

## 弱耐熱部品対応

# 無鉛はんだリフローはんだ付け技術の確立

野末 正仁 小日向 隆

現在主流となっている、すず・銀・銅からなる無鉛はんだ（鉛フリーはんだ）は、溶融温度が217～220℃と従来の鉛入りはんだよりも30℃以上高くなっている。自動はんだ付け工程における一般的な鉛フリー対応リフロー炉は、加熱の方法として内部温度を均一に高くする熱風循環方式を採用している。そのため、部品を高温にさらすこととなり熱に弱い部品は使えなくなる問題を抱えていた。また、高性能な通信機器、複写機などに使用される多層、大型高密度実装の基板やBGA（Ball Grid Array）端子部品を使った基板などは熱が均一に伝わりにくい。したがって、部品の加熱温度ばらつきによるはんだ接続不良を起こしやすく、一般的な鉛フリー対応リフロー炉は使えなかった。

これらの部品は耐熱性の高い代替部品に切り替えるか、後から手はんだ付けや特殊装置により個別にはんだ付ける必要があった。

当社では、部品の昇温を抑え、熱に弱い電子部品の自動はんだ付けを実現する新加熱方式の「部品昇温制御リフロー技術」を古河電気工業株式会社と共同開発することによって、鉛フリーはんだ付けに関するこれらの問題を解決する工法を確立した。

### 鉛フリー化への取り組み状況

鉛の人体への有害性のために使用を規制する働きが世界的に広がっている。

特に欧州においてはEU特定有害物質使用制限指令：RoHS（the Restriction of the use of certain Hazardous Substances）によって2006年度7月から有害化学物質の使用を中止する規制が始まることになっており、電気、電子機器部門では鉛を有するはんだの規制に関する対応が重要視されている。

当社は環境保護活動計画「エコ・プラン21」を策定し、「2003年度末までに、主要製品から鉛入りはんだ全廃すること」を目標として、早期より技術確立を進めてきた。

本論文に示す「部品昇温制御リフローはんだ付け技術」も、その開発成果の1つである。

### Sn-Ag-Cu系鉛フリーはんだの選定理由

長期製品寿命が要求される通信機器に使用されるはんだ材料には高い信頼性が要求される。そこで、

- ①高信頼性材料であること
- ②全工程で同材料が使用できること
- ③業界で標準となる材料であること
- ④特許等のコストアップ要因が回避できること

などを視野にいれながら表1に示すような項目を比較検討し、使用はんだ材料として、接続信頼性の高いSn-3Ag-0.5Cuはんだ材料を選定した。

表1 鉛フリーはんだ選定結果

項目	鉛フリー化課題	共晶はんだ	鉛フリーはんだ		
			Sn-Ag-Cu系 (JEITA) 推奨組成 217～220℃	Sn-Ag-Cu-xx系	Sn-Zn-xx系
はんだ溶融温度	組成変更による溶融温度上昇	183℃	217～220℃	210～217℃	189～198℃
はんだぬれ性	流動性低下・表面張力増によるはんだぬれ性低下	良	劣 溶融温度が高い	良	悪
接続信頼性	組成金属変更による合金層変化 組成金属融点差によるリフトオフ発生	高	高	低	低
作業性	組成金属の酸化進行	良	良	良	悪 (酸化進行早い)
Pb含有部品影響	現行部品との組み合わせ時の接続	—	小	中	大
全工程使用 （リフロー/手はんだ）	組成金属の酸化進行	可	可	可	フロー不可

ただし、このはんだ材料は他に比べて溶融温度が高いという特徴を持っているので、高温均一加熱が可能なはんだ付け装置が必要となる。

### 弱耐熱部品対応の必要性

#### (1) リフローはんだ付けの特徴

一般的には、基板に部品端子をはんだ付けをする際に、あらかじめはんだを印刷した基板に部品を搭載し、その後、基板全体を加熱してはんだを再溶融させる。このはんだ付け方法をリフローはんだ付けと言う（図1）。

鉛フリーはんだのように溶融温度が高くなれば、それに応じて基板全体の温度を更に高くする必要があるため、同時に部品温度も高温となっていく。

加熱には、基板を搬送するコンベアの上下部に加熱ヒーターが設置された全長8mほどのリフロー炉が用いられる。

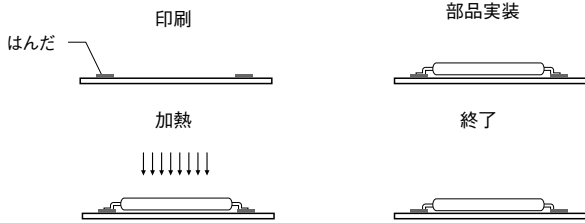


図1 リフローはんだ付けの概要

加熱方式は、ヒーターの種類や設置数、加熱雰囲気等でメーカーに差異はあるものの、鉛フリー対応としては、熱風循環方式が一般的である。

(2) 部品耐熱と230℃制限

当社で生産されている通信機器に用いられる基板は、以下の特徴がある。

- ①製品ライフサイクルが長い
- ②基板が多品種少量
- ③耐熱温度が230℃以下の部品種が多い
- ④大型、多層、高密度（BGAを多数搭載）

したがって、鉛フリーはんだ付けにおける高温リフローを実施する際に、部品変更もしくは設計変更といった対策をとることは、極めて困難である。

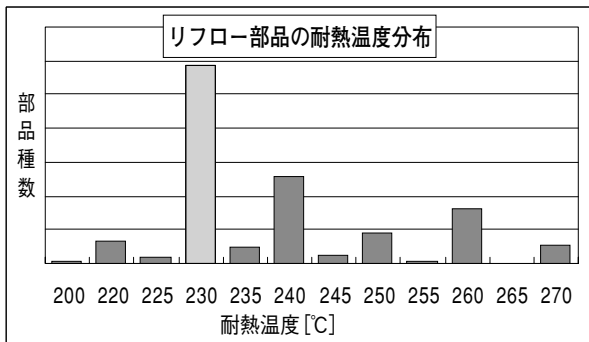


図2 リフロー耐熱温度と部品種数

使用される部品の耐熱温度を調査した結果、図2に示す通り全部品種の45%程が230℃以下の耐熱温度である。そのほとんどが代替品への切替が困難なICであるため、リフローはんだ付けを行うには、部品温度を230℃以下に抑える必要がある。

弱耐熱部品に対しては、リフローはんだ付け以外の工法として手はんだ付けがあるが、作業のばらつきによる品質低下、コストアップの要因となるため、現実的な方法ではない。

加熱プロセスマージンの確保

従来の共晶はんだリフローでは、部品耐熱：230℃とはんだ融点：183℃の間で47℃の基板加熱温度ばらつきを許容できる。一方、鉛フリーはんだでは、部品耐熱：230℃とはんだ熔融温度：220～217℃の間で約10℃しか許容できない（写真1、図3）。

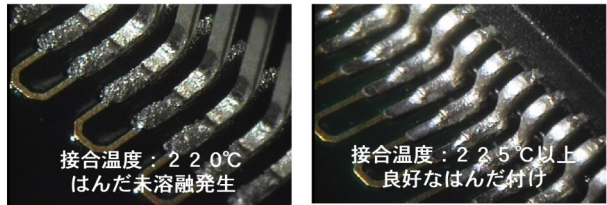


写真1 リフロー温度とはんだ付けの状態

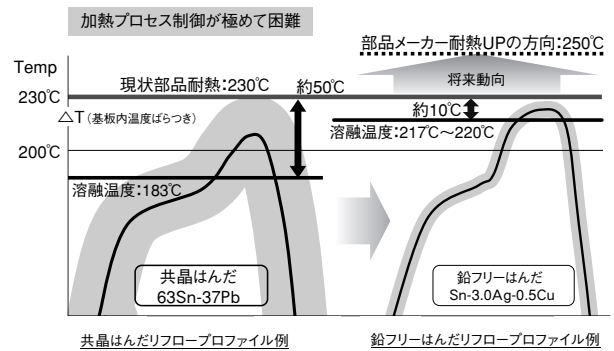


図3 鉛フリーと共晶はんだの温度マージン比較

現状レベルと目標の設定

鉛フリーはんだ付けプロセスの検討として、各社リフロー炉の性能を、通信機器に用いている基板を使用して調査した。その結果、共晶はんだに対応していた従来型リフロー炉では、基板内温度ばらつき（高温部：部品ポディー／低温部：はんだ付け部の温度差）が18℃であったのに対し、一般的な鉛フリーはんだ対応のリフロー炉では、基板内温度ばらつきが12℃であった（図4）。

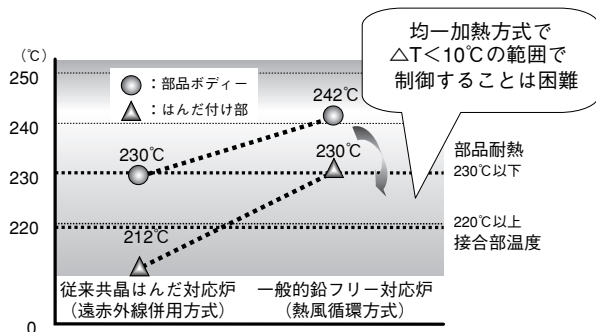


図4 基板間の温度ばらつき対比

鉛フリーはんだの温度マージンは10℃以内であることが必要であることを踏まえ、実際の開発目標を基板内温度ばらつき10℃以内であることとした。そのために、部品の昇温を抑制させるため、逆に意図的に基板表裏で温度差をつけ、

・部品温度 < はんだ付け部温度  
 となることが可能な加熱方式を検討した。

### 部品昇温制御リフロー炉基本構造の決定

図5が今回開発したリフロー炉の構造である<sup>1)</sup>。図5はリフロー炉を基板の進行方向に見た状態の縦断面である。

図の上下面に設置されているヒーターの中間を通るように中央矢印の方向に実装基板がレールで搬送される。搬送の入口部分にあるヒーターは比較的低温であるが出口に向かうほど高温となるように設定されている。

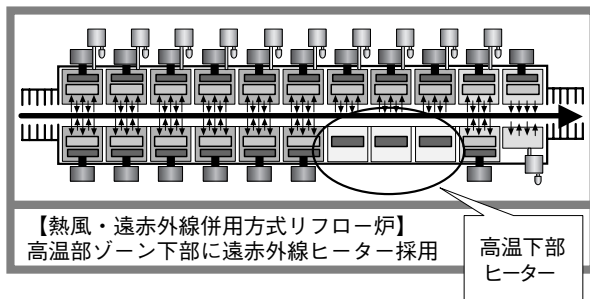


図5 リフロー炉の構造（断面図）

リフロー炉に使用される一般的なヒーターは温風ヒーターであるが、今回は特に高温部の下側ヒーターに遠赤外線ヒーターを採用し、加熱特性の異なる2種類のヒーターを併用することでそれぞれの温度干渉を最小限にし、実装基板内の温度差を広げる効果を狙った。

### トップ/ボトム不均等加熱の実現

リフローの上下面共に温風ヒーターを使用した時には、基板に向けられた温風が向かい合わせのヒーターに直射して温度を均一にさせる方向に作用するので、上下ヒーター間の温度差をつけることが困難であった。

これに対して、下面のヒーターを遠赤外線にすることにより、上面より高温な下面から上面への熱風が直射することがない。加えて、上面の温風ヒーターには自ら発した温風を吸収・冷却する循環構造を採用して昇温を抑制した。これらにより、ヒーターの対面温度干渉を最小限に抑え、上下ヒーターを独立に温度制御することに成功し、部品面の部品温度を抑制させる不均等加熱方式を実現した（特許出願済み）（図6）。

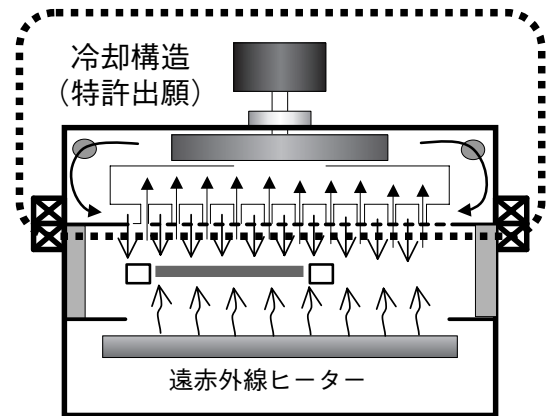


図6 リフロー炉の構造（正面図）

### 検証結果

プロセス検討で用いた基板（図7）を使用し、本開発リフロー炉の性能確認を行った。

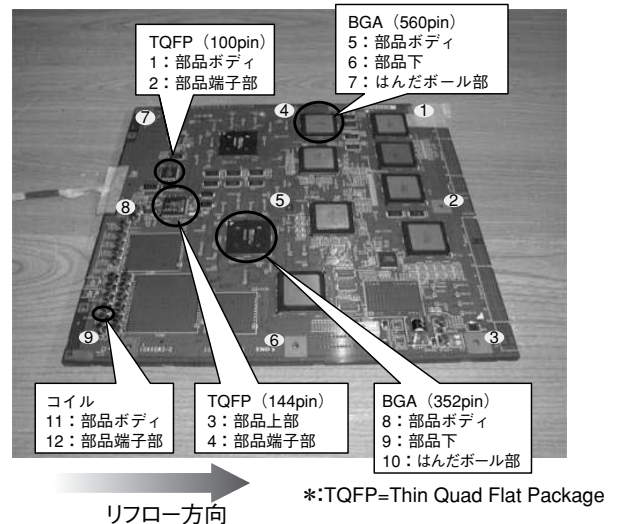


図7 効果の確認に使用した基板と測定箇所

図8に確認結果を示す。従来方式、一般的な熱風方式では、部品本体の温度がはんだ付け部の温度より高くなるが、本開発リフロー方式を用いた場合、その温度傾向を逆転させることが可能となり、はんだ付け温度と部品昇温の抑制の両方が実現可能となった。

したがって、既存製品に鉛フリーはんだを適用した際に、従来加熱プロセスでは部品種で45%しか対応できなかったが、93%まで適用することが可能となった。従来から手はんだ付け等の個別対応を行っている部品は6%あるが、それを除いた残り1%の部品を、変更もしくは個別対応するだけで鉛フリーを実現できることになる（図9）。

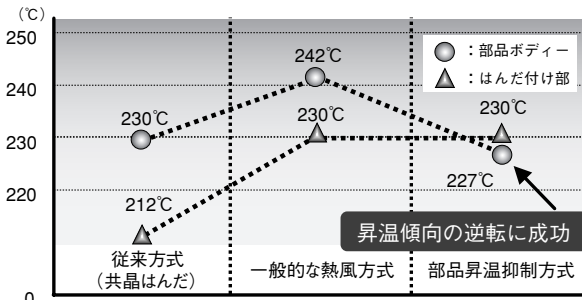


図8 効果の確認結果

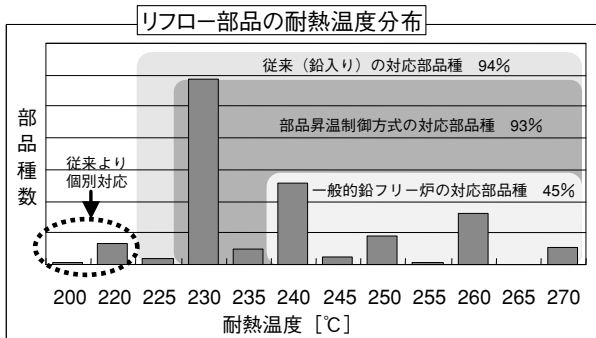


図9 リフロー耐熱温度と部品種数 (昇温制御方式適用結果)

### 実装基板の部品配置基準

これまでに述べたように、ヒーターの上面と下面の温度差をつけて上面ヒーターの温度設定が部品を冷却するように設定して部品昇温制御をする方式を開発したが、その反面、基板下面の温度が上昇することを考慮する必要がある。

基板の工程別、部品耐熱温度の制限条件を表2に示す。リフロー／フロー実装（部品面はリフロー実装、はんだ面はフロー溶ダリングによる実装）の場合、従来の共晶はんだのプロセスを通すことが可能な基板であれば、部品昇温制御方式が非常に有効である。一方、リフロー／リフロー実装（部品面とはんだ面共にリフロー実装を行う基板）の場合、はんだ面において要求される部品耐熱温度が約10℃上昇することを想定した、製造工程の設定や部品配置の設計を行う必要がある。

なお、本装置では一般的な鉛フリー対応リフロー炉と

表2 部品耐熱温度の制限

工程	新加熱リフロー炉	一般的な熱風リフロー炉
1 リフロー／フロー実装	部品面：230℃以上 (はんだ面：250℃以上) <b>新加熱</b>	部品面：240℃以上 (はんだ面：250℃以上)
2 リフロー／リフロー実装	部品面②：230℃以上 部品面①：250℃以上 <b>新加熱</b> 又は、 部品面②：240℃以上 部品面①：240℃以上 <b>通常加熱</b> (選択可能)	部品面②：240℃以上 部品面①：240℃以上

同様に均一加熱を行うことも可能であり、どちらのプロセスを使用するか選択することが可能である。

### まとめ

部品昇温制御リフロー技術は、鉛フリー対応が遅れていた高密度・大型基板に高い効果を発揮するとともに、耐熱部品への代替が進まない中型基板にも非常に有効であると考えられる。

本リフロー炉を用いた鉛フリーはんだ付けプロセスは、社内製品はもとより、2002年度より開始したEMS (Electronics Manufacturing Service) ビジネス製品にも適用している。

今後は、更に適用製品を拡大し、環境負荷低減を推進するとともに、当社生産サービスカンパニーのコア技術としてEMSビジネス拡大に貢献していく。 ◆◆

### 参考文献

- 1) 第35回マイクロ接合研究委員会 ソルダリング分科会「鉛フリーはんだ対応溶ダリング機器」, p.61, 2003年7月

### 筆者紹介

- 野末正仁：Masahito Nozue. 生産サービスカンパニー EMSビジネス本部 品質保証部 部長  
小日向隆：Takashi Obinata. 生産サービスカンパニー EMSビジネス本部 品質保証部 製造技術チーム 係長