

# 一次回路用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/磁器コンデンサ～

電子部品部会  
技術・標準戦略委員会  
標準化専門委員会

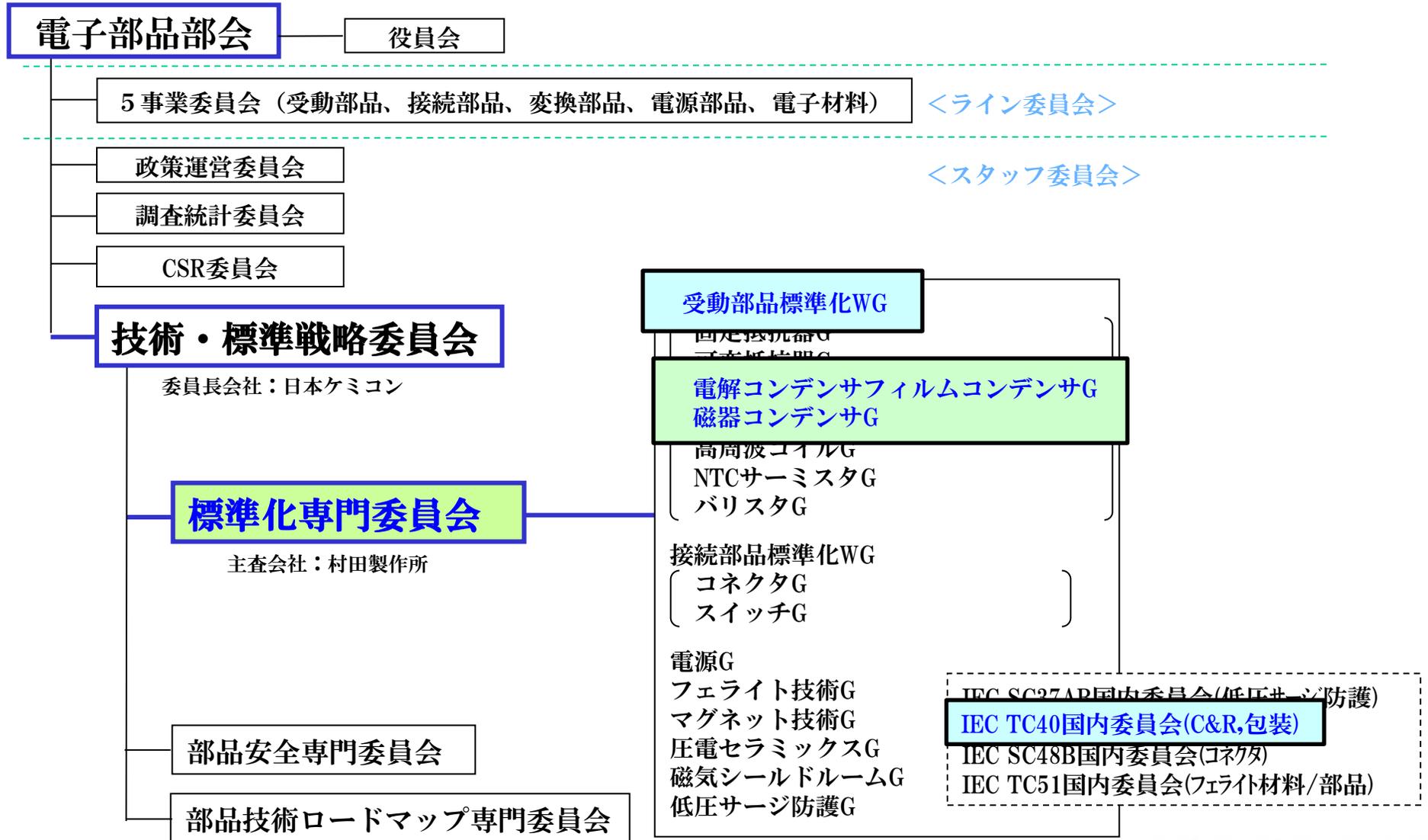
受動部品標準化WG 監事  
電解・フィルムコンデンサG 幹事

2015/10/21

阿部良憲 (ニチコン)

# 1. はじめに

## 1) 受動部品標準化WGと、傘下のコンデンサ関連団体



# 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

磁器コンデンサ  
(セラミックコンデンサ)

→極性がない、低ESR/低ESL、高周波特性に優れる  
信号回路、無線回路、EMC、ノイズフィルタ

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

→絶縁性が高い、極性がない、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) 磁器コンデンサ(表面実装用)

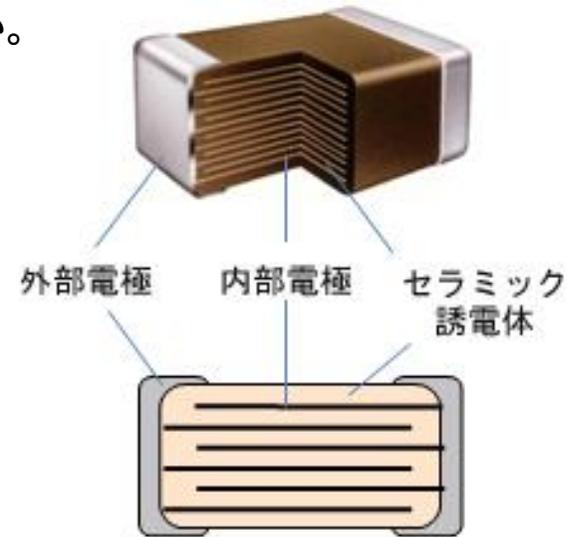
#### 主な特徴

#### <長所>

- (1) 高温で焼結された一体構造で気密性に優れ、信頼性が高い。
- (2) 小形でより大きな静電容量が得られる
- (3) 極性がない
- (4) 等価直列抵抗 (ESR) が低く高周波特性が優れる。
- (5) 等価直列インダクタンス (ESL) が小さい。

#### <短所>

- (1) 主な構成材料が**磁器**であるため、
  - ①実装時などでの機械的衝撃及び応力
  - ②はんだ付け時での熱的衝撃などにより**コンデンサ本体にクラックが入ると、絶縁抵抗やその他の性能の低下につながる。**
- (2)**種類2**のコンデンサは、**強誘電体磁器**を使用しているので、**温度や印加電圧、或いは経時的に静電容量などの特性が変化する。**



## 2. 使用事例と対策

### 1) 磁器コンデンサ(表面実装用)

#### <ワンポイント>

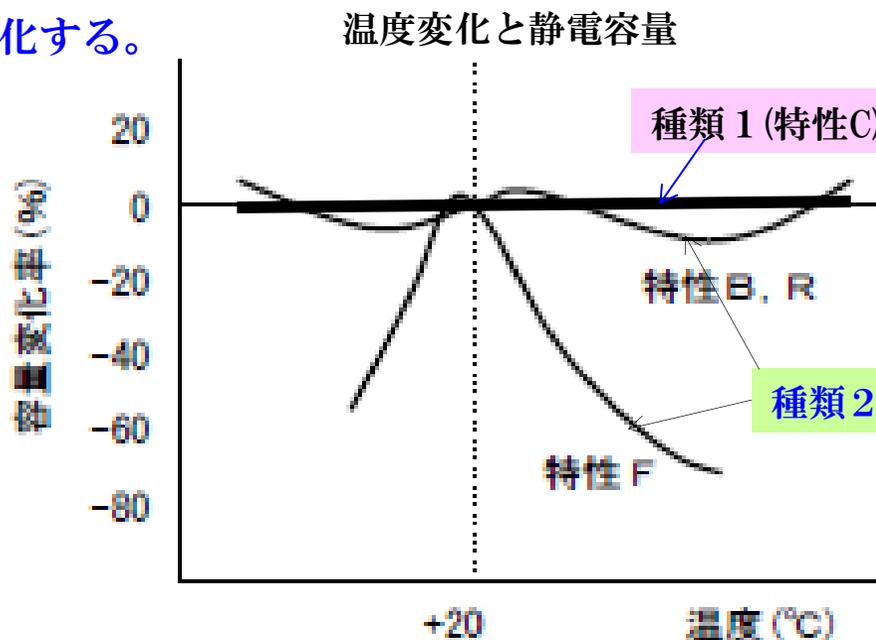
(1) 温度によって静電容量などの特性が変化する。

#### <現象>

(1) コンデンサの電気特性は使用される誘電体磁器の温度依存性による。

静電容量：(右図)

絶縁抵抗：高温で抵抗が低下する。  
(程度は磁器による)



#### <留意事項・対策>

(1) 定格温度以内で使用してください。

(2) セット外だけでなく、セット内の蓄積温度の上昇にも配慮ください。

(3) 自己発熱による温度上昇にも配慮ください。

・高周波回路やリップル電流(交流成分)のある回路では、等価直列抵抗分で自己発熱する。

(4) 他部品からの熱伝導や放射にも留意ください。例)基板の配線や端子を通じての熱伝導

<NOTE> 表面温度がカテゴリ上限温度以下になるようにしてください。

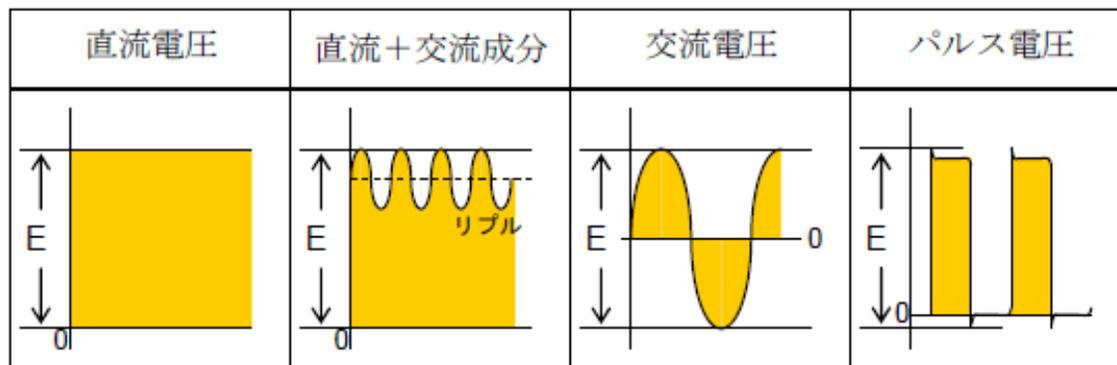
## 2. 使用事例と対策

### 1) 磁器コンデンサ(表面実装用)

#### <ワンポイント>

(1) 定格電圧を超えるような電圧を印加しない。

- ① 直流に交流成分が重畳された場合：尖頭電圧の和（Zero-to-peak 電圧）を定格電圧以下に。
- ② 交流又はパルスの場合：尖頭電圧の和（Peak-to-peak 電圧）を定格電圧以下に。



#### <現象>

(1) 定格電圧を超える電圧が印加されると、寿命低下だけでなく、絶縁抵抗の劣化や短絡に至ることがある。

#### <留意事項>

- (1) 異常電圧（サージ電圧、静電気、スイッチON-OFF時のパルスやノイズ）の存在に注意する。
- (2) ライン電圧の変動（+/-10%）を考慮する。
- (3) コンデンサを直列に接続した場合は、各内部抵抗に比例して、バランスを取る回路（分圧抵抗器など）を付加して、個々に定格電圧以下にする。

#### <NOTE>

(1) 不具合に至るまでの時間は、印加電圧及び周囲温度によって異なる。

## 2. 使用事例と対策

### 1) 磁器コンデンサ(表面実装用)

#### <ワンポイント>

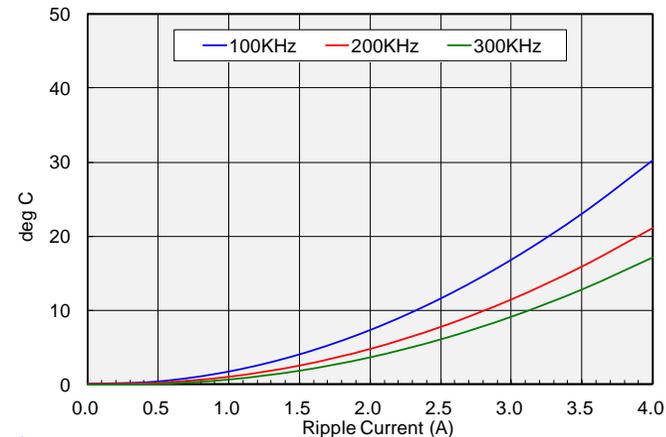
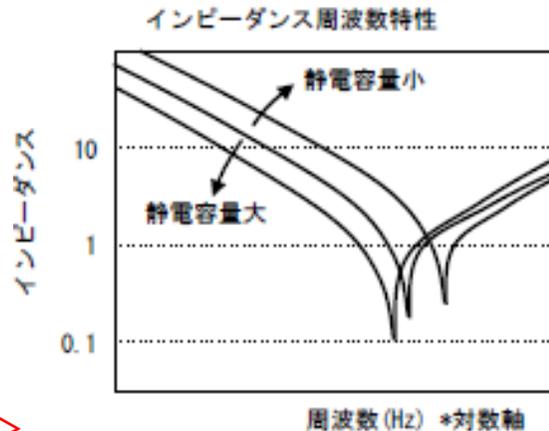
(1) コンデンサは、交流回路やパルス回路で使用する場合、自己発熱する。

#### <現象>

(1) 一般にコンデンサは直流用として設計されており、交流又はパルスの印加される回路では、(定格電圧以下でも) 大電流が流れ、自己発熱により絶縁が劣化しショートする場合がある。

#### <留意事項・対策>

(1) 交流又はパルスでは、自己発熱に留意し、表面温度が規定値を超えないようなコンデンサを使用する。



#### <NOTE>

- (1) 自己発熱温度はコンデンサの表面温度で確認する。
- (2) 一般的に表面温度上昇は20 °C以下に規定されている。
- (3) 自己発熱温度は、誘電体材料、静電容量、印加電圧、周波数、電圧波形などによって異なる。

## 2. 使用事例と対策

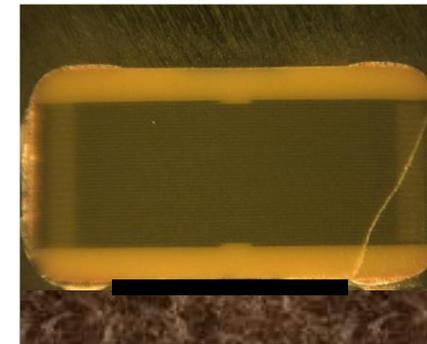
### 1) 磁器コンデンサ(表面実装用)

#### <ワンポイント>

(1) 基板にはんだ付けした後に基板が曲がると、コンデンサに割れが発生することがある。

#### <現象>

- (1) 部品実装後の基板がたわむと、凸面側のコンデンサに引張力が働き、コンデンサの端子電極の際に応力が集中して、割れる場合がある。
- (2) 基板分割時の部品への機械的ストレスは、  
プッシュバック<スリット<V溝<ミシン目の順で大きい。

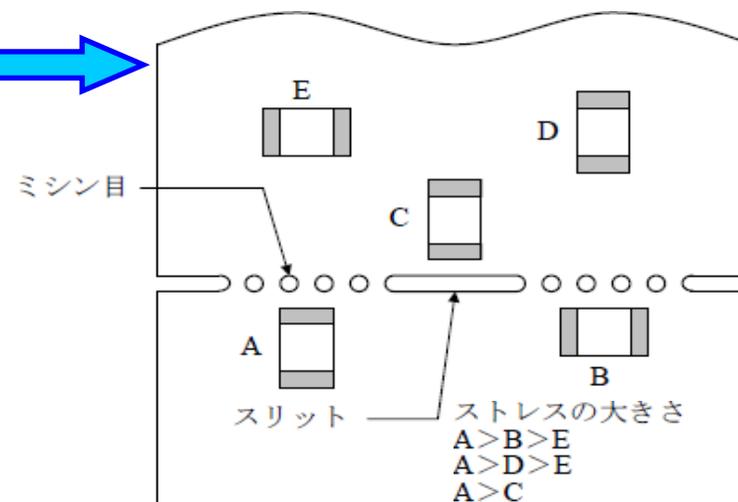


#### <留意事項・対策>

(1) 基板のたわみに対して極力ストレスの加わらないようなコンデンサ配置にする。(特に分割基板の部品配置)

(2) コンデンサを基板にはんだ付けした後極力基板が曲がらない工程を設計する。

- ① 基板カット工程
- ② ブレイク工程
- ③ ボードチェッカー工程
- ④ 部品取付け工程
- ⑤ シャーシへの取付け工程
- ⑥ リフロー後の基板の裏面のフローはんだ付け工程



## 2. 使用事例と対策

### 2) アルミニウム電解コンデンサ(非固体)

#### 【主な特徴】

▶故障モードのほとんどが摩耗故障であり、ショートモードになり難い。

▶有限寿命である。

→内部に誘電体(アルミニウム酸化被膜)の自己修復性を持つ電解液(=真の陰極)を用いており、電解液の継時的減少によるオープン故障が一般的。

▶静電容量の電圧依存性がない。

→定格電圧以下であれば、静電容量の出現率が一定。

▶温度・周波数による特性変化が比較的大きい。

→誘電体であるアルミニウム酸化被膜の誘電体損失、及び電解液の電気抵抗の性質により、各種電気特性の温度依存性、周波数依存性が比較的大きい。

## 2. 使用事例と対策

### 2) アルミニウム電解コンデンサ

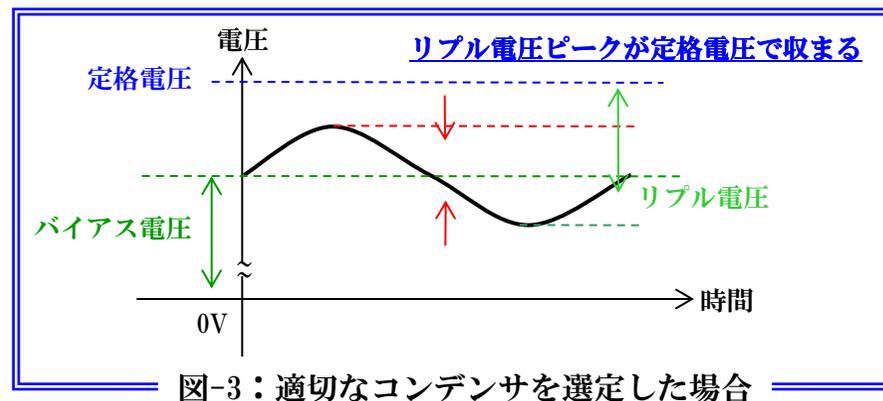
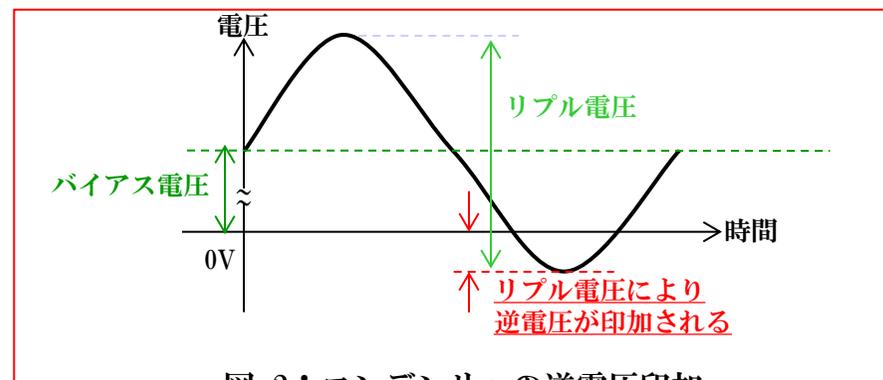
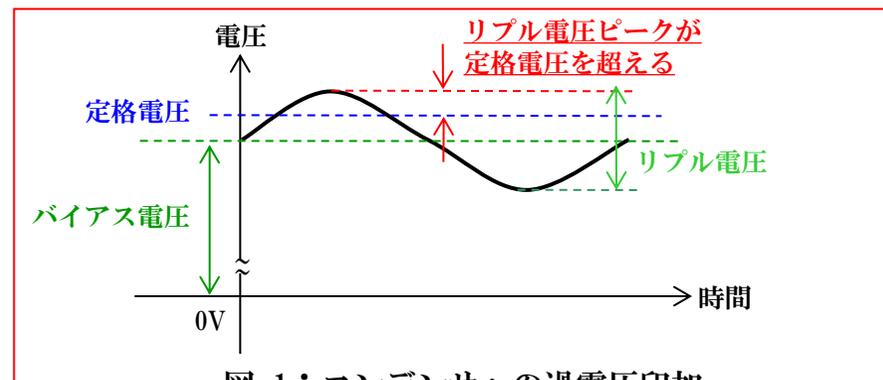
【用途：平滑用（電源部、DC-DC出力側、etc）】

【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。



## 2. 使用事例と対策

### 2) 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。

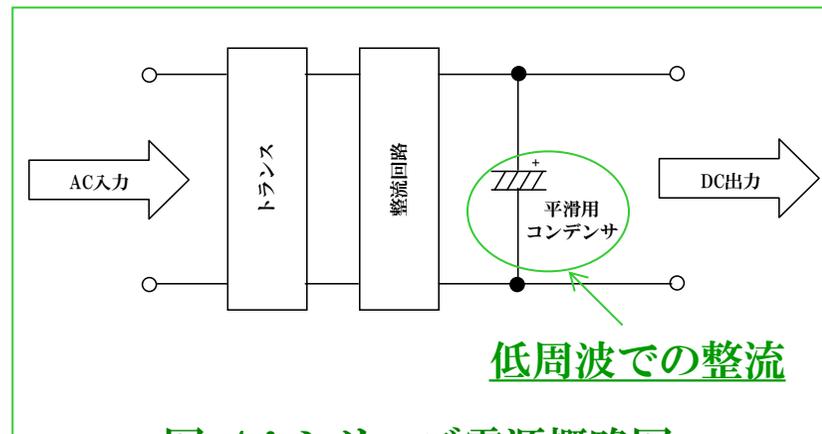


図-4：シリーズ電源概略図

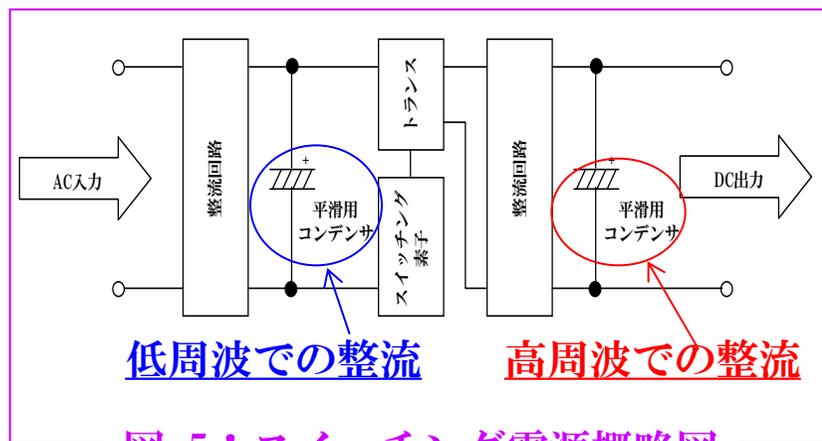


図-5：スイッチング電源概略図

## 2. 使用事例と対策

### 2) 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。

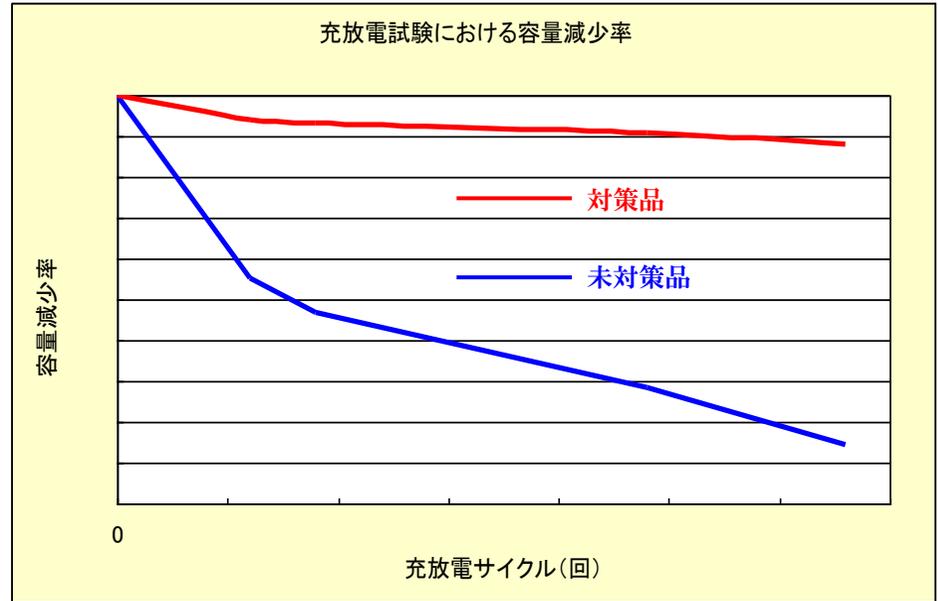


図-6：充放電対策品と未対策品の容量劣化比較(模式図)

⇒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

### 3) 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

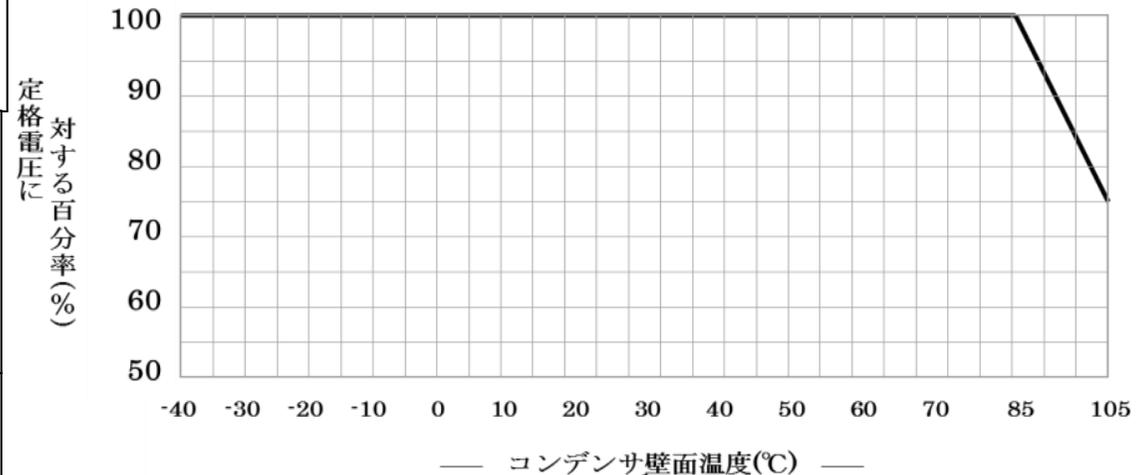
##### (3) サージ電圧

- 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

### 3) 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

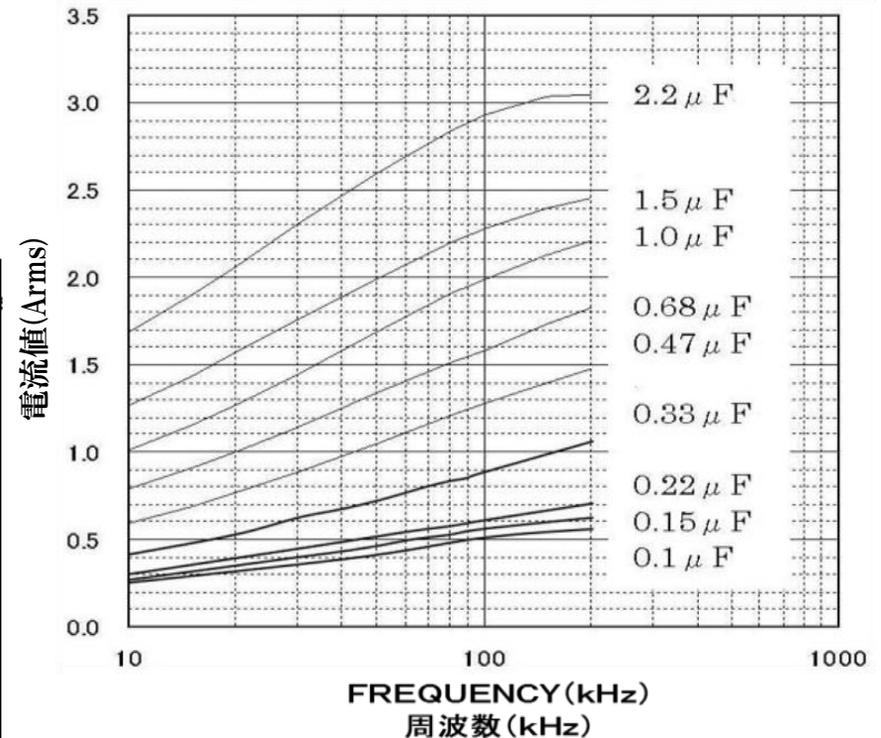
- 蒸着電極タイプは大きなサージ電流が流れると、蒸着電極-メタリコン電極間が外れ、最後にはオープンモードとなることがあるため制限が必要です。  
この制限値として、一般的に  $dV/dt$  ( $V/\mu s$ ) 値を用いており、許容サージ電流値は上記と静電容量値の積となります。  
(なお印加回数に制限を設けている場合があります)

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

### 3) 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：

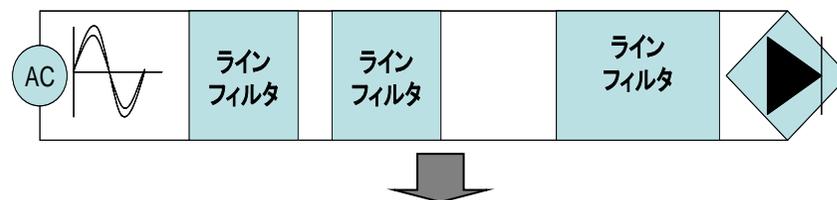
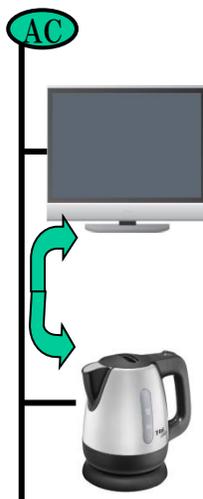
IH湯沸かし器を分析すると、

→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

→1200W/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

### 3) 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

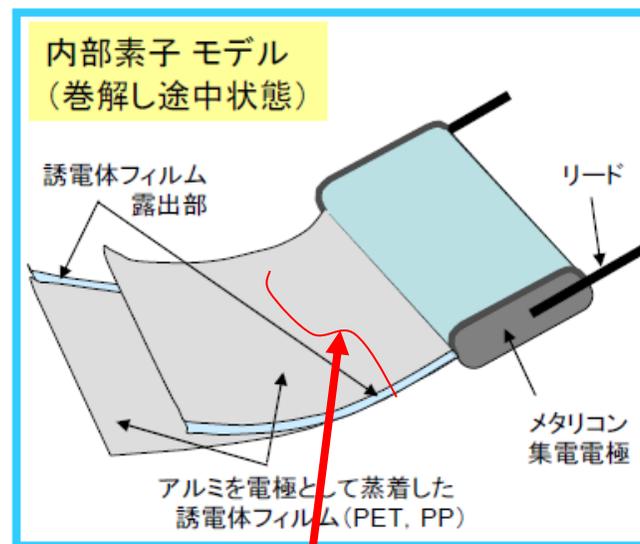
■不具合状況: IH調理器のSWをONにする毎にスペックを超える高いサージ電流が発生

■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り返し流れ込む、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

### 3) 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

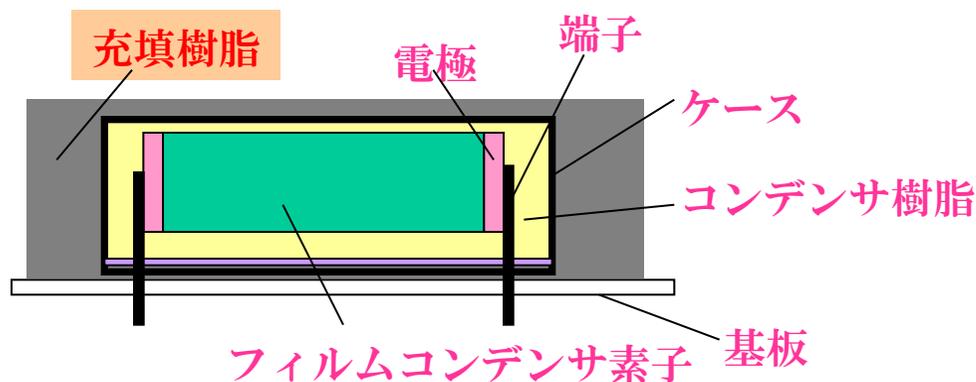
■不具合状況：

\*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。

■原因分析

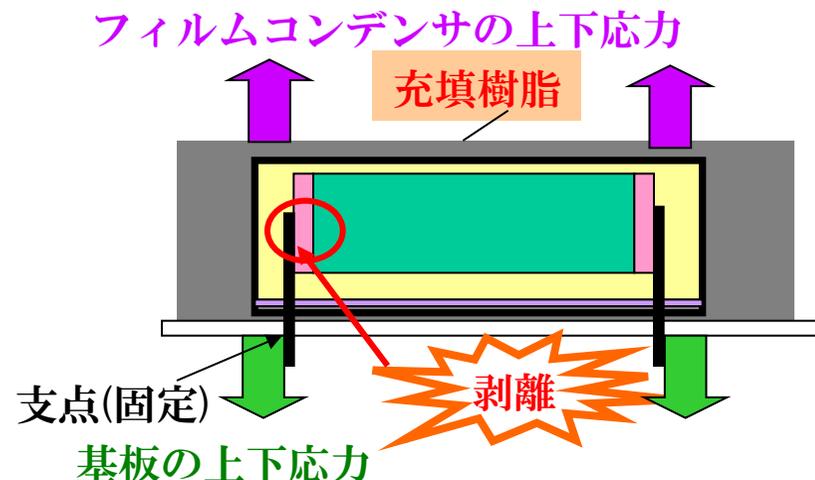
- 充填樹脂が膨脹・収縮を繰り返し、
- フィルムコンデンサと基板装着部に応力が集中し、
- 端子と電極の接合箇所が剥離した。



\*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。



### 3. 関連規格

#### 【電子機器用コンデンサ】

- 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

#### 磁器コンデンサ (セラミックコンデンサ)

- IEC 60384- 8/JIS C 5101- 8：磁器コンデンサ 種類1
- IEC 60384- 9/JIS C 5101- 9：磁器コンデンサ 種類2
- IEC 60384-21/JIS C 5101-21：表面実装用積層磁器コンデンサ 種類1
- IEC 60384-22/JIS C 5101-22：表面実装用積層磁器コンデンサ 種類2
- RCR-2335C：電子機器用固定磁器コンデンサ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
- 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
- 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
- IEC 60384-26/JIS C 5101-26：アルミニウム導電性高分子コンデンサ
- 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

### 3. 関連規格

#### 【電子機器用コンデンサ】

- 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
- IEC 60384-15/JIS C 5101-15：固定タンタル非固体又は固体電解コンデンサ
- 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-2368C：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 (2015年度改訂)

#### 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
- IEC 60384-11/JIS C 5101-11：PETフィルム金属はく直流コンデンサ
- IEC 60384-13/JIS C 5101-13：PPフィルム金属はく直流コンデンサ
- 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
- 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
- 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
- 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
- IEC 60384-14/JIS C 5101-14：電源用電磁障害防止コンデンサ
- 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

#### 【電気及び電子機器用キャパシタ】

○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

#### 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
- IEC 62391-2/JIS C 5160-2：パワー用固定電気二重層コンデンサ
- 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、2015年度対応JIS作成開始)
- 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