

JPCA規格

プリント配線板環境試験方法

JPCA-ET01 ~ 09-2007

社団法人 日本電子回路工業会

規格改正にあたって

本 JPCA-ET01～09「プリント配線板環境試験方法-通則 他 8 規格」は、実装前のプリント配線板に、高温・高湿度条件下で電圧を印加して実施する金属のエレクトロケミカルマイグレーションおよび絶縁劣化を評価する試験方法として、平成 13 年 5 月に新規制定（2001 年版）された。その後、実際の信頼性評価の現場にて活用され、関係各方面よりご意見を頂き、平成 14 年（2002 年）の改正を経て、平成 18 年 4 月より「エレクトロケミカルマイグレーション試験方法規格部会」を新たに設置して本規格の見直しを行い、改正版（2007 年版）の発行となった。

今回の改正では、マイグレーション現象を検討した結果、用語として“イオンマイグレーション”ではなく、“エレクトロケミカルマイグレーション”を使うことが適切であると判断された。基本的な試験条件についてはそのままとし、特に試験実施時の留意事項および補足事項について重点的に見直しを行った。

なお、今後も本規格内容の充実のため、巻末の意見書にて関係諸氏のご意見をお待ちする次第である。

(社) 日 本 電 子 回 路 工 業 会
エレクトロケミカルマイグレーション
試 験 方 法 規 格 部 会

エレクトロケミカルマイグレーション試験方法規格部会

（順不同・敬称略）

| | | |
|-----|--------|------------------|
| 部会長 | 津久井 勤 | 東海大学 |
| 幹 事 | 柴田 明一 | (社)日本電子回路工業会 |
| 委 員 | 大田 広徳 | 日本電気(株) |
| " | 岡本 秀孝 | (財)日本電子部品信頼性センター |
| " | 加藤 能久 | YOKA コンサルティング |
| " | 小林 吉一 | 楠本化成(株) |
| " | 高木 清 | 高木技術士事務所 |
| " | 戸井 恵子 | エスベック(株) |
| " | 徳光 芳隆 | I M V(株) |
| " | 永井 忠男 | (株)住化分析センター |
| " | 福永 香 | 独立行政法人情報通信研究機構 |
| " | 藤城 敏史 | 富山工業技術センター |
| " | 堀 良夫 | J - R A S(株) |
| " | 松村 光弘 | タムラ化研(株) |
| " | 水戸部 一孝 | 秋田大学 |
| " | 柳澤 武 | 独立行政法人産業技術総合研究所 |
| " | 山野 芳昭 | 千葉大学 |
| 事務局 | 栗原 正英 | (社)日本電子回路工業会 |
| " | 小泉 徹 | (社)日本電子回路工業会 |
| " | 小幡 高史 | (社)日本電子回路工業会 |

制定・改正：改正：平成 19 年 5 月

作 成 者：社団法人 日本電子回路工業会（会長 安東 脩二）

この規格についてのご意見またはご質問は、(社)日本電子回路工業会（〒167-0042 東京都杉並区西荻北 3-12-2 回路会館 2 階）

Tel 03-5310-2020，Fax 03-5310-2021，e-mail：std@jpca.org へ連絡してください。

総目次

| | |
|---|-----|
| プリント配線板環境試験方法 - 通則 | |
| JPCA-ET01-2007 | 3 |
| プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (40 , 93%RH) | |
| JPCA-ET02-2007 | 49 |
| プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (60 , 90%RH) | |
| JPCA-ET03-2007 | 55 |
| プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (85 , 85%RH) | |
| JPCA-ET04-2007 | 61 |
| プリント配線板環境試験方法 - 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験 | |
| JPCA-ET05-2007 | 67 |
| プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ (サイクル・低温あり) 試験 | |
| JPCA-ET06-2007 | 73 |
| プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ (サイクル・低温なし) 試験 | |
| JPCA-ET07-2007 | 81 |
| プリント配線板環境試験方法 - 高温・高湿・定常 (不飽和加圧水蒸気) 試験 | |
| JPCA-ET08-2007 | 87 |
| プリント配線板環境試験方法 - 結露サイクル試験 | |
| JPCA-ET09-2007 | 97 |
| 索引 | 107 |

プリント配線板環境試験方法 通 則

JPCA-ET01-2007

プリント配線板用環境試験方法 通 則

JPCA-ET01-2007

| | |
|-----------------------------|--------|
| 1. 適用範囲 | ET01-1 |
| 2. 用語の定義 | ET01-1 |
| 2.1 一般 | ET01-1 |
| 2.2 エレクトロケミカルマイグレーション | ET01-1 |
| 2.3 HAST | ET01-1 |
| 2.4 測定に関する用語 | ET01-1 |
| 2.5 評価・判定で使用する用語 | ET01-2 |
| 3. 試験の状態 | ET01-2 |
| 3.1 標準状態 | ET01-2 |
| 3.2 判定状態 | ET01-2 |
| 3.3 槽外での測定 | ET01-2 |
| 4. 試料 | ET01-2 |
| 4.1 試験基板 | ET01-2 |
| 4.2 形状 | ET01-2 |
| 4.3 試料数 | ET01-4 |
| 4.4 試料の取扱い | ET01-4 |
| 5. 加湿水および湿球ウィック | ET01-5 |
| 6. プリント配線板環境試験分類 | ET01-5 |
| 7. 試験装置および測定機器 | ET01-5 |
| 7.1 試験装置の構造 | ET01-5 |
| 7.2 試験装置の条件 | ET01-6 |
| 7.3 試験装置の性能 | ET01-6 |
| 7.4 絶縁抵抗測定装置 | ET01-6 |
| 7.5 絶縁抵抗測定器 | ET01-6 |
| 7.6 電源 | ET01-6 |
| 7.7 使用する治工具および材料・資材類 | ET01-6 |
| 8. 試験 | ET01-6 |
| 8.1 試料の設置 | ET01-6 |
| 8.2 試験電圧および測定電圧 | ET01-7 |

| | | |
|------------|--|----------------|
| 8.3 | 試験開始時の温・湿度および試験電圧の印加条件 | ET01-7 |
| 8.4 | 前処理 | ET01-7 |
| 8.5 | 試験中断時の取扱い | ET01-7 |
| 8.6 | 試験打ち切り | ET01-8 |
| 8.7 | 試験および測定回路 | ET01-8 |
| 9. | 測定 | ET01-8 |
| 9.1 | 測定箇所 | ET01-8 |
| 9.2 | 初期測定 | ET01-8 |
| 9.3 | 中間測定 | ET01-8 |
| 9.4 | 最終測定 | ET01-8 |
| 10. | 評価および判定 | ET01-9 |
| 10.1 | 評価基準 | ET01-9 |
| 10.2 | 個別評価 | ET01-9 |
| 10.3 | 外観観察 | ET01-9 |
| 10.4 | 一時的ショート状態の発生 | ET01-9 |
| 10.5 | 詳細な解析 | ET01-9 |
| 10.6 | CAF の評価 | ET01-9 |
| 11. | 関連規格および参考資料 | ET01-10 |
| | 付属資料 A エレクトロケミカルマイグレーションの形状 | ET01-12 |
| | 付属資料 B 一般的な前処理条件 | ET01-13 |
| | 付属資料 C 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験前処理条件 | ET01-14 |

解 説

| | |
|---|----------|
| 1. 適用範囲 | ET01-解-1 |
| 2. 用語の定義 | ET01-解-1 |
| 2.1 エレクトロケミカルマイグレーション | ET01-解-1 |
| 2.2 デンドライト (Dendrite) | ET01-解-1 |
| 2.3 CAF (Conductive Anodic Filament)..... | ET01-解-1 |
| 2.4 評価・判定で使用する用語 | ET01-解-2 |
| 3. 試料 | ET01-解-2 |
| 3.1 試験に必要な試料数 | ET01-解-2 |
| 3.2 試料の検査 | ET01-解-3 |
| 3.3 試料の前処理 | ET01-解-3 |
| 3.4 試料の形状 (参考) | ET01-解-3 |
| 4. 加湿水および湿球ウィック | ET01-解-4 |
| 4.1 ウィックの交換 | ET01-解-4 |
| 4.2 加湿水 | ET01-解-4 |
| 5. 試験装置および測定機器 | ET01-解-4 |
| 5.1 試験装置の性能 | ET01-解-4 |
| 5.2 試験装置の構造 | ET01-解-5 |
| 5.3 使用する治工具および材料・資材類 | ET01-解-5 |
| 6. 試験準備 | ET01-解-5 |
| 6.1 装置の運転 | ET01-解-5 |
| 6.2 試料の洗浄 | ET01-解-5 |
| 7. 試験 | ET01-解-5 |
| 7.1 試験全体に対する考慮点 | ET01-解-5 |
| 7.2 測定方法について | ET01-解-6 |
| 7.3 試料の設置 | ET01-解-6 |
| 7.4 試験電圧の印加 | ET01-解-6 |
| 7.5 前処理 | ET01-解-7 |
| 7.6 試験中断時の取扱い | ET01-解-7 |
| 7.7 測定回路 | ET01-解-7 |

| | |
|--|-----------|
| 8. 測定 | ET01-解-8 |
| 8.1 測定方法 | ET01-解-8 |
| 8.2 初期測定 | ET01-解-8 |
| 8.3 中間測定 | ET01-解-8 |
| 8.4 最終測定 | ET01-解-8 |
| 9. 試験終了後の評価および判定 | ET01-解-9 |
| 9.1 評価方法 | ET01-解-9 |
| 9.2 外観観察 | ET01-解-9 |
| 9.3 SEM での観察 | ET01-解-9 |
| 9.4 生成物の調査 | ET01-解-9 |
| 9.5 化学結合状態の分析 | ET01-解-9 |
| 9.6 試験終了試料の確認 | ET01-解-9 |
| 9.7 データの確認 | ET01-解-9 |
| 9.8 参考資料 | ET01-解-9 |
| 参考資料 1 マイグレーション発生事例 | ET01-解-9 |
| 1. 発生個所の違いによるマイグレーションの事例（温湿度定常試験） | ET01-解-10 |
| 事例 1. 基材（紙フェノール）中に発生したマイグレーション | ET01-解-10 |
| 事例 2. ソルダレジストと基板界面のマイグレーション | ET01-解-10 |
| 事例 3. フラックス塗布したもの（RA および RMA タイプ） | ET01-解-11 |
| 事例 4. 接着剤層のマイグレーション | ET01-解-11 |
| 2. 試験方法の違いによるマイグレーションの事例 | ET01-解-12 |
| 事例 1. 温湿度組合せ試験（サイクル・低温なし） | ET01-解-12 |
| 事例 2. 高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験 | ET01-解-12 |
| 事例 3. 高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験（その 2） | ET01-解-13 |
| 事例 4. 結露サイクル試験： - 極から発生 | ET01-解-13 |
| 事例 5. ウォータードロップ法により発生したマイグレーション： - 極から発生 | ET01-解-13 |
| 事例 6. ウォータードロップ法により発生したマイグレーション（その 2） | ET01-解-14 |
| 参考資料 2 試料の劣化箇所の観察と分析方法 | ET01-解-15 |
| 1. 分析方法 | ET01-解-15 |
| 2. 試料の種類と分析方法 | ET01-解-15 |
| 参考資料 3 通常起こり得る試験データの変動要因 | ET01-解-17 |
| 参考資料 4 試験データの解析および留意事項 | ET01-解-18 |
| 1. 試験データの解析 | ET01-解-18 |
| 2. 留意事項 | ET01-解-22 |
| 参考資料 5 寿命評価と留意事項 | ET01-解-23 |
| 1. 寿命評価 | ET01-解-23 |
| 2. 留意事項 | ET01-解-24 |
| 3. 参考文献 | ET01-解-25 |

JPCA 規格 プリント配線板環境試験方法 通 則

JPCA-ET01

1. 適用範囲

この規格は、高温・高湿度条件および電圧を印加して実施する金属のエレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）および絶縁劣化を評価する試験であり、実装前のプリント配線板を対象とする。

2. 用語の定義

2.1 一般

この規格で用いる主な用語の定義は、JIS C 60068-1「環境試験方法 - 電気・電子 - 通則」、JIS C 5603「プリント回路用語」および JPCA-TD01-2000「プリント回路用語」による。

2.2 エレクトロケミカルマイグレーション

エレクトロケミカルマイグレーション（イオンマイグレーションともいう）によるプリント配線板の絶縁劣化とは、本来良好な絶縁性が保たれているプリント配線板の導体の間に電圧を印加し、湿度雰囲気的环境下において電気化学的に導体からのイオンの溶出により、導体間の絶縁性が低下する現象である。また絶縁物体の中に存在するイオン性不純物が絶縁劣化に寄与する場合を含む。

形態の例としては、デンドライト状、CAF、雲状などがある（付属資料A参照）。

2.3 HAST

不飽和加圧水蒸気試験

（Highly Accelerated temperature and humidity Stress Test）

〔ただし、IEC では、IEC 60068-2-66 Environmental testing - Part 2： Test methods - Test Cx： Damp heat, steady state（unsaturated pressurized vapor）で、温・湿度の定常状態試験法としての不飽和加圧水蒸気試験を意味する〕

2.4 測定に関する用語

(1) 自動測定

自動測定システムを使用して、目的とする試験データを連続、またはあらかじめ定めた周期に従って、作業者によらず計測器によって取り込むこと。

(2) マニュアル測定（手動測定）

取り出して測定する場合

試料を槽外へ取り出し、計測器などによって作業者が測定すること。

取り出さずに測定する場合

試料を槽内に設置したまま、計測器などによって作業者が測定すること。

2.5 評価・判定で使用する用語

(1) 槽内測定と槽外測定

槽内測定

規定の環境試験を実施しながら，連続または定期的に，自動測定あるいはマニュアル測定すること。

槽外測定

規定の環境試験のあらかじめ決めた時間，または回数到達後一時的に試料を槽から取り出して，マニュアル測定すること。このとき，測定中は試験時間停止とする。

試験電圧

環境試験中に試料にストレスとして印加する電圧。

測定電圧

絶縁抵抗測定のための印加電圧。

3. 試験の状態

3.1 標準状態

測定は，個別仕様に規定がない限り，JIS C 60068-1「環境試験方法 - 電気・電子 - 通則」の 5.3.1 に規定する標準状態（温度 15～35℃，相対湿度 25～75%RH，気圧 86～106kPa）のもとで行う。

ただし，この標準状態での判定に疑義を生じた場合，または特に要求された場合は，次項 3.2 の「判定状態」による。

なお，標準状態で測定を行うことが困難な場合，または個別仕様で規定されている場合は，判定に疑義を生じない限り，標準状態以外の状態で行っても良い。

3.2 判定状態

判定状態は，JIS C 60068-1「環境試験方法 - 電気・電子 - 通則」の 5.2 による判定状態（温度 20 ± 2 ℃，相対湿度 60～70%RH，気圧 86～106kPa）とする。

3.3 槽外での測定

槽外での測定は，3.1 および 3.2 を適用する。

4. 試料

4.1 試験基板

試験基板は，製品の設計仕様と同一材料を用いたものとする。

4.2 形状

(1) 表面絶縁抵抗評価パターン

形状は，標準パターンは図 1，微細パターンは図 2 のくし形パターン，または，製品と同一パターンを有する基板を使用する。

回路パターンは，表 1，表 2 の寸法を標準とする。間げき 50 μ m 以下のものや，これらの表に規定する以外の導体間隔については，個別仕様による。

また，このテストパターンをプリント配線板内に配置するときは，20mm 以上離すことが必要である。

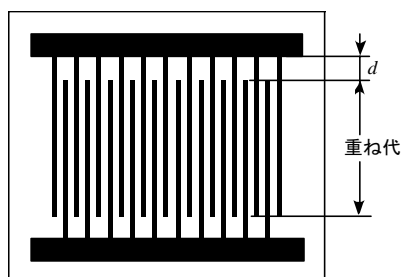


図1 くし形パターンの基本図形

表1 標準くし形パターン
(IPC-SM-840 準拠)

(単位 mm)

| パターン | A | B | C |
|----------------|--------|--------|--------|
| 導体幅 | 0.165 | 0.318 | 0.635 |
| 導体間隔 | 0.165 | 0.318 | 0.635 |
| 重ね代 | 15.75 | 15.75 | 15.75 |
| 先端との間げき(d) | 5.0 以上 | 5.0 以上 | 5.0 以上 |

注) くし形パターンの先端とショートバーとの間げきは、既に IPC の CAD データや製品としてのプリント配線板があるので規定はしないが、推奨値とする。

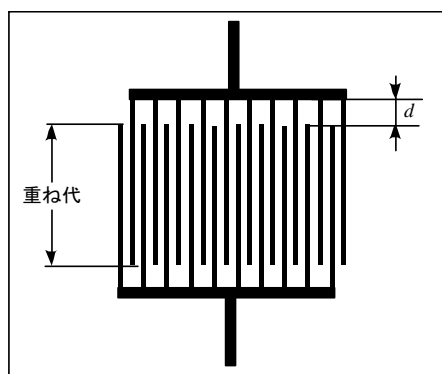


図2 微細くし形パターン

表2 微細くし形パターン
(JPCA-BU01-2007 準拠)

| パターン | FA | FB | FC |
|----------------|------------|------------|-------------|
| 導体幅 | 50 μ m | 75 μ m | 100 μ m |
| 導体間隔 | 50 μ m | 75 μ m | 100 μ m |
| 重ね代 | 10.0mm | 10.0mm | 10.0mm |
| 先端との間げき(d) | 5.0mm 以上 | 5.0mm 以上 | 5.0mm 以上 |

注) くし形パターンの先端とショートバーとの間げき(d)は、距離が小さいと影響が大きいのので、5.0mm 以上離すことが必要である。従って、パターンの長さは規定せず、重ね代を規定した。

(2) スルーホール間絶縁抵抗評価パターン

スルーホール間の絶縁抵抗評価には、スルーホールを格子状に配列して図 3 のパターンを用いる。穴のドリル径は一定とし、穴間距離を表 3 のように規定する。穴の数は 5 個以上として、受渡当事者間の協定による。寸法の詳細を、図 4 に示す。

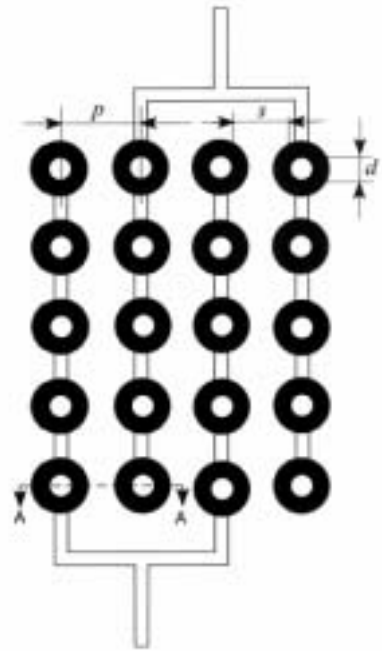


図 3 スルーホール間絶縁抵抗評価パターン

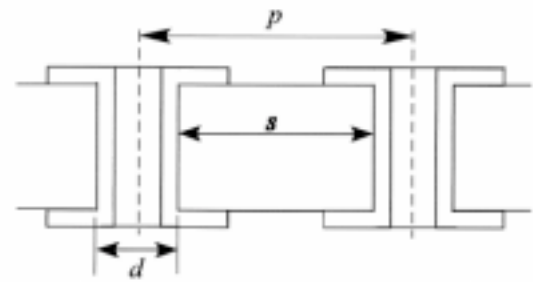


図 4 スルーホール間絶縁評価パターンの寸法の詳細
(図 3 A - A 間の断面)

表 3 スルーホール間絶縁評価パターン

| ドリル径(d) (μm) | 300 | | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 穴壁間距離(s) (μm) | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| 穴ピッチ(p) (μm) | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 |
| パターン配列 | n 個 \times 4 列 | | | | | |

n : 5 個以上

4.3 試料数

試料数は、表 4 による。

表 4 試料数

| 区分 | 考え方 |
|--------|---------------------------|
| 設計試作評価 | 単体部品 … n 5 10 以上を推奨する。 |
| 量産試作評価 | 単体部品 … n 10 |

4.4 試料の取扱い

試料は、プリント配線板の表面に手が直接触れないように、手袋などを用いて取り扱うこと。

5. 加湿水および湿球ウィック

- (1) 使用する水は、温度 23℃ において、抵抗率が 0.5MΩ・cm 以上の脱イオン水とする。
- (2) 湿球ウィックは、正常に動作するように適宜交換する（解説の 4.1 参照）。
- (3) 試験中は、滞留水の影響を除くため、常に排水しながら試験を実施する（ただし、HAST 試験は除く）。

6. プリント配線板環境試験分類

プリント配線板環境試験の分類を表 5 に示す。

表 5 プリント配線板環境試験の分類表

| 環境分類 | 大分類 | 中分類 | 試 験 |
|---|-----------|----------------|--|
| プリント配線板環境試験方法 - 通則（JPCA-ET01） 参照：JIS C 5012（プリント配線板試験方法） | | | 1. 試料 標準試料 判定基準 種類 大きさ 供試品の数量 レジストの有無 2. 試験時間または試験サイクル 3. 前処理 4. 測定方法、手順 5. 評価 6. 付属書 |
| 湿度環境 | 湿度試験装置 | 恒温恒湿度試験装置 | JPCA-ET02（40℃，93%RH） JPCA-ET03（60℃，90%RH） JPCA-ET04（85℃，85%RH） |
| | 複合試験装置 | 温湿度サイクル試験装置 | JPCA-ET05（JIS C 0027） JPCA-ET06（JIS C 0028 低温を含まない場合） JPCA-ET07（JIS C 0028 低温を含む場合） |
| | | 結露サイクル試験装置 | JPCA-ET09 |
| | 加圧水蒸気試験装置 | HAST 試験装置（不飽和） | JPCA-ET08 |

7. 試験装置および測定機器

7.1 試験装置の構造

試験槽は、次の構造および性能を満足するものを使用する。

- (1) 槽内の風速は、風の吹き出し口で、2.5m/s 以上の風速が保持できる槽であること。
- (2) 槽の温度および湿度は、有効空間内に置いた検出器によって監視できること。
- (3) 槽内の温度分布は、有効空間内の全域にわたって、試験温度条件の $\pm 2^\circ\text{C}$ および試験湿度条件 $\pm 3\%RH$ に維持できること。
- (4) 槽の構成品は、試料および加湿水に影響を及ぼさない材料で構成されていること。

7.2 試験装置の条件

試験には、恒温・恒湿度雰囲気の試験条件を再現できる試験装置を用いる。

- (1) 温度、湿度は、規定の範囲内でコントロールできること。
- (2) 試験槽内の温度・湿度を記録およびモニターできること。
- (3) 加湿水を試験槽内に継続して供給できる構造であり、水の再利用は行わない。
- (4) 槽の壁および天井からの凝縮水が試料に滴下しない構造とすること。
- (5) 槽内は、試験に影響がないように、不純物および前の試験の残留物などが除去されていること。

7.3 試験装置の性能

槽内温度は、 25 ± 3 と規定の上限温度との間を周期的に変化できなければならない[JPCA-ET05「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験」に適用] また、槽内の相対湿度は、規定の許容差内に維持できる試験装置を用いて試験すること。

7.4 絶縁抵抗測定装置

絶縁抵抗測定装置は、 $10^6 \sim 10^{12}$ (10^{13} の桁は、参考値) の範囲を測定できること。また、電源を内蔵し、試験電圧、測定電圧条件が任意に設定できる構造であること。

絶縁抵抗測定装置は、 $10^6 \sim 10^{12}$ までの範囲をオートレンジで切り替わること。また、測定チャージ時間などは、JIS Z 3197、または ANSI J STD 004 の測定条件を満足すること。

7.5 絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器は、 $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものを使用する。

7.6 電源

電源は、適切な電源容量を有し、任意の試験電圧および測定電圧が出力として取り出せるものであること。

7.7 使用する治工具および材料・資材類

試験で使用する配線材料や試料の固定治具は、清浄であり、熱伝導および熱容量が小さく、熱的に絶縁されているもので、絶縁性能、接触抵抗、試料の汚染などを考慮し、腐食性ガスの発生など、測定に影響を与えないものを選定する。

試験用電気配線材は、温度、湿度、圧力などに長期間耐えられるものを用いる。

8. 試験

8.1 試料の設置

- (1) 槽内への試料の配置は、試料間の間隔を十分とり、相互の干渉および風の流れを妨げないように設置する。
- (2) ホコリなどに対しては、十分保護されていること。
- (3) 試験用電気配線材は、結露水がリードを伝わって基板面へ影響を与えないように、引き出し方向およびリードの弛みなどに注意して、試料に接続する。

8.2 試験電圧および測定電圧

- (1) 試験電圧および測定電圧は、DC 5～100V を推奨する。
この範囲を超える場合は、個別仕様による。
- (2) 原則として、試験電圧および測定電圧は同じ電圧とする。ただし、試験電圧と測定電圧を同一としない場合は、個別仕様による。
- (3) 多層板試料の試験において、各層間に印加する方法および試験電圧は、個別仕様による。

8.3 試験開始時の温・湿度および試験電圧の印加条件

- (1) 試験開始にあたっては、図 5 のように、まず温度を立ち上げ、次に適当な時間差をもって湿度を立ち上げることにより、槽内および試料の結露付着を防止する。

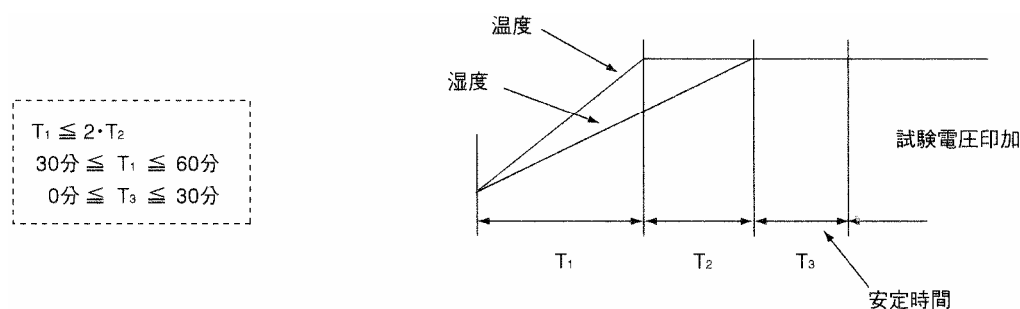


図 5 温・湿度立ち上がり特性

槽内が安定してから試験電圧を印加する。

- (2) 定常試験の場合、試験開始時の立ち上がり時の条件は、図 5 による。
- (3) サイクル試験の場合は、個別仕様による。
- (4) ここで規定する以外の条件を適用する場合は、個別仕様で規定する。

8.4 前処理

- (1) 試料の前処理は、規定がない限り、温・湿度試験の開始直前に包装を解き、JIS C 60068-1 (環境試験方法 - 電気・電子 - 通則) の 5.5 に規定する標準予備乾燥状態 (55 ± 2 , 20%RH 以下, 気圧 86～106kPa) に 24 時間放置する。
初期測定の前に試料を標準状態、または個別仕様の規定する条件において安定させる。
一般的な前処理条件のパターンを付属資料 B に示す。
- (2) 前処理は、規定の材料を使用する場合、ホコリや汚れ、フラックスの付着などを除去するため、水、アルコールなどで洗浄する。
試験に影響するような取扱い、保管、梱包は行わず、速やかに試験状態に設置して開始する。
- (3) 試料の洗浄において、洗浄剤が試験に影響をおよぼさないように十分注意する。
- (4) JPCA-ET05 [プリント配線板環境試験方法 - 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験] の前処理は、付属資料 C による (JIS C 60068-2-30 参照)。

8.5 試験中断時の取扱い

- (1) 試験中断時は、素手でさわらない、温・湿度の変化の大きな場所での保管は避ける、塵埃などの付着をさける、など試料の取扱いに注意すること。
- (2) 試験中断時の温・湿度降下または上昇時間は、原則として試験時間に加算しない。ただし、この時間が試験結果に大きく影響する場合は、試験時間合計の 5% 以内に収まるように試験を計画する。

8.6 試験打ち切り

試験システムの異常，または絶縁異常によって，試験打ち切りの事態が発生した場合は，後ほど，分析・解析を行うときに必要な情報が得られるように，試験打ち切り時の状況を明確に把握しておくこと。

8.7 試験および測定回路

- (1) マニュアル測定で使用する固定抵抗は，100k Ω で，容量 0.25W 以上のものを使用する。

また，測定ケーブルは，電圧印加ケーブルを兼ねても良いが，測定電流が微少（nA レベル）であるため，誘導ノイズなどの影響を受けないように，絶縁性の高い，シールドタイプ（二重シールド線など）の線を使用する。

DC100V 以上は，個別仕様とする。

- (2) マニュアル測定における測定間隔は，一例を示すと，24，48，(72)，100，200，(300)，500，(700)，1000 時間のよう選ぶ。また，定期的に測定する場合は，およそ，24 時間の倍数で測定することを推奨する。
- (3) 試験・測定回路としては，絶縁抵抗法がある（解説参照）。

9. 測定

9.1 測定箇所

- (1) ライン - ライン間
 - (2) ライン - ランド間
 - (3) 層間
 - (4) スルーホール間
 - (5) スルーホール - ライン間
- を測定する。

9.2 初期測定

- (1) 個別仕様の規定に基づき，目視観察 [10.3 (1) ~ (4)] または，数倍 ~ 10 倍程度の拡大鏡を用いて観察した後，電氣的（絶縁抵抗）測定を行う。
 - (2) 試験基板の絶縁抵抗値を標準状態で測定し， 10^{12} 以上であることを確認する。ただし，樹脂材料がフェノールの場合は， 10^{10} 以上であること。
- 個別仕様で規定する場合は，それに従う。

9.3 中間測定

- (1) 自動絶縁抵抗測定装置を使用して測定する場合，出力データの異常性について検証する。
- 必要に応じて試験を中断し，さらに詳しく検証する。

9.4 最終測定

試験終了後，槽内温度が室温まで下がったことを確認してから試料を取り出す。

目視検査 [10.3 (1) ~ (4)] は，数倍 ~ 10 倍程度の拡大鏡を用いて観察する。

絶縁抵抗の測定は，3.1 の環境条件において行う。この他，必要に応じて故障解析・分析などを行う。

また，個別仕様で規定されている場合は，それに従う。

10. 評価および判定

10.1 評価基準

槽内測定は 10^6 以下、また槽外測定の槽外での測定は、 10^7 以下を不良として記録する。

10.2 個別評価

特別な機能・性能を損なうような不良については、個別仕様で定める。

10.3 外観観察

外観観察は、(1)～(4)の状態を詳細に観察して記述しておく。

(1) マイグレーション発生

マイグレーションの代表的な形状を下記の ～ に表し、対応する写真を「付属資料 A」に添付する。

形状 A (写真 1, 2): デンドライト状マイグレーションが、基板表面に発生した観察例。

形状 B (写真 3, 4): CAF (ガラス繊維に沿ったマイグレーションの例)

形状 C (写真 5): 反射光で観察した雲状マイグレーションの例。

形状 D (写真 6): 透過光で観察したデンドライト状マイグレーションの例。

(2) 試料および測定における異常

ショートが発生、測定値が急激、または異常に変化した現象

断線

(3) 外観不良

変形 (曲がり, そり, 膨れなど)

酸化, 腐食, 錆

パターンはく離

変色

ホコリ, ゴミの付着

(4) その他の異常

放電現象 (トラッキング現象)

溶断 (過大電流による)

絶縁破壊

10.4 一時的なショート状態の発生

自動絶縁抵抗測定装置を使用した測定において、瞬間的な低抵抗状態、または一時的なショート状態が発生した場合でも、これらの現象が頻繁に発生しない時は試験を継続する。ただし、このような現象が観測された時は、マイグレーションの発生の有無を確認する。

10.5 詳細な解析

マイグレーション試験の結果を補足、または裏付けるような不純物評価、または赤外分光分析などの分析は、可能な限り実施することが望ましい。

10.6 CAF の評価

CAF の評価としては、透過光による方法、または軟 X 線透過装置を用いる方法などがある (付属資料 A 写真 6 参照)。

11. 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-BU01：2007 「ビルトアップ配線板 - 用語，試験方法」(社)日本電子回路工業会
- 2) JPCA-ET02：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (40℃，93%RH)」
(社)日本電子回路工業会
- 3) JPCA-ET03：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (60℃，90%RH)」
(社)日本電子回路工業会
- 4) JPCA-ET04：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (85℃，85%RH)」
(社)日本電子回路工業会
- 5) JPCA-ET05：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験」
(社)日本電子回路工業会
- 6) JPCA-ET06：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ (サイクル・低温あり) 試験」
(社)日本電子回路工業会
- 7) JPCA-ET07：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ (サイクル・低温なし) 試験」
(社)日本電子回路工業会
- 8) JPCA-ET08：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 高温・高湿・定常 (不飽和加圧水蒸気) 試験」
(社)日本電子回路工業会
- 9) JPCA-ET09：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 結露サイクル試験」(社)日本電子回路工業会
- 10) JPCA-TD01：2000 「プリント回路用語」(社)日本プリント回路工業会
- 11) JIS C 60068-1：1993 「環境試験方法 - 電気・電子 - 通則」
- 12) JIS C 60068-2-3：1987 「環境試験方法 (電気・電子) 高温高湿 (定常) 試験方法」(IEC 60068-2-3)
- 13) JIS C 60068-2-30：1988 「環境試験方法 (電気・電子) 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験方法」
- 14) JIS C 60068-2-38：1988 「環境試験方法 (電気・電子) 温湿度組合せ (サイクル) 試験方法」(IEC 60068-2-38)
- 15) JIS C 60068-2-28：1993 「環境試験方法 - 電気・電子 - 耐湿性試験 - 指針」(IEC 60068-2-28)
- 16) JIS C 60068-2-66：2001 「環境試験方法 - 電気・電子 - 高温高湿，定常 (不飽和加圧水蒸気)」(IEC 60068-2-66)
- 17) JIS C 60068-2-67：2001 「環境試験方法 - 電気・電子 - 基本的に構成部品を対象とした高温高湿，定常状態の促進試験」(IEC 60068-2-67)
- 18) JIS C 60721-1：1995 「環境条件の分類：環境パラメータとその厳しさの分類」(IEC 60721-1)
- 19) JIS C 60721-2-1：1995 「環境条件の分類：自然環境の条件 - 温度及び湿度」(IEC 60721-2-1)
- 20) JIS C 60721-3-0：1995 「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 通則」(IEC 60721-3-0)
- 21) JIS C 5010：1994 「プリント配線板通則」
- 22) JIS C 5012：1993 「プリント配線板試験方法」(IEC 60326-2)
- 23) JIS C 5603：1993 「プリント回路用語」
- 24) JIS C 6480：1994 「プリント配線板用銅張積層板通則」
- 25) JIS Z 3197：1999 「はんだ付用フラックス試験方法」
- 26) ANSI J STD 004 「はんだ付用フラックスの要求事項」
- 27) ANSI/IPC-SM-840C 「Qualification and Performance of Permanent Polymer Coating (Solder Mask) for Printed Boards」
- 28) MIL-STD-202F：1980 「電子・電気部品の試験法」M103B 「Humidity」
- 29) MIL-STD-883E：1996 「マイクロエレクトロニクスの試験方法及び手順」M1004.7 「Moisture Resistance」
- 30) EIAJ ED-4701/100：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法 (寿命試験)」(社)電子情報技術産業協会
- 31) EIAJ ED-4701/200：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法 (寿命試験)」(社)電子情報技術産業協会
- 32) JASO D 001：1994 「自動車用電子機器の環境試験法通則：5.20 結露試験」(社)自動車技術会

- 33) JTM K 01「恒温・恒湿槽：性能試験方法及び性能表示方法」 日本試験機工業会
- 34) JWWA-B-124：1996 「水道メータの遠隔表示装置に関する信頼性技術通則」(社)日本水道協会
- 35) 絶縁信頼性評価研究会編：「イオンマイグレーションの試験方法ノウハウ集」回路実装学会，信頼性解析技術委員会 技術報告 1996.12
- 36) 首藤，井田，加藤，清田，依田：「イオンマイグレーション共同試験の検討と寿命の考察」電気学会 誘電・絶縁材料研究会資料 DEI-99-73 1999.9.8
- 37) 電気学会技術報告第 772 号「イオンマイグレーション劣化によるプリント配線板の寿命評価」電子機器絶縁信頼性評価方法調査専門委員会 2000.2
- 38) 山本他：「デバイス・部品の信頼性試験」信頼性 110 番シリーズ第 2 巻，日科技連出版社

付属資料 A エレクトロケミカルマイグレーションの形状

1. デンドライト状マイグレーションの例

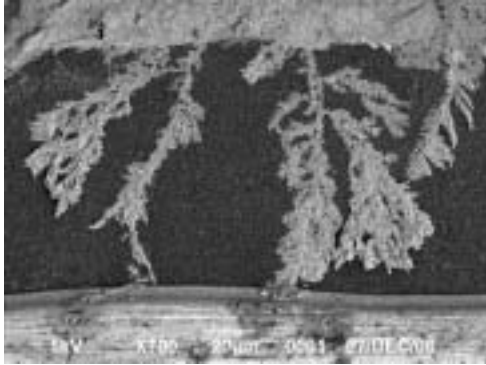


写真 1

基板表面に発生した観察例



写真 2

写真 1 の拡大写真

試料 : Cu パターンに Sn-Pb の表面処理をした FPC。パターンとパターンの間は 0.3mm
試験条件: ウォータードロップ法: DC5V 印加で発生

2. CAF (ガラス繊維に沿ったマイグレーションの例)

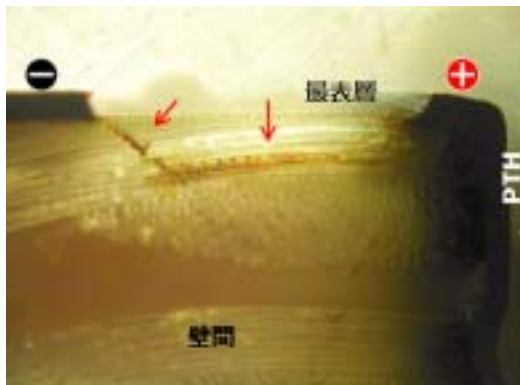


写真 3



写真 4
断面観察

3. 雲状及びデンドライト状マイグレーションの例



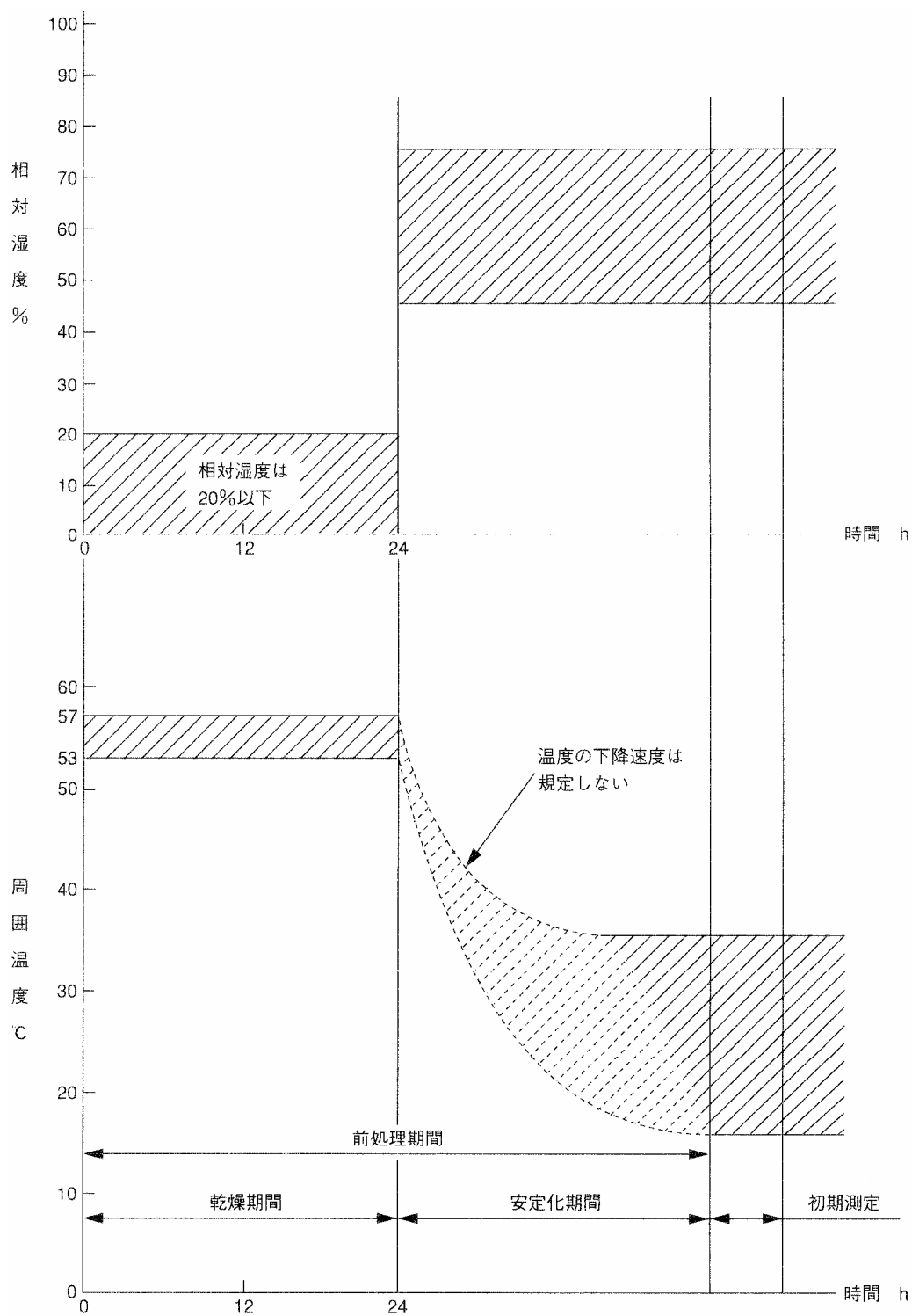
写真 5

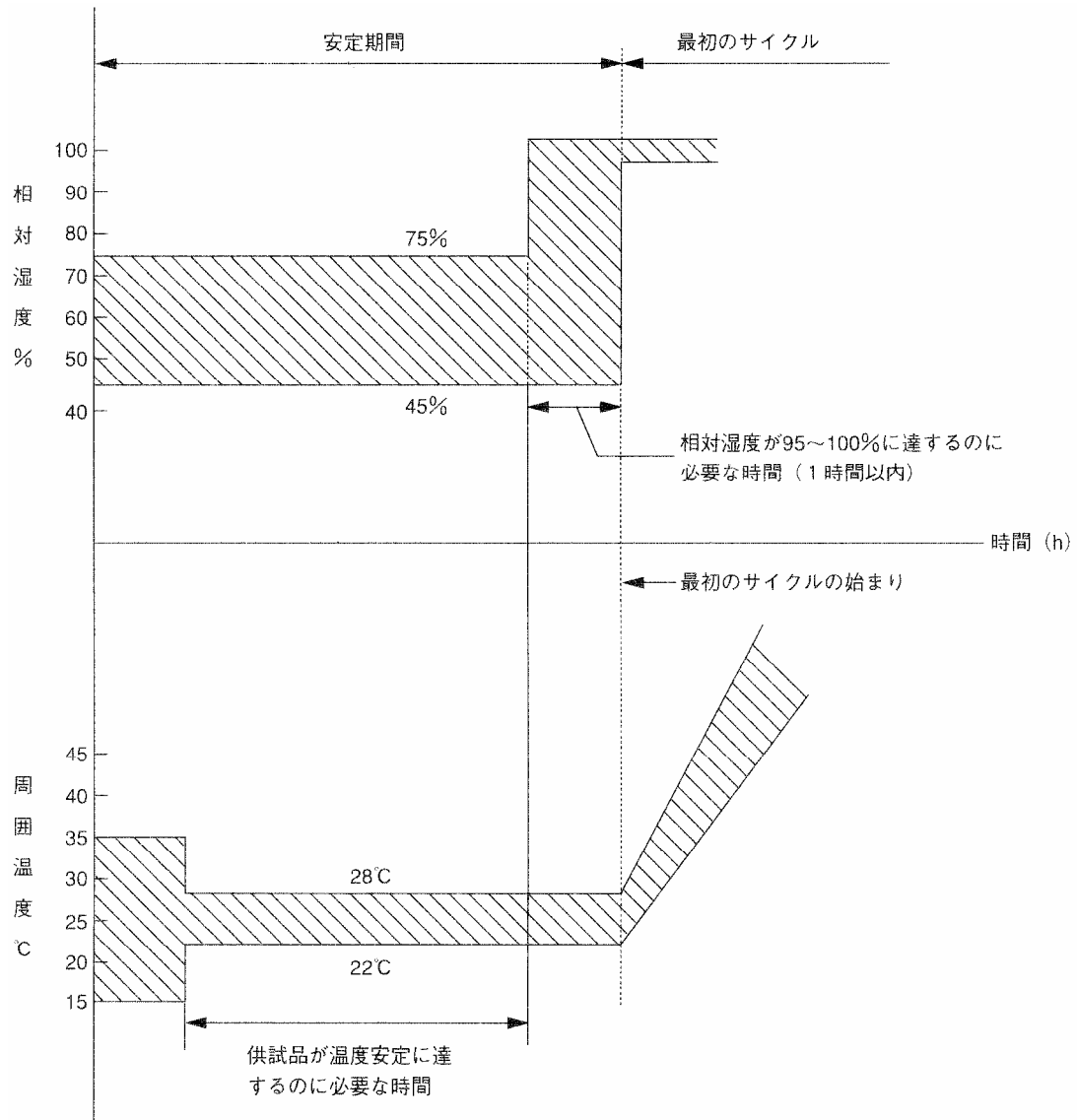
反射光で観察 (雲状)



写真 6

透過光で観察 (デンドライト)

付属資料 B 一般的な前処理条件


付属資料 C
温湿度サイクル（12 + 12 時間サイクル）試験前処理条件


JPCA-ET01-2007

プリント配線板環境試験方法 - 通則

解 説

1. 適用範囲

プリント配線板の環境試験方法通則に対する解説を述べる。また、この解説は、規格の一部ではない。

2. 用語の定義

2.1 エレクトロケミカルマイグレーション

導体回路間に印加された電圧により、絶縁体の表面、界面および内部を導体金属が溶解してイオン化し、移動、析出する現象をいう。

(用語定義の経緯)

この現象で絶縁不良となった最初の論文(1955)では、銀によるものであったがため“Silver Migration”と呼ばれた。その後、銀のほか鉛や銅などいろんな金属でも見られることから“Metal Migration”と呼ばれるようになった。また、総称して“Electromigration”と呼ばれこれがIPCで長年採用されてきた(IPC-TM-650, Method 2.6.14A-1987)。

しかし、その後半導体の端子が電流密度の向上に伴って断線する現象が見られるようになり(1960年代後半)、これを“Electromigration”と呼ばれるようになった。これは電流密度の増加で配線金属が電子の流れで押しやられ、粗密の層が出来、粗の層で断線する現象である。

そのため、IPCがTRとして“Electrochemical Migration”(IPC-TR-476A-1995)と呼称するようになり、その後IPC規格(IPC-TM-650, Method 2.6.14c-2000)やISO規格(ISO 9455-17-2002)に取り入れられた。しかし、IECの用語規格(IEC 60194-2006)ではまだ“Electromigration”で残されているので、改正時には見直し提案をしていく必要がある。

一方、国内でも“Electromigration”にかえた用語が必要となり、電気学会(「電気学会技術報告第559号-1995」)ではIPCとほぼ時期を同じくして「イオンマイグレーション」英文表記では“Ionic migration”と呼称していた。これが国内で浸透し、今日に至っているのが現状である。

以上のような背景が見られるので、今回のJPCA規格の見直しにあたって、用語をどうするか検討した結果、IECに提案していくためにも「エレクトロケミカルマイグレーション」を主とした用語とし、「イオンマイグレーション」も併記することにした。

ちなみに、“IPC-9201(1996):Surface Insulation Resistance Handbook”によると、“Metal Migration”の中で“Electromigration(EMg)”と“Electrochemical Migration(ECMg)”と表記してそれぞれの用語の定義がなされている。

2.2 デンドライト(Dendrite)

プリント配線板表面、界面などに樹枝状に発生するマイグレーションをいう。

2.3 CAF(Conductive Anodic Filament)

プリント配線板内層部の単繊維に沿って発生するマイグレーションをいう。

2.4 評価・判定で使用する用語

- (1) 槽内測定 環境試験を実施しながら連続，または定期的に測定する。

槽外測定 環境試験のあらかじめ決めた時間，あるいは回数到達後に一時的に外に取り出して，マニュアル測定する。測定中は，試験停止とする。

- (2) マイグレーションの発生形状

一般に，マイグレーションは，試験では，“－”極から発生する事例が多いが，試料の材質や構造，または試験条件などによって“＋”極から発生する例も多くある。特に市場では，“＋”極から発生する例が多い。

参考資料 1「1.」の事例 1，2 及び「2.」の事例 1 参照。

3. 試料

3.1 試験に必要な試料数

製品評価の目的や設計試作品か量産試作品かなどにより，試料数は異なる。そこで，表1に重要な各試験項目に対する試料数の目安とする主なポイントを示す。

表1 評価段階，目的の違いによる試料数（測定数）

| 区分 | | | 考え方 |
|-----------|--------|------------------------|---|
| 評価段階による違い | 設計試作評価 | | 単体部品 … n 5 10以上を推奨する。 |
| | 量産試作評価 | | 単体部品 … n 10 |
| 評価目的による違い | a | 初期不良の評価 | ・理論的にn数を決めるのは現実には難しい。 |
| | b | 突発集中不良の評価 | ・従来のn数を基準に試料数を増減するのが最も良い方法。 |
| | c | 故障レベルの評価 (, MTTF) | ・統計的にn数を求めることができる。 ・ただし，加速試験条件を合わせて考えないとn数が大きくなる |
| | d | 寿命時期の評価 | ・a・bの場合の考え方と同じ。 ・ただし，寿命のある単体部品のみの内容。 |

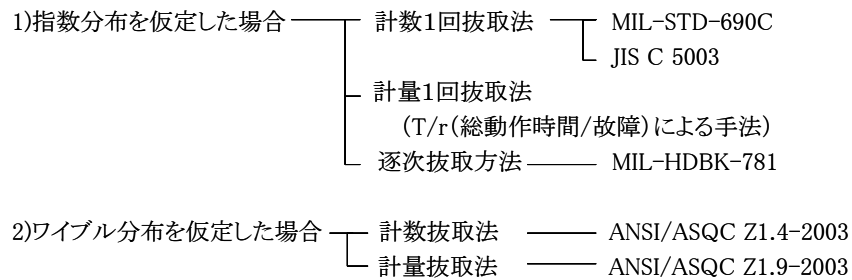
備考

- (1) 評価目的が a・b・d の場合

評価目的が a・b … 異常ロットの検出という観点から，異常品の発生率を過去のデータから推定し，それを信頼水準90%等で検出するのにnがいくつ必要かを考える方法。

評価目的が d …… 従来品と差のないことを確認するため，平均値および差の検定を行う上でn数を求める方法。

- (2) 評価目的が c の場合 (, MTTFをその試験で実証する必要がある場合には，下記のように各種の抜取法がある。したがって，その製品に適した方法に従う。JIS C 5003などがよく用いられる。



詳細については、上記規格または参考書の統計的手法による信頼性試験の抜取法の章を参考にして選択する。

3.2 試料の検査

- (1) 倍率が数倍～10倍程度以上の拡大鏡を用いて試料の外観検査を行う。
異物、銅残り、ソルダレジストのはがれ、汚れ、金属めっき状態などを観察し、これらに不具合のある試料は、試験に供しないこと。
- (2) 試験に供する試料の導体間げきの寸法は、必要に応じて、顕微鏡を用いてあらかじめ計測する。
- (3) 試料は、試験前に標準状態で絶縁抵抗値を測定する。

3.3 試料の前処理

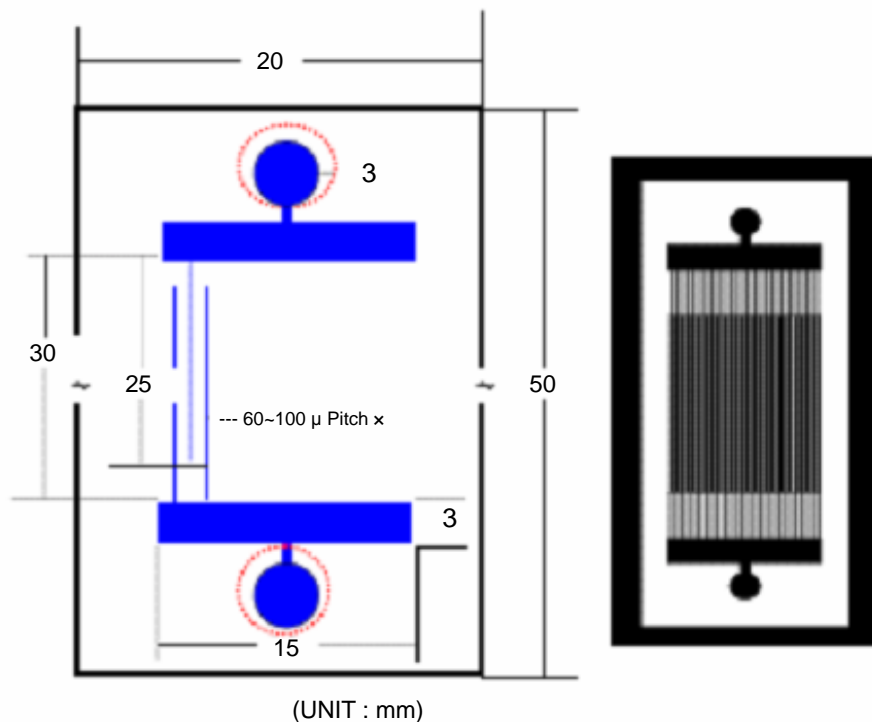
前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の8.4による。
また、必要に応じ部品実装時のリフロー熱などをあらかじめ与えておく。

3.4 試料の形状（参考）

フレキシブルプリント配線板用くし形パターン【JPCA-DG02-2006より】

形状は、図1に示す構成とし、次による。

- ・製品の設計仕様と同一材料（カバーレイ、カバーコートを含む）を用いる。
- ・パターン数は、75本とする。
- ・導体幅／導体間げきは、「60／60 ～ 100／100μm」の範囲で、受渡当事者間の協定による。
- ・試料は、試験の信頼性を考慮して、1～10枚の範囲で、受渡当事者間の協定による。



参考 丸点線部は、カバーレイ、カバーコートの開口部

図1 フレキシブルプリント配線板用マイグレーション試料構成

4. 加湿水および湿球ウィック

4.1 ウィックの交換

- (1) 使用する湿球ウィックは、使用前に目視で観察し、少しでも変色しているもの、または堅くなっているものは、使用しない。
- (2) 湿球ウィック（湿球温度検出端の布）を湿度センサーとして使用する場合は、少なくとも 1000 時間ごとに交換する。

また、使用の有無に関わらず、2 ヶ月以上経過した湿球ウィックは交換する。ただし、HAST 試験では、試験毎に交換する。

- (3) 測定、または湿球ウィック交換などで試験を中断した場合は、試験槽内部の滞留水をすべて排出する。

4.2 加湿水

試験前に、必ず水の抵抗率を測定し、規定の脱イオン水を用いること。

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 5. 参照。

5. 試験装置および測定機器

5.1 試験装置の性能

試験槽は、次の性能を満足するものを使用する（7.1 参照）。

温度の総合精度 ± 2 は、測定の誤差、温度の穏やかな変動および有効空間内の温度差を考慮したものである。

また、相対湿度の精度を維持するためには、有効空間内の任意の 2 点間の温度差を常に最小にする必要がある。

その 2 点間の温度差が 1 を超えるならば、湿度の条件は維持出来ない。更に、短時間の温度の揺らぎも最小限に押さえる必要がある。

5.2 試験装置の構造

恒温・恒湿雰囲気試験条件を再現できる試験装置を用いて試験する（通則の7.2）。

- (1) 有効空間の全体にわたって、条件が一樣で、検出器のすぐ近傍の条件とできるだけ同じであること。
- (2) 試験中の試料の負荷状態は、槽内の条件に著しい影響を与えないこと。
- (3) 試験槽の材質は、試料を劣化させたり、加湿水の品質を劣化させる原因にならないこと。

5.3 使用する治工具および材料・資材類

- (1) 試験において、配線材料や試料の固定治具は、接触抵抗の問題や試料の汚染などを考慮し、選定すること。
また、試料を設置するために使用する治具などは、熱伝導や熱容量の小さなものを使用すること。
- (2) 試験槽内に高い絶縁抵抗値を測定するためには、漏洩電流や誘導ノイズなどの影響を防ぐ必要があるため、試料へのケーブル接続は、ふっ素樹脂製二重シールド同軸線の使用を推奨する。
また、リード線の接続は、リード線の被覆を剥き、試料の電極にはんだ付けする。なお、プラス、マイナス電極のリード線は、色を変えること。通常、リード線は、プラス側は赤、マイナス側は黒とする。
- (3) 試料との接続をはんだ付けする場合は、無洗浄フラックスを使用する。この場合、フラックスの飛散、付着を防止するため、あらかじめ評価配線をふっ素系シートなどで保護してからはんだ付けを行う。また、必要に応じて、リード線近傍のフラックスは、アルコールなどで洗浄除去することが望ましい。
コネクタ接続する場合、コネクタ内部への水の進入など結露に対して、十分考慮すること。
- (4) 使用するリード線の芯線導体は、錫めっき軟銅線の使用を推奨する。
- (5) 試験槽は、定期的に洗浄し、装置内は清浄に保つこと。

6. 試験準備

6.1 装置の運転

- (1) 運転前に槽内を清掃しておく。
- (2) 前処理および温湿度プロファイルをプログラムし、自動運転する。

6.2 試料の洗浄

アルコールを用いて表面に付着したフラックス汚れなどを洗浄する。

リード線の結線に使用したフラックスは、アルコールなどで十分洗浄して除去すること。

7. 試験

7.1 試験全体に対する考慮点

- (1) 停電時の処置は、試料へのダメージを考慮して、即電源が復帰しない回路にしておくことが望ましい。
- (2) 新規材料などの評価には、データ解析の一助としてリファレンス（集積データのあるサンプル）を挿入し比較評価する。
- (3) フレキシブルプリント配線板は可とう性が高いことから、試料の姿勢を維持するためガラス布基材エポキシ樹脂積層板を補強板（治具）として用いる。ただし、これらの厚みは試料の熱容量を上昇させることから、強度とのバランスで選択すべきである。
- (4) 槽の運転
プログラムコントロールにより、規定の条件を設定する。
- (5) 測定中、微少な水飛びが発生する場合もあり、この時、瞬間鋭いショートモードの波形が観測されることがある。
この場合、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の10.4に示したように、故障とは見なさなくてよい。

7.2 測定方法について

- (1) 絶縁抵抗は、一般に温度および相対湿度の増大とともに減少する。体積抵抗は、温度の変化に敏感であるが、表面抵抗は、相対湿度の変化に伴って急激に変化する。いずれの場合も変化は指数関数的である。

絶縁抵抗は、体積抵抗および表面抵抗の両方に依存するので、絶縁抵抗を測定する際には、温度、湿度ともに極力規定された値に保持する必要がある。このため、絶縁抵抗の測定は、環境試験槽内で行うことが好ましい（槽内測定）。

環境試験槽から取り出して測定する槽外測定の場合、温・湿度が室温（測定条件）になるまでの時間および室温になってから測定までの放置時間を決めて実施する。

ただし、この時間は、原則として 24 時間以内に行うものとする。これ以外の場合は、個別仕様で定める。

- (2) 結露対策として、試験槽の扉は、温度上昇時に開けないこと。

7.3 試料の設置

- (1) 試料の配置は、風の流れを妨げないように設置する。

大きな試料については、特に隣接する他の試験試料との間隔を十分とり、相互の干渉および風の流れを妨げないように配置しないと、槽内温・湿度分布が乱れ、所要の条件が設定できないことになる。

送風方向と試料面が平行になるように配置する。試料は、吊すか治具を用いて立てる。

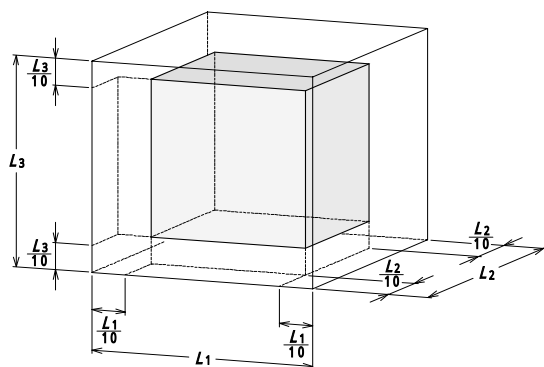
試料は、試験槽内の通風が悪くならないように風向きに平行に設置し、15mm 以上離すことを心掛ける。

- (2) 試験用電気配線材は、結露水がケーブルを伝って基板面へ影響を与えないような引き出し方向およびケーブルの弛みなどに注意する。

試料に結露水などが滴下しないよう配慮してセットすることが望ましい。

- (3) 試料は、試験槽の熱源や壁に接近させないこと。

有効空間は規定した条件が許容値内に制御できる試験槽の部分（図 2 参照）。



| 体積（リットル） | 最小値 mm |
|-------------------|--------|
| 1000 まで | 50 |
| 1000 を超える～2000 まで | 100 |
| 2000 を超える | 150 |

図 2 有効空間（JIS C 60068-3-5 及び日本試験機工業会規格（<http://www.jtma.jp/>）

「JTM K 07：2007 温度試験槽 - 性能試験方法及び性能表示方法」参照）

7.4 試験電圧の印加

- (1) 温度上昇・温度下降時には、結露状態になる可能性があるので試験の目的を明確にし、電圧印加条件を個別仕様で決める必要がある。

- (2) 連続通電の場合は、試験槽の温度、湿度が安定してから、規定の電圧を印加する。

7.5 前処理

- (1) 前処理は、試料の試験前の履歴による影響の除去、または部分的に中和したりする事を目的とした試料の処理である。
試料表面へのホコリなどの異物付着の無いように注意し、前処理後は、速やかに試験を行う。
- (2) 前処理は、規定の材料を使用する場合、ホコリや汚れ、フラックスの付着などの無いようにするため、アルコールなどで洗浄すること。
速やかに試験状態にセットして開始する。
- (3) 試料の洗浄については、試験に影響がないようなものを使用するよう十分注意する。

7.6 試験中断時の取扱い

- (1) 試験中断時は、試験電圧、測定電圧などを切った後、結露など発生しないよう、試料の取扱いに十分な注意が必要である。
また、槽内条件は、結露しないような条件で保持する。
- (2) 試料を取り出して絶縁抵抗などを測定する際には、水滴が付着したり、濡らさないよう留意しなければならない。

7.7 測定回路

(1) 測定原理

図 3 に示すように、電流検出用抵抗を試験回路に直列に挿入し、高感度の電圧計で測定された電圧からプリント配線板の抵抗値を換算する方法である。

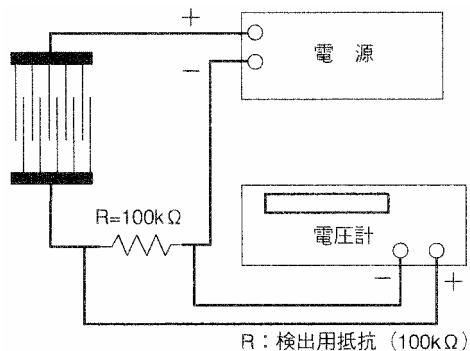


図 3 絶縁抵抗測定の原理図

(2) 絶縁抵抗計による測定

$10^6 \sim 10^{12}$ 以上の抵抗を安定して測定するには、図 4 に示すように絶縁抵抗測定装置を使用する。一般に 10^{13} 程度の測定が可能である。電圧の印加、測定を一体化したマイグレーション試験装置や、多くの試験を一括して行うために、スキャナスイッチカード、パソコンなどを組み合わせ、システム化した試験装置が開発されている。

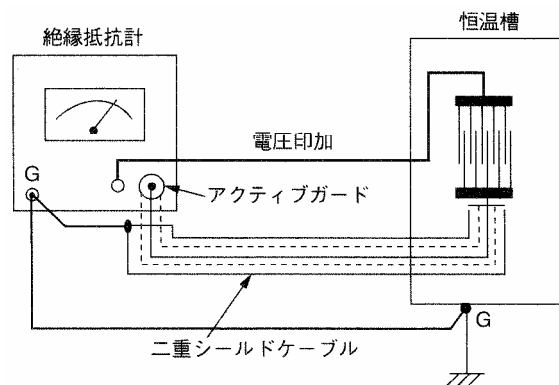


図4 絶縁抵抗計による測定（槽内測定の場合）

（注）アクティブガード：

高抵抗を測定する場合，測定回路を構成するプリント基板，コネクタ，およびケーブルなどに使用されている絶縁材料の内部，および表面を流れる漏れ電流が無視できなくなる。この漏れ電流が測定回路に流れ込まないように，ガードと呼ばれる電極を設ける。ガード電極を信号線と同電位になるように駆動することを，特にアクティブガードあるいはドライビングガードなどと呼ぶ（詳細は，エレクトロニクス実装学会「イオンマイグレーション評価方法 - 2005 年 6 月」を参照）。

8. 測定

8.1 測定方法

(1) 絶縁抵抗の測定

槽内測定を基本とし，測定電圧は，試験電圧と同一とする。

サイクル通電の場合は，高温の電圧印加時と 25℃ に達してから約 1 時間経過後に一定間隔で測定する。

判定基準以下の絶縁抵抗値になった場合には，その試料の試験電圧印加を停止する。

自動測定の場合は，適宜データを打ち出し，絶縁抵抗の変化を確認する。

(2) 試料を取り出して絶縁抵抗などを測定する際には，水滴が付着したり，濡らさないよう留意しなければならない。

(3) 試験の途中で試料を取り出すなどは基本的に行わない（他の試料に結露が起こり，絶縁抵抗値に異常が発生する事がある）。

8.2 初期測定

絶縁抵抗の測定は，一定時間毎に試験電圧と同一電圧で測定する。自動測定をする場合は，測定時間をプログラムする。個別仕様に基づき，外観を数倍～10 倍程度以上の拡大鏡によって観察した後，電氣的（絶縁抵抗）測定を行う（3.2 参照）。

8.3 中間測定

自動絶縁抵抗測定器の場合，出力データを検証する。

必要に応じて試験を中断して，さらに詳しく検証する。

8.4 最終測定

目視観察 [通則の 10.3 (1) ～ (4)]，絶縁抵抗測定その他，必要に応じて故障解析，分析などのため，断面観察を行う。

9. 試験終了後の評価および判定

9.1 評価方法

規定の試験時間を終了した試料は、倍率が数倍～10倍程度の拡大鏡で試料の外観検査[通則の10.3(1)～(4)]を行う。
導体間に発生したマイグレーションの観察あるいは写真撮影を行う。

デンドライトは、通常茶褐色や黒色になっているので、光学顕微鏡やCCD式マイクロ스코プで比較的容易に観察できる。

9.2 外観観察

スルーホール間や層方向に発生するCAF、デンドライトなどは、通常、試料を切断し、その断面観察試料を作り顕微鏡を用いて観察する。

観察では、反射光ばかりでなく透過光との複合光で観察すると、マイグレーションの発生状況が明確に見える場合がある。特にCAF観察に対しては有効である。

9.3 SEMでの観察

SEMでの表面観察からは、生成物の形状がより明確に観察される。また基板表面状態の変化も観察できる。

9.4 生成物の調査

生成物の組成分布調査には、EPMA分析が有効である。

9.5 化学結合状態の分析

化学結合状態を分析するには、XPS(ESCA)や μ -XRDが有効である。

9.6 試験終了試料の確認

- (1) 拡大鏡を用いて表面に発生するデンドライトを観察し、必要に応じて写真を撮る。
- (2) スルーホールと内層銅はく間には、バックライトを用いてクリアランスに発生するCAFを確認する。
ソルダレジストを研磨、除去するとCAFが見やすくなるので、必要に応じ実施すること。

9.7 データの確認

自動測定データおよびグラフを印刷し、絶縁抵抗の変化、劣化状況を確認する。

9.8 参考資料

各参考資料を添付した。

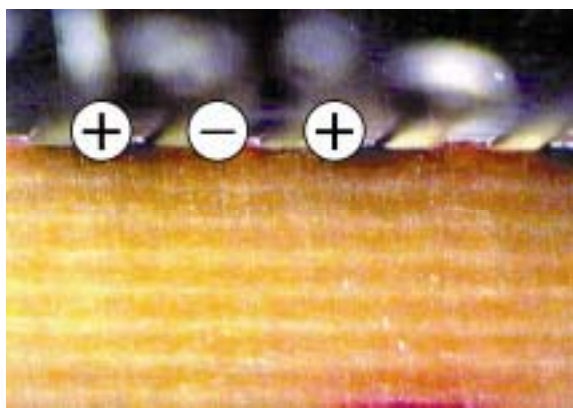
- (1) 参考資料1「マイグレーション発生事例」
- (2) 参考資料2「試料の劣化箇所の観察と分析方法」
- (3) 参考資料3「通常起こり得る試験データのバラツキ要因」
- (4) 参考資料4「試験データの解析および留意事項」
- (5) 参考資料5「寿命評価と留意事項」

参考資料 1 マイグレーション発生事例

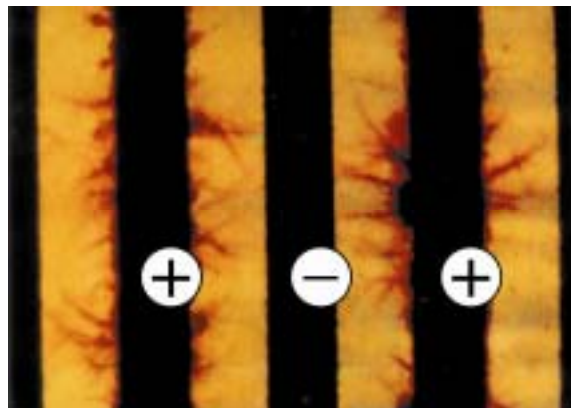
1. 発生個所の違いによるマイグレーションの事例（温湿度定常試験）

事例 1. 基材(紙フェノール)中に発生したマイグレーション

いずれも陽極より発生

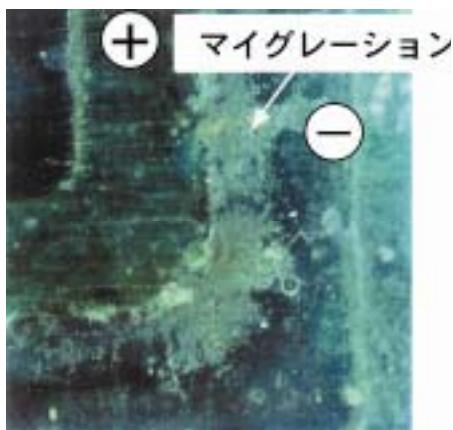


+110 , 87%RH 300 時間 50V DC 印加
(写真は基板の断面を観察)



85 , 85%RH 2000 時間 50V DC 印加

事例 2. ソルダレジストと基板界面のマイグレーション



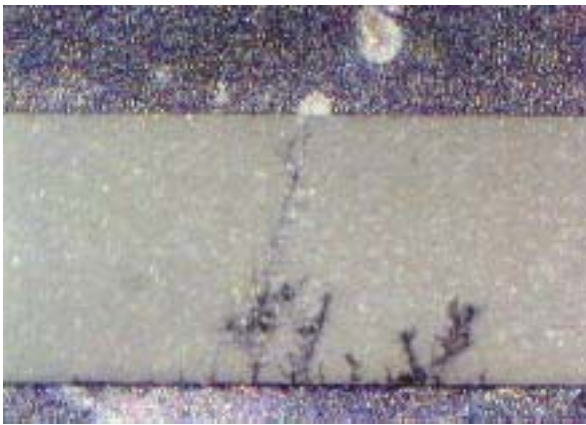
(a) 電極上端から発生（反射光）



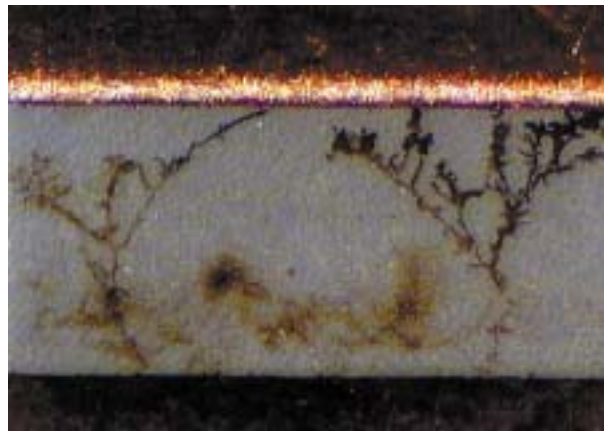
(b) 基板界面で発生（透過光）

事例 3. フラックス塗布したもの (RA および RMA タイプ)

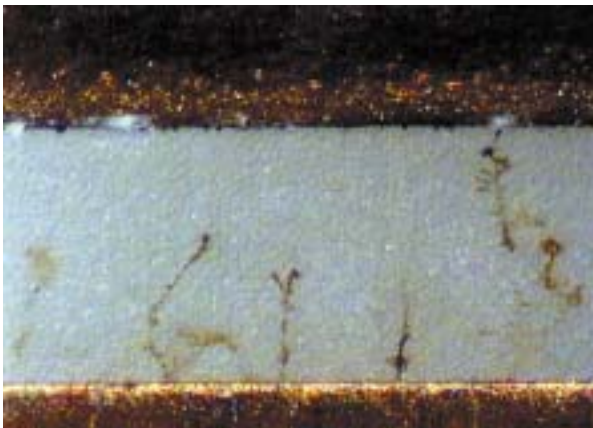
85 , 85%RH 200 時間後



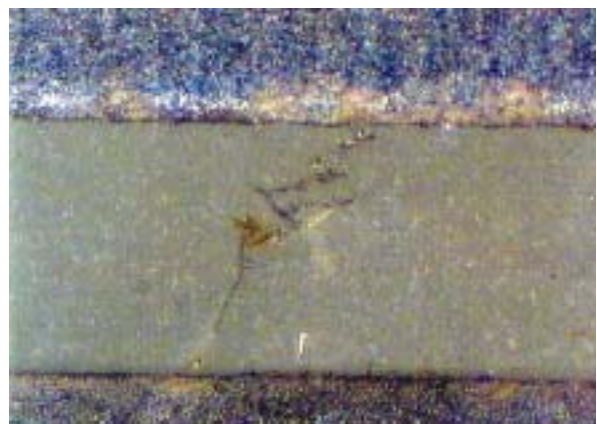
SnPb-RA



Cu-RA

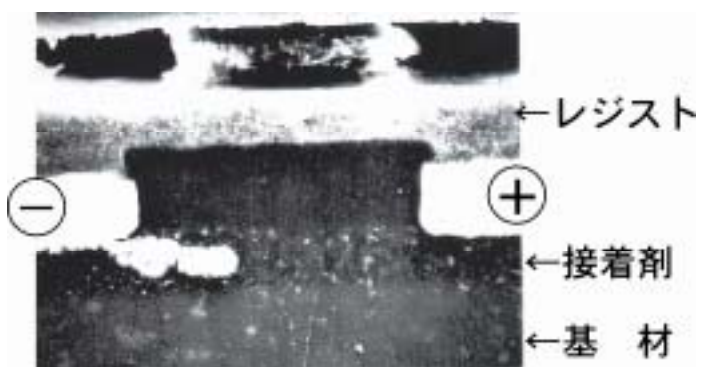


Cu-RMA



SnAg-RA

事例 4. 接着剤層のマイグレーション



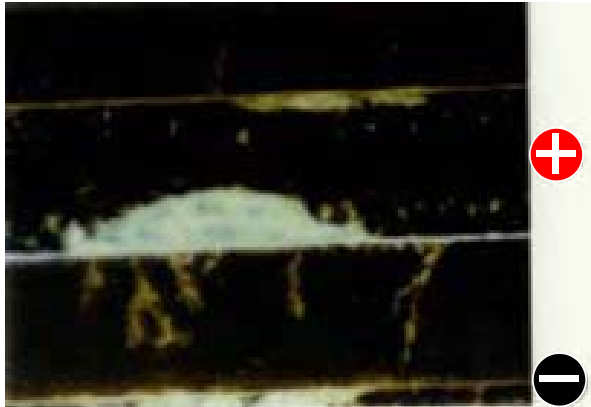
(a) 断面図 (SEM)



(b) SEM-EDX (Cu)

2. 試験方法の違いによるマイグレーションの事例（温湿度定常試験は，本参考資料の1.による。）

事例 1. 温湿度組合せ試験（サイクル・低温なし）

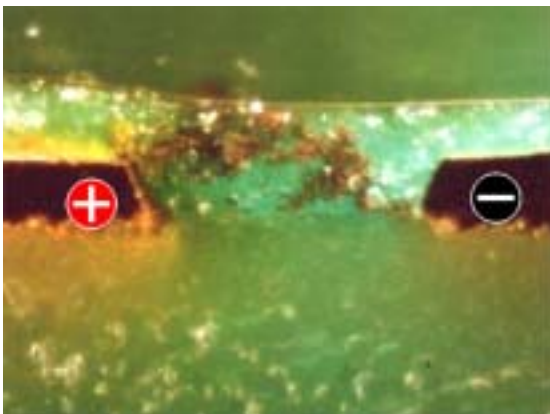
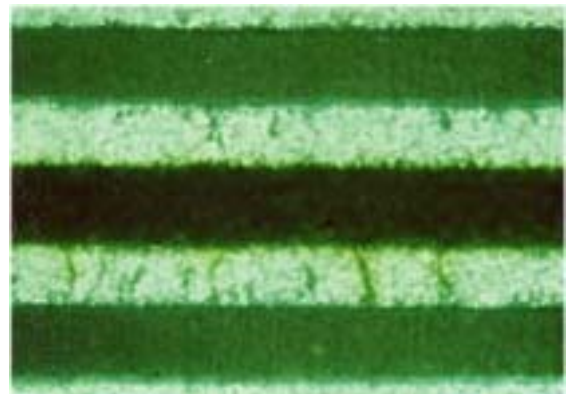
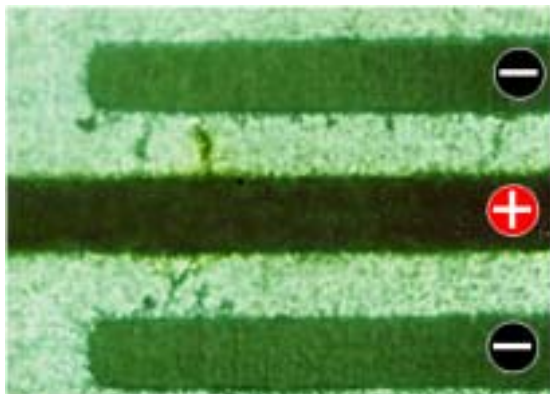


温湿度定常試験（85℃，85%RH）
+ 極から発生



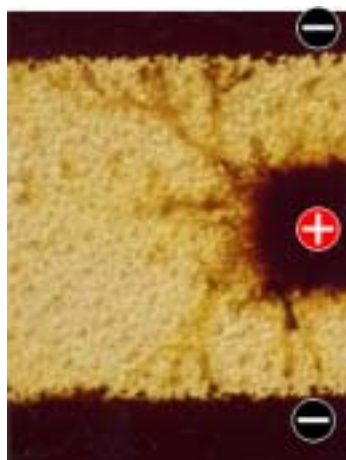
温湿度組合せ（サイクル・低温なし）試験
- 極から発生

事例 2. 高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験



ソルダレジスト有り（FR-4）：- 極から発生

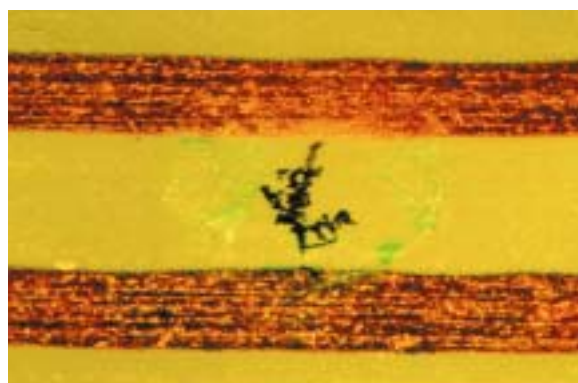
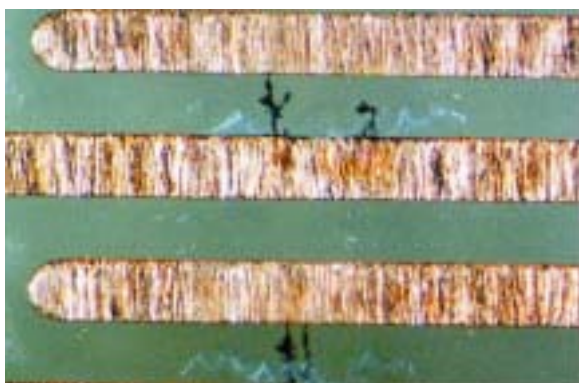
事例 3. 高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験（その 2）



ソルダレジスト無し（FR-4）：+ 極から発生

事例 4. 結露サイクル試験：- 極から発生

5 , 60%RH (20 分) 25 , 90%RH (20 分)



事例 5. ウォータードロップ法により発生したマイグレーション：- 極から発生



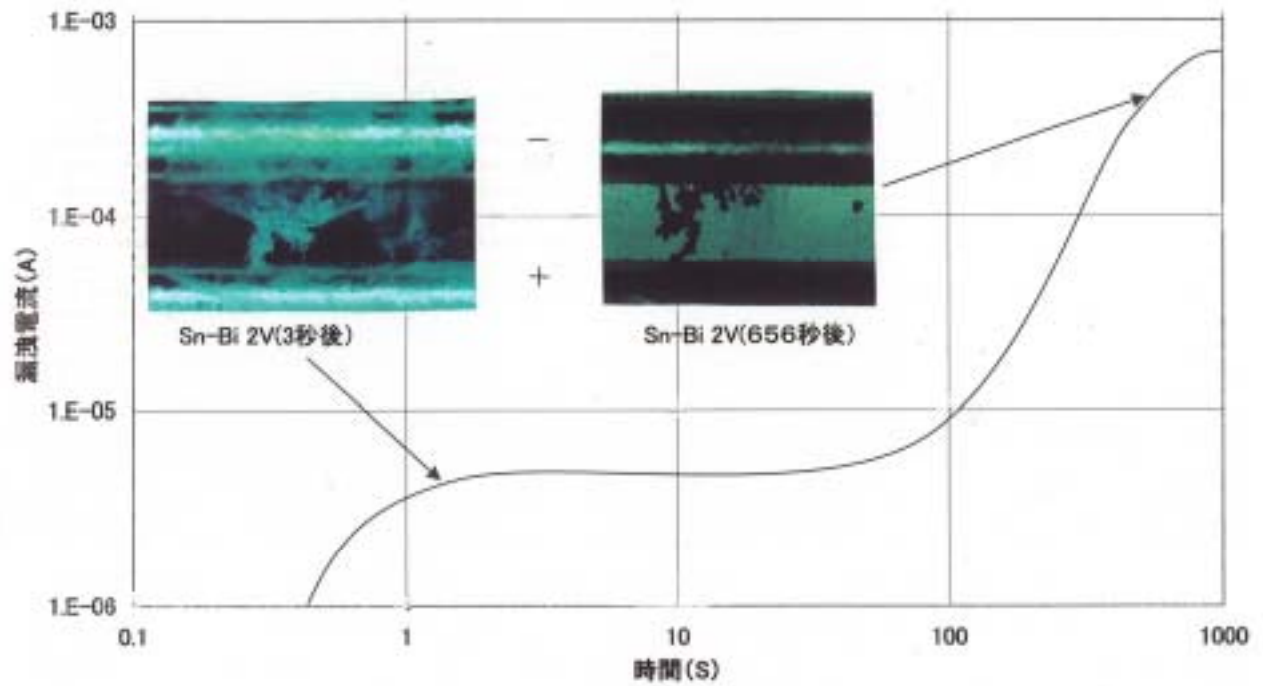
SnPb



Ag

ウォータードロップ法は、対向する電極間を覆うように純水を滴下し、電圧を印加してリーク電流 - 時間またはマイグレーションとの関係などを見る簡易な試験法で、各種金属材料の違い、配線基板の違いなどの相対比較に向いているが、フィールド故障との相関は難しい。

事例 6. ウォータードロップ法により発生したマイグレーション (その 2)



初期の段階で雲状のものが発生し、その後デンドライト状のマイグレーションが - 極から発生した例

参考資料 2 試料の劣化箇所の観察と分析方法

1. 分析方法

プリント配線板の表面や内部で見られるマイグレーションの分析方法について解説する。

主な分析方法と特長を表 2 - 1 に示す。

表 2 - 1 主な分析方法と特長

| 分析装置 | 特 長 |
|--|---|
| 光学顕微鏡, 蛍光顕微鏡 | 広く普及, 容易に観察可能 |
| CCD マイクロスコープ | モニターで観察画像を見ることが可能 また, 画像データはディスク処理ができる |
| SEM-EDX: 走査形電子顕微鏡 XMA: X 線マイクロアナライザ EPMA: 電子線マイクロアナライザ | 表面微少部分及び走査により, 広い範囲の観察と元素分析が可能 |
| XPS (ESCA): X 線光電子分光法 μ -XRD | 元素分析および化学結合状態の分析可能 |
| 走査型 X 線分析顕微鏡 | 大気中で試料内部観察から表面微少部分の非破壊分析可能 |

汎用的には, 光学顕微鏡や CCD 式マイクロスコープがよく使用されており, 比較的簡単に観察することができる。この場合, 倍率はそれほど高く取る必要が無く, 数倍から数十倍で十分である。しかし観察には, 落射装置のある顕微鏡で, 反射光と, 透過光を備えた装置が望ましい。CCD 式マイクロスコープは反射光でしか観測できないので, 透過光を必要とする場合には, そのような機能を付加するか, 光学顕微鏡との併用が望ましい。

ただし, 不透明な試料で, 透過光が使用できない場合にはこの限りではない。

析出物質の同定には, 分析装置付き電子顕微鏡 SEM-EDX や EPMA, XMA などが有効である。この分析によって, 2 次電子像や反射電子像だけでなく, 元素分布像を見ることが可能である。さらに, 化学結合状態を分析するには, XPS (ESCA) や μ -XRD が有効である。

最近では, X 線を 10 μ m 程度に絞り込み大気中で走査することにより, 非破壊でかつ広い面積の元素分析可能な走査型 X 線分析顕微鏡も市販されている。試料の前処理も不必要なため進行中のマイグレーションの観察も可能になっている。

2. 試料の種類と分析方法

(1) プリント配線板表面, ソルダレジスト層下面などの分析

くし形基板電極などを使用した, 表面の電極パターン間で発生するマイグレーションは, 直接上部より観察可能である。

樹枝状を示すデンドライトは, 通常茶褐色や黒色に近い色を呈している。これを光学顕微鏡や CCD 式マイクロスコープで比較的簡単に観察することができる。ただし, Sn を含むはんだでは, 基板表面に沿ったマイグレーションと, その方面に雲状の生成物ができる場合が見受けられる。その場合には, 反射光で雲状の生成物が, 透過光でデンドライトが観察される。観察に当たっては留意が必要である。

同様に、ソルダレジストがある基板では、レジスト層下面の基板界面を伸びるマイグレーションと、時にはレジスト層を破って出るマイグレーションが見られることがある。このような場合においても、反射光で、レジストを破って出てくるマイグレーションが、また、透過光で、レジスト層下面のマイグレーションが観察可能である。ただし、基板の透明度が低いと透過光での観察が困難になる。

(2) 絶縁層内の分析

プリント配線板のスルーホール間や、層方向に発生するマイグレーションを検出する場合には、不透明な絶縁材料中なので次の手順が必要になる。

まず、試料を切断して、どこにマイグレーションが発生しているか探す必要がある。通常は、マイグレーションの発生し易いところを予想して、基板を細分化してから分析の前に樹脂モールドする。その上で研磨にかけ、マイグレーションが発生しているところを観察しやすい断面に仕上げる必要がある。

参考資料 3 通常起こり得る試験データの変動要因

通常試験における、変動要因を下記に示す。

| 項 目 | | 要 因（問題点） | JPCA - ET01 及び ET01（解説）の 参照項目 |
|---------|---------------------------|---|--|
| 試料の問題 | 試験水準 | プリント配線板の種類 試験試料数 試料の大きさ（熱容量差，試験のしやすさ） | ET01 4.1 ET01 4.3 ET01-解-5.2(2) |
| | 表面状態 | 製造上の問題（製造・洗浄工程，梱包方法）： 汚染，異物，銅残り 保管上の問題（保管時の梱包，保管場所）： 梱包形態，温湿度管理 | ET01 10.3(3)，9.2， ET01-解-3.2 ET01 10.3(3)，9.2， ET01-解-3.2 |
| | 金属めっき不良 | 製造上の問題（製造ミスによるパターン間ショート） | ET01 10.3(3)，9.2， ET01-解-3.2 |
| | パターンはく離 | ソルダレジストはがれ 試験中に一部パターンはく離 | ET01 10.3(3)，9.2， ET01-解-3.2 ET01 10.3(3)，9.2， ET01-解-3.2 |
| 試験準備の問題 | 試験前処理 | 試料の取扱：素手で触らないこと 試料の洗浄：洗浄液の管理 作業中（配線中）の異物付着：フラックス残渣など | ET01 4.4 ET01 8.4(3)， ET01-解-6.2 ET01 10.3(3)，9.2， ET01-解-5.3(3) |
| | 試料設置方法 （試験治具・ 試験装置） | 配線材料・固定治具（熱伝導，熱容量） ケーブル（漏洩電流，誘導ノイズ） 風量／風速の問題（温湿度分布不均一） 配線の問題（結露水が内部，外部に落ちる） 試料の設置方法（垂直／水平の違い） 試料設置位置の違いによる差（風向き） 試験装置内部に汚れ 規定の加湿水使用 試験装置の内容積の違い | ET01 7.7， ET01-解-5.3(1)，7.1(3) ET01 8.7(1)，ET01-解-5.3(2) ET01 7.1(1) ET01 8.1(3)， ET01-解-7.3(2) ET01 8.1(1)， ET01-解-7.3(1) ET01 8.1(1)， ET01-解-7.3(1) ET01 8.1(2)， ET01-解-5.3(5),6.1 ET01 5.1)， ET01-解-4.2 ET01-解-7.3(3) |
| 試験中の問題 | 環境試験 | 試験中断時の処置方法の違い 温湿度制御（ウイック交換のタイミングなど） 加湿水（抵抗管理，給水不足） 水とび（水滴のシミ），結露対策 試験電圧印加のタイミング 印加電圧の変動 | ET01 8.5(1),(2) ET01 5.(2)， ET01-解-4.1 ET01 5.(3)， ET01-解-4.2 ET01 7.2(3)， ET01-解-7.2(2) ET01 8.3 (1) |
| | 測定 | 途中測定（槽内測定の実施） 槽から取出してからの測定までの放置時間 取出し観察（観察後の適切な再試験） 測定方法（適切なチャージ時間） ノイズの影響 測定者の技量 測定方法の違い（槽内測定，槽外測定，インピーダンス の配慮） 測定間隔の違い | ET01-解-7.2(1)， ET01-解-8.1 ET01 8.5(2)， ET01-解-7.2(1) ET01 8.3 (1)， ET01-解-7.4 ET01 7.4 ET01 8.7(1) ET01 7.4，7.5， ET01-解-7.7 ET01 8.7(2) |
| 試験条件の問題 | 判定基準 | マイグレーション発生，ショート 絶縁抵抗値の低下（槽内測定： 1×10^6 以下 槽外測定： 1×10^7 以下） 異なる故障モード，異なる故障メカニズム | ET01 10.4，ET01-解-9，参考資料 2 ET01 10.1 ET01-解-参考資料 4，5 |

参考文献

- 電気学会技術報告第 772 号「イオンマイグレーション劣化によるプリント配線板の寿命評価」
電子機器絶縁信頼性評価方法調査専門委員会 2000.2
- 山本 他：「デバイス・部品の信頼性試験」信頼性 110 番シリーズ第 2 巻 p66-69：信頼性試験の実施上の留意事項は？
日科技連出版社 1994.9

参考資料 4 試験データの解析および留意事項

1. 試験データの解析

(1) 寿命を評価する場合

マイグレーションによる寿命を評価するには、試験で観測された故障データをワイブル分布確率紙にプロットして、推定する方法が便利である。この評価を行う場合には、 $n = 10$ 以上とすることが望ましい。

一般に製品は、時間経過とともに図 4-1 に示すような、バスタブ形の故障率モデルを取ることが知られている。マイグレーションによるプリント配線板の故障は、製造上の要因や材料・構造上の要因などによって、初期故障型（故障率減少型）、偶発故障型（故障率一定型）、摩耗故障型（故障率増加型）のいずれかのパターンを取ると考えられる。このため、ワイブル分布を適用し、ワイブル確率紙を用いてどの故障パターンに適合するかを調べ、解析及び推定する方法を推奨する。

ワイブル分布関数 $F(t)$ 、信頼度関数 $R(t)$ および故障率関数 $f(t)$ は式 (4-1)、(4-2) および (4-3) で表される。

ここで、 m は形状パラメータと呼ばれ、初期故障型では $m < 1$ 、偶発故障型では $m = 1$ 、摩耗故障型では $m > 1$ となる。また、 t_0 は尺度パラメータと呼ばれ、63% が故障した時点の寿命を表す。 $m = 1$ の時 $t_0 = \text{MTTF}$ （平均寿命）を表す。 x は位置パラメータと呼ばれ、この時点までは故障が生じないことを示す。ワイブル確率紙は、式 (4-3) を式 (4-4) のように書き直し、グラフに表したものをいい、ワイブル確率紙にデータをプロットする場合、横軸に時間のパラメータを取り、縦軸は、故障時点のプロットを近似式 $(i - 0.3) / (n + 0.4)$ で表されるメディアンランクでプロットする方法を推奨する。

なお、 n ：試験試料数

i ：累積故障数

また、プロットの近似直線から、故障の形状パラメータ (m) を求め、さらに期待寿命または平均寿命を推定する。

(2) 試験中断を伴う試料の場合のデータ処理

試験を継続した場合と試験中断を伴う試験の場合のデータ処理方法として、ワイブル型累積ハザード紙法がよく利用される。この方法では、故障モードが複数ある場合にも適応できる特長がある。その場合には、着目した故障モードのデータを故障データとして取り扱い、他のモードで故障した場合は、全て途中打ち切りデータとして取り扱うことで、寿命評価が可能となる。

ワイブル分布関数 $F(t)$ に対して、累積ハザード関数 $H(t)$ は、式 (4-5) のように表される。この累積ハザード紙法の求め方は、表 4-2 に示す。

ここで、両辺に自然対数を取ればワイブル確率紙の時と同様に形状パラメータ m を算出することができる。ちなみに、不完全データの解析も考慮して、ワイブル確率紙と累積ハザード紙の両方が使える「ワイブル確率紙・累積ハザード紙」の使用が有効である。

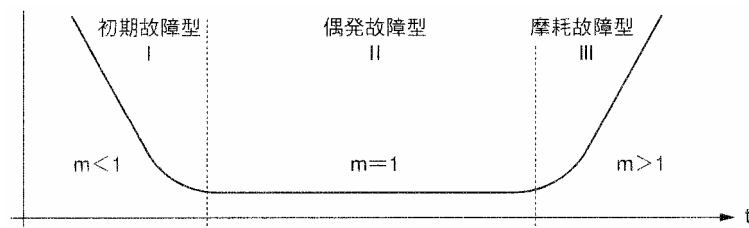


図 4 - 1 バスタブ曲線

ワイブル分布関数 $F(t)$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^m} \quad (4-1)$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^m} \quad (4-2)$$

故障率関数 $\lambda(t)$ は,

$$\lambda(t) = \frac{dF(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{d(1-R(t))}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad \text{ここから}$$

$$\lambda(t) = -\frac{m}{\eta^m} (t-\gamma)^{m-1} \quad (4-3)$$

ここで, $m=1$ としたとき, $\lambda(t) = \frac{1}{\eta}$ となり, $\eta = \text{MTTF}$ (または, MTBF) となり指数分布となる。

(4-1) 式で, $\gamma = 0$ としたとき

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m} \text{ となり}$$

$$1-F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m} \text{ と書き直し, 両辺を 2 回対数を取ると,}$$

$$\ln[\ln\{1/(1-F(t))\}] = m\{\ln t - \ln \eta\} \text{ となる。} \quad (4-4)$$

これをグラフに表したものが, ワイブル確率紙である。

累積ハザード関数 $H(t)$ は, ($\gamma = 0$) のとき

$$\text{ワイブル分布関数 } F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m} \text{ から,}$$

$$H(t) = \left(\frac{t}{\eta}\right)^m \text{ と表し, この } H(t) \text{ を言う。} \quad (4-5)$$

両辺の対数を取ると

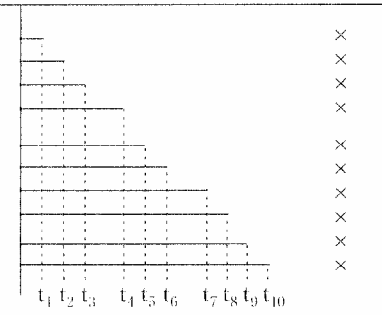
$\ln H(t) = m(\ln t - \ln \eta)$ となり, 前述のように縦軸を $\ln H(t)$, 横軸を $\ln t$ で取ると, ワイブル型累積ハザード紙が構成される。

これらの使用例を以下に示す。

参考例 - 1 試料 10 枚を環境信頼性試験（結露サイクル試験）にかけた例。絶縁抵抗の劣化をパラメータとして、 $R = 10^5$ 以下を故障とし、そのときまでのサイクル数 (t_i) を記録した。

試験の結果 (t_i) は、下記ようになった。

表 4 - 1 ワイブル確率紙使用法の手順

| 手順 1 | | | 手順 2 | |
|---|-----|---------------|-------------------------|------|
| データの並べ替え ($n = 10$) | i | t_i サイクル | メディアンランク $F(t) : \%$ | |
|  | × | 1 | 180 | 6.7 |
| | × | 2 | 240 | 16.2 |
| | × | 3 | 280 | 25.9 |
| | × | 4 | 320 | 35.5 |
| | × | 5 | 380 | 45.2 |
| | × | 6 | 480 | 54.8 |
| | × | 7 | 520 | 64.5 |
| | × | 8 | 590 | 74.1 |
| | × | 9 | 610 | 83.8 |
| | × | 10 | 800 | 93.3 |
| *1. 手順2のデータを t_i と $F(t)$ との関係でワイブル確率紙へプロットする。 *2. ワイブル確率紙、信頼性数値表は、日本科学技術連盟で販売されている。 | | | | |

形状パラメータ (m)、尺度パラメータ () を求める。この表は完全なデータなので、ワイブル確率紙を用いて解析する。データの整理表は、表 4 - 1 に示す。また、ワイブル確率紙にプロットしたものを図 4 - 2 に示す。

これから、形状パラメータ (m) は、 $m = 2.3$ となり、尺度パラメータ () は、 $\eta = 490$ となり、バスタブ曲線 (図 4 - 1) のゾーン になる。

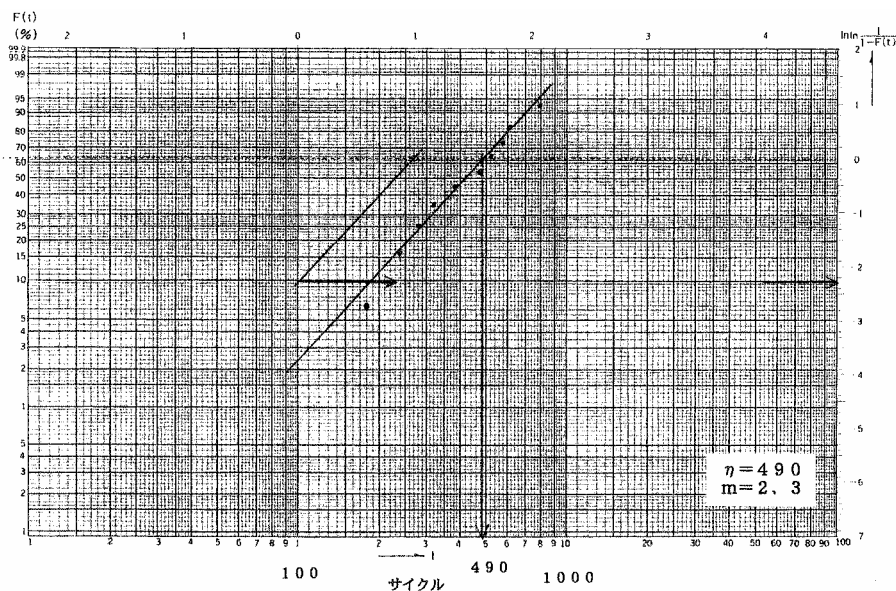


図 4 - 2 ワイブルプロット

参考例 - 2 試料 10 枚を環境信頼性試験（結露サイクル試験）にかけた例。絶縁抵抗の劣化をパラメータとして、 $R = 10^5$ 以下を故障とし、そのときまでのサイクル数（ t_i ）を記録した。試験の結果（ t_i ）は、下記ようになった。なお、試料 No.3, 6, 8 は、故障していなかったが、検討するため試験途中で抜き取った。

表 4 - 2 累積ハザード法の手順

| 手順 1 | | | | 手順 2 f_i | 手順 3 K_i | 手順 4 $1/K_i$ | 手順 5 $\sum \frac{1}{K_i} = H(t) : (\%)$ |
|---|---|-----|---------------|---------------|---------------|-----------------------|--|
| データの並べ替え ($n=10$) | | i | t_i サイクル | | | | |
| | × | 1 | 180 | 1 | 10 | $\frac{1}{10} = 0.1$ | 10 |
| | × | 2 | 240 | 1 | 9 | $\frac{1}{9} = 0.11$ | 21.1 |
| | — | 3 | 280 | 0 | 8 | — | — |
| | × | 4 | 320 | 1 | 7 | $\frac{1}{7} = 0.143$ | 35.4 |
| | × | 5 | 380 | 1 | 6 | $\frac{1}{6} = 0.167$ | 52.1 |
| | — | 6 | 480 | 0 | 5 | — | — |
| | × | 7 | 520 | 1 | 4 | $\frac{1}{4} = 0.25$ | 77.1 |
| | — | 8 | 590 | 0 | 3 | — | — |
| | × | 9 | 610 | 1 | 2 | $\frac{1}{2} = 0.5$ | 127.1 |
| | × | 10 | 800 | 1 | 1 | $\frac{1}{1} = 1.0$ | 227.1 |
| *1. 手順5のデータを t_i と $H(t)$ との関係で累積ハザード紙へプロットする。 *2. 累積ハザード紙，信頼性数値表は，日本科学技術連盟で販売されている。 | | | | | | | |

形状パラメータ（ m ），尺度パラメータ（ η ）を求める。途中抜き取りがあるので，ワイブル型累積ハザード紙を用いて解析する。データの整理表は，表 4 - 2 に示す。また，ワイブル型累積ハザード紙にプロットしたものを図 4 - 3 に示す。これから，形状パラメータ（ m ）は， $m=2.0$ となり，尺度パラメータ（ η ）は， $\eta=560$ となり，バスタブ曲線（図 4 - 1）のゾーン になる。

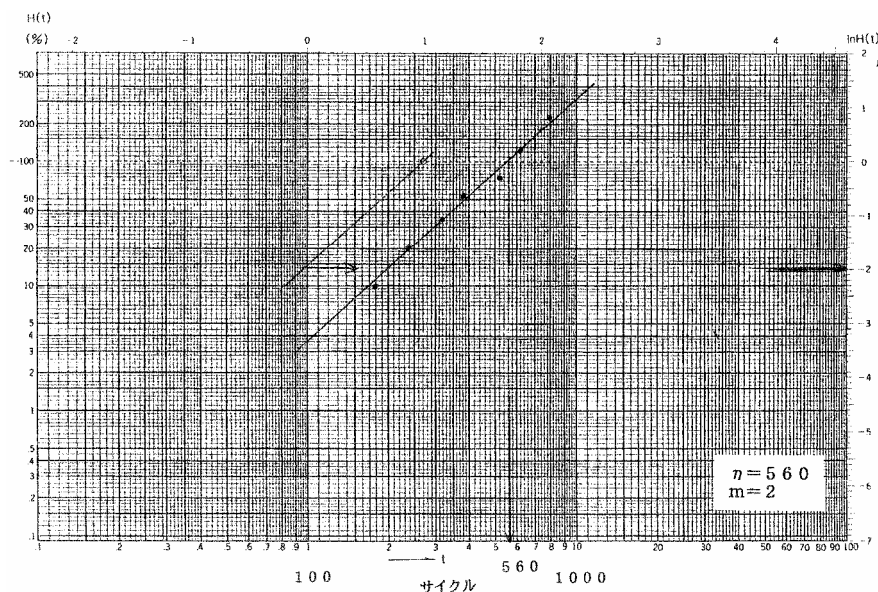


図 4 - 3 ハザードプロット

2. 留意事項

(1) 試験データをワイブル確率紙にプロットする時の留意事項。

プロットする点は、回帰直線の太さより大きめにする。直径約 1mm 程度。

直線回帰は、全体を見て引く。

10%から 90%の範囲内のプロットに重きを置き、直線回帰するように引く。

(2) ワイブル確率紙の見方

各試料の故障メカニズムが同じで、ワイブルプロットで直線性が得られれば、ワイブル分布に従っていると見られる。また、異なった故障メカニズムの故障が混在している場合でも直線となる場合があるが、この場合は、累積ハザード紙で解析する。

故障モードが同じでも、故障メカニズムが異なる場合もある。

故障モードが混在する場合などは、折れ線近似になる場合が多い。

特に累積故障確率 $[F(t)]$ の小さいところで発生した故障は、将来故障が多発する原因が含まれている場合があるため、どこに故障の原因があるのか、良く解析して原因を突き止めておくことが極めて大切なことである。

参考資料 5 寿命評価と留意事項

1. 寿命評価

(1) 寿命の電圧特性

電圧寿命 t_v の電圧 (V) 特性は、両対数表示で良い直線性が得られる ($t_v = \sqrt[n]{V \cdot n}$) ことが知られている。

この場合、電圧がパルス状の電圧印加であっても成立する。

このときの傾き n は、マイグレーションによる劣化の場合、1~2 の場合が多い。

回転機絶縁やケーブルなどでは、もっと大きな値 (小さくても 5, 大きくなると 20 以上) を示すのに比べて小さな値を示す。

回転機絶縁の知見であるが、電圧特性で、電圧ストレスの程度によって、傾きが変化することがある。このときは、劣化メカニズムが違ってきていることを表している。

電圧ストレスが低くなるにつれて、劣化が起きにくい状況となるが、この場合には閾値に近づく事であって、劣化メカニズムの変化ではない。

v : 定数

(2) 寿命の温度特性

温度寿命 t_T の温度 (T) 特性は、絶対温度の逆数に比例する ($t_T = A_T e^{\frac{E_a}{KT}}$) ことが良く知られている。

その傾きから、見かけの活性化エネルギー E_a (eV) を算出することが出来る。見かけの活性化エネルギー E_a は、0.3~1 eV 程度である。また、 k はボルツマン定数 (8.61×10^{-5} eV/K) である。

なお、ボルツマン定数の代わりに気体定数 R (1.987 cal/(mol・K)) を採ると、 E_a の単位は cal/mol となる。

T : 定数

(3) 寿命の湿度特性

湿度寿命 t_H の湿度 (H) 特性は、体系的に試験したデータが少なく判断の難しい面もあるが、相対湿度 H を横軸に取った両対数表示で直線性が得られる ($t_H = \sqrt[m]{H \cdot m}$) ことが知られている。

一般的に“ m ”は、3~6 が用いられている。

一方、横軸に相対湿度をリニアスケールに取った片対数表示 ($t_H = \sqrt[m]{H \cdot e^{-H}}$) も見受けられる。相対湿度の比較的高いところでのデータしか見られていない現段階では、どちらの表示でも直線性が得られている。これらの表示で低湿度での推定寿命を比較すると、片対数表示の方がいくぶん寿命が短かめに評価されることがある。そのため、片対数表示の方が安全サイドの評価となるため、これを採用しているところも見受けられる。

H : 定数, : 故障率

温度 () 相対湿度 (%RH) 水蒸気圧 (MPa) の関係

相互の関連図を表 5 - 1 , 図 5 - 1 , に示す。

表 5 - 1 各試験温度と相対湿度の蒸気圧

| 温度 / 相対湿度 | (飽和)蒸気圧 (MPa) | 温度 / 相対湿度 | (飽和)蒸気圧 (MPa) |
|-------------|---------------|------------|---------------|
| 40 , 85%RH | 0.0063 | 40 , 90%RH | 0.0067 |
| 60 , 85%RH | 0.0170 | 60 , 90%RH | 0.0180 |
| 85 , 85%RH | 0.0493 | 85 , 90%RH | 0.0521 |
| 110 , 85%RH | 0.1218 | | |
| 120 , 85%RH | 0.1687 | | |
| 130 , 85%RH | 0.2295 | | |

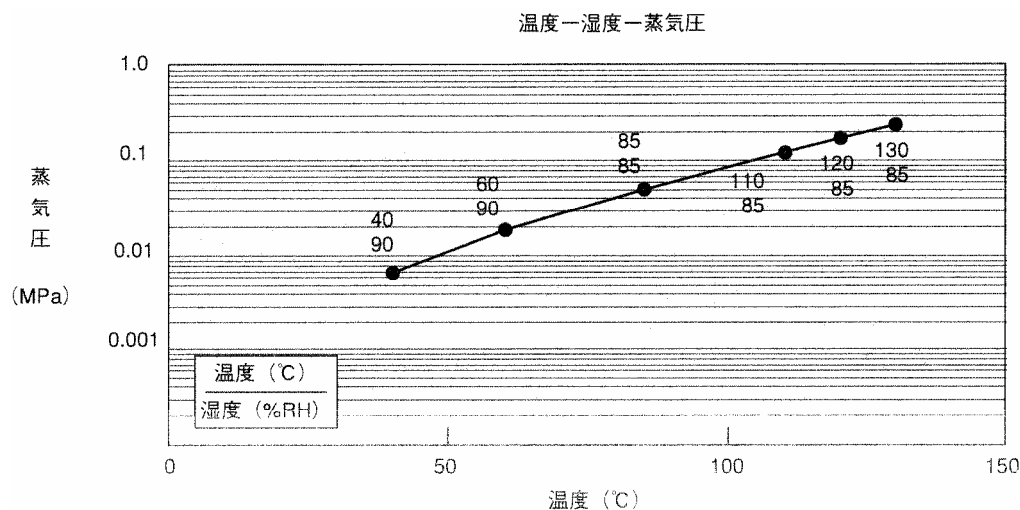


図 5-1 蒸気圧と相対湿度

(4) 寿命の加速試験とその加速性

環境条件を加味した加速試験での寿命 L は、アイリングモデルから式 (5-1) のように示されることが多い。

$$L = A \left(V^n \cdot H^m \cdot e^{\frac{E_a}{KT}} \right) \quad (5-1)$$

このとき、加速試験における加速倍数を算出するには、実使用時の電圧を V_0 、温度 T_0 、湿度 H_0 とすると加速係数 A_F は式 (5-2) で表される。

$$A_F = \left(\frac{V}{V_0} \right)^n \left(\frac{H}{H_0} \right)^m e^{\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)} \quad (5-2)$$

2. 留意事項

上式が成立するのは、実使用における劣化メカニズムと加速試験状態における劣化メカニズムが同様であることが前提になる。この点にまず留意が必要である。

次に、もともと結露を考慮していない環境試験において、部分的に結露が発生すると寿命は桁違いに短くなるので、試験期間中の装置管理が重要である。特に電極が表面にあって、樹脂コートされてない場合、このような結露を局部的に受けやすい事に留意が必要である。

最初から、結露による影響を評価する目的で試験を行う場合は、試験も結露サイクル試験 (JPCA-ET09-2002) に沿って実施する必要がある。

さらに、試験試料に金属異物が付着していた場合、初期の段階で短絡の危険性があり、繊維状の異物が電極間を短絡していると、早い時間で繊維に沿ったマイグレーションが見られる場合がある。このような状況では、電圧加速も成り立たないので留意が必要である。

同様に、ゴミ、ほこりなどが表面に付着している場合もゴミ、ほこりに水分が吸着され、部分的に高湿度条件となり、同様にマイグレーションが発生する危険性が生じる。

3. 参考文献

- 1) 真壁肇編：「信頼性工学入門」日本規格協会（1996）ほか
- 2) 信頼性評価研究会編：「イオンマイグレーションの試験方法ノウハウ集」回路実装学会
信頼性解析技術委員会 絶縁信頼性評価研究会技術報告 pp.2-2（1996）
- 3) 津久井：「回転機用マイカ絶縁の課電劣化特性」電気学会論文誌 A，Vol.96-A, No.10, pp.463-470（1976）
- 4) 山本他：「デバイス・部品の信頼性試験」信頼性 110 番シリーズ第 2 巻，日科技連出版社
- 5) 塩見，三觥他：「信頼性における確率紙の使い方」信頼性工学シリーズ第 4 巻，日科技連出版

プリント配線板環境試験方法 温湿度定常試験（40℃ , 93%RH）

JPCA-ET02-2007

プリント配線板環境試験方法

温湿度定常試験（40℃，93%RH）

JPCA-ET02-2007

| | |
|---------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET02-1 |
| 2. 試料..... | ET02-1 |
| 3. 前処理..... | ET02-1 |
| 4. 試験方法..... | ET02-1 |
| 4.1 試験装置..... | ET02-1 |
| 4.2 試験条件..... | ET02-1 |
| 4.3 試験回路..... | ET02-2 |
| 4.4 測定方法..... | ET02-2 |
| 5. 評価..... | ET02-2 |
| 5.1 絶縁劣化..... | ET02-2 |
| 5.2 回路の異常..... | ET02-2 |
| 5.3 外観..... | ET02-3 |
| 5.4 その他..... | ET02-3 |
| 6. 分析・解析..... | ET02-3 |
| 7. 関連規格および参考資料..... | ET02-3 |

JPCA 規格

プリント配線板環境試験方法

温湿度定常試験（40℃，93%RH）

JPCA-ET02

1. 適用範囲

この規格は、プリント配線板における環境試験において、温湿度定常条件（40℃，93%RH）下で、試料に電圧を印加して試験を行う方法について規定する。ここでは、絶縁劣化性、耐エレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）性およびその他の性能劣化を調べることを意図したものである。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の4による。

3. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の8.4による

4. 試験方法

4.1 試験装置

(1) 恒温恒湿試験装置

規定の温度、湿度の条件を原則として2000時間以上安定して保持できる装置であること。

(2) 絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗は $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものであり、また、測定電圧はDC 5～100Vまで印加可能であること。

自動絶縁抵抗測定装置

試験槽内に入れた試料の絶縁抵抗を、連続または間歇に測定できること。

また、絶縁抵抗は 10^{12} 以上まで測定可能であること。

(3) 電源

DC 5～100Vの電圧を安定して供給可能であること。

4.2 試験条件

特に規定のない限り、表1に示す条件にて試験を行う。

表 1 試験条件

| 温度 () | 湿度 (%RH) | 試験時間 (h) | | | |
|--|---------------|----------------|----------|-----------|----------------|
| 40 | 93 | 168 + 24 , - 0 | 500 ± 48 | 1000 ± 96 | (2000 ± 192) |
| 1) 温度許容差：±2 （ただし、槽内条件） 2) 相対湿度許容差：±3%RH 3) 測定時間：個別仕様による。 4) 試験電圧：個別仕様による。 5) 測定電圧：個別仕様による。 | | | | | |

4.3 試験回路

試験回路は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

4.4 測定方法

(1) 初期測定

外観

個別仕様に基づき、目視または 10 倍程度の拡大鏡などを用いて、試料の外観を検査する。

絶縁抵抗

指定された個所の絶縁抵抗を測定する。

試料の絶縁抵抗を試験槽外で測定する雰囲気は、特に規定のない限り、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態に準拠すること。

試料を試験槽内に入れた状態で絶縁抵抗を測定する場合は、試験電圧印加開始時を初期値とする。

また、特に規定のない限り、絶縁抵抗の測定電圧は、試験電圧と同一とすること。

測定方法は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 9.2 を参照すること。

(2) 中間および最終測定

外観

目視または 10 倍程度の拡大鏡を用いて、マイグレーションの発生有無などを確認する。

また、必要に応じて、試験電圧を印加した導体間について試料を切断し、その断面に発生したマイグレーション（デンドライト、CAF 等）を確認する。

絶縁抵抗

試料を試験槽から取り出し、試料表面が乾燥するまで JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態中に放置した後、絶縁抵抗を測定する。

試験槽内で、連続または間歇に絶縁抵抗を測定する場合は、絶縁抵抗の変化を監視する。

5. 評価

5.1 絶縁劣化

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.2 回路の異常

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.3 外観

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.4 その他

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

6. 分析・解析

必要であれば，分析，解析を行う。

7. 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-BU01：2007 「ビルドアップ配線板 - 用語，試験方法」(社)日本電子回路工業会
- 2) JPCA-ET01：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」(社)日本電子回路工業会
- 3) JIS C 60068-1：1993 「環境試験 - 電気・電子 - 通則」
- 4) JIS C 60068-2-3：1987 「環境試験方法（電気・電子）高温高湿（定常）試験方法」(IEC 60068-2-3)
- 5) JIS C 60068-2-38：1988 「環境試験方法（電気・電子）温湿度組合せ（サイクル）試験方法」(IEC 60068-2-38)
- 6) JIS C 60068-2-56：1996 環境試験方法 - 電気・電子 - 機器用耐湿性（定常）試験方法」(IEC 60068-2-56)
- 7) JIS C 60068-2-67：2001 「環境試験方法 - 電気・電子 - 基本的に構成部品を対象とした高温高湿，定常状態の促進試験」(IEC 60068-2-67)
- 8) JIS C 5012：1993 「プリント配線板試験方法」
- 9) JIS C 6481：1996 「プリント配線板用銅張積層板試験方法」
- 10) JIS Z 3197：1999 「はんだ付用フラックス試験方法」
- 11) MIL-STD-202F METHOD 103B 1963.9.12, HUMIDITY (STEADY STATE)
- 12) EIAJ ED-4701/100：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験）」試験方法 102 高温高湿バイアス試験 (社) 電子情報技術産業協会
- 13) RCJS 0749：1990 「半導体デバイスの機械的および耐候性試験方法に関するガイドライン」(IEC 60749)(財)日本電子部品信頼性センター
- 14) 絶縁信頼性評価研究会編：「イオンマイグレーションの試験方法ノウハウ集」回路実装学会，信頼性解析技術委員会 技術報告，1996.12

プリント配線板環境試験方法 温湿度定常試験（ 60 , 90%RH ）

JPCA-ET03-2007

プリント配線板環境試験方法

温湿度定常試験（60℃，90%RH）

JPCA-ET03-2007

| | |
|---------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET03-1 |
| 2. 試料..... | ET03-1 |
| 3. 前処理..... | ET03-1 |
| 4. 試験方法..... | ET03-1 |
| 4.1 試験装置..... | ET03-1 |
| 4.2 試験条件..... | ET03-1 |
| 4.3 試験回路..... | ET03-2 |
| 4.4 測定方法..... | ET03-2 |
| 5. 評価..... | ET03-2 |
| 5.1 絶縁劣化..... | ET03-2 |
| 5.2 回路の異常..... | ET03-2 |
| 5.3 外観..... | ET03-3 |
| 5.4 その他..... | ET03-3 |
| 6. 分析・解析..... | ET03-3 |
| 7. 関連規格および参考資料..... | ET03-3 |

JPCA 規格

プリント配線板環境試験方法

温湿度定常試験（60℃，90%RH）

JPCA-ET03

1. 適用範囲

この規格は、プリント配線板における環境試験において、温湿度定常条件（60℃，90%RH）下で、試料に電圧を印加して試験を行う方法について規定する。ここでは、絶縁劣化性、耐エレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）性およびその他の性能劣化を調べることを意図したものである。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の4による。

3. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の8.4による。

4. 試験方法

4.1 試験装置

(1) 恒温恒湿試験装置

規定の温度、湿度の条件を原則として2000時間以上安定して保持できる装置であること。

(2) 絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗は $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものであり、また、測定電圧はDC 5～100Vまで印加可能であること。

自動絶縁抵抗測定装置

試験槽内に入れた試料の絶縁抵抗を、連続または間歇に測定できること。

また、絶縁抵抗は 10^{12} 以上まで測定可能であること。

(3) 電源

DC 5～100Vの電圧を安定して供給可能であること。

4.2 試験条件

特に規定のない限り、表1に示す条件にて試験を行う。

表 1 試験条件

| 温度 () | 湿度 (%RH) | 試験時間 (h) | | | |
|--|---------------|----------------|----------|-----------|----------------|
| 60 | 90 | 168 + 24 , - 0 | 500 ± 48 | 1000 ± 96 | (2000 ± 192) |
| 1) 温度許容差：±2 （ただし、槽内条件） 2) 相対湿度許容差：±3%RH 3) 測定時間：個別仕様による。 4) 試験電圧：個別仕様による。 5) 測定電圧：個別仕様による。 | | | | | |

4.3 試験回路

試験回路は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

4.4 測定方法

(1) 初期測定

外観

個別仕様に基づき、目視または 10 倍程度の拡大鏡などを用いて、試料の外観を検査する。

絶縁抵抗

指定された個所の絶縁抵抗を測定する。

試料の絶縁抵抗を試験槽外で測定する雰囲気は、特に規定のない限り、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態に準拠すること。

試料を試験槽内に入れた状態で絶縁抵抗を測定する場合は、試験電圧印加開始時を初期値とする。

また、特に規定のない限り、絶縁抵抗の測定電圧は、試験電圧と同一とすること。

測定方法は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 9.2 を参照すること。

(2) 中間および最終測定

外観

目視または 10 倍程度の拡大鏡を用いて、マイグレーションの発生有無などを確認する。

また、必要に応じて、試験電圧を印加した導体間について試料を切断し、その断面に発生したマイグレーション（デンドライト、CAF 等）を確認する。

絶縁抵抗

試料を試験槽から取り出し、試料表面が乾燥するまで JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態中に放置した後、絶縁抵抗を測定する。

試験槽内で、連続または間歇に絶縁抵抗を測定する場合は、絶縁抵抗の変化を監視する。

5. 評価

5.1 絶縁劣化

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.2 回路の異常

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.3 外観

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.4 その他

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

6. 分析・解析

必要であれば，分析，解析を行う。

7. 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-BU01：2007 「ビルドアップ配線板 - 用語，試験方法」（社）日本電子回路工業会
- 2) JPCA-ET01：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」（社）日本電子回路工業会
- 3) JIS C 60068-2-3：1987 「環境試験（電気・電子）高温高湿（定常）試験方法」（IEC 60068-2-3）
- 4) EIAJ ED-4701/100：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験）」試験方法 102 高温高湿バイアス試験（社）電子情報技術産業協会
- 5) 絶縁信頼性評価研究会編：「イオンマイグレーションの試験方法ノウハウ集」回路実装学会，信頼性解析技術委員会 技術報告，1996.12

プリント配線板環境試験方法 温湿度定常試験（85℃，85%RH）

JPCA-ET04-2007

プリント配線板環境試験方法

温湿度定常試験（85℃，85%RH）

JPCA-ET04-2007

| | |
|---------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET04-1 |
| 2. 試料..... | ET04-1 |
| 3. 前処理..... | ET04-1 |
| 4. 試験方法..... | ET04-1 |
| 4.1 試験装置..... | ET04-1 |
| 4.2 試験条件..... | ET04-1 |
| 4.3 試験回路..... | ET04-2 |
| 4.4 測定方法..... | ET04-2 |
| 5. 評価..... | ET04-2 |
| 5.1 絶縁劣化..... | ET04-2 |
| 5.2 回路の異常..... | ET04-2 |
| 5.3 外観..... | ET04-3 |
| 5.4 その他..... | ET04-3 |
| 6. 分析・解析..... | ET04-3 |
| 7. 関連規格および参考資料..... | ET04-3 |

JPCA 規格

プリント配線板環境試験方法

温湿度定常試験（85℃，85%RH）

JPCA-ET04

1. 適用範囲

この規格は、プリント配線板における環境試験において、温湿度定常条件（85℃，85%RH）下で、試料に電圧を印加して試験を行う方法について規定する。ここでは、絶縁劣化性、耐エレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）性およびその他の性能劣化を調べることを意図したものである。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の4による。

3. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の8.4による。

4. 試験方法

4.1 試験装置

(1) 恒温恒湿試験装置

規定の温度、湿度の条件を原則として2000時間以上安定して保持できる装置であること。

(2) 絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗は $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものであり、また、測定電圧はDC 5～100Vまで印加可能であること。

自動絶縁抵抗測定装置

試験槽内に入れた試料の絶縁抵抗を、連続または間歇に測定できること。

また、絶縁抵抗は 10^{12} 以上まで測定可能であること。

(3) 電源

DC 5～100Vの電圧を安定して供給可能であること。

4.2 試験条件

特に規定のない限り、表1に示す条件にて試験を行う。

表 1 試験条件

| 温度 () | 湿度 (%RH) | 試験時間 (h) | | | |
|--|---------------|----------------|----------|-----------|----------------|
| 85 | 85 | 168 + 24 , - 0 | 500 ± 48 | 1000 ± 96 | (2000 ± 192) |
| 1) 温度許容差：±2 （ただし、槽内条件） 2) 相対湿度許容差：±3%RH 3) 測定時間：個別仕様による。 4) 試験電圧：個別仕様による。 5) 測定電圧：個別仕様による。 | | | | | |

4.3 試験回路

試験回路は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

4.4 測定方法

(1) 初期測定

外観

個別仕様に基づき、目視または 10 倍程度の拡大鏡などを用いて、試料の外観を検査する。

絶縁抵抗

指定された個所の絶縁抵抗を測定する。

試料の絶縁抵抗を試験槽外で測定する雰囲気は、特に規定のない限り、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態に準拠すること。

試料を試験槽内に入れた状態で絶縁抵抗を測定する場合は、試験電圧印加開始時を初期値とする。

また、特に規定のない限り、絶縁抵抗の測定電圧は、試験電圧と同一とすること。

測定方法は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 9.2 を参照すること。

(2) 中間および最終測定

外観

目視または 10 倍程度の拡大鏡を用いて、マイグレーションの発生有無などを確認する。

また、必要に応じて、試験電圧を印加した導体間について試料を切断し、その断面に発生したマイグレーション（デンドライト、CAF 等）を確認する。

絶縁抵抗

試料を試験槽から取り出し、試料表面が乾燥するまで JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態中に放置した後、絶縁抵抗を測定する。

試験槽内で、連続または間歇に絶縁抵抗を測定する場合は、絶縁抵抗の変化を監視する。

5. 評価

5.1 絶縁劣化

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.2 回路の異常

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.3 外観

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.4 その他

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

6. 分析・解析

必要であれば，分析，解析を行う。

7. 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-BU01：2007 「ビルドアップ配線板 - 用語，試験方法」（社）日本電子回路工業会
- 2) JPCA-ET07：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」（社）日本電子回路工業会
- 3) JIS C 60068-2-67：2001 「環境試験方法 - 電気・電子 - 基本的に構成部品を対象とした高温高湿，定常状態の促進試験」（IEC 60068-2-67）
- 4) EIAJ ED-4701/100：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験）」試験方法 102 高温高湿バイアス試験（社）電子情報技術産業協会
- 5) 絶縁信頼性評価研究会編：「イオンマイグレーションの試験方法ノウハウ集」回路実装学会，信頼性解析技術委員会 技術報告，1996.12

プリント配線板環境試験方法 温湿度サイクル(12 + 12 時間サイクル)試験

JPCA-ET05-2007

プリント配線板環境試験方法

温湿度サイクル（12 + 12 時間サイクル）試験

JPCA-ET05-2007

| | |
|---------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET05-1 |
| 2. 試料..... | ET05-1 |
| 3. 前処理..... | ET05-1 |
| 4. 試験..... | ET05-1 |
| 4.1 試験装置..... | ET05-1 |
| 4.2 試験条件..... | ET05-1 |
| 4.3 試験回路..... | ET05-1 |
| 4.4 試験電圧印加..... | ET05-2 |
| 4.5 試験の厳しさ..... | ET05-2 |
| 4.6 測定..... | ET05-2 |
| 5. 評価..... | ET05-2 |
| 5.1 絶縁劣化..... | ET05-2 |
| 5.2 回路間の異常..... | ET05-2 |
| 5.3 外観..... | ET05-2 |
| 5.4 その他..... | ET05-2 |
| 6. 分析・解析..... | ET05-2 |
| 7. 関連規格および参考資料..... | ET05-2 |
| 付図 1 温湿度サイクル条件..... | ET05-3 |

JPCA 規格

プリント配線板環境試験方法

温湿度サイクル（12 + 12 時間サイクル）試験

JPCA-ET05

1. 適用範囲

この規格は、プリント配線板における環境試験において、結露が生じるような温湿度サイクル（12 + 12 時間サイクル）条件下で、試料に電圧を印加して試験を行う方法について規定する。ここでは、絶縁劣化性、耐エレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）性およびその他の性能劣化を調べることを意図したものである。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 4 による。

3. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.4（4）（付属資料 C）による。

4. 試験

4.1 試験装置

（1）温湿度サイクル装置

槽内温度は、 25 ± 3 と規定の上限温度との間を周期的に変化できなければならない。

また、槽内の相対湿度は、規定の許容差内に維持できる装置であること。

（2）絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗は $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものであり、また、測定電圧は DC 5 ~ 100V まで印加可能であること。

自動絶縁抵抗測定装置

試験槽内に入れた試料の絶縁抵抗を、連続または間歇に測定できること。

また、絶縁抵抗は 10^{12} 以上まで測定可能であること。

（3）電源

DC 5 ~ 100V の電圧を安定して供給可能であること。

4.2 試験条件

温湿度サイクル条件を、付図 1 に示す。

4.3 試験回路

試験回路は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

4.4 試験電圧印加

試験電圧印加条件は、個別仕様による。

4.5 試験の厳しさ

表 1 試験の厳しさ

| | 上限温度 | サイクル数 |
|---|------|---------------------------|
| a | 40 | 5 , 10 , 20 , 30 , (50) |
| b | 55 | 5 , 10 , 20 , (30) |

注) a , b の選択は、個別仕様による (付図 1 参照)

4.6 測定

(1) 初期測定

個別仕様に基づき、試料の外観を目視で調べる。

また、前処理の安定期間で電氣的測定を行う。

(2) 中間測定

槽内測定を基本とする。ただし、疑義が生じた場合は槽から取り出して電氣的測定を行う。その他は個別仕様による。

(3) 最終測定

個別仕様に基づき、後処理の安定期間で電氣的測定を行う。その他は個別仕様による。

5. 評価

5.1 絶縁劣化

JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 10 による。

5.2 回路間の異常

JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 10 による。

5.3 外観

JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 10 による。

5.4 その他

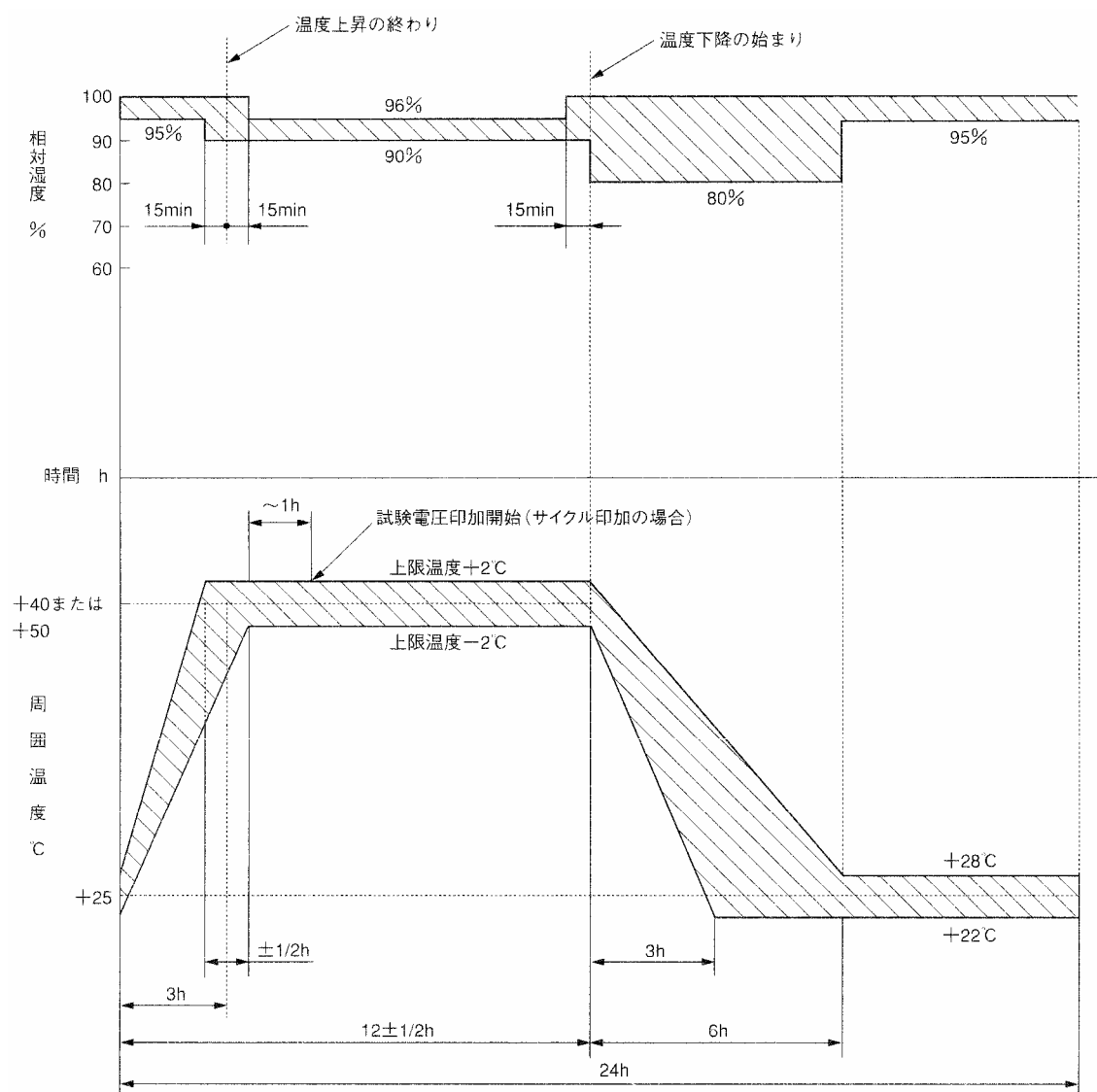
JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 10 による。

6. 分析・解析

必要であれば、分析・解析を行う。

7. 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-ET01 : 2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」(社) 日本電子回路工業会
- 2) JIS C 60068-2-30:1988 「環境試験方法(電気・電子) 温度サイクル(12 + 12 時間サイクル) 試験方法 (IEC 60068-2-30)



付図 1 温湿度サイクル条件

プリント配線板環境試験方法 温湿度組合せ（サイクル・低温あり）試験

JPCA-ET06-2007

プリント配線板環境試験方法

温湿度組合せ（サイクル・低温あり）試験

JPCA-ET06-2007

| | |
|---------------------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET06-1 |
| 2. 試料..... | ET06-1 |
| 3. 前処理..... | ET06-1 |
| 4. 試験方法..... | ET06-1 |
| 4.1 試験装置..... | ET06-1 |
| 4.2 試験条件..... | ET06-1 |
| 4.3 試験回路..... | ET06-2 |
| 4.4 測定方法..... | ET06-2 |
| 5. 評価..... | ET06-2 |
| 5.1 絶縁劣化..... | ET06-2 |
| 5.2 回路間の異常..... | ET06-2 |
| 5.3 外観..... | ET06-2 |
| 5.4 その他..... | ET06-3 |
| 6. 分析・解析..... | ET06-3 |
| 7. 付属資料..... | ET06-3 |
| 7.1 適用上の解説..... | ET06-3 |
| 7.2 関連規格および参考資料..... | ET06-3 |
| 付図 1 低温サブサイクルを含む 24 時間サイクル..... | ET06-4 |
| [解説] | |
| 呼吸作用について..... | ET06-5 |

JPCA 規格 プリント配線板環境試験方法 温湿度組合せ（サイクル・低温あり）試験

JPCA-ET06

1. 適用範囲

この試験は、温湿度サイクル試験に氷結条件を組み合わせる試験で、熱的特性がこの試験の温度変化に追従できるプリント配線板に限定して適用される。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 4 による。

3. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.4 による。

4. 試験方法

4.1 試験装置

(1) 恒温恒湿試験装置

規定の温度、湿度の条件を 500 時間以上安定して保持できる装置であること。

(2) 絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗は $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものであり、また、測定電圧は DC 5 ～ 100V まで印加可能であること。

自動絶縁抵抗測定装置

試験槽内に入れた試料の絶縁抵抗を、連続または間歇に測定できること。

また、絶縁抵抗は 10^{12} 以上まで測定可能であること。

(3) 電源

DC 5 ～ 100V の電圧を安定して供給可能であること。

4.2 試験条件

表 1 試験条件

| |
|---|
| 1) 温度 / 湿度条件：付図 1 参照。 |
| 2) 試験サイクル条件：10 サイクル |
| 3) 温度許容差： ± 2 （ただし、槽内条件） |
| 4) 相対湿度許容差： $\pm 3\%RH$ （温度一定および上昇中） 80 ～ 96%RH（温度下降中） |
| 5) 試験サイクル（10 サイクル以外の場合）：個別仕様による。 |
| 6) 測定時間：個別仕様による。 |
| 7) 試験電圧：個別仕様による。 |
| 8) 測定電圧：個別仕様による。 |

4.3 試験回路

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

4.4 測定方法

(1) 初期測定

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 9.2 による。

(2) 中間測定

個別仕様に規定がある場合，試験中に絶縁抵抗のモニターを行う。

(3) 最終測定

個別仕様の規定により，次の時点で初期測定と同様の測定を行う。

高湿度中で行う測定

最終サイクルの最後のステップ（温度 25 ± 2 ，相対湿度 $93 \pm 3\%RH$ ）3.5 時間のうち，後半の 2 時間の間に行う。

個別仕様には，高湿度中で行う測定の場合に必要な注意事項，例えば表面の水分を除去する方法などを規定する。

注）高湿条件で実施する各種測定は，初期測定または槽から取り出した後に行った測定とは直接比較できない。

試験槽から取り出して直ちに行う測定

最終サイクル終了後，試料を槽から取り出し，JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態に置く。

初期測定条件が標準状態と異なる場合には，最終測定条件も初期測定条件と同じ条件とする。

槽から取り出し，1～2 時間の間に初期測定と同じ内容の測定を行う。

その間の早い時点で行った測定で不合格の試料は，再度測定してもよい。

一定の乾燥期間の後に行う測定

最終サイクル終了後，試料を槽から取り出し，24 時間標準状態に放置後，初期測定と同じ最終測定を行う。

なお，最終測定は，上記時間内に行ってもよいが，不合格の試料は，24 時間放置時点で再測定して合否の判定をする。

初期測定条件が標準状態と異なる場合には，最終測定条件も初期測定条件と同じ条件とする。

5. 評価

5.1 絶縁劣化

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.2 回路間の異常

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.3 外観

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.4 その他

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 によることとし，その内容は，次の通りとする。

各個別仕様に取決めた機能，性能を評価する。

その他の異常を記録する。

（放電現象 and / or 絶縁破壊。パターンショート 過大電流 溶断）

6. 分析・解析

必要な場合，分析・解析を行う。

7. 付属資料

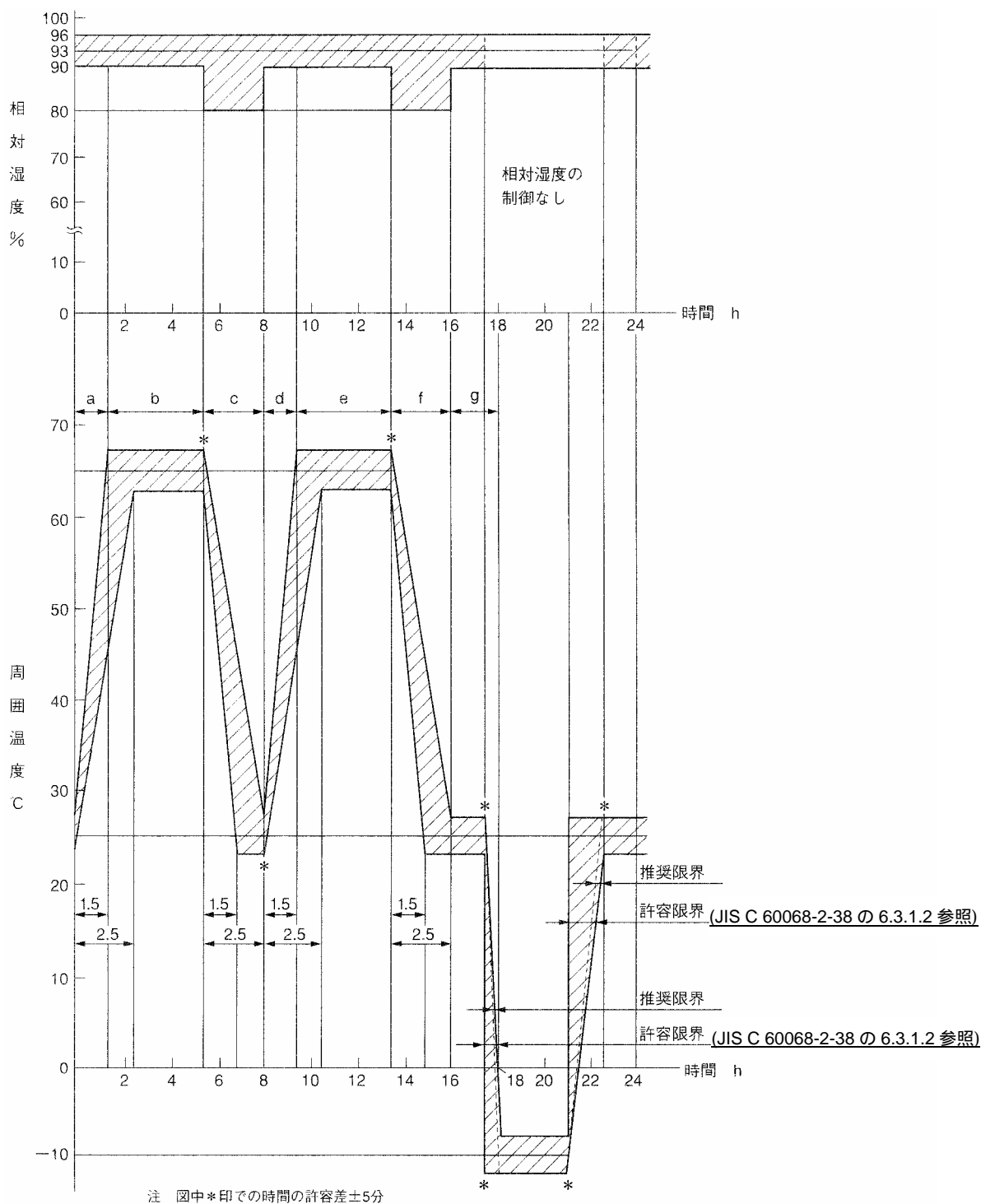
7.1 適用上の解説

プリント配線板を温湿度サイクルにさらした場合の呼吸作用による絶縁劣化を評価する試験であり，型式認証，品質認証および品質維持や実使用条件下での寿命を予測するために用いる信頼性試験である。

“呼吸作用”については，「解説」参照。

7.2 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-BU07-2007 「ビルドアップ配線板試験方法 - 用語，試験方法」(社)日本電子回路工業会
- 2) JPCA-ET01：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」(社)日本電子回路工業会
- 3) JIS C 60068-2-38：1988 「環境試験方法（電気・電子）温湿度組合せ（サイクル）試験方法」(IEC 60068-2-38)
- 4) JIS C 5012：1983 「プリント配線板試験方法」
- 5) EIAJ ED-4701/200：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験）」試験方法 203 温湿度サイクル試験（社）電子情報技術産業協会



付図 1 低温サブサイクルを含む 24 時間サイクル

[解説]

呼吸作用について

呼吸作用とは、JIS C 60068-2-38 の 1.1（緒言）に書いてあるように「空気またはガスの入った比較的大きなすきまがある供試品（試料）」で、温度サイクルと高湿度とを組み合わせることによって、試料の内部の空気を膨張・収縮させて、試料ケースのすきまを通して、試験雰囲気の高湿度の空気を試料内部に出し入れすることを意味している。

呼吸作用の目的は、試料の内部に湿気（水分）を入れることである。即ち、試料の

温度が上昇すると、試料内部の空気が膨張し、試料ケースのすきまから空気が外部へ逃げる“呼”作用。

続いて低温に下がると、試料内部の空気が収縮して、外部から湿気を帯びた空気が試料のすきまを通して試料内部に入る“吸”作用が発生する。この繰り返しが行われる。

この時、試料自体の温度が内部の空気より先に下がるので、内部の湿気空気は、露点以下になり、試料の内部に結露し、絶縁抵抗の低下、リーク電流の増加、腐食、錆などの発生原因となる。

モデルを以下に示す。

すきまのあいた容器において、 $\Delta V = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times V$ だけ湿気空気は移動する。

ここに T_1 : 273 + X_H （高温側温度）

T_2 : 273 + X_L （低温側温度）

V : 隙間内容量

V : 移動容量分

JIS C 60068-2-38 の 1.2（適用範囲）に「小さな細かい割れ目がある 中空でない構造の供試品、例えばプラスチックで外装されたものまたは多孔質材料は、吸収または拡散作用が顕著であるので、これらの影響を調べるためには、JIS C 60068-2-3 [環境試験方法（電気・電子）高温高湿（定常）試験方法（40℃，93%RH）] の採用が適切である」と述べられており、試験計画を立案する場合、この JIS C 60068-2-3 試験規格も考慮して、試験の実施計画を作成することが望ましい。

このほか、呼吸作用については、MIL-STD-202F Method 106F、MIL-STD-883E Method 1004.7 にも“breathing action”と表現されている。

参考文献

- 1) JIS C 60068-2-3 : 1987 「環境試験方法（電気・電子）高温高湿（定常）試験方法」（IEC 60068-2-3）
- 2) JIS C 60068-2-38 : 1988 「環境試験方法（電気・電子）温湿度組合せ（サイクル）試験方法」（IEC 60068-2-38）
- 3) JIS C 60068-2-28 : 1993 「環境試験方法 - 電気・電子 - 耐湿性試験 - 指針」（IEC 60068-2-28）
- 4) 山本他：「デバイス・部品の信頼性試験」信頼性 110 番シリーズ第 2 巻，日科技連出版社
- 5) 三根 久監修 信頼性分科会編：「故障をゼロにする信頼性技術」p-87 関西電子工業振興センター 日科技連出版社

プリント配線板環境試験方法 温湿度組合せ（サイクル・低温なし）試験

JPCA-ET07-2007

プリント配線板環境試験方法

温湿度組合せ（サイクル・低温なし）試験

JPCA-ET07-2007

| | |
|-----------------------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET07-1 |
| 2. 試料..... | ET07-1 |
| 3. 前処理..... | ET07-1 |
| 4. 試験方法..... | ET07-1 |
| 4.1 試験装置..... | ET07-1 |
| 4.2 試験条件..... | ET07-1 |
| 4.3 試験回路..... | ET07-2 |
| 4.4 測定方法..... | ET07-2 |
| 5. 評価..... | ET07-2 |
| 5.1 絶縁劣化..... | ET07-2 |
| 5.2 回路間の異常..... | ET07-2 |
| 5.3 外観..... | ET07-2 |
| 5.4 その他..... | ET07-3 |
| 6. 分析・解析..... | ET07-3 |
| 7. 付属資料..... | ET07-3 |
| 7.1 適用上の解説..... | ET07-3 |
| 7.2 関連規格および参考資料..... | ET07-3 |
| 付図 1 低温サブサイクルを含まない 24 時間サイクル..... | ET07-4 |

JPCA 規格 プリント配線板環境試験方法 温湿度組合せ（サイクル・低温なし）試験

JPCA-ET07

1. 適用範囲

この試験は、温湿度にサイクルを組合せた試験で、熱的特性がこの試験の温度変化に追従できるプリント配線板に限定して適用される。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 4 による。

3. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.4 による。

4. 試験方法

4.1 試験装置

(1) 恒温恒湿試験装置

規定の温度、湿度の条件を 500 時間以上安定して保持できる装置であること。

(2) 絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗測定器

絶縁抵抗は $10^6 \sim 10^{12}$ まで測定できるものであり、また、測定電圧は DC 5 ～ 100V まで印加可能であること。

自動絶縁抵抗測定装置

試験槽内に入れた試料の絶縁抵抗を、連続または間歇に測定できること。

また、絶縁抵抗は 10^{12} 以上まで測定可能であること。

(3) 電源

DC 5 ～ 100V の電圧を安定して供給可能であること。

4.2 試験条件

表 1 試験条件

| |
|---|
| 1) 温度 / 湿度条件：付図 1 参照。 |
| 2) 試験サイクル条件：10 サイクル |
| 3) 温度許容差： ± 2 （ただし、槽内条件） |
| 4) 相対湿度許容差： $\pm 3\%RH$ （温度一定および上昇中） 80 ～ 96%RH（温度下降中） |
| 5) 試験サイクル（10 サイクル以外の場合）：個別仕様による。 |
| 6) 測定時間：個別仕様による。 |
| 7) 試験電圧：個別仕様による。 |
| 8) 測定電圧：個別仕様による。 |

4.3 試験回路

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

4.4 測定方法

(1) 初期測定

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 9.2 による。

(2) 中間測定

個別仕様に規定がある場合，試験中に絶縁抵抗のモニターを行う。

(3) 最終測定

個別仕様の規定により，次の時点で初期測定と同様の測定を行う。

高湿度中で行う測定

最終サイクルの最後のステップ(温度 25 ± 2 , 相対湿度 $93 \pm 3\%RH$)8 時間のうち , 後半の 2 時間の間に行う。

個別仕様には，高湿度中で行う測定の場合に必要な注意事項，例えば表面の水分を除去する方法などを規定する。

注) 高湿条件で実施する各種測定は，初期測定または槽から取り出した後に行った測定とは直接比較できない。

試験槽から取り出して直ちに行う測定

最終サイクル終了後，試料を槽から取り出し，JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の標準状態に置く。

初期測定条件が標準状態と異なる場合には，最終測定条件も初期測定条件と同じ条件とする。

槽から取り出し，1～2 時間の間に初期測定と同じ内容の測定を行う。

その間の早い時点で行った測定で不合格の試料は，再度測定してもよい。

一定の乾燥期間の後に行う測定

最終サイクル終了後，試料を槽から取り出し，24 時間標準状態に放置後，初期測定と同じ最終測定を行う。

なお，最終測定は，上記時間内に行ってもよいが，不合格の試料は，24 時間放置時点で再測定して合否の判定をする。

初期測定条件が標準状態と異なる場合には，最終測定条件も初期測定条件と同じ条件とする。

5. 評価

5.1 絶縁劣化

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.2 回路間の異常

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.3 外観

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

5.4 その他

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 によることとし，その内容は，次の通りとする。

各個別仕様に取決めた機能，性能を評価する。

その他の異常を記録する。

（放電現象 and / or 絶縁破壊。パターンショート 過大電流 溶断）

6. 分析・解析

必要な場合，分析・解析を行う。

7. 付属資料

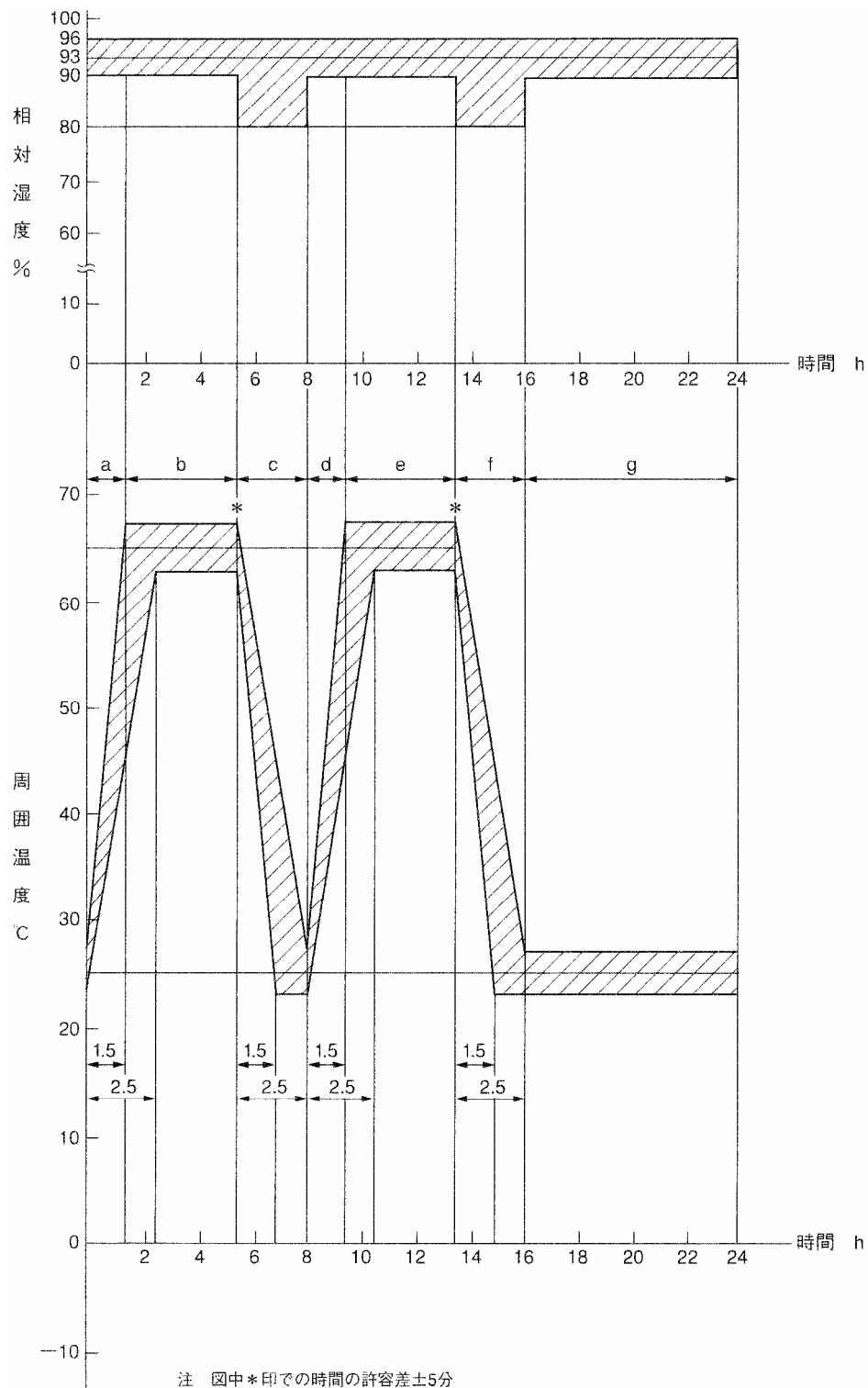
7.1 適用上の解説

プリント配線板を温湿度サイクルにさらした場合の呼吸作用による絶縁劣化を評価する試験であり，型式認証，品質認証および品質維持や実使用条件下での寿命を予測するために用いる信頼性試験である。

“呼吸作用”については，JPCA-ET06「プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ（サイクル・低温あり）試験」の [解説] 参照。

7.2 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-BU01：2007 「ビルドアップ配線板試験方法 - 用語，試験方法」（社）日本電子回路工業会
- 2) JPCA-ET01：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」（社）日本電子回路工業会
- 3) JIS C 60068-2-37：1988 「環境試験方法（電気・電子）温湿度組合せ（サイクル）試験方法」（IEC 60068-2-38）
- 4) JIS C 5012：1983 「プリント配線板試験方法」
- 5) EIAJ ED-4701/200：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験）」試験方法 203 温湿度サイクル試験（社）電子情報技術産業協会



付図1 低温サブサイクルを含まない24時間サイクル

プリント配線板環境試験方法

高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験

JPCA-ET08-2007

プリント配線板環境試験方法

高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験

JPCA-ET08-2007

| | |
|--------------------------------------|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET08-1 |
| 2. 本試験の採用に当たって | ET08-1 |
| 3. 試料..... | ET08-1 |
| 4. 加湿水..... | ET08-1 |
| 5. 前処理..... | ET08-1 |
| 6. 後処理..... | ET08-1 |
| 7. 試験方法..... | ET08-2 |
| 7.1 試験装置..... | ET08-2 |
| 7.2 試験条件..... | ET08-2 |
| 7.3 測定 | ET08-3 |
| 8. 評価..... | ET08-3 |
| 9. 分析・解析..... | ET08-3 |
| 10. 試験実施上の注意 | ET08-3 |
| 10.1 試験装置の取扱い..... | ET08-3 |
| 10.2 使用する治工具および材料・資材類..... | ET08-4 |
| 10.3 試験中断時の注意..... | ET08-4 |
| 10.4 試験開始時の注意..... | ET08-4 |
| 11. 関連規格および参考資料 | ET08-4 |
| 参考資料 1 HAST の相対湿度の考え方 | ET08-5 |
| 1. 大気圧環境下での相対湿度..... | ET08-5 |
| 2. HAST の相対湿度 | ET08-5 |
| 2.1 HAST 試験装置の構造 | ET08-5 |
| 2.2 HAST 装置での相対湿度（2点温度計法）..... | ET08-6 |
| 2.3 HAST 装置での相対湿度（乾・湿球法）..... | ET08-6 |
| 参考資料 2 飽和蒸気圧表（JIS C 60068-2-66）..... | ET08-7 |

JPCA 規格 プリント配線板環境試験方法 高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験

JPCA-ET08

1. 適用範囲

この規格は、プリント配線板における環境試験において、高温・高湿定常下〔不飽和加圧水蒸気試験：一般的に HAST 試験（Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test）という〕で、試料に試験電圧を印加して行う試験方法について規定する。

ここでは、材料の強制吸湿による絶縁劣化、耐エレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）性、材料の比較特性、ロット信頼性評価、絶縁膜（ソルダレジストなど）耐湿性評価試験およびその他の性能劣化を加速して評価することを意図したものである。

2. 本試験の採用に当たって

本試験は、より高い加速性を求めるための試験法である。しかし、この試験法の起源は、パッケージ内の半導体素子に適用されているものである。ここに指定される試験温度は高い値のため、適用する有機樹脂の試料のガラス転移温度^(注)と指定する試験温度により、推定寿命が大きく変わるので注意が必要である。

本試験法と実使用条件下での寿命の加速係数の関連が明確でない場合は、材料の保証に用いることなく、相対的な試験に使用するのが適当である。

注) ガラス転移温度：材料の臨界温度の 1 つで、液体が過冷却によってガラス状固体に転移する温度である。その温度の上下で粘性、比熱、熱伝導性、熱膨張係数など材料の諸特性が大幅に変化する。

3. 試料

本試験の電気特性試験のために必要なテストパターンを有するものであること。基板材料、テストパターンの構成や寸法は受渡当事者間の協定によるものとする。

4. 加湿水

加湿水は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 5 による。

5. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.4 による。

6. 後処理

試験終了後、槽から取り出した試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 3.1 の条件のもとで 2 時間以上 24 時間以内に必要の各種測定などを行う。

7. 試験方法

7.1 試験装置

- (1) 全有効空間内が均一になるような風速，風量を確保できる 1 槽式または 2 槽式を用いる。
また，7.2 (1) および (2) に規定の温度，湿度条件を必要な時間連続的に維持出来る装置であること。
- (2) 試料への結露，水滴落下および微小水滴の飛散などの危険性の無い構造のこと。
- (3) 試験開始，試験終了時において，試料への結露，濡れを防止できる構造のこと。
- (4) 試験に伴う安全性を確保するために，圧力に対する保護，過昇・過圧防止および空焚，停電保安機構，電源の漏電遮断器，センサー故障，安全弁，ファン回転停止検出，扉ロックセーフティ機構などに対する万一の誤動作に対して，十分な安全保護対策が取られていること。
- (5) 試験終了後，試料を取り出すとき，図 1 のように 50～95 ， 75～95%RH 以内に降下させ，その後の保存工程は，扉を開放して試料を取り出すまで，一定の温・湿度で試験室内を保持できる構造のこと。
- (6) 外部から試験電圧の印加および絶縁抵抗の測定を行うため，外部接続用のターミナルが設置されていること。
このターミナルには，試験異常が発生したら，試験中断，アラーム警報を連動してできるようになっていること。
- (7) 温・湿度表示，圧力表示，試験時間表示，アラームランプなどのモニターが装備されていること。
- (8) 電源については，JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 7.6 による。
- (9) 絶縁抵抗測定器
絶縁抵抗計は，JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 7.5 による。
自動絶縁抵抗測定装置については，JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 7.4 による。

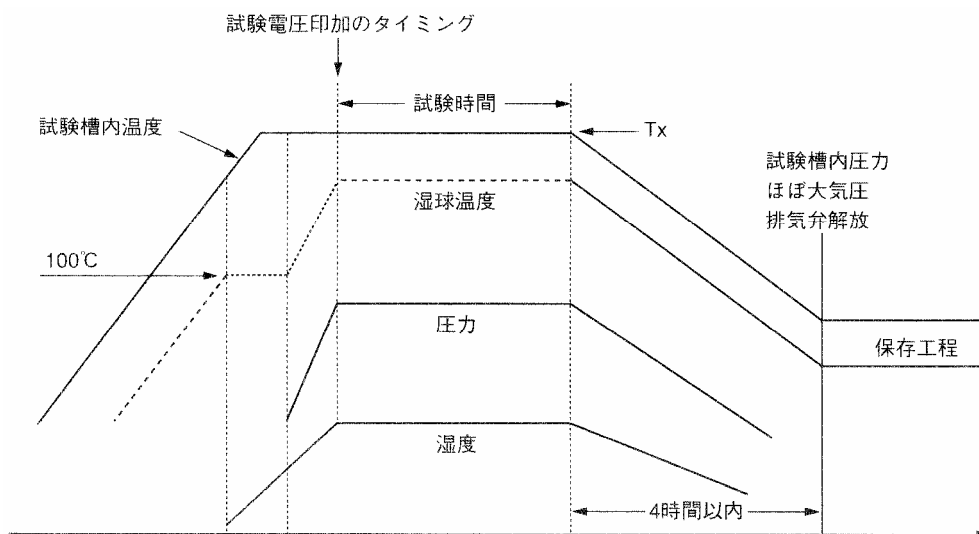
7.2 試験条件

- (1) 試験温度，湿度，時間および印加電圧と測定電圧
特に規定のない限り，表 1 の各条件より決定し，試験を行う。
但し，この表以外の条件を使用する場合は，個別仕様による。

表 1 試験温度，湿度，時間および試験電圧と測定電圧（JIS C 60068-2-66）

| 試験温度：Tx（ ） | | 試験湿度（%RH） | | 試験時間（時間）：t（h） | | 水蒸気圧（MPa） |
|---|-----|-----------|-----|---------------|-----|-----------|
| 110 | ± 2 | 85 | ± 5 | 96，192，408 | - 0 | 約 0.12 |
| 120 | | | | 48，96，192 | } | 約 0.17 |
| 130 | | | | 24，48，96 | + 2 | 約 0.23 |
| <div>(1) 試験時間は，試験終了時間を表し，中途抜き出し時間を意味してはいない。</div> <div>(2) 試験電圧は，DC5～100V の任意の電圧を選ぶ。</div> <div>(3) 測定電圧は，DC5～100V の任意の電圧を選ぶ。</div> <div>(4) 個別仕様で規定すべき事項</div> <div>本試験内容との相違点と試験条件の厳しさ（必須項目）</div> <div>初期測定内容（必須項目）</div> <div>試験用装着治具</div> | | | | | | |

- (2) 試験プログラム：乾湿温度制御（不飽和制御）を図 1 に示す。



7.3 測定

(1) 初期測定

初期測定は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の9.2による。

(2) 中間測定

この試験は、槽から試料を取り出して行うような測定は、原則として行わない。

試験槽から取り出さないで中間測定を行う場合は、測定によって試験の継続性が損なわれないように配慮する。

個別仕様に規定があれば、槽から試料を取り出して電氣的、物理的な点検を行っても良い。

なお、試験継続のため再スタートする場合は、この規格に従って行う。ただし、その行為は、いかなる試験環境を乱すものであってはならない。

また、自動測定の場合は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 9.3 による。

(3) 最終測定

最終測定は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の9.4による。

8. 評価

評価は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

9. 分析・解析

必要に応じて、断面観察を行う。また、元素分析などの必要な手段を使用する。

その他については、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10 による。

10. 試験実施上の注意

10.1 試験装置の取扱い

試料は、ヒータや試験槽の壁からの放射熱にさらすような状態に設置あるいは取付けをしないこと。

その他は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の4による。

- (1) この試験は、高温・高圧のため、水の交換、内部清掃は、他の試験装置よりも特に重要である。

- (2) 加速性が大きいので、故障モードとの相関を十分考慮して、試験条件を決定する。
- (3) 各試料の最大定格温度および封止材料の臨界温度（例えば、プラスチックのガラス転移温度など）には、十分配慮すること。
- (4) 試験終了後、槽内温度が十分下がらない状態で扉を開放すると、圧力ショックを受ける。このため、内圧が常圧に戻ってから扉を開ける。
- (5) 試験槽内の圧力が高いため、作業に注意し、扉はきちっと閉めるなどの注意が必要である。

10.2 使用する治工具および材料・資材類

高温・高湿・高圧力条件で試験を行うため、器具および材料・資材の材質は、耐熱性、耐腐食性などを考慮して使用する。

10.3 試験中断時の注意

例外として、中途取り出し測定が特に要求される試験中断の場合、試料の劣化、試験時間累計の誤差などに留意すること。

中間測定を行う場合の測定手順および再試験条件を明確にしておくこと。

測定値も、連続と異なる場合が生じることもある（7.3（2）の中間測定の原則禁止項目参照）。

10.4 試験開始時の注意

試験開始時には、必ず内部滞留水の廃棄と内装の掃除を行い、併せて湿球ウィックの交換も行う。

11. 関連規格および参考資料

- 1) JPCA-ET01：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」(社)日本電子回路工業会
- 2) JIS C 60068-1：1993 「環境試験方法 - 電気・電子 - 通則」
- 3) JIS C 60068-2-66：2001 「環境試験方法 - 電気・電子 - 高温高湿，定常（不飽和加圧水蒸気）」(IEC 60068-2-66)
- 4) IEC 60749 Amendment 1: Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods 5C: Damp heat, Steady-State-highly accelerated
- 5) JEDEC STANDARD No.22-110 (U.S.A) Test Method A110
Highly-Accelerated Temperature and Humidity Stress Test (HAST)
- 6) EIAJ ED-4701/100：2001 「半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験）」試験方法 102 高温高湿バイアス試験（社）電子情報技術産業協会
- 7) 山本他：「デバイス・部品の信頼性試験」信頼性 110 番シリーズ第 2 巻，日科技連出版社

参考資料 1 HAST の相対湿度の考え方

1. 大気圧環境下での相対湿度

大気圧下では、「一定容積の空気中に実際に含まれている水蒸気量とその空気が、そのときの温度で含みうる最大（飽和）の水蒸気量との比」と定義され、(1-1) 式のように表される。

温度 T_1, T_2 が分かれば、このときの飽和水蒸気圧は、参考資料 2 の飽和蒸気圧表 (JIS C 60068-2-66 : IEC 60068-2-66) より求まる。

$$\begin{aligned} \text{相対湿度}(\phi) &= \frac{\text{その温度空間での実際の水蒸気圧} : T_1(^{\circ}\text{C})}{\text{その温度空間における飽和水蒸気圧} : T_2(^{\circ}\text{C})} \times 100 (\% \text{RH}) \\ &= \frac{\text{その温度空間での実際の水蒸気量} (g/m^3)}{\text{その温度空間における飽和水蒸気量} (g/m^3)} \times 100 (\% \text{RH}) \end{aligned} \quad (1-1)$$

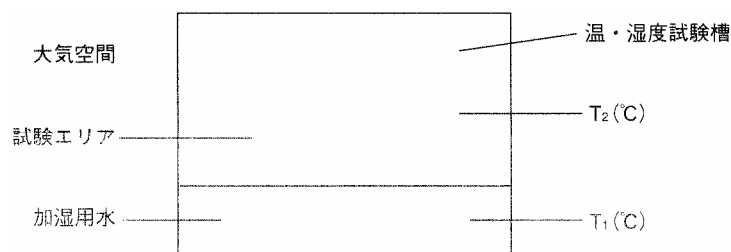


図 1-1 試験槽内の湿度（大気下）

2. HAST の相対湿度

2.1 HAST 試験装置の構造

HAST では、大気圧下の雰囲気とは完全に遮断された密閉容器内で、しかも空気が存在しない完全な水蒸気雰囲気として論じる。

HAST という相対湿度は、各々の温度における飽和水蒸気圧を用いて換算する。しかし、現実の問題として、試験空間である部分空間の圧力は、直接に計ることができないため、温度を計測することにより、圧力に換算することになる。

加湿水の温度 (T_1)、試験空間の温度 (T_2) および湿球の温度 (T_3) が分かれば、このときの飽和水蒸気圧は、参考資料 2 より求まる。

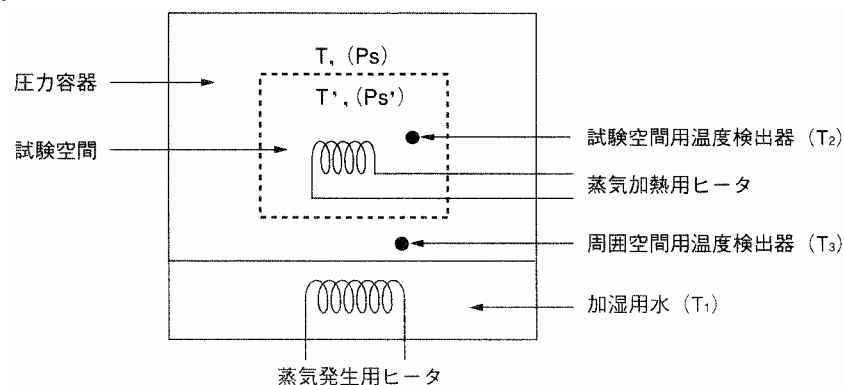


図 1-2 HAST 試験装置の構造

2.2 HAST 装置での相対湿度（2点温度計法）

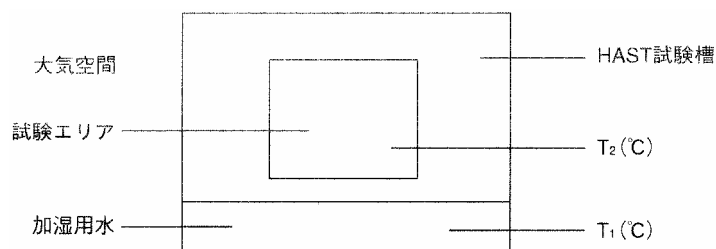


図 1 - 3 HAST 装置内の湿度（気密空間）：2点温度計法

$$\text{相対湿度}(\phi) = \frac{\text{加湿水温度に相当する飽和水蒸気圧: } T_1(^{\circ}\text{C})}{\text{試験空間温度に相当する飽和水蒸気圧: } T_2(^{\circ}\text{C})} \times 100 (\% \text{RH}) \quad (1-2)$$

この方法は、湿度の上昇・降下時の湿度コントロールが難しい。

2.3 HAST 装置での相対湿度（乾・湿球法）

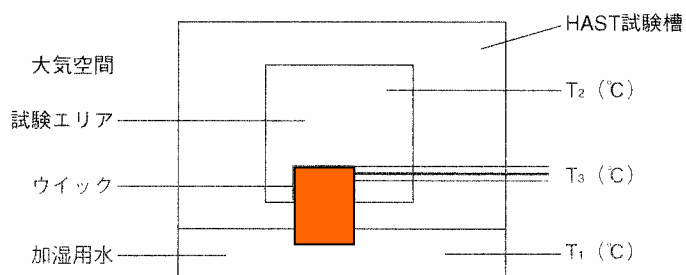


図 1 - 4 HAST 装置内の湿度（気密空間）：乾・湿球法

$$\text{相対湿度}(\phi) = \frac{\text{加湿水温度に相当する飽和水蒸気圧: } T_3(^{\circ}\text{C})}{\text{試験空間温度に相当する飽和水蒸気圧: } T_2(^{\circ}\text{C})} \times 100 (\% \text{RH}) \quad (1-3)$$

この方法は、乾・湿球で温度検出を行うため、湿度の上昇・降下時のコントロールが出来る。

参考資料 2

飽和蒸気圧表 (JIS C 60068-2-66)

表 2 - 1 蒸気圧表

| 上段 : Pressure (MPa abs) / 下段 : Saturation Temperature () | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Temp | Relative Humidity %RH | | | | | | |
| | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 |
| 100 | 0.1014 100.0 | 0.0963 98.6 | 0.0912 97.1 | 0.0861 95.5 | 0.0811 93.9 | 0.0760 92.1 | 0.0709 90.3 |
| 101 | 0.1050 101.0 | 0.0997 99.6 | 0.0945 98.1 | 0.0892 96.5 | 0.0840 94.8 | 0.0787 93.1 | 0.0735 91.2 |
| 102 | 0.1088 102.0 | 0.1033 100.6 | 0.0979 99.0 | 0.0925 * 97.5 | 0.0870 95.8 | 0.0816 94.0 | 0.0761 92.2 |
| 103 | 0.1127 103.0 | 0.1071 101.6 | 0.1014 100.0 | 0.0958 98.5 | 0.0902 96.8 | 0.0845 95.0 | 0.0789 93.2 |
| 104 | 0.1168 104.0 | 0.1109 102.6 | 0.1051 101.1 | 0.0993 99.5 | 0.0934 97.7 | 0.0875 95.9 | 0.0818 94.1 |
| 105 | 0.1209 105.0 | 0.1148 103.6 | 0.1089 102.0 | 0.1027 100.5 | 0.0967 98.7 | 0.0906 96.9 | 0.0846 95.0 |
| 107 | 0.1295 107.0 | 0.1230 105.6 | 0.1165 104.0 | 0.1100 102.4 | 0.1035 100.6 | 0.0971 98.8 | 0.0907 96.9 |
| 108 | 0.1340 108.0 | 0.1272 106.5 | 0.1205 105.0 | 0.1138 103.3 | 0.1071 101.6 | 0.1004 99.8 | 0.0938 97.9 |
| 109 | 0.1385 109.0 | 0.1316 107.5 | 0.1247 105.9 | 0.1177 104.3 | 0.1108 102.5 | 0.1039 100.7 | 0.0970 98.8 |
| 110 | 0.1433 110.0 | 0.1361 108.5 | 0.1289 106.9 | 0.1218 105.2 | 0.1146 103.5 | 0.1074 101.7 | 0.1003 99.7 |
| 111 | 0.1481 111.0 | 0.1407 109.5 | 0.1333 107.9 | 0.1259 106.2 | 0.1185 104.5 | 0.1111 102.6 | 0.1037 100.7 |
| 112 | 0.1531 112.0 | 0.1455 110.4 | 0.1379 108.9 | 0.1302 107.2 | 0.1226 105.5 | 0.1149 103.6 | 0.1072 101.6 |
| 118 | 0.1864 118.0 | 0.1770 116.4 | 0.1677 114.7 | 0.1584 113.0 | 0.1491 111.1 | 0.1398 109.4 | 0.1305 107.5 |
| 119 | 0.1923 119.0 | 0.1827 117.4 | 0.1731 115.7 | 0.1635 114.0 | 0.1539 112.1 | 0.1442 110.2 | 0.1346 108.2 |
| 120 | 0.1985 120.0 | 0.1886 118.4 | 0.1787 116.7 | 0.1688 114.9 | 0.1588 113.1 | 0.1489 111.2 | 0.1390 109.1 |
| 121 | 0.2049 121.0 | 0.1947 119.4 | 0.1844 117.7 | 0.1742 115.9 | 0.1639 114.1 | 0.1537 112.1 | 0.1434 110.0 |
| 122 | 0.2116 122.0 | 0.2009 120.4 | 0.1904 118.7 | 0.1798 116.8 | 0.1693 115.0 | 0.1587 113.1 | 0.1481 111.0 |
| 128 | 0.2545 128.0 | 0.2418 126.3 | 0.2289 125.9 | 0.2163 122.7 | 0.2036 120.8 | 0.1909 118.7 | 0.1782 116.6 |
| 129 | 0.2621 129.0 | 0.2490 127.3 | 0.2359 125.5 | 0.2228 123.7 | 0.2097 121.7 | 0.1966 119.7 | 0.1835 117.5 |
| 130 | 0.2701 130.0 | 0.2566 128.3 | 0.2431 126.5 | 0.2296 124.7 | 0.2161 122.7 | 0.2026 120.6 | 0.1891 118.5 |
| 131 | 0.2783 131.0 | 0.2644 129.3 | 0.2505 127.5 | 0.2366 125.6 | 0.2227 123.7 | 0.2087 121.6 | 0.1948 119.4 |
| 132 | 0.2368 132.0 | 0.2723 130.3 | 0.2580 128.5 | 0.2437 126.6 | 0.2293 124.6 | 0.2150 122.5 | 0.2007 120.3 |
| 139 | 0.3513 139.0 | 0.3337 137.2 | 0.3136 135.3 | 0.2986 133.4 | 0.2810 131.3 | 0.2635 129.2 | 0.2459 126.9 |
| 140 | 0.3614 140.0 | 0.3433 138.2 | 0.3252 136.3 | 0.3072 134.3 | 0.2891 132.3 | 0.2710 130.1 | 0.2530 127.8 |

*表の見方：周囲温度 102 ，相対湿度 85%RH の時，水蒸気圧が 0.0925Mpa ，この水蒸気圧に対して，相当する飽和温度が 97.5 であることを示している。

プリント配線板環境試験方法

結露サイクル試験

JPCA-ET09-2007

プリント配線板環境試験方法

結露サイクル試験

JPCA-ET09-2007

| | |
|---|--------|
| 1. 適用範囲..... | ET09-1 |
| 2. 試料..... | ET09-1 |
| 3. 加湿水およびウィック | ET09-1 |
| 4. 前処理..... | ET09-1 |
| 5. 試験方法..... | ET09-1 |
| 5.1 試験装置..... | ET09-1 |
| 5.2 測定システム..... | ET09-1 |
| 5.3 試験条件..... | ET09-1 |
| 5.4 測定 | ET09-2 |
| 6. 評価..... | ET09-3 |
| 6.1 絶縁劣化..... | ET09-3 |
| 6.2 試料および測定における異常..... | ET09-3 |
| 6.3 外観 | ET09-3 |
| 6.4 その他..... | ET09-3 |
| 7. 分析・解析..... | ET09-3 |
| 8. 試験実施上の留意事項 | ET09-3 |
| 8.1 ケーブル孔の密封..... | ET09-3 |
| 8.2 測定リード線の影響..... | ET09-3 |
| 8.3 試験に使用する電線..... | ET09-3 |
| 8.4 操作上の危険..... | ET09-3 |
| 8.5 試料の設置状態 | ET09-3 |
| 9. 関連規格および参考資料..... | ET09-4 |
| 参考資料 1 | |
| 1. 結露 | ET09-5 |
| 2. 結露の例 | ET09-5 |
| 参考資料 2 | |
| 1. 日本水道協会規格..... | ET09-7 |
| 2. 自動車技術会規格 | ET09-7 |
| 参考資料 3 | |
| 1. 水の飽和蒸気圧表：JIS Z 8806「湿度 - 測定方法」より | ET09-8 |
| 2. 結露発生環境条件..... | ET09-8 |

JPCA 規格 プリント配線板環境試験方法 結露サイクル試験

JPCA-ET09

1. 適用範囲

この規格は、プリント配線板が低温雰囲気中および高温・高湿雰囲気中の繰り返し環境下にさらされて生ずる、結露の影響による特性変化を評価するために、電圧を印加して行う試験方法について規定する。ここでは、絶縁劣化性、耐エレクトロケミカルマイグレーション（以下、マイグレーションという）性およびその他の性能劣化を調べることを意図したものである。

2. 試料

試料は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 4.2 による。

3. 加湿水およびウイック

加湿水およびウイックは、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 5 による。

4. 前処理

前処理は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.4 による。

5. 試験方法

5.1 試験装置

- (1) 使用する試験装置は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 7 を満足する試験装置を使用する。
- (2) 槽内環境は、水滴落下、水滴飛散およびホコリ、異物などの飛散がない槽内環境を維持できる装置であること。

5.2 測定システム

測定システムの回路は、JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 8.7 による。

5.3 試験条件

(1) 試験プログラム

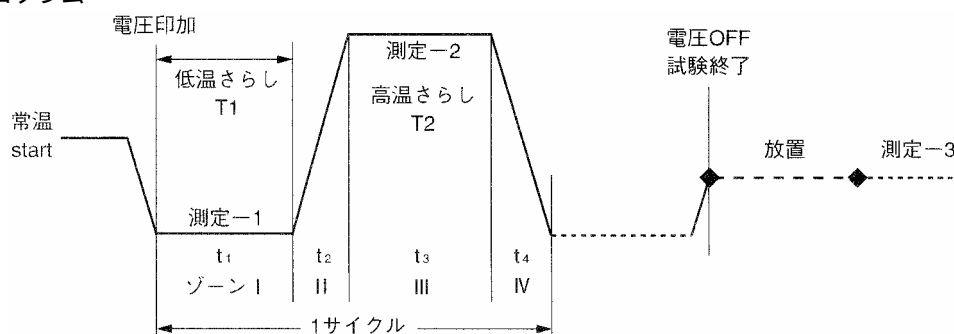


図1 試験のパターン

(2) 試験環境条件

試験条件は、表 1 による。ただし、個別仕様で規定しても良い。

“試験条件 1” を標準として、推奨する。

表 1 結露試験条件

| | 試験条件 1 | | 試験条件 2 | | 試験条件 3 (＊) | |
|---|--------|-------------|--------|-------------|------------|-------------|
| t ₁ ゾーン | 20 分 | 5 60%RH | 25 分 | 0 | 30 分 | - 5 |
| t ₂ ゾーン | 20 秒以下 | | 20 秒以下 | | 20 秒以下 | |
| t ₃ ゾーン | 20 分 | 25 90%RH | 25 分 | 30 90%RH | 30 分 | 35 90%RH |
| t ₄ ゾーン | 15 分以下 | | 20 分以下 | | 30 分以下 | |
| 温度許容差 (Tx): ±2 相対湿度許容差 (%RH): ±5%RH サイクル中の各処理時間許容差 (tx): ±10% 試験時間 (サイクル数): (1), 100 , 200 , 300 , (500) サイクルのいずれかを適用する。 ただし、個別仕様でサイクル数を規定しても良い。() は、必要に応じて行う。 試験電圧：個別仕様による。 測定電圧：個別仕様による。 | | | | | | |

(*)「自動車用電子機器の環境試験方法通則: JASO D 001: 1994」と同等。

(3) 試料の設置

試料の設置方法は、JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 8.1 による。

(4) 試験電圧および測定電圧

試験電圧および測定電圧は、JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 8.2 による。

5.4 測定

(1) 初期測定

初期測定は、JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 9.2 による。

(2) 中間および最終測定

表 1 に定める条件の環境を、あらかじめ設定し、試料を図 1 のゾーン 1 に入れて、繰り返し試験を行う。

試験中の測定は、JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 2.5 (1) の槽内測定に基づく。

連続測定は、図 1 の低温さらし (測定 1) および高温さらし (測定 2) で各々 3 点以上サンプリングを行うことを推奨する。

試験終了後、試験槽から取り出して測定を行う (図 1 の測定 3)。

試験終了後の最終測定は、JPCA-ET01 (プリント配線板環境試験方法 - 通則) の 9.4 による。

6. 評価

6.1 絶縁劣化

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10.1 による。

6.2 試料および測定における異常

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10.3（2）,（4）および 8.7 による。

6.3 外観

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10.3 による。

6.4 その他

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10.2 および 10.4 による。

7. 分析・解析

JPCA-ET01（プリント配線板環境試験方法 - 通則）の 10.5 及び 10.6 による。

8. 試験実施上の留意事項

8.1 ケーブル孔の密封

試験装置のケーブル孔に電線を通したときは、機密性を保つために、ゴム栓などでケーブル孔を塞ぐ。

8.2 測定リード線の影響

試料と接続した測定リード線および電源リード線などは、試料に負担を与えないように弛ませて外部へ引き出す。

8.3 試験に使用する電線

試験に使用する電線は、表 2 を参照して、温度に耐えられる線を使用する。

表 2 使用線の例

| 電線の種類 | 耐熱温度 |
|---------------------|------|
| ビニル電線 | 55 |
| ビニル耐熱電線 | 100 |
| スチレンブタジエンキャブタイヤケーブル | 70 |
| ガラス編組シリコン被覆電線 | 200 |

8.4 操作上の危険

高温高湿で運転中に扉を開放すると、高温高湿の空気が吹き出し危険である。また、高温高湿条件で、試験終了直後に扉を開放し、触れると火傷の危険がある。

8.5 試料の設置状態

小さな試料、または軽い試料などは、槽内環流空気などによって飛散あるいは移動しないよう、アルミ駕籠、ネットや袋などで対策を講じること。

9. 関連規格および参考資料

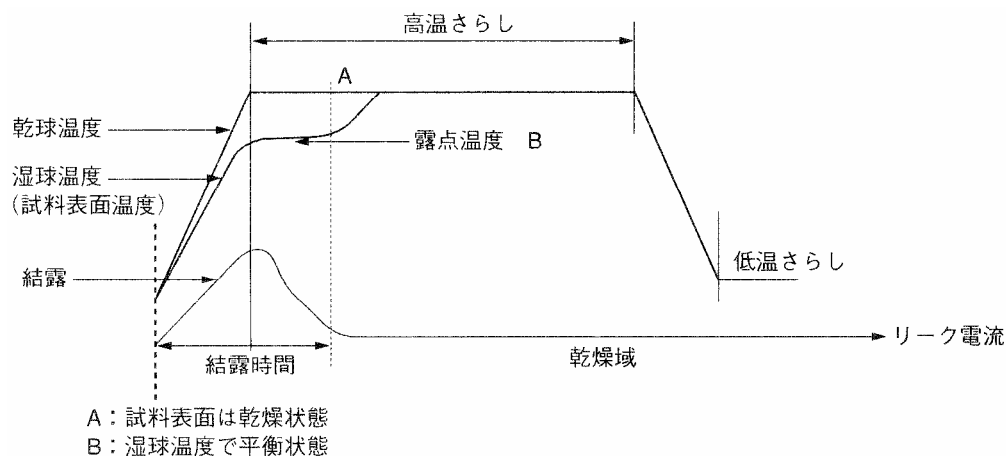
- 1) JPCA-ET01：2007 「プリント配線板環境試験方法 - 通則」 (社)日本電子回路工業会
- 2) JIS C 60068-1：1993 「環境試験方法 - 電気・電子 - 通則」
- 3) JIS C 60068-2-28：1993 「環境試験方法 - 電気・電子 - 耐湿性試験 - 指針」“ 5.1 ” 結露
- 4) JIS C 5012：1993 「プリント配線板試験方法」
- 5) JIS Z 3197：1999 「はんだ付け用フラックス試験方法」
- 6) JASO D 001：1994 「自動車用電子機器の環境試験方法通則」(社)自動車技術会
- 7) JWWA B 124：1996 「水道メータの遠隔表示装置に関する信頼性技術通則」 日本水道協会
- 8) 青木，田中，山本，小幡：「結露サイクル試験によるイオンマイグレーションの評価方法」第 24 回信頼性・安全性シンポジウム 日本科学技術連盟 1994
- 9) 金井，沖山，山田，小林，渡会：「イオンマイグレーション試験方法に関する一考察」第 24 回信頼性・安全性シンポジウム 日本科学技術連盟 1994
- 10) 田中，青木，山本，石井：「電子部品の信頼性試験評価の一考察」第 25 回信頼性・安全性シンポジウム 日本科学技術連盟
- 11) 青木，田中，山本，小幡：「結露サイクル試験によるイオンマイグレーションの評価方法 - その 2」第 25 回信頼性・安全性シンポジウム 日本科学技術連盟 1995
- 12) 青木，田中，山本：「結露サイクル試験器による評価方法」回路実装学会セミナーテキスト (社)プリント回路学会 1995
- 13) 山本他：「デバイス・部品の信頼性試験」信頼性 110 番シリーズ第 2 巻，日科技連出版社
- 14) 山本，田中，青木：「結露サイクル試験によるイオンマイグレーションの評価方法 (その 3)」ESPEC 技術情報 No.8，エスベック (株)

参考資料 1

1. 結露

低温さらし環境条件に試料を設置して、試料がその環境になじんだ後、高温さらし環境条件に瞬時にさらすことにより、試料の表面に結露が発生する。

なお、結露の発生および結露の蒸発を、リーク電流波形でモニターする。



参考図 1 結露量、結露時間のモデル図

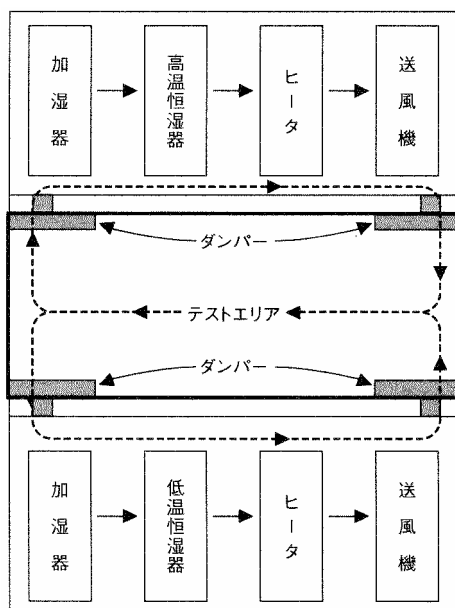
2. 結露の例

結露の例を、次頁に示す。

低温と高温の温度差 T が大きいほど、結露量が多い。










T が同じ場合、設定温度が高い方が結露量は多くなる。

概略構造図を参考図 2 に示す。



参考図 2 結露サイクル試験装置の概略構造図

温度条件による結露状態の変化（条件：各温度さらし時間 20 分）

| | +5 , 60%RH +25 , 90%RH | +15 , 60%RH +35 , 90%RH | +25 , 60%RH +40 , 90%RH |
|-------|---|--|---|
| 10 秒後 |  |  |  |
| 30 秒後 |  |  |  |
| 60 秒後 |  |  |  |

参考資料 2

1. 日本水道協会規格

「水道メータの遠隔表示装置に関する信頼性技術通則：JWWA B 124：1996」

水道メータの遠隔表示装置（メータから離れた場所で計量値，瞬間流量値，警告などを表示する装置で，発信器と受信器で構成される）の結露サイクル試験条件を参考表 1 に示す。

参考表 1 水道メータ遠隔表示装置の結露サイクル試験条件

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 発信器側 | 25 / 95%RH ~ 40 / 93%RH ~ 25 / 95%RH |
| 受信器側 | 25 / 95%RH ~ 55 / 93%RH ~ 25 / 95%RH |
| 24h / 1 サイクル 2 サイクル実施する | |

2. 自動車技術会規格

（社）自動車技術会規格「自動車用電子機器の環境試験方法通則：JASO D 001：1994」

関係部分の概略を下記に示す。

5.20 結露試験

5.20.2 試験装置

低温恒温槽 -5 ± 2

恒温・恒湿槽 35 ± 2 $85 \pm 5\%RH$ に保持できる試験槽を使用する。

5.20.3 操作

試料を室温から， -5 ± 2 に入れ， $2 \pm 0.5h$ 放置後， 35 ± 2 $85 \pm 5\%RH$ に入れ，10 分さらした後，速やかに槽から取り出して測定する。

* この試験は，5.3 試験条件の（2）の表 1 の試験条件 3 と同じである。

参考資料 3

1. 水の飽和蒸気圧表：JIS Z 8806「湿度 - 測定方法」より

| T / | 蒸気圧 / Pa | T / | 蒸気圧 / Pa |
|-----|----------|-----|----------|
| 5 | 872.5 | 55 | 15763 |
| 10 | 1228.1 | 60 | 19948 |
| 15 | 1705.7 | 65 | 25043 |
| 20 | 2339.2 | 70 | 31202 |
| 25 | 3169.9 | 75 | 38597 |
| 30 | 4247.0 | 80 | 47416 |
| 35 | 5629.2 | 85 | 57868 |
| 40 | 7385.3 | 90 | 70182 |
| 45 | 9595.6 | 95 | 84609 |
| 50 | 12353 | 100 | 101419 |

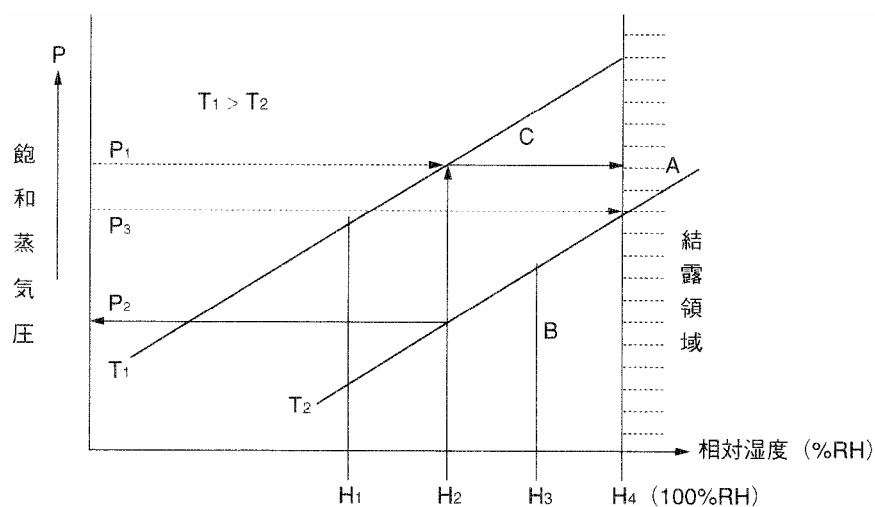
2. 結露発生環境条件

温度 T_2 で、 H_2 の湿度条件にさらされていた試料 (B 点) が、温度 T_1 ($T_1 > T_2$) で H_2 条件にさらされた場合 (C 点)、試料の温度は まだ T_2 にあるので、飽和蒸気圧の差 $P_1 - P_3$ に相当する水蒸気が試料上に凝結し、結露となる (A 点)。

また逆に、蒸気圧 P_1 [温度 T_1 で、 H_2 の湿度条件 (C 点)] にさらされていた試料が、蒸気圧 P_2 の T_2 温度条件に接触した場合 (B 点) も、飽和領域になり、結露が試料に発生する (A 点)。

[冷たい物体が暖かい環境に接触すると (B → C) 結露が発生する。 冬、満員電車に飛び込むと眼鏡が曇る。

逆に、暖かい環境にある物体が冷たい環境に接触すると (C → B) 結露が発生する。 冬、満員電車の内側窓ガラスに露滴が発生する。]



索引



| | | |
|------------------------|---|---|
| ANSI | American National Standards Institute..... | 14,18 |
| CAF | Conductive Anode Filaments | 9,17,20,23,31,52,58,64 |
| CCD | Charge Coupled Device..... | 31,37 |
| EPMA | Electron Probe Micro Analyzer | 31,37 |
| ESCA | Electron Spectroscopy for Chemical..... | 31,37 |
| FPC | Flexible Printed Circuit..... | 20 |
| HAST | Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test..... | 9,13,26,89,92,93,94 |
| JASO | Japanese Automobile Standards Organization..... | 18,100,102,105 |
| JIS | Japanese Industrial Standard | 9,10,13,14,15,18,24,28,53,59,65,69 77,79,85,88,92,93,95,98,102,106 |
| JPCA | Japan Printed Circuit Association | 9,11,13,14,15,18,23,25,26,27,39,46,51,52,53 57,58,59,63,64,65,69,70,75,76,77,83,84,85,89,90,91,92,99,100,101,102 |
| JTM | Japan Testing Machinery Association..... | 19,28 |
| JWWA | Japan Water Works Association | 19,102,105 |
| MIL | Military specifications and standards | 18,53,79 |
| MTBF | Mean Time Between Failure | 41 |
| MTTF | Mean Time To Failure | 24,40,41 |
| SEM | Scanning Electron Microscope | 31,33 |
| SEM-EDX | Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-ray Analysis system | 33,37 |
| XMA | X-ray Micro Analyzer..... | 37 |
| XPS | X-ray Photoelectron Spectroscopy | 31,37 |
| アクティブガード | | 30 |
| ウォータードロップ法 | | 20,35,36 |
| エポキシ | | 27 |
| エレクトロケミカルマイグレーション | | 9,20,23,51,57,63,69,89,99 |
| 温湿度組合せ（サイクル・低温あり）試験 | | 18,75,85 |
| 温湿度組合せ（サイクル・低温なし）試験 | | 18,34,83 |
| 温湿度サイクル（12＋12時間サイクル）試験 | | 18,14,15,22,69 |

| | |
|----------------------------|--|
| 温湿度定常試験（40 , 93%RH） | 18,51 |
| 温湿度定常試験（60 , 90%RH） | 18,57 |
| 温湿度定常試験（85 , 85%RH） | 18,34,63 |
| 化学結合状態 | 31,37 |
| 加湿水 | 13,14,26,27,39,89,99 |
| 風の流れ | 14,28 |
| ガラス転移温度 | 89,92 |
| 乾・湿球法 | 94 |
| 偶発故障型 | 40 |
| くし形パターン | 10,11,25 |
| 形状 | 10,17,20,24,25,31,40,42,43 |
| ケーブル孔 | 101 |
| 結露 | 14,15,27,28,29,30,35,39,46,69,79,90,99,100,102,103,104,105,106 |
| 結露サイクル試験 | 13,18,35,42,43,46,99,102,103,105 |
| 結露発生環境条件 | 106 |
| 検出用抵抗 | 29 |
| 高温・高湿・定常（不飽和加圧水蒸気）試験 | 18,34,35,89 |
| 高温・高湿度条件 | 9 |
| 呼吸作用 | 77,79,85 |
| 最終測定 | 16,30,52,58,64,70,76,84,91,100 |
| 試験打ち切り | 16 |
| 試験回路 | 29,52,58,64,69,76,84 |
| 試験基板 | 10,16 |
| 試験装置の性能 | 14,26 |
| 試験中断 | 15,29,39,40,90,92 |
| 試験中断時の取扱い | 15,29 |
| 試験電圧 | 10,14,15,28,29,30,39,52,58,64,70,75,83,89,90,100 |
| 湿球ウィック | 13,26,92 |
| 自動車技術会 | 18,102,105 |
| 自動絶縁抵抗測定装置 | 16,17,51,57,63,69,75,83,90 |
| 自動測定 | 9,10,30,31,91 |
| 寿命評価 | 19,31,39,40,45 |

| | |
|---------------------|--|
| 初期故障型 | 40 |
| 初期測定 | 15, 16, 30, 52, 58, 64, 70, 76, 84, 90, 91, 100 |
| 試料数 | 12, 24, 39, 40 |
| 試料の洗浄 | 15, 27, 29, 39 |
| スルーホール間 | 12, 16, 31, 38 |
| スルーホール - ライン間 | 16 |
| 生成物 | 31, 37 |
| 絶縁性能 | 14 |
| 絶縁抵抗 | 10, 12, 14, 16, 17, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 39, 42, 43, 51, 52, 57, 58 63, 64, 69, 75, 76, 79, 83, 84, 90 |
| 絶縁抵抗測定装置 | 14, 16, 17, 29, 51, 57, 63, 69, 75, 83, 90 |
| 絶縁破壊 | 17, 77, 85 |
| 絶縁劣化 | 9, 51, 52, 57, 58, 63, 64, 69, 70, 76, 77, 84, 85, 89, 99, 101 |
| 接触抵抗 | 14, 27 |
| 槽外測定 | 10, 17, 24, 28, 39 |
| 層間 | 15, 16 |
| 走査型 X 線分析顕微鏡 | 37 |
| 相対湿度 | 10, 14, 26, 28, 45, 46, 52, 58, 64, 69, 75, 76, 83, 84, 93, 94, 95, 100 |
| 槽内測定 | 10, 17, 24, 28, 30, 39, 70, 100 |
| 測定ケーブル | 16 |
| 測定電圧 | 10, 14, 15, 29, 30, 51, 52, 57, 58, 63, 64, 69, 75, 82, 83, 90, 100 |
| 測定リード線 | 101 |
| ソルダレジスト | 25, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 89 |
| 大気圧環境 | 93 |
| 滞留水 | 13, 26, 92 |
| 中間測定 | 16, 30, 70, 76, 84, 91, 92 |
| 定常状態試験法 | 9 |
| 電圧印加ケーブル | 16 |
| 電源 | 14, 27, 51, 57, 63, 69, 75, 83, 90, 101 |
| デンドライト | 9, 17, 20, 23, 31, 36, 37, 52, 58, 64 |
| 透過光 | 17, 20, 31, 32, 37, 38 |
| トラッキング現象 | 17 |

| | |
|--------------------|---|
| 軟 X 線透過装置 | 17 |
| 二重シールド | 16,27 |
| 2 点温度計法 | 94 |
| 日本水道協会 | 19,102,105 |
| パターン間 | 37,39 |
| パターンはく離 | 17,39 |
| 標準状態 | 10,15,16,25,52,58,64,76,84 |
| 風速 | 13,39,90 |
| 風量 | 39,90 |
| フェノール | 16,32 |
| 不純物評価 | 17 |
| 不飽和加圧水蒸気試験 | 9,89 |
| プリント配線板 | 9,10,11,12,13,14,15,18,19,23,25,26,27,29,37,38,39,40,51,52,53 57,58,59,63,64,65,69,70,75,76,77,83,84,85,89,90,91,92,99,100,101,102 |
| 放電現象 | 17,77,85 |
| 飽和蒸気圧表 | 93,95,106 |
| 前処理 | 13,15,21,22,25,27,29,37,39,51,57,63,69,70,75,83,89,99 |
| マニュアル測定 | 9,10,16,24 |
| 摩耗耗故障型 | 40 |
| 溶断 | 17,77,85 |
| ライン - ランド間 | 16 |
| 落射装置 | 37 |
| 累積故障確率 | 44 |
| 累積ハザード | 40,41,43,44 |
| ワイブル確率紙 | 40,41,42,44 |
| ワイブル型累積ハザード紙 | 40,41,43 |
| ワイブル分布関数 | 40,41 |

本規格に関して，ご意見，ご要望がありましたら，本用紙にご記入の上，工業会事務局（Fax 03-5310-2021 メールアドレス std@jpca.org）までご送付下さい。次回改訂の際に参考とさせて頂きたいと思います。

| | | | |
|-----|--|-----|--|
| 会社名 | | 氏 名 | |
| | | 役 職 | |
| 住 所 |  | | |
| |  | | |
| | | | |

禁無断転載

JPCA 規格

- プリント配線板環境試験方法 - 通 則
 - プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (40 , 93%RH)
 - プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (60 , 90%RH)
 - プリント配線板環境試験方法 - 温湿度定常試験 (85 , 85%RH)
 - プリント配線板環境試験方法 - 温湿度サイクル (12 + 12 時間サイクル) 試験
 - プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ (サイクル・低温あり) 試験
 - プリント配線板環境試験方法 - 温湿度組合せ (サイクル・低温なし) 試験
 - プリント配線板環境試験方法 - 高温・高湿・定常 (不飽和加圧水蒸気) 試験
 - プリント配線板環境試験方法 - 結露サイクル試験
-

平成 13 年 5 月 18 日 第 1 版第 1 刷発行
平成 14 年 5 月 31 日 第 2 版第 1 刷発行
平成 19 年 5 月 28 日 第 3 版第 1 刷発行

編集兼 長 嶋 紀 孝
発行人

発行所

社団法人 日本電子回路工業会
〒167-0042 東京都杉並区西荻北 3-12-2
回路会館 2 階
Tel 03-5310-2020
Fax 03-5310-2021

JPCA 規格は、工業所有権（特許、実用新案、意匠、商標その他）の抵触の有無に関係なく制定されており、JPCA 規格の発行者は、工業所有権に関する責任義務は一切負いません。

JPCA