

プリント回路板における はんだの鉛フリー化

野村 重夫
尾形 繁行

宮崎 誠
武井 利泰

大木 賢一

21世紀は環境世紀とも言われ、地球環境保全と汚染予防に対する社会的関心が従来にも増して高まる中で、各企業の環境配慮対応への取り組みが注目されている。

当社も環境配慮型生産活動の一環としてプリント回路板における数々の環境対応に取り組んできた。オゾン層保護の観点からフロン全廃が求められる中、プリント回路板の洗浄分野における無洗浄化技術とフロン代替洗浄技術として水洗浄技術の開発を行ってきた。フラックスの改良と自動はんだ付け装置の開発を行い、プリント回路板の無洗浄化を達成し、フロン代替洗浄としては廃液処理性を考慮して開発された水系洗剤の採用、量産性と低廃液性に優れた再生システムを含む洗浄装置の開発を行い¹⁾ 1993年にフロン全廃を達成している。

また近年では、図1に示すように電子機器の廃棄基板から酸性雨による鉛の溶出が水質汚染とともに人体に悪影響を与えることから、社会問題として大きくクローズアップされている。従来プリント回路板には、すず(Sn)鉛(Pb)共晶はんだ(Sn63%Pb37%)が、その諸特性のバランスの良さから長年に渡って使用されてきた。しかし、上述のような環境問題から、世界的な鉛規制とともに鉛を使用しない「鉛フリーはんだ」の実用化が求められている。

当社の場合一部を除きプリント配線板では、鉛を使用しない耐熱プリフラックスを用いた銅スルー基板を既に採用しているため、本稿ではプリント回路板におけるは

んだの鉛フリー化の取り組みについて紹介する。

世界的な鉛規制の動向

ヨーロッパにおいては、電気電子機器リサイクル指令案(WEEE&RoHS)の中で鉛を含む有害物質の使用規制が検討されており、欧州議会第1読会の段階では、電気電子部品に使用されるガラス中の鉛と高温はんだ用の鉛(鉛含有率85%以上)を除き、2006年から電気電子機器に鉛の使用規制が実施される予定である。

また、日本においても1997年に旧通産省が、自動車のバッテリーを除いた鉛の使用量(重量)を「2005年末までに1996年比で1/3にする」という数値目標を設定し、2001年4月に施行された廃家電リサイクル法等では、4家電製品(テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン)やPCの回収と再製品化および適正処理が義務付けられている。

鉛フリーはんだ実用化への基本方針

このような状況下において、業界としてもいくつかの鉛フリーはんだ実用化のための研究プロジェクトが組織されるとともに、電子情報技術産業協会(JEITA)から表1のように鉛フリーはんだ実用化へのロードマップ²⁾が示された。

当社はこうした業界研究プロジェクト(NEDOプロジェクト、IMSプロジェクト³⁾等)に積極的に参加し、鉛フリーはんだ材料や評価方法の標準化促進、各種はんだ組成と部品めっきの組合せ評価等を行うとともに、業界全体の鉛フリーはんだ実用化を協調して進めることを基本方針として開発に取り組んできた。

Sn-Ag-Cu系はんだを中心とした 実用化の取り組み

当社は信頼性が求められる産業用機器を主製品としており、業界研究プロジェクト評価結果においても各種部品側めっきとの相性が良く、はんだ付け部の信頼性が高いとされ、日本の業界としての標準化が比較的進んでい

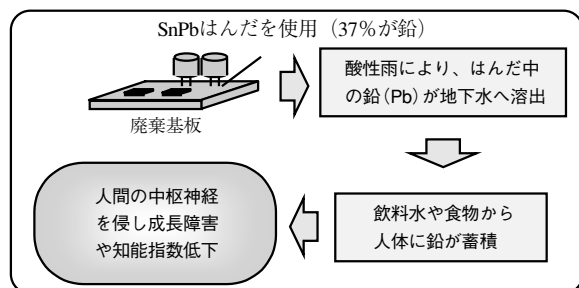


図1 はんだ中の鉛の人体への摂取経路と影響

表1 鉛フリー実用化のロードマップ（JEITA資料抜粋）

1999：量産品への鉛フリーはんだ導入
2000：鉛フリー電極部品の採用開始、フローはんだプロセスへ鉛フリーはんだ導入
2001：鉛フリー電極部品の採用広がる、新製品への鉛フリーはんだ採用が拡大
2002：新製品への鉛フリーはんだ採用が一般的となる
2003：新製品への鉛フリーはんだ全面採用
2005：鉛入り従来はんだの使用は例外となる

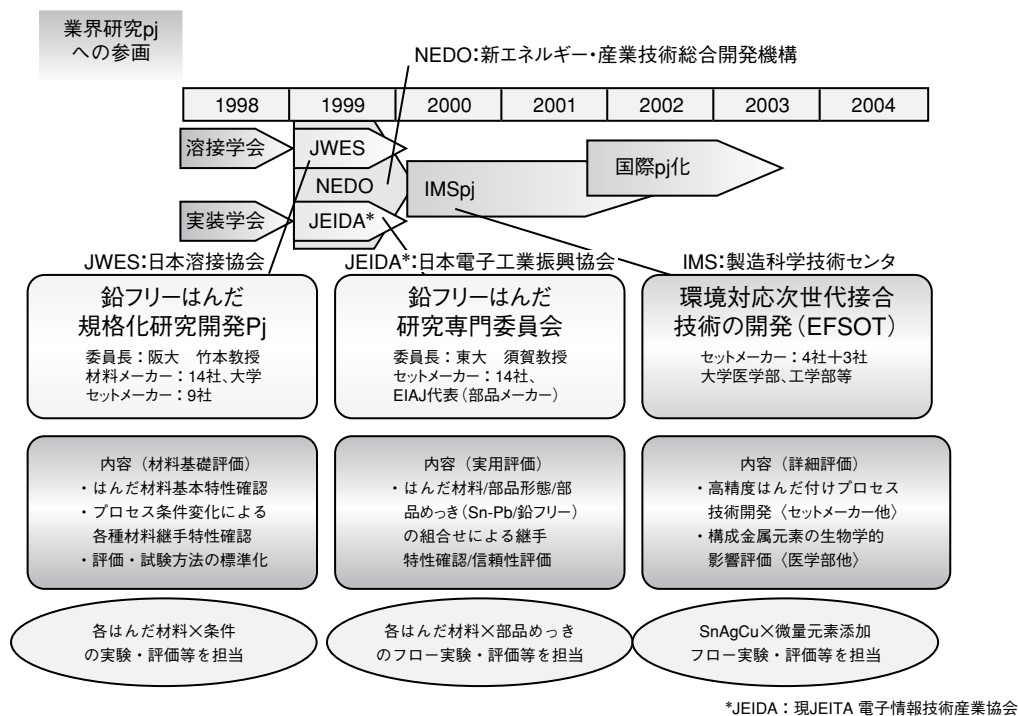


図2 当社の鉛フリーはんだ業界研究プロジェクトへの参画状況

る（表2参照）Sn-Ag-Cu系合金を中心に検討を行った。また、Sn-Ag-Cu系合金は各はんだ付け工程が同一組成で対応できることから、多元合金の複雑な組成バランスの変動による信頼性変動などの不安定要素を少なくできるメリットもある。

従来のSn-Pb共晶はんだと比べてSn-Ag-Cu系鉛フリーはんだは以下の特徴を持つ。（表3参照）

- ① はんだ金属合金自体のぬれ性が悪くなる
- ② はんだの融点が30℃以上高くなる
- ③ 材料として硬く伸びが少なくなる

これらの特徴を持つ鉛フリーはんだを使いこなすために各はんだ付け工程のプロセス開発と実用化に必要な各種評価を行った。

リフローはんだ付けとフローはんだ付けの場合の評価結果を以下に示す。

（1）リフローはんだ付け

リフローはんだ付けでは、ぬれ性が悪く融点が従来に比べて30℃以上高くなる鉛フリーはんだを用いた場合、プロファイルピーク温度をいかに抑えてはんだ付けできるかがポイントとなる。一般的な部品の耐熱温度は約240℃であり、プリント回路板内の最高温度を240℃以下に抑えた上ではんだ付け個所の最低温度部ではんだが適切にぬれる温度・雰囲気を確保する必要があり、プリント回路板内の温度バラツキをいかに小さくできるかが課題となる。

そこで熱風循環型で多加熱ゾーンを持ちプリント回路板内均一加熱が可能となる鉛フリー対応の新型リフロー設備の評価・導入を行った。さらに、温度プロファイル設定では、温度が上昇しにくい熱容量の大きい大型部品のはんだ付け部温度を確保するとともに、逆に温度が上

表2 JEITA鉛フリーはんだ合金リスト²⁾

プロセス	合金種類 (単位wt%)	コスト・性能面から 採用方向の組成
フロー 手はんだ	Sn-3.5Ag	Sn-3Ag-0.5Cu 融点： 217～220℃
	Sn-(2-4)Ag -(0.5-1)Cu	
	Sn-0.7Cuに 微量元素添加 (Ag,Au,Ni,Ge,In)	
リフロー	Sn-3.5Ag	Sn-3Ag-0.5Cu 融点： 217～220℃
	Sn-(2-4)Ag -(0.5-1)Cu	
	Sn-(2-4)Ag -(1-6)BiにIn添加	
	Sn-(8-9)Zn -(0-3)Bi	
	Sn-(57-58)Bi	Sn-57Bi-1Ag 融点：137℃

表3 鉛フリーはんだとSn-Pb共晶はんだの特性比較

	鉛フリーはんだ Sn-3Ag-0.5Cu	共晶はんだ Sn-37Pb
融点(℃)	217～220	183
降伏応力(MPa)	39.4	26.5
伸び(%)	46.2	56.0
ヤング率(GPa)	39.4	25.8
ぬれ広がり*(mm ²)	62.53	189.6
ゼロクロス*(s)	1.74	0.92

(*：at 240℃)

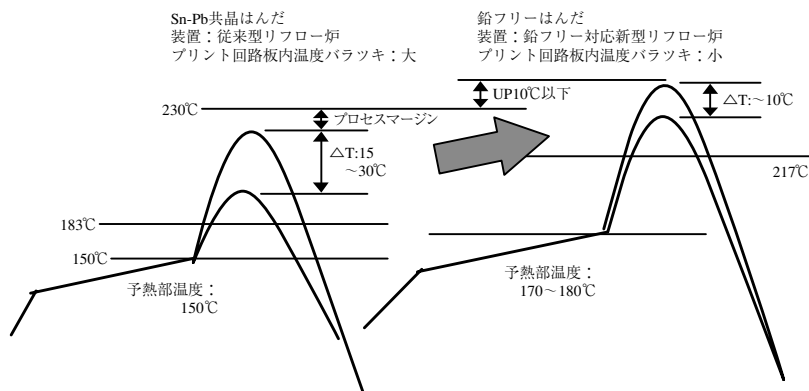


図3 リフロー温度プロファイル(例)

がしやすい小型部品のボディ温度が耐熱範囲内となるように詳細プロセス検討を行った。

図3に従来リフロー炉と鉛フリー対応新型リフロー炉のプロファイル例を示す。従来のリフロー炉では外形サイズの大きい多層プリント回路板内の温度バラツキとして大型QFP・BGA等のはんだ付け部と小型部品の温度差(ΔT)がプリント回路板によっては15～30℃あったが、鉛フリー対応新型リフロー炉では、強力温風攪拌等により部品の熱容量の影響を受けにくく、予熱温度の上昇による効果と合わせて、プリント回路板内温度差(ΔT)を10℃程度に抑えることができた。

すなわち、鉛フリーはんだの融点が30℃以上高くなっているにもかかわらず、プロファイルピーク温度は従来と比べ同等～10℃程度のアップではんだ付け可能となる⁴⁾。

また、電子部品によっては高温保持時間等が制約される場合があるため、高温保持時間を短縮するためのプロセス対策も行っている。

逆に、プリント回路板の構成部品の耐熱性が高い場合には、従来型リフロー炉を用いてさらに温度を上げたプロファイルではんだ付けも可能である。

(2) フローはんだ付け

一方、フローはんだ付けでは、鉛フリーはんだを用いた場合、一般的なはんだ付け欠陥(未はんだ、ブリッジ、ぬれ上がり不良など)に加え、鉛フリーはんだ特有の欠陥(リフトオフ、表面引け巣など)の抑制が課題となる。

これらの欠陥は、材料特性、ぬれ性の劣化、融点の上昇、熔融はんだの酸化などが複合的に絡みあい発生すると考えられている。これらは、はんだ槽温度の上昇によりかなり抑制できるが、極端な上昇は電子部品やプリント配線板に対する熱ストレスの観点から望ましくない。

そこで、フローはんだ付けにおける最適プロセス(酸素濃度、ポストフラックス、予熱温度、コンベア速度、はんだ温度)と装置構造(噴流形状、噴流方式)の評価と選定を行うことで、はんだ付け欠陥が少なく、量産にも適用できるフローはんだ付けが可能になった。

さらには、フローはんだ槽への各種金属元素混入の影響評価⁵⁾や鉛フリーはんだ特有の欠陥の発生メカニズム解明や抑制技術の確立に向けた研究・開発等にも取り組んでいる。

以上のように鉛フリーはんだ実用化に向

けた設備・プロセス対応を推進するとともに、実用化評価として各種信頼性評価・個別製品評価を実施しており、一部製品にてすでに適用されている。

実用化拡大へ向けた今後の取り組み

今後は、実用化拡大に向けた量産工場の設備・プロセス対応を行う一方で、電子部品の耐熱性等の確認・確保を行い、2003年度末までに国内生産プリント回路板におけるはんだの鉛フリー化を目指す。

さらには、鉛フリー端子めっきの電子部品の採用を促進させ、プリント回路板としての鉛フリー化の早期実現も目指していく。

ただし、これらの達成には電子部品メーカーの協力が必要不可欠となるため、電子部品業界としての鉛フリー化および耐熱性向上の推進加速に期待したい。

今後とも環境配慮型製品開発に向けた各種研究開発・取り組みを行い、環境社会における当社製品の付加価値向上に貢献していく。 ◆◆

参考文献

- 1) 大倉他：プリント回路板洗浄における水系洗浄技術および装置の開発，回路実装学会誌，Vol.11 No.3，pp.201-206，1996年
- 2) JEITA（電子情報技術産業協会）HP

<http://it.jeita.or.jp/jhistory/index.html>

3) IMS（製造科学技術）センターHP

<http://www.ims.mstc.or.jp/index2.html>

4) M.Miyazaki, et al., "Lead-Free Soldering System in Reflow, Wave and Manual Soldering Technology under Conventional Soldering Temperature", APEX 2001, LF1-4 1~6, 2001

5) M.Miyazaki, et al., "Influence of Additional Elements on Wettability for Lead-free Solder of Sn-3.0Ag-0.5Cu", 2001 ICEP, pp.60-65, 2001

筆者紹介

野村重夫：Shigeo Nomura.システムソリューションカンパニー システム機器事業部 コンポーネント技術部 基板開発チーム チームリーダー

宮崎誠：Makoto Miyazaki.システムソリューションカンパニー システム機器事業部 コンポーネント技術部 基板開発チーム 工学博士

大木賢一：Kenichi Oki.システムソリューションカンパニー システム機器事業部 コンポーネント技術部 基板開発チーム

尾形繁行：Shigeyuki Ogata.長野沖電気 製造技術部 実装技術開発チーム チームリーダー

武井利泰：Toshiyasu Takei.長野沖電気 生産統括本部 担当部長

TIPS

【基本用語解説】

プリント回路板：プリント回路を形成した板

ここで、プリント回路とは「プリント配線と搭載部品から構成される回路」のこと

プリント配線板：プリント配線を形成した板

ここで、プリント配線とは「回路設計に基づいて部品間を接続するために導体パターンを絶縁基板の表面または表面とその内部に、プリントによって形成する配線またはその技術」のこと

リフローはんだ付け：はんだ付け部にあらかじめはんだを供給しておき、これを赤外線、熱風、レーザーなどの熱源で溶かすはんだ付け方法

フラックス：良好なはんだ付けを確保するために、はんだ付けされる母材や材料の酸化膜や硫化膜を溶解し、さらに加熱中に金属表面を包み空気と遮断することにより再酸化させない働きをするもの

フローはんだ付け：溶融はんだを噴流させたはんだの中に部品リードを接触させるはんだ付け方法

プリフラックス：プリント配線板の銅パッド表面をはんだ付けするまで保護する有機材料で、プリント配線板の段階で施されるフラックス

銅スルー基板：銅パッド表面にプリフラックス処理を施されたプリント配線板

ぬれ性：銅板上に溶融はんだが広がった時の両者の接触角度 θ で表現される。

（ θ が大きい程両者のぬれ性は悪い）

ゼロクロス（タイム）：はんだ付け性試験の一つで表面張力に基づくぬれ測定方法であるウェッティングバランス試験で、試片が受ける浮力とはんだのぬれ表面張力が一致するまでの時間（ゼロクロスタイムが長いほどぬれ性は悪い）