

アルミ電解コンデンサの上手な使い方

1. アルミ電解コンデンサの概要

1-1 アルミ電解コンデンサの構造

アルミ電解コンデンサは、Fig-1のように、素子本体（陽極アルミ箔 / 電解紙 / 陰極アルミ箔を巻いたものに、電解液を含浸させたもの）、陽極、陰極箔からそれぞれ引き出された端子、これらを封止する封口材とケースにより構成されています。

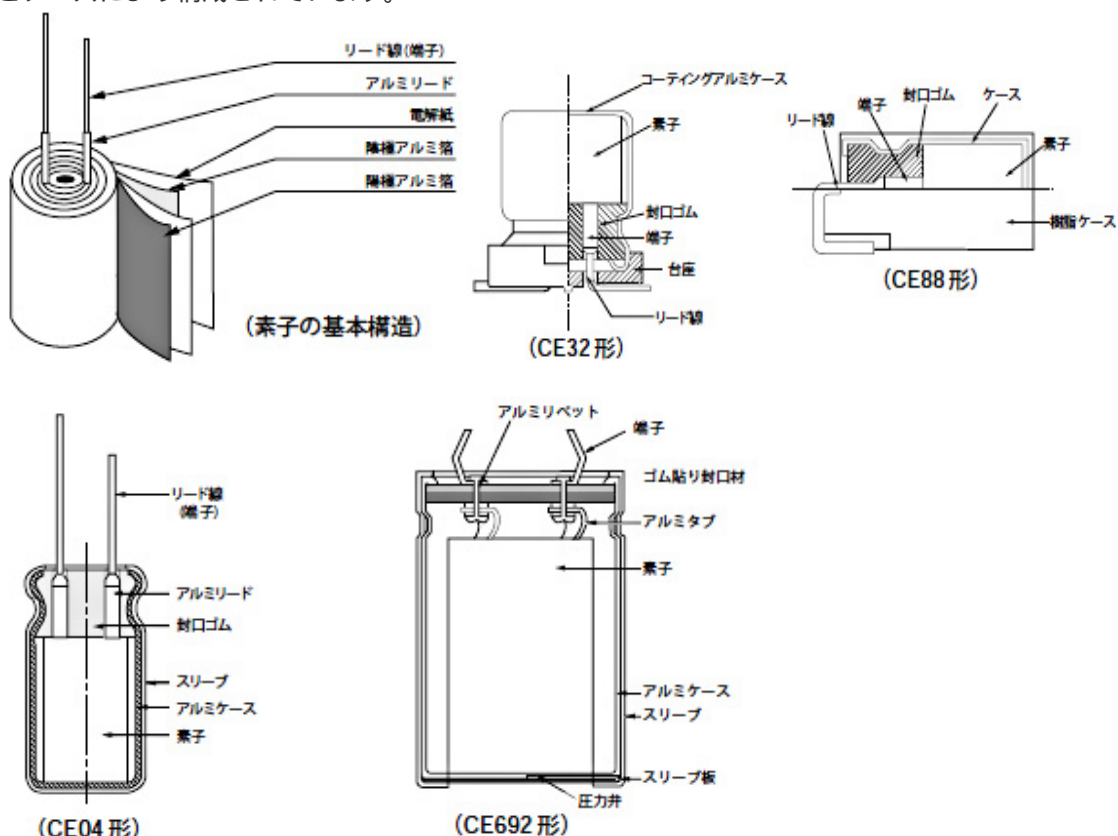


Fig-1 構造

1-2 コンデンサの基本構造

受動部品であるコンデンサの中で、アルミ電解コンデンサは CV 積あたりの体積が小さく、コストが安いことを主な特長としています。コンデンサの静電容量 (C) は

$$C = 8.855 \times 10^{-10} \frac{\epsilon S}{d} (\mu F)$$

ϵ : 誘電体の誘電率

S : 誘電体の表面積 (m²)

d : 誘電体の厚み (m)

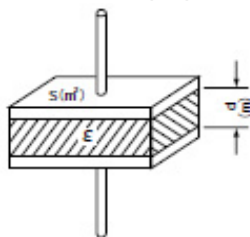


Fig-2

なる式で与えられます。

この式より、 ϵ 、 S を大きく、 d を小さくすれば、 C を大きく取れることがわかります。

アルミ電解コンデンサの誘電体となる酸化皮膜 (Al_2O_3) の ϵ は 8~10 で、他のコンデンサと比べ大きな値ではありませんが、電極であるアルミ箔の表面をエッチング処理することにより表面積 (S) を拡大し、また耐電圧の高く薄い (d) 酸化皮膜を、電気化学的処理によって形成することが出来るため、単位体積あたりの CV 積が他のコンデンサと比べ大きくなっています。

1-3 構成材料の特長

陽極アルミ箔

初めに、表面積拡大のために塩化物水溶液中で電気化学的にエッチング処理を行います。次に、ホウ酸アンモニウム等の水溶液中で定格電圧の 140~200% の電圧を印加し (化成処理) エッチングされたアルミ箔表面に電気化学的に誘電体である酸化皮膜 (Al_2O_3) を形成します。

この誘電体は、約 15 μm の非常に薄く緻密な皮膜であり、しかも高い絶縁体 ($10^6 \sim 10^7 \Omega/cm$) を持っています。

陰極アルミ箔

陽極アルミ箔と同様に表面はエッチング処理が施されていますが、一般品では、誘電体形成の処理 (化成処理) は行なっていません。このため、表面は自然酸化皮膜 (Al_2O_3) だけであり、耐圧は 0.2~1V 程度です。

電解液/電解紙

電解液は導電性の液体で、エッチング後、誘電体形成された箔表面に浸透し陰極の役割をします。したがって、「陰極箔」は、この電解液と外部端子を結ぶ電極の役目を持っています。

この電解液を均一に保持するため、陽極箔と陰極箔の機械的接触を防止するために電解紙を使用します。

ケース/封口材

気密性保持のためアルミケースと封口材で封止 (シーリング) されています。

1-4 等価回路

アルミ電解コンデンサを等価回路で表わすと、Fig-3 のようになります。

C_A 、 C_k	陽極、陰極箔の静電容量
D_A 、 D_k	陽極、陰極箔の酸化皮膜による整流作用
L_A 、 L_k	+、- リードのインダクタンス
R	電解紙と電解液の抵抗
R_A 、 R_k	陽極、陰極箔の酸化皮膜の順方向内部抵抗

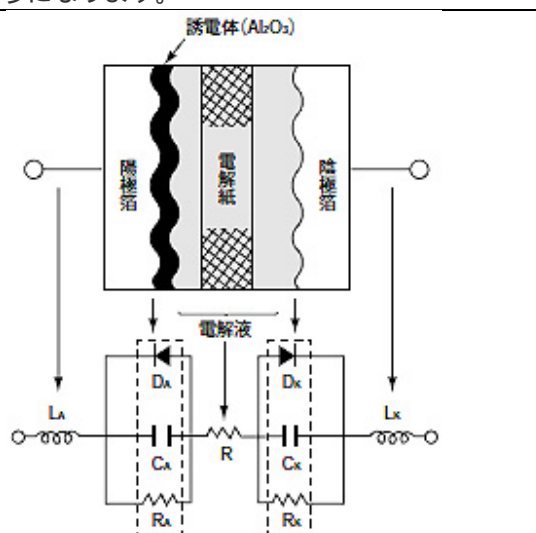


Fig-3 等価回路

陽極箔のアルミニウム金属部分が一方の電極となり、誘電体である酸化皮膜 (Al_2O_3) を介して対向する電極が形成されれば、理想的なコンデンサとなります。しかし陽極箔は微細にエッチング処理されているため、酸化皮膜に沿って密着した金属電極を形成させることは不可能です。(写真-1)。

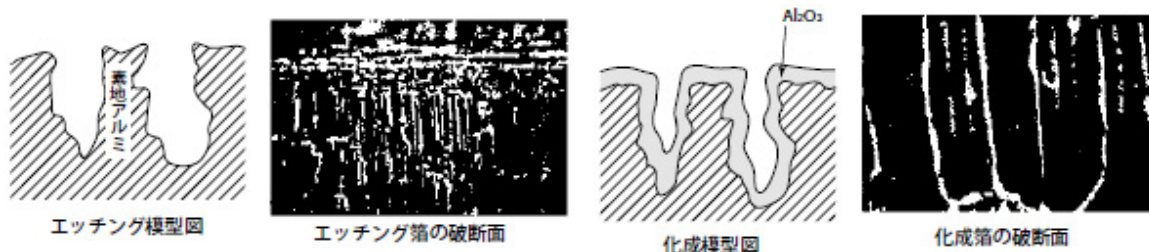


写真-1 アルミ箔のエッチング、化成

このため、真の陰極としてその微細部分に浸透可能な導電性の液体 (電解液) を用い、電極を外に取り出す役目を担った陰極箔を対向させます。陰極箔の表面は自然酸化皮膜 (1V 以下) が付いているだけのため、その表面を陽極箔以上の倍率でエッチング処理して表面積を拡大し、陽極箔と陰極箔の合成容量である製品の静電容量に大きな影響を及ぼさないようにしています。

電解紙は、陽極箔と陰極箔が機械的に接触してショートすることを防止するセパレータの役目と、電解液を均一に保持する役目を担っています。製品としての耐電圧は、陽極箔の誘電体の厚さ + 電解液種 + 電解紙の厚さ・密度で決定されます。気密性保持のため、アルミケースと封口材で封止 (シーリング) され、電解液の蒸散を抑制しています。

Fig-3 からわかるように、一般のアルミ電解コンデンサには極性があり、逆電圧を印加することはできません。しかし、陰極箔にも陽極箔と同じように化成処理した箔を使用することにより、両方のアルミニウム箔の酸化皮膜の厚みを持たせ、両極性のアルミ電解コンデンサとして使用できます。極性が反転する回路には両極性のアルミ電解コンデンサを選定して下さい。ただし、交流回路には、有極性及び両極性コンデンサとも使用できません。

2. 基本性能

2-1 基本的電気特性(静電容量、損失角の正接、漏れ電流)

2-1-1 静電容量 (Cap ··· Capacitance : 単位は μF が使われる)

電極の面積が大きければ大きいほど、電気を貯める能力 (静電容量) は高くなります。アルミ電解コンデンサの場合、静電容量値は、20、120Hz (1kHz の場合もある) を基準に 0.5V 程度の交流信号で測定されます。これは、温度や周波数により静電容量値が変化するためです。

一般には高温になると静電容量は大きくなり、低温になると小さくなる傾向にあります (Fig-4)。

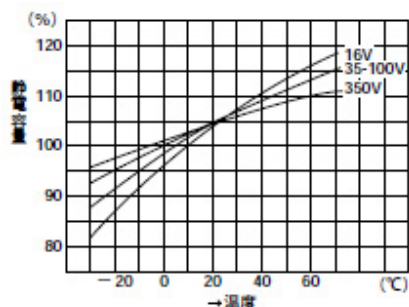


Fig-4 温度特性

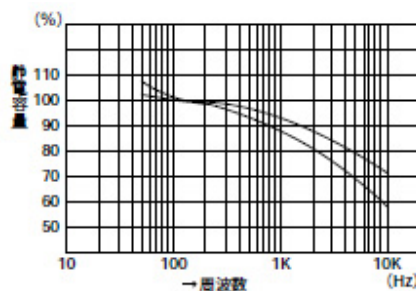


Fig-5 周波数特性

周波数が高くなると静電容量は小さくなり、低くなると大きくなる傾向があります (Fig-5)。

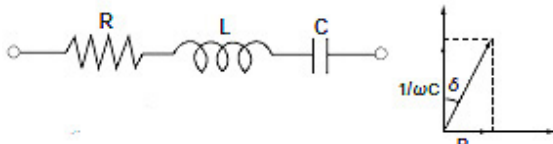


Fig-6 等価回路の簡略化

2-1-2 損失角の正接 (tanδ・・・タンジェントデルタ)

Fig-3 の等価回路を簡略化すると、Fig-6 になります。

等価直列抵抗 R=0 の理想コンデンサでは、図の δ は 0 ですが、アルミ電解コンデンサは電解液の抵抗分・電解紙の抵抗分・その他の接触抵抗分等があるため等価直列抵抗値 (R) が大きくなり、1/ωC と R の関係は Fig-6 で表わされます。これを式で表わすと、(1)式になります。

$$\tan \delta = \frac{R}{1/\omega C} = \omega CR \dots\dots\dots (1)$$

ω (オメガ) : 2πf

π = 円周率、f : 周波数 (f = 120Hz)

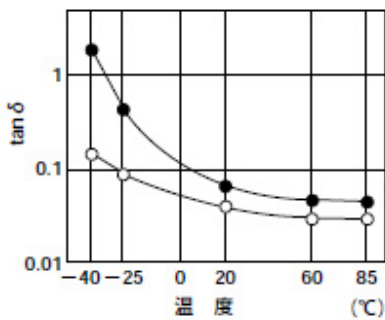


Fig-7 温度特性

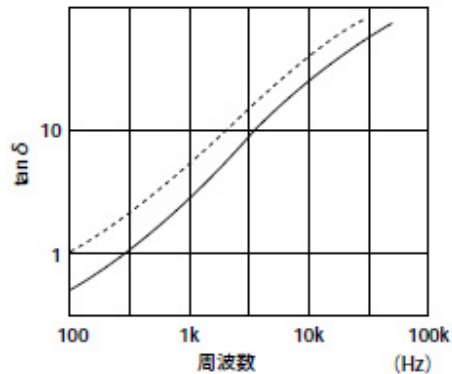


Fig-8 周波数特性

2-1-3 漏れ電流(LC・・・Leakage Current)

アルミ電解コンデンサの特長として、電解液と接している誘電体である酸化皮膜は、電圧を印加することによって常に修復され、微小な電流が流れ続けます。この微小電流と端子間に流れる電流を合わせ、漏れ電流 (LC) と言います。理想コンデンサでは漏れ電流は流せません (電圧印加直後のコンデンサに電荷を蓄えるための充電電流とは別として考えます)。この漏れ電流の時間変化は、Fig-9 のようになります。

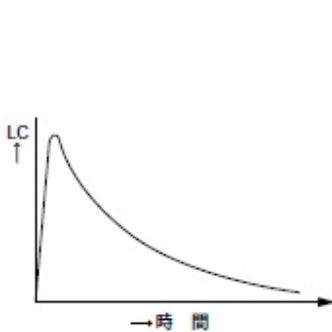


Fig-9 漏れ電流の時間変化

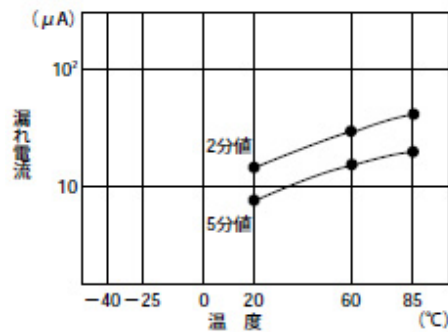


Fig-10 温度特性

このグラフより漏れ電流の値が時間とともに小さくなっていき、安定していく事がわかります。従って漏れ

電流の規格は、20 で電圧を印加してから数分後（一般的には5分が多い）の値で決められています。漏れ電流は、温度が高くなると大きくなり、温度が低くなると小さくなります(Fig-10)。また、印加電圧に対しては、一般的に電圧を低くすると漏れ電流は小さくなります。

2-2 周波数特性

コンデンサは交流信号を通し、その周波数を変化させたとき、電圧実効値と電流実効値の比（インピーダンス）は Fig-11 のようになります。この特性をインピーダンス (Z) - 周波数 (f) 特性と言います。

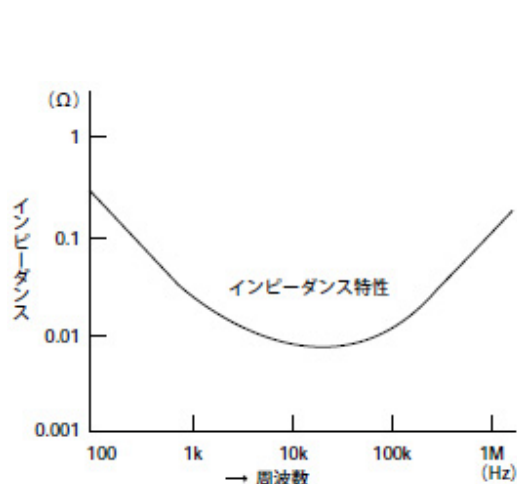


Fig-11 インピーダンス周波数特性

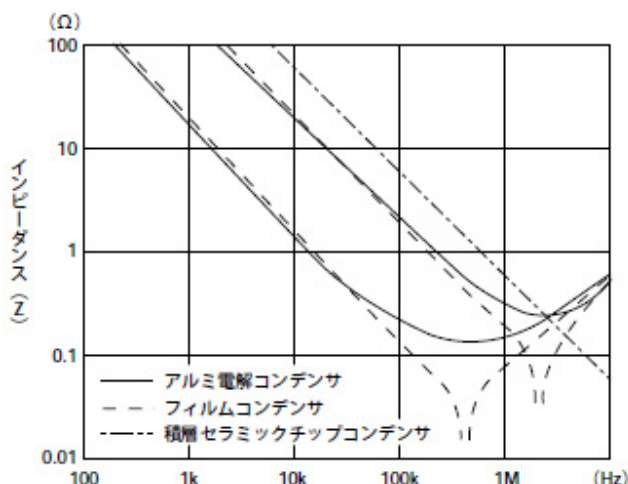


Fig-12 各コンデンサのインピーダンス周波数特性

セラミックコンデンサやフィルムコンデンサのように等価直列抵抗が非常に小さいコンデンサは、Fig-12 の点線ようになりますが、電解液や電解紙の抵抗分の大きいアルミ電解コンデンサは、実線のようにある周波数以上では平らになり、更に周波数を高くしていくと大きくなっていきます。

この特性は温度を低くするとインピーダンスは大きくなり、逆に高くすると小さくなる傾向にあります。これは、電解液の抵抗分が温度によって変化するためです。インピーダンス規格は、20、120Hz または 100kHz の値で規定されています。(Fig-13)。

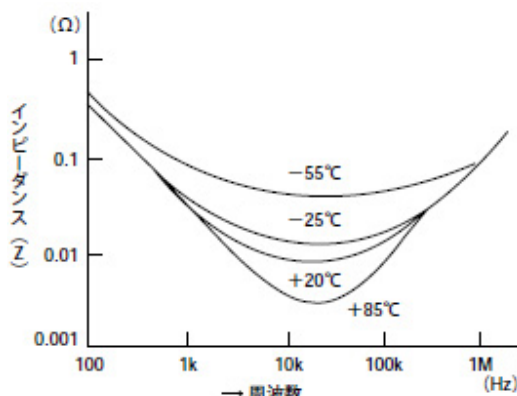


Fig-13 温度特性

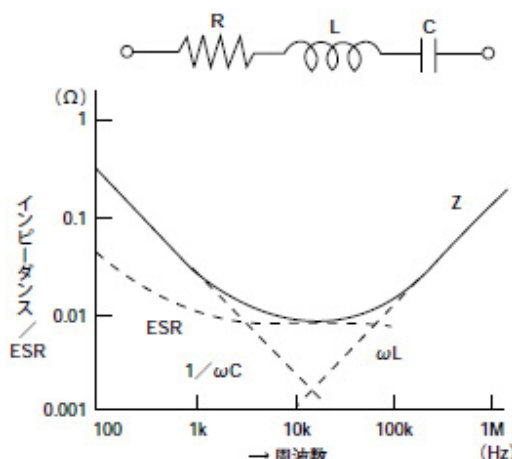


Fig-14 インピーダンス特性の要素

アルミ電解コンデンサの簡易的な等価回路は Fig-6 の通りですが、このインピーダンス — 周波数特性を C、R、L の成分ごとに分解したのが、Fig-14 です。このグラフからわかるように、インピーダンス特性は、C、R、L の周波数特性を組み合わせた特性となっています。

$1/\omega C$ は、純粋な容量性リアクタンス特性で 45° の右下がりとなり、 ωL は、純粋な誘導性リアクタンス特性で 45° の右上がりとなります。

R は等価直列抵抗(ESR)カーブで、周波数の低い領域では、周波数依存のあるアルミ箔のロス分の影響が大きいため、右下がり傾向にありますが、周波数の高い領域では、周波数依存性のない電解液、電解紙の抵抗分が主体となるため、ほぼ一定の値となる傾向にあります。これを式で表わすと、

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

となります。

3. 信頼性について

アルミ電解コンデンサを使用し機器を設計する場合、信頼性上、故障率と有効寿命に着目する必要があります。アルミ電解コンデンサの故障率は Fig-15 バスタブ曲線を取ります。

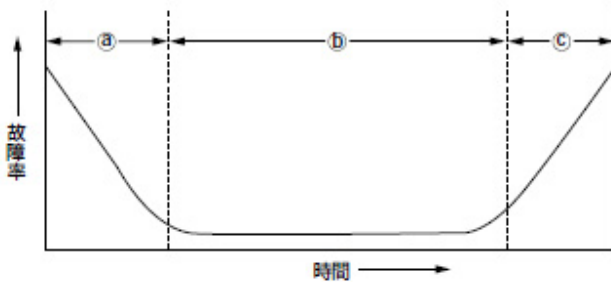


Fig-15 バスタブ曲線

- [a] 初期故障期間
使用開始後の比較的早い時期に設計、製造上の欠陥もしくは使用環境との不適合により生ずる故障期間です。アルミ電解コンデンサでは、製造工程においてデバッグされる不良で、製品が出荷される以前の故障です。
- [b] 偶発故障期間
故障の発生が低く安定しており、時間に無関係に故障が発生する期間です。
アルミ電解コンデンサでは、半導体、タンタル固体電解コンデンサと比べてこの期間の破局故障が低いのが特長です。
- [c] 磨耗故障期間
特性が徐々に劣化して、時間とともに故障率が高くなる期間です。
アルミ電解コンデンサは、製造を完了した時点から、含浸された電解液が封口ゴムを透過し、時間とともに内部の電解液の蒸発が進み、静電容量または損失角の正接が規格値からはずれた段階で磨耗故障(寿命)に至ったと定義されます。磨耗故障に至るまでの期間が有効寿命となります。

アルミ電解コンデンサの故障形態は、破局故障と磨耗故障にわけられます。

破局故障

ショート、オープン等によりコンデンサの機能が完全に失われる故障形態です。

磨耗故障

特性が徐々に劣化して生ずる故障形態で、機器の使用目的により故障の判定基準が異なってきます。一例として、JIS C 5141 の判定基準があります。(Table-1)

特性の 第1記号		H	W
漏れ電流		初期規格値以下	
静電容量 変化率	規格電圧 160V以下	試験前値の±20%	試験前値の±30%
	規格電圧 160Vをこえるもの	試験前値の±15%	試験前値の±20%
損失角の正接		初期規格値の175%以下	初期規格値の200%以下
外観		著しい異常がないこと	

Table-1 判定基準

故障率の単位としては% / 1000 時間 (10^{-5} / 時間) が最もよく用いられます。更に故障率の小さい高信頼性部品にはフィット (記号 Fit) 10^{-9} / 時間が使用されます。フィールドデータとして新幹線の ATC 部品故障率調査では、約 10Fit の結果が出ています。

信頼性の尺度として使用される用語として MTBF (平均故障間隔) と MTTF (故障までの平均時間) がありますが、アルミ電解コンデンサの場合は後者の修理しない系・機器・部品などに含まれるため、故障までの動作時間の平均値「MTTF□時間」で表わします。

4. 故障モードについて

故障モードは、故障を誘発するいろいろな使用条件により異なります。(Table-2)

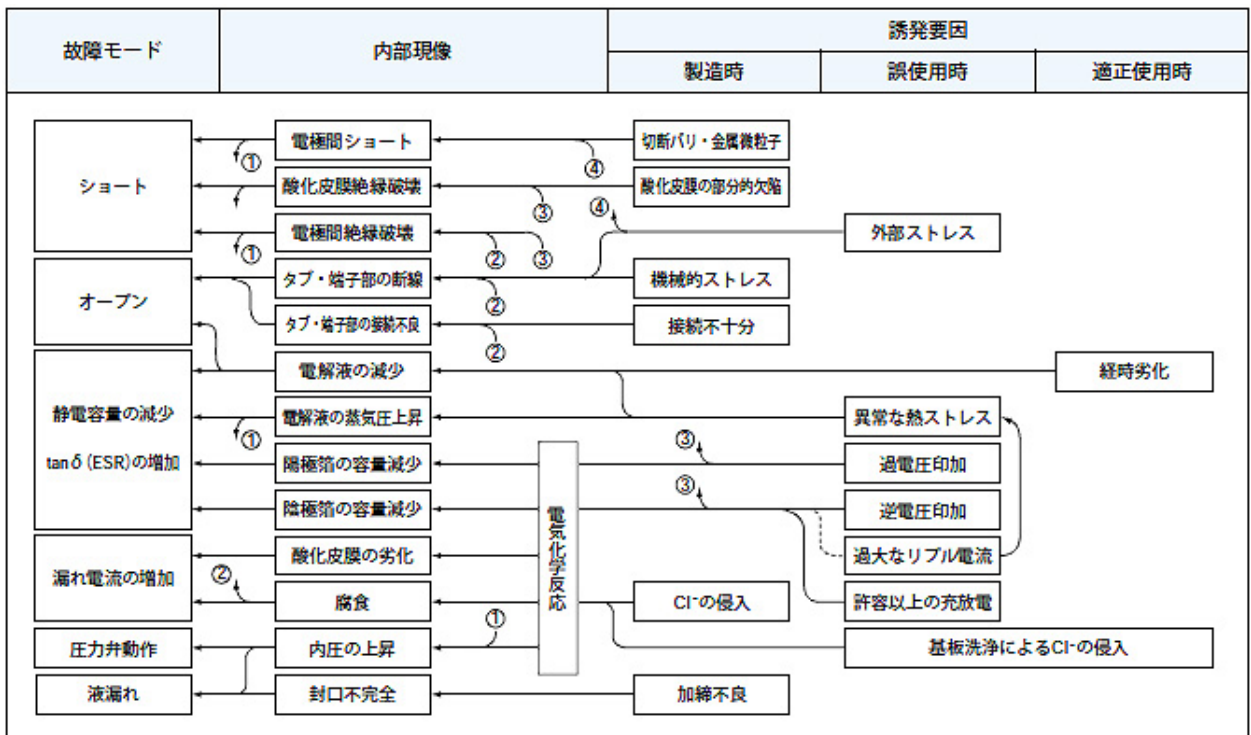


Table-2

アルミ電解コンデンサの寿命は、使用条件により大きな影響をうけます。使用条件は、環境条件と電氣的条件があります。

5. アルミ電解コンデンサの寿命について

環境条件は、温度、湿度、気圧、振動等が挙げられますが温度が最も寿命に影響を与えます。

電気的條件は、印加電圧、リップル電流、充放電条件が挙げられます。

アルミ電解コンデンサの寿命は、本カタログまたは納入仕様書の中で、カテゴリ上限温度における規定寿命を明記しております。その規定寿命に対して、実際にコンデンサが使用される条件での寿命について以下に述べます。

5-1 周囲温度と寿命

温度による寿命への影響は、静電容量の減少、損失角の正接の増大となって現れます。これらの現象は、電解液が封口部を通して徐々に外部に拡散することに起因しており、電気的特性の経時変化と周囲温度との間には実験的に式(3)が成立します。

この関係式は、温度と化学反応速度に関して成立するアレーニウスの化学反応律則式に類似しており、温度とアルミ電解コンデンサの寿命との関係のアレーニウス則と呼ばれています。

$$L_x = L_o \cdot B^{\frac{T_o - T_x}{10}} \dots\dots\dots (3)$$

L _o	カテゴリ上限温度において、定格電圧印加または定格リップル電流重畳時の規定寿命 (hours)
L _x	実使用時の推定寿命 (hours)
T _o	製品のカテゴリ上限温度()
T _x	実使用時の周囲温度()
B	温度加速係数

ここで、温度加速係数 B はカテゴリ上限温度以下であれば B = 2 として計算することができ、周囲温度が 10 低下すると寿命は約 2 倍となります。したがって、実使用時の周囲温度 T_x を低く設定すれば、長期の寿命を期待できます (Fig-16)。

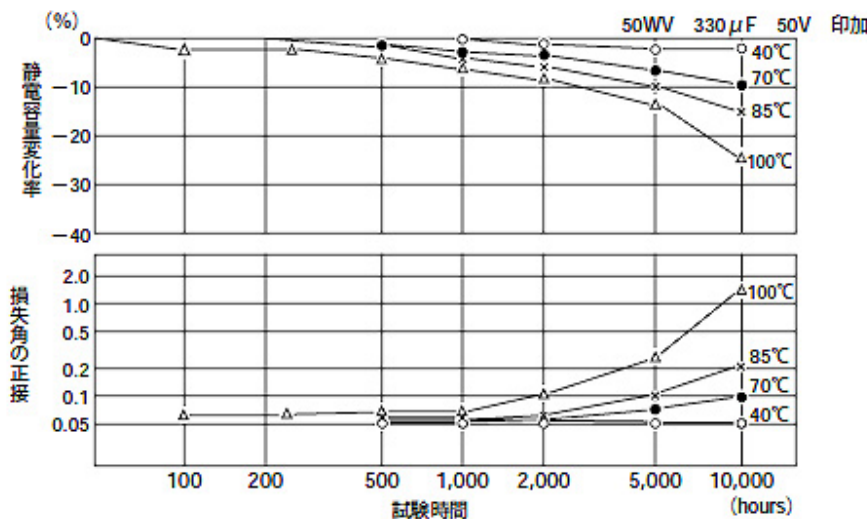


Fig-16 耐久性試験(温度パラメータ)

5-2 印加電圧と寿命

定格電圧以下で使用する場合、一般的には印加電圧による寿命の差は少なく、周囲温度やリップル電流による

発熱の影響と比べると、印加電圧の寿命への影響は無視できるレベルです。(Fig-17)

ただし、定格電圧 350Vdc 以上の一部大形品では、印加電圧軽減による寿命延長の効果が確認されています。

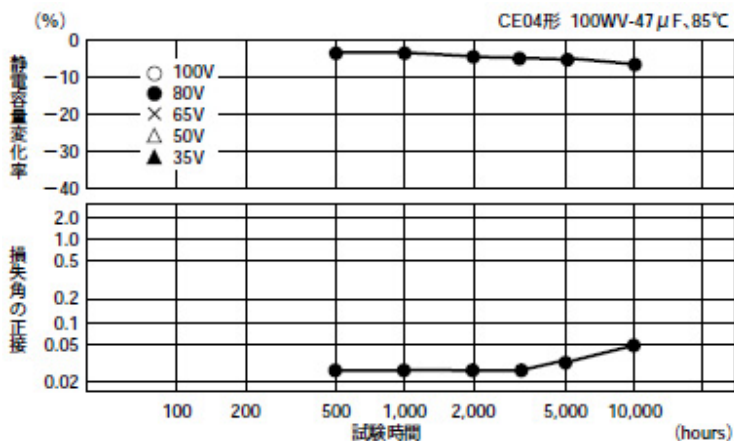


Fig-17 高温負荷試験(温度パラメータ)

(注) 印加電圧による差異が少ない為プロットが重なっています。

5-3 リプル電流と寿命

アルミ電解コンデンサは他のコンデンサと比べ損失が大きいため、リプル電流により内部発熱します。リプル電流による発熱は温度上昇をとまなうため、寿命に大きな影響を与えます。したがって製品ごとに定格リプル電流を設定しております。

5-3-1 リプル電流と発熱

リプル電流印加時における消費電力は次式であらわされます。

$$W = I_R^2 \cdot R + V \cdot I_L \quad \text{..... (4)}$$

- W : 内部での消費電力
- I_R : リプル電流
- R : 内部抵抗 (等価直列抵抗)
- V : 印加電圧
- I_L : 漏れ電流

漏れ電流(I_L)は最高使用温度で 20 の値の 5~10 倍程度に増加しますが、 I_R I_L であるため、

$$W \approx I_R^2 \cdot R \quad \text{..... (5)}$$

となります。

発熱と放熱による温度が平衡に達する条件を求めると、

$$I_R^2 \cdot R = \beta A \Delta T \quad \text{..... (6)}$$

- β : 放熱定数
- A : ケース表面積 (m^2)
- $A = \frac{\pi}{4} D (D + 4L)$
- D : ケースの直径 (m)
- L : ケースの長さ (m)
- ΔT : リプル電流による自己発熱 ($^{\circ}C$)

となり、自己発熱 ΔT は

$$\Delta T = \frac{I_r^2 \cdot R}{\beta A} \dots\dots\dots (7) \quad \text{となります。}$$

また、リップル電流が、120Hz の場合の自己発熱は(7)式から

$$\Delta T = \frac{I_r^2 \cdot R}{\beta A} = \frac{I_r^2 \cdot \tan \delta}{\beta A \omega C} \dots\dots\dots (8)$$

(ここで $R = \frac{\tan \delta}{\omega C}$)

$\tan \delta$: 120Hz における損失角の正接
 ω : $2\pi f$ (f は 120Hz)
 C : 120Hz における静電容量 (F)

としてあらわされます。

5-3-2 リプル電流による自己発熱を求める方法

等価直列抵抗は温度によって、また、 β は基板装着状態によって値が変化します。したがって、より正確な ΔT を求めるには、熱電対による実測を推奨します。

リップル電流による自己発熱は、コンデンサ素子中心の温度と、コンデンサ近傍の温度を熱電対で測定し、その差を自己発熱としています。しかし、実際の機器ではコンデンサ内部温度の測定は難しいため、コンデンサケース側面の温度を測定し、下記の温度差係数を使用して、素子中心部の温度を推定することも可能です。

コンデンサの外径φD(mm)	5	6.3	8	10	12.5	16	18	22	25
温度差係数	1.1	1.1	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4
コンデンサの外径φD(mm)	30	35	40	50	63.5	76	89	100	
温度差係数	1.5	1.65	1.75	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	

Table-3 ケース外径ごとの温度差係数

なお、リップル電流によるおおよその自己発熱 ΔT は(9)式で算出も可能です。カテゴリ上限温度 105 シリーズ、ネジ端子形 RWE、RWY、RWF、RWL シリーズは、 $\Delta T_0=5$ になります。

他のシリーズにつきましては、別途お問い合わせ下さい。

$$\Delta T = (I_x/I_0)^2 \times \Delta T_0 \dots\dots\dots (9)$$

I_0 : カテゴリ上限温度での周波数補正された定格
 リプル電流 (Arms)

I_x : 実使用時のリップル電流 (Arms)

5-3-3 定格リップル電流周波数補正係数

通常、定格リップル電流値は 120Hz の正弦波の実効値で規格化されておりますが、等価直列抵抗(ESR)が周波数特性をもつため、周波数によって許容できるリップル電流値が変わります。(Table-4)

公称静電容量(μF)	周波数(Hz)	50	120	300	1k	10k	50k
4.7 μF以下	周波数補正係数	0.65	1.00	1.35	1.75	2.30	2.50
		0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	1.80
		0.80	1.00	1.15	1.30	1.40	1.50
10~47 μF							
100~1,000 μF							

Table-4 周波数補正係数の例(個別規格による)

スイッチング電源のように、アルミ電解コンデンサに商用電源周波数成分とスイッチング周波数成分が重畳されるような場合、内部消費電力は、(10)式で示されます。

$$W = I(f_1)^2 \times \text{ESR}(f_1) + I(f_2)^2 \times \text{ESR}(f_2) + \dots + I(f_n)^2 \times \text{ESR}(f_n) + \dots \quad (10)$$

W：消費電力

I(f₁)、I(f₂)、…I(f_n)、：それぞれ周波数 f₁、f₂、…、f_n、…
におけるリップル電流値 (Arms)

ESR(f₁)、ESR(f₂)、…、ESR(f_n)、…
：それぞれ周波数 f₁、f₂、…、f_n、…
における等価直列抵抗値 (Ω)

各周波数における周波数補正係数を F(f_n)とし、f₀をリップル電流の基準となる周波数とすると、
ESR(f_n)=ESR(f₀) / F(f_n)²の関係が成立するため、各周波数成分のリップル電流値を基準となる周波数のリップル電流実効値(f₀)に換算するには(11)式を用います。

$$I(f_0) = \sqrt{\left[\frac{I(f_1)}{F(f_1)} \right]^2 + \left[\frac{I(f_2)}{F(f_2)} \right]^2 + \dots + \left[\frac{I(f_n)}{F(f_n)} \right]^2 + \dots} \quad (11)$$

I(f₀)：基準となる周波数に換算したリップル電流値 (Arms)

F(f₁)、F(f₂)、…、F(f_n)、…

：それぞれ周波数 f₁、f₂、…、f_nにおける周波数補正係数

5-4 アルミ電解コンデンサの推定寿命式

周囲温度、リップル電流による自己発熱と印加電圧の影響を考慮した推定寿命式は、一般に(12)～(14)式で表わされます。

イ：チップ形、リード形、基板自立形、ネジ端子形(口頂のシリーズ以外)の推定寿命式

a) 規定寿命を DC 定格電圧印加で規定している場合 $L_x = L_0 \times 2^{\frac{T_0 - T_x}{10}} \times 2^{\frac{-\Delta T}{5}} \dots \dots \dots (12)$

b) 規定寿命を定格リップル電流重畳で規定している場合

$$L_x = L_r \times 2^{\frac{T_0 - T_x}{10}} \times 2^{\frac{\Delta T_0 - \Delta T}{5}} \dots \dots \dots (13)$$

L₀：カテゴリ上限温度において、定格電圧印加時の規定寿命 (hours)

L_r：カテゴリ上限温度において、定格リップル電流重畳時の規定寿命 (hours)

L_x：実使用時の推定寿命 (hours)

T₀：製品のカテゴリ上限温度 (°C)

T_x：実使用時の周囲温度 (°C)

ΔT：リップル電流印加による自己発熱 (°C)

ΔT₀：定格リップル電流印加時の自己発熱 (°C)

(カテゴリ上限温度 105°Cのシリーズは、ΔT₀ = 5°C)

ロ) ネジ端子形(RWE、RWF、RWL、RWY、FTP(350Vdc 以上)、LX、LXA(350Vdc 以上)、LXR シリーズ)の推定寿命式

$$L_x = L_r \times 2^{\frac{T_0 + 5 - T_x - 25}{10}} \times 2^{\frac{25 - \Delta T}{A}} \times K \dots\dots\dots (14)$$

- Lr : カテゴリ上限温度において定格リップル電流を重畳し、定格電圧で使用した時の規定寿命 (hours)
- Lx : 実使用時の推定寿命 (hours)
- To : 製品のカテゴリ上限温度 (°C)
- Tx : 実使用時の周囲温度 (°C)
- ΔT : リプル電流印加による自己発熱 (°C)
ΔT ≤ 30°C
- A : リプル電流周波数、発熱値によって異なります (5 ~ 10)。
- K : 電圧軽減率 (RWE = 1、その他のシリーズについては別途お問い合わせ下さい。)

: Tx(実使用時の周囲温度)についての注意
 温度加速試験で、10 2 倍則の確認されているのは、40 ~ カテゴリ上限温度の領域です。市場からの返却品の測定結果から見て、20 ~ 25 までは、ほぼ 10 2 倍則に乗るものと考えられますが、稼働中の環境条件が明確でないものがほとんどであるため、40 以下は、40 として寿命推定して下さい。

- : ΔT(リプル電流による自己発熱)についての注意
 周囲温度 + リプル電流による自己発熱の限界値としては、
 - ・カテゴリ上限温度 105 のシリーズ : 110
 - ・SME(04 形)、SMG(04 形)、SMH シリーズ : 95
 - ・その他のシリーズ : カテゴリ上限温度 + 5

各周囲温度での ΔT には上限値があります。カテゴリ上限温度 105 のシリーズを例にとると、

周囲温度(°C)	85以下	105
ΔT (°C)	15	5

Table-5 各温度での自己発熱の限界値の例

例 カテゴリ上限温度 105 のシリーズは、105 におけるリプル電流による自己発熱は 5 が限界 (トータル 110) ですが、周囲温度が 85 ではリプル電流による自己発熱の限界は 15 (トータル 100) で、寿命は同一となります。

5-5 その他の寿命要因について

アルミ電解コンデンサは、電解液が封口部を通して外部へ拡散することによる磨耗故障が寿命決定の要因になります。この現象を加速させる要因として前述の周囲温度とリプル電流の他に以下のものがあります。

5-5-1 過電圧の場合

定格電圧を超える過電圧を連続的に印加すると、製品の漏れ電流が急激に増大します。この漏れ電流により、発熱・ガス発生に伴う内圧上昇が生じます。この反応は印加電圧・供給電源の電流容量、環境温度によって加速され、圧力弁作動または破壊に至る場合があります。印加電圧が定格電圧の 1.4 ~ 1.5 倍を上回る場合、前記の不具合に加えて内部ショートとなる可能性もあります。また、外観的に異常がない場合でも、コンデンサの寿命は短くなります (Fig-18)。

コンデンサを直列に接続して使う場合、漏れ電流のばらつきにより個々の印加電圧がアンバランスになり過電圧が

印加されることがあります。この場合アンバランスを見込んだ定格電圧を選定するか、分圧抵抗を接続する等の措置が必要になります。

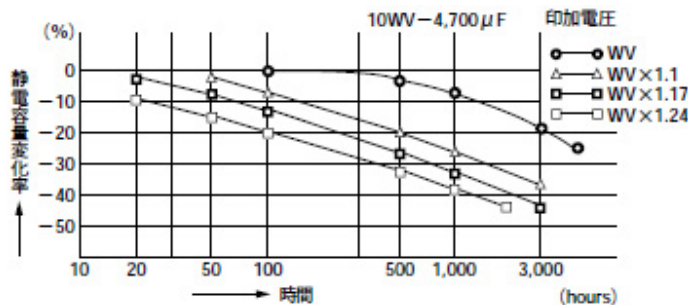


Fig-18 85 過電圧印加特性

5-5-2 逆電圧の場合

逆電圧を印加すると、化成皮膜のない陰極箔に電圧がかかり、強制的に誘電体酸化皮膜が形成されるため、過電圧の場合と同様に発熱・ガス発生が起り、急激な静電容量の減少、損失角の増大につながります。逆電圧のレベルがさらに大きい場合は、圧力弁作動または破壊に至る場合があります。印加される電圧が 1~数 V 程度までの場合は、劣化速度は緩慢となりますが、コンデンサの寿命は短くなります(Fig-19)。

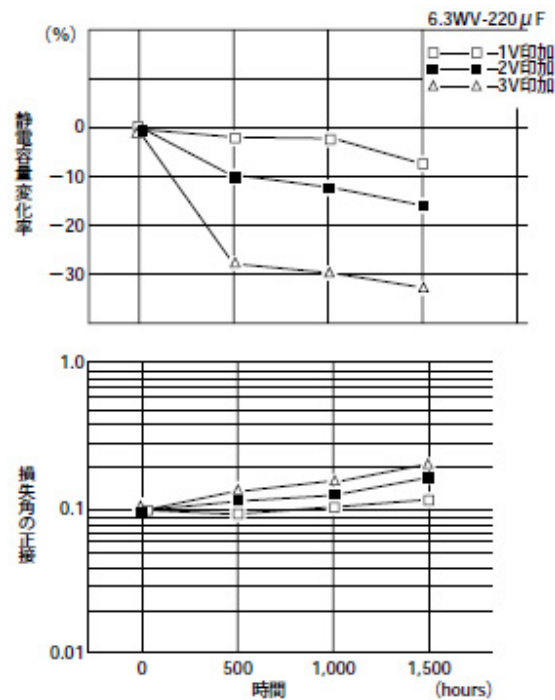


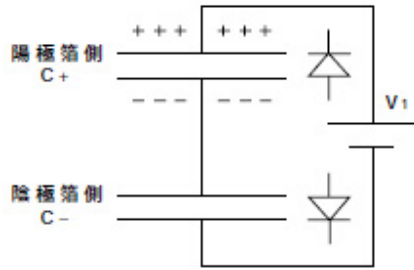
Fig-19 85 逆電圧印加特性

5-5-3 充放電の厳しい場合

一般の製品をスイッチのオンオフの頻繁なストロボフラッシュ・溶接機の充放電回路、大出力のAV機器の電源回路やサーボモータ等の電圧変動の大きい回路に使用すると、放電電流による陰極箔の化成によって静電容量が急激に減少します。また陰極箔化成時に生じた内部発熱とガス発しによって、圧力弁作動または破壊に至る場合があります。この劣化速度は、温度が高く、放電抵抗が低く、印加電圧が大きく、充放電頻度が増加する程、速くなります。

一般にアルミ電解コンデンサを急激な充放電回路に使用すると、放電電流により、陰極箔の化成皮膜成長が起り、静電容量が急激に減少します。これは、陽極側と陰極側を短絡することにより、陽極箔側に蓄えられていた電荷が、瞬時に陰極箔側に移動しますが、そのとき、両方の箔の電圧が等しくなろうとすることにより、陰極箔側が徐々に化成されるためです。逆電圧が加わったことと同じ状態となります。

1. 通常の充電状態



$$Q = C_+ \cdot V_1$$

Fig-20 充電時の電荷の状態

2. 電源 V₁ を外し、放電した状態

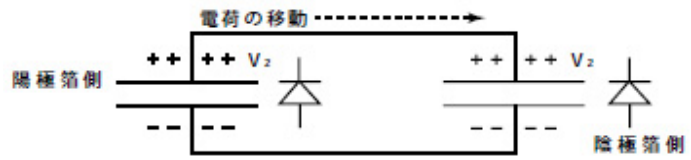


Fig-21 放電時の電荷の状態

$$Q = C_+ \cdot V_2 + C_- \cdot V_2$$

よつて、 $C_+ \cdot V_1 = C_+ \cdot V_2 + C_- \cdot V_2$

$$V_2 = \frac{C_+ \cdot V_1}{C_+ + C_-} \quad (15)$$

- C₊ : 陽極箔容量
- C₋ : 陰極箔容量
- V₁ : 電源電圧
- V₂ : 陰極箔に印加される電圧

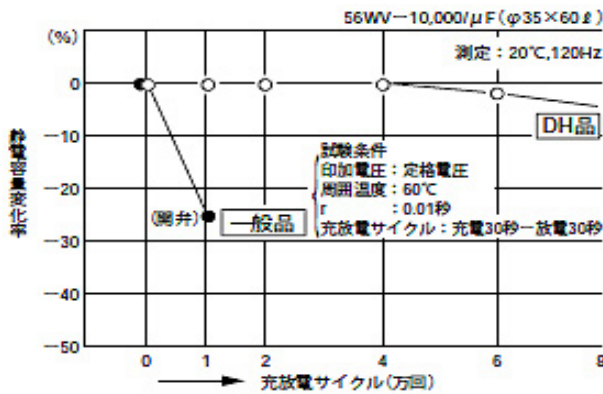


Fig-22 急充放電特性(充放電回数の影響)

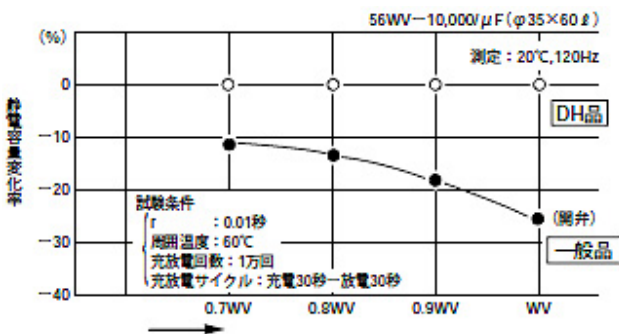


Fig-23 急充放電特性(印加電圧の影響)

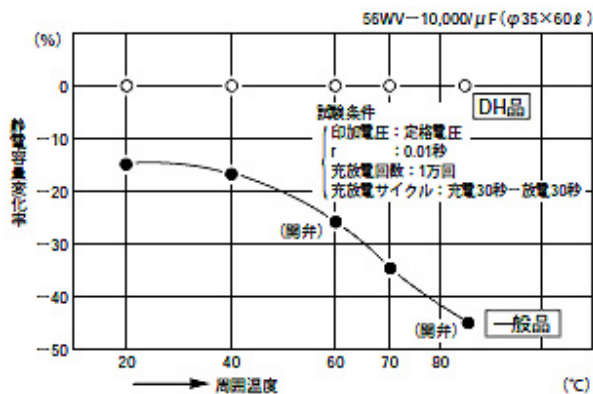


Fig-24 急充放電特性(周囲温度の影響)

5-5-4 ラッシュ電流による影響

電源のスイッチオン時や、溶接機での充電開始時に電流の流れる時間は msec オーダーではありますが、電流は通常使用時の 10~1000 倍程度になることがあります。一般には、単発でのラッシュ電流は、その時間内での発熱エネルギーが微小であるため、問題になりません。但し、頻繁な繰り返しとなった場合、過リプル電流印加と同様な状況となり、素子の発熱が許容値を超えたり、外部端子の接続部や、コンデンサ内部の引出しリードと箔の接続部で、異常発熱となることがありますので、注意が必要です。

5-5-5 交流回路への使用

アルミ電解コンデンサを交流回路に使用した場合、陰極に電位がかかること及び過大リプル電流が流れたことと同じ状況となるため、内部で急激なガス発生があると同時に発熱し、内圧上昇で圧力弁作動や封口部からの電解液漏れ、また最悪の場合には爆発や発火に至る場合があります。さらにコンデンサの破壊とともに可燃物(電解液と素子固定材)が外部に飛散する場合があります、電氣的にショート状態に至ることもあります。絶対に交流回路には使用しないで下さい。