

センサーの選定

今まで、使用していた場所に改めて種類の違うセンサーを用いると、その周辺機器をある程度変更しなければならず費用もかさみます。変更理由が何らかのトラブルが続くというのであれば、素子を変更する前に、次の項目を考えてみてください。

- 1 使用雰囲気にあった保護管材質か?
- 2 最高到達温度は使用範囲内か?
- 3 取付け場所の位置、環境は?
- 4 振動・衝撃の有無は?

新規に取り付ける場合は下記を選定の参考にしてください。

- 1 主に使用する温度と最高温度?
- 2 高精度を必要とするか?
- 3 取付け環境(一般型かシース型か?)
- 4 使用雰囲気(保護管の選定)
- 5 応答性は重要か?(構造・保護管の選定)
- 6 コスト

熱電対にする理由

- 振動・衝撃がある
- 仕様により低価格品の製作が可能
- 周辺機器が熱電対仕様
- 高温測定が可能
- 測温による被測定物の影響を軽減できる(微少部の測定が可能)
- 仕様により補助電源を使わず、表示が可能

測温抵抗体にする理由

- 比較的低温またはマイナス温度が得意
- 高精度の測定が可能
- 周辺機器が測温抵抗体仕様
- 補償導線が不要
- 出力信号が大きい

取付深度及び位置

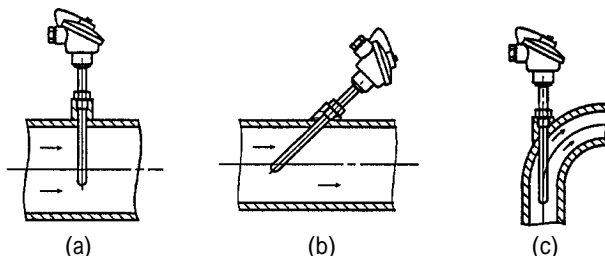
温度は、知りたい場所(被測定物)とセンサーの感温部が同一温度になってはじめて正確に計ることができます。

外気温の影響を受けにくくするためには、金属保護管で直径の15~20倍、非金属保護管では10~15倍の保護管挿入長が必要です。

配管内の流体温度を計る場合を下図に示します。

- a) 管径が比較的大きく挿入深度がとれる場合。
- b) 挿入深度がとれない場合、流れに逆らって斜めに取り付けます。
- c) さらに管径が細い場合、凸部をもたせたり、屈曲部に取り付けます。

管路の温度測定

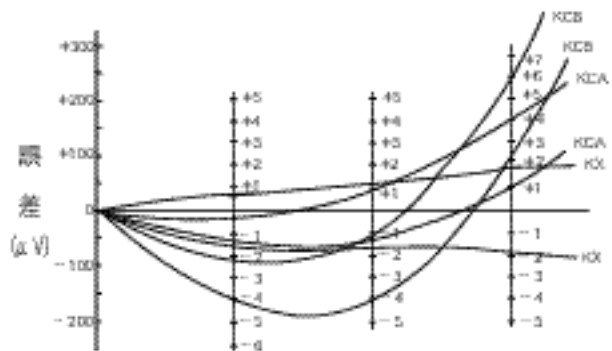


考えられる誤差要因

熱電対の場合

1. 熱電対を過熱使用限度付近で長時間使用すると、金属組成に影響を及ぼし、熱起電力に誤差が生じる場合があります。
2. 熱電対の素線と補償導線の総合電気抵抗が高いと計器によっては表示に誤差を与える場合があります。
やむをえず長くする場合はなるべく太い補償導線、または出力変換器をおすすめします。
3. 通常使用での誤差は、熱電対素線の誤差、補償導線の誤差、表示計器の誤差、以上3つの総合誤差となります。

KX, KCA, KCB補償導線の温度 - 誤差特



測温抵抗体の場合

1. シースの場合、抵抗体素子は先端より10mm程の所に約20mmの長さであります。また一般型では先端より2~3mmのところにあります。素子が長いので考慮して測定しないと、誤差を生じる場合があります。
2. 接続導線は、3本の線路抵抗が同一でないとその差が誤差となります。その誤差は0.4で1です。
リード線の温度上昇による抵抗変化を考慮し、接続導線には3線のまとまった線を使用して下さい。

その他

1. センサーの外径が太いほど、耐熱性及び耐食性はありますが、応答速度が遅くなります。
感温素子の大きさの関係で通常、測温抵抗体のほうが応答時間は遅くなります。

シース熱電対の場合の応答時間 [単位 秒]

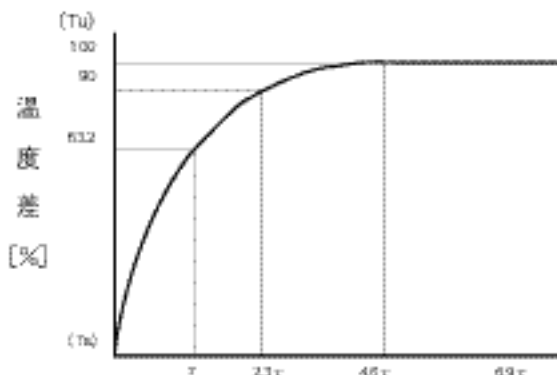
シース外径	0 100 (水中へ投入)		
	63.2%	90%	99.9%
1.0	0.07	0.15	0.49
1.6	0.13	0.31	0.91
3.2	0.71	1.52	4.97
4.8	1.83	3.55	12.81
6.4	2.80	6.43	19.62
8.0	3.34	7.68	23.46

センサーの時定数について

測温抵抗体や熱電対のような接触式温度センサーは、厳密に言うとセンサーが表示する温度の値は常にセンサー自身の温度であり必ずしも対象物の温度ではないといえます。

従って、いかに早く測定対象物とセンサーが同一温度になるかと言うことが重要で、それに要する時間が時間遅れ誤差として誤差要因に数えられます。

そして、その優劣はセンサーの時定数として応答評価によく用いられます。



ある被測定物の中へセンサーを投入した場合、経過時間に伴う温度誤差を T とし、被測定物の温度を T_u 、投入前のセンサー温度を T_a 、センサーの時定数を τ 、経過時間を t とすると次式となります。

$$T = (T_u - T_a) \exp(-t/\tau)$$

もし、温度差 $(T_u - T_a)$ の $n\%$ まで温度が達したとすれば

$$T = (1 - n/100) (T_u - T_a)$$

となり、要する時間は

$$90\% \text{ のとき } t/\tau = 2.303$$

$$99\% \text{ のとき } t/\tau = 4.606$$

$$99.9\% \text{ のとき } t/\tau = 6.909$$

ゆえに、測定目標物の90%に達するまでに要する時間は $t = 2.303\tau$ で時定数 τ の2.303倍となります。また、ほぼ真値に達するまでは約7倍の時間がかかります。

従って τ をいかに小さく押さえるかが問題となりますがセンサーの大きさ、構造、材質によって異なり、被測定物の種類、流速の有無などによっても著しく異なります。

センサーの熱容量： H 放熱係数： C とした場合

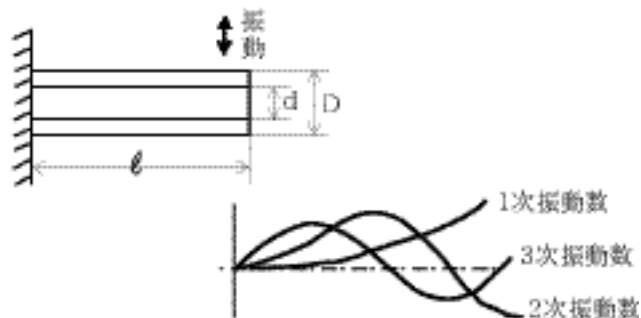
$$\tau = H/C$$

速応性を上げるには H を小さくして C を大きくするよう構造、およびセンサーの置かれ得る環境を考えなければなりません。水中では静止空気中の1/10以下です。それは C が10倍以上になっているためで水を攪拌すればさらには小さくなります。

固有振動数の計算

振動が加わる場所で使用する場合、その振動数がセンサーの固有振動数と合うと共振して非常に大きな力が加わり、堅牢な厚肉ステンレス保護管でも破損する場合があります。

1次振動で振れている保護管の固有振動数を考える。但し先端開放で中空の場合



$$f_n = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{EIg}{A}} \quad [\text{Hz}]$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

次数	1	2	3
振動係数:	1.875	4.694	7.855

g : 重力加速度(980cm/s²)

: 比重(sus304の場合 7.98 × 10⁻³)

E : ヤング率(sus304の場合 1.97 × 10¹⁰)

当然、センサーですから、保護管内部に感温部、リード線等があり、そのため正確な固有振動数ではありませんが、およその値は導くことができます。

また、保護管を流速の早い液体中に挿入した場合、カルマン渦により強制的に管が振られる場合があります。



カルマン渦

$$f_k = k \cdot V/D \quad [\text{Hz}]$$

k : カルマン係数(通常は0.21)

V : 流速(m/s)

D : 保護管の直径(m)

$$\begin{aligned} \text{カルマン渦による振動数} &: f_k \\ \text{保護管の固有振動数} &: f_n \end{aligned} \quad 0.8 \frac{f_k}{f_n} < 1.2$$

上記の式を満足させれば保護管はカルマン渦による共振を起こしません。