熱計算資料

Q&Aキット（https://www.hakko.co.jp/library/qa/qakit/）をご利用ください。簡単に計算できます。

■電気・熱の基礎公式

E＝電圧　ボルト〔V〕	I＝電流　アンペア〔A〕
R＝電気抵抗　オーム〔Ω〕	t＝時間　秒〔s〕
W＝電力　ワット〔W〕	Q＝熱量　ジュール〔J〕

オームの法則

抵抗Rオームの抵抗体に電圧Eボルトを印加すると電流Iアンペアが流れます。

$$E = IR\ 〔V〕 \qquad I = \frac{E}{R}〔A〕 \qquad R = \frac{E}{I}〔\Omega〕$$

電　力

電気のなす単位時間当たりの仕事をいいます。

$$W = EI = I^2R = \frac{E^2}{R}〔W〕$$

電力と熱量

1ワットの電力が1秒間にする仕事を1ジュール〔J〕といいます。ジュール〔J〕は、仕事・電力量・熱量　に共通する単位です。

$$1W \cdot s = 1J$$

比　熱

物質1kgを1℃温度上昇させるのに必要な熱量〔J〕を、比熱といいます。水の比熱は、20℃のとき4182〔J/kg℃〕です。

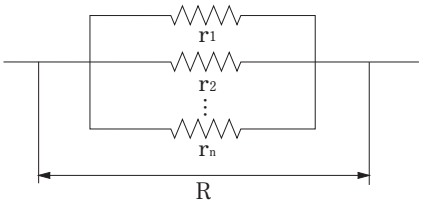
〔例〕

100Wのヒーターは、1kgの水の温度を1分間(60s)で1.43℃上昇させます。

$$100W \times 60s = 6000J$$

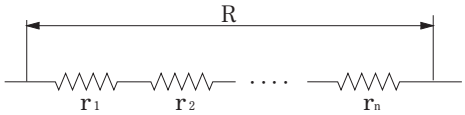
$$\frac{6000〔J〕}{4182〔J/kg℃〕\times 1〔kg〕} = 1.43〔℃〕$$

並列接続の合成抵抗



$$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \cdots + \frac{1}{r_n}}〔\Omega〕$$

直列接続の合成抵抗

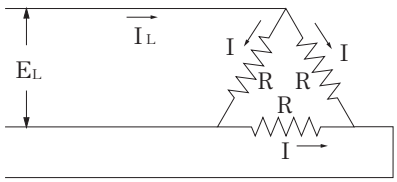


$$R = r_1 + r_2 + \cdots + r_n\ 〔\Omega〕$$

三相交流回路

線電圧E〔V〕の平衡三相交流回路にデルタ（△）またはスター（Y）結線した場合、電圧、電流、電力の関係は次式で表わせます。

△結線

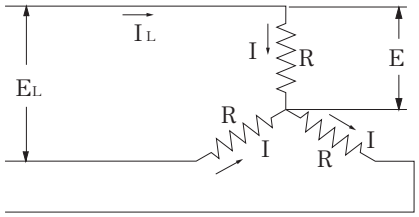


$$I_L = \sqrt{3}I〔A〕$$

$$I = \frac{E_L}{R}〔A〕$$

$$W = 3E_LI = \sqrt{3}E_LI_L〔W〕$$

Y結線



$$E_L = \sqrt{3}E〔V〕$$

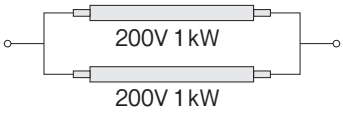
$$I = I_L = \frac{E}{R} = \frac{E_L}{\sqrt{3}R}〔A〕$$

$$W = 3EI = \sqrt{3}E_LI_L〔W〕$$

■ヒーターの結線方法

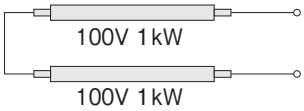
単　相

電源電圧と同じ定格電圧のヒーターを何本も使用する場合には、並列に接続します。



合計で
200V 2kW

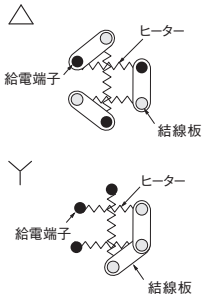
使用する電源電圧の半分の定格電圧のヒーターを２本直列に接続して使用することもできます。特に、ストレートフィンヒーターを使用する場合は、配線するターミナルが片側になり便利です。



合計で
200V 2kW

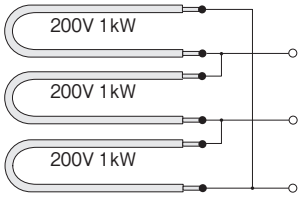
三　相

プラグ型、フランジ型などの三相用ヒーターは、ほとんどデルタ結線で使用するようになっていますが、一部スター結線のものもあります。



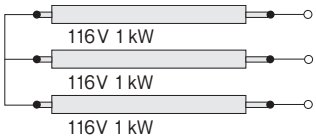
デルタ結線のヒーターは、左図の上のように結線されています。電源電線は、各給電端子に接続してください（黒丸部）。
また、３本のヒーターを並列に接続することで、単相電源に使用することもできます。
スター結線のヒーターは、左図の下のように結線されています。電源電線は、各ヒーターの結線板がない側の給電端子に接続してください（黒丸部）。
スター結線のヒーターは、定格電圧と同じ電圧の単相電源に使用することはできません。単相用のヒーターを三相電源に使用する場合は、電源電圧と同じ定格電圧のヒーターをデルタ結線するか、電源電圧の $1/\sqrt{3}$ の定格電圧のヒーターをスター結線します。

△結線



三相 200V
3kW

Y 結線



三相200V
3kW

ストレートフィンヒーターを接続する場合は、スター結線の方が、片側から配線することができ、便利です。
また、単相用ヒーターを三相電源に接続する場合には、３の倍数台のヒーターを使用してください。三相用ヒーターをデルタからスター、あるいはスターからデルタに結線替えする場合はご相談ください。

■電線の許容電流

表１は、周囲温度 30℃以下のときの、許容電流です。電線の最高許容温度によって異なりますので、被覆材料（絶縁材料）を確認してください。
電線を 30℃より高い周囲温度で使用する場合は、表１の最高許容温度 60℃の値に、グラフ１の、電線の最高使用温度ごとの、許容電流減少係数を乗じた値になります。
公称断面積 2.0㎟、最高許容温度75℃のクロロプレン被覆電線を、周囲温度50℃で使用する場合の許容電流は

- 最高許容温度 60℃の電線の、周囲温度 30℃以下のときの許容電流 17A（表１から）
- 最高許容温度 75℃の電線の周囲温度 50℃のときの電流減少係数 91％（グラフ１から）

許容電流＝ 17A×91％＝ 15.4A

表２の（　）内の値は、電線を金属性パイプなどにより保護し、かつ、人が触れる恐れのない場合に適用します。

電線の許容電流（周囲温度 30℃以下）

公称断面積		電線の最高許容温度による許容電流〔A〕			
㎟	素線数／直径（㎜）	60℃	75℃	80℃	90℃
0.75	30／0.18	7.0	8.0	9.0	10.0
1.25	50／0.18	12.0	14.0	15.0	17.0
2.0	37／0.26	17.0	20.0	22.0	24.0
3.5	45／0.32	23.0	28.0	29.0	32.0
5.5	70／0.32	35.0	42.0	45.0	49.0

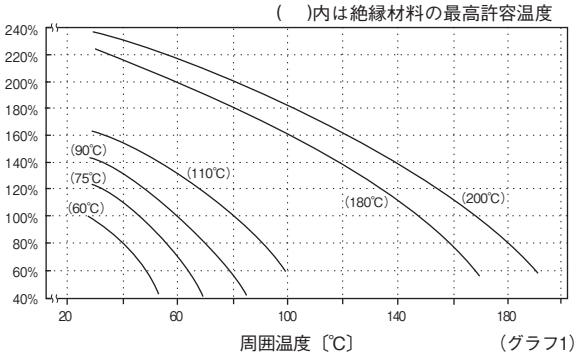
（表１）

電線の最高許容温度

電　線　の　絶　縁　材　料	最高許容温度
天然ゴム、ポリウレタン、塩化ビニル	60℃
クロロプレンゴム、スチレンブタジェンゴム、耐熱ビニル、ポリエチレン	75℃
ブチルゴム、エチレンプロピレンゴム	80℃
クロロスルホン化ポリエチレンゴム、架橋ポリエチレン	90℃
シリコーンゴム	90（180）℃
フッ素樹脂	90（200）℃

（表２）

許容電流減少係数



（グラフ1）

キャブタイヤケーブルの許容電流

（絶縁材料の最高許容温度 60℃）　（周囲温度 30℃以下）

公称断面積（㎟）	許容電流〔A〕			
	単芯	2芯	3芯	4芯、5芯
0.75	14	12	10	9
1.25	19	16	14	13
2	25	22	19	17
3.5	37	32	28	25
5.5	49	41	36	32
8	62	51	44	39
14	88	71	62	55
22	115	95	83	74
30	140	110	98	89
38	165	130	110	100
50	195	150	125	115
60	225	170	150	135
80	270	—	—	—
100	315	—	—	—

（表3）

中性線、接地線および制御回路用の電線は、芯線数に数えません。

■熱量計算

基本計算

A： 被加熱物の温度上昇に必要な電力

$$A\,[W] = \frac{質量\,[kg] \times 比熱\,[J/kg℃] \times 上昇温度\,[℃]}{加熱時間\,[s]}$$

B： 融解または蒸発に必要な電力

$$B\,[W] = \frac{質量\,[kg] \times 融解熱または気化熱\,[kJ/kg] \times 1000}{加熱時間\,[s]}$$

C： 使用温度時の熱ロス

C［W］＝単位面積当たりの熱ロス［W/㎠］×面積［㎠］

必要な電力は（AまたはB＋C）×120％

液体加熱

（A＋C/2）×110％

※熱ロスは加熱中0→Cに上昇していくので、C/2としています。

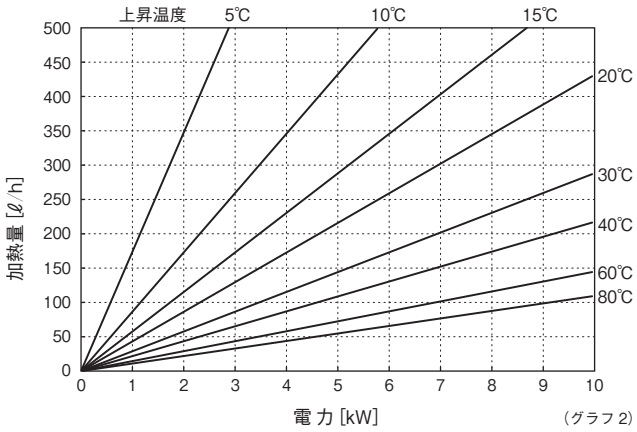
電気炉加熱

｛炉内空気（A）＋被加熱物（A）＋炉内の加熱される設備（A）＋炉外（C）｝×130％

Cは、放熱部分の位置（上面・下面など）、断熱材料の種類・厚さなどを考慮する必要があります。

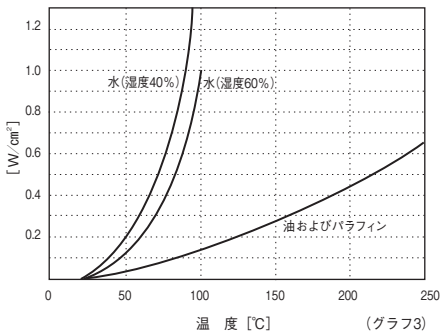
水を加熱するときの簡易計算とグラフ（効率 100％）

電力〔W〕＝加熱量〔ℓ/h〕×上昇温度〔℃〕×1.17



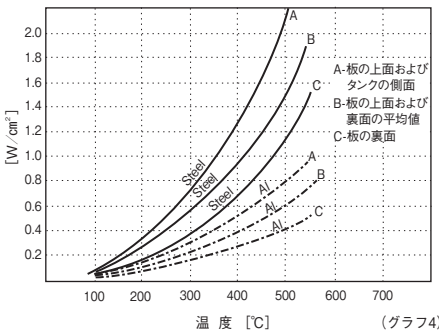
（グラフ2）

液体表面よりの熱ロス



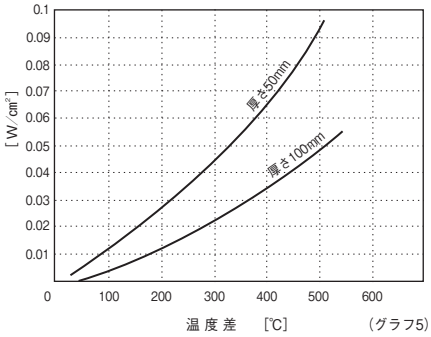
（グラフ3）

金属表面よりの熱ロス



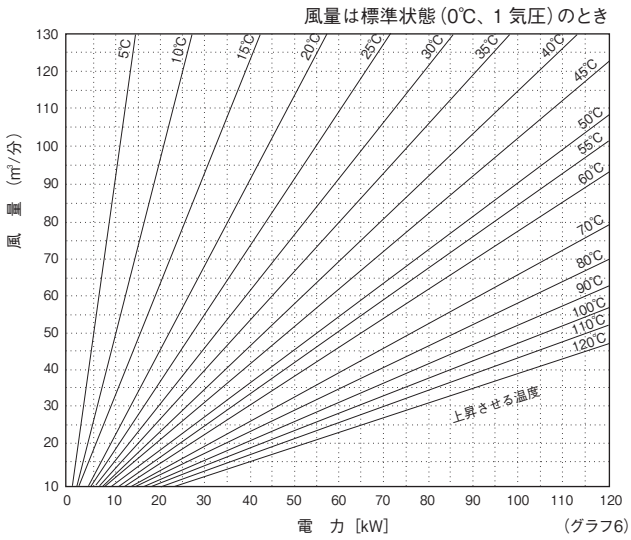
（グラフ4）

保温壁よりの熱ロス



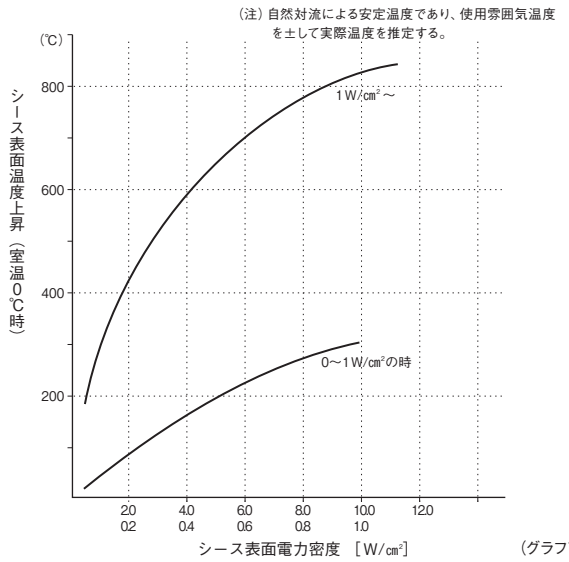
（グラフ5）

空気加熱電力算出用グラフ（効率 100%）



（グラフ6）

電力密度とシース表面温度（酸化皮膜が付いた状態）



（グラフ7）

金属（固体）の性質　1atm（1013.25hPa）のときの値

物　質	温 度 [℃]	密 度 [g/cm³]	比 熱 [J/kg℃]	熱伝導率 [W/mK]	線膨張係数 [10⁻⁶/℃]	融 点 [℃]
亜鉛	20	7.13	383	113	39.7	419.46
アルミニウム	20	2.7	900	204	23.9	660.2
	300		1040	230		
アンチモン	20	6.62	205	19	10	630.5
金	20	19.32	130	295	14.2	1063
銀	20	10.49	234	418	19.7	960
すず	20	7.29	226	64	23	231.9
ビスマス	20	9.8	142	8	13.3	271.3
タングステン	20	19.3	134	198	4.3	3410
チタン	20	4.54	528	17	8.5	1675
純鉄	20	7.87	461	67	11.7	1539
鋳鉄	20	7.28	461	48	10.5	1200
炭素鋼（1C）	20	7.8	461	45	10.5	
ステンレスSUS304	20	7.82	502	16	16.7	1410
純銅	20	8.96	385	386	16.5	1083
	300	8.96	414	366	17.8	
銅（普通商品）	20	8.9	419	372	17.7	1083
砲金 10Sn 2Zn	20	8.6	381	48	18	1000
黄銅（赤）9Sn 6Zn	20	8.71	385	60	18.18	1050
七三黄銅 30Zn	20	8.56	385	99	16.29	1205
洋銀 15Ni 22Zn	20	8.62	394	29		
コンスタンタン 40Ni	20	8.92	410	23	14.9	1290
鉛	20	11.34	130	35	29.3	327.4
	200		138	31		
はんだ（50Sn）	20	9	176	49		210
ニッケル 99.9%	20	8.9	440	90	13.3	1455
白金	0	21.45	134	70	8.9	1773.5
マグネシウム	20	1.74	1030	159	26	650
クロム	20	7.1	419	66.9	6.2	1890
パラジウム	20	11.4	247	70	11.8	1555

（表 4）

非金属（固体）の性質

物　質	温 度 [℃]	密 度 [g/cm³]	比 熱 [J/kg℃]	熱伝導率 [W/mK]
アスファルト	20	2.12	920	0.74
アルミナセラミックス 99.7%	20	3.9	800	29
アルミナセラミックス 93%	20	3.6	800	16
マイカ	50	1.9～2.3	880	0.5
紙	20			0.13
ガラス（板）	20	2.7	840	0.76
石英ガラス	20	2.21	710	1.35
フォルステライトセラミックス	20	2.8	880	3.3
軽石	20		1000	0.24
氷	0	0.92	2040	2.2
軟質ゴム	20	0.92～1.23	1420	0.14～0.16
硬質ゴム（エボナイト）	20	1.2	1380	0.17
コンクリート	20	1.9～2.3	880	0.8～1.4
磁器絶縁物	20～100	2.4	800	1.4
ステアタイトセラミックス	20	2.7	840	2.5
セメントモルタル	30	2		0.55
石灰岩	20	1.65	920	0.93
大理石	20	2.5～2.7	810	2.8
陶器	20	2.2～2.5	1050	1～1.6
ベークライト	20	1.27	1590	0.23
きり	30	0.254		0.09
すぎ	30	0.341		0.105
まつ	30	0.377	2090～2930	0.105
ひのき	30	0.527		0.134
木炭	80	0.2	840	0.074
湯あか	100	0.3～2.5		0.08～2.3
雪	0	0.6		0.47
レンガ（普通、赤）	200		990	0.55～1.1
マグネシアレンガ	1000	2.53	1170～1340	0.6～3.7

（表 5）

液体の性質　1atm（1013.25hPa）のときの値

物　質	温　度 [℃]	密　度 [g/cm³]	比　熱 [J/kg℃]	膨張率 [10⁻³/℃]	熱伝導率 [W/m K]
水	0	0.9999	4217	-0.06	0.569
	80	0.9718	4196	0.65	0.672
シリコーンオイル（10cSt）	25	0.94	1800	1.08	0.134
シリコーンオイル（100cSt）	25	0.968	1550	0.96	0.155
スピンドル油	40	0.858	1934	0.75	0.143
エチレングリコール	20	1.117	2382	0.64	0.25
エチルアルコール	20	0.79	2416	1.12	0.183
オリーブ油	40	0.916	1680		0.166
トルエン	20	0.878	1679	1.11	0.151
パラフィン油	20	0.88	2180	0.76	0.126
メチルアルコール	20	0.79	2470	1.2	0.212
蜂蜜			1420		
水銀		13.536	138		
ガソリン		0.673	2220		
潤滑油 SAE 10-30		0.887	1800		
海水		1.028	3940		
水酸化ナトリウム 30%		1.328	3520		
水酸化ナトリウム 50%		1.528	3270		
ビスマス	400	9.91	148		15.5
亜鉛	600	6.81	490		57
スズ		6.94	243		33.5
鉛		10.51	155		15.8
44.5 鉛 - ビスマス	500	10.05	147		13.8
はんだ（50Sn）		8.69	214		18.1

（表 6）

気体の性質　1atm（1013.25hPa）のときの値

物　質	温　度 [℃]	密　度 [kg/m³]	比熱 cp [J/kg℃]	比熱比 cp/cv	熱伝導率 [W/m K]
空気	0	1.251	1005	1.401	0.0241
	100	0.916	1012	1.397	0.0316
	300	0.596	1047	1.379	0.0449
	600	0.391	1118	1.347	0.0613
過熱蒸気	100	0.578	2098	1.323	0.0241
	200	0.451	1976	1.312	0.0317
	300	0.372	2014	1.300	0.0399
アルゴン	0	1.796	523	1.660	0.0164
水素	0	0.0869	14193	1.410	0.1675
窒素	0	1.211	1043	1.400	0.0241
	100	0.887	1043	1.397	0.0313
炭酸ガス	0	1.912	829	1.301	0.0145
	100	1.4	921	1.260	0.0222
酸素	0	1.382	917	1.400	0.0229
一酸化炭素	0	1.21	1043	1.400	0.0233
アンモニア	0	0.746	2144	1.310	0.0219
ヘリウム	0	0.179	5192	1.660	0.1442

（表 7）

物質の融解熱　1atm（1013.25hPa）のときの値

物　質	温　度 [℃]	融解熱 [kJ/kg]
亜鉛	419.6	101
アルミニウム	660.1	397
アンチモン	630.7	165
アンモニア	-77	333
カリウム	63.5	61.4
氷	0	334
水銀	-38.9	11.7
スズ	232	59.6
ナトリウム	97.8	115
ナフタレン	80.5	147
鉛	327.5	23.1
ベンゼン	5.5	126
マグネシウム	651	379
メタン	-182.6	58.6

（表 8）

物質の蒸発熱　1atm（1013.25hPa）のときの値

物　質	温　度 [℃]	蒸発熱 [kJ/kg]
アセトン	56.5	500
アンモニア	-33.5	1372
エチルアルコール	78.3	838
酢酸	118	407
四塩化炭素	76.7	195
トリクロロエチレン	86.9	240
トルエン	110.6	363
ナフタレン	217.9	386
パークロロエチレン	121.2	210
フロン R113	47.57	147
水	100	2257
メチルアルコール	64.7	1101

（表 9）

用途・被加熱物別許容容量密度

被加熱物用途	温　度 [℃]	最高容量密度 [W/cm²]
水	100	7
	80	10
水（硬水）	80	4
酸性溶液	80	4
アルカリ溶液	80	4
海水	80	7
食用油	200	3
鉱物油	200	2.5
シリコーンオイル	200	4
パラフィン	60	2.5
アスファルト	100	0.8
エチレングリコール	150	4.5
トリクレン	80	3.5
金属溶解	500	5
鉄鋳込み	450	4 ～ 8
アルミ鋳込み	300	10
アルミ圧入	250	8

（表 10）

単位換算表

	ニュートン [N]	キログラム重 [kgf]
力	1	0.10197
	9.8067	1

	パスカル [Pa]	メガパスカル [MPa]	[kgf/cm²]	気　圧 [atm]	水銀柱 [mmHg]	水　柱 [mAq]
圧力	1	1×10^{-6}	1.0197×10^{-5}	9.8692×10^{-6}	7.5006×10^{-3}	1.0197×10^{-4}
	1×10^{6}	1	10.197	9.8692	7500.6	101.97
	9.8067×10^{4}	9.8067×10^{-2}	1	0.96784	735.56	10.0
	1.0133×10^{5}	0.10133	1.0332	1	760.0	10.332
	133.32	1.3332×10^{-4}	1.3595×10^{-3}	1.3158×10^{-3}	1	1.3595×10^{-2}
	9806.7	9.8067×10^{-3}	0.10	9.6784×10^{-2}	73.556	1

	ワット [W]	キロワット [kW]	仏馬力 [PS]	kcal/h
動力	1	0.001	1.3596×10^{-3}	0.85985
	1000	1	1.3596	859.85
	735.5	0.73550	1	632.42
	1.1630	1.1630×10^{-3}	1.5812×10^{-3}	1

	ジュール [J]	カロリー [cal]	[kW h]
熱量	1	0.23885	2.7778×10^{-7}
	4.1868	1	1.1630×10^{-6}
	3.60×10^{6}	8.5985×10^{5}	1

	J/kg℃	cal/g℃
比熱	1	2.3885×10^{-4}
	4186.8	1

	[W/mK]	[kcal/m h℃]	[cal/cm s℃]
熱伝導率	1	0.85985	2.3885×10^{-3}
	1.1630	1	2.7778×10^{-3}
	418.68	360	1

（表 11）

■耐食データ

テストピースでの耐食性データです。シーズヒーターでは、温度、濃度などによって条件が変化しますので、シース材質選定の参考としてください。ヒーター表面の不純物付着などにも注意が必要です。

耐食性優劣　A ＞ B ＞ C　　× 不可

	鉄	アルミ	銅	鉛	SUS 304・321	SUS 316	NCF 800	NCF 600	チタン	フッ素樹脂
亜鉛（溶融）		×	×	×	×	×	×	×	×	×
アスファルト	A	×	×	×	A	A	A	A	A	
アセトン	C	B	A	B	B	A	A	A	A	
亜麻仁油	B	B	B	B	A	A	B	B		
アンモニア	×	C	×	C	×	×	C	B	A	
イオウ	×	A	×	×	C	B	A	A	A	
エチレングリコール	A	A	B	×	B	B	B	B	A	A
塩化アンモニウム	×	×	×	×	×	C	C	C	A	A
塩化カリウム	C	×	C	C	C	B	C	B	A	
塩化カルシウム	B	A	B	×	B	B	B	B	A	A
塩化水銀	×	×	×	×	×	×	×	×	B	
塩化銅	×	×	×	×	×	×	×	×	A	A
塩化ナトリウム	C	×	B	B	×	×	B	A	C	
塩化ニッケル	×	×	×	C	×	C	C	B	B	A
塩化マグネシウム	×	×	B	×	C	B	B	A	A	
塩化メチレン	×	C	C	B	C	B	C	B	A	
塩素ガス（ドライ）	×	×	×	×	C	C	C	B	B	B
塩素酸カルシウム	B	B	C	C	B	B	B	B		
オレイン酸	C	C	C	×	C	B	B	A	B	A
過酸化水素	×	A	×	×	B	B	B	B	A	
過酸化ナトリウム	B	B	×	×	B					
カドミウムメッキ槽					A					
クエン酸	×	×	×	×	B	A	B	B	A	A
クエン酸ナトリウム	×	×	×	×	B	B				A
クロム酸	×	×	×	B	×	×	×	×	A	×
クロムメッキ槽	×	×	×	B	×	×	×	×	A	
グリセリン	B	A	B	B	A	A	A	A		
ケイ酸ナトリウム	B	×	B	×	B	B	B	B	A	
ケロシン	A	A	A		A	A	A	A		
原油	B	A	C		A	A				
鉱物油	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
コバルトメッキ槽					A					
酢酸	×	C	×	×	C	B	C	C	A	A
砂糖溶液	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
サリチル酸ナトリウム	B	C	B		B	B	B	B		A
シアン化カリウム	C	×	×	×	B	B	B	B	×	A
シアン化ナトリウム	×	×	×	×	A	A	B	B	C	
シアン化銅	A	×	×		B	B	×	×		A
四塩化炭素	×	×	C	A	C	A	A	A	A	
シュウ酸	×	×	B	×	×	×	×	B	×	A
硝酸	×	×	×	×	C	C	×	×	A	A
硝酸アンモニウム	A	C	×	×	A	A	×	×	×	
硝酸第二鉄	×	×	×		B	B	×	×		
硝酸銅	×	×	×		B	B	C	×	B	A
硝酸ナトリウム	B	C	C	B	A	A	A	A	A	

	鉄	アルミ	銅	鉛	SUS 304・321	SUS 316	NCF 800	NCF 600	チタン	フッ素樹脂
硝酸マグネシウム	B	B	B	×	B	B	B	×	B	
ジエチレングリコール	B	B	B	A	A	A	B	B	A	
水銀	A	×	×	×	B	A	A	B	×	
水酸化ナトリウム	×	×	×	×	×	C	C	B	C	A
水酸化ナトリウム 75%	×	×	×	×	B	B	A	A	B	
水酸化ナトリウム 30%	B	×	B	×	A	A	A	A	A	
水酸化バリウム	B	×	×	×	B	A	B	B	×	
水酸化マグネシウム	A	B	A	A	A	A	A	A		
スズメッキアルカリ液	A				A					
ステアリン酸	C	C	×	×	C	A	B	B	A	
精製ガソリン	A	A	A	A	A	A	B	B		
せっけん液	A	×	C		A	A				
粗製ガソリン	C	C	C	A	B	B	×	×		
炭酸ナトリウム	C	×	A	×	B	B	B	B	A	A
タンニン酸	×	C	C	×	C	B	B	B	A	
トリエチレングリコール	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
トリクロロエタン	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
トリクロロエチレン	A	A	B	×	A	A	A	A	A	
ナトリウム（溶融金属）	C	×	×	×	A		A	A		
ナフサ	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
二酸化イオウ	C	C	C	B	C	B	C	C	A	
二酸化炭素ウェットガス	×	A	×	B	A	A	A	A	×	
二酸化炭素ドライガス	×	A	A	B	A	A	A	A	×	
パークロロエチレン	B	C	B	B	A	A	A	A	A	
パラフィン	A	A	A		A	A				
ひまし油	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
フェノール	B	B	×	×	C	C	B	B	A	
フッ化銅					B	B	B	B		
フッ素ガスドライ	C	×	×	×	C	C	C	A	A	
フレオン	A	A	A	A	A	A	A	A		
ブチルアルコール	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
ホウ酸	×	×	C	C	C	C	C	C	A	A
飽和石灰水	B	×	B	×	B	A	B	B		
水	×	C	A	A	A	A	A	A	A	
水（海水）	×		×		C	C			A	
メチルアルコール	B	C	B	B	B	B	B	A	A	
硫酸 常温	×	×	×	A	×	×	×	×	×	
硫酸アンモニウム	×	×	×	B	C	B	B	B	A	
硫酸銅	×	×	C	A	B	B	C	×	A	A
硫酸ナトリウム	B	A	B	B	×	B	B	B	C	A
硫酸ニッケル	×	×	C	B	B	B	C	C		A
硫酸バリウム	B	B	B	B	B	B	B	B	A	
硫酸マグネシウム	B	B	B	A	B	B	B	A	A	
リン酸	×	×	C	C	×	×	A	B	×	
リン酸ナトリウム	C	×	B	B	B	A	B	A	A	A

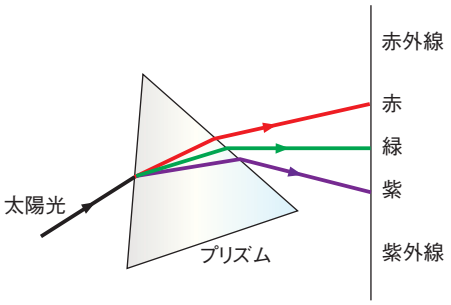
（表 12）

遠赤外線ヒーター

■赤外線とは

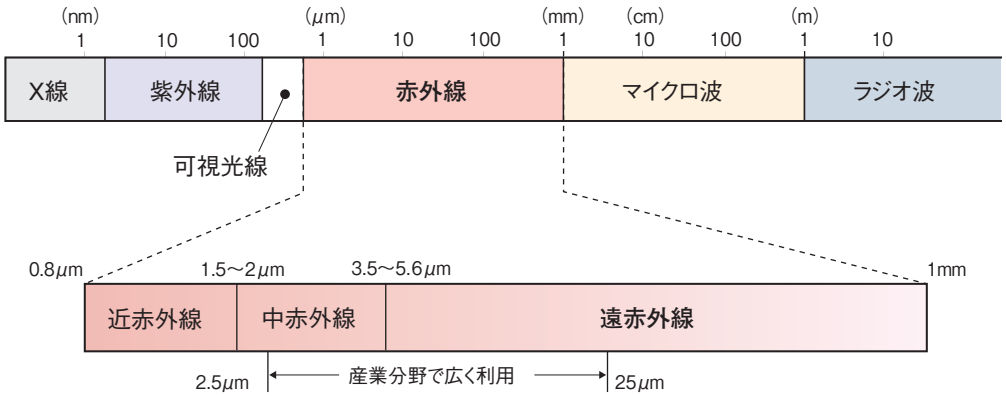
赤外線は、電波や目に見える光などと同じく、電磁波の一種です。太陽の光を三角プリズムに通すと、七色に分かれますが、その一番はじの赤色の外側の目に見えない所が赤外線です。
赤外線は電磁波ですので、ある波長を持っています。可視光線より長く、マイクロ波より短い、0.8 μm～1000 μm（1 μm＝1/1000 ㎜）の範囲ですが、一般的に5 μmより波長が長い部分を、遠赤外線といっています。
物体は、その持っている熱エネルギーを、電磁波の形で他に伝えようとし、その量と波長は、その物質の温度によって変化します。

この関係は、①プランクの法則、②ステファン・ボルツマンの法則、③ウィーンの変位則、などによって示されます。



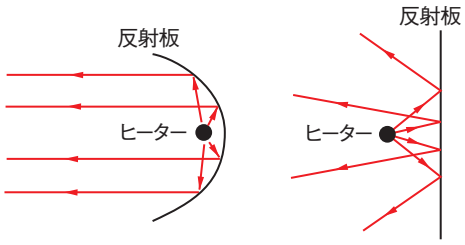
■遠赤外線とは

赤外線は波長によってさらに区別され、一般的に5 μmより波長が長い部分を、遠赤外線といっています。
人体も含めて、プラスチックや塗料、食品など、ほとんどの物質は2.5 μm～25 μmの範囲の波長をよく吸収しますので、遠赤外線の利用が、産業界で注目されるようになりました。



■遠赤外線の特長

遠赤外線は、可視光線と同じように空気中を直進します。そのため、中間の空気を暖めずに、遠赤外線があたったところだけが加熱されます。
また、反射板により、決まった方向に反射させることもできます。

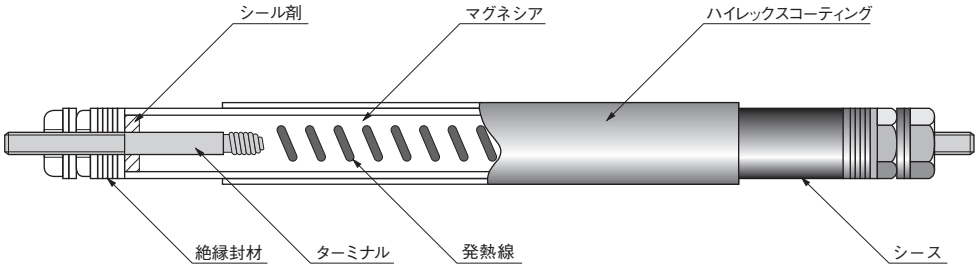


遠赤外線は、物体に吸収されてから加熱効果を発揮しますので、波長によって、吸収されやすさに差があります。また、加熱する物体によっても、吸収しやすい波長が違います。従来から広く使われている赤外線ランプは、近赤外線がほとんどで、赤く見える光は可視光線ですから、物体に吸収させやすい遠赤外線による効果は期待できません。そこで、遠赤外線を多く放射するような材料が研究され、遠赤外線ヒーターが製品化されています。

■ハイレックスヒーターの特長

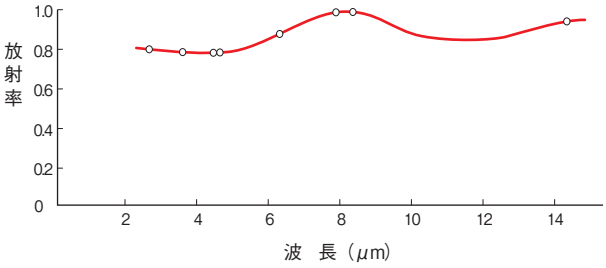
当社のハイレックスヒーターは、ハイニッケル耐熱鋼シースの表面に、吸収しやすい遠赤外線をバランスよく放射する、ハイレックスコーティングを施してあります。

ヒーターの内部は下図のようになっています。あらゆる分野で実績のある、当社のシーズヒーター製造技術により製作されていますので、最高の信頼性を有しています。



■優れた放射特性

右の図はハイレックスヒーターの放射特性です。平均放射率は 0.85 で、特に長波長領域で高い放射特性を有しています。



ハイレックスの分光放射率（600℃）
（福山大学付属産業科学研究所測定）

●優れた耐久性

ハイレックスは材料的にも、構造的にもきわめて強固に構成されていますので、さまざまな用途に使用することができます。

シーズヒータータイプの遠赤外線ヒーターでも、一般の溶射タイプのものは、長期の使用では剥離し、放射特性が低下することがありますが、ハイレックスは長期間その性能を維持します。

●自由な形に製作可能

一般のシーズヒーターと同様に、用途に合わせて、自由な形に成形することができます。

●安全性

遠赤外線は、食品加工の分野にも非常に有効です。ハイレックスコーティングは、有害物質を含んでいませんので、食品調理用として安心して使用することができます。

また、厚生労働省の食品容器包装規格試験に合格していますので、食品に直接接触するような使用方法でも問題ありません。例えば、厨房器のフライヤー用ヒーターとして、油中でも使用されています。

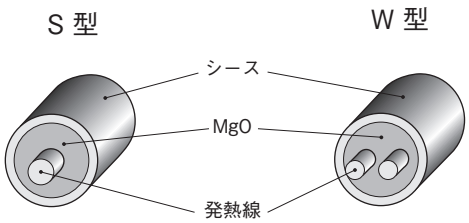
サイカン®ヒーター

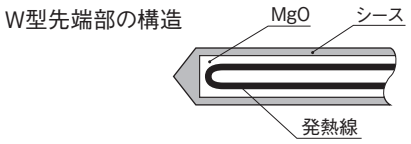
■サイカンヒーターの構造

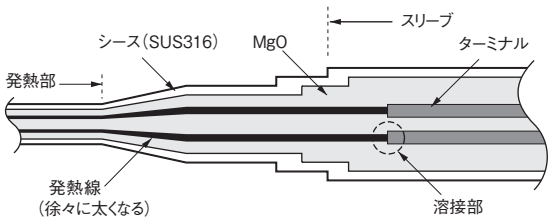
金属細管（φ1.0 ㎜～ 4.8 ㎜）の中に発熱線（Ni-Cr 線）と絶縁物とを高密度に充填してあります。
ヒーター両端に端子がある両端子形の S 型と、片端子形の W 型が選べます。シース材質は SUS316、および NCF600 の２種類。内部の発熱線は線径の太さにより S 型・W 型それぞれに３種類があります。当社の標準規格品は、ターミナル部のスリーブ加工と端子加工を施してあり、豊富な寸法種類の中からお選びいただけます。

■段付構造

非常に細い発熱線を使用するサイカンヒーターにとって、発熱線とターミナルとの接続部分は一般的に、熱的にも機械的にも大変デリケートな部分です。この接続部に当社では独自の段付構造を開発。接続部における断線を追放しました。発熱部分内の細い発熱線はテーパー部分で徐々に太くなり、十分な線径を確保してターミナル部に溶接されます。これにより細いまま溶接される場合にくらべ、機械的強度が増し、太くなった発熱線はその部分の発熱量が減少するためターミナル部でのトラブルがありません。



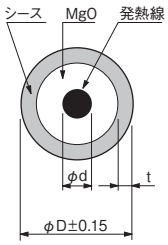




●設計資料

種類別抵抗表（S 型）

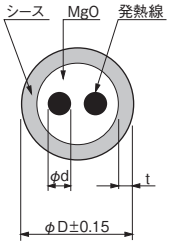
種類内 A は、シース材質を示す。
（A：SUS316　B：NCF600）



種　類	外径 D (㎜)	抵抗値 (Ω/m)	線径 d (㎜)	肉厚 t (㎜)	最大長さ (m)	耐電圧 (V 1分)
S-1A48	4.8	1.48	0.98	0.60	27	1500
S-1A40	4.0	2.2	0.80	0.50	40	1400
S-1A32	3.2	3.3	0.65	0.40	60	1200
S-2A48	4.8	6.3	0.47	0.60	22	1500
S-2A40	4.0	9.3	0.38	0.50	30	1400
S-2A32	3.2	14.2	0.31	0.40	50	1200
S-2A24	2.4	24.0	0.25	0.30	80	800
S-2A20	2.0	35.7	0.21	0.24	90	600
S-4A48	4.8	1.12	1.15	0.60	22	1500
S-4A16	1.6	11.0	0.35	0.20	100	500

種類別抵抗表（W 型）

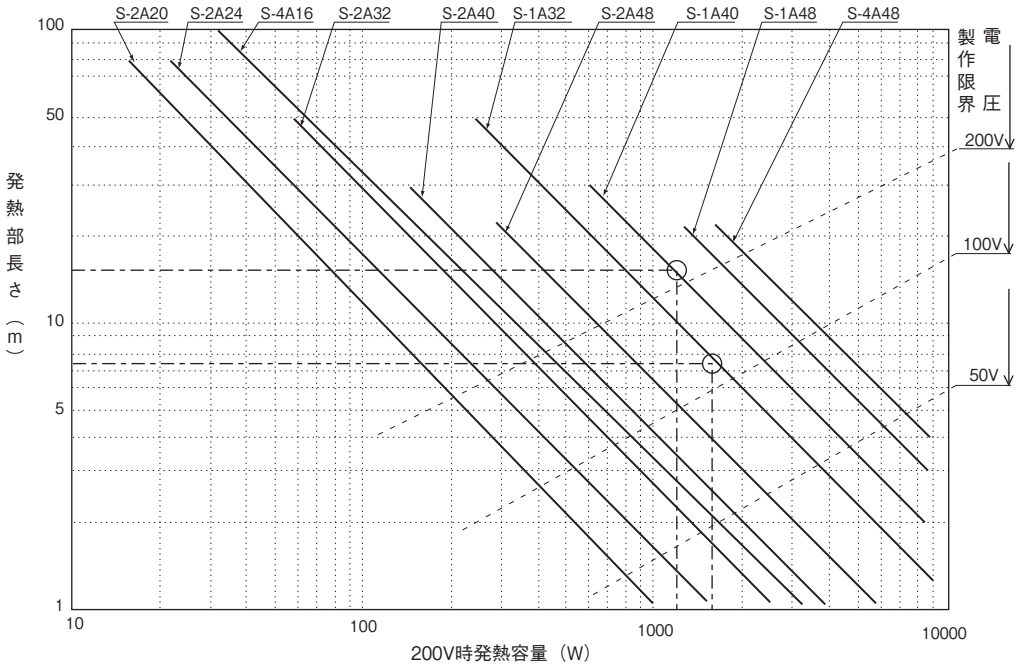
種類内 A は、シース材質を示す。
（A：SUS316　B：NCF600）



種　類	外径 D (㎜)	抵抗値 (Ω/m)	線径 d (㎜)	肉厚 t (㎜)	最大長さ (m)	耐電圧 (V 1分)
W-1A48	4.8	3.2	0.95	0.60	22	1500
W-1A40	4.0	4.4	0.8	0.50	30	1400
W-2A48	4.8	6.6	0.65	0.60	22	1500
W-2A40	4.0	9.6	0.54	0.50	30	1400
W-4A48	4.8	17.4	0.41	0.60	22	1500
W-4A40	4.0	25.2	0.34	0.50	30	1400
W-4A32	3.2	40.0	0.27	0.40	50	1200
W-4A24	2.4	70.0	0.20	0.30	80	800
W-4A20	2.0	100.0	0.18	0.24	90	600
W-4A16	1.6	156.0	0.13	0.20	100	500

■発熱部長さと容量および製作限界電圧の関係（容量は 200V 時）

●S　型

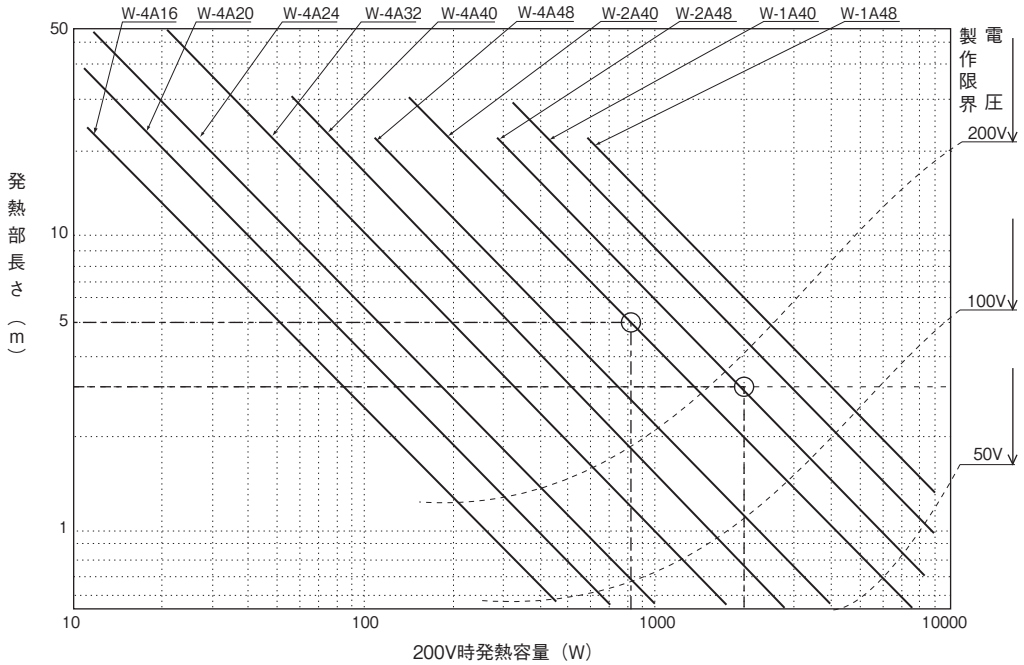


＊＊使用電圧が 200V 以外の容量は、200V 時の発熱容量 ×（使用電圧／ 200V）^{2} ＝容量

例１：発熱部長さから容量を求める場合
発熱部長さが15mでS-1A40を使用した場合の容量は、
約1200W（200V時）
100Vの場合の容量は、1200×（100V／200V）^{2}＝1200×（1/4）
＝300W となる。

例２：容量から発熱部長さを求める場合
100V−400W の時 S-1A32 を使用したい場合は、まず 200V 時の容量を算出する。
400×（200V／100V）^{2}＝400×4＝1600W
上図より約 7.5m となる。

●W　型



＊＊使用電圧が 200V 以外の容量は、200V 時の発熱容量 ×（使用電圧／ 200V）^{2} ＝容量

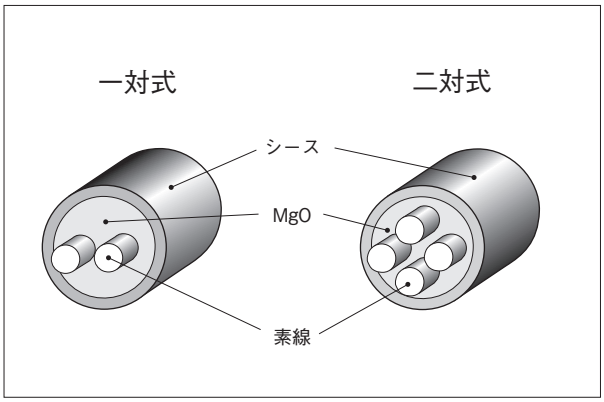
例１：発熱部長さから容量を求める場合
発熱部長さが5mでW-2A40を使用した場合の容量は、
約820W（200V時）
100Vの場合の容量は、820×（100V／200V）^{2}＝820×（1/4）
＝205W となる。

例２：容量から発熱部長さを求める場合
100V−500W の時 W-2A48 を使用したい場合は、まず、200V 時の容量を算出する。
500×（200V／100V）^{2}＝500×4＝2000W
上図より約 3m となる。

シース熱電対

■シース熱電対の構造

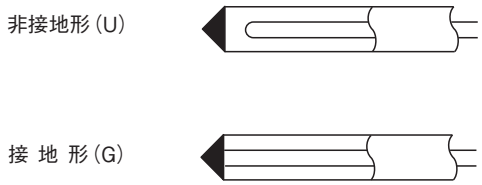
金属シースの中に、熱電対素線を高純度の無機絶縁粉末と共に高密度に圧入封入してありますので、優れた可撓性をもち応答速度は速く、微小な温度変化にも敏感に反応します。封入される素線は１対式と２対式があります。



■測温接点の種類

素線がシースから完全に絶縁されている非接地形と絶縁されていない接地形があります。当社規格品は非接地形です。それ以外の接点はご注文の際にご指定ください。

●測温接点の種類



■シース材質の種類と特長

記　号	材　　質	特　　長
A （一般鋼）	SUS316	18Cr-12Ni-2Mo 鋼で Mo の添加により耐酸性に優れ、化学工業用として広く用いられており、孔食、隙間腐食に強い。
B （耐熱鋼）	NCF600	14Cr-72Ni 鋼で、耐食性を有した耐熱鋼として各種加熱部品や石油化学関係に広く用いられており、応力腐食割れに強い。

■シース材質および外径による常用限度（℃）

※JIS 規格外

記号	外径（㎜）／シース材質	※0.25	0.5	1.0/1.6/2.0	※2.3	3.0 / 3.2	4.5 / 4.8	6.0 / 6.4	8.0	※10.0/12.0
SK	SUS316 SUS310S	500	600	650	700	750	800	800	900	900
	NCF600						900	1000	1050	1050
SJ	SUS316		400	450	500	650	750			
ST	SUS316	200	300			350				
SE	SUS316	500	600	650	700	750	800			
	NCF600						900			
SN	SUS316		600	650	700	750	800	800	900	900
	NCF600						900	1000	1050	1050

常用限度とは空気中において連続して使用出来る温度の限度。
素線の種類、シース材質および外径の特別仕様はご相談ください。

（JIS C1605 に基づく）

■熱電対の種類と特長

種類の記号	構成材料 ＋脚	構成材料 －脚	規準熱起電力が定義される温度範囲	特徴
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	0℃ ～ 1820℃	JIS に規定された熱電対で最も使用温度が高い熱電対。
R	ロジウム 13% を含む白金ロジウム合金	白金	−50℃ ～ 1768.1℃	高温での不活性ガスおよび、酸化雰囲気での精密測定に適している。精度が良くバラツキや劣化が少ないため、標準熱電対として利用されている。
S	ロジウム 10% を含む白金ロジウム合金	白金	−50℃ ～ 1768.1℃	
N	ニッケル、クロムおよびシリコンを主とした合金（ナイクロシル）	ニッケルおよびシリコンを主とした合金（ナイシル）	−270℃ ～ 1300℃	低温から高温まで、広い範囲にわたって熱起電力が安定している。
K	ニッケルおよびクロムを主とした合金（クロメル）	ニッケルを主とした合金（アルメル）	−270℃ ～ 1372℃	温度と熱起電力との関係が直線的であり、工業用として最も多く使用されている。
E	ニッケルおよびクロムを主とした合金（クロメル）	銅およびニッケルを主とした合金（コンスタンタン）	−270℃ ～ 1000℃	JIS に定められた熱電対の中で最も高い熱起電力特性を有している。
J	鉄	銅およびニッケルを主とした合金（コンスタンタン）	−210℃ ～ 1200℃	E熱電対に次いで熱起電力特性高く、工業用として中温域で使用されている。
T	銅	銅およびニッケルを主とした合金（コンスタンタン）	−270℃ ～ 400℃	電気抵抗が小さく、熱起電力が安定しており、低温での精密測定に広く利用されている。
C	レニウム 5% を含むタングステン・レニウム合金	レニウム 26% を含むタングステン・レニウム合金	0℃ ～ 2315℃	還元雰囲気、不活性ガス、水素気体に適する。空気中で使用することができない。

過熱使用限度とは、空気中において短時間使用できる温度の限度をいう。

■素線径別、常用限度および過熱使用限度（JIS 規格熱電対）

種類の記号	構成材料 ＋脚	構成材料 －脚	素線径 [mm]	常用限度 [℃]	過熱使用限度 [℃]
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	0.50	1500	1700
R	ロジウム 13% を含む白金ロジウム合金	白金	0.50	1400	1600
S	ロジウム 10% を含む白金ロジウム合金	白金			
N	（ナイクロシル）	（ナイシル）	0.65	850	900
			1.00	950	1000
			1.60	1050	1100
			2.30	1100	1150
			3.20	1200	1250
K	（クロメル）	（アルメル）	0.65	650	850
			1.00	750	950
			1.60	850	1050
			2.30	900	1100
			3.20	1000	1200
E	（クロメル）	（コンスタンタン）	0.65	450	500
			1.00	500	550
			1.60	550	600
			2.30	600	750
			3.20	700	800
J	鉄	（コンスタンタン）	0.65	400	500
			1.00	450	550
			1.60	500	650
			2.30	550	750
			3.20	600	750
T	銅	（コンスタンタン）	0.32	200	250
			0.65	200	250
			1.00	250	300
			1.60	300	350

常用限度：空気中において連続使用できる温度の限度。　過熱使用限度：空気中において短時間使用できる温度の限度。
C 熱電対は空気中で使用することができないため、規定しない。

■熱電対の許容差（JIS 規格熱電対）

（JIS C 1602-2015に基づく）

種類の記号		許容差の分類		
		クラス1	クラス2	クラス3 注)
B	温度範囲 許容差	—	—	600℃以上 800℃未満 ±4℃
	温度範囲 許容差	—	600℃以上 1700℃未満 ±0.0025・|t|	800℃以上 1700 ℃未満 ±0.015・|t|
R, S	温度範囲 許容差	0 ℃以上 1100℃未満 ±1℃	0 ℃以上 600℃未満 ±1.5℃	—
	温度範囲 許容差	1100℃以上 1600℃未満 ±[1℃＋0.003・(|t|−1100℃)]	600℃以上 1600℃未満 ±0.0025・|t|	—
N	温度範囲 許容差	−40 ℃以上 375℃未満 ±1.5℃	−40 ℃以上 333℃未満 ±2.5℃	−167℃以上 40 ℃未満 ±2.5℃
	温度範囲 許容差	375℃以上 1000 ℃未満 ±0.004・|t|	333℃以上 1200℃未満 ±0.0075・|t|	−200℃以上−167℃未満 ±0.015・|t|
K	温度範囲 許容差	−40 ℃以上 375℃未満 ±1.5℃	−40℃以上 333℃未満 ±2.5℃	−167℃以上 40 ℃未満 ±2.5℃
	温度範囲 許容差	375℃以上 1000℃未満 ±0.004・|t|	333℃以上 1200℃未満 ±0.0075・|t|	−200℃以上−167℃未満 ±0.015・|t|
E	温度範囲 許容差	−40 ℃以上 375℃未満 ±1.5℃	−40 ℃以上 333℃未満 ±2.5℃	−167℃以上 40 ℃未満 ±2.5℃
	温度範囲 許容差	375℃以上 800℃未満 ±0.004・|t|	333℃以上 900℃未満 ±0.0075・|t|	−200℃以上 −167℃未満 ±0.015・|t|
J	温度範囲 許容差	−40 ℃以上 375℃未満 ±1.5℃	−40℃以上 333℃未満 ±2.5℃	—
	温度範囲 許容差	375℃以上 750℃未満 ±0.004・|t|	333℃以上 750℃未満 ±0.0075・|t|	—
T	温度範囲 許容差	−40 ℃以上 125℃未満 ±0.5℃	−40℃以上 133℃未満 ±1℃	−67 ℃以上 40 ℃未満 ±1℃
	温度範囲 許容差	125℃以上 350℃未満 ±0.004・|t|	133℃以上 350℃未満 ±0.0075・|t|	−200℃以上 −67℃未満 ±0.015・|t|
C	温度範囲 許容差	—	426℃以上 2315℃未満 ±0.01・|t|	—

\|t\| は、測定温度の ＋、− の記号に無関係な温度（℃）で示される値。　許容差は、新しい素線だけに適用する。
当社標準仕様はクラス 2 です。

注）−40 ℃ 以上の温度範囲における許容差クラス 1, クラス 2 を満たす N, K, E および T 熱電対は、クラス 3 で与えられた温度範囲では特別な場合を除き、許容差に入らないので注意が必要です。

■補償導線

●補償導線とは

熱電対を使用して温度測定を行う場合は、熱電対線を直接、基準接点に接続し、基準接点から計測器に銅線を使用するのが理想とされています。（基準接点を内蔵している計測器の場合は熱電対線を直接計測器に接続する）
しかし、高価な貴金属熱電対や、細いシース熱電対などは熱電対線を直接とり回すのが非常に困難です。そこで、熱電対とほぼ同等の熱起電力特性を有する導線を熱電対線と接続使用し、熱電対との接続部分（補償接点）と基準接点との温度差を補償するために使用する一対の導体絶縁を施した物を補償導線と呼びます。

●補償導線の種類

JIS C 1610-1995

組合せて使用する熱電対の種類	※1 種類の記号—クラス	構成材料		※2 被覆色		補償接点温度（℃）	補償導線の誤差の許容量（μV）	旧記号
		＋側芯線	－側芯線	区分1	区分2			
K	KX-1	ニッケルおよびクロムを主とした合金	ニッケルを主とした合金	緑	青	－25～200	±60	KX
	KX-2						±100	
	KCA-2	ニッケルおよびクロムを主とした合金	ニッケルを主とした合金			0～150	±100	—
	KCB-2	鉄	銅およびニッケルを主とした合金			0～150	±100	WX
	KCC-2	銅	銅およびニッケルを主とした合金			0～100	±100	VX
E	EX-1	ニッケルおよびクロムを主とした合金	銅およびニッケルを主とした合金	青紫	紫	－25～200	±120	EX
	EX-2						±200	
J	JX-1	鉄	銅およびニッケルを主とした合金	黒	黄	－25～200	±85	JX
	JX-2						±140	
T	TX-1	銅	銅およびニッケルを主とした合金	茶	茶	－25～100	±30	TX
	TX-2						±60	
N	NX-1	ニッケルおよびクロムを主とした合金	ニッケルおよびシリコンを主とした合金	薄い赤	—	－25～200	±60	—
	NX-2						±100	—
	NC-2	銅およびニッケルを主とした合金	銅およびニッケルを主とした合金			0～150	±100	—
R	RCA-2	銅	銅およびニッケルを主とした合金	黄赤（だいだい）	黒	0～100	±30	RX
	RCB-2	銅	銅およびニッケルを主とした合金			0～200	±60	
B	BC	銅	銅	灰	灰	0～100	※3 ——	BX
S	SCA-2	銅	銅およびニッケルを主とした合金	黄赤（だいだい）	黒	0～100	±30	SX
	SCB-2	銅	銅およびニッケルを主とした合金			0～200	±60	

※1　補償導線の種類と許容差の組み合わせによる。
※2　被覆色の区分1は、JIS C1610-2012相当。
※3　BCは＋側と－側とに同一の芯線（銅）を使用しているため、誤差の許容差は規定しない。

標準仕様補償導線はP16-21参照

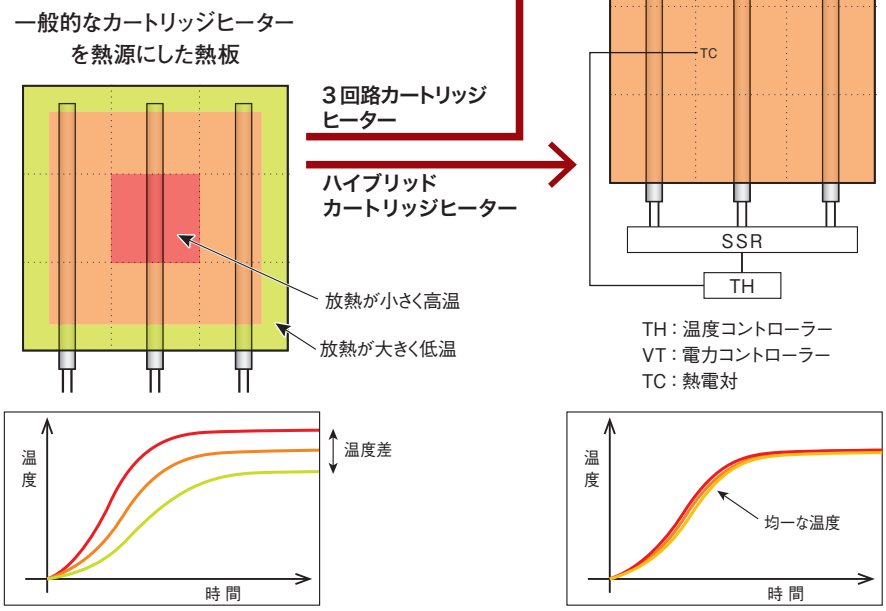
●被覆と特性

材料材質名	被覆の記号	使用可能温度範囲（℃）	耐水性	耐油性	耐薬品性	耐燃性	耐紫外線性
ビニール	G	－20～90	○	△	△	×	○
ガラス編組	H	0～150	×	×	×	◎	◎
フッ素樹脂（四フッ化エチレン系）	S	－25～200	◎	◎	◎	△	◎
シリコーンゴム ※1	SR	－50～180	○	○	○	○	◎

※1　JIS規格外

3回路／ハイブリッド　カートリッジヒーター

一般のカートリッジヒーターは、シースの内部に発熱体が均一に巻かれているので全体に容量も均一です。そのため、周辺部は放熱が大きく、中央部は放熱が小さいため温度差ができてしまいます。高度に均一な温度を求められる熱板などでは、先端、中央部、後端の容量を変更する必要があります。3回路カートリッジヒーターは、カートリッジヒーター内を3つの発熱体に分割し、各部の出力を調整、制御することにより均熱はもちろん自由な温度分布を作り出すことができます。ハイブリッドカートリッジヒーターは各部の発熱体の容量を設定することにより、均一な温度を作り出すことができます。



■ 3回路カートリッジヒーター温度コントロールシステム

3回路カートリッジヒーターを熱源に使用し、温度コントロールシステムを構成するためには、温度センサー、温度コントローラー、電力コントローラーなどが必要となります。各々の部分の発熱量を自在にコントロールできる3回路カートリッジヒーターの特徴を最大限に活かし、部分的な細やかな制御をすることが可能です。カスケード制御ができるPLCなどを利用することで、均熱化や細分加熱を加熱を実現する事ができます。また、熱容量が大きなワークの搬送や、空調などによる外乱がある状況下でも、温度均一性を保つことが可能となります。

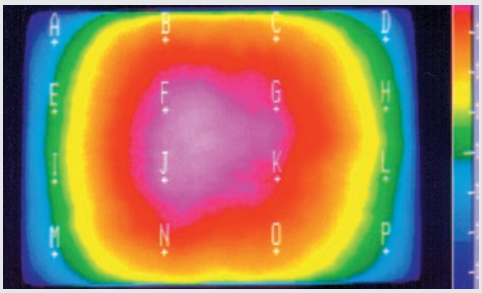
■ ハイブリッドカートリッジヒーター

ハイブリッドカートリッジヒーターを使用して、熱板を製作すると、3回路カートリッジヒーターよりもシンプルな配線で温度を均一にすることができます。温度条件の変わらない場合におすすめです。

● 一般のカートリッジヒーターとハイブリッドカートリッジヒーターを使用した熱板の温度均一性の比較
（同一熱板にヒーターのみ交換）

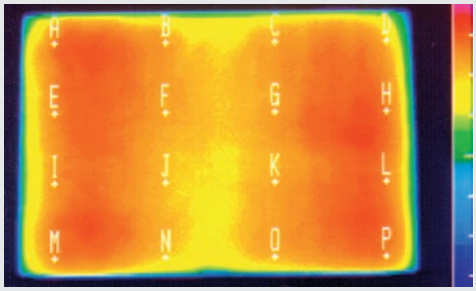
熱板の寸法	：500×300×厚さ50	熱板設定温度	：200℃
熱板材質	：SUS304	温度測定方法	：赤外線放射温度計
容　　量	：5.7kW	測定ポイント	：各16ポイント
ヒーター寸法	：φ14×L500、7本	周囲環境条件	：23℃、67%、無風

一般のカートリッジヒーターを使用



最高温度（Max）：195℃　偏差（δ_{n-1}）：6.1℃
最低温度（Min）：178℃　温度差（Max－Min）：17℃
平均温度（$\bar{X}$）：186.5℃

ハイブリッドカートリッジヒーターを使用



最高温度（Max）：202℃　偏差（δ_{n-1}）：0.7℃
最低温度（Min）：200℃　温度差（Max－Min）：2℃
平均温度（$\bar{X}$）：201.5℃

分析・試験設備

当社では専門的技術・知識に加え、最新の設備により、ゆたかな熱環境を皆様に提供できるよう努力を重ねています。特に製品開発、品質管理には万全を期すため、高度な分析設備・試験設備を備え、市場のあらゆるニーズにお応えしています。

▲ サイクロンミル　▲ カッターミル

サイクロンミル　インペラ（羽根）の高速回転により生じる気流で粉砕を行う、新方式の粉砕装置です。低発熱・短時間・省エネルギーで、様々な食材を粉砕できます。粉砕粒度 10 ～ 100μ m、精度の高い粒度分布が得られます。最大粉砕処理能力 20kg/hr。

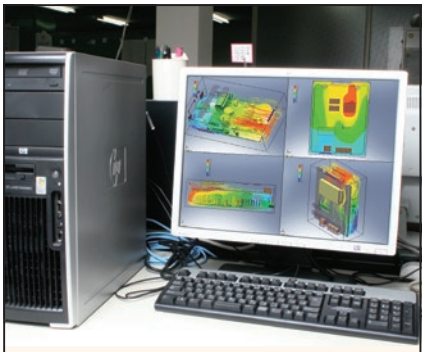
カッターミル　カッター刃の高速回転により、食材を米粒大のサイズまで粉砕します。

▲ 粒子径・粒度分布測定装置

レーザー回折・散乱法により、粉末の粒子径と粒度分布を測定します。測定範囲 0.02 ～ 2800μm、最大 132ch の分解能。極少量サンプル（0.05g）での測定が可能。

▲ 真空チャンバー

内寸：幅1500×奥行き1850×高さ1000。10^{-3}[Pa]の雰囲気中で試験可能。ヒーター温度は600℃Max（小さいものであれば1000℃まで昇温可能）。温度計測、ヒーター電源用、更に外からの目視観測用のポートを備える。純アルゴンガス雰囲気（500～0.5[Pa]）での低真空下での試験も可能。



▲ 熱流体解析 CAD

モデル化した物体を定常状態、非定常状態で熱流体解析ができます。試作前に熱の分布（温度分布）や気体の流れなどを PC 上でシミュレーションすることで、トラブル対策やイニシャルコストの低減に一役買っています。また、熱以外にも筐体内の圧力、速度などについても解析が行えます。

▲ 工業用X線透過検査装置

照射出力電圧　45 ～ 130kV
ヒーター、センサーやアルミ、鋼板などの X 線透過による非破壊検査が可能です。

▲ 三次元測定機
Crysta-Apex C9168

測定範囲 905×1605× 高さ 805。測定精度 1.9+3L/1000μm。三次元形状の測定物を高精度に測定し、測定データの処理が可能。

▲ ヘリウムリークディテクタ
HELIOT 700

ヘリウムガスを使用して、気密が必要な製品の漏れ検査を行うための計測器です。最小可検リーク量（He）1×10^{-13}Pa·m³/s にて、特に真空中で使用する製品のピンホールやシール面の検査が可能です。

▲ X線透視装置

照射出力電圧　20 ～ 160kV
製品を破壊せずに観察する事が出来るX線透視検査装置です。ヒーターや厚みのある鋳造品（50kg までの重量物）の内部を、様々な角度から観察する事が可能です。