

わかる。 温度計測

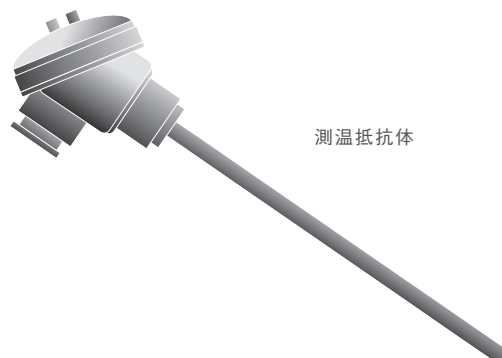
温度計測のプロが
基礎知識から計測
ノウハウまで解説

測 温 抵 抗 体 編

測温抵抗体の基礎

測温抵抗体とは

測温抵抗体は、金属または金属酸化物が温度変化によって電気抵抗値が変化する特性を利用し、その電気抵抗を測定することで温度を測定するセンサです。RTD(Resistance Temperature Detector)とも呼ばれます。使用する金属には一般的には特性が安定して入手が容易である白金(Pt100)が用いられます。JIS-C1604で規格化されています。そのため各メーカー間の互換性があります。現在、熱電対と並んで、最もよく使用される温度センサです。



測温抵抗体

測温抵抗体の特徴

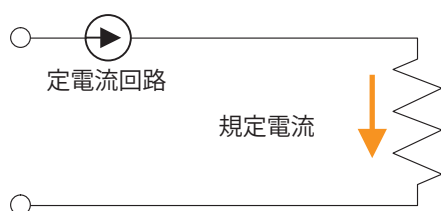
測温抵抗体は高精度に温度を測定する場合に使用されます。

- ・ 高精度に温度を測定できる
- ・ 極低温を測定できる

この2点が大きなメリットです。その反面、高温測定には不向きなセンサです。環境の温度測定には測温抵抗体、工業炉の温度測定には熱電対というように使い分けことが一般的です。

測温抵抗体の原理

測温抵抗体の抵抗素子の抵抗値は温度の変化により、一定の割合で変化します。抵抗素子に一定の電流を流し、測定器で抵抗素子の両端の電圧を測定し、オームの法則 $E = IR$ から抵抗値を算出し、温度を導き出します。



ここの抵抗値が温度によって変化します。規定電流は一定なので、抵抗値が変化すると抵抗の両端の電圧も変化します。この電圧の変化で温度を計測します。

[参考] Pt100 の基準温度換算表

JIS C1604 より抜粋 (単位: Ω)

温度 ℃	-100	0	温度 ℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	温度 ℃
0	60.26	100	0	100	138.51	175.86	212.05	247.09	280.98	313.71	345.28	375.7	0
-10	56.19	96.09	10	103.9	142.29	179.53	215.61	250.53	284.3	316.92	348.38	378.68	10
-20	52.11	92.16	20	107.79	146.07	183.19	219.15	253.96	287.62	320.12	351.46	381.65	20
-30	48	88.22	30	111.67	149.83	186.84	222.68	257.38	290.92	323.3	354.53	384.6	30
-40	43.88	84.27	40	115.54	153.58	190.47	226.21	260.78	294.21	326.48	357.59	387.55	40
-50	39.72	80.31	50	119.4	157.33	194.1	229.72	264.18	297.49	329.64	360.64	390.48	50
-60	35.54	76.33	60	123.24	161.05	197.71	233.21	267.56	300.75	332.79	363.67		60
-70	31.34	72.33	70	127.08	164.77	201.31	236.7	270.93	304.01	335.93	366.7		70
-80	27.1	68.33	80	130.9	168.48	204.9	240.18	274.29	307.25	339.06	369.71		80
-90	22.83	64.3	90	134.71	172.17	208.48	243.64	277.64	310.49	342.18	372.71		90
-100	18.52	60.26	100	138.51	175.86	212.05	247.09	280.98	313.71	345.28	375.7		100

測温抵抗体の選定

抵抗素子で選定

測温抵抗体には大別して以下の4種類があります。

種類測	定範囲
白金測温抵抗体	-200 ~ +660℃
銅測温抵抗体	0 ~ +180℃
ニッケル測温抵抗体	-50 ~ +300℃
白金・コバルト測温抵抗体	-272 ~ +27℃

以下、各測温抵抗体の特徴を記載します。

【白金測温抵抗体】

温度による抵抗値変化が大きく、安定性と精度が高いことから工業用計測に最も広く使用されています。白金測温抵抗体の種類は以下の3つに大別されます。

記号	0℃における抵抗値	抵抗比率
Pt100	100Ω	1.3851
Pt10	10Ω	1.3851
JPt100	100Ω	1.3916

抵抗比率：100℃における抵抗値/0℃における抵抗値

Pt100が最も多く使用されています。

Pt10はIEC規格に規定がありますので、JIS規格に追加されていますが、使用実績はほとんどありません。

JPt100は1989年以前、JIS規格上では旧Pt100でした。

1989年のJIS規格改正時に、IEC規格に合わせて新Pt100(現在のPt100)を制定した際、旧Pt100をJPt100という記号に変えて残しましたが(市場の混乱を防ぐため)、1997年のJIS改正時に廃止されました。

【銅測温抵抗体】

温度特性のばらつきが小さく、安価です。ただし、抵抗率(固有抵抗)が小さいため小型化できません。また、高温で酸化しやすいので+180℃程度が使用上限温度になります。

【ニッケル測温抵抗体】

1℃あたりの抵抗値変化が大きく、安価です。

ただし、+300℃付近に変態点があるなどの理由で使用上限温度が低いです。

【白金・コバルト測温抵抗体】

抵抗素子に白金・コバルト希薄合金を使用したセンサで、極低温計測用に使用されます。

精度で選定

測温抵抗体の精度は”測定温度に対する許容差”としてJIS規格に定められています。

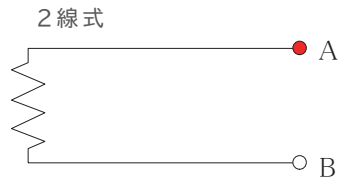
クラス	許容差 (℃)
A	± (0.15 + 0.002 t)
B	± (0.3 + 0.005 t)

|t| : 測定温度の絶対値

測温抵抗体の選定

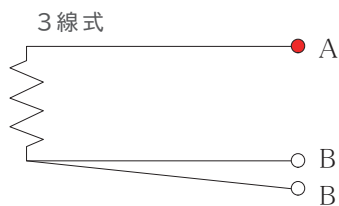
内部導線の結線方式で選定

内部導線の結線方式は2線式、3線式及び4線式があります。



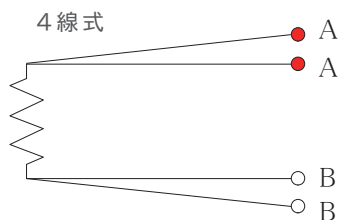
【2線式】

抵抗素子の両端にそれぞれ1本ずつ導線を接続した結線方式です。安価ですが、導線抵抗値がそのまま抵抗値として加算されますので、あらかじめ導線抵抗値を調べて補正をする必要があります。そのため、実用的ではありません。



【3線式】

最も一般的な結線方式です。抵抗素子の片端に2本、もう片端に1本の導線を接続した結線方式です。3本の導線の長さ、材質、線径及び電気抵抗が等しい場合、導線抵抗の影響を回避できることが特徴です。



【4線式】

抵抗素子の両端に2本ずつ導線を接続した結線方式です。高価ですが、測定原理上、導線抵抗の影響を完全に回避できます。

コラム なぜ3線式測温抵抗体は導線抵抗の影響を受けないか？

図に示すように、3線式測温抵抗体は抵抗素子の片端に2本、もう片端に1本の導線を接続した測温抵抗体です。

抵抗素子の抵抗値を R 、
3本の導線抵抗を R_1 、 R_2 、 R_3 ($R_1=R_2=R_3$) とすると、
規定電流は $A \rightarrow B \rightarrow C$ の経路を流れます。
(B と D は同電位なので R_2 には流れない)

3線式測温抵抗体が配線されたレコーダは
このとき $A-B$ 間の電圧と $B-C$ 間の電圧を
測定し、その差分を計測値とします。

流れる電流値は一定ですので、
それぞれの抵抗を流れる電圧を

$$R:V$$

$$R_1, R_3:V_1$$

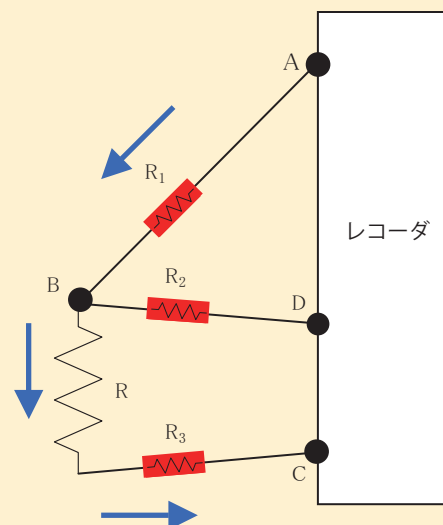
とすると

$$(B-C \text{ 間の電圧}) - (A-B \text{ 間の電圧})$$

$$= (V + V_1) - (V_1)$$

$$= V$$

となり、導線抵抗の影響を回避することができます。

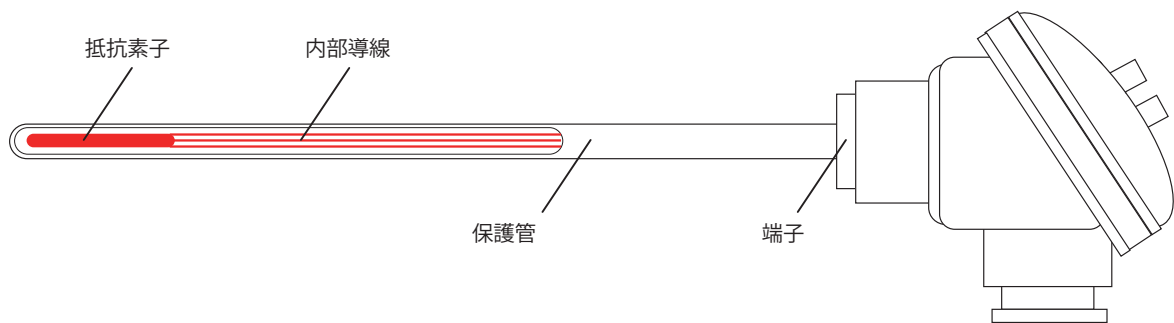


測温抵抗体の選定

構造で選定

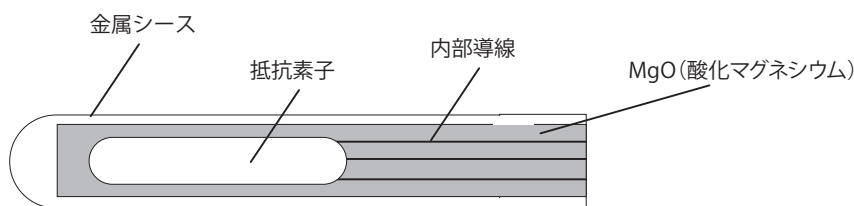
【1】一般型（保護管付）測温抵抗体

抵抗素子に内部導線を接続し、保護管に納め、端子を取り付けて使用するという、測温抵抗体の最も基本的な構造です。耐震性・耐蝕性の高い保護管も選ぶことができ、また、安価で扱いやすいことがメリットです。その反面、下記のシース測温抵抗体と比較するとサイズが大きくなりますので、応答性が遅いことがデメリットです。



【2】シース測温抵抗体

金属細管（シース）と内部導線及び抵抗素子の間に高純度のMgO（酸化マグネシウム）を充填し、一体に加工された構造です。シース測温抵抗体は、細く、シース内に空気層が全くありませんので、応答性が速いことが最大のメリットです。また、形状を自由に曲げることができる点や、外径を細くできる点もメリットになります。



コラム 「ダブルエレメント」とは何？

測温抵抗体の抵抗素子部分のことをエレメントと呼ぶことがあります。

通常、1つの測温抵抗体の内部には1つの抵抗素子のみ存在し、これをシングルエレメントと呼びます。

ダブルエレメントとは1つの測温抵抗体の内部に2つの抵抗素子が入っているタイプの測温抵抗体のことをいいます。

- ・内部導線の断線など、故障に対する信頼性を向上させたい場合
- ・複数の機器（レコーダと温調器など）に同じ測定値を表示、記録したい場合に使用します。

測温抵抗体使用上の注意点

内部導線による誤差に注意

測温抵抗体は、内部の抵抗素子の抵抗値を精度良く計測することによって温度を算出します。したがって、導線抵抗の影響を極力受けないようにする必要があります。3導線式、4導線式のいずれの場合においても、導線の材質、外径、長さ及び電気抵抗値が等しく、かつ、温度勾配がないようにしなければなりません。

コラム 測温抵抗体の延長は可能？

可能です。測温抵抗体用接続導線を使用します。

長い導線を必要とする場合は、誤差を生じさせないため、導線の1mあたりの抵抗値を確認してください。

レコーダの入力信号源抵抗の範囲内で選定してください。

挿入深さによる誤差に注意

測温抵抗体の測温部が測温対象と同じ温度になるように設置しないと正確な温度は得られません。

保護管付測温抵抗体、シース測温抵抗体に限らず、外径の約15～20倍程度は挿入するようにしてください。

自己加熱による誤差に注意

測温抵抗体を使用して温度を計測する場合、測温抵抗体に規定電流を流して温度を求めますが、このとき発生したジュール熱によって測温抵抗体自身が加熱されます。

このことを「自己加熱」といいます。

自己加熱は規定電流値の2乗に比例しますが(測温抵抗体の構造や環境にも依存)、大きいと精度誤差の要因になります。

JIS規格では0.5mA、1mA、2mAを規定電流としていますが、一般的に測温抵抗体はいずれかの規定電流に合わせて精度保証をしていますので、仕様に記載されている規定電流値であれば自己加熱の心配はありません。

測温抵抗体の規定電流に注意

測温抵抗体の規定電流は仕様で決まっています。

仕様に記載されている規定電流値以外の電流値を流さないようにしてください。

異なる電流値を流すと、以下のような問題点が起こる可能性があります。

①発熱量の変化によって測定誤差が生じます。

②規定電流値が変化することで測定電圧値も変化し、間違った温度を表示します。

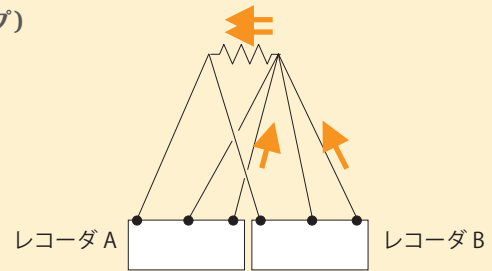
測温抵抗体使用上の注意点

並列配線に注意

1本の測温抵抗体を複数のレコーダに並列配線する場合、ダブルエレメントタイプをご使用ください。
シングルエレメントタイプの場合、必ずレコーダ1台につき1本の測温抵抗体をご用意ください。

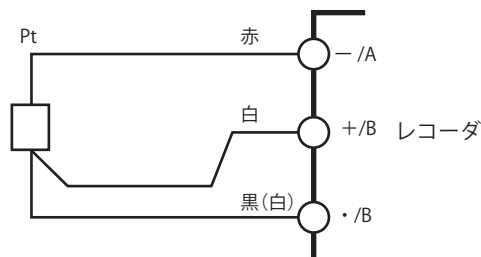
コラム 並列配線時の問題点は？（シングルエレメントタイプ）

レコーダは測温抵抗体に規定電流を流し、抵抗の両端に発生した電圧を計測します。
並列に配線すると、2つのレコーダから規定電流を供給することになり、正確な電圧値が得られなくなります。

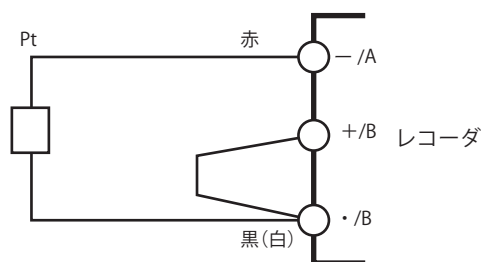


レコーダへの導線の配線位置に注意

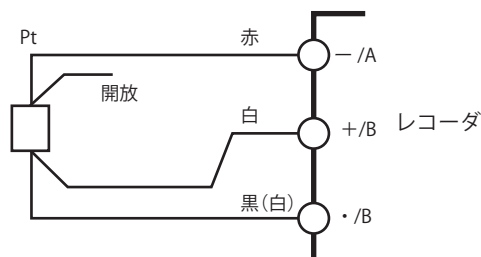
レコーダへは正確に配線してください。正確に配線しないと、間違った温度が表示されてしまいます。
下図は3線式測温抵抗体をレコーダに配線する方法を示しています。



参考 2線式測温抵抗体を3線式測温抵抗体計測用のレコーダに配線する方法



参考 4線式測温抵抗体を3線式測温抵抗体計測用のレコーダに配線する方法



※この配線は3線式測温抵抗体として使用しますので、精度は3線式相当となります。

全商品、送料無料で

当日出荷

必要な時に、必要な量だけ
在庫不要でトータルコストを削減

センシング・計測の
最新ソリューションを探せる
www.keyence.co.jp



安全に関する注意

商品を安全にお使いいただくため、ご使用の
前に必ず「取扱説明書」をよくお読みください。

株式会社 キーエンス

技術相談、お問合わせ

お客様の身近な技術営業が
ダイレクトにサポート

アプリセンサ事業部

盛岡 019-603-0911	浜松 053-454-0911
仙台 022-791-0911	豊田 0565-25-3211
郡山 024-933-0911	刈谷 0566-63-5911
宇都宮 028-610-8611	名古屋 052-218-6211
高崎 027-328-1911	一宮 0586-47-7511
熊谷 048-527-0311	津 059-224-0911
浦和 048-832-1711	富山 076-444-1433
水戸 029-302-0811	金沢 076-262-0911
柏 04-7165-7011	滋賀 077-526-8122
幕張 043-296-7511	京都 075-352-0911
神田 03-5577-1055	大阪北 06-6838-0911
東京 03-5439-4955	大阪中央 06-6943-6111
立川 042-529-4911	神戸 078-322-0911
八王子 042-648-1101	岡山 086-224-1911
横浜 045-640-0955	高松 087-811-2377
海老名 046-236-0755	広島 082-261-0911
松本 0263-36-3911	北九州 093-511-3911
静岡 054-203-7100	福岡 092-452-8411
	熊本 096-278-8311

フリーダイヤル 0120-66-3000

最寄りの担当営業所につながります。
一部のIP電話からはご利用いただけません。

本社・研究所／アプリセンサ事業部
〒533-8555 大阪市東淀川区東中島1-3-14
Tel 06-6379-1711 Fax 06-6379-1710

アプリ5-1124

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。

Copyright© 2015 KEYENCE CORPORATION.
All rights reserved.

1115-1 117-120

NR-600 / 500 シリーズ

マルチ入力データ収集システム

クラス最小・最軽量
USB / LAN の簡単 PC リンク
MAX256ch 対応
650 倍速 Excel データ転送



7 種類の計測ユニット

高精度 温度・電圧計測
ユニット
NR-TH08



チャンネル間絶縁が
もたらす高い信頼性

端子台は熱分布均一構造
を採用し、高精度測定を実現。
また、入力チャンネル
間を高耐圧半導体リレー
で絶縁し、高い耐ノイズ性
を確保。

高速アナログ計測
ユニット
NR-HA08



従来比 2.5 倍の高速
サンプリングを実現

オシロスコープに匹敵する
1 MHz サンプリングと、
分解能 14bit の高ス
ペックを兼ね備えています。
また新たに電流 (±
20mA) 入力を装備。

高速・高電圧計測
ユニット
NR-HV04



MAX1000V 入力で完全
同期サンプリングを実現

入力レンジは±2V～±
1000V まで対応。ch 間、
ユニット間をしっかりと絶縁
し、フィールドで使える実
効値演算回路を実装して
います。

ひずみ計測
ユニット
NR-ST04



高精度に
動ひずみ計測が可能

従来のひずみアンプと比
較して圧倒的に小さく、ブ
リッジ回路内蔵や 1～4
ゲージ法すべてに対応す
るなど、上級機を凌ぐ高
性能を実現。

加速度計測ユニット
NR-CA04



世界最小! 加速度計測
電荷型・電圧型の両方に対応

世界最小 4ch チャージ
アンプ内蔵。同一ユニット
で電荷出力型、電圧出力
型の両方の加速度センサ
を接続。TEDS センサにも
対応。

パルス計測ユニット
NR-FV04



世界最小サイズ
かんたん F/V コンバータ

世界最小 4ch F/V 変換
ユニット登場。回転パルス
信号を検出して、1 周期ご
とに周波数 (回転数) を
演算します。入力レンジの
設定も不要。※特許出願中

CAN データ収集ユニット
NR-C512



CAN / アナログの
混在収集を実現

多シグナル、複数系統バ
スの CAN データをアナロ
グと完全同期で収集。バ
スモニタ専用機ならではの
シンプル設定で、プログ
ラム作成不要。

TR-H シリーズ

プリンタ搭載タッチ型パネルレコーダ



紙とデータの完全 2 重保存
必要とこだけ印字も可能

TR-W シリーズ

タッチ型ペーパーレスレコーダ



めくる・書く・比べるの
直感操作を実現