

# 実装印刷配線板信頼性に関する研究

## (第 六 報)

効率的な熱衝撃試験法に関する研究

中部エレクトロニクス振興会  
技術委員会  
第 2 分科会

平成 4 年 3 月

実装印刷配線板信頼性に関する研究

## 技術委員会研究報告第六報発行に当たって

中部エレクトロニクス振興会  
技術委員会  
委員長 水谷集治

現在、中部エレクトロニクス振興会の会員数は162社です。会員企業間の情報交換のみならず、共通技術の導入や課題解決のための研究、さらには製品の販売拡大、また毎秋恒例となった中部エレクトロニクスショーの開催など当会の活動が中部地区のエレクトロニクス事業の振興を図る上で、大いに役立っています。

技術委員会は当会の下部組織の一つで、その目的は会員企業が抱えている基本的な共通問題について公的機関のご指導・ご協力を得て共同研究し、その成果を生かして技術力の向上を図ろうとするものです。

技術委員会は四つの分科会から構成されています。それぞれのテーマは、振動・熱衝撃試験法・はんだ付、及び表面実装基板の信頼性です。分科会は毎月研究会を開催し、参加メンバーによる熱心な研究が続けられています。そして、その成果は研究が一段落したところで報告書としてまとめられて発行されてきました。

今回は第六報で「実装印刷配線板信頼性に関する研究」です。本テーマの研究は、第二分科会が昭和63年6月より行なってきたもので、同分科会としては第三報に続く二回目の報告となります。実装印刷配線板の信頼性を確認するための効率的な熱衝撃試験方法を確認するために11回の試験を行っており、それら試験結果の解析を通じて具体的な提案がなされており、必ずや皆様の業務に役立つものと思います。

技術委員会は今後も活発に活動して参ります。そのことが会員企業の技術力のレベルアップにとどまらず、当地区のエレクトロニクスのより一層の発展に寄与できるものと考えます。皆様の変わらぬご理解とご支援を今後とも宜しくお願い致します。

終わりに、本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた眞野國夫先生、そして愛知県工業技術センター及び名古屋市工業研究所の先生方に心からお礼を申し上げます。

# 目 次

|       |                    |    |        |                    |    |
|-------|--------------------|----|--------|--------------------|----|
| 1     | はじめに               | 1  | 7      | 測定項目と不良判定基準        | 23 |
| 2     | テーマ                | 2  | 7-1    | 電気的測定項目            | 23 |
| 3     | 活動の経過              | 3  | 7-1-1  | 測定項目               | 23 |
| 4     | 熱衝撃試験と規格           | 4  | 7-1-2  | 測定方法               | 24 |
| 4-1   | 環境試験とは             | 4  | 7-1-3  | 使用計測器              | 25 |
| 4-1-1 | 熱衝撃試験              | 4  | 7-2    | 不良判定基準             | 26 |
| 4-1-2 | 熱衝撃試験の名称           | 4  | 7-2-1  | 電気的特性の<br>不良判定基準   | 26 |
| 4-2   | 熱衝撃試験の規格           | 5  | 7-2-2  | 外観不良               | 26 |
| 4-2-1 | J I S規格            | 5  | 8      | 槽内の温度と槽内結露の確認      | 27 |
| 4-2-2 | M I L規格            | 6  | 8-1    | 槽内温度               | 27 |
| 4-2-3 | I E C規格            | 9  | 8-2    | 試料表面・内部温度          | 28 |
| 4-2-4 | J A S O規格          | 10 | 8-3    | 槽内結露の確認            | 30 |
| 5     | 熱衝撃試験器             | 11 | 8-3-1  | 試験条件・方法            | 30 |
| 5-1   | 熱衝撃試験器の概要          | 11 | 8-3-2  | 結果と考察              | 31 |
| 5-2   | 本研究に用いた試験器の仕様      | 12 | 8-3-3  | 銅マイグレーション          | 33 |
| 5-3   | 熱衝撃試験器の比較調査        | 14 | 8-3-4  | まとめ                | 33 |
| 5-3-1 | 性能を比較した<br>熱衝撃試験器  | 14 | 9      | 試験結果               | 34 |
| 5-3-2 | 比較条件               | 14 | 9-1    | データの集計方法           | 34 |
| 5-3-3 | 比較結果               | 14 | 9-2    | 試験終了時の故障発生数        | 35 |
| 6     | 試験条件と試験に用いた試料      | 15 | 9-3    | 追加試験               | 36 |
| 6-1   | 試験の条件              | 15 | 9-4    | 外観の変化              | 37 |
| 6-1-1 | 試験条件選定の背景          | 16 | 9-4-1  | 外観変化の状況            | 37 |
| 6-1-2 | 追加試験               | 16 | 9-4-2  | まとめ                | 38 |
| 6-2   | 試験に用いた試料と規格        | 17 | 9-5    | 故障のモード             | 40 |
| 6-2-1 | 第一期活動で用いた<br>試料と規格 | 17 | 9-6    | 故障発生状況の一覧          | 41 |
| 6-2-2 | 第二期活動で用いた<br>試料と規格 | 17 | 10     | 故障解析               | 46 |
| 6-3   | 試料取付け状況            | 19 | 10-1   | 抵抗アレー              | 46 |
| 6-4   | 試料の通電条件            | 20 | 10-1-1 | 抵抗アレー NR-1の解析      | 46 |
| 6-4-1 | 各部品の通電負荷条件         | 20 | 10-1-2 | 抵抗アレー NR-5の解析      | 49 |
| 6-4-2 | 通電負荷条件の決定方法        | 20 | 10-1-3 | 抵抗アレーの故障<br>に関する考察 | 50 |
| 6-4-3 | 各試料への通電回路          | 22 |        |                    |    |

|        |                    |    |        |                  |    |
|--------|--------------------|----|--------|------------------|----|
| 10-2   | 7セグメントLED          | 53 | 11-1   | 累積故障率から見た考察      | 72 |
| 10-2-1 | 7セグメントLED          |    | 11-1-1 | 試料毎の累積故障率        |    |
|        | 7LD-1の解析           | 53 |        | グラフ化             | 72 |
| 10-2-2 | 7セグメントLED          |    | 11-1-2 | 累積故障率の図表化        | 76 |
|        | 7LD-3の解析           | 54 | 11-1-3 | 累積故障率からの考察       | 77 |
| 10-2-3 | 7セグメントLEDの         |    | 11-2   | ワイブル解析           | 78 |
|        | 故障に関する考察           | 56 | 11-2-1 | ワイブル解析の内容        | 78 |
| 10-3   | 赤外発光LED RLD-1の解析   | 57 | 11-2-2 | ワイブル解析結果より       |    |
| 10-3-1 | 故障の現象              | 57 |        | 得られたパラメータ        | 79 |
| 10-3-2 | 解析内容               | 57 | 11-2-3 | 尺度パラメータ          |    |
| 10-3-3 | 断線原因               | 58 |        | 『 $\lambda$ 』の比較 | 79 |
| 10-3-4 | 考察                 | 59 | 11-3   | 熱衝撃試験における温度差     |    |
| 10-4   | 2色発光LED 2LD1~3の解析  | 60 |        | とストレスの関係について     | 88 |
| 10-4-1 | 故障の現象              | 60 | 11-4   | 熱衝撃試験とフィールド      |    |
| 10-4-2 | 解析内容               | 60 |        | の温度変化との関係について    | 89 |
| 10-4-3 | 断線原因               | 62 | 1 2    | まとめ              | 92 |
| 10-4-4 | 考察                 | 62 | 1 3    | 残された課題・問題点       | 93 |
| 10-5   | セラミック発振子 OSC-1の解析  | 63 | 1 4    | おわりに             | 94 |
| 10-5-1 | 故障の現象              | 63 |        | 〔参考文献〕           | 95 |
| 10-5-2 | 解析内容               | 63 |        |                  |    |
| 10-5-3 | 考察                 | 63 |        |                  |    |
| 10-5-4 | 追加試験の結果            | 64 |        |                  |    |
| 10-6   | 半固定ポリウム            | 65 |        |                  |    |
| 10-6-1 | 抵抗値の設定             | 65 |        |                  |    |
| 10-6-2 | 考察                 | 65 |        |                  |    |
| 10-7   | コネクタのピン浮き          | 66 |        |                  |    |
| 10-7-1 | 現象                 | 66 |        |                  |    |
| 10-7-2 | 解析内容               | 67 |        |                  |    |
| 10-8   | 基板裏面(プリントパターン側)の変色 | 68 |        |                  |    |
| 10-8-1 | 試験条件と変色            | 68 |        |                  |    |
| 10-8-2 | 析出した生成物の解析         | 68 |        |                  |    |
| 10-8-3 | 考察                 | 69 |        |                  |    |
| 10-9   | はんだ付部のクラック         | 70 |        |                  |    |
| 10-10  | 故障解析結果のまとめ         | 71 |        |                  |    |
| 1 1    | 試験条件と故障の発生状況       |    |        |                  |    |
|        | に関する考察             | 72 |        |                  |    |

# 効率的な熱衝撃試験方法に関する研究 (第2分科会)

## 1. はじめに

最近の電子機器で、プリント基板への部品実装は益々高密度化が進み、部品は小型化・パッケージ化されてきている。これらの機器は内部からの熱による温度の変化の繰り返しを受けていると考えねばならない。又、多様化に伴い外部環境の気温変動も考え合わせると常に温度変化にみまわれていると考えられる。

例えば、寒冷地において機器(装置)の屋内から屋外への持ち出し、また屋外から屋内への持ち込み時や、航空機の急上昇・急下降時には下図に示す温度ストレスが加わっていると考えられる。

- 30℃の屋外から25℃の室内      25℃の室内から-30℃の屋外



図1-1 屋内・屋外移動で機器が受ける温度変化の例

### 航空機の急上昇・急降下時

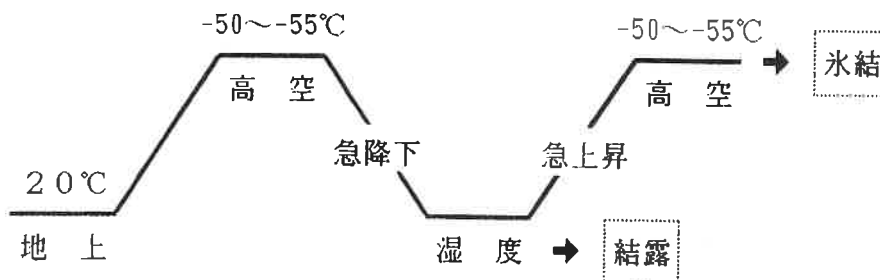


図1-2 航空機の急上昇・急降下時に受ける温度変化の例

これらの温度ストレスに対する信頼性確認の有効な手段として又、デバイスやはんだ付部の常温で発見できない欠陥のスクリーニングの手段として熱衝撃試験がある。

中部エレクトロニクス振興会技術委員会第2分科会は、熱衝撃試験の方法に着目し研究活動を実施してきた。

本研究は昭和61年6月～昭和63年3月を第一期活動とし、昭和63年の5月に「実装印刷配線板信頼性に関する研究」第三報としてまとめ報告を行なった。その後、第一期活動で残された問題・課題を中心に、新たな委員も加わり第二期活動として、昭和63年6月～現在まで継続して活動を行ってきた。今までの活動で得られた成果(第一期・第二期活動で)の報告を行なう。

## 2. テーマ

第2分科会発足時の課題は「熱衝撃試験とフィールドとの相関」とし熱衝撃の試験条件がどれだけの年月に相当するかの研究を行なうことでスタートしたが、公開されている研究論文・参加委員各社が蓄積している情報等を調査した結果、本研究を進める上で参考となる様な適切なフィールドとの相関データのないことが分かった。

又、フィールドでの実験結果を待って試験を行なうとすれば相当の時間と費用を必要とするなどの理由により、

熱衝撃試験にはコスト・時間を多く必要とすることから、各種部品に対して熱衝撃の試験条件を変えることにより、部品が受けるストレスの違い・故障に至る経緯を観察することで

「効率の良い熱衝撃試験の条件」についての提案を目的に、研究をすることにした。

「効率の良い」を求めるに当たって下記項目に着目し検討を行なうこととした。

- ・ 同じ故障モードであれば、槽内のさらし時間を短縮した試験条件
- ・ 同じ故障モードであれば、熱衝撃のサイクル数の低減
- ・ 同じ故障モードであれば、ランニングコストが軽減できる試験条件

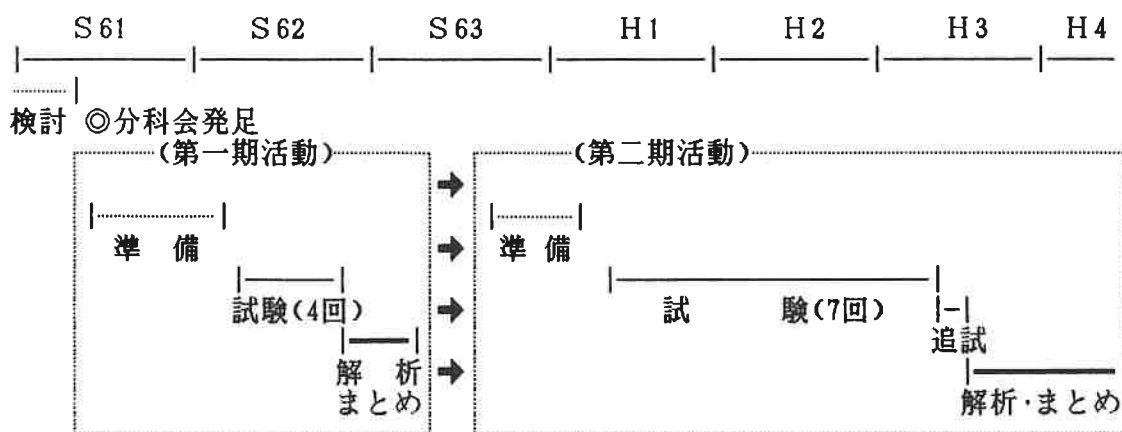
尚、第一期活動では、温度条件は一定(-55℃～+85℃)とし、高・低温槽内の「さらし時間」を変化させ故障に至る熱衝撃サイクル数の違いにより、効率の良い試験条件の提案を行なった。

しかし、多くの問題点・課題が残ったことから、更に検討を進めるため第二期へと活動を発展させた。

(第一期活動での残された主な問題点)

- ・ 温度条件は低温-55℃、高温+85℃の1水準しか行なわなかった。
- ・ 熱衝撃のサイクル数が一定でなく(200～1000回)評価の妥当性を欠いた。
- ・ 選定した試料が1部品1メーカーであり、他メーカーも知る必要があった。

### 3. 活動の経過



試験の遂行に合わせ

- ・ 熱衝撃試験に関する規格(JIS MIL IEC JASO)調査
- ・ 試験槽内での温度(槽内・試料表面・内部)および結露の確認
- ・ 故障部品の故障解析(実体顕微鏡 断面カット 軟X線観察 電子顕微鏡)の実施
- ・ 熱衝撃試験器の各社性能比較調査

等についても行なった。

(第一期活動の経過)

- |                        |               |
|------------------------|---------------|
| 1)昭和61年6月              | 分科会発足(10社13名) |
| 2)昭和61年6月<br>～昭和62年2月  | 準備(試験条件・試料)   |
| 3)昭和62年3月<br>～昭和62年10月 | 試験(4条件で試験)    |
| 4)昭和62年11月<br>～昭和63年3月 | 解析・まとめ        |

(第二期活動の経過)

- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| 1)昭和63年6月            | 第二期活動開始(12社14名) |
| 2)昭和63年6月<br>～平成元年3月 | 準備(試験条件・試料)     |
| 3)平成元年5月<br>～平成3年6月  | 試験(7条件で試験)      |
| 4)平成3年8月             | 追加試験            |
| 5)平成3年9月<br>～平成4年3月  | 解析・まとめ          |

## 4. 熱衝撃試験と規格

### 4-1 環境試験とは

環境試験とは、JIS Z 8115 信頼性用語によれば「アイテムに対する環境の影響を調べる試験」であり、環境とは「アイテムが置かれる周囲条件」と定義づけられている。

環境についてはJIS C 0010 環境試験方法(電気・電子)通則の分類によれば、温度・湿度・気圧・風・降水・塩霧・腐食ガス・塵埃・かび・炎・太陽光・放射線などの気象的環境と、振動・衝撃・加速度などの機械的環境とに分けられる。

機器・装置の信頼度が向上するにつれ、その評価と確認に長時間を要することから種々の加速試験がある。通常加速試験は、故障を引き起こす要因となるストレスの加わる時間や回数を増す、ストレス値を増す、ストレスを断続的に繰り返し加えることを行なって故障を促進させる等がある。この場合重要なことは加速することによって、故障のモード・メカニズムが変わらないことである。

#### 4-1-1 熱衝撃試験

上記環境試験の環境項目の温度に着目し試験を行なうとすれば、高温(耐熱)・低温(耐寒)・高低温を組合わせた試験等がある。この中で熱衝撃試験は、評価試料(素子・機器・装置等)を「短時間」に高温・低温を移動し、決められた時間高温・低温環境に「さらし」試料にストレスを加える試験を言う。それらの概念について図4-1に示す。

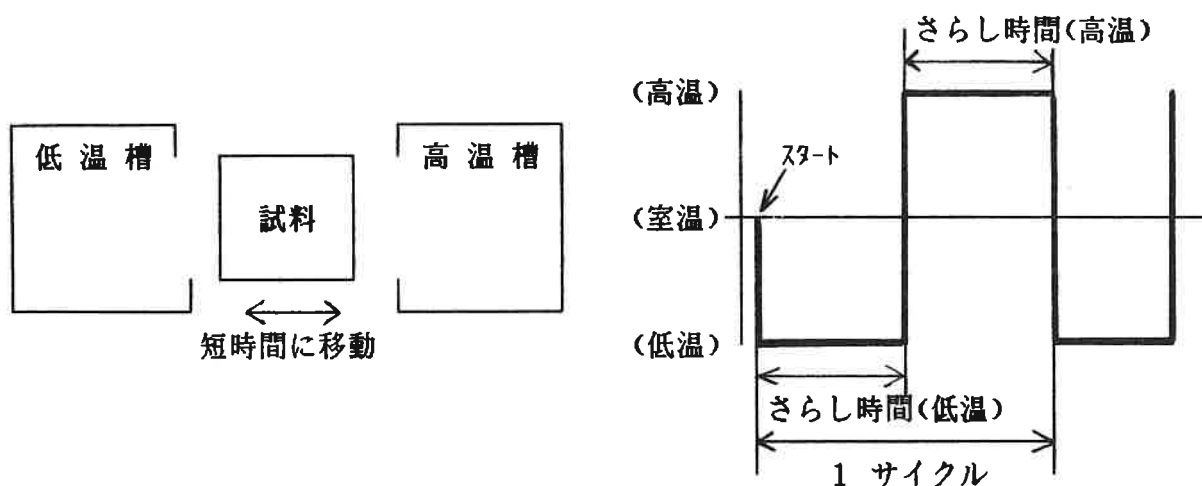


図4-1 熱衝撃試験の概念図

低温槽・高温槽を構成する方式として、気槽式と液槽式の二通りの方式がある。

#### 4-1-2 熱衝撃試験の名称

試験規格等によりこの試験の名称は、温度サイクル試験・熱衝撃試験・冷熱衝撃試験・温度急変試験・ヒートショック試験等の呼び方がされている。当分科会ではこれらの試験規格を検討した上で名称を『熱衝撃試験』とした。



## 4-2 熱衝撃試験の規格

試験条件を決めるに当たって関連規格について調査した内容を述べる。

### 4-2-1 J I S 規格

代表的な規格として「JIS C 0025 温度変化試験法」がある。その中の

『試験Na：温度急変』の項があり、その目的は

供試品が周囲温度の急激な変化に耐える能力を確かめるために行なうもので、この目的を達成するために必要な放置時間は、供試品の特性によって規定する。

と述べられている。

JIS C 0025 温度変化試験法

Na：温度急変の主な内容

- ・ 槽内絶対湿度 30g/m<sup>3</sup>以下
- ・ 槽内壁温度は絶対温度表示で試験温度の低温槽で8%以下、高温槽で3%以下
- ・ 試験温度はJIS C 0020、0021の規定による
- ・ 規定のない限りサイクル数は5サイクル
- ・ 試料の移し替え時間は、規定のない限り2分以上3分以内( $t_2$ )
- ・ さらし時間は、規定のない限り3時間( $t_1$ )  
規定時間は3時間、2時間、1時間、30分、10分のいずれか

### 試験条件

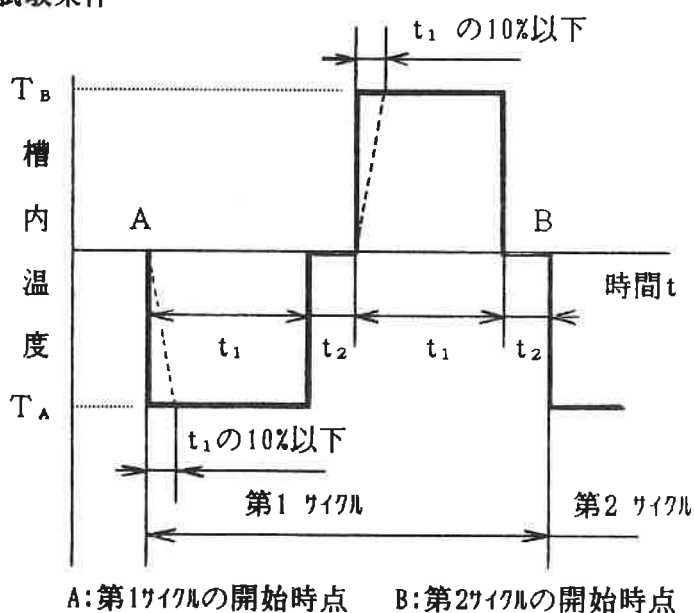


図4-2 試験パターン

表4-1 試験温度の選定

| 低温( $T_A$ )               | 高温( $T_B$ )  |
|---------------------------|--|
| $-65 \pm 3^\circ\text{C}$ | $+200 \pm 2^\circ\text{C}$ $+85 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| $-55 \pm 3^\circ\text{C}$ | $+175 \pm 2^\circ\text{C}$ $+70 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| $-40 \pm 3^\circ\text{C}$ | $+155 \pm 2^\circ\text{C}$ $+55 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| $-25 \pm 3^\circ\text{C}$ | $+125 \pm 2^\circ\text{C}$ $+40 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| $-10 \pm 3^\circ\text{C}$ | $+100 \pm 2^\circ\text{C}$ $+30 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| $-5 \pm 3^\circ\text{C}$  |  |

試験温度はJIS C 0020 および JIS C 0021に規定される温度から規定される