

## イントロダクション

アルテラはクワッド・フラット・バック (QFP)、セラミックおよびプラスチックのJリード・チップ・キャリア (JLCCおよびPLCC)、ボール・グリッド・アレイ (BGA)、スモール・アウトラインIC (SOIC) の表面実装用デバイス、およびQFPパッケージの開発用ソケットを供給しています。ハンダ付けにはいくつかの方法がありますが、表面実装 (SMT: Surface Mount Technology) 用デバイスをプリント基板 (PCB) にハンダ付けるもっとも一般的な方法は、温風リフローと赤外線リフロー (または両者の併用) です。このリフローの工程では、プリント基板に低温共晶型のハンダペーストを塗布し、このペースト上にデバイスを乗せ、ペーストを乾燥させ、そして温度を変化させることができる発熱体が装備されたオープンの中にボードを搬送します。オープン内では、温度を次第に上昇させて予備加熱を行った後、ハンダ付けを行う高温の状態にします。このときの最高温度、温度変化の割合、およびデバイスを各温度で放置する時間が、効果的なハンダ付けを行うための重要なパラメータとなります。

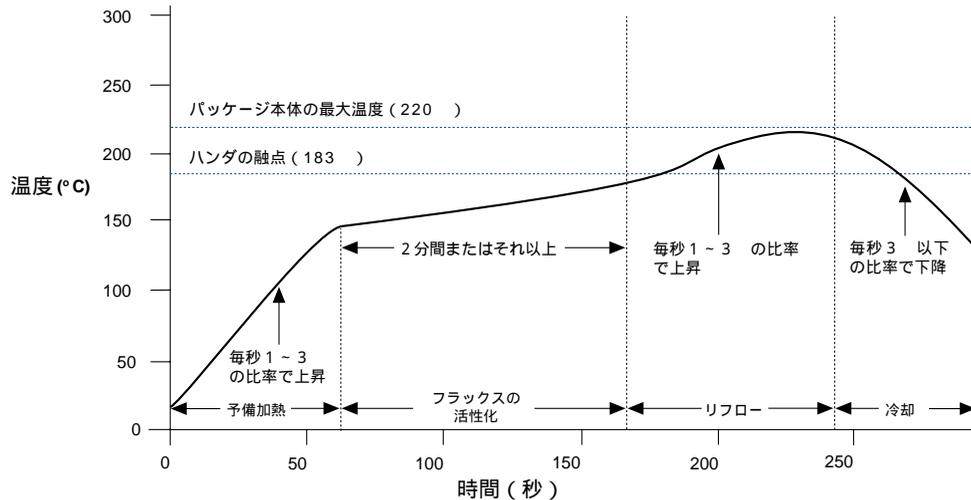
アルテラの表面実装用デバイスは広い温度範囲で実装できることが、多くのユーザから報告されています。ただし、不適切なリフローが行われると、湿気に対して敏感なプラスチック・パッケージにダメージが与えられる危険性があります。アルテラはボードの組立をビジネスにはしていませんが、このリフローに関するガイドラインを作成しました。これらのガイドラインは、アルテラのデバイスに対する湿気のコントロール、赤外線リフローおよびベイパ・フェーズ・リフローのシミュレーション、および温度サイクルなどの幅広い実験や検討をベースに作成されています。アルテラは、各ユーザのボードのデザインやアプリケーション、使用する機器などに関する情報を知ることができないため、適切なハンダ付け温度などに関する一般的な最適条件を規定することはできません。ただし、下記に示す推奨条件は適切なガイドラインとなり、デバイスに過度のストレスを与えることを防止することができます。

## 温度条件

各ボードに使用されるハンダペースト、プリント基板の材質、実装されるデバイスの種類や数はそれぞれ異なるため、すべてのPCBに対して適用できるリフローの温度条件はありません。ただし、図1はアルテラが行った検討で良好な結果が得られたときの温度条件を示したものです。このグラフは、ハンダ付けを行うリフロー・オープンには以下の4つ基本的なフェーズがあることを示しています。

- 予備加熱
- フラックスの活性化
- リフロー
- 冷却

図 1 赤外線リフローまたは温風リフローを行うときの温度変化



### リフロー工程

予備加熱の段階では、ハンダ・ペーストが加熱されて乾燥し、その揮発性の成分が蒸発するようになります。予備加熱を行った後、ペースト内のフラックスがハンダ付けされる表面を適切に洗浄できるようにするために、デバイスのリードが最低2分間、約150°Cの温度を維持する必要があります。このフラックスの活性化フェーズでは、ボード上のすべての領域のハンダがほぼ同じ温度になっている必要があります。次に、オープンの温度を毎秒1～3°Cの比率で上昇させることによって、デバイスがリフローのフェーズに入ります。ハンダ付けによる歪みやブリッジ、低温状態での接続などを防ぐためには、デバイスのリードの温度が少なくとも60秒間、ハンダの融点（約183°C）以上になるようにしなければなりません。このとき、ハンダ付け部分とデバイスに対するダメージを防止するため、ピークとなる温度（220°C）を約10秒間にするのが理想的です。また、デバイス（モールド部）本体の温度はリードの温度から15°C程度異なる可能性があります。220°Cを超えないようにしなければなりません。

### リフロー後の冷却

融解したハンダ付け箇所を冷却し、接続箇所が確実に固定されるようになると、リフローが完了します。この場合、温度が下降する割合を早くすることで、金属間のハンダのグレイン・サイズを小さくすることができます。ただし、この急激な温度変化によってデバイスに熱衝撃ストレスが与えられる危険性があるため、温度下降の比率が毎秒3°C以下となるようにする必要があります。

## リフロー後の洗浄

ハンダ付けの完了後、脱イオン化された純水で洗浄することによって、組立てられたボード上のほとんどの残渣を取り除くことができます。現在、ほとんどのボード組立業者は、噴射式の水で洗浄できる水溶性のフラックス、またはリフロー後の洗浄が不要なフラックスを使用しています。

## 最適なリフローを行うためのヒント

下記の情報は、最適なリフローを行うためのヒントとなるものです。

- さらに均一な加熱特性を得るため、平坦な赤外線リフロー用オープンではなく、温風対流型またはハイブリッド型のオープンを使用する。特に大規模なデバイスまたはソケットが実装されるようなボードに対しては、ボード上のすべてのデバイスに均一な熱を与えることができるような精密タイプのオープンを使用する。
- オープン内の温度分布をできるだけ均一にするため、オープンのフロア面および天井部にさらに多数の発熱体に取り付けられているオープンを使用して、より精密な温度制御ができるようにし、ボード上で遮蔽されそうな部分も十分に加熱されるようにする。
- デバイスのプラスチック本体とリードにサーモ・カップル（熱電対）を取り付ける。良好なハンダ付けが行われるようにリードの温度をモニターし、同時にデバイス本体の温度もモニターしてデバイスを保護する。リードと本体の温度差が15℃までになることがあるため、1個所のみの温度測定結果を参照するのは危険である。
- デバイスのプラスチック本体が許容される最高温度である220℃を超えないようにしながら、確実なハンダ付けが行われるようにリフローの時間を調整する。

## 湿気に対して敏感なデバイス

ボードの組立がさらに高温で短時間で行われるリフローに移行すると共に、半導体の耐湿特性がさらに重要になってきています。ハーメティック・シールが行われていないパッケージは、湿気を吸収します。プラスチック・パッケージに侵入した湿気が水蒸気化し、パッケージ本体が高温に加熱されることによってポップコーンのように急激に膨張することがあります。このような場合には、パッケージ内部にクラックや「剥離」（ダイまたはリード・フレームからプラスチックが剥がれ、僅かなギャップが形成される）が生じる可能性があります。このプラスチックの剥離はデバイスの劣化を引き起こす原因となることがあります。

アルテラは湿気によってデバイスがダメージを受ける危険性が最小となるように使用するパッケージ材質の改善を行っていますが、下記のパッケージには現在ベーキングとドライ・バックを実施しています。

- 薄型クワッド・フラット・バック（TQFP）
- パワー・クワッド・フラット・バック（RQFP）
- 100ピン以上のプラスチック・クワッド・フラット・バック（PQFP）
- 一部の84ピン、プラスチック・Jリード・チップ・キャリア（PLCC）

アルテラは各デバイスの耐湿特性に応じて、ドライ・パックの開封後からボードに実装されるまでの最大許容作業時間（フロア・ライフ）を規定しています。アルテラはこの許容時間を規定するため、サンプルの各デバイスに湿気を侵入させ、リフローが行われる標準的な温度を通過させた後、さらに温度サイクルを与えるテストを実施しました。デバイスに上記のストレスを加えた後、電気的なテストを行い、湿気による影響を正確に確認するため、X線および超音波顕微鏡によってデバイス内部の状態を解析しました。アルテラが行ったこの耐湿テストは、「*Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits*」が規定している標準規格、「*Procedures for Characterizing and Handling of Moisture/Reflow-Sensitive ICs*」（IPC-SM-786A）に準拠したものとなっています。アルテラがさらに実施した信頼性試験とハンダ付けテストの結果から、アルテラのデバイスをリフローするときの温度としては220 が適当であり、またこの温度がデバイス本体の許容最大温度であることが確認されています（デバイスをPCBにハンダ付けするときの最高温度は220 が適当であり、同時にこの温度が許容されるパッケージ本体の最高温度であるという意味）。

アルテラはデバイス・サイズ、ピン数、パッケージなどが異なる幅広い製品を供給しています。この幅広い製品群は設計者にとっては便利なオプションとなりますが、これによって各パッケージごとの湿気に対する感度を1つのレベルで規定することが困難になります。例えば、ダイ・サイズがより大きなピン数の多いQFPパッケージのデバイスは、ダイ・サイズが小さくピン数の少ないQFPパッケージのデバイスよりも湿気に対してより敏感になる傾向があります。このため、アルテラでは、幅広いダイ・サイズ、ダイの形状、ピン数のデバイスを抽出して、各パッケージの湿気に対する感度をテストしています（類似したパッケージが同じような感度を持つ傾向はありますが、ある特定パッケージのすべてのデバイスが全く同じフロア・ライフを持つとは限りません）。アルテラでは、これらの幅広いデバイスを対象に実施したテスト結果に基づき、各デバイスとパッケージの組み合わせに応じた感度を規定しています。アルテラのデバイスの湿気に対する感度を示すもっとも信頼できる最新情報はドライ・パックのラベルに記入されており、デバイスの使用にあたってはこの情報を必ず参照する必要があります。デバイスを新しいドライ・パックに移し替える場合は、指定されていたフロア・ライフと有効期限を示す日時を新しいドライ・パックのラベルに慎重に再記入する必要があります。

## 湿気に対して 敏感なデバイ スのリフロー

湿気に対して敏感なデバイスをドライ・パックから取り出した場合や、湿気が完全にコントロールされた環境から移動させた場合は、ドライ・パック表面のラベルに記載されているフロア・ライフの時間内にデバイスをプリント基板へハンダ付けする必要があります。ただし、30 以下の温度で相対湿度が20%以下に保たれている乾燥デシケータ内にこれらのデバイスを無制限に保存することができます。デバイスが長時間湿気にさらされた場合は、125 で12時間のベーキングを行い、規定されたフロア・ライフの時間内にプリント基板に実装しなければなりません。



湿気に対して敏感なデバイスの保管方法、取り扱い方法については、アプリケーション・ノート、AN 71「*Guidelines for Handling J-Lead & QFP Devices*」（日本語版「*J-リード・デバイスとQFPデバイスの取り扱い方法*」）を参照して下さい。

## 表面実装用デバイスを取り外すときのガイドライン

デバイスのプラスチック本体の温度は、リフローが行われている期間に220 以下に保つ必要があり、温度変化を毎秒1～3 の範囲にする必要があります。アルテラがテストした結果では、この条件が守られていると、リフロー後にデバイスがどのような湿度条件でも安全に動作します。

ハンダ付けの完了後に、プリント基板の手直しを行うために表面実装用のデバイスを取り外す必要が生じることがあります。アルテラのデバイスは取扱いが容易になるように設計されていますが、プリント基板からの取り外しは慎重に行う必要があります。プラスチック・パッケージの不適切な加熱や取り外しによって、デバイスが熱的なダメージを受けたり、リードを損傷する可能性があります。また、これによって生じる劣化が原因となって、デバイスの再使用が不可能になったり、不良解析が困難になる可能性があります。このため、デバイスに対する熱的なダメージやリードの損傷の危険性を防ぐために、下記に示すガイドラインを理解しておくことが非常に重要になります。

### 熱的なダメージを防ぐ方法

表面実装デバイスの取り外しには、ハンダ付け済みの他の電子部品と同じような手順と注意事項が必要になります。効果的なハンダ付けを行うためには、温度、温度の変化率、対象デバイスに与える各温度の時間がもっとも重要なパラメータとなります。これらの熱に関するガイドラインは、デバイスをプリント基板から取り外す場合にも重要となり、取り外しにハンダ・ゴテ、ヒート・ガン、オープンのいずれを使用したときにもこれらのガイドラインが適用されます。もっとも重要な点は、プラスチック・パッケージの温度が220 を超えないようにすることです。加熱時間を調整することによって、ほとんどの場合はパッケージ本体の温度を220 以上に上げることなく、デバイスを安全に取り外すことができます。

熱的なダメージの発生を防ぐためには、下記のガイドラインにしたがった作業を行う必要があります。

- サーマ・カップルをデバイスの本体とリードに取り付け、リードの温度をモニタしてハンダがきれいに取り除かれるようにし、同時にパッケージ本体の温度をモニタしてデバイスが保護されるようにします。この場合、パッケージ本体とリードの温度差が15 以上にならないようにする必要があります。1 箇所のみで温度を測定するのは危険です。
- 湿気に敏感なプラスチック・パッケージのデバイスが加熱された場合、デバイス内部に侵入した湿気が急激に膨張してデバイスを破壊させることがあります。実施したアルテラのテスト結果では、リフロー後のアルテラ・デバイスはあらゆる湿度レベルでも安全に動作することが確認されていますが、プリント基板が湿気の多い条件に置かれていた場合は125 で12時間のベーキングを行って湿気を取り除き、5 日以内（RQFPの場合は1 日以内）にデバイスをボードから取り外して下さい。ただし、ボード上に実装されているすべてのデバイスが規定されているフロア・ライフの時間の範囲内となっている場合は、ベーキングが不要になります。

## リードの損傷を防ぐ方法

アルテラはQFP、SOIC、およびPLCCの各パッケージに業界標準のリード材質とアッセンブル方法を採用していますが、これらのパッケージのデバイスは十分に注意して取り扱い、パッケージのデバイスのリードに損傷を与えてハンダ付けに関連した問題が発生しないようにする必要があります。また、リードに極端に高い温度を与えるとリードのメッキが酸化によるダメージを受けることがあり、リード上に残留したプリント基板からのハンダがブリッジしてピン間のショートの原因になることがあります。このようなリードに対するダメージを防ぐためには、デバイスを取り外す前にリードが均一化された温度で適切な時間だけで加熱されるようにしなければなりません。実際の温度と時間は、加熱の方法と使用するツールによって異なり、何回かの実験が必要です。

リードの損傷を防ぐためには、下記のガイドラインにしたがった作業を行うことが必要です。

- サーモ・カップルをデバイスの本体とリードに取り付け、リードの温度をモニタしながらハンダがきれいに取り除かれるようにし、同時にパッケージ本体の温度をモニタしてデバイスが保護されるようにします。この場合、パッケージ本体とリードの温度差が15 以上にならないようにする必要があります。1 箇所のみで温度を測定するのは危険です。
- プリント基板上のハンダが十分に加熱されたら、真空ペンを使用してプリント基板からデバイスを引き上げます。デバイスを引き上げるときは、デバイスが回転したり、左右にぶれないようにして下さい。また、デバイスを再度使用する場合やアルテラに不良解析を依頼する場合は、リードに触れたり、リードを切断しないようにします。
- プリント基板からデバイスを取り外した後、すぐに脱イオン性の水でリードに付着した余分なハンダや残渣を取り除きます。
- 真空ペンを使用して、取り外されたデバイスをアルテラが認定しているPeak社のトレイにすぐに収納します。収納されるデバイスは、トレイ内の正しい位置に置かれるようにして下さい。



Peak社製のトレイに関する詳細は、1998年版データブックにも掲載されているアプリケーション・ノート、AN 71「*Guidelines for Handling J-Lead & QFP Devices*」（日本語版「*J-リード・デバイスとQFPパッケージの取り扱い方法*」）を参照して下さい。

## 参考文献

Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc.  
*Component Packaging and Interconnecting with Emphasis on Surface Mounting*  
(ANSI/IPC-SM-780). New York: Institute for Interconnecting and  
Packaging Electronic Circuits, Inc., 1988.

Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc.  
*Procedures for Characterizing and Handling of Moisture-/Reflow-Sensitive ICs*  
(IPC-SM-786A). New York: Institute for Interconnecting and Packaging  
Electronic Circuits, Inc., 1995.

Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc.  
*Recommended Procedures for Handling of Moisture-Sensitive, Plastic IC Packages* (ANSI/IPC-SM-786). New York: Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc., 1990.

Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc.  
*Test Methods Manual* (IPC-TM-650). New York: Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc., 1991.

JEDEC/Electronic Industries Association, Inc. *Moisture-Induced Stress Sensitivity for Plastic, Surface-Mount Devices* (JESD22-A112). New York: JEDEC/Electronic Industries Association, 1994.



日本アルテラ株式会社

〒163-0436  
東京都新宿区西新宿2-1-1  
新宿三井ビル私書箱261号  
TEL. 03-3340-9480 FAX. 03-3340-9487  
<http://www.altera.com/japan/>

本社 **Altera Corporation**

101 Innovation Drive,  
San Jose, CA 95134  
TEL : (408) 544-7000  
<http://www.altera.com>

この資料はアルテラが発行した英文のアプリケーション・ノートを日本語化したものです。アルテラが各デバイスに対して保証する仕様、規格は英文オリジナルの内容です。なお、本資料に記載された内容は予告なく変更される場合があります。最新の情報はアルテラのワールド・ワイド・ウェブ・サイト (<http://www.altera.com>) でご確認下さい。