

## 新規はんだ付け工法の導入

### Introduction of new soldering process using Flat-Dip

松本 充広, 新井 洋介

Mitsuhiro Matsumoto, Yousuke Arai

**要 旨** OEM 車載製品の生産工程で、両面リフロー＋フローの部品高さ 11mm に対応したはんだ付け工法を開発した。既存のフローはんだ付け装置では、両面リフロー＋フロー工程の場合、フローはんだ付け面に配置できるリフロー部品の高さは 4.5mm 以下で設計、生産を行っていた。これは、部品の高さが、4.5mm を超えると、はんだ噴流が荒れ、はんだブリッジが発生するなど、製品の信頼性確保が困難になるからである。そこで、新規に工法を開発した。各種生産工法の検討を行なった結果、フラット DIP 装置での生産化が最適と判断し、この方式で品質の安定化を目指した。本方式での生産では、品質に大きな影響をあたえるフラックス塗布、基板加熱、はんだ噴流と温度について確認、改善を行った結果、量産初期品質 0.03% を達成することができた。

**Summary** To mount parts up to 11 mm in height on both sides of PCB in our OEM (Original Equipment Manufacturing) products, we introduced a new soldering process which is Flat-Dip Soldering. Our old soldering process suffered deterioration in the quality of the product when mounting the parts with height in excess of 4.5 mm on it.

Then we examined soldering processes such as Flat-Dip, Diagonal-Dip, Small-Dip, Soldering Robot, that are able to mount parts up to 11mm in height on the PCB. As a result, we decided upon Flat-Dip which has the advantage of reliability in mass production.

To mass-produce with stability using this process, we measured heating temperature, flux spreading, and the relationship between the solder jet flow and the temperature, which are the important factors that influence the quality of the product using this process.

We improved these factors based on the measurement results, so that we achieved a defective rate for initial mass production by 0.003%.

キーワード : フラット DIP, DIP 面リフロー部品高さ, フラクサー, 塗布ムラ, プリヒーター, はんだ付け, 高品質

#### 1. まえがき

OEM 製品において、リフロー部品高さ 11mm のものが DIP 面に配置される製品を開発することになった。これは、従来の工法では、安定した品質を得ることができないため、新規にフラット DIP 工法の検討を行っ

た。装置検討にあたっては、従来の DIP 装置メーカーと共同で進め、はんだ付けの重要因子であるフラックス塗布・プリヒーター・はんだ付け部分に主眼を置き理想の形を追求した結果、高品質を得ることができたので報告する。

## 2. 背景

2006 年量産化の OEM 車載製品には、メーカー指定部品があり、この内のリフローコネクタ部品高さは 11mm である (図 1)。

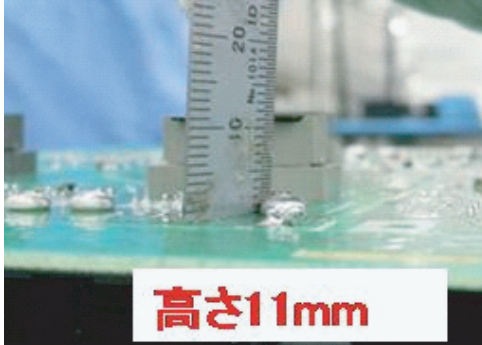


図 1 高さ 11mm のコネクタ部品例

従来、両面リフロー+フロー工程の場合、フローはんだ付け面に配置できるリフロー部品の高さは 4.5mm 以下で設計・生産を行っていた。この制約は、安定した品質を得るためのものであり、4.5mm を超えると、はんだ噴流が荒れてしまい、はんだブリッジが発生する (図 2)。よって他の生産工法の検討を行った。また、他にも生産上の制限があり、まとめると下記ようになる。

◇ OEM 車載製品 A での生産化条件

- ・リフローコネクタ高さ 11mm
- ・タクトタイム 40sec. 以下 (1500 台 /day 生産)
- ・はんだ修正率 1% 以下

## 3. 生産工法の検討

傾斜型 DIP 装置と部分 DIP 装置はリフロー部品高さの制約により採用できない。はんだロボットと小型 DIP (スポットフロー) は、リフロー部品の高さ制約には問題ないが、タクトタイムに難がある。以上のことより、今後のニーズを考慮して、フラット DIP 工法

を選択した。以降の項では、このフラット DIP 工法で品質を安定させるための検討内容を記述する。

## 4. 構造検討

業界的にもフラット DIP 工法は確立されておらず、既成の装置は標準ラインアップがない。そこで、従来、使用している傾斜型はんだ槽の装置メーカーと共同して開発を進めることとした。開発にあたってのポイントは前述した生産化の条件を満たすと共に品質に大きな影響を与える、はんだ付け、プリヒート、フラックス塗布の工程を理想的な形にするところにある。図 3 は DIP 工程における、はんだ付け不良発生の特性要因図と装置要因項目をあげたものであるが、はんだ付け、プリヒート、フラックス塗布を正常に安定して行なうことがはんだ付け品質には重要な因子であり、この 3 点に着目して開発を行なった。

### 4.1 全体の構造説明

フラックスゾーン、プリヒーターゾーン、はんだ付けゾーンのタクト搬送方式を選択した (図 4)。

### 4.2 フラクサー

DIP のフラックス塗布方法としては、2つの方法がある。

#### ・発泡式フラクサー

構造：フラックスを入れた槽の中に発泡管が入っている (図 5)。発泡管に圧縮空気を入れることで、フラックス中に気泡を作る。その気泡を基板の下面 (DIP する面) に当ててフラックスを塗布する方法である。

特徴：安価 / 管理が簡単 (簡単な機構なため) 基板付着量の管理が出来ない。

#### ・スプレー式フラクサー

構造：フラックス缶から吸い上げてフラックスノズルから霧状のフラックスを直接噴出する。フラックスノズルが基板幅方向に稼動し、基板搬送コンベアの動きと合わせて基板下の全面にフラックス塗布を行う。

特徴：高価 / 管理が複雑 (ノズルやフィルター清掃

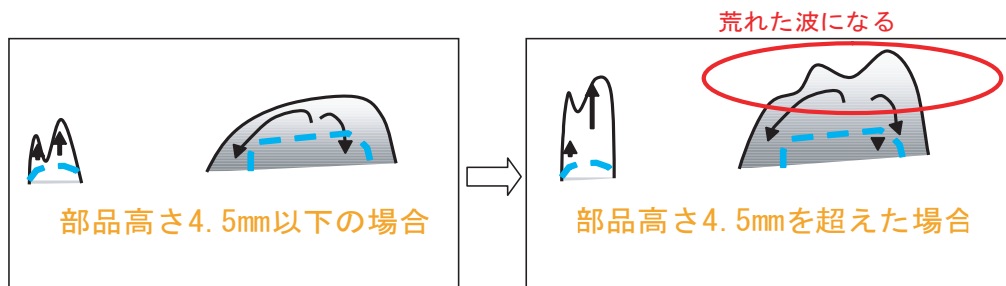


図 2 従来方式で部品高さ 4.5mm を超えた場合の例

が必要)  
 基板全面に均一にフラックス塗布が可能  
 基板面へのフラックス膜厚コントロールが可能  
 それぞれの塗布方式について塗布状態の写真と概念を図6に示す。

社内で品質効果確認を実施し、スプレー式が品質的に優位であることを確認した(図7)。今回の装置としては、フラックス塗布方式にはスプレー式を選択した。

### 4.3 プリヒーター

プリヒート値としては、基板表面で120℃まで上

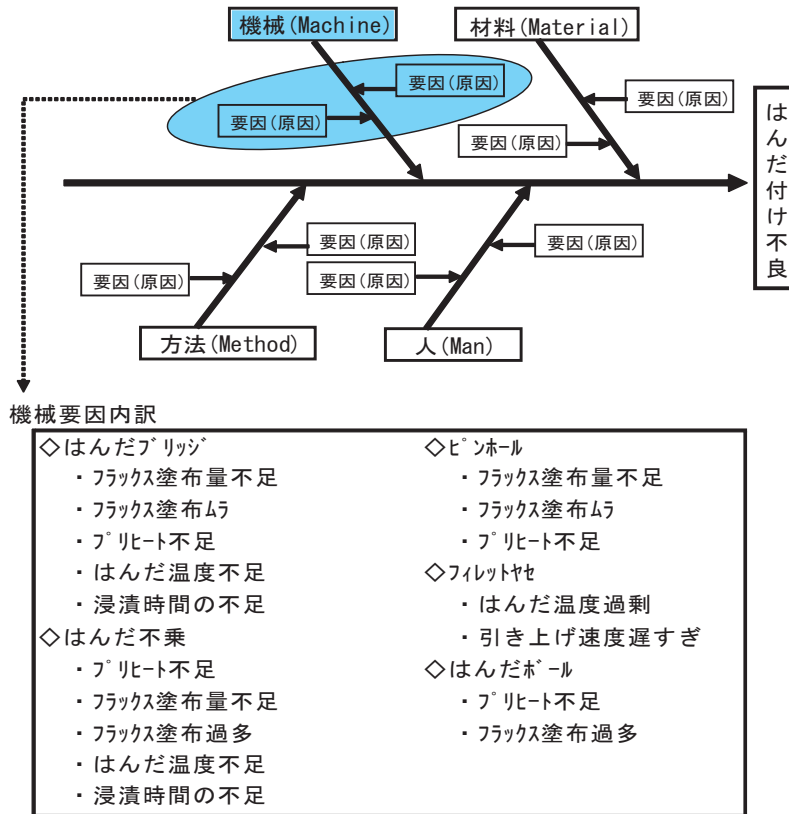


図3 特性要因図

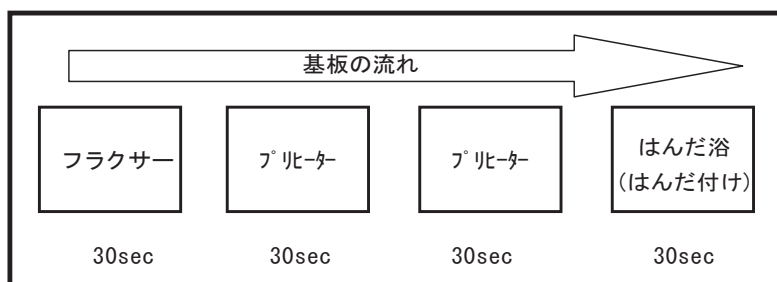


図4 タクト搬送方式

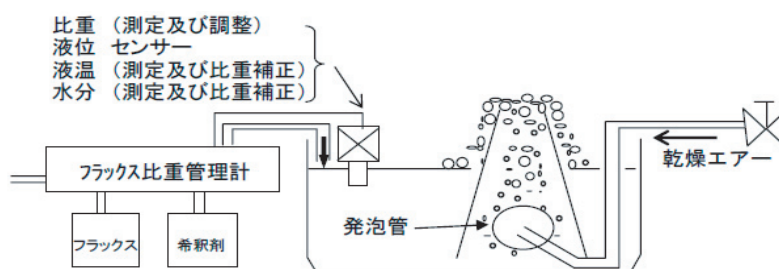


図5 発泡式フラクサー

昇させることがはんだ付けに良いことが分かっている。現行の傾斜型はんだ槽では約 60sec の加熱を行っているが 1 ゾーンで 60sec 停滞させてしまうとプリヒーターがボトルネックとなり 40sec タクトが達成できなくなる。そこで 40sec タクトを達成するためにプリヒーターを 2 ゾーン化した (図 4)。これにより目標タクトの達成の他、熱容量の異なる部品に対して、均一加熱が行なえるようになった ( $\Delta T$  の縮小: 図 8)。なお、ヒーターの種類は今までの傾斜型で実績のあるシーズヒーターを使うこととした。

#### 4.4 はんだ付け構造

従来の噴流方式では噴流高さは 8mm 程度のためはんだ付けは不可能である。そこで静止した溶融はんだ面にワークを浸漬しはんだ付けを行う浸漬方式が求められる。浸漬方式の特徴としては以下のものが上げられる。

- ① ワークが上下に昇降するため基板下面の高さの影響を受けにくい。
- ② はんだが静止しているため影になる部分やガス化したフラックスがたまった箇所に対して、は

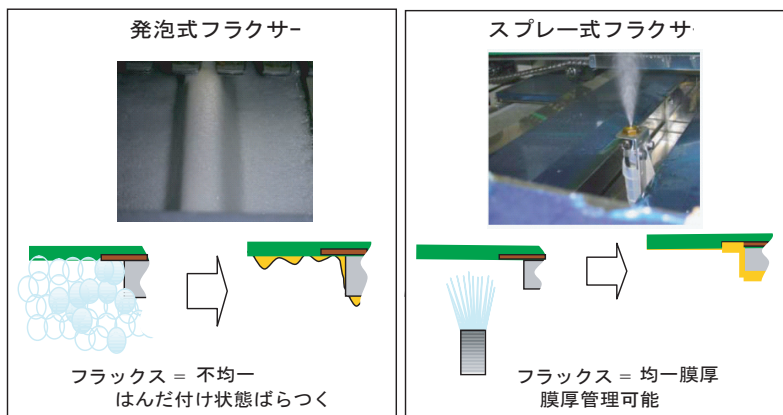


図 6 両方式の概念

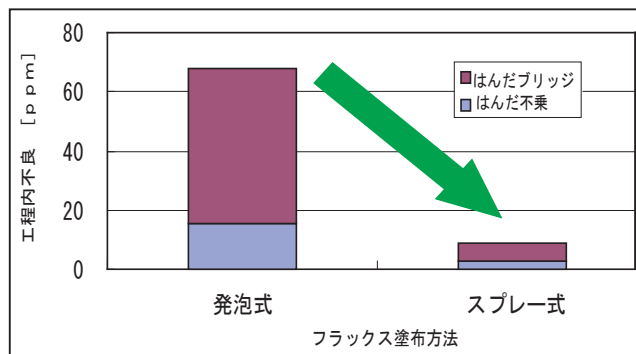


図 7 品質効果の確認

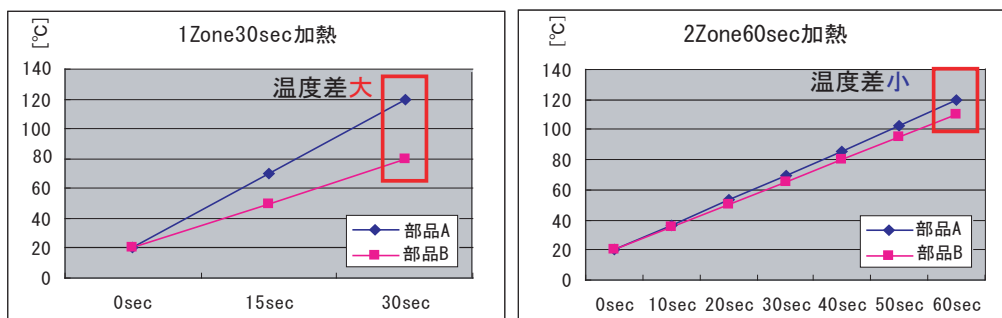


図 8  $\Delta T$  の縮小例

んだ不乗が起りやすい。

- ③ んだが静止しているためワークに奪われた熱が入れ替わりにくく、基板表面のはんだ温度が低下しやすい。

まず冒頭で述べたようにワーク高さの制限から浸漬方式が必要となるため②、③の欠点に対策が必要となる。

②に対してガスや影になる部分に対してはワークをはんだ浴に対して斜めに浸漬させていくことにより、ガスが溜まることを抑制できる。また、浸漬中にワークを前方へ移動することでガス溜まりを移動させ未はんだを防ぐ。

③に対して従来の浸漬式のはんだ浴は静止しているが、はんだ槽の中にノズルを設けそこから噴流によりはんだが循環する2段構成にすることで、浸漬方式でありながら噴流方式に近いはんだの循環が可能と考えられる。

上記を元に構想したはんだ付け方式が図9のようになる。図9のようなはんだ噴流ノズルと昇降機構を

有し、移動速度、引き上げ速度、浸漬深さ、浸漬時間を制御できる機構とした。

## 5. 装置開発と生産条件の最適化

フラックス塗布、基板加熱、はんだ噴流と温度について如何にはんだ付けに適した条件にもっていかれるかが挙げられる。言い換えれば、ここを良い条件で安定させられれば、高品質を継続し続けることができるということである。

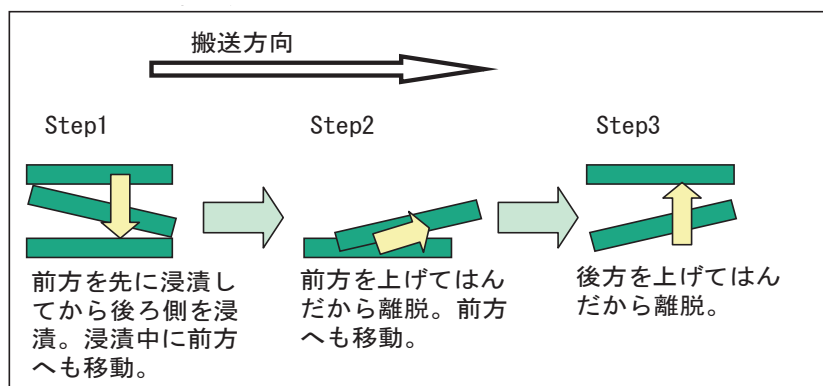
### 5.1 フラクサーゾーンの検証

フラックス塗布に関する検証および条件出しを実施した。ポイントとしては、塗布ムラがないこと、量のコントロールのし易さ(リニアリティ)、塗布量の安定性(繰り返し精度)について検証を実施した。

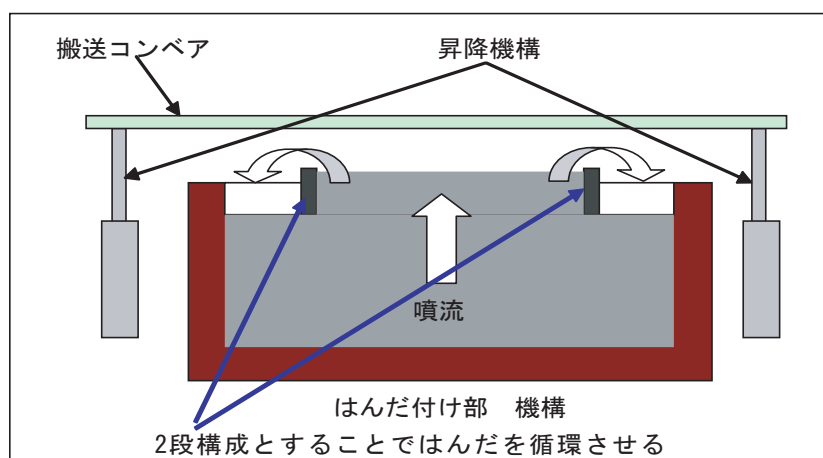
- 塗布ムラ ムラを発生させる因子について条件を振り、均一塗布基準および塗布条件を決めた。

因子：搬送コンベアスピード/ノズルスウィングスピード/塗布流量

ムラの評価については、各単位エリアの塗布量を



(a) はんだ付け部 動作パターン



(b) はんだ付け部分の温度改善

図9 新方式のはんだ付け方法



計測し確認した方が良いが、ここでは日常点検に落とし込むことを考慮し、簡単にムラの程度を確認できる方法を用いた。以下に塗布ムラ管理方法を紹介する。

#### ムラ確認方法

塗布ムラ確認および塗布重量確認手順：

- ① B 5 サイズの感熱紙 4 角にテープを貼る。
- ② 精密重量計 (1 m g まで測定可能なもの) で①の重量を測定 (これを初期重量とする) する。
- ③ ①をダミー基板に巻きつける。
- ④ ③を装置に投入し、フラックスを塗布する。
- ⑤ フラックス塗布工程のみで装置から取り出し、5 分間以上放置後、塗布ムラを確認する ( 図 10 )。
- ⑥ さらに、30 分以上放置後、ダミー基板から感熱紙を剥がし感熱紙 (テープ込み) の重量を測定する。
- ⑦ ⑥の重量から②の重量を引いた値が、塗布重量となり、これを管理表に記録する。

重量管理に関しては、ポストフラックスの 9 割が揮発性溶剤なので直ぐに計測すると時間経過で重量が減少する。正確な重量測定を行うため、揮発分を排除した固形分重量を管理することとした。

・塗布量コントロールし易さについて (リニアリティ確認)

フラックス塗布量は、DIP を行う基板種類やはんだ

付け部品などによって調整を行う可能性がある。

塗布量コントロールは、本装置の場合タンク圧調整によって行う。流量の調整とフラックス塗布量が線形性を持つと狙いの塗布量へ合わせこみ易いことになる。ここでは、流量調整とフラックス塗布量の相関をとり、コントロールし易いかの評価を行う。

測定した結果に、近似直線を入れた所、 $Y$  (塗布重量 : g) = 0.00696 X (流量 : c c) - 0.03112

という直線式が得られた。この近似直線の信頼度を示す  $R^2$  値で見ると、0.996 で線形性は十分ある。よって、塗布量コントロールは、やり易いと判断する ( 図 11 )。

#### ・繰り返し精度

塗布圧による塗布量安定性確認を行った。まず、塗布圧を 0.015MPa とし塗布量測定を連続 5 日間実施した。塗布圧を 0.020/0.030/0.040MPa と変えて、同様に 5 日間連続測定を実施した。測定結果を 図 12 に示す。

塗布量の変動幅は、最大 1.7% しかない。塗布量の管理幅は、管理センターに対して ± 20% 程度を考えているので、この 2% の変動幅は問題ないと考えられる。

#### ・生産条件の検証

フラックスの塗布量によって、DIP 品質は大きく変わることが実験結果により分っている。

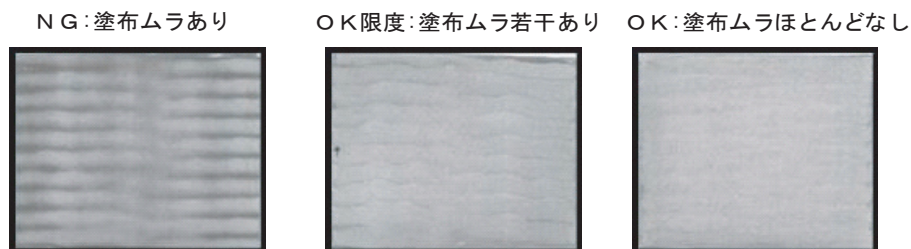


図 10 塗布ムラの例

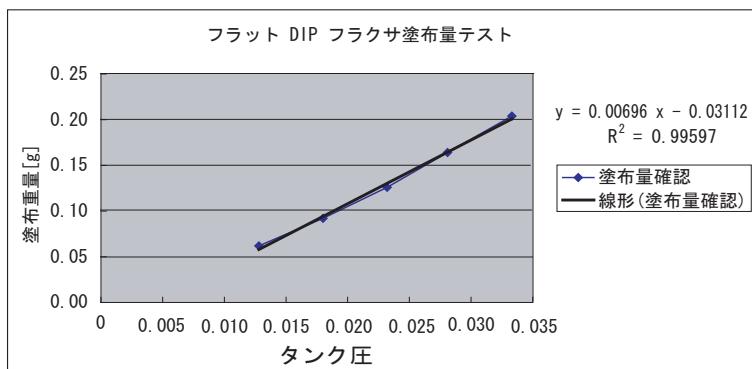


図 11 フラット DIP フラックス塗布量テスト

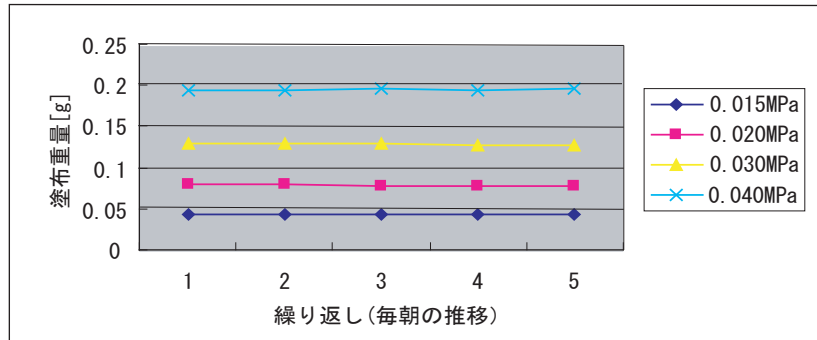


図 12 塗布量毎の重量変化について

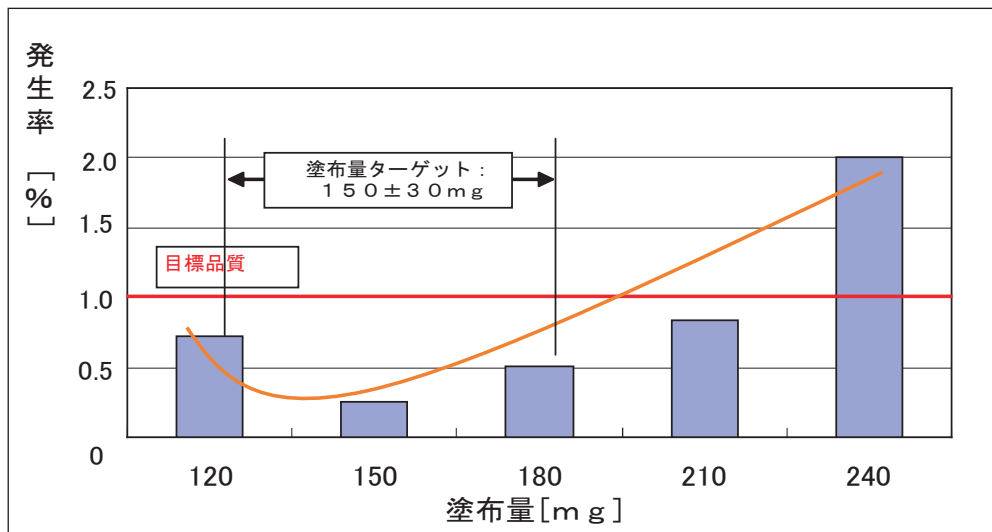


図 13 スプレーフラクサーはんだ不良発生率 (検討基板)

DIP 品質を最もいい状態で維持するためには、基板での最適フラックス量を見つけて、その量の維持管理を実施することが重要となる。図 13 に、実験基板でのフラックス塗布量を変化したときのはんだ不乗発生率を示す。この結果より、フラックス塗布量ではんだ品質は大きく変化し、多くても少なくともはんだ品質は悪化することが分かる。導入を実施する基板においても、フラックス量を変えながら最も品質が良い条件を検証した。

## 5.2 プリヒーターゾーンの検証

プリヒーター能力の検証としては、加熱能力、設定値に対する実測値の線形性、タクトタイムの確認を行った。その確認結果を図 14 に示す。加熱能力については実使用領域に対して十分なマージンが確認できた。設定値に対する実測値の挙動もリニアであり、設定条件出しが容易であることが確認できた。また、タクトタイムとしては、450℃設定で搬入 2sec、加熱

24sec、搬出 2sec がはんだ付け品質や搬送トレイの反りに対して最適であることを確認した。

## 5.3 はんだゾーン検証

はんだゾーンにおける、はんだ付けの検証としてははんだ量とモーター回転数による噴流状態の検証、はんだ付け動作の効果検証を行った。投入はんだ量ごとのモーター回転数と噴流高さの関係を図 15 に示す。液面高さははんだ槽の淵からはんだ液面までの高さを示し、モーター回転数が 0 の状態での数値が大きいほど、槽内のはんだ量が少ないことを示す。噴流高さは噴流状態での内部のノズルからはんだ面高さを示し、はんだ付けを行う状態であるため、安定する必要がある。0～290rpm までは図 15 に示すノズル内にはんだが供給されるため、相対的に周辺の槽内の液面高さは低下していく。290rpm を超えるとノズルからはんだが溢れ出し、液面の高さの変動は小さくなる。290～400rpm の間では噴流面の高さは投入はんだ量に差があった場合

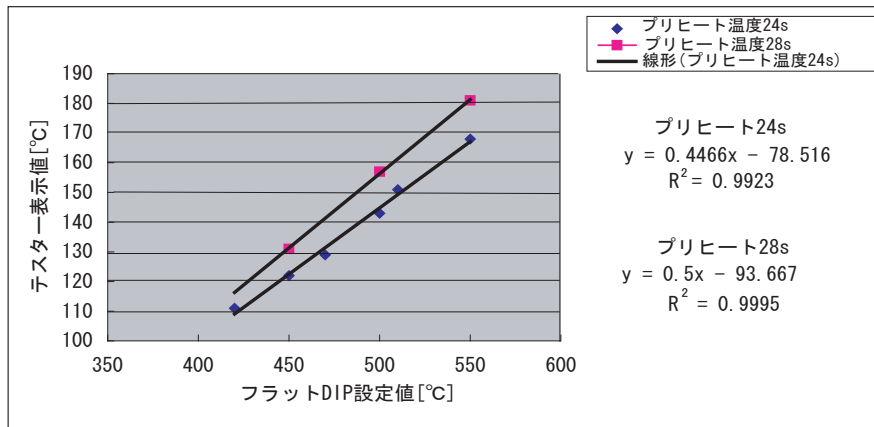


図 14 プリヒート線形性テスト

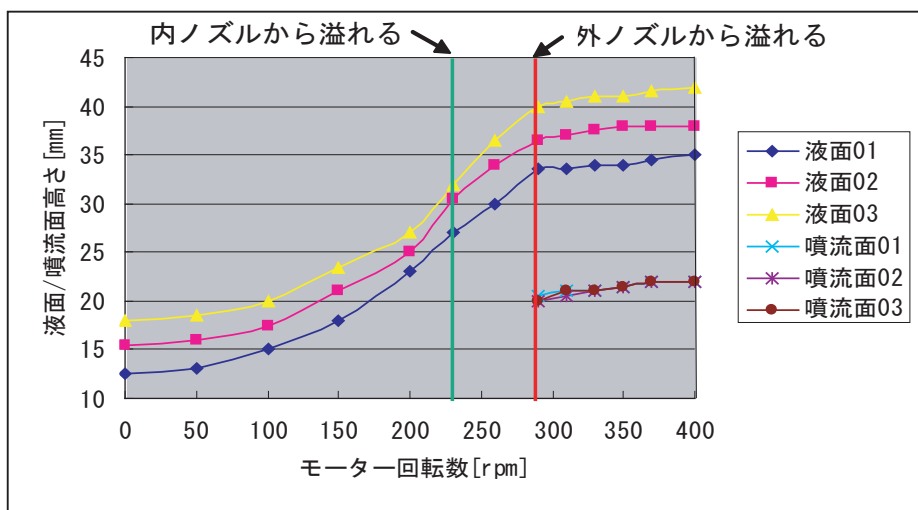


図 15 投入はんだ量ごとのモーター回転数と噴流高さの関係

でも噴流高さに影響はでないことが分かる。

はんだ付け動作は装置のモード切り替えにより1DIP/2DIPの2通りの動作が可能であり、2DIPはガス抜き、熱循環の点で有利と考えられる。測定した結果を図16に示す。2DIP動作によりピーク温度が上昇し200℃以上・220℃以上の時間も長くなったことが分かる。

## 6. 品質結果

装置検証および、各ゾーンの生産条件を行い、フラットDIPによる生産立ち上げを実施した。導入モデルにおいて目標品質を上回る品質結果を得ることが出来た(図17)。

今後、装置耐久性や品質の安定性について継続して確認していく。今回の工法は、DIP工法の一つとして製品の多様化に対応できると考えている。

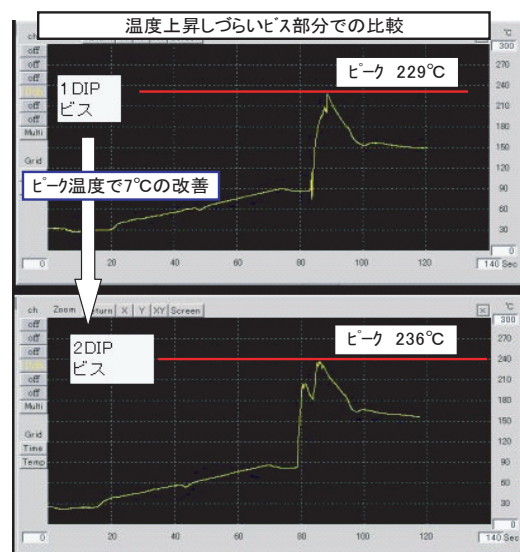


図 16 測定結果



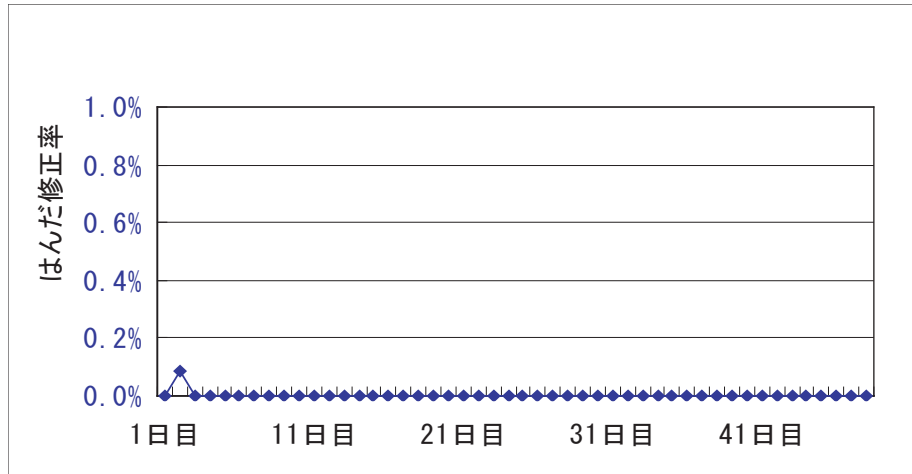


図17 OEM製品フラットDIPはんだ品質

## 7. まとめ

今回報告した内容は3ヶ月間という短期間での検討・導入結果であるが、はんだ付けのポイントを押さえて理想に近い条件にできたため、量産初期品質において修正率0.03%というフロー工程では極めて高い品質を得ることができた。今後も今回のような顧客指定条件が掲示されることが予想されるため、各種はんだ付け工法の事前検討を行っていく。

### 筆者紹介

**松本 充広** (まつもと みつひろ)

モバイルエンターテインメントビジネスグループ 川越事業所 生産部 生産技術部。基板キット製造(自動機オペレーター, 装置メンテ)を経て実装技術開発業務に従事。

**新井 洋介** (あらい ようすけ)

モバイルエンターテインメントビジネスグループ 川越事業所 生産部 生産技術部。治具・装置開発業務を経て実装技術開発業務に従事