

## 1. 産業用抵抗器の用途

当社は、世界第一級の性能の産業用抵抗器のメーカーです。産業用という意味は、たとえば、多量生産されるTVセット、PC、携帯電話、デジタルカメラなどの消費財としての電子機器の内部に実装される抵抗器ではなく、電子機器に実装される高性能ICの製造工程で使用されるICテスト、ICの製造設備、電子機器に実装されるボードを試験するボードテスト、移動体通信網の固定送受信局、またそれらを開発するための電子測定器に使用される生産財としての抵抗器です。さらに、発電設備、変電設備、空調送風設備、上下水道設備、モータ制御などの産業用機械、工作機械、CTC、ATCなどの交通制御システムなどに中量使用される抵抗器です。産業用抵抗器に求められる性能は、精度と安定性が高く、長寿命であることはもちろん、故障率が低く、当然のことですが、部品のトレーサビリティが確保されていること、環境対策が施されていることが、強く要求されます。

## 2. 抵抗値の単位と範囲

抵抗器の抵抗値の単位はオームです。最小の抵抗値は、概略0.1 ミリオーム、最大の抵抗値は 100G オーム、当社の抵抗器では 0.1 ミリオームから 10M オームの範囲です。

## 3. 抵抗値の精度、抵抗値許容差

抵抗器は工業生産品ですから、その値はばらつきがみられます。そのばらつきの範囲を%表示して、この抵抗器は、±0.1%の範囲にあることを保証する、というような表現をします。ニッコームの抵抗値の精度は、精度レベルの高いものでは、0.01%です。しかしながら、抵抗値が仮に 1000 オームの場合の±0.01%ということは、抵抗値が 999.9 オームから 1000.1 オームの範囲にあるということで、安定生産、安定供給することが容易です。一方、1 ミリオームの抵抗器の±0.01%では、抵抗値の範囲が、9.9999 ミリオームから 1.0001 ミリオーム、すなわち、0.1 マイクロオームを計測し制御する必要があるため、現在の技術では安定供給が困難になります。このような理由で、保証する抵抗値精度は、その抵抗値によって変化する傾向があります。

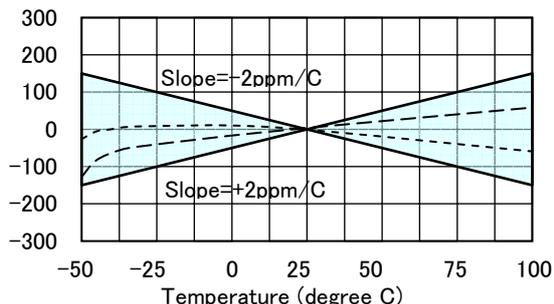
さらに、つぎに述べる抵抗温度係数が、精度を決める重要な要素です。

## 4. 抵抗値の精度、抵抗温度係数

抵抗器の材料は、金属であって、金属電気伝導を利用しますから、抵抗値は抵抗体の温度、抵抗器の周囲の温度によって変化する傾向があります。すなわち、1000 オーム±0.000 オームの超精密抵抗器の周囲温度を変化させれば、その抵抗値は 1000 オームからずれを生じます。温度が1℃変化したときの抵抗値のずれを比率で表すと、精密抵抗器の場合には、たとえば、0.0001%/℃あるいは 1ppm/℃という温度係数を示します。

抵抗値許容差も抵抗温度係数も比率の表現を使用しますが、一般的には、表記する数値の桁数を減らして誤りを防止する目的で、抵抗値許容差を%で、抵抗温度係数をppmでそれぞれ表現します。

Linear Resistance Change (ppm) of Thin-film



## 5. 抵抗値精度と抵抗温度係数との関係

抵抗値許容差と抵抗温度係数は無関係ではありません。なぜならば、電子機器の精度を確保するために温度シミュレーションによってワーストケースデザインを行い、抵抗値の精度を決めるわけですから。電子機器の設計温度範囲を、たとえば、常温 25℃を中心にして-25℃から+75℃とした場合、±50℃の変化があるわけですから、表に示すように、回路の精度を±0.02%にする場合は、抵抗値許容差を±0.01%、抵抗温度係数を±2ppm/Kとしてバランスをさせることが、効率的です。

要求精度	±0.02%	
抵抗値許容差分	±0.01%	
抵抗温度係数	±2ppm/°C	
温度依存性誤差分	±100ppm=±0.01%	-50°C,+50°C
累積誤差	0.01%+0.01%=0.02%	

表 1. -25℃から+75℃の動作温度範囲における誤差配分

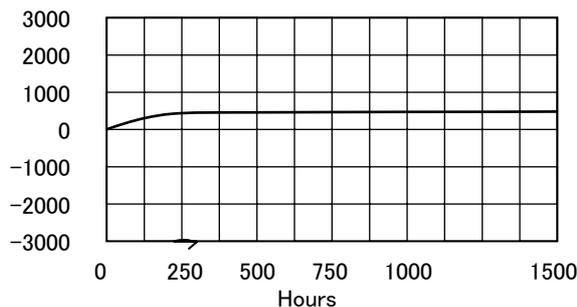
要求精度	抵抗値許容差	抵抗温度係数
±0.02%	±0.01%(X)	±2ppm/°C(Q)
±0.2%	±0.1%(B)	±25ppm/°C(E)
±2%	±1%(F)	±100ppm/°C(A)

表 2. -25℃から+75℃の動作温度範囲における組み合わせ

## 6. 長期安定性

精密抵抗器の抵抗値は、放置あるいは通電中にわずかながら変化(増加)する傾向があります。この変化が前記の要求精度を超えることを避けなければなりません。抵抗器は、この安定性性能を示すために、自然放置(年間)、負荷寿命(1000時間)、耐湿性(1000時間)、PCT(100時間)などの試験結果をデータブックに示しています。よくコントロールされた超精密薄膜抵抗器では、自然放置で 35ppm/年間程度の特性を有します。

Resistance Change (ppm)



## 7. 発熱と定格電力

抵抗値Rの抵抗器に電流Iを流すとジュール損P(W)の熱を発生します。

$$P = I^2 R \quad (W)$$

この熱は、主として、抵抗器の端子を通じて伝導と、抵抗器表面からの空気の対流・輻射によって、電子機器内の空気を暖め、抵抗器の温度は平衡状態に達します。

抵抗器では、通電電力を次第に増加させたときの抵抗器の温度上昇(常温を減算し、温度上昇分を表記することが多い)をデータブックに示しています。通常は、温度上昇曲線は、内部の抵抗体材料の温度を示す場合と、抵抗器表面の温度を示す場合があって、データを観察する場合はどちらの温度を示しているかを確認する必要があります。ニッコームのスルーホール端子付の抵抗器、メタルクラッド抵抗器などでは、温度上昇曲線は、カーブを描き、TO220抵抗器のように、

熱伝導で放熱する形式の抵抗器では、直線的な温度上昇を示します。この温度上昇の曲線から、抵抗器の定格電力、負荷軽減曲線が決定されています。

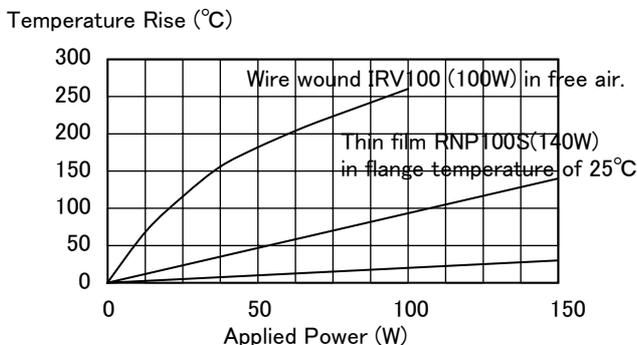


図3. 温度上昇曲線

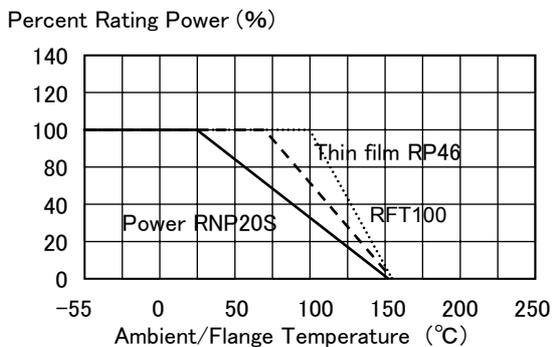


図4. 負荷軽減曲線

図4に示す負荷軽減曲線は、電子機器の設計上、抵抗器の周囲温度あるいはフランジ温度のような環境温度に対して、実際にどこまで電力消費を許容できるかという目安を与えるために表記するものです。また、電子部品は使用温度を低下させればそれだけ電子部品の故障率が低下する傾向がありますから、抵抗器を電力消費させて使用する場合は、高精度弱電流回路では1/4軽減、電力用抵抗器では1/2軽減というように、図4の負荷軽減曲線ぎりぎりで使用することは、発熱に対して余裕のある設計をすることが普通です。そのときにも、電力軽減という表現を使います。

図4の負荷軽減曲線は、図3の温度上昇曲線から求め、さらに安全率を乗じて決めます。TO220タイプの電力用抵抗器では、抵抗体の温度とフランジの温度上昇から、抵抗体とフランジの間の熱抵抗を求め、その熱抵抗がその抵抗器の冷却能力を現しますから、TO220等では、温度上昇曲線が、放熱設計の際の重要な要素となります。メタルクラッド巻線抵抗器、TO126、TO200、TO247抵抗器のような抵抗器は、熱伝導で冷却します。一方、RP46、RP48のような抵抗器では、表面の空気の対流で冷却します。

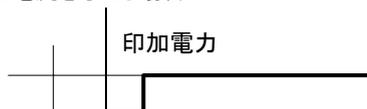
## 8. 抵抗器のインパルス使用と定格電力

抵抗器は、定格電力の範囲内で使用して、正常に長期間安定に動作します。電力用抵抗器の用途、スイッチング電源、ACモータ制御などの回路では、抵抗器にインパルス電流がながれることがほとんどです。その際、パルス電流波形の平均値、平均電力が定格電力の範囲内ならば抵抗器が正常に動作するのではないかと、この考え方で使われる場合がありますが、この考え方は避けてください。

多くの抵抗器の焼損事故は、この考え方が原因で破損しています。

抵抗器は、定格電力の範囲内、あるいはインパルスに対する耐力が大きいといわれる巻線抵抗器であっても、加わるインパルス電力の尖頭値は定格電力の5倍以内とすることが、抵抗器を安定に使用するために重要なことです。もちろん、パルス幅が1マイクロ秒以下の領域では、尖頭パルス電力が定格電力の500倍程度に十分に耐え、性能を発揮している場合もありますが、そのような用途では、設計時点で抵抗器に対する十分な事前評価を行う必要があります。

定常的なDC電流を与える場合



インパルス電流を与える場合

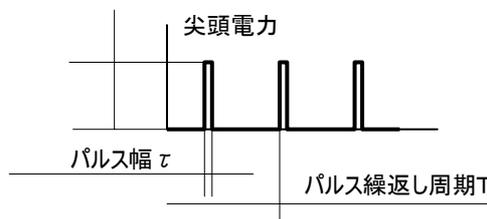


図5. 抵抗器のインパルス使用

図5にインパルス波形を示します。インパルスの場合には、平均電力 $P_a$ 、尖頭電力 $P_p$ のとき、 $P_a = P_p(\tau / T)$ ですから、 $P_a$ が抵抗器の定格電力以内ならば安全であるという誤解がありますが、抵抗器はその物質の性格上、尖頭電力で小さな破壊がはじまり、故障に至る、すなわち、定格電力を超えて使用するときには、注意する必要があります。いいかえると、抵抗器全体が加熱されて破損することもあります。インパルス回路に使用する場合は、抵抗器全体の温度が上昇せず、温度が低いま破損することがある、抵抗器を構成する抵抗体材料のごく一部が焼損して故障が始まることを留意してください。

## 9. 抵抗器のインピーダンス

抵抗器に直流電圧 $V$ を加え、直流電流 $i$ が流れる場合は、電圧と電流の関係は直線的、すなわち比例関係にあって、勾配 $R$ ですから、その電圧と電流の関係は抵抗値 $R$ で規定できます。抵抗器に与える電圧が交流の場合は、電圧 $v$ と電流 $i$ の関係は、厳密に言えば、その正弦波形の時間差、位相差が生じますから、抵抗器は実数 $R$ のみでなく、複素数のインピーダンス $Z$ で取り扱う必要があります。すなわち、電圧と電流の関係は、スカラのオームの法則ではなく、ベクトル表現になります。

抵抗器のインピーダンスは、等価回路で近似的に現象(ベクトルの電圧電流の関係)をあらわされます。等価回路は、取り扱う交流の周波数領域で、最適な回路を選定することが必要になります。

図6に示すように、商用周波数(50Hz/60Hz)では、ごく一般的な抵抗器では、インピーダンスの実数部 $R$ のみで取り扱うことができますが、周波数が増加するにしたがって、図6に示すように、RLC型の集中定数等価回路、1GHz以上では、RLCの集中定数等価回路と伝送線路のような分布定数等価回路の組み合わせで、抵抗器を表現します。

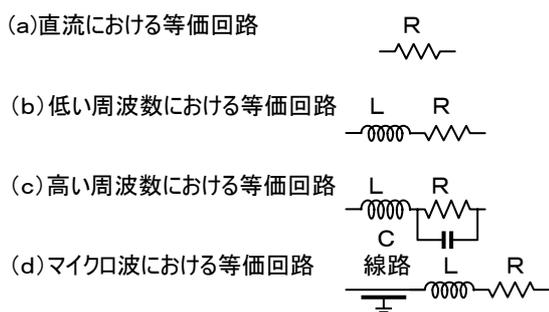


図6. 抵抗器のインピーダンス等価回路

図6の集中定数等価回路(C)におけるキャパシタンスCの値は、小型のたとえば長さ5mm以下のチップ抵抗器、あるいは当社の角板形金属皮膜抵抗器ではほとんど観測しにくい値になります。測定しにくい値というのは、0.1pF以下であるということです。Lは小型チップ抵抗器では1nH程度でありますから、等価回路は図6の(c)のRLC型を考慮することはきわめて少ないことになります。

## 10. 抵抗器の形状上の種類

### 10-1. 角型チップ抵抗器

表面から見て矩形に見える抵抗器のリード線のない抵抗器であって、抵抗器の主流です。抵抗材料によって、厚膜チップ(焼結抵抗体)、薄膜チップ(金属薄膜抵抗体)、金属板箔チップ(バルクの金属板抵抗体)などがあります。

### 10-2. アキシアルリード抵抗器

円柱形のセラミック表面に薄膜抵抗体等をスパッタし、両端に金属キャップを吻合させ、表面を塗装した抵抗器です。抵抗体は、薄膜、炭素皮膜、酸化金属膜などが使われます。

### 10-3. ラジアルリード抵抗器

角板形金属皮膜抵抗器などが該当します。

### 10-4. セメント抵抗器

セラミックケースにアキシアルリードの抵抗器をいれ、セメントで封止した電力用抵抗器です。

### 10-5. メタルクラッド抵抗器

アルミ金属ケースに、巻線抵抗器などをいれ、熱伝導のよいシリカ粉末とセメント、あるいはシリコン樹脂などでモールドした電力用の抵抗器です。

### 10-6. フランジ付抵抗器

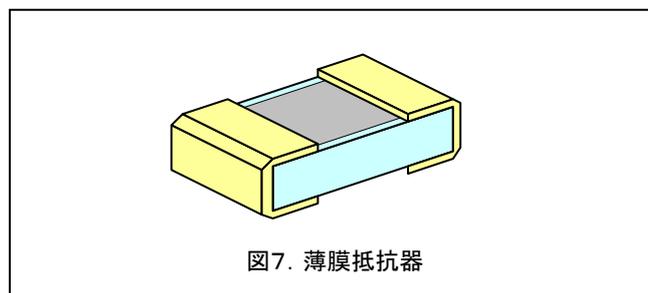
トランジスタパッケージ形状、TO126、TO220、TO247などに抵抗器を入れた形状の電力用抵抗器です。その他、ねじ止め金属板に抵抗体を溶接したさまざまな形状の電力用の抵抗器はあります。

### 10-7. 電力用抵抗器

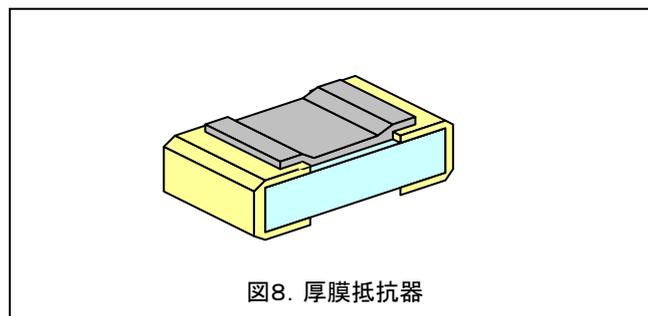
高電力抵抗器、電力用抵抗器については、定格電力がどこからか、高電力というのかは、明確な定義はありません。当社では5W以上の定格電力の抵抗器を高電力と呼びます。ただし、輸出入統計では20W以上を電力用として集計しています。

## 11. 抵抗器の構造

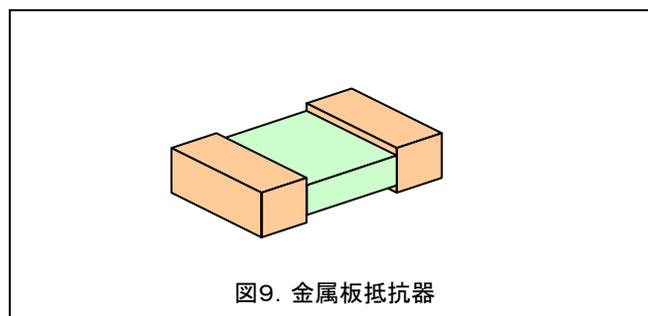
### 11-1. 薄膜抵抗器



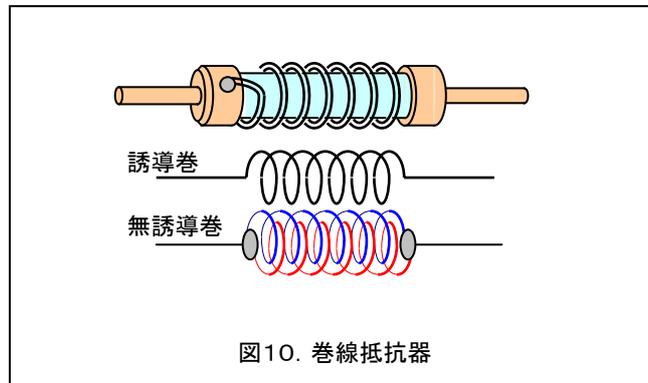
### 11-2. 厚膜抵抗器



### 11-3. 金属板抵抗器



### 11-4. 巻線抵抗器



12. 抵抗器の形名

ニッコームの製品形名は、抵抗器の種類を表わす英字2ないし4文字 & 電力あるいは寸法を表わす数値 & TCRを表わす英字 & 抵抗値 & 許容差を表わす英字 & 3桁の英数字の追加加工記号から構成されています。TCR記号、許容差記号は、つぎの表によります。許容差記号はしばしば使用されます。しかし、TCR記号をつける理由は、精密抵抗器ではTCRの値が重要であり、精密抵抗器メーカーから成長したニッコームは、電力用抵抗器であっても、高周波用抵抗器であってもTCR記号を付与する社内規定があるためです。

13. TCR記号と許容差記号

TCR記号と許容差記号はつぎの表のとおりです。

TCR 記号		許容差記号	
X	+/- 1ppm/C	T	+/-0.01%
Y	+/- 2ppm/C	Q	+0.02%
W	+/- 2.5ppm/C	A	+0.05%
Z	+/- 5ppm/C	B	+0.10%
N	+/- 10ppm/C	C	+0.25%
L	+/- 15ppm/C	D	+0.50%
E	+/- 25ppm/C	F	+1.00%
C	+/- 50ppm/C	G	+2.00%
A	+/-100ppm/C	J	+5.00%
H	+/-250ppm/C	K	+/-10.0%
		M	+/-20%

表3. TCR記号と許容差記号

14. 公称抵抗値

電子電機回路が必要とする抵抗値をすべて準備し電子部品市場に普及させることは、不経済ですから、離散的な抵抗値を公称抵抗値とすることがIECあるいはJISなど規格化団体で制定されています。当社の製作する抵抗値の範囲は、1mOhms から 10Mohms であって、10hm 以下ではE6、E12シリーズ、超精密級の抵抗器では、E24、E96シリーズの抵抗値を採用しています。もちろん、ご発注量が大きな数量の場合は、Eシリーズの値の中間の値の抵抗値を製造します。なお精密級(0.05%、0.02%、0.01%)においては卓越した性能を発揮できるよう有効数字4桁から6桁までのご指定の抵抗値を製作致します。

ニッコームの抵抗器では、IEC規格などで定めた数値ばかりではなく、2.5、5.0などを加えて、標準化しています。

E6+	E12+	E24+	
1.0	1.0	1.0	3.3
1.5	1.2	1.1	3.6
2.2	1.5	1.2	3.9
3.3	1.8	1.3	4.3
4.7	2.2	1.5	4.7
6.8	2.7	1.6	(5.0)
	3.3	1.8	5.1
	3.9	2.0	5.6
	4.7	2.2	6.2
	(5.0)	2.4	6.8
	5.6	(2.5)	7.5
	6.8	2.7	8.2
	8.2	3.0	9.1

表4. E6+, E12+, E24+シリーズ表

1.00	1.43	2.05	2.94	4.22	6.04	8.66
1.02	1.47	2.10	3.01	4.32	6.19	8.87
1.05	1.50	2.15	3.09	4.42	6.34	9.09
1.07	1.54	2.21	3.16	4.53	6.49	9.31
1.10	1.58	2.26	3.24	4.64	6.65	9.53
1.13	1.62	2.32	3.32	4.75	6.81	9.76
1.15	1.65	2.37	3.40	4.87	6.98	
1.18	1.69	2.43	3.48	4.99	7.15	
1.21	1.74	2.49	3.57	5.11	7.32	
1.24	1.78	2.55	3.65	5.23	7.50	
1.27	1.82	2.61	3.74	5.36	7.68	
1.30	1.87	2.67	3.83	5.49	7.87	
1.33	1.91	2.74	3.92	5.62	8.06	
1.37	1.96	2.80	4.02	5.76	8.25	
1.40	2.00	2.87	4.12	5.90	8.45	

表5. E96+シリーズ表

15. 製造ロット記号

製品の製造プロセスのトレーサビリティを保証するために、製品あるいは製品梱包表面に、製造年月の記号を表記してあります。一部の製品では、製造 S/N 番号でトレーサビリティを管理します。製造年月の記号は、表6の例示に示すとおりです。

製造年	製造月	製造ロット記号
2005	1月	51
2005	2月	52
2005	3月	53
2005	4月	54
2005	5月	55
2005	6月	56
2005	7月	57
2005	8月	58
2005	9月	59
2005	10月	5X
2005	11月	5Y
2005	12月	5Z

表6. 製造ロット記号の例示

16. ご挨拶、ニッコームの経営方針、技術と製品の特長

顧客志向、世界一への挑戦、人材育成を理念として、品質第一、新製品開発、工程改善を方針にかかげ会社運営しています。ニッコーム製品は、スパッタと真空蒸着による薄膜の成膜、薄膜熱処理、精密パターン形成、印刷焼成による厚膜の成膜、金属板の精密加工、レーザ加工技術などのプロセスで、斬新な世界第一級の性能の産業用抵抗器を創ります。これらの加工技術と、金属電気伝導、薄膜電気伝導、発熱と伝熱設計、熱ひずみ、高周波特性の最適化、接合熱起電力制御、精密計測などに関する学術レベルの研究と、高度な技術開発と部品設計、信頼性保証管理によってつねに斬新な高い信頼度の電子部品を提供し、社会貢献します。ニッコーム製品は、電力、発電機、交通制御、計測器、半導体製造設備、工作機械、基幹通信網など、社会基盤の分野で、すでに40年間にわたって活躍し続けています。