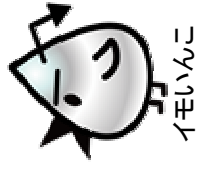


# 鉛フリー(pb free)はんだ

## 特別講義編

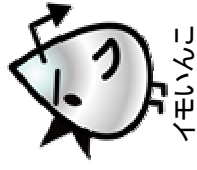


- 1: 鉛フリーはんだが導入された理由
- 2: 鉛フリーはんだの材質
- 3: 鉛フリーはんだと共晶はんだ(鉛入り)の違い
- 4: 鉛フリーはんだで注意しなければならない点
- 5: 完全なる分離(RHOS対応)
- 6: 信頼性について
- 7: 仕上がり状態
- 8: ハンダゴテの選定
- 9: 作業性を改善するために
- 10: 具体的改善事例



# 1:鉛フリーはんだが導入された理由

## 鉛(pb)が環境に及ぼす影響



従来の電気製品には、

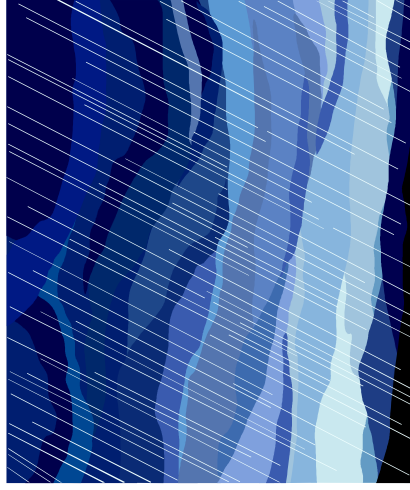
鉛入りの共晶はんだが使われている。

プリント基板は「燃えないごみ」として  
埋め立て処理されてきた。



鉛が酸性雨により溶出し、  
地下水に流出する

酸性雨



# 1:鉛フリーはんだが導入された理由

## 鉛(pb)が環境に及ぼす影響



地下水に入る 土壌を汚染する

飲料水、魚介類、作物、家畜から  
人体に蓄積！



胎児への 影響大きい

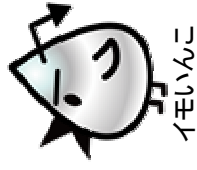


神経障害、知能低下  
成長障害などの恐れ



鉛を使わないはんだの登場！

## 2: 鉛フリーハンダの材質



現在、日本で一般的に  
使用されているものは2種類

### ■ 錫(スズ) 銀 銅

- Sn-Ag-Cu (Sn 約96. 5%、Ag 約3%、Cu 約0. 5%)
- 日本で最も多く使われている (5割程度)
- 最初に普及した組成
- 信頼性のテストなどが多く行われており

大手企業の採用が多かったことから広く普及

- 希少金属である銀が含まれているため高価
- 他の鉛フリーはんだの素材と比較して  
濡れ、広がり性が良かった

## 2:鉛フリーハンダの材質



### ■ 錫(スズ) 銅

#### □ Sn-Cu-(Ni)

(Sn 約99%、Cu 約0.7%、その他微量元素)

- 登場した当初は、比較的 粘りが強かった
- 価格は スズ銀銅に比較して 安価
- 近年、銀の価格高騰に伴い採用が増加している
- フラックスが進化しており、濡れ、広がり性において  
スズ銀銅に遜色ないものになってきている

錫(スズ)銅+ $\alpha$ 組成はんだ【Sn-Cu-( $\alpha$ )】

例: 錫 銅 ニッケル・ゲルマニウム【Sn-0.7Cu-0.05Ni+Ge】など  
(日本スペリア社)

近年、鉛フリーはんだの素材に関しては特許戦争の感があります



### 3:鉛フリーはんだと

#### 共晶（鉛入り）はんだとの違い



	共晶はんだ	鉛フリーはんだ
融点	約183℃	約217℃
鉛成分	約40%（重量比）	0%
濡れ性、広がり性	優れている	粘度が高く 濡れ、広がりが悪い
材料コスト	安価	高い
扱いやすさ	初心者にも 扱いやすい	基礎知識を 持っていないと難しい
仕上がり状態	表面に光沢がある	自然に冷却して固まると 白っぽくなる

### 3:鉛フリーはんだと

共晶（鉛入り）はんだとの違い



- 鉛成分の有無

鉛が果たしていた役割は大きい

酸化を防ぐ作用  
濡れ、広がりをよくする  
食われを防ぐ  
コストが安い



鉛フリーのはんだ付けが  
難しく感じる要因



鉛を使わないことで

機械的強度が強い  
電気抵抗が小さい  
比重が軽い



## 4:鉛フリーはんだで

### 注意しなければならぬ点

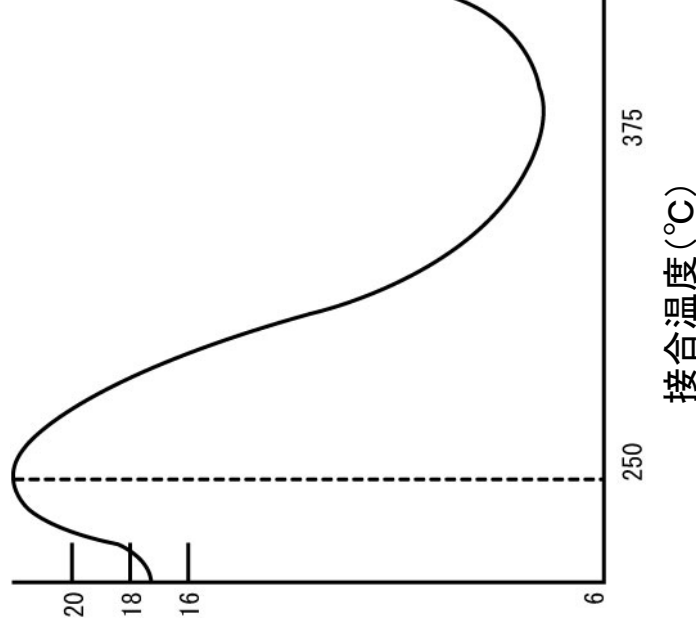
- 融点の違い

鉛フリーはんだのほうが

約34℃融点が高い

はんだが溶けにくく感じる

接合強度  
(Kg/mm<sup>2</sup>)



**注意！ 誤解してはいけない点**

融点が高いが、最も接合強度の強い

合金層が形成されるのは**約250℃**

共晶はんだと変わらない

**コテ先温度を単純に34℃上げてはダメ！**

**ハンダゴテの選定が重要！**





## 4:鉛フリーはんだで

注意しなければならない点

- ハンダゴテのコテ先温度は  
最大**360℃** まで

鉛フリーはんだの導入時に最も多い誤解

「はんだが溶けない？」



安易にコテ先温度を上げてしまう



「ますます溶けない！」

イモはんだ  
フラックス焼け  
基板、部品の破壊  
コテ先の消耗が激しい



発生原因

不良が多発

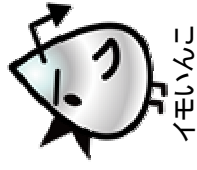
潜在的不良品が流出



## 4:鉛フリーはんだで

注意しなければならぬ点

コテ先の消耗(銅食われ)



新品のコテ先



凹んで穴の開いたコテ先



やせてしまったコテ先

鉛フリーハンダでは

『銅食われ』という銅成分がはんだの中へ溶け出す現象が顕著で

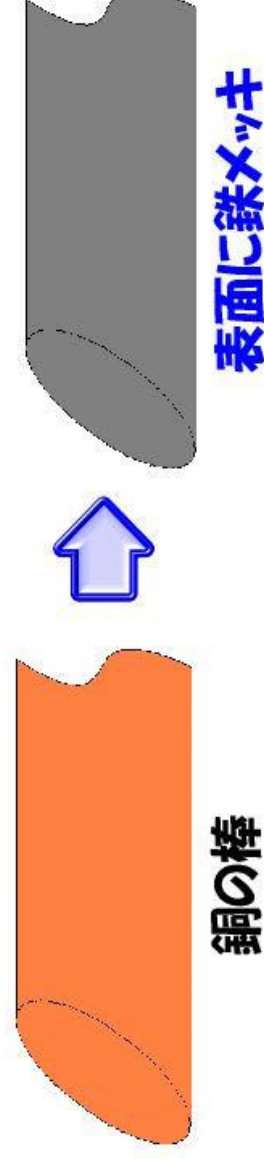
コテ先の消耗が 従来の共晶はんだに比較して

3倍ものスピードで進む

## 4:鉛フリーはんだで

注意しなければならない点

コテ先の構造



熱伝導率の高い銅に、鉄が数百ミクロンの厚さでメッキ

鉛フリーはんだに鉄メッキ溶け出す

銅の分子が鉄分子の間から溶け出し、穴が開いたり内部に空洞

使用時間に比例する

**コテ先温度が高いときに顕著**

数時間で使用不能になることも珍しくない

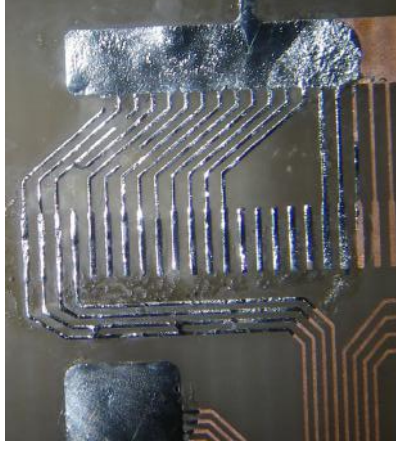


## 4:鉛フリーはんだで

注意しなければならぬ点

- 食われによる銅パターンの消失

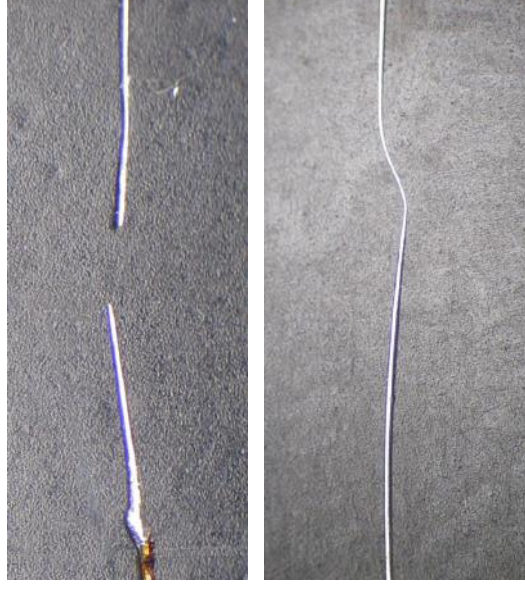
長時間の手直し  
局所噴流層によるDIP



- 食われによる細線の痩せと断線  
食われにより径が細くなってしまふ



細くなった部位で折損  
よびはんだするだけで痩せてしまふ



対策:260℃程度ではんだ付け

食われ防止はんだ



## 4:鉛フリーはんだで注意しなければならない点



### ◆錫食われ(スズ食われ)

鉛フリーハンダでは銅だけでなく  
ステンレスも腐食されます

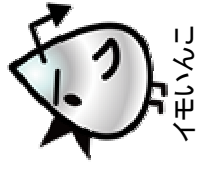


SUS304 半田槽

左の写真は、  
はんだ槽に穴が空いたものです  
代替えとしてチタン合金などの槽や  
ボルトなどが使われるようになっていきます  
(チタンも腐食されます)

こうした知識を持っていないと大事故に繋がりますので注意が必要です

## 5:完全なる分離(Rohs対応)



### RoHS(ローズ)とは？

RoHS(ローズ)とは、電子・電気機器における 特定有害物質の使用制限についての欧州連合(EU)による指令

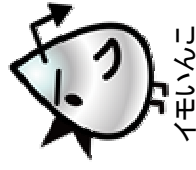
2003年2月にWEEE指令と共に公布、2006年7月に施行

EU加盟国内において、以下の物質が指定値を超えて含まれた電子・電気機器を市場に投入することはできなくなる

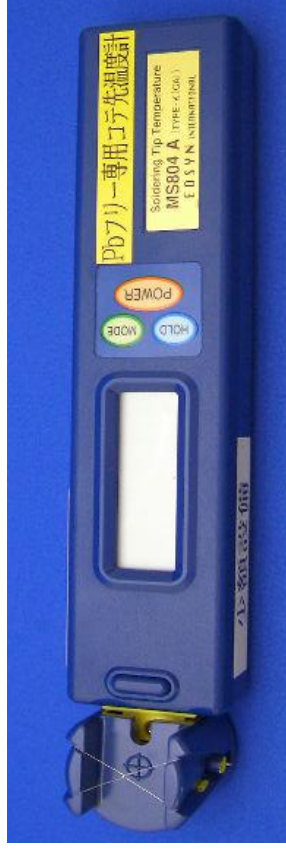
- 鉛 : 1,000ppm以下
- 水銀 : 1,000ppm以下
- カドミウム : 100ppm以下
- 六価クロム : 1,000ppm以下
- ポリ臭化ビフェニル (PBB) : 1,000ppm以下
- ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE) : 1,000ppm以下



## 5: 完全なる分離と表示 (RoHS対応)



ピンセット

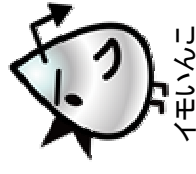


コテ先温度計

- 欧州での鉛に対する環境基準はたいへんきびしく輸出後に製品から鉛が検出されると最悪の場合、製品回収などのクレームに繋がる
- ハンダを鉛フリーにすると同時に、周囲の治工具や捕材についても 厳重な管理が必要
- 表示、標識などで 完全に区分



## 5: 完全なる分離と表示 (RoHS対応)



ハンダ吸い取り線 (Wick)



ハンダゴテへの表示の例

鉛フリーハンダに、誤って鉛が混入しないような  
「**うっかり**」を防ぐ**仕組み**が必要

つい共用してしまう恐れのある、

ピンセット、コテ先温度計、ニツパ、WICK、コテ先、  
フラックス塗布用の刷毛、ワイヤーストリッパー  
作業台、はんだ付け治具など **明確に分離(表示)**

## 5: 完全なる分離と表示 (RoHS対応)



容器への表示例



ニツパへの表示例



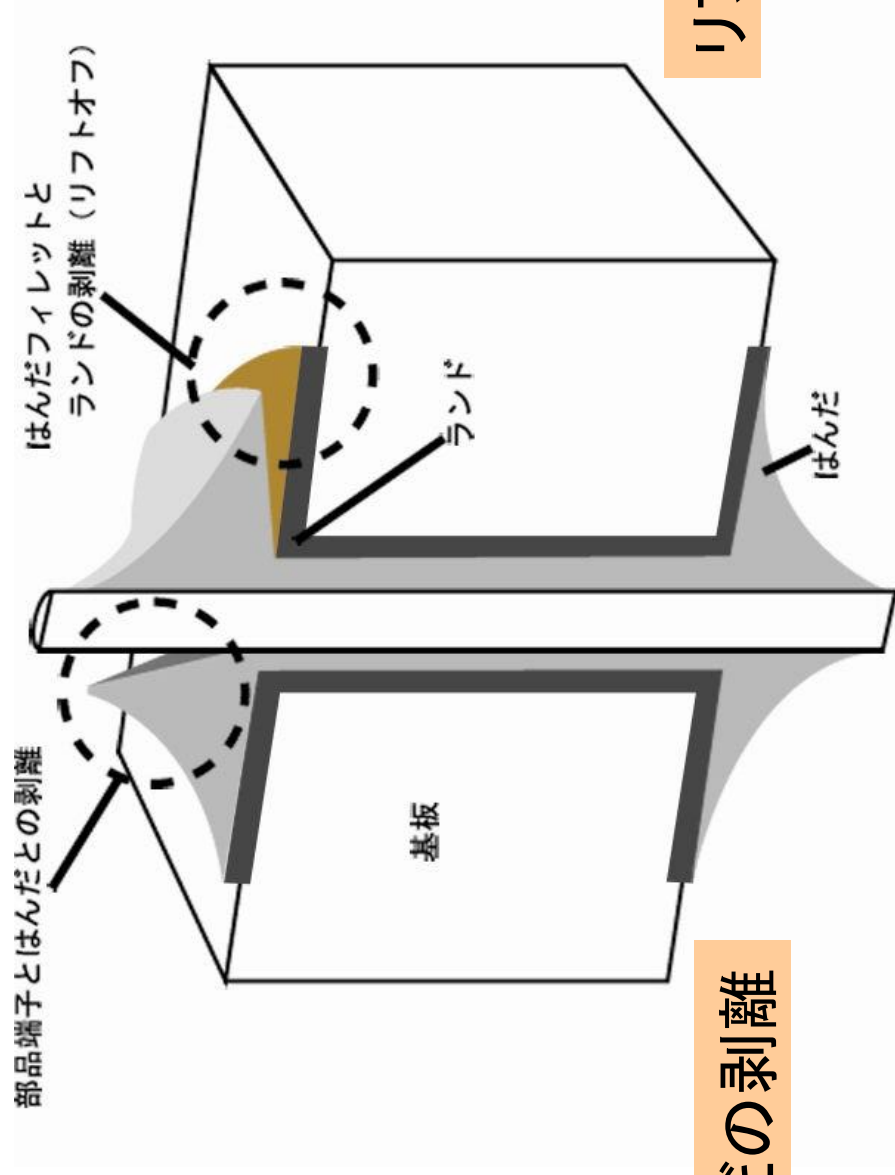
フラックス塗布ペンの例



容器への表示例

## 6:信頼性について

鉛フリーはんだへ共晶はんだ(鉛)が混入した場合

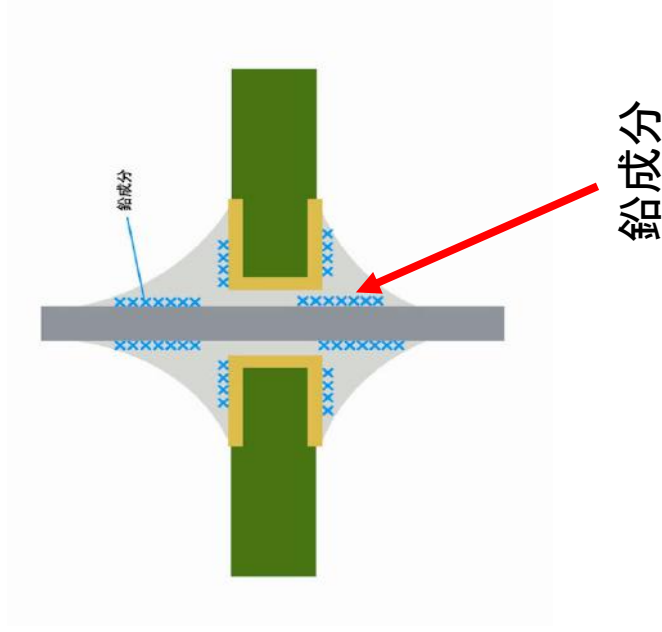


## 6: 信頼性について

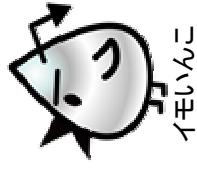


### はんだの剥離が起こるメカニズム

- 融点近い温度でメッキに含まれる鉛が  
部品のリード周辺に集まってくる（偏析という）
- 偏析した鉛は、鉛フリーはんだ(Sn-Ag-Cu)との  
合金を形成する  
(Sn-Ag-Pb 3元合金 融点178°C)
- フローはんだなどで温度が175°Cを超えると  
この合金部分だけが部分的に溶ける
- 熱膨張などによる応力で偏析で溶けた部分が  
剥離する



## 6:信頼性について



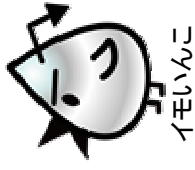
はんだの剥離が起こる3つの条件

- ①部品のリードのメッキが鉛入り共晶はんだ
- ②たとえば、表面実装完了後の基板を  
フローはんだ  
(部品の温度が175度以上になる)
- ③比較的大きな部品

条件が3つ揃わないと発生しない



## 6:信頼性について



### ■ 鉛の混入する可能性

- ① 誤って、共晶ハンダで使ったハンダコテで  
鉛フリーハンダ付けした場合
- ② 共晶ハンダでメッキされた部品を、  
鉛フリーハンダ付けした場合
- ③ 共晶ハンダ付けされていた基板を手直した際、  
古いはんだを吸い取って鉛フリーハンダ付けした場合

**RoHS対応の面からだけでなく、信頼性の面からも**

**鉛の混入はNG**

## 7: 鉛フリーはんだの仕上がり状態



- 表面の状態

- 光沢がない

(共晶はんだの光沢と比較した場合)

- 白くザラザラした部分がある

- 白色化しても不良ではない



共晶はんだ

Sn-Pb (鉛)

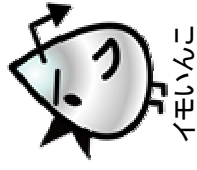
鉛フリーはんだ

Sn-Cu

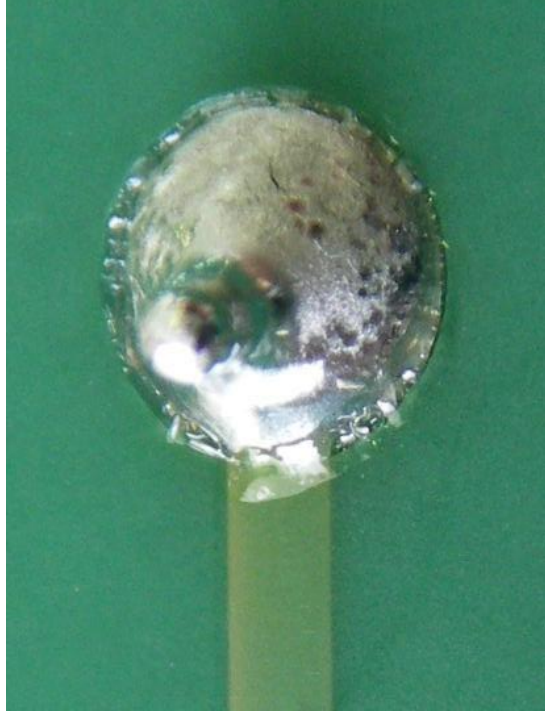




## 7: 鉛フリーはんだの仕上がり状態



### 光沢と冷却スピードの関係



回路パターンが放熱する側は  
光沢がある



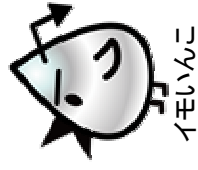
スルーホールのみ



GNDパターン

2つは、同じ電解コンデンサのリード  
右はGNDパターンから放熱するため  
光沢がある

## 7: 鉛フリーはんだの仕上がり状態



はんだ付け後、送風して急冷したもの

十分な熱容量→フイルレット形成

急冷→光沢

室温で自然冷却した場合には

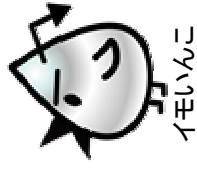
Sn(スズ)が結晶化する際の

微小なシワができるため

表面が白っぽく見える

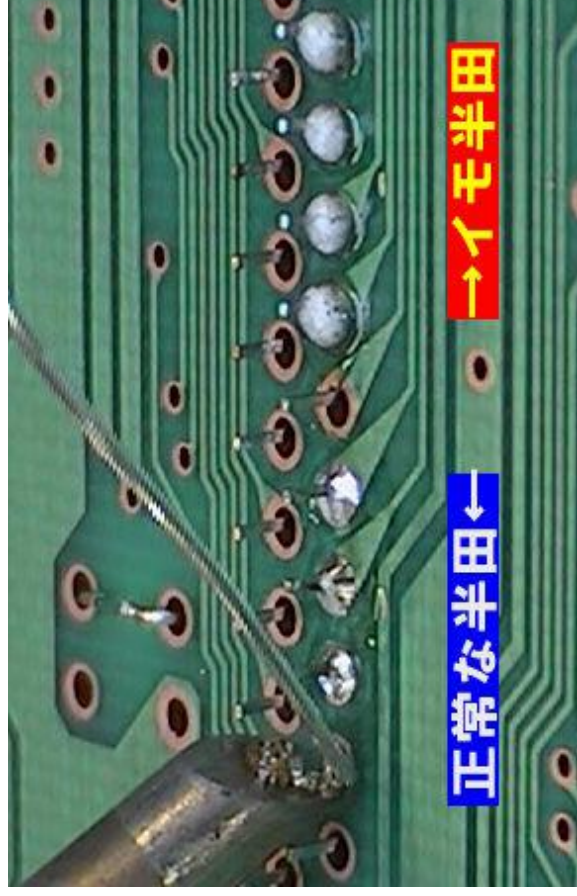
強度的、品質的に問題はない

## 7: 鉛フリーはんだの仕上がり状態



- 熱容量が十分でないと  
丸い形状の  
イモハンダになりやすい

ハンダゴテ、コテ先を  
選ぶ際の目安に



鉛フリーはんだでも フレットの形成 が  
良いはんだ付けの条件となる

## 7: 鉛フリーはんだの仕上がり状態

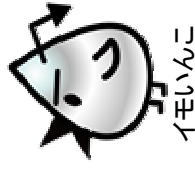
- 鉛フリーハンダは 熱による膨張、収縮率が高いためハンダが固まる際に凹み(引け巣)ができることが多い

- 写真のような凹み(引け巣)については接合部寿命に直接影響することはない

引け巣はフィレット中央付近のはんだ肉厚の厚い部分に形成されやすい



## 7: 鉛フリーはんだの仕上がり状態

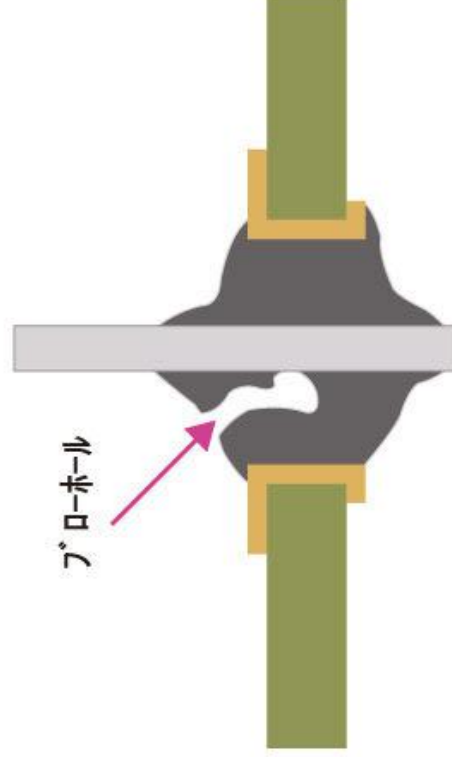


写真のようなブローホール  
(ガスが逃げた跡)

と呼ばれるハンダの内部に  
達するような深いものは注意が必要



ブローホール



ar014

## 8: 鉛フリーはんだで使用する ハンダゴテの選定



- 選定条件: コテ先温度は**最大360°C**まで  
できれば340°C程度ではんだ付けできること
- 同じ母材であれば、共晶はんだで使用していた  
ハンダゴテは熱容量が不足する

- コテ先をひとまわり大きなものに変更しても  
**はんだが正常に溶かせない場合は**  
ハンダゴテの選定からやり直す





## 8:ハンダゴテの選定



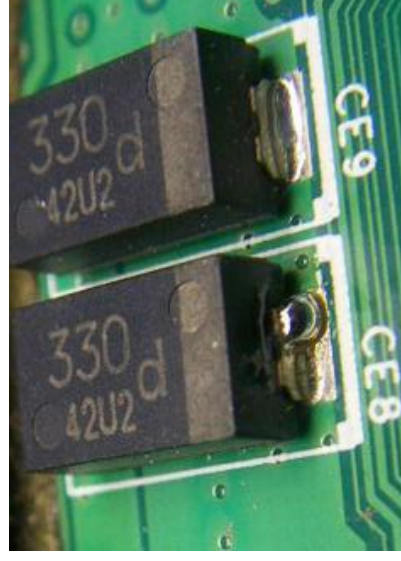
正常にはんだが溶ける状態



はんだが溶かせない状態



熱容量不足





## 8:ハンダゴテの選定



正常にはんだが溶ける状態

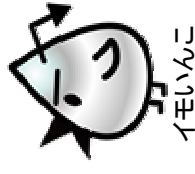


はんだが溶かせない状態

熱容量不足



## 9:作業性を改善するために



### なぜ 難しく感じるのか？

- なかなか溶けない
- ハンダが流れない
- フレットを形成することができない
- 手直しが難しい
- コテ先がすぐに酸化してしまう
- イモはんだになってしまう

原因の大半は 熱容量不足

## 9:作業性を改善するために



### ■ 糸はんだの選定

糸ハンダを従来より

**線径の細いもの**に代える

とハンダが溶けやすくなる。

- 糸半田の熱容量が  
小さくなるため

Φ0.1mm、φ0.2mm径の  
糸はんだも登場

### ■ コテ先の選定

コテ先を従来より

**ひと回り大きなもの**に代える

と作業性は格段によくなる。

- ハンダコテの熱容量が  
大きくなるため

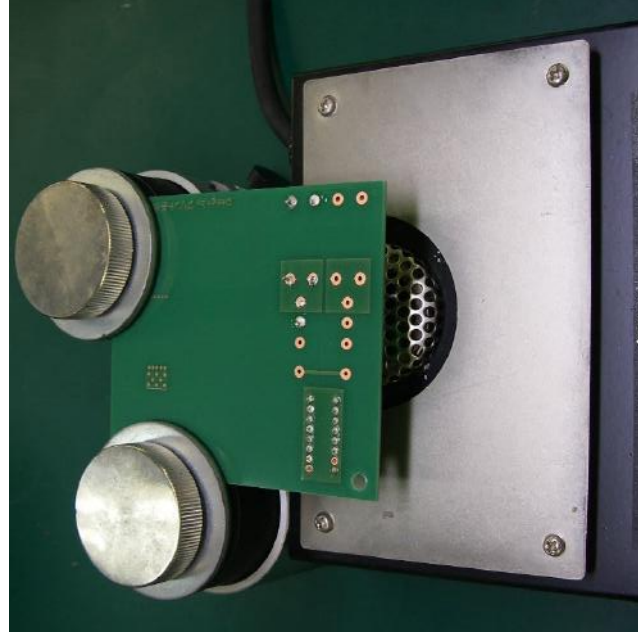
同じ形状で太いもの  
(高熱容量タイプ)

## 9: 作業性を改善するために 不足した熱容量を補うために



プリヒーター(温風)で  
基板を温める

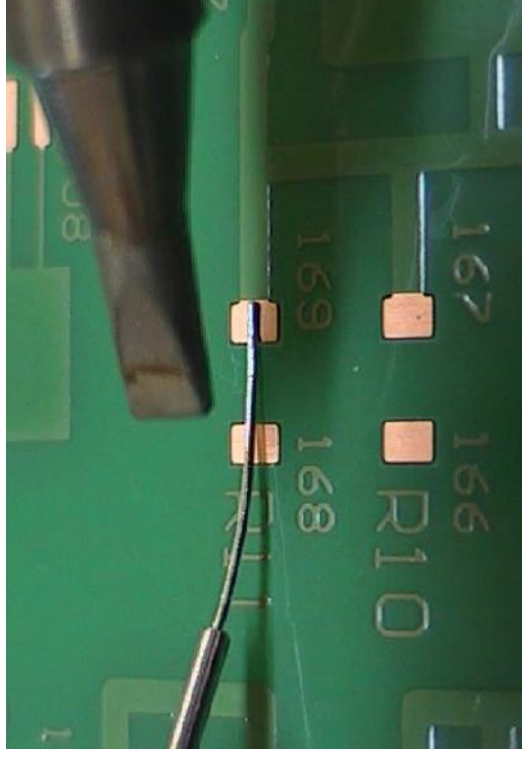
ホットプレートで基板を温める



## 9:作業性を改善するために

- はさみはんだ
- はんだはフラックスの  
無いところへは流れない

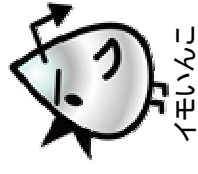
- ①糸ハンダを先に母材に当てる
- ②母材と コテ先で糸ハンダを  
挟み込んでハンダ付けを行なう



- ☆ フラックスは昔と違って進化しており  
長時間活性化している
- ☆ コテ先を先に母材に当てると母材が酸化してしまう場合がある
- ☆ 基本操作にとられすぎてはいけない



## 10: 具体的改善事例



- LEDのはんだ付け  
窒素フローハンダゴテの使用

局所的に窒素ガス雰囲気  
(酸化を防ぐ)  
(長時間フラックスが活性化)  
高温(約200°C)の窒素ガス  
(余熱効果)



## 10: 具体的改善事例



- 表面実装コネクタのはんだ付け  
高周波ハンダゴテの使用

体感的に出カワット数の  
2倍のパワー  
(写真は160W相当)

極細のコテ先なのに  
はんだが溶ける  
(熱容量の概念から外れる)





## まとめ

- コテ先温度は $360^{\circ}\text{C}$ 以下で！
- ハンダゴテ、コテ先の選択が重要！  
(極端な話、母材に応じて変更)
- 細めの糸はんだ、太目のコテ先で！
- 仕上がり状態は、フイルットの形成で判断(共晶と同じ)
- 不具合の原因は、熱容量不足と

コテ先温度が高すぎることは大半

- ハンダゴテだけでは、対応できない場合は

母材の余熱、窒素フロー、高周波ハンダゴテを検討

