

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。

$$E = IR \text{ [V]} \quad I = \frac{E}{R} \text{ [A]} \quad R = \frac{E}{I} \text{ [Ω]}$$

電力

電気のなす単位時間当たりの仕事をいいます。

$$W = EI = I^2R = \frac{E^2}{R} \text{ [W]}$$

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。

$$1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ J}$$

比熱

物質 1 kg 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。

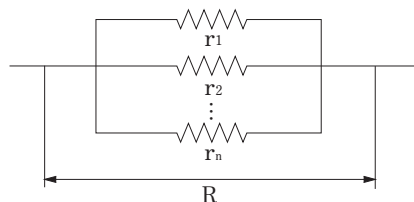
[例]

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

$$100 \text{ W} \times 60 \text{ s} = 6000 \text{ J}$$

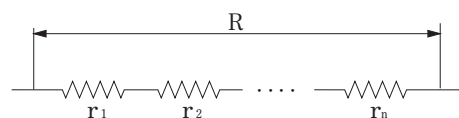
$$\frac{6000 \text{ [J]}}{4182 \text{ [J/kg℃]} \times 1 \text{ [kg]}} = 1.43 \text{ [℃]}$$

並列接続の合成抵抗



$$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}} \text{ [Ω]}$$

直列接続の合成抵抗

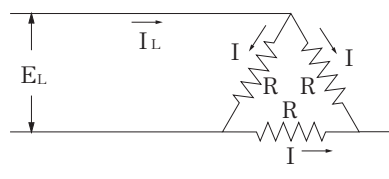


$$R = r_1 + r_2 + \dots + r_n \text{ [Ω]}$$

三相交流回路

線電圧 E [V] の平衡三相交流回路にデルタ (Δ) 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

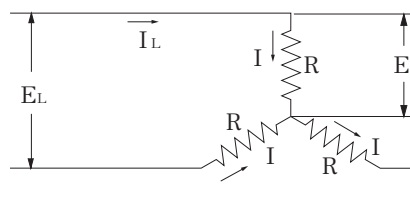


$$I_L = \sqrt{3} I \text{ [A]}$$

$$I = \frac{E_L}{R} \text{ [A]}$$

$$W = 3E_L I = \sqrt{3} E_L I_L \text{ [W]}$$

Y結線



$$E_L = \sqrt{3} E \text{ [V]}$$

$$I = I_L = \frac{E}{R} = \frac{E_L}{\sqrt{3} R} \text{ [A]}$$

$$W = 3EI = \sqrt{3} E_L I_L \text{ [W]}$$

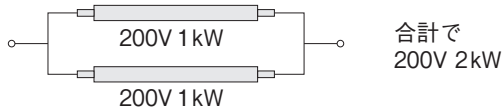
工 金型加熱
工 ノズル加熱
工 均熱加熱
熱風工具
工 遠赤外線
工 凝固防止
工 凍結防止
工 結露防止
工 熱切断
工 水加熱
工 油薬液海水
工 洗浄液
工 暖房加湿
工 温度制御
工 温度検知
工 熱工器具
工 設計品別

技術資料

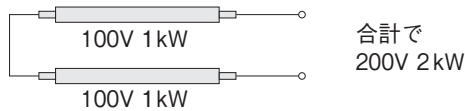
■ヒーターの結線方法

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。

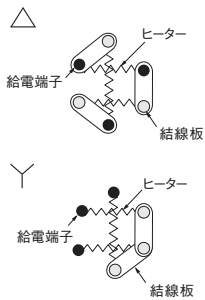


使用する電源電圧の半分の定格電圧のヒーターを2本直列に接続して使用することもできます。特に、ストレートフィンヒーターを使用する場合は、配線するターミナルが片側になり便利です。



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。



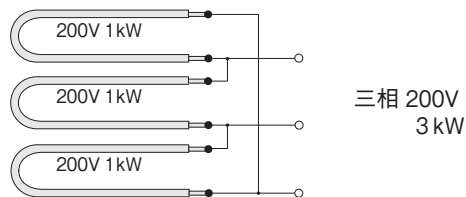
デルタ結線のヒーターは、左図の上のように結線されています。電源電線は、各給電端子に接続してください(黒丸部)。

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。

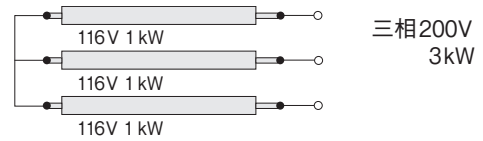
スター結線のヒーターは、左図の下のように結線されています。電源電線は、各ヒーターの結線板がない側の給電端子に接続してください(黒丸部)。

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



Y結線



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2.0mm²、最高許容温度75℃のクロロプレン被覆電線を、周囲温度50℃で使用する場合は許容電流は

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)

$$\text{許容電流} = 17A \times 91\% = 15.4A$$

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 mm ² | 素線数/直径 (mm) | 電線の最高許容温度による 許容電流 [A] | | | |
|--------------------------|----------------|--------------------------|------|------|------|
| | | 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 |

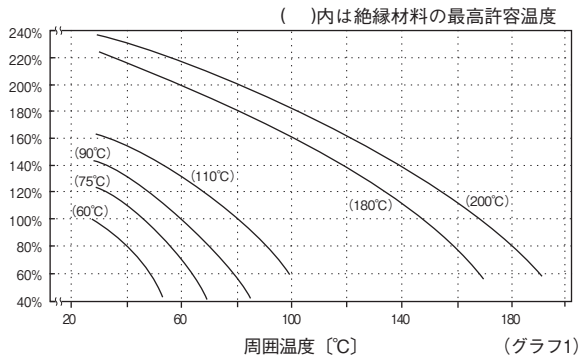
(表1)

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、スチレンブタジエンゴム、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℃ |
| シリコンゴム | 90(180)℃ |
| フッ素樹脂 | 90(200)℃ |

(表2)

許容電流減少係数



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°C) (周囲温度 30°C以下)

| 公称断面積 (mm ²) | 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

$$A [W] = \frac{\text{質量 [kg]} \times \text{比熱 [J/kg}^\circ\text{C]} \times \text{上昇温度 [}^\circ\text{C]}}{\text{加熱時間 [s]}}$$

B: 融解または蒸発に必要な電力

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

C: 使用温度時の熱ロス

$$C [W] = \text{単位面積当たりの熱ロス [W/cm}^2\text{]} \times \text{面積 [cm}^2\text{]}$$

必要な電力は (A または B + C) × 120%

液体加熱

$$(A + C/2) \times 110\%$$

※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。

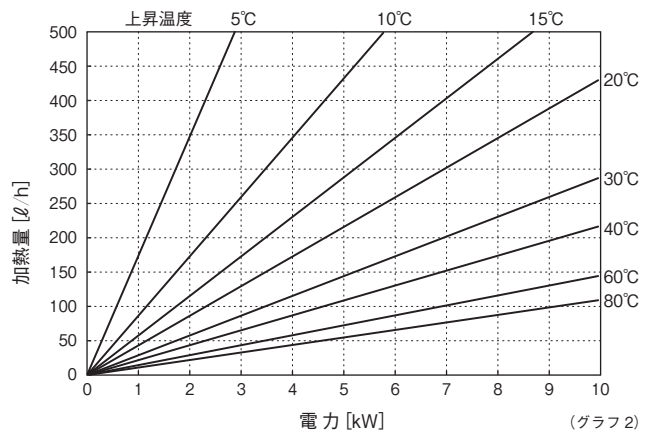
電気炉加熱

{ 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%

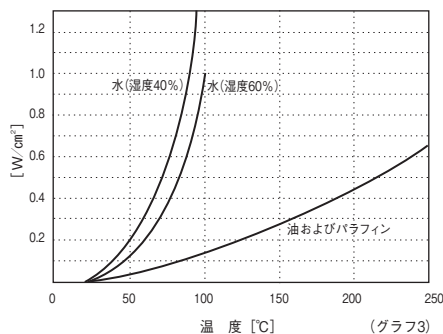
C は、放熱部分の位置 (上面・下面など)、断熱材料の種類・厚さなどを考慮する必要があります。

水を加熱するときの簡易計算とグラフ (効率 100%)

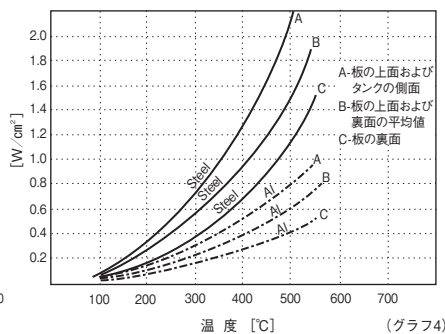
$$\text{電力 [W]} = \text{加熱量 [} \ell / \text{h]} \times \text{上昇温度 [}^\circ\text{C]} \times 1.17$$



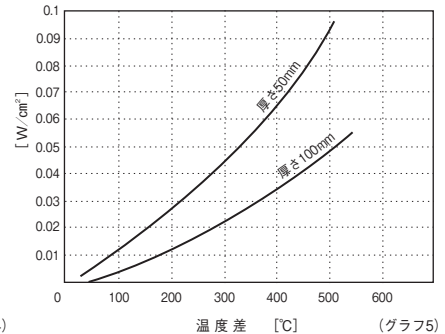
液体表面よりの熱ロス



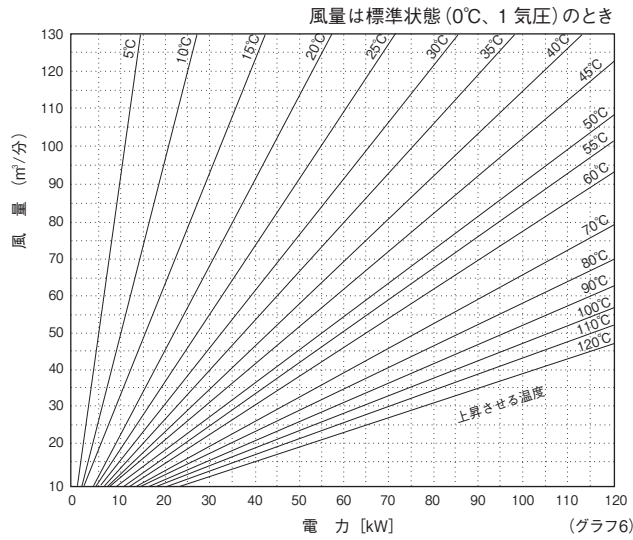
金属表面よりの熱ロス



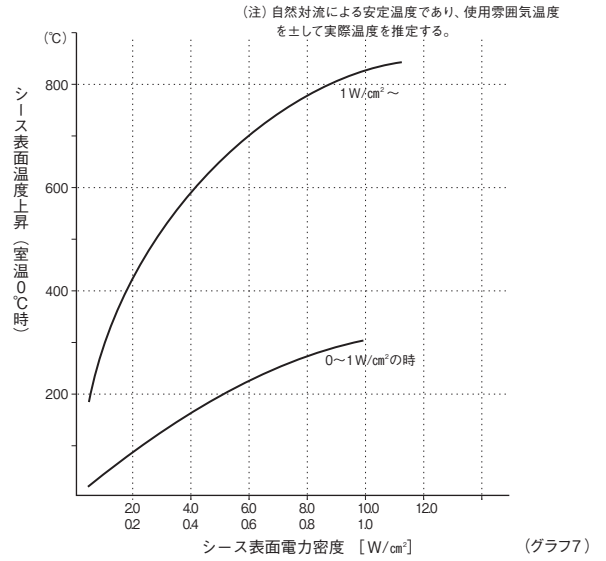
保温壁よりの熱ロス



空気加熱電力算出用グラフ (効率 100%)



電力密度とシース表面温度 (酸化皮膜が付いた状態)



金属(固体)の性質 1atm (1013.25hPa)のときの値

| 物質 | 温度 [°C] | 密度 [g/cm³] | 比熱 [J/kg°C] | 熱伝導率 [W/mK] | 線膨張係数 [10⁻⁶/°C] | 融点 [°C] |
|----------------|---------|------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| 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 |
| 铸铁 | 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 [°C] | 密度 [g/cm³] | 比熱 [J/kg°C] | 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 |
| フォー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 (エポナイト) | 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)

工 金型加熱
工 ノズル加熱
工 均熱加熱
工 熱風工具
工 遠赤外線
工 凝固防止
工 凍結防止
工 結露防止
工 熱切断
工 水加熱
工 油薬液海水
工 洗浄液
工 暖房・加湿
工 温度制御
工 温度検知
工 熱工器具
工 設計品
技術資料

液体の性質 1atm (1013.25hPa) のときの値

| 物質 | 温度 [°C] | 密度 [g/cm ³] | 比熱 [J/kg°C] | 膨張率 [10 ⁻³ /°C] | 熱伝導率 [W/m K] |
|------------------|---------|-------------------------|-------------|----------------------------|--------------|
| 水 | 0 | 0.9999 | 4217 | -0.06 | 0.569 |
| | 80 | 0.9718 | 4196 | 0.65 | 0.672 |
| シリコンオイル (10cSt) | 25 | 0.94 | 1800 | 1.08 | 0.134 |
| シリコンオイル (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 [°C] | 密度 [kg/m ³] | 比熱 cp [J/kg°C] | 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 [°C] | 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 [°C] | 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・被加熱物別許容量密度

| 被加熱物用途 | 温度 [°C] | 最高容量密度 [W/cm ²] |
|-----------|---------|-----------------------------|
| 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 |
| 鉄鑄込み | 450 | 4 ~ 8 |
| アルミ鑄込み | 300 | 10 |
| アルミ圧入 | 250 | 8 |

(表 10)

単位換算表

| 力 | ニュートン [N] | キログラム重 [kgf] | | | | |
|----|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 | 0.10197 | | | | |
| | 9.8067 | 1 | | | | |
| 圧力 | パスカル [Pa] | メガパスカル [MPa] | [kgf/cm ²] | 気圧 [atm] | 水銀柱 [mmHg] | 水柱 [mAq] |
| | 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 |
| 動力 | ワット [W] | キロワット [kW] | 仏馬力 [PS] | kcal/h | | |
| | 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 | | |

| 熱量 | ジュール [J] | カロリー [cal] | [kW h] |
|------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 | 0.23885 | 2.7778 × 10 ⁻⁷ |
| | 4.1868 | 1 | 1.1630 × 10 ⁻⁶ |
| | 3.60 × 10 ⁶ | 8.5985 × 10 ⁵ | 1 |
| 比熱 | J/kg°C | cal/g°C | |
| | 1 | 2.3885 × 10 ⁻⁴ | |
| | 4186.8 | 1 | |
| 熱伝導率 | [W/mK] | [kcal/m h°C] | [cal/cm s°C] |
| | 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、シーズ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)

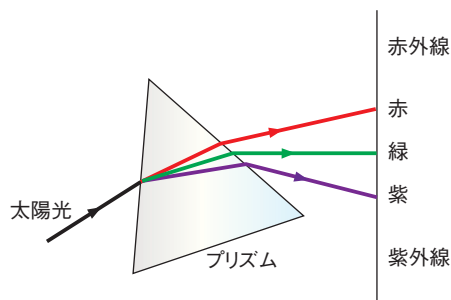
遠赤外線ヒーター

■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、 $0.8\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$)の範囲ですが、一般的に $5\mu\text{m}$ 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。

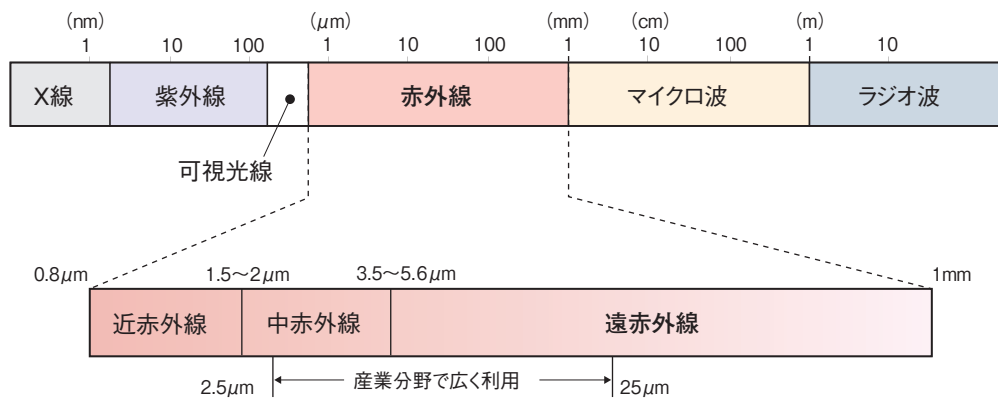
この関係は、①プランクの法則、②ステファン・ボルツマンの法則、③ウィーンの変位則、などによって示されます。



■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 $5\mu\text{m}$ 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

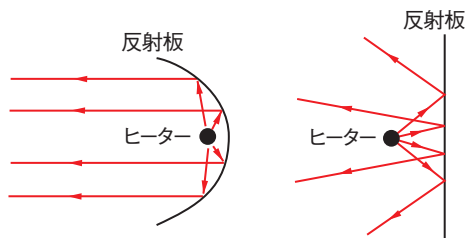
んどの物質は $2.5\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ の範囲の波長をよく吸収しますので、遠赤外線の利用が、産業界で注目されるようになりました。



■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。

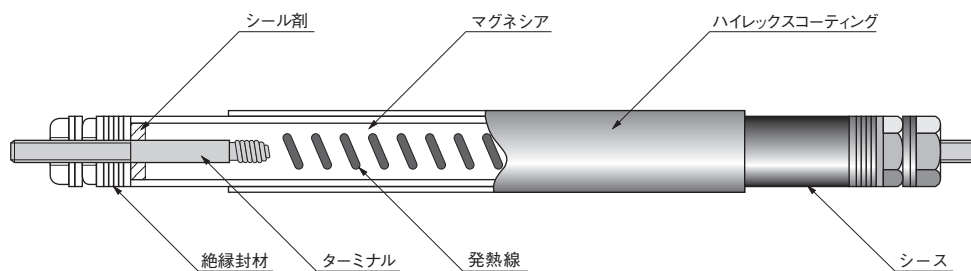
遠赤外線は、物体に吸収されてから加熱効果を発揮しますので、波長によって、吸収されやすさに差があります。また、加熱する物体によっても、吸収しやすい波長が違います。従来から広く使われている赤外線ランプは、近赤外線がほとんどで、赤く見える光は可視光線ですから、物体に吸収させやすい遠赤外線による効果は期待できません。そこで、遠赤外線を多く放射するような材料が研究され、遠赤外線ヒーターが製品化されています。



■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。

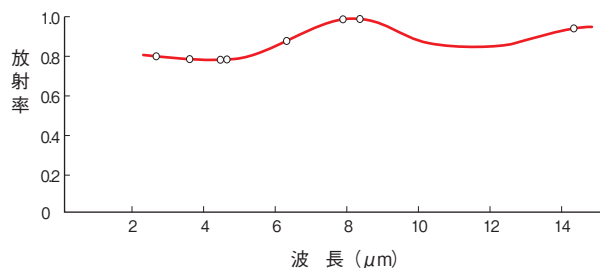
ヒーターの内部は下図のようになっています。あらゆる分野で実績のある、当社のシーズヒーター製造技術により製作されていますので、最高の信頼性を有しています。



■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°C)
(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

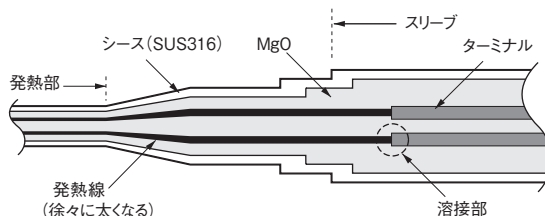
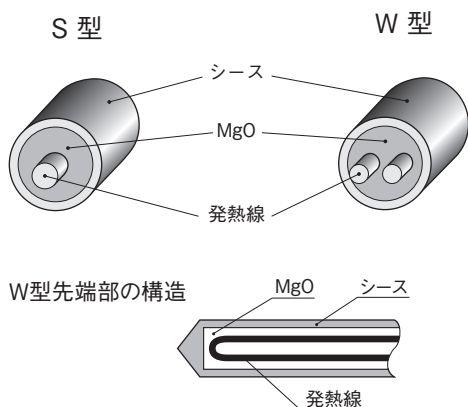
■サイカンヒーターの構造

金属細管 ($\phi 1.0\text{ mm} \sim 4.8\text{ mm}$) 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

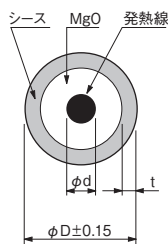
非常に細い発熱線を使用するサイカンヒーターにとって、発熱線とターミナルとの接続部分は一般的に、熱的にも機械的にも大変デリケートな部分です。この接続部に当社では独自の段付構造を開発。接続部における断線を追放しました。発熱部分内の細い発熱線はテーパー部分で徐々に太くなり、十分な線径を確保してターミナル部に溶接されます。これにより細いまま溶接される場合に比べ、機械的強度が増し、太くなった発熱線はその部分の発熱量が減少するためターミナル部でのトラブルがありません。



●設計資料

種類別抵抗表 (S 型)

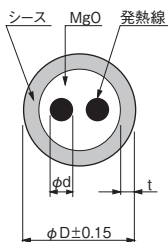
種類内 A は、シース材質を示す。
(A : SUS316 B : NCF600)



| 種類 | 外径 D (mm) | 抵抗値 (Ω/m) | 線径 d (mm) | 肉厚 t (mm) | 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)

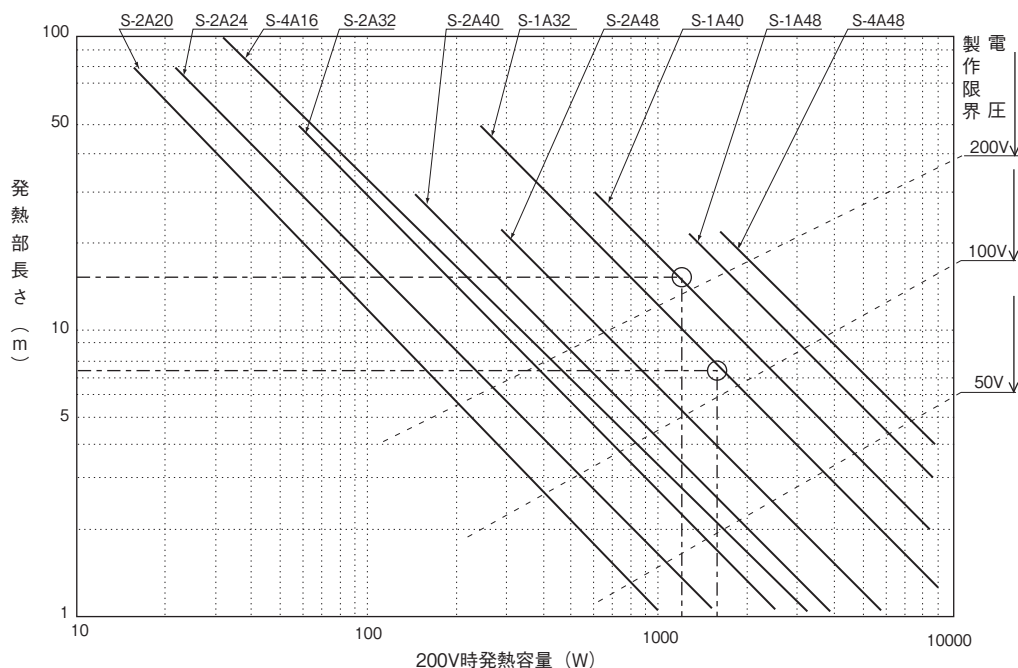
種類内 A は、シース材質を示す。
(A : SUS316 B : NCF600)



| 種類 | 外径 D (mm) | 抵抗値 (Ω/m) | 線径 d (mm) | 肉厚 t (mm) | 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

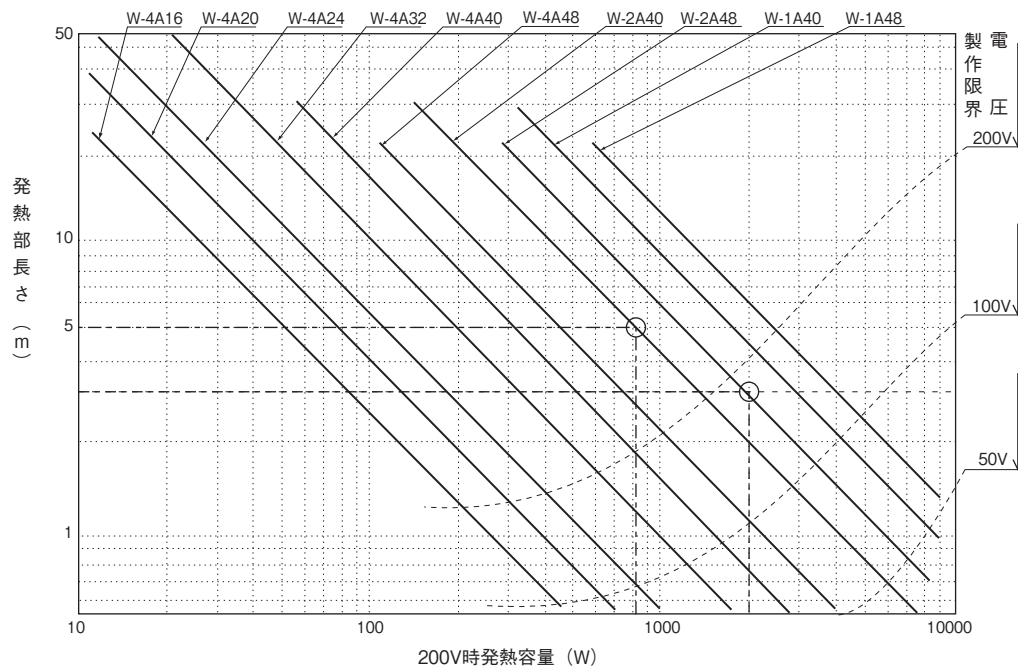
例1：発熱部長さから容量を求める場合

発熱部長さが15mでS-1A40を使用した場合は、
約1200W (200V時)
100Vの場合の容量は、 $1200 \times (100V / 200V)^2 = 1200 \times (1/4)$
= 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。
 $400 \times (200V / 100V)^2 = 400 \times 4 = 1600W$
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を使用した場合は、
約820W (200V時)
100Vの場合の容量は、 $820 \times (100V / 200V)^2 = 820 \times (1/4)$
= 205Wとなる。

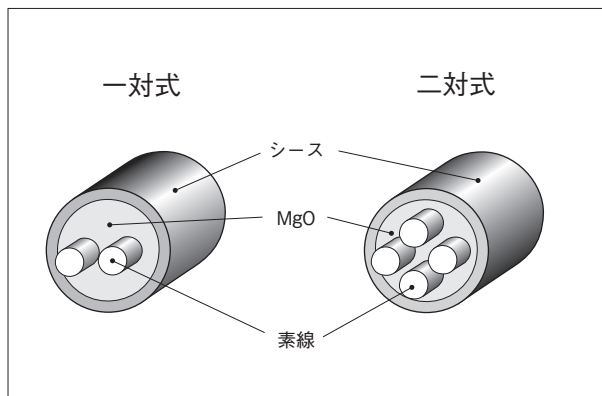
例2：容量から発熱部長さを求める場合

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。
 $500 \times (200V / 100V)^2 = 500 \times 4 = 2000W$
上図より約3mとなる。

シース熱電対

■シース熱電対の構造

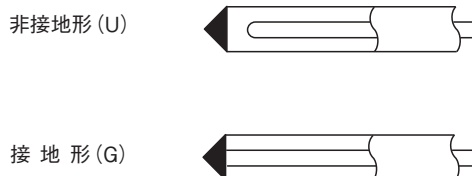
金属シースの中に、熱電対素線を高純度の無機絶縁粉末と共に高密度に圧入封入してありますので、優れた可撓性をもち応答速度は速く、微小な温度変化にも敏感に反応します。封入される素線は1対式と2対式があります。



■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。それ以外の接点の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 (°C)

※JIS 規格外

| 記号 | シース材質 | 外径 (mm) | | | | | | | | |
|----|-------------------|---------|-----|-------------|------|---------|---------|---------|------|------------|
| | | ※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 | | 規準熱起電力が定義される温度範囲 | 特徴 |
|-------|---------------------------------|---------------------------|------------------|--|
| | + 脚 | - 脚 | | |
| 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°C ~ 1820°C | 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°C ~ 1768.1°C | 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°C ~ 1768.1°C | |
| 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°C ~ 1300°C | 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°C ~ 1372°C | 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°C ~ 1000°C | 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°C ~ 1200°C | E 熱電対に次いで熱起電力特性が高く、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°C ~ 400°C | 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°C ~ 2315°C | 還元雰囲気、不活性ガス、水素気体に適する。空气中で使用することができない。 |

過熱使用限度とは、空气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 | | 素線径 [mm] | 常用限度 [°C] | 過熱使用限度 [°C] |
|-------|----------------------|---------------------|----------|-----------|-------------|
| | + 脚 | - 脚 | | | |
| 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：空气中において連続使用できる温度の限度。 過熱使用限度：空气中において短時間使用できる温度の限度。

C 熱電対は空气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 (°C) | 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 (だいたい) | 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 | |
| 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 (だいたい) | 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 | |

※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

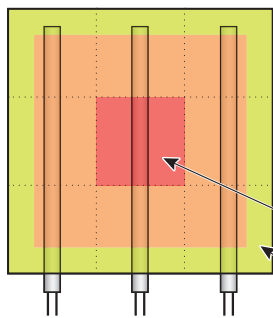
| 材料材質名 | 被覆の記号 | 使用可能温度範囲(°C) | 耐水性 | 耐油性 | 耐薬品性 | 耐燃性 | 耐紫外線性 |
|------------------|-------|--------------|-----|-----|------|-----|-------|
| ビニール | G | -20 ~ 90 | ○ | △ | △ | × | ○ |
| ガラス編組 | H | 0 ~ 150 | × | × | × | ◎ | ◎ |
| フッ素樹脂(四フッ化エチレン系) | S | -25 ~ 200 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | ◎ |
| シリコーンゴム ※1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

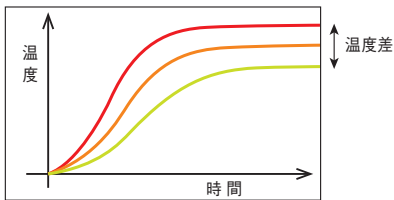
一般的なカートリッジヒーターを熱源にした熱板



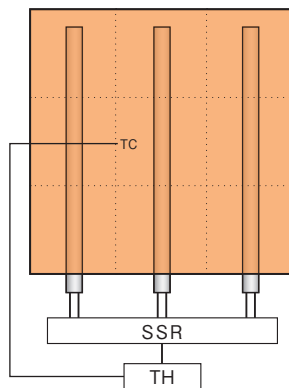
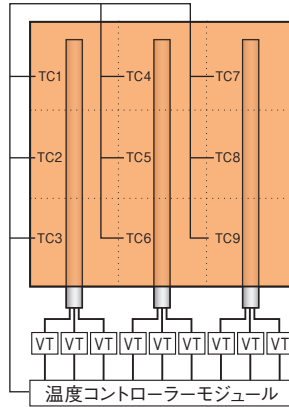
3回路カートリッジヒーター

ハイブリッドカートリッジヒーター

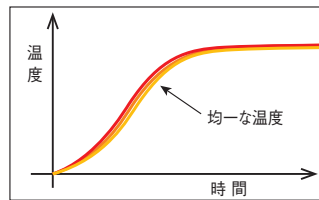
放熱が小さく高温
放熱が大きく低温



■ 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



TH: 温度コントローラー
VT: 電力コントローラー
TC: 熱電対



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ことができます。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。

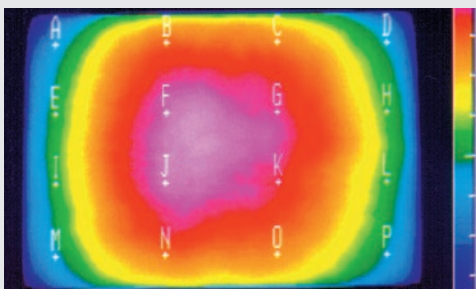
■ ハイブリッドカートリッジヒーター

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。温度条件が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)

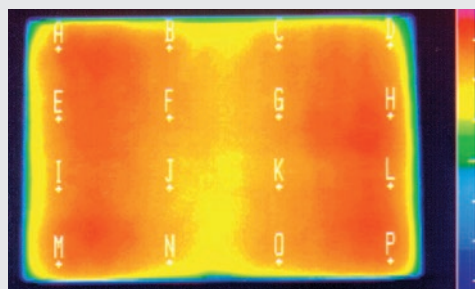
| | |
|----------------------|---------------------|
| 熱板の寸法 : 500×300×厚さ50 | 熱板設定温度 : 200℃ |
| 熱板材質 : SUS304 | 温度測定方法 : 赤外線放射温度計 |
| 容量 : 5.7kW | 測定ポイント : 各16ポイント |
| ヒーター寸法 : φ14×L500、7本 | 周囲環境条件 : 23℃、67%、無風 |

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 (X̄) : 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 (X̄) : 201.5℃ | |

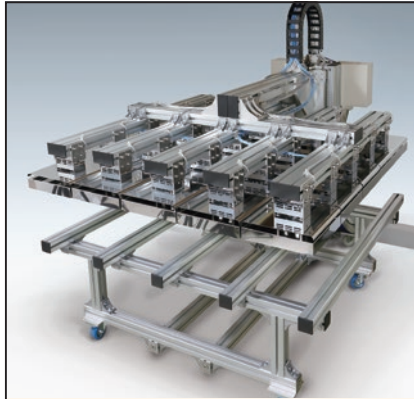
分析・試験設備

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。



▲ コンベア型遠赤・熱風テスト炉

寸法：幅 2000×奥行き 1000×高さ 1600。
最高使用温度 200℃。弊社工場にて加熱試験が可能。



▲ 角ハイレックス遠赤試験装置

角ハイレックスを25台連結した試験装置。□1000までのワークの輻射加熱試験が可能。ヒーター距離 50～200 で調整可能、一台ずつの個別温度制御可能。弊社工場にて加熱試験可能。



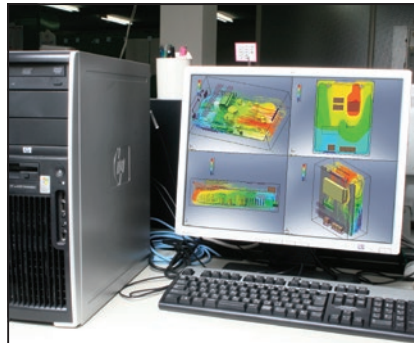
▲ 粒子径・粒度分布測定装置

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。



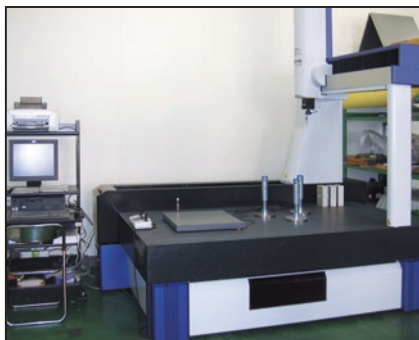
▲ 熱流体解析 CAD

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) 1×10⁻¹³Pa・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。

金型加熱
工具
ノズル加熱
工具
均熱加熱
工具
熱風工具
遠赤外線
工具
凝固防止
軟化工具
凍結防止
工具
結露防止
霜取り工具
熱切断
工具
水加熱
工具
油・薬液海水
加熱工具
洗浄液
加熱工具
暖房・加湿
工具
温度制御
工具
温度検知
工具
熱工器具
用
設計
部品
技術資料