

熱電対用補償導線説明資料

1. 温度測定に用いるセンサーの種類 1
2. 補償導線が必要とされるのは ? 1
3. なぜ温度が測定できるのか? 1
4. 熱電対の種類 2
5. 熱電対の特徴 2
6. 熱電対と補償導線の関係 3
7. 補償導線の選定について 5



株式会社 福電

補償導線のご使用にあたって

1. 温度測定に用いるセンサーの種類

近年のオートメーション技術の進歩と普及は、温度測定と温度制御を著しく必要としてきました。特に工業製品の分野において自動測定、自動制御によって製造されていない物は、皆無と言っても過言ではありません。

温度測定には、下記のような温度計が使われています。

ガラス温度計 白金測温抵抗体 熱電温度計 サーミスター温度計 放射温度計

2. 補償導線が必要とされるのは・・・？

工業製品用の温度測定と温度制御にもっとも多く使用されているのが、熱電温度計です。熱電温度計において、センサーの熱電対と指示計器の専用リード線として使用されるのが補償導線です。



熱電対



補償導線



指示計器

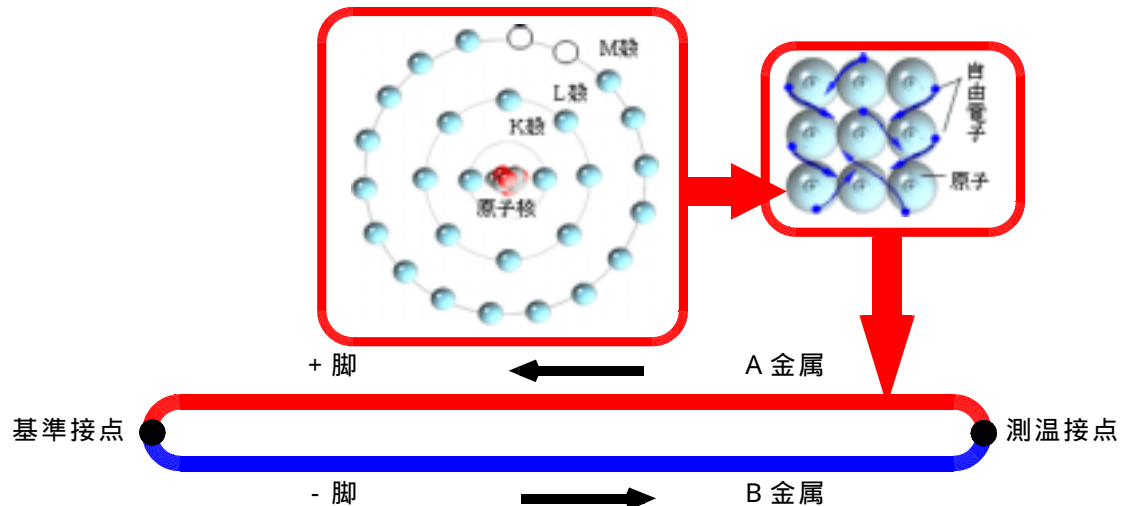
3. なぜ温度が測定できるのか？

3-1. 温度測定の原理

二種類の金属の線を両端で接合した電気回路には、金属の種類と両接合点の温度差に応じた起電力（電圧）が生じます。この現象を 1821 年ドイツの T.J.ゼーベックが発見したためゼーベック効果 Seebeck effect といい、このときの起電力を熱起電力と呼びます。そこで、一方の接合点を既知の基準温度に保っておいて起電力を測定すれば、他方の接合点の温度を知ることができます。

3-2. なぜ起電力（電流）が発生するのか？

金属中の自由電子は温度に応じた熱運動を行っていて膨張圧力を有しています。この圧力は金属によって異なるので、異種金属を接触させたとき自由電子は一方から他方へ移動して接点に電位差を生じます。この接触電位差は温度によって異なるため、閉回路を作って二つの接点を異なる温度に保てば、両接点での接触電位差に差が生じて電流が流れます。



図．熱電対の原理回路

4. 熱電対の種類

表．熱電対の種類一覧表

熱電対の種類	記号	熱電対の材質(+脚)	熱電対の材質(-脚)	推奨測定温度範囲
B	-	プラチナ30%ロジウム	プラチナ6%ロジウム	600~1600
R	PR	プラチナ13%ロジウム	プラチナ	600~1600
S	-	プラチナ10%ロジウム	プラチナ	600~1600
N	-	ナイクロシル	ナイシル	300~1000
K	CA	クロメル	アルメル	300~1000
E	CRC	クロメル	コンスタンタン	200~600
J	IC	鉄	コンスタンタン	200~600
T	CC	銅	コンスタンタン	-200~0, 0~300

5. 熱電対の特徴

5-1. 貴金属熱電対

- (1) B熱電対(+脚Pt・30%Rh / -脚Pt・6%Rh熱電対)
- (2) R熱電対(+脚Pt・13%Rh / -脚Pt熱電対)
- (3) S熱電対(+脚Pt・10%Rh / -脚Pt熱電対)

貴金属熱電対は耐酸化性にすぐれ高温における安定性にもすぐれているので、高温用熱電対として広く使用されています。白金は空気中で1400以上加熱すると、再結晶粒が粗大化しもろくなるが、短時間の測定ならば1600位まで使用できます。

5-2. 卑金属熱電対

- (1) K熱電対(+脚Ni・Cr合金 / -脚Ni・Al合金熱電対)

K熱電対は通称クロメル・アルメル熱電対と呼ばれ+脚にクロム、-脚にアルミニウムを

それぞれ含有するニッケル基合金を使用しているため、耐熱性・耐食性にすぐれた他の卑金属熱電対の中でその使用温度が - 200 ~ 1200 と最も広く、かつ、その間の温度と熱起電力の関係が直線的であり、貴金属熱電対と比較し安価なため、工業用熱電対として最も広く使用されています。

(2) E 熱電対 (+ 脚 Ni・Cr 合金 / - 脚 Cu・Ni 合金熱電対)

E 熱電対は、通称クロメル・コンスタンタン熱電対とよばれ + 脚に K 熱電対と同じニッケル・クロム合金、 - 脚には銅・ニッケル合金 (通称コンスタンタン) を組み合わせた熱電対で最高使用温度は 800 で J 熱電対とほぼ同等です。E 熱電対は前述の如く + 脚に Ni・Cr 合金を使用しているため、J 熱電対に比べ耐食性・耐酸化性に優れています。またこの熱電対は、現用の熱電対の中で最も大きい熱起電力を有し、このことは最も感度の良い熱電対であることを意味し、700 ~ 800 以下の使用温度で多く使用されています。

(3) J 熱電対 (+ 脚純鉄 / - 脚 Cu・Ni 合金熱電対)

J 熱電対は + 脚に純鉄、 - 脚に銅・ニッケル合金 (通称コンスタンタン) を組み合わせた熱電対で通常 750 以下の温度測定に使用されます。E 熱電対に次ぐ高い感度を有しているが + 脚に純鉄を使用しているため、防錆処理が必要です。E 熱電対と比べると価格的に安く、さらに還元性雰囲気中で使用できる長所があります。

(4) T 熱電対 (+ 脚純銅 / - 脚 Cu・Ni 合金熱電対)

T 熱電対は + 脚に純銅、 - 脚に銅・ニッケル合金 (通称コンスタンタン) を組み合わせた熱電対で、常用 350 以下の温度測定に使用されます。精度も高く伸線加工性も良いことから、ガラス繊維またはテフロン被覆を施した被覆熱電対としても広く使用されています。極低温用熱電対としても広く使用されています。

6. 熱電対と補償導線の関係

補償導線は、熱電対と指示計器の間の専用リード線です。使用温度範囲内で組みあわせて使用する熱電対とほぼ同等の熱起電力を補償するものであり、単独で温度測定に使用されることはありません。補償導線は熱電対の種類に適合した種類及び記号、温度に依る使用区分、構成材料、識別 (色分け)、熱電対と接続接点温度、補償導線自体の許容誤差が JIS で規格化されています。

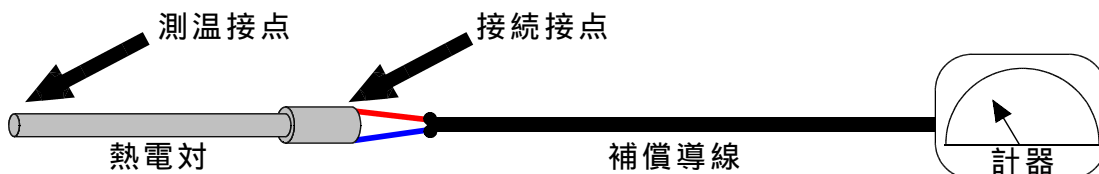


図 . 補償導線使用の回路

7. 補償導線の選定について

株福電では、用途に応じて様々な補償導線を、下記のような記号をつけて製造販売しております。ご注文に際しましては、～ の順番で選定され、ご用命下さい。

福電の補償導線の記号表示例

KX - GS - VV R - SA 10P × 7 / 0.45

：種類 ：使用区分 ：絶縁体とシースの材料 ：形状
：シールド ：対数 ：導体構成

は、補償導線の種類を表します。熱電対の種類をご確認のうえ、補償導線の種類を選定して下さい。必ず接続して使用する熱電対、計器と統一性がなければなりません。多くの場合は、温度測定の温度範囲及び精度によって熱電対の種類が選定され、その結果、補償導線の種類も確定されます。

熱電対の種類	接続できる補償導線	色
K	KX	青
	WX	青
	VX	青
T	TX	茶
R	RX	黒
J	JX	黄
E	EX	紫

*色は、JIS C 1610-1995の色区分2による。

K用補償導線の種類の使い分けについて

上記の表の着色部分に示すK熱電対に接続可能な補償導線は **KX, WX, VX** の3種類があります。これら3種類の選別方法について下記に示します。

高精度を要求される場合

熱電対と同材質のKX（クロメル - アルメル）を使用することになります。

使用温度範囲-20 ～ 150 で、誤差は± 1.5 以内です。

熱電対と同材質のためVX, WXに比べ高価になります。

使用温度範囲がG区分（-20 ～ 90 ）の場合

柔らかく錆びにくいいため、VX（銅 - コンスタンタン）をお薦めします。

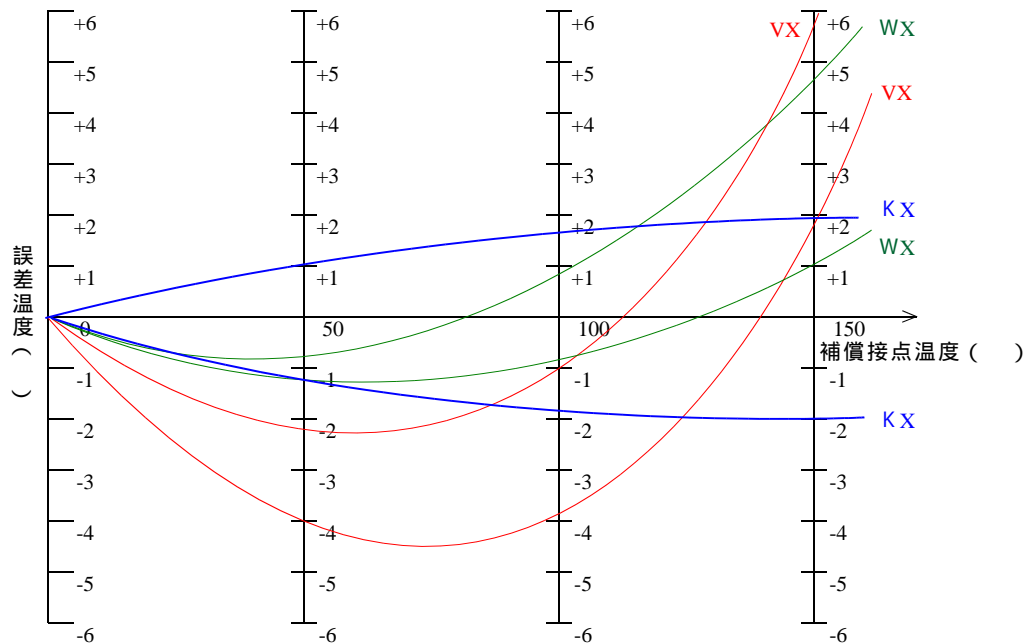
一番経済的で最も多く使用されています。

使用温度範囲がH区分(0 ~ 150)の場合

VXは、下図のように100 を越えてから誤差が大きくなる為に、不向きです。VXに代わって、WX(鉄-コンスタンタン)が100 を越えてからの起電力特性が比較的良いので、多く使用されます。

ただし+脚に鉄線を使用しているため、酸化に注意が必要です。

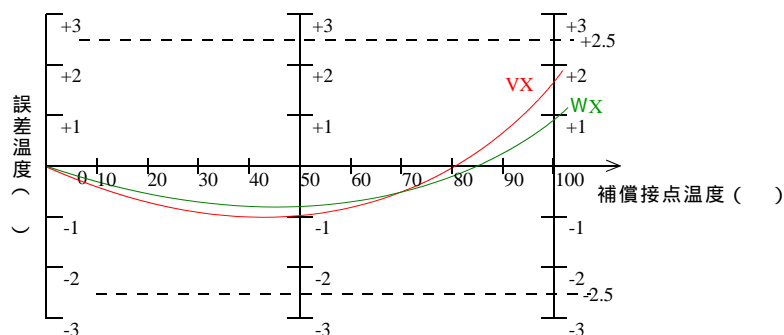
図 . K熱電対用補償導線誤差温度特性



尚、G区分で、WXを選定されることがありますが、上記の図でも解るように、G区分ではVX,WXとも起電力特性に大きな差はありません。又、当社では、下図のようにVXを補正設計して製作していますので、ほとんど差は見られません。

+脚に鉄線を使用しているWXは錆びやすく、折れ易く、硬いという欠点があります。経済性も考慮し、VXをお薦めします。

図 . G区分のVX、WX補償導線誤差温度特性



は、補償導線の使用区分を表します。測定精度と配線される環境（特に温度）を考慮して選定して下さい。 の絶縁材料とも大きな関わりがあります。

使用区分記号	使用区分と精度	使用温度範囲
G	一般用普通級	-20 ~ 90
GS	一般用精密級	-20 ~ 90
H	耐熱用普通級	0 ~ 150
HS	耐熱用精密級	0 ~ 150

は、補償導線の絶縁体、外被（シース）の材料を表します。配線する環境に合わせて選定して下さい。

一般用の使用区分G及びGS（-20 ~ 90）では、最も一般的な材料としてビニルが使用されます。電気特性、耐熱性、経済性、加工性能に優れているからです。他には下記のような様々な材料を取り揃えています。

絶縁体、シースの種類	材質	使用温度範囲()
V	ビニル	-20 ~ 60
HV	耐熱ビニル	-20 ~ 80
SHV	特殊耐熱ビニル	-20 ~ 105
NV	難燃ビニル	-20 ~ 60
NHV	難燃耐熱ビニル	-20 ~ 80
NSHV	難燃特殊耐熱ビニル	-20 ~ 105
E	ポリエチレン	-20 ~ 75
NE	難燃ポリエチレン	-30 ~ 75
C	架橋ポリエチレン	-60 ~ 90

耐熱用の使用区分H及びHS（0 ~ 150）では、ガラス繊維を編組して絶縁被覆したものが、経済的な面から多く使用されます。耐熱性能は200 と高いものの、**液体、湿気に弱く、配線条件に注意が必要です。**その他には下記のような材料を取り揃えています。

絶縁体、シースの種類	材質	使用温度範囲()
GB	ガラス編組	0 ~ 200
S	シリガラス編組	0 ~ 400
K	シリコンゴム	-60 ~ 180
FRW	フッ素ゴム	-55 ~ 200
FEP	FEPフッ素樹脂	-250 ~ 200
PFA	PFAフッ素樹脂	-65 ~ 260
PTFE	PTFEフッ素樹脂	-250 ~ 260
ETFE	ETFEフッ素樹脂	-100 ~ 150

は、補償導線の形状を表します。配線する条件を考慮して選定して下さい。
最も多く使用される1対では、圧倒的に平型の形状が多いが、電気特性、屈曲性にも優れた丸型も最近では多く使用されるようになって来ております。尚、1対以上の多対はすべて丸型になります。

形状の記号	形状
F	平型
R	対撚り丸型
R2	総撚り丸型

は、シールドの種類を表します。
補償導線は、微小電圧を扱うことから、電氣的シールドには配線方法とともに十分な注意が必要です。福電では、下記のような様々なシールドをその用途に応じて施します。

シールドの記号	シールドの種類	特徴
BA	軟銅線編組	柔軟性が有る。細物、平型に使用
BT	スズメッキ軟銅線編組	柔軟性が有る。細物、平型に使用
SA	軟銅テープ巻き	丸型、多対物に使用
OBS	ステンレス線外編組	シールドと外部保護
SL	アルミライナーテープ巻(ドレインワイヤ入)	軽量、経済的。丸型に使用

は補償導線の対数です。1対(1P)は2芯(2C)のことで、通常、補償導線は+脚と-脚の2芯一組で使用します。

対数	1対	2対	3対	4対	5対	10対
記号	1P	2P	3P	4P	5P	10P

は、補償導線の導体構成を表します。
主に使用される導体構成は、下記のとおりです。熱電温度計において温度に換算される、**熱起電力の特性は、導体の太さには影響されません**。配線する場所、距離、柔軟性等の機械的特性を考慮して選定して下さい。

公称断面積	導体構成	主に使用される配線場所と特長
2.3SQ	7/0.65	距離の離れた場所への配線。大型プラント工事
2.0SQ	7/0.6	7/0.65と同じだが少し価格が安い。
1.3SQ	4/0.65	距離の離れた場所への配線。大型機器内配線
1.25SQ	7/0.45	4/0.65と同じ。柔軟性が少し有り外径もコンパクト
0.75SQ	24/0.2	柔軟性が有り、機器内用として最近多く使用
0.75SQ	30/0.18	柔軟性が有り、機器内用として最近多く使用
0.5SQ	7/0.32	機器内用及び短い距離や狭い場所での配線
0.5SQ	7/0.3	機器内用及び短い距離や狭い場所での配線