

レベルセンサ ハンドブック

Level Sensor Handbook

目次 Contents

1 レベルセンサとは	3	8 レーザ式レベルセンサ	33
1.1 はじめに	3	8.1 原理	33
1.2 FA用とPA用レベルセンサの違い	4	8.2 構造	35
1.3 レベルセンサの種類	5	8.3 選定方法	35
		8.4 注意点	38
2 電極式レベルスイッチ	7	9 光式レベルスイッチ	39
2.1 原理	7	9.1 原理	39
2.2 構造	7	9.2 構造	39
2.3 選定方法	8	9.3 選定方法	40
2.4 注意点	9	9.4 注意点	40
3 フロート式レベルスイッチ	11	10 ガイドパルス式レベルセンサ	41
3.1 フロートガイドパイプ式レベルスイッチ	11	10.1 原理	41
3.2 傾斜フロート式レベルスイッチ	13	10.2 構造	43
3.3 ボールフロート式レベルスイッチ	15	10.3 選定方法	43
		10.4 注意点	44
4 静電容量式レベルセンサ	17	11 レベルセンサの選定例	45
4.1 静電容量式レベルスイッチ	17	12 メンテナンス方法	46
4.2 静電容量式レベル計	20	13 トラブル解消事例	48
4.3 静電容量式近接スイッチ	22	13.1 電極式のトラブル事例	48
5 超音波式レベルセンサ	24	13.2 フロート式トラブル事例	48
5.1 反射式超音波レベル計	24	13.3 超音波式トラブル事例	49
5.2 透過式超音波レベルスイッチ	26	13.4 静電容量式トラブル事例	49
6 振動式レベルスイッチ	27	13.5 差圧式トラブル事例	49
6.1 音叉式レベルスイッチ	27	13.6 振動式トラブル事例	50
		13.7 光式トラブル事例	50
7 差圧式レベルセンサ	30	ガイドパルス式レベルセンサ FLシリーズのご紹介	51
7.1 原理	30		
7.2 構造	31		
7.3 選定方法	32		
7.4 注意点	32		

1 レベルセンサとは

1.1 はじめに

レベルセンサのレベルとは、容器やパイプに入っている液体や粉などの高さのことです。例えば、コップの水の量を言うとき、「8分目」や「半分ぐらい」と言います。「150mℓ」とか「100mℓ」とはあまり言いません。コップのように高さと内容物の量が比例しているとき、高さで示す方が便利な場合があります。その高さを「レベル」と言います。

もう少し具体的にレベルで示す例を挙げます。日常、コンビニやスーパーなどで食料品やシャンプー、洗剤などの日用雑貨の買い物をするとき、レベル売りは見かけたことはありません。肉100gは売っていますが、肉・袋1/2と言って買うことはできません。時々、セールで袋・詰め放題がありますが、それはあくまで特別な例で、マヨネーズ・ポテトチップ・砂糖・ビールなどすべて重さで売っています。

では、身の回りの液体や粉末のレベルをはかるものにはどのようなものがあるのでしょうか。家の中を例に挙げてみたいと思います。水回りに沢山あります。

【キッチン周辺】

■料理用計量カップ。酒・しょうゆ・みりんなどの量を測ります。重さではなくレベルです。



■炊飯器のお釜の目盛。お米を入れて水の量を調整します。ですが、重さは測っていません。レベルをはかっています。



■ポットの湯の目盛。これは外からポット内の湯量がわかる優れたものです。これも重さではなく、ポット内のレベルを測っています。



■大さじ、小さじ。これはレベルではありません。大さじ1、小さじ1などと言いますので、量を管理する分類にすべきです。

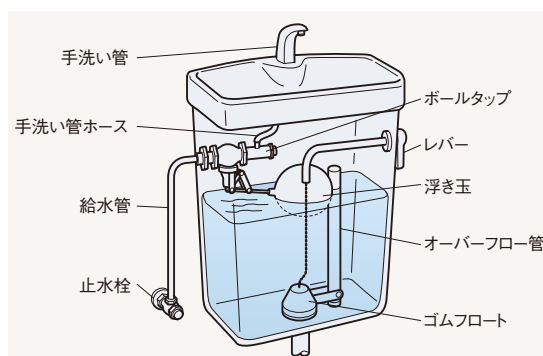


■計り。これは重さです。レベルではありません。



【トイレ】

■水洗式トイレは、タンクに水が溜められています。水を流すと自動的に満タンまで溜まってストップします。タンクの中にフロートバルブと言う浮きによって水の栓を自動的に締める仕組みがあるからです。



【その他】

■風邪や、のどが痛いときに飲む、飲み薬。この容器には横に目盛が振られています。



以上が家庭で見かけるレベルを測定する物の例です。

これから紹介する工業用のレベルセンサは、レベルを測る装置です。容器内のレベルの空や満タンなどのポイントを検出するセンサをレベルスイッチ、容器内のレベルを連続で出力するセンサをレベル計と言います。この冊子では、以降、この呼び方で統一します。

1.2 FA用とPA用レベルセンサの違い

レベルセンサはFA(Factory Automation)用とPA(Process Automation)用があります。使用環境の区別で、屋内用か屋外用とも言えます。

FA用(屋内用)はマシニングセンタのクーラントタンクのレベル監視、油圧装置の作動油タンクのレベル監視など、空焚きやオーバーフロー防止に使います。

一方PA用(屋外用)は原油貯蔵タンクや穀物用サイロなどの残量を測定します。タンクやサイロ内の残量を連続的に測定して使用します。

表1-1 まとめ

分類	目的	出力	測定距離	仕様	防爆
FA用(屋内)	上下限制御	接点出力	～2m	DC電源	なし
PA用(屋外)	連続モニタ	アナログ電流/電圧、通信機能	60m以下	2線式	あり

この冊子ではFA用(屋内用)のレベルセンサについて紹介します。

1.3 レベルセンサの種類

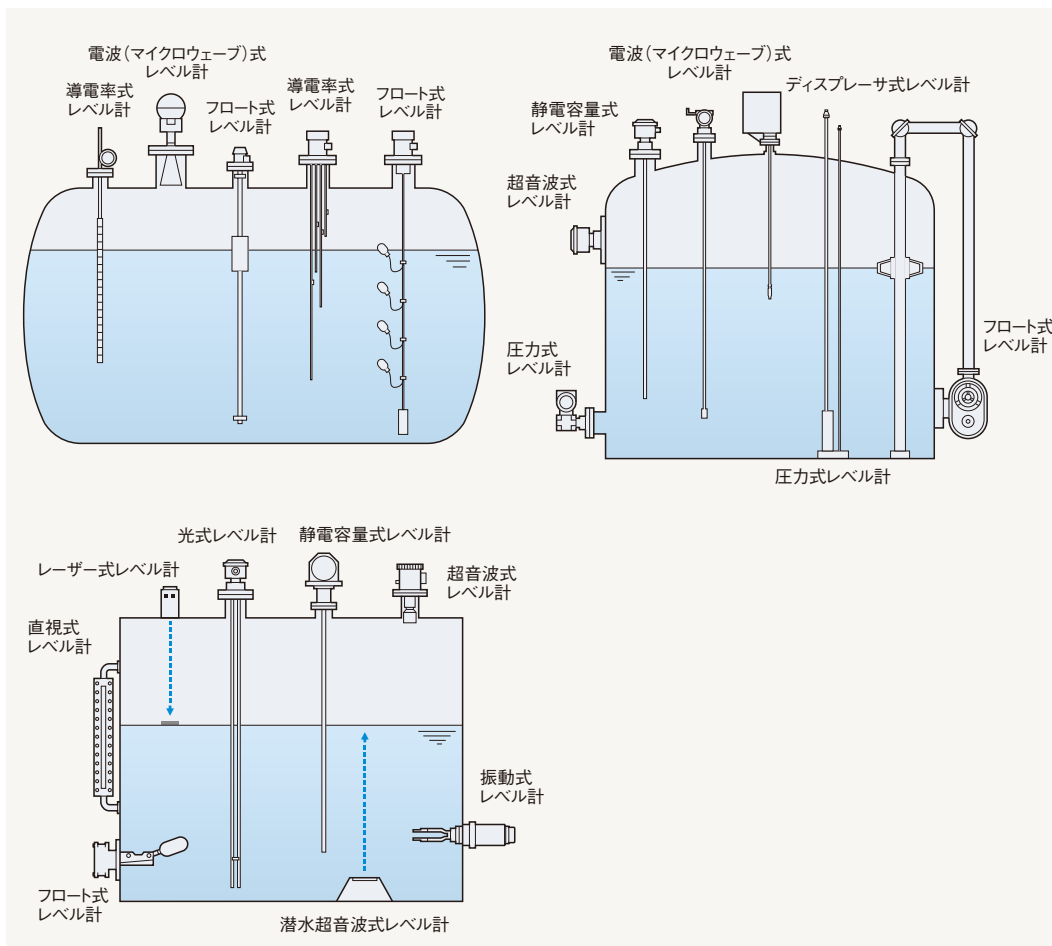
レベルセンサには様々な種類があります。それぞれ、長所短所がありますので、原理を理解して用途にあわせて使うことをお勧めします。次項から紹介する方式には右列に○をつけています。

表1-2 レベルセンサの種類

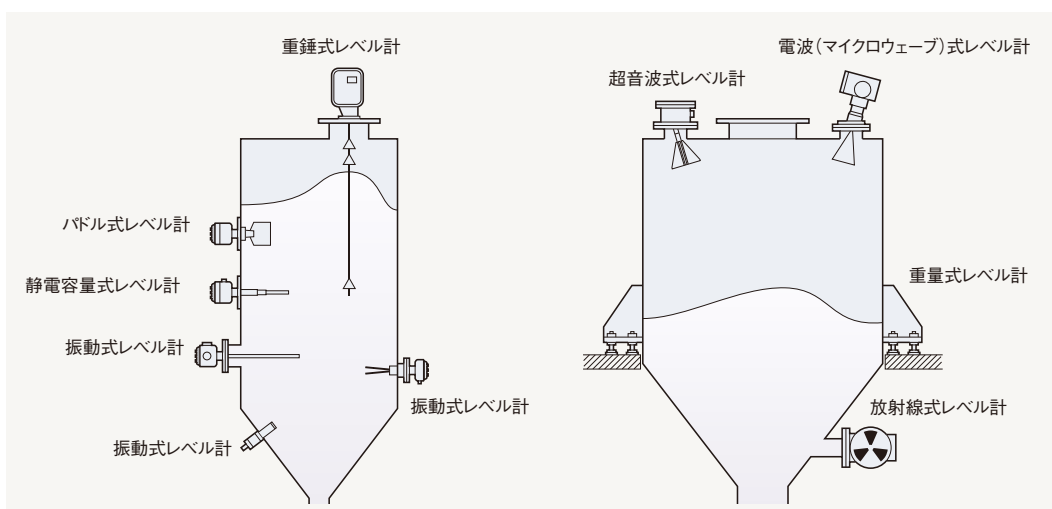
接触	可動部	方 式	原理説明	メンテ	長 所	短 所	紹介
する	有	フロート	浮きの浮力を利用して、浮き内の磁石によって、マグネットスイッチを開閉する。	必要 大変	値段が安い。液体の電気特性に依存しない。	つまり。粘度が高い液体は不向き。	○
		ディスプレイサー式	ワイヤー付きフロートを液面に浮かべ、ワイヤーの長さを測る。	必要 大変	液体の電気特性に依存しない。連続値が低価格で測れる。	構造が複雑。付着、固着に弱い。	
		サウンジング	錘をワイヤーでつりさげ、粉体面に着地したときの、張力変化で測定。	必要 大変	粉じんに強い。環境性が高い。	液体の測定はできない。	
		パドル	堆積物により羽根の回転が拘束されるのを検出する。	必要 大変	値段が安い。	液体の測定はできない。	
	なし	電極式	電極間に電圧を印加して、液体の有無による電流の流れで検知する。	必要 やや楽	値段が安い。1台で複数点検出できる。	導電性の液体のみ。絶縁性の汚れに弱い。	○
		静電容量式	電極間に生じる静電容量の変化を検出する。	必要 やや楽	構造がシンプル、粘度の高い液体にも対応。	空タンク調整が必要。液体の温度変化に弱い。	○
		差圧式	タンク内の液体の圧力を測定する。	必要 大変	値段が安い。液体の電気特性に依存しない。	液比重の変化に弱い。泡・汚れに弱い。	○
		ガイドパルス	ガイドプローブ上の信号が液面で反射して戻ってくるまでの時間を測定。	不要	構造がシンプルで、液体の種類を選ばず、メンテフリー。	接触式であるため、クリーン度が要求される用途には不向き。	○
		光 式	投受光素子を対向させて、光の透過を検出します。	必要 大変	界面検知ができる。液体の電気特性に依存しない。	エマルジョン、泡に弱い。透明な液体ができない。	○
		振 動	検出ロッドを振動させ、検出物が接触することで、振動数の変化を検出する。	必要 大変	発泡スチロールの様な比重の軽い物まで測れる。	粘度の高い付着物に弱い。	○
しない	なし	超音波	超音波が、液面から反射して戻ってくるまでの時間を測定。	必要 やや楽	非接触で測定可。液体の種類に依存しない。	結露に弱い。障害物に弱い。	○
		電波式	電磁波が、液面から反射して戻ってくるまでの時間を測定。	なし	非接触で測定可。耐環境性に強い。	値段が高い。大きい、重い。スポット径が大きい。	
		レーザー式	半導体レーザーを使い、光の液面からの反射を利用して測定。位相差、TOF、三角測距方式がある。	必要 楽	スポット径が小さいため、タンク内の障害物の影響を受けない。	値段が高い。レーザーの安全管理が必要。	○
		放射線	ガンマ線の透過と吸収を利用する。	必要 大変	有毒、高温、腐食性の高い悪環境でも使用できる。	人体への危険性がある。	
		重 量	タンクごと重量を測定する。	なし	タンク内の影響を受けない。	泡などの液比重の変化に弱い。	
		直視式	目視にて確認	必要 大変	最も低価格。	汚れたら掃除が必要。自動化できない。	

以下に取り付け例を示します。液体用のレベルセンサはタンク上部からの取り付け例が多く、
粉体用レベルセンサは横からの取り付け例が多い傾向です。

例) 液体用レベルセンサの取り付け例



例) 粉体用レベルセンサの取り付け例

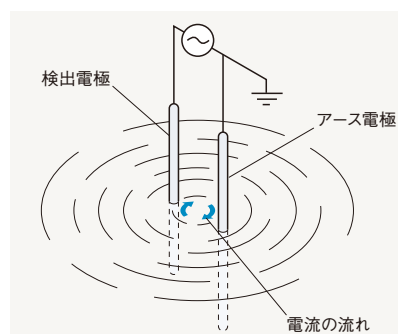


2 電極式レベルスイッチ

電極式レベルスイッチは別名導電率レベルスイッチとも呼ばれ、可動部のない電氣的なレベルセンサとして、鉄鋼・食品・化学・薬品・半導体などの諸工業や農業水・浄水場・汚水処理などの液面制御に汎用的に幅広く使用されています。

2.1 原理

■アース電極と検出電極間に交流電圧を印加します。電極間が液体に接触していない状態では電流は流れません。液体に接触すると電流が流れます。この電流の“流れる／流れない”を検出して出力を制御します。従って、導電性の液体のみ検出することが可能です。



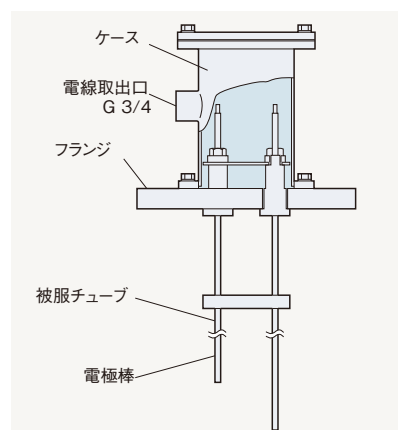
■電極棒の表面積、距離、浸水長さ、そして液体の固有抵抗により電極間の抵抗値が決まり、流れる電流が決まります。レベル制御するための基準抵抗範囲が決まっています。

2.2 構造

■電極保持部、プロセス接続、電極棒、リレーユニットで構成されています。リレーユニット以外は電子部品は存在しません。可動部がなく、シンプルな構成です。

■リレーユニットは、液体の電気抵抗に合わせて感度設定が切り換え可能になっており、最初の設置時に感度設定を行います。

■検出電極を検出したい液面レベル(高さ)に合わせて切断します。複数接点必要な場合は、検出電極を複数本接続できる電極保持部を用意し、それぞれ検出したい液面レベルの高さに長さを合わせます。



■液体の流れや振動などによる電極棒同士の接触を防ぐため、およそ1m間隔ごとにセパレータと呼ばれる絶縁板が必要です。

■付着物などによる誤動作を防止するため、電極の先端以外は絶縁チューブで覆われているタイプもあります。

■電極材質を液体の腐食性により、ステンレス、ハステロイ、チタンなど自由に選択できます。

2.3 選定方法

【電極棒の選定】

■ 電極棒の材質を液体の腐食性に合わせて選定します。濃度や温度によっては電極の耐食性が異なるため注意が必要です。

表2-1 金属材料の耐食表(例)

水溶液			電極棒				
種 類	濃度[%]	温度[℃]	SUS304	SUS316	チタン	HASB	HASC
亜硫酸 H_2SO_3	6	30	E	C	A	B	B
硫 酸 H_2SO_4	10	30	E	C	E	A	A
	60	30	E	E	D	B	C
塩 酸 HCl	10	30	E	E	E	C	C
	37	30	E	E	E	C	E
クロム酸 CrO_3	20	30	C	B	A	B	B
硝 酸 HNO_3	10	30	B	A	A	D	A
	68	30	C	C	A	D	D
フッ化水素 HF	5	30	E	E	D	D	C
リン酸 H_3PO_4	10~85	RT	B	B	C	B	C
酢 酸 CH_3COOH	5~50	RT	A	A	A	A	A
	100	RT	A	A	A	A	A
ギ 酸 $\text{H}\cdot\text{COOH}$	全	BP	D	D	D	A	A
アセトン $\text{CH}_3\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_3$	全	RT	B	B	A	A	A
アンモニア NH_3	100	100	C	C	A	B	B
	10	BP	C	B	B	B	C
苛性ソーダ NaOH	30	60	A	A	B	A	B
	50	65	B	A	C	A	C
塩化ナトリウム NaCl	25	BP	C	B	A	B	B
塩化第二鉄 FeCl_3	30	RT	E	E	A	E	B

注1 RT:室温 BP:沸点

注2 A:耐食性十分 B:耐食性あり、浸食率は0.8mm/年 C:耐食性劣る、浸食率は1.8mm/年 D:耐食率大きく、使用不可 E:耐食性なく、使用不可

■ 電極間が導電性のゴミなどで導通してしまう場合、絶縁チューブタイプの電極を使用します。

■ 接点数や測定レンジによって電極の本数、長さを決定します。

【電極保持部】

■ 電極棒を何本取り付けかで極数を決定します。最大6極程度です。

■ タンクや槽、排水ピットへの取り付けは、フランジ取り付けかネジ式です。設置方法に合わせて選定します。

【リレーユニット】

■液体の固有抵抗に合わせて、感度タイプを選定します。一般用で制御可能な液体の固有抵抗の最大値は30k $\Omega \cdot \text{cm}$ が限界です。

表2-2 水の固有抵抗(一般的な目安)

種 類	温度[°C]	濃度[%]	固有抵抗	感 度
水道水			5~10k $\Omega \cdot \text{cm}$	標準
井戸水			2~5k $\Omega \cdot \text{cm}$	標準
川 水			5~15k $\Omega \cdot \text{cm}$	標準
雨 水			15~25k $\Omega \cdot \text{cm}$	標準
海 水			0.03k $\Omega \cdot \text{cm}$	低感度
下 水			0.5~2k $\Omega \cdot \text{cm}$	標準
蒸留水			250~300k $\Omega \cdot \text{cm}$	高感度
苛性ソーダ	15	2.5~42	0.003~0.01k $\Omega \cdot \text{cm}$	低感度
塩 酸	15	5~40	0.001~0.003k $\Omega \cdot \text{cm}$	低感度

【使用環境】

使用温度は概ね-20~60°Cの範囲で使用可能です。ただし、氷の検出はできません。

2.4 注意点

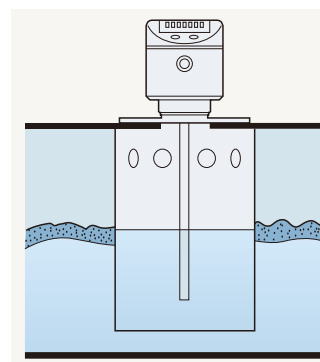
【付着物】

■液体に油分が混入する場合や、カルキなどが付着する場合、電極に絶縁被膜を形成することがあります。その場合、正常に動作しないことがあり定期的な清掃が必要です。



【波立ち・泡】

■液体の波立ちや泡がある場合は、防波管の設置が必要です。防波管と電極棒の接触を防ぐため、パイプ材質は樹脂性が好ましく、パイプ上部には空気孔をあける必要があります。



【粘性の液体】

- 粘度の高い付着性のある液体の場合、電極間がブリッジしてしまうため正確なレベルが検出できません。使用は避けた方がよいでしょう。

【液体の変化】

- 段取り変えや濃度の変化等で液体の電気抵抗が変わる場合、検出できなくなることやレベルに誤差を生じることがありますので注意が必要です。

【腐食性の液体】

- 腐食性のある液体の場合、電極の腐食状況を定期的に確認します。腐食が激しいときは電極の交換をします。



【結露】

- 結露により電極の根元で導通してしまうことがあります。その場合、ウエス等で定期的に水分をふき取る必要があります。

【周辺機器】

- 周辺機器から液体に電流が流れている場合は、機器が損傷する恐れがあり注意が必要です。

【設置環境】

- タンクの壁や底に電極棒が接触しないように距離をあける必要があります。

3 フロート式レベルスイッチ

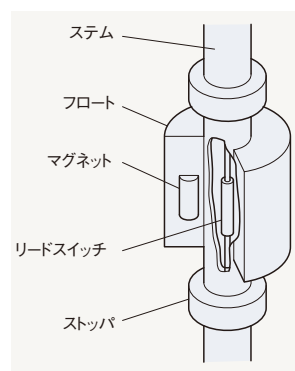
フロート式レベルスイッチは、液面に浮かべた浮子(フロート)の位置により液面のレベルを検出するセンサです。液体の導電率や比誘電率などの電気的特性には依存しません。構造が簡単で安価なため古くから使用されてきたレベルセンサです。ここではフロート式レベルスイッチの中でも代表的な、フロートガイドパイプ式・傾斜フロート式・ボールフロート式を紹介します。

3.1 フロートガイドパイプ式レベルスイッチ

広義のフロート式レベルスイッチには縦ざしと横ざし、両タイプあります。フロートガイドパイプ式は縦ざしタイプのみです。タンク上部に取り付け、フロートの数を増やせば、1台で多点のレベルを検出することができます。

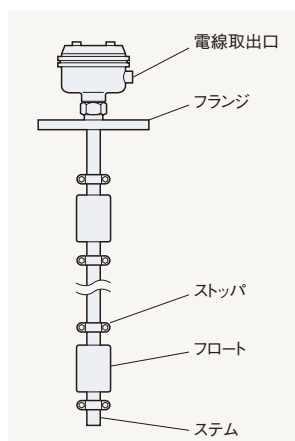
3.1.1 原理

■フロート内部にマグネット、ステム内にリードスイッチがあります。液体の浮力によってフロートが上下し、フロートが磁気駆動型スイッチの高さに来ると、リードスイッチがONします。



3.1.2 構造

- 端子ボックス、プロセス接続、フロート、ステムから構成されています。
- 液体の腐食性や使用条件により、フロート、ステムの材質を選定します。
- 検出したい液面の高さに応じてストッパの位置を調整します。



3.1.3 選定方法

【材質の選定】

検出する液体の腐食性に合わせて材質を選定します。

表3-1 材質例

項 目	金属製	樹脂製
端子ボックス	ADC12	PVC
フランジ	SUS304、SUS316、SUS316L	PVC、PP
フロート	SUS304、SUS316、SUS316L	発泡NBR、PVC、PP、PFA
ステム	SUS304、SUS316、SUS316L	PVC、PP、PFA

【寸法の指定】

- タンクや槽の深さに応じてステム長さを指定します。
- 液面を制御する接点数や高さに応じて、フロートの位置を指定します。

【リレー接点の指定】

- リレーが液面上昇時ON、下降時OFFなのか、上昇時OFF、下降時ONなのかを選択します。供給の制御か、排水の制御のいずれかによって選択します。

【比重と粘度】

- 液体の比重が軽すぎるとフロートが浮かびません。また、液粘度が高すぎるとフロートが動きません。使用可能な液比重と液粘度を確認する必要があります。

3.1.4 注意点

【付着物】

- フロートとガイドパイプの隙間にスラッジなどが混入すると、フロートが動かず動作不良となります。定期的な清掃が必要です。

【粘性の液体】

- 粘性のある液体はフロートの上下運動を妨げる原因になります。使用することができません。

【磁性体の混入物】

- 鉄粉等の磁性体の金属浮遊物がある液体には使用できません。スイッチがマグネットを利用しており、誤動作する恐れがあるためです。

【強磁界の影響】

- モータや電磁弁など強磁界が発生する機器がそばにあると、誤動作の原因になります。

【波立ち】

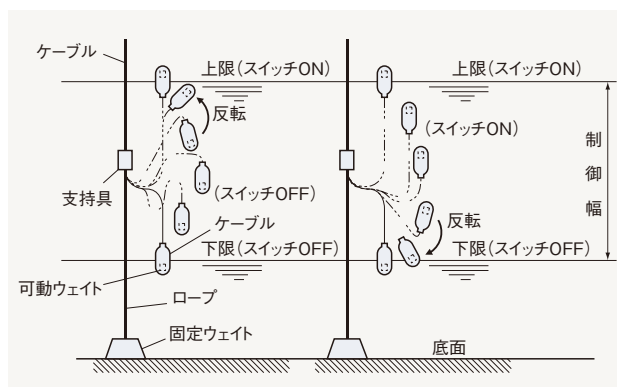
- 給排水口や攪拌機の付近など、液体の流れや波立ちの激しい場所に取り付ける場合は防波管が必要です。

3.2 傾斜フLOAT式レベルスイッチ

主に、下水処理用水や工場排水などのレベル検出に多く使用されます。汚水やスラリー、高粘度の液体にも適しており、悪環境でも使えるため幅広い使用環境で活用されています。

3.2.1 原理

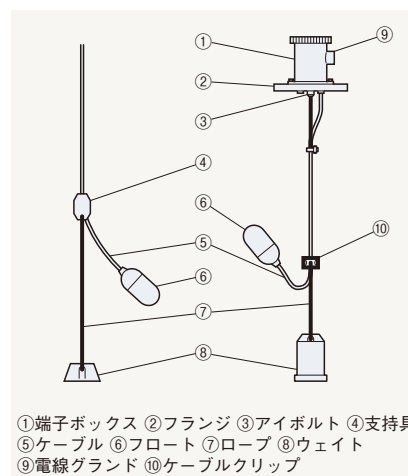
■液面上昇時には、液面に応じてフLOATが上昇し、制御幅の上限になると、フLOATが反転運動を行い、内部の可動ウェイトが動き、リードスイッチを切断します。反対に、液面が下降時には、制御幅の下限になるとフLOATが逆転運動を行い内部の可動ウェイトが動き、リードスイッチが導通します。



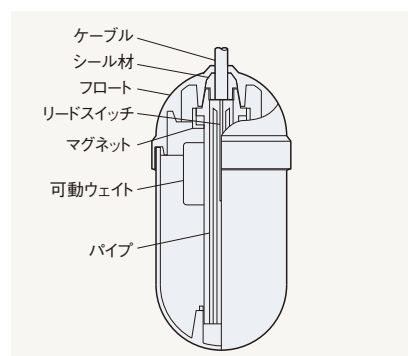
内部の可動ウェイトは上限または下限でしか動かないため、波立ちの影響を受けず、自己保持機能を有するため1台でポンプコントロールを行うことができます。

3.2.2 構造

- 端子ボックス、フランジ、ロープ、ケーブル、フLOAT、ウェイトから構成されています。
- ケーブル部は柔らかく動かななくてはならないため、樹脂製に限定されます。ロープ部はSUS製のワイヤーもあります。
- 1つのフLOATで制御を行う場合は、制御幅に合わせて、ケーブルの長さを調整します。



- フLOATが反転するとき、リードスイッチが入ったパイプ上を可動ウェイトが移動してマグネットと接触します。これによって可動ウェイトがマグネットによって磁化され、パイプ内のリードスイッチが磁気により駆動してON/OFFします。



3.2.3 選定方法

【材質の選定】

- 検出する液体の腐食性に合わせて材質を選定します。

【接点数の選定】

- 液面を制御する接点数に応じてフロートの数を指定します。

【ウェイトの選定】

- フロート数に応じてウェイトの重さを選定します。

3.2.4 注意点

【設置環境】

- ケーブルにつながれたフロートが液面に追従して上下しますが、ケーブルを半径にした範囲内は自由に動き回ります。取り付け場所はそのスペースを確保する必要があり、配管などの障害物に注意します。
- 多点で利用する場合はフロート同士が絡まらないようにケーブルの長さを調整します。
- ウェイトはタンク底に付くようにロープ長を調整します。

【波立ち】

- 給排水口や攪拌機など流れが激しいところはフロートが振り回されるため不向きです。

【強磁界の影響】

- モータや電磁弁など強磁界が発生する機器がそばにあると誤動作の原因になります。

【フロート破損】

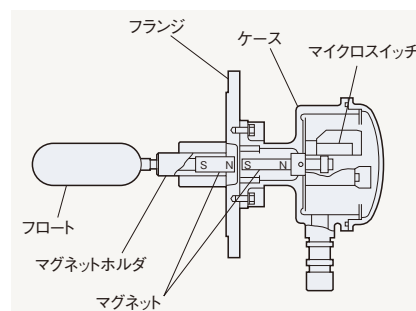
- フロート内部は可動ウェイトやリードスイッチなど精密部品で構成されています。また、内部を液体の侵入から守るため防水・防塵構造となっています。腐食・ひび割れ等で穴があると、破損につながる場合があります。

3.3 ボールフロート式レベルスイッチ

タンク上部に取り付けスペースがない場合などに、タンク側面に取り付けるタイプになります。そのため小型・軽量タイプの種類が多いです。

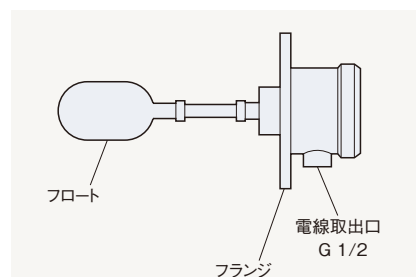
3.3.1 原理

- フロートがアームの支点を中心として上下に回転する構造です。
- 液面がレベルスイッチの中心線より下にあるときには、フロート側が下がっています。液面が上昇しフロートが浮力を受けると、フロートが上がり、フロートに対し支点の反対側にあるマグネット側が下がります。マグネットの動きによる磁界の変化を取り出してスイッチを動作させます。



3.3.2 構造

- 端子ボックス、プロセス接続、アーム、フロートで構成されています。
- フロートの端に取り付けた磁石が、フランジを介して隔壁で遮断された端子ボックス内の磁石と磁気的に結合して、液面の上下変化をマイクロスイッチのON/OFF変化として取り出します。



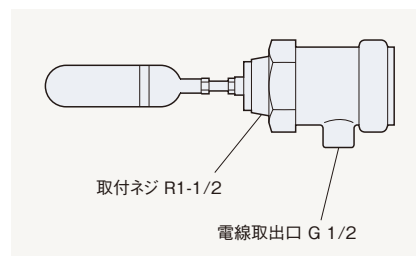
3.3.3 選定方法

【材質の選定】

- 液体の使用条件に応じて接液部材質を選択します。

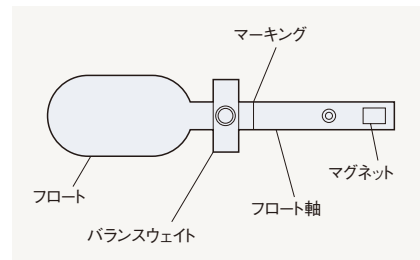
【取り付け】

- プロセスとの接続により、フランジの径、あるいは、ネジの大きさを決めます。
- ネジ式の場合は、フロートの動作方向を合わせて取り付けます。通常、電線取り出し口が下を向いた状態で取り付けると、フロートの上下運動と方向が一致します。



【比重と粘度】

■測定する液体の比重が軽過ぎるとフロートが浮きません。バランスウェイトを調整できるタイプもあります。使用可能な液比重を確認する必要があります。



■粘度が高い液体には不向きです。

3.3.4 注意点

【付着物】

■液体中に鉄粉等が浮遊していると、マグネット周辺に付着し動作不良を起こします。そのような条件での使用はできません。

【強磁界の影響】

■モータや電磁弁など、強磁界が発生する機器がそばにあると誤動作するおそれがあります。

【設置環境】

■給排水口の近くに取り付けると、チャタリングや誤動作を引き起こします。

■フロートの動きを妨げる障害物(パイプ配管など)が無い場所に設置します。

4

静電容量式レベルセンサ

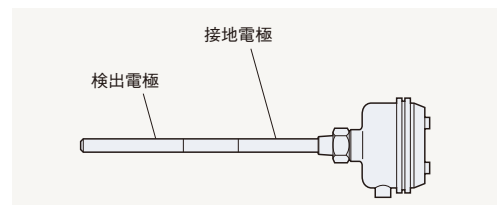
レベルセンサを大別すると可動部が有るものと無いものに分かれていますが、静電容量式レベルセンサは可動部がないレベルセンサの典型的なものであり、古くから普及しているものの一つです。一对の電極間、または一本の電極と金属タンク間の静電容量を検出してレベルを求める方式であって、非導電性や導電性の液体を問わず粉粒体にも使用することができます。

4.1 静電容量式レベルスイッチ

検出部は互いに絶縁された検出電極と接地電極から構成され、この2つの電極間に生じる静電容量の変化から測定物の有無を検出します。粉粒体や塊体、液体など、測定物を選ばないことから、多種多様にわたり使用されているレベルスイッチの1つです。

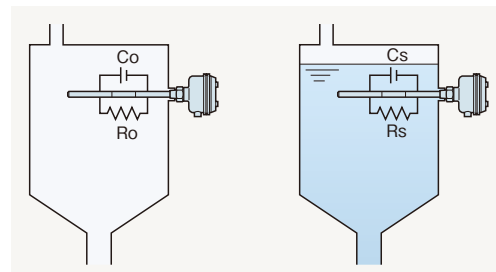
4.1.1 原理

空の時の電氣的な状態と満の時の電氣的な状態の違いからレベル検出を行います。



空の時の検出電極と接地電極間の電氣的な状態は、抵抗値(R_0)が無限大で、静電容量(C_0)は取り付け状態で決まる固有の静電容量値になります。

容器に測定物が入り電極付近が浸ると(満状態になると)検出電極と接地電極間の抵抗値及び静電容量値は R_s 及び C_s に変化します。この変化を捉えてレベル検出を行います。



■ この電氣的变化は測定物によって異なります。

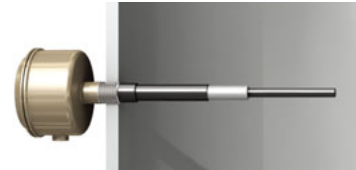
1. 測定物が電気を通さない絶縁性の場合、抵抗はほぼ $\infty \Omega$ で変化はほとんどありません。変化があるのは静電容量のみです。この静電容量の変化を捉えてレベル検出を行います。
2. 測定物が電気を通す導電性の場合、抵抗値が小さくなります。この抵抗の変化を捉えてレベル検出を行います。
3. 測定物の中には絶縁性でも導電性でもない中間的な半導電性の物質もあります。半導電性の物質は抵抗の変化と静電容量の変化の両方が変化します。この変化からレベル検出します。

4.1.2 構造

■ 静電容量式レベルセンサは、電極間の静電容量を回路の一部に取り込むことで発振回路を構成しており、この静電容量の変化を発振周波数の変化として捉えることで検出しています。また、静電容量式レベルセンサの電極は、可動部がないことから構造がシンプルで、様々な形状の検出部を製作することができます。

1. 標準型直棒電極

電極の長さを用途に合わせて選択。条件に合った電極長を選びます。



2. 高感度型直棒電極

測定電極の径を大きくして表面積を広げ、低比誘電率物質を検出します。



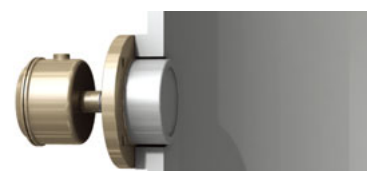
3. 耐熱型直棒電極

温度条件と測定物条件に応じて、絶縁物、パッキンの材質を変更します。放熱フィンで放熱するタイプです。



4. フラット電極

タンク内への出っ張りがなく、攪拌タンク等に便利です。



4.1.3 選定方法

【比誘電率の選定】

■ 検出する物質の比誘電率が小さい場合、電極から得られる静電容量変化 ΔC が大きくなるように、検出電極の径を大きくして表面積を広げたタイプを選択します。

【電極材質の選定】

- 腐食性のある物質を測定する場合、フッ素樹脂を電極に被覆したタイプを選択します。
- 付着性の高い物質を測定する場合、フッ素系の被覆電極を使用したり、取り付け方法を垂直に取り付けたり、あるいは、斜めに取り付けることで付着を回避します。

4.1.4 注意点

【液体の変化】

- 段取り変えや濃度の変化等で液体の電気特性が変わる場合、検出できなくなることやレベルに誤差を生じることがありますので注意が必要です。

【設置環境】

- 垂直取り付けは、液面の高さ変化に対して接触する面積が少なく、検出ポイントで得られる静電容量変化が小さいために検出精度が低下します。水平取り付けの方が、液面の高さ変化に対して、接触する面積が大きく検出ポイントで大きな静電容量変化が得られるため適した設置方法です。
- タンク壁が非金属の場合、タンク壁に手を触れたり水をかけたりすると、誤検出する場合があります。タンク壁に触れた手は測定物に、タンク壁にかけた水は金属壁と同様の状態になるからです。
- 検出電極と攪拌用のプロペラなどの近接する物体の距離関係が変化すると静電容量を変化させて誤検出につながるため、設置場所を変えて遠ざけます。

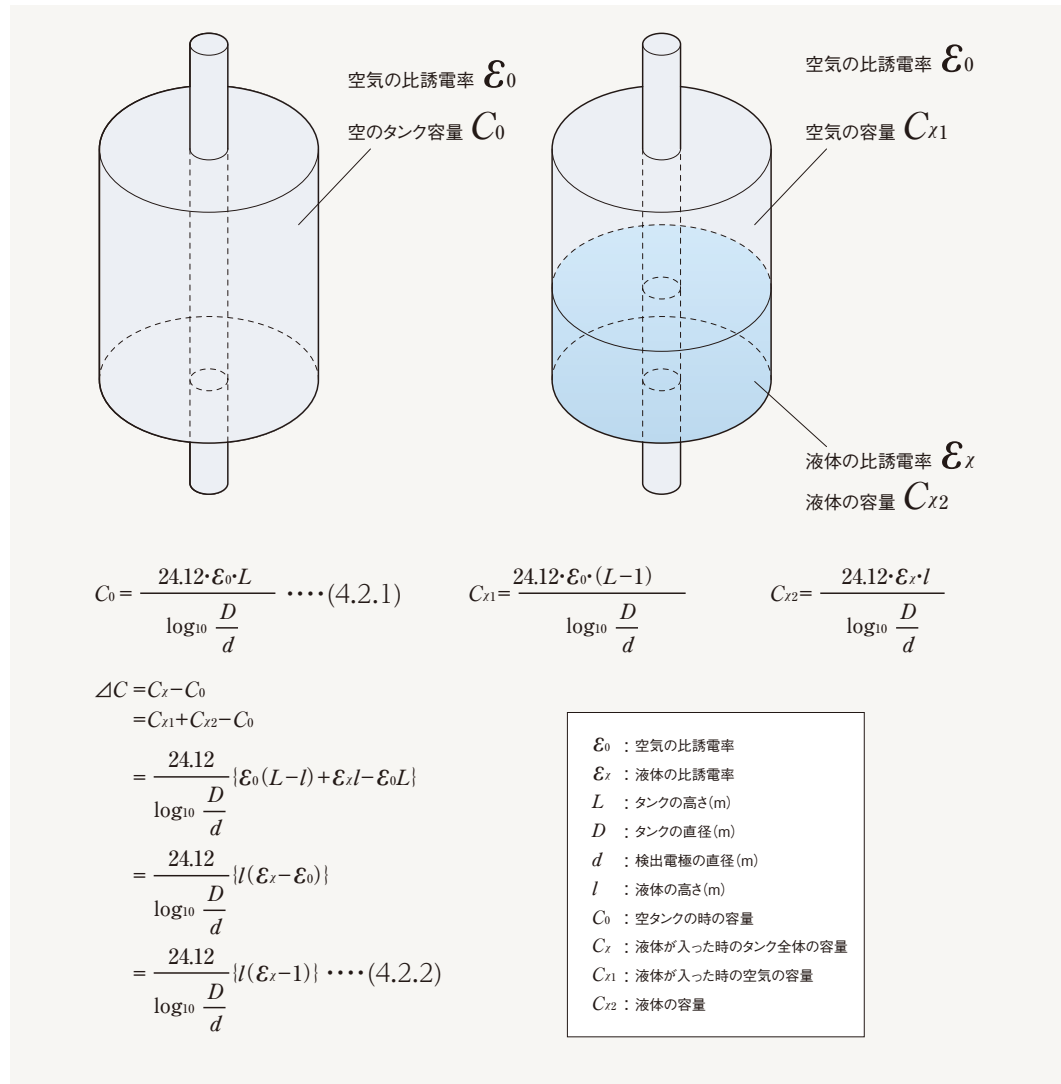
【付着物】

- 水平取り付けは垂直取り付けに対し、付着堆積が生じやすく誤検出する恐れが高まります。水平取り付けの場合、上から見た時の投影面積が大きくなり、付着堆積しやすくなります。斜め下方向へ角度を持たせて付着堆積を極力除いた取り付けが推奨されます。
- タンク内壁への付着が考えられる場合には、接地電極をタンク内壁から10～20mm程度離れるようにプロセス接続及び電極長さを選定します。

4.2 静電容量式レベル計

検出部は互いに絶縁された検出電極と接地電極から構成され、また、接地電極は金属タンク壁に電氣的に導通されます。この検出電極と接地電極へ電氣的に導通した金属タンク壁間に生じる静電容量変化から、測定物のレベルを連続検出するセンサです。

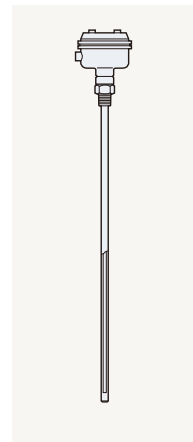
4.2.1 原理



■ 空気の比誘電率を ϵ_0 、タンクの直径をD、高さをL、検出電極の直径をdとすると、空の状態の静電容量 C_0 は式(4.2.1)で表されます。そこに、比誘電率 ϵ_x の液体を高さ l まで満たした場合のタンク全体の静電容量を C_x とすると、その変化 ΔC は式(4.2.2)で表され、液体の比誘電率が一定とすると、高さ l に比例して、静電容量が変化します。この静電容量の変化を発振回路の一部として発振周波数の変化として取り出します。

4.2.2 構造

- 検出回路は検出電極と金属タンク壁との静電容量を回路の一部に組み込んだ発振回路を構成しています。液体の高さによって発振周波数の変化を検出します。
- 検出電極から得られる電気信号は静電容量だけでなく、実際には検出電極と金属タンク間の抵抗成分も含まれます。抵抗成分の変化は発振回路に影響を与えるため、検出回路では周波数を高くして、抵抗成分より容量成分に流れる電流比を大きくして抵抗成分の影響を小さくしていますが、さらにできるだけ抵抗成分の影響をなくすために検出電極を被覆したタイプが多く使用されています。
- 出力信号には4～20mAの電流出力信号を使用するのが一般的な仕様で、リニアライズや2点校正等の信号処理が可能なものもあります。



4.2.3 選定方法

【測定条件】

- 測定する液体に比誘電率の変化がないことが必要最低条件となります。例えば、水の比誘電率は0℃で88、20℃で80、100℃で48と温度によって変化します。液の供給排水や攪拌などで、液体に泡をかむ場合などは、比誘電率がもっとも低い $\epsilon=1$ の空気が混入するため、見かけ上の比誘電率が大きく低下するので注意が必要です。また、液体に油やゴミ・汚れ・切り粉等が混入した場合も比誘電率が変化しますので、十分注意が必要です。

【検出精度】

- 検出電極の両端はリニアリティが低下します。測定レンジが長い場合は、問題になりませんが、測定レンジが短い場合は注意が必要です。検出精度はプローブ長の1%程度ぐらいです。

4.2.4 注意点

【設置環境】

- タンク材質が非金属の場合、タンク壁に手を触れたりタンク壁に水をかけたりすると精度が大きく低下します。タンク壁に手を触れた場合は測定物に、タンク壁にかけた水は金属壁と同様の状態となるためです。よって樹脂タンクの場合は使用をお勧めしません。
- タンク内を攪拌するプロペラなどが検出電極と近接する場合、お互いの距離関係が変わると、測定物のレベルに関係なく静電容量が変化するため安定した検出ができません。設置場所を変える、あるいは金属製のガイドパイプを取り付けるなど対策が必要です。

【比誘電率の小さい液体】

- 油などの比誘電率が小さい液体を検出する場合、発振周波数の変化を大きくとることができないため精度が低下します。

4.3 静電容量式近接スイッチ

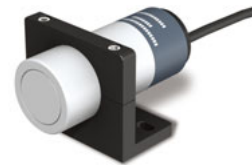
検出感度を上げることで、アクリルやガラス越しに検出することも可能で、小型化が進み、検出部材質も豊富に存在します。

4.3.1 原理

検出部は測定電極のみで構成され、測定物が近接したことで生じる測定電極と測定物間の静電容量変化を検出し、測定物の有無を検出します。粉粒体や液体など測定物を選ばないことから、多種多様な用途に使用されています。

4.3.2 構造

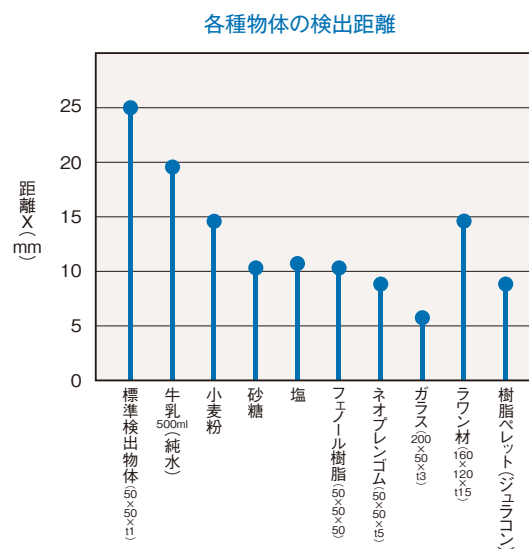
■ 静電容量式近接センサに用いられる検出回路は、検出部により得られる静電容量を回路の一部に組み込むことで発振回路を構成しています。検出部の形状や検出距離、感度調整の有無、シールドの有無など用途によって選択が可能になります。



4.3.3 選定方法

【検出距離】

■ 測定対象物によって、検出距離が変わるため、特性データを見て決めます。



【電源仕様】

■ DC 電源用、AC 電源用、2 線式、3 線式など、使用用途に合わせて選択します。

4.3.4 注意点

【設置環境】

- 設置周囲が金属などの導体のとき、検出性能に影響がでます。約100mm以上離して設置する場合があります。
- 高周波電界を発生するような超音波洗浄装置、高周波発生装置、トランシーバ・携帯電話やインバータなどの近くでは誤動作することがあります。

【相互干渉】

- 対向または並列に設置する場合は、それぞれが干渉しないように距離を離して設置する必要があります。

【付着や結露】

- 検出部表面が結露や測定物が付着しないように注意が必要です。誤検知する要素となります。

【検出物体】

- 検出物体の電気的特性(導電率、比誘電率)、あるいは吸水状態、体積などで検出距離が変わります。十分注意が必要です。
- 金属製の容器内の内容物を外から検出する場合、非金属製の窓を設ける必要があります。

5

超音波式レベルセンサ

超音波式レベルセンサは、超音波の伝搬現象を利用し、その伝搬時間の測定や減衰の検出によって動作するレベルセンサで、反射式と透過式に大別できます。

反射式は、空中に発信した超音波が測定対象面から反射して戻ってくるまでの時間を測定し距離に換算します。

透過式は、超音波の発信部と受信部を対向配置させ、その間に液体が介在する場合としない場合の超音波パルスの減衰量の変化を検出します。

反射式は非接触タイプですが、透過式は接触タイプになります。

5.1 反射式超音波レベル計

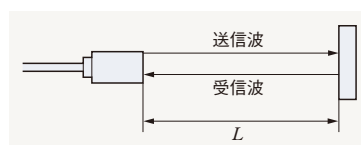
反射式超音波レベルセンサは、超音波パルスが測定対象の表面までの空間距離を往復するのに要する時間を測定することによってレベルを連続的に測定します。

5.1.1 原理

■ タンクやサイロの上部に設置した超音波送受信器から超音波パルスを発信して、超音波パルスが測定対象面から反射して戻ってくるまでの時間を測定することにより、超音波の空気中の伝搬速度からレベルを測定します。

■ 超音波パルスが発信されてから受信するまでの時間を t 、空気中の伝搬速度(音速)を c 、送受信器から測定対象面までの距離を L とすれば、式(5.1)で示す関係で表されます。

$$L = \frac{ct}{2} \cdots (5.1)$$

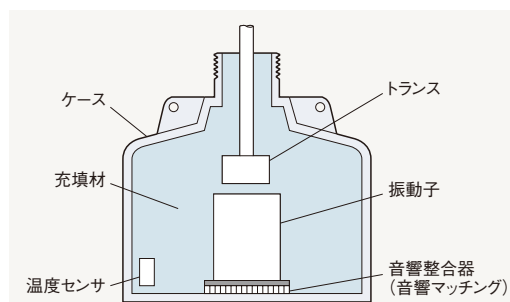


■ 伝搬速度 c は空気中の温度により変化するため、温度補正を行う必要があります。超音波送受信器内に温度補正用の温度センサを内蔵しているものが一般的です。空気中の伝搬速度と温度の関係は式(5.2)で表されます。

■ $C[m/s] = 331 + 0.6 \times \text{空気中の温度}(^{\circ}\text{C}) \cdots (5.2)$

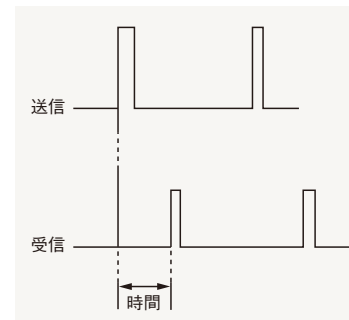
5.1.2 構造

■ 超音波振動子は交流電圧を印加すると、その周波数に合わせて振動します。逆に、振動子に振動を加えると電圧を発生します。この特性を利用して、超音波の送受信を行っています。



- 発振回路で発生させた交流電圧を超音波振動子に印加すると、超音波を発生します。このとき、超音波を連続的に出し続けるのではなく、バースト波状に発信します。
- 超音波信号が止まっている間に、出した超音波が反射し戻ってきて、超音波振動子にぶつかり、振動させます。振動により超音波振動子が電圧を発生します。電圧を検出して、超音波の伝搬時間を計算します。

信号処理の流れ



5.1.3 選定方法

【検出範囲】

- 使用するタンクや槽のサイズに合わせて検出範囲を選択します。
- 検出範囲には近距離側に不感領域が存在します。センサの近距離付近の満タン状態まで使いたい場合は、不感領域にかからないように注意が必要です。

【精度】

- 使用するセンサの分解能、直線性を確認して、用途と合っているか確認します。

【耐環境性】

- 使用周囲環境の温度、湿度、保護構造を確認して、用途と合っているか確認します。

5.1.4 注意点

【設置環境】

- 超音波センサの発する超音波にはスポット径が存在します。これは、距離が遠くなるほど大きくなります。スポット径がタンク壁や攪拌のプロペラなどに当たらないよう、設置場所はよく注意する必要があります。

【付着や結露】

- センサヘッド全面の超音波発振素子に、結露や油などの被膜がつくと、超音波が送信されない不具合が発生します。結露や付着しないようにエアブローなどで対策が必要です。

【波立ち】

- 液面が波立っている場合、超音波の反射波が受信器に向かない場合があります、測定できません。その場合は防波管などで対策が必要です。

【泡立ち】

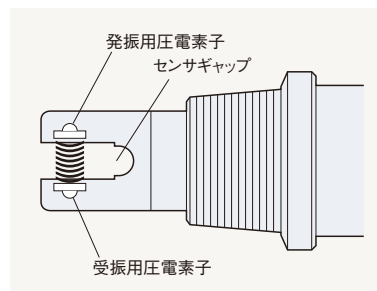
- 液面に泡が発生している場合、泡の表面を検出する場合があります。センサ側での対策が難しいため、消泡剤などで液体側の対策が必要です。

5.2 透過式超音波レベルスイッチ

透過式レベルスイッチは、あらかじめ定められた位置に測定対象のレベルが到達した場合に生ずる超音波の減衰を検出します。検出部がコンパクトで可動部がなく、高温・高圧環境化で使用できるため、飲料用ブレンドタンクや配管内の残量検知としてよく使用されています。

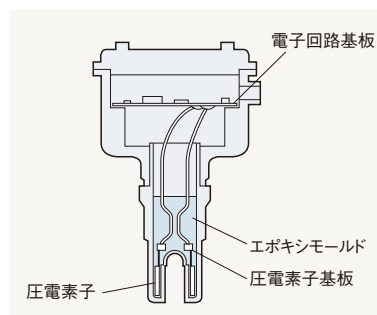
5.2.1 原理

■ センサ検出部のギャップ両側内部に発振用、受信用2個の圧電素子を配置して、発振用素子より超音波パルスを発信します。センサギャップが空気中にある場合、この超音波パルスは受信側圧電素子に伝搬しませんが、ギャップ間に液体を介在させることにより、超音波パルスは受信側圧電素子に伝搬します。この変化により液体の有無を検出します。



5.2.2 構造

- 透過式レベルスイッチの構造を右図に示します。
- 検出部はコンパクトで可動部がなく、高温・高圧にも使用できます。
- 2線式タイプもあり、負荷を介して電源に接続するだけですぐに使用することができます。



5.2.3 選定方法

【耐環境性】

- 使用温度、使用圧力を確認して使用します。
- 接液部とそれ以外では使用温度が違うため注意が必要です。

【電源電圧】

- 2線式、3線式、フリー電源など用途に合わせて選択します。

5.2.4 注意点

【設置環境】

- 超音波洗浄機など超音波の介在する液体や、気泡を多く含む液体など超音波の伝搬しない液体では動作が不安定になります。

【付着】

- センサギャップ間に付着物が堆積すると誤動作する可能性があります。ギャップ間の清掃を定期的に行う必要があります。

6

振動式レベルスイッチ

振動式レベルスイッチは、測定物を検出する部分を振動させ、測定物との接触による振動の変化を検出するもので、音叉を利用した音叉式レベルスイッチと検出パイプを振動させた振動ロッド式レベルスイッチがあり、前者が液体用、後者が粉体用で主に使われています。

液体用は、粘度10,000cP以下の液体を含めてタンク内の液体を上限レベル、下限レベル等のポイントを検出するのに適しています。

粉体用は、タンク、サイロ、ホッパー内の粉体、粒体、小塊体、液中堆積物などの上限レベル、下限レベル等のポイントを検出するのに適しています。

6.1 音叉式レベルスイッチ

音叉式レベルスイッチは、粉体・塊体用として開発されてきましたが、近年は液体用の小型レベルスイッチとして製品の開発や改良が進み、使用分野が広がっています。

6.1.1 原理

■ 音叉を利用した液体用レベルスイッチは、左右対称な振動翼を持ち、先端が広がった構造をしています。

■ 2枚の音叉の基部は振動膜(メンブレン)になっており、この部分がプロセス接続(ネジ又は、フランジ、フェルールなど)を形成しているので、接液する部分は振動翼のみが接触することになります。

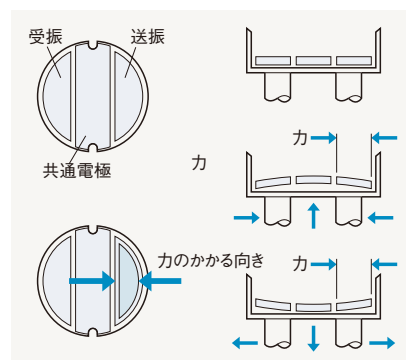
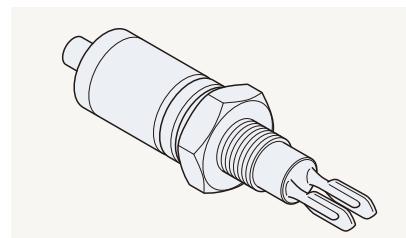
■ 振動翼はメンブレンに接着されている圧電素子によって駆動され、振動系の共振周波数である約1KHzの周波数で振動しています。

■ 圧電素子のユニットは振動の駆動と振動検出を兼ねた一体構造になっており、右図に示すように音叉基部に取り付けられています。

■ 振動のドライバ側には約1KHzの発振回路が接続され、圧電素子は水平方向への収縮と伸張を繰り返します。この動きによって、2枚の振動翼が音叉振動を繰り返します。

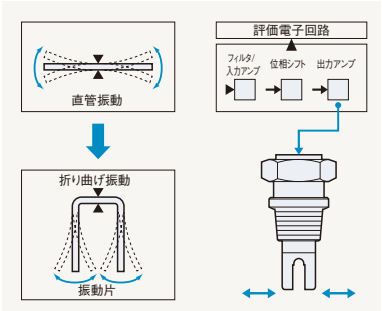
■ 空中で約1KHzの振動をしている音叉を液体中に入れると、振動系の質量が増し振動が抑制されます。この効果によって約200Hz程度の共振周波数が低下します。

■ 振動の検出側の圧電素子には受信回路が接続され、周波数変化を連続して測定しており、比較回路ではあらかじめ決められた周波数範囲を超えると出力する仕組みになっています。



6.1.2 構造

- 直管型の音叉をその振動系の中心で折り曲げて対称な振動翼を形成した構造です。
- 共振周波数が高いことから音叉の全長は約40mm程度とコンパクトな形状になっています。



6.1.3 選定方法

【測定対象物の液比重】

- 振動翼の周波数変化を検出している原理です。液比重があまりにも軽いと周波数変化が小さく検出できません。センサの最低検出液比重を確認し、選定します。

表6-1 液比重一覧(例)

名 称	比重(常温)	名 称	比重(常温)	名 称	比重(常温)
航空揮発油	0.65~0.70	流動パラフィン	0.87~0.93	植物油	0.935~0.992
揮発油	0.70~0.76	テレピン油	0.873	オリーブ油	0.914~0.918
灯 油	0.76~0.80	アマニ油	0.91~0.94	牛 乳	1.03~1.04
軽 油	0.80~0.83	ヒマシ油	0.968	海 水	1.01~1.05
ディーゼル油	0.90~0.94	バター(100℃)	0.864~0.868	硝 酸	1.502
潤滑油	0.90~0.96	動物油	0.913~0.927	硫 酸	1.834

【粘度】

- 測定する液体の粘度には上限があります。また、取り付けはタンク上部からが推奨です。水平取り付けの場合は音叉エッジ部が上下方向を向くように取り付けます。これは、振動翼に付着した液体の落下を早くするためです。

表6-2 液粘度一覧(例)

名 称	粘度[cP]	備考	名 称	粘度[cP]	備考
水 飴	約200,000	20℃	サラダ油	65	23.5℃
歯磨き粉	約30,000	20.5℃	灯 油	10	20℃
マヨネーズ	8000	23℃	水	1	20℃
蜂 蜜	1300	21℃	トルエン	0.586	20℃
とんかつソース	640	24℃	アセトン	0.322	20℃

【プロセス接続】

- 取り付け部は多くの種類があるので、用途に応じて、ネジ取り付け、フランジ、フェルール取り付けなど最適なものを選択します。

6.1.4 注意点

【付着】

■ 付着性の高い液体で使用する場合は、定期的に付着物を取り除く必要があります。特に最も感度が高くなる先端部に付着物が成長して音叉を覆ってしまうと、検出が不可能になってしまいます。

【腐食性の液体】

■ 腐食性のある液体の場合は振動翼が破損する恐れがあります。定期的に確認が必要です。

7

差圧式レベルセンサ

液体が入っているタンクで、液体の比重が一定であれば基準面(タンク底面)にかかる圧力は液面の高さに比例します。よって、この圧力を測定することでタンク内の液面の高さを測定することが可能になります。ただし、内圧のあるタンク内の液体のレベルを測る場合は内圧の影響をキャンセルする必要があるため、差圧測定が必要になります。この原理を利用したのが差圧式レベルセンサです。

7.1 原理

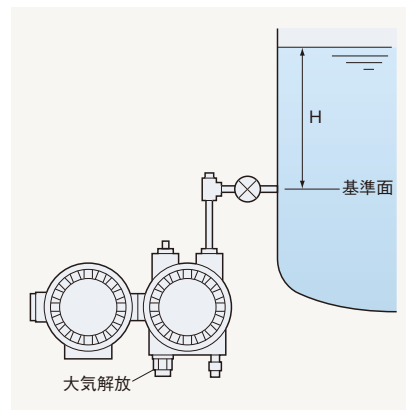
1. 開放タンクの場合

■ タンクに入れられた液体(密度= ρ)の基準面に加わる圧力 P は、

$$P = \rho \cdot g \cdot H$$

ρ : 液体の密度 g : 重力加速度 H : 液面高さ

となり、液位に比例した出力を得られます。

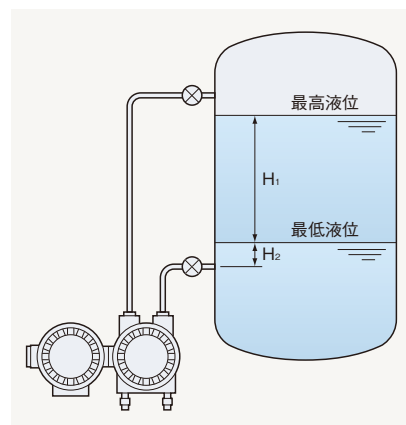


2. 密閉タンクの場合(ドライレグ)

■ 密閉タンクの場合、タンク内圧力を気体部分から差圧計の低圧側へ戻して内圧を補正したレベルが測定できます。この時、低圧側の圧力を引き込む導圧管内に気体をそのまま充満させる方法をドライレグ方式といいます。

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_1 - P_2 \\ &= \{P_0 + \rho g(H_1 + H_2)\} - P_0 \\ &= \rho \cdot g \cdot (H_1 + H_2)\end{aligned}$$

ρ : 液体の密度 g : 重力加速度
 P_1 : 高圧側に加わる圧力 P_2 : 低圧側に加わる圧力 P_0 : タンク内圧



となり、差圧出力が液位に比例した出力となります。

3. 密閉タンクの場合(ウェットレグ)

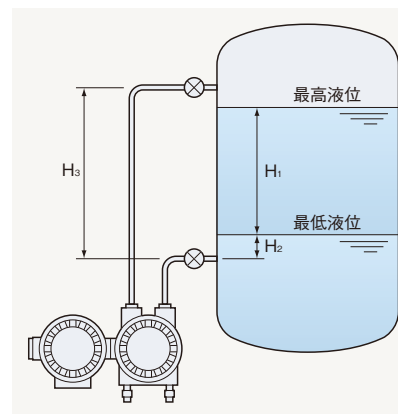
■ タンク内の温度が下がると凝縮する気体が充満するタンクや、液体が揮発性や腐食性のタンクの場合、差圧計の低圧側にシール液を入れて使用します。これをウェットレグ方式といいます。

■ この場合の差圧と液位の関係は、高圧側に加わる圧力 P_1 、低圧側に加わる圧力 P_2 は、

$$P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot (H_1 + H_2)$$

$$P_2 = P_0 + \rho_0 \cdot g \cdot H_3$$

ρ : 測定液の密度 ρ_0 : シール液の密度
 P_0 : タンク内圧 g : 重力加速度



従って、差圧 ΔP は、

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot (H_1 + H_2) - \rho_0 \cdot g \cdot H_3$$

$$= \rho \cdot g \cdot H_1 - (\rho_0 \cdot g \cdot H_3 - \rho \cdot g \cdot H_2)$$

となり、 H_3, H_2 は固定のため、 ΔP は H_1 に比例した圧力を出力するため、液位に比例した出力が得られることになります。

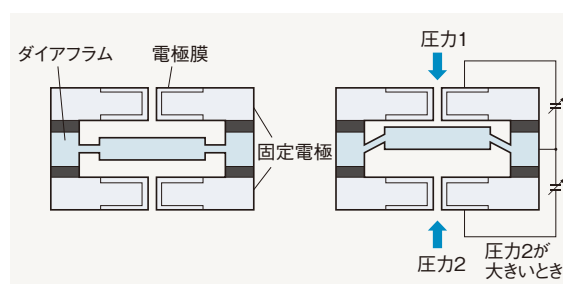
7.2 構造

■ プロセス圧力を導圧管にて差圧伝送器まで伝え、圧力を測定します。そのプロセスセンサ用の圧力センサとして使用されているものは、静電容量型圧力センサ、半導体ピエゾ抵抗拡散圧力センサの2つに大別されます。



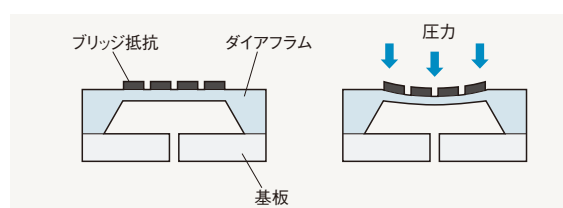
7.2.1 静電容量型圧力センサ

静電容量型圧力センサは、圧力によるダイヤフラムの変形を静電容量の変化として捉え、圧力を逆算します。



7.2.2 半導体ピエゾ抵抗拡散圧力センサ

半導体ピエゾ抵抗拡散圧力センサは、圧力によるダイヤフラムの変形をブリッジ抵抗(ひずみゲージ)の電気的変化から逆算します。



7.3 選定方法

【液体密度】

- 液体の密度が不均一だと正確なレベルを検出できません。泡をかむ場合や、汚れで密度が変化する場合には誤差が発生します。

【タンク内圧】

- 開放タンクと密閉タンクで、差圧の取り方が変わります。また、密閉タンクでも液体に腐食性があるかどうかで、ドライレグ・ウェットレグかを選択します。使用用途に応じて判断します。

【測定範囲】

- タンクの大きさによって、センサにかかる圧力や温度範囲が変わります。使用する測定範囲に合ったセンサかどうか確認する必要があります。

7.4 注意点

【圧力の伝送】

- 差圧伝送器本体まで導圧管にてプロセス圧力を伝えますが、導圧管内の液中にガスが溜まる、あるいは導圧管内の気体中にドレンが溜まるなどすると正確な圧力伝達ができず、誤差を生じます。使用上の注意が必要です。

【配線】

- 大容量の変換器、モータ、あるいは動力用電源などのノイズ源を避けて配線する必要があります。

8

レーザ式レベルセンサ

レーザ式レベルセンサは、超音波式レベルセンサや電波式レベルセンサに比べ、使用している波長が非常に短いのが特徴です。障害物の多いタンク内でもピンポイント測定が可能で、タンク等に覗き窓があれば外から測定が可能です。非接触、レーザという特徴を生かした使い方が考えられます。工業計測分野では、製品の購入からメンテナンス、廃棄に至るまでの費用をトータルで考慮し、このトータル費用削減が工業計測分野で求められるようになってきています。非接触型レベルセンサは、主にメンテナンス工数・メンテナンス費用が安いのが特徴です。

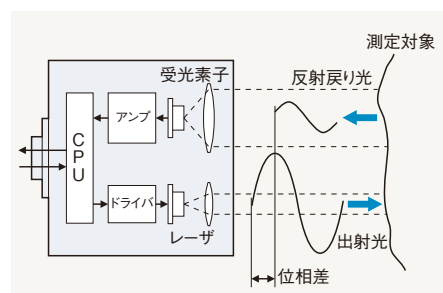
8.1 原理

レーザ式レベルセンサの測定原理の中で、工業計測で広く使われている、位相差検出方式、TOF方式、三角測距方式の3つについて紹介します。

8.1.1 位相差検出方式

■ 位相差検出方式は、古くから土木、建築分野で光波測距計として使われてきました。

■ 基本周波数（例：数100MHz）で振幅変調したレーザ光を物体に照射し、その物体から戻ってきた反射光との位相差を測定することから時間を求め、その時間に光速をかけることで、測定物までの距離を求めることができます。



■ 位相差検出方式でリアルタイムに得られる位相差は僅かで、そのままでは計測困難なため、基本周波数で変調されている反射光とは、僅かにずれた局発周波数(PLLによって発生)とをミキシングして、ビートダウンし、位相差を拡大して精度良く測定しています。

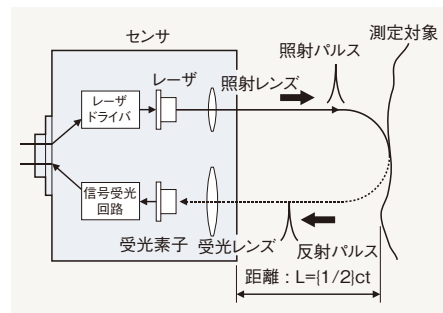
■ 更に、測定距離を伸ばし、分解能を上げるため、基本周波数は2～3種類切り替えて測定しており、それぞれから得られるデータをつなぎあわせて、1つの距離データとしています。そのため、測定時間は0.1s程度に制限されますが、プロセス用タンクの液面制御であれば問題になることは少ないでしょう。

■ 光源にはDVDやCDなどに使われる半導体レーザ(可視光)です。照射ポイントが肉眼で確認でき、設置時に大変便利です。

■ レーザはスポット径が小さく、理想的な平行光が作れるため、狭いところでの測定やピンポイント測定に適しています。

8.1.2 TOF方式(Time of Flight方式)

- 位相差検出方式に比べ原理は簡単ですが、使用する回路や素子には高い技術が要求され、レーザを使ったレベルセンサの中でも比較的新しい製品です。
- 立ち上がり時間が数nsで、光ピークパワーが数10Wの超短パルスを測定物体に向けて照射し、その超短パルスが測定物体で反射して受光素子に戻ってくるまでの時間 t を測定します。この時間 t を測定して、物体までの距離 L 、光速を c とすると、



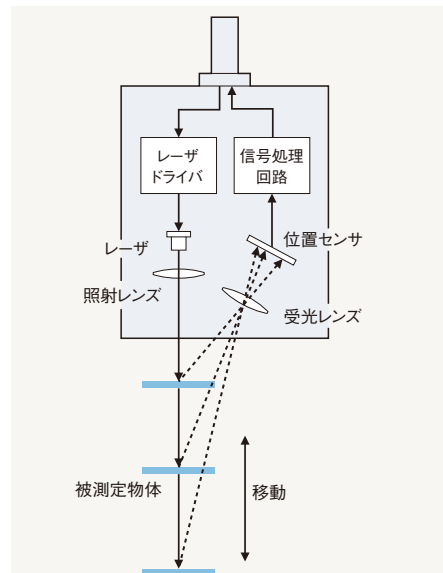
$$L = (c \times t) / 2 \quad \dots\dots (8.1.2)$$

距離 L は式(8.1.2)から求まります。距離分解能1cmを得るには約70psの時間測定が必要で、電子回路、半導体レーザ素子、受光素子など、超高速性が要求され、位相差方式と比べて小型化や低コスト化は難しくなります。

- TOF方式のレベルセンサは大きな光ピークパワーが必要なため、赤外光のレーザが使われます。そのため測定ポイントの視認はできず、別途可視ガイドレーザ光やスコープが付いています。

8.1.3 三角測距方式

- 三角測量法を使って距離や変位を測定する方式で、主としてFAの分野で使われています。液体・粉体などの原料レベル計測というよりは、小さな物体までの距離や厚みなどの形状測定に使われることが多いです。
- 原理的に長い距離の測定には不向きですが、現在では、2mの測定レンジをもつセンサも登場し、FA用途のレベルセンサとしては、十分な測定レンジとなっています。
- 測定分解能は位相差検出方式、TOF方式に比べ優れており、0.1mm以下の測定が十分に可能な精度を持っています。また、応答性も1ms以下で十分に早いと言えるでしょう。



- 測定物にレーザ光を垂直に照射し、物体から乱反射して返ってくる光の一部をレンズで集光し、位置センサ(例:CMOS)上に結像させます。測定物までの距離が変わると、位置センサ上の受光位置も変わるため、この位置センサ上の受光位置を特定することで、測定対象物までの距離を求めることができます。
- 液体がきれいな水の場合、乱反射しないため測定が困難となります。また、液面が波立つと、レーザの反射光が受光レンズに入光しないため、測定が困難です。

8.2 構造

■元々レーザ式変位計として、土木、建築、FAで発展してきたセンサのため、ネジやフランジなどのプロセス接続に対応していない機種が見受けられます。そのため、タンク等に取り付ける場合は、別途取り付け変換治具を準備する必要があります。

■内臓のフィルターガラスやガラス製の投受光レンズが攪拌の振動や、ノッカー(粉用タンク)などの振動で割れる可能性や、投受光素子の光学配置がずれたり、はずれたりする可能性があります。振動対策に注意が必要です。

■センサ本体に半導体レーザを搭載しているため、高い温度での使用が制限されています。センサの温度スペックを確認し、センサ筐体の温度が使用温度範囲を超えないように、距離を離すなど対策が必要です。



8.3 選定方法

【レーザクラス】

■レーザ式レベルセンサを選択する場合、レーザの危険性を十分認識しておく必要があります。レーザ製品の安全性を規定するIEC規格(IEC60825-1-Safety of Laser Product)でクラス基準及びクラス判定基準が改定されています。日本のJIS規格(JIS C6802)もこれに準じて規定されています。

表8-1 レーザクラス分類(JIS C 6802:2011)

レーザクラス	クラスの位置づけ
クラス1	直接ビーム内観察を長時間行っても、またそのとき、観察用光学器具(ルーペ又は双眼鏡)を用いても安全であるレーザ製品。
クラス1M	裸眼(光学機器を用いない)で、直接ビーム内観察を長時間行っても安全であるレーザ製品。光学器具(ルーペ又は双眼鏡)を用いて観察すると、露光による目の障害が生じる可能性がある。クラス1Mレーザの波長領域は302.5nm~4000nmの間に限られている。
クラス2	400nm~700nmの波長範囲の可視光を放出するレーザ製品であって、瞬間的な被爆の時は安全であるが、意図的にビーム内を凝視すると危険なレーザ製品。光学器具を用いても目に障害が生じるリスクは増加しない。
クラス2M	可視のレーザビームを出射するレーザ製品であって、(光学器具を用いない)裸眼に対してだけ短時間の被ばくが安全なレーザ製品。光学器具(ルーペ又は双眼鏡)を用いて観察すると、露光による目の障害が生じる可能性がある。
クラス3R	直接のビーム内観察を行うと、目に障害が生じる可能性があるが、そのリスクが比較的小さいレーザ製品。目に障害が生じるリスクは露光時間とともに増大し、また意図的に目に露光することは危険である。
クラス3M	目へのビーム内露光が生じると、偶然による短時間の露光でも、通常危険なレーザ製品。拡散反射光の観察は通常安全である。
クラス4	ビーム内観察及び皮膚への露光は危険であり、また拡散反射の観察も危険となる可能性があるレーザ製品。これらのレーザには、しばしば火災の危険性が伴う。

■ レーザ製品を扱う上で、ユーザとして具体的な安全対策を採らなければならない内容を以下に示します。

表8-2 EN60825-1 レーザ機器使用者への留意事項

措置内容	レーザクラス分類				
	クラス1	クラス2	クラス3R	クラス3B	クラス4
レーザ安全責任者	不要 レーザビームを直接覗き込む 必要性がある場合は推奨		可視光タイプは不要 不可視光には必要	必要	
リモート インターロック	不要			部屋もしくはドアの回路と接続	
キー制御	不要			使用していない時は、キーを抜く	
ビーム遮断機、 減衰器	不要			使用中の不注意な露光を防ぐ	
放射表示装置	不要		可視光タイプは不要 不可視光には必要	レーザ運転中に表示	
警告サイン	不要			適切な警告標識を掲示	
光路の位置	不要		使用光路の端を適切な拡散反射体又は吸収体で終端させる。終端させないビーム光路は、操作者の眼の高さより上方あるいは、下方に位置させる。		
鏡面反射	不要			意図しない反射は避ける。	
眼の保護	不要		可視光タイプは不要 不可視光には必要	技術上及び管理上の方法で安全対策ができないときは、危険区域内においては適切な保護眼鏡が必要。	
防護服	不要			時により必要	適切な保護着衣が必要
訓 練	不要		全ての操作者およびメンテナンス要員に必要		
医学的監視	不要			専門医による監視	
管理区域	不要			管理区域内で使用	
遠隔操作	不要				可能な限り 遠隔操作

※：実際の適用については必ず規格原文を参照してください。

【他の非接触レベルセンサとの比較】

■ レーザ式レベルセンサと非接触式レベルセンサの超音波式、電波式との主要なスペックの比較表を掲載します。

表8-3 スペック比較

項目	超音波	電波式	レーザ式
測定に使う物	超音波	電波	光
伝搬媒体	空気	-	-
速 度	331m/s	3×10^8 m/s	3×10^8 m/s
測定原理	TOF	TOF FMCW	位相差 TOF 三角測距
反射原理	音響インピーダンスの変化	特性インピーダンスの変化	屈折率の変化
温度変化	×	○	○
結 露	×	○	△
スポット径	2~10cm	数10cm	数mm
不感領域	△	×	△
タンク壁との影響 障害物	×	×	◎
液体の変化(汚れ)	○	○	○
透明な液体	○	○	×
波立ち	×	△	×
泡	×	△	×
規 格	なし	電波法	レーザクラス

【レーザ式レベルセンサの各方式の特徴】

■ レーザ式レベルセンサの各方式の特徴を以下に示します。測定方法により測定距離や精度、応答性、安全性も異なってくるので、アプリケーションを良く検討して選択する必要があります。

表8-4 特徴比較

項目	位相差方式	TOF方式	三角測距方式
最大測定距離	10~100m	100~500m	1~2m
精 度	○	○	◎
分解能	○	○	◎
応答性	○	◎	◎
レーザ安全性	○	◎	○
価 格	△	×	○
主な用途	PA、土木、建築	PA、土木、建築	FA

8.4 注意点

【フィルターガラス】

- レーザ放射口のフィルターガラスが結露したり汚れたりすると、レーザ光が出射されなかったり、乱反射して検出できないため、エアパージなどの対策を講じる必要があります。
- 攪拌や液投入時などに、液が跳ねてフィルターガラスに付着するとご検出につながるため、十分な距離を離す必要があります。

【泡・波立ち】

- 液面が波立っていたり泡立っていたりすると、レーザ光が乱反射し、受光できない場合があります。導波管を使うなどして対策が必要です。

【透明な液体】

- 透明な液体はレーザ光の反射率が低く、測定が困難です。液面にフロート(浮子)を浮かべればそれを検出可能です。

【乱反射・外乱光】

- サニタリ用などでタンク内部が鏡面仕上げの場合、レーザ光がタンクに当たり、その反射光が乱反射して測定不能になることがあります。また、直射日光や、蛍光灯、その他照明などの光源によって受光素子が飽和してしまうことがあります。

【耐圧】

- レーザ式レベルセンサの耐圧使用はほとんどが大気圧使用に限定されます。もし、減圧／加圧タンクで使用するならば、ガラス窓越しなどタンクの外から使用します。

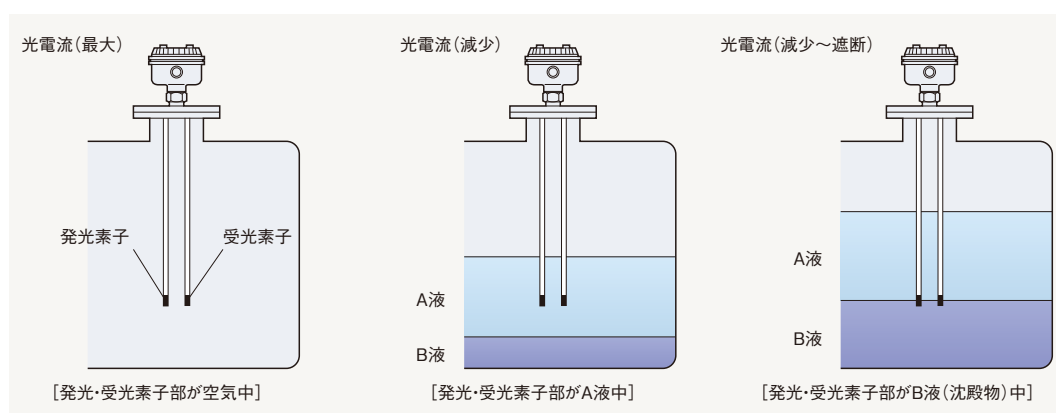
【ガラス越し】

- レーザ式レベルセンサであればガラス越しの測定は、ガラス面での正反射光が受光素子に入らないように角度を調整する必要があります。そのセンサの光学配置を確認して、設置する必要があります。

9 光式レベルスイッチ

光式レベルスイッチは、発光素子と受光素子間の光量の変化を利用したレベルセンサです。主に、液中の沈殿物や比重の異なる2界面検出に使用されています。化学工場をはじめとする工業プロセスにおいて、界面の検出は重要な検出条件であり、界面を正確に制御することは、製品の品質安定へ寄与するとともに、今後開発される新素材のプロセスにも使用用途は広がると予測されています。

9.1 原理



光式レベルスイッチは、発光素子と受光素子を対向配置させ、両素子間に光を遮断する物質がある場合とない場合の光量の変化を利用したセンサで、光源にはパルス変調した赤外光を利用して透明度の低い液体あるいは外乱光によるノイズの影響を低減しています。

9.2 構造

- 本体、フランジ、ガイドパイプから構成され、タンク内に挿入するガイドパイプはFEP、PFAなどのフッ素樹脂製で耐薬品性に優れています。
- 投光部と受光部が一体化され、透過方式にもかかわらず光軸調整は不要です。
- 測定液に比重/比誘電率/電気抵抗の差がない場合でも、光の透過度が異なれば界面の測定が可能です。

9.3 選定方法

【測定液の性質】

- 界面の測定は界面の明瞭さが必要です。攪拌などによりエマルジョン状態や泡が発生すると正確な位置を検出できない場合があります。
- 検出面に汚れが付着すると誤検出につながります。定期的な清掃が必要です。

9.4 注意点

【設置環境】

- 2本のガイドパイプが長い場合、曲がりおよびねじれ等が起きないようにサポート材などで保持することがあります。サポート材は、約1 m間隔で取り付けます。
- 液面の流れが激しい場所、または攪拌機のあるタンクに取り付ける場合には、振動や流れによってガイドパイプが振れたり湾曲したりしないように、中間サポート材／下部サポート材を壁面にアングル等で固定します。
- 屋外で使用する場合は、検出部に直接太陽光が当たらないような場所に取り付ける必要があります。やむを得ない場合は、太陽光をさえぎる遮蔽板を取り付ける必要があります。

10 ガイドパルス式レベルセンサ

ガイドパルス式レベルセンサは、レベルセンサの中ではもっとも新しい原理のレベルセンサです。可動部がなく接液タイプながら、TOFの原理(後述)を利用したレベルセンサで、液体の変化の影響を受けずに測定ができます。1台で複数点の接点出力が可能で、用途を選ばず常時安定検出できるメンテナンスフリーのレベルセンサと言えます。

10.1 原理

10.1.1 測定原理

■ ガイドプローブ上に非常に短いパルス信号を送信し、このパルス信号はガイドプローブ上を光の速さで伝わります。そして、このパルス信号は特性インピーダンスの変化点で反射する性質があるため、空気と液体との界面で反射率 Γ に従って反射します。液面までの距離を L 、光の速さを C 、送信から受信までの時間を t とすると、液面までの距離は式(10.1)で表されます。

$$L = \frac{C \times t}{2} \dots (10.1)$$

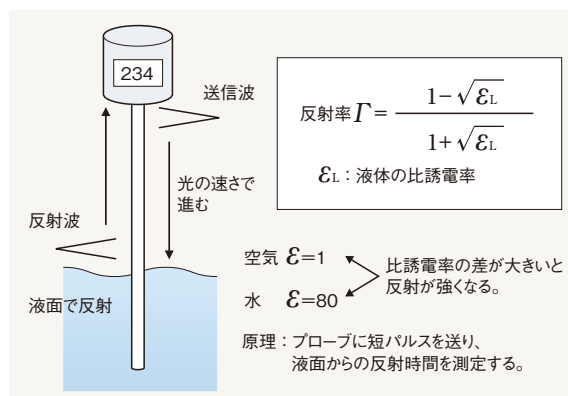
これは時間領域反射率測定法(TDR: Time Domain Reflectometry)と一般に呼ばれています。

■ 送信から受信までの時間 t を利用する原理(TOF)のため、液体の特性に影響を受けないことが利点です。液体の導電率を問わず、液中の泡や汚れなど液体の状態が変化しても影響をほとんど受けません。

■ また、同じTOFの原理を使っている超音波と違い、信号の伝わる速さは光の進む速さと同じで空気の温度変化の影響をほとんど受けません。

■ 超音波／電波式はスポット径が大きく、タンク壁などの反射の影響を受けますが、ガイドプローブ式は、ガイドプローブ上に信号密度が集中するためスポット径が広がらず、 ϕ 100mm程度間隔があれば、ほぼ周囲の配管や攪拌機のプロペラの影響を受けません。

■ タンク／槽の材質を選びません。静電容量式レベルセンサが苦手な樹脂タンクも問題なく、空タンク調整も不要です。



10.1.2 検出原理

ガイドパルス式レベルセンサは光の速さで進む信号の送信から受信までの時間を測定します。例えば1cmの距離分解能を得るには、約70psという非常に短い時間を測定しなければなりません。直接測ることは困難なので、時間軸を引き延ばす時間軸伸張回路技術を使って測定します。

時間軸伸張回路技術の説明

【目的】

■ 反射時間を直接測ることができないので、時間軸を伸長して測定します。

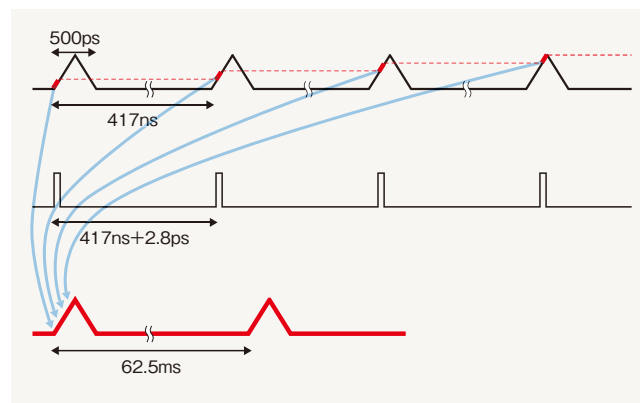
【説明】

■ 送信周期(2.4MHz)、送信波(2GHz)の信号をプローブへ送信し、液面で反射して戻ってきます。

■ 戻ってきた信号を送信周期とわずかにずれた局発周期(2.4mHz-16Hz)でサンプリングします。

■ そうすると時間軸が伸長された波形(16Hz)が得られます。

■ 送信波(2.4MHz)周期の信号に対して、16Hz遅い周波数の局発(サンプリング)信号をつくり、送信波をサンプリング。そうすると、時間軸が伸長された信号が出来ます。



$$\text{時間軸伸長率} = \frac{\text{送信周波数}}{\text{送信周波数} - \text{局発周波数}} = \frac{2,400,000}{16} = 150,000 \text{ 倍}$$

$$10\text{mmの時間} = \frac{\text{往復20mm}}{\text{光の速度}(3\text{e}11\text{mm})} = 67\text{ps} \rightarrow \times \frac{\text{時間軸伸長率}}{(150,000)} = 10\text{us}$$

よって、10mmの往復時間67psを10usまで時間軸を伸長したことになります。

ガイドパルス式レベルセンサはこの技術を使って、精度良く測定しています。レーザー式レベルセンサの位相差方式と原理的には同じです。

10.2 構造

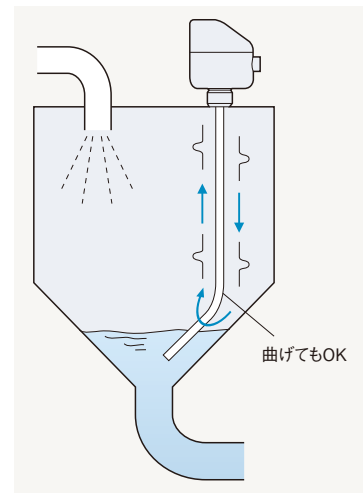
- 電子回路が入った本体、プロセス接続、接液するプローブで構成されます。
- プローブは、シングルプローブ、ツインプローブ、同軸プローブ、ローブプローブがあり、耐薬品性を高めたPFAチューブタイプ、表面粗さを定義したサニタリタイプなどがあります。
- PA用にも開発されており、2線式、防爆タイプもあります。
- シングルプローブタイプは可動部や詰まる箇所、誤検知要素がありません。
- 複数の接点出力と、4-20mAのアナログ出力の両方を備えているものもあります。



10.3 選定方法

【プローブ材質】

- 検出液体の性質に合わせてプローブを選びます。水や油の場合は、ステンレスプローブ、耐食性が必要な場合はPFAチューブタイプ、サニタリ用途で使う場合は、菌の繁殖を防ぐため、表面粗さが $Ra < 0.8\mu m$ 以下に加工されているサニタリ用プローブを選択します。
- タンクの大きさに合わせてプローブの長さを決めます。標準のステンレスプローブであればフリーカットで自由に長さが調整できます。
- また、ホッパータンク等で底まで測定したい場合、プローブを自由に曲げて測定することも可能です。



【プロセス接続】

- プロセス接続に応じて、ネジ又はフランジ、サニタリ用であればフェルール接続などを選択します。

10.4 注意点

【不感領域】

■ ガイドパルス式には不感領域が存在します。これは送信パルス幅が非常に短いとはいえ有限な値なため、送信パルスがプローブ上を光の速さで進むと空間的な距離を持つてしまうことが原因です。プローブ根元と先端に数cm存在します。設置時に周囲環境を覚える機能がある製品もあり、その影響をほぼキャンセルできます。

【攪拌】

■ タンク内を攪拌する場合、液体の流れによるプローブの横トルクがセンサのスペック内であることを確認します。また、金属タンクの場合に攪拌の影響でプローブがたわんでタンク壁にぶつくと誤検出につながります。

【付着】

■ プローブ上に異物が付着すると、その付着物からの反射も存在しますが液面からの反射に比べれば小さくかなりの量まで無視できます。プローブの付着物がひどくなってきた場合に、警報を出力するタイプがあり、誤検出する前に清掃時期を知ることができます。

【液体の比誘電率】

■ 液体の比誘電率によってパルスの反射率は変わります。ほとんどの液体は比誘電率が2以上あります。一部、軽油、灯油、ナフサなど防爆が必要な液体が比誘電率2を下回り検出が困難になる場合があります。この場合は、防爆仕様で同軸プローブやツインプローブタイプを選択すると測定できる場合があります。以下比誘電率一覧表です。

表10-1 比誘電率一覧(例)

物質名	比誘電率	物質名	比誘電率
アセトン	19.5	大豆油	2.9~3.5
水 飴	31.3	炭酸ソーダ	2.7
アンモニア	15~25	灯 油	1.8
エタノール	24	トルエン	2.3
エチルアルコール	23	尿 素	5~8
エチルエーテル	4.3	蜂 蜜	2.9
エポキシ樹脂	2.5~6	パラフィン油	4.6~4.8
ガソリン	2.0~2.2	マーガリン液	2.8~3.2
ギ 酸	58.5	水	80
空 気	1.000586	メタノール	33
軽 油	1.8	メチルアルコール	3.2
鉱 油	2~2.5	水・グリ(60%)	33.2
四塩化炭素	2.2~2.6	水溶性切削油(10%)	72.2
シリコンオイル	3.5~5	フラックス	3
酢	37.6	チョコレート	5
酢 酸	6.2	キャノーラ油	31.3

11 レベルセンサの選定例

レベルセンサにまつわるトラブルは様々存在します。付着、汚れ、泡、湯気、温度、圧力、腐食などなど。その結果、タンクからのあふれや空だきなど、タンク周辺の設備や前後工程のポンプなどを破損させてしまう恐れが発生します。こういったトラブルはチョコ停ではなく、ドカ停となり、復旧するまで、ライン停止に追い込まれてしまいます。特に注意しなければならないのが、設置後のトラブルです。液体は生き物のように変化します。温度による粘度の変化や、最初きれいでも使っていくと汚れていくものです。その結果、液体の電氣的、機械的性質が変化していきます。

レベルセンサを選定するにあたって、まず、測定したい液体の特性がどのようなものかを理解し、その液体に対して、最適な動作原理のレベルセンサを選定する必要があります。この選択を誤ると、いかに高品位・高品質のレベルセンサであってもトラブルの原因となるケースが発生します。

表11-1に液体について確認する内容と、レベルセンサを設置するタンクやタンク周辺機器の確認内容、運転開始後に発生する外乱要因、そしてこれらに見合ったレベルセンサはどのような原理なのかを示しました。

表11-1 レベルセンサ選定表

原 理		液 体					タンク							外 乱							備 考		
		非導電性液体	低比誘電率	低比重	温度変化大	高粘度	腐食性液体※2	金属タンク	樹脂タンク	センサ天井取付	センサ横取付	障害物有	減圧タンク	加圧タンク	攪拌有	付着	汚れ	泡発生	波立	電氣の変質※3		機械の変質※3	結露
電 極		×	○	○	○	×	△	○	○	○	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
フロート	ガイド	○	○	×	○	×	△	○	○	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○
	傾 斜	○	○	×	○	○	△	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	×	○	○
	ボール	○	○	×	○	×	△	○	○	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○
静電容量	スイッチ	○	×	○	×	○	△	○	×	×	○	○	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○
	連 続	○	×	○	×	×	△	○	×	○	×	○	○	○	×	×	×	×	○	×	×	○	○
	近 接	○	×	○	×	×	△	○	○	×	○	○	○	○	×	×	×	×	○	×	×	×	○
超音波	反 射	○	○	○	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×
	透 過	○	○	○	○	×	△	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○	×	×	×
振動式(音叉)		○	○	○	○	×	△	○	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○
差圧式		○	○	○	○	○	△	○	○	×	○	○	×	×	×	○	○	×	○	○	×	○	○
レーザ		○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×	○
光式スイッチ		○	○	○	○	×	△	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○	×	×	×
ガイドパルス式		○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		※ 1																					

※1：センサ横付けの場合は、プローブを曲げて取り付けすることで、対応可能。

※2：腐食性液体については、接触式は材質を選択することで、対応が可能な場合があります。

※3：電氣的変質＝液体の導電率や比誘電率。機械的変質＝比重や粘度。

12 メンテナンス方法

レベルセンサの性能を維持するためには、定期的なメンテナンスが欠かせません。
 長年レベルセンサを使用していると、スケール(水アカ=カルシウムやマグネシウムの堆積物)がたまり、レベルセンサの動作不良をもたらします。
 どんな高性能なレベルセンサでも最低限のメンテナンスは必要です。

これから各タイプで必要なメンテナンス方法を紹介します。それぞれ抑えるべきポイントを表にまとめました。

種 類	トラブルの状態	主な原因	メンテナンス方法
電極式	測定液が検出レベルに達しているにもかかわらず警報出力しない。	端子ビスの緩み	端子ビスの締め直し
		電極棒の接続不良	電極棒の組み直し
		電極棒の絶縁被膜	電極棒の清掃
		電極棒の腐食	電極棒の交換
	測定液が検出レベルに達しているにもかかわらず警報出力する。	電極棒同士が接触	セパレータを取り付ける
		電極棒が金属タンク壁に接触	電極棒の清掃
		電極棒に付着物がブリッジ	
	警報出力がON/OFFを繰り返す。(チャタリング)	波立ち 泡	防波管を取り付ける
フロートガイドパイプ式	スイッチが働かない	リレーユニットの破損	新規交換
		検出感度があっていない	検出感度の変更
		フロートの穴あき	フロート交換
		ゴミ等によるフロートのつまり	フロートの清掃
		液体の固着によるつまり	フロートの清掃
傾斜フロート式	スイッチが働かない	接点の溶着	リードスイッチの交換
		フロートの穴あき	フロート交換
		ゴミ等によるフロートひっかかり	障害物除去
		接点の溶着	リードスイッチの交換
ボールフロート式	スイッチが働かない	フロートの破損、腐食	フロート交換
		フロートへの固着、堆積	清 掃
		ノズル、チャンパ内のスラッジ堆積	スラッジ除去
		端子部の緩み、接触不良	端子の緩みチェック、再締めこみ
		端子までのケーブル断線	ケーブルのチェック、断線の場合にはケーブルの交換、補修
		スイッチの故障	スイッチの交換
静電容量式レベル計	測定誤差が大きい	検出電極の汚れ	清 掃
		測定液の変質	スパン調整
	その他	検出電極の破損	検出電極の交換
		ケーブルの断線	ケーブルの交換
		端子ビスの緩み	端子ビスの増し締め
静電容量式レベルスイッチ	出力が動作しない	電極に付着物	清 掃
		測定液の変質	スパン調整
	その他	電極の破損	電極の交換
		ケーブルの断線	ケーブルの交換
		端子ビスの緩み	端子ビスの増し締め

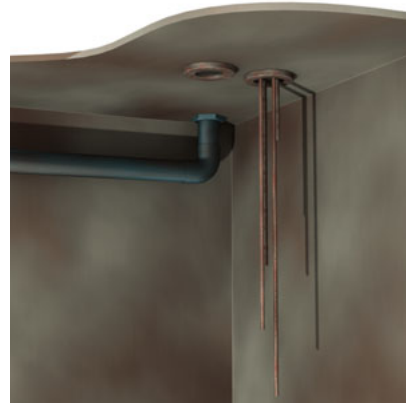
種 類	トラブルの状態	主な原因	メンテナンス方法
静電容量式 近接スイッチ	出力が動作しない	電源ノイズ	絶縁トランスの設置
		検出部に付着物	清 掃
		測定液の変質	スパン調整
	その他	ケーブルの断線	ケーブルの交換
		端子ビスの緩み	端子ビスの増し締め
超音波反射式	測定値が異常な値を示している。	タンク内の障害物を検出している。	障害物の影響を受けないところに取り付ける。
		タンク壁からの反射エコーの影響を受けている。	壁の影響を受けないところまで距離を離す。
		センサがタンク中央など集音しやすい位置に取り付いている。	集音しない位置に設置する。
		ノズル内で共鳴している。	ノズル径を大きくする。
	測定値に誤差がある。	温度補正が正常に行われていない。	センサ全面をノズルより下方へ出す。
		ペーパーの影響で音速が変化している。	直射日光などにあたらない場所に取り付ける。
	測定できない。	対象物からの反射効率が悪い。	ペーパーの対策を防止する。 音速補正を行う
超音波透過式	ON/OFF 動作しない。	検出部への付着	センサの最大計測長に対して 余裕のある計測範囲で使用する。
		検出部がタンク内に露出していない。	付着物を取り除く。
			ノズルを短くする。 ロングタイプを使用する。
音叉振動式	ON しっぱなし	正しく結線されていない。	正しく結線する。
		付着物の影響	付着物を取り除く。 低感度に設定する。
	OFF しっぱなし	液体の見かけ比重が小さすぎる。	高感度設定にする。
		周辺機器からのタンク振動でセンサが激しく揺れている。	振動の受けない場所に設置する。
差圧式	誤差がある。	導圧管内の液体中にガスが溜まる。	ガスを抜く。
		導圧管内の気体中にドレンが溜まる。	ドレンを排水する。
レーザー式	測定値に誤差がある。	フィルターガラスに結露	清 掃
		直射日光による受光素子の飽和	直射日光が当たらないように遮蔽板を付ける。
	空なのに、測定値がでる。	タンク底からの反射光を受光している。	設置場所を変える。
	突然異常な値がでる。	振動などの取り付け角度のずれによるスポットの移動	取り付け角度調整後、増し締め
		泡や波立ちによる、乱反射	防波管の設置
光 式	出力信号がでない。	電源ノイズ	絶縁トランスを電源につける。
	出力信号が変化しない。	ガイドパイプの変形・破損	ガイドパイプの交換
	その他	ガイドパイプの汚れ・付着	ガイドパイプの洗浄
		ケーブルの断線	ケーブルの交換
ガイド プローブ式	アラームがでる。	端子ビスのゆるみ	端子ビスの締め増し
		プローブが外れる。	増し締め
	プローブ根元の直線性が悪い。	腐食によるプローブ破損	プローブ交換
		不感領域を使っている。	キャリブレーションを実施
	ノズル出口を検出している。	ノズルの反射を検出している。	キャリブレーションを実施

13 トラブル解消事例

レベルセンサのトラブル事例を紹介します。

13.1 電極式トラブル事例

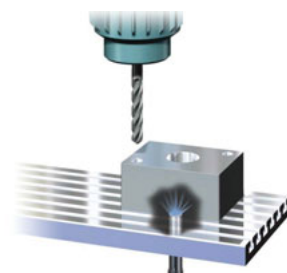
- 会社名** ○○○工業株式会社
- 用途** 排水ピットのレベル検出。工場内の離型剤作動油などの廃液をためている排水ピットです。
- 方式** 電極式。2接点。



- トラブル内容** 出力が動作せず、排水ピット内の廃液がたまり過ぎることがありました。土日だったため気づくのが遅れ、月曜日出勤時にはあふれる寸前でした。もしあふれていたら工場内に留まらず、周辺の住宅地まで流れて大きな事故になる所でした。
- 原因** 電極棒に離型剤などの絶縁膜が付着したのが原因のようです。設置当時は問題なかったのですが、長期間使っているうちに導通不良を起こしたようです。
- 対策** 電極棒の清掃の頻度を上げることにしましたが、正しい頻度を求めるのが困難なと、事故が発生した時の被害の大きさから新原理のガイドパルス式を試してみました。
- 結果** ガイドパルス式は、プローブ上に絶縁膜が発生しても、検出に悪影響はほとんど起きず、トラブルの発生は起きていません。また、使用したセンサはプローブの汚れを自動でセンシングし、メンテナンス時期をお知らせする機能がついており、誤検知前にメンテナンス時期を判断することができて大変便利です。

13.2 フロート式トラブル事例

- 会社名** □□□工業株式会社
- 用途** 切削油のレベル検出。金属部品の切削に使った切削油を濾過して循環させる際のダーティタンクの空・あふれ検知をします。
- 方式** フロート式。2接点。



- トラブル内容** 出力が作動せず、あふれてしまったり、切削油が足りない状態で切削してしまうことがありました。床にあふれるのは掃除をすればいいですが、切削油が無いと工具が破損して危険な思いをすることがありました。
- 原因** 切り子がフロート部に噛み込んで、フロートが動かなくなったまま運転し続けてしまうことが原因でした。
- 対策** 定期的に目視チェックをしていますが、突然大きく噛んでしまうことがあり根本対策は困難でした。ガイドパルス式が様々な条件をクリアしていそうだったので採用しました。
- 結果** ガイドパルス式は切り子は無視して液面を検出し、波打ち/泡立ちにも強く、トラブルの発生は無くなりました。また、使用し続けていくと、プローブへの固着が増えて行くので、いずれはメンテナンスが必要とは思いますが、メンテナンス時期をお知らせする機能がついており、誤検出前にメンテナンス時期を判断することができて大変便利です。

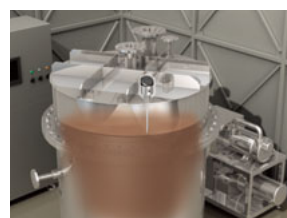
13.3 超音波式トラブル事例

- 会社名** 株式会社□□メッキ工業
- 用途** メッキ工程の液面管理。メッキ前処理の洗浄液やメッキ槽の液面制御をします。
- 方式** 超音波式。2接点。
- トラブル内容** 出力が働かず、メッキ液の量が不適切なまま運転することがありました。メッキ液は環境負荷が高いため、液量管理を厳格にしないといけない手前、運営上問題がありました。
- 原因** センサ前面へ結晶などが付着して、超音波の発生が悪くなることで誤検出が発生していました。
- 対策** 掃除すればいいのは分かるのですが、環境が悪く、頻度良く掃除はしづらいため困っていました。別の検出原理を持つガイドパルス式を採用してみました。
- 結果** フッ素樹脂で覆われたガイドパルス式を採用したところ、電着は無く、結晶などの付着物も無視して安定した検出が可能でした。使用していくと、プローブへの付着が増えて行くと思われそうですが、そんな時にもメンテナンス時期をお知らせする機能がついており、誤検出前にメンテナンス時期を判断することができて大変便利に使用しています。



13.4 静電容量式トラブル事例

- 会社名** ○○食品
- 用途** 調合タンクのレベル検出。調合時のレベルを検出しながら、材料の投下タイミングを調整します。
- 方式** 静電容量式。アナログ出力付き。
- トラブル内容** 測定値に誤差が発生し、投下タイミングを間違えることがありました。成分量が変わるとタンク内の材料を全部捨てるので無駄なコストが発生していました。
- 原因** 卵白・マヨネーズ・ゼラチンなど粘度の高い液体の場合、プローブにまとわりついていました。静電容量式はプローブにまとわりつくことで測定値が変わってしまうことが原因でした。
- 対策** 粘度の高い液体の時には掃除する頻度を上げる対策をしていましたが、工数がかかり面倒でした。ガイドパルス式を採用してみました。
- 結果** ガイドパルス式は粘度の高い液体でも安定した検出が可能でした。食品系なので泡立ちや波打ちもあるのですが、静電容量式以上に安定していました。接点出力も4点ついているので、現場でのランプ確認も簡単にできるようになり、大変便利に使用しています。



13.5 差圧式トラブル事例

- 会社名** △○プリント株式会社
- 用途** 基板用溶剤レジスト液の検知。溶剤レジスト液の空検知とあふれ検知を同時に行っています。
- 方式** 差圧式。2接点。
- トラブル内容** まれに誤検知してあふれそうになることがありました。あふれると掃除・点検を行わなければならない上、工数がかかるので問題でした。
- 原因** 溶剤レジスト液は粘度が高いのですが、流動した時に泡をかんだりして液体トータルの密度が変動することで検出に誤差が発生していました。
- 対策** 粘度があり絶縁体なので、フロート式や電極式は使えず、超音波も付着が気になるので対策が見つかりませんでした。新原理のガイドパルス方式を試してみました。
- 結果** ガイドパルス式は液体の密度やタンク内気圧の変化の影響は受けず、安定した検出が可能でした。また、付着にも強く、差圧式以上に安定していました。



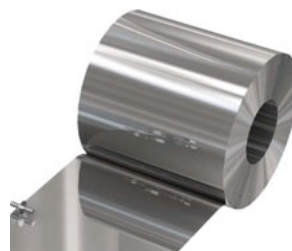
13.6 振動式トラブル事例

- 会社名** ○○工業株式会社
- 用途** 研削盤のクーラント管理。クーラント液が足りない時に信号を出し、クーラントを補充します。
- 方式** 振動式センサ。1接点。
- トラブル内容** 今まで数回空焚きをしてしまったことがありました。空焚きをすると、設備へのダメージがあり点検作業が必要でした。
- 原因** 研削による加工粉が元になり、先端部に付着物が発生して液が無いのに「ある」と誤検出していました。
- 対策** 誤検出の頻度が少ないので「喉元過ぎれば…」で棚上げしていましたが、根本対策はできていませんでした。そこで、新原理のガイドパルス方式を試してみました。
- 結果** ガイドパルス式はプローブに多少汚れがついても検出に全く影響が出ませんでした。また、振動式はプローブが短く、タンクに横ざしで設置するので施工が面倒でしたが、ガイドパルス式はタンク上部から刺せ、出力も4点あるので空検出に加えてあふれ検出もできます。トータルで安いと思っています。



13.7 光式トラブル事例

- 会社名** △△電線株式会社
- 用途** 純水洗浄槽のレベル検知。電線や特殊鋼板の洗浄を、一部は純水で行います。
- 方式** 光式センサ。1接点のを空とあふれで2個。純水は絶縁体なので電極式は使えません。また、可動部があると変なものが純水に混じると嫌なので光式で検出しています。
- トラブル内容** ときどき純水が足りないのにセンサの出力が働いていないことがありました。純水が足りないと洗浄剤の残留が懸念され、品質に問題が発生します。
- 原因** センサ先端に汚れが付着すると、投受光センサ間の光が遮断され、液面が無いのに「ある」と誤検出してしまうようです。
- 対策** 洗浄槽なので、汚れを無くすことはできません。センサの数を2倍に増やすことも考えましたが、制御が複雑になるとコストも増える割に根本対策ではないので二の足を踏んでいました。そこで、新原理のガイドパルス方式を試してみました。
- 結果** ガイドパルス式はプローブに多少汚れがついても検出に全く影響が出ませんでした。また、可動部もなくクリーンなので安心です。



ガイドパルス式レベルセンサ FLシリーズのご紹介



業界初

常時安定検出

耐久構造&メンテナンスフリー

業界初

多彩な出力搭載 4公差+アナログ

ベースとなる検出原理にガイドパルス方式を採用。さらに独自に3つのセンシングテクノロジーを搭載し、

業界初 センシングガイドパルス方式を確立しました。

- ① 液体のセンシングにより、水・油・薬液など様々な液体に対応。
- ② 設置環境のセンシングにより、攪拌プロペラなどの障害物もキャンセル可能。
- ③ プローブ状態のセンシングにより、メンテナンスフリーを実現。

多彩なラインナップ

標準タイプ

本体型式
FL-001



水以外にも、クーラントなどで使用される油に対応。

- 水・油仕様
- 切削粉混在液対応
- 粘液対応

サニタリタイプ

本体型式
FL-S001



CIP、SIP洗浄に対応。食品業界などでご使用いただけます。

- 食品・薬品業界仕様
- CIP/SIP洗浄対応
- 粘液対応

樹脂タイプ

本体型式
FL-C001



塩酸をはじめ、硝酸やフッ化水素など、あらゆる薬液に対応しています。

- 薬液タンク仕様
- 腐食液対応
- 粘液対応

Level Sensor Handbook

株式会社 キーエンス

本社・研究所／センサ事業部

〒533-8555 大阪市東淀川区東中島1-3-14 Tel 06-6379-1121 Fax 06-6379-1120

この商品に関する
お問い合わせは



0120-663-000

一部のIP電話からはご利用いただけません。

www.keyence.co.jp

記載内容は、発売時点での当社調べであり、予告なく変更する場合があります。記載されている会社名、製品名等は、それぞれ各社の商標または登録商標です。

センサ7-1017

Copyright© 2013 KEYENCE CORPORATION. All rights reserved.

K3975 1038-3 248004