

コンデンサの安全な使い方

～電解コンデンサ/フィルムコンデンサ～

電子部品部会
技術・標準戦略委員会
標準化専門委員会
受動部品標準化WG
電解・フィルムコンデンサG

主査 阿部良憲 (ニチコン)

2014/10/20

1. はじめに

1) 電解・フィルムGの対応品目

電解・フィルムコンデンサグループ

タンタル電解コンデンサ
タンタル固体電解コンデンサ

電気二重層コンデンサ
(EDLC)

フィルムコンデンサ

リチウムイオンキャパシタ
(LIC)

アルミニウム電解コンデンサ
アルミニウム固体電解コンデンサ

1. はじめに

2) 特徴と主な用途

アルミニウム電解コンデンサ
アルミニウム固体電解コンデンサ

→誘電体層が非常に薄く、大きな容量が得られる
電源平滑用、電源デカップリング

フィルムコンデンサ

→絶縁性が高く、温度特性・周波数特性に優れる
EMC、カップリング回路

タンタル電解コンデンサ
タンタル固体電解コンデンサ

→小形で比較的大容量、低ESR
バイパス用途（電源平滑用、ノイズフィルタ）

電気二重層コンデンサ
(EDLC)

→非常に大きい静電容量、充放電耐性・効率が高い
メモリー・電源バックアップ、電源・蓄電デバイス

リチウムイオンキャパシタ
(LIC)

→非常に大きい静電容量、高い使用電圧(3.8V)、優れた電圧保持特性
蓄電デバイス、補助電源用途

2. 使用事例と対策

1) アルミニウム電解コンデンサ

【用途：平滑用（電源部、DC-DC出力側、etc）】

【事象：コンデンサ圧力弁作動（オープン故障）】

◆要因①：コンデンサにて電源からの電圧平滑を行わせていたが電源電圧の振幅が変動した際に尖頭値がコンデンサ定格電圧を超える値まで上昇し、過電圧状態となる。

◆要因②：コンデンサにて電源からの電圧平滑を行わせていたが電源電圧の振幅が変動した際に負方向の尖塔値がGND(ゼロ電位)を下回り、逆電圧印加が発生する。

⇒コンデンサの選定に当たっては、回路入力電圧及びコンデンサへの印加電圧及び変動・誤差を含めて上限/下限電圧を確認し、その要求仕様に対応可能なコンデンサの選定をして下さい。

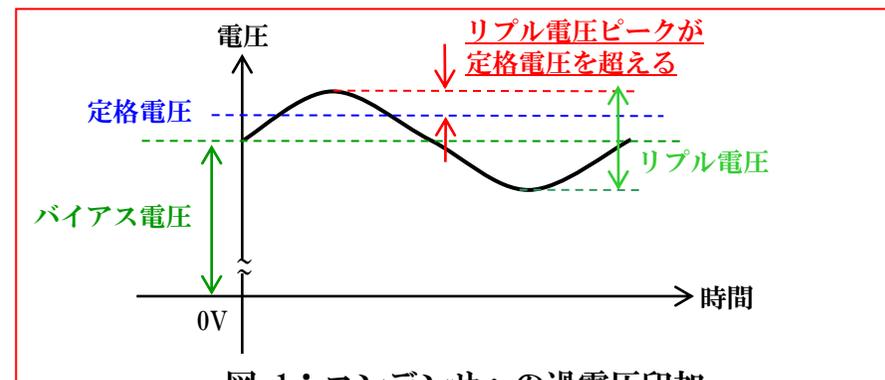


図-1：コンデンサへの過電圧印加

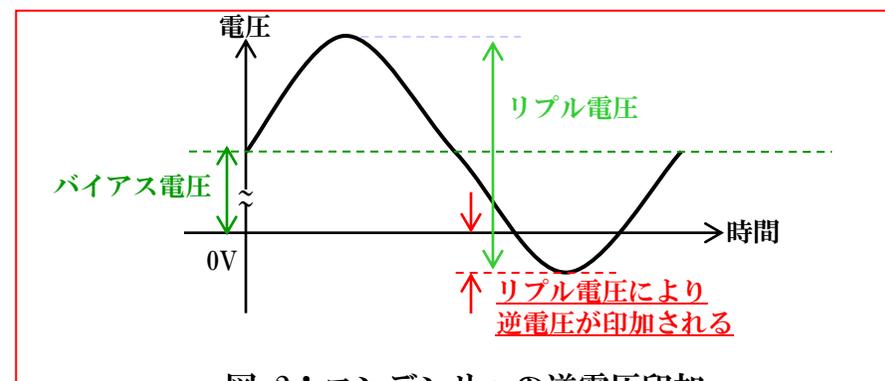


図-2：コンデンサへの逆電圧印加

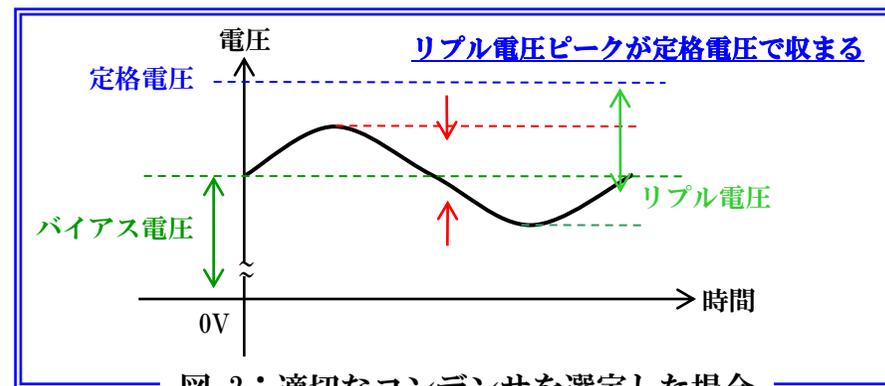


図-3：適切なコンデンサを選定した場合

2. 使用事例と対策

1) アルミニウム電解コンデンサ

【用途：平滑用(電源部、etc)

整流用(フィルタ、電源安定化、etc)】

【事象：コンデンサ異常発熱/特性異常(短時間劣化)

圧力弁作動(オープン故障)】

◆要因①：電源方式がシリーズ電源からスイッチング電源に変更されたが周波数/温度補正が考慮されなかったため、許容リップル電流を超える電流がコンデンサに入力され、過剰発熱が発生し特性劣化が加速され寿命が短くなった。

◆要因②：フィルタ回路にコンデンサを使用していたが、回路共振により設計値を大幅に超える過大電流がコンデンサに入力され異常発熱を起こし、コンデンサの内圧上昇による弁作動・オープン故障が発生した。

⇒アルミニウム電解コンデンサは損失が比較的大きく、入力される電流によってワット発熱を起こします。回路設計段階でコンデンサに印加される電流最悪値を把握頂き、コンデンサが許容するリップル電流やインピーダンス値と照らし合わせた上、用途に沿った品種を選定して下さい。

またアルミニウム電解コンデンサには「直流電圧印加保証品」と「リップル重畳保証品」がありますので選定に当たっては要求仕様に沿った品種を選定して下さい。

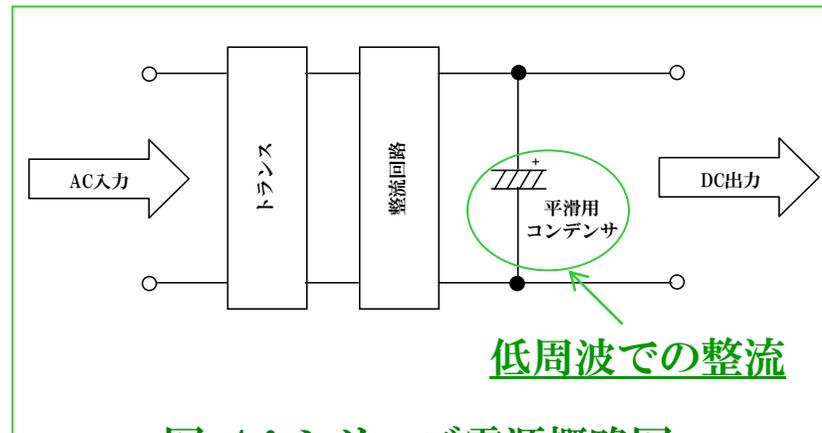


図-4：シリーズ電源概略図

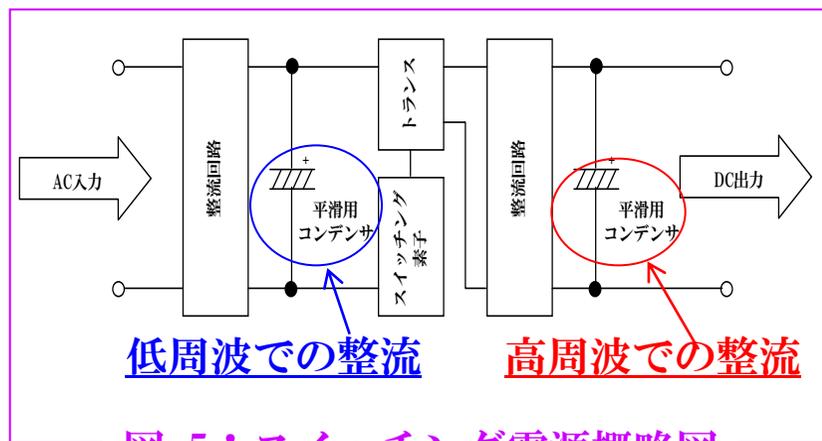


図-5：スイッチング電源概略図

2. 使用事例と対策

1) アルミニウム電解コンデンサ

【用途：瞬断バックアップ用、
ストロボ発光用、etc)】

【事象：コンデンサ特性異常(短時間劣化)
圧力弁作動(オープン故障)】

◆要因：コンデンサに頻繁な充放電が行われる回路に対し標準品を実装したところ、短時間で大きな特性劣化が見られた。更に使用を続けると圧力弁が作動した。

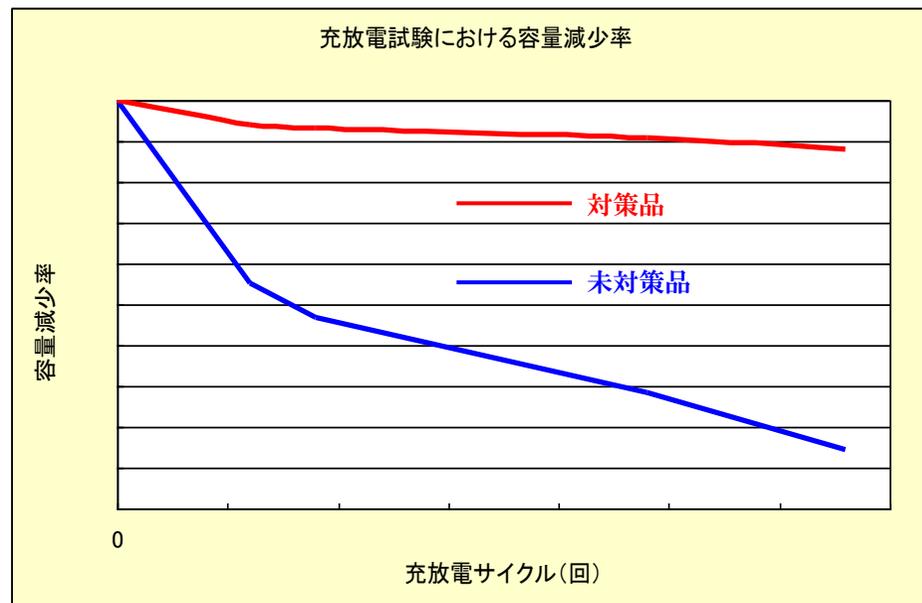


図-6：充放電対策品と未対策品の容量劣化比較(模式図)

⇒コンデンサ放電時には、陰極側と陽極側を同電位にするための電荷移動が生じ、陰極側に逆電圧が発生します。

頻繁に充放電が繰り返される回路に対しては「**充放電対策アルミニウム電解コンデンサ**」を使用して下さい。

2. 使用事例と対策

2) フィルムコンデンサ

【正しい選定の基本】 ① 印加電圧

(1) 直流電圧

- 定格電圧まで連続使用可
但し、一般的に高温領域で定格電圧の軽減必要（右図参照）

(2) 交流電圧（商用周波数）

- 交流定格電圧まで連続使用可
- 直流定格電圧のコンデンサを交流電圧で使用する場合はコンデンサの品種毎に定める交流使用可能電圧以内で使用

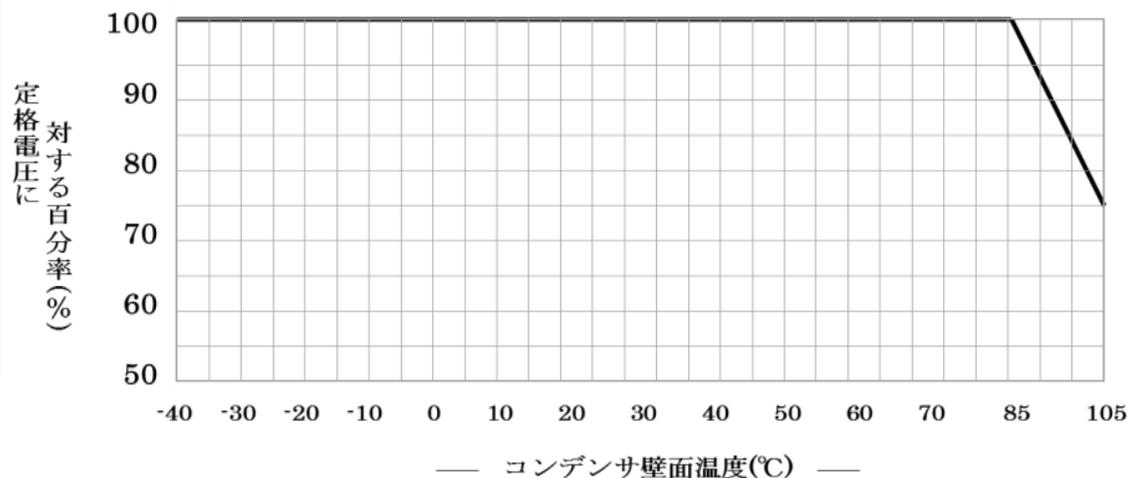
(3) サージ電圧

- 基本的には直流定格電圧以内（ V_{0-p} ）で使用可。
但し、許容サージ電流（ dV/dt 値）以内であること

(4) 高周波電圧

- （商用周波数を超える周波数）
- コンデンサが自己発熱しますので許容電流以下の高周波電圧以内で使用可

使用温度に対する定格電圧の軽減曲線（例）



周囲温度でなく、コンデンサ本体の温度です。

2. 使用事例と対策

2) フィルムコンデンサ

【正しい選定の基本】 ② 通電電流

許容電流値は、サージ電流と連続電流に区分して考え両方を満足する必要があります。

(1) サージ電流

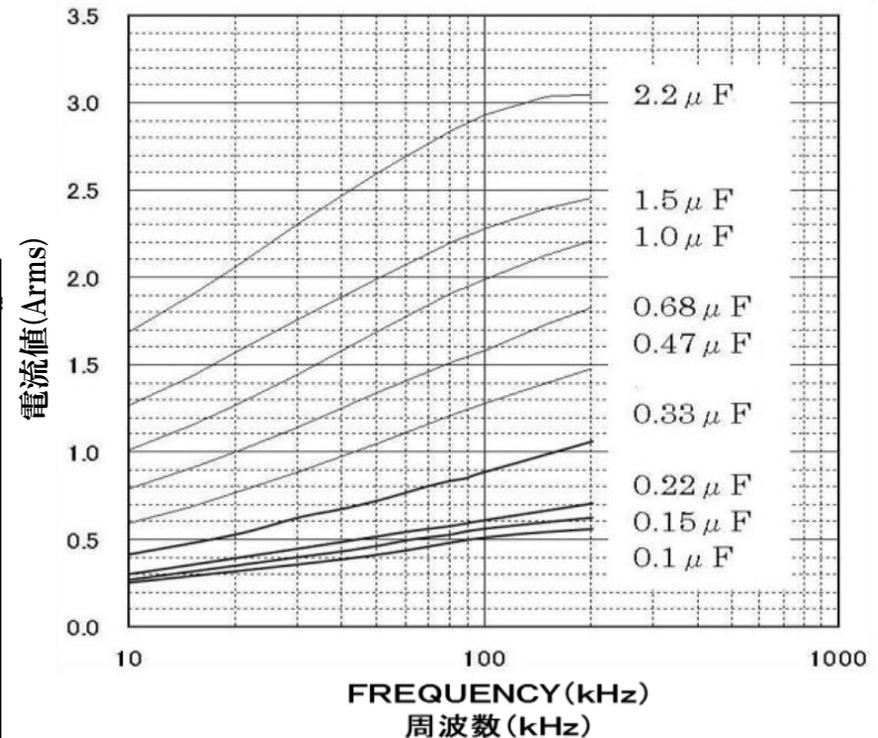
- 蒸着電極タイプは大きなサージ電流が流れると、蒸着電極-メタリコン電極間が外れ、最後にはオープンモードとなることがあるため制限が必要です。
この制限値として、一般的に dV/dt ($V/\mu s$) 値を用いており、許容サージ電流値は上記と静電容量値の積となります。
(なお印加回数に制限を設けている場合があります)

許容サージ電流：
$$A_{0-P} = C \times \frac{dV}{dt}$$

(2) 連続電流

- 高周波電流（リップル電流）が流れることでコンデンサは自己発熱しますので、周波数別に規定された許容電流値（実効電流値）以内でご使用ください。（上図参照）

周波数別許容電流値(例)



2. 使用事例と対策

2) フィルムコンデンサ

■セット機器：テレビ、電源部

■コンデンサの種類：電磁障害防止用コンデンサ（定格275V）

■不具合状況：中国にてIH湯沸かし器(中国製)を使用の直後にテレビ（スタンバイ時）が故障

■原因分析：

IH湯沸かし器を分析すると、

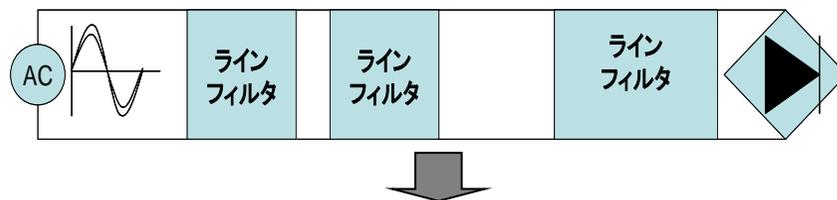
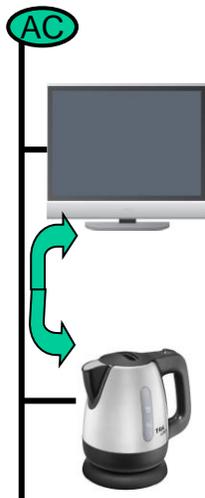
→ACラインフィルタ回路なし

→アクティブフィルタ回路なし

→1,200W/25kHzで発振。

電源ライン20～25kHzで

妨害ノイズが発生。



*当該コンデンサが20～25kHzでLC共振し
5Arms以上の電流が流れる。
(電流増幅現象)

フィルムコンデンサ焼損

■正しい使い方：

→インバータ化、IH化による高周波ノイズ発生機器が急増。

→法的規制がないために、特に海外仕向け地の電源事情を調査し、セット側、部品側での自己防衛策（フィルタ機能強化、不安全状態に繋がらない部品の選定等）を実施する。

2. 使用事例と対策

2) フィルムコンデンサ

■セット機器：IH調理器

■コンデンサの種類：電磁障害防止用コンデンサ

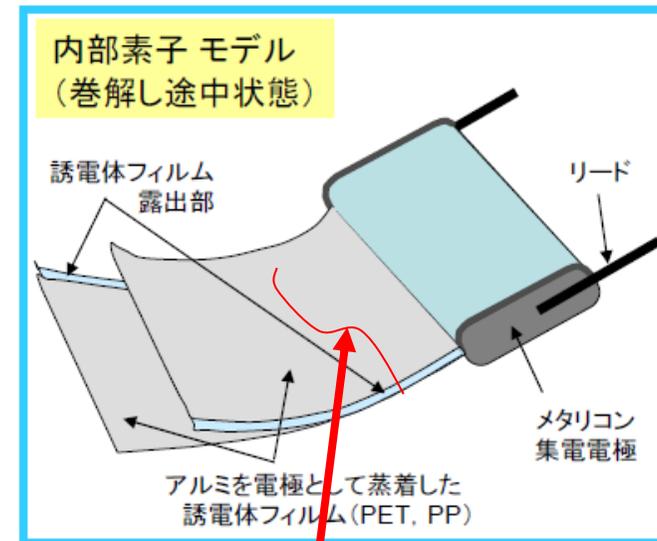
■不具合状況：IH調理器のSWをONにする毎にスペックを超える高いサージ電流が発生

■原因分析：

フィルムコンデンサの充放電時に許容値を超えたパルス電流が繰返し流れ込む、又は流れ出すことにより、内部素子の抵抗特性($\tan \delta$ ：誘電正接)が劣化し、場合によっては発煙・発火につながる恐れがある。

■正しい使い方：

SW開閉時等の非定常時や過渡状態での使用条件を確認し、適切な部品を選定



接触抵抗発熱により、
蒸着電極の欠陥が発生

フィルムコンデンサ焼損

2. 使用事例と対策

2) フィルムコンデンサ

■セット機器：AV機器 電源ユニット

■コンデンサの種類：電磁障害防止用コンデンサ

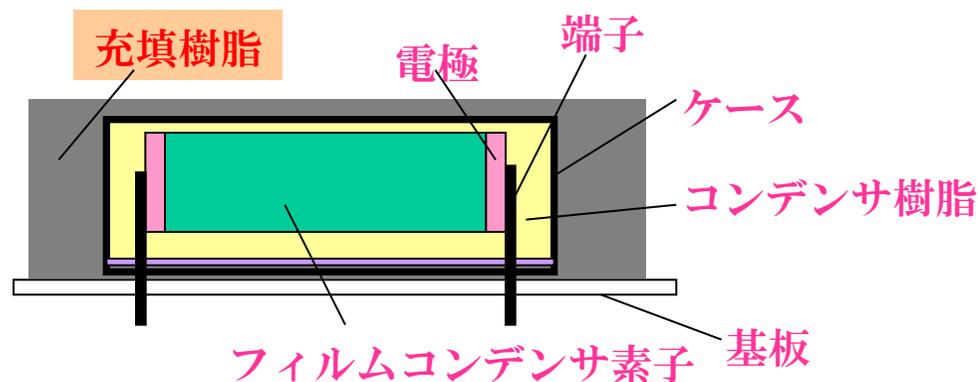
■不具合状況：

■原因分析

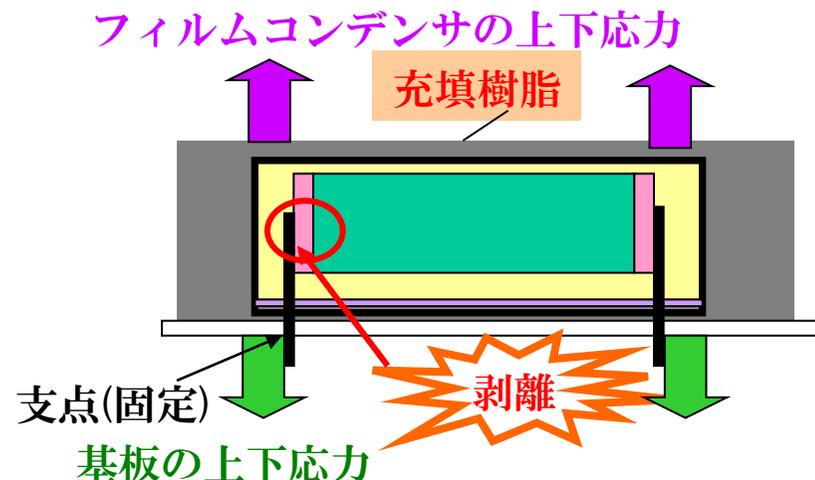
*コンデンサの取付け構造

コンデンサを基板に実装し、さらにコンデンサ全体を樹脂充填（埋設）する。

- 充填樹脂が膨脹・収縮を繰り返し、
- フィルムコンデンサと基板装着部に応力が集中し、
- 端子と電極の接合箇所が剥離した。



*リード線接続部分が断線スパークし、コンデンサが焼損



■正しい使い方

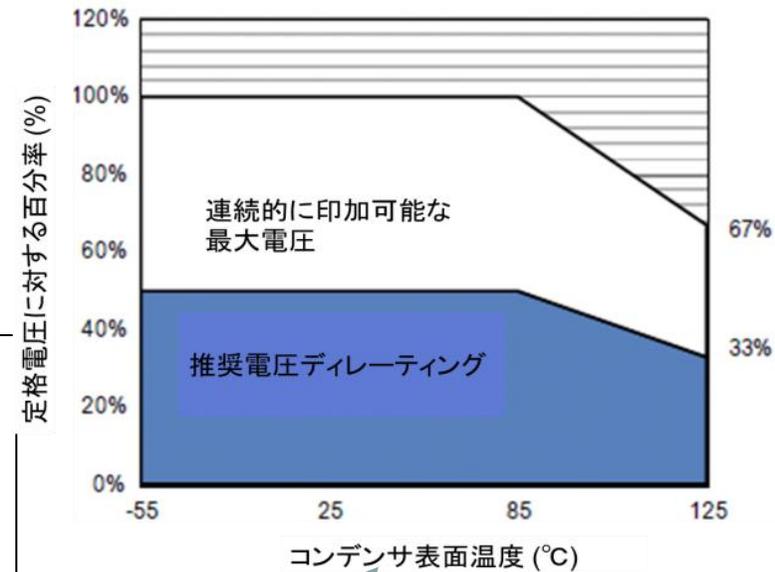
*部品を樹脂に埋設して固定する等、特殊な実装方法を採用する場合は、スペックを満足できなくなる恐れがありますので必ず部品メーカーにお問合せください。

2. 使用事例と対策

3) タンタル電解コンデンサ

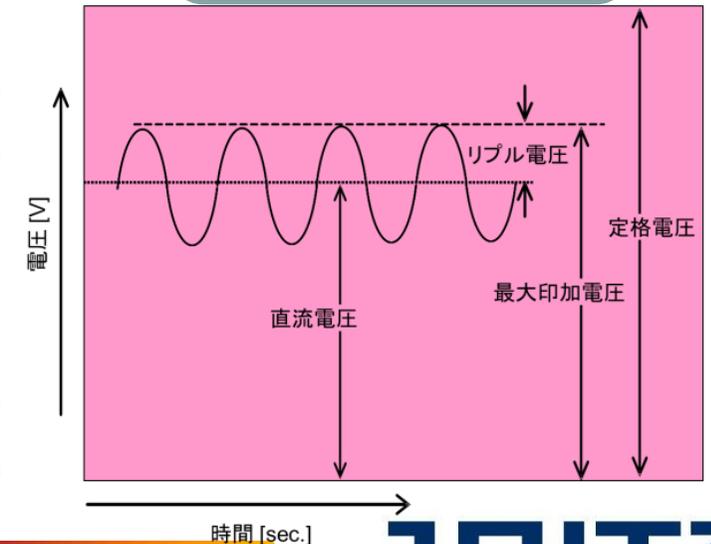
【正しい選定の基本】 ① 印加電圧

- (1) 使用電圧に対して十分余裕のある定格電圧を有する製品を選定して下さい。
- (2) タンタル電解コンデンサは有極性です。逆電圧が印加されないようにして下さい。
- (3) 最大印加電圧（直流電圧とリップル電圧の和）が定格電圧を超えないようにして下さい。
- (4) タンタル電解コンデンサの故障の約90%はショートおよび漏れ電流スペックオーバーです。故障を避けるため印加電圧を下記の推奨電圧ディレーティングに低減して下さい。



周囲温度ではなく、
コンデンサ本体の
表面温度です。

	-55°C~+85°C	+85°C~+125°C
連続的に印加可能な最大電圧	定格電圧(100%)以下	定格電圧の67% 以下
推奨電圧ディレーティング	定格電圧の50% 以下	定格電圧の33% 以下
サージ電圧	定格電圧の130% 以下	定格電圧の80% 以下



2. 使用事例と対策

2) タンタル電解コンデンサ

【正しい選定の基本】 ② 通電電流

リップル電流、突入電流、サージ電流および
発煙や焼損への対策要否を配慮してください

(1) リップル電流

- リップル電流(高周波電流)が流れることでコンデンサが自己発熱しますので、カタログや製品仕様書に規定された許容電流値(実効電流値)以内でご使用ください。
- タンタル電解コンデンサのリップル電流の許容値は、周波数と温度によって変化します。使用する周波数と温度に応じてリップル電流許容値を補正してください。

(2) 突入電流, サージ電流

- 突入電流やサージ電流が間欠的に繰り返して流れる用途では、 $3\Omega/V$ 以上の保護抵抗器をコンデンサに直列に接続してください。
- 突入電流やサージ電圧の値が判明している場合には、その値に耐えられる低インピーダンス、突入電流値を有する製品を選定してください。

(3) 発煙や焼損への対策

- タンタル電解コンデンサが故障した後も継続して通電されると、コンデンサが高温になって発煙、焼損する場合があります。
- 発煙や焼損を避けるためには、「ヒューズ内蔵型のタンタル電解コンデンサ」を使用してください。または、通電電流に応じたヒューズをコンデンサに直列に接続してください。

2. 使用事例と対策

3) タンタル電解コンデンサ

事件事例と正しい使い方①

■セット機器：ノートPC

■コンデンサの種類：表面実装型タンタル電解コンデンサ
(定格電圧：6.3V/100 μ F品)

■不具合状況：D.C.19V→D.C.5V変換の降圧コンバータ出力平滑用途に
定格6.3V/100 μ F品を使用していたが、使用開始から
1年経過後に電池での駆動不能となった。

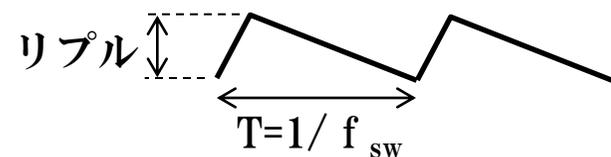
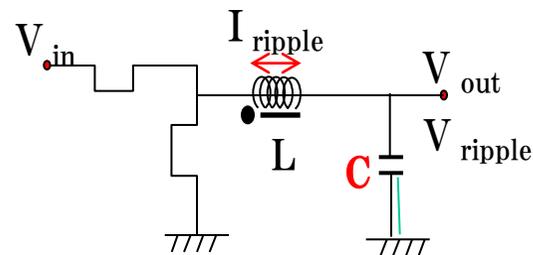
■原因分析：降圧コンバータ設計時の出力リップル電流値の予測が甘く、
許容値を超えるリップル電流が当該コンデンサに流れ込み、
自己発熱が大きくなって当該コンデンサがショートに至った。
その後、電流保護機構が作動して降圧コンバータの駆動が
停止した。

■正しい使い方：

(1)出力リップル電流値を再度計算、許容リップル電流値が計算値の2倍を有する製品を選定。

(2)降圧コンバータ設計見直し、チョークコイルの定数低減により出力リップル電流値を低減。

その上で許容リップル電流値に余裕がある製品を選定。



$$I_{ripple} = \frac{1}{L} \times \frac{(V_{in} - V_{out}) \times V_{out}}{V_{in}} \times T$$

$$V_{ripple} = I_{ripple} \times \left(ESR + \frac{1}{2\pi f_{sw} C} \right)$$

2. 使用事例と対策

3) タンタル電解コンデンサ

事件事例と正しい使い方②

■セット機器：携帯電話

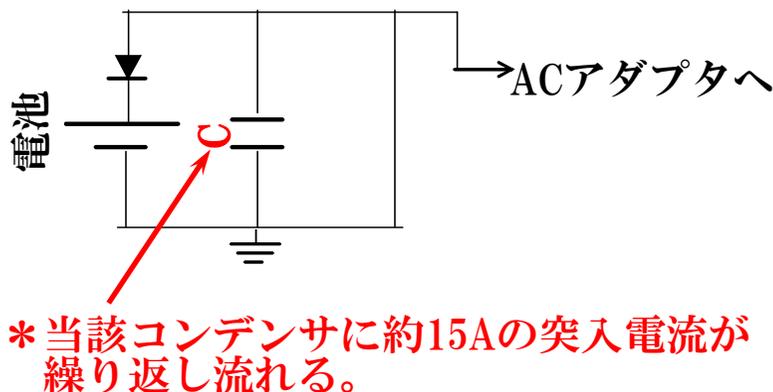
■コンデンサの種類：表面実装型タンタル電解コンデンサ
(標準品、定格電圧：10V)

■不具合状況：充電器で充電状態でACアダプタを
抜き差ししていたところ、携帯電話
が通話不能になった。

■原因分析：充電時に、電池に直接接続された、
電圧変動抑制用の当該コンデンサに
約15Aの突入電流が繰り返し印加され
当該コンデンサがショート状態になった。
故障の程度によっては発煙・焼損に至る恐れがあった。

■正しい使い方：

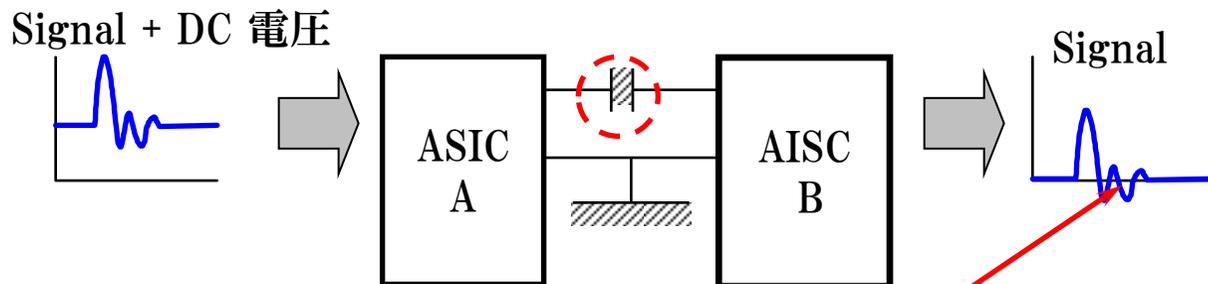
使用条件を確認し、突入電流20A保証の適切な部品を選定。



2. 使用事例と対策

3) タンタル電解コンデンサ

事件事例と正しい使い方③



*瞬間的に逆電圧が印加される。

■セット機器：業務用 画像処理装置

■コンデンサの種類：

表面実装型タンタル電解コンデンサ(定格：10V/220 μ F)

■不具合状況：画像処理回路において、ASIC-AとASIC-Bの画像信号伝送のカップリング用に表面実装型タンタル電解コンデンサ10V/220 μ Fを搭載した所、装置検査工程にて画像信号乱れ多発

■原因分析：当該カップリング回路において、当該タンタル電解コンデンサにはD.C.バイアスに画像信号(交流成分)が重畳された電圧が入力され、D.C.バイアスが除去され画像信号のみが出力される際に当該コンデンサに瞬間的に逆電圧が印加されてショートに至っていることが判明した。その後、二つのASICの電流保護機構が作動して回路の駆動は停止した。

■正しい使い方：当該タンタル電解コンデンサを10V/47 μ Fのセラミックコンデンサの複数個使用に変更。カップリング用途、電圧変動によって瞬間的であっても逆電圧が印加される用途では、セラミックコンデンサやフィルムコンデンサのような無極性コンデンサを使用してください。

3. 関連規格

【コンデンサ全般】

- IEC 60384-1/JIS C 5101-1：電子機器用固定コンデンサ 品目別通則
- RCR-1001A：電気・電子機器用部品の安全アプリケーションガイド

アルミニウム電解コンデンサ/アルミニウム固体電解コンデンサ

- IEC 60384-4/JIS C 5101-4：アルミニウム電解コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-18/JIS C 5101-18：表面実装用アルミニウム電解コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-25/JIS C 5101-25：表面実装用アルミニウム導電性高分子コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-26/JIS C 5101-26：アルミニウム導電性高分子コンデンサ 品種別通則
- RCR-2367B：電子機器用固定アルミニウム電解コンデンサの安全アプリケーションガイド

フィルムコンデンサ

- IEC 60384-2/JIS C 5101-2：メタライズドPETフィルム直流コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-11/JIS C 5101-11：PETフィルム金属はく直流コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-13/JIS C 5101-13：PPフィルム金属はく直流コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-16/JIS C 5101-16：メタライズドPPフィルム直流コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-17/JIS C 5101-17：メタライズドPPフィルム交流及びパルスコンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-20/JIS C 5101-20：メタライズドPPSフィルムチップ直流コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-23/JIS C 5101-23：メタライズドPENフィルムチップ直流コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-14/JIS C 5101-14：電源用電磁障害防止コンデンサ 品種別通則
- RCR-2350D：電子機器用固定プラスチックフィルムコンデンサの安全アプリケーションガイド

3. 関連規格

【コンデンサ全般】

- IEC 60384-1/JIS C 5101-1：電子機器用固定コンデンサ 品目別通則
- RCR-1001A：電気・電子機器用部品の安全アプリケーションガイド

タンタル電解コンデンサ/タンタル固体電解コンデンサ

- IEC 60384-3/JIS C 5101-3：表面実装用タンタル電解コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-15/JIS C 5101-15：タンタル電解コンデンサ 品種別通則
- IEC 60384-24/JIS C 5101-24：表面実装用タンタル導電性高分子コンデンサ
- RCR-2368B：電子機器用固定タンタル固体電解コンデンサの安全アプリケーションガイド

電気二重層コンデンサ (EDLC)

- IEC 62391-1/JIS C 5160-1：電気二重層コンデンサ 品目別通則
- IEC 62391-2/JIS C 5160-2：パワー用固定電気二重層コンデンサ 品種別通則
- RCR-2370C：電気二重層コンデンサ(EDLC)の安全アプリケーションガイド
- (JEITA刊行物)電気及び電子機器用電気二重層キャパシタの輸送に関する手引書—第2版—

リチウムイオンキャパシタ (LIC)

- IEC 62813：リチウムイオンキャパシタ(LIC)の電氣的試験方法 (※2014年IS予定、2015年度JIS化活動予定)
- RCR-2377：リチウムイオンキャパシタ(LIC)の安全アプリケーションガイド
- (JEITA刊行物)電気及び電子機器用リチウムイオンキャパシタの輸送に関する手引書

ご静聴、ありがとうございました。