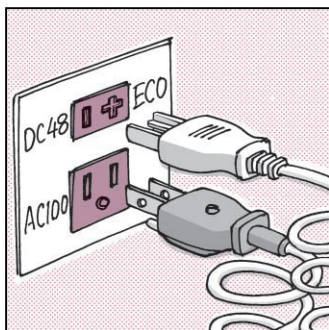


第2章



正しい選択・正しい利用が寿命を延ばす

アルミ電解コンデンサ活用の基礎知識

森田 浩一
 Kouichi Morita

コンデンサには「電気を貯める」作用があることから、電源回路の構成では昔からコンデンサを切り離して考えることはできませんでした。スイッチング電源が高性能化してきた現在でも、コンデンサは変わらず重要部品です。そして、電源回路の入出力、あるいは整流・平滑回路に欠かせない大容量コンデンサとなると、これも昔から「アルミ電解コンデンサ」と決まっていた。

最新のモジュール型DC-DCコンバータなどでは、スイッチング周波数の高周波化と小型化の要請から、アルミ電解コンデンサに代わって積層セラミック・コンデンサがのびてきていますが、多くのスイッチング電源では、まだまだアルミ電解コンデンサが重要です。

この章では、日本ケミコン(株)の最新アルミ電解コンデンサを例に、技術動向と特性について紹介します。

アルミ電解コンデンサのあらまし

● なぜアルミ電解か？

はじめにアルミ電解コンデンサの構造と特性について簡単に触れておきます。

図1に、一般的なコンデンサの原理を示しますが、コンデンサの静電容量は以下のようになっています。ここで ϵ が誘電体の誘電率を表します。

$$C = 8.855 \times 10^{-8} \frac{\epsilon S}{d} \dots\dots\dots (1)$$

つまり、コンデンサの静電容量は大きさと誘電体の誘電率によることがわかります。

表1に、よく使われている各種コンデンサの誘電体

特性の比較を示します。アルミ電解コンデンサの比誘電率 ϵ は8~11ですから、他のコンデンサと比較してもとくに大きな値というわけではありません。しかし、実際にはエッチング処理により電極の表面積(S)を拡大できること、また誘電体である Al_2O_3 は、厚み(d)が薄くても耐圧が高い(1.1~1.5 nm/V)ことから、単位体積あたりのCV積となると、他のコンデンサより大きくすることができると。

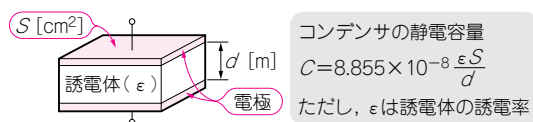
またCV積当たりのコンデンサの価格を比較してみると、アルミ電解コンデンサが非常にコスト・パフォーマンスに優れていることがわかります。

● アルミ電解コンデンサの構造

図2がアルミ電解コンデンサの素子構造です。電源回路の整流・平滑用として多く使用されているアルミ電解コンデンサですが、その中身(構造)をじっくり見る機会はほとんどないでしょう。

しかし、じつはその構造こそが、アルミ電解コンデンサの特性を大きく左右していると言っても過言ではありません。同時に、電源回路でうまくアルミ電解コンデンサを使いこなすためのヒントが隠されているのです。

図2のアルミ電解コンデンサは、図(a)に示す素子

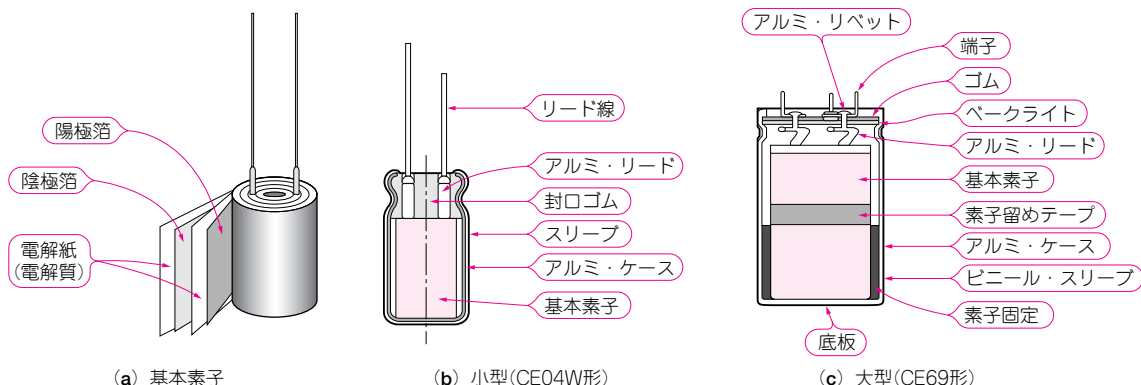


〈図1〉コンデンサの原理

〈表1〉コンデンサに使われる誘電体の比較

項目 \ 種類	アルミ電解 (湿式)	タンタル電解 (乾式)	積層セラミック (固体)	フィルム (固体)	OS-CON (固体)
誘電体	Al_2O_3	Ta_2O_5	チタン酸バリウム など	ポリエステル または ポリプロピレン	Al_2O_3
比誘電率(ϵ)	8 ~ 11	20 ~ 26	15000 ~ 20000	2 ~ 3	8 ~ 11
電圧範囲(V _{dc})	4 ~ 550	3.15 ~ 50	25 ~ 250	35 ~ 2000	4 ~ 25
容量範囲(μF)	0.1 ~ 680000	0.047 ~ 330	0.022 ~ 220	0.001 ~ 10	4.7 ~ 2200

コンデンサの静電容量
 $C = 8.855 \times 10^{-8} \frac{\epsilon S}{d}$
 ただし、 ϵ は誘電体の誘電率



＜図2＞ アルミ電解コンデンサの構造

本体に電解質を含浸させたものと、それを封止する封口材とケースとで構成されています。図(b)に主な製品における構造を示します。

▶ 陽極(Anode)箔

陽極箔は高純度のアルミ箔表面に、エッチング処理によって電気化学的に微細孔を形成し、表面積を拡大した後、化成処理で電気化学的にアルミ箔表面に誘電体となる酸化皮膜(Al_2O_3)を形成したものです。

この誘電体(Al_2O_3)は耐圧が約1.1～1.5 nm/Vの非常に薄く緻密な皮膜であると同時に、高い絶縁性($10^6 \sim 10^7 \Omega$)をもっています。そして陽極箔には、定格電圧を保証し得るだけの厚みの誘電体を形成します。つまり、陽極箔におけるエッチング処理技術が高容量化を、また化成処理技術が高耐圧化を支えています。

▶ 陰極(Cathode)箔

陽極箔同様、アルミ箔にエッチング処理を施し、その表面積を拡大しています。しかし、通常は化成処理を施さず、箔表面には自然酸化皮膜が生成されているだけで、その耐圧は1V程度でしかありません。

じつは後述の電解質がアルミ電解コンデンサの「真の陰極」で、陰極箔そのものは集電体として働いているのです。

▶ 電解質(ペースト)

電解質には導電性の液体もしくは固体が用いられ、陽極箔の微細孔表面に形成された誘電体に浸透・密着して、「真の陰極」としての役割を担っています。したがって、前述の陰極箔は「真の陰極」である電解質と外部端子を結ぶ「集電体」の働きをしています。

▶ 電解紙(セパレータ)

電解紙は、陽極箔と陰極箔の直接的な接触(ショート)を防ぐとともに、電解質を均一に保持するという二つの役割を担っています。

▶ ケース/封口材

アルミ電解コンデンサは、気密性を保持するためアルミ・ケースと封口材で封止されています。

● アルミ電解コンデンサの等価回路

▶ 等価モデルと等価回路

図2(a)に示した素子構造をもつアルミ電解コンデンサをモデル化すると、図3(a)のようになります。さらにモデル図の各部分のもつ電気的特性を電子部品記号に置き換えると、図3(b)の等価回路で表すことができます。

C_A, C_K : 陽極箔、陰極箔の静電容量

D_A, D_K : 陽極箔、陰極箔の酸化皮膜の整流作用

L_A, L_K : 陽極、陰極のリード線のインダクタンス

R_{E+S} : 電解液と電解紙の抵抗

R_A, R_K : 陽極箔、陰極箔の酸化皮膜の順方向抵抗

図3(c)が一般的に簡略した等価回路です。

C : C_A, C_K の合成静電容量

R : R_{E+S}, R_A, R_K の合成抵抗(等価直列抵抗)

L : L_A, L_K の合成インダクタンス

▶ アルミ電解コンデンサの静電容量

図3(b)の等価回路で表されるアルミ電解コンデンサ(製品表記)の静電容量 C は、陽極箔と陰極箔の合成容量となり、図中の式で表されることになります。

すなわち陰極箔は、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与えないよう、その表面を陽極箔以上の倍率でエッチング処理し、表面積を拡大してあります。

● アルミ電解コンデンサの電気的特性

▶ 静電容量(Capacitance)

アルミ電解コンデンサの静電容量値は、周囲温度や印加電圧の周波数といった環境条件で異なるため、一般的には20℃、120 Hzを基準として測定されています。

図4に静電容量の温度特性を示します。アルミ電解コンデンサの特徴として、温度が低い場合、電極箔の微細孔(エッチング・ピット)に電解液が浸透しにくくなり、実効表面積を稼ぐことができず、静電容量値が