



電子部品の信頼性評価ガイド (失敗事例から学ぶ評価実務)

2019年5月

一般社団法人電子情報技術産業協会
電子部品部会
部品安全専門委員会
信頼性技術強化 WG

<注意>

このガイドラインは、一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）部品安全専門委員会が、各企業等において信頼性試験・評価の技術を向上させていくために自主的に作成したものであり、あくまでも参考資料です。

はじめに

信頼性技術強化WGは、“電子部品の信頼性の維持・強化と啓発活動”を行うことを目的として、2014年6月に部品安全専門委員会傘下のWGとして発足しました。活動テーマの選定においては、各社の信頼性に関する課題を抽出し、その中から各社横断的に活動できるものを決めましたが、その中の一つに“信頼性技術者の育成・技術の伝承”という大きな課題があります。

高信頼性市場へのアプローチとして、高度に電子化された通信・車載・医療機器分野等への電子部品の供給が加速し、信頼性技術も専門化・細分化される中で、全体を俯瞰して見られる人材が不足しているのは電子部品メーカーとして忌々しき事態であります。

また、技術の伝承は、個々の企業の問題ではあるものの、日本国の電子部品業界団体として取り組むべき部分もあります。

信頼性技術の中でも信頼性試験を行い評価することは、開発・設計段階での信頼性と弱点の把握、開発したアイテムが目標を達成しているか確認する役割を担う重要なツールとなっています。しかし、この折角のツールの目的と使いこなす実務能力が十分に伝承されず、重大な信頼性問題を未然に防げず改善に繋がられないことがあってはなりません。

本書は、信頼性評価に携わって間もない方や、これから携わる方々に少しでも興味をもって学んでいただけるよう、実際の失敗事例から分かりやすく解説しています。また、試験現場での問題解決の糸口を提案する手引書として利用できるよう、作成しています。

これからも高度な信頼性技術力で世界を圧倒し、新興国の追従に揺らぐことなく成長、発展し続ける日本の電子部品メーカーのあるべき姿を願い、また、このガイドが電子部品の信頼性技術強化に少しでも役立つことを願っております。

平成31年5月

一般社団法人 電子情報技術産業協会
部品安全専門委員会
主 査 中西 昭夫
信頼性技術強化WG
主 査 守谷 敏

目 次

1. 適用範囲	4
2. 序文	4
3. 本ガイドの活用について	4
4. 信頼性試験 失敗事例集	5
5. その他	5
信頼性試験 失敗事例一覧	6
信頼性試験の計画・準備	
(A) 試験計画	11
(B) 供試品	15
(C) 設備/ジグ等	19
温湿度ストレス関連の試験	
(D) 温度(温湿度)動作試験	22
(E) 高温(高湿)負荷寿命試験	29
(F) 温度(温湿度)保存試験	35
(G) 温度急変試験	39
機械ストレス関連の試験	
(H) 振動試験	43
(I) 衝撃試験	50
(J) 自然落下試験	53
輸送ストレス関連の試験	
(K) 包装貨物性能試験	55
電磁感受性関連の試験	
(L) 静電気放電イミュニティ試験	62
6. おわりに	66
附属書(参考) - 信頼性試験を失敗させないための環境作り	67

1. 適用範囲

本ガイドは、全ての電子部品、半製品及び完成品の信頼性試験及び関連する教育活動において利用できる。

ただし、本ガイドに記載された全ての内容は、それぞれの信頼性保証に対して責任をもつものではない。

2. 序文

本ガイドは、信頼性試験の失敗による誤った品質判断やそれにより生じる試験実務のロスを低減するためのヒントや手引きの例を、信頼性試験の現場に携わるエンジニアの目線でまとめたものである。信頼性試験を実施する現場において、本ガイドが正しい信頼性試験手法を学ぶ、或いはその基礎を再認識する契機となることを期待する。

3. 本ガイドの活用について

本ガイドは、正しい試験方法や目的を理解していないことに端を発する初歩的な試験失敗や誤判定に注目し、その事例を取り上げて解説している。もし、そのような状況が試験現場の課題として挙げられるのであれば、本ガイドを次のような場面で利用することを提案する。

3.1 若手エンジニアの教育用資料

本ガイドは、若手エンジニアの教育の現場において、資料として活用することができる。例えば、信頼性試験の基礎的な知識を学んだ以降に、引き続き試験失敗例と失敗の結果により生じた事態を紹介する。このとき、なぜ失敗であるかを自身で考え、正しい試験の成果を得るための解を見出させるよう考察する場を設ける。図らずも自らの業務上の失態にもなりかねない情報を知ることは、正しい手法を会得する契機となり、また、信頼性試験活動が担うミッションの重要性を改めて認識できることが期待できる。

なお、各失敗事例の記述内容に対し、異なる見解や意見があるかもしれない。そのような状況を本ガイドは歓迎する。そのような見解や意見も含め、若手エンジニアと共に正しい試験方法について議論することは、信頼性試験技術の理解が更に深まることが期待できる。

3.2 問題解決のためのヒント集

信頼性試験上の案件、例えば想定外の試験結果に至った原因調査を実施するにあたり、各事例に記載した情報は調査のヒントになることが期待される。この場合、各事例に記載している情報は、実際の製品や試験環境或いは状況に当てはめて、或いは置き換えて読み・解釈すると良い。これにより原因究明に繋がるヒントを見出すことができるかもしれない。

なお、各事例に記載している対策は、初動対応にて着目すべき点を中心に取上げており、故に全ての対策を示していない。また、状況によっては、記載している内容と異なる原因であるか、或いは異なる対策を要するかもしれない。この点を念頭に本ガイドの利用をお願いする。

4. 信頼性試験 失敗事例集

本ガイドが扱う失敗事例の一覧を、次ページ以降に記載する。また、各事例の詳細は、この一覧に引き続いて記載している。

なお一覧では、一つの失敗事例はほかの信頼性試験でも共有することができること、更には事例の内容をほかの信頼性試験に置き換えて解釈することで（例えば、“温度”を“振動”に置き換えてみる）、ほかの信頼性試験でも失敗に至らぬよう応用できることも併せて示している。

5. その他

信頼性試験を失敗させないためには、失敗事例集で扱うテクニカルな側面以外の施策にも着目する必要がある。そこで本書巻末の附属書では、信頼性試験を失敗させないための環境作りに着目し、幾つかの異なるアプローチによる提案を紹介しているので、併せて参考にしていただきたい。

信頼性試験 失敗事例一覧 (1)

- ◎ … 左記の失敗事例は、上記の試験に対しても考慮する。
 ○ … 左記の失敗事例は、試験条件、手法或いは状況に応じて、上記の試験に対しても考慮する。
 △ … 左記の失敗事例の内容は、上記の試験に置き換えて解釈し、試験条件、手法或いは状況に応じて考慮する。(例えば、振動を温湿度に置き換えて解釈する。)

試験名	失敗事例	失敗の分類	失敗回避のキーポイント	(D) 温度(温湿度)動作試験	(E) 高温(高湿) 負荷寿命試験	(F) 温度(温湿度)保存試験	(G) 温度急変試験	(H) 振動試験	(I) 衝撃試験	(J) 自然落下試験	(K) 包装貨物性能試験	(L) 静電気放電イミュニティ試験
信頼性試験の計画・準備												
(A) 試験計画	(A1) 試験条件の不足又は不備	試験計画	想定故障モードへの着目と試験計画へ反映	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(A2) 供試品コンディションの不備	試験計画	故障モードの想定に沿った供試品コンディションの計画	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(A3) 故障モードの想定漏れによる試験計画の不備	試験計画	FMEAの確実な実施と徹底	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(B) 供試品	(B1) 供試品の製造仕様又は条件の不整合	試験計画	供試品の履歴管理と照合	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(B2) 供試品 数量の不足	試験計画	供試品数量の入念な計画	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(B3) 供試品取り扱い時の不要な静電気放電	試験手法	供試品取り扱い時の静電対策	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(B4) 初期品質の変化による試験結果への影響	試験手法	初期品質検査の徹底	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(B5) 試験前後での検査環境の違いによる試験結果への影響	試験手法	試験前後での検査環境の整合性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(C) 設備/ジグ等	(C1) 保守点検の不備による突発的な試験装置の故障や精度低下	設備/ジグ	設備保全の徹底	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	(C2) 電源ケーブルの長さによる直流電圧降下	設備/ジグ	ツール類の特性・影響 理解	◎	◎			○	○			○
	(C3) 供試品以外の障害による試験への影響	設備/ジグ	供試品以外の影響 事前把握と試験への配慮	◎	◎	◎	◎	◎	◎			◎

信頼性試験 失敗事例一覧 (2)

- ◎ … 左記の失敗事例は、上記の試験に対しても考慮する。
 ○ … 左記の失敗事例は、試験条件、手法或いは状況に応じて、上記の試験に対しても考慮する。
 △ … 左記の失敗事例の内容は、上記の試験に置き換えて解釈し、試験条件、手法或いは状況に応じて考慮する。(例えば、振動を温湿度に置き換えて解釈する。)

試験名	失敗事例	失敗の分類	失敗回避のキーポイント	(D) 温度(温湿度)動作試験	(E) 高温(高湿)負荷寿命試験	(F) 温度(温湿度)保存試験	(G) 温度急変試験	(H) 振動試験	(I) 衝撃試験	(J) 自然落下試験	(K) 包装貨物性能試験	(L) 静電気放電イミューニティ試験
温湿度ストレス関連の試験												
(D) 温度(温湿度)動作試験	(D1) 温度試験槽内での温度分布不均一	設備/ジグ	槽内温度分布の事前把握と試験への配慮	◎	◎	◎	◎					
	(D2) 検査用器機の温度特性による影響	設備/ジグ	供試品以外の影響 事前把握と試験への配慮	◎	◎		○					
	(D3) 温度試験槽内での回路短絡	設備/ジグ	試験時での不要な回路短絡回避	◎	◎							
	(D4) 試験温度条件下への曝し時間の不足	試験手法	供試品温度 安定後の検査	◎								
	(D5) 結露	試験手法	結露回避のための予熱処理	◎	◎	◎						
	(D6) 検査時での温度試験槽内からの供試品取り出し	試験手法	供試品温度 安定時の検査徹底	◎								
(E) 高温(高湿)負荷寿命試験	(E1) 加湿用の水の汚染	設備/ジグ	槽内清掃の徹底 純水の使用	◎	◎	◎						
	(E2) 温度試験槽内の汚染	設備/ジグ	槽内清掃の徹底	◎	◎	◎						
	(E3) 供試品以外での温湿度特性による影響	設備/ジグ	供試品以外の影響 事前把握	◎	◎							
	(E4) 供試品の放熱による影響	試験手法	放熱影響を考慮した 槽内での供試品配置	○	◎							
	(E5) 試験期間中の温度試験槽ドアの開閉	試験手法	共有槽利用の再考	◎	◎	◎						

信頼性試験 失敗事例一覧 (3)

- ◎ … 左記の失敗事例は、上記の試験に対しても考慮する。
 ○ … 左記の失敗事例は、試験条件、手法或いは状況に応じて、上記の試験に対しても考慮する。
 △ … 左記の失敗事例の内容は、上記の試験に置き換えて解釈し、試験条件、手法或いは状況に応じて考慮する。(例えば、振動を温湿度に置き換えて解釈する。)

試験名	失敗事例	失敗の分類	失敗回避のキーポイント	(D) 温度(温湿度)動作試験	(E) 高温(高湿) 負荷寿命試験	(F) 温度(温湿度)保存試験	(G) 温度急変試験	(H) 振動試験	(I) 衝撃試験	(J) 自然落下試験	(K) 包装貨物性能試験	(L) 静電気放電イミュニティ試験
温湿度ストレス関連の試験												
(F) 温度(温湿度)保存試験	(F1) 保存試験後の常温曝し時間の不足	試験手法	供試品温度 安定後の検査	○(注1)	○(注1)	◎	◎					
	(F2) 温度試験槽内で共存する異なる供試品からのアウトガス	試験手法	異なる供試品との槽内 共存回避	◎(注2)	◎(注2)	◎						
(G) 温度急変試験	(G1) 温度急変試験の不適切な適用	試験計画	加速試験の本質理解				◎					
	(G2) 電子部品を実装する試験用基板の影響	試験手法	供試品以外の影響 事前把握と試験への配慮		○(注3)		◎	○(注3)	○(注3)	○(注3)		
機械ストレス関連の試験												
(H) 振動試験	(H1) 固定用加振ジグの振動特性	設備/ジグ	加振ジグの振動特性把握					◎	◎(注4)			
	(H2) 供試品の振動応答検査用の加速度ピックアップ	設備/ジグ	加速度ピックアップの正しい使用方法の理解					◎	○			
	(H3) 供試品の固定方法不適切	試験手法	供試品固定状態及び方法の適正確認	△	△	△	△	◎	◎			
	(H4) 振動印加方向あたりでの検査の省略	試験手法	印加方向あたりでの検査徹底					◎	◎	◎		
(I) 衝撃試験	(I1) 市場で遭遇する衝撃波との不整合	試験計画	市場コンディションの把握と試験への反映	△	△	△	△	◎	◎	◎	△	△
	(I2) 衝撃印加方向あたりでの検査の省略	試験手法	印加方向あたりでの検査徹底					◎	◎	◎		

(注1) … 室温下で最終検査を実施する場合は、左記の失敗事例を考慮する。

(注2) … 温度試験槽内で発生したアウトガスは槽内に付着・堆積し、その後において、同じ槽による上記の試験結果に影響を与える可能性がある。(クロスコンタミネーションの懸念)

(注3) … 試験用基板の共振特性(振動)やパターンレイアウトに起因するマイグレーション等の特性や症状が、実装している電子部品の試験結果に影響を与えるかもしれない。

(注4) … 固定用ジグの共振周波数(固有振動数)は、衝撃波形の作用時間或いは衝撃で生じる振動数よりも十分に高いことが求められる。

信頼性試験 失敗事例一覧 (4)

- ◎ … 左記の失敗事例は、上記の試験に対しても考慮する。
 ○ … 左記の失敗事例は、試験条件、手法或いは状況に応じて、上記の試験に対しても考慮する。
 △ … 左記の失敗事例の内容は、上記の試験に置き換えて解釈し、試験条件、手法或いは状況に応じて考慮する。(例えば、振動を温湿度に置き換えて解釈する。)

試験名	失敗事例	失敗の分類	失敗回避のキーポイント	(D) 温度(温湿度)動作試験	(E) 高温(高湿)負荷寿命試験	(F) 温度(温湿度)保存試験	(G) 温度急変試験	(H) 振動試験	(I) 衝撃試験	(J) 自然落下試験	(K) 包装貨物性能試験	(L) 静電気放電イミュニティ試験
機械ストレス関連の試験												
(J) 自然落下試験	(J1) 部品の試験における、ダミー筐体と完成品との試験結果の差異	試験手法	市場コンディションの把握と試験への反映					◎	◎	◎		
	(J2) 落下時の供試品姿勢の安定性	試験手法	落下試験装置の利用							◎	◎	
輸送ストレス関連の試験												
(K) 包装貨物性能試験	(K1) 市場では複数のストレスを複合又は続けて経験することの未考慮	試験計画	市場コンディションの把握と試験への反映	△		△		◎	◎	◎	◎	△
	(K2) 実輸送試験の限界	試験計画	定量的試験の計画								◎	
	(K3) 実際の陸路輸送距離に対して 加振時間が不足又は過剰	試験計画	市場コンディションの把握と試験への反映	△(注5)	△(注5)	△(注5)	△(注5)	△(注5)	△(注5)	△(注5)	◎	△(注5)
	(K4) パラ荷輸送に対し試験条件が不適切	試験計画	市場コンディションの把握と試験への反映	△	△	△		△	△	△	◎	△
	(K5) 包装資材或いは同梱物からのアウトガス	試験計画	包装資材や同梱物からのアウトガスへの配慮	△(注6)	△(注6)	△(注6)					◎	

(注5) … 実際の市場コンディションや目標とする耐用年数に対し、品質判断が著しく不足或いは過剰とならないよう、試験条件の検討・設定は慎重に行う必要がある。

(注6) … 温度試験槽内で発生した包装資材等からのアウトガス(例: 硫黄系のガス)は槽内に付着・堆積し、その後において、同じ槽による上記の試験結果に影響を与える可能性がある。(クロスコンタミネーションの懸念)

また、温度試験槽内に付着・堆積したアウトガスは、温度試験槽を故障させる原因になり得る。

信頼性試験 失敗事例一覧 (5)

- ◎ … 左記の失敗事例は、上記の試験に対しても考慮する。
 ○ … 左記の失敗事例は、試験条件、手法或いは状況に応じて、上記の試験に対しても考慮する。
 △ … 左記の失敗事例の内容は、上記の試験に置き換えて解釈し、試験条件、手法或いは状況に応じて考慮する。(例えば、振動を温湿度に置き換えて解釈する。)

試験名	失敗事例	失敗の分類	失敗回避のキーポイント	(D) 温度(温湿度)動作試験	(E) 高温(高湿) 負荷寿命試験	(F) 温度(温湿度)保存試験	(G) 温度急変試験	(H) 振動試験	(I) 衝撃試験	(J) 自然落下試験	(K) 包装貨物性能試験	(L) 静電気放電イミュニティ試験
電磁感受性関連の試験												
(L) 静電気放電イミュニティ試験	(L1) 気中放電試験での放電電圧 選定ミス	試験計画	気中放電の特徴理解									◎
	(L2) 放電手法の選定ミス	試験計画	放電箇所に対する放電手法の 適性確認									◎
	(L3) 試験環境、セットアップ及び手法による再現性の 低下	試験手法	規格 JIS C 61000-4-2の 理解と試験への反映	△	△	△	△	△	△	△	△	◎

(A) 試験計画

概要

- ・ 新製品又は仕様変更した製品を対象に、信頼性試験を実施する前に、試験計画を検討する。この計画には、試験活動を実施するにあたり必要な要件、例えば試験項目、試験条件、供試品の数量、試験担当者及びスケジュールなどが含まれる。

計画手順(例)

- 1) 製品仕様書や試験基準書に従い、又は試験依頼元のリクエストに従い、又はFMEA、DRBFM或いはFTAで想定した故障モードの情報を参考に、試験項目、条件及び供試品数量などを検討/決定する。
- 2) 試験装置類の確保や試験担当者の割付など及び日程を計画のうえ、試験計画書としてまとめる。
- 3) 試験計画書に沿って、信頼性試験活動を開始する。

試験計画に関する失敗の事例と対策

(A1) 試験条件の不足又は不備

失敗事例:

- ・ 試験項目、試験条件及び供試品の数量について、製品仕様書又は試験基準書だけに準じて信頼性試験を計画し実施した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 製品仕様書又は試験基準書に準じて試験を実施し、問題ないことを確認したにも関わらず、市場において故障(又は不具合)が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 試験計画を検討する前段階において、製品構造又は仕様変更部分に依存して発生するかもしれない故障モードの想定と吟味を十分に実施しなかったことによる。この想定されるべきだった故障モード(すなわち市場に流出してしまった故障モード)は、製品仕様書又は試験基準書が定義する試験項目や条件だけでは、検出できない性質をもつ場合がある。

もし故障モードの想定時において、そのような性質の故障モードであると判断できていれば、その故障モードに至るリスクを知るために、特別な試験項目又は条件を個別に検討し、試験計画に採用するべきであった。

- ・ 既存の製品仕様書や試験基準書が定義する判定基準や信頼性試験に関する要件だけでは、市場での信頼性保証に対して不十分かもしれないことのリスクが、信頼性保証担当者の念頭にないことも、影響しているかもしれない。
例えば試験によるデータの検査では、判定基準との比較だけではなく、データの傾向や不具合に至りそうな兆候の有無に着目することで、不具合の潜在性について考察し、それを含めて品質判断を行うことは極めて重要である。

対策:

- ・ 試験計画には、製品仕様書や試験基準書だけに依らず、必ず、FMEA、DRBFM或いはFTAなどの手法を用いて想定した故障モード又はその未然防止策の有効性に着目した試験や検査の必要性を検討し、リスクに応じて試験計画に反映する。また、未然防止策に着目する際には、その有効性だけでなく、未然防止策による二次弊害の有無についても着目するとよい。
- ・ 既存の製品仕様書や試験基準書にさえ準じていれば、市場での信頼性保証を確実に達成できるとは限らない。この点を踏まえ、試験担当者(又は信頼性保証担当者)の役割には、“製品仕様書や試験基準書だけに準じた試験を行う”ことのみならず、“市場において信頼性保証できるかどうかを評価する”ことも、常に念頭に置くべきであり、そのような姿勢で業務にあたるべきである。

アドバイス:

- ・ FMEA や FTA とは、潜在する故障を体系的に分析する手法である。またDRBFMとは、トヨタ自動車株式会社によって確立された、設計の変更点に着目して影響を分析する手法である。詳細については、インターネット上でいろいろなサイトが解説しているので、まずは、“FMEA”、“DRBFM” 或いは “FTA” をキーワードに検索し参照してみるとよい。

(A2) 供試品コンディションの不備

失敗事例:

- ・ 懸念していた故障モードに対し不利な状態をもつ供試品を、信頼性試験に用いなかった。

試験失敗による状況の例:

- ・ 懸念していた故障モードが信頼性試験で発生することなく、その後、市場で発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ この事例では、FMEAなどで懸念していた故障モードの発生メカニズムが、製品の“特定のパラメータ”（例えば、寸法など物性値や電気的特性値など）に依存していることを前提とする。例えば、“特定のパラメータ”が仕様値又は図面指示値内の最大値又は最小値であるときに、初めて懸念していた故障が発生する。

そのような故障モードを内在する製品であるも、しかし信頼性試験に用いた供試品のコンディションには、そのような故障モードに対し不利な状態を含めていなかったため（つまり、故障発生に対し有利なコンディションであった）、懸念する故障モードが信頼性試験中に発生しない状況となった。

- ・ その後、懸念していた故障の発生が無かったことから、信頼性品質は問題ないと判断し、量産活動に移行する。しかし量産活動期では、前述の“特定のパラメータ”は先の故障に不利な方向（例えば図面指示値の上下限）にバラついてしまい、市場での故障発生に至った。

対策:

- ・ 必要に応じて、想定又は懸念する故障モードの発生メカニズムに応じて、不利な条件をもつ供試品を準備し、信頼性試験に用いる。このようなアプローチを採用することで、量産活動中の品質が例え暴れても、信頼性保証は可能であることを確認できる。

アドバイス:

- ・ 量産活動中、品質又は先の“特定のパラメータ”は、許容する範囲内で、日々、又は一時的にばらつくかもしれない。対し、信頼性試験に用いた供試品は、そのコンディションを特に指定していなければ、それらは製造したときの諸条件（注記1）だけに依存した出来栄となる。この場合、それら供試品は、そのときだけの出来栄による一母集団に過ぎないと解釈できる。

そのようであれば、信頼性試験が合格したという結果は、その時に用いた一母集団に対しての品質判断であり、故に、その後の量産品すべての信頼性を保証していないかもしれない。信頼性保証担当者は、試験結果にはそのようなリスク（又は落とし穴）が含まれている可能性に、常に着目すべきである。

なお、信頼性試験に用いた供試品の諸条件（注記1）については、信頼性試験結果報告書などに履歴として記録しておくことが望ましい。このような履歴は、万が一の事態の際には、何かしら役立つことがある。

注記1 … 例えば、製造設備の種類、加工条件、作業者の違い又はそのときの部品品質などを指す。

(A3) 故障モードの想定漏れによる試験計画の不備

失敗事例:

- ・ 設計FMEAを実施したが、特定の故障モードを想定できなかった。そのため、未然の防止策を採用することもなく、また、信頼性試験においても想定できなかった故障モードの有無には着目しなかった。

試験失敗による状況の例:

- ・ 市場において、想定できなかった故障モードによる障害が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 想定すべきだった故障モードに関連する知見が不足していたため、そのような故障モードに至るメカニズムを発想できなかったことによる。
- ・ または、継続的なFMEAを実施しなかったことによる。1回目のFMEAで採用した未然防止策は、その効果が不十分であると判明した後に、更なる対策を施すこととなる。その場合、追加(又は修正)した対策案を対象に再度FMEAを実施し、対策案の影響やリスクを改めて設計FMEAにて評価する必要がある。

例えば、更なる対策案には、新たな故障モードが潜在しているかもしれない。そうであれば、FMEAを継続実施しなかったことは、新たに潜在する故障モードに着目する機会を失うこととなる。
- ・ または、FMEAの趣旨や手法をよく理解しないまま、設計FMEAを実施したことによる。例えば、設計FMEAであるはずが、部品不良、製品の組み立て不良などの、設計品質に依らない故障モードの議論に終始する状況が挙げられる。そのようである場合、肝心の設計品質に由来する故障モードを対象とした議論や想定が不十分となり、採用すべき未然防止策が無いまま信頼性試験のイベントに移行し、最悪の場合、市場への故障流出に至る。
- ・ または、設計FMEAの実施を形式的に済ませた場合であり、つまりは、FMEAを実施したふりをしていることによる。例えば、過去のFMEAシートを雛形とし、これに修正を加える程度で済ませる又は深堀されることのない形式的な議論に終始するなどし、その結果、市場への故障流出に至る。

対策:

- ・ 製品の難易度によっては、全ての故障モードを漏れなく想定し、それらの未然防止策や対応を正確に検討することに、多大な労力と時間が必要となる。このことを補助するために、かつ、可能な限り想定漏れを無くすべく、設計FMEAの計画と実施については以下を考慮する。
 - a) 設計FMEAを実施するチームには、製品担当者だけでなく、他の製品担当者、市場故障対応や故障解析に精通する人材、及び特定分野(例えば化学や材料など)に精通した人材など、様々な分野からの人材を招集し、チームに含めることが望ましい。そのような構成であれば、製品担当者だけでは着目しないであろう視点から、故障モードを指摘し追求できることが期待できる。
 - b) その後において、設計的修正や変更が加えられた場合、及び新たな未然防止策が提案された場合に、都度、それらを対象とした設計FMEAを必ず実施する。

また、設計FMEAは1回で済ませない。製品の難易度によっては、慎重に協議するために複数回に分割して実施することが望ましいし、製品開発スケジュールにはそのような計画を当初から採用しておく。
 - c) FMEAに関わるスタッフは、FMEAの本来の目的や手法を徹底的に理解したうえでFMEAに望む。設計FMEAの場で、趣旨から外れた故障モードを取り上げたり、どのような切り口で故障モードを想定すべきか又はその切り口は妥当であるかを悩み始めると、本来の目的から外れた議論が展開され不要な時間を浪費することになるかもしれない。

そのような状況に至らせないために、例えば、FMEAに関する勉強会や外部セミナーへの参加を企画するなどして、FMEAの手法を体得できる機会を積極的に設けることは一案である。または、FMEAに精通した司会者を1名置き、議論をリード又は思考を誘導させることも有効である。

→ 次ページに続く

- d) まずは、FMEA の有効性と重要性を、関係者全員が理解する必要がある。この点が不十分であると、将来においても設計FMEA はイベント消化に終始し、結果、故障モードを源流で食い止めるような、FMEAの恩恵にあずかることはない。また、FMEA がイベント消化に終始するような状態の定着は、エンジニアの育成にも影響する。
- e) 過去トラ(過去のトラブルをデータベース化したもの)を準備し、FMEA や DRBFM で想定漏れを防止するために利用することは一案である。この過去トラには、例えば、過去の故障事例や信頼性試験で検出した不具合事例などが、その発生メカニズムや改善策を含めて体系的にまとめられている。また、その記述は如何なる製品や部品にも当てはめて解釈できるよう、かつ、誰もが理解できるよう、標準的な表現やモデルで構成していることが望ましい。このような資料は、故障の再発防止を目的としたチェックや、知見や技術の共有や伝承にも役立つことができる。

参考にするべき規格類・文献

- JIS C 5750-4-3 デイペンダビリティ マネジメント - 第4-3部: システム信頼性のための解析技法 - 故障モード・影響解析 (FMEA) の手順
- 電子部品のFMEA実施ガイド (JEITA 電子部品部会 信頼性技術強化WG)
HP: <https://home.jeita.or.jp/ecb/reliability/guide1.html>

(B) 供試品

概要

- 試験計画時に、供試品のコンディション（例えば、製造条件又は XXX のMAX品/MIN品など）や必要数量を検討し決定する。

計画手順（例）

- 試験目的又は懸念する故障モードの発生メカニズムなどに応じて、供試品のコンディションを検討/決定する。
- 試験項目あたりに必要な供試品の数量を検討/決定する。
- 1) 及び 2) を含めた全ての試験計画が確定した後、供試品を手配する。

試験計画に関する失敗の事例と対策

(B1) 供試品の製造仕様又は条件の不整合

失敗事例:

- 供試品の製造仕様又は条件が、信頼性試験時とその後の量産時とで、異なっていた。ここでの製造仕様又は条件とは、製造に用いる設備種類、加工や製造上のパラメータ値及び製造・加工場所などを指す。

試験失敗による状況の例:

- この事例では、製造仕様又は条件が、製品の信頼性品質に影響を与える可能性があることを前提とする。
- 信頼性試験後に、製造仕様又は条件に変更が施されたことを知ることがないまま、量産プロセスに移行してしまったのであれば、製造仕様又は条件に依存した故障（又は不具合）は、市場に流出するかもしれない。

失敗状況に至る過程:

- 信頼性試験時の供試品の製造仕様又は条件が、その後に変更されていたことを、試験計画者が把握していなかったことによる。又は、そのような変更情報が、これを主幹する部門から試験部門に発信されていなかったことによるかもしれない。

対策:

- 信頼性試験に用いた供試品の製造仕様又は条件については、試験イベント単位で確認し、その内容は信頼性試験結果報告書に履歴として記録・保管する。また、それら履歴は、量産時の製造仕様又は条件と必要に応じて照合する。
- 試験計画者（又は担当者）は、工程FMEAを通じて製造条件又は仕様を把握することは一案である。又は、変更を対象とした工程FMEAに参加するか、その結果を精査する。このとき、その変更が製品の信頼性品質に影響を及ぼす可能性があるのであれば、必要な信頼性試験を改めて計画・実施するか、又は工程デザインに対する未然防止策の検討を指示する。

アドバイス:

- 量産活動中に、構成部品の寸法など諸特性が図面指示値の上下限に暴れても、製品の信頼性品質は維持できるような設計品質（或いは設計的な完成度）でなければならない。例えば、設計・工程FMEAで想定した故障モードに対して試験を計画するのであれば、そのような切り口で供試品のコンディションを検討するとよい。

(B2) 供試品 数量の不足

失敗事例:

- ・ 信頼性試験を実施中、供試品が不足した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 試験活動を一旦停止し、不足した供試品を改めて準備した後に試験を再開した。このことにより、試験期間は延長となり、製品の全体計画に影響を与えた。
- ・ 中間検査を含む長期試験を実施したが、最終検査時に供試品の数量が不足していた。なお、この事例での中間検査済みの供試品は、例えば破壊検査などにより、引き続き試験に継続使用できないものとする。

失敗状況に至る過程:

- ・ 試験期間中に追加試験を要する状況となり、その結果当初の計画に対し、供試品の数が不足するに至った。追加試験とは、例えば、試験期間中に発生した故障(又は不具合)の解析を目的としているか、又は顧客からの追加試験の指示によるかもしれない。
- ・ 長期試験の中間検査(検査後は再使用できない)のために、同試験中の供試品の母集団から無計画に供試品を抜き取ったことによる。又、この中間検査は、試験期間中に計画に依らず複数回実施したかもしれない。

対策:

- ・ 試験計画の際、要する供試品の数量は入念に計画し、試験担当者は同計画に従って対応する。そのうえで、試験期間中での計画外の対応も予め見込んでおき、供試品の数量計画には当初からバックアップ分を含めておくことが望ましい。
- ・ 中間検査をもつ長期試験である場合、中間検査の回数・間隔と検査あたりの抜き取り数量は入念に計画し、それに従う。もし、検査結果の状況により更に数量を増やして検査するような状況が予想されるのであれば、そのようなことを見込んだ数量を当初から計画しておく。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(B3) 供試品取り扱い時の不要な静電気放電

失敗事例:

- ・ 試験実施前、供試品を手で掴んで(又は触れて)取り扱っている間に、取扱者が供試品に静電気を放電した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 信頼性試験中、想定外の故障(又は不具合)が発生した。また、この故障(又は不具合)は、同試験による再現性が無く、原因解析は困難を極め、その原因を探るために再試験を繰り返した。

失敗状況に至る過程:

- ・ この事例での供試品の形態とは、半導体を実装した回路基板であるか、又はそのような回路基板をもつ半製品・完成品であることを前提とする。

静電気対策を施していない帯電した試験担当者が、そのような供試品を素手で取り扱う際に、供試品の回路基板や回路部品に直接放電してしまったことによる。その後、供試品の半導体は半死状態をしばらくの間維持し(このとき、供試品は正常に機能を維持しているかのように振舞う)、試験中に突然、完全な故障状態に至る。
- ・ このような故障を検出した後、実施していた試験の影響を受けて故障した可能性を、関係者はまずは疑う。以降、そのことを確認するため、その再現実験に時間と労力を費やし、結局は試験とは関係がない取り扱い時の静電気によるとの正解に到達するまで、試行錯誤を繰り返すこととなる。

対策:

- ・ 試験期間中、試験担当者はそのような供試品を取り扱う際には、静電気対策を徹底する。その手段には、帯電防止用のリストストラップやアースバンドの装着が挙げられる。

(B4) 初期品質の変化による試験結果への影響

失敗事例:

- ・ 製造検査データを初期品質データとして流用することで試験開始前の初期検査を省略し、試験を実施した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 試験後の状態が、判定基準を満足しない又は障害が発生したが、その原因は初期品質の状態に依存した。また、原因が試験開始前の初期品質にあることを知るまでに、再現試験や解析などに多大な時間と労力を費やした。

失敗状況に至る過程:

- ・ 供試品の製造検査後から試験担当者の手元に供試品が到着し試験を開始するまでの期間中に、供試品の品質が変化したことによる。この期間中、供試品は輸送ストレス(或いは移動で生じたストレス)や様々な温湿度に曝されたかもしれず、このことに時間経過が更に影響して品質変化に至らせた可能性がある。その結果、試験開始前の供試品では、既に品質が判定基準を満足していないか或いは障害に至る兆候が現れている状態となっていた。

しかし、試験者は試験開始前での初期検査を省略したために、このような初期の好ましくない品質や兆候を見逃す事態となり、試験後の障害に至った。また、そのような試験結果を、“正常品はストレスに耐えられない”と解釈し、NG判定を下した。

対策:

- ・ 供試品の初期品質及び状態は、製造検査結果に関わらず、試験開始前に必ず初期品質を検査し記録する。そのうえで、試験後品質や状態と比較・精査のうえ品質判断を行う。もし、初期品質が既に不正常であれば、試験を中止するか又は正常品だけを使用して試験を開始する。このとき、必要に応じて、初期品質上の問題点や課題を指摘する。

アドバイス:

- ・ 信頼性試験の主な目的とは、特別な試験目的でない限り、正常品が市場で耐えられるか否かを確認することにある。故に、この目的が確実に達成できるよう、供試品には狙い通りの正常品を用いる必要があるし、そのような品質であることを試験開始前の段階で確実に検査しなければならない。

(B5) 試験前後での検査環境の違いによる試験結果への影響

失敗事例:

- ・ 試験前の初期検査と試験後の検査を、それぞれ異なる環境下で実施した。なお、ここでの“環境”とは、例えば以下のような要因を指す。

検査用装置や検査に用いるジグ等のツール類
検査用アプリケーション(ソフトウェア)の種類やバージョン
検査員
周囲の温湿度や気圧…等々

試験失敗による状況の例:

- ・ 試験後の検査結果が判定基準を満足しない、或いは試験前後の検査値の変動が想定と異なる。また、その原因が試験前後の検査環境の違いにあることを知るまでに、再現試験や解析などに多くの時間と労力を費やした。

失敗状況に至る過程:

試験前後の検査環境に違いがあり、そのことが検査データや判定に影響を与えた。そのために、試験前後のいずれかの検査データ(或いは判定)が真値を示していなかった。その過程の一例を次に示す。

- ・ 使用した検査用装置やジグ等のツール類が試験前後で異なった。例えば異なる検査装置の間には、たとえ同じ用途の装置であっても、測定アルゴリズムや精度に違いがあるかもしれず、そのような差が検査データに現れていた可能性がある。または、いずれかの装置が点検や校正の不備により、真値を示していなかったか或いは測定精度が低下していたかもしれない。ジグ等のツール類についても、同様である。

→ 次ページに続く

- ・ 検査用アプリケーション（ソフトウェア）でのバージョンが試験前後で異なった。バージョンの違いとは、例えば、測定アルゴリズムや判定条件の修正によるか或いは検査データや判定に影響を及ぼすような新しいルーチンが組み込まれていたかもしれない。
- ・ 試験前後で検査員が異なっていた。この場合、それぞれの検査員は互いに異なる方法や手順により検査を行っていたかもしれず、そのことが検査データや判定に影響を与えたかもしれない。或いは、ノウハウを必要とする検査や目測を手段とする検査、及び官能検査などの一定の技能・技術を要する検査である場合は、検査データや判定に個人差が含まれていたかもしれない。
- ・ 試験前後の検査時の周囲温湿度が異なっていた。この場合、温湿度に敏感な供試品であれば、その影響が供試品の検査値に含まれているかもしれない。（供試品の種類によっては、温湿度ではなく、気圧や電磁界ノイズ等によるかもしれない。）

対策:

- ・ 試験前後の検査で使用する装置及びジグ等のツール類は、同じものを使用する。やむなく異なる装置を使用せざるを得ない場合は、例えば、同一の供試品で同じ検査値や結果（良否判定であれば良否双方の判定）が再現よくかつ正確に得られることを予め確認しておく。なお、検査開始前では、検査用装置の点検及び必要であれば校正を実施してから検査を開始する。また、検査に使用した装置類及びツール類を識別できる情報（例えば、資産番号など）は、検査データ（或いは報告書）に添えて記録しておく。

検査用アプリケーション（ソフトウェア）についても、基本的には装置と同様である。

- ・ 試験前後で検査を実施するスタッフは、同じスタッフであることを基本とする。また、検査担当者名は検査データ（或いは報告書）に添えて記録しておく。
- ・ 供試品の性能や特性によっては、検査する場所での周囲温湿度や気圧、或いは電磁界ノイズ等々の環境要因について、試験前後で一定の範囲内に保つよう配慮する。或いは同じ環境下（例えば同じ部屋）で試験前後の検査を実施する。また必要に応じて（例えば、“室温”という記録だけでは、特性の挙動を裏付けられない場合）、検査時の環境データを測定し、検査データ（或いは報告書）に添えて記録しておく。
- ・ 検査手順書を準備し、検査を行うたびごとに、必要とする要件を確認・利用する。これには、検査方法・手順、使用する装置、ジグ類及び検査用アプリケーションなどの必要要件も定義しておく。また、必要であれば、周囲温湿度などの検査時の環境についても定義しておく。
- ・ 標準の供試品（以下、リファレンス サンプルとする）を1台準備しておく。このリファレンス サンプルには一切のストレスを与えることなく、試験期間中は標準状態の環境下（必要であれば、例えば、温度23℃、湿度50%RH、気圧86kPa～106kPaの環境下）に保管しておく。そのうえで、試験前後の各検査を行う前に、リファレンス サンプルによる検査を一通り行い、検査データ・結果を記録する。これにより、試験前後でのリファレンス サンプルによる検査結果・データに、許容できる誤差以上の差異がなければ、試験前後の検査状況に不備は無いと判断できる。

もし、試験前後でのリファレンス サンプルによる検査データ・結果に、許容できない程の差異が見られた場合は、検査状況に何かしらの不備が存在すると思われるため、不備の在りかを調査し改善処置を施す。このとき、既に試験は終了してはいるものの、試験前の検査に不備が存在していた場合は、この検査データ・結果は採用してはならない。改善処置を施した後、再試験を計画する必要がある。

もし、試験後の検査に不備が存在していた場合は、改善処置の後に試験後の検査を実施する。改善処置を施す前に採取した検査データ・結果は採用してはならない。

(C) 設備・ジグなど

概要

- 本項では、信頼性試験に使用する試験機や設備及びジグなどによる、試験失敗の例を取り上げる。

設備/ジグなどに関する失敗の事例と対策

(C1) 保守点検の不備による突発的な試験機の故障や精度低下

失敗事例:

- 試験開始直前又は試験中に、試験機が突然に故障した。(試験機は検査機などの装置類に置き換えて解釈してもよい)
- 又は、試験機の性能が発揮できず、狙いとする試験条件を正確に(或いは安定して)発生させることが出来ない。或いは、そのようであったことを試験終了後に始めて知った。

試験失敗による状況の例:

- 試験開始が遅延、又は再試験を余儀なくされた。また、このことにより全体のスケジュールにも影響を与えた。

失敗状況に至る過程:

- 機器の保守点検(注記2)及び校正(注記3)について、
 - 実施を怠った又は実施したことがない。
 - 実施周期が長すぎた又は実施内容に不足があった。

注記2 … ここでの保守点検とは、機器を正常な状態に維持させるための、機器の清掃、消耗部品の交換、動作チェックなどの作業を指す。

注記3 … 校正とは、国家標準とトレーサビリティがある標準器を用いて、対象機器が示す値と機器の精度を確認する作業を指す。

- このような保守点検或いは校正の不備により、機器が不正常となる兆候を見逃すこととなり、突発的な異常、故障、或いは精度の低下や不安定化に至った。

対策:

保守点検は以下のように計画的に、かつ、確実に実施する。

- 日常点検 … 機器を使用するごとに、使用者が実施する。この点検では、機器の取り扱い説明書に沿った点検或いは必要とする機器の機能について一通りのチェックを行い、機器が正常に動作することを確認する。また、消耗品の状態も併せて点検し、消耗著しい状態であれば、早期に新品と交換する又は不足分を補給する。例えば、温度試験槽での湿度検出用のウイック(又はガーゼ)などの消耗部品、温度試験槽の給水タンク内の純水或いはガス試験機用のガスポンベのガスなどが挙げられる。

点検結果は、記録のうえ保管する。通常は、機器の使用前に点検する、必要に応じて使用後も点検する。また、使用頻度が極めて低い機器である場合は、機器の使用有無に関わらず、使用頻度に見合った周期による点検保守も併せて計画する。

不具合又はその兆候が見られた場合は、正常化を試みるが、対処できない場合は、速やかに機器の製造業者や保守を担当する部門に修理を依頼する。また、そのような状況であり、当面は機器を使用できないこと、及びその後の修理(又は対応)計画を、機器を利用する関係者全員に通知し共有する。なお、機器が使用できない旨はすぐに通知することが望ましい。この状況は、その他のスタッフにとっても由々しき事態であり、彼らの試験計画は大幅に修正しなければならないかもしれない。

→ 次ページに続く

- 定期点検 (或いは定期校正) … 一定の期間ごとに、機器の取り扱い説明書に沿った点検或いは日常点検以上の詳細なチェックや校正を行い、機器本来の性能が維持されていることを確認する。点検(或いは校正)結果は、記録のうえ保管する。不具合又はその兆候が見られた場合の対応は、日常点検と同様である。

なお、定期点検 (或いは定期校正) を実施する周期は、機器製造業者の推奨によるか、又は必要に応じて、機器の使用環境や使用頻度を考慮のうえ、例えば使用頻度が極めて高いのであれば、更に短い周期での実施を計画する。

アドバイス:

- もし、機器の修理期間中に代用できる機器がなく、しかし品質判定までに日程上の制約がある場合は、例えば、レンタル機器を利用するか、又は受託試験機関での試験実施を検討することは、一案である。特に受託試験機関については、利用可能な機関を予め把握しておくとして、万が一の状況下で即時に対応できる。

(C2) ケーブルの長さによる直流電圧降下

失敗事例:

- 供試品に直流電源を供給するため、比較的に長いケーブルを用いて、直流安定化電源と供試品とを接続した。この状態で、直流安定化電源が表示する電圧値を、製品仕様が定義する試験電圧値に調節し、試験を実施した。

試験失敗による状況の例:

- 想定外の試験結果が生じた。

失敗状況に至る過程:

- この事例での想定外の試験結果とは、次の要因により、試験電圧が目標値よりも下回ってしまったために生じた可能性がある。
 - a) 製品仕様が定義する試験電圧とは、試験電圧を印加する供試品の電源入力端子上的電圧値を指す。直流安定化電源装置の出力端子上的電圧値では、決してない。しかし試験者は、直流安定化電源装置の出力端子に現れた電圧値を見ながら電圧を調整した。
 - b) また、ケーブルに電流が流れることで、ケーブル自体は電氣的抵抗をもつ負荷となって、試験電圧を降下させる。この電圧降下量は、ケーブルの長さに応じて増加する。

これらにより、供試品の電源入力端子上的電圧値は、直流安定化電源装置が表示する電圧値を更に下回る状況となり、試験結果に影響を与えた。

対策:

- 供試品に供給する試験電圧値は、供試品の電源入力端子上的電圧値を測定しながら、調整する。
- また、ケーブルに温度特性がある場合は、この点も配慮する。例えば、恒温槽内に配置したケーブルは試験温湿度に曝されることによって、その電氣的抵抗が検査データに影響するほどに変化するかもしれない。このことは、試験実施前の予備実験などで予め確認しておく必要がある。

(C3) 供試品以外の障害による試験への影響

失敗事例:

- ・ 供試品に印加する試験ストレスに対し、耐性があるか否かが不明な補助器具や装置類(注記4)と共に、供試品にストレスを印加した(又はストレス雰囲気下に曝露した)。

注記4 … 試験中に供試品を駆動させる、制御する、検査する、又は供試品とデータ通信するなどのための器具や装置類を指す。なお、この事例では、これら器具や装置類は試験又は品質判断の対象ではないことを前提とする。

試験失敗による状況の例:

- ・ 試験中(ストレス印加中)に、試験対象外である補助器具や装置類に障害が発生し、試験が中断した。(なお、このとき供試品自体には障害は発生していない。)又は、試験終了後に、そのような事態が生じていたことを始めて知り、再試験を余儀なくされた。

失敗状況に至る過程:

- ・ 試験対象外(又は品質判断の対象外)である補助器具や装置類が、試験ストレスに耐えられなかったことによる。

対策:

- ・ 補助器具や装置の試験ストレスに対する耐性は、それらの仕様値を事前に確認しておく。また、それら仕様値が試験ストレス値を上回っていても、実際には耐えられない実例もあるため、その懸案度合に応じて、試験ストレスに耐えられることを確認するための予備実験を計画すると良い。このことは、それらの仕様値が不明であり、耐性が未知である場合も同様である。
- ・ もし試験ストレスに耐えられない補助器具や装置である場合は、(a)仕様のにも実力的にも耐えられる代用品を準備・使用する、(b)試験中にそれらをストレスから保護する手段を検討する、(c)補助器具や装置をストレスの外に設置する、又は(d)試験に影響を与えないようなルール(例:試験中に定期的に器具や備品を点検或いは交換するなど)等々を検討する。

参考にするべき規格類

- ・ JIS Q 17025 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項, 6.4 設備

試験機に対する要求事項を扱う規格類

温度試験槽

- ・ JIS C 60068-3-5 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-5部: 温度試験槽の性能確認の指針
- ・ JIS C 60068-3-6 環境試験方法 - 電気・電子-第3-6部: 支援文書及び指針 - 温湿度試験槽の性能確認の指針
- ・ JIS C 60068-3-7 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-7部: 支援文書及び指針 - 負荷がある場合の低温試験(試験A)及び高温試験(試験B)の試験槽の温度測定のための指針

振動試験機

- ・ JIS C 60068-2-6 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-6部: 正弦波振動試験方法(試験記号: Fc), 4 試験要求事項

衝撃試験機

- ・ JIS C 60068-2-27 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-27部: 衝撃試験方法(試験記号: Ea), 4 試験要求事項

ESD発生器

- ・ JIS C 61000-4-2 電磁両立性 - 第4-2部: 試験及び測定技術 - 静電気放電イミュニティ試験, 6 ESD発生器

(D) 温度 (温湿度) 動作試験

試験概要

- 部品、半製品又は製品が高温や低温環境下で使用できることを確認する試験。
- 各温湿度環境下に供試品を曝した状態のまま、供試品の機能、性能又は品質を検査する。高温動作試験、低温動作試験又は高湿動作試験などが挙げられる。

試験手順 (例)

- 1) 供試品を温度試験槽内に設置する。このとき、必要に応じて検査用ツールを供試品に接続又は取り付ける。また、検査に用いる計測器類や供試品の駆動装置などは温度試験槽の外に設置し、通信・電源ケーブルなどと温度試験槽内の供試品とを接続する。
- 2) 温度試験槽内の温湿度を試験条件に設定し、温度試験槽を稼動する。
- 3) 供試品表面の温度が試験条件の温度に対して安定した後に、温度試験槽内の供試品を検査する。
- 4) 目的に応じて、その他の温湿度条件についても、2)～3)を繰り返す。
- 5) 必要とする全ての温湿度条件に対し試験が終了した後、各温湿度下での検査結果を精査し、判定基準と照合のうえ品質判断を行う。

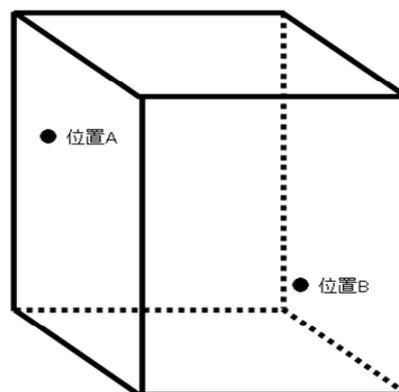
設備/ジグなどに関する失敗の事例と対策

(D1) 温度試験槽内の温度分布不均一

失敗事例:

- 温度試験槽内の空間において、温度が試験温度の許容範囲を超えている空間位置があり、そのような位置に供試品を設置して検査を実施した。
- 例えば、次に示す図において、位置Aの周囲温度が試験温度の許容範囲を超えて高く又は位置Bの周囲温度が試験温度の許容範囲を超えて低いことなどが挙げられる。

図1 - 温度試験槽内 模式図



試験失敗による状況の例:

- 試験時の温度試験槽内の配置位置に依存して試験結果が異なる、又はデータに特定の傾向が見られる。
- 判定基準を満足しないはずが、判定基準を満足できた、又はその逆であり、そのような傾向は温度試験槽内の配置位置に依存しているように見える。

→ 次ページに続く

失敗状況に至る過程:

許容できないような温度試験槽内の空間位置による温度差は、次のいずれかの状況で生じる可能性がある。

- 温度試験槽の性能や駆動原理により、温度試験槽内の空間位置によって許容範囲を超えるような温度差が生じる場合がある。例えば、温度試験槽内の空気の流れが不均一であるか熱の対流や風量などの状況による。特に旧式の温度試験槽である場合は、そのような状況であるかもしれない。
- 温度試験槽内に配置した供試品に、発熱する別の供試品が同居し近接している場合、その放熱は対象となる供試品の周囲温度に影響する場合がある。その放熱程度によっては、対象となる供試品の周囲温度は許容範囲を超えているかもしれない。
- 温度試験槽の老朽化やメンテナンスの不備により、温度試験槽が本来の設備能力を発揮していないことによるかもしれない。
- 複数の供試品を1台の温度試験槽内に設置している場合で、温度試験槽内に流れる風（槽内の温度を平衡させるための循環風）への曝露が供試品あたりで不均一であると、供試品あたりの周囲温度に差が生じることがある。例えば、供試品が温度試験槽内の循環風を遮蔽していると、別の供試品への風当りは不均一となり、それら供試品の周囲温度に温度差が生じる。

なお、これには1台の試験槽内に配置した同一の供試品グループや、異なる供試品が1台の試験槽内で共存しているような共有槽などが該当する。なお、共有槽については“(E5) 試験期間中の試験槽ドアの開閉”に記載する注記10 も併せて参照する。

対策:

状況及び必要に応じて次の対策を施す。

- 温度試験槽内での空間位置あたり及び温度条件あたりの温度分布をあらかじめ調査・把握しておき、それを元に温度試験槽内での供試品の配置位置を検討・決定する。そのうえで、供試品の数量によっては、温度試験槽内での供試品の配置を一定期間でローテーションさせて、配置位置による供試品あたりへの影響を低減させるような工夫を施す。

または、温度試験槽内の温度分布の不均一さで生じた目標温度 (= 試験温度) に対する差分を、あらかじめ温度試験槽の温度設定値に加算して温度を制御する。(この場合、供試品の周囲温度を確認しながら試験を継続することが望ましい。) このような手段は、試験条件の許容範囲を超える状況を避けるための、応急的処置であるが、一案ではある。

- 1台の温度試験槽内で、発熱する別の供試品と同居する場合は、試験対象となる供試品の周囲温度を確認しつつ、供試品間の距離に影響し合わない程度まで確保する。
- 温度試験槽が本来の設備能力を発揮できるよう、温度試験槽の校正及びメンテナンスは、温度試験槽の取り扱い説明書に準じて定期的に、確実にを行う。また、試験前後の設備点検 (例: 日常点検) も確実にを行う。
- 複数の供試品を1台の温度試験槽内に設置する場合は、個々の供試品に対して、温度試験槽内の風に均一に曝露させるよう配置を工夫する。例えば、供試品が広い面積をもつ回路基板である場合は、温度試験槽内の風の流れに対して、回路基板を平行に並べて配置するとよい。このことは、供試品を設置するために準備する平板又は棚板についても同様である。これらのサイズや配置は、槽内の風を妨げないよう考慮する必要がある。

(D2) 検査用器機の温度特性による影響

失敗事例:

- ・ 温度試験槽内に設置した、電気信号を観察するための検査用プローブ又は検査用回路基板などの、供試品以外の装置や器機の温度特性が検査データに影響を与えた。

試験失敗による状況の例:

- ・ 検査データが判定を満足しない、又はデータに特定の傾向が見られる。

失敗状況に至る過程:

- ・ 試験温度範囲が、検査用プローブなどツール類の保証温度範囲を上回っているかもしれない。そうである場合、例えば、検査用プローブが採取した電気信号は、供試品単独の振る舞いとは関係なく、信号は減衰、変形又は欠落している可能性がある。
- ・ 検査専用設計された装置や機器が、常温以外の温度範囲で誤作動しているかもしれない。

対策:

- ・ 市販のプローブ類であれば、それらの保証温度範囲が試験温度範囲を上回っていることを、事前に確認しておく。プローブ類の保証温度範囲が試験温度範囲を下回っている場合は、広温度範囲での使用を保証するプローブ類を準備する必要がある。例えば、市販されているプローブ類の多くの使用温度範囲はおおよそ0～50℃であるが、環境試験用として-40～85℃下で使用可能としている広温度範囲タイプのプローブ類も市販されているので、試験条件に見合ったプローブを選択し準備するとよい。プローブ類以外の市販品についても同様である。

または、供試品から信号を採取するためのケーブルを温度試験槽の外に引き出し、温度試験槽の外に配置したプローブ類に接続する。この場合、ケーブルの長さなどの条件によっては、電圧降下や波形変形などが生じることがあるので、このような特性を事前に調査する等して、試験結果に影響を与えない条件を事前に検討しておく。

- ・ 温度試験槽内に設置する検査用器機や装置がオリジナルである場合は、あらかじめ試験温度範囲での動作を確認しておくか、又はそれらを温度試験槽の外に設置して試験を実施する。

(D3) 温度試験槽内での回路短絡

失敗事例:

- ・ 供試品の形態が回路基板である場合の事例。試験時、通電している回路基板の表面が、温度試験槽内の導体に接触して短絡し、回路基板が誤作動又は破損した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 検査データが判定を満足しない。
- ・ 供試品 (回路基板) が破損し、試験を継続できない。

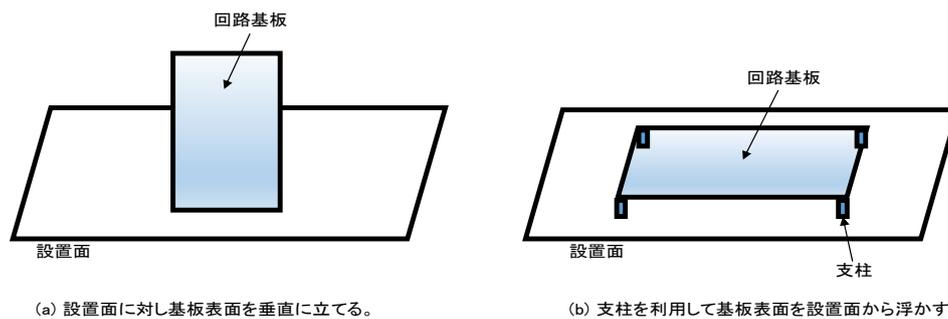
失敗状況に至る過程:

- ・ 温度試験槽内で、絶縁処理を施していない金属製の棚板上に、回路基板の表面を直置きした状態で通電したことによる。または、絶縁処理を施していない金属製のカゴ、金網、金属板又は温度試験槽内の床面への直置きなども挙げられる。これらの状況下では、回路基板の表面から突き出したリード端子やはんだ接続部などが、対面する金属製の設置面に接触し、不要な回路短絡に至らせる。
- ・ 絶縁処理を施した金属製の設置面であるが、老朽化などにより絶縁膜が剥がれ金属がむき出ししている場合も、同様の事態に至る。
- ・ 絶縁処理を施した金属製の設置面であるが、部品面から突き出したリード端子やはんだツノなどの鋭利な先端が、この絶縁膜を突き破り、絶縁膜下の金属と接触することで短絡に至る。
- ・ 試験条件が高湿環境である場合は、たとえ絶縁処理又は絶縁材料による平らな設置面に基板表面を直置きしても、設置表面に溜まった水分が、直置きした基板表面を短絡させる可能性がある。例えば、加湿のための純水と、設置面の不純物とが混ざり合うことで、水膜の導電率が増加し回路短絡に至りやすくなる。

対策:

- ・ 試験中の回路基板にとって、他の導体との接触による短絡とは、計画外のことであり異常事態に相当する。試験又は検査時では、不要な短絡に至らないよう注意を払う必要がある。
- ・ 温度試験槽内に回路基板を設置する場合は、基板表面は浮いた状態とすることが望ましい。例えば、設置面に対し回路基板を垂直に設置するか又は次に示すように、回路基板に支柱を設けて浮かせた状態で設置面に置く。

図2 - 温度試験槽内での回路基板の設置例



(a) 設置面に対し基板表面を垂直に立てる。

(b) 支柱を利用して基板表面を設置面から浮かす。

または、高湿をストレスに含まないのであれば、ベーク材などの絶縁材料による板の上に回路基板を直接置くことも、一案である。

- ・ 絶縁材料による設置面であっても、試験条件が高湿である場合は、前述と同様に、設置面の水膜との接触を回避するために、回路基板は浮かして設置することが望ましい。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(D4) 試験温度条件下への曝し時間の不足

失敗事例:

- ・ 供試品の温度が安定する前に検査を実施した。 または、供試品の温度が試験温度に到達するまでの変化している間に、検査を実施した。
- ・ 例えば、供試品を常温環境下から温度試験槽内に移動してすぐに検査を開始したか、又は試験温度下での供試品の放置時間が不足したまま検査を開始した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 検査データの再現性が不安定。(このような事態は、温度に敏感な供試品で生じやすい。)

失敗状況に至る過程:

- ・ 供試品のサイズ、構造や材料によっては熱の伝導(又は熱がまんべんなく伝わるまで)に時間を要する場合がある。 そのような供試品であれば、試験温度下での検査開始前に、供試品温度が安定するまである程度の放置時間を必要とする。
- ・ 供試品を構成する部品又は材料の温度が未だ変化の過程にあるとき、それらの諸特性や膨張・収縮の状況も変化している過程にある。 そのため、検査パラメータにそれらが関与しているのであれば、検査データも伴って不安定な振る舞いを示す場合がある。

対策:

- ・ 温度試験槽内が試験温度に到達した後、製品規格で定義している規定時間又は供試品や評価対象とする部位の表面温度が安定するまで、試験温度に供試品を曝し続け、供試品や対象部位の表面温度が安定した後に検査を開始する。

アドバイス:

- ・ この試験は一般的に、規定温度に対して供試品温度が安定している間の機能、性能又は品質の検査が求められる。 もし、周囲温度が変化している間での、供試品の能力を調べたい場合は、温度変化している間に検査するような、別の試験を計画する必要がある。
- ・ 必要な曝し時間は、あらかじめ予備調査しておくか、又は過去の類似製品による試験実績を参考にして決めるとよい。

(D5) 結露

失敗事例:

- ・ 高温高湿環境下で供試品が結露した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 検査中、供試品に機能障害が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 表面温度が低い状態の供試品を、急激に高温高湿下に曝すことで結露する。
(試験条件である高温高湿度に対し、供試品表面温度が露点温度(注記5)を下回っていると、温度試験槽内の雰囲気中の水蒸気が凝縮し、供試品表面に水分が付着する。)

注記5 … 露点温度とは、水蒸気を含む空気を冷却したとき、凝結が始まる温度をいう。また、凝結とは、水蒸気の一部が気体から液体へ転化する凝縮現象を指す。

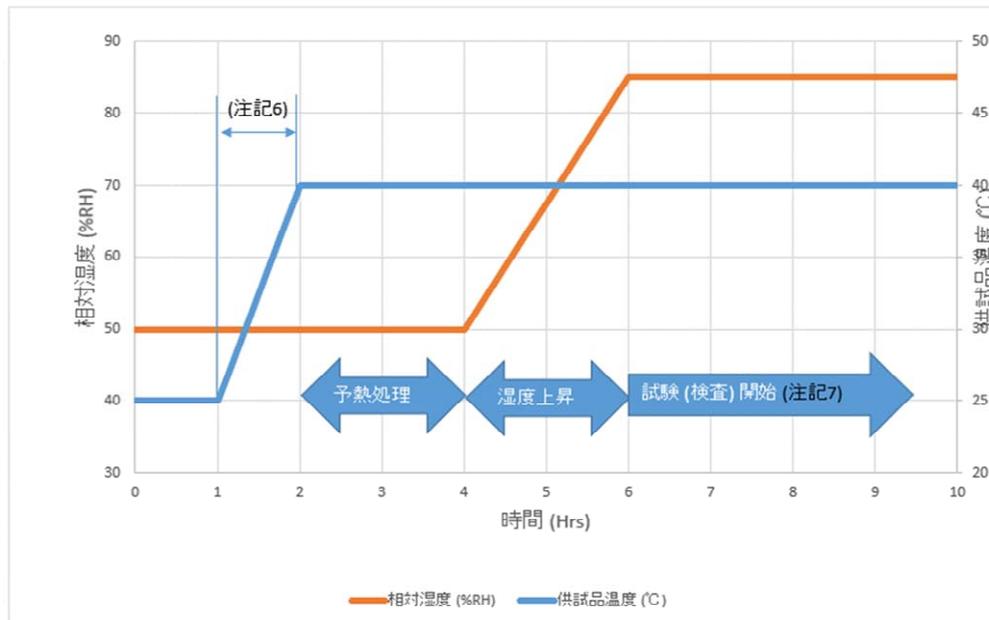
- ・ 回路基板表面で生じた結露は、短絡や絶縁性の低下を生じさせ(これには配線の物理的保護手段、回路基板表面の汚染程度や不純物の有無などが関わる)、不要な症状や障害を誘発する場合がある。
- ・ 金属部品の表面で生じた結露は、金属腐食の発生と成長を加速させる可能性がある。

→ 次ページに続く

対策:

- 高温高湿環境に曝す前に、供試品は予熱（結露を防ぐために、あらかじめ規定の高温度に供試品を加熱する処理）しておく。温度試験槽内の供試品の温度が規定温度（予熱温度）に達した後に、引き続き温度試験槽内を規定湿度に調節し、温度試験槽内が規定湿度に到達した以降に検査を実施する。
- 供試品を設置した温度試験槽内の湿度上昇率は、製品仕様によるか、又は製品仕様での定義がない場合は、最初に低湿度で予熱した後に、2時間以内に規定する高湿度に到達するよう調整する。
- 次に予熱処理の例を記載する。

図3 - 予熱処理の例



注記6 … 常温又は標準状態から高温度に上昇させる過程は、温度の急変を避けることが望ましい。或いは、製品仕様に従う。

注記7 … 供試品への水分の吸収が平衡状態になるまでの水分の浸透速度は、供試品を構成する材料、水蒸気圧又は温度などで異なる。また、水分吸収のプロセスは長時間にわたって生じ続け、平衡状態への到達には極めて長い時間を要するが、この状況を試験中に定量的に把握することは不可能である。

そのため、水分吸収の程度が検査パラメータに大きく影響しているのであれば、高温高湿下で検査を開始するタイミングは、想定された市場での状況に沿って決定するか、過去の類似製品の保証実績を参考に決定する、又は仕様書の定義に従う。

電氣的バイアスを長時間にわたって印加し続けるような試験である場合、規定の温湿度に達した時点から電氣的バイアスを印加してよい。

通電（非動作状態）で保存できる能力を評価するような保存試験である場合は、規定の温湿度に達した時点から試験を開始する（保存時間のカウントを開始する）。

アドバイス:

- 供試品への結露は常に避けなければならない。通常、この試験目的には結露に対する耐性評価を含めない。もし、結露下での供試品の能力を調べたい場合は、結露環境を想定した別の試験を計画する必要がある。

(D6) 検査時での温度試験槽内からの供試品取り出し

失敗事例:

- ・ 高温や低温下での検査を求められていた試験であるにもかかわらず、温度試験槽内で供試品を操作できないなどの事情により(注記8)、高温や低温などの温度試験槽内から供試品を室温下に取り出して、すぐに検査した。

注記8 … 例えば、手で触れることができないほどの、高温度や低温度による試験条件が挙げられる。

試験失敗による状況の例:

- ・ 検査データの再現性が不安定。(このような事態は、温度に敏感な供試品が該当する。)

失敗状況に至る過程:

- ・ 供試品を温度試験槽内から室温下に取り出した時点から、供試品の温度は室温相当の温度に向けて変化し始める。このとき、供試品を構成する部品又は材料の特性は、前述の“(D4) 試験温度条件下への曝し時間の不足”の事例で述べた不安定な状態となり、伴って検査データも不安定となる。
- ・ 0℃を下回るような低温の温度試験槽内から室温下に供試品を取り出した場合は、供試品は結露する。このとき、供試品に生じる事態は 前述の“(D5) 結露”の事例と同様となる。

対策:

- ・ 供試品温度が安定している間の品質を検査するために、検査時は供試品を温度試験槽の外に出してはならない。検査は試験温湿度に保たれた温度試験槽内で実施する。
- ・ 温度試験槽内で供試品を扱うために、操作孔付きのガラス製扉をもつ温度試験槽を使用することが最も望ましい。必要であれば、併せて耐熱性ゴム手袋も利用する。
- ・ その他の対策として、温度試験槽内での供試品の取り扱いや操作のために、簡易的なロボットなどの装置を作成・準備し温度試験槽内に設置する、又は温湿度にもよるが、人が入室して作業できる程のサイズをもつ恒温室内で検査することも一案である。

アドバイス:

- ・ 何かしらの事情により温度試験槽内での検査が困難であり、やむなく本事例のような手順で検査せざるを得ない場合があるかもしれない。この場合、そのような手順であることについて、あらかじめ顧客又は関係者と協議し同意を得る。また、試験結果の報告にはそのような検査手順によることを記録しておく。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- ・ JIS C 60068-2-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-1部: 低温 (耐寒性) 試験方法 (試験記号: A)
- ・ JIS C 60068-2-2 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-2部: 高温 (耐熱性) 試験方法 (試験記号: B)
- ・ JIS C 60068-2-78 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-78部: 高温高湿 (定常) 試験方法 (試験記号: Cab)

試験方法/条件を検討するための支援/指針を示した規格類

- ・ JIS C 60068-3-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-1部: 低温 (耐寒性) 試験及び高温 (耐熱性) 試験の支援文書及び指針
- ・ JIS C 60068-3-4 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-4部: 高温高湿試験の指針

各種環境条件の通則を示した規格類

- ・ JIS C 60068-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第1部: 通則及び指針

(E) 高温(高湿)負荷寿命試験

試験概要

- ・ 高温(高湿)環境下で、供試品に電圧ストレスを継続的に印加する試験。耐湿性試験、高温高湿(加速)試験又は耐湿負荷試験などともいう。
- ・ 主には、耐用年数を保証することを目的とした加速試験であり、又は特定の故障モード(例: 回路基板のマイグレーションなど)の潜在性を評価するための加速試験。

試験手順(例)

- 1) 供試品を温度試験槽内に設置する。このとき、必要に応じて検査用ツールを供試品に接続又は取り付ける。また、検査に用いる計測器類や供試品の駆動装置などは温度試験槽の外に設置し、温度試験槽内の供試品と接続する。
- 2) 温度試験槽内の温湿度を試験条件に設定し、槽を稼動する。このとき、供試品の結露は避ける。
- 3) 供試品周囲の温度が試験条件の温度に対し安定した後、供試品に電圧ストレスを印加し、試験を開始する。
- 4) 試験期間中は必要に応じ、常時又は一定期間あたりで供試品の諸特性を観察/記録する。
- 5) 規定の試験時間に到達した後、供試品への電圧ストレスの印加を停止し、温度試験槽内の温湿度を標準状態とする。
- 6) 供試品を温度試験槽の外に取り出し、試験後の検査を実施する。

設備/ジグなどに関する失敗の事例と対策

(E1) 加湿用の水の汚染

失敗事例:

- ・ 温度試験槽の加湿用の水を貯める水槽内(又は給水タンク内)の水が濁っていた。(例: 水槽内に藻が発生していた。)
- ・ 加湿用の水に水道水をそのまま使用した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 温度試験槽が突然故障し、試験が中断した。これにより再試験を余儀なくされた。
- ・ 供試品の金属部品が腐食したか又は腐食状態や障害に至る成長速度が既知と異なっているように見える。
- ・ 供試品の回路基板の絶縁性が著しく低下した。(例: 回路基板上で短絡が生じた。)

失敗状況に至る過程:

- ・ 温度試験槽内又は水槽内の清掃を怠ったことにより、加湿用の水が汚染された。
- ・ 加湿用の水に水道水を使用した場合、水道水に含まれるシリカ成分が加湿ヒータに付着/蓄積することで、いずれ温度試験槽の過熱装置などが故障し、温度試験槽は異常停止する。汚染水の汚染物質によっても同様の事態に至る。
- ・ 水道水に含まれるシリカ、塩素成分又は水の汚染物質が、供試品の金属腐食過程に影響を与える可能性がある。
- ・ 水の汚染物質が回路基板上に付着した場合、汚染物質がパターン間の絶縁性を低下させる可能性がある。

→ 次ページに続く

対策:

- 温度試験槽内(加湿用の水の循環ルートを含める)及び水槽内の清掃を行い、水(純水)は全て入れ替える。また、以降は、これらの清掃(すなわちメンテナンス)を定期的実施する。なお、必要とする清掃箇所及び方法については、温度試験槽のメンテナンスマニュアルに準じるか温度試験槽の製造業者の指示に従う。
- 加湿用の水は、水道水ではなく純水を使用する。

アドバイス:

- 湿度ストレスで生じる代表的な故障には、金属腐食がある。金属腐食の形態や成長過程には水分が関わるが、水質が変わると腐食の形態や成長過程に大きく影響する。本試験は通常、水質の違いをストレスに含めていない。
- 湿度を試験ストレスとして頻繁に利用するのであれば、温度試験槽に加えて純水生成(製造)装置を準備・設置するとよい。また、長期試験時に純水を補給する手間又は純水の水質検査を都度行う手間を改善するために、温度試験槽に接続し連続給水できるような純水製造装置を導入・設置することも一案である。

(E2) 温度試験槽内の汚染

失敗事例:

- 温度試験槽内が汚染していた又は著しく汚れていた。

試験失敗による状況の例:

- 供試品の金属部品が腐食した、又は腐食状態や障害に至る成長速度が既知と異なっているように見える。
- 供試品の回路基板の絶縁性が著しく低下した。(例: 回路が短絡した)

失敗状況に至る過程:

- 温度試験槽内に、不純物や汚れが堆積していたことによる。この汚染は、温度試験槽内で過去に試験を行った供試品に付着していた不純物、供試品からのアウトガス、温度試験槽の外からの不純物侵入又は加湿用の水の汚染などが累積的に堆積・付着したものである。
- 総じて、温度試験槽内の清掃を怠ったことによる。
- このような温度試験槽内の不純物や汚れの堆積物は、その後にアウトガスとなって温度試験槽内の水分と共に、供試品に計画外の症状を誘発する可能性がある。

対策:

- 温度試験槽内(加湿用の水の循環ルートを含める)及び水槽内の清掃を行い、水(純水)はすべて入れ替える。また、以降は、これらの清掃(すなわちメンテナンス)を定期的実施する。なお、必要とする清掃箇所及び方法については、温度試験槽のメンテナンスマニュアルに準じるか温度試験槽の製造業者の指示に従う。
- 温度試験槽内の状態確認は、試験前後に都度点検し、かつ状態に応じて清掃することが望ましい。

(E3) 供試品以外での温度特性による影響

失敗事例:

- ・ 供試品以外の、試験や検査に用いる部品や部材の温湿度特性が、供試品に影響を与えた。
- ・ ここで扱う部品や部材とは、試験や検査を補助するための、例えば、電子部品などの供試品を実装した基板、供試品を固定する接着剤やジグ類などを指す。

試験失敗による状況の例:

- ・ 電子部品(供試品)を実装した試験用基板にダメージ(例: 基板の膨れ又は層間剥離など)が生じた。又は供試品を固定していた接着剤が剥離した等々。
- ・ または、このような状況が、供試品に計画外(想定外)の故障を誘発した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 試験実施に必要な供試品以外の部品又は部材の耐熱温度が、試験温度を下回っていたことによる。また、短時間の曝しであれば耐熱性を示す部品/部材であっても、長期試験には耐えられなかった可能性もある。

また、長期にわたり使い続けてきた供試品以外の部品や部材には、疲労的ダメージが蓄積しているかもしれない。このことがそれら部品や部材の特性に影響を与えているかもしれない。

このような供試品以外の部品・部材で生じた物理的変化やダメージは、供試品に計画外の故障を誘発する可能性がある。

- ・ 供試品以外の部品・部材からアウトガス(材料から放出されるガス)が生じ、アウトガスの成分が供試品に計画外の故障を誘発する可能性がある。これには例えば、接着剤が挙げられる。

対策:

- ・ 試験温湿度に曝される供試品以外の部品・部材が保証する温湿度範囲は、試験温湿度を上回り、かつ供試品の試験結果に何も影響を与えないことを、あらかじめ確認しておく。例えば、部品・部材の仕様値(又はカタログ値)を確認するか部品・部材の製造業者にあらかじめ確認しておく。
- ・ 長期にわたり使い続けてきた部品や部材を今回の試験で再利用したい場合は、試験計画又は準備の段階でそれらは供試品の試験結果に何も影響を与えないことを確認しておく。懸案ある場合は、それらを新品に交換のうえ試験にのぞむ。

アドバイス:

- ・ 試験によって検出された故障は、まずは供試品以外の要因が影響していないかを、注意深く考察する必要がある。一方で、故障を誘発した供試品以外の要因は、実は、市場で生じるかもしれない故障モードの潜在性を示唆しているかもしれない。このような視点の考察も、念のために実施しておくことが望ましい。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(E4) 供試品の放熱による影響

失敗事例:

- 供試品からの放熱が、試験結果に影響を与えた。(注記9)

注記9 … 供試品からの放熱とは、発熱供試品によるものであり、標準大気条件下で供試品表面の温度が安定に達しているときにおいて、周囲温度と供試品との温度差が $\Delta 5^{\circ}\text{C}$ を超えるような状況を指す。
(“JIS C 60068-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第1部: 通則及び指針”より意識して引用)

試験失敗による状況の例:

- 寿命耐久性が耐用年数を満足できない、又は同時に試験を実施した同一供試品グループ内の他の供試品よりも寿命耐久性が劣る。

失敗状況に至る過程:

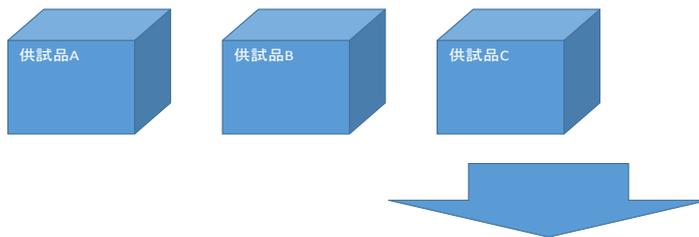
- 温度試験槽内での供試品の配置について、隣接しあう供試品間の間隔が狭い。このことが、供試品の放熱が、隣接する供試品の周囲温度を上昇させて、次に至る。
 - 放熱する供試品に隣接する供試品の周囲温度が、試験条件の許容範囲を超えて上昇し、このことが隣接する供試品にとって試験の厳しさを増す状況となり、隣接する供試品の試験結果は他の供試品よりも短い寿命を示す。
- 供試品が試験用の回路基板に実装したチップ部品である場合、チップ部品に接続した回路(パターン)配線の面積によっては、チップ部品の放熱特性に影響を与え、その結果、チップ部品の寿命特性にも影響を与える。放熱に要する表面面積の少ないチップ部品からの放熱は、気中のみに対してではなく、接続した回路(パターン)配線にも伝播する。このとき、回路(パターン)配線を構成する銅に熱が伝わるが、銅は放熱性が高い。例えば、回路(パターン)配線を構成する銅の面積が広くなれば、その面積に応じて銅からの放熱性は高まり、伴って、接続したチップ部品の発熱温度は低下する。
そのため、試験の都度に回路(パターン)配線の面積が異なる場合、接続したチップ部品の発熱温度も都度異なることとなり、その結果、チップ部品の寿命特性も都度異なるような事態に至る。

対策:

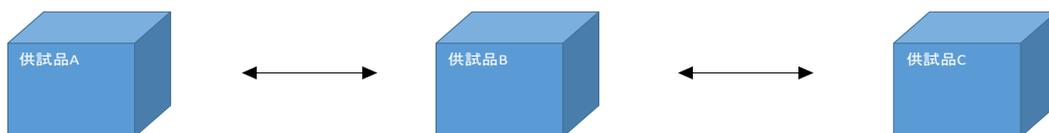
- 発熱する供試品間の距離は、供試品からの放熱の影響を無視できる程度まで確保して配置する。

図4 供試品間の距離

供試品間の距離が狭いと発熱供試品からの放熱の影響を受け易い!



放熱の影響を無視できる程度まで、供試品間の距離を確保!



- 放熱するための表面面積が少ない部品である場合、同部品に接続する試験用の回路パターン(又は放熱経路になりうる部位)については、その放熱の状況が試験結果又はその再現性に著しい影響を与えないよう、あらかじめ一定のデザインルールを定義しておく。

(E5) 試験期間中の試験槽ドアの開閉

失敗事例:

- 試験期間中、温度試験槽のドアを頻繁に開閉した。

試験失敗による状況の例:

- 寿命耐久性が想定よりも長い。

失敗状況に至る過程:

- 使用する温度試験槽を他のスタッフと共有している場合(注記10)、他のスタッフが供試品の出し入れをするために温度試験槽のドアを開閉した。このようなことが日常的に行われることで、温度試験槽内の温湿度はドアの開閉に応じて上下変動する。これにより、定常的な温湿度ストレスであるはずの試験は、あたかも温湿度変化試験のような試験となる。なお、これによる温湿度の変化幅は、室温の状況、温度試験槽の容量やその時々のドアの開放時間に左右される。

注記10 … ここでの共有している槽とは、例えば、一定の温湿度条件で稼働し続けている温度試験槽であり、異なる供試品であっても同じ試験条件であれば、供試品の種類を問わず共有して利用してよいと決めた温度試験槽を指す。例えば、60°C95%RH や -40°Cなどの定常的な温湿度条件で稼働し続けている温度試験槽。以下、このような温度試験槽を“共有槽”と記す。

- 又は一部のスタッフが、試験中の供試品の様子を目視で確認するために、共有槽のドアを開閉した。そのようなことを頻繁に行った。

対策:

試験期間中、共有槽のドアは頻繁に、かつ、長時間 開放してはならない。

- 長期試験である場合、共有槽は利用しないことが望ましい。占有できる温度試験槽が確保できないなどの事情により共有槽を使わざるを得ない場合は、試験期間中のドア開閉を制限する。例えば、供試品の出し入れは1週間に1回とし(かつドアの開閉時間も制限する)、そのスケジュールをスタッフ間で共有する。また、試験結果にはこのような環境下による試験であったことを記録する。
- 試験期間中、供試品の様子を目視確認したいのであれば、観察窓を備えた温度試験槽を共有槽として利用するとよい。そのような温度試験槽でなければ、試験期間中のドア開閉は必要最低限に済ませるか、又は供試品の状態を示すパラメータを温度試験槽の外から常時モニタできるような別の手段を検討する。

アドバイス:

- 共有槽の利用には利便性の点で長所がある一方、前述のような短所もある。共有槽である場合は、次の点についてルールを設定し、スタッフ間で共有・周知合ったうえで運用することが望ましい。

- 供試品の出し入れができる日時(例: 毎週末の XX:XX ~ XX:XX)
- 共有できる供試品の種類、数量、サイズの制限や要件(注記11)

注記11 … これには、同居するほかの供試品の試験結果に影響を与えるような要因をもつ供試品など、共有できない供試品の要件もルール化するとよい。

- 温度試験槽内での供試品の配置に関するルール
- 温度試験槽メンテナンスのスケジュール(= 試験槽の稼働停止時期)
- 温度試験槽トラブル発生時の対処方法と連絡先の明示

… 等々

- なお、試験の実施頻度や利用者のニーズなどによっては、このようなアドバイスに従った共有槽に対する対応は現実的には難しいかもしれない。そうである場合は、本事例の内容は、正しい試験結果が得られなかった場合での試験環境の再点検に利用するか、或いは前述の要因(併せて(F2)の事例も参照する)を内在する試験環境であることを念頭に置いたうえで共有槽を利用する。

参考にすべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- JIS C 60068-2-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-1部: 低温 (耐寒性) 試験方法 (試験記号: A)
- JIS C 60068-2-2 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-2部: 高温 (耐熱性) 試験方法 (試験記号: B)
- JIS C 60068-2-78 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-78部: 高温高湿 (定常) 試験方法 (試験記号: Cab)

試験方法/条件を検討するための支援/指針を示した規格類

- JIS C 60068-3-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-1部: 低温 (耐寒性) 試験及び高温 (耐熱性) 試験の支援文書及び指針
- JIS C 60068-3-4 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-4部: 高温高湿試験の指針

各種環境条件の通則を示した規格類

- JIS C 60068-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第1部: 通則及び指針

(F) 温度 (温湿度) 保存試験

試験概要

- ・ 非動作状態又は通電していない供試品を規定の温度 (温湿度) 下に一定期間保存し、保存終了後に供試品の機能、性能又は品質を検査する。高温保存、低温保存、高温高湿保存或いは温度(温湿度)サイクル試験などが挙げられる。
- ・ 主には、部品、半製品又は製品を、各温湿度環境下に保存できる能力を調べることを目的とする。

試験手順 (例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 非動作状態又は通電していない供試品を温度試験槽内に入れる。
- 3) 温度試験槽内の温湿度を規定の試験条件まで変化させる。このときの温湿度変化率は、規定によるか緩やかに変化させる。
- 4) 温度試験槽内の温湿度が規定の試験条件に達した時点から、保存試験を開始する。
- 5) 保存時間が規定の時間に達した後、温度試験槽内の温湿度を標準状態まで変化させる。このときの温湿度変化率は、規定によるか緩やかに変化させる。
- 6) 供試品を温度試験槽の外に取り出し、供試品の表面温度が標準環境の温度に対し安定するまで更に放置する。
- 7) 供試品の試験後品質を標準環境下で検査し記録する。
- 8) 試験目的に応じて、初期品質と試験後品質を比較し、判定基準と照合のうえ品質判断を行う。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(F1) 保存試験後の常温曝し時間の不足

失敗事例:

- ・ 保存試験終了後、供試品を保存温度に維持した温度試験槽から室温下に取り出して、すぐに検査を開始した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 検査データの再現性が不安定。
- ・ 低温保存試験後 (例: -40°C での保存試験後) の検査で回路基板に機能障害が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 保存温度に維持した温度試験槽から供試品を室温下に取り出した時点から、供試品の表面温度は室温と同等な温度に向けて急激に変化し始める。このとき、供試品の表面温度が室温相当の温度に到達するまでの間、供試品を構成する部品又は材料の特性も、伴って変化の途上であり物性的に安定していない。結果、検査する特性にそれらが関与している場合、このタイミングで測定した検査データも伴って不安定となる。
- ・ 高湿保存試験後では、供試品を高湿下から常湿下に取り出した時点から、吸湿した供試品から水分は急激に放出し始める。このときに、供試品の吸湿状態が影響するような電気的な特性 (例えば絶縁性に関する特性) を検査した場合、このような特性は再現性が低下するか、或いは不安定な値を示すことがある。
- ・ 低温保存試験後では、供試品を低温下から室温下に取り出した時点からしばらくの間、供試品表面や回路基板の表面は結露状態となる。このときに通電し検査を行った場合、回路基板上では結露により絶縁性が低下又は短絡するなどして、電気的な機能障害を引き起こす可能性がある。

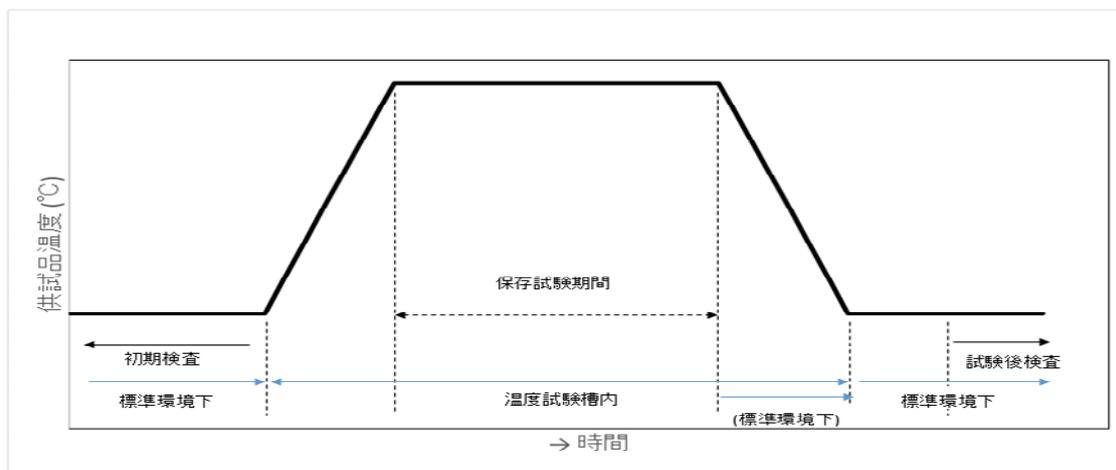
→ 次ページに続く

対策:

試験後の常温曝し時間は、製品規格書の指示に従うか、指示が無い場合は次の手順により供試品温度を安定させた後に、試験後の検査を開始する。

- 保存試験終了後、供試品を温度試験槽内に置いたまま、槽内温度を標準状態の温度範囲に到達するまで、5分以内の平均で1℃以下/分の割合で変化させる。引き続き、供試品を温度試験槽から室温下(標準環境)に取り出し、供試品温度が室温と同等な温度に安定するまで(例えば、1～2時間以上)そのまま放置した後に、試験後の検査を実施する。
- また、想定する故障モードに影響しないことが明白であるならば、供試品を保存温度に維持した温度試験槽から室温下に取り出し、供試品温度が室温と同等な温度に達したことを確認した後に(及び供試品表面の水滴が乾燥して完全に除去された後に)検査を実施する。この場合、検査前の室温下での放置時間は、経験又は過去実績に基づいてよい。ただし、このような手順による検査であることは試験結果に記録しておくことが望ましい。供試品温度と検査タイミングの例を次に示す。

図4 - 供試品温度と検査タイミングの例



- 吸湿状態に影響を受けるような電気的特性を試験後に検査する場合は、温度試験槽から供試品を取り出し、引き続き管理された試験室雰囲気下(又は標準大気条件下)に規定時間放置した後に(これを後処理という)、そのような特性を最初に検査する。この場合の規定時間とは、後処理後の検査タイミングを上下限で示したものであり、製品仕様や過去の評価実績によるか、又はこのような後処理による影響度を事前に調査したうえで、後処理の条件と共にあらかじめ定義しておく。例えば、“後処理後2時間以内に、絶縁抵抗を測定する。”などが挙げられる。

アドバイス:

- 保存試験前後での供試品の品質を比較するために、保存試験前後の検査環境は同じであり、かつ、検査時の供試品温度は標準状態に対して安定していなければならない。
この要件が満たされていない場合、供試品の試験前後の検査データは、最悪の場合、あたかも保存試験により品質変化が生じたかのような結果を示す可能性がある。
- “JIS C 60068-1 環境試験方法－電気・電子－第1部: 通則及び指針”が示す標準大気条件(前述の標準環境)を次に記す。

表1 - 標準大気条件

温度	相対湿度	気圧
15℃ ~ 35℃	25%RH ~ 75%RH	86kPa ~ 106kPa

“~”で示した範囲は、その上下の値を含める。

(F2) 温度試験槽内で共存する異なる供試品からのアウトガス

失敗事例:

- 他の供試品と温度試験槽を共有し、高温保存試験（又は高温高湿保存試験）を実施したところ、他の供試品からアウトガス（部品材料から放出される揮発性の化学物質）が発生し、供試品に影響を与えていた。

試験失敗による状況の例:

- 供試品に腐食や変色などの変質が生じた。
- 供試品表面に異物が付着又は堆積していた。

失敗状況に至る過程:

- 温度試験槽内で共存している一方の供試品材料に含まれている化学物質が高温下でガスとなって揮発し、共存する他の供試品がこのガスに曝されることで障害に至る。次にアウトガスの一例を示す。

表2 - アウトガスの一例

材料	アウトガスの種類（一例）
プラスチック	水分及び微量の有機系ガス
ゴム、紙、段ボール材	硫黄系のガスなど
接着剤	硫黄系、有機系ガスなど
シリコン	シリコンガス（シロキサン）

- 例えば、温度試験槽内で共存する一方の供試品が段ボール材であれば、段ボール材から硫黄ガスが揮発し、他方の供試品を構成する銀材料が硫化銀腐食に至る。また、共存する一方の供試品がシリコン材であれば、ガス化した低分子シロキサンが揮発し、他方の供試品接点に付着蓄積し、その後に障害に至る…などが懸念される。

対策:

- 保存試験を実施する場合、温度試験槽内では異なる供試品と共存させないことが望ましい。

アドバイス:

- やむなく異なる供試品と温度試験槽を共有する場合は、万が一未知のアウトガスに曝されても、試験結果や想定故障モードに至るメカニズムに影響しないことを、あらかじめに断定しておくことが望ましい。
例えば、樹脂部品の熱塑性変形だけを検査する試験であれば、温度試験槽内での未知のアウトガスへの曝露は、試験結果に何も影響を与えないと考えて、共有槽を利用する。また、樹脂部品のソルベントクラック有無を検査する試験であれば、未知のアウトガスへの曝露は、誤った試験結果に至る可能性があると考えて、共有槽は利用しない。
- 未知のアウトガスに曝されて生じた症状の解析には、追加の労力と時間を費やすこととなる。解析の結果、特定のアウトガスによる症状であると断定できた場合でも、その裏づけ（再現実験など）のために更に労力と時間を費やすこととなり、総じて膨大なロスを生じさせることとなる。このような顛末に至る場合があることを、知っておく必要がある。
- この事例が共有槽による場合は、共存する供試品について、供試品の種類、数量、サイズの制限や要件などをルール化し、共存する試料間で影響し合わないようスタッフ間で共有・周知したうえで、共有槽を運用することが望ましい。
- 温度試験槽内で発生したアウトガスの種類とその累積的経験は、試験槽内を汚染し試験槽の故障に至らせるかもしれない。この点についても注意を払う必要がある。（“(E2) 温度試験槽内の汚染”も併せて参照する。）
また温度試験槽を使用した後において、このようなアウトガスは試験槽内に滞留した水（例：加湿するための水）に溶解しているかもしれない、もしそうであれば、次の試験槽の使用時に気化して供試品や試験槽に影響を与えるかもしれない。この懸案が該当するのであれば、試験槽内に滞留した水は試験毎に廃棄・清掃するか、或いは定期的な廃棄・清掃を計画することが望ましい。

→ 次ページに続く

• 温度試験槽内で発生したアウトガスの種類によっては、試験者に害を及ぼすかもしれない。この懸案には、有機溶剤や薬品などからの揮発物も含まれる。それらの人体への影響が不明である場合は、試験前に対象となる物質の安全データシート(SDS: Safty Data Sheet)を入手し、健康に対する有害性を確認するか、又は、関連する知識をもつスタッフにアドバイスを求める。

人体に対し有害な物質であり、かつ、試験者の保護施策が不十分であると認められた場合は、試験計画を一旦中止し(試験者に害を及ぼすような試験は決して実施してはならない)、確実に試験者を保護できる施策や試験手法を検討・確立したうえで試験を再計画するか、又は受託試験機関に相談する。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- JIS C 60068-2-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-1部: 低温(耐寒性)試験方法(試験記号: A)
- JIS C 60068-2-2 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-2部: 高温(耐熱性)試験方法(試験記号: B)
- JIS C 60068-2-14 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-14部: 温度変化試験方法(試験記号: N)
- JIS C 60068-2-30 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-30部: 温湿度サイクル(12+12時間サイクル)試験方法(試験記号: Db)
- JIS C 60068-2-38 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-38部: 温湿度組合せ(サイクル)試験方法(試験記号: Z/AD)
- JIS C 60068-2-78 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-78部: 高温高湿(定常)試験方法(試験記号: Cab)

各種環境条件の通則及び試験後の後処理について指針を示している規格類

- JIS C 60068-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第1部: 通則及び指針, 4.4 後処理条件

試験方法/条件を検討するための支援/指針を示した規格類

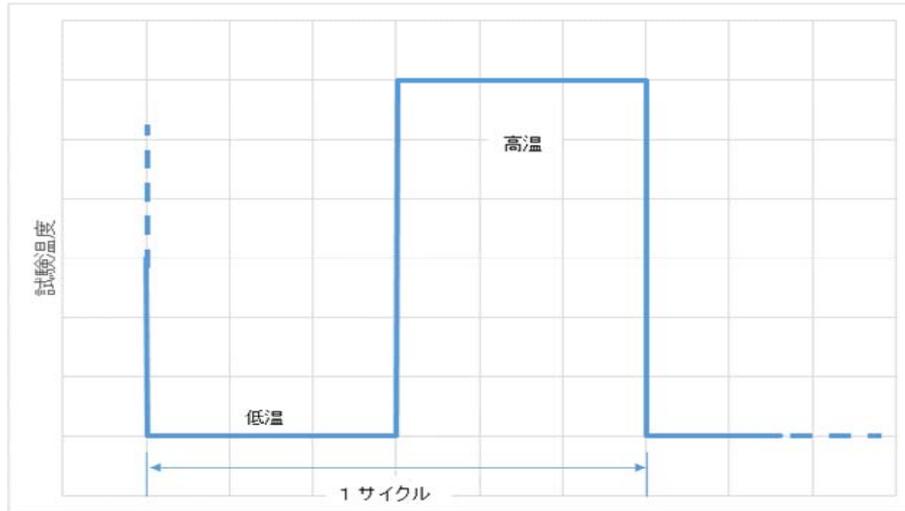
- JIS C 60068-3-1 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-1部: 低温(耐寒性)試験及び高温(耐熱性)試験の支援文書及び指針
- JIS C 60068-3-4 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-4部: 高温高湿試験の指針

(G) 温度急変試験

試験概要

- 供試品に次のイメージ図のような急激な温度変化ストレスを繰り返し印加する試験。

図5 - 温度急変試験の例 (イメージ図)



- 試験方式には主に空気を利用する“気槽式”と液体を利用する“液槽式”があるが、本項では主に気槽式を扱う。なお、失敗事例によっては液槽式に当てはめて解釈してもよい。
- 試験名は、温度急変試験のほか、冷熱衝撃試験、ヒートショック試験、温度変化試験又は温度サイクル試験などと呼ばれることがある。
- 急激な温度変化に曝すことで、異なる構成材料間には膨張・収縮率の差が生じる。この差が構成材料間に歪みを生じさせ、それを繰り返すことで疲労を蓄積させて構成材料 (或いは構成材料間の継手部分) をダメージに至らせる。
- 急激な温度変化に曝される製品であれば、そのような環境に耐える能力を測ることを目的とする。そうでない場合は、通常は、特定の故障モードの検出を目的とした加速試験 (注記12) として利用するが多い。

注記12 … 加速試験とは、過酷な条件下に供試品を置き、意図的に劣化を進めることで製品寿命を比較的短期間で検証するような試験を指す。

試験手順 (例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 非動作状態又は通電していない供試品を、高温用と低温用の2槽をもつ試験装置内に設置する。
- 3) 試験装置に試験条件を入力し、試験を開始する。
- 4) 実施したサイクル数が規定のサイクル数に到達し試験装置が自動停止した後、供試品を試験装置の外に取り出し、供試品の表面温度が標準環境の温度に対し安定するまで更に放置する。
- 5) 供試品の試験後品質や物理的ダメージの有無を、標準環境下で検査し記録する。
- 6) 試験目的に応じて、初期品質と試験後品質を比較し、判定基準と照合のうえ品質判断を行う。

試験計画に関する失敗の事例と対策

(G1) 温度急変試験の不適切な適用

失敗事例:

- 市場環境に対して本試験の加速性が成立しているか否かが不明なまま、本試験を“加速試験”として適用した。

試験失敗による状況の例:

- 試験で発生した故障モードが、市場で発生しない。

失敗状況に至る過程:

- 本試験による故障発生メカニズムが、市場で生じるメカニズムと同じであり、かつ、その成長速度は市場での時間軸に対し加速性を有していることが確かである場合に、本試験は始めてその故障モードに対して有効な加速試験として機能する。この点が不明なまま、例えば、この厳しい試験にパスさえすれば、その結果は製品の頑丈さを証明できるとの目論みだけで加速試験として本試験を適用した場合、本試験で検出した故障は、市場では発生しない可能性がある。

対策:

- 過去の本試験実績と市場での保証実績との関連性、公的規格又は加速試験を扱った論文などを参考に、想定する故障モードに対し本試験の加速性が成立していることをあらかじめ確認する。そのうえで本試験が有効であると判断できれば、本試験を加速試験として適用を計画する。
- 故障モードの想定がないまま本試験を加速試験として適用した場合、本試験で検出した故障モードに対する品質判断は慎重に行う。例えば、そのような温度急変環境に遭遇する可能性、温度変化を含んだ他の試験状況、及び検出した故障モードのメカニズムなどを精査したうえで、総合的に、かつ、慎重に品質判断することが望ましい。その結果次第では、検出した故障モードは、品質判断には用いず参考情報として扱うべきかもしれない。

アドバイス:

- 実装回路基板、機械部品、接着剤又はめっき処理などの、様々な要素を含んだ供試品に加速試験として適用する場合は、想定故障モードが該当する部位を検査対象として限定し、その他の部位で生じる（市場との整合性が不明であるような）症状は参考情報として扱うことが望ましい。例えばはんだ接合部の耐久性を評価する目的であれば、試験の判定基準は、“はんだ接合部以外に生じたダメージは参考情報として扱う。”… ことを、あらかじめ試験条件・判定基準に定義しておく。
- 加速試験としての本試験は、どのような故障モードにも手軽に利用できる程に万能ではない。本試験では主に、異なる材料間での温度による膨張・収縮率の差に起因する故障を想定するが、例えば、そのようなメカニズムに依らない故障は正しく検出できない。

また、加速試験としての本試験は破壊試験でもあり、温度急変ストレスを継続的に経験させ続ければ、必ずいずれ、どこかの部位では疲労的な症状又は故障に至る。故に、適用する際の必要な試験サイクル数とは、製品が目指す耐用年数(期間)に相当するか或いは予測できるものでなければならないし、また、想定する故障モードや構成材料などによっても、試験条件の設定に影響する。加速試験とは、環境ストレスを模擬するような試験とは異なる試験手法であることを、先ずは理解する必要がある。

- 試験条件を決定するための加速式がある。例えば、はんだ接合部の耐久性を評価する目的で本試験を適用する場合、代表的な加速式には、修正コフィン・マンソン(Modified Coffin-Manson)則が利用できる。この詳細又はその他の加速試験手法や加速式については、インターネットで検索してみるとよい。最近ではインターネット上で、加速試験について初歩的なことを学び、また、関連する論文を閲覧することができる。手始めに、“加速試験”で検索してみるとよい。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(G2) 電子部品を実装する試験用基板の影響

失敗事例:

供試品となる電子部品を試験用基板に実装して、本試験を実施した場合において、

- ・ 試験の都度、試験基板に関する諸条件（基板材料（例：FR-4、CEM3、セラミック基板など）、基板サイズ、ランドの形状やサイズ、はんだ種類や量、実装方法等々）が異なった。
- ・ 供試品はサイズの小さい電子部品であり、試験の都度、試験基板上での電子部品の実装位置が異なった。

試験失敗による状況の例:

- 1) 試験結果の再現性が悪い。
- 2) 試験基板上の実装位置によって試験結果が異なる。

失敗状況に至る過程:

- ・ 本試験は、電子部品とその周囲の部品/材料間の膨張・収縮率の差を利用して、電子部品に歪みを与えるが、この歪み量は、電子部品を実装する試験用基板の諸条件（上述参照）に大きく左右される。

例えば、試験用基板の材料あたりで、温度による膨張・収縮率は異なる。つまりは材料の種類あたりで、実装している電子部品に加わる応力が変化し、その結果、電子部品に生じる歪み量は変化することとなる。このようなことは、基板サイズ、ランド形状やサイズ、はんだ種類やはんだ量の違いにも当てはまる。

実装方法の違いが影響する場合もある。例えば、実装時の熱は試験基板に反りを生じさせ、これにより実装している電子部品に応力が伝わる。このような実装条件が前回試験時と異なる場合、試験基板に生じる反り量も変化することとなり、その結果、電子部品に生じる歪み量も異なるに至り、試験結果に影響を与える。

供試品が 1005 サイズ以下のチップ部品である場合、試験基板上の実装位置により、試験結果が変わることがある。特に、試験基板が FR-4 などのガラス繊維を含んだ基板である場合、1005 サイズ以下のチップ部品の実装位置に対する次の状況により、試験結果は変化する。

- a. ガラス繊維の向きに対するチップ部品（1005サイズ以下）の実装向き
- b. チップ部品（1005サイズ以下）とガラス繊維との位置関係（例：実装位置がガラス繊維の上又は繊維間の谷間など）

なお、1005サイズ以上については、同じような影響は受けていると思われるが、試験結果には明確な差となつて現れない。

対策:

- ・ 試験基板又は実装に関する諸条件は、あらかじめに試験のための標準条件を決めておく。
- ・ 必要に応じて、顧客との間においても、同様に同条件を刷り合わせて決めておくことが望ましい。
- ・ 1005サイズ以下のチップ部品である場合、試験基板のガラス繊維に対する実装位置を決めることは出来ない。このことは、1005サイズ以下の部品による試験結果のばらつきを考察するために、そのような影響が含まれている可能性があることを理解しておくといし、試験基板の設計においても参考にとるとよい。

参考にすべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- JIS C 60068-2-14 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-14部: 温度変化試験方法 (試験記号: N)
→ 7. 試験方法Na: 規定時間で移し換える温度急変試験 … が該当する。
- JIS C 60068-2-85 環境試験方法-電気・電子-第2-82部: 試験-試験XW1: 電気・電子部品のウスカ試験方法
→ ウスカ試験方法に温度急変試験を含めている。
- MIL-STD-202 ELECTRONIC AND ELECTRICAL COMPONENT PARTS, (注記13)
METHOD 107, Thermal Shock
→ 電子部品を対象とした温度急変試験条件 (同規格では サーマルショック試験と称している) を定義している。
- MIL-STD-883 METHOD 1010.8, Temperature Cycling
→ 集積回路を対象とした試験に, 温度急変試験 (同規格では温度サイクリング試験と称している) を含めている。

注記13 … MIL規格とは, アメリカ軍が必要とする様々な物資の調達に使用している規格。
- JEITA ED-4701/100A 半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法 (寿命試験I)
→ 半導体デバイスを対象とした試験に, 温度急変試験 (同規格では温度サイクル試験と称している) を含めている。
- JASO D014-4 自動車部品 - 電気・電子機器の環境条件及び機能確認試験 (注記14)
→ 車載用途の電気・電子機器を対象とした試験に, 温度急変試験 (同規格では温度変化衝撃試験と称している) を含めている。

注記14 … JASO規格とは, 公益社団法人自動車技術会(JSAE)が制定する工業規格。なお, JASO D014 シリーズは, ISO 16750 シリーズを基としている。

加速試験を扱った規格類

- IEC 62506 Methods for product accelerated testing (製品の信頼性加速試験の方法) (注記15)
→ 加速試験に関する一般論, 狙いと手法の紹介などを扱っている。加速試験の意味や概念, 役割, 試験としての限界などを理解するためのガイドとして利用できる。

注記15 … IEC規格とは, 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission、IEC) が制定する工業規格。

(H) 振動試験

試験概要

- ・ 規定の振動ストレスを供試品に印加した後に又は製品用途によっては振動試験中に、供試品の機能、性能又は品質を検査する。
- ・ 部品、半製品又は製品が、振動ストレスに耐えられる能力を調べることを目的とする。

試験手順(例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 供試品を固定用加振ジグ(注記16)に固定する又は振動試験装置に装着している補助テーブルに固定する。

注記16 … 供試品を振動試験機の補助テーブルに固定するためのジグ(道具)。例えば、サイコロの形をした立方体加振ジグ等がある。
- 3) 振動試験装置に試験条件を入力/セットし、加振を開始する。
- 4) 規定の試験時間経過後、供試品を固定用加振ジグから取り外し、供試品の品質を標準環境下で検査し記録する。
- 5) 試験目的に応じて、その他の方向(或いは軸)に対しても加振する。
- 6) 供試品を固定用加振ジグから取り外し、供試品の試験後品質を標準環境下で検査し記録する。
- 7) 初期品質と試験後品質(又は各加振方向あたりの試験後品質)を比較精査し、判定基準と照合のうえ、品質判断を行う。

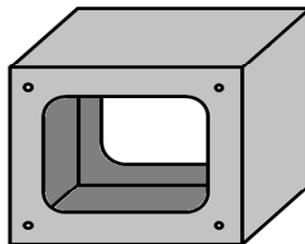
設備/ジグなどに関する失敗の事例と対策

(H1) 固定用加振ジグの振動特性

失敗事例:

- ・ 振動試験中、自社で設計・製作した固定用加振ジグが共振(注記17)し、印加した加速度が特定の振動数で著しく増大した。ここでの固定用加振ジグとは、例えば、次の図のような立方体の加振ジグを指す。この場合、供試品は立方体の側面や天面に取り付け固定される。

図6 - 固定用加振ジグの例



注記17 … 共振とは、振動する物体が外部の振動に同期して更に大きく振動する現象を指す。振動試験においては、通常は、振動の印加レベルに対して2倍以上の応答を共振と見なす。
(出典: MIL-STD-202 及び MIL-STD-810)

試験失敗による状況の例:

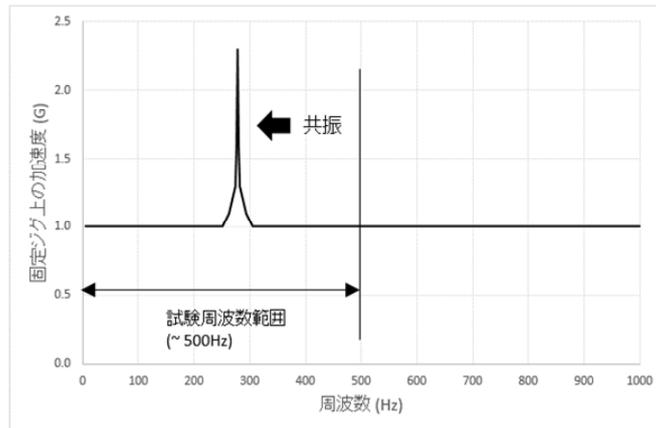
- ・ 試験で発生した故障モードが市場で発生しない。
- ・ 或いは、試験後の検査結果が判定基準を満足できない。

→ 次ページに続く

失敗状況に至る過程:

- この事例での固定用加振ジグの共振とは、供試品と共に振動している加振ジグが、印加している振動周波数に同期して更に大きく振動する状況を指す。例えば、試験加速度が 1.0G 一定であるにも関わらず、加振ジグが特定の周波数で共振することで、同加振ジグには 2.0G以上まで増幅された加速度が発生し、特定の周波数で増幅した加速度がそのまま供試品に伝わる事態となる。結果、供試品には規定以上のストレスが印加されることがあり、このストレスに耐えられずに計画外の故障に至る場合がある。この状況は、適正な振動試験であるとはいえない。次の図は、試験周波数範囲内で加振ジグが共振している例を示す。

図7 - 試験周波数範囲内に現れた固定用加振ジグの共振の模式図



- 固定用加振ジグの共振は、材料の固有振動数(注記18)、サイズ、及び加振ジグを構成する部品間の固定保持状態(例えば、緩み)などの要因に影響を受けて生じる。

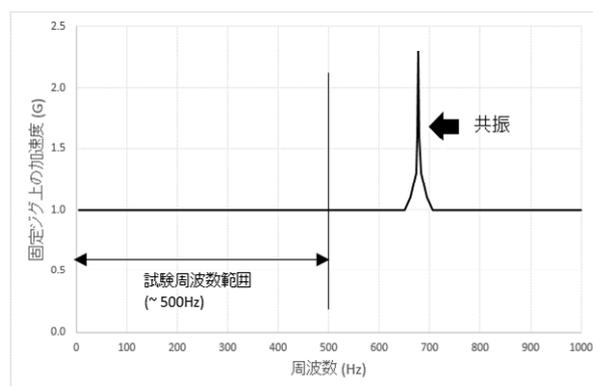
注記18 … ここでの固有振動数とは、材料がもつ特有の振動現象であり、このときの振動数を指す。

対策:

- 特に、自社で設計・製作した固定用加振ジグである場合、まずは実際の試験に用いる前に、加振ジグについて試験周波数範囲内に著しい共振が生じないこと(又は共振の程度が試験結果に影響を与えないこと)を事前に確認しておく必要がある。このとき、加振ジグが著しく共振する振動数(又は試験結果に影響を与えるほどの共振周波数)は、試験周波数の範囲外でなければならない。

次の図は、試験周波数範囲外で固定用加振ジグが共振している例を示す。

図8 - 試験周波数範囲外に現れた固定用加振ジグの共振の模式図



→ 次ページに続く

止むを得ず、共振帯域を含めた形態で試験を実施しなければならない場合は、例えば、複数の加速度ピックアップを使用することで（一般的には3個）、目標とする試験条件に近づけるよう制御できる方法もあるので、振動試験装置のマニュアルを参照するか、或いは試験装置の製造業者に相談してみるとよい。

試験周波数範囲内に、加振ジグの再組立やボルト・ネジの再締め付けなどの応急処置でも解消できないほどの共振が生じており、かつ、試験結果に影響を与える可能性があるのであれば、この固定用加振ジグは試験に使用してはならない。この場合、固定用加振ジグには設計的修正を施す必要がある。

一般的には、固定用加振ジグの共振周波数を試験周波数範囲の外にずらすために、更なる小型化又は軽量化を図る必要がある。例えば、加振ジグが正方・長方体である場合、コーナー部分の角を落とすことでも、共振周波数は高い方へとシフトさせることが出来る。また、試験装置の加振力に余裕があれば、加振ジグの厚みを加振方向に増すことでも、同様の効果が期待できる。

アドバイス:

- 試験開始前、装置点検の一環として、補助テーブルや固定用加振ジグの固定状態を確認する必要がある。例えば、前の使用者による補助テーブルの固定状態には、固定用ボルト・ネジの緩みなどの不備があり、このことが試験に不要な振動成分を生じさせているかもしれない。
- 試験装置の能力（注記19）を理解しておく必要がある。例えば、必要とする試験条件が装置の能力を超えていることを、試験開始前に始めて知るような事態は、避けなければならない。

注記19 … ここでの能力とは、装置の振動数範囲、最大加速度、最大変位及び最大搭載質量などを指す。

- 振動試験装置の種類によっては（又は最近の高性能な振動試験装置であれば）、固定用加振ジグ（又は補助テーブル）上に発生した振動レベルを制御装置側にフィードバックすることで、常に、試験条件に一致するよう振動レベルを制御できる機能をもっている。もし、そのような試験装置であれば、懸案の共振特性は気にすることなく、試験条件に一致した制御ができるかもしれないので、フィードバック制御に関連する設定値を調整しながら、懸案の解決を試みるとよい。
- 理想的な固定用加振ジグの設計・製作は、一般的に難易度が高い。試験失敗に至らせないための手段として、振動試験装置の製造業者に相談し、固定用加振ジグの設計・製作を委託することは一案である。
- なお、固定用加振ジグを準備する際は、その質量について、試験装置の定格加振力に対し余裕を持たせる必要がある。試験装置の定格と必要加振力の関係を次に示す。

$$A \times (W_s + W_j + m) \leq 0.75 \times \text{試験装置定格加振力}$$

A: 試験加速度

Ws: 供試品質量 (kg)

Wj: 全加振ジグ質量 (kg)

m: 可動部質量 (kg)、装置によって異なり、装置の検査書、装置カタログ或いは装置の機銘板などに記載されている。

(H2) 供試品の振動応答検査用の加速度ピックアップ

失敗事例:

- 軽量の供試品の振動応答を検査するために（注記20）、接触型の加速度ピックアップを供試品表面に固定して実施するが、供試品の質量に対し加速度ピックアップの質量が重い。

注記20 … ここでの振動応答検査とは、供試品に振動が伝わっている間、それに応答して発生する供試品上の振動状態を検査することを指す。例えば、共振の有無やその振動数、加速度、速度又は変位量の測定などが挙げられる。

- 加速度ピックアップの固定が緩んでいた。
- 固定した加速度ピックアップの姿勢が、調べたい振動方向に対して傾いていた。

→ 次ページに続く

試験失敗による状況の例:

- 供試品の共振レベルが想定と異なる。
- 供試品上に発生した加速度が、印加している加速度に対し減衰しているように見える。

失敗状況に至る過程:

- 供試品の表面に加速度ピックアップを直接取り付け計測している間、加速度ピックアップの質量は、常に供試品に加えられている。このとき、供試品質量又は計測する部位の部分的な質量よりも、加速度ピックアップの質量が著しく重い場合、供試品の振動応答は変化することがある。例えば、供試品の共振周波数は低い方へ移動し又は共振時の加速度は真値よりも低くなる。
- 加速度ピックアップの固定が緩んでいたり又は狙いとする方向に対して姿勢が傾いている場合、供試品上に発生した加速度や周波数は、加速度ピックアップに正しく伝わらない。または、試験開始前は正常な固定状態であっても、試験中の振動ストレスに耐えられずに、このような状況に至ったかもしれない。

対策:

採取した供試品の振動応答特性が何かおかしいと思われた場合、まずは本項で挙げた失敗の可能性を確認してみる。その可能性が高いのであれば、以下の対策を検討し、再検査を行う。

- 計測部位の質量に対して、小型軽量の加速度ピックアップを使用する。そのような加速度ピックアップの選定は、計測部位の質量に対して、加速度ピックアップの質量は 1/10 以下であるか、更に軽量であることが望ましい。
- 加速度ピックアップの固定は容易に外れないよう注意を払う。また、加速度ピックアップを固定する面は、できる限りフラットであることが望ましいが、そうでない場合は必要に応じて、取付面を設けるべく供試品の取付面の形状に合わせた樹脂やアルミニウム等によるスペーサを準備し、それを介して接着固定するとよい。また、測定物と加速度ピックアップとが一体となって振動できるよう、加速度ピックアップの底面全体を強く密着させて固定する。

加速度ピックアップの固定は、ネジ固定がベストではあるが、この方法では供試品に傷をつけてしまうし、供試品への追加工による弊害も懸念されることから、一般的ではない。取付面を洗浄し、専用のテープ（例: ポリイミドフィルムをベースとしたテープ）を利用するか、或いはシアノアクリケート系の瞬間接着液を塗布して加速度ピックアップを貼り付ける方法を推奨する。また、次の方法も推奨する。

- a. 専用のテープ + シアノアクリケート系の瞬間接着液
- b. 速乾性エポキシ接着剤
- c. 取付表面が絶縁材の場合（例: アルマイト処理表面、瀬戸物、エポキシ基板等）には、シアノアクリケート系の瞬間接着液、或いは市販の両面テープ（ただし、最大加速度は 70m/s^2 以下での使用を目安とする。）

ただし、固定方法に依存した共振特性が現れる場合があるので、対象としたい振動数範囲によっては（特に、500Hz以上を上限とする場合）、適切な固定方法について装置製造業者に相談するとよい。

アドバイス:

- 小型軽量の加速度ピックアップですら影響があるような、更に軽量の供試品や部品である場合又は計測箇所が加速度ピックアップを取り付けることが困難である場合には、非接触型（例えばレーザー光を利用するタイプ）の変位計や振動計の利用を検討するとよい。
- 加速度ピックアップのケーブルも、振動試験中に暴れないようテープで固定する必要がある。振動試験中、ケーブルが暴れて他の物体と衝突すると、ケーブルの信号線に電氣的ノイズが発生する場合があります、その影響は計測値にも現れる。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(H3) 供試品の固定方法不適切

失敗事例:

- ・ 振動試験装置への固定用加振ジグの固定又は固定用加振ジグへの供試品の固定が緩んでいた。
- ・ 固定した供試品に、計画外の機械的な歪又はねじれが生じていた。

試験失敗による状況の例:

供試品に正規の振動ストレスが正しく伝わらない。このことにより、

- ・ 試験で発生した故障モードが市場で発生しない、或いは市場で発生した故障モードが試験で再現しない。
- ・ 試験結果が判定基準を満足できない又は判定基準を満足しないはずのものが満足した。

失敗状況に至る過程:

- ・ あらゆる固定箇所のボルト・ネジの緩みは、振動試験装置から供試品へ振動が伝わるまでの間に、振動ストレスは不要に減衰又は増幅し、また、振動波形そのものを歪ませることがある。これにより、正規の振動ストレスが供試品に正しく伝わらず、正しい試験結果が得られない事態に至る。
この事例は、ボルト・ネジの締め付けトルクが不足していたか、或いはボルト・ネジ穴が既に壊れていたなどして、振動ストレスに耐えられず、試験中にボルト・ネジが緩んだ可能性もある。
- ・ 補助テーブル上へ こん包品以外の供試品をゴム製バンド (又はベルト) で固定している場合は、試験中のバンド (或いはベルト) の緩みや伸びなどにより、大体の場合、振動ストレスは供試品に正確に伝わらない。
- ・ 供試品の固定が両面テープだけである場合は、供試品の質量や供試品の固定面形状 (例: 凹凸や曲面など) によっては、固定強度が不足し、試験中に粘着面が剥がれるなどして供試品は暴れてしまい、振動ストレスは供試品に正確に伝わらない。
- ・ 固定した供試品に歪やねじれが生じている場合、供試品の振動応答特性は、歪やねじれが生じていない場合と異なる状況となり、このことが正しい試験結果を得られない事態に至らせているかもしれない。
供試品の歪みやねじれは、例えば、固定用加振ジグへのボルト・ネジの締め付けトルクの極端なバラつき、固定加振ジグの取り付け位置のズレ又は取り付け面の高低差などにより、供試品に計画外の応力が加えられることで生じる。

対策:

- ・ あらゆる箇所のボルト・ネジの締め付けは、振動ストレスで緩むことのない一定の締め付けトルクにより行う。以下に振動試験に使用するボルト・ネジの締め付けトルクの推奨値を示す。

表3 - ボルト・ネジの締め付けトルク推奨値

サイズ	締め付けトルク N・m (kgf・cm)
M6	13 (127)
M8	30 (294)
M10	60 (588)
M12	110 (1078)
M16	260 (2548)
M20	470 (4606)
長時間試験の場合は、約10%増しを推奨。	

或いは、供試品に対するボルト・ネジの締め付けトルクは、顧客と取り交わした製品仕様又は試験条件に従う。

→ 次ページに続く

- こん包品以外の供試品に対し、バンドやベルトによる固定手段は用いない。このような手段は、大体において固定は不安定であり、振動ストレスは正確に供試品に伝わっていない。
- 両面テープ（又は粘着テープ）だけで供試品を固定せず、供試品を確実に固定するために専用の固定用加振ジグを検討し、準備・使用することが望ましい。このことは、振動試験装置の製造業者に相談することも一案である。
- 供試品を固定する加振ジグの設計は、供試品に計画外の歪み又はねじれを生じさせないよう十分な注意を払う必要がある。

供試品が半製品であり、顧客のシステムにボルト・ネジ固定のうえ組み込まれるのであれば、組み込まれた状態（使用するボルト・ネジの種類や締め付けトルクも含む）を再現する固定用加振ジグと条件であることが望ましい。また、これらのコンディションは、あらかじめ顧客と協議のうえ試験条件として定義しておくことが望ましい。

そのうえで生じた振動試験による不具合は、実は供試品の不具合ではなく、顧客システム側の組み込み条件を見直す必要があることを、示唆しているかもしれない。そのような場合は（又は組み込み条件に依存して不具合が発生している疑いがある場合は）、そのような試験結果のレビューとその後の対応については、自社だけで判断・行動せずに、まずは顧客と協議することが望ましい。

(H4) 振動印加方向あたりでの検査の省略

失敗事例:

- 1台の供試品（主には機構部品を備えた半製品や完成品）に対し、3軸方向のそれぞれに振動ストレスを印加し、3軸方向への試験が全て終了した後に、検査を実施した。なお、この事例の製品は、市場での振動ストレスは特定の1方向からの印加が支配的であるとする。

試験失敗による状況の例:

- 実際の環境で遭遇すると予測された、特定の加振方向に依存した故障モードが検出できなかった。または、すべての振動印加方向（3軸）への試験が終了した後に検出した故障モードは、そのような環境で生じる故障モードと一致しない。

失敗状況に至る過程:

- 特定の加振方向に依存して発生する故障モードがあり得る。そのような故障モードは、引き続き他の方向への加振を経験することで、その累積の効果により又はその故障モードが引き金となって、更に複雑な故障モードや他の故障モードを誘発する場合がある。
その結果、市場において特定の一方からの振動が支配的であるような製品である場合、3軸方向全てへの振動経験後に生じた故障モードは、そのような市場で発生する故障モードと一致しない可能性がある。

対策:

市場において、特定の1方向からの振動経験が支配的であるような製品である場合での、試験計画の例を次に示す。試験計画は、試験目的や目標とする信頼性品質（例えばロバスト性（注記21）の積極的な確保）などを考慮し、慎重に計画する。

注記21 … ロバスト性とは、製品（供試品）の堅牢性、外乱に対する強さ又はそのような性質を意味する。

- a) 振動ストレスの印加方向は、市場で支配的であるような特定の方向だけとする。
- b) 他の振動方向に対する耐性も評価したい場合、供試品と加振方向の関係は、1供試品あたりで1方向の割り当てとする。例えば、加振方向を3方向とする場合は、供試品は3台を用いる。これにより、振動方向に依存する故障（或いは不具合）の存在や兆候を把握することができる。
- c) 製品のロバスト性を評価するために、1供試品あたりで3方向へ加振するのであれば、各加振方向あたりで検査を実施する。また、この手順で生じた故障（又は不具合）の振動方向に対する依存性を詳細に把握するために、必要に応じて、引き続き(b)を計画する。

→ 次ページに続く

アドバイス

- いずれの加振方向で発生した故障モードなのか又は引き金となったのかを示す情報やデータは、故障解析や設計的改善を施すために又は市場リスクを考察するために必要となるかもしれない。
例えば、X方向に依存して生じた兆候が、引き続きZ方向への振動で故障を誘発したのであれば、設計的改善を施すために、まずはX方向で生じた兆候に着目して故障メカニズムを探るべきである。この場合、X方向で生じた兆候を設計的に封じ込めることができれば、以降 Z方向では故障に至らないかもしれない。
このような状況をあらかじめ見据えて、各加振方向あたりでの検査を計画することは、万が一試験中に故障(又は不具合)が発生した以降での、効率的な対応が期待できる。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- JIS C 60069-2-6 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-6部: 正弦波振動試験方法 (試験記号: Fc)
- JIS C 60068-2-64 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-64部: 広帯域ランダム振動試験方法及び指針 (試験記号: Fh)

供試品の取り付けに関する要求事項を示している規格類

- JIS C 60068-2-47 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-47部: 動的試験での供試品の取付方法

試験方法/条件を検討するための支援/指針を示した規格類

- JIS C 60068-3-8 環境試験方法 - 電気・電子 - 第3-8部: 振動試験方法の選択の指針

(I) 衝撃試験

試験概要

- ・ 規定の衝撃ストレスを供試品に印加した後に、供試品の機能、性能又は品質を検査する。
- ・ 部品、半製品又は製品が衝撃ストレスに耐えられる能力を調べることを目的とする。

試験手順(例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 取付具を用いて、供試品を衝撃試験装置の衝撃台に固定する。
- 3) 衝撃試験装置に試験条件を入力・セットし、試験を開始する。
- 4) 規定の回数を印加した後、試験目的に応じてその他の方向(又は軸)に対しても衝撃ストレスを印加する。
- 5) 供試品を衝撃台から取り外し、供試品の試験後品質を標準環境下で検査し記録する。
- 6) 初期品質と試験後品質を比較精査し、判定基準と照合のうえ品質判断を行う。

試験計画に関する失敗の事例と対策

(I1) 市場で遭遇する衝撃波との不整合

失敗事例:

- ・ 衝撃によると思われる市場故障を、衝撃試験装置を使用して再現を試みた。なお、ここでの衝撃試験装置とは、正弦半波や台形波パルスを発生するような一般的な試験装置(以下、衝撃試験装置とする)を想定する。

試験失敗による状況の例:

- ・ 市場故障が再現しない。

失敗状況に至る過程:

- ・ 市場で遭遇する衝撃ストレスの性質は複雑であり、一般的な衝撃試験装置では、この複雑な性質を正しく再現できない場合がある。例えば、その市場故障が自由落下で生じた衝撃ストレスによる場合、しかし衝撃試験装置は自由落下で生じる衝撃ストレスの全ての性質を再現できず、故に、市場故障も正確に再現できない場合がある。
- ・ 例として自由落下に着目してみる。市場で遭遇する自由落下と衝撃試験装置による衝撃ストレスの性質の違いの幾つかを、次ページに記載する。

→ 次ページに続く

表4 - 自由落下による衝撃と衝撃試験装置による衝撃との違いの例

要素	一般的な衝撃試験装置による衝撃ストレス	市場で遭遇する自由落下で生じる衝撃ストレス
衝撃の波形	<ul style="list-style-type: none"> 一般的には正弦半波が用いられることが多い。 定義に沿ったクリアな衝撃波形が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> 大体的場合、正弦半波かそれに近似した衝撃波形が発生する。また、製品の構成や構造によっては、高周波成分を多く含んだ複雑な衝撃波形を示す。
衝撃の作用時間	<ul style="list-style-type: none"> 特定の作用時間を用いる。 試験装置の仕様により、発生できる作用時間は制限される。 	<ul style="list-style-type: none"> 落下面の材質、落下面に衝突する製品外装の材質及び製品構造等々により異なる。 例えば、落下で衝突しあう落下面と製品表面がそれぞれ硬い材質である場合、作用時間は1mSを下回る場合がある。このことは、自由落下に遭遇したときの状況で異なる。
衝撃の加速度	<ul style="list-style-type: none"> 特定の加速度を用いる。 試験装置の仕様により、発生できる加速度は制限される。 	<ul style="list-style-type: none"> 落下面の材質、落下面に衝突する製品外装の材質及び製品構造等々により異なる。 例えば、落下で衝突しあう落下面と製品表面がそれぞれ硬い材質である場合、落下高さにより、加速度は極めて短い作用時間と共に数百～数千Gに至る場合がある。このことは、自由落下に遭遇したときの状況で異なる。
衝撃が印加される箇所	<ul style="list-style-type: none"> 衝撃台と接している製品の箇所或いはジグ等への固定箇所に、衝撃波が印加される。 	<ul style="list-style-type: none"> 落下面と“衝突”した製品の箇所に、衝撃波が印加される。

自由落下で生じた故障を衝撃試験装置で再現できない原因には、上記一覧中のいずれかの違いが影響しているかもしれない。

- ここでは一例として市場で遭遇した状況を自由落下としたが、その他には、衝突、転倒、こん包状態での落下、又は比較的到低いレベルの衝撃ストレスを継続的に経験したことによる等々も、必要に応じて想定するとよい。いずれの状況も、前述と同様に、一般的な衝撃試験装置で同じ性質を再現することは難しいかもしれない。
- 対象が完成品に実装した部品・半製品である場合は、例えば、完成品にクリアな衝撃波が印加されたとしても、完成品の外装材料や構造によって、その内部に実装された部品・半製品に衝撃波が到達するまでの過程で、衝撃波は複雑な衝撃波形に変質する場合がある。もし、完成品の市場故障再現を部品・半製品単品で試みるのであれば、このような点でも市場故障の再現は困難かもしれない。

対策:

- 市場故障を再現するためには、遭遇した状況に近い試験手法を採用することが望ましい。まずは、故障現品に残された痕跡や故障モードの解析結果又は返品に至った経緯等の情報を利用して、遭遇した状況を確定する。また、想定した状況に基づき、定性・定量的な試験手法や試験条件への置換えを試み、市場故障の再現試験に臨む。
- 対象が完成品に実装した部品・半製品である場合、その市場故障の再現試験には、まずは、完成品状態で挑むことが望ましい。必要であれば、そこで再現できた部品・半製品の故障モードを、それら単品又は完成品を模擬したジグなどを利用した条件のもと、定性・定量的な試験手法や試験条件に置き換えることも引き続き検討する。

アドバイス

- 市場故障を再現させるために、前処理的な要件を必要としているかもしれない。例えば、温度ストレス又は振動ストレスを経験した後に衝撃ストレスを経験することで、初めて故障に至ったかもしれない。このように、一つの製品が複数のストレスを連続的に又は複合的に経験することは、市場では一般的である。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(I2) 衝撃印加方向あたりでの検査の省略

失敗事例:

- ・ 供試品（主には機構部品を備えた半製品や完成品）の複数方向に衝撃を印加する試験において、衝撃印加方向あたりでの検査を省略し、すべての衝撃印加方向への試験が終了した後だけに、検査を実施した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 衝撃方向に依存した故障モードが検出できなかった。このことにより、試験で発生した故障モードが市場で発生しない又は市場で発生した故障モードが試験で再現しない。

失敗状況に至る過程:

- ・ 特定の衝撃印加方向に依存して発生する故障モードが有り得る。そのような故障モードは、引き続き他の方向への衝撃を経験することで、その累積的効果として又はその故障モードが引き金となって、更に複雑な故障モードや他の故障モードを誘発する可能性がある。

一方で、市場で生じる衝撃ストレスについて、特定の一方方向から発生する衝撃が支配的である場合、上述に示したような全ての方向への衝撃経験後に生じた故障モードは、そのような市場では発生しない可能性が高い。

- ・ ある方向（例えば“+”方向）に衝撃を印加して発生した故障モードは、引き続き対面する方向（例えば“-”方向）に衝撃を印加することで、その故障モードは正常な状態に復帰する可能性がある。この場合、最終の検査において、この故障モードの存在を見落とすかもしれない。

対策:

- ・ 複数の方向に対する衝撃試験である場合は、衝撃方向あたりで検査を実施する。このとき、特定の衝撃方向で故障が生じたか又はその兆候が見られた場合は、引き続き衝撃試験は他の供試品に交換して継続するとよい。これにより、故障モードと衝撃方向との因果関係を正確に把握することが出来る。
- ・ 衝撃方向あたりで、及び全ての衝撃方向を経験した後に検出した故障モードは、前述の視点で解析し、対象となる市場コンディションの実態に照らし合わせて、そのリスクについて考察し総合判断する。

アドバイス

- ・ いずれの衝撃方向で発生した故障モードであるか又は故障の引き金になったのかを知るためにも、衝撃方向あたりで検査を実施することは重要である。このような情報は、設計的改善を施すための必要な情報になり得る。

例えば、X方向に依存して生じた兆候が、Z方向への衝撃で故障を誘発したのであれば、設計的改善を施すために、まずはX方向で生じた兆候に着目して故障メカニズムを探るべきである。X方向で生じた兆候を設計的に解消できれば、以降Z方向では故障に至らないかもしれない。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- ・ JIS C 60068-2-27 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-27部: 衝撃試験方法 (試験記号: Ea)

供試品の取り付けに関する要求事項を示している規格類

- ・ JIS C 60068-2-47 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-47部: 動的試験での供試品の取付方法

(J) 自然落下試験

試験概要

- ・ 供試品に自然落下を経験させた後に、供試品の機能、性能又は品質を検査する。
- ・ 部品、半製品又は製品が自然落下に耐えられる能力を調べることを目的とする。 自由落下試験ともいう。

試験手順(例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 供試品を規定の落下高さから自然落下させる。
- 3) 規定の落下回数を経験した後、試験目的に応じて、その他の方向に対しても自然落下を経験させる。
- 4) 供試品の試験後品質を標準環境下で検査し記録する。
- 5) 初期品質と試験後品質を比較精査し、判定基準と照合のうえ品質判断を行う。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(J1) 部品の試験における、ダミー筐体と実際のダミーとの差異

失敗事例:

- ・ 市場故障の再現実験のために、又は市場での落下状況を再現するために、完成品に組み込まれる部品又は半製品を、完成品の筐体を模したダミー筐体(又はジグ)に取り付けて自然落下試験を実施した。なお、ここでのダミー筐体とは、例えば、完成品の筐体の外郭形状だけを模したものであり、寸法や材料は完成品のそれとは異なるものとする。

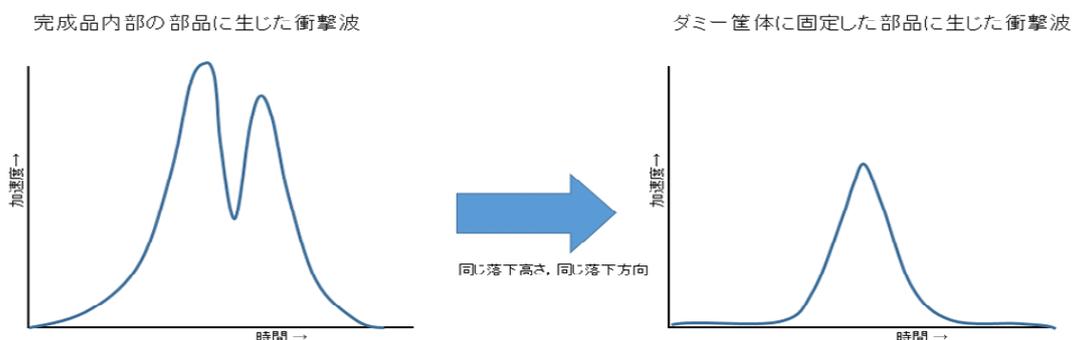
試験失敗による状況の例:

- ・ 完成品の状態で生じた市場故障が再現しない。

失敗状況に至る過程:

- ・ 完成品が落下した際に生じる衝撃波は、完成品に組み込まれた部品(又は半製品)まで衝撃波が到達するまでの間、完成品内部で極めて複雑な経路をたどり、その間、衝撃波も複雑に変化する。その状況は、完成品の構造に関わる様々な要因に依存して生じるが、そのような状況を、完成品筐体を単純モデル化したダミー筐体だけで再現することは、難しい場合が多い。この事例でのダミー筐体では、そのような状況を忠実(又は近似的)に再現できていないことが考えられる。

図9 - 部品に生じる衝撃波で見た、完成品とダミー筐体の違いの例(模式図)



対策:

- ・ 実際の完成品に部品(又は半製品)を組み込んだ状態で、試験を実施することが最も確実に望ましい。

→ 次ページに続く

実際の完成品を利用することが実現できない場合は、実際の完成品を模したダミー筐体を、あらかじめ顧客にレビューしていただき（又はダミー筐体の構造について顧客と協議し）、両者間の合意を得た上で、同ダミー筐体を利用する。このとき、完成品実装時と同じ故障が再現できること、又は近似的な衝撃波が再現できることを目安に、ダミー筐体を検討するとよい。

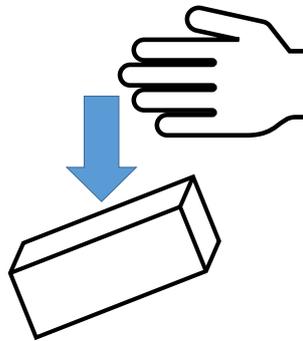
また、このような対応が量産前の認定試験プロセスで必要となるのであれば、顧客との間で合意を得て準備したダミー筐体の諸条件は、自然落下試験の条件と併せて、顧客と取り交わす仕様書に明文化しておくことが望ましい。このことは、万が一の市場故障発生時において、その責任区分を効率よく評価することに役立つ。

(I2) 落下時の供試品姿勢の安定性（例：手による落下と試験機による落下）

失敗事例：

- ・ 自然落下試験において、専用の試験機によらず手で供試品を自然落下させた。

図10 - 手による自然落下試験の例



試験失敗による状況の例：

- ・ 試験結果の再現性が低い。
- ・ 市場故障を再現できない。

失敗状況に至る過程：

- ・ 手で持った供試品をそのまま自然落下させた場合、供試品の姿勢は落下する過程で変化しやすい。たとえ、落下前に手で持った供試品を、狙いとする姿勢に慎重に保持していたとしても、大体は落下中にその姿勢は変化する。この姿勢変化は、例えば、手を開放する勢いで生じた回転運動や両手を離すときの左右のタイミングのズレなどによる。
- ・ 一方、自然落下で生じる故障の中には、落下時の供試品の姿勢、すなわち落下面への供試品の衝突箇所にも強く依存して現れる故障モードが存在する。このような故障モードである場合、手で持って供試品を開放するような手順による自然落下では、その再現性は低下する。経験による一例であるが、手で持って供試品を落下させるような手法である場合、狙いとする姿勢を維持したまま落下面に到達できる確率は 20% を下回ることもある。（注記22）

注記22 … 確率20% とは、一例であり、また独自調査による。この確率は、試験者によっても変わる。

対策：

- ・ 自然落下試験では、特に落下時の供試品の姿勢に依存する故障モードが疑われるのであれば、専用の落下試験装置を使用することが望ましい。試験装置の一例については、インターネットにて“落下試験機”をキーワードに検索するとよい。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- ・ JIS C 60068-2-31 環境試験方法 - 電気・電子 - 第2-31部: 落下試験及び転倒試験方法 (試験記号: Ec)

(K) 包装貨物性能試験

試験概要

- ・ 包装した供試品に、包装貨物が経験する各種ストレス(注記23)を印加した後に、包装状態及び包装していた供試品の機能、性能又は品質を検査する。

注記23 … ここでのストレスとは、包装した供試品が流通過程で遭遇するストレスであり、例えば輸送振動や自由落下などが挙げられる。

- ・ 包装について、部品、半製品又は製品を保護する能力を調べることを目的とする。
- ・ 及び、包装された部品、半製品又は製品が流通に耐えられる能力を調べることを目的とする。

試験手順(例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 供試品を包装する。(以下、包装された状態を包装貨物とする)
- 3) 包装貨物に規定のストレスを印加する。(例: 振動, 落下又は圧縮ストレスなど)
- 4) ストレス印加後、包装状態及び包装していた供試品の試験後品質を標準環境下で検査し記録する。
- 5) 初期品質と試験後品質を比較精査し、判定基準と照合のうえ品質判断を行う。

試験計画に関する失敗の事例と対策

(K1) 市場では複数のストレスを複合又は続けて経験することの未考慮

失敗事例:

- ・ 印加するストレスあたりで包装貨物を個別に準備し、それぞれの包装貨物に対して個別に試験を実施した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 市場で発生した故障モード(又は不具合)が試験で再現しない。
- ・ または、試験は合格したが、市場での流通経路で不具合が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 工場から出荷した包装貨物は、顧客の工場や販売店に到着するまでの流通経路において、異なるストレスを複合的に又は連続して経験する。その状況は多様で複雑である。状況の一例を次ページに示す。

→ 次ページに続く

表5 - 流通経路で経験するストレスの例

行程の例	経験するストレスの例
トラックへの荷積み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然落下（荷台への放り投げ、雑な扱いなど） ・ 荷重（積み上げ） ・ 衝突（他の貨物への衝突など） … など
トラックによる陸路移動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 振動（走行時に荷台に発生する振動） ・ 跳ね上がり（悪路走行時） ・ 温湿度（移動時の季節、天候） … など
トラックからの荷卸し	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然落下（荷台への放り投げ、雑な扱いなど） ・ 圧縮（積み上げ） ・ 衝突（他の貨物への衝突など） … など
保管	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温湿度（温湿度が管理されていない倉庫、屋外など） ・ 雨や雪（屋外での取り扱いや放置など） ・ 荷重（積み上げ） … など

- ・ 上記 表5 の行程によれば、一つの包装貨物では様々なストレスを複合又は連続して経験していることがわかる。包装された製品又は包装箱では、このような複合的又は連続的なストレスを経験して初めて発現するような故障モードを内在している可能性がある。

対策:

- ・ 流通経路上で遭遇する状況をシナリオ化し、それに沿った連続する試験又は複合試験を計画する。連続する試験とは、例えば一つの包装貨物に対して、落下ストレスや振動ストレスを順番に印加する。また、複合試験とは、例えば、積み上げを想定した荷重を加えた包装貨物に対して、温湿度ストレスを同時に印加するなどが挙げられる。
- ・ 落下ストレスと振動ストレスとを一つの供試品（包装貨物）に対して連続して印加する手法は、重要である。流通経路上では、そのストレス度は様々であるが、これら二つのストレスには必ず遭遇する。例えば、同一の供試品に対して、最初に振動試験を実施し、引き続き落下試験を実施する。また、このような試験順序は、“JIS Z 0200 包装貨物－性能試験方法一般通則”にも記載されている。

アドバイス

- ・ 包装していない製品単品が、流通経路上で遭遇するストレスに耐えられることを、製品単品に対する信頼性試験で確認しておくことは、極めて重要である。しかし、その結果は、包装した製品が確実に流通に耐えることを示していない場合がある。つまりは、包装貨物試験特有の製品の故障や障害があることを意味する。

包装貨物試験で生じる製品の故障や障害の例を次ページに示す。

→ 次ページに続く

表 6-1 - 包装貨物試験で生じる故障や障害の例

<p>輸送試験特有の故障モードと発生メカニズムの例</p>	<p>包装状態での試験例</p>	<p>製品単品での検出可否</p>
<p>製品外装表面のダメージ(打痕及び擦り傷など)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 輸送中の振動・衝撃経験中に、製品と同梱物、又は製品と包装資材(例: 箱内部の仕切りなど)とが衝突・摺動しあうことで生じる。 ・ 振動経験による場合は、その累積的经验に応じて(或いは輸送距離に応じて)ダメージの状態は成長する。 ・ 例えば、収納している製品や同梱物の保持状態が不安定な場合に生じる。これにより、振動・衝撃経験中に、製品や同梱物は箱内部で跳ね上がったリ又は暴れて、上記の状況に至る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 振動試験 ・ 落下試験(又は衝撃試験) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製品単品での試験では、他の物体との衝突や摺動しあう様を再現できないため、左記の故障モードは検出できない。
<p>包装資材からの磨耗粉の製品内部への侵入、付着又は散乱</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 磨耗粉には、例えばダンボール材からの紙粉が挙げられる。 ・ 輸送中の振動・衝撃経験中に、製品と包装資材(例: 箱内部の仕切りなど)とが衝突・摺動しあい、同資材の表面が擦れて生じた磨耗粉が発生するもの。 ・ このような磨耗粉は、輸送中に箱内部に散乱、製品に付着又は製品内部に侵入するなどして、顧客の受入時に懸案を生じさせる。また、製品の種類によっては製品内部に侵入した磨耗粉は、その後に機能障害を誘発する原因になるかもしれない。 		

→ 次ページに続く

表 6-2 - 包装貨物試験で生じる故障や障害の例

輸送試験特有の故障モードと発生メカニズムの例	包装状態での試験例	製品単品での検出可否
<p>製品或いは構成部品の機械的ダメージ(破損, 部品の緩み及び外れなど)</p> <ul style="list-style-type: none"> 輸送中の振動・衝撃に製品が曝されることで生じる。 製品自体の機械的強度(振動又は衝撃耐性)が低いことによる。 	<ul style="list-style-type: none"> 振動試験 落下試験(又は衝撃試験) 	<ul style="list-style-type: none"> 製品単品での振動や落下試験(又は衝撃試験)により左記の故障モードやその兆候は検出できる可能性は高い。 ただし, 製品単品に用いる振動・衝撃ストレスの質は, 輸送中に経験する箱内部での振動・衝撃ストレスとは異なるので, 包装した状態での試験も計画・実施することが望ましい。
<p>金属部品の硫化腐食</p> <ul style="list-style-type: none"> 段ボールの原料には還元性硫黄が微量に存在し, その成分がアウトガスとなって箱の内部に発生する。 箱内部で発生したアウトガスと箱内部の水分が, 製品の金属部分と反応し, 金属部分の硫化腐食(又は変色)に至る。 	<ul style="list-style-type: none"> 高温保存試験(注記24) 	<ul style="list-style-type: none"> 製品単品での還元性硫黄によるガス試験(例: 硫化水素ガス)により, 左記の故障モードやその兆候は検出できる。 左記の事例に至るリスクの評価または品質評価は, 包装状態での試験に頼るよりも, 先ずは, 製品単品での同ガス試験に依ることが望ましい。 “(K5) 包装資材又は同梱物からのアウトガス”も併せて参照する。

→ 次ページに続く

注記24 … 恒温槽内で発生する段ボール材からの硫黄系ガスは、恒温槽を構成する金属部品に悪影響（金属部品の硫化腐食）を及ぼす。このような試験を繰り返し実施することで、恒温槽を比較的早い時期に故障に至らせるかもしれない。

また、恒温槽内に付着（或いは堆積）した硫黄系ガスは、同じ恒温槽を使用した引き続く他の試験結果（例：梱装箱を用いない試験）に影響を与える懸念もある。これらの懸念に対する対処方法については、段ボールを用いて包装した供試品の保存試験を計画する前に、まずは恒温槽のメーカーに相談すると良い。或いは、外部受託試験機関に相談してみることも一案である。

表6 に示した事例のうち幾つかは、製品単品の信頼性試験結果だけで予測することは難しい。故に、包装貨物試験の計画は、包装して初めて生じるような故障モードの可能性を慎重に検討し、かつ、注意深く評価する必要がある。

(K2) 実輸送試験の限界（一時的な環境ストレスへの遭遇、特別な取り扱いなど）

失敗事例：

- ・ 実際に輸送するような試験（以下、実輸送試験とする）だけを実施して、品質を判断した。

試験失敗による状況の例：

- ・ 量産時の流通で、初見の故障モードが発生した。

失敗状況に至る過程：

- ・ 実輸送試験は試験結果がばらつきやすい。または、量産時に遭遇する流通上のストレス度よりも、実輸送試験時のストレス度が低い可能性もある。このことについて、原因の例を次に示す。

- その時々交通又は道路事情で、ストレス度が変わる。例えば、トラックの走行速度や路面の凹凸状況など。
- 交通事情による走行ルートの変更。
- 試験であることを意識したドライバーによる丁寧な取り扱い又は貨物を扱うドライバーや作業員の違い。
- その時々天候状態。
- … 等々

対策：

- ・ 実輸送試験よりも、まずは輸送で生じるストレスを想定した定量的試験（ここでは、振動試験や落下試験などの形式的な試験を指す）を優先して計画・実施する。そのうえで、必要に応じて、最終的な確認を目的とした実輸送試験を計画・実施する。

アドバイス

- ・ 実輸送試験では、故障や損傷などが発生した場合に原因特定が困難であること、ストレスが不安定であること及び定量的試験に比べて時間がかかるなどの短所がある。一方で、定量的試験だけでは、実際に遭遇するストレスの全てを再現できていないかもしれない。このようなそれぞれの短所又はリスクに、過去の保証実績などの情報を含めて慎重に検討したうえで、定量的試験と実輸送試験の双方を採用すべきか否かを検討することが望ましい。

(K3) 実際の陸路輸送距離に対して 加振時間が不足又は過剰

失敗事例:

- ・ 実際の仕向地への陸路輸送距離に対して、振動試験での加振時間が短すぎた又は長すぎた。

試験失敗による状況の例:

- ・ 加振時間が短すぎる場合、量産時の流通で初見の故障モード (又は不具合) が発生する可能性がある。
- ・ 加振時間が長すぎる場合、試験で検出した故障モード (又は不具合) は市場では発生しない可能性がある。

失敗状況に至る過程:

- ・ 実際の輸送ルートでの陸路走行距離を参照せずに、振動試験での加振時間を決めたことによる。
- ・ または、振動試験の加振時間と加速度は、陸路輸送距離と密接な関係があることを理解していないことによる。

対策:

- ・ まず、実際の輸送ルートによる陸路走行距離を割り出し、同距離に応じた加振時間を設定する。このような計画には、特に顧客からの指定がないのであれば、“JIS Z 0200 包装貨物－性能試験方法一般通則”などの公的な規格類を利用するとよい。

例えば、“JIS Z 0200 包装貨物－性能試験方法一般通則 (2013)”では、運搬距離を3段階に区分し (注記25)、それぞれの区分あたりに要する加振時間を定義している。

注記25 … 国内輸送 (200km以下)、長距離の国内輸送又は国際輸送、及び非常に長い運搬距離 (2500km以上) の3区分。

アドバイス

- ・ 実際に生じる振動成分、加速度及び走行距離を基に、個別に試験条件をデザインすることも一案である。このような対応については、試験コンサルティングも請け負っているような振動試験装置の製造業者或いは受託試験機関に相談してみるとよい。

(K4) バラ荷輸送に対し試験条件が不適切

失敗事例:

- ・ 実際の輸送はバラ荷輸送であるが、振動試験時は、試験装置の補助テーブルに包装貨物を固定した。なお、ここでのバラ荷輸送とは、トラックの荷台やパレットに固定していない包装貨物単品 (集合こん包箱又は個装箱単品) での輸送を指す。

試験失敗による状況の例:

- ・ 量産時の流通で、初見の故障モード (又は不具合) が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ バラ荷輸送である場合、陸路走行時の道路事情 (例えば凸凹の状態) によっては、固定していない包装貨物は荷台から跳ね上がることがある。このようなことの累積的経験は、固有の故障モード (又は不具合) を誘発する可能性がある。

対策:

- ・ バラ荷輸送である場合、輸送中に跳ね上がるような状態を再現できるような試験条件を検討する。例えば、振動試験装置の補助テーブルに対し、供試品 (包装貨物) を固定せずに設置する (又は置く)。これにより、振動を経験している間、供試品が跳ね上がる状態を再現できる。

アドバイス

- ・ “JIS Z 0200 包装貨物－性能試験方法一般通則”に、“跳ね上がり振動試験 (繰り返し衝撃試験)”の手法と条件が定義されている。

(K5) 包装資材又は同梱物からのアウトガス

失敗事例:

- ・ 包装貨物内で、包装資材や同梱物からアウトガスが発生していたことが、後に判明した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 市場での流通時に、包装貨物を構成する資材や同梱物からアウトガス(部品材料から放出される揮発性の化学物質)が発生し、包装貨物内の製品に影響を与えた。

失敗状況に至る過程:

- ・ 包装貨物の試験計画に、そのような状況に至る環境を想定し反映していなかった又はそのような故障モード(又は不具合)を想定できなかったことによる。
- ・ アウトガスの影響については、“(F) 温度(温湿度) 保存試験, (F6) 温度試験槽内で共存する異なる供試品からのアウトガス” …も参照する。

対策:

- ・ このような状況は、包装貨物状態での高温高湿保存試験を利用して再現する。ガスの揮発は高温ストレスで加速され、ガスに含まれる有害成分は高温ストレスによる気中の水分に溶解込み、包装された製品はこのような水分を吸湿することで故障や不具合に至る。この場合の試験温湿度は、流通過程で遭遇する高温及び高湿状態を加速することで、潜在するモードを強制的に検出できるよう工夫する。ただし、過剰な高温高湿ストレスの適用は、市場で発生しない故障や不具合を誘発する可能性もあるため、慎重に検討する。

併せて 注記24 も参照する。

アドバイス

- ・ 製品にとって有害なガス成分が予め判明しているのであれば、その耐性についての品質判断は、包装貨物状態での試験に頼るのではなく、製品単品による同ガス腐食試験に依ることが望ましい。

例えば、段ボール材からの還元性硫黄ガスを懸念するのであれば、硫化水素ガス試験などを製品単品に適用し耐性を評価するか、或いは、その他のガス成分である場合は、製品単品に適用できる試験手法について受託試験機関に相談することも一案である。

- ・ 段ボール材からの還元性硫黄ガスの濃度は一様ではない。例えば、試験用に準備した包装資材からの同ガスの揮発濃度は、そのときに限り低いかもしれない。このような状況に試験結果が左右されないよう、また製品の耐性を確実なものとするためにも、包装貨物状態での試験に頼るのではなく、製品単品に対する同ガス腐食試験(例: 硫化水素ガス試験など)によってその耐性を評価・管理することが望ましい。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類(代表)

- ・ JIS Z 0200 包装貨物—性能試験方法一般通則
- ・ JIS Z 0202 包装貨物—落下試験方法
- ・ JIS Z 0205 包装貨物—水平衝撃試験方法
- ・ JIS Z 0212 包装貨物及び容器—圧縮試験方法
- ・ JIS Z 0216 包装貨物及び容器の散水試験方法
- ・ JIS Z 0232 包装貨物—振動試験方法

試験の前処理方法を規定する規格類

- ・ JIS Z 0203 包装貨物—試験の前処置

(L) 静電気放電イミュニティ試験

試験概要

- ・ 規定の静電気ノイズを供試品に印加した後に、供試品の機能、性能又は品質を検査する。
- ・ または、動作中の供試品に規定の静電気ノイズを印加したときの、供試品の振る舞いを検査する。
- ・ 部品、半製品又は製品が静電気放電に耐えられる能力又は感受性を調べることを目的とする。

試験手順(例)

- 1) 供試品の初期品質を標準環境下で検査し記録する。
- 2) 規定のセットアップ条件に従い、供試品を設置する。
- 3) 規定の静電気ノイズを供試品に放電する。このとき、試験目的によっては、放電したときの供試品の振る舞いを検査する。
- 4) 供試品の試験後品質又は破損などダメージ有無を検査し記録する。
- 5) 特に異常が無ければ、引き続き他の放電電圧、放電の極性或いは放電箇所についても同様に実施する。

試験計画に関する失敗の事例と対策

(L1) 気中放電試験での放電電圧 選定ミス

失敗事例:

- ・ 指定の放電レベルによる気中放電試験(注記26)を実施したが、指定値よりも低い放電レベルについては実施しなかった。例えば、指定された放電レベル $\pm 8\text{kV}$ を実施するも、下位レベルである $\pm 2\text{kV}$ 又は $\pm 4\text{kV}$ については実施しなかった。

注記26 … 気中放電とは、ESD発生器の帯電した放電電極(放電ガン)を供試品に接触するまで近づけて放電する方法を指す。放電電極の先端は丸い。

試験失敗による状況の例:

- ・ 市場において、試験時の放電レベルよりも低いレベルによる静電気放電で、障害が発生した。

失敗状況に至る過程:

- ・ 気中放電では、高い放電レベルに依らない障害が発生する場合がある。例えば、 4kV では障害が発生するが、 8kV では障害は発生しないなど。この矛盾に至る要因は、主には以下による。

低い放電レベルと高いレベルとでは、放電される箇所が異なる場合がある。例えば、同じ箇所放電電極を近づけても、 2kV では近づけた箇所に近接する回路基板上のA点に放電されるが、 8kV では同基板上のA点よりも遠いB点に放電される場合がある。これは気中放電の性質による。気中放電には、放電レベルが高くなるに従い、放電箇所からの距離よりも、インピーダンスが低い箇所(この場合B点)に放電する性質があることによる。そのため、放電された箇所の違いは、それぞれ異なる症状を示すか、又は低い放電レベルだけで障害が発生するなどの結果に至る。

- ・ 高い気中放電レベルだけで試験を実施してさえいれば、それは最も厳しい結果であり、故に、その結果はその下位レベルによる結果も問題ないだろうとの固定観念が、試験失敗に至らせる。

JIS規格(注記27)では、気中放電法に対しては、指定の試験レベルを含むすべての下位レベルの試験を行うことを要求している。試験計画者は、この点を見逃している場合が多い。

対策:

- ・ 指定の気中放電レベルに加えて、すべての下位レベルについても試験を実施する。この下位レベルは、例えば、JIS規格(注記27)を参照し計画する。また、試験は最も下位のレベルから開始し上位のレベルに到達するまで順番に行う。

→ 次ページへ続く

アドバイス:

- ・ 気中放電及び接触放電について、各手法の作用と影響(長所/短所)などを理解したうえで、試験計画を検討することが望ましい。関連する情報は JIS規格(注記27)を参照するか、ネット上でも関連する情報が公開されているので、検索してみるとよい。

注記27 … JIS C 61000-4-2 電磁両立性-第 4-2部: 試験及び測定技術-静電気放電イミュニティ試験

(L2) 放電手法の選定ミス(接触放電と気中放電)

失敗事例:

- ・ 供試品の金属部に対して、気中放電法により放電した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 試験結果の再現性が低い。

失敗状況に至る過程:

- ・ 気中放電で生じるスパーク(気中に生じる電気の流れ)は、接触放電よりも不安定であり、ゆえに試験結果の再現性が低いという欠点がある。これは、主には放電ガンが印加点に接近する速度、放電ガンの角度、環境湿度又は印加点の状態(例えば表面の汚れ)などに影響を受けている。また、放電ガンの接近速度に関わらず、放電電流の立上がり時間(立上がりの勾配)もばらつき易く、電圧と接近速度の組合せによっても立上がり時間は大きく変化する。

一方、接触放電法(注記28)は、放電レベルに比例する放電電流が注入され、放電毎の放電電流の波形も安定している。気中放電法の欠点を改善した手法が、接触放電法であると理解してよい。

注記28 … 接触放電とは、ESD発生器の放電電極を供試品に接触させた状態で放電する方法を指す。放電電極の先端は尖っている。

対策:

- ・ 供試品の金属部分には接触放電法を適用する。また、供試品の絶縁部分、及び接触放電の電極が接近できないような箇所には、気中放電法を適用する。

接触放電法は、放電レベルに比例する放電電流が直接的に供試品に注入され、放電毎の放電電流の波形も安定しており、故に、気中放電法よりも試験結果の再現性はよい。また、JIS規格(注記27)では、接触放電法を優先するとしており、気中放電法は接触放電法が適用できない場合に用いるよう要求している。

試験手法に関する失敗の事例と対策

(L3) 試験環境、セットアップ及び手法による再現性の低下

失敗事例:

- ・ 試験環境、セットアップ又は手法の条件に、試験の都度に異なるような要因が存在した。

試験失敗による状況の例:

- ・ 試験結果の再現性が低い。

失敗状況に至る過程と対策:

- ・ 静電気放電イミュニティ試験結果の精度と再現性は、試験環境、セットアップや手法の正確性と安定性及びそれらの再現度に大きく左右される。試験あたりでのこれら差異は、静電気放電で生じる放電電流や波形などの状況に影響を与え、その結果、静電ノイズを感受する側の供試品の振る舞いにも変化をもたらす。
- ・ ここでは、前述 (L2)及び(L3) 以外の、試験結果に影響を及ぼすような、ありがちな失敗事例と対策を(おそらくは数ある失敗の一部ではあるが)、次ページに記載する。なお、これら事例は“JIS C 61000-4-2 電磁両立性-第4-2部: 試験及び測定技術-静電気放電イミュニティ試験”が要求する試験セットアップ例に従った試験環境であることを前提とする。

参考にするべき規格類

試験方法/条件を示している規格類

- ・ JIS C 61000-4-2 電磁両立性-第4-2部: 試験及び測定技術-静電気放電イミュニティ試験

製品の使用環境あたりでの要求事項(静電気放電レベル)を示している規格類

- ・ JIS C 61000-6-1 電磁両立性-第6-1部: 共通規格-住宅、商業及び軽工業環境におけるイミュニティ
- ・ JIS C 61000-6-2 電磁両立性-第6-2部: 共通規格-工業環境におけるイミュニティ

→ 次ページへ続く

表 7-1 - ありがちな失敗事例と対策

項目	失敗事例	対策
[試験環境/セットアップ]		
<ul style="list-style-type: none"> 試験室の湿度（気中放電法） 	<ul style="list-style-type: none"> 試験時、湿度は JIS規格などが定義する30～60%RH（15～35℃）の範囲を超えていた。 	<ul style="list-style-type: none"> 30～60%RH（15～35℃）の範囲に収まるよう試験室内を管理する。特に気中放電は、湿度の影響を受けやすく、湿度状態によって放電の振る舞いは変化する。 なお、接触放電法では湿度の影響は受けづらい。
<ul style="list-style-type: none"> 基準グラウンド面への接続 	<ul style="list-style-type: none"> 基準グラウンド面と、保護接地線、結合板又は供試品との接続が緩んでいた又は外れていた。これにより、接続している両者間で電位差が生じ、伴って静電レベルや供試品の感受性が変化した。 	<ul style="list-style-type: none"> 各接続状態は、試験開始前に正常であることを都度確認する。
[試験手法]		
<ul style="list-style-type: none"> 放電時の放電ガンの姿勢 	<ul style="list-style-type: none"> 印加点に対して、放電ガンを傾けて放電した。 	<ul style="list-style-type: none"> 印加点に対して、放電ガンを直角に保ち放電する。角度により、放電波形は変化する。 直角に出来ない場合は、放電を実施した試験状態を、試験結果報告書に記録しておく。
<ul style="list-style-type: none"> 印加点まで放電ガンが接近する速度（気中放電法） 	<ul style="list-style-type: none"> 放電ごとに接近する速度が著しくばらついた、或いは接近する速度が一定して著しく遅かった。 	<ul style="list-style-type: none"> 放電ガンをできるだけ速く接近及び接触させる。また、この接近速度は放電毎に一定となるよう意識して行う。 接近速度によって放電電流の波形は変化する。また、接近速度を一定にしてもなお、放電電流の立上がり時間は一定にはならない。気中放電にはこのような不安定要因があるので、試験結果の再現性を高めるべく、上述を意識して行う。
<ul style="list-style-type: none"> 1回放電した後の、供試品の除電（非接地又は帯電する可能性ある供試品） 	<ul style="list-style-type: none"> 1回放電した後に、供試品を除電しないまま引き続き次の放電を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> 1回の放電ごとに、供試品を除電する。 接地した抵抗付き（例えば、両端に470 kΩ）カーボンファイバブラシを用いて除電する、又は供試品に帯電した電荷が自然減少するのに必要な時間だけ（通常は1秒以上）、印加時間の間隔を延長する。 試験時の供試品の帯電有無は、試験結果の再現性に影響を与える。
<ul style="list-style-type: none"> 金属などの導電材料に施された塗装面への放電（接触放電法） 	<ul style="list-style-type: none"> 放電電極のどがった先端を塗装面上に軽く接触させて放電した。 	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁塗装ではない場合、放電電極のどがった先端で塗膜を貫通させて接触させる。塗膜厚みによる供試品と電極との距離は、放電波形を変化させる。 絶縁塗装である場合は、気中放電法を適用する。

6. おわりに

最後に、本ガイドを執筆するに当たりご指導、ご協力いただいた多くの方々にこの場で略儀ながら御礼を申し上げます。

また、本ガイドの作成過程において、関連する知見を充実させるべく代表的な受託試験機関との交流を企画し、試験所見学や意見交換など貴重な体験をさせて頂いた。この企画に多大なお骨折りを頂いた次の受託試験機関の各位には、心より感謝と御礼を申し上げます。

エスペック株式会社 宇都宮試験所（東日本試験所）
エミック株式会社 三島受託試験センター
株式会社 住化分析センター 千葉ラボラトリー

附属書 (参考) - 信頼性試験を失敗させないための環境作り

信頼性試験の失敗による最悪な事態とは、その結果として市場に故障（或いは不具合）を流出させてしまうことである。本章では、そのようなリスクを少しでも低減させるために、試験のテクニカルな側面に着目した事例とその対策例を中心に挙げているが、しかしそれだけでは十分ではなく、別の視点による取り組みも併せて必要となる。

そこで本附属書では、信頼性試験を失敗させないための環境作りに着目し、そのキーワードと幾つかの施策例を紹介する。なお、信頼性試験に関わる部門やエンジニアが抱える課題は一様ではないだろうから、本附属書はそれぞれの状況に応じて参考にさせていただきたい。

A. 試験と評価

信頼性試験の結果、信頼性品質に対して“合格”という判定を下したその意味には、その製品は市場において目標とした耐用年数（目標寿命）に到達するまでの間、実使用にも耐えうることの保証、或いは必要とする品質のレベルが保たれていることの保証（以降、これを総称して“市場での信頼性保証”と表現する）を含めているべきである。

例えば、設計部門或いは顧客が作成した仕様書のみに沿って全ての試験を実施し、仕様書による判定基準に従って“合格”であると判定した。しかし、その後、設計品質に由来する故障（或いは不具合）が市場で発生したとする。この事例も、本書が扱う“信頼性試験の失敗”に該当する。では、なぜ失敗したのか？

この失敗事例では、仕様書による信頼性試験についての要件が、市場での信頼性保証を達成するにあたり不十分であった可能性がある。例えば、仕様書は試験温度を 40℃としていたが、実際に市場で遭遇する温度は 50℃であったかもしれない。或いは、仕様書に記載していない検査項目が、不具合の潜在を示すことができる唯一の尺度であったかもしれない。もしそうであれば、信頼性試験計画は仕様書のみを拠り所とするべきではなかった。

そこで、“試験”と“評価”という二つの言葉を取り上げ、その意味に着目しながら、上記事例の顛末について考えてみる。

まずは、“信頼性試験”と“信頼性評価”の、それぞれが意味する活動概要を以下に示す。

信頼性試験

供試品の性質を検査し、他者が定めた判定基準と照合し合否判断すること。

信頼性評価

供試品の性質を検査し、どれだけの能力を有しているかを見定めること。

冒頭の事例では、仕様書に忠実に従った形式的な試験のみを実施し、仕様書が記載する判定基準に沿って判定している。この行動は、前述の”信頼性試験”に該当する。では、前述の”信頼性評価”とはどのような活動なのか？冒頭の事例に当てはめた評価活動の一例を次に記す。

信頼性評価の活動例(1)

仕様書に記載された試験条件や項目を、実際の市場で遭遇する環境、目標とする耐用年数及び想定故障モードに対して妥当性を精査し、不足があれば、その差異を試験計画(試験条件・判定基準)に反映させる。また、検査項目についても、事前に想定していた故障モードの発生メカニズムに対する適性を精査し、必要であれば仕様書に依らない独自の検査項目も試験計画に含める。

信頼性評価の活動例(2)

試験後の検査値が判定基準を満たしていたとしても、正常値の分布から外れたところにその検査値が位置しているのであれば、不具合の潜在を怪しみ、分布から外れた原因を探る。或いは潜在する不具合を強制的に抽出するための追加試験を計画し、それらの結果を含めたうえで総合的に試験結果を判定する。

信頼性評価の活動例(3)

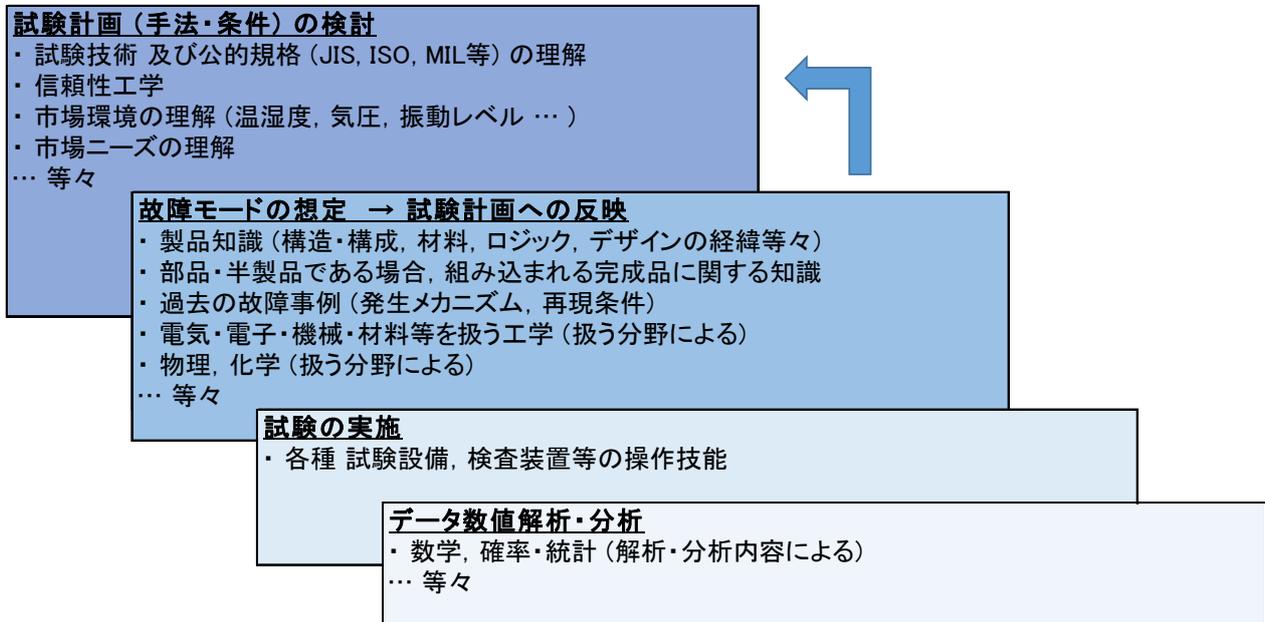
試験に合格できたこと或いは不合格であることの妥当性について、製品のデザイン(構造、構成或いは材料等)に照らして考察してみる。例えば、合格できたことに偶発的な要素が含まれている可能性がもしあれば、そのようでないことを証明するために、追加の試験を計画する。

... 等々。

冒頭の事例が失敗であったことの一因には、仕様書保証だけでは市場での信頼性保証をしきれないことへのリスクに着目しなかったために、”試験”に終始し、上述のような”評価”を実施しなかったことが挙げられる。もし、”試験”に加えて”評価”を実施していれば、潜在する不具合に気づくことが出来、それを未然に防止できていたかもしれず、更には市場に不具合を流出させることも防げていたと想像する。

“試験”に加えて“評価”するという活動は、市場での信頼性保証を達成するためには欠かせない重要なミッションであると考えられる。そのため、信頼性評価が出来るエンジニアの存在と育成は重要なカギとなる。

信頼性 “評価” を担うエンジニア（以降、これを”評価エンジニア”と表現する）が身に付けておきたい知識・知見の範囲は、設計エンジニア以上に広いといっても過言ではない。その範囲の例を次に示す。



当然、この範囲の見積もりは、扱う製品の種類や複雑さ、或いは部門機能やスタッフの役割分担によって大きく異なる。また、これほどの幅広い知識・知見を漏れなく・深く身につけているエンジニアは、皆無と思われる。(※1) それゆえ、ここでは、「評価エンジニアとは多岐にわたる知識・知見を必要とする職種である。」ことを、先ずは感覚的に理解いただきたい。

(※1) ... そのため、例えば、不足する知見・知識を補うべく或いは課題の複雑さに応じて、必要とする知識や経験ある部門内外のエンジニアを集めて対応するか（例えば、CFT: クロス・ファンクショナル・チームを編成する）、或いはそのようなエンジニアからのアドバイスを得ながら信頼性試験・評価にあたること、方策として挙げられる。

以降のページでは、このような評価エンジニアの育成、及び評価活動を支える環境作りのための施策例を紹介する。

B. 評価エンジニアの育成

前述で述べたような評価エンジニアを育成するための、信頼性試験・評価業務を通じて実践的にかつ継続的に活用できる施策例を幾つか紹介する。

B1. OJT (On-The-Job-Training)

考察する

次のような切り口で“考察する機会”を設ける。その際、初期段階では考察した末に間違った解に辿り着いてもよく、しかし教育担当者はそこからヒントや考察するための材料を与えながら、正しい解に誘導する。“常に考察する”という姿勢を身につけることは、評価エンジニアとしてのスキルを高める契機となるので、若手エンジニアでいるうちは、考え悩ませる機会を積極的に設けて頂きたい。

施策例 1: 試験計画の妥当性を考察する

試験条件や手法は、その製品の用途や遭遇することが予測される環境、或いは目標耐用年数に対して妥当か？ なぜ、妥当か？ なぜ、妥当ではないのか？ 妥当でなければ、どのような試験条件や手法とするべきか？

施策例 2: 試験結果の妥当性を考察する

試験が合格或いは不合格であったことは、製品のデザイン（構造や材料等々）に照らし合わせても妥当な結果であるか？ なぜ、合格できたのか？ なぜ、合格できなかったのか？ 試験前に想定していた故障モードはなぜ発生しなかったのか？

製品を理解する

製品を構成する部品や材料の振る舞いは、潜在する故障（不具合）のメカニズムに強く影響する。一方、試験計画（試験項目、条件及び手法など）は、想定する故障モードの発生メカニズムに沿って検討する必要がある。この点で、製品を深く理解することは極めて重要である。早期の段階で以下のようなイベントに参画することは、製品を理解するための一助となる。

施策例 3: 製品設計に関わる各イベントへの参画

設計プロセスの源流で行われる要素評価や実験に、積極的に関わる。また、QFD, FMEA 或いは FTA などのイベントに積極的に参画する。以降、これらに参画することで得ることができた知見、知識及び情報を活用しながら、試験計画を検討させる。

故障メカニズムの知識を蓄える

市場での信頼性保証を目的とした信頼性試験・評価の種類や条件は、想定する故障モードのメカニズムに沿って検討し決定する必要がある。故に、故障メカニズムに関する知識の豊富さは、市場での信頼性保証を達成するための信頼性試験(評価)計画の精度と密接な関係があるといえる。また、故障メカニズムと故障を誘発する環境情報をひも付きで情報として獲得・蓄積することは、評価エンジニアにとっては目利き力の向上につながり、今後の評価活動上の強みとなる。故障に関する知識・情報は、評価エンジニアにとっては、宝であると言っても過言ではない。

施策例 4: 故障解析への参画

信頼性試験・評価中に発生した故障、或いは市場で発生した故障の原因解析に積極的に関わる、或いは自らが解析する。また、得られた解析結果を基に、どのような試験手法・条件或いは供試品のコンディションであれば試験室内で再現できるかを検討し、それらの活動成果は、必要に応じて試験基準書や過去トラなどに反映して共有する。

特に自らが解析することについては、考察する(或いは考え悩む)よい機会でもあり、自らが苦勞して解明できた故障の原因やメカニズムは、知見・知識としてより深く身に付く。この点で、評価エンジニアは、試験や評価の技術・技能のほか、必要と思われる解析技術・技能についても学んでおくことが望ましい。

その他

施策例 5: 市場・顧客ニーズの理解

市場や顧客が製品に求めているニーズや、どのような事態を不満に考えているのかを、評価エンジニアが理解しておくことは重要である。例えば試験計画には、仕様書のみならず、(或いは仕様書から読み解くことのできないような)市場や顧客の側の視点に立ったニーズを、客観的な立場から、試験条件や判定基準に反映させる必要があるかもしれない。

そのようなセンスを身につけるために、かつ教育の一環として、例えば、顧客訪問時に同行し顧客のニーズを直接確認する、顧客とコミュニケーションを図りながら試験計画を検討する、或いは市場故障発生時には顧客へ謝罪訪問する際に同行させ、事態の重大さを直接肌で感じさせることは一案である。

B2. Off-JT (Off-The-Job-Training)

施策例 6: 社内外のセミナーへの参加

OJT で補えない点を補充するために、或いは最新の評価技術トレンドを学び更なる評価技術の向上を目指すために、社内外のセミナーに参加することは一案である。また、学び得た知識・知見は、積極的に業務に活かせるよう働きかけ、その成果を評価する。

新しい知識や技術に触れ、それを活かすテーマに関わることは、エンジニアとしてのモチベーションを高めるきっかけになるうえ、評価技術は向上し、それが基となって信頼性保証の精度とコストを更に改善できることが期待できる。

施策例 7: 公的規格の理解と活用

JIS 等の公的規格の内容を理解し身につけることは、評価エンジニアにとって極めて重要である。また、公的規格を教育教材として利用することも一案である。正しい信頼性試験（評価）を実施するための要件を会得することが出来、(規格の種類にもよるが) 品質判断に配慮すべき情報や評価技術に関連する知識なども得ることができる。一般的な試験やストレスを対象に、評価エンジニアが理解しておきたい代表的な規格の一例を次ページに記載する。

表 8・評価エンジニアが理解しておきたい代表的な規格の一例

活用したい規格名称	概要
JIS C60068 シリーズ 環境試験方法 - 電気・電子	一般的な環境試験（例えば、温湿度、振動、衝撃等々）を対象に、方法、手順及び要件等を定めている。IEC 60068 規格群を基としており、下記に記したサイトでは 56規格が公開されている。（2019年2月現在） また、規格の中には指針を扱う規格もあり、試験の実施や判定に役立つ情報なども知ることが出来るので、必要とする試験の規格と指針とを併せての理解と利用が望ましい。
JIS C60721 シリーズ 環境条件の分類	製品が曝される環境条件のパラメータと厳しさを規定している。IEC 721 規格群を基としており、(一財)日本規格協会 (JSA) が運営するサイトでは 18規格が公開されている。（2019年2月現在）例えば、温湿度や気圧について、製品用途（車載、移動使用等など）毎に定めており、製品仕様の検討や環境試験の条件設定に利用できるほか、環境工学的な知識・知見の一端を知ることができる。 JIS C60068 シリーズと併せて活用すると良い。
JIS C61000 シリーズ 電磁両立性	電磁界によるイミュニティ試験及びエミッション試験を対象に、方法、手順及び要件等を定めている。IEC 61000 規格群を基としており、(一財)日本規格協会 (JSA) が運営するサイトでは 15規格が公開されている。（2019年2月現在）
JIS Z0200 包装貨物－性能試験方法一般通則	包装貨物を対象とした試験方法、手順および要件等を定めている。ISO 4180 を基としており、主には、振動、衝撃及び圧縮ストレスを扱う。
MIL-STD-810 環境工学的配慮および試験所試験に関する試験方法規格	米国防衛装備品を対象に温度、湿度、高度、振動、衝撃等々の環境試験を扱う、アメリカ国防総省が制定する試験規格。試験パラメータの背景や試験条件の論理的根拠などの技術情報が多く記載されており、それらは軍事関連の文言を民生製品などに置き換えて解釈することで、試験への応用のほか、更なる試験技術の探求などにも役立つ。
MIL-STD-202 電子・電気部品の試験法	米国防衛装備品に用いる電子・電気部品（コンデンサ、抵抗器、スイッチ、リレー、変圧器、インダクタ等）を対象とした試験法を扱う、アメリカ国防総省が制定する試験規格。
AEC-Qxxx シリーズ 車載用電子部品試験規格	AEC (Automotive Electronics Council: 米国の大手自動車メーカーと電子部品メーカーが集まって作られた車載用電子部品信頼性の規格化のための団体) が制定する、車載向け電子部品の試験規格。部品カテゴリによって次のように分類されている。 AEC-Q100 : 集積回路 (IC) AEC-Q101 : ディスクリット半導体部品 (トランジスタ・ダイオード等) AEC-Q200 : 受動部品 (コンデンサ・インダクタ等)
JESD22-XXXX シリーズ 半導体デバイスの信頼性試験方法	JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association: 半導体技術協会) が制定する、半導体を対象とした試験規格。環境ストレス、電氣的ストレス及び機械的ストレスによる多数の試験を扱っている。

- ・ JIS規格は、(一財)日本規格協会 (JSA) から購入するか、或いは同協会のサイトで検索・閲覧できる。
- ・ MIL-STD-810 規格は、(一財)日本規格協会 (JSA) から邦訳冊子を購入することができる。
- ・ AEC-Qxxx 規格は、AEC のホームページから無償でダウンロードすることができる。
- ・ JESD22 規格は、JEDEC のホームページから無償でダウンロードすることができる。ただし、氏名や会社名などの事前登録が必要。

C. 技術の共有と継承

評価エンジニアにとって、評価技術や故障メカニズムなどの情報は、信頼性評価を実施するうえでは欠かすことが出来ない。例えば、特定の故障メカニズムに沿った試験手法を検討すべきところを、そのことに関連する知識・知見を身につけていなければ、本書が扱うところの試験失敗に至るかもしれない。また、このような情報を信頼性試験・評価部門のエンジニア全員が共有できていなければ、或いは将来を担う後続の若手エンジニアに継承できなければ、今後において評価技術の成長は停滞し、信頼性保証の精度は低下するかもしれない。

施策例 8: 技術情報、知識及び知見は形にして共有・管理運営

故障情報（故障の発生メカニズム、検出方法を含む）、試験手法及び評価技術に関する情報・知識・知見は、形にして共有化・管理し、誰もが容易にその情報にアクセスできるような環境を整える。

それらの情報・知識・知見が身近に存在し活用できることは、日常的な信頼性試験・評価活動において強力なツールになり得るし、精度向上に繋がる。また、評価技術や知識・知見の継承にも役立つことは言うまでもない。

D. 受託試験機関の活用

ここでの受託試験機関とは、様々な試験を請け負い実施することを専門業務としているメーカ・業者や公立試験研究機関(※2)を指す。どのようなサービスであるかを知るために、インターネットで“受託試験”をキーワードに検索・閲覧してみると良い。最近では、単に試験実務を請け負い実施する業務のみならず、分析・解析、或いはどのような試験条件や方法が適切であるかなどの技術相談にも応じており、近年では電子情報産業分野の信頼性保証活動において重要な役割を果たしている。

また、受託試験機関が所有する試験設備も充実しており、かつ高度で専門的な知識・能力を身につけたスタッフ・エンジニアに対応頂けることは、我々にとっては非常に心強いサービスであるといえる。

施策例 9: 受託試験機関の活用

試験を失敗させないため、或いは正しい試験を実施するために、受託試験機関を利用することは一案である。我々に不足する技術や能力を補いながら、試験を正しく完遂できることが期待できる。

受託試験機関の活用には、もうひとつの利点がある。評価エンジニアは、その活動が社内（或いは部門内）で完結するような場面が多い性質上、ともすると、自身の信頼性試験・評価に対する考え方や知識が偏り気味になるか、或いは固定化してしまいがちである。このことは、幅広い知識・知見を活かした対応力が求められる評価エンジニアにとっては、望まれない資質である。

社外(受託試験機関)の試験・評価現場を体感し，同業者とのコミュニケーションを通して新しい知識，技術或いは考え方に遭遇し学ぶことは，評価エンジニアの資質を育てるうえでの一助になり得る。

(※2) ... 公立試験研究機関は，METI/経済産業省が公開する次のサイト“全国鉱工業公設試験研究機関保有機器・研究者情報検索システム”から検索することが出来る。

<https://www.meti.go.jp/kousetsushi/top>

信頼性技術強化 WG

主査	守谷 敏	KOA株式会社
副主査	岩田 和久	株式会社 村田製作所
	古川 秀文	アルプスアルパイン株式会社
委員	仲井 正典	FDK株式会社
	伯耆原 茂	KOA株式会社
	長井 喜昭	コーセル株式会社
	藪田 信治	双信電機株式会社
	中島 淳	双信電機株式会社
	長居 秀幸	TDK株式会社
	小島 一高	ニチコン株式会社
	鈴木 敬一郎	日本航空電子工業株式会社
	中野 真治	パナソニック株式会社
	林 千春	パナソニック株式会社
	辻 尚宏	株式会社 村田製作所
	小中 義宏	株式会社 村田製作所
事務局	細川 照彦	一般社団法人 電子情報技術産業協会

電子部品の信頼性評価ガイド作成タスクフォース

リーダー	古川 秀文	アルプスアルパイン株式会社
メンバー	仲井 正典	FDK株式会社
	伯耆原 茂	KOA株式会社
	中野 真治	パナソニック株式会社
	小中 義宏	株式会社 村田製作所