

電子機器に使用されるプラスチックの燃焼対策

2010 年 11 月 1 日

渡部利範

1.はじめに

本文では、電子機器の発火防止に長年携わった私の経験から、機械設計者と材料関係者に発火防止を考えるきっかけと着眼点を伝えたい。電気・電子部品は意外な箇所でも燃えだし、さまざまなメカニズムでプラスチックに容易に着火することを知って欲しい。

電子機器は、外装カバーはもとよりプリント基板、ギヤ等の内部プラスチック、機構部品等、重量比で 80%から 90%の電子機器も存在する。様々な特質を保持したプラスチックが使用されており、プラスチックの原料にさまざまな添加物を加えて、過熱、アーク、燃焼の現象に対応するプラスチックが開発されている。

電子機器には、各種の電気・電子部品が使用されており、異常時には、過熱、アーク、燃焼の 3 つの現象が個別、あるいは同時に発生が予想される。プラスチックと電気・電子部品が近接かつ混在している電子機器にあって、プラスチックがどのような特質と水準を保てば、プラスチックが燃焼せず、電子機器の発火を防ぐことができるのかを理解したい。

2.プラスチックの燃焼

固体のプラスチックが燃焼するには、固体のままでは燃焼せず、それらが熱分解して可燃性ガスを発生してガスに着火して、プラスチックの燃焼となる。熱分解するためには、一定の温度と時間が必要であり、プラスチックの種類で異なる。例えば、ポリアセタール樹脂製の先端が鋭利なギヤであれば、350℃、約 2 秒で青白い炎を伴いながら着火する。

3. 電氣的現象でプラスチックに着火する事例

3.1 高電圧のアーク現象 (図 1)

回転する金属製の軸を介して、4 kV、数mA の高電圧の電流が金属板の接点を介して接点に流れ、スパークする。アークで接点が発熱し、接点から 3mm 離れたコロ (ポリアセタール樹脂) が溶融し気化する。ポリアセタール樹脂の気化したガスがアーク (気中で 3000K~6000K) の熱で発火し、その炎でコロ、ギヤが燃焼する。

3.2 大電流によるアーク現象 (図 2)

電源スイッチの接点に突入電流 150A が繰り返し流れ、定常的な 10A 以上の電流が継続的に流れて接点が過熱する。接点を支える材料が溶融して接点間が不安定になりアークが発生する。プラスチックのスイッチカバーをアークが突き破る。そのアークでカバーが発火し、近傍のプラスチック部品に着火した。

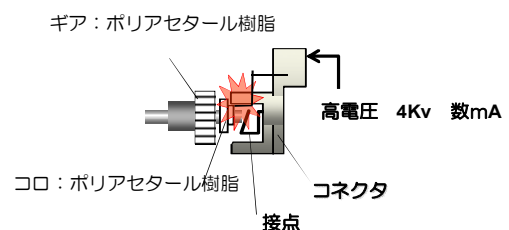


図1 高電圧のアーク現象

Copyright by Techno Quality Corporation

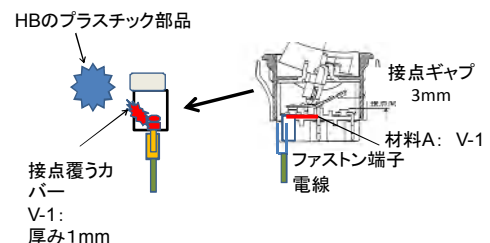


図2 大電流によるアーク現象

Copyright by Techno Quality Corporation

3.3 トラッキング現象

トラッキング現象とは、プラスチックを介した両

極間に水分が染み込んだ埃等に電流が流れ、序々にプラスチックが炭化し絶縁性が劣化し、継続的に電流が流れてジュール熱でプラスチックが発煙、発火する現象である。エポキシ樹脂製のプリント基板の場合、約 820℃でエポキシ樹脂が溶けだして気化し、発火する。トラッキング現象の発端となる要因は、抵抗、ダイオード、トランジスタ等の部品の加熱による炭化、アルミ電解コンデンサの電解液の漏れ、製品内のプリント基板上への露滴等、多種多様である。

4. プラスチックの燃焼性に係わる課題

電子機器の発火防止には、プラスチックとの関わりが欠かせない。高電圧コネクタ、電源スイッチ、プリント基板、バリスタ、電線等事例も含めそれらを整理して図 3 に示した。

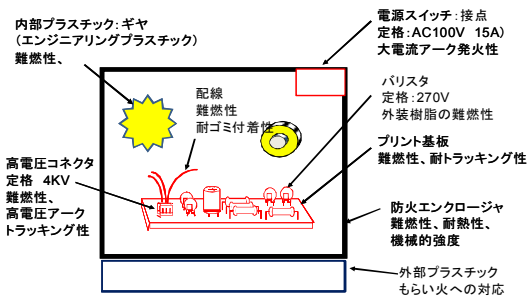


図3 プラスチックの安全性に係わる課題

Copyright by Techno Quality Corporation

電子機器には、量の差はあれ必ずプラスチックが使用されている。国際規格である I E Cで定める防火エンクロージャ、内部プラスチック、外部プラスチック等の難燃グレードの理解は、電子機器の発火防止の必須知識である。

振動防止や防音のため等のウレタンフォーム、絶縁シート材料も多用されている製品もある。固定形のプラスチックも含めたクラス分類とその分類のもとになる試験方法の規格名を記す（表 1）

表1 プラスチックの分類と適用規格

使用対象のプラスチック	クラス分類	試験方法の規格
防火エンクロージャ（内部の電気部品を覆う材料）	5VA 5VB	IEC60950-11-20
防火エンクロージャ、内部プラスチック（コネクタ、プリント基板、スイッチ、機構部品等）	V-0 V-1 V-2	IEC60950-11-10
内部プラスチック 外部プラスチック（ペーパー受け、キーボード、支持台等）	HB40 HB75	IEC60950-11-10
発泡材料（例、ウレタンフォーム）	HF-1 HF-2 HF-F	ISO9772
（粘着）シート材料	VTM-0 VTM-1 VTM-2	ISO9773

Copyright by Techno Quality Corporation

5. 燃焼試験

5.1 クラス HB 試験方法（図 4）

HB 定格は、厚みによって燃焼スピードが異なり、プラスチックが燃えて溶融してたれ落ちる可能性がある。HBのプラスチックが電子機器のプラスチック性の底板に垂れ落ち、プラスチック性の底板がV-1、V-0 の場合でも、共に燃焼して電子機器の発火になる。

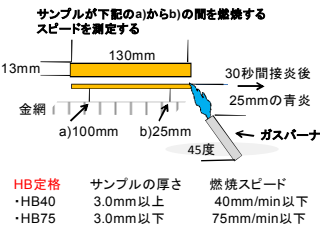


図4 クラスHB試験方法

Copyright by Techno Quality Corporation

5.2 クラスV試験方法（図 5）

10 秒間接炎後離し、燃焼時間を記録し 10 回繰り返す試験で、V-0 は、第一回目の燃焼時間が 10 秒以下とV-1、V-2 に比べて 1/3 である。V-0 は、高難燃性である。V-1 と V-2 は燃焼時間の定格は同じであるが、V-0、V-1 の場合、垂れ落ちたプラスチックで脱脂綿が燃えないことあり、一方 V-2 は脱脂綿が燃えても認証を得ることができる。発火防止の立場から言えば、HB 定格と同じ様な考え方でプラスチックを扱ったほうが良い。

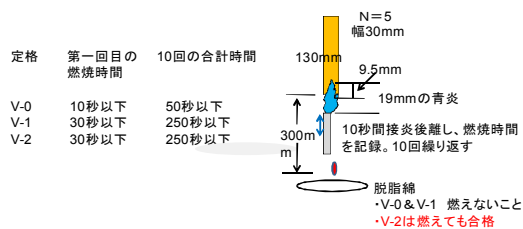


図5 クラスV試験方法

Copyright by Techno Quality Corporation

6. 電気的特性試験

6.1 耐アーク性 (JIS K6911、ASTM D495)

耐アーク性とは、絶縁材料がアークにさらされた場合、トラッキング（炭化導电路）が発生するまでの耐久時間を言う（図 6）。一般的に有機材料の表面でアークが発生すると、アークの高温による炭化は電極付近で起こり、順次電極間に広がる。耐アーク性が要求される部品は、フライバックトランスのカバー、複写機、レーザービームプリンタの高電圧発生部の機構部品等である。

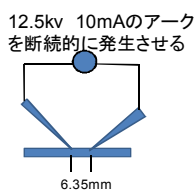


図6 耐アーク性(JIS K6911 ASTM D495)

Copyright by Techno Quality Corporation

6.2 耐トラッキング性 (CTI 試験 IEC 法 DIN 法など)

耐トラッキング性とは、絶縁物の表面の塵や電解質等の汚染物質が付着した状態におけるアーク劣化を測定する（図 7）。CTI 値とは、塩化アンモニウムを用いて試験位置の 5 箇所とも 50 滴で破壊しない最大電圧値を求める。CTI の値により、プリント絶縁距離の規制値が変わる。耐トラッキングの性能が要

求される部品は、プリント基板、電源コンセント、電源プラグ等である。

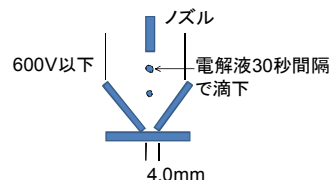


図7 耐トラッキング性(CTI試験 IEC法 DIN法 など)

Copyright by Techno Quality Corporation

6.3 大電流アーク発火性 (UL746A)

大電流アーク発火性とは、固定電極と可動電極を接触させ、接触した時に 32.5A 流れるような回路にして、アーク熱により試験片が発火するまでの電極接触回数（アーク数）を測定する（図 8）。絶縁材料付近でアークが発生すると、アーク部分の高温でプラスチックを熔融・着火の危険性にさらされている。大電流アーク発生性が要求される部品は、リレー、スイッチ、サーモスタット等の外装カバーである。

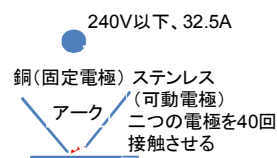


図8 大電流アーク発火性(UL746A)

Copyright by Techno Quality Corporation

7. 着火温度の指標

プラスチックに着火しなければ、電子機器の発火にならない。着火温度は非常に重要な指標である。しかし、着火温度は、引火点（温度）ほど規則的ではなく、着火温度もまだ定義されておらず、材料の燃焼性に比べ着火の程度の研究は進んでいない。着火

温度は、材料に含まれる少量の物質で左右され、着火温度の低い物質が最初に燃焼し、順次反応が拡大するので材料全体の組成や構造によらないとされている。材料の着火性その物を抑制する手段は、まだ見出されていない。しかし、着火性を抑制する目的ではなく、機能上の理由から高分子量のアロイ化、フィラーを加える等の方法で、プラスチックの着火性を抑制する材料が存在する。

8. 電子部品の発火現象

8.1 バリスタの発火現象

ZnO バリスタは、過電圧が印加されると、バリスタに電流が流れ、ジュール熱で局所的に過熱する。半田が溶け始め、バリスタは次第に高熱になる。バリスタ素体は、特定の部分に電流が集中し発熱して約 1300℃から 1400℃になり、スパーク、外装樹脂のエポキシ樹脂が溶けて発火する。8 c mから 10 c mの炎が 5 秒から 10 秒程、継続する。エポキシ樹脂をフェノール樹脂とシリカの混合剤を変更して燃えにくいバリスタを開発した。



炎の高さ最大80mm、継続時間9.5sec
2cm上のポリアセタール樹脂に着火

図9 外装樹脂がエポキシ樹脂の試料

Copyright by Techno Quality Corporation

10

8.2 電子部品が発火した場合の発火の広がりや時間のモデル

電子機器には、約 60 種類の電気部品、電子部品が使用されている。全ての部品が発火する可能性がある。しかし、それを前提に製品を設計することは、困難であり現実的ではない。電子機器における発火防止の設計にとって大切なのは、各種電子部品がどのよ

うな条件の時、発火して、どの程度（炎の高さや広がり＆炎の燃焼の継続時間）の炎かを見極めることである（図 10）。

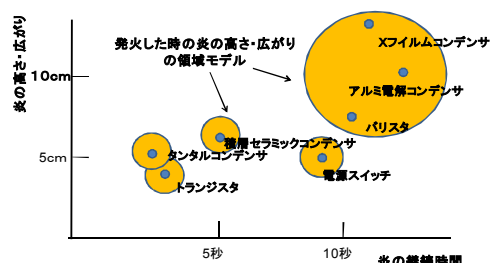


図10 電子部品の特定&発火時の炎の高さと継続時間のモデル

Copyright by Techno Quality Corporation

11

9. 電気部品とギヤ（HB材）等間の隔離距離を評価するデジタルモックアップのツール開発

電子部品が発火した場合の発火の広がりや時間の数値を検証し正確に把握することにより、近傍のプラスチックへの着火を防止する設計の本質的な考え方を確立することが可能である。電気部品が発火した場合、その種類で炎の高さが異なることに着目。目視で評価が困難な構造でも、電気部品（発火源）と近傍のギヤ（HB材）等の可燃物との 3 次元的な隔離距離の評価が可能となり、評価漏れを防止できるシュミレーションソフトを開発した（図 11）。



図11デジタルモックアップのツール開発

Copyright by Techno Quality Corporation

10. おわりに

電子機器の発火防止には、プラスチックには、さまざまな安全規格上の指標が確立されており、それらを

適切に選択すれば、発火防止に役に立つ。加えて、電気・電子部品が炎を出して燃焼した場合、内部のプラスチックに着火しなければ、製品の発火にならない。電気・電子部品とプラスチックの隔離距離を基本に考えることは、発火を防ぐことの設計思想となることを示した。

著者略歴

1973 年 3 月 コピア株式会社入社 開発設計部所属
1982 年 7 月 キヤノ入社。品質本部に所属。事務機、医療機器、半導体製造機器等の電波規制、安全規格、製品安全性、信頼性に従事。
2007 年 8 月 キヤノン株式会社早期退社
2008 年 4 月 株式会社テクノクオリティ設立
代表取締役

資格

2000 年 3 月 技術士（電気 電子）登録
2005 年 9 月 工学博士

以上