

JEITA

電子情報技術産業協会技術レポート

Technical Report of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

JEITA RCR-2335B

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

**Safety application guide for fixed ceramic capacitors
for use in electronic equipment**

2002年3月制定

2008年3月改正

作 成

受動部品標準化専門委員会

Technical Standardization Committee on Passive Components

発 行

社団法人 電子情報技術産業協会

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

目 次

ページ

まえがき

1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	2
4 磁器コンデンサの構造と特徴及び基本性能	3
4.1 原理と種類	3
4.2 外観及び内部構造	3
4.2.1 外観	4
4.2.2 内部構造（及び主要材料）	5
4.3 主な特徴	6
4.3.1 長所	6
4.3.2 短所	6
4.3.3 磁器コンデンサの種類と静電容量範囲	6
4.4 基本性能	8
4.4.1 主な電気的特性	8
4.4.2 主な機械的特性, 耐候性及び信頼性	8
4.4.3 主な安全性	9
5 磁器コンデンサの選定	9
5.1 選定に当って	9
5.2 使用環境条件からの選定	9
5.3 形状及び実装からの選定	9
5.4 選定事例	9
5.4.1 使用条件による区分例	9
5.4.2 実装及び包装形態からの形状選定例	9
5.5 選定要因及び故障モード	10
5.6 その他	10
6 設計上の確認事項	15
6.1 耐候性要因における確認事項	15
6.1.1 使用環境温度	15
6.1.2 温度変化によるコンデンサの特性	16

6.1.3	周囲環境での腐食性ガス及び溶剤	17
6.1.4	直射エネルギー	18
6.2	電氣的要因における確認事項	19
6.2.1	静電容量測定	19
6.2.2	印加電圧	20
6.2.3	充放電電流（使用電流の電流制限）	22
6.2.4	印加電圧の種類及び自己発熱温度	23
6.2.5	直流電圧特性及び交流電圧特性	25
6.2.6	静電容量の経時変化	26
6.2.7	圧電現象	27
6.3	機械的要因における確認事項	28
6.3.1	振動又は衝撃	28
6.3.2	引張り・押し及び曲げ	29
7	実装上の確認事項	30
7.1	プリント配線板設計仕様	30
7.1.1	取付け箇所の設計（ランドパターンの設計）	30
7.1.2	割板基板へのコンデンサ配置	32
7.1.3	基板穴の設計	34
7.2	実装前の取扱い方	35
7.2.1	取付け前の予備知識	35
7.2.2	包装・こん包部品の扱い方	36
7.3	実装時の取扱い方	37
7.3.1	実装機の調整（表面実装形コンデンサの場合）	37
7.3.2	実装機の調整（リード端子形コンデンサの場合）	38
7.3.3	接着剤の選定	39
7.4	はんだ付け条件	40
7.4.1	フラックスの選定	40
7.4.2	フローはんだ付け（リード端子形コンデンサの場合）	41
7.4.3	フローはんだ付け（表面実装形コンデンサの場合）	42
7.4.4	リフローはんだ付け	44
7.4.5	はんだこてによるはんだ付け（表面実装形コンデンサの場合）	46
7.4.6	はんだこてによるはんだ付け（リード端子形コンデンサの場合）	48

7.5	基板洗浄条件	49
7.5.1	基板洗浄	49
7.5.2	洗浄溶剤	50
7.6	固定及びコーティング	51
7.7	その他（取扱い）	52
7.7.1	基板分割	52
7.7.2	機械的衝撃	54
7.7.3	リード線加工	55
7.7.4	基板検査	56
7.7.5	交流（AC）耐電圧試験	57
8	機器稼働中の確認事項	58
9	輸送・保管上の一般的取扱い	59
9.1	保管上の取扱い	59
9.2	輸送上の取扱い	60
10	安全規格	61
11	安全と環境の確認事項	63
11.1	万一の場合	63
11.2	廃棄	63
	附属書 1（参考）チップ立ち（ツームストーン現象）を防ぐ対策事例	64
	附属書 2（参考）代表的な各種洗浄液の特性例	66
	附属書 3（参考）鉛フリーはんだ	67
	附属書 4（参考）バルクケースの取扱い	70
	附属書 5（参考）固定磁器コンデンサの静電容量エージング	72
	附属書 6（参考）コンデンサの推定寿命及び推定故障率の算出	74
	附属書 7（参考）故障及び故障率について	75
	関連文書	80
	解説	81

まえがき

このガイドラインは、電子部品及び電子機器業界全体での安全性の向上を図るために制定された **JEITA 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）に基づいて、社団法人 電子情報技術産業協会 電子部品部 受動部品標準化専門委員会 磁器コンデンサグループが作成したものです。

このガイドラインは、1995年に発行した **EIAJ RCR-2331**（単層磁器コンデンサ 200 V 以下 使用上の注意事項ガイドライン）、**EIAJ RCR-2332**（固定円板形磁器コンデンサの使用上の注意事項ガイドライン）及び **EIAJ RCR-2333**（固定積層磁器コンデンサの使用上の注意事項ガイドライン）を固定磁器コンデンサの使用上の注意事項ガイドラインに統合し、**EIAJ RCR-2335** として新規制定したものです。

今回の変更事項は、従来の注意事項を中心としたガイドラインに代わり、磁器コンデンサをよく知って頂くために、原理、特徴、基本性能、選定方法、故障モード、失敗事例などの一般的な事項を追加したものです。

このため、機器メーカーでの機器設計、実装工程、機器使用時などでの安全性確保を行うことに加え、部品メーカーでの納入仕様書の安全性についての事項を作成する上で活用頂けることを期待します。

なお、作成に当っては、部品メーカーが独自に把握している事項及び電子機器メーカーからの協力によって得られた事項を中心にまとめました。

また、電気・電子機器用部品の安全アプリケーションガイド（**JEITA RCR-1001A**）には、電子部品の安全に対する基本的な内容が記載されており、当ガイドラインとの併用をお勧めします。

電子情報技術産業協会技術レポート

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

Safety application guide for fixed ceramic capacitors for use in electronic equipment

1 適用範囲

このガイドラインは、磁器誘電体層に金属電極を形成させたコンデンサ及び磁器誘電体層と金属電極層とを交互に積み重ねたコンデンサに適用する。

このガイドラインは、電子部品自体の安全に対する取組み、電子部品の使用上での上手な使い方、推進項目などの情報を提供することによって、電子機器の安全性の向上を図ることを目的としている。したがって、このガイドラインの記載事項を遵守することによって、適用した電子部品及び電子機器の製品安全を保障するものではありません。

2 引用規格

JEITA 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

JIS C 5101-9 電子機器用固定コンデンサー第9部：品種別通則：固定磁器コンデンサ種類2

備考 IEC 60384-9, Fixed capacitors for use in electronic equipment - Part 9: Sectional specification: Fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2 からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS C 5101-21* 電子機器用固定コンデンサー第21部：品種別通則：表面実装用固定積層磁器コンデンサ種類1

備考 IEC 60384-21, Fixed capacitors for use in electronic equipment - Part 21: Sectional specification: Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 1 からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS C 5101-22* 電子機器用固定コンデンサー第22部：品種別通則：表面実装用固定積層磁器コンデンサ種類2

備考 IEC 60384-22, Fixed capacitors for use in electronic equipment Part - 22: Sectional specification: Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2 からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

注* JIS C 5101-10 は、JIS C 5101-21 及び JIS C 5101-22 に置き換わった。

JIS C 5101-14 電子機器用固定コンデンサー第14部：品種別通則：電源用電磁障害防止固定コンデンサ

備考 IEC 60384-14, Fixed capacitors for use in electronic equipment - Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS C 60721-3-1 環境条件の分類 環境パラメータとその厳しさのグループ別分類—保管条件

備考 IEC 60721-3-1, Classification of environmental conditions Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Section 1: Storage がこの規格と一致している。

JIS C 60721-3-2 環境条件の分類 環境パラメータとその厳しさの分類—輸送条件

備考 IEC 60721-3-2, Classification of environmental conditions - Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Section 2: Transportation がこの規格と一致している。

JIS C 5070 表面実装技術—表面実装部品（SMD）の輸送及び保管条件—指針

備考 IEC 61760-2, Surface mounting technology - Part 2: Transportation and storage conditions of surface mounting devices (SMD) - Application guide からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

IEC 60950-1 Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements

3 用語及び定義

このガイドラインで用いる主な用語の定義は、次による。

なお、ここでは磁器及び小形部品に特有のもの又は特に関係の深いもの、他の部品ではほとんど使われない用語の中で、本文で説明のないものを示す。

a) 静電容量の経時変化

放置などで時間経過で変化する静電容量。一般に磁器コンデンサ種類2、種類3といわれる磁器（チタン酸バリウム、ストロンチウム系などの磁器）を誘電体としたコンデンサにみられる現象。エージング特性ともいう。（**附属書 5** 参照）

b) 圧電現象

コンデンサに特定周波数の信号が印加されると、コンデンサ構造などで決まる固有振動数が共振してノイズや音が発生する現象。電歪現象ともいう。主に強誘電体磁器にみられる。

c) アレイ形

部品固体の中に、二つ以上の素子を並列に連ねて形成した構造。

d) 貫通形

内部電極の導体が中央部を貫通し、外部電極が接地できる構造。

e) 等価直列抵抗

コンデンサのインピーダンスを等価的に抵抗分とリアクタンス分の直列回路で表したときの抵抗分。

f) X コンデンサ

コンデンサが故障しても感電のおそれがない回路に用いる電磁障害防止用コンデンサ。アクロスザラインコンデンサともいう。

g) アクロスザラインコンデンサ

電源回路の電源線間に挿入して使用する電磁障害防止用コンデンサ。

h) Y コンデンサ

コンデンサが故障すると感電のおそれがある回路に用いる電磁障害防止用コンデンサ。使用電圧を限定しない場合、ラインバイパスコンデンサともいう。

i) ラインバイパスコンデンサ

電源回路の電源線と大地間又は筐体間に挿入して用いる電磁障害防止用コンデンサ。

j) パルクケース

表面実装形部品をバラの状態プラスチックケースに詰める包装形態。これに対応した部品実装機を用いることにより表面実装が可能になる。（**附属書 4** 参照）

k) キュリー温度

強誘電体磁器において、低温側で正方晶系であった結晶が立法晶系になる温度。チタン酸バリウム磁器の誘電率の温度特性は 124 °C 付近で鋭いピークを示す。

l) チップ立ち

小形の表面実装形部品のリフローはんだ付け時に、はんだの表面張力によって部品が一方の側のランドに引き寄せられ立ち上がってしまう現象。ツームストーン現象又はマンハッタン現象ともいう。

4 磁器コンデンサの構造と特徴及び基本性能

4.1 原理と種類

磁器コンデンサは、誘電体に磁器を利用したものである。その原理の概要を、次の図1に示す。

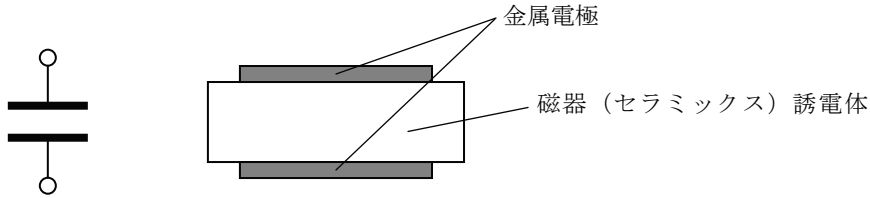


図1—磁器コンデンサの構造原理

磁器コンデンサは、その誘電体磁器材料の種類によって次の三つに分けられる。

(1) 温度補償用磁器コンデンサ（種類1）

電子機器の共振回路、その他一般に損失が低く、温度などに対する静電容量の安定性が必要で、主に温度補償用に用いる磁器を誘電体としたコンデンサ。

代表的な磁器材料は、酸化チタン。

(2) 高誘電率系磁器コンデンサ（種類2）

電子機器の側路用及び回路の結合用のように、損失及び静電容量の安定性があまり必要でない用途に用いる高誘電率系磁器を誘電体としたコンデンサ。

代表的な磁器材料は、チタン酸バリウム。

(3) 半導体磁器コンデンサ（種類3）

電子機器の側路用及び回路の結合用のように、損失及び静電容量の安定性があまり必要でない用途に用いる半導体化した磁器を誘電体としたコンデンサ。

次の二種類に代表される。

- ・表層形半導体磁器コンデンサ：半導体磁器の表面に形成した酸化被膜を誘電体としたコンデンサ。
- ・粒界層形半導体磁器コンデンサ：半導体磁器の絶縁化した結晶粒界層を利用したコンデンサ。

4.2 外観及び内部構造

外観及び内部構造の組合せは、次のとおりであり、次の図2から図8に外観及び内部構造の代表的な例を示す。また、これ以外にも種類があるので、部品メーカーに確認下さい。

表1—外観及び内部構造の組合せ

外観 \ 内部構造	積層形		単層形		
	一般形	アレイ形	円板形	円筒形	貫通形
表面実装形	○	○		○	○
リード端子形	○		○	○	○

(1) 外観上の分類

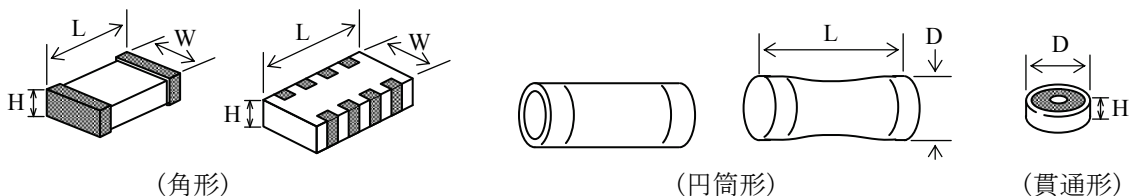
- ・表面実装形磁器コンデンサは、プリント配線板の表面導体部に直接装着又は接続できるよう端子電極を形成したものである。
- ・リード端子形磁器コンデンサは、端子電極にリード線をはんだ付けし、コンデンサ本体を樹脂で外装したものである。

(2) 構造上の分類

- ・積層磁器コンデンサは、磁器誘電体層と金属電極層とを交互に積み重ねた構造の素子に端子電極を形成したものである。
- ・単層磁器コンデンサは、磁器誘電体に金属電極を形成させたものである。

4.2.1 外観

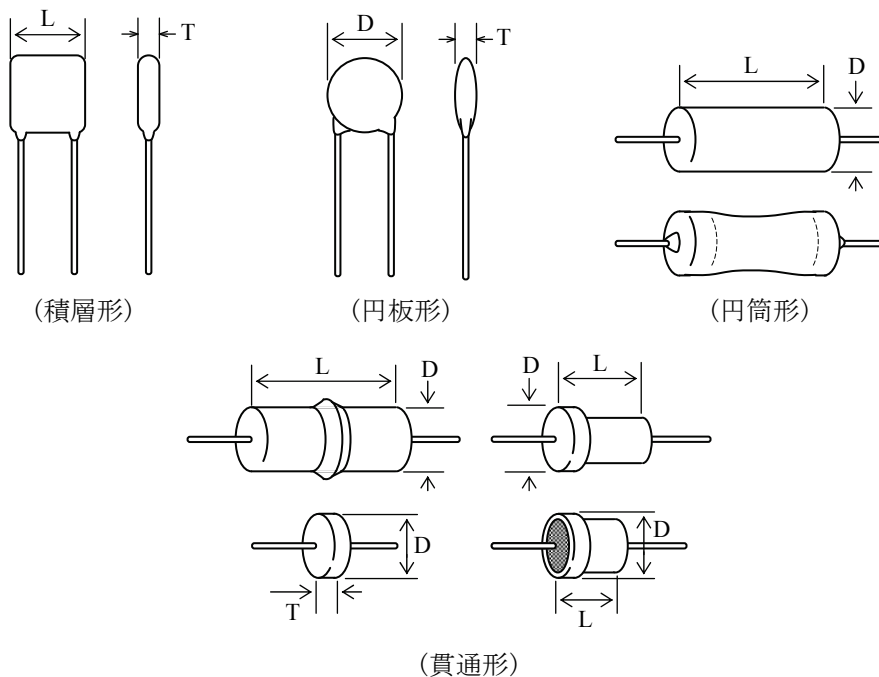
a) 表面実装形



外 観	形状を表す寸法部位	サイズ記号又は寸法の代表例
角 形	長さ L×幅 W×高さ H	L×W 略称：0603, 1005, 1608, 2012, 3216, 3225, 4520, 4532, 5750
円筒形	長さ L×外径 φD	L×φD：1.6×φ1.0, 2.0×φ1.25, 3.4×φ1.55
貫通形	外径 φD×高さ H	φD：φ4.5

図 2—表面実装形

b) リード端子形



外 観	形状を表す寸法部位	サイズ記号又は寸法の代表例
円板形	外径 φD×厚さ T	外径 φD：04, 05, 06, 08, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20
積層形	長さ L×厚さ T	長さ L：03, 05, 06, 08, 10, 12
円筒形	長さ L×外径 φD	L×φD：3.5×φ1.9, 3.2×φ2.2
貫通形	外径 φD×厚さ T (又は長さ L)	φD×T(L)：φ1.85×1.4, φ2.8×2.0, φ4.0×0.6, φ5.5×1.4

図 3—リード端子形

4.2.2 内部構造（及び主要材料）

a) 積層形

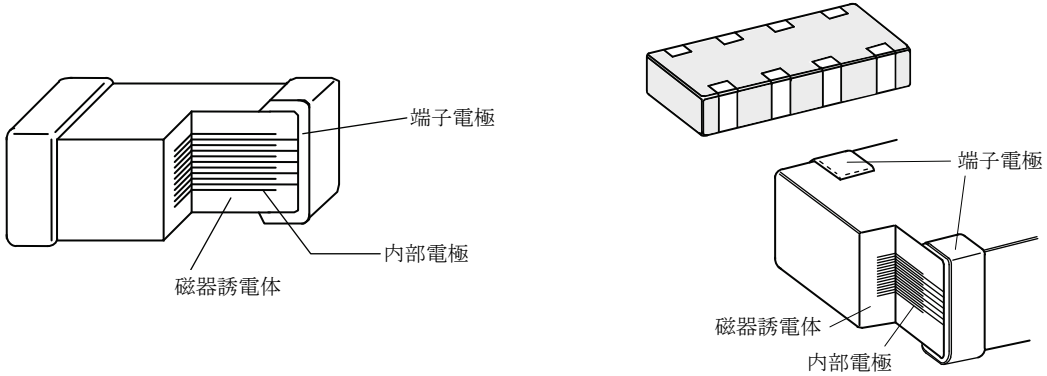


図 4—積層一般形

図 5—積層アレイ形

b) 円板形，円筒形，貫通形

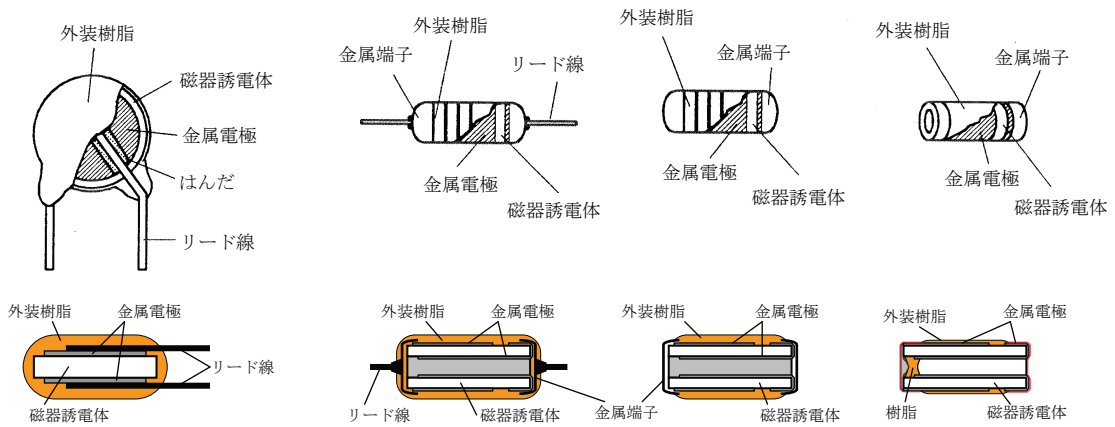


図 6—円板形

図 7—円筒形

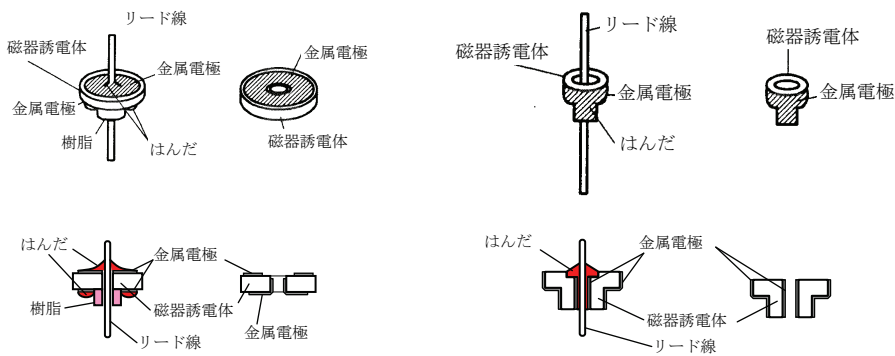


図 8—貫通形

4.3 主な特徴

4.3.1 長所

- (1) モノリシック構造のため、信頼性が高い。
- (2) 等価直列抵抗（ESR）が低く、高周波特性が優れている。
- (3) 極性がない。
- (4) 積層タイプは、小形でより大きな静電容量が得られる。
- (5) コンデンサ素子は、高温で焼結した一体構造になっており、温度・湿度に対して塑性変形がなく、気密性に優れるなど高い信頼性を有している。
- (6) 表面実装形積層タイプは、等価直列インダクタンス（ESL）が小さい。

4.3.2 短所

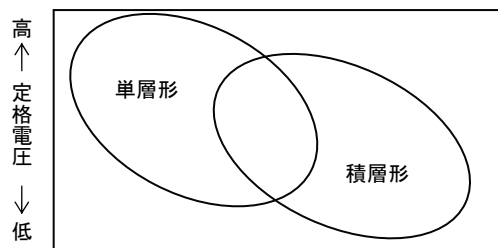
主な構成材料が磁器であるため、実装時の機械的衝撃や応力又ははんだ付け時での熱的衝撃によってコンデンサ本体にクラックが入る場合があり、絶縁抵抗の低下、その他の性能の低下につながるという弱点がある。

4.3.3 磁器コンデンサの種類と静電容量範囲

磁器コンデンサの種類と静電容量範囲の代表的なものを図9に示す。

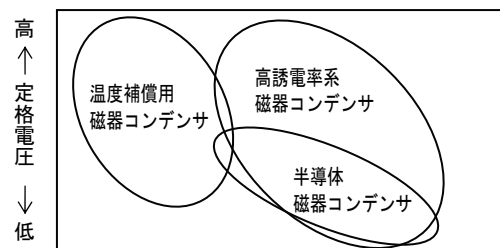
製品区分		静電容量範囲 [pF]									
		1	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	
		1pF	10pF	100pF	1nF	10nF	0.1μF	1μF	10μF	100μF	
積層形	温度補償用磁器コンデンサ	████████████████████									
	高誘電率系磁器コンデンサ				██						
	中高圧磁器コンデンサ	██									
	アレイ形磁器コンデンサ			██							
	安全規格磁器コンデンサ				████████████████████						
円板形	一般用磁器コンデンサ	██									
	半導体磁器コンデンサ				██						
	中高圧磁器コンデンサ			████████████████████							
	安全規格磁器コンデンサ				████████████████████						
円筒形	一般用磁器コンデンサ	████████████████████									
	半導体磁器コンデンサ				████████████████████						
	積層形磁器コンデンサ				██						
	IFT用磁器コンデンサ			██							
貫通形	段付磁器コンデンサ	████████████████████									
	円板形磁器コンデンサ	██									

図9—磁器コンデンサの種類と静電容量範囲



小← 静電容量 →大

(a) 積層形と単層形の静電容量区分



小← 静電容量 →大

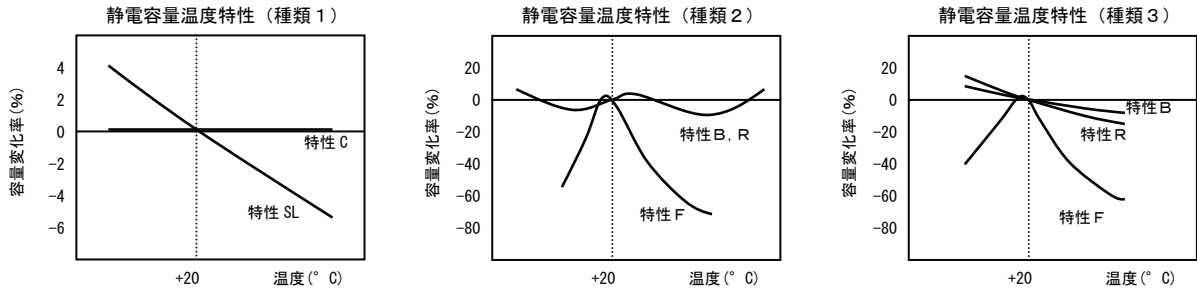
(b) 誘電体材料と静電容量区分

4.4 基本性能

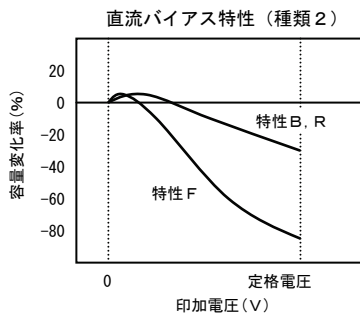
4.4.1 主な電気的特性

磁器コンデンサの代表的な電気的特性の例を次に示す。

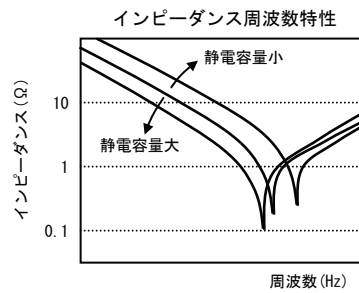
(1) 静電容量温度特性



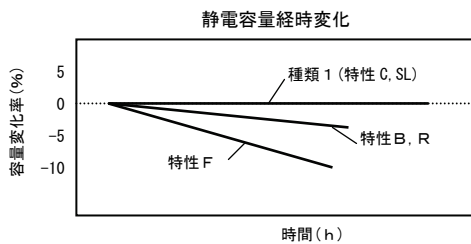
(2) 直流バイアス特性



(3) 周波数特性



(4) 静電容量経時変化



4.4.2 主な機械的特性, 耐候性及び信頼性

磁器コンデンサの代表的な機械的特性, 耐候性及び信頼性の例を次に示す。各特性及び性能の詳細については種類によって異なる場合があるので, カタログ又は納入仕様書を参照して下さい。

- (1) 端子電極固着性 (SMD) 又は端子強度
- (2) 耐プリント板曲げ性 (SMD)
- (3) はんだ耐熱性
- (4) 温度サイクル
- (5) 耐湿性 (無負荷, 負荷)
- (6) 耐久性 (高温負荷)

4.4.3 主な安全性

電磁障害防止用として機器のアクロスザライン（X コンデンサ）、感電防止設置用ラインバイパス（Y コンデンサ）及びアンテナカップリングに使用するコンデンサは、海外安全規格認定品及び電気用品安全法準拠品を使用して下さい。

なお、詳細については、部品メーカーに確認下さい。

5 磁器コンデンサの選定

5.1 選定に当たって

磁器コンデンサ（以下、コンデンサという。）は、次の二つの要因によって定格などを選定します。その要因を、**5.2（使用環境条件からの選定）**及び**5.3（形状及び実装からの選定）**に示します。コンデンサは民生用電子機器（オーディオビデオ用、家庭用、事務用、情報通信用）が要求する一般用途に使用される。コンデンサの特長及び性能をよく理解した上で、選定することが大切です。しかしながら、適用の方法によっては、性能劣化又はショート/オープンなどの故障をもたらし、寿命限界を加速するかもしれません。選定が適切でないままコンデンサが機器の中に組み込まれて市場に出荷されると、故障が発生する確率が高くなります。コンデンサが故障した場合は、機器の機能が停止するだけに留まらず、致命的な故障（発煙、発火など）につながる場合があります、重大事故を引き起こす可能性があります。

なお、用途に応じた特性、性能、形状などのコンデンサが製品化されているので、部品メーカーに問い合わせ下さい。

5.2 使用環境条件からの選定

コンデンサの選定には、使用環境条件を十分把握することが大切です。この内容に関係する選定要因及び故障モードを **5.5 選定要因及び故障モード**に記載しました。また、**6**以降の失敗事例及び確認事項などを勘案して、実際の使用環境条件より高いグレード品又はその対応品を選定する必要があります。その上で、最終仕様を決定する前に選定した製品のサンプルによって、予定している回路などを用いて確認を取り、設計上での選定の検証を行い問題があれば対策をする必要があります。

5.3 形状及び実装からの選定

機器の大きさ及び寸法から許容される空間に応じた部品形状や、機器の製造工程に合った部品の取付け及び実装方法（フローはんだ付け又はリフローはんだ付け）によって、これらを組み合わせた種類から部品を選定することが必要となります。（**4.2.1 外観参照**）

① 表面実装形

リフローはんだ付け対応が可能です。しかし、リフローはんだ付け条件については部品メーカー又は関係する技術資料での確認が必要になります。（**図 2 参照**）

② リード端子形

円板及び円筒形状でリード線端子をもち、プリント配線板に実装後、フローはんだ付けによって取り付けて使用します。（**図 3 参照**）

5.4 選定事例

5.4.1 使用条件による区分例

コンデンサの主な用途と特長の代表例を**表 2**に示す。汎用品の中には、既に、用途に応じたコンデンサが製品化されている場合もあるので、部品メーカーに問い合わせ下さい。

5.4.2 実装及び包装形態からの形状選定例

コンデンサの実装方法と包装形態例を**表 3**に示す。

コンデンサの実装方法、用途に適合したコンデンサの包装形態を選定して下さい。コンデンサの包装形態が制限される場合もあるので、部品メーカーに問い合わせ下さい。

5.5 選定要因及び故障モード

使用環境条件からの選定フローチャートの事例を図 10 に示す。

コンデンサの選定時の確認事項及び故障モードと関連する確認内容の項目番号を示す。

5.6 その他

信頼性予測などで用いられるコンデンサの推定寿命及び故障率に関する一般的な事項について、**附属書 6** 及び**附属書 7** に示したので、参考にして下さい。

表 2—コンデンサの特長と主な用途

製品分類		コンデンサの特長	主な用途・使用回路
製品	構造		
一般 コンデンサ	角形積層	・寸法精度に優れる。	<ul style="list-style-type: none"> ・一般電子機器用 ・デジタル回路全般 ・共振回路（種類 1） ・回路の温度補償用（種類 1）
	円板形 円筒形	・Q 値が高く，温度に対し安定性がある。（種類 1）	
大容量 コンデンサ	角形積層	<ul style="list-style-type: none"> ・等価直列抵抗（ESR）が小さい。 ・許容リップル電流が大きい。 ・小形大容量 	<ul style="list-style-type: none"> ・バイパス回路，カップリング回路（種類 2， 3） ・平滑用
高周波用 コンデンサ	角形積層	<ul style="list-style-type: none"> ・高周波で高い Q 値が得られる。 ・高密度実装化 	<ul style="list-style-type: none"> ・高周波回路（VCO， TCXO など）
	貫通形	<ul style="list-style-type: none"> ・高周波ノイズ吸収性に優れる。 ・高周波で低 ESL ・自己共振周波数が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・EMC 対策用 ・リード付：ET チューナ， BS チューナ， RF モジュールなど ・リードレス：コネクタ
低損失 コンデンサ	角形積層	・低ひずみで，小形	<ul style="list-style-type: none"> ・AV 関連機器などの信号回路 ・アナログ信号のカップリング回路 ・携帯電話の PLL 回路 ・時定数回路，発振回路，フィルタ回路など
	円板形	・低ひずみ	
アレイ形 コンデンサ	角形積層	・実装の効率化	・高密度電子回路用
中高圧 コンデンサ	角形積層	・高耐電圧で，小形	<ul style="list-style-type: none"> ・高電圧回路 ・電話交換機 ・インバータ ・無線，通信基地局 ・スイッチング電源のスナバ回路 ・電話・モデムのリング回路
	円板形	・高耐電圧	
安全規格 認定品 電磁障害 防止用 コンデンサ	角形積層	<ul style="list-style-type: none"> ・安全規格の認定を取得している。 ・電気用品安全法（旧電気用品取締法）に準拠している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・交流電源用 ・アンテナカップリング用 ・AC ライン上でのラインバイパス用，アクロスザライン用（X コンデンサ， Y コンデンサ）
	円板形		

表 3—コンデンサの実装方法と包装形態例

形 状	構 造	包 装 形 態	はんだ付け 方法
表面実装形	角 形	パンチキャリアテーピング品（リール巻き） エンボスキャリアテーピング品（リール巻き） バルクケース品	リフロー 又は フロー
		バラ品	手付け
	円筒形	パンチキャリアテーピング品（リール巻き） エンボスキャリアテーピング品（リール巻き） バルクケース品	リフロー 又は フロー
		バラ品	手付け
	貫通形	バラ品	手付け
	リード端子形	円板形	ラジアルテーピング品（リール巻き又はつづら折り）
積層形		アキシアルテーピング品（リール巻き又はつづら折り）	フロー
円筒形		バラ品	手付け
貫通形		バラ品	手付け

		確認項目	選定内容	
機 器 設 計 時	電氣的仕様確認	必要定格性能	使用電圧	電圧変動を含む印加電圧の確認
			静電容量	必要静電容量の確認
		電圧特性（種類 2 及び種類 3）	電圧特性から選定	
		圧電現象（種類 2）	圧電現象の発生の確認	
		充放電電流	必要な充放電電流が確保されるか確認	
	信頼性仕様確認	必要寿命の確保	使用温度	使用雰囲気温度の確認
安全確保のための回路設計及び仕様確認		故障時の燃焼及びその難燃グレード		
機 械 的 仕 様 確 認	使用環境での機械的ストレス	振動・衝撃・バンプ	機器が使用される環境の動的ストレスの確認	
	工程での機械的ストレス	押し・曲げ・引張り	実装工程及び機器組立工程での機械的ストレスの確認	
実 装 時	実装及び形状・寸法の確認	基板設計 実装方法・実装条件	はんだ付け仕様の確認及び洗浄・コーティング条件の確認	
		使用形状・使用寸法	実装に適した形状・寸法の確認	
使 用 時 ／ 環 境 負 荷	耐候性仕様確認	使用環境温度及び気圧保管条件	温度変化による特性変化を確認 保管場所・保管期限の確認	
		使用環境での有害ガス及び直射エネルギー	特殊な環境の場合は使用に耐えるか確認	
	環境負荷確認	廃棄及び焼却時の環境負荷物質の発生	最終廃棄時の環境負荷物質の含有の確認	

図 10—使用環境条件からの選定フローチャート

選定注意点	故障要因	故障モード					確認事項記載 項目番号 (関連項目)
		短絡	開放	容量低下	部品脱落	その他	
・ 負荷変動による電圧変動も考慮する。	過電圧	○		○			6.2.2, 6.2.4, 7.7.5
・ 温度変化による静電容量変化も考慮する。	静電容量の 温度依存性			○			6.1.1, 6.1.2, 6.2.1, 7.2.1
・ 経時変化による静電容量変化も考慮する。	経時変化			○			6.2.6, 7.2.1
・ 使用環境等によって電圧特性が悪くなる場合があることに注意する。電圧特性による静電容量変化も考慮する。	環境変化			○			6.2.1, 6.2.5, 7.2.1
・ 基板設計やコンデンサの形状、大きさ、特性により特定周波数で圧電現象がみられる場合がある。	うなり音 ノイズの発生					○	6.2.7
・ 交流やパルス電圧が連続印加される回路では充放電電流値が大きくなる。	過激な充放電	○					6.2.3, 6.2.4, 7.7.5
・ 外部からの熱伝導、放射及び対流での加熱及びコンデンサ自身の発熱にも注意が必要である。	周囲温度 自己発熱	○		○			6.1.1 6.1.1, 6.2.4
・ 安全確保のための回路設計や安全機能仕様の選定及び難燃性確認も必要である。	難燃性	○		○		○	10
・ 取付け方向・位置及び共振等で大きなストレスがかかる場合があるので確認が必要である。	過激な動的 ストレス	○	○	○			6.3.1, 9.2
・ 振動及び衝撃が発生している場合は確認が必要である。	過激な応力 印加	○	○	○			7.2.1, 7.7.1～7.7.4, 9.2
・ はんだ付け性、耐熱性、熱衝撃性の確認が必要。 ・ 洗浄及び後処理の条件に注意が必要である。 ・ コーティングの硬化時の応力、発生ガスの確認が必要である。	はんだ付け 洗浄 コーティング	○		○	○	○	7.4 7.5 7.6
・ 実装及び取付けに適した形状を考慮する。	形状・寸法 実装基板	○	○	○		○	7.1, 7.2.2, 7.3, 5.3, 5.4.2
・ 周囲温度の変化で電气的特性が変化する。 ・ 電極材料・保管条件によってはんだ特性が変化する。	温度特性 はんだ付け			○		○	6.1.2 7.2, 9
・ 水や油等のかかる場所又は、結露状態に注意する。 ・ 腐食性ガスに曝されないか確認する。	腐食性ガス 結露	○					6.1.3, 6.1.4, 6.1.3, 8, 9.1
・ 廃棄埋め立て時の環境への影響を確認する。 ・ 廃棄燃焼時の環境負荷物質の発生を確認する。	環境負荷物質					○	11.2

図 10—使用環境条件からの選定フローチャート（続き）

確認事項の表の見方について

確認事項は次の6項目に分類して記載しています。

- 6 設計上の確認事項
- 7 実装上の確認事項
- 8 機器稼動中の確認事項
- 9 輸送・保管上の一般的取扱い
- 10 安全規格
- 11 安全と環境の確認事項

表は、次の内容で記載しています。ただし、11 **安全と環境の確認事項**は除く。

タイトル	
適用品種	*****
確認事項	<p>1. *****</p> <p>2. ***** *****</p>
解説・理由・具体例	<p>1-1. *****</p> <p>1-2. ***** *****</p> <p>(1) *****</p> <p>(2) ***** *****</p> <p>1) *****</p> <p>2) ***** ***** *****</p> <p>2. *****</p>
失敗の事例	<p>a) *****</p> <p>b) ***** *****</p>

・確認事項が適用となる品種を記載。
適用品種が共通であれば、“共通”と記載。

・コンデンサを使用する上で必要な確認事項を記載。

・確認事項に対する解説・理由・具体例を記載。
・記載番号は確認事項の番号と連動している。
解説などで複数記載する場合は、1-1., 1-2.など記載。

・機器メーカーにおける失敗の事例。
機器メーカーから問合せがあった内容を記載。

6 設計上の確認事項

6.1 耐候性要因における確認事項

6.1.1 使用環境温度

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <p>1. コンデンサには、カテゴリ上限温度（最高使用温度）が設定されています。</p> <p>1) 使用温度以上の定格温度品を選定する必要があります。また、機器内の温度分布及び季節的な温度変動要因も考慮する必要があります。</p> <p>2) コンデンサは自己発熱する場合があります。 コンデンサの表面温度は、自己発熱分を含み、カテゴリ上限温度（最高使用温度）以下にする必要があります。 なお、コンデンサの自己発熱については、自己発熱温度の確認の項（6.2.4）を参照して下さい。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. コンデンサの温度が上昇する要因としては、次の場合があります。</p> <p>(1) 周囲温度が上昇する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セット外の温度が上昇する（高い）とき。 ・セット内の熱が蓄積し、温度が上昇する（高い）とき。 <p>(2) 自己発熱によって上昇する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リップル電流（交流成分）によってコンデンサの等価直列抵抗分で発熱するとき。 コンデンサには、損失があるので、交流電流を流すと等価直列抵抗によって自己発熱する。 特に、高周波回路では注意下さい。 ・急激充放電によって、コンデンサの等価直列抵抗分で発熱するとき。 ・過電圧の印加などの定格使用範囲を超えて使用されたとき。 <p>自己発熱する回路に使用される場合は、コンデンサの表面の温度上昇が部品メーカーの指定する規定値以下であることを確認し、さらに、表面温度がカテゴリ上限温度以下になるようにして下さい。（6.2.4 参照）</p> <p>(3) その他の要因で上昇する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンデンサの近くに発熱体（パワートランジスタ、正特性サーミスタ、セメント抵抗など）があり、その発熱体によって、コンデンサが放射熱を受けるとき。 ・プリント配線板のパターンなどから端子を通じて外部熱を熱伝導で受けるとき。 ・季節的な要因で機器内の温度が変動する。暑い時期に機器内温度が上昇したとき。 <p>1-2. 定格温度範囲を超えた場合 カテゴリ上限温度を超えて使用した場合は、コンデンサの絶縁抵抗が低下し、急激な電流増加及び短絡が発生する場合があります。</p> <p>1-3. 医療機器、宇宙用機器、原子力関係機器などは、一旦故障が発生した場合には、人命に直接影響したり、社会的に甚大な損失を与えたりする場合があります。 これらの機器に使用するコンデンサは、汎用コンデンサとは区別した高信頼性設計品が必要になります。</p>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) 機器内での温度設定を周囲温度が一番低い冬の時期にて行ってしまったため、夏の暑い時期の機器内温度が、設計温度を超えてしまい、機器の寿命を短くする原因となってしまった。</p> <p>b) コンデンサの近くに発熱する部品があり、コンデンサがその放射熱によって、定格温度を超えてしまったため、機器の動作不具合が起きた。</p>	

6.1.2 温度変化によるコンデンサの特性

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <p>1. コンデンサは温度変化によって、電気的特性が変化します。 機器内の温度変化要因を確認し、温度変化に見合った定格などの選定が必要になります。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. 機器内の温度変化は、次の場合に発生します。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 季節要因がある。冬期と夏期。 (2) 1日の中での温度変化がある。昼と夜。 (3) 機器の稼働モードか、待機モードかで機器内の温度変化が起きる。 (4) 外部要因によって、コンデンサ自身が発熱したり、周囲温度の部品からの放射及び端子などからの熱の伝導によって高温となる。 <p>1-2. コンデンサの電気的特性は使用温度によって変化します。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 高温時：静電容量が小さくなる。 等価直列抵抗が大きくなる。 絶縁抵抗が低くなる。 (2) 低温時：静電容量が小さくなる。 等価直列抵抗が大きくなる。 <p>1-3. コンデンサには、温度依存性をもった比誘電率の誘電体磁器を使用しているのので、使用温度範囲が広い場合は、静電容量が大幅に変化する場合があります。 静電容量を確保するためには、次のことを推奨します。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 実動作使用温度範囲を狭めて、温度による静電容量変化率をおさえる。 (2) 温度特性は、周囲温度が定格温度以下であっても、温度が変化すると、静電容量も変化する場合があります。したがって、時定数回路など静電容量許容範囲の狭い回路に使用される場合には、以上のことに加えて直流電圧特性や静電容量の経時変化も考慮した上で、コンデンサを選択して下さい。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="284 1328 751 1720" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">静電容量温度特性（特性 B）の例</p> </div> <div data-bbox="858 1328 1326 1720" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">静電容量温度特性（特性 F）の例</p> </div> </div>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) 温度変化で特性が変化することを知らなかったために、そのままの定格値で設計してしまった。 このため、低温又は高温で静電容量不足となり機器の機能が低下した。</p>	

6.1.3 周囲環境での腐食性ガス及び溶剤

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <p>1. コンデンサには、周囲環境に対して制限があります。 周囲環境要因を確認の上、場合によっては対策品を選定するか又は機器設計上での防止策を取る必要があります。 高温高湿下で長時間使用するときは、部品メーカーと相談の上で樹脂コートを行うなどの防湿対策を実施する必要があります。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. 周囲環境（耐候性）条件で使用が制限されているのは、次の場合があります。</p> <p>(1) 直接、水、塩水及び油のかかる箇所。 (2) 結露状態になる箇所。 (3) 腐食性ガス（硫化水素、二酸化イオウ、塩素、アンモニアなど）が充満する箇所。 機器のメンテナンス又は機器の輸送、保管において、機器の防虫又はねずみ対策のために燻蒸する場合もこれに当たります。</p> <p>1-2. コンデンサを上記のような不適切な周囲環境条件で使用するとコンデンサが劣化し、保証内容を満足することができません。</p> <p>(1) 水又は塩水がかかると回路的にショートします。また、端子が腐食したり水分が内部素子への侵入によって寿命が短くなったり、コンデンサの故障となる場合があります。 (2) コンデンサの電極部又は端子部が結露すると、上記と同様の現象が発生する場合があります。 (3) 腐食性ガス（硫化水素、二酸化イオウ、塩素、アンモニアなど）や溶剤の揮発ガスに長期に晒されると、端子電極の酸化や腐食などによって特性劣化又は絶縁劣化から破壊に至る場合があります。</p>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) 屋内環境用で設計したが、実際には屋外で使用する事となった。このため、湿度が高い雨の日や温度変化の激しい日に結露し、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>b) 工場の生産現場に機器を設置したため、油のミストが掛ってしまい、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>c) 船便などで機器の防虫対策として、コンテナの木枠ごと有毒ガスで機器を燻蒸してしまっ、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>d) 硫黄ガス発生材料をセット内に使用したため、結露によるマイグレーションを加速させて、機器の動作不具合が起きた。</p>	

6.1.4 直射エネルギー

適用品種	共通
確認事項 1. コンデンサには、直射エネルギーに対して制限があります。 周囲環境要因を確認の上、場合によっては対策品を選定する必要があります。 日射の防止には、直射しないようにカバーなどを設置する必要があります。 部品メーカーに相談して対応品を作製し対策を取る必要があります。	
解説・理由・具体例 1-1. 直射エネルギーには、次の場合があります。 (1) 直射日光が当る箇所。 (2) オゾンが当る箇所。 (3) 紫外線が照射される箇所。 (4) X線などが当る箇所。 1-2. コンデンサを使用する周囲環境条件が、不適切であるとコンデンサが劣化し、コンデンサの納入仕様書などの保証内容を満足することができません。 機器に直射日光が当たった場合は、機器内の温度が上昇し、コンデンサも温度上昇することになり寿命が短くなる場合があります。 <p style="text-align: right;">(6.1.1 使用環境温度及び6.1.2 温度変化によるコンデンサの特性参照)</p>	
失敗の事例 a) 屋内環境用で設計したが、実際には屋外で使用する事になり、直射日光に晒してしまったため、確認以上の温度上昇となって機器の機能が低下した。	

6.2 電氣的要因における確認事項

6.2.1 静電容量測定

適用品種	共通
確認事項	
<p>1. コンデンサは、その静電容量を得るために測定条件が規定されています。</p> <p>2. 測定器によって、静電容量の大きいコンデンサの場合、コンデンサに測定時の電圧がかからなくなり静電容量が低下することがあります。 測定器に ALC (Auto Level Control) 回路のような機能があるか確認が必要になります。</p>	

解説・理由・具体例

1. 静電容量測定の際は、カタログ又は納入仕様書に規定の条件で測定して下さい。
下記に静電容量の測定条件の例を示します。

表面実装形積層磁器コンデンサの例

種類	定格静電容量	定格電圧	測定周波数	測定電圧 Vr.m.s.
種類 1	$C_R \leq 1\,000\text{ pF}$	—	1 MHz	≤ 5.0
	$C_R > 1\,000\text{ pF}$	—	1 kHz	≤ 5.0
種類 2	$C_R \leq 100\text{ pF}$	—	1 MHz	$1.0 \pm 0.2^{(1)}$
	$100\text{ pF} < C_R \leq 10\text{ }\mu\text{F}$	$U_R > 6.3\text{ V}$	1 kHz	$1.0 \pm 0.2^{(1)}$
		$U_R \leq 6.3\text{ V}$	1 kHz	0.5 ± 0.2
	$C_R > 10\text{ }\mu\text{F}$	—	100 Hz 又は 120 Hz	0.5 ± 0.2

出典：JIS C 5101-21 及び JIS C 5101-22

備考⁽¹⁾ サブクラスによって、“ $0.3\text{ Vr.m.s.} \pm 0.2\text{ Vr.m.s.}$ 又は個別規格の規定による。”としている。

2. 測定器によって静電容量が異なる原因の多くは、同じ測定電圧を設定しても、コンデンサに実際に加わっている電圧が測定器によって異なることから発生します。

測定するコンデンサの静電容量が大きいほどコンデンサのインピーダンスが小さくなるので、測定器の出力抵抗との分圧による電圧降下の影響が無視できなくなります。

静電容量の大きいコンデンサの静電容量測定に際しては、コンデンサに加わる電圧値を自動的に設定した測定電圧と同等にするための機能が付いている測定器を使用して測定することを推奨します。

また、上記の機能回路がない測定器の場合は、テスターなどによって測定電圧の確認をし、測定電圧の調整を行うことを推奨します。

失敗の事例

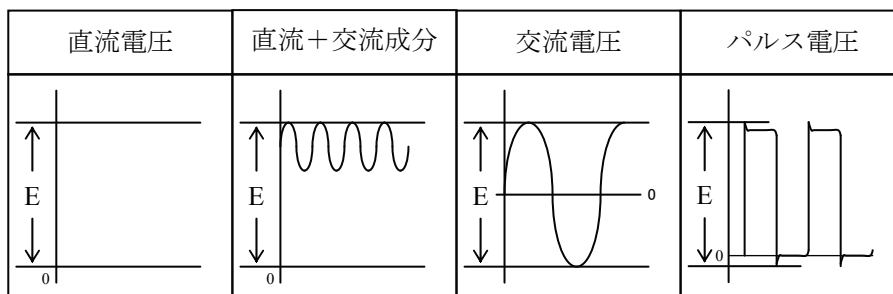
- a) 静電容量を LCR メータやインサーキットテスターで測定したが、静電容量の規格を満足しない。
- b) コンデンサの受入れ検査時に測定した静電容量が規格値より低く規格外であったので、測定器の機種を換えたら、測定器によって静電容量が異なった値となった。

6.2.2 印加電圧

適用品種	共通
確認事項	
1. コンデンサには、定格電圧を設定しています。定格電圧を超えるような電圧を印加しないで下さい。	
備考 リプル電流又はパルス電圧の印加については、6.2.4による。	

解説・理由・具体例	
1-1. コンデンサに過電圧がかかりやすい要因	
(1) 直流電圧にリプル電圧が重畳されたときにピーク（尖頭）電圧が定格電圧を超える場合。	
(2) コンデンサを2個以上直列に接続し電圧を印加すると、個々のコンデンサの内部抵抗の差に比例して電圧が分圧され、定格電圧以上の電圧が一方のコンデンサに印加される場合。	
(3) パルス電圧。（スイッチングノイズを含む）	
(4) ライン電圧の変動。	
1-2. 過電圧が印加された場合	
コンデンサに過電圧が印加されると、誘電体の絶縁破壊による電氣的ショートが発生する場合があります。	
なお、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ります。	
1-3. 直流定格電圧品の過電圧について	
コンデンサの端子間に印加される電圧は、定格電圧以下として下さい。	
(1) 直流電圧に交流成分が重畳されている場合は、尖頭電圧の和（Zero-to-peak 電圧）を定格電圧以下にして下さい。	
交流電圧又はパルス電圧の場合は、尖頭電圧の和（Peak-to-peak 電圧）を定格電圧以下にして下さい。	
(2) 機器の通常の使用状態における印加電圧の他に、異常電圧（サージ電圧、静電気、スイッチ ON-OFF 時のパルスなど）の印加の可能性についても確認し、定格電圧以下にして下さい。	

直流電圧で定格電圧が規定されているコンデンサに印加される電圧の例



(E : 最大可能印加電圧=DC 定格電圧)

(3) コンデンサを直列に接続して使用する場合は、コンデンサに加わる電圧のアンバランス分を考慮し、バランスを取る回路（分圧抵抗器など）を付加し、個々のコンデンサへの印加電圧が定格電圧以下になるようにして下さい。	
1-4. 直流定格電圧品については、定格電圧以下でも、非常に立ち上がりの早いパルス電圧又は高周波の交流電圧で使用する場合には、コンデンサの信頼性に影響することがあります。（6.2.4 参照）	
1-5. AC 1 次回路に使用する AC 定格電圧の電磁障害防止用コンデンサの過電圧について回路電圧が、公称電圧（実効値）の 10% 近く高くなることを考慮して設計（選定）しなければなりません。	

6.2.2 印加電圧（続き）

適用品種	共通
<p>失敗の事例</p> <p>a) 日中は問題なかったが、電源ラインの変動により、夜間に過電圧になってしまったため、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>b) リプル電流を考慮に入れていなかったため過電圧になってしまったため、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>c) コンデンサを直列接続していたが、コンデンサの内部抵抗などの違いによって電圧バランスが崩れて、一方のコンデンサに過電圧がかかってしまったため、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>d) 機器の回路内でループが形成されて、コンデンサに過電圧がかかったため、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>e) サージ電圧のショックによって、内部電極と端子電極間が破壊され接続不良となり、静電容量が低下してしまったため、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>f) 定格電圧 DC 50 V のコンデンサを AC 35 V の交流電圧回路に使用したため、Peak-to-peak 電圧で約 99 V になり、耐圧不良で焼損した。</p>	

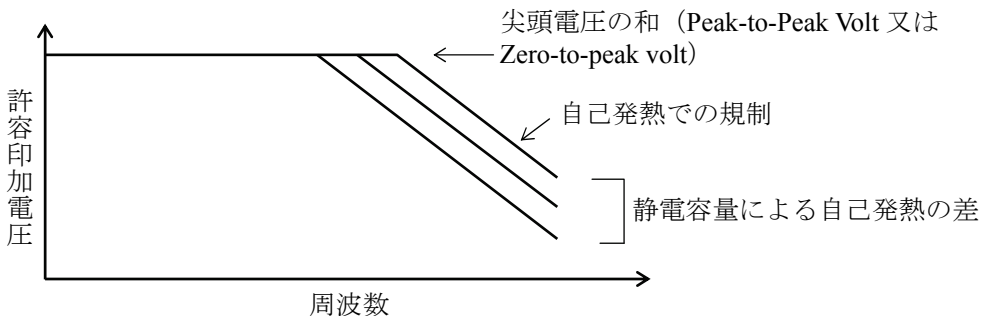
6.2.3 充放電電流（使用電流の電流制限）

適用品種	種類 3
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 種類 3 の半導体コンデンサは、規定以上の電流が流れる回路には、使用しないで下さい。 交流やパルス電圧が連続印加され、コンデンサに大きな電流が流れるような使用条件の場合は、6.2.4 を参照下さい。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 半導体コンデンサ（種類 3）は、充放電電流に制限があります。 規定以上の電流が流れた場合は、電氣的ショートが発生し、発火、発煙に至る場合があります。 なお、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ります。 充放電電流が規定されている場合は、電流を制限する回路を付加するなどの対策をする必要があります。 半導体コンデンサ（種類 3）の充放電電流の値は、カタログ又は納入仕様書で確認して下さい。 交流やパルス電圧などによって、流れる電流の制限については、6.2.4 による。 	
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> 充放電電流の保証をしていないコンデンサを使用したため、過大な電流が流れコンデンサの絶縁破壊による機器の動作不具合になった。 シリーズに制限抵抗を入れることを怠ってしまい過大な充放電電流が流れた。そのため、コンデンサの絶縁抵抗が劣化して機器の機能が低下した。 	

6.2.4 印加電圧の種類及び自己発熱温度

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <p>1. 交流電圧又はパルス電圧が連続印加され、コンデンサに大きな電流が流れるような使用条件かを確認する必要があります。 直流定格電圧品を交流電圧回路又はパルス電圧回路で使用する場合、交流電流又はパルス電流が流れるため、自己発熱を確認する必要があります。</p> <p>コンデンサの温度上昇は、部品メーカーの指定する規定値以下にしてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チタン酸バリウム系などの種類 2 のコンデンサでは、一般的に 20 °C 以下に規定されています。 ・誘電体材料が低損失の酸化チタン系の種類 1 及びチタン酸ストロンチウム系の種類 2 の場合は、誘電体材料によって温度上昇値の限界が異なる場合があるので、詳細は部品メーカーに確認する必要があります。 <p>また、コンデンサの表面温度は、自己発熱による温度上昇分も含みカテゴリ上限温度以下になるように確認する必要があります。</p> <p>備考 印加電圧については、6.2.2 参照。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. 一般のコンデンサは、直流用として設計されており、交流電圧又はパルス電圧の印加される回路で使用すると大きな電流が流れ、自己発熱によりショートする場合があります。</p> <p>1-2. 定格電圧以下でも、非常に立ち上がりの早いパルス電圧や、高周波の交流電圧で使用する場合には、コンデンサの信頼性に影響のある場合があります。</p> <p>1-3. 定格電圧以下でも、コンデンサに交流電圧又はパルス電圧を印加すると、電流が流れて発熱します。このコンデンサの発熱は、主に誘電体自身の損失又は電極と誘電体との接合部分で発生します。この発熱温度及びこのような発熱を生じる電流によって絶縁の劣化又は電極の損傷を誘発します。規定値以下の自己発熱になる電流ではコンデンサの劣化はほとんど発生しませんが、規定値を超えるような高い温度になる電流の場合には、上記の劣化が加速され、焼損の原因となる場合があります。</p> <p>1-4. 自己発熱温度はコンデンサの誘電体材料、静電容量、印加電圧、周波数、電圧波形などによって異なります。 また、表面温度は、コンデンサの形状、機器への取付方法、周囲温度などによる放熱の違いによって変わります。 特に、周囲温度が変化すると同じ電圧条件でもコンデンサ特性によって自己発熱量が変化するので、自己発熱温度の確認は室温（25 °C）で行ってください。</p>	

6.2.4 印加電圧の種類と自己発熱温度（続き）

適用品種	共通
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-5. コンデンサに印加できる電圧と周波数の関係は、一般には低い周波数域では尖頭電圧値で規制され、高い周波数域では自己発熱温度で規制されます。（下図参照） 実際の使用回路条件は各種の電圧波形があり、すべての条件下でこのようなデータを準備するのは困難なため、個別に問い合わせるか又は実際の使用機器による自己発熱温度の確認をして下さい。</p> 	
<p>失敗の事例</p> <p>a) 定格電圧 DC 1 kV のコンデンサを、スイッチング電源のスナバー回路（約 300 Vo-p）に使用したところ、高周波パルス電流が流れて異常発熱し、焼損した。</p> <p>b) 大容量インバータにおいて高周波リップル（3 MHz, 130 Ap-p）がコンデンサに印加されて、コンデンサが 50 °C 発熱し、絶縁破壊によるショート不良になった。そのため、機器の動作不具合になった。</p>	

6.2.5 直流電圧特性及び交流電圧特性

適用品種	種類 2 及び種類 3
<p>確認事項</p> <p>1. コンデンサは、直流電圧印加によって静電容量が変化します。 使用前には、この直流電圧特性を考慮して、コンデンサを選定する必要があります。</p> <p>2. コンデンサは、印加される交流電圧によって静電容量が変化します。 交流電圧を印加して使用する場合は、交流電圧特性を考慮して、コンデンサを選定する必要があります。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1. コンデンサには、電圧依存性をもった比誘電率の誘電体磁器を使用しているので、直流印加電圧が高い場合は、静電容量が大幅に変化する場合がありますので、静電容量を確保するためには、次のことを確認して下さい。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="161 801 829 1120" style="width: 45%;"> <p>(1) 印加電圧による静電容量変化が許容範囲にあるか又は制限されない用途であるか確認して下さい。</p> <p>(2) 直流電圧特性は、印加電圧が定格電圧以下であっても、電圧が高くなるにつれ、静電容量の変化率も大きく（減少）なります。 したがって、時定数回路など許容範囲の狭い静電容量を必要とする回路に使用される場合には、印加電圧を低くすることを推奨します。</p> </div> <div data-bbox="909 757 1404 1164" style="width: 45%; text-align: center;"> <p>静電容量直流電圧特性の例</p> </div> </div> <p>(1) 印加電圧による静電容量変化が許容範囲にあるか又は制限されない用途であるか確認して下さい。</p> <p>(2) 使用するコンデンサのカタログ又は納入仕様書に規定している静電容量の測定条件を確認して下さい。定格静電容量と実使用条件時の静電容量が異なる場合があります。</p> <p>備考 静電容量の測定については、6.2.1 による。</p> <p>2. コンデンサには、電圧依存性をもった比誘電率の誘電体磁器を使用しているので、印加する交流電圧によって、静電容量が変化する場合がありますので、静電容量を確保するためには、次のことを確認して下さい。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="161 1321 829 1568" style="width: 45%;"> <p>(1) 印加電圧による静電容量変化が許容範囲にあるか又は制限されない用途であるか確認して下さい。</p> <p>(2) 使用するコンデンサのカタログ又は納入仕様書に規定している静電容量の測定条件を確認して下さい。定格静電容量と実使用条件時の静電容量が異なる場合があります。</p> </div> <div data-bbox="909 1276 1404 1680" style="width: 45%; text-align: center;"> <p>静電容量交流電圧特性の例</p> </div> </div>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) 直流電圧が印加されると静電容量が変化することを知らなかったため、静電容量が設計時の許容範囲を超えてしまい機器の動作不具合が起きた。</p> <p>b) AC 1 次回路に使用されているコンデンサに流れる電流が計算値よりも大きな値となり、機器全体としての AC 漏れ電流が設計値を超えて、動作不具合が起きた。</p>	

6.2.6 静電容量の経時変化

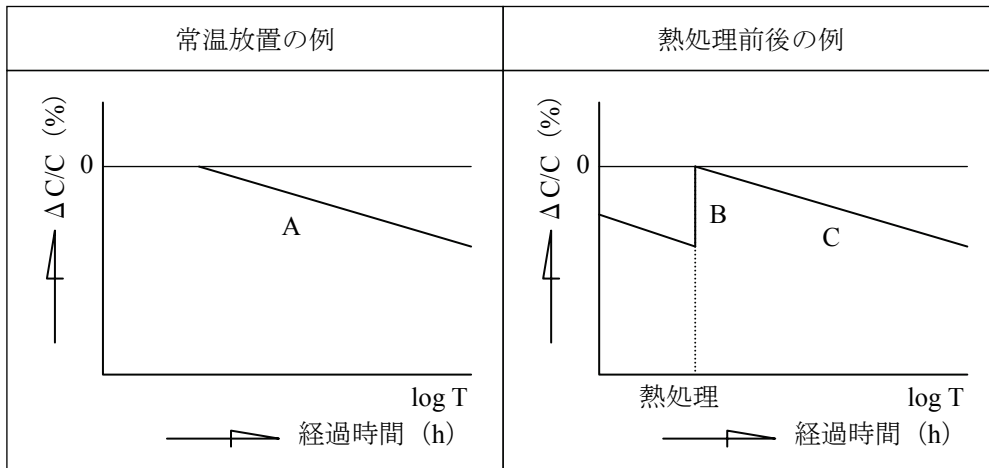
適用品種	種類 2 及び種類 3
確認事項	
<p>1. コンデンサ（種類 2 及び種類 3）には、静電容量の経時変化（エージング特性）があります。時定数回路などに使用する場合は、経時変化（エージング特性）を考慮して設計する必要があります。経時変化（エージング特性）については、部品メーカーに確認して下さい。</p>	

解説・理由・具体例

1. コンデンサの磁器誘電体は、強誘電体特性をもち、キュリー温度特性を示します。このキュリー温度以上では、立方晶形構造を示し、キュリー温度以下では非対称結晶構造となります。単結晶では、この結晶形の移行が急激であるのに対し、実際の誘電体では、一定温度範囲内でゆるやかに移行し、それは、各結晶形における静電容量対温度のカーブの各ピーク値と関連しています。熱振動の影響で結晶体にとじ込められたイオンは、誘電体が、キュリー温度以下に冷却されると、より低いポテンシャルエネルギーへ長時間継続的に移行しようとしています。静電容量のエージング現象は、このようにして起こり、これによってコンデンサの静電容量が連続的に減少します。（下図の A）この静電容量が減少したコンデンサは、キュリー温度以上で熱処理することによって脱エージングが起こり、エージングで失われた静電容量が回復します。（下図の B）その後、再びエージングが始まります。（下図の C）これは、磁器誘電体がより安定したエネルギー状態に移行するための現象であり、なくすことができない特性です。上記の理由によって、時定数回路など静電容量許容範囲の狭いものが要求される回路に使用する場合には、静電容量経時変化を考慮した上で使用して下さい。

はんだ付け、はんだこて修正などの温度加熱によっても、脱エージングが起こることもありますので、ご留意下さい。

静電容量の経時変化の例を次に示します。



(附属書 5 参照)

失敗の事例
<p>a) 静電容量の経時変化を知らなかったために、実装後の長期放置によって静電容量が減少し、セット上のプリント配線板における電気的特性のチェック時に動作不具合が起きたため、異常と判定した。</p>

6.2.7 圧電現象

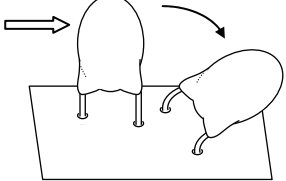
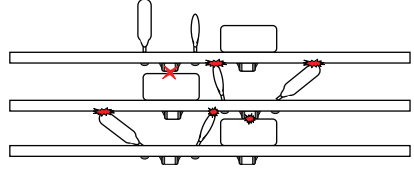
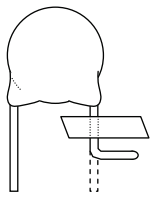
適用品種	共通（種類 2）
<p>確認事項</p> <p>1. コンデンサ（種類 2）を交流回路又はパルス回路で使用する場合、特定の周波数でコンデンサ自身が振動し、ノイズや音が発生する場合があります。</p> <p>また、コンデンサ（種類 2）に振動や衝撃を加えるとノイズが発生する場合があります。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. コンデンサ（種類 2）に使用される誘電体では、圧電現象（又は電歪現象ともいう。）があります。このため、次のような現象がみられる場合があります。</p> <p>(1) コンデンサに特定周波数の信号が印加されると、コンデンサの寸法で決まる固有振動数が共振してノイズや音が発生することがあります。 対策としては、コンデンサの大きさを変えて共振周波数を変える方法が有効です。 また、コンデンサの使用材料を圧電現象のない（又は小さい）低損失材料使用品又は種類 1 のコンデンサへ変更する方法もあります。</p> <p>(2) コンデンサに振動や衝撃を加えると、機械力が電気信号に変換されノイズの発生につながる場合があります。（特に、アンプ部付近での使用には注意が必要です。） 対策としては、コンデンサの誘電体材料を圧電現象のない（又は小さい）低損失のものとするか又は種類 1 のコンデンサへ変更する方法もあります。</p> <p>1-2. うなり音が発生した場合 製品性能、信頼性上は問題ありませんが、機器メーカーとしては気になる現象です。 ただし、ノイズの発生につながる場合もありますので、機器動作での確認をして下さい。 対策としては、上記 1-1.(1), (2)に示すようなコンデンサの形状、大きさ、特性などの異なるコンデンサへの変更が有効です。その他に、プリント配線板などの筐体との共振を抑えるためコンデンサの取付け方向を変えるか又はプリント配線板などの筐体と接着剤でコンデンサを固定する方法も有効な場合があります。</p>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) コンデンサがプリント配線板上で音を発する。ノイズ成分でコンデンサが共振を起こし、周囲の部品及びプリント配線板を含め低振動を起こしたため、音が発生した。</p> <p>b) 機器の DC/DC 1 次回路に使用されているコンデンサが、DC 電圧の高速パルス負荷印加によってコンデンサ本体からうなり音が発生した。これは電源電圧の周波数又は高調波成分との共振現象に起因した。</p> <p>c) 機器の AC 1 次回路に使用されているコンデンサが、AC 電圧印加によってコンデンサ本体からうなり音が発生した。これは電源電圧の周波数又は高調波成分との共振現象に起因した。</p>	

6.3 機械的要因における確認事項

6.3.1 振動又は衝撃

適用品種	共通
確認事項 1. コンデンサには、使用環境での機械的ストレス（振動，衝撃）が規定されています。 振動又は衝撃の種類もしくはそのレベル又は共振の発生有無の確認が必要になります。 共振が発生しない取付け又はコンデンサの端子に衝撃が加わらないような取付けが必要になります。	
解説・理由・具体例 1-1. 振動及び衝撃の使用条件がコンデンサのカatalog又は納入仕様書に規定の条件を超えるときは、その条件を提示の上、確認をして下さい。 条件によって、使用者側で本体を固定するなどの対策をして下さい。 1-2. 振動又は衝撃が加わる場合 (1) 悪路での機器輸送の振動及び衝撃。 (2) 搬入又は搬出での取扱い上での衝撃。 (3) 海路輸送での嵐のとき。 (4) ロケットなどの発射時又は着陸時の振動及び衝撃。 1-3. コンデンサに過度の機械的衝撃又は振動が加わった場合 コンデンサの本体はセラミックスなので、直接機械的衝撃が加わると、コンデンサに破損又はクラックが発生する場合があります。 また、コンデンサのリード線の断線、外装樹脂のクラックなど、性能を保証できなくなるだけでなく、致命不良に至る場合もあります。 落下したコンデンサは、既に品質が損なわれている場合が多く、故障危険率が高くなる場合がありますので、落下したコンデンサは使用しないで下さい。	
失敗の事例 a) 振動が加わる自動車用途に搭載したときに、機器の設置が振動を伝えやすい箇所に設置され、さらに機器内でも共振が起こり、コンデンサ部だけが大きく振動してしまった。そのため、コンデンサが破損して機器の動作不具合になった。 b) 機器を床に落としてしまったため、コンデンサの端子部に衝撃が加わりプリント配線板から取れてしまった。	

6.3.2 引張り・押し及び曲げ

適用品種	リード端子形
<p>確認事項</p> <p>1. コンデンサには、機械的ストレス（引張り、押し、曲げ）を制限しています。</p> <p>(1) コンデンサを実装するスペースと高さを確認する必要があります。</p> <p>(2) コンデンサの構造や端子の引張り強度、曲げ強度を確認する必要があります。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. コンデンサを実装するスペースを確認し、コンデンサの端子を曲げなければいけない場合は、部品メーカーにフォーミング加工ができるか確認をして下さい。</p> <p>コンデンサの端子は溶接で接続しているものがあります。また、内部の素子に直接接続するものがあります。コンデンサの端子に引張りのストレスが集中した場合、端子外れ又はコンデンサのオープン、ショートなどの原因になります。</p> <p>(1) コンデンサ端子と基板穴のピッチが異なる場合 (7.1.3 基板穴の設計参照)</p> <p>(2) はんだ付け後の取扱いの場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンデンサ本体を掴む。 ・コンデンサ本体を倒す。 ・プリント配線板を積み重ねる。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>1-2. リード線端子を曲げ加工した場合</p> <p>端子を曲げ加工するときに、特に幾つかの端子を一度に曲げ加工するときには、コンデンサ本体の一部に集中的に機械的ストレスが加わり、コンデンサ本体の破損、クラック、端子電極はく離などの原因になります。</p> <p>1-3. リード線端子を曲げ加工する場合</p> <p>やむを得ず、リード線端子を加工するときには、加工する箇所コンデンサ本体側のリード線をジグなどを使用して固定して、コンデンサ本体に機械的ストレスが加わらないようにして下さい。</p> <p style="text-align: right;">(7.7.3 リード線加工参照)</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) プリント配線板に取付け後、高さ寸法が大きすぎたためにセットに入らないことがわかり、コンデンサの端子を折り曲げ、横にしたところ端子が外れてしまった。</p> <p>b) 実装したプリント配線板を取り上げる際にコンデンサ本体を掴んで持ったところ、プリント配線板の自重がコンデンサ本体に全て加わったために、端子が外れてしまった。</p>	

7 実装上の確認事項

7.1 プリント配線板設計仕様

以下、プリント配線板を基板という。

7.1.1 取付け箇所的设计 (ランドパターンの设计)

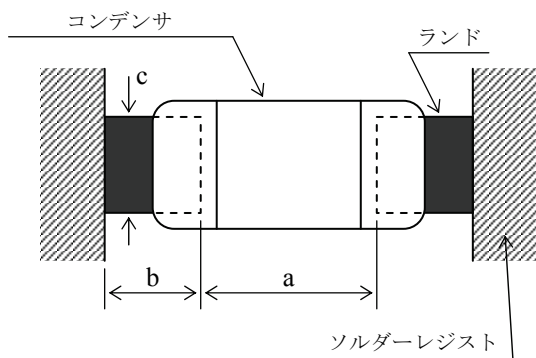
適用品種	表面実装形
------	-------

確認事項

- コンデンサを基板に取り付ける際、使用するはんだ量（フィレットの大きさ）は、取付け後のコンデンサに直接的な影響を与えるので、十分な配慮が必要になります。
適正はんだ量の確保のため、ランドパターン寸法が適正かを確認する必要があります。
- (1) はんだ量が過少になると、端子電極固着力が不足し、コンデンサの脱落の原因になり、回路の信頼性に影響を及ぼす場合もあります。
- (2) はんだ量が多くなる程素子に加わるストレスも大きくなりコンデンサの割れなどの原因になるので基板のランド設計に際しては、はんだ量が適正になるように形状及び寸法を設定する必要があります。
- (3) 共通ランドに2個以上の部品を取り付ける場合は、溶剤レジストでそれぞれの部品用の専用ランドとなるよう分離する必要があります。

解説・理由・具体例

- はんだ量が過多にならないような推奨ランドパターン寸法と避けたい事例及び推奨事例を次に示します。
- (1) 代表サイズの推奨ランドパターン寸法



円筒形 単位 mm

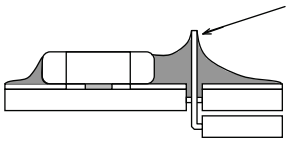
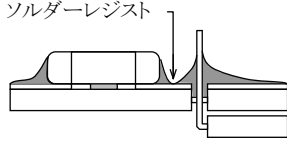
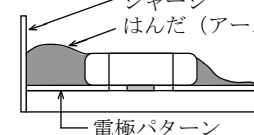
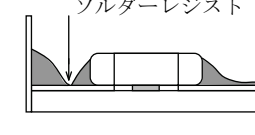
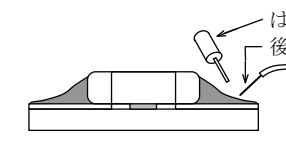
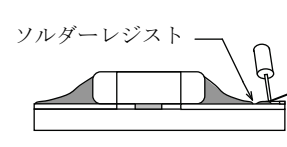
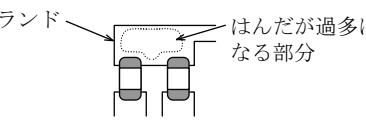
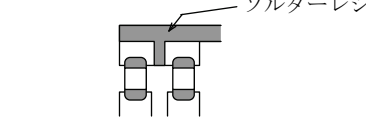
記号	1610	2125	3216
a	0.8~1.0	0.9~1.1	1.2~2.0
b	0.5~0.6	0.6~1.0	1.0~1.4
c	0.8~1.0	0.9~1.2	1.3~1.7

積層形 単位 mm

記号	0603	1005	1608	2012	3216	3225	4520	4532	5750
a	0.2 ~0.3	0.3 ~0.5	0.7 ~1.0	1.0 ~1.3	2.1 ~2.5	2.1 ~2.5	2.5~ 3.2 ⁽¹⁾	2.5~ 3.2 ⁽¹⁾	4.2 ~4.7
b	0.25 ~0.35	0.35 ~0.45	0.8 ~1.0	1.0 ~1.2	1.1 ~1.3	1.1 ~1.3	1.8 ~2.3	1.8 ~2.3	2.0 ~2.5
c	0.3 ~0.4	0.4 ~0.6	0.6 ~0.8	0.8 ~1.1	1.0 ~1.3	1.9 ~2.3	1.4 ~1.8	2.6 ~3.0	4.2 ~4.7

注⁽¹⁾ IEC 60950-1のように機器の安全規格で基礎絶縁の沿面距離が2.5 mm以上必要な場合があります。そのため、安全規格認定品の場合のa寸法は3.0~3.5 mmを推奨します。
また、安全規格認定品の場合、ランド間にスリットを入れたり、洗浄するなどの沿面放電に対する配慮をして下さい。

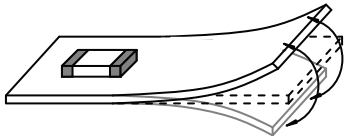
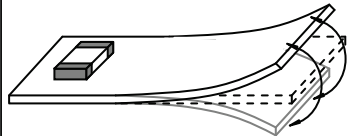
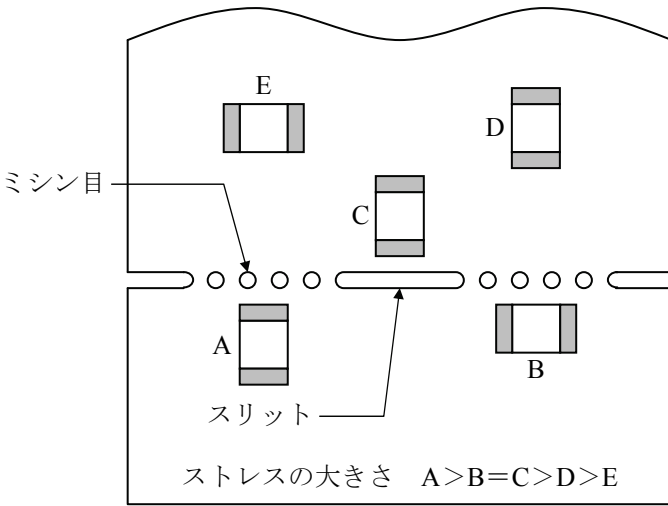
7.1.1 取付け箇所の設計（ランドパターンの設計）（続き）

適用品種	表面実装形	
解説・理由・具体例		
(2) 避けたい事例及び推奨例		
項目	避けたい事例	パターン分割による改善事例
リードの混載部品	 <p>リード付部品のリード線</p> <p>断面図</p>	 <p>ソルダーレジスト</p> <p>断面図</p>
シャーシの配慮	 <p>シャーシ</p> <p>はんだ (アースソルダー)</p> <p>電極パターン</p> <p>断面図</p>	 <p>ソルダーレジスト</p> <p>断面図</p>
リードの後付け部品	 <p>はんだこて</p> <p>後付け部品のリード</p> <p>断面図</p>	 <p>ソルダーレジスト</p> <p>断面図</p>
横置き配置 ⁽²⁾	 <p>ランド</p> <p>はんだが過剰になる部分</p>	 <p>ソルダーレジスト</p>
<p>注⁽²⁾ 横並びに取り付けるコンデンサがランドを共有する場合、レジストによってはんだ量過多にならないランドパターンにして下さい。</p>		

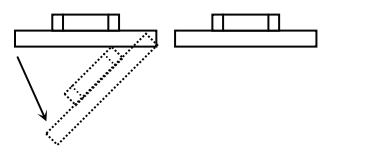
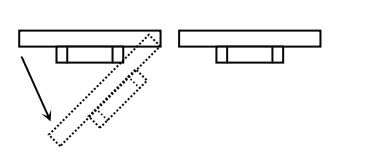
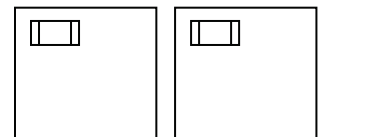
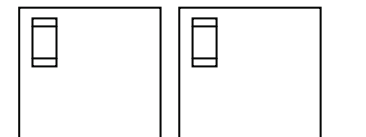
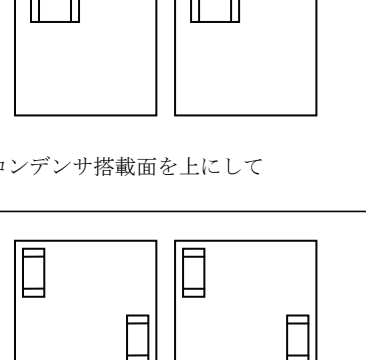
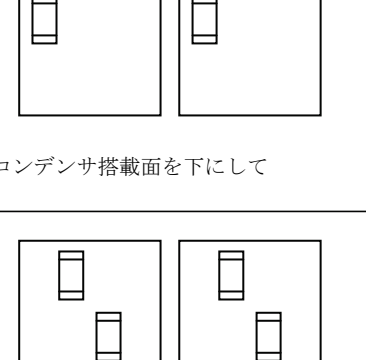
失敗の事例

- a) 大形状のコンデンサにおいて、基板のランドパターン寸法が小さすぎたため、固着力が確保できず、実装後に基板から脱落してしまった。
- b) 隣接する部品又はシャーシと共通ランドのため、実装後はんだ量が多くなった。はんだ量が過剰になったため、はんだの収縮応力によって、熱的・機械的ストレスを受けやすくなり、コンデンサの割れの原因となった。そのため、機器の動作不具合になった。
- c) ランドパターンの面積が、片側だけが極端に大きかったため、はんだ付け後の冷却収縮によりコンデンサにクラックが生じた。そのため、実装後の検査においてオープン不良となった。

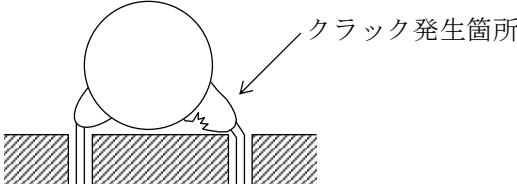
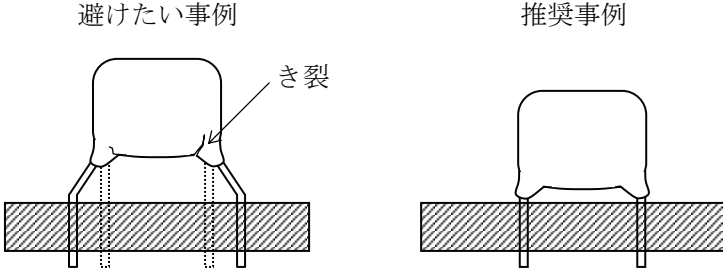
7.1.2 割板基板へのコンデンサ配置

適用品種	表面実装形	
確認事項		
<p>1. コンデンサを基板にはんだ付けした後の工程又は取扱い中に基板が曲がると、コンデンサに割れが発生することがあるので基板のたわみに対して極力ストレスの加わらないようにコンデンサ配置を確認する必要があります。</p>		
解説・理由・具体例		
<p>1-1. コンデンサを基板にはんだ付けした後の工程（基板カット・ブレイク、ボードチェッカー、部品取付け、シャーシへの取付け、リフロー後の基板の裏面をフローはんだ付けするときなど）又は取扱い中に基板が曲がると、コンデンサに割れが発生することがあります。</p> <p>(1) 基板のそりやたわみに対して極力機械的ストレスが加わらないようなコンデンサ配置の推奨例を、次に示します。</p>		
	避けたい事例	推奨事例
基板のそり		 <p>ストレスの作用する方向に対して横向きに部品を配置して下さい。</p>
<p>(2) カットライン近傍では、コンデンサの取付け位置によって機械的ストレスが変化するので、次の図を参考にして下さい。</p>		
 <p style="text-align: center;">ストレスの大きさ $A > B = C > D > E$</p>		
<p>(3) 基板分割時に、コンデンサに受ける機械的ストレスの大きさは、プッシュバック<スリット<V溝<ミシン目の順になるので、コンデンサの配置と同時に分割方法も考慮して下さい。</p>		

7.1.2 割板基板へのコンデンサ配置 (続き)

適用品種	表面実装形	
解説・理由・具体例		
<p>1-2. 多面取り基板の切り離し 多面取り基板は、はんだ付けの際、個々の単位基板に切り離されるが、その際基板に過剰なたわみ応力が加わると、コンデンサにクラックが発生するおそれがあります。次の図を参照の上、切り離し時の応力抑制に十分な配慮をして下さい。</p>		
基板切り離し時のたわみ応力とコンデンサ配置		
ポイント	避けて頂きたい配置	推奨配置
コンデンサ搭載面と折り曲げ方向	 <p>コンデンサ搭載面を上にして山折りする</p>	 <p>コンデンサ搭載面を下にして山折りする</p>
コンデンサの向き	 <p>コンデンサ搭載面を上にして</p>	 <p>コンデンサ搭載面を下にして</p>
カットラインからの距離	 <p>カットライン近傍に装着</p>	 <p>単位基板の中央部に装着</p>
失敗の事例		
<p>a) コンデンサを実装はんだ付けした基板を分割後、検査において絶縁抵抗の劣化不良が見つかった。解析したところ、端子電極の基板面下側から端面に向け、クラックが発生していた。</p> <p>b) 多面取り基板の切り離し時に基板がたわんでしまい、コンデンサが割れた。そのため、ショート不良が発生して機器の動作不具合になった。</p>		

7.1.3 基板穴の設計

適用品種	リード端子形
確認事項 1. コンデンサの端子間隔に基板穴間隔を合わせる必要があります。 2. 両面基板を使用するとき、コンデンサの下に、はんだが容易に這い上がるような大きな基板穴がないことを確認する必要があります。	
解説・理由・具体例 1. 端子間隔に合わない基板穴にコンデンサを挿入したとき、端子が破損したり、端子を通して素体内部へ無理な力が加わり、コンデンサそのものを破壊する場合があります。また、リード線付け根部分の外装樹脂にクラックが入り、耐湿性が保証できなくなるだけでなく、絶縁抵抗低下、耐電圧不良などに至る可能性があります。 基板への無理な挿入による外装樹脂のクラック例   2. 両面基板を使用する場合、基板面にはんだが容易に這い上がるような大きな貫通孔がコンデンサの下にあると、はんだ付け時のはんだの這い上がりによって、次の損傷の原因になる場合があります。 (1) コンデンサに使用している樹脂などの損傷 (2) 端子接合部の強度の低下	
失敗の事例 a) 端子間隔に合わない基板穴にコンデンサを無理やり挿入したため、リード線付け根部分の外装樹脂にクラックが入り、絶縁抵抗低下に至った。 b) フローはんだ付け実装後に端子穴からはんだが這い上がり、その熱でコンデンサの端子接続強度が低下した。そのため、取扱い中にコンデンサ本体が基板から外れてしまった。	

7.2 実装前の取扱い方

7.2.1 取付け前の予備知識

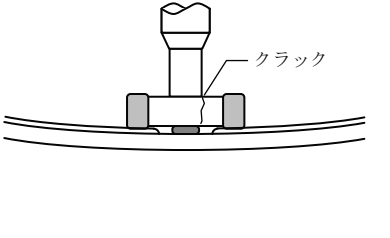
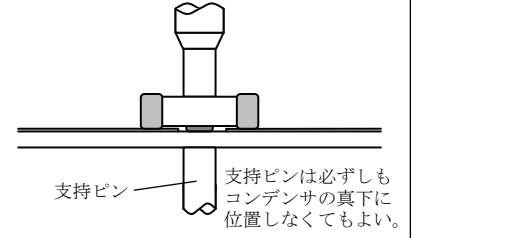
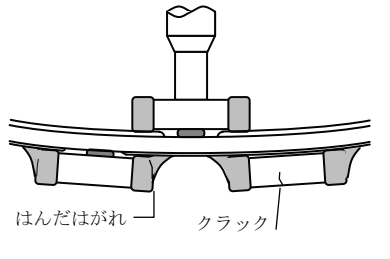
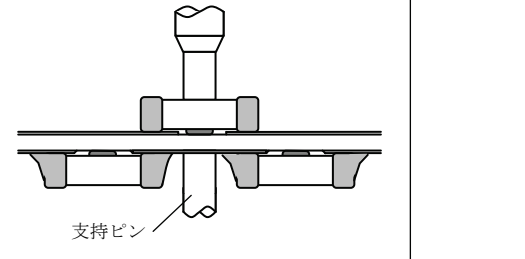
適用品種	共通
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 機器に組み込んだコンデンサを取り外して、再使用することはできません。 2. コンデンサは、印加される電圧によって静電容量が変化するため、使用する直流、交流電圧によって静電容量の確認が必要になります。(6.2.5 参照) 3. コンデンサに過度な機械的衝撃が加わるか確認が必要になります。 4. コンデンサの静電容量、定格電圧、特性などを確認してから取り付ける必要があります。 5. 長期保管したコンデンサははんだ付け性を確認の上、使用する必要があります。(9.1 参照) 6. 長期放置したコンデンサ(種類2及び種類3)は、経時変化により静電容量が低下している場合がありますので、静電容量を確認する前に熱処理をする必要があります。(6.2.6 参照) 7. 実装前にリード線加工する場合は、7.7.3を参照して下さい。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 一度機器に取り付けて使用したコンデンサは、熱的・電氣的ストレスを受けているので、再使用するとその後の品質に影響する場合があります。 2. コンデンサには、電圧依存性をもった比誘電率の誘電体磁器を使用しているため、印加する電圧によって静電容量が変化する場合があるので、静電容量を確保するためには、次のことを確認して下さい。 <ol style="list-style-type: none"> (1) 印加電圧による静電容量変化 (2) 静電容量変化が影響しない回路設計 (3) カタログ又は納入仕様書に規定しているコンデンサの静電容量測定条件(6.2.1及び6.2.5参照) 3. 落下したコンデンサは、既に品質が損なわれている場合が多く、故障危険率が高くなる場合があります。落下したコンデンサは使用しないで下さい。 4. コンデンサの定格や特性を間違えて取り付けると、コンデンサは所定の性能を保持できません。 5. 長期保管したコンデンサははんだ付け性を確認の上、使用して下さい。(9.1参照) 6. 長期放置したコンデンサ(種類2及び種類3)において、経時変化により静電容量が低下している場合は、静電容量を確認する前に熱処理をして下さい。(6.2.6参照) 7. 実装前にリード線加工する場合は、取扱いに注意して下さい。(7.7.3参照) 	
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> a) 他の基板から大形状部品を取り外し補修用部品として再使用したため、はんだの熱履歴が加算され電極の食われが生じた。そのため、基板から脱落してしまった。 b) 受入れ検査時、静電容量測定において、測定周波数及び測定電圧がコンデンサの仕様と合っていないため、静電容量が正しく測定できなかった。 c) 受入れ検査時、静電容量は正しく測定できた。しかし、温度係数が(0±60)ppm/°Cを使用する箇所に(-220±60)ppm/°Cのものを使用して、機器の動作不具合が起きた。 	

7.2.2 包装・こん包部品の扱い方

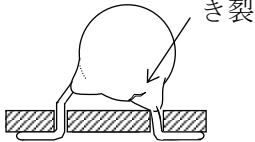
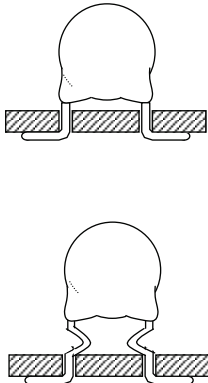
適用品種	共通
確認事項 1. 実装前の包装部品は、保管周囲環境や保管期間に制限があります。(9.1 保管上の取扱い参照) 2. コンデンサを他の実装方式への転用はしないことを確認する必要があります。 3. バルクケース包装の取扱いについては、 附属書 4 を参照下さい。	
解説・理由・具体例 1. 実装前の包装部品は、保管周囲環境や保管期間に制限があります。 実装前の包装部品を高温高湿中の保管や長期間にわたり保管すると、コンデンサそのものだけでなく、テーピングなどの包装材の性能劣化を起し、搬送時又は実装時の部品脱落、装着エラーなどの原因になる場合があります。(9.1 保管上の取扱い参照) 2. テーピングで納入したコンデンサは、テーピング包装品に適した実装方法で実装されるようになっているので、バルクへの転用によるバルク実装を行った場合、コンデンサの品質劣化だけでなく、装着稼働率の低下や実装機自体の故障にもなる場合があります。 また、テーピング品はバルク実装の寸法精度に適合しない場合があります。 したがって、コンデンサを他の実装方式への転用はしないで下さい。 3. バルクケース包装の取扱いについては、 附属書 4 を参照下さい。	
失敗の事例 a) テーピング品を高温高湿中に長期間保管していたため、キャリアテープの層間密着強度が落ち、実装時にはく離してずれが生じてしまい、部品がピックアップできなくなった。 b) テーピングで納入したものを開封してバルク実装用に使用したため、テープ屑が入り込んでバルク実装機での実装不良が多発した。また、寸法精度もバルク実装用に適合しなかった。 c) バルク品のケースへの繰返し継ぎ足し使用によって電極表面がつぶれて変色した。その結果、はんだ濡れ性不良となった。	

7.3 実装時の取扱い方

7.3.1 実装機の調整（表面実装形コンデンサの場合）

適用品種	表面実装形	
確認事項		
<p>1. コンデンサを基板に実装する場合は、コンデンサ本体に次のような過度の衝撃荷重が加わらないことを確認する。</p> <p>(1) 実装時の吸着ノズルの圧力</p> <p>(2) 位置ずれ、位置決め時の機械的衝撃や応力</p> <p>2. 実装機の保守及び点検は定期的に行う必要があります。</p>		
解説・理由・具体例		
<p>1. 吸着ノズルの下死点が低すぎる場合は、実装時、コンデンサに過大な力が加わり、割れの原因となるので、次のことを参考に使用して下さい。</p> <p>(1) 吸着ノズルの下死点は、基板のそりを矯正して、基板上面に設定し調整して下さい。</p> <p>(2) 実装時のノズル圧力は、静荷重で1N～3N以下として下さい。</p> <p>(3) 両面実装の場合は、吸着ノズルの衝撃を極力小さくするために、基板裏面に支持ピンをあてがい、基板のたわみを押さえて下さい。その代表例を次に示します。</p>		
	<p style="text-align: center;">避けたい事例</p> 	<p style="text-align: center;">推奨事例</p> 
<p style="text-align: center;">両面実装</p>		
<p>2. 位置決め爪が磨耗してくると位置決めの際、コンデンサに加わる機械的衝撃が局部的に加わり、コンデンサが欠けたり、クラックが発生する場合がありますので、位置決め爪の閉じ切り寸法を管理し、位置決め爪の保守及び点検又は交換を定期的に行って下さい。</p>		
失敗の事例		
<p>a) 基板装着時の吸着ノズルの圧力が高すぎる、又は吸着ノズルの位置ずれが発生していたため、コンデンサに過度の衝撃が加わり、コンデンサの欠けや割れが発生した。</p> <p>b) 両面実装時にもう一方の基板面に部品を装着する際、吸着ヘッドの圧力で基板が大きくたわむと、もう一方の基板面に装着されたコンデンサが機械的ストレスを受け、コンデンサにクラックが入った。</p> <p>c) 装着スピードを高速に設定したため、位置決め時の衝撃力が大きくなり、コンデンサの欠けや割れが発生した。</p>		

7.3.2 実装機の調整（リード端子形コンデンサの場合）

適用品種	リード端子形	
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 自動挿入機で組立基板の振動と強いクランプ力が原因となる機械的衝撃に注意して下さい。 2. 自動挿入機でプリント配線基板にリード線を取り付けるためクリンチ力を管理して下さい。 		
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. より高速な自動挿入機が組立工程で使用されるとともに、組立基板の振動は厳しくなります。厳しい機械的な衝撃は、コンデンサ本体を変形するか、又は破壊的に、コンデンサを破損するかもしれません。自動挿入機のいくつかはその本体によってコンデンサを軽く打ちます。あまりにも強いクランプ力や挿入圧は変形するかもしれないし、したがってコンデンサ素子を割るかもしれません。 2-1. コンデンサのリード線を自動挿入機で基板に挿入しクリンチ固定するとき、クリンチ部と基板との空間が狭すぎるとリード線が引っ張られて端子の破損や外装樹脂へのき裂が発生し、性能劣化に至る場合があるので、クリンチ部の調整や歯こぼれなどの保守及び点検を定期的に行って下さい。その事例を次に示します。 2-2. 機器の高さに余裕のある場合はフォーミングリード品の使用を推奨します。 		
項目	避けた事例	推奨事例
リード線のクリンチ		 <p>フォーミングリードの採用</p>
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> a) コンデンサのリード線が、基板穴に過度に引き込まれ、コンデンサの樹脂部のき裂、挿入不良、はんだ付け不良が発生した。 b) コンデンサを自動実装するときに、製品押し込みのプッシャー圧が強すぎて、コンデンサの素子に機械的なクラックが入り、耐圧不良となった。 c) リード線を基板裏側でカットやクリンチするときのカッターの切れが悪く、リード線を基板下側に強い力で引っ張られ外装樹脂にき裂が入った。 		

7.3.3 接着剤の選定

適用品種	表面実装形								
確認事項									
<p>1. コンデンサをはんだ付けする前に、接着剤でコンデンサを基板に仮固定する場合は、ランドパターン寸法、接着剤の種類、塗布量、接触面積、硬化温度、硬化時間などが適正でないと、コンデンサの特性劣化につながる場合があるので、コンデンサに適した条件を確認する必要があります。</p>									
解説・理由・具体例									
<p>1-1. 接着剤の種類によっては、絶縁抵抗の低下がある。また、コンデンサと接着剤の収縮率の違いから、コンデンサに収縮応力が加わり、クラックが発生する場合があります。</p> <p>1-2. 接着剤の量が少なかったり、接触面積が小さかったり、硬化温度又は硬化時間が不十分であった場合には、十分な接着強度を得られず、運搬やはんだ付け時にコンデンサの脱落が発生する場合があります。</p> <p>接着剤が多すぎる場合、ランドへのはみ出しにより、はんだ付け不良が発生したり、電気的接続が得られなくなったり硬化不足やコンデンサ実装後の位置ずれの原因になります。</p> <p>また、硬化温度が過度に高く、時間が長くなると接着強度が低下するだけでなく、コンデンサの端子電極や基板のランド表面に影響を与え、はんだ付け性を悪化させる場合があります。</p> <p>(1) 接着剤の選定 代表的な接着剤の種類は、エポキシ系樹脂やアクリル系樹脂があります。 次の点を考慮して適正な接着剤を選定して下さい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 実装工程中に部品の落下やズレが生じないように十分な接着強度を有すること。 2) はんだ付け時の温度にさらされても接着強度が低下しないこと。 3) 塗布、保形性がよいこと。 4) ポットライフが長いこと。 5) 短時間で硬化すること。 6) コンデンサの外装材や基板などに対して腐食性がないこと。 7) 絶縁性がよいこと。 8) 有害なガスの発生など、人体に影響を及ぼさないこと。 9) ハロゲン化合物でないこと。 <p>(2) 接着剤の塗布量は、次の図を目安に塗布して下さい。</p>									
<p>[推奨条件：2012/3216 の例]</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>記号</th> <th>推奨値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>0.2mm min.</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>70~100 μm</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>パターンに接触しないこと</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>接着剤塗布量</p> </div> <div style="display: inline-block; text-align: center; margin-left: 20px;"> <p>コンデンサ装着後</p> </div>		記号	推奨値	a	0.2mm min.	b	70~100 μm	c	パターンに接触しないこと
記号	推奨値								
a	0.2mm min.								
b	70~100 μm								
c	パターンに接触しないこと								
失敗の事例									
<p>a) 接着剤にハロゲン系の物質が含有（混入）しており、基板のランドパターン間でショートし、機器の動作不具合が起きた。</p> <p>b) 接着剤の硬化温度が高すぎ、かつ、硬化時間が長すぎたため、端子電極が酸化し、フローはんだ付け工程ではんだ付け不具合が発生した。</p>									

7.4 はんだ付け条件

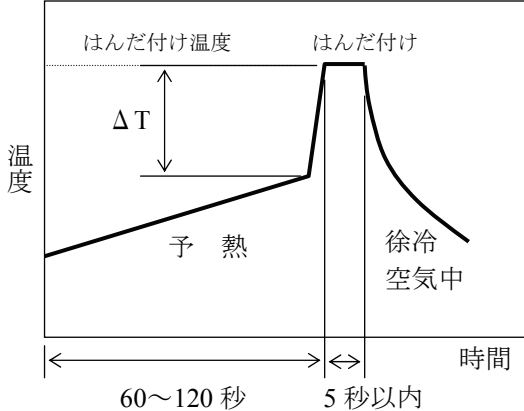
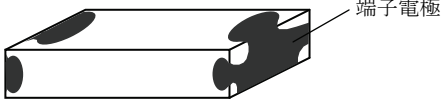
7.4.1 フラックスの選定

適用品種	共通
確認事項 1. フラックスは、コンデンサの性能に重要な影響を及ぼす場合があるので、使用する前に次のことを確認する必要があります。 (1) コンデンサを基板にはんだ付けする際のフラックス塗布量を確認する必要があります。 (2) 使用するフラックスのハロゲン系物質含有量を確認する必要があります。また、酸性の強いものかを確認する必要があります。 (3) 水溶性フラックスを使用される場合は、十分な洗浄を確認する必要があります。	
解説・理由・具体例 1-1. コンデンサをプリント基板にはんだ付けする際のフラックスは、必要最小限の量を薄く均一に塗布して下さい。 フローはんだ付け時には、はんだ付け性をよくするためにフラックスを塗布しますが、このフラックス塗布量が多い場合、フローはんだ付け時にフラックスガスが多量に発生し、はんだ付け性を阻害する場合があります。 フラックス塗布量を最小限にするために、発泡方式を推奨します。 1-2. フラックスはハロゲン系物質含有量が 0.1 wt%（塩素換算）以下のものを使用して下さい。 また、酸性の強いものは使用しないで下さい。 フラックスの活性化のために添加されているハロゲン系物質含有量が多いとき又は酸性の強いものを使用すると、リード線、端子電極の腐食やコンデンサ表面の絶縁抵抗低下の原因となる場合があります。 1-3. 水溶性フラックスを使用される場合は、十分な洗浄を行って下さい。 水溶性フラックスは、洗浄不足によってコンデンサ表面の絶縁抵抗を低下させる場合があります。 水溶性フラックスの残さは、湿気にも溶けやすい性質があり湿度の高い場合にはコンデンサ表面に付着した残さによって絶縁抵抗が低下し、信頼性に悪影響を及ぼす場合があるので、水溶性フラックスの選択の際は、洗浄方式や装置の能力などを十分に考慮して下さい。 また、洗浄、すすぎなどに水や温水を使用した場合、乾燥が不十分であると基板とコンデンサの隙間などに水滴が残り、マイグレーションが発生する原因になる場合があります。乾燥には十分な配慮が必要になります。	
失敗の事例 a) 洗浄が不十分であったため、残さによって基板のランドパターン間でショートし、機器の動作不具合が起きた。	

7.4.2 フローはんだ付け（リード端子形コンデンサの場合）

適用品種	リード端子形
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサ本体をはんだ槽の中に浸せきできませんので、事前に確認する必要があります。 2. フローはんだ付け条件は、カタログ又は納入仕様書に規定されています。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサ本体をはんだ槽の中に浸せきさせるはんだ付けはできません。 コンデンサを取り付けた面の反対側の基板面だけに、はんだ付けをして下さい。 コンデンサ本体をはんだの中に浸せきすると、次のような損傷に至る場合があります。 <ol style="list-style-type: none"> (1) はんだの熱伝導によって、コンデンサ内部のはんだが再溶融してショート状態になる。 (2) 熱ストレスによるセラミック素子のクラック発生。 (3) 外装樹脂の劣化による絶縁抵抗の低下、耐電圧不良など。 2. フローはんだ付けは、カタログ又は納入仕様書に記載された推奨条件の範囲内で行って下さい。 カタログ又は納入仕様書に記載された推奨条件を超えてはんだ付けを行うと、次のような損傷が発生する場合がありますので、部品メーカーの推奨する条件を使用して下さい。 <ol style="list-style-type: none"> (1) コンデンサ内部のはんだの溶融による電極食われ又はショート (2) セラミック素子の割れ <p>リード端子形コンデンサのフローはんだ付け推奨温度プロファイルの代表例を次に示します。 コンデンサ及び使用するはんだの種類によっては、これと異なる場合がありますので、部品メーカーに問い合わせ下さい。</p> <p style="text-align: center;">[フローはんだ付けの推奨例]</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> • ΔT（コンデンサ表面温度による許容温度差）による設定の場合： 許容温度差 $\Delta T \leq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ • 予熱温度による設定の場合： 予熱温度 $\geq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ </div> </div> <p>備考 鉛フリーはんだは、Sn-Pb 共晶はんだの場合に比べて、完全に液体状態になる温度（液相点）が高いため、使用するはんだによってはんだ付け温度に対するコンデンサの耐熱性を事前に確認して下さい。 鉛フリーはんだによるはんだ付けについては、附属書 3 参照。</p> 	
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> a) コンデンサ本体をはんだの中に浸せきさせるはんだ付けをしたら、コンデンサの電気特性に異常が発生した。 	

7.4.3 フローはんだ付け（表面実装形コンデンサの場合）

適用品種	表面実装形
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> はんだ付け条件（予熱温度，はんだ付け温度及びそれらの時間）は，カタログ又は納入仕様書に記載されています。 はんだ量の適正な範囲を確認する必要があります。 フローによるはんだ付けはできないリフロー専用部品がありますので，事前に確認する必要があります。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> はんだ付け条件（予熱温度，はんだ付け温度及びそれらの時間）は，カタログ又は納入仕様書に記載された推奨条件で使用して下さい。 <ol style="list-style-type: none"> カタログ及び納入仕様書に記載された推奨条件を超えてはんだ付けを行うと，熱ストレスによってコンデンサ内部にクラックが生じ，信頼性を損なう場合がありますので，部品メーカーの推奨する条件を使用して下さい。特に，はんだ付けの際，急熱急冷や局部過熱は，クラックの原因となります。また，温度プロファイルの測定点は，カタログ又は納入仕様書に記載した測定点として下さい。 次の推奨例を参考にして下さい。コンデンサ及び使用するはんだの種類によっては，これと異なる場合がありますので，部品メーカーに問い合わせ下さい。 <p>[フローはんだ付けの推奨温度プロファイルの例]</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> ・ ΔT（コンデンサ表面温度による許容温度差）による設定の場合： 許容温度差 $\Delta T \leq 150^\circ\text{C}$ ・ 予熱温度による設定の場合： 予熱温度 $\geq 120^\circ\text{C}$ </div> </div> <p>備考 鉛フリーはんだは，Sn-Pb 共晶はんだの場合に比べて，完全に液体状態になる温度（液相点）が高いため，使用するはんだによってはんだ付け温度に対するコンデンサの耐熱性を事前に確認して下さい。</p> <ol style="list-style-type: none"> はんだ付け時間が長すぎる場合やはんだ付け温度が高すぎる場合は，端子電極食われが生じ，端子電極固着力低下，静電容量の減少などが発生する場合があります。 <p>[端子電極食われの例]</p> 	

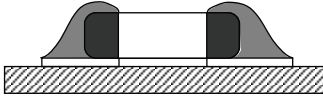
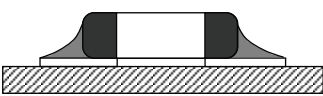
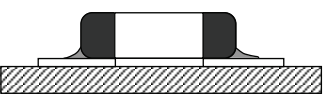


7.4.3 フローはんだ付け（表面実装形コンデンサの場合）（続き）

適用品種	表面実装形
<p>解説・理由・具体例</p>	
<p>2. はんだ量は、適正な範囲で行って下さい。 はんだ量が過剰になると、はんだの収縮応力によって、熱的・機械的ストレスを受けやすく、破損、クラック及び割れの原因となります。また、はんだ量が過少になると、端子電極固着力が不足し、接続不良及びコンデンサ脱落の原因になり、回路の信頼性に影響を及ぼす場合もあります。 はんだ量の代表例を次に示します。</p>	
<p>[フローはんだ付け時のはんだ量]</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>(a) はんだ量過多</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>(b) はんだ量適正</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>(c) はんだ量過少</p>  </div> </div>	
<p>3. リフロー専用部品は、フローによるはんだ付けはできません。 熱ストレスによるクラックの発生又は端子電極食われが生じ、端子電極固着力低下又は静電容量の減少などが発生する場合があります。 大形又は小形のコンデンサには、フローによるはんだ付けができない場合がありますので、フローはんだ付けする場合は、部品メーカーに問い合わせして下さい。</p>	
<p>失敗の事例</p>	
<p>a) リフロー専用部品をフローはんだ付けをしたら、コンデンサに次のような不具合が発生した。 － 特性異常 － 電極食われによるオープン不良及び固着力の低下</p> <p>b) 3225, 4520, 4532, 5750 サイズなどの大形状部品をフローはんだ付けしたらクラックが発生し、絶縁抵抗が劣化することによって、機器の動作不具合が起きた。</p>	

7.4.4 リフローはんだ付け

適用品種	表面実装形						
確認事項							
<ol style="list-style-type: none"> 1. はんだ付け条件（予熱温度，はんだ付け温度及びそれらの時間）は，カタログ又は納入仕様書に記載されています。 2. コンデンサ（3216 サイズ以下）では，チップ立ち（ツームストーン又はマンハッタン現象）に対する配慮が必要になります。 3. 基板に，はんだペーストを塗布してからコンデンサを装着するまでの時間を確認する必要があります。 4. 適正なフィレット形状になるはんだ塗布量の適正範囲を確認する必要があります。 5. 適切なはんだ材料を選定する必要があります。 							
解説・理由・具体例							
<ol style="list-style-type: none"> 1. はんだ付け条件（予熱温度，はんだ付け温度及びそれらの時間）は，カタログ又は納入仕様書に記載された推奨条件で使用して下さい。 (1) カatalog及び納入仕様書に記載された推奨条件を超えてはんだ付けを行うと，熱ストレスによってコンデンサ内部にクラックが生じ，信頼性を損なう場合がありますので，部品メーカーの推奨する条件を使用して下さい。特に，はんだ付けの際，急熱急冷や局部過熱は，クラックの原因となります。 (2) 次の推奨例を参考にして下さい。 コンデンサ及び使用するはんだの種類によっては，これと異なる場合がありますので，部品メーカーに問い合わせ下さい。 							
[リフローはんだ付けの推奨温度プロファイル例]							
	<p>ΔT：コンデンサ表面温度による 許容温度差</p> <p>[許容温度差 ΔT]</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>許容温度差</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3216 以下</td> <td>ΔT ≤ 150 °C</td> </tr> <tr> <td>3225 以上</td> <td>ΔT ≤ 130 °C</td> </tr> </tbody> </table>	サイズ	許容温度差	3216 以下	ΔT ≤ 150 °C	3225 以上	ΔT ≤ 130 °C
サイズ	許容温度差						
3216 以下	ΔT ≤ 150 °C						
3225 以上	ΔT ≤ 130 °C						
<p>備考 鉛フリーはんだは，Sn-Pb 共晶はんだの場合に比べて，完全に液体状態になる温度（液相点）が高いため，使用するはんだによってはんだ付け温度に対するコンデンサの耐熱性を事前に確認して下さい。 鉛フリーはんだを使用する場合の確認事項については，附属書 3 参照。</p>							
<ol style="list-style-type: none"> (3) はんだ付け時間が長すぎる場合やはんだ付け温度が高すぎる場合は，端子電極食われが発生し，端子電極固着力低下，静電容量の減少などの原因となります。 							
<ol style="list-style-type: none"> 2. コンデンサ（3216 サイズ以下）では，チップ立ち（ツームストーン又はマンハッタン現象）に対して配慮して下さい。 チップ立ちを防ぐ対策として，次の事項を十分検討下さい。（附属書 1 参照） <ul style="list-style-type: none"> － ランド寸法を小さくする。 － 予熱をする。 － はんだペースト塗布量を少なくする。 － コンデンサ接着時の位置ずれを小さくする。 － はんだ付け時のコンデンサ両端子電極の熱の不均衡を小さくする。 							

7.4.4 リフローはんだ付け（続き）

適用品種	表面実装形	
<p>解説・理由・具体例</p>		
<p>3. 基板に、はんだペーストを塗布してからコンデンサを装着するまでの時間をできるだけ短時間にするようにして下さい。 基板にはんだペーストを塗布してからコンデンサを装着するまでの時間が長すぎる場合、はんだペーストの表面が乾燥し、膜はり状態になり、著しくはんだ付け性を劣化させる場合があります。</p>		
<p>4. 適正なフィレット形状になるように、はんだ塗布量を適正範囲にして下さい。 はんだ塗布量が過剰になると、リフローはんだ付け時のはんだ量が過多となり、はんだの収縮応力によって機械的・熱的ストレスを受けやすく、破損、クラック及び割れの原因となります。また、はんだ塗布量が過少になると、端子電極固着力が不足し、接続不良及びコンデンサ脱落の原因となり、回路の信頼性に影響を及ぼす場合もあります。フィレット形状の代表例を次に示します。</p>		
<p>[1608 サイズ以下のフィレット形状例]</p>		
<p>(a) はんだ量過多</p> 	<p>(b) はんだ量適正⁽²⁾</p> 	<p>(c) はんだ量過少</p> 
<p>[2012 サイズ以上のフィレット形状例]</p>		
<p>(d) はんだ量過多</p> 	<p>(e) はんだ量適正</p> 	
<p>備考 適正なフィレット高さは、コンデンサの高さの 1/3～2/3、又は 0.5 mm のいずれか小さい方の値を推奨します。 極小部品については、部品メーカーにご相談下さい。 サイズの異なる部品を混載する場合は、部品サイズ及び高さだけでなく、ランドパターン、マスクサイズ（面積、厚さ）などを考慮して、はんだ量をコントロールする方法があります。</p>		
<p>5. はんだ材料は、次の事項を考慮して選定して下さい。 はんだ材料が適切でない場合、はんだボールなどの発生の原因となる場合があります。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・はんだボールが発生した場合は、完全に除去して下さい。はんだボールは、電氣的性能劣化又は信頼性の低下を誘発させる場合があります。 ・組成が Sn-Zn 系の鉛フリーはんだを使用すると、使用環境によっては絶縁抵抗を劣化させる場合があります。使用する場合は、部品メーカーにご相談下さい。（附属書 3 参照） 		
<p>失敗の事例</p>		
<p>a) 1005 サイズのコンデンサをリフローはんだ付けしたところ、チップ立ち（ツームストーン又はマンハッタン現象）が発生した。</p>		

7.4.5 はんだこてによるはんだ付け（表面実装形コンデンサの場合）

適用品種	表面実装形									
確認事項										
<p>1. はんだ付けに関する条件は、カタログ又は納入仕様書に記載されています。</p> <p>2. コンデンサに加わる熱ストレスを緩和するため、予め適切なはんだ付け条件を設定する必要があります。</p>										
解説・理由・具体例										
<p>1. カatalog又は納入仕様書に記載された条件を超えて使用すると、熱ストレスによってコンデンサ内部にクラックが生じ、絶縁抵抗の劣化、信頼性の低下及び耐プリント板曲げ性の低下に至る原因となる場合があります。</p> <p>この現象は、融点の高い鉛フリーはんだ（液相温度 200 °C 以上）の場合、Sn-Pb 共晶はんだと比較して、より発生しやすいので、特に注意して下さい。</p> <p>特に、急熱急冷及び局部過熱による熱ストレスで、クラックが顕著に発生する傾向にあります。</p> <p>同様に、こて先が端子電極部に接触しないように注意して下さい。</p> <p>カタログ又は納入仕様書に記載されていない条件で使用される場合は、部品メーカーに確認して下さい。</p> <p>2-1. 予熱管理</p> <p>こて先温度、コンデンサ及び基板のそれぞれの間の温度差が大きくなると、コンデンサに熱ストレスが加わり、クラックが発生したり、耐プリント板曲げ性が低下したりする場合がありますので、基板及びコンデンサを 150 °C 以上の温度で十分予熱し、基板及びコンデンサの温度が低下しない状態でこて付け作業を行って下さい。</p> <p>また、急加熱、局部加熱を避け、コンデンサが、設定した予熱温度に達するまでの時間を予熱時間として下さい。</p> <p>2-2. はんだ付け条件</p> <p>こて先の温度が高温になると、はんだ付け作業は早くなりますが、はんだ付け温度とコンデンサとの温度差が大きくなることによって、コンデンサに熱ストレスが加わり、クラックが発生したり、耐プリント板曲げ性が低下したりする場合があります。</p> <p>こて先温度 350 °C 以下で作業ができる、適切なこて当て時間を設定して下さい。ただし、こて当て時間が長すぎる場合、端子電極のはんだ食われの発生につながる可能性がありますので考慮が必要です。</p> <p style="text-align: center;">[鉛フリーはんだ（Sn-3Ag-0.5Cu）採用の場合の設定温度基準]</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>部品形状</th> <th>こて先温度</th> <th>予熱温度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3216 以下</td> <td>350 °C 以下</td> <td>150 °C 以上</td> </tr> <tr> <td>3225 以上</td> <td>280 °C 以下⁽¹⁾</td> <td>150 °C 以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>こて先温度と予熱温度との差 (ΔT) は、3216 形状以下で 150 °C 以下、3225 形状以上で 130 °C 以下とすることを推奨します。</p> <p>注⁽¹⁾ 3225 形状以上でこて先温度を 280 °C 以下にすることが難しい場合は、部品メーカーにお問い合わせ下さい。</p> <p>2-3. はんだ付け後の留意事項</p> <p>はんだ付け（修正も含む）直後は、基板も含めコンデンサの急冷を避けて、自然冷却（徐冷）になるように留意下さい。</p>		部品形状	こて先温度	予熱温度	3216 以下	350 °C 以下	150 °C 以上	3225 以上	280 °C 以下 ⁽¹⁾	150 °C 以上
部品形状	こて先温度	予熱温度								
3216 以下	350 °C 以下	150 °C 以上								
3225 以上	280 °C 以下 ⁽¹⁾	150 °C 以上								

7.4.5 はんだこてによるはんだ付け（表面実装形コンデンサの場合）（続き）

適用品種	表面実装形
<p>失敗の事例</p> <p>a) はんだこて作業時の条件が，採用部品に対して適切なか確認をしていなかったため，予めクラックの発生を抑制することができず，その結果，機器の寿命が短くなってしまった。</p> <p>b) 修正作業を早く終わらせようとして，十分な予熱をしない状態で，こて先温度を極端に高く設定し，作業したため，温度差によりクラックが発生し，絶縁抵抗が低下したことによって，機器の動作不具合が発生した。</p> <p>c) 基板の予熱をせずに，はんだこてによる作業をしたことによって，部品と基板の膨張収縮に差が生じ，その後の組立作業時に，たわみによるクラックを発生させてしまった。</p>	

7.4.6 はんだこてによるはんだ付け（リード端子形コンデンサの場合）

適用品種	リード端子形
確認事項 <ol style="list-style-type: none">1. はんだ付け条件（予熱温度、はんだ付け温度及びそれらの時間）は、カタログ又は納入仕様書に記載されています。2. はんだこては、こて先径、ワット数などに注意して選定する必要があります。3. こて先のリード線以外の部分への接触を確認する必要があります。	
解説・理由・具体例 <ol style="list-style-type: none">1. カatalog又は納入仕様書に記載された条件を超えて使用すると、コンデンサ内部のはんだが溶融したり、セラミック素子の割れが発生し、信頼性が低下する場合があります。2. はんだこて修正の際には、コンデンサへの熱的ストレスは小さくなるように、必要があれば、十分な予熱を行って下さい。 はんだこてによる取付け修正は、こて先径、ワット数などに十分に注意して選定して下さい。 はんだこての種類及び基板の大きさやはんだ付け箇所によっても、先端温度が異なります。 はんだこて先の温度が高い場合、はんだ付け作業は早くなるが、その熱伝導で信頼性を低下させる不具合が発生する場合がありますので、カタログ又は納入仕様書に記載された推奨条件を参照して下さい。3. こて先は、リード線以外の部分に直接触れないようにして下さい。	
失敗の事例 <ol style="list-style-type: none">a) はんだこてのこて先温度を最大設定ではんだ付けを行ったところ、リード線端子が外れてしまった。	

7.5 基板洗浄条件

7.5.1 基板洗浄

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサを取付け後に基板洗浄する場合は、洗浄目的（はんだ付けのフラックス、その他工程で付着したものの除去など）を明確にして洗浄液を選定する必要があります。 2. コンデンサを洗浄する場合は、洗浄時間などの洗浄条件に制限があります。 3. 洗浄条件は、実際の洗浄条件や洗浄装置によって、コンデンサの性能・品質面に影響がないことを確認する必要があります。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 洗浄液が不適切な場合は、フラックスの残さその他の異物がコンデンサに付着したり、コンデンサの外装樹脂を劣化させたりして、コンデンサの性能（特に絶縁抵抗）を劣化させる場合があります。 2. 洗浄条件が不適切（洗浄不足、洗浄過剰）な場合は、コンデンサの性能を損なう場合があります。 <ol style="list-style-type: none"> (1) 洗浄不足の場合 <ol style="list-style-type: none"> 1) フラックス残さ中のハロゲン系物質によって、リード線や端子電極などの金属の腐食を生じる場合があります。 2) フラックス残さ中のハロゲン系物質が、コンデンサの表面に付着し、絶縁抵抗が低下する場合があります。 3) 水溶性フラックスは、ロジン系フラックスに比べて、1)及び2)の傾向が顕著な場合があります。 (2) 洗浄過剰の場合 <ol style="list-style-type: none"> 1) 洗浄液によって、コンデンサの外装樹脂が劣化し、コンデンサの性能を低下させる場合があります。 2) 超音波洗浄の場合、出力が大き過ぎたり基板に直接振動が伝わると基板が共振し、基板の振動で、コンデンサ本体やはんだにクラックが発生したり、端子電極の強度を低下させる場合があるので、次の条件で行って下さい。 超音波出力 : 20 W/l 以下 超音波周波数 : 40 kHz 以下 超音波洗浄時間 : 5 分間以下 (3) 洗浄液が汚濁すると、遊離したハロゲンなどの濃度が高くなり、洗浄不足と同様の結果を招く場合があります。 3. コンデンサの外装樹脂には、防湿用としてワックスなど溶剤に溶けやすいものを使用している場合があるため、実際の洗浄条件での溶解度合いを確認して下さい。 また、はんだ付け時のフラックスに水溶性のものを使用する場合は、最終工程において、純水で十分洗浄し乾燥して下さい。 洗浄及び乾燥が不十分な場合には、コンデンサの信頼性を低下させる場合があります。 	
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> a) コンデンサをはんだ付けした基板を洗浄したら、コンデンサの電気特性に異常が発生した。 b) コンデンサをはんだ付けした基板を洗浄したら、超音波の出力が大き過ぎたため、基板が共振しその振動によって、基板からコンデンサが脱落した。 c) コンデンサ外装に含浸させた防湿用ワックスが、洗浄剤で溶け出た。 	

7.5.2 洗浄溶剤

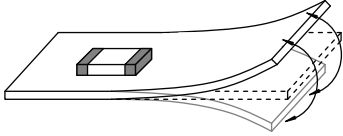
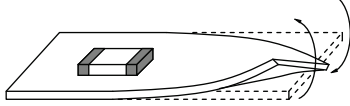
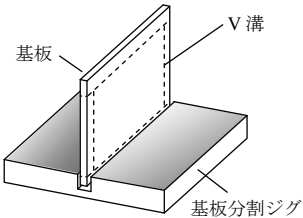
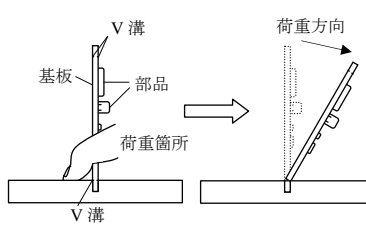
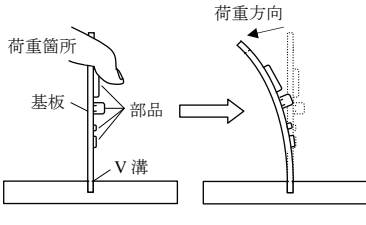
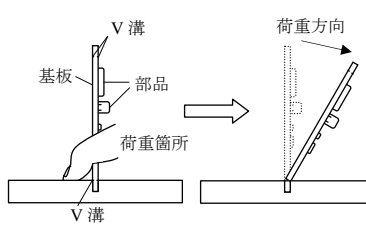
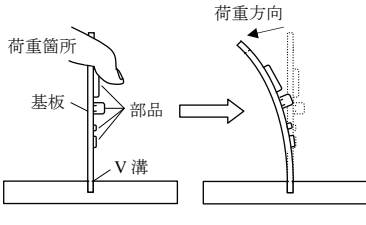
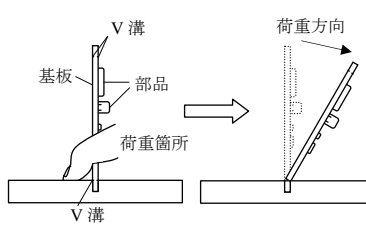
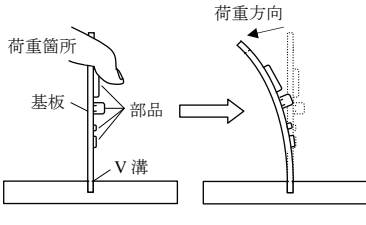
適用品種	共通
確認事項 1. カタログ又は納入仕様書で推奨している洗浄溶剤を確認する必要があります。 推奨以外の洗浄剤を使用する場合は、事前に実洗浄装置を用いて洗浄試験を行い、品質を確認する必要があります。	
解説・理由・具体例 1-1. 洗浄溶剤がフラックスの種類によって適切でない場合は、フラックスの残さその他の異物がコンデンサに付着したり、コンデンサの外装樹脂を劣化させたりして、コンデンサの性能（特に絶縁抵抗）を劣化させる場合があります。 1-2. 推奨溶剤以外の溶剤を使用する場合は、必ず実洗浄装置を用いて洗浄試験を行い、品質を確認の上選定して下さい。 1-3. 附属書 2 に代表的なフロン代替洗浄液の評価及び特性を示すので、洗浄液選定の参考にして下さい。	
失敗の事例 a) 洗浄液の定期交換をしていなかったため、洗浄液中の活性化フラックスに含まれるハロゲン系物質の濃度が高くなり、その残さによって基板のランドパターン間でショートし、機器の動作不良が起きた。 b) 洗浄力の強い溶剤で洗浄したため、コンデンサの外装樹脂を劣化させた。	

7.6 固定及びコーティング

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサを基板に取り付けた後、樹脂のコーティング又はモールドする場合、事前に確認する必要があります。 2. 樹脂の硬化過程又は自然放置の状態、有害な分解ガスや反応ガスが発生しないことを確認する必要があります。 3. 樹脂の硬化温度を確認する必要があります。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサは一般的に基板に取り付けた後は、樹脂のコーティング又はモールドをしなくてもよい設計をしてあります。したがって、樹脂のコーティング又はモールドをすることで、コンデンサの性能に不利な作用を及ぼす場合があります。 <ol style="list-style-type: none"> (1) コーティング樹脂やモールド樹脂の熱膨張収縮係数は、必ずしもコンデンサの熱膨張収縮係数とは一致しないため、コーティング又はモールドの硬化処理過程及び硬化後の温度変化（熱膨張収縮）によってコンデンサに異常な力が加わり、特性又は性能が変化したりコンデンサを破損（割れ、外装樹脂のはく離など）させ、絶縁抵抗低下や耐電圧不良に至る場合があります。また、コンデンサをモールドする樹脂量が多い場合は、樹脂硬化時の収縮応力によりコンデンサにクラックが発生する可能性があるため、樹脂硬化時の収縮応力の小さいものを使用して下さい。ストレスの緩衝用のアンダーコーティングとして、一般に、シリコン系樹脂が使用されています。 (2) コーティング材料やモールド材料には、耐湿性を悪化させるものもあるので、十分確認の上、使用して下さい。また、湿度の高い所で吸湿性のよい樹脂を使用すると吸湿によるコンデンサの絶縁抵抗劣化になるので、吸湿性の小さいものを使用して下さい。吸湿性の小さい樹脂として、一般に、エポキシ系樹脂が使用されています。 2. 樹脂の硬化過程又は自然放置の状態、有害な分解ガスや反応ガスが発生しないことを確認して下さい。樹脂の種類によっては、硬化過程や自然放置状態で、樹脂の分解ガスや反応ガスが樹脂内部にこもり、コンデンサの性能劣化に至る場合があります。 3. 樹脂の硬化温度がコンデンサの使用温度を超える場合は、熱膨張収縮応力の影響をさらに大きく受けることになり、コンデンサの破損に至る場合があります。 	
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> a) 内部電極がパラジウム、端子電極が銀-パラジウム電極のコンデンサを基板に取り付けた後、硬化過程で密閉状態にした。使用した樹脂（例えば、シリコン系 2 液タイプ）は、硬化過程で水素を発生するものであったため、パラジウムの水素吸蔵現象によって、コンデンサにクラックが入り、絶縁抵抗が劣化することによって、機器の動作不具合が起きた。 b) 高電圧用コンデンサを高圧ユニットに取り付け樹脂モールドしたときに、樹脂の硬化時の膨張収縮によってコンデンサ本体のセラミック素子と外装樹脂間で電圧リークし、耐電圧不良になった。 	

7.7 その他（取扱い）

7.7.1 基板分割

適用品種	表面実装形				
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサを含む部品を実装後、基板分割作業の際に、基板にたわみやひねりストレスを与えないように確認する必要があります。 2. 基板分割作業は事前に確認する必要があります。 					
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. コンデンサを含む部品を実装後、基板分割作業の際には、基板にたわみやひねりストレスを与えないように注意して下さい。 基板を分割する際に、基板に次の図に示すようなたわみやひねりなどのストレスを与えると、コンデンサにクラックが発生する場合があります。 極力ストレスを加えないようにして下さい。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>たわみ</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ひねり</p>  </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> 2. 基板分割時は、手作業による手割を避け専用治工具などで行って下さい。 基板を分割する際には、できるだけ基板に機械的ストレスが加わらないようにするため、手割りを避け、次の図に示す基板分割ジグ又は基板分割装置などを使用して下さい。 <p>(1) 基板分割ジグの例</p> <p>基板分割ジグの概要を次に示します。推奨事例として、荷重箇所は基板がたわまないジグに近い部分を持ち、コンデンサなどの部品には圧縮応力になるように分割します。 また、避けたい事例として、荷重箇所が基板がたわみやすいジグから遠い部分を持った場合、コンデンサに引張り応力が加わり、クラックが発生する原因となります。</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>ジグ概要</p>  </div> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th data-bbox="555 1400 957 1451">推奨事例</th> <th data-bbox="957 1400 1359 1451">避けたい事例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="555 1451 957 1684">  </td> <td data-bbox="957 1451 1359 1684">  </td> </tr> </tbody> </table> </div>		推奨事例	避けたい事例		
推奨事例	避けたい事例				
					

7.7.1 基板分割 (続き)

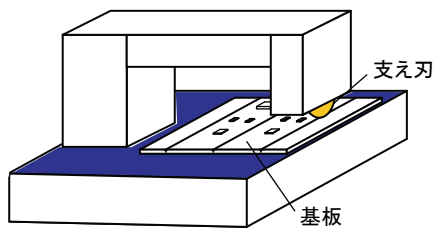
適用品種	表面実装形
------	-------

解説・理由・具体例

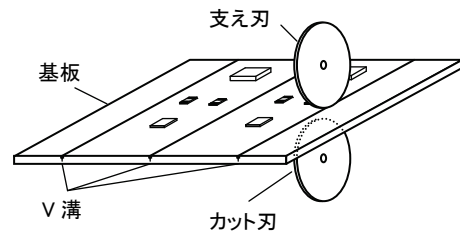
(2) 基板分割装置の例

基板分割装置の概要を示します。また、原理図のように基板のV溝に支え刃とカット刃を沿うように合わせて、基板を分割します。避けたい事例として、上下の刃が、上下、左右、前後にずれるなどの調整が適切でない場合、コンデンサにクラックが発生する原因となります。

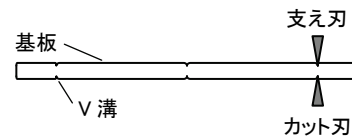
装置概要



原理図



断面図

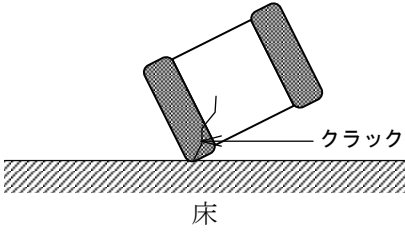
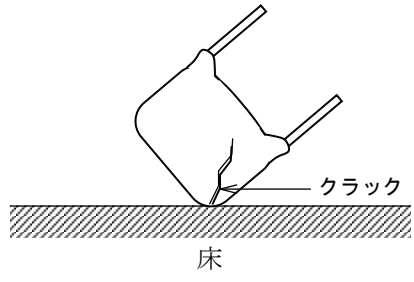
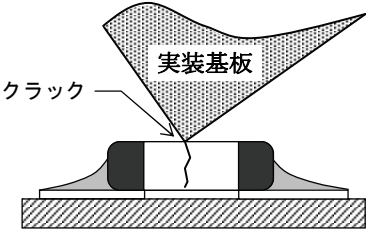


推奨事例	避けたい事例		
	上下ずれ	左右ずれ	前後ずれ

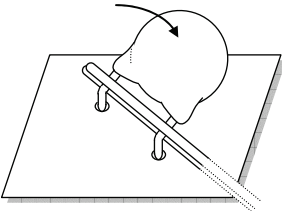
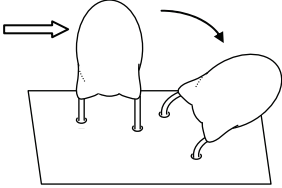
失敗の事例

- コンデンサを基板に実装はんだ付けし、カット刃のずれに気づかずに基板分割を行った後、検査において絶縁抵抗の劣化不良が見つかった。解析したところ、端子電極の基板面下側から端面に向け、クラックが発生していた。
- 多面取り基板の分割時に、カットジグから離れた位置で基板を押しました。その結果、コンデンサはその曲げ応力によって割れた。

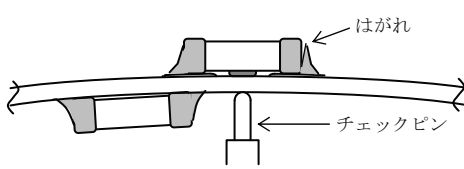
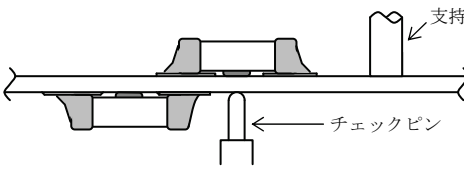
7.7.2 機械的衝撃

適用品種	共通
確認事項 1. コンデンサに過度の機械的衝撃を与えないように確認する必要があります。 (1) 落下など過度の衝撃の有無を確認する必要があります。 (2) コンデンサに他の基板などがぶつからないように、実装した基板の取扱いの確認をする必要があります。	
解説・理由・具体例 1-1. コンデンサに過度の機械的衝撃を与えないようにして下さい。 コンデンサ本体はセラミックスなので、落下衝撃により、破損やクラックが入る場合があります。落下したコンデンサは、既に品質が損なわれている場合があります、故障危険率が高くなる場合があるので、使用しないで下さい。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"><div style="text-align: center;"><p>表面実装形</p><p>クラック</p><p>床</p></div><div style="text-align: center;"><p>リード端子形</p><p>クラック</p><p>床</p></div></div> 1-2. コンデンサを実装した基板を取り扱う場合は、コンデンサに他の基板などがぶつからないようにして下さい。 実装後の基板の積み重ね保管又は取扱い時に、基板の角がコンデンサに当り、その衝撃で破損やクラックが発生し、耐電圧不良や絶縁抵抗の低下などに至る場合もあります。 <div style="text-align: center;"><p>クラック</p><p>実装基板</p></div>	
失敗の事例 a) はんだ付け後の基板をカートリッジに入れる際、基板が実装済みのコンデンサに接触して、コンデンサの欠け又は割れが発生した。	

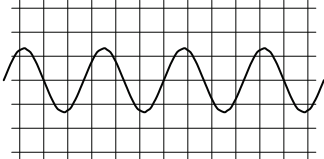
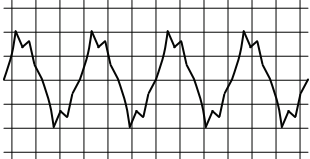
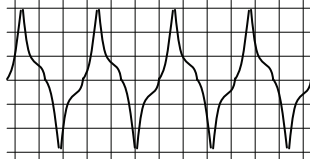
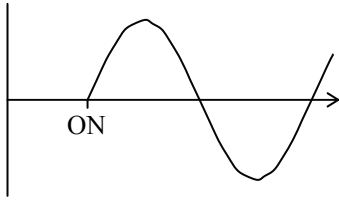
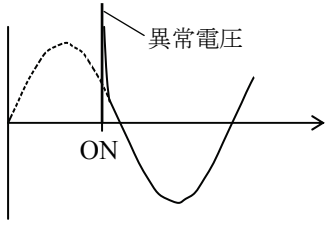
7.7.3 リード線加工

適用品種	リード端子形
<p>確認事項</p> <p>1. リード線端子の曲げ加工などは避ける必要があります。 やむを得ずリード線端子を曲げる場合は、コンデンサ本体に機械的ストレスが加わらないように確認する必要があります。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1. リード線端子は極力、曲げ加工などせずに、使用して下さい。 コンデンサのリード線を曲げ加工するとき、特に幾つかのリード線端子を一度に曲げ加工するときには、コンデンサ本体の一部に集中的に機械的ストレスが加わり、コンデンサ本体の破損や外装樹脂、セラミック素子へのクラック、電極端子はく離などが発生し、絶縁抵抗低下や耐電圧不良の原因となる場合があります。</p> <p>やむを得ずリード線端子を曲げる場合は、コンデンサ本体に機械的ストレスが加わらないようにジグなどを使用して下さい。 次に示すジグを参考に、曲げ加工して下さい。</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  <p style="text-align: center;">推奨事例</p> </div> <div style="flex: 2; padding-left: 20px;"> <p>リード線端子を加工するときには、左図のように加工する箇所コンデンサ本体側のリード線を固定して、コンデンサ本体に影響を与えないように加工して下さい。</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="flex: 1;">  <p style="text-align: center;">避けたい事例</p> </div> </div>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) コンデンサを基板にはんだ付け後、筐体を取り付ける際に、コンデンサ本体が筐体に接触するため、リード線を90°折り曲げたところ、リード線と本体の外装樹脂との間にクラックが発生した。</p>	

7.7.4 基板検査

適用品種	表面実装形
<p>確認事項</p> <p>1. 実装後の基板でコンデンサを検査する際は、支持ピンや専用ジグでの基板の固定の有無を確認する必要があります。</p> <p>1) チェックピンなどの圧力で基板がたわまないようにします。</p> <p>2) さらに接触時の衝撃で基板が振動ないようにします。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1. 基板の動作チェックをする際、ボードチェッカーのチェックピンの接触不良を防ぐために、チェックピンの押し圧を強くする場合があります。そのときの荷重で基板がたわみ、その応力でコンデンサが割れたり、また、端子電極のはんだがはがれる場合もあるので、次の図を参考にして基板がたわまないようにして下さい。</p>	
<p style="text-align: center;">避けたい事例</p> 	<p style="text-align: center;">推奨事例</p> 
<p>失敗の事例</p> <p>a) 基板の動作チェックをする際、ボードチェッカーのチェックピンがコンデンサ本体に接触したため、コンデンサの欠け又は割れが発生した。</p>	

7.7.5 交流（AC）耐電圧試験

適用品種	電磁障害防止用コンデンサ（直流定格電圧品には適用しない）
<p>確認事項</p> <p>1. 交流 1 次側電磁障害防止用として使用されるコンデンサの交流（AC）耐電圧試験では、試験条件（電圧、時間、波形）が規定されています。</p>	
<p>解説・理由・具体例</p> <p>1-1. コンデンサの受入れ検査及び（又は）使用機器の組立工程で AC 耐電圧試験を行う場合は、試験条件（電圧、時間、波形）が規定された範囲内であることを確認して下さい。 規定された電圧及び（又は）試験時間を超えると、耐電圧不良になる場合があります。</p> <p>1-2. 交流耐電圧試験を行う場合は、規定された電圧波形であることを確認して下さい。 特に正弦波形の場合は、規定された実効電圧値の$\sqrt{2}$ 倍以上の波高値が印加されないようにして下さい。 コンデンサの誘電体材料又は耐電圧試験器によっては印加電圧波形がひずみ、試験器に表示された実効電圧値の$\sqrt{2}$ 倍以上の波高値が印加される場合があります。 次に 1 000 Vrms の正弦波電圧に対して波形がひずむ例を示します。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>正弦波形の場合 (1414V.0-P)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ひずみ波形の例 1 (2000V.0-P)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ひずみ波形の例 2 (2800V.0-P)</p>  </div> </div> <p>1-3. 交流耐電圧試験を行う場合は、コンデンサの端子と試験器を確実に接続した後、規定の電圧をゼロクロススタートで印加して下さい。 接続が不完全で火花放電が発生したり、ゼロクロススタート方式でない試験装置で電圧を印加した場合には規定の試験電圧を超える異常電圧が発生する場合があります。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>ゼロクロススタートの場合</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ゼロクロススタートではない場合</p>  </div> </div>	
<p>失敗の事例</p> <p>a) AC 耐電圧試験時のコンデンサに流れる電流によって試験電圧波形がひずんだため、表示された実効値の$\sqrt{2}$ 倍以上の波高値の電圧が印加されコンデンサが絶縁破壊した。</p> <p>b) コンデンサの端子と耐電圧試験器との接続不良によって、火花放電が発生しそのときの異常電圧でコンデンサが絶縁破壊した。</p>	

8 機器稼動中の確認事項

適用品種	共通
<p>確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 機器稼動中は、コンデンサに直接触れることがないことの確認が必要です。 2. コンデンサの端子間を導電体でショートさせないように確認する必要があります。 3. コンデンサを取り付けたセットの設置環境及び移動環境を確認する必要があります。 	
<p>解説・理由・具体例</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 機器稼動中は、コンデンサに直接触れないで下さい。 機器稼動中にコンデンサの端子に触れると感電する場合があります。 コンデンサには、電荷が蓄えられており、人体を伝わって放電します。 なお、無通電中でもコンデンサに電荷が蓄えられている場合があるので、コンデンサに触れる場合には、放電抵抗を用いて完全に放電した後に行ってください。 2. コンデンサの端子間を導電体でショートさせないで下さい。 また、酸、アルカリ水溶液などの導電性溶液を、コンデンサにかけないで下さい。 機器稼動中に導電体でコンデンサの端子間をショートさせたり、コンデンサに酸、アルカリなどの導電性の水溶液をかけると、回路がショート状態となり、コンデンサが破壊する場合があります。 3. コンデンサを取り付けたセットの設置環境及び移動環境を確認して下さい。 次の環境下では、機器は使用しないで下さい。(6.1.1, 6.1.3 及び 6.1.4 参照) <ol style="list-style-type: none"> (1) コンデンサに、水分又は油がかかる環境。 (2) コンデンサに、直接日光が当たる環境。 (3) コンデンサに、オゾン、紫外線及び放射線が照射される環境。 (4) 腐食性ガス（硫化水素、二酸化イオウ、塩素、アンモニアなど）に晒される環境。 (5) 振動又は衝撃条件がコンデンサのカタログ又は納入仕様書に規定の値を超える環境。 (6) 結露するような環境の変化。 	
<p>失敗の事例</p> <ol style="list-style-type: none"> a) 機器稼動中にコンデンサの端子部に触れて感電した。 b) トイレ用機器で、コンデンサに酸性の強い洗浄剤がかかって、絶縁抵抗が劣化した。 c) 機器内のコンデンサの結露によってコンデンサの絶縁抵抗が低下した。温度の低い場所から高温高湿の環境下にその機器が移動した直後に電源のスイッチが ON されたためであった。 	

9 輸送・保管上の一般的取扱い










9.1 保管上の取扱い

適用品種	共通	
確認事項		
1. コンデンサを保管する場合に条件によって性能に影響を与える場合があります。保管する環境条件などを確認する必要があります。		
解説・理由・具体例		
1. 製造業者の規定がない場合、次の条件を推奨する。		
1-1. コンデンサは、室内温度（5～40）℃、湿度（20～70）%RH の環境下で保管して下さい。その他の気象条件については、 JIS C 60721-3-1 の分類 1K2 による。		
(1) 高温高湿環境下では端子電極の酸化によるはんだ付け性の低下や、テーピング、パッケージングなどの性能劣化が加速される場合があるので、次の期間内でご使用下さい。		
1) 表面実装形コンデンサは、極力 6 か月以内に使用して下さい。 また、リフローはんだ付け専用の銀及び銀パラジウム端子電極品は、酸化又は硫化しやすいので開封後できるだけ早く（極力 1 か月以内）使用して下さい。		
2) リード端子形コンデンサは、極力 1 年以内に使用して下さい。		
(2) 期間がすぎたものは、はんだ付け性を確認の上、使用して下さい。 保管中は、最小包装単位は開封することなく、当初の包装の状態で保管して下さい。 短時間であっても上記の温度及び湿度条件から外れないようにして下さい。		
1-2. 大気中又は雰囲気中の有害ガスによって、リード線端子又は端子電極のはんだ付け性の劣化など信頼性を著しく低下させる可能性があります。 コンデンサは、腐食性ガス（硫化水素、二酸化イオウ、塩素、アンモニアなど）の雰囲気を避けて保管して下さい。		
1-3. 直射日光による端子電極及び外装樹脂の光化学変化や急激な湿度変化による結露から、はんだ付け性の劣化や性能劣化に至る場合があります。 コンデンサは、直射日光や結露する場所に保管しないで下さい。		
1-4. その他の気象条件については、 JIS C 60721-3-1 の分類 1K2 による。		
JIS C 60721-3-1 の分類 1K2 の主な気象条件		
環境パラメータ	単位	クラス 1K2
a) 低温	℃	+5
b) 高温	℃	+40
c) 低相対湿度 ⁽¹⁾	%	5
d) 高相対湿度 ⁽¹⁾	%	85
e) 低絶対湿度 ⁽¹⁾	g/m ³	1
f) 高絶対湿度 ⁽¹⁾	g/m ³	25
g) 温度変化の速度 ⁽²⁾	℃/min	0.5
h) 低気圧 ⁽³⁾	kPa	70
i) 高気圧 ⁽³⁾	kPa	106
j) 日射	W/m ²	700
<p>注 ⁽¹⁾ 相対湿度は絶対湿度の規定によって制限されているため、例えば、環境パラメータ a) と c) 又は b) と d) の厳しきは同時に生じない。</p> <p>⁽²⁾ 5 分間の平均値</p> <p>⁽³⁾ 70 kPa の値は屋外条件の限界値を表し、通常は高度 3 000 m での値である。地理的な場所によっては、これより高い場所もある。鉱坑内の条件については考慮しない。</p>		
出典：JIS C 60721-3-1 表 1		
失敗の事例		
a) コンデンサを高温高湿の環境下で保管したため、端子電極のはんだ付け性が低下し、工程異常として検出された。		
b) コンデンサを塩素や臭素が充満する環境下で保管したため、端子電極のはんだ付け性が低下し、工程異常として検出された。		
c) 表面実装形コンデンサのテーピング品を高温高湿中に長期保管していたため、キャリアテープの密着強度が落ち、実装時にはく離してしまい、部品がピックアップできなくなった。		

9.2 輸送上の取扱い

適用品種	共通
確認事項 1. コンデンサを輸送する場合に条件によって性能に影響を与える場合があります。 輸送する環境条件などを確認する必要があります。	
解説・理由・具体例 1-1. 輸送中、テープ、バルクケースなどの選定した包装形態のものも含め、極端な温度、湿度及び機械的な力に対してコンデンサを保護して下さい。 部品メーカーの規定がない場合は、次の条件を満足して下さい。 (1) 気象条件 次の条件によるほか、 JIS C 60721-3-2 の分類 2K2 によります。 － 低温：－40℃ － 温度の変化 空気/空気：－40℃/+30℃ － 低気圧：30 kPa － 気圧変化の速度：6 kPa/min (2) 機械的条件 JIS C 60721-3-2 の分類 2M1 によります。 輸送は、箱が変形せず、また、内部包装物に直接力が伝わらない方法で行います。 (3) 総輸送時間 総輸送時間は、可能な限り短くし、10日間を超えないようにして下さい。 ただし、総輸送時間には管理された保管条件に置かれている時間を含みません。 1-2. 外装樹脂が割れた場合には、吸湿によって信頼性が低下する場合があります。 1-3. コンデンサに過度の振動、衝撃、圧力を加えないで下さい。 (1) コンデンサの本体はセラミックスなので、過度の機械的衝撃や圧力が加わると、破損やクラックが発生する場合があります。 (2) コンデンサ表面に鋭利なもの（エアドライバ、はんだこて、ピンセット、シャーシのエッジなど）が強く当たるとショートなどになる場合があります。 1-4. 落下などによって、過度の衝撃が加わったコンデンサは使用しないで下さい。 落下したコンデンサは、既に品質が損なわれている場合が多く、故障危険率が高くなる場合があります。 1-5. リード線に過度の力（曲げ、引張りなど）を加えないで下さい。 リード線に過度の力を加えると、断線、ショートなどになる場合があります。	
失敗の事例 a) 機器メーカーにおいて協力工場への輸送中に部品が雨に濡れ、端子電極表面が酸化してはんだ付け時のはんだ濡れ性が悪くなった。 b) 輸送中に輸送車から落下し、外装箱が変形した状態のコンデンサを使用したところ、落下が原因と思われるクラックによって、コンデンサの耐電圧不良が発生した。	

10 安全規格

適用品種	交流定格, 安全規格認定品		
確認事項			
<p>1. AC 1 次側回路で使用される電磁障害防止用又は結合／絶縁用コンデンサは、安全規格の認定取得又は電気用品安全法（旧電気用品取締法）準拠しているものか確認する必要があります。</p> <p>(1) AC 1 次側回路で電磁障害防止用又は結合／絶縁用として使用されるコンデンサは、安全規格認定品又は電気用品安全法（旧電気用品取締法）に規定の内容を満足するものを使用する必要があります。</p> <p>(2) 安全規格には、耐電圧試験及び耐インパルス試験についてサブクラス区分がありますので、使用機器で必要とされる適切なサブクラス区分のものを選定する必要があります。</p>			
解説・理由・具体例			
<p>1-1. 安全規格について</p> <p>一般に、AC 商用電源に接続して使用される電子機器は、常に AC 電源に接続されている場合が多いため、電源間及び電源－アース間に使用される電磁障害防止用コンデンサは連続で AC 電圧が印加されるだけではなく、雷サージなど異常電圧が印加されるなど過酷な条件で使用されます。さらに、コンデンサの故障が感電や火災事故の原因となりやすいため安全性に配慮されたコンデンサを使用することが必要になります。</p> <p>各国では下記（代表例）のとおり、公的な安全規格に基づいた電磁障害防止用コンデンサの認定制度がありますので、これらの認定に満足したものを採用することが安全法規対策上も必要になります。</p>			
国名	認定機関名（略称）	認定マーク	適用規格
USA	UL		UL1414
カナダ	CSA		CSA C22.2
UK	BSI		EN 132400/IEC 60384-14
ドイツ	VDE		
スイス	SEV		
スウェーデン	SEMKO		
フィンランド	FIMKO		
ノルウェー	NEMKO		
デンマーク	DEMKO		

10 安全規格 (続き)

適用品種	交流定格, 安全規格認定品				
解説・理由・具体例					
1-2. コンデンサのサブクラス分類について 電磁障害防止用コンデンサの国内規格 JIS C 5101-14 (対応国際規格 IEC 60384-14) ではコンデンサを使用回路や耐電圧試験などの保証性能によって次のようにサブクラスとして区分しています。安全規格認定品を使用のときには、機器に必要とされる安全性能から適切なものを選定して下さい。					
Y コンデンサ (ラインとアース間に接続されるもの)					
サブクラス	橋絡できる絶縁の種類	定格電圧	耐ピークインパルス電圧	耐電圧	
Y1	二重絶縁又は強化絶縁	$\leq 500 \text{ V}$	8.0 kV	4 000 VAC	
Y2	基礎絶縁又は付加絶縁	$\geq 150 \text{ V}, \leq 300 \text{ V}$	5.0 kV	1 500 VAC	
Y3	基礎絶縁又は付加絶縁	$\geq 150 \text{ V}, \leq 250 \text{ V}$	適用しない	1 500 VAC	
Y4	基礎絶縁又は付加絶縁	$< 150 \text{ V}$	2.5 kV	900 VAC	
X コンデンサ (ライン間に接続されるもの)					
サブクラス	給電線からのピークインパルス電圧	IEC 60664-1 の設備カテゴリ	適用の種類	耐ピークインパルス電圧 ($\leq 1 \mu\text{F}$ のとき)	耐電圧
X1	$> 2.5 \text{ kV}, \leq 4.0 \text{ kV}$	Ⅲ	高パルス用	4.0 kV	$4.3 \times U_R (\text{DC})$ U_R : 定格電圧
X2	$\leq 2.5 \text{ kV}$	Ⅱ	一般用	2.5 kV	
X3	$\leq 1.2 \text{ kV}$	—	一般用	適用しない	
備考 上記表は、 JIS C 5101-14 から引用していますが、部分的に最新の IEC 60384-14:2005 を引用している。					
失敗の事例					
a) AC 電源 1 次側の電磁障害防止用コンデンサに直流電圧仕様のコンデンサを使用したため、機器の安全規格認定検査で不合格になった。					

11 安全と環境の確認事項

11.1 万一の場合

- (1) コンデンサが異常に発熱したり、発煙、発火及び異臭が発生した場合、すぐに機器の主電源を切って使用を中止して下さい。
コンデンサが異常に発熱したり、発煙、発火及び異臭が発生した場合、電源から電力を供給し続けると、さらに、拡大する場合があります。
- (2) 異常発生直後に、コンデンサの近くに顔や手を近づけないで下さい。
コンデンサが高温になった場合、やけどの原因になります。

11.2 廃棄

コンデンサを廃棄する場合は、産業廃棄物処理業者に廃棄品を渡し、焼却埋立処理を行って下さい。
コンデンサには、外装にブロム系難燃剤を使用している場合があるため、焼却する場合で分離ができない場合には高温焼却（800℃以上）をして下さい。

ブロム系難燃剤は法規制などで使用や廃棄を制限されているので、法規制に則り廃棄して下さい。

備考 廃棄物処理法施行規則（平成9年8月29日公布の厚生省令）では、燃焼ガスの温度が800℃以上の状態で2秒以上の滞留が燃焼室の要件の一つとなっています。

附属書 1 (参考)

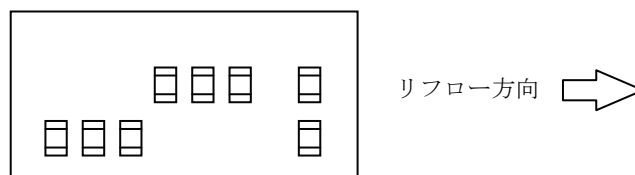
チップ立ち（ツームストーン現象）を防ぐ対策事例

1 表面実装形コンデンサの装着位置ずれ

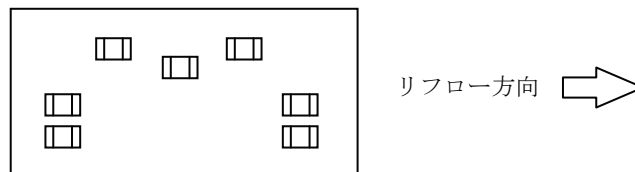
コンデンサのランドに対する装着時の位置ずれは、できる限り小さくなるように配慮して下さい。コンデンサの装着位置ずれ方向が、リフロー方向（基板進行方向）と合致する場合に特にチップ立ちが発生しやすい傾向があるので注意して下さい。

2 コンデンサの装着向き

パターン設計に際しては、可能な限りコンデンサの向き（長軸方向）がリフロー方向と垂直となるように配慮して下さい。



附属書 1 図 1—チップ立ち発生率が低い配置の例
(両端子電極温度が均衡)

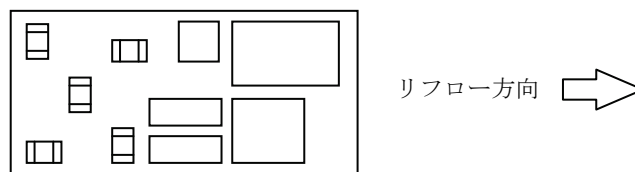


附属書 1 図 2—チップ立ち発生率が高い配置の例
(両端子電極温度が不均衡になりやすい)

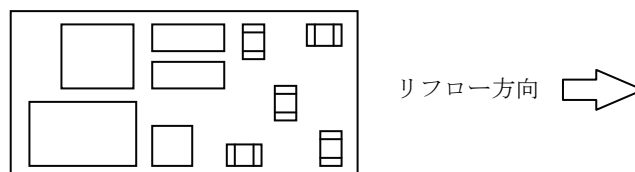
3 熱容量の大きな部品との位置関係

3.1 リフロー方向と基板の向き

熱容量の大きな部品が、コンデンサと同一基板に装着されている場合、熱容量の大きな部品がリフロー炉内を先行するように基板の向きを設定することで、チップ立ち発生率を制御できます。



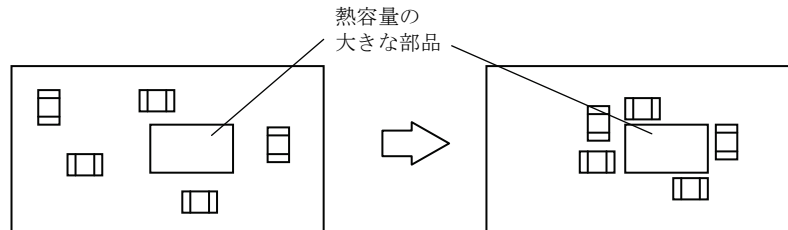
附属書 1 図 3—チップ立ち発生率が低い場合の例
(両端子電極の温度差が緩和される)



附属書 1 図 4—チップ立ち発生率が高い場合の例
(両端子電極の温度が不均衡になりやすい)

3.2 熱容量の大きな部品との距離

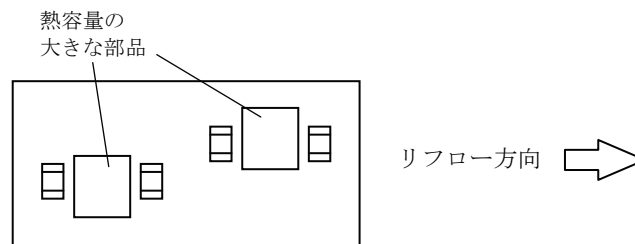
チップ立ち現象の発生率を制御するために、パターン設計に当っては、コンデンサが熱容量の大きな部品に可能な限り近づくように配慮して下さい。



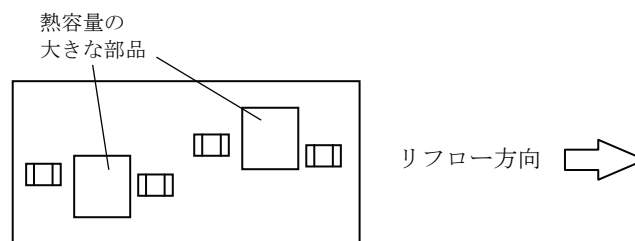
附属書 1 図 5—熱容量の大きな部品との距離

3.3 熱容量の大きな部品との位置関係

コンデンサを熱容量の大きな部品の側面に対して平行に配置することで、チップ立ち現象の発生率を制御できます。この場合も可能な限り熱容量の大きな部品の近傍に配置し、コンデンサの向きがリフロー方向と垂直になるように配慮して下さい。



附属書 1 図 6—チップ立ち発生率が低い配置の例
(両端子電極の温度差が緩和される)



附属書 1 図 7—チップ立ち発生率が高い配置の例
(両端子電極の温度が不均衡になりやすい)

4 ランド面積

パターン設計においては、可能な限りランド面積を狭くし、各ランドに均等なはんだ塗布量が得られるように配慮して下さい。

附属書 2 (参考) 代表的な各種洗浄液の特性例

1 各種洗浄液の特性例

附属書 2 表 1 は代表的な洗浄液を、各特性項目について比較したものです。

なお、小分類のなかでも洗浄液メーカーや品種によって特性の異なるものがあります。選定時には洗浄液メーカーに問い合わせの上、評価確認を実施後に使用して下さい。

附属書 2 表 1—代表的な各種洗浄液の特性例

大分類	小分類	特 性					代表的な洗浄工程
		洗浄力	引火性	毒性	環境性	ランニングコスト	
溶 剤 系	フッ素系溶剤	×	○	○	△	×	超音波洗浄 ↓ 乾 燥
	アルコール系	△	×	○	(1) ○	○	超音波洗浄 ↓ リンス ↓ 乾 燥
	炭化水素系	○	×	○	○	△	超音波洗浄 ↓ リンス ↓ 乾 燥
水 系	アルカリ系 界面活性剤	○	○	○	△	×	超音波洗浄 ↓ 水 洗 ↓ 乾 燥

備考 表中 ○印：優れている △印：注意が必要 ×印：問題あり

注(1) 自治体などでの揮発性有機物（VOC）規制の確認が必要です。

附属書 3 (参考) 鉛フリーはんだ

1 鉛フリーはんだ

はんだは電子機器などにおいて、プリント配線板へ電子部品を実装したり、接合材料として広く使われてきました。しかし、従来からのはんだは鉛を 40%以上含み、はんだ中の鉛の存在が電子機器の廃棄・リサイクルの大きな障害となっています。欧州の RoHS 規制、日本の J-Moss、アジア諸国における RoHS 相当規制などを背景に、現在までに幾つかの鉛フリーはんだの開発がされて、電子機器の量産化が世界的に急速に普及しています。

鉛フリーはんだ実用化に際して業界団体をはじめ、各機器メーカー及び部材・部品メーカーで事前の検討、評価した事項について主な共通点を次に示しますので参考にして下さい。

2 鉛フリーはんだを使用する前の確認事項

2.1 はんだ材料の選定

鉛フリーはんだの材料組成によっては、はんだ濡れ性や固着強度の確保ができないことがあるので、はんだ材料の選定を誤らないで下さい。

はんだ材料の選定を誤ると、目標としたはんだ濡れ性や固着強度が得られなかったり、はんだ表面の光沢が満足できない場合があります。

また、融点の高い材料を使用する場合は、基板に実装されるすべての部品の耐熱性を確認してから使用して下さい。

2.2 鉛フリーはんだは高融点はんだ

鉛フリーはんだは融点が高くなりますので、部品の耐熱性を確認して下さい。

鉛フリーはんだを使用する場合、はんだ付けするコンデンサの端子電極又はリード線端子の表面処理めっきの組成を確認して下さい。

鉛フリーはんだと部品めっきとの組合せによっては、実装性や信頼性に影響する場合があります。

事前に実装性評価や信頼性評価を確認することを推奨します。

附属書 3 表 1—鉛フリーはんだの種類の大代表例

はんだ種類	代表的な組成	融点	実装性, 信頼性
Sn-Ag	Sn97Ag3	221 °C	熱ストレスに対して共晶はんだ並もしくは、それ以上の信頼性
Sn-Cu	Sn99.3Cu0.7	227 °C	
Sn-Ag-Cu	Sn96.5Ag3.0Cu0.5	217 °C	
Sn-Ag-Cu-Bi	Sn96Ag2.5Bi1Cu0.5	213 °C	部品表面処理（部品からの Pb 混入）を考慮必要
Sn-Pb (参考)	Sn63Pb37A, Sn60Pb40A	183 °C	従来一般的に使用された共晶はんだ

備考 はんだ組成で融点は異なる場合があります。（詳細は、IEC 61190-1-3:2007 参照）

はんだ濡れ性の低下、ブリッジの発生による実装作業性の低下を防止するため、リフロー温度プロファイルの検討や適用部品及びプリント配線板表面処理、基板パターン設計の見直しなどの検討が必要になります。

2.3 鉛フリーはんだ対応のはんだ付け温度プロフィール

電子機器の基板と電子部品との接続には、はんだを使用していますが、最近、環境問題の面から、実装メーカ及び機器メーカでは、鉛フリーはんだの採用が進んでいます。鉛フリーはんだを使用してはんだ付けする場合は、はんだの種類やはんだ付け方法で異なるので、部品の耐熱性や適性を検討の上、適切な条件で確認して下さい。

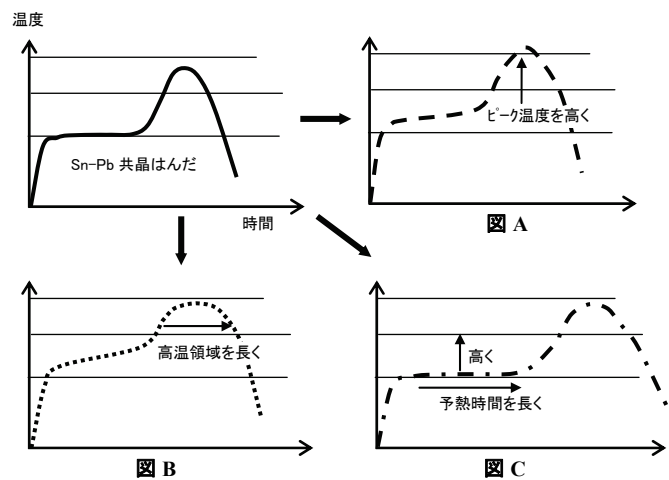
積層磁器コンデンサの推奨はんだ付け条件に関しては、本体 7.4（はんだ付け条件）に示します。

ここでは、鉛フリーはんだを用いたはんだ付け温度プロフィールについて、従来の共晶はんだと対比して説明します。

はんだが、錫鉛共晶はんだから鉛フリーはんだになった場合、はんだの融点などが高くなるため、実装メーカ及び機器メーカでは、従来の設備の有効活用などの理由から、次の三つの対応が取られています。

- (1) ピーク温度を高く (図 A)
- (2) 高温領域を長く (図 B)
- (3) 予備加熱時間を長く及び/又は高く (図 C)

他の電子部品に比べてはんだ耐熱性の面で弱いコンデンサの場合、実装メーカ及び機器メーカから、コンデンサの耐熱性を求められても、単に、ピーク温度だけで耐熱性のレベルを表現することは危険です。急熱急冷による熱ストレスにも配慮下さい。また、このとき、端子部（はんだ接合部）又はコンデンサ本体のうち、いずれの箇所の温度になるのが、コンデンサの耐熱性を保証する上で、重要となります。



対応方法として、必ず、部品メーカは、実装メーカ及び機器メーカに対して、温度プロフィール形 (図 A, 図 B 又は 図 C) の提示をお願いし、その条件での固定条件を把握し、必要な情報を提供することが、コンデンサの耐熱保証を行う上で、重要となります。

- (1) 図 A の場合、予備加熱の温度及び時間並びに高温領域の温度及び時間を固定した上で、ピーク温度を求める。
- (2) 図 B の場合、予備加熱の温度及び時間並びにピーク温度を固定した上で、高温領域の温度における時間を求める。
- (3) 図 C の場合、高温領域の温度及び時間並びにピーク温度を固定した上で、予備加熱の温度及び時間を求める。

2.4 低温鉛フリーはんだの実用化への課題

鉛フリー化の普及する一方で、低温実装を必要とする電子機器での低温鉛フリーはんだの実用化が検討されています。低温鉛フリーはんだを使用して部品をはんだ付けした機器の市場実績が少ないため、低温鉛フリーはんだの実用化に際して業界団体をはじめ、各機器メーカ及び部材・部品メーカで事前の検討、評価した主な事項について参考に示します。

低温鉛フリーはんだには、Sn-Zn 系、Sn-Ag-In 系などがあり、Sn-Ag-Cu 系に比べ、その融点は 10 数 °C 下がります。さらに、Sn-Bi 共晶はんだの融点は 139 °C となり、200 °C 以下のはんだ付け温度の可能性を秘めています。

Sn-Zn 系はんだは実装温度の低温化という観点では優れたはんだではありますが、耐湿度という観点では決して高信頼性のはんだではありません。また、積層セラミックコンデンサにおいては、絶縁抵抗劣化につながる可能性があります。

Sn-Zn 系はんだを使用する場合は、部品メーカーにご相談下さい。

3 鉛フリーはんだの使用中的確認事項

3.1 コンタミネーション

鉛フリーはんだを使用していると、はんだ槽中のはんだ組成が変化して物性変化を招き、はんだ付け不具合や固着強度などの信頼性に影響する場合があります。使用量に合わせて定期的にはんだの組成確認又ははんだ交換をして下さい。

3.2 その他共通事項として、本体 7.4（はんだ付け条件）を参照下さい。

附属書 4 (参考) バルクケースの取扱い

1 バルクケースの取扱いについての確認事項

1.1 生産に使用しないバルクフィーダ

生産に使用しないバルクフィーダをフィーダテーブルに搭載したままにしないで下さい。

生産に使用しないバルクフィーダをフィーダテーブルに搭載したままにすると、フィーダテーブル移動によって、バルクフィーダ内のコンデンサ自体が激しく揺さぶられコンデンサの変色（黒色化現象）が進行し、はんだ付け性劣化になる場合があります。

1.2 一回の部品供給数量

部品供給数量が多量になると、部品整列時のホッパー上下運動によってコンデンサ同士が磨耗が激しくなり、はんだ付け性劣化やコンデンサの割れ、欠けなどの品質劣化の原因になります。

一回の部品供給数量は、標準バルクケース（EIAJ ET-7201A）で1ケース以内として下さい。

1.3 バルクフィーダ内の部品残留

バルクフィーダ内にコンデンサが残っている場合、継ぎ足し供給により新旧ロットの混入になります。

最後まで使い切れないフィーダ方式の場合、部品貯留部にコンデンサが残っていないか確認して下さい。

バルクフィーダ内の部品貯留部にコンデンサが残っているにも係わらず、継ぎ足し供給すると新旧ロットの混入や残留部品のダメージの蓄積となり品質劣化の原因になります。

1.4 バルクフィーダの汚れ

バルクフィーダの部品搬送経路の汚れを確認して下さい。

汚れは、部品供給不足を起し、装着機の稼働率を低下させます。

また、バルクフィーダ自身の故障の原因になる場合もあります。

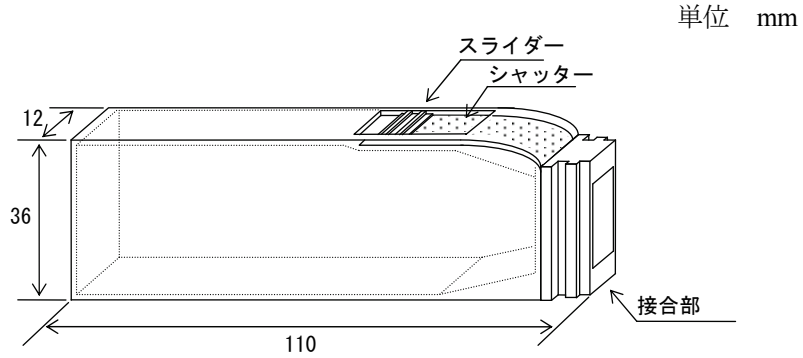
2 バルクケース関連規格

EIAJ ET-7201A 表面実装部品用リユースバルクケース

3 その他実装前の取扱いについて、7.2.2（包装・こん包部品の扱い方）を参照して下さい。

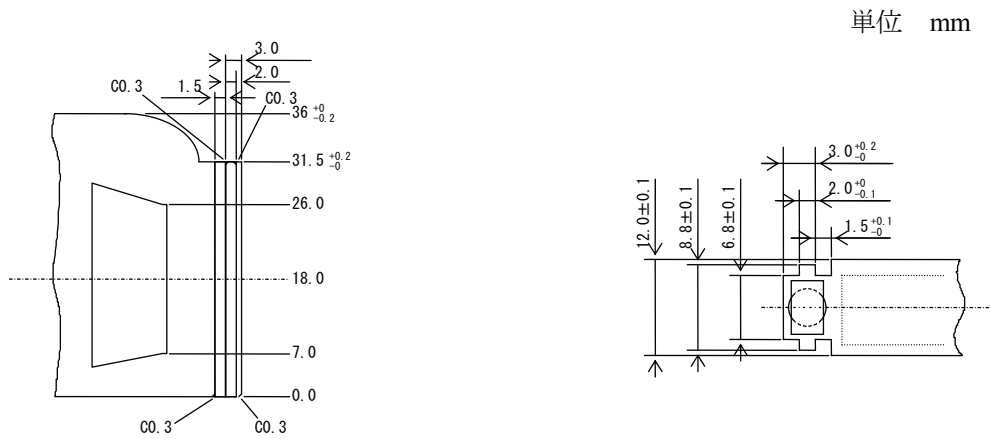
引用規格：EIAJ ET-7201A

バルクケース外形図



材質：ケース本体 アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン ABS
 シャッター ポリエチレンテレフタレート PET
 スライダー ポリプロピレン PP

バルクケース接合部



附属書 4 表 1—標準包装数

サイズ	厚み [mm]	標準包装数/ケース
1005M	0.50	50 000 個
1608M	0.80	15 000 個
2012M	0.60	10 000 個
	1.25	5 000 個

附属書 5 (参考) 固定磁器コンデンサの静電容量エージング

1 序文

磁器コンデンサの磁器誘電体は、強誘電体特性をもち、キュリー温度特性を示す。このキュリー温度以上では、立方晶形構造を示し、キュリー温度以下では非対称結晶構造となる。単結晶ではこの晶形の移行が急激であるのに対し、実際の誘電体では、一定温度範囲内でゆるやかに移行し、それは、各晶形での静電容量対温度カーブの各ピーク値と関連している。

熱振動の影響で結晶体にとじ込められたイオンは、誘電体が、キュリー温度以下に冷却されると、長時間継続的により低いポテンシャルエネルギーに移行しようとする。静電容量のエージング現象は、このようにして起こり、これによってコンデンサの静電容量が連続的に減少する。しかしながら、コンデンサは、キュリー温度以上で熱せられれば脱エージングが起こり、エージングで失われた静電容量が回復する。そしてコンデンサが再び冷やされたときからエージングが再び始まる。

2 静電容量エージングの法則

キュリー温度以下で冷却された最初の 1 時間は、静電容量の減少を定義することはできないが、この時間以降は、静電容量は対数的に減少することからこれをエージング定数として表すことができる。(K.W.Plessner, Phys. Soc., vol. 69B, p1261, 1956 参照)

エージング定数 k は、対数目盛の 1 デイケードすなわちコンデンサが 1 時間から 10 時間と 10 倍の時間経過でのエージングによる静電容量の減少率で定義される。

静電容量の減少の規則が対数的であることから、静電容量の変化率は、1 時間から 100 時間までは $2k$ 、1 時間から 1 000 時間までは $3k$ となる。このことは次の式で表すことができる。

$$C_t = C_1 \left(1 - \frac{k}{100} \cdot \log t \right)$$

ここに、 C_t : エージング開始 t 時間後の静電容量
 C_1 : エージング開始 1 時間後の静電容量
 k : エージング定数
 t : エージング経過時間

エージング定数は、それぞれの磁器誘電体について製造業者が提示するか、又はコンデンサの脱エージング後の 2 点の経過時間での静電容量を測定することによって求めるかのいずれかである。

エージング定数 k は、次の式で算出する。

$$k = \frac{100(C_{t_1} - C_{t_2})}{C_{t_1} \cdot \log t_2 - C_{t_2} \cdot \log t_1}$$

もし、静電容量の測定を経過時間の 3 点以上で行った場合は、 $\log t$ に対してプロットした C_t のグラフの傾斜からエージング定数 k を求めることができる。また、 $\log t$ に対する $\log C_t$ のプロットによっても求めることができる。

エージング中のコンデンサの測定は、温度特性による静電容量の変化が測定に悪影響を与えることを避けるために一定の温度に保持して行う。

3 静電容量の測定及び静電容量許容差

エージング特性があるため、静電容量が規定の許容差になければならない標準エージング時間を規定する必要がある。これは1 000 時間と定めている。なぜなら実用上1 000 時間以上での長時間の減少は小さいためである。

1 000 時間後の C_{1000} を算出するには、エージング定数が既知であれば前項に従って求められるが、次の式を用いてもよい。

$$C_{1000} = Ct \left[1 - \frac{k}{100} (3 - \log t) \right]$$

工場の測定では、1 000 時間後の静電容量の減少がわかるので非対称の検査許容差規格を用いて補正することができる。例えば、静電容量の減少が5 %とわかっていれば±20 %の規格の代わりに+25 %～-15 %で検査をすることである。

静電容量は、通常20 °Cでの値が用いられるため、20 °Cで測定するか、又はこの温度の値に補正する必要がある。手からの温度による誤差が生じるのでコンデンサは常にピンセットで取り扱う。

4 特殊な前処理条件

この規格の中の試験の多くは、与えられた条件（例えば、一連耐侯性）によって生じる静電容量変化を測定する必要がある。エージングによる悪影響を避けるために、試験前にコンデンサはカテゴリ上限温度に1 時間放置し、引き続いて標準試験状態で24 時間放置する特殊な前処理を行う。

カテゴリ上限温度以下のキュリー点をもつコンデンサは、これによって脱エージングされ続いて24 時間のエージングが施される。

熱処理の脱エージングによる静電容量の回復を行えば、その後24 時間のエージングを行うことによって製造からの静電容量変化が最小となる。（製造後の静電容量値と等しくなる）

もし、誘電体のキュリー温度がカテゴリ上限温度よりも高ければこの特殊な前処理条件によって、完全なコンデンサの脱エージングは起こらないはずだが、そのコンデンサは前の履歴に拘束されない状態までになり完全なエージング状態と同じ効果が達成される。

完全な脱エージングをするには160 °Cまでの温度が必要であり、この温度は外装樹脂にとって危険である。したがって、コンデンサを完全に脱エージングする場合は、個別規格に詳細事項及び必要な注意事項を考慮して規定する。

出典：JIS C 5101-9 及び JIS C 5101-22

附属書 6 (参考) コンデンサの推定寿命及び推定故障率の算出

1 磁器コンデンサの寿命及び故障率の推定

磁器コンデンサは、構造上電解質が使われていないため、電解コンデンサと比べて寿命が極めて長い特徴をもっています。

そのため、電解コンデンサのようなディレーティング（温度軽減電圧）使用の考えはありませんので、使用温度範囲内では定格電圧で使用できます。

また、一般にコンデンサの推定寿命又は推定故障率は、温度依存性と電圧依存性について、以下に示す経験則で概算できます。

2 推定寿命及び推定故障率の概算

コンデンサの寿命とストレスとの関係については、一般に経験則があり、次に示す実験式（寿命加速式とも呼ばれている）で表されます。

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^n \cdot 2^{\frac{T_2 - T_1}{\theta}}$$

ここに、 λ_1 ：状態 1 での故障率 λ_2 ：状態 2 での故障率
 L_1 ：状態 1 での寿命 L_2 ：状態 2 での寿命
 V_1 ：状態 1 での電圧 V_2 ：状態 2 での電圧
 T_1 ：状態 1 での温度 T_2 ：状態 2 での温度
 n ：電圧加速係数 θ ：温度加速係数

ここで、加速係数は、一般に電圧加速係数（3～5）乗則、温度加速係数（10～20） $^{\circ}\text{C}$ 則が知られていません。

ただし、加速係数及び適用温度範囲については、製品によって異なるため部品メーカーに問い合わせ下さい。

備考 ここで算出した値は推定値であるため、寿命保証値にはなりません。

附属書 7 (参考) 故障及び故障率について

この附属書は、電子部品の故障及び故障率に関する一般的な事項について、混乱が起らないように参考までに、記載する。このとき、一部、コンデンサの用語に置き換えた箇所があるので、ご了解下さい。

1 用語

(1) 故障 (Failure)

部品が規定の機能を失うことをいう。コンデンサの場合には、ショート及びオープン又は機器から求められる所定の機能を満足できない場合がこれに相当する。

なお、試験にて、故障を判断する場合には、製品規格に規定の値を超えた場合を故障と定義する。

(2) 総試験時間 (Total components time)

試料の総数についての試験時間の累計をいう。

例 試験数 10 個で、1 000 時間を試験した場合の総試験時間は、10 000 時間となる。

(3) 故障率 (Failure rate)

故障率の中には、(5) 平均故障率と(6) 瞬間故障率とがある。

一般的に、故障率という場合には、JIS Z 8115 では、この瞬間故障率が定義されていて、また、「当該時点でコンデンサが稼動状態にあるという条件を満たすコンデンサの当該時点での単位時間当たりの故障発生率」と定義されている。

備考 故障率の単位としては、%/1 000 h (=10⁻⁵/h) 又は Fit (Failure unit の略=10⁻⁹/h) が用いられる。一般的には、%/1 000h が用いられるが、信頼度が高く、故障率が小さい部品の場合には、Fit が用いられる。

$$1 \%/1\,000\text{ h} = 10^4 \text{ Fit} = 10\,000 \text{ Fit}$$

(4) 瞬間故障率

JIS Z 8115 では、「コンデンサが当該時間間隔の最初の時点では、稼動可能状態にあるとき、アイテムが故障した瞬間の時点 T が、時間間隔 (t, t+Δt) の間に入る条件付確率を、その区間幅 Δt で除した値が、Δt をゼロに近づけたときに存在した場合にその値を瞬間故障率」という。つまり、「ある時点まで作動してきた系、機器、部品などが引き続き単位期間内に故障を引き起こす割合ある一定期間故障しないで動作した場合に、その後続く単位期間内に故障の発生する割合」という。わずかな時間内に発生する故障の割合をいう。

この瞬間故障率 λ (t) から、MTBF 又は MTTF が求められる。

(5) 平均故障率

平均故障率 λ (t₁, t₂) は、次の式で求められる。

$$\text{平均故障率 } \lambda (t_1, t_2) = \frac{\text{(その期間中の) 総故障数}}{\text{総稼動 (試験) 時間}}$$

平均故障率 $\lambda(t_1, t_2)$ と瞬間故障率 $\lambda(t)$ との間には、次の関係がある。

$$\lambda(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt$$

参考 20個のコンデンサを試験した場合の平均故障率及び瞬間故障率を**附属書7表1**に示す。

附属書7表1—平均故障率と瞬間故障率との関係

平均故障率	瞬間故障率	試験時間での故障数
$10/(1\,000 \times 2 + 2\,000 \times 3 + 3\,000 \times 4 + 4\,000 \times 10) = 16.7\%/1\,000\text{ h}$	$1/(20 \times 1\,000) = 5\%/1\,000\text{ h}$	~1 000 h : 1 個
	$2/(19 \times 1\,000) = 10.5\%/1\,000\text{ h}$	~2 000 h : 2 個
	$3/(17 \times 1\,000) = 17.6\%/1\,000\text{ h}$	~3 000 h : 3 個
	$4/(14 \times 1\,000) = 28.6\%/1\,000\text{ h}$	~4 000 h : 4 個

(6) MTBF

mean time between failure の頭文字を並べて、MTBF とした略称で、日本語的には、平均故障間隔又は平均無故障時間であり、修理しながら使用する系、機器、部品などに用いる。**JIS Z 8115** では、「故障間動作の期待値：ある特定期間中の MTBF は、その総動作時間を総故障数で除した値」と定義している。コンデンサの場合には、この用語は用いられないで、**(7)の MTTF** を用いる。

$$\text{MTBF} = \frac{\text{各故障発生までの故障間隔}}{\text{故障数}} = \frac{\sum t_x}{r}$$

(7) MTTF

mean time to failure の頭文字を並べて、MTTF とした略称で、修理しない系、機器、部品などに用いる。**JIS Z 8115** では、「故障までの動作時間の期待値」と定義している。

$$\text{MTTF} = \frac{\text{各故障発生までの時間}}{\text{故障数}} = \frac{\sum t_x}{r}$$

(8) 故障率水準 (Failure rate level)

故障率を幾つかの水準に区分して、記号をつけた便宜上の故障率の区分をいう。故障率水準は、故障率を 1 000 時間当たりの百分率 (%) を単位として表し、**JIS C 5003** に規定の**附属書7表2**の記号を用いる。一般的には、M、P、R 及び S が用いられる。

附属書7表2—故障率の記号

記号	故障率 (%/10 ³ h)	記号	故障率 (%/10 ³ h)
L	5	R	0.01
M	1	E	0.005
N	0.5	S	0.001
P	0.1	H	0.0005
Q	0.05	T	0.0001

(9) 信頼水準 (CL; Confidence Level)

故障率水準の故障率のロットが不合格となる確率を百分率 (%) で示すものをいう。信頼水準 60 % 及び 90 % が使用されているが、一般的には、信頼水準 60 % が用いられる。

(10) 故障モード (Failure mode)

故障が発生したときの故障の状態をいう。コンデンサの場合には、ショート又はオープンの場合が多い。

磁器コンデンサは、主として、ショートモードである。

2 故障率に基づく故障領域

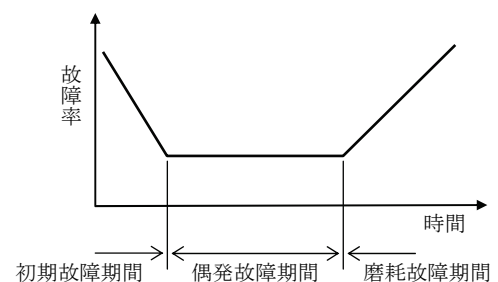
電子部品の時間的な故障率を次図に示すバスタブカーブによって、表すことができる。

(1) 初期故障期間

JIS Z 8115 では、「コンデンサの使用初期において、瞬間故障率が後に続く期間よりも著しく高い期間」と定義している。つまり、顧客が使用開始すると早々に故障が多発する時期の故障を初期故障といい、寿命試験の中でも、試験初期に発生する故障を指す。

コンデンサの場合には、一般的に、デバッキングなどで、この初期故障は除外されているため、この故障をもったコンデンサが市場に出ることはほとんどない。

一般の電子機器では、新商品を初めて市場に出した場合に、設計で予想できなかった状況が発生する 경우가多く、顧客の使用開始早々に故障が出る期間がこれに該当する。

**(2) 偶発故障期間**

JIS Z 8115 では、「コンデンサの使用期間中に故障率が一定である期間: 初期故障期間を過ぎ、磨耗故障期間に至る以前の時期に、偶発的に発生する期間」と定義している。また、一定故障率期間ともいう。

一般に、単に故障率をいう場合は偶発故障期間のことをいう。

(3) 磨耗故障期間

JIS Z 8115 では、「コンデンサの故障率が直前の使用期間よりも著しく高い期間」と定義している。つまり、疲労・磨耗・劣化現象などによって、時間とともに故障率が高くなる時期の故障をいう。

3 部品の故障率の求め方

故障率は、一般的に、累積された試験データもしくはフィールドデータから算出する場合に、又は、単一ロットの試験結果から算出する場合に適用する。

故障率は、試験個数のすべてが故障すれば、その故障率が求められるが、多くの場合には、途中での故障率を算出する必要がある。このときの残りの残存数に対する故障率を推定するためには、信頼水準の概念を導入することが必要となり、JIS C 5003 に規定の**附属書 7 表 3** の係数を用いる。

このため、故障率 (λ) を求めるには、次の式を用いる。

$$\lambda = \text{係数} \times \frac{\text{故障総数 (r)}}{\text{総試験時間 (T)}} = \text{係数} \times \frac{r}{T}$$

附属書 7 表 3—信頼水準 60 %及び 90 %での係数

故障数 r	信頼水準		故障数 r	信頼水準	
	60 %	90 %		60 %	90 %
0	0.917	2.30	—	—	—
1	2.02	3.89	6	1.22	1.76
2	1.55	2.66	7	1.20	1.68
3	1.39	2.23	8	1.18	1.62
4	1.31	2.00	9	1.16	1.58
5	1.26	1.85	10	1.15	1.54

試料 50 個を試験したときで、信頼水準 60 %での故障率を求める場合には、次による。

例 1 1 000 h までは、不良（不合格）品は、なかったが、次の試験時間で故障した。

r_1 の故障時間 = 1 250 h, r_2 の故障時間 = 1 500 h, r_3 の故障時間 = 2 000 h

$$\begin{aligned} \text{故障率 (例 1)} &= 1.39 \times \frac{3}{1\,000\text{ h}(r_1) + 1\,250\text{ h}(r_2) + 1\,500\text{ h}(r_3) + 2\,000\text{ h} \times 47} \\ &= 4.26 \times 10^{-5} = 4.26 \%/1\,000\text{ h} \end{aligned}$$

例 2 すべてが、2 000 h で、不良（不合格）品は発生しなかった。

$$\begin{aligned} \text{故障率 (例 2)} &= \frac{0.917}{2\,000\text{ h} \times 50} \\ &= 0.917 \times 10^{-5} = 0.917 \%/1\,000\text{ h} \end{aligned}$$

注意事項 コンデンサの規定時間を超えて延長試験を行う場合には、コンデンサには、途中から故障要因が変化し、算出のベースとなる故障数が急激に変化する場合がある。このことに注意することが必要となる。

例 3 規定時間 2 000 時間のコンデンサによる試験結果で、次の場合には違いが出る。

試験個数 50 個：試験時間 1 000 時間で故障数 0 個（規定時間内のため）

総試験時間 = 試験個数 50 個 × 試験時間 1 000 時間 = 50 000 時間、

信頼水準 60 %での故障率 = 1.83 %/1 000 h

試験個数 10 個：試験時間 4 000 時間で故障数 0 個、試験時間 5 000 時間で故障数 5 個

（規定時間を超えているため）

総試験時間 = 試験個数 5 個 × 試験時間 4 000 時間

+ 試験個数 5 個 × 試験時間 5 000 時間 = 45 000 時間

信頼水準 60 %での故障率 = 14 %/1 000 h

4 機器の故障率の求め方

機器の故障率の算出方法としては、あらかじめ設定された部品の故障率を累積して算出する方法と、実際のフィールドでの実績から算出する方法がある。

機器で使用している部品ごとの故障率を累積して、故障までの稼動時間 (MTBF) を算出する方法を「部品点数法による信頼度予測」といい、一般に回路設計で参考にされている。

部品点数法による MTBF の算出基準の一つに、(社)電子情報技術産業協会が発行している技術レポート **EIAJ RCR-9102A** “スイッチング電源の部品点数法による信頼度予測推奨基準 (スイッチング電源の MTBF **EIAJ** 推奨算出基準)” がある。スイッチング電源用ではあるが、前提条件さえ一致すれば故障率も同一であり、他の機器の設計でも応用できる。

ここで、計算式を次に示す。

$$\lambda_{\text{equip}} = \sum_{i=1}^{i=n} N_i (\lambda_g \pi_q)_i$$

- ただし、 λ_{equip} : 機器の故障率 [故障数/10⁶]
 n : 機器で使用されている部品の種類数
 N_i : i 番目の種類の部品使用個数
 λ_g : i 番目の種類の部品故障率 [故障数/10⁶]
 π_q : 品質ファクタ (ここでは、1)

MTBF は、 λ_{equip} の逆数で計算される。

$$\text{MTBF} = 10^6 / \lambda_{\text{equip}}$$

この中で、引用している計算方法及び主な部品の故障率は **MIL-HDBK-217-F** (米国軍事規格—電子機器の信頼度予測) からのものです。この **MIL-HDBK-217-F** では、使用条件、環境条件などの設定によって、さらに詳細な部品の故障率を算出するのに参考となります。次に、**MIL-HDBK-217-F** からの部品故障率の算出式の例を示す。

表面実装形積層磁器コンデンサの場合、部品故障率の算出

・ **基礎故障率** (λ_b)

MIL-HDBK-217-F から、基礎故障率 λ_b は次になる。

$$\lambda_b = 0.0020$$

・ **部品故障率** (λ_p)

部品故障率 λ_p は、次式により計算される。

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_C \pi_V \pi_{SR} \pi_Q \pi_E$$

- ここで、 π_T = 温度ファクタ π_C = 静電容量ファクタ
 π_V = 電圧ストレスファクタ π_{SR} = 直列抵抗ファクタ (1)
 π_Q = 品質ファクタ π_E = 環境ファクタ

備考 (1) 直列抵抗ファクタ π_{SR} は、タンタル CSR スタイルコンデンサだけに適用。

関連文書

- EIAJ RC-2320** 電子機器用固定磁器コンデンサ円筒形チップ
- EIAJ RC-2321** 電子機器用固定磁器コンデンサ種類 3
- EIAJ RCR-9102A** スイッチング電源の部品点数法による信頼度予測推奨基準
(スイッチング電源の MTBF EIAJ 推奨算出基準)
- EIAJ ET-7201A** 表面実装部品用リユースバルクケース
- EIAJ ET-7403** 表面実装部品の機械的強度試験方法
- EIAJ ETR-7001** 表面実装用語
- JIS C 5003** 電子部品の故障率試験方法通則
- JIS C 5602** 電子機器用受動部品用語
- JIS C 5101-1** 電子機器用固定コンデンサー 第 1 部：品目別通則
- 備考** IEC 60384-1, Fixed capacitors for use in electronic equipment - Part 1: Generic specification から
の引用事項は、この規格の該当事項と同等である。
- JIS Z 8115** デイペンダビリティ (信頼性) 用語
- 備考** IEC 60050(191), International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 191: Dependability and
quality of service Part 1: Dependability-common terms からの引用事項は、この規格の該当事項
と同等である。
- IEC 60384-21**⁽¹⁾ Fixed capacitors for use in electronic equipment - Part 21: Sectional specification:
Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 1
- IEC 60384-22**⁽¹⁾ Fixed capacitors for use in electronic equipment - Part 22: Sectional specification:
Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2
- 備考**⁽¹⁾ IEC 60384-21 (国内規格 JIS C 5101-21) 及び IEC 60384-22 (国内規格 JIS C 5101-22)
は、IEC 60384-10 (国内規格 JIS C 5101-10) に代わる規格となった。
- IEC 60664-1** Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles,
requirements and tests
- MIL-HDBK-217-F** Reliability prediction of electronic equipment (電子機器の信頼度予測)

(社) 電子情報技術産業協会が発行している規格類は、工業所有権（特許，実用新案など）に関する抵触の有無に関係なく制定されています。

(社) 電子情報技術産業協会は、この規格類の内容に関する工業所有権に係る確認について、責任はもちません。

JEITA RCR-2335B

2008年3月発行

発行 (社) 電子情報技術産業協会 電子部品部
〒101-0065 東京都千代田区西神田 3-2-1
TEL 03-5275-7262 FAX 03-5212-8122

印刷 (株) オガタ印刷
〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 1-5-6
TEL 03-3264-3456

禁 無 断 転 載

(この規格類の全部又は一部を転載しようとする場合)
は、発行者の許可を得て下さい。