

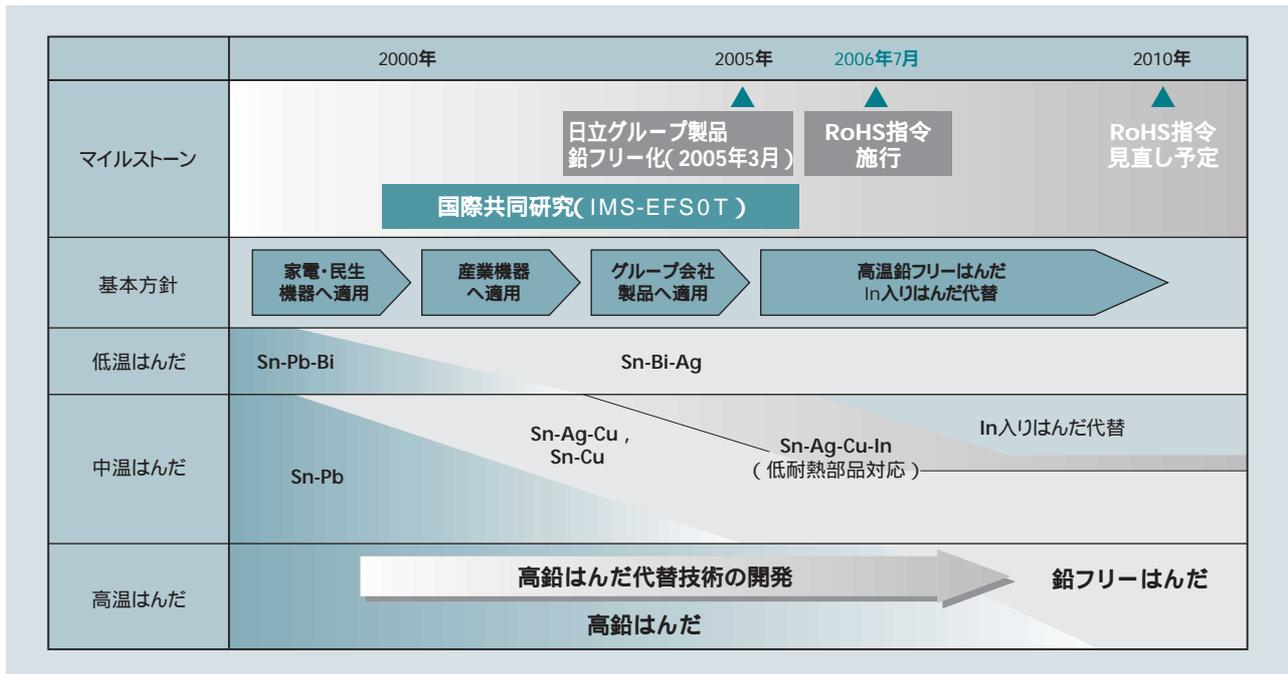
# 欧州をはじめとする有害物質使用制限に対応した鉛フリーはんだ接続技術

Lead-Free Soldering Technologies Meet the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Regions Including EU

岡本 正英 Masahide Okamoto  
 芹沢 弘二 Koji Serizawa

中塚 哲也 Tetsuya Nakatsuka  
 下川 英恵 Hanae Shimokawa

池田 靖 Osamu Ikeda



注:略語説明 RoHS( Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment ), IMS( Intelligent Manufacturing Systems ) EFSOT( Next Generation Environment-Friendly Soldering Technology ), Sn( スズ ), Pb( 鉛 ), Bi( ビスマス ), Ag( 銀 ), Cu( 銅 ), In( インジウム )

図1 日立グループの鉛フリーはんだに関する取り組みの推移

日立グループは、携帯電話から大型計算機まで幅広い製品群すべてで、すでに鉛フリーはんだへの切り替えを完了している。また、ほかに鉛フリーはんだに関する産官学連携国際共同研究プロジェクト、高温鉛フリーはんだの開発などを推進してきた。

## 1.はじめに

製品に有害物質が含まれていると、たとえ製品使用時には問題とならない場合でも、使用後のリサイクルの障害となったり、廃棄前に無害化処理が必要となる。また処理せずに廃棄された場合には、地球環境を汚染し、最終的には人体に悪影響を及ぼすこともある。このような背景から、2006年7月1日にEU(欧州連合)で、RoHS指令(電気・電子機器中の特定有害物質の使用制限指令)が施行された。特定有害物質とは、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、臭素系難燃剤2種の計6物質である。同様な規制は中国、韓国、米国カリフォルニア州ほか世界中に拡大しようとしている。

電気・電子機器内の部品の電氣的接続に使用されるはんだにも、従来、鉛が含まれてきた。日立グループでは早くから

このはんだの鉛フリー化に取り組んできた(図1参照)。

ここでは、鉛フリーはんだ接続技術、鉛フリーはんだ関連の産官学国際共同研究プロジェクトに関する日立製作所の取り組みの推移、およびRoHS指令の除外となっている高鉛はんだの鉛フリー化の検討状況について述べる。

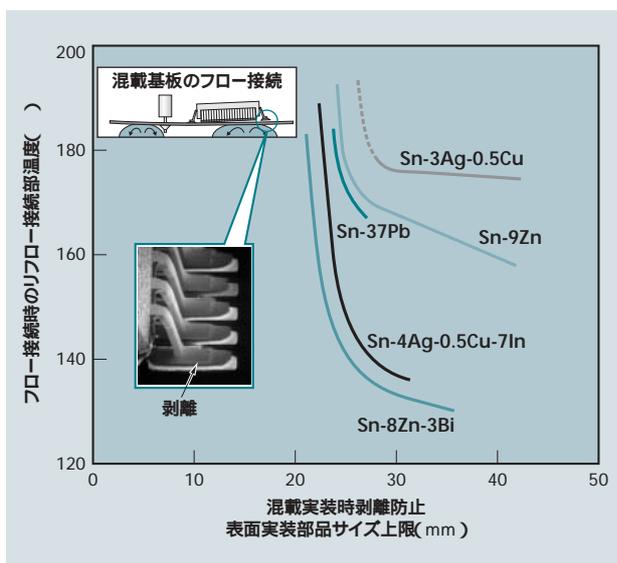
## 2.日立グループのはんだの鉛フリー化

はんだは融点により、低温、中温、高温の3種類に大きく分けられる。中温はんだは最も一般的なはんだで、部品のプリント基板への接続に使われている。このはんだはペーストの状態です。プリント基板に印刷法などで供給され、部品搭載後、炉を通すことにより、加熱・接続される。これがリフローはんだ付けである。

鉛は人体に有害であることから、さまざまな分野で使用が規制されてきたが、電気・電子機器の部品接続に使用される「はんだ」中の鉛についても、欧州をはじめとして世界中で使用制限が始まった。

日立グループは早くから、はんだの鉛フリー化に取り組んできた。

また接続技術のみならず、鉛フリーはんだの安全性、資源枯渇性、エネルギー消費、リサイクル性などの環境影響性の総合的評価に関しても、国際共同研究プロジェクトで推進してきた。最近では、欧州の鉛使用制限指令で除外となっている高鉛はんだの鉛フリー化にも積極的に取り組んでいる。



注:略語説明 Zr(亜鉛)

図2 接続部信頼性データの例

リフローはんだ付け後にフローはんだ付けを行う混載実装においては、リフローはんだの種類、フローはんだ付け条件により、搭載可能部品のサイズが異なる。

低温はんだは低耐熱部品のはんだ付けなどに、高温はんだは部品内部の接続や高温使用製品にそれぞれ用いられる。中温、低温はんだに関しては、従来、Sn-Pb系はんだ、Sn-Pb-Bi系はんだが用いられてきたが、日立グループでは鉛フリーはんだとして、それぞれSn-Ag-Cu系、Sn-Cu系、Sn-Ag-Cu-In系はんだおよびSn-Bi系はんだなどを選定し、接続技術を開発して、2005年3月までに鉛入りはんだを全廃した(図1参照)。

産業機器や情報機器ではリフローはんだ付けの後に、大型部品をプリント基板のスルーホールに挿入後、基板の下面をはんだ噴流内に通して接続するフローはんだ付けを続けて行う混載実装が主である。この場合、先にリフローはんだ付けした表面実装部品のリードにPb入りめっきが施されているケースでは、この部品が次のフローはんだ付け後に剥(はく)離する不良が初期に発生した。これに関しては、フローはんだ付け時の熱で、先に付けた部品のはんだ接続部が融(と)けて、これが再び凝固する際に部品と基板の熱容量差から接続部内に温度勾(こう)配が生じ、低強度の低融点層が偏析することが原因であることを突き止めた。フローはんだ付け

時にリフロー接続部の温度が低いほど、そして表面実装部品が小さいほど剥離は生じにくくなる。各種リフローはんだの剥離防止条件を明確化した<sup>1)</sup>(図2参照)。

### 3. 鉛フリーはんだに関する国際共同研究プロジェクトの推進

#### 3.1 背景

RoHS指令が確定する前の2000年以前から、鉛フリーはんだ接続技術の開発が積極的に推進されてきており、特に日本が先行していた。しかし、鉛の有害性を回避するための鉛フリーであるにもかかわらず、鉛フリーはんだ候補材料の安全性に関する検証は世界中でいまだ十分に行われていなかった。このような状況から、日立は、2000年に鉛フリーはんだの安全性の検証および資源枯渇性、エネルギー消費、リサイクル性などの環境影響性を総合的に評価することを主目的とする産官学連携国家プロジェクトである経済産業省IMSプロジェクトEFSOT<sup>1)</sup>「環境対応次世代接合技術の開発」を、まず日本で立ち上げた<sup>2)</sup>。多大な費用を要する安全性検証試験を、国の補助を得て、国内の大手電機メーカーを中心に推進したものである。その後、2001年には韓国プロジェクト、2002年にはEUプロジェクトがスタートし、世界で唯一の鉛フリーはんだ関連の国際共同研究プロジェクトとなった。

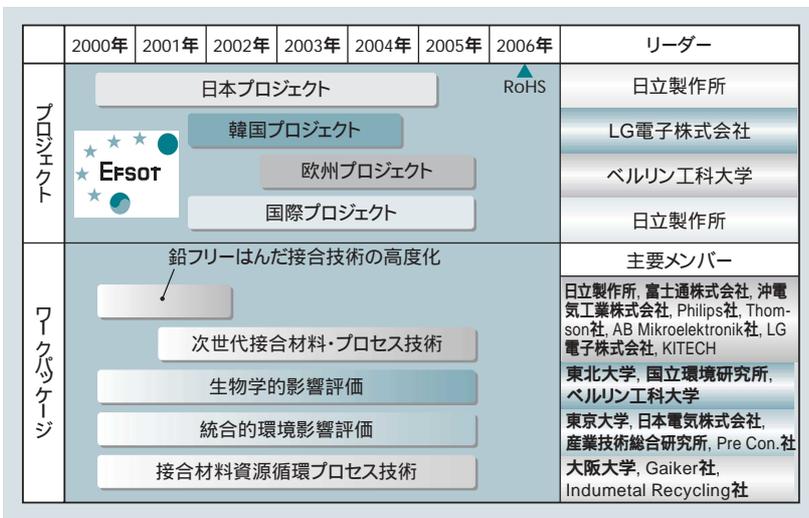
#### 3.2 プロジェクトの構成

IMSプロジェクトEFSOTは日本、韓国、EUの三つの地域プロジェクトから成る国際プロジェクトである。全部で26の機関が参加した。国際プロジェクトリーダーと日本プロジェクトリーダーは日立が、韓国プロジェクトリーダーはLG電子株式会社が、EUプロジェクトリーダーはベルリン工科大学がそれぞれ担当した。

プロジェクトは、鉛フリーはんだ接合技術の高度化・次世代接合材料・プロセス技術、生物学的影響評価、統合的環境影響評価、接合材料資源循環プロセス技術の四つのWP (Work Package) から成る<sup>3)</sup>(図3参照)。

#### 3.3 最終提言

この国際プロジェクトは2005年9月に完了した。このプロ



注:略語説明 KITECH( Korea Institute of Industrial Technology ), Pre Con( Pre Consultants bv )

図3 IMSプロジェクトEFSOT

鉛フリーはんだ関連の世界唯一の国際共同研究プロジェクトである。日欧韓の3地域で構成され、メンバーは産官学から成る。

プロジェクトからの最終提言を以下に示す<sup>4)</sup>。

- (1) Agの含有量を最大3%とするSn-Ag-Cu系はんだの使用を推奨する。フロー用はんだに関してはSn-Cu系はんだも推奨する。
- (2) 将来の鉛フリーはんだとして、Sn-Zn系はんだのような融点の低いはんだの適用に向けた研究を加速するべきである。
- (3) 鉛より毒性の高いSb( アンチモン ), 鉱物資源の量が非常に少ないInを含むはんだの使用は、Pbフリー化の過渡期に限定する必要がある。
- (4) 鉛フリーはんだ材料へのAgやInのような希少金属の大量使用は、廃棄電気・電子機器の回収およびリサイクルを促進する。同時に、より効率的なはんだリサイクル技術が必要となる。
- (5) ほかに、エネルギー効率の高いはんだ付け炉、環境負荷の小さい採鉱技術を積極的に導入する必要がある。

#### 4 .高温鉛フリーはんだの開発

##### 4.1 背景

高温はんだ(鉛85%以上含有)は、実用的な鉛フリーの代替材料が世界的に存在しないことから、前述のRoHS指令から除外されている。しかし、鉛の含有量が高いために、これに関しても鉛フリー化技術を早急に開発する必要がある。また、部品、モジュールの鉛フリー化への顧客の要望も大きく、2010年頃にはRoHS指令の除外も見直されることになっている。

このような状況の中、日立では早くから高温鉛フリーはんだ材料の探索を行ってきたが、一般的な合金系はんだには、融点が300 前後の、鉛フリーで、実的なものは存在しなかった。そこで、高融点金属と低融点金属(はんだ)の反応を

利用した、まったく新しいコンセプトの複合接続材料を考案するに至った。

##### 4.2 接続原理

開発した高温鉛フリーはんだの接続原理を図4(a)に示す。ペースト状態ではCu粉とSn粉が混合・分散されている。これを接続部に供給し、加熱することにより、Snが融け、被接続材へ濡れると同時に、融けたSnとCuが反応し、Cu-Sn化合物が形成・連結され、被接続材間が接続される。Cu-Sn化合物は415 以上の融点を有するため、これと高融点のCuから成るネットワークは、高耐熱性を有する。すなわち、納入先の企業がこの部品をプリント基板にはんだ付けする際にも接続を

保持することが可能となる。また接続部に軟らかいSnを残すことにより、応力緩衝機能を付与し、接続信頼性を確保する。

実際の接続部の断面写真の例を図4(b)に示す。高温での接続強度は従来の高鉛はんだ並みで、接続面積が小さい部品の場合に十分な接続信頼性を確保できることも確認した。このペーストは千住金属工業株式会社との共同研究によって開発した<sup>5)</sup>。

##### 4.3 期待される応用分野

この技術はモジュール内の受動部品のモジュール基板への接続、リード付き大型受動部品の内部リード付けなど、比較的接続面積が小さく、高温での接続保持性が必要となる製品に有効である(図5参照)。また、製品によって程度が異

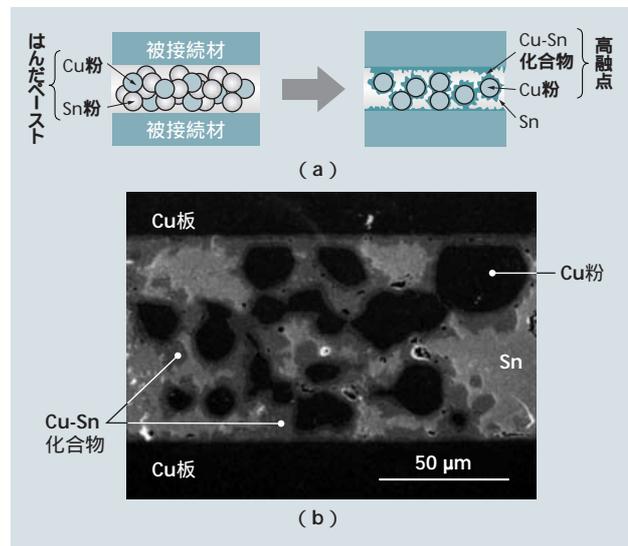
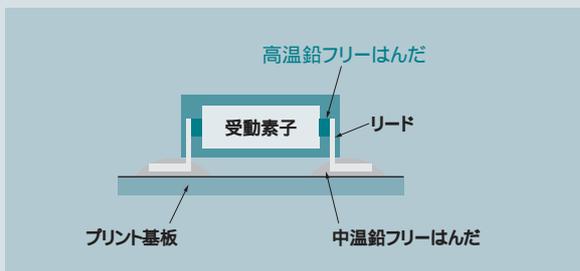


図4 開発した高温鉛フリーはんだの接続原理

高融点金属と、はんだ(Sn)の不可逆反応を利用する。接続は、はんだの融点以上の低温で可能である。接続後は高耐熱化する。

大型受動部品内部のリード付け



モジュール部品内部の接続

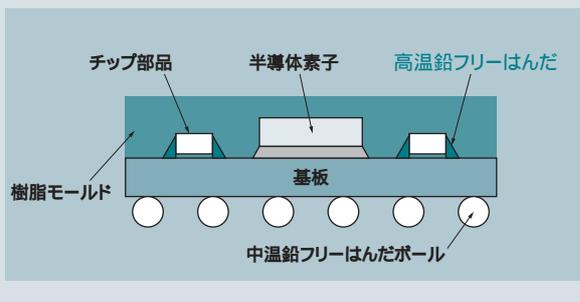


図5 適用が期待される製品・分野

接続面積が小さく、高温での接続保持性が必要とされる分野への適用が期待される。

なる高温接続強度、接続信頼性などの要求仕様に応じて、Cu粉/Sn粉の配合割合、粒径、接続温度、時間などの材料・プロセスを最適化することにより、種々の製品への対応が可能であると考えている。なお、この技術により、2005年の第32回「環境賞」で環境大臣賞・優秀賞を受賞している。

## 5. おわりに

ここでは、鉛フリーはんだ接続技術における日立製作所の取り組みの推移、および高鉛はんだの鉛フリー化の検討状況について述べた。

地球環境保全のための資源循環型社会の構築は省エネルギーとともに人類にとって最優先課題である。その際に有害物質を資源循環のループに入れないことが肝要である。この鉛フリーはんだもその取り組みの一環である。

鉛フリーはんだに関しては、高温鉛フリーはんだを除いて、開発はほぼ終了している。高温鉛フリーはんだについては、大面積接続用途など、まだ開発されていない技術も多い。すべての用途に適用可能な高温鉛フリー接続技術は見つからないことから、今後は個々の用途に応じて、材料だけでなく、実装構造も含めた対応が必要と考える。

鉛フリーはんだ以外にも、前述の観点から、他の有害物質代替、省エネルギー・リサイクルのキーとなる材料・プロセス技術の開発に今後も継続的に取り組んでいく考えである。

## 参考文献

- 1) 中塚, 外:混載実装基板に鉛フリー接続された表面実装部品の接続信頼性, Mate 2006 Proceedings, 107-112(2006.2)
- 2) 岡本:IMSプロジェクト EFSOT の発足とその概要, エレクトロニクス実装学会誌, 3, 7, 627-631(2000.11)
- 3) 芹沢, 外:IMSプロジェクト「環境対応次世代接合技術の開発」への取り組み, エレクトロニクス実装学会誌, 5, 3, 207~211(2002.5)
- 4) M. Okamoto, et al.:Overall Technological Results of IMS-EFSOT Japanese Project, EcoDesign2005 Proceedings, 2E-1-1F(2005.12)
- 5) O. Ikeda, et al.:Cu Powder/Sn Powder Mixed Paste for High Heat-Proof Lead-Free Joint, IMAPS 2005 Symposium Proceedings, 441(2005.9)
- 6) 岡本, 外:高温無鉛はんだ材料の開発, 環境研究, 139, 4-12(2005.12)

## 執筆者紹介



### 岡本 正英

1986年日立製作所入社, 生産技術研究所 実装ソリューション研究部 所属  
現在, 環境調和型材料・プロセスの研究開発に従事  
ACerS(The American Ceramic Society) 会員



### 芹沢 弘二

1972年日立製作所入社, 生産技術研究所 所属  
現在, 実装用金属材料・プロセスの研究開発に従事  
工学博士  
日本金属学会会員, 溶接学会会員, エレクトロニクス実装学会会員, 日本産業衛生学会会員



### 中塚 哲也

1994年日立製作所入社, 生産技術研究所 実装ソリューション研究部 所属  
現在, 低耐熱部品対応鉛フリーはんだの研究開発に従事  
エレクトロニクス実装学会会員



### 下川 英恵

1990年日立製作所入社, 生産技術研究所 実装ソリューション研究部 所属  
現在, 半導体実装の研究開発に従事  
エレクトロニクス実装学会会員



### 池田 靖

2002年日立製作所入社, 生産技術研究所 実装ソリューション研究部 所属  
現在, 金属材料の研究開発に従事  
工学博士  
日本金属学会会員