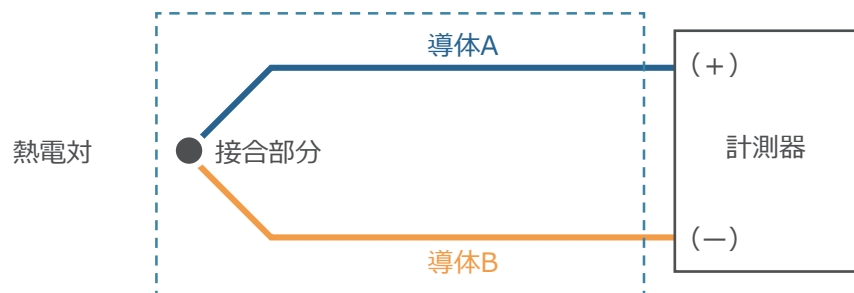


熱電対を選択する為のガイド

基礎知識

熱電対とは

熱電対は、2種類の導体(金属導体)で接合・構成された温度センサであり、導体(金属導体)の組合わせで種類を示す記号(タイプ)がきまっております。



例えば、T(タイプ)の熱電対は

導体A:銅

導体B:銅及びニッケルを主体とした合金

▶ [参考資料1\(9P\):熱電対の種類と構成材料](#)

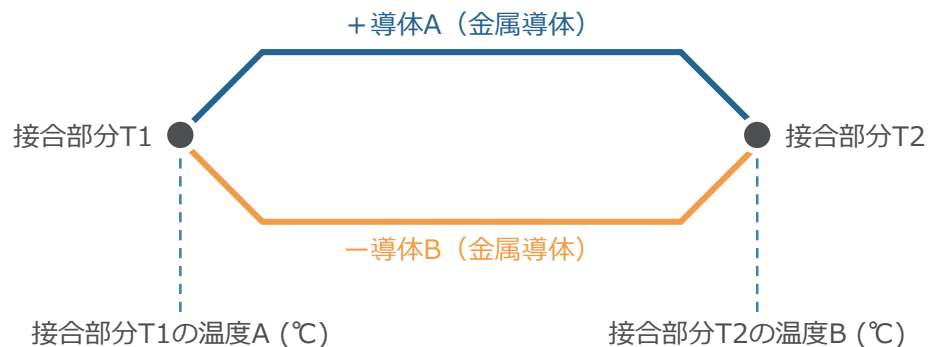
一言に熱電対と言っても、様々な形状の物があります。

製品イメージ	熱電対	形状の特長	メリット
	被覆タイプ熱電対	<ul style="list-style-type: none"> 温度検知する接合部は露出 導体は被覆 	<ul style="list-style-type: none"> 購入し易く安価 素線径が小さいものほど、温度反応が良い
	シールタイプシート状熱電対	<ul style="list-style-type: none"> 温度検知する接合部は薄いシート 導体は被覆 	<ul style="list-style-type: none"> 計測箇所に簡単に貼り付け
	極細熱電対	<ul style="list-style-type: none"> 温度検知する接合部は極細の保護管 導体は被覆 	<ul style="list-style-type: none"> 腐食に強い 細い保護管である為温度度反応が良い
	棒状熱電対	<ul style="list-style-type: none"> 温度検知する接合部は保護管 手に持って使用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 腐食に強い 繰り返し使用に強い

熱電対の原理と、計測器での測定について

熱電対原理

2種類の導体の接合部分の温度差に応じて電圧が発生します。(ゼーベック効果)



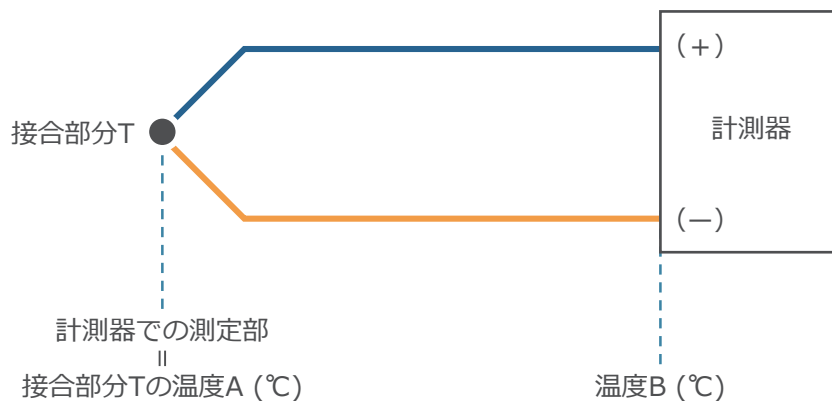
温度差 (A-B) (°C) に応じた電圧が発生

計測知識メモ

導体の組合せによって(熱電対の種類によって)、温度差に応じて生じる電圧は異なります。

熱電対の種類に応じた、温度差分の電圧が発生するので、その電圧を計測器で測定し、温度に換算すると温度測定が可能となります。

測定器での測定



温度差 (A-B) (°C) に応じた電圧を計測器で温度換算

計測知識メモ

熱電対は種類別に、電圧と温度の換算表(熱電対規準熱起電力表)があります。計測器側では、熱電対の種類を設定する事で換算表に従った温度に表示する機能があります。

また、温度A (°C) を求めるためには計測器は、温度B (°C) を認識している必要があります。計測器は、基準接点補償機能でB (°C) を認識できるので、A (°C) を求めることができます。

熱電対の精度について

同じ種類の熱電対でもJIS規格で定められた、精度に応じた階級を示すクラスが存在します。

卑金属/貴金属	熱電対の記号(タイプ)	クラス1	クラス2
卑金属	K	±1.5℃	±2.5℃
	J	±1.5℃	±2.5℃
	T	±0.5℃	±1.0℃
貴金属	R	±1.0℃	±1.5℃

注意)

左記の表は代表的な熱電対のクラス別の精度のおおまかな表になります。実際は測定する温度範囲などの精度算出する為の条件があります。

KとTはどちらを選ぶか？（測定温度範囲と精度からの選択について）

一般的によく使用されている、KとTの実際のクラス別精度(許容差)は以下の通りです。

測定したい温度範囲が常温程度や少しのマイナス温度なら、Tの方が精度が高いためTが選択され、幅広い温度範囲を重視するならKが選択されます。

卑金属/貴金属	熱電対の記号(タイプ)	クラス1	クラス2
卑金属	K	-40℃以上375℃未満 :±1.5℃	-40℃以上333℃未満 :±2.5℃
		375℃以上1000℃未満 :±0.004· t	333℃以上1200℃未満 :±0.0075· t
	T	-40℃以上125℃未満 :±0.5℃	-40℃以上133℃未満 :±1.0℃
		125℃以上350℃未満 :±0.004· t	133℃以上350℃未満 :±0.0075· t

|t|は、測定温度の+, -の記号に無関係な温度(℃)で示される値。

(JIS C 1602 : 2015)

熱電対の線径について



線径 : 導体である素線の直径を示します。

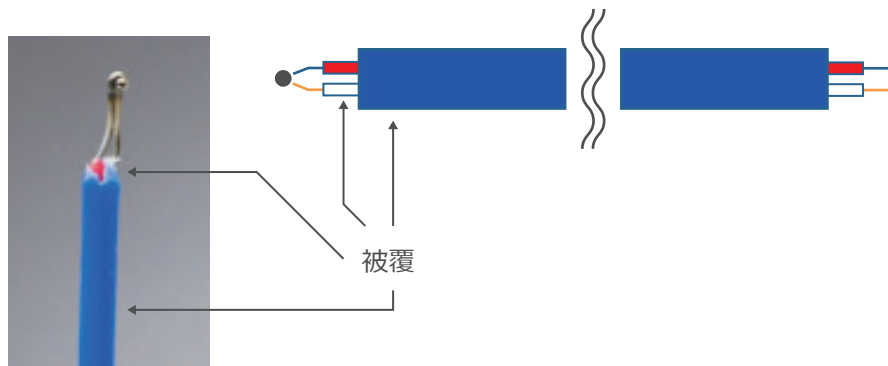
線径が太い場合

測定対象から、熱電対を伝って熱が逃げたり、あるいは流入したりして、温度が変化してしまいます。
また熱電対が正しい温度になるまでの時間が長くなります。
耐久性は高いものとなります。

線径が細かい場合

熱電対が正しい温度になるまでの時間は短くなります。
細い為、切断しやすくなります。

熱電対の被覆について



被覆 : 導体である素線を覆う、保護材。

様々な素材があり、耐久性や耐熱性を考慮して選択します。

例)

ビニール被覆 : 絶縁材料であり、耐水性や機械的性質に優れる。

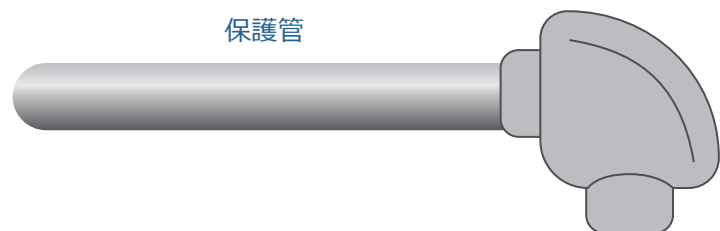
ガラス被覆 : 高温での耐熱性に優れる。

フッ素樹脂被覆 : 耐熱耐寒性、耐油耐薬品性に優れる。

熱電対の先端処理について




熱電対の先端部を保護する為に保護管を使用します。
様々な素材があり、耐久性や耐熱性、使用する場所に応じた寸法/構造を考慮する必要があります。

保護管イメージ



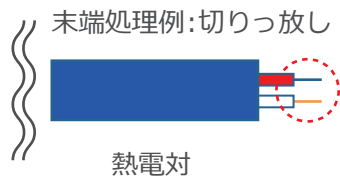
簡易的な物:被覆熱電対に保護管を被せた物

保護管内部と熱電対

-  接地型 :先端部に直接溶接。温度応答性が速い。
-  非接地型 :温度応答性は接地型に劣るがノイズに強い。
-  露出型 :温度応答性は最も良いが、耐久性に欠ける。

熱電対の末端処理について

熱電対の末端部は接続する端子台や計測器側に応じた加工や処理が施されます。

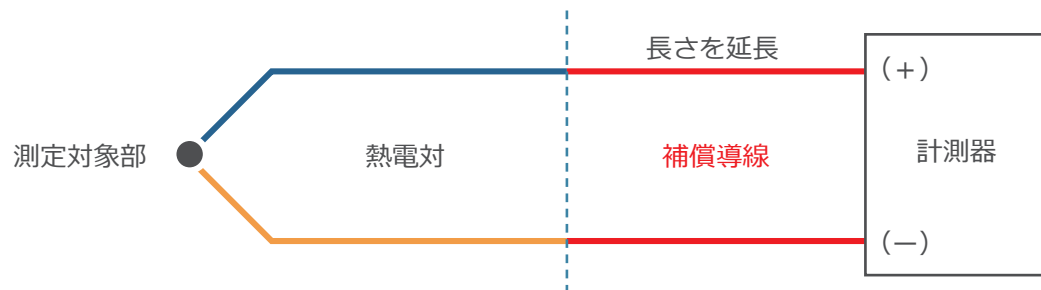


- 切りっ放し(バラ線処理) :素線剥き出しの処理
- Y端子付き :端子径に応じた、ネジ止めしやすい処理
- 専用コネクタ付き :ミニコネクタなどを取付けた処理

熱電対の長さについて

熱電対は原理的には、1kmでも使用可能です。

ただし計測器の最大入力抵抗やコストを考慮し、長さを延長した状態で使用したい場合は一般的に補償導線が使用されます。



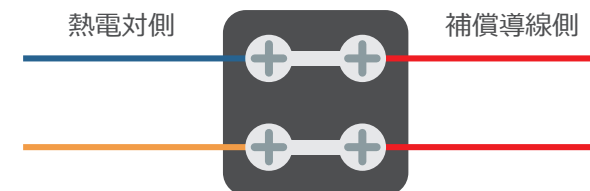
補償導線

熱電対と温度計測器との間を接続するのに使用する導線です。熱電対を延長したい場合に使用いたします。熱電対の種類に合わせて選択します。

熱電対と補償導線の接続について

熱電対と補償導線の接続部では、温度差(温度勾配)が生じると正確な計測ができなくなります。しかし、通常の使用方法では温度差が大きく出るような使用方法は考えにくい為、端子部の温度は均一であるとの前提で、標準的な端子台を用いて接続することがあります。

厳密に測定する為には、熱電対と同じ熱起電力特性を持つ専用端子台や専用コネクタの使用を推奨します。



熱電対を選択する為の着目点のまとめ

熱電対を選択する為には
記号(タイプ)/クラス以外にも線径/被覆/先端処理/末端処理/長さの考慮が必要です。

選択項目	概要	着目点	補足
記号(タイプ)	熱電対の種類を示します。 (K、J、T等)	測定温度範囲における耐久性、耐熱性、熱起電力等を考慮して選択する。 耐久性や耐熱性については素線を被覆や保護管などで保護できる為、 それも加味し選択する。	卑金属の熱電対は安価。 貴金属の熱電対は高価。貴金属の熱電対 は高温時の測定によく使用されます。
クラス	精度の違いを示します。 (クラス1が最も精度が良い)	測定温度範囲の精度を考慮して選択する。	クラス1は高価。 一般的にはクラス2が使用されます。
線径	素線の直径を示します。	直径が細いほど、温度反応速度が速いものとなります。	直径が細いほど使用中に切断し易く なります。
被覆	素線に対しての被覆を示します。 (ビニール、ガラス、テフロン (フッ素樹脂)等)	使用温度に応じた被覆を選択する。	ビニール被覆は安価ですが、 耐熱性がありません。
先端処理	測定部の素線の保護等に関する 処理加工方法です。 (保護管:シース等)	保護する場合、測定環境に応じた保護管を検討 (耐久性、耐熱性、電気的接地・非接地、形状等を考慮する)	
末端処理	測定器との接続を考慮した 処理加工方法です。	Y端子をつける/つけない、切りっ放しなど。	
長さ	熱電対の長さ	原理的には1kmでも使用可能。 ただし、計測器の最大入力抵抗との関係を考慮する。	長い場合は、 多くは補償導線を使用します。

参考資料1

熱電対の種類と構成材料

卑金属 / 貴金属	熱電対記号 (タイプ)	構成材料		測定範囲	備考
		+側導体	-側導体		
卑金属 ※1	N	ニッケル、クロム及びシリコンを主とした合金	ニッケル及びシリコンを主とした合金	- 200 ~ + 1200℃	安価に高温領域を測定したい場合に使用されます。
	K	ニッケル及びシリコンを主とした合金	ニッケル及びアルミニウムを主とした合金	- 200 ~ + 1200℃	一般的に最も使用されています。
	E	ニッケル及びシリコンを主とした合金	銅及びニッケルを主とした合金	- 200 ~ + 900℃	1℃あたりの起電力が非常に高く、分解能が優れています。
	J	鉄	銅及びニッケルを主とした合金	- 40 ~ + 750℃	Eに次いで1℃あたりの起電力が高く、分解能が優れています。 Eより安価となります。
	T	銅	銅及びニッケルを主とした合金	- 200 ~ + 350℃	一般的にKに次いで使用されています。
貴金属 ※2	B	ロジウム30%を含む白金ロジウム合金	ロジウム6%を含む白金ロジウム合金	+ 600 ~ + 1700℃	一般的に1000℃以上の測定に使用されます。 貴金属なので、高価となります。
	R	ロジウム13%を含む白金ロジウム合金	白金	0 ~ + 1100℃	
	S	ロジウム10%を含む白金ロジウム合金	白金	+ 600 ~ + 1600℃	

卑金属※1：空気中で容易に酸化される金属の総称でイオン化傾向が大きい金属。鉄・銅・鉛・亜鉛など。（貴金属の反対の用語）

貴金属※2：金属のうち化合物をつくりにくく希少性のある金属の総称です。

参考資料2

熱電対が工業用として温度測定に多く使用されている理由

温度センサには様々な種類がありますが、下記理由で熱電対が多く使用されています。

1. K・J・Tなどの熱電対(卑金属)は安価で入手しやすい。
2. 測定原理が簡単なので、計測しやすい。
3. 広範囲の温度測定が可能である。
4. 温度変化に対する応答が早い。(素線露出での測定や細い保護管での測定にて)

熱電対と測温抵抗体との簡易比較

測温抵抗体は熱電対と同様、工業計用として温度測定に使用され比較されます。
測温抵抗体は熱電対(卑金属)に比べ、やや価格が高く、保護管を小さくできない。

温度センサ	価格	原理と結線数	測定温度範囲	最大誤差範囲	ノイズ影響	保護管について
熱電対 (卑金属)	低	熱起電力 2本	例) K : -200~1370℃ J : -200~1000℃ T : -200~400℃	±2.5℃ クラスにより 違いあり	受けやすい	保護管の直径は小から大まで対応可能 (素線径に合わせて対応)
熱電対 (貴金属)	高		例) R : 0~1760℃			
測温抵抗体 PT100	中	抵抗値変化 3本(4本)	-200~850℃	±0.3℃	受けにくい	保護管の直径は小さいものはできない (結線数の関係) 直径が大きくなる為 温度反応速度が鈍くなる
測温抵抗体 JPT100			-200~500℃			