

# 鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価方法に関する研究（第2報）

宮本 博永・平川 寛之・布施 嘉裕・芦澤 里樹・平本 清\*1・西室 将\*1

## Complementary Research on the Evaluation Methods for Solder Wettability (2nd Report)

Hironaga MIYAMOTO, Hiroyuki HIRAKAWA, Yoshihiro Fuse, Satoki ASHIZAWA,  
Kiyoshi HIRAMOTO and Masashi NISHIMURO

### 要 約

本研究は、国の戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン）の採択を受け平成 20～22 年度に産学官で取り組んだ「鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価装置の研究開発」の補完的な継続研究にあたる。本ぬれ性の評価方法は、実際のリフロー実装環境下において、チップ部品の鉛直方向の変位を連続計測し、時間に対するそのプロファイル形状からぬれ性の評価を行うものである。これまでに、ぬれ性評価装置の試作機を開発するとともに、変位データからぬれ性の指標値を求める手法を確立した。しかし、一方で、ぬれ性評価方法の確立までに、その妥当性の裏付けとして利用したデータは、Sn-Ag-Cu 系のはんだだけで、しかも特定の配合率に係るものでしか得ておらず、その状態も初期品（製造直後のもの）に限られていた。これら課題に対し、前報では未知となっているエージング後のはんだ及び酸化させた銅に対するぬれ性を評価試験により検証し、それらの評価が本法により可能であることを確認した。また、研究最終年度において、未評価であった種々のはんだについてぬれ性試験を実施し、本法の妥当性について検討した。本報告では、それらの試験データを示すとともに、サポインを含む5年間の研究総括として、最終的に決定したぬれ性評価方法及びその実施手順について説明する。なお、本法は平成 25 年度中の JIS 規格化に向け、詳細の検討が進められている。

### 1. 緒 言

はんだのぬれ性は実装不良と密接な関係があり、電子製品の安全性及び品質に大きく影響している。特にリフロー実装分野では、チップ部品の小型化や扱いの難しい鉛フリーはんだへの移行に伴い、その傾向が一層顕著となっている。この問題を解決していくためには、はんだのぬれ性を定量的に評価していくことが必要であるが、適切な評価方法は今のところまだ確立されていない。そこで、ぬれ性を評価するための新しい手法を開発することにより、実装技術の向上を図り、製品の安全性及び品質の向上に繋げていくことを目的としている。

現在開発に取り組んでいるぬれ性評価方法の概要を図1に示した。本法は実際のリフロー実装環境下において、チップ部品の鉛直方向の変位を非接触センサーにより連続計測し、時間と変位の関係からぬれ性の評価を行うものである。

平成 22 年度までに実施した産学官による共同研究に

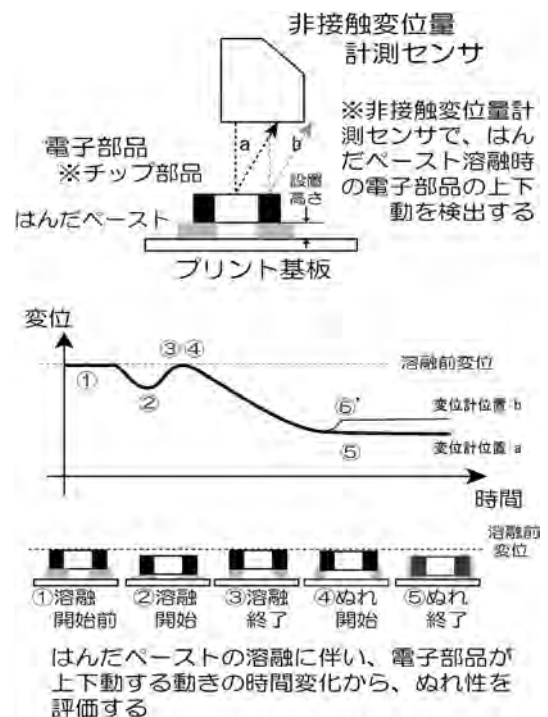


図1 ぬれ性評価方法の概要

\*1 山陽精工株式会社

より、ぬれ性評価装置及び標準試験片（ぬれ性の評価試験に供するためのチップ部品と基板、印刷したはんだの組合せ）の試作・開発を完了した<sup>1)</sup>。一方で、ぬれ性評価方法の確立までに、その妥当性の裏付けとして利用したデータは、Sn-Ag-Cu 系のはんだだけで、しかも特定の配合率に係るものでしか得ておらず、また、評価に使用してきたチップ部品（銅板）やはんだの状態については初期品のみで、どちらか一方あるいはそれぞれが劣化した場合における評価については実施してこなかった。

前報では未知となっているエージング後のはんだ及び酸化させた銅に対するぬれを評価試験により検証し、これらの評価が本法により可能であることを確認した<sup>2)</sup>。

本報では、未評価であった複数種類のはんだについてぬれ性試験を実施し、本法の妥当性について検討する。

## 2. 実験方法

ぬれ性評価試験に使用する標準試験片は、鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価装置の研究開発（第3報）<sup>3)</sup>により提案したものを、本試験においても使用する。加熱条件については、リフロー実装時によく利用されている加熱プロファイルを採用する。それら諸条件についての詳細は、表1及び図2、3のとおりである。

表1 実験に使用した諸条件

チップ部品 及び 基板	銅板 材質：JIS C1020-R-H (JIS Z 3284 付属書4の4.(2)による処理後のもの)
はんだ量	0.471 mm <sup>3</sup> (印刷パターンは図2参照)
加熱方式	輻射式加熱 (加熱プロファイルは図3による)

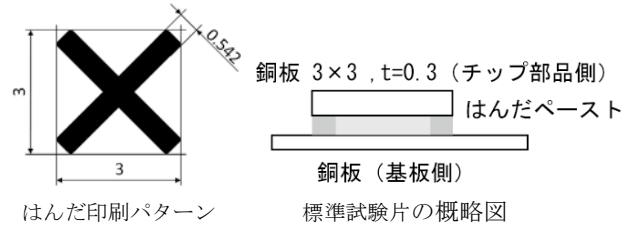


図2 はんだ印刷パターンと標準試験片の概略図

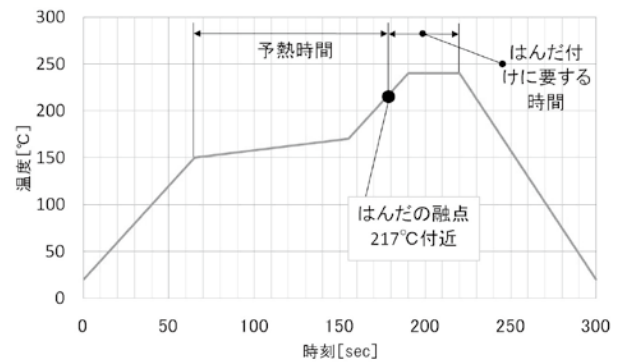


図3 加熱温度プロファイル

表2 はんだの違いによるぬれ性指標値

NO	試料		ぬれ開始 温度A(°C)	ぬれ完了 温度D(°C)	変位量 (μm)	ぬれ時間 t1(sec)	ぬれ時間 t2(sec)	降下速度 (μm/sec)
	ソルダペースト	融点 (°C)						
1	SAC107(フラックスA)	217	220	226	82	5.40	7.10	26
2	SAC107(フラックスB)	217	222	227	76	6.11	6.40	22
3	SAC107(フラックスC)	217	221	226	79	5.19	5.55	24
4	SAC107+1Bi	214	220	226	81	6.71	8.20	21
5	SAC107+2Bi	211	220	226	80	8.10	8.70	23
6	SAC107+3Bi	208	219	225	80	8.78	9.35	24
7	SAC0307+3Bi	206	222	226	77	10.32	11.65	31
8	SAC107+Bi1.6+In0.2	210	219	226	79	8.71	9.35	20
9	SAC107+Bi1+In0.2	213	221	226	82	7.11	7.95	23
10	SAC0107+Bi2+In0.5	208	224	227	79	10.26	10.90	45
11	SAC107+Bi3+Ni0.005	208	218	224	68	7.94	8.45	23
12	SAC105+Bi3+Ni0.005	208	217	225	78	8.70	9.85	18
13	Bi58Sn42	139	142	147	83	3.72	8.65	45
14	Bi58Sn41Ag1	139	142	146	71	2.90	6.67	55

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 複数種類のはんだへのぬれ性評価

ぬれ性評価試験は、表 2 の 14 種類のはんだに対して実施した。試験はそれぞれのはんだごとに 3 サンプルずつ行い、ぬれ性指標値  $t_1, t_2$  [sec] 及び降下速度  $v$  [ $\mu\text{m/s}$ ] (それぞれ 3-2-2 6 参照) の平均値を算出し、同表にまとめた。

図中 No1~3 のはんだは同じ組成でフラックスの異なるものである。フラックスの違いによる僅かなぬれの差が、計測されているのがわかる。

次に、組成が同じで配合率の異なるはんだを比較してみる。No4~6 は、SAC107 を基に Bi の添加量を増加させた場合のぬれ性を評価したものである。1%の Bi が添加されたはんだ No4 では  $t_1$  が 6.71 であったのに対し、3%Bi のはんだ No6 では 8.78 となっており、Bi 添加量の増加とともにぬれ性が悪化していく傾向を、明確に計測することができている。また、同じ組成で Ag の量を 0.3%まで減じた No7 においては、 $t_1$  値はさらに 10.32 まで増大し、ぬれ性は極めて悪くなっている。Ag の配合率をいかに下げることが求められている今日においては、このような僅かなぬれの違いを検知できる本評価方法は広い分野での活用が期待され得る。

No8~10 は、SAC107 に Bi 及び In を添加し、それらの配合を変えた場合のぬれ性を評価している。得られた結果は Bi 及び In の増加とともにぬれが悪くなる傾向を捉えている。

さらに、No11, 12 において、Bi-Ni 系のはんだで Ag の配合率を変化させたものについて比較した。0.2%の Ag の違いが、ぬれ性を大幅に悪化させる因子となっているのがわかる。

最後に、低温域で使用する Bi-Sn 系のはんだに対しても本評価法を適用したが (No13, 14) , 別段の問題もなく適用が可能であることを確認した。

#### 3-2 変位量計測によるぬれ性評価方法に用いる装置等及び実施手順

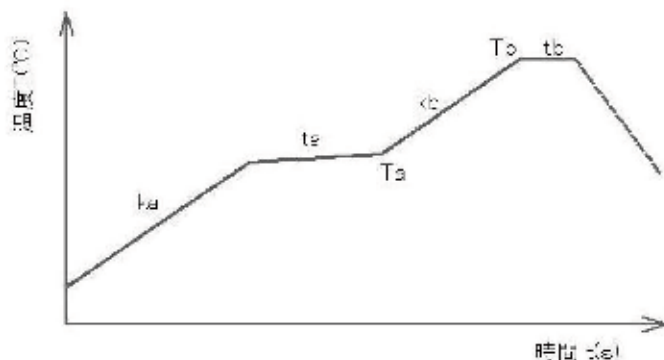
戦略的基盤技術高度化支援事業及び本補完研究により 5 年間実施した研究の総括として、最終的に決定したぬれ性評価方法及びその実施手順について説明する。

##### 3-2-1 試験に用いる装置及び標準試験片

本法は、次の構成による試験装置及び標準試験片を利用することにより行うものとする。

#### [試験装置の構成]

本法に用いる装置は、加熱制御部、変位量測定部及び記録部で構成されるものとする。加熱制御部は、標準試験片を加熱する加熱ヒーターと温度プロファイルによる加熱制御が可能な制御装置で構成される。なお、加熱部が再現する加熱プロファイルは図 4 のとおりとする。



- ka : プリヒート前温度勾配 最大 2°C/s
- ta : プリヒート時間
- Ta : プリヒート温度
- kb : 本加熱温度勾配 最大 2°C/s
- Tb : ピーク温度 ソルダペーストの液相線温度+20°C
- tb : ピーク時間

図 4 加熱プロファイル

変位量測定部は、標準試験片の鉛直方向の変位を非接触方式で測定できるもので構成され、その測定範囲は 20mm で、分解能は 3  $\mu\text{m}$  を満たすものとする。

記録部は、加熱プロファイルの開始から終了までの変位と加熱履歴を継続して記録でき、時間に対する読み取り分解能は 0.2 秒以下とし、電気的及び機械的雑音は信号レベルの 10%を超えてはならないものとする。参考までに戦略的基盤技術高度化支援事業により開発したぬれ性測定装置の例を図 5 に示す。

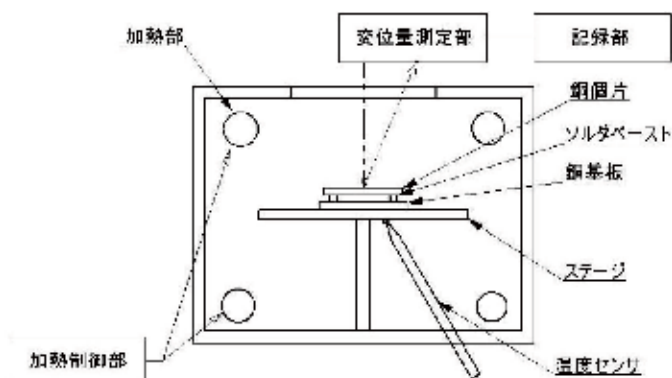


図 5 ぬれ性評価装置の例

[標準試験片]

標準試験片は溶ダペーストを塗布する銅基板と、塗布された溶ダペースト上に搭載する銅個片によって構成されるものとする。標準試験片の構成を図6及び図7(溶ダペースト塗布パターン)に示す。

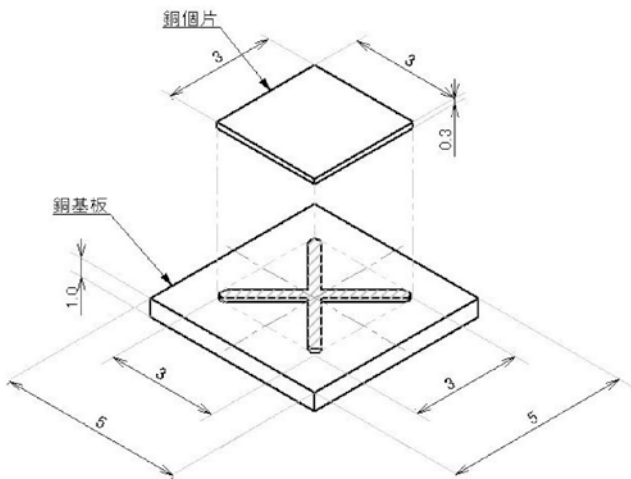


図6 標準試験片の構成

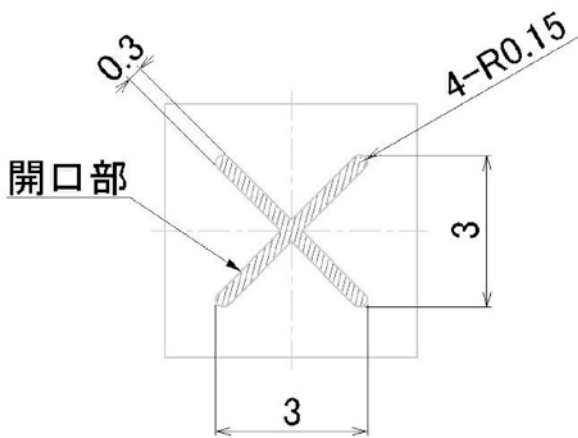


図7 ソルダペースト塗布パターン

また、銅基板と銅個片の仕様は表3による。

表3 標準試験片を構成する銅個片及び銅基板の仕様

	銅基板	銅個片
材質	りん脱酸銅 (JIS H3100 C1220P 又は C1201P)	
形状	角形平面板	
寸法	一辺 5mm×5mm	一辺 3mm×3mm
厚さ	1mm ±0.1mm	0.3mm ±0.03mm

3-2-2 むれ性評価方法の実施手順

次の 1)~6)の項目を順に実施することにより、むれ性の評価を行うものとする。

1) 標準試験片の前処理

銅基板及び銅個片の前処理は、JIS Z 3197 8.4.1 d)1.2)による。

2) ソルダペーストの準備

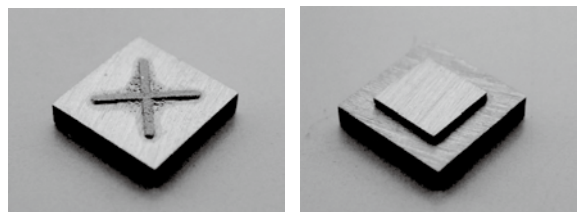
溶ダペーストが冷却状態であるならば、容器を密封した状態で室温になるまで放置する。その後、溶ダペーストが均一になるように、スパチュラ(へら)でかき混ぜる。

3) ソルダペーストの塗布

銅基板上に図7の印刷が可能なメタルマスクを置く。メタルマスク上に適量の溶ダペーストを塗布し、スキージを用いてメタルマスクの開口部に溶ダペーストを充てんする。メタルマスクを取り除く。

4) 銅個片の搭載

銅基板上に塗布された溶ダペーストが隠れるように、銅個片をピンセットなどにより溶ダペースト上に静かに搭載する。搭載高さは、銅個片の下面部が銅基板の上面部から  $0.09 \pm 0.01$  [mm] とする。ここで、3)の溶ダペースト塗布後の銅基板及び、4)で銅個片を搭載後した銅基板の様子をそれぞれ図8に示す。



溶ダペースト塗布後

銅個片搭載後

図8 標準試験片の様子

5) 試験の開始

標準試験片を試験装置のステージ上に置く(図9は、むれ性評価装置(戦略的基盤技術高度化支援事業における産学官の共同研究体により開発)のステージに設置するところ)。図4による加熱プロファイルの加熱を開始する。加熱時に、標準試験片の中心位置の変位を非接触式変位量測定器によって測定し、時間に対する変位量を測定する(図10は計測中の様子)。

6) むれ性指標値の算出

溶ダペーストのむれ性は、全項目の試験によって得られた時間-変位量曲線図(図11)から、むれ時間  $t_1$ ,  $t_2$  [sec]及び銅個片の降下速度  $v$  [ $\mu\text{m}/\text{sec}$ ]を求め、それらの値で評価する。



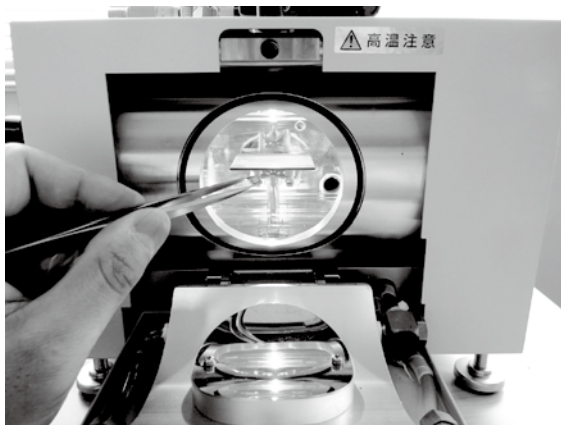


図9 ぬれ性評価装置のステージに設置する様子

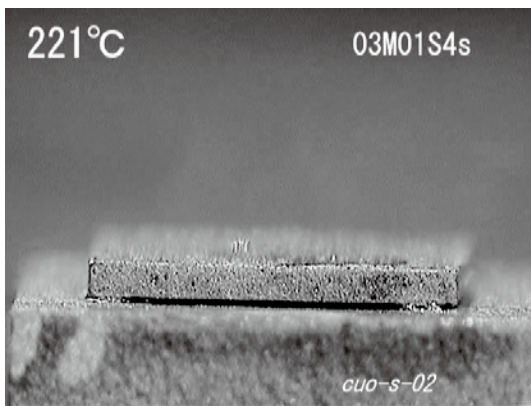


図10 加熱時における変位量計測中の様子

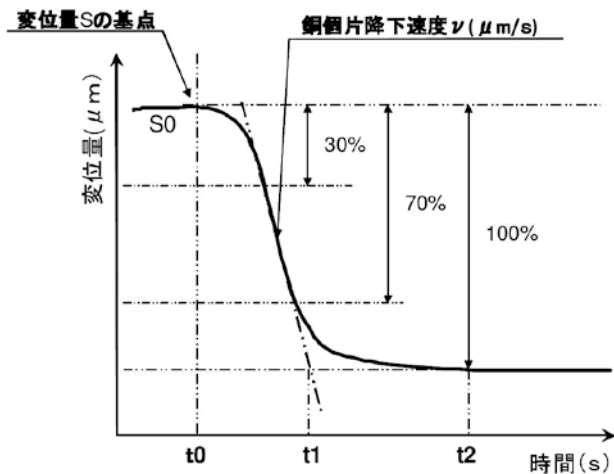


図11 時間-変位量曲線図

〈算出方法〉

- (i) ソルダペーストの固相線温度に相当する加熱時刻を  $t_0$  とし、このときの変位量  $S_0$  を 0% とする。
- (ii) ソルダペーストの溶融によって得られた標準試験片の時間-変位量曲線が安定した点、または変位量曲線の最下点付近の変曲点を変位量 100% とする。また、この時の加熱時刻  $t_0$  からの時間をぬれ時間  $t_2$  とする。
- (iii) 変位量 100% を通る水平線を求める。
- (iv) 変位量曲線の安定区間 (図 11 中では、30~70% の区間。直接ぬれ性に起因しない変位ノイズを含む 0~30%、70~100% 区間のデータを除外したもの。なお、除外区間は任意に設定できるが、図中の設定値をおおよそ最大に除外できる上限値とする。) を直線補間して求めた直線の延長線が、変位量 100% を通る水平線と交わる点  $t_1$  を求め、加熱時刻  $t_0 \sim t_1$  までの時間をぬれ時間  $t_1$  とする。
- (v) (iv) で求めた直線から、銅個片の降下速度を求め、この値を降下速度  $v$  とする。

#### 4. 結言

複数種類のはんだに対するぬれ性評価試験を実施した。その結果、それらのはんだに対しても本評価方法を有効に活用することができ、また、フラックスの違い、或いは配合率の違いによる僅かなぬれ性の差も評価が可能であることがわかった。

本報告の最後に解説したぬれ性評価方法及び実施手順は、平成 25 年度中の JIS 規格化に向け、詳細の検討が進められているところである。なお、検討の過程で細部に変更が生じる可能性があるのでご留意いただきたい。

#### 参考文献

- 1) 平本 清, 荘司 郁夫, 宮本 博永, 他: 平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援事業「鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価装置の研究開発」研究開発成果報告書, 関東経済産業局  
URL: <http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/sapoin/portal/seika/2008/20-8-17-3.pdf> (中小企業庁 中小ものづくり高度化法ポータルサイト)
- 2) 宮本 博永, 平川 寛之, 芦澤 里樹, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.26, p.111-115 (2012)
- 3) 宮本 博永, 平川 寛之, 清水 章良, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.25, p.1-5 (2011)