

SILVER 電熱線・帯

SILVER
Wires and Rolled Wires
for Electrical Heating

シルバー鋼機株式会社
SILVER KOHKI CO.,LTD.

●ご挨拶

私たちシルバー銅機株式会社は、1971年4月1日、東京で誕生致しました。
以来今日まで、私たちは、お客様各位のご支援によりまして、電熱線ならびに帯の製造販売に専念して参りました。お陰様にて、現在、私達の製品は家電、抵抗機器その他の分野の重要部品として内外で広くご使用いただいております。

今日まで永年にわたり、私たちは日夜、製品品質の改善向上、社員教育、ならびに設備の新鋭化を実施して参りました。

それによりまして、1997年にISO 9001、2006年にISO 14001をそれぞれ取得することができました。
私たちは、「よい製品で、社会に貢献」の経営理念のもとに、お客様の高度のご要望にお応えすべく、今後とも一層の研鑽を重ねて参ります。

どうぞ末永くお引き立てを賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

●Greetings

SILVER KOHKI CO., Ltd. was founded on April 1st, 1971 in Tokyo Japan.

Since being established, we have mainly engaged in manufacturing and providing high quality wires and rolled wires for electrical heating.

Our success over the years has come greatly in due to our customer's kindful advice and patronage. Currently our products are widely used in domestic appliances, heat resisting industries.

We have made great efforts for many years in improving the product's qualities, employee education, and renewing outdated equipments.

In 1997, we were awarded with ISO 9001, and in 2006 we were awarded with ISO 14001 to authorize our factory.

As our company slogan "Contributing to Society with advanced products" we will continue to make advancements to meet our customer's high quality demands.

We are hoping for your continued favour.

●目次 Contents

●ご挨拶	Greetings	P.1
●取得認証	Certificate of registration	P.1
●種類と特色	Class and Characteristics	2
●化学成分	Chemical compositions	3
●物理的性質 機械的性質	Physical and Mechanical properties	3
●線の直径と導体抵抗・長さ・質量	Diameter, Conductor resistance, Length and Weight of wires	4,5
●帯の寸法と導体抵抗・長さ・質量	Size, Conductor resistance, Length and Weight of rolled wires	6,7
●ボビン規格と標準質量	Bobbin specification and Capacity	8
●ボビン製品の取扱上の注意事項	Some advice on handling a bobbin	8
●直径・温度・電流 表	Table relating to Diameter, Temperature and Current	9
●温度と抵抗増加係数の関係 他	Relations between Temperature and Coefficient of resistance and others	10
●耐食性	Resistant to corrosion	11
●使用環境と推薦材料	A guidance on selection of recommendable class	11
●発熱体の設計	Design on heating elements	12,13
●電熱線の取扱い方 注意事項	Some technical advice in designing heating elements	14,15
●使用温度と寿命	Operating temperature and Service life	16
●直径と最高使用温度	Diameter and Maximum operating temperature	16
●オームの法則	Ohm's law	17
●各種換算表	Miscellaneous conversion factors	17
●ワイヤゲージ換算表	Wire gauge size equivalents	18
●製品及びボビン写真	Photos of products and bobbins	19
●設備写真	Photos of equipments	20
●当社製品の用途例	Some applications of SILVER products	21

本社社屋（シルバービル）

Head office



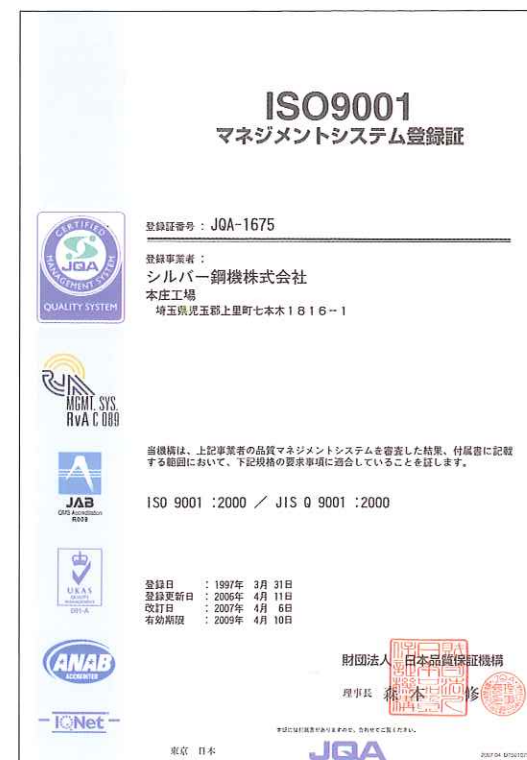
本庄工場（正面）

Honjo factory



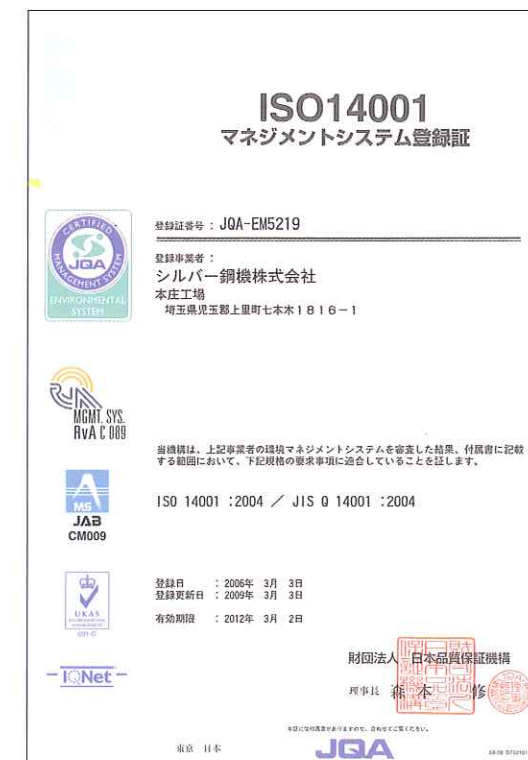
ISO 9001

弊社本庄工場は1997年に ISO 9001を取得しました。
Our Honjo factory was certified with ISO 9001 in 1997.



ISO 14001

弊社本庄工場は2006年に ISO 14001を取得しました。
Our Honjo factory was certified with ISO 14001 in 2006.



種類と特色 Class and Characteristics

表1 Table 1

記号 Symbol	種類 Class	JIS C 2520 記号 JIS C 2520 Symbol	表示色 Colour marking	最高使用温度 (3mmφ発熱体での表面温度) ℃ Max.operating temp.(surface temp.of 3mm φ)	特色及び使用上の参考事項 Properties and informative reference on usage
SILVER No.1	電熱用ニッケルクロム 線 1種 Nickel chromium wire for electrical heating Class 1	NCHW1	黄 Yellow	約1150 Approx.1150	耐酸化性と高温強度に優れる。硫化性ガス 中と、高温多湿の還元性雰囲気での使用 は避けることが望ましい。加工性は、高 温加熱後も劣化しない。冷間加工性は良 好。高温発熱体として広く適する。
	電熱用ニッケルクロム 帯 1種 Nickel chromium rolled wire for electrical heating Class 1	NCHRW1			Superior in non-oxidizing property and high temperature strength ; preferably not to be used in sulfiding gas, or in reducing atmosphere at high temperature and humidity. Workability does not deteriorate after high temperature heating. Cold working property is good. Widely usable in high temperature heating elements.
SILVER No.2	電熱用ニッケルクロム 線 2種 Nickel chromium wire for electrical heating Class 2	NCHW2	赤 Red	約1000 Approx.1000	SILVER No.1 に比べて耐酸化性並びに高 温強度がやや劣る。1000℃以下の発熱体 に適している。
	電熱用ニッケルクロム 帯 2種 Nickel chromium rolled wire for electrical heating Class 2	NCHRW2			Non-oxidizing property and high temperature strength slightly inferior to SILVER No.1 Suitable for heating elements at 1000℃ and under.
SILVER No.3 No.30	電熱用鉄クロム 線 1種 Iron chromium wire for electrical heating Class 1	FCHW1	緑 Green	No.3 約1250 Approx.1250 No.30 約1300 Approx.1300	特に高温度での使用を目的としたもので、 耐酸化性は良好であるが、SILVER No.1 やSILVER No.2 に比べて高温強度が小さ いので注意が必要である。冷間加工困難 なものでは温間加工(100-300℃)をする場 合がある。しかし、高温使用後の加工は 避けることが望ましい。 なお、SILVER No.30は、特殊溶解法と 有効元素添加により寿命値の向上を図っ たものである。
	電熱用鉄クロム 帯 1種 Iron chromium rolled wire for electrical heating Class 1	FCHRW1			Especially intended for use at high temperature; superior in non-oxidizing property but high temperature strength small compared with Nickel chromium heating wire and rolled wire, which is to be noted. The difficult cold working often necessitates hot (100-300℃) working. SILVER No.30 is intended for elevated life value by special melting method and adding some useful elements.
SILVER No.4	電熱用鉄クロム 線 2種 Iron chromium wire for electrical heating Class 2	FCHW2	青 Blue	約1100 Approx.1100	冷間加工はSILVER No.3 やSILVER No.30 より容易である。 また、高温強度はこれらの種類とはほぼ同 じである。なお、高温使用後の加工には 適さない。1100℃以下の高温発熱体とし て広く採用されている。
	電熱用鉄クロム 帯 2種 Iron chromium rolled wire for electrical heating Class 2	FCHRW2			Cold working easier than SILVER No.3 and SILVER No.30. High temprature strength nealy equals to these Classes. Preferable to avoid working after high temperature use. Suitable for heating elements at 1100℃ and under.

化学成分 Chemical compositions

表2 Table 2 (%)

記号 Symbol	Ni	Cr	Al	C	Si	Mn	Fe	備考 Note
SILVER No.1	77以上 min.	19～21	—	0.15以下 max.	0.75～1.6	2.5以下 max.	1.0以下 max.	
SILVER No.2	57以上 min.	15～18	—	0.15以下 max.	0.75～1.6	1.5以下 max.	残部 Remainder	
SILVER No.3	—	23～26	4～6	0.10以下 max.	1.5以下 max.	1.0以下 max.	残部 Remainder	
SILVER No.30	—	23～26	4～6	0.10以下 max.	1.5以下 max.	1.0以下 max.	残部 Remainder	特殊元素添加 Special useful elements added
SILVER No.4	—	17～21	2～4	0.10以下 max.	1.5以下 max.	1.0以下 max.	残部 Remainder	

物理的性質 機械的性質 Physical and Mechanical properties

表3 Table 3

記号 Symbol	焼鈍温度 Annealing temperature	伸び Elongation	体積抵抗率 Resistivity	密度 Density	融点 Melting temperature	比熱 Specific heat	熱膨脹係数 Temperature coefficient of expansion		寿命値 (回) JIS C 2520準拠
	℃	%	μΩ・m	g/cm ³	℃	cal/g/℃	×10 ⁻⁶ /℃		Life value (cycle) on JIS C 2520
							20～750℃	20～1000℃	
SILVER No.1	950～1050	20以上 min.	1.08 ±0.05	8.41	1400	0.104	17	18	I 法 1200℃ 300 回以上 I type,1200℃ 300 min.
SILVER No.2	950～1050	20以上 min.	1.12 ±0.05	8.25	1390	0.108	16.5	17	I 法 1200℃ 200 回以上 I type,1200℃ 200 min.
SILVER No.3	750～850	10以上 min.	1.42 ±0.06	7.20	1520	0.110	13	14	U 法 1300℃ 100 回以上 U type,1300℃ 100 min.
SILVER No.30	750～850	10以上 min.	1.42 ±0.06	7.20	1520	0.110	13	14	U 法 1300℃ 300 回以上 U type,1300℃ 300 min.
SILVER No.4	750～850	10以上 min.	1.23 ±0.06	7.35	1500	0.110	12.5	13.5	U 法 1300℃ 70回以上 U type,1300℃ 70 min.

線の直径と導体抵抗・長さ・質量

Diameter, Conductor resistance, Length and Weight of wires 表4-1 Table 4-1

直径 Diameter	許容差 Tolerance		SILVER No.1 (NCHW1)			SILVER No.2 (NCHW2)		
	直径 許容差 Diameter tolerance	導体抵抗 許容差 Conductor resistance tolerance	導体抵抗 Conductor resistance	長さ Length	質量 Weight	導体抵抗 Conductor resistance	長さ Length	質量 Weight
	mm ±mm	± %	Ω/m	m/kg	g/m	Ω/m	m/kg	g/m
0.040	0.004	13	859	94625	0.0106	891	96450	0.0104
0.050	0.004	12	550	60560	0.0165	570	61728	0.0162
0.060	0.004	12	382	42056	0.0238	396	42867	0.0233
0.070	0.004	11	281	30898	0.0324	291	31494	0.0318
0.080	0.005	10	215	23656	0.0423	223	24113	0.0415
0.090	0.005	10	170	18691	0.0535	176	19052	0.0525
0.100	0.006	9	138	15140	0.0661	143	15432	0.0648
0.110	0.006	9	114	12512	0.0799	118	12754	0.0784
0.120	0.006	9	95.5	10514	0.0951	99.0	10717	0.0933
0.130	0.006	9	81.4	8959	0.112	84.4	9131	0.110
0.140	0.008	8	70.2	7724	0.129	72.8	7873	0.127
0.150	0.008	8	61.1	6729	0.149	63.4	6859	0.146
0.160	0.008	8	53.7	5914	0.169	55.7	6028	0.166
0.180	0.008	8	42.4	4673	0.214	44.0	4763	0.210
0.200	0.010	8	34.4	3785	0.264	35.7	3858	0.259
0.230	0.010	8	26.0	2862	0.349	27.0	2917	0.343
0.260	0.010	8	20.3	2240	0.446	21.1	2283	0.438
0.290	0.013	7	16.3	1800	0.555	17.0	1835	0.545
0.320	0.013	7	13.4	1479	0.676	13.9	1507	0.664
0.350	0.013	7	11.2	1236	0.809	11.6	1260	0.794
0.40	0.016	7	8.59	946	1.06	8.91	965	1.04
0.45	0.016	7	6.79	748	1.34	7.04	762	1.31
0.50	0.016	7	5.50	606	1.65	5.70	617	1.62
0.55	0.016	7	4.55	500	2.00	4.71	510	1.96
0.60	0.020	6	3.82	421	2.38	3.96	429	2.33
0.65	0.020	6	3.25	358	2.79	3.38	365	2.74
0.70	0.020	6	2.81	309	3.24	2.91	315	3.18
0.75	0.020	6	2.44	269	3.72	2.54	274	3.65
0.80	0.020	6	2.15	237	4.23	2.23	241	4.15
0.85	0.025	6	1.90	210	4.77	1.97	214	4.68
0.90	0.025	6	1.70	187	5.35	1.76	191	5.25
1.00	0.025	6	1.38	151	6.61	1.43	154	6.48
1.10	0.025	6	1.14	125	7.99	1.18	128	7.84
1.20	0.025	6	0.955	105	9.51	0.990	107	9.33
1.30	0.032	5	0.814	89.6	11.2	0.844	91.3	11.0
1.40	0.032	5	0.702	77.2	12.9	0.728	78.7	12.7
1.50	0.032	5	0.611	67.3	14.9	0.634	68.6	14.6
1.60	0.032	5	0.537	59.1	16.9	0.557	60.3	16.6
1.80	0.040	5	0.424	46.7	21.4	0.440	47.6	21.0
2.00	0.040	5	0.344	37.9	26.4	0.357	38.6	25.9
2.30	0.040	5	0.260	28.6	34.9	0.270	29.2	34.3
2.60	0.040	5	0.203	22.4	44.6	0.211	22.8	43.8
2.90	0.050	5	0.163	18.0	55.5	0.170	18.3	54.5
3.20	0.050	5	0.134	14.8	67.6	0.139	15.1	66.4
3.50	0.050	5	0.112	12.4	80.9	0.116	12.6	79.4
4.00	0.063	5	0.0859	9.46	106	0.0891	9.65	104
4.50	0.063	5	0.0679	7.48	134	0.0704	7.62	131
5.00	0.063	5	0.0550	6.06	165	0.0570	6.17	162
5.50	0.063	5	0.0455	5.00	200	0.0471	5.10	196
6.00	0.080	5	0.0382	4.21	238	0.0396	4.29	233
6.50	0.080	5	0.0325	3.58	279	0.0338	3.65	274
7.00	0.080	5	0.0281	3.09	324	0.0291	3.15	318
8.00	0.080	5	0.0215	2.37	423	0.0223	2.41	415

備考 (1) 表4-1、表4-2以外の直径のものも製作致します。
Note Diameters other than those listed in Tables 4-1 and 4-2 will be furnished upon your inquiry.

(2) 表4-1、表4-2以外の線の直径許容差と導体抵抗許容差は、その直径に最も近くて細い直径の許容差を適用します。
Diameter tolerance and conductor resistance tolerance of wires other than those listed in the Tables 4-1 and 4-2 should be applied to those of the diameter just lighter than itself.

線の直径と導体抵抗・長さ・質量

Diameter, Conductor resistance, Length and Weight of wires 表4-2 Table 4-2

直径 Diameter	許容差 Tolerance		SILVER No.3, No.30 (FCHW1)			SILVER No.4 (FCHW2)		
	直径 許容差 Diameter tolerance	導体抵抗許 容差 Conductor resistance tolerance	導体抵抗 Conductor resistance	長さ Length	質量 Weight	導体抵抗 Conductor resistance	長さ Length	質量 Weight
	mm ±mm	± %	Ω/m	m/kg	g/m	Ω/m	m/kg	g/m
0.040	0.004	13	1130	110519	0.0090	979	108263	0.0092
0.050	0.004	12	723	70732	0.0141	626	69288	0.0144
0.060	0.004	12	502	49119	0.0204	435	48117	0.0208
0.070	0.004	11	369	36088	0.0277	320	35351	0.0283
0.080	0.005	10	283	27630	0.0362	245	27066	0.0369
0.090	0.005	10	223	21831	0.0458	193	21385	0.0468
0.100	0.006	9	181	17683	0.0566	157	17322	0.0577
0.110	0.006	9	149	14614	0.0684	129	14316	0.0699
0.120	0.006	9	126	12280	0.0814	109	12029	0.0831
0.130	0.006	9	107.0	10463	0.0956	92.7	10250	0.0976
0.140	0.008	8	92.2	9022	0.111	79.9	8838	0.113
0.150	0.008	8	80.4	7859	0.127	69.6	7699	0.130
0.160	0.008	8	70.6	6907	0.145	61.2	6766	0.148
0.180	0.008	8	55.8	5458	0.183	48.3	5346	0.187
0.200	0.010	8	45.2	4421	0.226	39.2	4331	0.231
0.230	0.010	8	34.2	3343	0.299	29.6	3274	0.305
0.260	0.010	8	26.7	2616	0.382	23.2	2562	0.390
0.290	0.013	7	21.5	2103	0.476	18.6	2060	0.486
0.320	0.013	7	17.7	1727	0.579	15.3	1692	0.591
0.350	0.013	7	14.8	1444	0.693	12.8	1414	0.707
0.40	0.016	7	11.30	1105	0.905	9.79	1083	0.924
0.45	0.016	7	8.93	873	1.15	7.73	855	1.17
0.50	0.016	7	7.23	707	1.41	6.26	693	1.44
0.55	0.016	7	5.98	585	1.71	5.18	573	1.75
0.60	0.020	6	5.02	491	2.04	4.35	481	2.08
0.65	0.020	6	4.28	419	2.39	3.71	410	2.44
0.70	0.020	6	3.69	361	2.77	3.20	354	2.83
0.75	0.020	6	3.21	314	3.18	2.78	308	3.25
0.80	0.020	6	2.83	276	3.62	2.45	271	3.69
0.85	0.025	6	2.50	245	4.09	2.17	240	4.17
0.90	0.025	6	2.23	218	4.58	1.93	214	4.68
1.00	0.025	6	1.81	177	5.66	1.57	173	5.77
1.10	0.025	6	1.49	146	6.84	1.29	143	6.99
1.20	0.025	6	1.26	123	8.14	1.09	120	8.31
1.30	0.032	5	1.070	105	9.56	0.927	102	9.76
1.40	0.032	5	0.922	90.2	11.1	0.799	88.4	11.3
1.50	0.032	5	0.804	78.6	12.7	0.696	77.0	13.0
1.60	0.032	5	0.706	69.1	14.5	0.612	67.7	14.8
1.80	0.040	5	0.558	54.6	18.3	0.483	53.5	18.7
2.00	0.040	5	0.452	44.2	22.6	0.392	43.3	23.1
2.30	0.040	5	0.342	33.4	29.9	0.296	32.7	30.5
2.60	0.040	5	0.267	26.2	38.2	0.232	25.6	39.0
2.90	0.050	5	0.215	21.0	47.6	0.186	20.6	48.6
3.20	0.050	5	0.177	17.3	57.9	0.153	16.9	59.1
3.50	0.050	5	0.148	14.4	69.3	0.128	14.1	70.7
4.00	0.063	5	0.1130	11.1	90.5	0.0979	10.8	92.4
4.50	0.063	5	0.0893	8.73	115	0.0773	8.55	117
5.00	0.063	5	0.0723	7.07	141	0.0626	6.93	144
5.50	0.063	5	0.0598	5.85	171	0.0518	5.73	175
6.00	0.080	5	0.0502	4.91	204	0.0435	4.81	208
6.50	0.080	5	0.0428	4.19	239	0.0371	4.10	244
7.00	0.080	5	0.0369	3.61	277	0.0320	3.54	283
8.00	0.080	5	0.0283	2.76	362	0.0245	2.71	369

備考 : 表4-1、表4-2 以外の線の導体抵抗・長さ・質量は下記の式を用いて求めます。ただし、d は線の直径(mm)を示します。
Note : Conductor resistance, length and weight of wires other than those listed in the Tables 4-1 and 4-2 can be calculated using the following equations. Herein, 「d」 is a diameter (mm) of wire.

種類 Class	導体抵抗(Ω/m) Conductor resistance	長さ(m/kg) Length	質量(g/m) Weight
SILVER NO.1	$1.375 \div d^2$	$151.40 \div d^2$	$6.605 \times d^2$
SILVER NO.2	$1.426 \div d^2$	$154.32 \div d^2$	$6.480 \times d^2$
SILVER NO.3, No.30	$1.808 \div d^2$	$176.83 \div d^2$	$5.655 \times d^2$
SILVER No.4	$1.566 \div d^2$	$173.22 \div d^2$	$5.773 \times d^2$

Size, Conductor resistance, Length and Weight of rolled wires 表5-1 Table 5-1

備考 (1) 帯の断面係数は、幅10mm未満は0.96、幅10mm以上は0.98とします。これらの係数をあらかじめ織り込んで作成したものが下記
 Note に示す計算式です。ただし、aは厚さ (mm)、bは幅 (mm) を示します。また、幅が10mm以上の場合は () 内の数値を適用します。
 Coefficient of cross-sectional area of the rolled wires shall be 0.96 for those width is under 10mm, 0.98 for 10mm and over. These
 coefficients are already calculated in the following equations for your convenience. Herein, 「a」 is a thickness (mm), and 「b」 is a width
 (mm) of rolled wires. Figures in parenthesis should be applied to rolled wires whose width is 10mm and over.

表5-2 Table 5-2

備考 (1) 表5-1、表5-2 の帯の導体抵抗許容差は下記の通りとします。
Note Conductor resistance tolerances for rolled wires of sizes listed in the Tables 5-1 and Tables 5-2 should be applied to the following percent.

参考 : JIS は日本工業規格(JIS C 2520)を示します。
reference JIS means Japanese Industrial Standard (JIS C 2520).

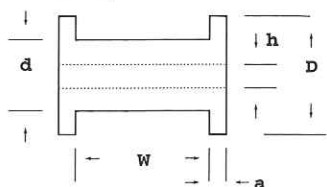
ボビン規格と標準質量 Bobbin specification and Capacity

表6 Table 6

写真 No.	ボビン規格 Bobbin specification							巻き取る製品の寸法と質量 Size and net weight of wires or rolled wires wound on bobbin				梱包 Packing 個/ Carton bobbin/ Carton
	ボビン名称 Type of Bobbin	つば径 (D) Flange diameter mm	胴径 (d) Barrel diameter mm	内幅 (W) Traverse length mm	つば厚 (a) Flange thickness mm	軸孔径 (h) Hole diameter mm	質量 tare g	線 Wires	帯 Rolled wires		標準質量 capacity kg/bobbin	
								直径 mm Diameter	厚さ mm Thickness	幅 mm Width		
①	φ 54	100	65	40	4	54	75 ± 5	—	0.06 ~ 0.18	1.20 以下	0.8	24
②	P-3R	130	80	90	10	20	250 ± 5	0.04 ~ 0.40	0.05 ~ 0.25	0.9 ~ 1.8	3.0	6
③	P-5R	160	90	90	12	20	390 ± 5	0.04 ~ 1.00	0.10 ~ 0.35	1.5 ~ 5.0	5.0	4
④	DIN 63	63	40	49	7	11	40 ± 3	0.025 ~ 0.089	0.03 ~ 0.05	0.3 ~ 0.6	0.3	20
⑤	DIN 80	80	50	64	8	16	70 ± 2	0.04 ~ 0.119	0.03 ~ 0.10	0.5 ~ 0.7	0.5	20
⑥	DIN 100	100	63	80	10	16	125 ± 3	0.04 ~ 0.199	0.05 ~ 0.18	0.5 ~ 1.2	1.0	12
⑦	P-1	100	50	70	10	16	102 ± 3	—	—	—	1.0	12
⑧	P-3	130	60	90	10	20	170 ± 5	0.20 ~ 0.40	—	—	3.0	6
⑨	P-5	160	70	90	12	20	300 ± 5	0.41 ~ 1.00	—	—	5.0	4
⑩	P-10	200	90	110	12	25	500 ± 20	0.35 ~ 1.00	0.16 ~ 0.35	1.6 ~ 5.0	10.0	2
⑪	P-15	250	110	110	15	30	890 ± 15	0.40 ~ 1.30	0.16 ~ 0.35	1.6 ~ 5.0	15.0	1
⑫	P-30	300	130	130	15	30	1300 ± 30	0.50 ~ 1.30	0.16 ~ 0.35	1.6 ~ 5.0	30.0	1
⑬	Al-3K	130	80	90	10	20	1220および1240	0.04 ~ 0.05	—	—	3.0	4
⑭	Al-175	75	40	40	5	20・31.1	175 ± 3	0.04 ~ 0.06	—	—	0.5	20
⑮	Al-650	125	82	63	6	53.3・70	650 ± 3	0.04 ~ 0.06	—	—	1.5	8

- 備考 Note
- (1) 左端の番号は19頁の写真番号を示します。
Encircled numbers on the left side shows the photo No. on P.19.
- (2) ボビンの材質は合成樹脂 (P) とアルミ (Al) の2種類です。
Bobbin is made of plastics (P) or aluminium (Al).
- (3) 標準質量に対する許容差は±10%です。
Tolerance for capacity is ±10%.
- (4) DINはドイツ連邦規格を示します。
DIN means Deutsche Industrie-Normen (German Industrial Standards).

- (5) ボビンの寸法を示す記号は次図の通りです。
Letters of bobbin spec.shown above are as follows.



ボビン製品の取扱上の注意事項 Some advice on handling a bobbin

弊社では細心の注意を払って製造しておりますが、お客様各位でも特に下記の点に注意を払って取り扱ってください。
Wires and rolled wires are carefully manufactured and packed in our firm. At the same time however, we hope our customers will also pay full precautions on the following advice.

- (1) 巻き緩みやもつれ防止のために運搬中、使用中は丁寧に取り扱いして下さい。
Your careful handling and using so as not to be loosened or tangled is most appreciative.
- (2) カートン（梱包箱）を保管場所におく場合や移動する時は、常に印刷文字を上向きに置いて下さい。
Cartons always should be placed with printed- letters upwardly.
- (3) ボビンから線や帯を取出したり使用したりする時は、必ずボビンの胴を水平にした状態で行って下さい。
Wires or rolled wires should be always drawn and used from bobbin of which barrel is horizontally set.
- (4) 堅い作業台の上に製品を直接置かないようにして下さい。
Please do not put the products on the hard table directly
- (5) 線や帯は、耐食性の優れた金属ではありますが、酸化性の環境によっては腐食することがありますので注意が必要です。
特に細線や細帯の場合にはこれが顕著に現れ、そして錆の発生につながります。特に使い残しボビンでの損傷や錆を防ぐためには、再びラッピングをしておくことや、倉庫に保管する際は再び梱包箱に入れるなどの対策が必要です。
Although the wires or rolled wires are highly resistant to corrosion, precaution should be taken because they are apt to oxidize due to some acid circumstances, particularly to fine wires or rolled wires. This is easily going to generate rust. Especially in order to prevent the damage or rust from unused wires on bobbins, it is recommended they should be re-wrapped or re-packed before returned to storage.
- (6) なるべく早い時期でのご使用をお願いします（できれば半年以内）。
We hope your early usage (within half a year, if possible).

直径・温度・電流 表 Table relating to Diameter, Temperature and Current

SILVER No.1の場合

In case of SILVER No.1

アンペア Ampere

表7 Table 7

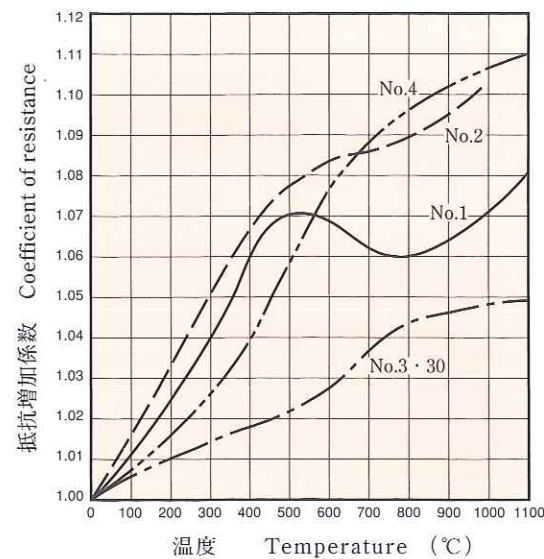
温度 Temp. ℃	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
直径 Dia. mm										
0.10	0.28	0.37	0.45	0.52	0.59	0.68	0.78	0.88	0.98	1.07
0.11	0.31	0.42	0.50	0.58	0.67	0.77	0.88	1.00	1.10	1.20
0.12	0.35	0.46	0.56	0.64	0.74	0.86	1.00	1.10	1.23	1.35
0.13	0.38	0.50	0.61	0.71	0.82	0.95	1.09	1.22	1.38	1.50
0.14	0.42	0.55	0.67	0.78	0.90	1.05	1.20	1.34	1.50	1.65
0.15	0.45	0.59	0.73	0.84	0.98	1.12	1.30	1.46	1.63	1.80
0.16	0.49	0.64	0.79	0.91	1.06	1.23	1.40	1.60	1.79	1.98
0.18	0.56	0.74	0.92	1.06	1.25	1.42	1.62	1.85	2.0	2.3
0.20	0.64	0.84	1.05	1.21	1.42	1.63	1.85	2.1	2.4	2.6
0.23	0.76	1.00	1.25	1.45	1.70	1.90	2.2	2.5	2.8	3.2
0.26	0.88	1.13	1.45	1.70	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7
0.29	1.00	1.30	1.65	1.90	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3
0.32	1.13	1.45	1.86	2.2	2.6	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9
0.35	1.26	1.60	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.3	4.8	5.5
0.40	1.50	1.92	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.2	5.9	6.7
0.45	1.75	2.3	2.9	3.3	4.0	4.6	5.2	5.9	6.7	7.6
0.50	2.0	2.6	3.4	3.8	4.6	5.3	6.3	7.1	8.2	9.2
0.55	2.3	2.9	3.8	4.3	5.2	6.0	7.0	8.0	9.2	10.5
0.60	2.5	3.2	4.2	4.8	5.8	6.8	7.8	9.0	10.3	12.0
0.65	2.8	3.6	4.7	5.4	6.5	7.5	8.7	10.0	11.6	13.2
0.70	3.0	3.9	5.1	5.9	7.1	8.3	9.7	11.0	12.9	14.7
0.75	3.3	4.3	5.6	6.5	7.8	9.0	10.7	12.4	14.0	16.0
0.80	3.5	4.7	6.1	7.0	8.5	10.0	11.8	13.5	15.5	17.5
0.85	3.9	5.1	6.6	7.7	9.3	10.8	12.8	14.8	17.0	19.3
0.90	4.1	5.5	7.1	8.2	10.0	11.8	14.0	16.0	18.2	21
1.0	4.7	6.1	8.0	9.4	11.5	13.5	15.5	17.5	20	23
1.1	5.2	7.0	9.0	10.8	13.0	15.4	18.2	21	24	27
1.2	5.9	7.8	10.5	11.8	14.0	16.1	20	23	27	31
1.3	6.4	8.7	11.3	13.3	16.2	19.0	23	26	30	35
1.4	7.0	9.5	12.5	14.6	18.0	21	26	29	34	39
1.5	7.6	10.4	13.6	16.0	19.5	23	28	32	37	42
1.6	8.2	11.3	15.0	17.5	21	26	31	35	41	46
1.8	9.7	13.2	17.3	21	25	30	33	42	48	55
2.0	11.0	15.0	20	24	29	35	41	49	56	64
2.3	13.2	18.1	24	29	35	42	52	60	69	79
2.6	15.5	22	28	34	42	50	62	72	83	93
2.9	18.8	26	34	40	49	59	72	84	98	111
3.2	22	30	39	46	57	68	83	98	114	130
3.5	25	34	44	53	66	78	96	113	130	150
4.0	31	42	54	65	80	94	113	133	159	180
4.5	36	50	64	77	94	115	140	160	190	215
5.0	43	59	75	90	112	135	164	190	220	250
5.5	49	69	97	105	130	155	190	220	255	290
6.0	56	78	98	119	147	175	210	250	290	325
6.5	63	88	112	135	165	198	242	282	325	365
7.0	71	99	125	150	180	220	270	315	360	410
8.0	86	120	150	183	225	270	325	380	440	500

- 備考 Note
- (1) 表7の電流値は、直線状の線を空气中に水平に張った場合の数値です。
Currents listed in the Table 7 shows that of straightened wires horizontally tensioned in air.
- (2) 電流値の使い方は14頁を参照下さい。
How to use the current figures listed above is on pagp 14.
- (3) 表7のSILVER No.1の数値を、それ以外の種類の線の値に換算する場合は、下記の換算係数を乗じて下さい。
To convert the SILVER No. 1 value in Table 7 to those of other classes, multiply by the appropriate conversion factor shown below.

種類 Class	換算係数 Conversion factor
SILVER No.2	0.96
SILVER No.3, No.30	0.87
SILVER No.4	0.93

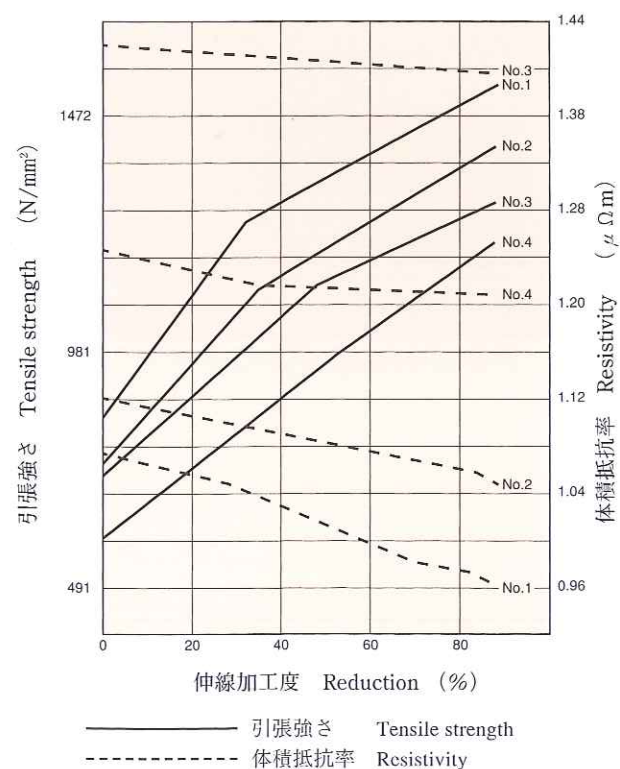
温度と抵抗増加係数の関係 Relations between Temperature and Coefficient of resistance

図1 Chart 1



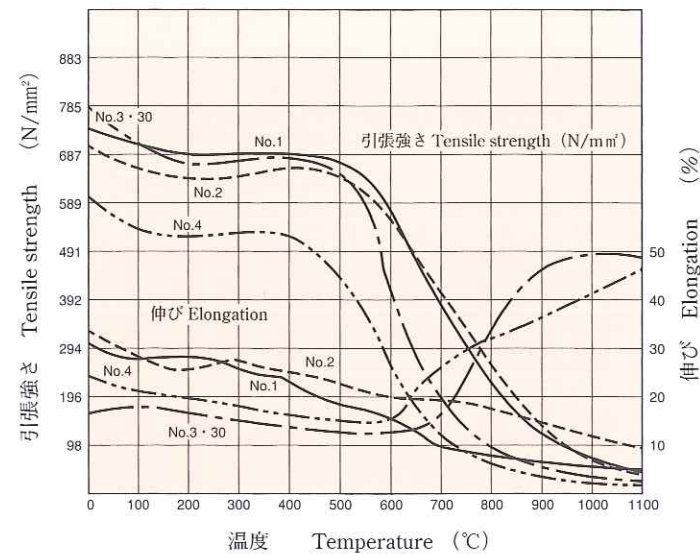
伸線加工による 引張強さ・体積抵抗率の変化 Changes in tensile strength and Resistivity by cold drawing

図3 Chart 3



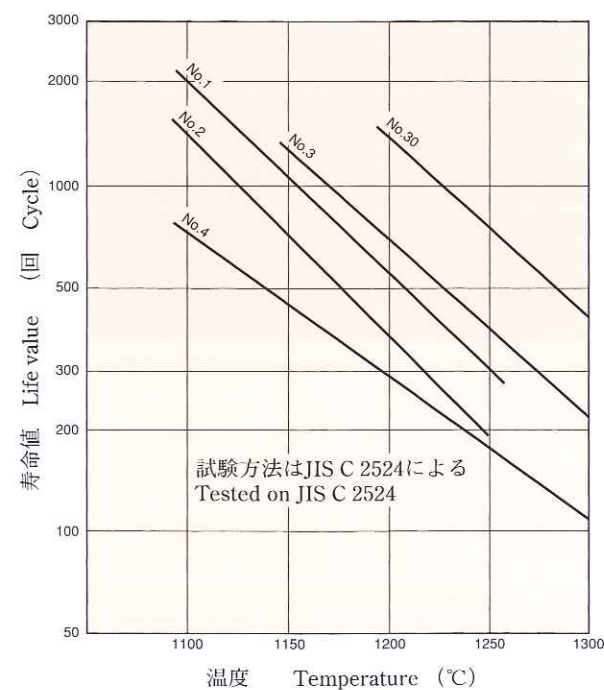
温度と機械的性質の関係 Relations between Temperature and Mechanical properties

図2 Chart 2



温度と寿命値の関係 Relations between Temperature and Life value

図4 Chart 4



耐食性

Resistant to corrosion

表8 Table 8

試料の処理状態 Treatment of test piece	サイクル Cycle	1000回 実施後 After 1000 cycles tested		60回 実施後 After 60 cycles tested		
		SILVER No.1	SILVER No.2	SILVER No.3 No.30	SILVER No.4	SUS 304
直径1mmの光輝焼鈍品 Bright annealed wire of 1 mm in diameter		A	B	C	C	B
同上品を320番研磨したもの Test piece which was treated with #320 emery paper polishing on above wire		A	B	C	C	B

注 Remarks	(1) 試験方法 Testing method	Dip & Dry 法(試料を下記の試験液に2秒間浸漬後引き上げて100秒間乾燥する。これを繰り返す) Dip & Dry method (After dipping in the testing solution stated below for 2 seconds, the test piece is pulled up and dried in air for 100 seconds. This cycle is repeated.)				
	(2) 試験液 Testing solution	Na ₂ SO ₃ 0.5g Na ₂ S ₂ O ₃ 0.2g Na ₂ SO ₄ 1.0g NaCl 105g	H ₂ O 1050cc PH 9.3 液温 42℃ 乾温 42℃			
(3) 評価 Grading	A	錆は認められない	Excellent	(No rust is observed on the surface of test piece)		
	B	僅かな錆がある	Good	(A little and slight rust is observed)		
	C	錆が認められる	Poor	(A rust is clearly observed)		

使用環境と推薦材料

A guidance on selection of recommendable class

表9 Table 9

適用種類 recommendable Class	SILVER No.1	SILVER No.2	SILVER No.3	SILVER No.30	SILVER No.4
使われる場所または環境 Place or circumstance used					
家電機器用として用いる場合 As a heater for domestic appliance.	○	○	○	○	○
1200℃以上の高温で用いる場合 When used at 1200℃ and over	△	×	○	○	×
断続通電の著しい場合 When intermittent heating operations is considerable.	○	○	△	△	△
外応力を受けた状態で使用する場合 When used under the outer stress.	○	□	△	△	△
外応力を受けない連続通電の場合 When used in continuous heating under no outer stress.	○	○	○	○	○
475℃付近で用いる場合 When used at about 475℃	○	○	□	□	□
一般抵抗線として用いる場合 For the purpose of electrical resistant for general use.	○	○	○	○	○
窒素ガス中で用いる場合 When used in atmosphere of nitrogen gas.	○	□	△	△	△
水素ガス中で用いる場合 When used in atmosphere of hydrogen gas.	○	□	△	△	△
炭化水素ガス中で用いる場合 When used in atmosphere of hydrocarbonized gas.	○	△	△	△	△
一酸化炭素、二酸化炭素中で用いる場合 When used in atmosphere of carbon monoxide gas or carbon dioxide gas.	○	□	□	□	□
硫化水素ガス、亜硫酸ガス中で用いる場合 When used in atmosphere of sulphurated hydrogen gas, sulphurous acid gas.	×	×	○	○	○
分解アンモニアガス中で用いる場合 When used in atmosphere of dissociated Ammonia gas.	○	○	△	△	△
真空中で用いる場合 When used in a vacuum.	○	○	△	△	△

備考: ○ 優れている □ 普通 △ 劣る × 望ましくない
Note: Excellent Standard Poor Not recommendable

発熱体の設計

オームの法則

発熱体を設計する場合の基本計算式として次のオームの法則が非常に重要です。

$$\begin{aligned}\text{電圧} E (\text{ボルト}) &= \text{電流} I (\text{アンペア}) \times \text{抵抗} R (\text{オーム}) \\ \text{電力} P (\text{ワット}) &= \text{電圧} E (\text{ボルト}) \times \text{電流} I (\text{アンペア})\end{aligned}$$

いま、SILVER No.30の0.65mmφを用いて、100V、500Wの電熱器（開放型、電熱線温度800℃）を作る場合の電熱線の必要長さLは、オームの法則と表4-2、図1を用いて次のように求められます。

$$\text{電熱器の電流} I = 500/100 = 5\text{A}$$

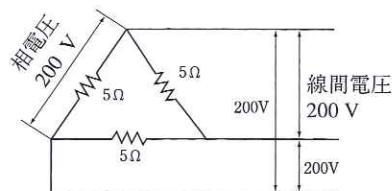
$$\text{電熱器の抵抗} R = 100/5 = 20\Omega \quad (800^\circ\text{Cでの必要抵抗})$$

次に、電熱線の常温での導体抵抗をrとすれば、表4-2よりr=4.28Ω/mです。また、800℃での抵抗増加係数をkとすれば図1よりk≒1.043ですので、必要長さLは、次のようになります。

$$L = \frac{R}{r \times k} = \frac{20\Omega}{4.28\Omega/\text{m} \times 1.043} = 4.48\text{m}$$

デルタ(Δ)結線と電力容量

5Ωの抵抗を次のようにデルタ結線にした場合、相電圧＝線間電圧＝200Vとなります。



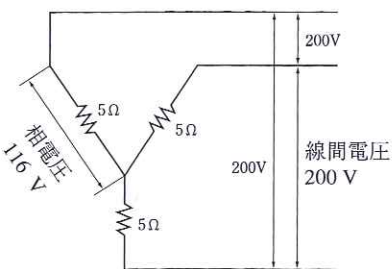
したがって、1相分電力Pは、

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{200^2}{5} = 8000\text{W} = 8\text{kW}$$

よって、3相分の合計電力は、8kW×3=24kWとなります。

スター(Y)結線と電力容量

5Ωの抵抗を次のように入れた場合、相電圧＝線間電圧÷√3=200V÷√3=116Vになります。



したがって、1相分電力Pは、

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{116^2}{5} = 2690\text{W} = 2.69\text{kW}$$

よって、3相分の合計電力は2.69kW×3=8kWとなります。

注：スター結線での電力はデルタ結線の場合の1/3になります。

Design on heating elements

Ohm's law

In order to make the basic calculation for the design of heating elements, the following formula, known as Ohm's law, is of quite importance.

$$\text{Voltage } E (\text{volt}) = \text{Current } I (\text{ampere}) \times \text{Resistance } R (\text{ohm})$$

$$\text{Power } P (\text{watt}) = \text{Voltage } E (\text{volt}) \times \text{Current } I (\text{ampere})$$

Therefore, when you design a 100V-800W heater (open type and its heater temperature is 800℃) using 0.65mmφ wires of SILVER No.30, the required length of wire is calculated using Ohm's law, Table 4-2 and Chart 1.

$$\text{Heater's current } I = 500/100 = 5\text{A}$$

$$\text{Heater's resistance } R = 100/5 = 20\Omega \quad (\text{required resistance at } 800^\circ\text{C})$$

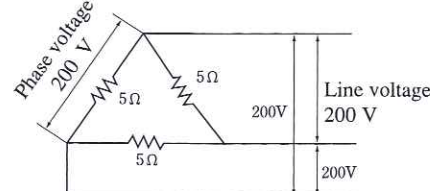
Next, you can find that wire resistance per meter at room temperature (r) is 4.28Ω/m from Table 4-2, coefficient of resistance at 800℃ (k) is about 1.043 from Chart 1.

Thus, the required length L can be calculated as follows.

$$L = \frac{R}{r \times k} = \frac{20\Omega}{4.28\Omega/\text{m} \times 1.043} = 4.48\text{m}$$

Delta(Δ) connection and power

When connecting 3 resistors each with 5 Ohm's as delta (Δ) connection, phase voltage=line voltage=200V.



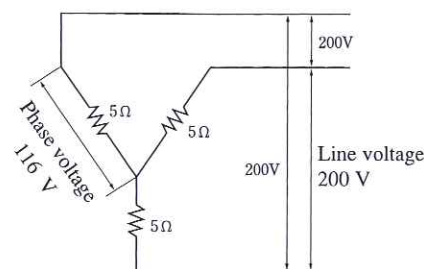
Therefore, the power for 1 phase (P) is as follows.

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{200^2}{5} = 8000\text{W} = 8\text{kW}$$

Thus, total power of 3 phases is ; 8kW × 3 = 24kW.

Star(Y) connection and power

When connecting 3 resistors each with 5 Ohms as star(Y) connection, phase voltage=line voltage÷√3=200÷√3=116V.



Therefore, the power for 1 phase (P) is as follows.

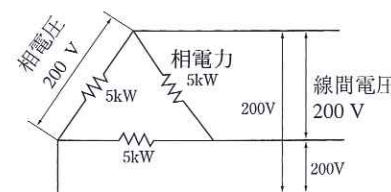
$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{116^2}{5} = 2690\text{W} = 2.69\text{kW}$$

Thus, total power of 3 phases is ; 2.69kW × 3 = 8kW.

Remarks : Power of Star connection is a third of that of Delta connection.

必要長さの計算

線間電圧200Vで、1相の電力が5kWよりなる15kWの密閉式電気炉を、SILVER No.1の2.6mmφを用いて製作するとして、必要な電熱線の長さを求めます。ただし、デルタ結線とし、使用時の電熱線温度を1100℃とします。



(計算)

$$\text{相電流} = \frac{\text{相電力}}{\text{相電圧}} = \frac{5000\text{W}}{200\text{V}} = 25\text{A}$$

$$\text{相抵抗} = \frac{\text{相電圧}}{\text{相電流}} = \frac{200\text{V}}{25\text{A}} = 8\Omega \quad (1100^\circ\text{Cでの必要抵抗})$$

次に、この電熱線の常温での導体抵抗をrとすれば、表4-1より、r=0.203Ω/mです。また、1100℃での抵抗増加係数をkとすれば、図1よりk≒1.08です。

したがって、必要長さ(5kWに必要な長さ)Lは次のようになります。

$$L = \frac{R}{r \times k} = \frac{8\Omega}{0.203\Omega/\text{m} \times 1.08} = 36.5\text{m}$$

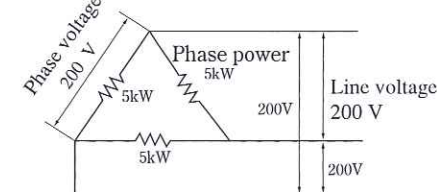
注：(1) この電気炉をスイッチの切り替えによってスター結線にすれば1相分電力は5kW÷3=1.67kWになります。

(2) この電気炉の表面電力密度は次のように求められます。

$$\begin{aligned}\text{表面電力密度} &= \frac{\text{電力 (W)}}{\text{発熱体の表面積 (cm}^2\text{)}} \\ &= \frac{5000\text{W}}{91.06\text{cm}^2/\text{m} \times 36.5\text{m}} = 1.5\text{W/cm}^2\end{aligned}$$

Calculation of wire length

When fabricating a 15kW closed type electric furnace with each 5kW power, 200V line voltage and delta connection, the required length of wire is calculated as follows. In this case, the temperature of element is 1100℃.



(Calculation)

$$\text{Phase current} = \frac{\text{Phase power}}{\text{Phase voltage}} = \frac{5000\text{W}}{200\text{V}} = 25\text{A}$$

$$\text{Phase resistance} = \frac{\text{Phase voltage}}{\text{Phase current}} = \frac{200\text{V}}{25\text{A}} = 8\Omega \quad (\text{required resistance at } 1100^\circ\text{C})$$

And next, you can find that the wire resistance per meter at room temperature (r) is 0.203Ω/m from Table 4-1, coefficient of resistance at 1100℃ (k) is about 1.08 from Chart 1.

Thus, the required length L (for 1 phase of 5kW) can be calculated as follows.

$$L = \frac{R}{r \times k} = \frac{8\Omega}{0.203\Omega/\text{m} \times 1.08} = 36.5\text{m}$$

Note : (1) When switched to Star connection, power for 1 phase is; 5kW÷3=1.67kW

(2) Watts density of this furnace can be calculated as follows.

$$\begin{aligned}\text{Watts density} &= \frac{\text{Power (W)}}{\text{Surface area of element (cm}^2\text{)}} \\ &= \frac{5000\text{W}}{91.06\text{cm}^2/\text{m} \times 36.5\text{m}} = 1.5\text{W/cm}^2\end{aligned}$$

電熱線の取扱い方 注意事項

1.種類の選定

電熱線はその種類により、種々の特長を有していますから、使用条件に適した種類を選ぶことが最も重要です。

2.直径の選定

電熱線の耐久性を良くするためには、電熱線の表面電力密度をなるべく小さくすることが必要です。

電熱線の温度が900℃以上になる場合には、電熱線の断面積がなるべく大きくなるように、電圧ならびに結線方法を決めて下さい。所定電力、電圧より電流が決定したら、炉内温度その他を考慮に入れ、温度電流表（表7）を参考に、適当な発熱体の直径を決定することができます。通常の密閉式電気炉の場合、炉温と電流値、直径の関係は、およそ表10のようになります。

表10

炉温(℃)	適用電流値と直径
800～1000	表7で、500℃前後の電流値に相当する直径を選定します。
900～1100	表7で、400℃前後の電流値に相当する直径を選定します。
1000～1200	表7で、300℃前後の電流値に相当する直径を選定します。

表面電力密度の値からの線の直径を決定する場合には、密閉式電気炉では1～5W/cm²、開放型電気炉で6～15W/cm²の値に相当する直径を選択します。

3.スパイラルの形状

丸線は通常スパイラル状に巻いて使用します。この場合、スパイラルの内径は線の直径の10倍以下、スパイラルのピッチは線の直径の2倍から3倍が適当です。

4.端子の材質

端子の材質には特に注意してください。一般的にはニッケルめっきした鉄や、真鍮が使われます。しかし真鍮は約150℃以上に加熱されると、真鍮の中の合金成分である亜鉛の酸化を招き、絶縁被膜を形成して接触不良を起こすことがあります。端子材として最も理想的で推薦できる材質は、耐熱性と耐食性のあるオーステナイト系ステンレス鋼です。

5.端子棒の断面積

端子部は過熱によりよく問題を起こすところです。端子棒の断面積は発熱体の断面積の3倍以上とれば問題ありません。

Some technical advice in designing heating elements

1.Selection of suitable class

Electrical heating wires or rolled wires have their own characteristics depending on their classes, and the most important thing for users is how to select suitable class in operating conditions.

2.Selection of wire diameter

To prolong the service life of electrical heating wire, watts density should be reduced to a extent as small as possible. When the element temperature is more than 900℃, line voltage and type of line connnection should be selected so that the sectional area of wire becomes as large as possible.

By given powers (W) and voltage (V), currents (A) can be calculated. Thus, the proper wire diameter is determined using the Table 7. For the closed type electric furnaces, furnace temperature, amperes and wire diameters are shown in Table 10.

Table 10

Furnace temperature ℃	Applicable amperes and wire diameter
800～1000	Select wire diameter corresponding to amperes at about 500℃ on Table 7.
900～1100	Select wire diameter corresponding to amperes at about 400℃ on Table 7.
1000～1200	Select wire diameter corresponding to amperes at about 300℃ on Table 7.

When wire diameter is determined by watt density, select the wire diameter corresponding to the density of 1～5W/cm² for a closed type electric furnace, and 6～15W/cm² for an open type.

3.Shape of spiral

Generally speaking, wire is used in a shape of spiral. In this case, inner diameter of spirals should be less than 10 times the wire diameter, and the pitch of them should be kept to 2～3 times the wire diameter.

4.Materials of terminals

Attention should be paid to the material of terminals. In general, terminals made from brass or nickel-plated iron are available. But brass will cause the zinc (a chemical component of brass) to oxidize and form an insulating film when heated at more than approx. 150℃. This may happen to lose electric contact. As a material for terminals, austenitic stainless steel is the most satisfactory and recommendable ones due to its good resistant properties to heat and corrosion.

5.Sectional area of terminal

Terminals frequently cause malfunction from overheating. Accordingly, sectional area of terminal rod is successfully recommended about 3 times larger than that of element.

6.接続方法

発熱体を設計する場合には、発熱体と電源リード部との接続方法が大変重要です。弊社での長い経験では、家庭用電熱機器のトラブルの約50％は接合部またはその近傍で発生しています。接合方法には、ねじ止め、圧着端子止め、ボルト締め、スポット溶接、鉢づけなどがあります。いずれの方法であっても、接合は機械的あるいは冶金学的に完全であることが重要です。接合部が緩んでいたりすると、接触不良を起こして異常発熱や酸化などよいいなトラブルの原因になります。

7.取付け

発熱体を取りつける場合は、発生した熱を放射させてやることに特に重要です。このため、発熱体を耐火物の溝などのスペースに取りつける場合は、溝のスペースに十分な容積をとり、熱の放散をよくして発熱体の膨張収縮を吸収できるように取りつけて下さい。

8.抵抗温度係数

図1に示す抵抗温度係数は化学成分や直径で変わります。このため、実際の完成品で得られた出力を測って、結果を修正してください。

9.低温脆性

主として2mm以上の線が常温以下に置かれた時に見られる脆性で、冷間加工が困難です。しかし、150～200℃に加熱すれば、加工作業が容易にできます。

10. 475℃脆性

400～550℃の温度範囲で長時間使用したものは、常温では、金属の組織にほとんど変化がないにもかかわらず、脆くなっています。これを475℃脆性と称します。しかし、この脆性は、約600℃に再加熱後急冷すれば消失します。

11. 高温脆性

約1100℃以上の高温使用時に発生した粗大な結晶のために常温では韌性がなくなり脆くなる現象です。一旦発生した粗大な結晶粒は、熱処理で正常に回復させることは出来ません。

(注)
上記の低温脆性、475℃脆性、高温脆性はSILVER No.3, No.30, No.4などのFe-Cr-AI系合金にのみ見られる現象で、SILVER No.1, No.2などのNi-Cr系合金には発生しません。また、475℃脆性と高温脆性は高温の使用状態から常温に冷却された時に見られる現象です。したがって、使用中（高温時）は何ら問題ありません。

12. 加工性

SILVER No.1、No.2などのNi-Cr系合金は、常温での加工は容易です。しかし、これらNi-Cr系合金に比較し、シルバーNo.3、No.30などのFe-Cr系合金は、加工がやや困難です。このため、特に冬期に、直径3mm以上のFe-Cr系合金のスパイラル加工や液付加工を行う場合は、線の温度を150～200℃に加熱して行うと容易に出来ます。

6. Jointing

In designing heating elements, how to joint the element and lead of power source is of most improtance. Our long experience tells that about 50% of all troublesome related to the domestic heating appliances is on the joints itself or in the vicinity of the joint. Screwed, pressed, bolted, spotwelded or brazed joints are available in designing a connecting method. But whatever method you should choose, mechanically and/or metallurgically sound jointing is the key point. Loosend joint if happened is easily apt to malfunction of electric contact, resulting unnecessary troublesome such as irregular heat generating or oxidation.

7. Setting

When setting a heating element,dissipation of generated heat is of quite importance. Therefore, when setting it in a space such as groove of refractories, adequate space should be kept for better dissipation of generated heat and to afford expansion/contraction of heating element.

8. Coefficient of Resistance with temperature

Coefficient of resistance with temperature shown on Chart 1 varies depending on their chemical compositions or diameters. Therefore, wattage modifications applying the result derived from the actual device is important.

9. Low temperature brittleness

This is a phenomenon of brittleness observed when wires of 2mm in diameter or over were exposed under approx. 5℃. For this reason, cold workability is a little difficult. But, by warming it up to 150～200℃, working operations can be easily done.

10. 475℃Brittleness

This is a phenomenon of brittleness at room temperature after exposed to 400～550℃ for a long time, though they have not any metallic structure's change.This is called to be 475℃ brittleness. But this metallurgical fault can be removed with rapid cooling after reheating it to about 600℃.

11. Elevated temperature brittleness

This phenomenon is that of brittleness observed at room temperature from the result of coarse grains which was grown when elevated at about 1100℃ and over. If once happened, these coarse grains can not be restored to normal by heat treatment.

(Remarks)
Low temperature brittleness, 475℃ brittleness and elevated temperature brittleness mentioned above are the phenomena observed only to Fe-Cr-AI alloys such as SILVER No.3, No.30 and No.4 They have nothing to do with Ni-Cr alloys such as SILVER No.1 and No.2. Still more, 475℃ brittleness and elevated temperature brittleness are the phenomena observed when it was cooled to room temperature from elevated operating temperature. And nothing apprehensive is in operating temperature.

12. Workability

Nickel Chromium alloys such as SILVER No.1 or No.2 can be easily worked at room temperature. But,as compared with these alloys,the working of Ferrous Chromium alloys such as SILVER No.3 or No.30 is a little difficult. And threfore, especially in winter season, the spiralling work or corrugating work of Ferrous Chromium alloys those of 3mm in diameter and over, can be successfully done by warming it to about 150～200℃.

使用温度と寿命

発熱体の使用温度と商業寿命との相関については、発熱体の使われる環境や機器の仕様が多岐にわたっているため、一概に推定することはできません。
このため、日本での電熱線の寿命評価は、外国での場合と同様に断続通電法の一定条件下で実施される JIS C2524 に準拠した加速酸化試験が行われます。
なお、一般論としては、発熱体の寿命は、断続通電の場合の方が連続通電の場合より寿命は短くなります。

この理由は、連続通電の場合に比し、断続通電の方が発熱体の保護被膜の剥離が早くて激しいからです。
当社での長い経験によれば、断続通電の場合と連続通電の場合の凡その寿命比は表11のとおりです。

表11 寿命比 (参考)

種 類	比	
	断続通電の場合	連続通電の場合
Ni-Cr系	1	1.5～2.0
Fe-Cr系	1	3.0～4.0

直径と最高使用温度

参考までに、発熱体の直径と最高使用温度との概略の関係を、表12に示します。
直径が細くなればなるほど、最高使用温度も低下します。
表12は、大気中で、機器に組み込まれた状態での発熱体の寿命を1000時間とした場合に、取りうる最高使用温度です。
しかしこれは需要家各位の期待寿命を保証するものではありません。

表12 発熱体の種類・直径・最高使用温度 (参考) (℃)

種類 \ 直径mm	0.1 ～0.2	0.3 ～0.5	0.6 ～1.0	1.2 ～2.9	3.0 以上
SILVER No.1	850	950	1050	1100	1150
SILVER No.2	700	800	900	950	1000
SILVER No.3	900	1000	1100	1200	1250
SILVER No.30	950	1050	1150	1250	1300
SILVER No.4	750	850	950	1050	1100

Operating temperature and Service life

The clear correlations between operating temperature and service life of elements can not be briefly estimated because atmospheres used or device's specification varies case by case. Therefore in Japan, as like to abroad, an accelarated oxidation test is carried out on JIS C 2524 which is tested under settled conditions of intermittent heating.
Generally speaking, the life of element in intermittent heating operation is shorter than that of continuous heating operation.

The reason is why the scaling out of element' protective film in intermittent heating is faster and severer as comparaed with the case of continuous heating.
Our long experience is telling the ratio of life value between the intermittent heating and continuous heating is as Tabel 11.

Table 11 The ratio of life value (Reference)

Class	Ratio	
	Intermittent heating	Continuous heating
Ni-Cr series	1	1.5～2.0
Fe-Cr series	1	3.0～4.0

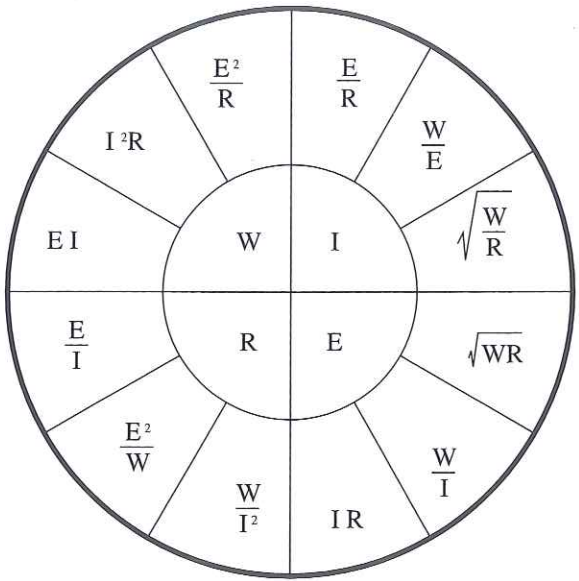
Diameter and maximum operating temperature

For reference to our customer's, rough relations between diameter of element and its maximum operating temperature is shown on Table 12. Thinner the diameter of wire, lower the maximum operating temperature.
Table 12 shows the maximum operating temperature when the service life of elements fabricated in device is supposed to be about 1000 hours in open air.
However, this does not mean the guarantee of our customer's expectant service life of elements.

Table 12 Class, diameter and maximum operating temp. (Reference) (℃)

Class \ Dia.mm	0.1 ～0.2	0.3 ～0.5	0.6 ～1.0	1.2 ～2.9	3.0 以上
SILVER No.1	850	950	1050	1100	1150
SILVER No.2	700	800	900	950	1000
SILVER No.3	900	1000	1100	1200	1250
SILVER No.30	950	1050	1150	1250	1300
SILVER No.4	750	850	950	1050	1100

オームの法則 Ohm's law



電力、電流、抵抗、電圧は図の関係にあります。これをオームの法則といい、電熱関係技術者にとっては最も重要かつ基本となる公式です。

ここに、
W：電力 (ワット)
I：電流 (アンペア)
R：抵抗 (オーム)
E：電圧 (ボルト)

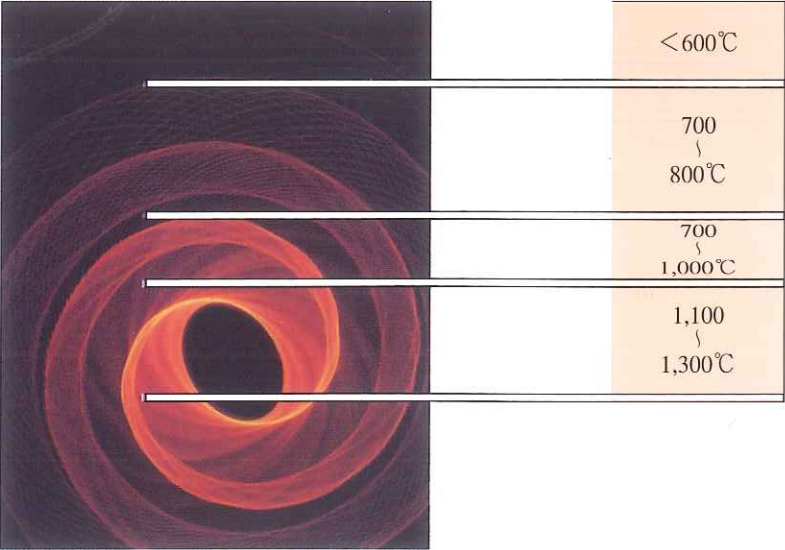
Relations between power,current,resistance and voltage shown in a circle is called Ohm's law.
This is the most important and fundamental formulas for engineers on electrical heatings.

Hercin,
W：Power (Watt)
I：Current (Ampere)
R：Resistance (Ohm)
E：Voltage (Volt)

各種換算表 Miscellaneous conversion factors

	換算前の単位 (A) To convert	掛ける係数 (B) Multiply by	換算後の単位 (A×B) Into
長さ Length	Inch	25.4	Millimeter
質量 Weight	kg	2.2046	Pound
力 Force	kgf/mm ²	9.81	N/mm ²
抵抗 Resistance	Ω/m μΩ・m μΩ・m μΩ・m	0.3048 100 601 472	Ω/foot μΩ・cm Ω cir mil ft (ohms circular mil foot) Ω sq mil ft (ohms square mil foot)
電力量 Wattage	kWh	0.86	kcal
エネルギー Energy	Joule	0.24	cal
馬力 Horse power	HP	0.75	KWH
温度 Temperature	℃	1.8	A×Bの答えに [32] を加えたものが [°F] [°F] is made up from adding <32> to the results of [A×B].

温度の目安
Color guide



ワイヤゲージ換算表 Wire gauge size equivalents

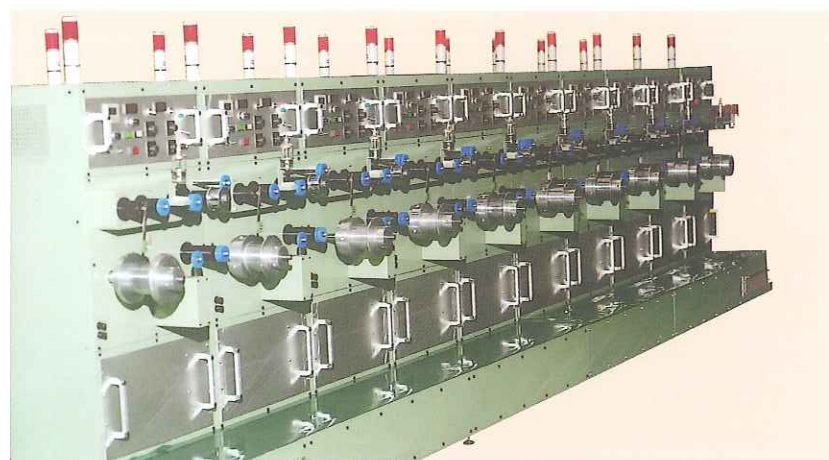
ゲージ番号	S.W.G. Standard Wire Gauge		B.G. Birmingham Gauge		B.S. Brown and Sharpe		U.S.G. United Standard Gauge		B.W.G. Birmingham Wire Gauge	
	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm
4-0	0.400	10.160	0.5416	13.76	0.4600	11.68	0.40625	10.319	0.454	11.53
3-0	0.372	9.449	0.5000	12.70	0.4096	10.40	0.3750	9.525	0.425	10.80
2-0	0.348	8.839	0.4452	11.31	0.3648	9.27	0.3437	8.730	0.380	9.65
0	0.324	8.280	0.3964	10.07	0.3249	8.25	0.3125	7.938	0.340	8.64
1	0.300	7.620	0.3532	8.971	0.2893	7.35	0.2812	7.144	0.300	7.62
2	0.276	7.010	0.3147	7.993	0.2576	6.54	0.2656	6.747	0.284	7.21
3	0.252	6.401	0.2804	7.122	0.2294	5.83	0.2500	6.350	0.259	6.58
4	0.232	5.893	0.2500	6.350	0.2043	5.19	0.2344	5.953	0.238	6.05
5	0.212	5.385	0.2225	5.652	0.1819	4.62	0.2187	5.556	0.220	5.59
6	0.192	4.877	0.1981	5.032	0.1620	4.11	0.2031	5.159	0.203	5.16
7	0.176	4.470	0.1764	4.481	0.1443	3.67	0.1875	4.762	0.180	4.57
8	0.160	4.064	0.1570	3.988	0.1285	3.26	0.1719	4.366	0.165	4.19
9	0.144	3.658	0.1398	3.551	0.1144	2.91	0.1562	3.969	0.148	3.76
10	0.128	3.251	0.1250	3.175	0.1019	2.59	0.1406	3.572	0.134	3.40
11	0.116	2.946	0.1113	2.827	0.09074	2.30	0.1250	3.175	0.120	3.05
12	0.104	2.642	0.0991	2.517	0.08081	2.05	0.1094	2.778	0.109	2.77
13	0.092	2.337	0.0882	2.240	0.07196	1.83	0.0937	2.381	0.095	2.41
14	0.080	2.032	0.0785	1.994	0.06408	1.63	0.0781	1.984	0.083	2.11
15	0.072	1.829	0.0699	1.775	0.05707	1.45	0.0703	1.786	0.072	1.83
16	0.064	1.626	0.0625	1.588	0.05082	1.29	0.0625	1.588	0.065	1.65
17	0.056	1.422	0.0556	1.412	0.04526	1.15	0.0562	1.429	0.058	1.47
18	0.048	1.219	0.0495	1.257	0.04030	1.02	0.0500	1.270	0.049	1.24
19	0.040	1.016	0.0440	1.118	0.03589	0.91	0.0437	1.111	0.042	1.07
20	0.036	0.914	0.0392	0.9957	0.03196	0.812	0.0375	0.952	0.035	0.89
21	0.032	0.813	0.0349	0.8865	0.02846	0.723	0.0344	0.873	0.032	0.81
22	0.028	0.711	0.03125	0.7938	0.02535	0.644	0.03125	0.794	0.028	0.71
23	0.024	0.610	0.02782	0.7066	0.02257	0.573	0.0281	0.714	0.025	0.64
24	0.022	0.559	0.02476	0.6289	0.02010	0.511	0.0250	0.635	0.022	0.56
25	0.020	0.508	0.02204	0.5598	0.01790	0.455	0.0219	0.556	0.020	0.51
26	0.018	0.457	0.01961	0.4981	0.01594	0.405	0.0188	0.476	0.018	0.46
27	0.0164	0.4166	0.01745	0.4432	0.01420	0.361	0.0172	0.437	0.016	0.41
28	0.0148	0.3759	0.015625	0.3969	0.01264	0.321	0.0156	0.397	0.014	0.36
29	0.0136	0.3454	0.0139	0.3531	0.01126	0.286	0.0141	0.357	0.013	0.33
30	0.0124	0.3150	0.0123	0.3124	0.01003	0.255	0.0125	0.318	0.012	0.30
31	0.0116	0.2946	0.0110	0.2794	0.008928	0.227	0.0109	0.278	0.010	0.25
32	0.0108	0.2743	0.0098	0.2489	0.007950	0.202	0.0102	0.258	0.009	0.23
33	0.0100	0.2540	0.0087	0.2210	0.007080	0.180	0.0094	0.238	0.008	0.20
34	0.0092	0.2337	0.0077	0.1956	0.006304	0.160	0.0086	0.218	0.007	0.18
35	0.0084	0.2134	0.0069	0.1753	0.005615	0.143	0.0078	0.198	0.005	0.13
36	0.0076	0.1930	0.0061	0.1549	0.005000	0.127	0.0070	0.179	0.004	0.10
37	0.0068	0.1727	0.0054	0.1372	0.004453	0.113	0.00664	0.169	—	—
38	0.0060	0.1524	0.0048	0.1219	0.003965	0.101	0.00625	0.159	—	—
39	0.0052	0.1321	0.0043	0.1092	0.003531	0.090	—	—	—	—
40	0.0048	0.1219	0.00386	0.09804	0.003145	0.080	—	—	—	—
41	0.0044	0.1118	0.00343	0.08712	—	—	—	—	—	—
42	0.0040	0.1016	0.00306	0.07772	—	—	—	—	—	—
43	0.0036	0.0914	0.00272	0.06909	—	—	—	—	—	—
44	0.0032	0.0813	0.00242	0.06147	—	—	—	—	—	—
45	0.0028	0.0711	0.00215	0.05461	—	—	—	—	—	—
46	0.0024	0.0610	0.00192	0.04877	—	—	—	—	—	—
47	0.0020	0.0508	0.00170	0.04318	—	—	—	—	—	—
48	0.0016	0.0406	0.00152	0.03861	—	—	—	—	—	—
49	0.0012	0.0305	0.00135	0.03429	—	—	—	—	—	—
50	0.0010	0.0254	0.00120	0.03048	—	—	—	—	—	—



備考 Note
ボビンの規格は8頁を参照願います。
Refer to P.8 about the bobbin specification, please.



4スタンドタンデム圧延機 Rolling mill with 4 stands in tandem



極細線用20頭式巻取機 Take-up machine with 20 heads for super fine wire



引張試験機 Tensile tester

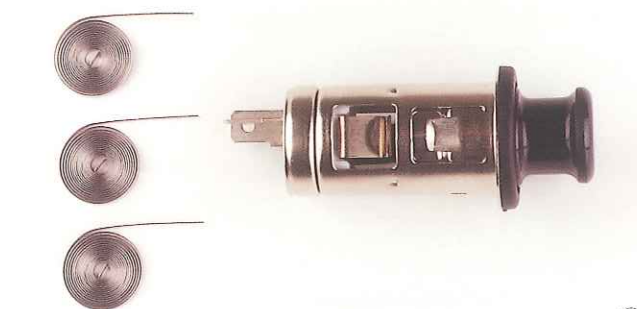


寿命試験機 Life tester



小型電気炉 Electric furnace for testing

当社製品の用途例 Some applications of SILVER products



①



②



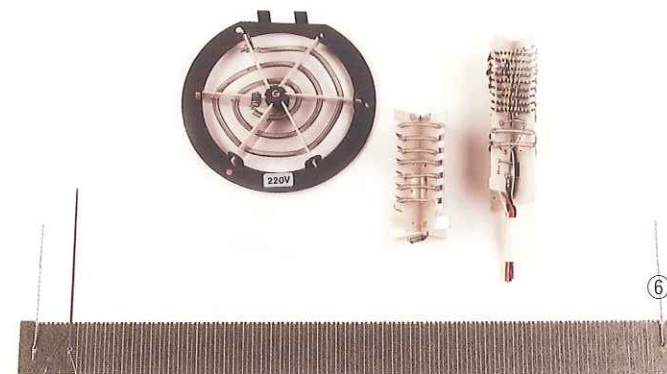
③



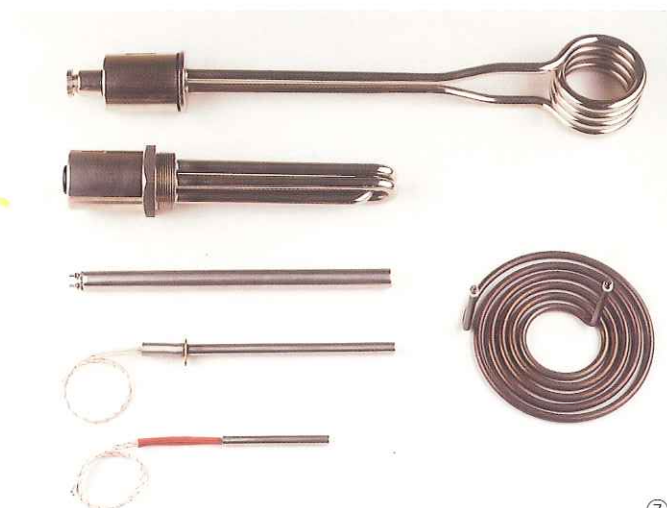
④



⑤



⑥



⑦

- | | |
|------------------|---|
| ① シガレットライター | Cigarette lighter |
| ② 自動車エンジン用高圧ケーブル | High tension cord for auto engine |
| ③ 石油ファンヒーター用部品 | Parts for kerosene fan heater |
| ④ テレビ用電子銃 | Electron gun for TV |
| ⑤ 家電製品用発熱体 | Heating elements for domestic appliance |
| ⑥ 家電製品用発熱体 | Heating elements for domestic appliance |
| ⑦ 産業機器用シースヒーター | Sheathed heaters for domestic appliance |

SILVER is our brand name

弊社は、製品品質の良さと技術サービスでご好評をいただいております日本の代表的電熱線・帯の製造販売会社です。

このカタログには、弊社の電熱線および帯の特性と若干の発熱体計算方法について述べてあります。

このカタログの利用方法や、また、弊社製品を使用して設計される時にご不明な点がございましたら、どうぞ弊社担当者までご連絡くださいますようお願い申し上げます。

SILVER KOHKI CO., Ltd. is a recognized leader in the field of manufacturing/providing wires and rolled wires for electrical heating in Japan. We have been known for our quality of products and services.

This catalogue provides informations on the properties of wires and rolled wires for electrical heating supplied by SILVER KOHKI CO., LTD. and some instructions for designing heating elements.

If you need any assistance with this catalogue, or an explanation as to the many ways in which SILVER products can be used to meet your demands, don't hesitate to call us as our staff is waiting to assist you.

よい製品で社会に貢献

Contributing to society
with advanced products

シルバー鋼機株式会社

本社

〒140-0014

東京都品川区大井1-42-2 シルバービル

Tel 03-3773-9481

Fax 03-3773-9491

E-mail info@silverkohki.co.jp

H-page <http://www.silverkohki.co.jp>

本庄工場

〒369-0306

埼玉県児玉郡上里町七本木1816-1

営業品目

電熱線・帯、ステンレス鋼線・帯、
ニッケル線・帯

SILVER KOHKI CO.,LTD.

Head office

〒140-0014

Silver bldg., 42-2, Ohi 1-Chome, Shinagawa-ku,
Tokyo 140-0014, Japan

Tel 03-3773-9481

Fax 03-3773-9491

E-mail info@silverkohki.co.jp

H-page <http://www.silverkohki.co.jp>

Honjo factory

〒369-0306

Shichihongi 1816-1, Kamisato-machi,
Kodama-gun, Saitama-ken 369-0306, Japan

Business

Wires and rolled wires for electrical heating,
Stainless steel wires and ribbons, Nickel wires
and ribbons.

代理店 Sales Agency