

取扱説明書

静電容量式レベルスイッチ

MODEL : C-550R



作成 2019年6月19日

改定 2025年11月4日

1. 目次

	PAGE No
1. 目次	… 1
2. はじめに	… 1
3. 保障・おことわり	… 2
4. 使用目的	… 2
5. 設置	… 2～3
6. 配線	… 4～5
7. 調整	… 6～13
付属書 1. 検出原理	… 14～15
付属書 2. 検出回路原理	… 16～17
付属書 3. 検出感度	… 18～19

2. はじめに

- A. この取扱説明書には、静電容量式レベルスイッチを安全かつ適切にお取扱いいただくための操作手順が記載されています。
 機器の設置前にご覧になり、この取扱説明書の内容を理解してください。
 また、この取扱説明書をすぐにご覧になれるところに保管してください。
- B. 怪我の危険や機器を損傷することなく、安全かつ適切にお取扱いいただくための操作手順を示すために、この取扱説明書中において以下の標章が使われています。
 標章が示す状況は次の通りです。



警告

無視すると、潜在的に危険な状況が、死亡または重大な事故を引き起こすかもしれないことを示します。



注意

無視すると、潜在的に危険な状況が、負傷や装置または機器の故障を引き起こすかもしれないことを示します。



禁止

禁止を表します。



指示

指示事項。この事項は安全のため必ず守ってください。

NOTE

参考

危険に関係のない技術情報などを示します。

3. 保障・おことわり

- 3-A. 弊社は、工場出荷の日付から1年の期間、製品を保証します。
- 3-B. この期間内において製品に設計上、あるいは製造上の不備があると認められた場合には、不良部品を無償交換するか、代替品を提供いたします。
- 3-C. 次の事柄は保障外とさせていただきます。
 - 3-C-1. この取扱説明書に沿わない取り扱い。
 - 3-C-2. 不適切な設置、配線、操作、メンテナンス、点検、保管などに起因する不具合または故障。
 - 3-C-3. 不適切な修理、不適切な改造を施された製品。
 - 3-C-4. 他の機器の影響で故障した製品。
 - 3-C-5. 不可抗力的事故（例えば災害、武力紛争、放射能汚染その他）。

この限定条項は、お客様の法律上の権利を制限するものではありません。

4. 使用目的

レベルスイッチ C-550R-□□型は、粉体面または液体面の検知を目的に使用されます。



他の目的に使用しないでください。

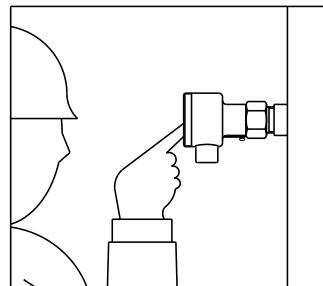
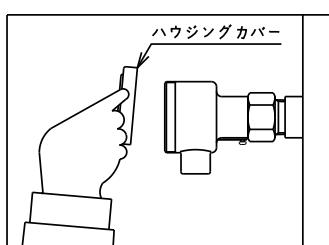


C-550R型は非防爆製品です。可燃性雰囲気での使用はしないでください。

5. 設置

5-1. 設置空間

C-550R-□□型を設置する場所は、ハウジングカバーを取り外して配線作業、調整作業が可能な空間を確保できることにご配慮をお願いします。



5-2. 設置環境

C-550R-□□型の設置環境条件は周囲温度-10~50°C、湿度 85% Max. です。

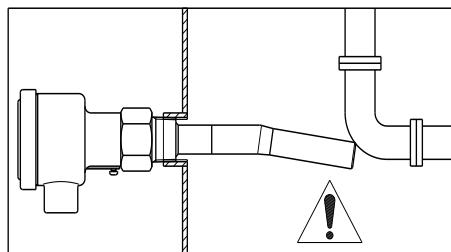


設置環境条件以外の場所には設置しないでください。機器の故障の原因となります。

5-4. 設置内部空間

検出電極が容器内の配管などに干渉しない場所に取り付けてください。

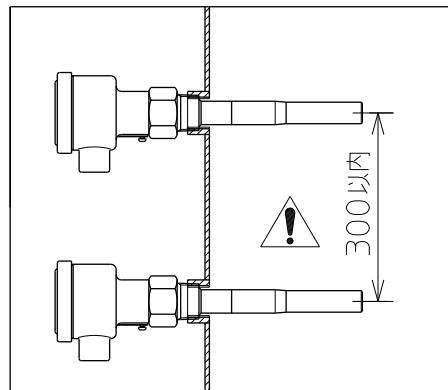
⚠ 注意 電極部の破損や正常に動作しないことの原因となります。



5-5. 相互干渉防止設置

⚠ 注意 C-550R-□□型は300mm以内の近接設置をしないでください。相互干渉により誤動作します。

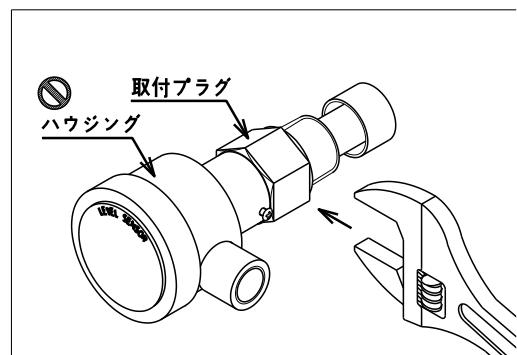
近接させて設置することが想定される場合には、弊社窓口にあらかじめご連絡ください。相互干渉防止のため検出回路の周波数の違うものをご提供させていただきます。



5-6. 取付プラグのねじ込み

🚫 禁止 静電容量式レベルスイッチ C-550R-□□型でネジ取り付けとなっている仕様のものは、ねじ込む時に取付プラグをレンチでつかみ、ねじ込んでください。

ハウジングをつかんでねじ込むことはしないでください。
機器の故障の原因となります。



6. 配線



配線時には入力電源を切ってください。

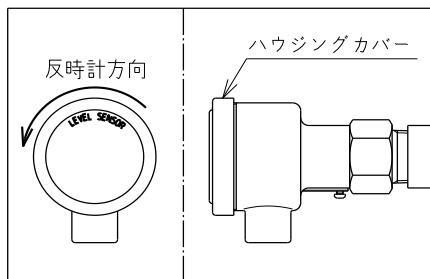
通電状態で作業を行なわないでください。感電や機器の破損の原因となります。



配線は他の動力線と近接・平行に設営しないでください。ノイズの影響を受ける恐れがあります。

6-1. ハウジングカバーの取り外し

ハウジングカバーはねじ込み構造です。カバー側から見て反時計方向に回すと取り外せます。



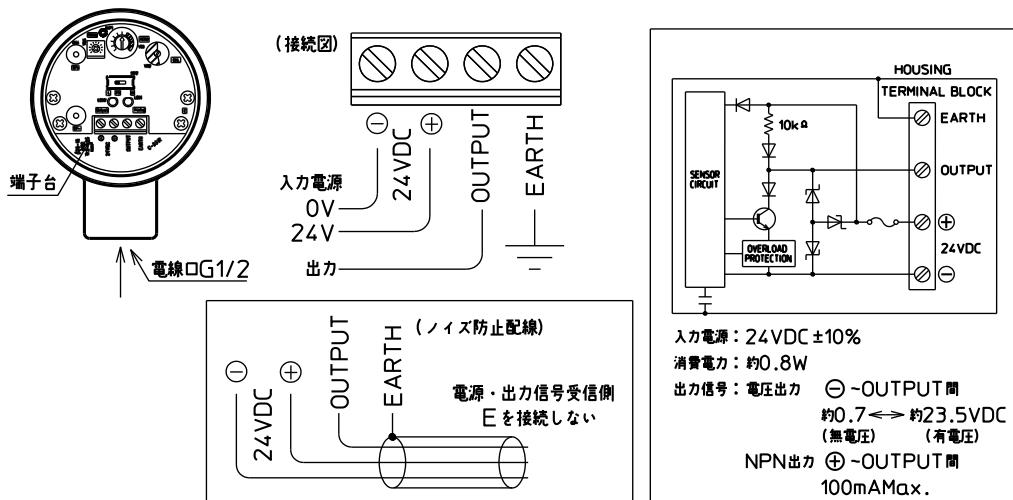
6-2. 配線の引き込み

ハウジングの電線口から配線を引き込み、対応する端子に接続してください。



配線の対応に誤りがあると、通電時に機器を破損する恐れがあります。

電線口は G1/2 に適合するシールコネクタなどで確実にシールしてください。



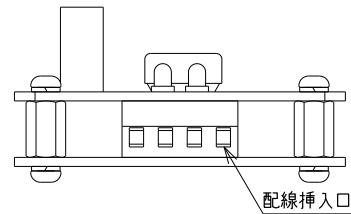
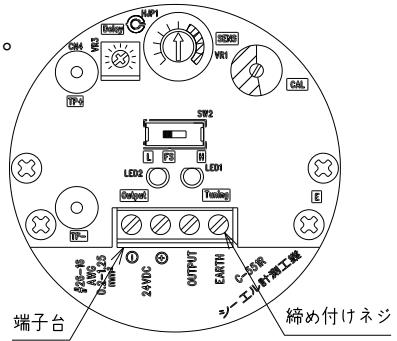
NOTE 端子台は 剥き線挿入、ネジ締め付け固定方式です。

適合電線 AWG26～AWG16 (0.2sq～1.25sq)

推奨剥き長さ 6mm ネジの締め付けトルク 0.5N・m

ネジはすりわり付きネジ（マイナス溝）となっています。推奨ドライバーは刃先厚さ 0.6mm、刃先幅 3mm です。

工場出荷時には端子台配線挿入口は全開にしています。



NOTE C-550R-□□型は24VDC-、24VDC+、OUTPUTの配線で正常に動作しますが、検出に高周波発振回路があり、ノイズの発生源となる場合があります。防止するには配線にシールド線を用い、必要に応じてEARTH端子にシールドを接続してください。

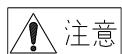
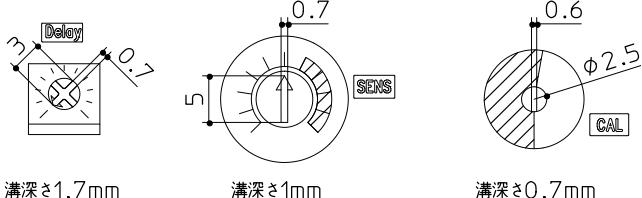


配線完了後すぐに調整作業を行わないときはカバーを必ず閉め、異物の混入を避けるようにしてください。

7. 調整

7-1. 調整に必要な工具

- ① 下図の溝に適合するマイナスドライバー(精密ドライバー)



基板には裸充電部がありますので、感電、機器の故障を避けるため、絶縁ドライバーを使用してください。また、CAL (7-2. 各部の名称参照) は高周波回路の可変コンデンサですので、金属ドライバーを使用すると浮遊容量、電磁作用の影響で微妙な調整がし難くなることがあります。

NOTE 推奨ドライバー

ベッセル 9000-2.6×30, エンジニア DA-82, ホーザン D-272 など

- ② DC10~12V レンジ(内部抵抗値 20kΩ 以上)を持つアナログテスタ

7-2. 各部の名称

- ① TP テストポイント 赤(+) 黒(-) $\phi 2$ プローブ用
検出挙動が DC 電圧で出力されます。

- ② Output (LED 赤)

出力信号の状態を表示します。

表示の出力状態は「7-3-5. フェールセーフ選択スイッチ FS の設定と出力信号接続例」を参照してください。

- ③ Delay 出力信号遅延タイマ(※1.)

測定物を検知してから出力信号を発生するまでの遅延時間、あるいは非検知となってから信号発生遅延時間を調整します。

回転角度 250° (左右振り分け)

遅延時間 左 Min. : 0.5 秒 右 Max. : 10 秒

- ④ SENS 検出感度調整ボリューム

検出感度を調整します。

回転角度 270° (左右振り分け) 検出感度 左 : 低 右 : 高

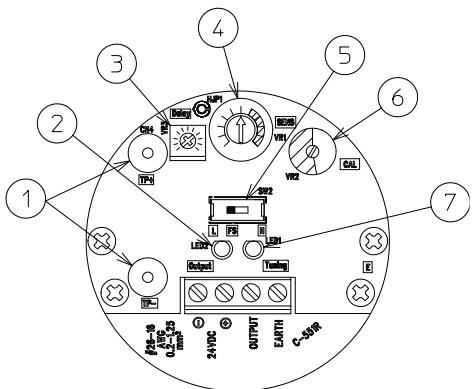
- ⑤ FS フェールセーフ選択スイッチ 「7-3-5. フェールセーフ選択スイッチ FS の設定と出力信号接続例」を参照してください。

- ⑥ CAL 同調調整用可変コンデンサ

同調調整を行います。回転角度 360° エンドレス

- ⑦ Tuning (LED 緑)

同調の状態を輝度(明るさ)で表示します。



※1. ON 遅延または OFF 遅延のどちらかを工場で設定して出荷します。
ON/OFF ご希望の遅延機能を予めご指定ください。

7-3. 調整

7-3-1. 電源投入

電源 24VDC±10%を投入してください。

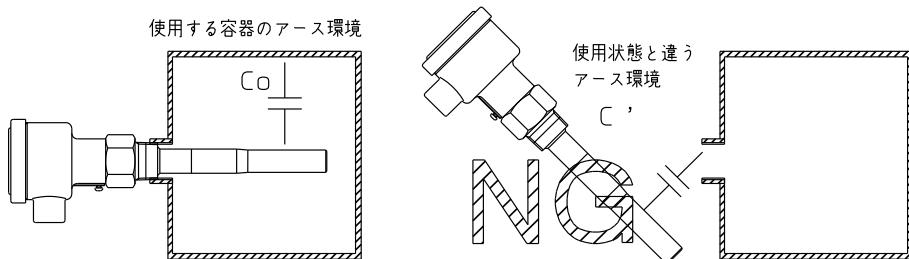
 指示 電源を投入する前に配線の対応、電源の電圧が DC24V±10%であることを確認してください。

誤配線、誤電圧の印加は機器を破損する恐れがあります。

7-3-2. 同調調整

同調調整の方法には、「A. アナログテスタ電圧同調調整」と「B. LED 輝度同調調整」の2通りの方法があります。

 指示 同調調整は実際に使用する容器に取り付けた状態で行ってください。アース環境(周囲の静電容量環境)が違う状態で同調調整を行うと、正しい調整ができません。

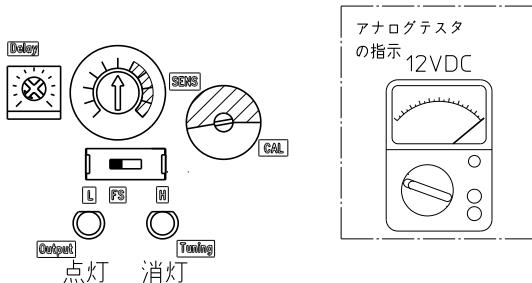


 指示 調整時に ON/OFF 出力信号が発生します。出力信号を取り込んだ装置が誤動作する恐れのある場合には、端子 OUTPUT (出力信号) の配線を取り外してください。

A. アナログテスタ電圧同調調整

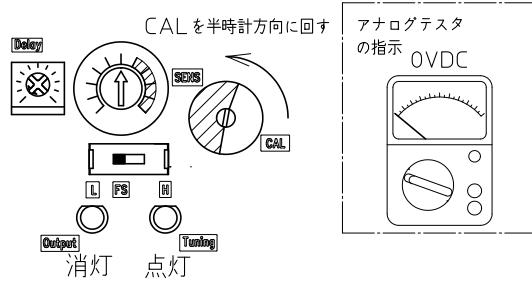
TP から発生する検出挙動電圧を相対的に一番低くなるように CAL を調整する作業です。

- ① TP (テストポイント) にアナログテスタ (DC10~12V レンジ 内部抵抗値 20kΩ 以上) のプローブを、赤…TP+、黒…TP-の対応で差し込んでください
- ② Delay を左 min. (遅延タイマ 0.5 秒)、SENS を 12 時方向に、VC を黄色半円板端が上側水平となる方向、FS を L(左) 側にしてください。TP 電圧は約 12VDC を示し、Output は点灯、Tuning は消灯となります。

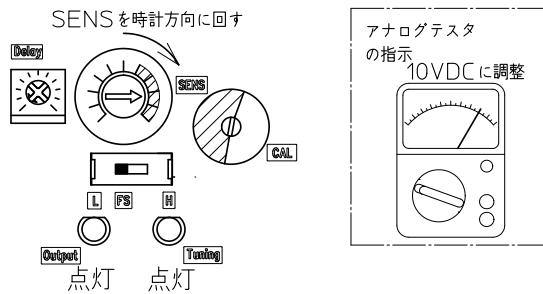


NOTE Output (LED 赤) は TP 電圧が約 5.2VDC 超えで点灯、以下で消灯します。

- ③ CAL を反時計方向にゆっくりと回していくと、TP 電圧が約 0VDC となる CAL の位置があります。その位置で CAL をとめてください。Output が消灯、Tuning が点灯します。

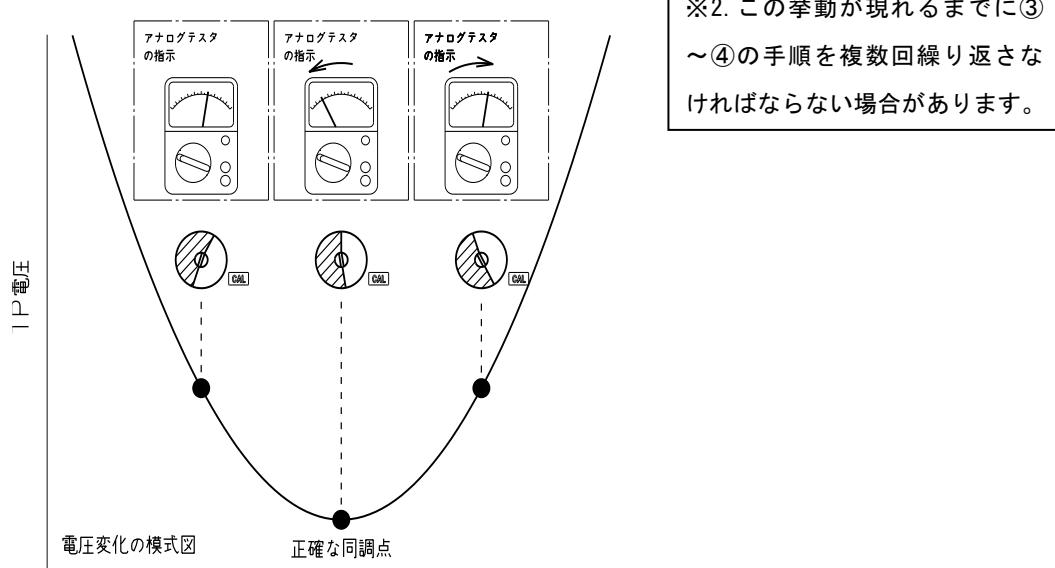


- ④ SENS を時計方向に回し、TP 電圧を 10VDC に調整します。Output、Tuning と共に点灯します。



- ⑤ CAL をゆっくりと反時計方向に回します。アナログテスターの電圧指示は左(低)に振れた後、右(高)に振れる挙動を示します。(※2.)

電圧指示値ががもっとも低いときの CAL の位置が正確な同調点位置です。CAL を正確な同調点位置に調整してください。



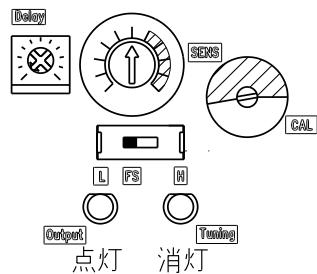
以上でアナログテスター電圧同調調整は終了です。7-3-3. 感度調整手順に進んでください。

B. LED 輝度同調調整

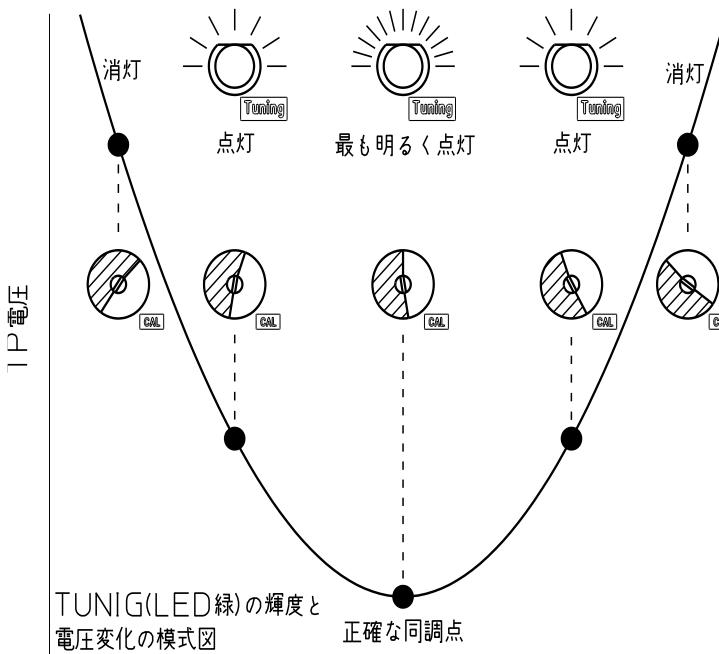
NOTE この方法は Tuning (LED 緑) の点灯、輝度の強さを目視して同調調整を行います。

アナログテスターを使用しないで調整できますが、輝度による調整のため、少しひらがな調整となります。

- Delay を左 min. (遅延タイマ 0.5 秒) 、SENS を 12 時方向に CAL を黄色半円板端が上側水平となる方向、FS を L(左)側にしてください。Output は点灯、TUNING は消灯となります



- VC をゆっくりと反時計方向に回します。TUNING (LED 緑) が点灯し始め、さらに明るくなり、その後次第に暗くなり消灯します。もっとも明るく点灯する時の CAL の位置が同調点です。Tuning (LED 緑) が最も明るく点灯する CAL の位置に調整してください。



以上で LED 輝度同調調整は終了です。7-3-3. 感度調整手順に進んでください。

7-3-3. 検出感度調整

検出感度調整は、SENS の設定で行います。

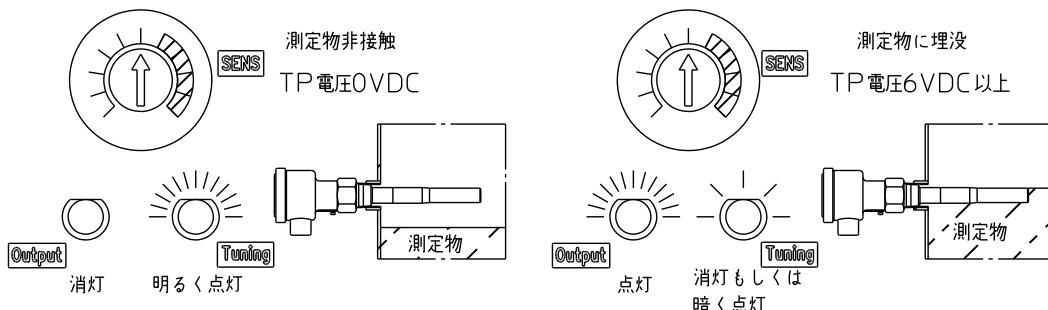
NOTE TP 電圧の確認はアナログ/デジタルどちらのテスタでも問題はありません。

VR の赤色範囲は検出電極に測定物が接していない状態でも、TP 電圧 DC5V 以上となり、出力信号を発生します。赤色範囲以外が設定可能範囲となります。



A. 基本調整

- ① SENS を 12 時方向にします。
- ② 測定物が検出電極から 50mm 以上離れている状態で、TP 電圧が 0VDC、Output (LED 赤) が消灯、Tuning (LED 緑) が明るく点灯していることを確認します。
- ③ 検出電極が測定物に埋没したときに、TP 電圧 6VDC 以上、Output (LED 赤) が点灯することを確認します。Tuning (LED 緑) は消灯もしくは暗く点灯します。

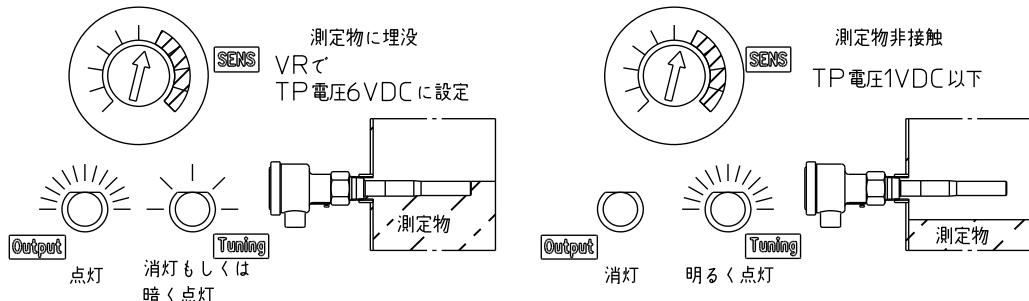


上記①～③の状態であれば、SENS12 時方向の設定で検出感度調整は終了です。③で TP 電圧 5VDC 以下、Output (LED 赤) が点灯しないときには B. の調整を行ってください。

B. 測定物によるキャパシタンス変化量が小さな場合の設定

A. -③で検出電極が測定物に埋没しても TP 電圧が 5VDC 以下、Output (LED 赤) が点灯しない場合の設定方法です。測定物の比誘電率が低く、測定物によるキャパシタンス変化量が小さな場合の設定方法です。

- ① 検出電極が測定物に埋没したときに、SENS で TP 電圧を 6VDC に設定します。
- ② 測定物が検出電極から 50mm 以上はなれたときに、TP 電圧が 1VDC 以下であることを確認します。

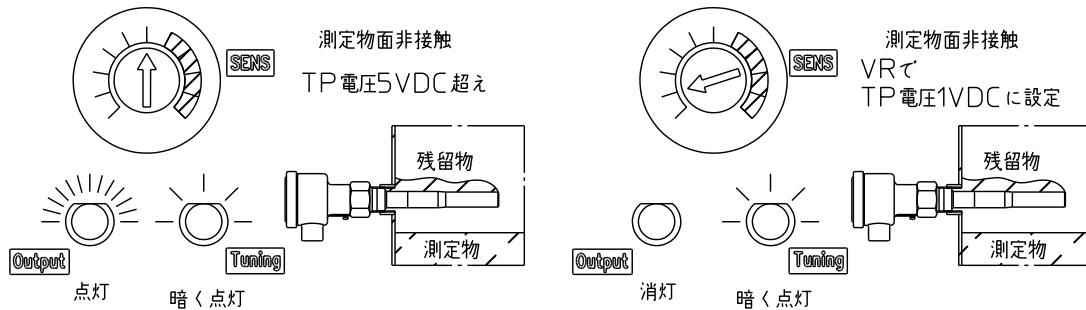


※B. の調整方法で、測定物が検出電極から離れた時に TP 電圧が DC2V 以上であるときには、検出電極の形状変更（大きくしてキャパシタンス変化量を大きく捉えるようにするなど）が必要となります。

C. 付着物、堆積物が残留した場合の設定

検出電極に付着物、堆積物が残留し、測定物面が離れたときにも検出出力状態となったときの設定方法です。

- ① 測定物面が検出電極から離れたときに VR で TP 電圧を DC1V に設定します。

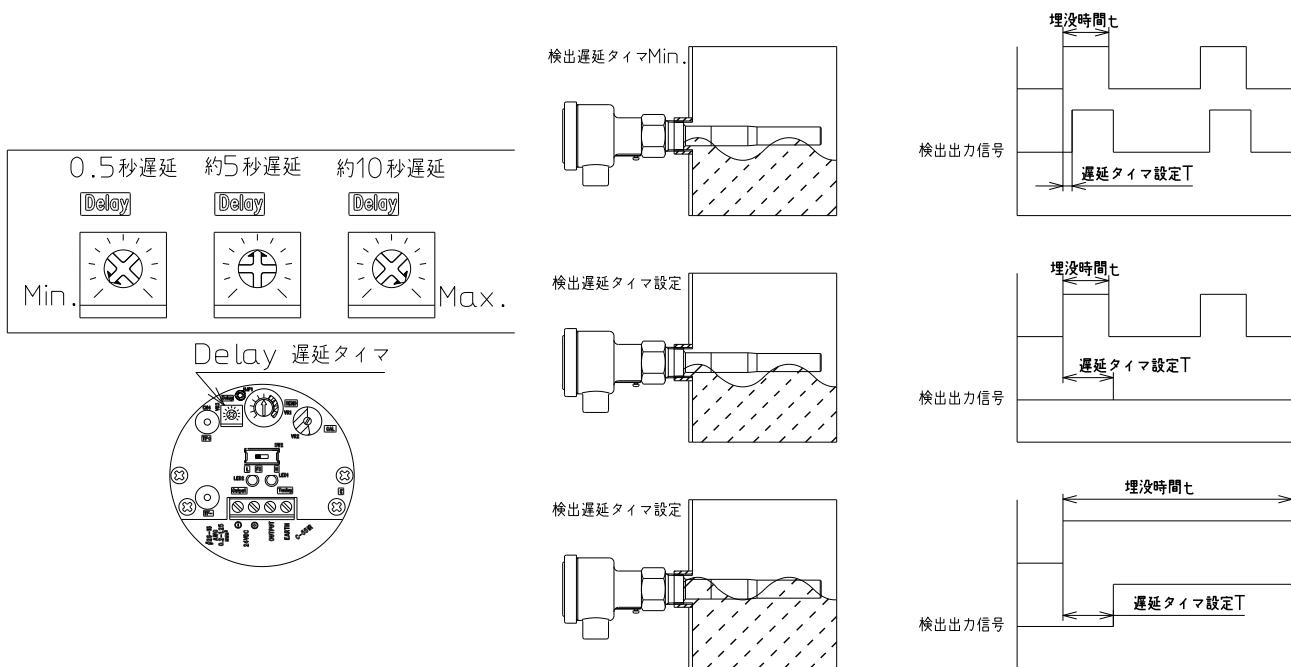


※C. の調整方法で TP 電圧を 1VDC に設定できないときには、検出感度（付属書 3. をご参照ください）を変更する、あるいは検出電極の形状変更（外径を小さくする、絶縁物を長くするなど）が必要となります。

7-3-4. 出力信号遅延タイマの設定

ON 遅延タイマで説明します。

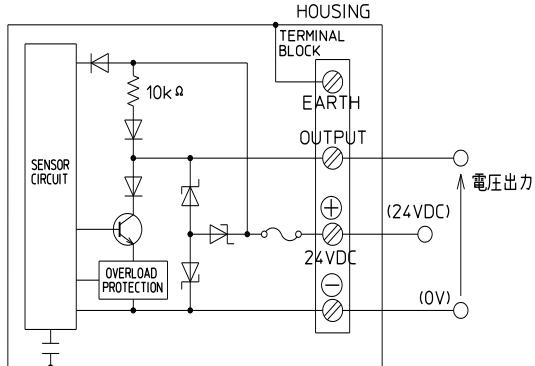
Delay 出力信号遅延タイマを調整すると、測定物を検知してから出力信号を発生するまでの遅延時間を設定できます。測定物が動搖して、出力信号が短周期で繰り返し ON/OFF を発生すること（チャタリング）を防止するときに設定してください。



7-3-5. フェールセーフ選択スイッチ FS の設定と出力信号接続例

フェールセーフ選択スイッチ FS と Output (LED 赤) の動作、出力信号接続例を以下に掲げます。使用方法に応じて設定してください。

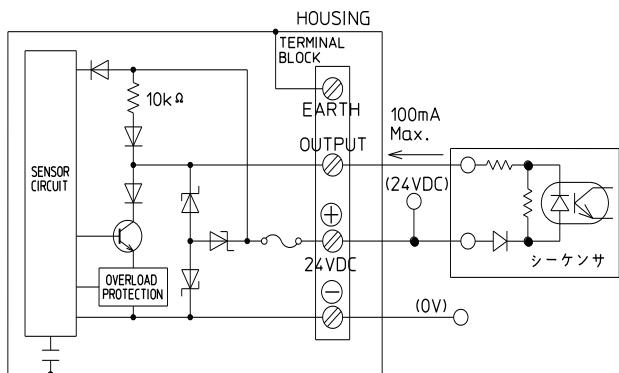
[接続例 1.] 電圧出力で使用



フェールセーフ選択スイッチ FS		
	L (左) 側	H (右) 側
検出状態	出力箇所	
	端子 (-) ~ OUTPUT 間	23.5VDC
非検出	Output (LED 赤)	消灯
		点灯
検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	0.7VDC
	Output (LED 赤)	点灯

検出状態	出力箇所	出力状態
非検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	23.5VDC
	Output (LED 赤)	消灯
検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	0.7VDC
	Output (LED 赤)	点灯
電源 OFF	端子 (-) ~ OUTPUT 間	0VDC
	Output (LED 赤)	消灯

[接続例 2.] NPN 出力で使用 (シーケンサ接続)

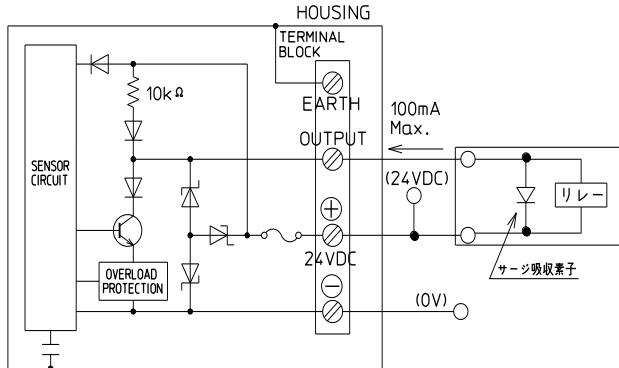


フェールセーフ選択スイッチ FS		
	L (左) 側	H (右) 側
検出状態	出力箇所	
	端子 (-) ~ OUTPUT 間	OFF
非検出	Output (LED 赤)	消灯
		点灯
検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	ON

検出状態	出力箇所	出力状態
非検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	OFF
	Output (LED 赤)	消灯
検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	ON

検出状態	出力箇所	出力状態
電源 OFF	端子 (-) ~ OUTPUT 間	OFF
	Output (LED 赤)	消灯

[接続例 3] NPN 出力で使用 (リレー接続)



フェールセーフ選択スイッチ FS		
	L (左) 側	H (右) 側
検出状態	出力箇所	
	端子 (-) ~ OUTPUT 間	OFF
非検出	Output (LED 赤)	消灯
		点灯
検出	端子 (-) ~ OUTPUT 間	ON

検出状態	出力箇所	出力状態
電源 OFF	端子 (-) ~ OUTPUT 間	OFF
	Output (LED 赤)	消灯

 指示 サージ吸収素子を取り付けてください。

7-4. 完了作業

- ① 7-3-2. で取り外した端子 S (出力信号) の配線を接続してください。
- ② ハウジングカバーをしっかりと締め付けてください。
○ リングがハウジング端面に軽く当たってから、回転角 45° 増し締めしてください。

—以上—

シーエル計測工業株式会社
〒664-0836
兵庫県伊丹市北本町1丁目203番地
Tel 072-764-7437
Fax 072-764-7419

以下付属書

付属書 1. 検出原理

1-1. [誘電率]

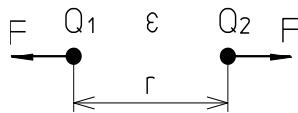
空間内にある帶電した点（点電荷）の相互間に働く力 F は

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon r^2} [N] \quad (\text{ケーロンの法則})$$

で表されます。ここで Q_1, Q_2 : 点電荷の持つ電荷 [C]

ϵ : 空間内の媒質の誘電率 [F/m]

r : 電荷間の距離 [m]



媒質（物質）の誘電率 ϵ は個々に異なります。媒質が真空であるときの誘電率は

$\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12} [\text{F}/\text{m}]$ です。 真空の誘電率 ϵ_0 と他の物質（媒質）の誘電率 ϵ との比

$\epsilon_s = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ を物質（媒質）の比誘電率と呼び、個々の物質（媒質）の誘電率大きさの目安として用います。（あるいは単に誘電率と呼ぶときもあります。これは誘電率と比誘電率の数値の大きさがかけ離れているため、「誘電率 10」という表現で比誘電率 10 のことであると認識できるためです。）

物質（媒質）	誘電率 ϵ [F/m]	比誘電率 ϵ_s
空気	8.856×10^{-12}	1.00059
灯油	1.066×10^{-11}	1.8
鉱物油	1.860×10^{-11}	2.1
メチルアルコール	3.321×10^{-10}	37.5
水	7.084×10^{-10}	80

表. 誘電率、比誘電率の参考例

1-2. [静電容量]

2 個の導体間に誘電率 ϵ の媒質があり、一方の導体に $+Q$ を与え、他方の導体に $-Q$ の電荷が誘起され、2 つの導体間の電圧が V [V] になったとすると Q は V に比例し、 $Q=CV$ となります。

比例定数 C を静電容量、あるいはキャパシタンスと呼び、誘電率に比例します。

$$C = \frac{Q}{V} [F] \propto \epsilon$$

〈参考例. 同心の内柱～円筒間の静電容量〉

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \text{ [F/m]}$$

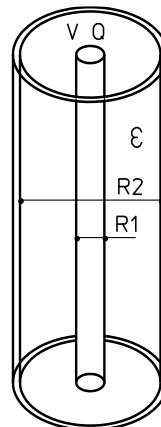
ϵ : 媒質の誘電率 [F/m]

R_1 : 円柱の外径 [m]

R_2 : 円筒の内径 [m]

V : 内筒の外筒に対する電圧 [v]

Q : 円筒の単位長さあたりの電荷 [C]



媒質の誘電率 ϵ が大きくなると静電容量(キャパシタンス)C は大きくなることになります。これより、「静電容量 C が大きくなったことがわかれれば、誘電率 ϵ の大きな媒質に変わったことを知ることができます。」ということになります。

1-3. [コンデンサ]

2つの導体間に媒質を介在させることで、静電容量Cを持った構造をコンデンサと呼びます。静電容量式レベルスイッチの電極部は検出電極が一方の導体、自身のアース電極やタンクアースが他方の導体となるコンデンサ構造となっています。検出電極周囲の媒質が変われば(媒質の誘電率 ϵ が変われば)電極部の静電容量 C が変わることになります。

1-4. [抵抗率]

個々の物質(媒質には)は電気の通しやすさに違いがあり、単位断面積、単位長さあたりの電気抵抗 ρ (抵抗率 [$\Omega \cdot m$]) であらわされます。

物質(媒質)	抵抗率 ρ [$\Omega \cdot m$]
希硫酸 30%	1.37×10^{-2}
普通水	10
純水	1×10^5

表. 抵抗率の参考例

静電容量式レベルスイッチの電極部の検出電極～アース間の抵抗値は、検出電極周囲が空気の時にはほぼ ∞ [Ω]、何らかの媒質のときには小さくなります。これより、抵抗値の変化でも媒質の違いを知ることができます。

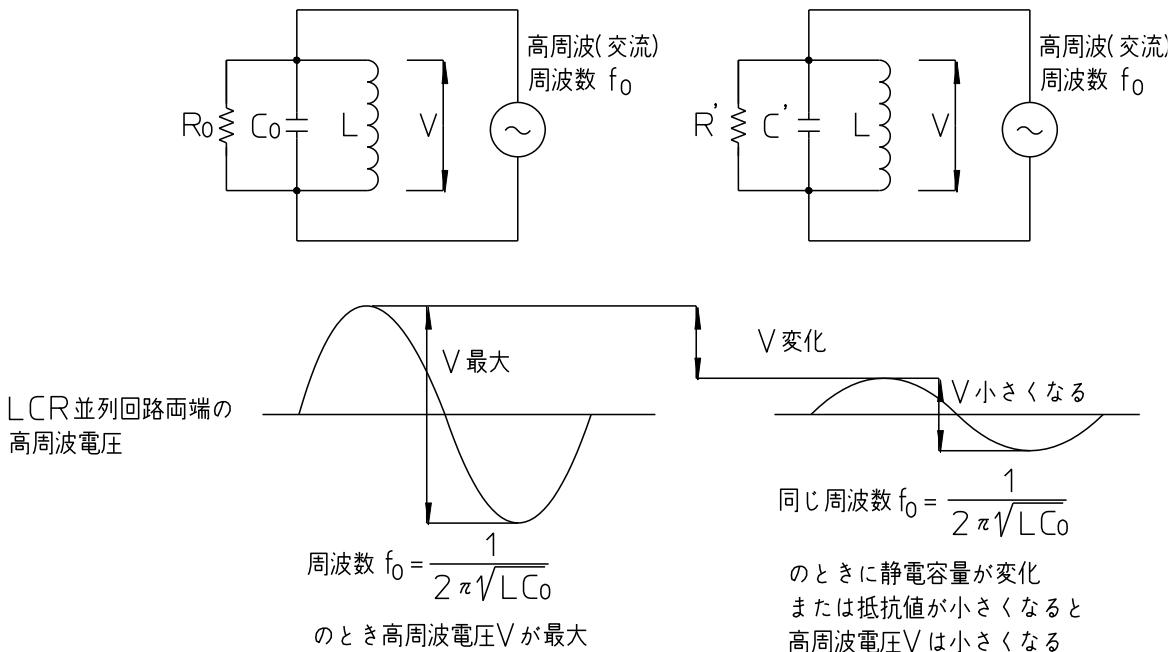
付属書 2. 検出回路原理

2-1. [LCR 並列回路]

インダクタンス L [H]、静電容量(キャパシタンス) C_0 [F]と抵抗 R_0 の並列回路の両端に交流電圧を加えると、交流の周波数が $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_0}}$ [Hz] (共振周波数) のときに L, C_0, R_0 の並

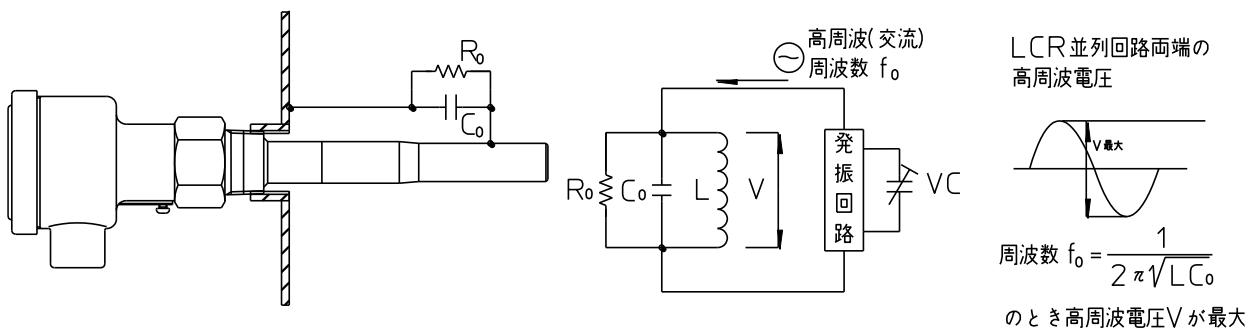
列回路両端のインピーダンス Z が最大となり、両端の交流電圧 (並列共振電圧) V は最大となります。周波数 f_0 の交流を並列回路に加えているときに、静電容量が変化する、あるいは抵抗が小さくなると、並列回路のインピーダンスは周波数 f_0 の交流に対して小さくなり、並列回路両端の電圧は小さくなります。

これにより、静電容量、あるいは抵抗が変化したことを、電圧の変化で知ることができます。



2-2. [静電容量式レベルスイッチ並列共振型の動作原理]

静電容量式レベルスイッチ並列共振型は、検出電極とアース (容器アース及び電極自身のアース) 間で構成されるコンデンサ C と抵抗 R を、インダクタンス L との並列回路にする回路構成となっています。検出電極とアースで構成されるコンデンサの静電容量が C_0 、抵抗が R_0 とき (タンク内が空、検出電極周囲が空気のとき) に、共振周波数 f_0 の交流を両端に加えると、並列回路両端の交流電圧は最大となります。レベルスイッチ調整時に交流の周波数を f_0 に調整する作業を、「同調調整(あるいは同調を取る)」と呼んでいます。この作業は発振回路の可変コンデンサ CAL を調整する作業です。



検出電極の周囲の媒質が変わると(検出電極が測定対象物に埋没すると)、静電容量が増加し、また抵抗は小さくなります。結果として並列回路両端の電圧が小さくなります。

C-550R型ではこの電圧の変化を反転増幅してTP端子以降に出力し、出力信号トランジスタを駆動して、測定対象物の有・無を知らせます。したがって、TP電圧では、並列共振状態(同調が取れた状態)で低い電圧を、検出電極が測定物に埋没すると高い電圧を示します。

付属書 3. 検出感度

[検出感度]

静電容量式レベルスイッチは空気と測定対象物の静電容量・抵抗差を検出し、測定対象物の有無を知らせる機器です。そのため、微小な静電容量・抵抗変化を検出できる能力を持ち合わせていれば、静電容量・抵抗変化が大きな測定対象物から小さな測定対象物まで検出することができるようになります。

しかし、実際の検出状況、使用目的によっては微小な静電容量・抵抗変化を検出できる能力の機器では不向きの場合があります。

〈例 1. 検出電極表面に静電容量・抵抗変化の大きな測定対象物が付着する場合〉

付着した測定対象物だけで検出状態となります。したがって、測定対象物が検出電極の位置までなくても、「測定対象物有り」の誤った信号を機器は発生します。

〈例 2. 容器内に水と油の 2 層が存在し、水の液面（界面）を検出したい場合〉

水、油どちらの静電容量・抵抗変化でも検出状態となるため、界面を検出できません。

静電容量式レベルスイッチ C-550R-□型は検出回路の定数を変えることによって、静電容量・抵抗に対する検出挙動を変化させることができます。この検出挙動の違いを「検出感度」あるいは「感度区分」と呼んでいます。また、微小な静電容量・抵抗を検出できる感度区分を「高感度」、大きな静電容量・抵抗でないと検出できない感度区分を「低感度」と呼びます。

NOTE C-550R 形は検出感度を変更するためには、部品の交換が必要です。

感度区分	検出状態となる静電容量変化値 [pF]	検出状態となる抵抗値 [Ω]
A	約 1.5 pF 以上	約 100kΩ 以下で検出状態 ただし∞Ω であっても左欄の静電容量変化があれば検出状態
B1	約 3 pF 以上	約 100k~50kΩ 以下で検出状態 ただし∞Ω であっても左欄の静電容量変化があれば検出状態
B2	約 5 pF 以上	約 50k から 30kΩ 以下で検出状態 ただし∞Ω であっても左欄の静電容量変化があれば検出状態
C	約 200 pF 以上	約 2k~200Ω 以下で検出状態 ただし∞Ω であっても左欄の静電容量変化があれば検出状態
D	約 4000 pF 以上	約 500~2Ω 以下で検出状態 ただし∞Ω であっても左欄の静電容量変化があれば検出状態

表. 感度区分による検出挙動の違い

この感度区分を利用すれば前述の<例 1.>、<例 2.>の問題を解消することができます。

<例 1.>付着物の静電容量・抵抗で検出状態にならず、測定対象物が検出電極に接したときの静電容量・抵抗で検出状態となる感度区分を選定します。

<例 2.>油による静電容量・抵抗で検出状態にならず、水が検出電極に接したときの静電容量・抵抗で検出状態となる感度区分を選定します。

感度区分と測定対象物例の模式図を以下に掲げます。

