

# 抵抗加熱の特徴

弊社の技術の基礎となる抵抗加熱とは、いったいどの様なものなのかを簡単にご説明致します。  
皆さんが電気製品を利用している時に、電源コードの多くが周囲の温度より温かくなることがあることにお気づきでしょうか。仮に保護回路の無い機器に定格以上の電流を流したら、電線が熱くなって発火等の危険があります。これはジュール熱と呼ばれるもので、電線に抵抗があるために発生します。本来このような電線の発熱作用は一般の家電などではあってはなりません、この発熱作用を上手く応用して優れた働きをさせる製品も中には存在します。例えば毎朝使うドライヤーなどがそうです。電気抵抗で熱を発生させることを私たちは、「抵抗加熱」と呼んでいます。「抵抗加熱」は、電気を利用した最も単純な仕組みで「物体の温度を上昇させること」が最大の役割です。この技術は、一般家庭用機器から産業用機器まで幅広い分野で注目され、今日の鉱物資源のムダ使いや環境問題などの見地からも、見捨てることのできない技術の一つと言っても過言ではありません。

**抵抗加熱は、原理的に極めてシンプルな装置で使いやすく、しかもクリーンで加熱効率が高いために、他の加熱方式とは異なる多くの特徴があります。**

クリーンな熱源	極端にゴミ、チリを嫌う半導体、電子部品の熱処理には欠かせない装置です。歩留りが大幅に向上し、ガス、油などの燃料を燃焼させる燃焼加熱方式とは異なり、燃焼時に発生する騒音、排ガス、油汚れがないので、清浄な環境が維持でき、3K対策には欠かせません。
高い熱効率	燃焼加熱のように燃焼による排ガスがなく、炉が燃焼炉に比べコンパクトにできるため、外部への熱損失が少なく、急速加熱が可能です。
特別の電源装置が不要	商用周波数（50/60Hz）の交流電源が、そのまま装置の入力として利用できます。
自動化、夜間電力の使用でランニングコストの大幅な低減	制御機構に電子方式を使用しているため、無人自動化が容易なことから生産を夜間電力帯にシフトすることができ、コストは大幅に低減します。
高い安全性	制御が容易で保護安全回路などにより安全性を確保し易い。ガスの発生がないので燃焼、爆発などの危険性がなく安全に使用することができます。
炉の起動、停止時間が短い	炉の起動・停止操作はスイッチひとつで行えるため非常に簡単です。しかも炉の昇温、降温が早いので、作業時間の短縮または、生産性の向上が図れます。
エネルギー管理が容易	加熱に要するエネルギーを直接電力量として計測することができるので、電力計、電圧計、電流計などにより測定管理が容易です。

弊社の製品は、大きく5つ（H・C・E・T・Z）に分類して扱います。

1. H 熱を発生させる器具「液体・気体加熱ヒーター」
2. C 発生した熱を保持する機器「制御機器」「各種センサ類」
3. E :使用目的に合わせて上記1・2を組んだ「乾燥設備装置」
4. T 主に測定や計測を主とした製品
5. Z :弊社製品をより効果的に機能させる「各種関連商品」など

# ■ ヒーターの選び方

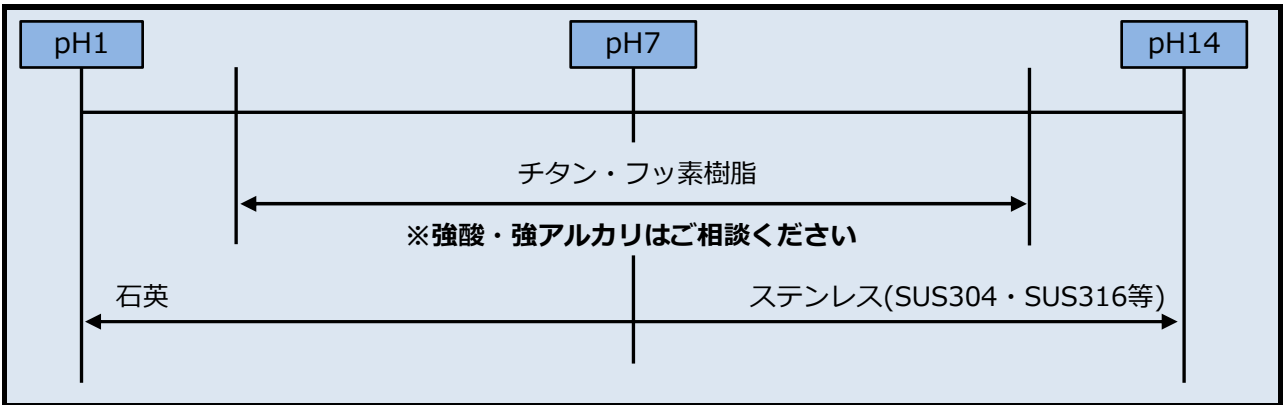
【型番の見方】

例)



## 1 耐薬品性(材質)の選定 & ヒーター形状の選定

【耐薬品性(材質)の選定】



薬品の性質からヒーターの材質を選定します。

(加熱する薬品によってヒーターの材質が異なります。)

● pH(ペーハー)

一般的に上図のように薬品のpH値によって選定するヒーターの材質が異なります。

● 使用温度

80℃以上で使用の場合は、材質選定に制限があります。

● 粘度

粘度が高い薬品やスラッジの付着が著しい場合は、材質選定に制限があります。





【ヒーター形状の選定】

<p><b>ストレート型</b></p> <p>タンクの高さが規格品寸法に近く、液面の上下が少ない場合</p>	
<p><b>L型</b></p> <p>液面の高さが低い場合</p>	
<p><b>長尺・短尺</b></p> <p>タンクの高さが高く液面が低い場合</p>	
<p><b>横付(プラグ・フランジ)</b></p> <p>ヒーターを上から設置できない場合 ケーブルを槽の上に出したくない場合 ※受側のソケット及びフランジなど、別途工事が必要になります。</p>	

# ■ ヒーターの選び方

## 2 キャップ形状の選定

【キャップ形状の選定】

<p><b>スタンダード</b></p> <p>防水性はありません。キャップ部から液が浸入する恐れがありますので水気・湿気の多い場所での使用は推奨できません。</p>	
<p><b>横出しキャップ式</b></p> <p>コードが横に出ているためキャリア等の処理物の移動時に邪魔になりません。</p> <p>※横出しの防水仕様はありませんのでご注意ください。</p>	
<p><b>キャップシール式</b></p> <p>簡易防水式ですので水気・湿気の多い場所での使用に推奨します。</p> <p>※完全防水ではありませんのでご注意ください。</p>	
<p><b>潜水式</b></p> <p>液中に沈めて使用できます。</p> <p>完全防水仕様</p> <p>※液面から露出しての使用はできません。</p>	

## 3 ヒーターの容量&本数

【ヒーター容量算出】

下の式に使用条件をあてはめて加熱に必要な電気容量を求めます。

$$W=1.16 \times C \times d \times V \times \Delta t \times 1.3(\text{余裕率})$$

C=比熱(kcal/kg℃)

V=体積(ℓ)

d=比重(kg/ℓ)

Δt=目的温度-初期温度

【1(Kcal)=1000(W)÷860(Kcal)=1.16】

※比熱・比重が不明の場合は1として計算してください。

WからkWに換算する。

上式での電気容量は、WなのでkWに換算する場合(÷1000)をする。

※kWは、1時間で目的温度に到達させるのに必要な電気容量です。

【ヒーターの本数】

設置スペース・昇温時間などを考慮してヒーターの本数を決定します。

例えば、ヒーターの選定で30kWが算出された場合。

30kWというヒーターはスペース的にも現実的ではありません。

この場合下記のような方法でヒーターの本数を決定します。

(1)3kWのヒーターを10本使用する。

(2)3kWのヒーターを5本使用して(正味15kW)昇温時間を2時間とする。

(3)3kWのヒーターを1本使用して昇温時間を10時間とする。

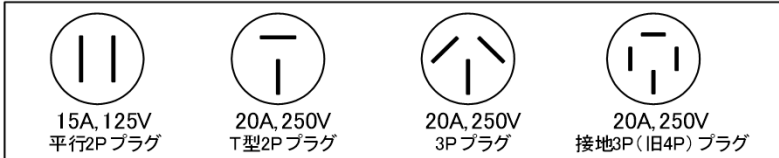
※上記ヒーター容量の計算値はあくまで理論値であり、実際は使用環境により変化します。ご参考値として検討してください。詳しくは弊社営業部までお問合せください。

# ヒーターの選び方

## 4 プラグの形状

【プラグの形状】

- プラグはヒーター容量や使用電圧（海外等）により形状が異なる場合があります。
- プラグ形状は、ご注文前に必ずユーザー様へ確認してください。
- 防水プラグ及びツイストロック式プラグは別注となります。



- その他特殊形状は、下記のプラグ一覧表をご参照ください。

弊社指定標準プラグ一覧／(株)明工社・パナソニック電工(株)製

(株)明工社製  型式：MP2506 15A, 125V ゴムプラグ	パナソニック電工(株)製  型式：MH4415H 15A, 125V プラグ	(株)明工社製  型式：MP2561 20A, 250V プラグ	(株)明工社製  型式：MP2562 20A, 250V プラグ	(株)明工社製  型式：MP2566 20A, 250V プラグ
--	--	--	---	--

### オプション対応特殊プラグ一覧

(ユーザーニーズにお応えできる豊富なラインナップ・ご相談によりご希望のプラグをお付け致します。)

(株)明工社製  型式：MP2525 20A, 250V ゴムプラグ	(株)明工社製  型式：MP2526 20A, 250V ゴムプラグ	(株)明工社製  型式：MP2513 20A, 250V 防水ゴムプラグ	(株)明工社製  型式：MP2520 20A, 250V 防水ゴムプラグ	パナソニック電工(株)製  型式：WF7320 20A, 250V 防水ゴムプラグ	パナソニック電工(株)製  型式：WF7420K 20A, 250V 防水ゴムプラグ
(株)明工社製  型式：MH2583 20A, 250V 引掛ゴムプラグ	(株)明工社製  型式：MH2584 20A, 250V 引掛ゴムプラグ	アメリカン電機(株)製  型式：4222R 20A, 250V 引掛ゴムプラグ	アメリカン電機(株)製  型式：4222RL 20A, 250V 引掛ゴムプラグ		
(株)明工社製  型式：MH2598 20A, 250V 引掛防水ゴムプラグ	パナソニック電工(株)製  型式：WF8320 20A, 250V 引掛防水ゴムプラグ	パナソニック電工(株)製  型式：WF8420K 20A, 250V 引掛防水ゴムプラグ	パナソニック電工(株)製  型式：WF8430 20A, 250V 引掛防水ゴムプラグ		



# ヒーター選定のポイント

液体加熱用ヒーターを選定するにあたっては、下記の点を参考にして正しくヒーターをお選びください。

- ヒーター容量・・・・・・・・液体の保温もしくは加熱、昇温時間
- ヒーター形状・・・・・・・・タンクの寸法・有効スペース・設置方法
- ヒーター材質・・・・・・・・ヒーター管の耐蝕性・素材の選定
- ヒーター電力密度・・・・・・・・ヒーターの表面温度考慮（別紙参照）
- 制御・・・・・・・・コントローラー選定・センサの材質、長さ、測定位置

## ヒーター容量の決め方

$$\frac{\varrho \times (T - T_0) \times a}{H \times r} \times 1.3 = \boxed{\phantom{000}} \text{ kW}$$

$\varrho$  : 液体の量 (リットル)                       $a$  : 比熱×比重  
 $T$  : 目的温度 (°C)                               $H$  : 時間 (hour)  
 $T_0$  : 初期温度 (°C)                               $r$  : 熱効率 (860Kcal)  
1.3 : 電圧変動及びヒーター製作誤差の余裕率

※上記ヒーター容量の計算値はあくまで理論値であり、実際は使用環境により変化します。ご参考値として検討してください。詳しくは弊社営業部までお問合せください。

## ヒーター形状の決め方

- a. 上から入れる                      密閉するか、直型、L型、潜水型  
b. 横から取り付け                      板フランジ式、ネジ込みプラグ型、ナット締付け型

## ヒーターの材質

ヒーター選定の際には、液体の種類や温度、濃度に合わせた材質をお選びください。  
ヒーターの電力密度 (W密度=W/cm<sup>2</sup>) も関係してきます。

## ヒーターのW密度

W密度が大きすぎますと、ヒーター内部温度の過熱により、ヒーター表面温度も高くなり、液の分解又はヒーターの断線、故障原因となりヒーターの寿命が短くなります。

$$W\text{密度} = \text{ヒーター容量(W)} \div (\text{ヒーター外径}(\phi) \times 3.14 \times \text{発熱長さ(cm)})$$

# 熱量計算資料

## 電気・熱の基礎公式

E	=	電圧 (V)	ボルト
R	=	抵抗 (Ω)	オーム
W	=	電圧 (W)	ワット
t	=	時間 (s)	秒
I	=	電流 (A)	アンペア
Q	=	熱量 (cal)	カロリー
1cal	=	4.186ジュール	
Wh	=	電力量	
J	=	ジュール	
1J	=	0.2389カロリー	

## オームの法則

電流は電圧に正比例し、抵抗に反比例する。  
(正比例は掛け算、反比例は割り算)

$$I = \frac{E}{R} \text{ (A)} \quad R = \frac{E}{I} \text{ (Ω)} \quad E = IR \text{ (V)}$$

電気のなす単位時間当たりの仕事

$$W = EI = I^2 R = \frac{E^2}{R} \text{ (W)}$$

## ジュールの法則

抵抗に電流を流すと熱を生じる。この熱は電流の2乗と抵抗の積に比例する。  
これが熱量に関する法則であって、ジュールの法則という。

発熱に要する電力(W) = 電流 × 電流 × 抵抗

$$W = I \times I \times R \rightarrow I^2 R \text{ となる}$$

### 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(1J)という。

※1ワット、1時間の熱量は

$$\begin{aligned} 1 \text{ワット時} &= 60 \times 60 \times \text{ワット秒} \\ &= 3600 \text{ジュール} \times 0.2389 \\ &= 860 \text{カロリー} \end{aligned}$$

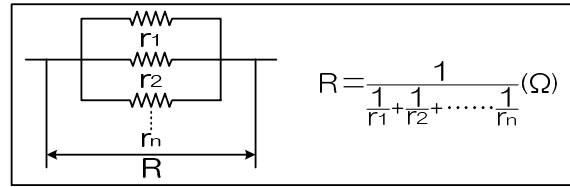
※水1gを1°C上昇させるのに必要な熱量を1カロリー(cal)という。

$$\begin{aligned} 1 \text{J} &= 0.2389 \text{cal} \\ 1 \text{cal} &= 4.186 \text{ジュール} \\ Q &= 0.2389 W t \text{ (cal)} \end{aligned}$$

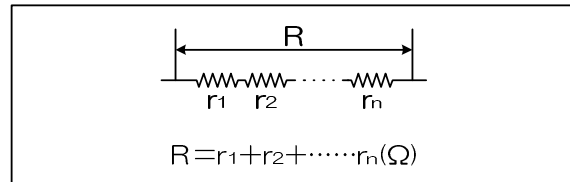
1kwのヒーターが1時間当たりに発生する熱量は

$$0.2389 \times I \text{ (kW)} \times 3600 = 860 \text{ (kcal)}$$

## ■ 並列接続の合成抵抗



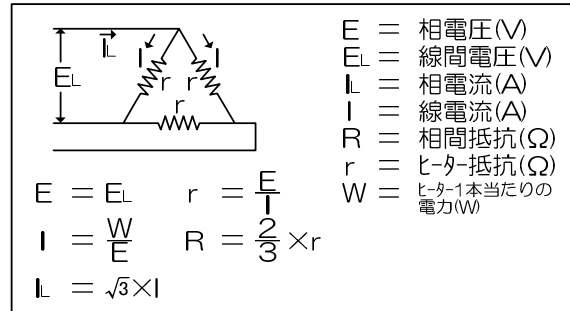
## ■ 直列接続の合成抵抗



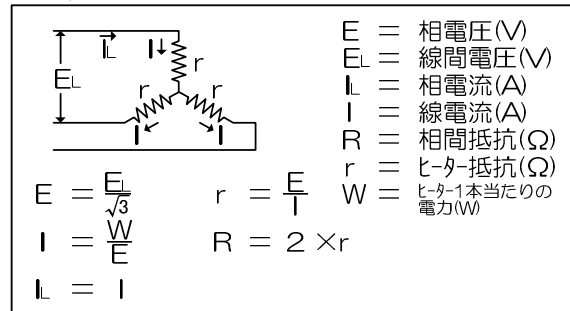
## ■ 三相交流回路

線電圧 (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、電流抵抗の関係は次式で表せます。

### Δ結線



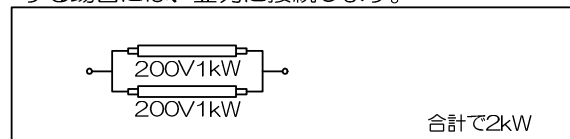
### Y結線



## ■ 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。



# フッ素樹脂の特徴と性質

フッ素樹脂は、ほとんどの化学薬品、溶剤に不活性です。フッ素樹脂の耐薬品性をテストした代表的な化学薬品をその沸点に至るまで浸漬テストを行った上で科学的に不活性であることが確認されております。

## フッ素樹脂（PFA）の耐薬品性浸漬テスト-無機化合物

薬品名	試験温度 (°C)	残存特性 (%)		重量増加 (%)	
		引張強さ	伸び		
鹵酸	濃塩酸	120	98	100	0.0
	濃硫酸	120	95	98	0.0
	フッ酸 (60%)	23	99	99	0.0
	発煙硫酸	23	95	96	0.0
酸化性酸	王水	120	99	100	0.0
	クロム酸 (50%)	120	93	97	0.0
	濃硫酸	120	95	98	0.0
	発煙硫酸	23	99	99	0.0
無機塩基	濃アンモニア水	66	98	100	0.0
	苛性ソーダ (50%)	120	93	99	0.4
過酸化水素 (30%)	23	93	95	0.0	
ハロゲン	臭素	23	99	100	0.5
	臭素	59*	95	95	データなし
	塩素	120	92	100	0.5
金属塩水溶液	塩化鉄 (25%)	100	93	98	0.0
	塩化亜鉛 (25%)	100	96	100	0.0
その他無機化合物	塩化スルフリル	69*	83	100	2.7
	クロロスルホン酸	151*	91	100	0.0
	濃リン酸	100	93	100	0.0

\*は沸点 (注) 特性の変化15%以内は無視しうる程度と考えられます。

通常の使用温度範囲内では、フッ素樹脂が浸される薬品はほとんどないとみられます。しかし例外もあります。このような薬品は最も厳しい酸化性試薬、還元性試薬の中にあることが知られています。

- 溶融状態にて反応するアルカリ金属（ナトリウム、カリウム、リチウム等）や高温でのフッ素ガス（F<sub>2</sub>）、及び ClF<sub>3</sub>、OF<sub>2</sub>（これらは高温状態で、活性のフッ素ガスを出す特殊な化合物です）とは反応します。
- 連続使用温度の上限値、あるいはその付近でかつ高温熱になると、フッ素樹脂と反応する薬品も少数ですが存在します。
- 80%KOH、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>のような金属水素化合物やアンモニア等も、溶融金属ナトリウムと同様な腐食作用があります。フッ素樹脂の薬品吸収性は小さいですが特定の環境下では、この吸収がフッ素樹脂に物理的な影響を及ぼす場合もあります。
- 水蒸気使用時のプリスター  
フッ素樹脂は耐久性が優れているので、スチームを取り扱う場合のライナーとして、しばしば使用されます。
- プリスターとは  
プリスター（水泡）現象は高圧の蒸気と、低圧の蒸気冷水に交互に暴露されるときにしばしばおこる現象です。先ず少量の高圧蒸気がライナーに浸透します。次に冷水を通すとその蒸気は凝縮した水となります。高圧蒸気が再度導入されると、その熱でライナー内の水が蒸気となり、その圧力で最初の微小の孔ができます。このような熱サイクルが繰り返されると、この孔は次第に大きくなり最初に目視できる水泡が生じます。これをプリスターと呼んでいます。
- モノマーの浸透  
塩化ビニル、スチレン、ブタジエン等のモノマーもフッ素樹脂に浸透します。浸透したモノマーがフッ素樹脂の中で重合すると、重合熱が発生し、さらに重合速度が速くなります。次々と浸透したモノマーがフッ素樹脂内部でポリマーとなると、その体積が増加し、ついには破壊を起こします。また、フッ素樹脂の表面にもポリマーが現れるようになります。

PFA樹脂の特性	PTFE樹脂の特性	ETFE樹脂の特性	FEP樹脂の特性	フッ素樹脂チューブの主な用途
<p>PFA(Perfluoroalkoxy resin)はPTFE樹脂にパーフロアルコキシ基(-ORf)の側鎖が結合したものです。</p> $-(CF_2-CF_2)_m-(CF_2-CF_2-ORf)_n-$ <p>ほとんどの化学薬品に浸されず、環境劣化、経年変化がほとんどなく、不燃で耐熱耐寒性(-195°C~+260°C)に優れるなどの特性を有しております。</p>	<p>4フッ化エチレン樹脂 ポリテトラフルオロエチレン</p> $-(CF_2-CF_2)_n-$ <p>ETFEは、優れた曲げ寿命、衝撃強さ、カットル抵抗を持ち、耐熱耐寒性(-100°C~+15°C)に優れる。ほとんどの溶剤・化学薬品に浸されず、耐熱性に優れ、高エネルギーの放射線に対して安定しています。</p>	<p>ETFE(Ethylene-tetrafluoro ethylene)はエチレンと4フッ化エチレンを共重合してつくられます。</p> $nCH_2=CH_2 + nCF_2=CF_2 \xrightarrow{\text{共重合}} \left[ \begin{array}{c} H \ H \ F \ F \\   \   \   \   \\ -C-C-C-C- \\   \   \   \   \\ H \ H \ F \ F \end{array} \right]_n$ <p>ETFEは、優れた曲げ寿命、衝撃強さ、カットル抵抗を持ち、耐熱耐寒性(-100°C~+15°C)に優れる。ほとんどの溶剤・化学薬品に浸されず、耐熱性に優れ、高エネルギーの放射線に対して安定しています。</p>	<p>FEP(Fluorinated ethylene propylene)は4-6フッ化樹脂とも呼ばれ、4フッ化エチレンと6フッ化プロピレンを共重合してつくられます。</p> $n \times CH_2=CF_2 + nCF_2=CF(CF_3) \xrightarrow{\text{共重合}} \left[ \begin{array}{c} F \ F \\   \   \\ -C-C- \\   \   \\ F \ F \end{array} \right]_x \left[ \begin{array}{c} F \ CF_3 \\   \   \\ -C-C- \\   \   \\ F \ F \end{array} \right]_n$ <p>FEPはPTFEと同様、完全にフッ素化された樹脂で、PTFEに比べて連続使用温度が高い。他は、電気特性、物理特性、その他ほとんどPTFEと同様で気味よく優れた性能を持っています。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 腐食性流体移送用チューブ</li> <li>● 溶剤・薬液移送用チューブ</li> <li>● 粘性流体移送用チューブ</li> <li>● 食品プラント用チューブ</li> <li>● 各種液体ガス移送用チューブ</li> <li>● 耐熱・高絶縁・高周波特性を必要とする各種機器</li> </ul>

# 赤外線の特徴と性質

## 1. 遠赤外線とは

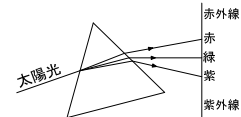
遠赤外線とは、太陽光線の80%を占める赤外線の中で4~50ミクロンの電磁波で、3~5cmの深達力をもっている目に見えない「生育光線」です。

### 電磁波の種類・名称・特徴一覧表

太陽光線	波長(μ)ミクロン	太陽光線中(%)	性格	目に見える	名称	性質・特徴				
	-10 <sup>15</sup>	7%	破壊光線	目に見えない電磁波・不可視線	γ (ガンマ線)	波長が短くX線の数百万分の1				
	15×-10 <sup>6</sup>				ラジウム線					
	0.0375				レントゲン線		X線	物体の透過作用が強い。レントゲン撮影に使う。人体の健康に悪影響あり。		
	0.051				ミリカン線					
	0.112				ライマン線		紫外線 (冷線)	①化学作用が強い。 ②人の皮膚を強くする。 ③紫外線は皮膚がんの原因にもなると言われる。 ④印刷インキなどを変色させる。 ⑤殺菌力がある。		
	0.185				シューマン線					
	0.250						狭義紫外線 (化学線)			
	0.32				ドルノ線					
	0.397				13%		生育光線	目に見える可視光線	紫色光線	①熱はない。 ②物が見えるのはこの電磁波の作用による。  ③目に見える赤色は熱とは関係ない。 ④感覚的に赤色の方が青色より暖かく感じる。
	0.424								藍色光線	
	0.455	青色光線								
	0.492	緑色光線								
	0.575	黄色光線								
	0.585	燈色光線								
	0.647	赤色光線								
	0.723									
	0.76	80%	生育光線	目に見えない不可視熱線	近赤外線	①目に見えない熱線である。 ②人間にとって温かく感じる熱線。 ③人間の情緒を不安定にする。 ④低温でもやけどをする場合がある。 ⑤従来のストーブ、赤外線ランプ、電気ストーブが主として利用。 ⑥煮物・焼物には使える。				
	4.0				遠赤外線		8~14μの遠赤外線が人間にとってもっとも有益です。			
8.0										
14.0										
50.0	1,000.0	生育光線	目に見えない電波	超遠赤外線	極超短波の電波で、レーダー、宇宙中継、テレビ、電話の中継などに使用されている。					
1,000.0				マイクロ波						
				短波 中波 長波						

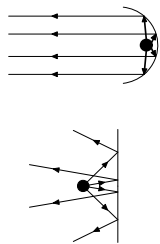
## 2. 赤外線とは

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、その一番端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、0.8μm~1000μm (1μm=1/1000m) の範囲ですが、約5μmより波長が長い部分を、遠赤外線と言っています。物質には、その持っている熱エネルギーを、電磁波で伝えようとし、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。



## 3. 遠赤外線の特徴

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、中の空気は暖めずに、遠赤外線が当たった所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、物質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易さに差があります。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、物体に吸収され易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。



電磁波の分類と名称

