

RoHS指令対応鉛フリーはんだフロー槽の不純物管理技術

宮崎 誠 滝田 英司
尾形 繁行

2006年7月1日より欧州で「電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限指令（以下、RoHS指令と記す）」が施行される。この法律は実装基板に使用されるはんだ材料についても適用される。はんだ付け工程の中で特にフローはんだ付けにおいては、設備構造上、不純物を混入する可能性が避けられず、不純物管理が有害物質混入防止において非常に重要となる。長野沖電気では、不純物の管理を蛍光X線元素分析装置（以下、EDXと記す）およびインラインの不純物チェッカによって行うことで、はんだ中の不純物に対して従来よりも信頼度の高い管理を実現した。

実装基板における有害物質の使用規制

欧州で施行されるRoHS指令により、実装基板製造の分野においても、多くの基板製造メーカーで、RoHS指令で指定された有害物質を含有しない基板製造の動きが高まっている。この有害物質の中の鉛の使用規制が、鉛フリーはんだ実装技術の開発の一因であり、近年、日本国内を含め世界中でこの鉛フリーはんだ実装の適用が拡大している。

このRoHS指令に厳密に則れば、電子機器製品の物理的に分けられる単一の材料それぞれについて、指定された有害物質を含まないことを保証しなければならない。このため、実装基板製造メーカーとしてはこれらの有害物質を含有していない電子部品の使用、製造工程での有害

物質混入の管理が必要となる。

なお、RoHS指令では、6種類の有害物質について、それぞれ許容量が決められている。その許容量を表1に示す。電子機器の物理的に分けられる単一の材料については、この表に示す許容値以下に管理されていることを生産者が保証する必要がある。現状では、はんだ、部品のボディーや端子の母材だけでなく端子のめっきなども物理的に分けられる材料として、それぞれ有害物質を含有していないことを確認しなければならない。ただし、電子部品パッケージ内の電氣的接続に用いられる鉛リッチの高温はんだのように技術的に代替が難しい材料については、除外規定として、有害物質を含んでも構わないことになっている。

このような現状から、RoHS指令に適合した電子製品を製造するメーカーにおいては、実装基板に使用されるすべての部品の管理が必要になる。部品の管理としては、部品メーカーが有害物質非含有を保証するエビデンス（資料）を管理することで法律上は問題ない。ただし、すべての部品メーカーが有害物質非含有を保証するわけではなく、法律に基づいた測定方法で測定して、有害物質が検出された場合は、製造者の責任が追及されるため、スクリーニングが必要である。

現在、実装基板に使用される部品に対して、これらの有害物質を精密測定するための装置としては、ICP-AES（誘導結合プラズマ発光分光分析）やAAS（原子吸光分光

表1 RoHSの有害物質許容値

元素	鉛(Pb)	水銀(Hg)	カドミニウム(Cd)	六価クロム(Cr ⁶⁺)	ポリ臭化ビフェニール(PBB)	ポリ臭化ジフェニールエーテル(PBDE)
許容値	1,000ppm	1,000ppm	100ppm	1,000ppm	1,000ppm	1,000ppm
主な測定方法	EDX ICP-AES AAS	EDX ICP-AES AAS	EDX ICP-AES AAS	EDX ICP-AES AAS 吸光光度分析	EDX FT-IR GC-MS	EDX FT-IR GC-MS

法) などがある。しかし、これらの精密測定法は破壊試験であることから、全数検査は不可能であり、また、コストも高い。このため、スクリーニングの非破壊測定法としてEDXを用いて、部品の有害物質測定を行い、管理を行う電子部品メーカーが多くなってきている。

RoHS指令を厳密に適用する場合、物理的に分けられる単一の材料としては、当然、はんだ付けに使用される“はんだ”もその適用範囲に入る。使用されるはんだについても、電子部品と同様、有害物質が許容値以下であることを保証する必要がある。鉛の管理については、大手電子部品メーカーでのグリーン調達（有害物質管理）においては、部品の段階でRoHS指令での許容値の1/10である100ppm以下での管理を実施しているメーカーもある。しかし、一般的に、はんだの中には購入時点での新品の鉛フリーはんだでも不純物として鉛は200ppm程度含んでおり、一般的なはんだメーカーの出荷時の鉛の許容値は500ppm以下となっている。

このように、はんだには鉛を含んでいると考えるべきであり、その濃度を管理して許容値以上でないことを保証する必要がある。しかし、はんだ付け工程の中でもフローはんだ付けにはおいては、次に述べる工程特有の問題が存在する。

フローはんだ付けにおける不純物管理の問題点

フローはんだ付け工程においては、工程上、電子部品端子のめっきなどから、はんだ以外の不純物元素がはんだ槽内に溶け出す可能性がある。これは量産で大量の基板を生産する場合は特に大きな問題である。はんだの中に不純物が増えると、はんだ付け不良を起す可能性がある。はんだ付け不良に及ぼす不純物量の影響について、我々はこれまでIMSプログラム（産官学共同の国際研究開発プログラム）の援助により調査してきた。その結果の一例として、現在、鉛フリーはんだとして日本国内で最も多く使用されているSn-3.0Ag-0.5Cuはんだの不純物に及

ぼす、はんだ付け性の影響¹⁾を表2に示す。この実験では、フローはんだ付け工程の際に不純物として混入しやすいと考えられる元素についての不純物量の影響を調査したが、表に示すようにPbやCuなどの元素の不純物量が多くなると、ブリッジ不良やぬれ上がり不良などといった、はんだ付け不良が発生しやすくなることがわかる。このように、フローはんだ付け工程において不純物量の管理は重要である。

これまでのSn-Pb共晶はんだでは、はんだ自体の比重が8.4g/cm³と重いため、不純物元素が混入しても、はんだ表面付近に浮き上がり、酸化物（ドロス）として排除されやすく、不純物の増加の可能性が低かった。しかし、鉛フリーはんだ、特にSn-3.0Ag-0.5Cuはんだでは、比重が軽くなるため、このような現象は期待できない。さらに、鉛フリーはんだは、従来のSn-Pb共晶はんだに比べてCuに対する溶解度が高いこと²⁾やFeに対する溶解度も高いこと³⁾から、不純物元素が混入の可能性が高い。

また、RoHS指令では電子部品の表面めっき部分に鉛を含有することを規制しているが、この部品の鉛フリー化が完全に終わっていない現状では、電子部品の表面めっきとしてSn-Pbめっきも使用される可能性も高いため、部品端子からの溶け出しとして、不純物の鉛が混入する可能性もある。

以上のように、鉛フリーはんだを使用することで、はんだ中に不純物が混入する可能性が高くなるため、これまで以上に不純物の管理を徹底する必要がある。

はんだの分析に関しては、これまでICP-AESもしくはAASでの分析が行われていた。しかし、これらの方法は、一般的な測定機関に測定を依頼すると1回の測定に数万円程度の費用がかかる。従来そのままの不純物管理で対応すると、鉛フリーはんだに換わることにより不純物測定の頻度が高くなることから、このような測定費用のコストアップも考慮に入れる必要がある。

以上のことから、鉛フリーはんだを用いたフローはん

表2 Sn-3.0Ag-0.5Cuはんだの不純物管理値

	evaluation	Cu	Bi	Pb	Ni	Pd
Fundamental test	Spread	-----	-----	<1.0%	-----	<1.0%
	Zero cross	<1.0%	-----	-----	<0.05%	-----
	Bridge	<0.25%	-----	-----	-----	<1.0%
Practical test	Flowup	-----	<0.25%	-----	<0.05%	
	Bridge(1.27 p SOP)	<0.25%	-----	-----	<0.05%	
	Bridge(0.8 p SOP)	-----	<0.5%	<0.5%	<0.05%	
	Fillet Lifting	-----	-----	<0.5%	-----	
	Shrinkage cavities	-----	-----	-----	-----	
Conclusion		<0.25%	<0.25%	<0.5%	<0.05%	<1.0%

だ付け工程においては、はんだ内の不純物量を簡易で安価に測定できる管理システムが要望されていた。

EDXによる不純物管理

このようなはんだの不純物量を測定する方法としては、最近改良された新しい方法としてEDXを使用する方法がある。これまでのEDXでは、元素分析としては定性評価しかできなかったが、フィルタを用いて、一次X線のノイズ成分を取り除くことによってさまざまな元素の含有量を定量的に評価できるようになった。長野沖電気で購入したEDX装置を写真1に示す。EDXを用いることで、はんだを当日までにサンプリングしておけば、数分程度で不純物の有無がわかるようになり、これまでよりも短い頻度で不純物量の測定が可能になった。

この装置の利用により、これまで年間1回程度の確認であったものが、月間1回程度に測定頻度を上げることは可能である。しかし、鉛フリーはんだのフローはんだ付けにおいては、前述のように、基板生産中にも不純物が混入する可能性（さまざまな基板からの溶け込みや補充するはんだの間違いの可能性）があることや、不純物が排除されにくいといった理由からインラインでの測定が望ましい。

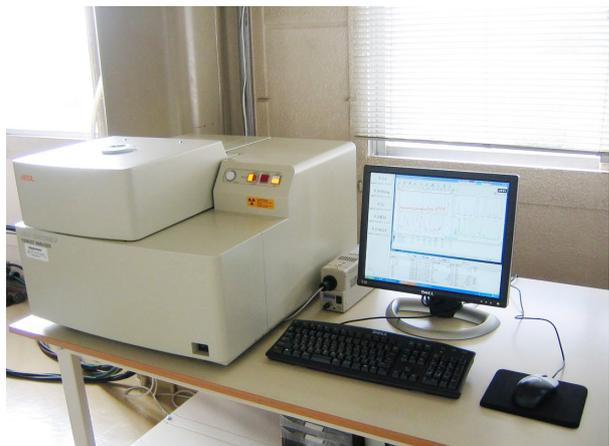


写真1 EDX分析装置

インライン型不純物チェッカによる不純物管理

そこで長野沖電気では、写真2に示すインラインタイプの不純物チェッカをフローはんだ槽に取り付け、不純物管理を行っている。その原理は、溶融はんだを一定量サンプリングし、一定温度条件ではんだを加熱、冷却、再加熱し、再加熱時のはんだの温度履歴を解析することで、不純物量を推測するものであり、一種の示差熱分析（DTA）である。はんだを一度、加熱するのは、完全に溶融した

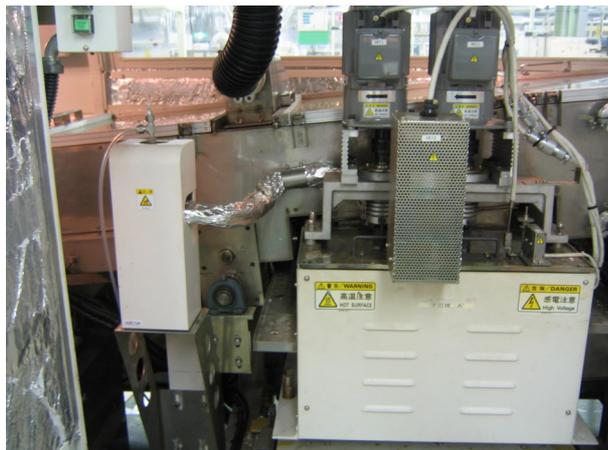


写真2 インライン型不純物チェッカ

はんだを一定条件で冷却して凝固させることで、はんだの凝固条件を一定にし、偏析などによる誤差をなくするためである。溶融開始温度が低くなると固相線温度を下げる鉛などの不純物の増加が推測され、逆に溶融終了温度が高くなると、液相線温度を上げる銅などの不純物が多くなることが推測される。

この不純物チェッカでは、さまざまな元素の測定が可能であるが、現状では、鉛フリーはんだに混入することが好ましくない鉛と銅の不純物量を計測する計量線を作り、これらの2元素の測定のみ実施している。

この不純物チェッカとEDXによる測定結果を比較したデータを図1に示す。図に示すように、基板生産枚数が多くなると、EDXによる銅の測定値のみが増加していることがわかる。また、不純物チェッカを用いて測定した結果は、EDXよりも高い値になっている。

実際の運用は、不純物チェッカでの日常管理とEDXによる定期検査でフローはんだ槽の不純物量を管理することによって不純物量の管理を行っている。不純物チェッカによる計測値の方が大きく出たため、日常的には不純物チェッカで不純物量を監視し、基準値以上になった場合は、EDXによる分析を行うが、それでも基準値を超える場合は、はんだの入れ替えを実施する。

これまでの年間1回のICP-AES測定やEDXによる月1回の測定では、確認できない不純物量について監視することによって、RoHS指令に対応した基板の製造およびはんだ付け不良を低減するシステムを取り入れ、鉛フリーはんだによるフローはんだ付けを含めた基板製造を行っている。

また、最近では、フローはんだ槽のエロージョン（浸食）の監視にもこのインライン型の不純物チェッカは期待されている。はんだ槽のエロージョンには、潜伏期間

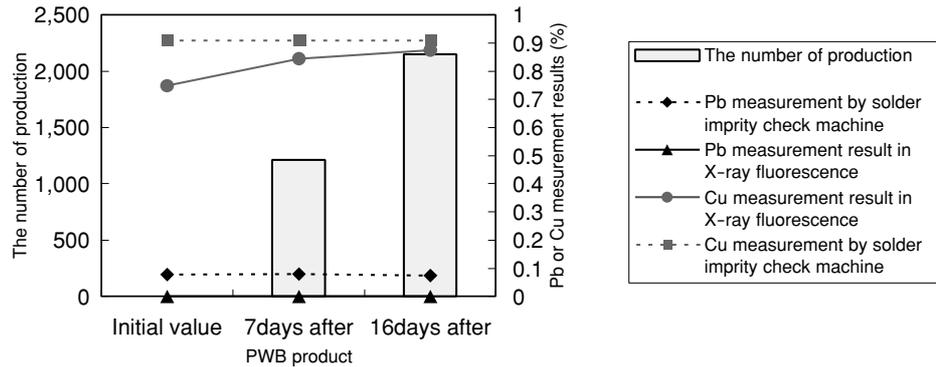


図1 実際の生産時の不純物の変動

があり、エロージョンが開始されるまでは時間がかかる。しかし、一旦エロージョンが開始されると、選択的に、はんだ槽にも穴が開く可能性があることが報告されている。これは、はんだ槽のステンレスの強固な酸化皮膜が破壊されると、鉛フリーはんだが破壊された部分だけを選択的に、エロージョンしやすくなる⁴⁾ためと言われている。一旦、エロージョンが起ると、ステンレスから鉄やニッケルがはんだ槽内のはんだに溶解することになり、不純物チェックで融点を高温側にシフトさせる不純物として検出される可能性がある。この現象については、現在調査中ではあるが、エロージョン監視の方法として期待される。

謝 辞

本研究は、IMSプロジェクト「環境対応次世代接合技術の開発（EFSOT）」の援助を受けて行われました。関係各位に厚く御礼申し上げます。◆◆

参考文献

- 1) 宮崎, 他: Sn-Ag-Cu系はんだにおけるフローはんだ付け特性におよぼす不純物の影響, 第71回 マイクロ接合研究委員会資料, MJ-427-2003, p.11, 2003年
- 2) 竹本, 他: 鉛フリーはんだへの固体金属の溶解速度, 溶接学会マイクロ接合研究委員会第30回ソルダーリング分科会資料, MJS-179-2000, p.49, 2000年
- 3) 竹本, 他: エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, Vol.8, p.179, 2002年
- 4) 竹本: Pbフリーはんだが原因でハンタ槽が壊れる, 日経エレクトロニクス, No.864, p.91, 2004年

筆者紹介

宮崎誠: Makoto Miyazaki. 長野沖電気株式会社 実装技術開発センター 実装技術開発チーム

滝田英司: Eiji Takida. 長野沖電気株式会社 実装開発センター 実装技術開発チーム チームリーダー

尾形繁行: Shigeyuki Ogata. 長野沖電気株式会社 実装開発センター センター長