

# その測定 工夫すれば可能です!

静電容量の測定を通してお手伝いをさせていただきます。

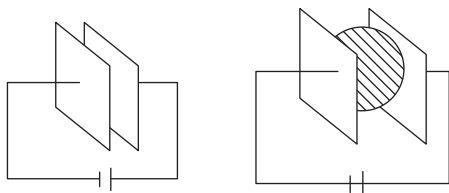
**静電容量?** 聞き慣れない言葉ですが、静電容量を測定することによって出来る事、その一部を紹介させていただきます。

その前に、静電容量及び誘電率について簡単に説明させていただきます。

## 静電容量

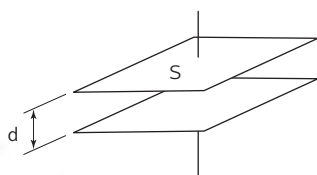
互いに絶縁された二つの導体の一方を接地端、他方の導体を検出端として空間に配置された二つの導体(コンデンサ)が、電荷(帯電した物質の持っている電気の量)を貯えることのできる能力を表すもので、水に例えれば、ある水位(電圧V)において、どれだけ水量(電荷Q)が貯えられるかという、貯蔵容量のようなものです。

空間に配置された二つの導体の間には必ずこの静電容量がつくられ、それは二つの導体間の距離と形状、および空間の性質によって決定されます。



このとき、金属平板の間に介在する物質の性質によっても静電容量は変わり、物質の体積を1/2にすれば静電容量も1/2になり体積を2倍にすれば静電容量も2倍になります。したがって、静電容量が導体間の関係によって決定されることから、簡単な形状については静電容量を求める式が公式化されています。

最も簡単な例として、図のような2枚の金属平行平板の場合、静電容量は  $C = \epsilon \frac{S}{d}$  で表されます。



$\epsilon$ : 誘電率  
 $C$ : 静電容量  
 $d$ : 金属板間の距離  
 $S$ : 金属板の面積  
但し、 $S \gg d$

但し、一般的には上図のような理想的な形状では無いために、静電容量を計算で求めることは困難で、静電容量を求めるには静電容量測定器を用いることとなります。

## 誘電率

2枚の金属板の間に絶縁体を入れると、静電容量は必ず増加いたします。

もとの静電容量を  $C_0$ 、装荷した後のそれを  $C$ 、とした時、 $C$  と  $C_0$  の比 ( $C/C_0$ ) をその物質の比誘電率 ( $\epsilon_s$ ) といい、これは物質固有のものでした。したがって、この比誘電率、すなわち静電容量を測定することにより物質の状態を推測することが可能となります。

誘電率に関する物理的現象を簡単に説明いたしますと、物質は大多数の原子からできています。導体と絶縁体の電気的作用の相違は、自由電子(金属内を自由に移動できる電子)の存在の違いによるものです。絶縁体には自由電子が存在しない為に電気を流すことができませんが、この絶縁体を電解内に置くと、電子分極という現象が発生し、この現象が表面的には静電容量の変化となって現れます。また分極の強弱は比誘電率の差となります。

主な物質の誘電率は、別紙カタログ「静電容量による測定」の中に記述していますので参照ください。

真空の誘電率 ( $\epsilon_0$ ) は、SI単位系において他の単位との整合をとるためのもので、真空の透磁率を  $\mu_0$ 、真空の誘電率を  $\epsilon_0$ 、光速を  $C$  とすると、それらの間には  $\epsilon_0 \mu_0 = 1/C^2$  という関係があります。  
真空の透磁率を  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$  と決め、 $\epsilon_0 = 1/\mu_0 C^2 = 8,854 \times 10^{-12} \text{F/m}$  と決めています。  
真空の誘電率  $\epsilon_0$ 、比誘電率  $\epsilon_s$ 、誘電率  $\epsilon$  の間には  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$  という関係があります。  
 $\epsilon$  と  $\epsilon_s$  が混同されて使用されますが、誤解のない時には何ら問題ありません。



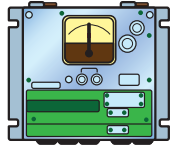
株式会社 Y.E.I.



K-0014-00

# 1 厚み計

距離を一定に保った電極の間に厚さ  $t$  の測定物を入れると、厚さ  $t$  に応じて静電容量が変化します。

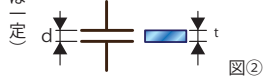
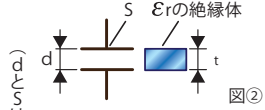
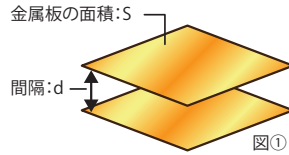


図①の様な2つの平行金属板(電極)間の静電容量は、

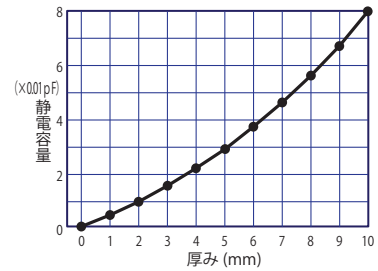
$$C = \epsilon_0 \epsilon_s \frac{S}{d}$$

$\epsilon_0$ : 真空 (= 空気) の誘電率

$\epsilon_s$ : 絶縁体と真空の誘電率の比  
絶縁体の誘電率 =  $\epsilon_0 \epsilon_s$  となります。

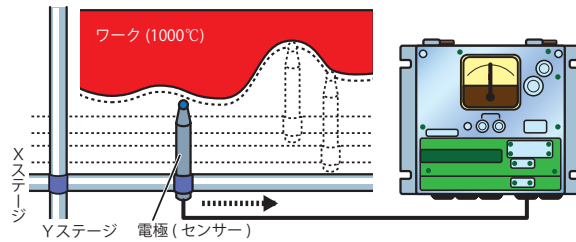


アクリル樹脂板の厚み-静電容量特性

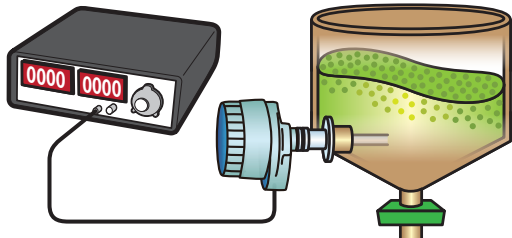


# 2 変位計

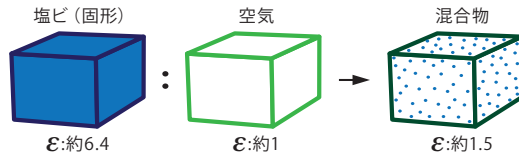
静電容量は電極間の距離に反比例して変化します。静電容量センサーの耐熱性を生かして、X-Yステージを用い、赤熱した鋼材の表面形状を捉えることができます。



# 3 密度計



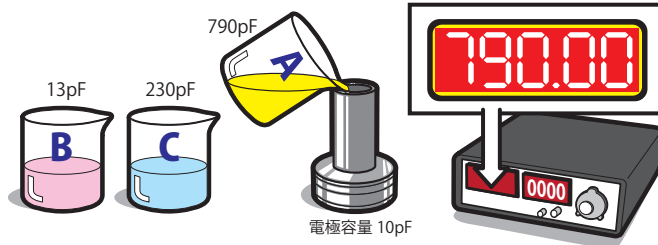
それぞれの物質がもつ誘電率は物質の状態によっても異なります。多くの場合、物質の密度は空気の混入量によって変わります。空気 (真空) の誘電率は1とされ、他の物質は全て空気 (真空) より大きな誘電率を持つため、物質の中に空気が混入すると誘電率が小さくなり変化量をとらえることができます。



# 4 選別計

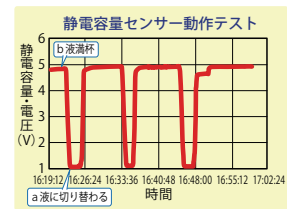
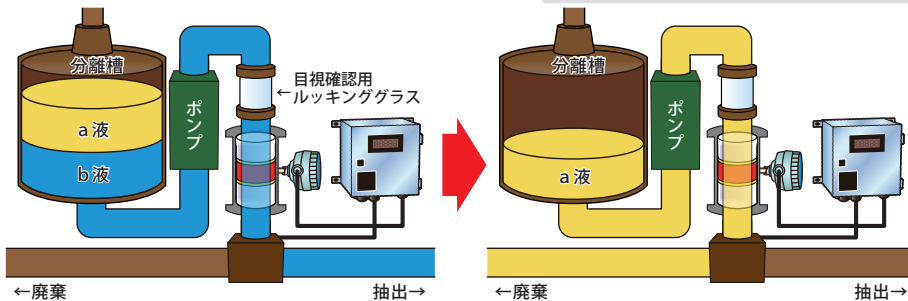
それぞれの物質がもつ誘電率を利用して物質の選別ができます。

エタノール、トルエン、水のように無色透明な液体の選別も、物質の持つ基本定数である誘電率が物質ごとに異なるため、その差を静電容量の差としてとらえることができます。



# 5 界面検知

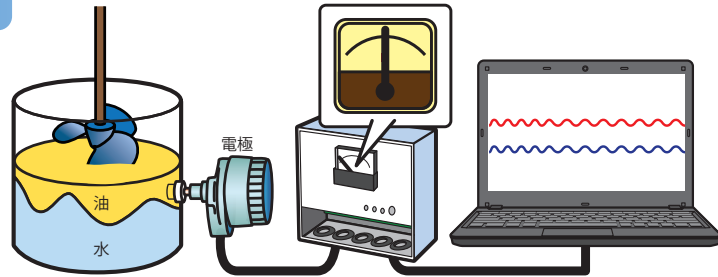
a液 5V、b液 1V と電圧がアナログ的に変化することから、適当なところにしきい値を設け、比較する制御器を設置すれば界面の検出ができます。



## 6 乳化管理

マーガリンやクリームなど誘電率の異なる物質を混ぜ合わせる工程において、乳化・混合の状態を把握できれば製造工程の能率が飛躍的に向上します。

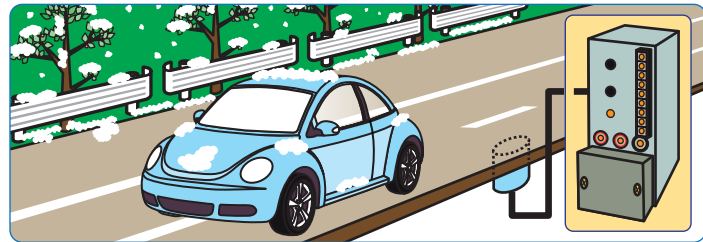
水と油の層は、完全に分離した状態にあります。攪拌する事により、乳化粒子の大きさが小さくなっていき、最後は完全に乳化します。



## 7 路面検知

道路面に電極を埋め込み、路面の状態を捉えます。

雨水(水)は凍って「氷」になると誘電率が大きく減少することから、路面が、乾燥・雨・雪・氷のどの状態であるかを判断します。



## 8 物体の有無検知1

食品などのパッケージ工程で食材が適量であるか、また内容物が正確に投入されているか等を検出します。

静電容量式レベルセンサが電子カメラに対抗!! 「タレ」の投入前後で静電容量を測定します  
容量変化がある場合 → 良品  
容量変化がない場合 → 不良品

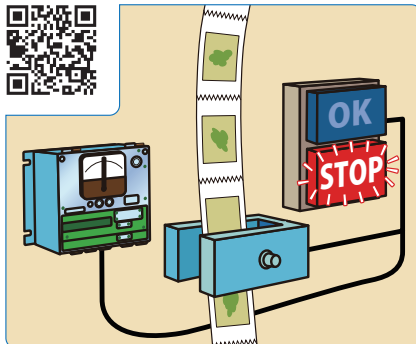


## 9 物体の有無検知2

食品などのパッケージ工程で食材が適量であるか、また、内容物が正確に投入されているか等を検出します。

食品の小袋の内容物が、規定量注入されているかを検出!!

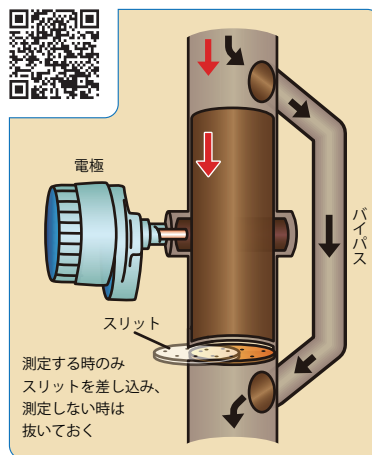
整列機から一定のスピードで連続して送られる小袋の内容物が、規定量注入されているか、静電容量による検出を非接触にて行います。規定量注入されているOK箇所と、規定量に満たないNG箇所に静電容量の変化が表れます。



## 10 穀物の水分計

粉粒体の水分を静電容量で測定しようとした場合、密度の影響をまともに受けてしまいます。水分で容量変化したか、密度で変化したのか判断ができません。

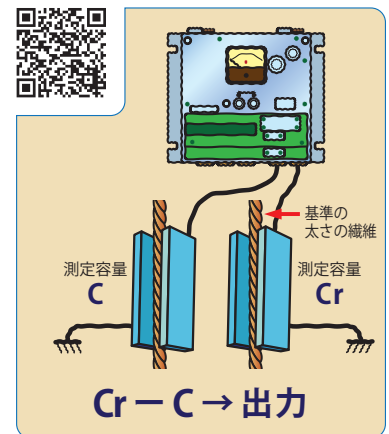
密度を一定にすれば水分の変化を静電容量変化として捉えることができます。



## 11 繊維の太さ計

繊維の太さを測定するためには、非常に高い感度で測定する必要があります。しかし高感度で測定した場合、温度や湿度によるドリフトも捉えてしまいます。

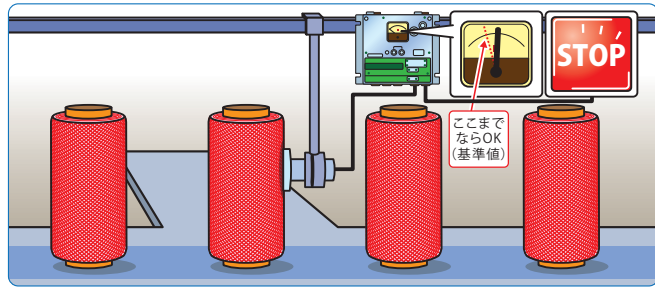
測定電極だけでなく基準電極を設けることにより、それぞれをバランスさせ差だけを出力するように設計しています。



## 12 繊維の水分計

繊維の水分を測定するには、100度以上の温度で絶対乾燥状態にし、時間をかけて測定するのが普通でした。静電容量測定を用いることにより、リアルタイムに測定が可能になりました。

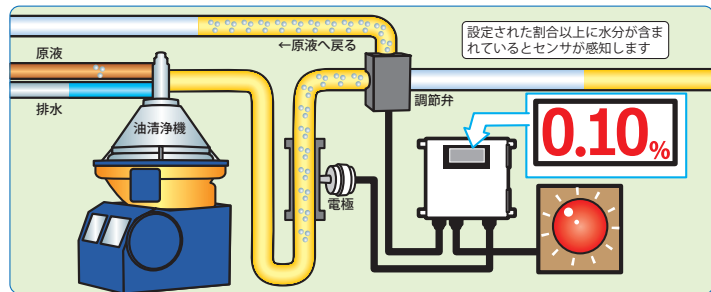
大きなボビンに巻かれた繊維に電極を押し当てて水分を測定します。



## 13 油の水分計

油と水の誘電率が異なることから、容易に測定することが可能に！油中に水分が混入すると、油の酸化促進、潤滑性能の低下や機器の発錆・腐食などにつながります。機器の稼働効率を高めるためにも、油中の水分管理が必要です。

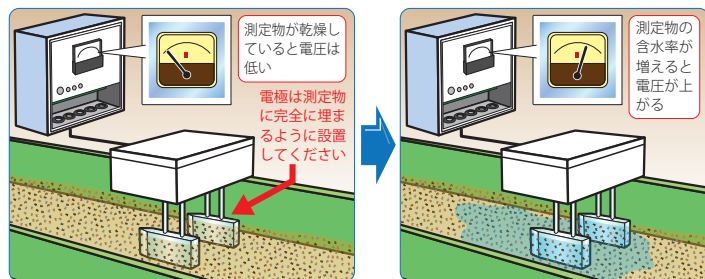
温度補正機能や他種の油に対応できる機能を持ちます。電極を配管途中に設置するだけで、連続した水分測定を行います。



## 14 砂の水分計

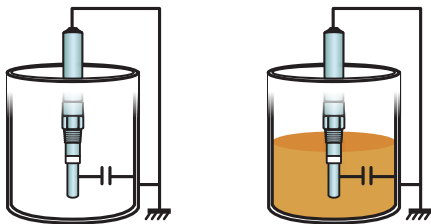
石灰石や鑄砂（鑄物砂）などの水分測定に！一般的な赤外線式は、主に砂の表面水分を測定しているため、砂全体の測定にバラツキがあり、しかも高価です。加熱乾燥式はサンプル測定のため、インラインに適していません。

弊社の製品は、これらの問題を解消する製品です。電気電導度を正確に測定することにより、石灰石や鑄砂などの含水量を測定することが可能です。



## 15 レベルセンサ

静電容量測定方法の最も一般的な応用です。液体から粉体、粒体まで広範囲な測定対象物に対応でき、可動部が無く附着物による誤動作を無くしました。



タンク内に測定物が投入されると検出電極とタンク壁間の物質の持つ比誘電率に比例して静電容量が増える。レベルスイッチは、この静電容量増分を捕らえ、接点信号として、出力します。

タンクに取り付けられた電極とタンク壁との間には、空気（比誘電率 $\approx 1$ で一番小さな値）のみが存在するだけで、静電容量は非常に小さい。



## 16 観葉植物をセンサに

静電容量センサーの電極は金属である必要はありません。電気を通すものであれば何でも検出電極とすることができます。植物の場合、根から葉まで多くの水を含み、水は電気を通すので観葉植物を検出電極とすることができます。

