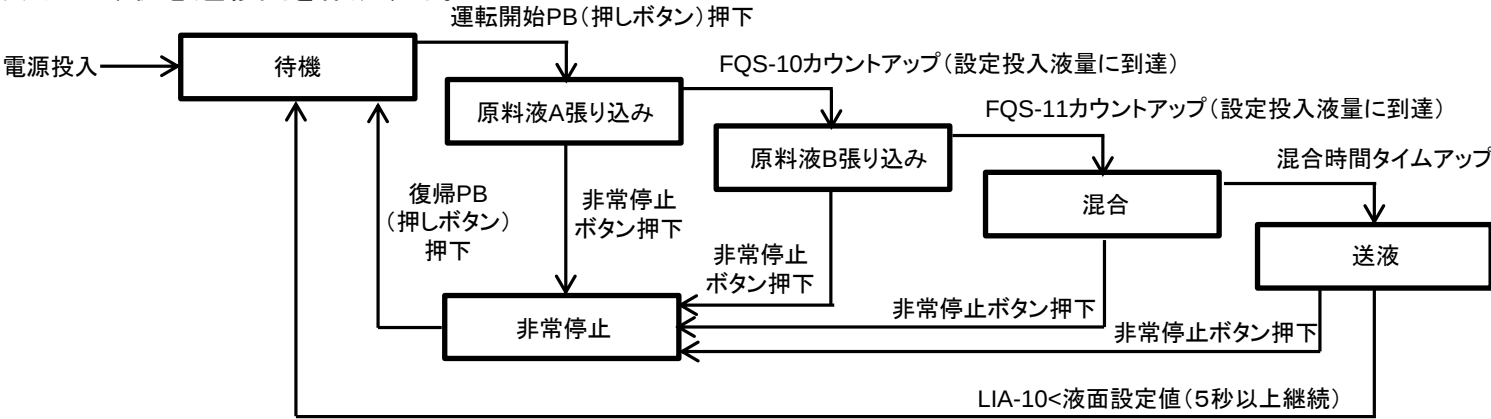


(図3) 工程と工程移行条件

- 1) プロセスを構成する工程を明確にする。
- (表1) 混合プロセスの工程の明確化

工程名	工程の説明
待機	原料液を混合槽に張り込む前の状態(混合槽は空)
原料液A張り込み	原料液Aを混合槽に張り込んでいる状態(張り込み中)
原料液B張り込み	原料液Bを混合槽に張り込んでいる状態(張り込み中)
混合	原料液A, Bを混合槽で攪拌混合している状態
送液	混合の完了した液(混合液)を次プロセス(反応プロセス)へ送液している状態
非常停止	混合槽の在液の有無にかかわらず、すべてのバルブを閉じ、動力機器を停止している状態

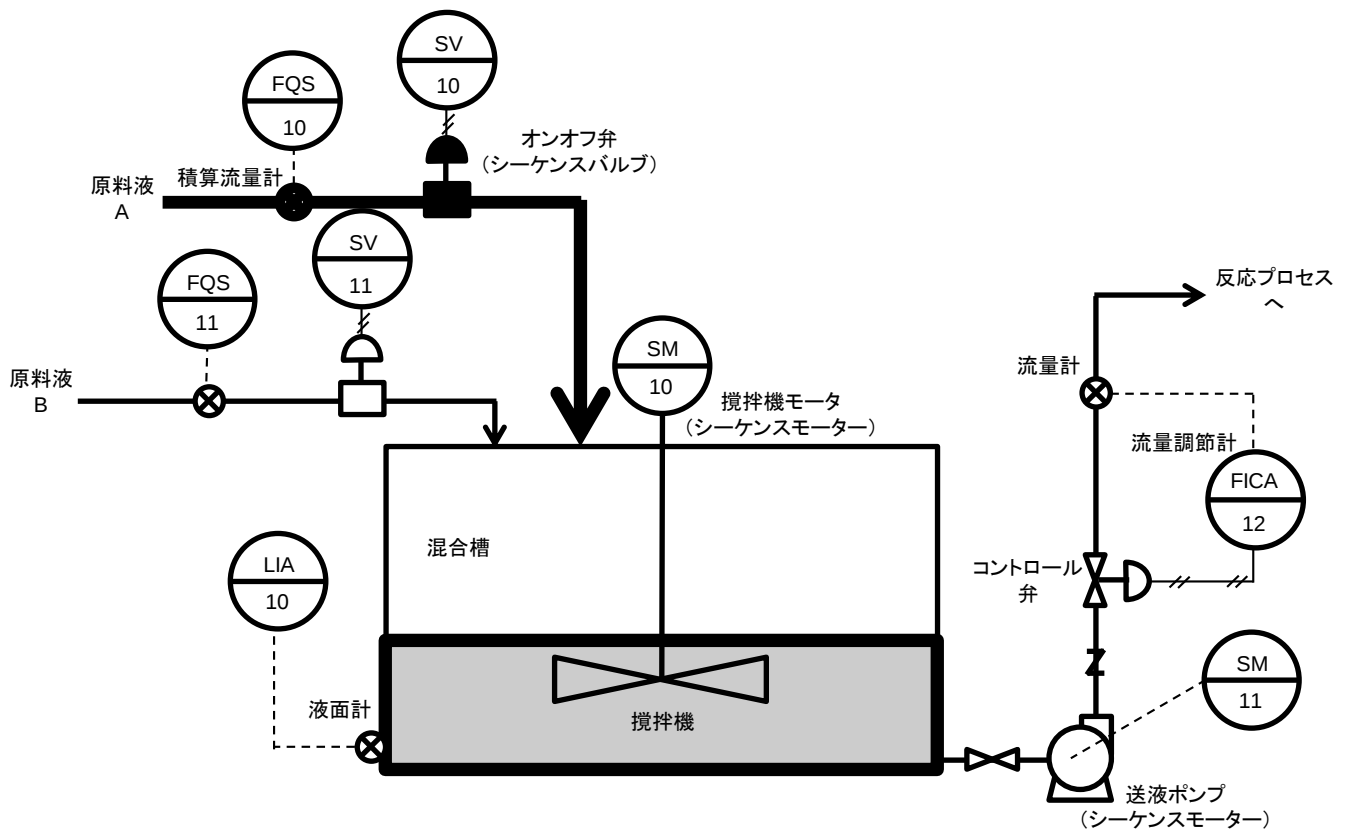
- 2) 次に、状態遷移図を作成する。



(図4) 混合プロセスの状態遷移図

3. 紙芝居

プロセスの工程ごとに、そのとき状態を示す「紙芝居」を作成する。
紙芝居は、バルブの開閉状態、動力機器の動作状態、そしてプロセス液などの流れが分かるように作り上げる。
(図5)は、原料液Aの張り込み工程の紙芝居である。黒色に塗りつぶしたところ、太線を使用したところが、「動作」しているところである。



(図5) 原料液Aの張り込み工程

4. シーケンスチャート

工程間の相互関係を示す「状態遷移図」と工程ごとの工程の状態を示す「紙芝居」をもとに、プロセスのシーケンス動作を表すシーケンスチャート(表2)を作る。シーケンスチャートは、シーケンスプログラム(シーケンス回路)作成のための仕様書になる。なお、シーケンス動作はフローチャートでも表すことはできるが、ここに挙げるシーケンスチャートは動作全体を俯瞰できるところが優れている。動作変更に伴うシーケンスプログラム(シーケンス回路)の変更作業(メンテナンス作業)にも効果を発揮する。

(表2)シーケンスチャート

工程名	次工程名	移行条件	出力			
			SV-10	SV-11	SM-10	SM-11
待機	原料液A張り込み	運転開始PB押下	×	×	×	×
原料液A張り込み	原料B液張り込み	FQS-10カウントアップ	○	×	×	×
原料液B張り込み	混合	FQS-11カウントアップ	×	○	○	×
混合	送液	混合時間タイムアップ	×	×	○	×
送液	待機	LIA-10 < 設定液面值	×	×	○	○
全ての工程が対象	非常停止	非常停止ボタン押下				
非常停止	待機	復帰PB押下	×	×	×	×

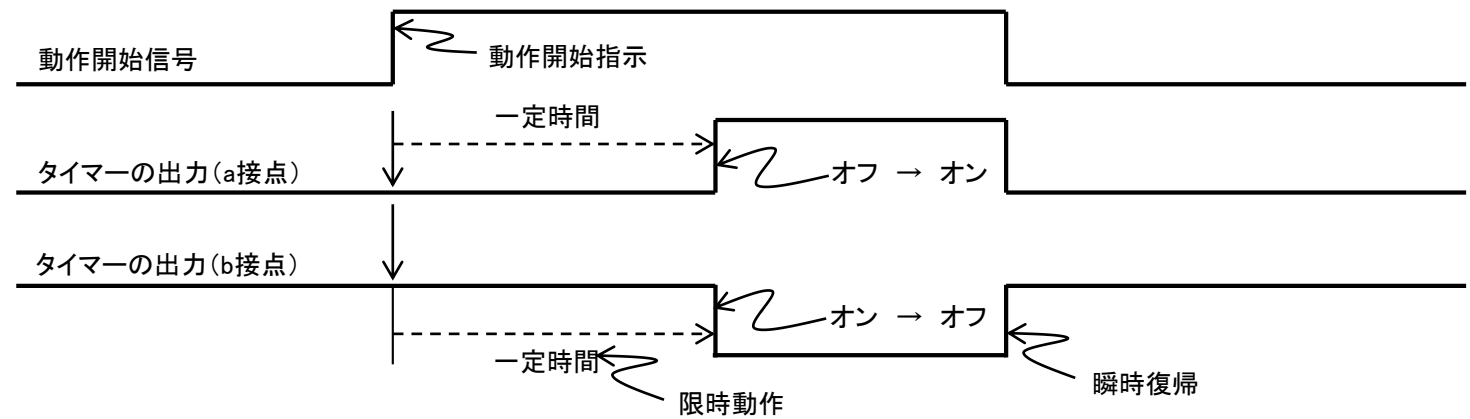
○： バルブ＝開(Open)、 動力機器＝稼働(ON)
×： バルブ＝閉(Close)、 動力機器＝停止(OFF)

5. シーケンス回路のタイマー

シーケンス回路によく使用される2種類のタイマーを示す。

(1) **オン・ディレイ タイマー (限時動作瞬時復帰接点)**

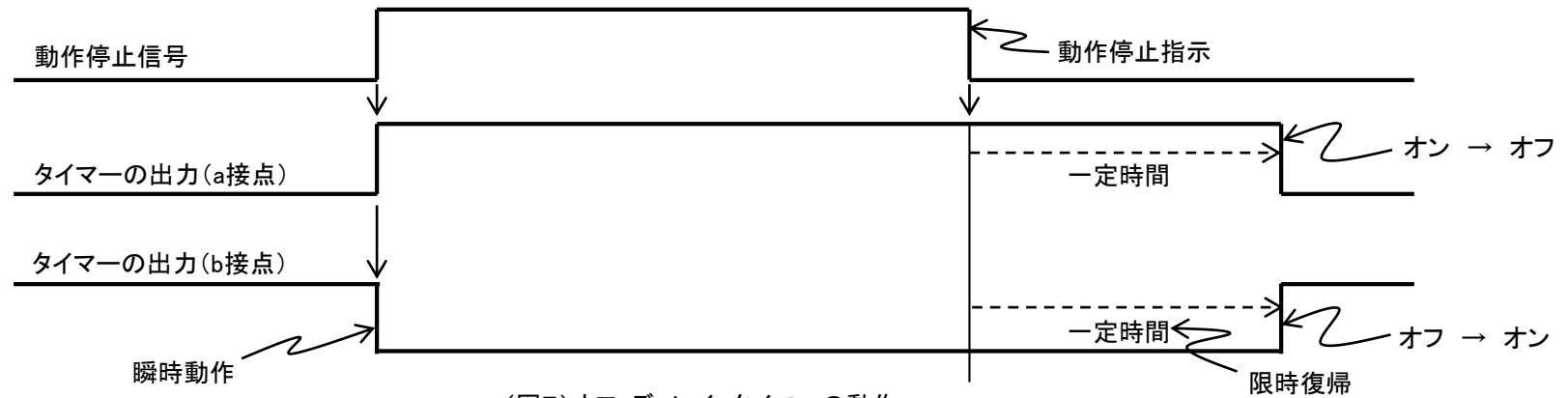
名前の通り、動作開始信号が入ってから動作を開始する(接点が入る)までに遅れがあるタイマーである。「充電」のイメージを持つと分かりやすい。(図6)にa接点とb接点の動作を示す。図は、オン/オフの2値状態で示している。



(図6) オン・ディレイ タイマーの動作

(2) **オフ・ディレイ タイマー (限時復帰瞬時動作接点)**

名前の通り、動作停止信号が入ってから動作を停止する(接点切れる)までに遅れがあるタイマーである。「放電」のイメージを持つと分かりやすい。(図7)にa接点とb接点の動作を示す。図は、オン/オフの2値状態で示している。



(図7) オフ・ディレイ タイマーの動作

6. 動力機器の押しボタンスイッチ

攪拌機、ポンプなどの動力機器の運転操作スイッチは、押しボタンスイッチである。何故か？

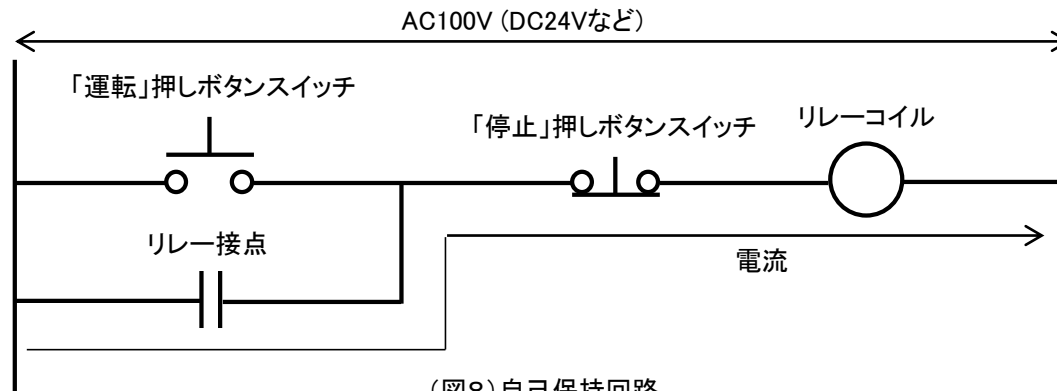
操作スイッチには、大別して下記の2種類のスイッチがある。

(1) トグルスイッチ(保持型スイッチ)

トグルスイッチは、冷蔵庫、電灯などの電源のオン/オフに使用されるスイッチで、スイッチの位置がオン/オフの状態を示す。

(2) 押しボタンスイッチ

押しボタンスイッチは、通常オフで押した瞬間だけオン(a接点型)になる、もしくは通常オンで押した瞬間だけオフ(b接点型)になるスイッチである。つまりオン/オフの状態を記憶する構造を持っていないスイッチである。オン/オフ状態の記憶は電気制御回路、もしくはシーケンス回路で持たせる。(図8)は有名な**自己保持回路**と呼ばれている回路である。まず、「運転」の押しボタンスイッチを押下することでスイッチの接点が閉じリレーコイルが励磁される。リレーコイルの励磁でリレー接点が閉じ、→の方向に電流が流れ始める。よって、「運転」の押しボタンスイッチの状態がバネの力で元の位置に戻りオフになっても、→の電流が流れ続けるため、コイルは励磁されたまま保持される。つまり、この回路でオンの状態が記憶される。



(図8) 自己保持回路

リレーコイルの励磁状態をオフにするには、「停止」押しボタンスイッチを押下して電流の流れを断てば良い。「停止」押しボタンスイッチの状態がバネの力でオンの状態に戻っても、「停止」押しボタンスイッチを押下した際、リレーの接点が一度開くため、リレーコイルはオフの状態を維持する。

動力機器の操作スイッチには、通常トグルスイッチは使用しない。停電復旧時にトグルスイッチがオンの状態になっていると、何の前触れもなく回転機が動作を始め危険なためである。つまり、動力機器の運転スイッチには、通常押しボタンスイッチを使用する。停電時に自己保持回路がリセットされてしまっているため、停電が復旧しても勝手に動力機器に通電されることはない。つまり、動き始めることはない。安全を確認してから、「運転」押しボタンスイッチを押下して動力機器を稼働させる。

一方、冷蔵庫の電源にトグルスイッチが使用されているのは好都合である。停電復旧時に電源が入るため、電源を入れ忘れるということがない(ただし、震災などで漏電などが危惧される場合、復電時にはトグルスイッチをオフにしておくのがいい)。

7. 安全確保のためのセンサー選定

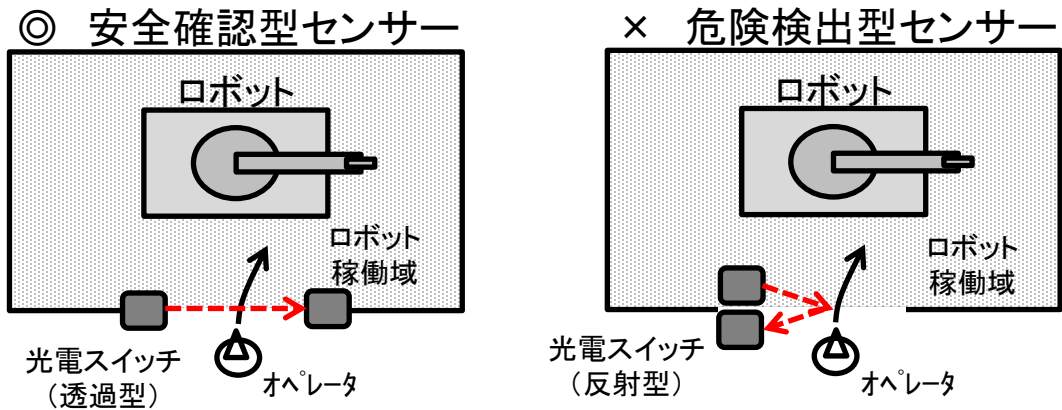
- 1) 作業安全確保を目的として設置するセンサーは、センサーが故障したときであっても安全が確保できるセンサーを選定する必要がある。
このようなセンサーを、安全状態が確認できたときのみ設備稼働を許可するといった意味で、「安全確認型センサー」と呼ぶ。
- 2) 一方、危険な状態を検出して設備を停めるという考え方があるが、この考え方で使用されるセンサーを「危険検出型センサー」と呼ぶ。
危険検出型センサーは、センサーが故障していた場合は危険な状態を検出できず、結果として安全を確保することができない。
- 3) よって、作業安全を確保するために設置するセンサーは、「安全確認型センサー」でなければならない。
常にエネルギーを高い状態においておき、正常を確認する方法であり、リレー回路で安全確保回路に「b接点」を使用する考え方と同じである。

センサーが正常動作している状態		センサーが故障している状態
センサーが正常動作していて「安全」を確認した場合	センサーが正常動作していて「危険」を検出した場合	センサーが故障していて安全な状態か、危険な状態か、判別できない場合

安全確認型センサーは、この状態(安全)を確認した場合のみ設備を動かす。

安全確認型センサーは、これらの状態では安全が確認できないため設備を稼働させない。
しかし、危険検出型センサーでは、センサーが故障している状態では危険な状態であっても危険な状態を検出できないため設備を停めることができない。

(図9)安全確認型センサーの必要性



(図10)安全確認型センサーの動作

- 透過型センサー: 発光部、受光部の光が侵入物で遮られていない場合のみ設備を稼働させる。
センサー故障の場合、受光部が反応しないため設備は稼働させない。
- 反射型センサー: 発光部からの光が侵入物で反射して受光部へ届くことにより、危険を検出して設備を停める。
センサーが故障している場合、対象物が侵入しても受光部へ光が届かず、危険を検出できない。