

温度上昇による電力・長さ・絶縁抵抗の変化

温度上昇によるシーズヒーターの電力・長さ・絶縁抵抗の変化を表1にまとめた。

① 温度上昇により長さが伸びる

物質は固有の線膨張係数に従い温度変化により伸縮する。ヒーターエレメントの熱による伸びを考慮して、逃げを作ってください。

② 電気抵抗も増大し、ヒーター電力Wが減少する

冷間(常温)時の電気抵抗と熱間(使用温度)時の電気抵抗は電熱線の特性により異なり、ヒーター電力Wも温度により変化する。

$$\text{ヒーター電力}W(\text{ワット}) = \text{電源電圧}V^2 / \text{電気抵抗}R$$

表1 温度上昇によるヒーター電力・長さ・絶縁抵抗の変化

項目	温度[°C]	常温	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	備考
	注1	20°C										
ヒーター電力W (常温=1)		1.0	0.988	0.973	0.954	0.932	0.906	0.880	0.863	0.854	0.847	注2
電気抵抗R (常温=1)		1.0	1.012	1.027	1.048	1.072	1.103	1.158	1.158	1.170	1.180	-
ヒーター伸び率 [%]		0	0.17	0.35	0.53	0.72	0.82	1.12	1.33	1.64	2.07	注3
絶縁抵抗	[MΩ]	∞	1000	500	200	100	50	10	1	0.5	0.1	注4

③ 絶縁抵抗も高温になるほど急激に低くなる

シーズヒーターを400°C以上で使用する場合は、雰囲気・湿気など他の要因も考慮すると絶縁劣化が必至で、マグネシアの基礎絶縁の他に二重絶縁となる構造設計を推奨する。

500~600°Cを越える場合、保温材や耐熱材料、二重絶縁構造、温度過昇防止機能など、ヒーターの性能・機能と共に安全性に対する考慮も必要となる。

高温でご使用の場合、制御回路も含んだ「加熱ユニット」・「加熱システム」として製作できます。

詳しくは日本ヒーター営業部にお問い合わせ下さい。

④ 事例

実際のシーズヒーターでは、温度上昇によりヒーター電力・長さはどう変化するのか一例を表2にまとめた。

シーズヒーターの仕様は下記のとおりとする。

- ①電力: 2kW (2000W) 単相 200V
- ②電気抵抗R: 20Ω
- ③ヒーター全長(シーズパイプ長さ): 2000mm (2m)

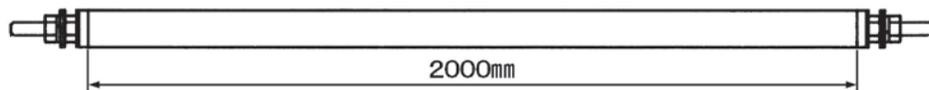


図1 シーズヒーター

注1) 温度は、発熱体(電熱線)の温度を示す。シーズヒーターの表面温度は、これより50~100°C程度低くなるのが通例。

注2) ヒーター電力は常温で1kWあったとする。

500°Cでは906Wとなり電力Wは約10%減少する。(抵抗が増加する)

注3) ヒーターの伸び率は、ステンレス製の棒として計算した。

(常温で1mの長さのヒーターは、500°Cでは約8mm伸びて1008mmとなる)

注4) 絶縁抵抗は、ヒーターのシーズパイプと発熱体(電熱線)を絶縁しているマグネシア(MgO)の特性を示したものを。

表2 温度上昇によるヒーター電力・長さの変化(参考)

項目	温度[°C]	常温	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
		20°C									
ヒーター電力 [W]		2000	1976	1947	1908	1866	1813	1759	1727	1709	1695
電気抵抗変化 [Ω]		20.0	20.2	20.5	21.0	21.4	22.1	22.7	23.2	23.4	23.6
ヒーターの長さ [mm]		2000.0	2003.0	2007.0	2011.1	2014.0	2016.0	2022.0	2027.0	2033.0	2041.0
絶縁抵抗	[MΩ]	∞	1000	500	200	100	50	10	1	0.5	0.1

⑤ 電熱線の太さと電気抵抗および質量の関係

電熱線の線径を変えたときヒーターの電気抵抗R=5Ω、10Ω、50Ω、100Ωのヒーター長さ、および質量を試算した。表3参照。

電熱線の太さはヒーターの寿命にかかわる重要なファクターであるため、日本ヒーターでは電熱線をヒーターの仕様に応じた最適な線径にて選択している。

「シーズヒーターに用いる電熱用合金線」p. 220参照

表3 電熱線の太さによる導体抵抗と質量の変化(参考値)

線径 [mm]	抵抗値 [Ω/m]	質量 [g/m]	5Ωの場合		10Ωの場合		50Ωの場合		100Ωの場合		備考
			100Vで2kW		100Vで1kW		100Vで200W		100Vで100W		
			長さ[m]	質量[g]	長さ[m]	質量[g]	長さ[m]	質量[g]	長さ[m]	質量[g]	
0.2	39.1	0.231	—	—	—	—	1.30	0.04	2.56	0.08	大 ↑ ワット密度 ↓ 小
0.4	9.79	0.924	—	—	1.02	0.9	5.11	4.7	10.22	9.4	
0.7	3.20	2.83	1.56	4.4	3.13	8.8	15.63	44.2	31.25	88.4	
0.8	2.45	3.69	2.04	7.5	4.08	15.1	20.41	75.3	40.82	150.6	
1.0	1.57	5.77	3.19	18.4	6.37	36.8	31.85	183.8	63.69	367.5	
1.2	1.09	8.31	4.59	38.1	9.17	76.2	45.87	381.2	—	—	
1.4	0.80	11.3	6.25	70.6	12.50	141.3	—	—	—	—	
1.6	0.61	14.8	8.20	121.3	16.39	242.6	—	—	—	—	
2.0	0.39	23.1	12.82	296.2	—	—	—	—	—	—	

注意

1. 100V用のヒーターを200Vで使用すると、電流は2倍になりヒーター容量は4倍となる。
2. 一般にワット密度 ρ [W/cm²] が大きくなればヒーターの寿命は短くなる。
3. この表は比較参考のためのデータで、実際は仕様にあった線径を選定する。線径も代表的なものだけを示した。
4. この表では温度上昇による抵抗値の増加は考慮していない。