

# はんだクラックに及ぼす ボイドの影響検証と対策技術

---

2016年10月14日

日本信頼性学会 故障物性研究会

はんだ付け分科会

レシップ電子(株)

山田智敬

- 
- 会社紹介
  - 背景、目的
  - ボイド発生メカニズム
  - はんだクラックに及ぼすボイドの影響
  - ボイド追跡検証実験
  - ボイド対策

# ➤ 会社紹介

# 会社紹介

■ レシップホールディングス株式会社

LECIP HOLDINGS CORPORATION

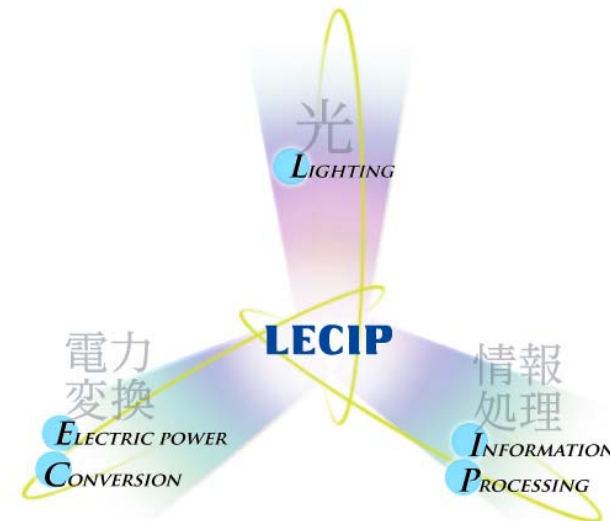
所在地 ; 岐阜県本巣市上保1260番地の2

設立 ; 1953年

資本金 ; 7.3億円(東証、名証 第1部)

事業内容; 輸送用機器製造販売

照明機器、産業用機器製造販売



## 「LECIP」の由来

「光」「電力変換」「情報処理」という当社のコアとなる3つの事業領域の英文頭文字をつなぎ合わせた造語になっております。

レシップ株式会社  
レシップエスエルピー株式会社  
**レシップ電子株式会社**  
レシップエンジニアリング株式会社  
LECIP INC.(米国)  
LECIP S.A. de C.V.(メキシコ)  
LECIP (SINGAPORE) PTE LTD (シンガポール)  
LECIP THAI Co., Ltd.(タイ)  
LECIP ARCONTIA AB(スウェーデン)  
LECIP ITS d.o.o.(スロベニア)  
岐阜DS管理株式会社  
レシップ産業株式会社

# 会社紹介

## ＜グループ＞



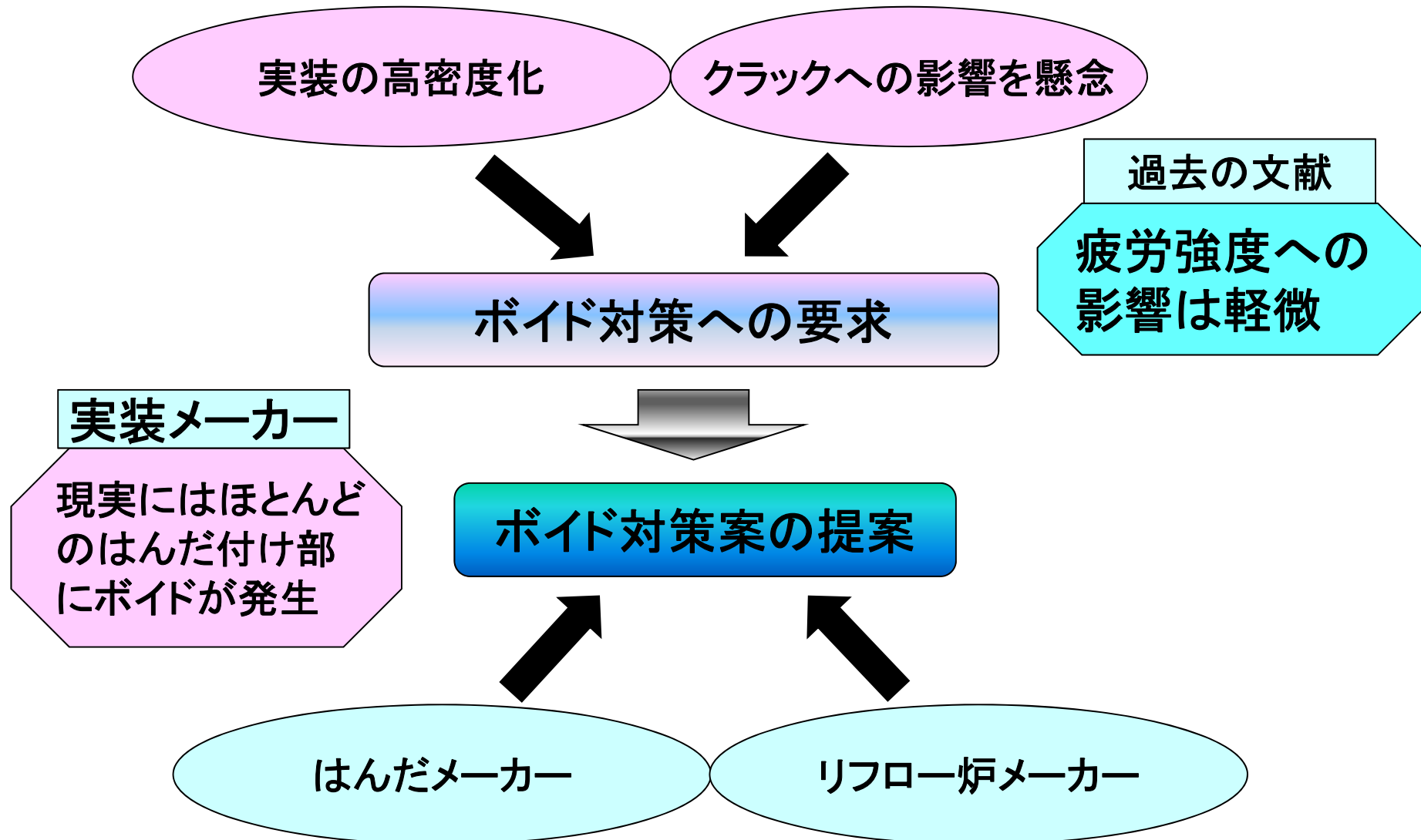
## ＜直接販売＞



- ・グループ向け電子機器のプリント基板製造として設立。
- ・グループ向け及びプリント基板実装、電子機器組み立て事業で多業界にわたり生産ノウハウを蓄積。

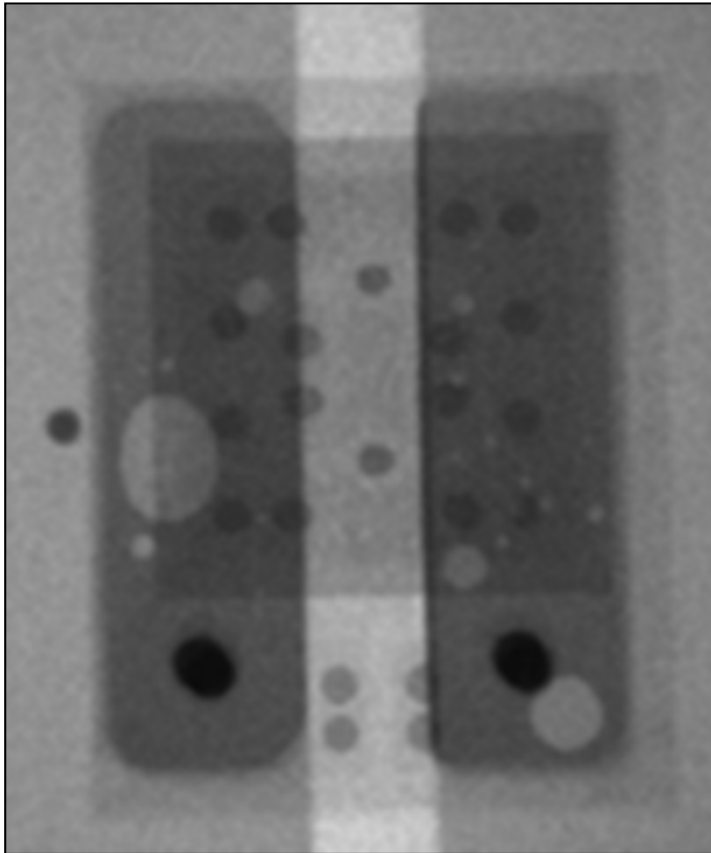
# ➤ 背景、目的

# 背景、目的

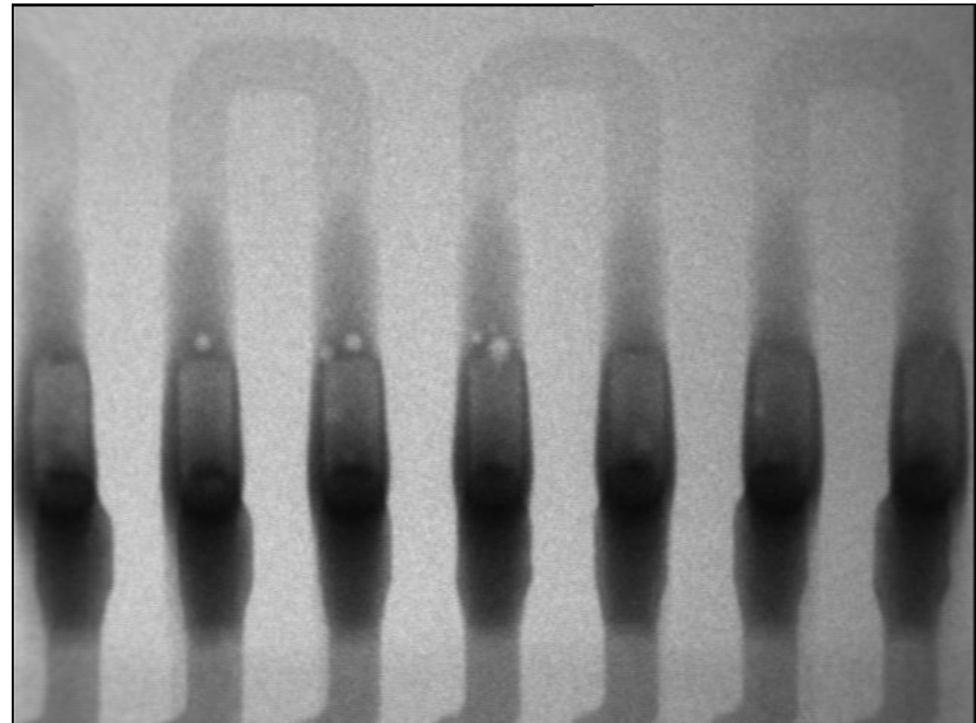


# 背景、目的

## ＜X線透過画像＞



**LED下面部ボイド**  
(部品上部より撮影)



**QFPリード部ボイド**  
(リード上部より撮影)

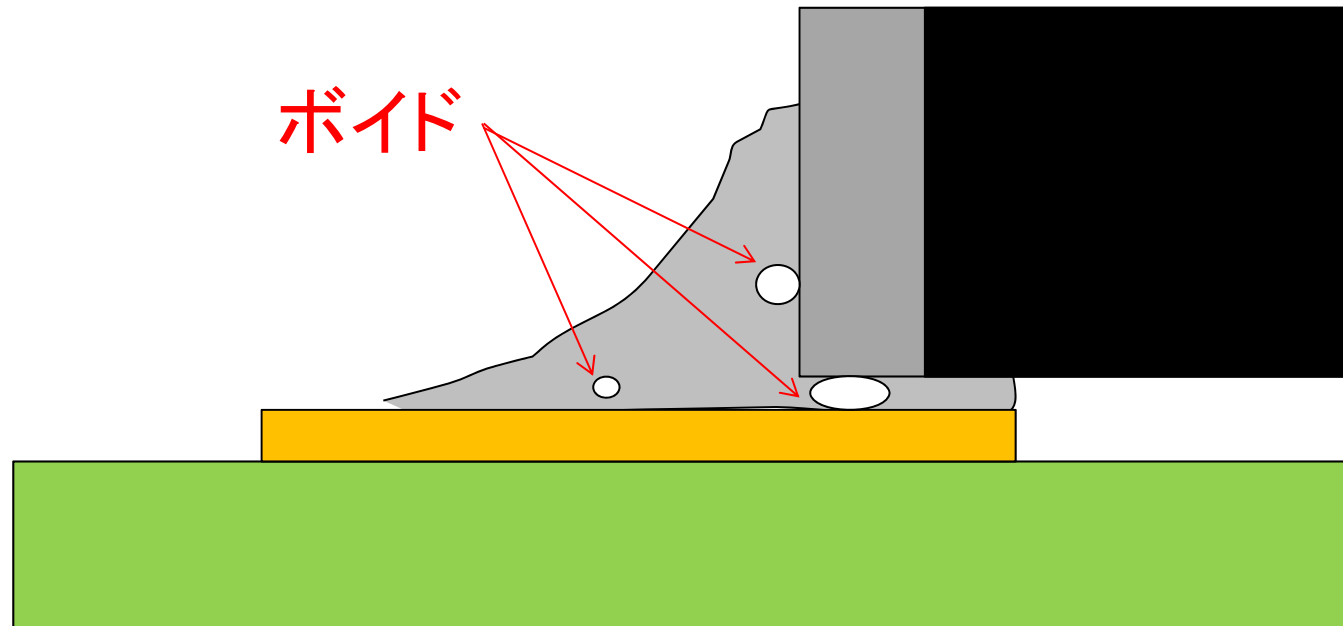
## 背景、目的

---

- ボイドがクラックにどのように影響を与えているか？
- ボイドが原因でクラックは発生するか？
- 現在どのようなボイド対策が提案されているか？  
また、その効果は？

# ➤ボイド発生メカニズム

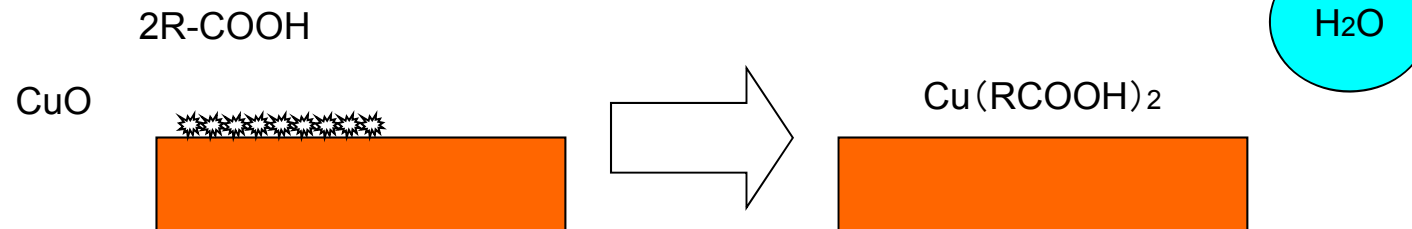
# ボイド発生メカニズム



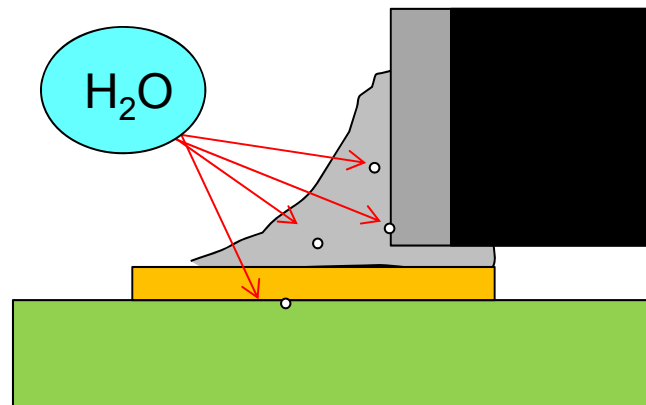
実装時に発生したガスが、はんだの流動性不足や溶融時間の短さなどの理由で外部に排出されなかった際にボイドに至る。

# ボイド発生メカニズム

## ガスの原因

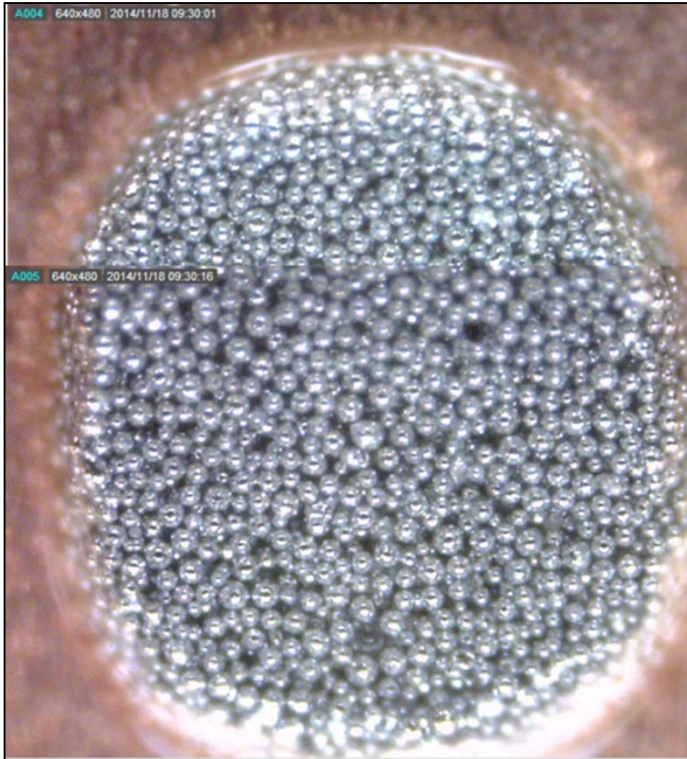


フラックスが電子部品、基板表面の酸化物を除去した際の反応で水蒸気が発生する。

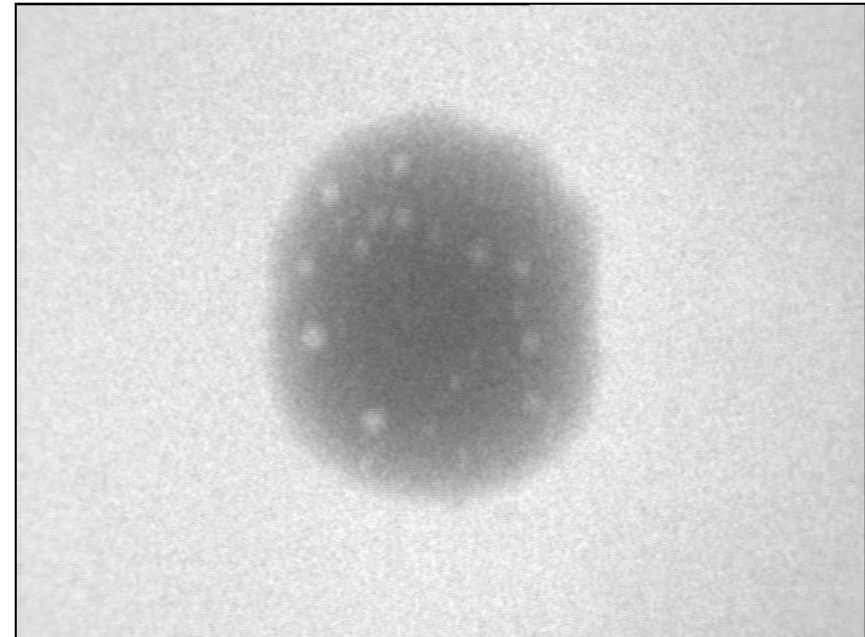


電子部品、基板、はんだペーストが吸湿し、リフロー時に水蒸気として発生する。

# ボイド発生メカニズム



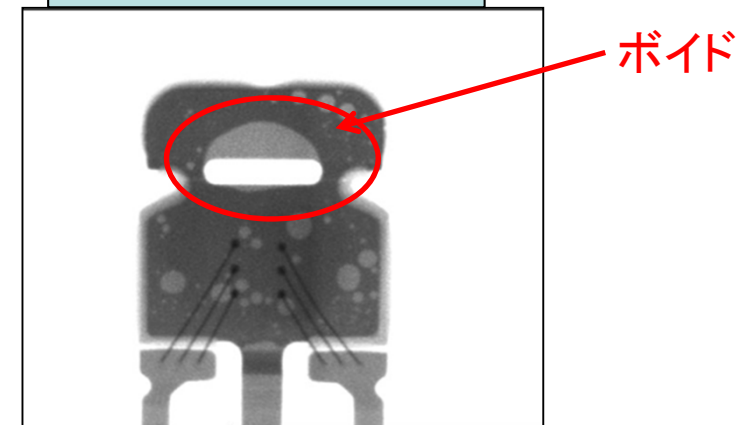
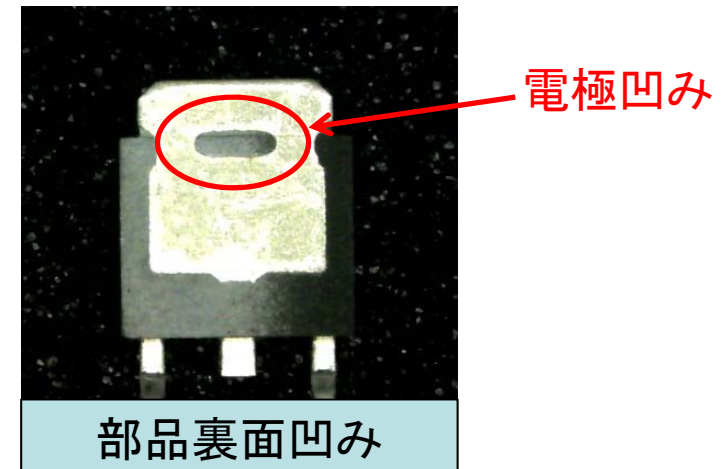
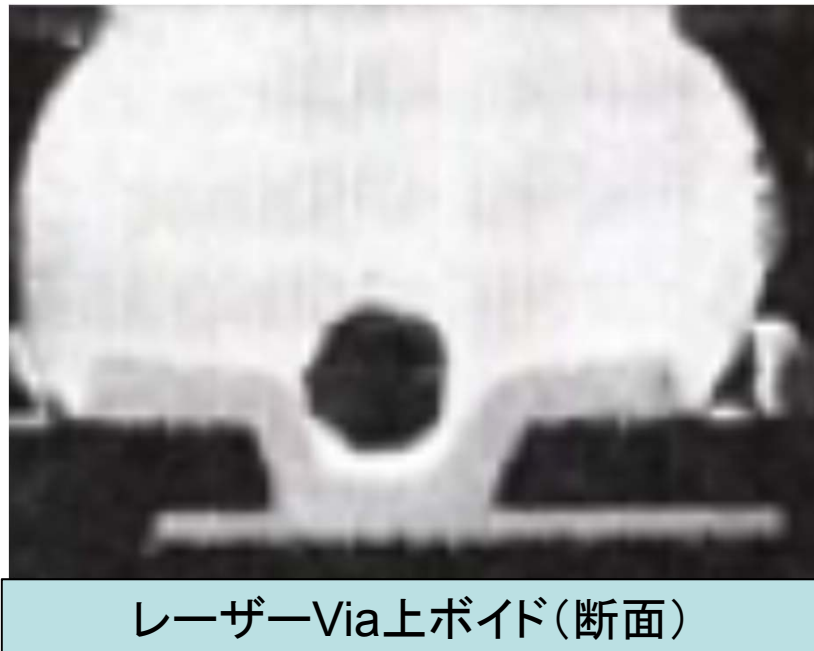
印刷後（実体顕微鏡）



リフロー後X線透過画像

はんだ印刷時に発生した粒子間の隙間が、リフロー後ボイドとなる。

# ボイド発生メカニズム

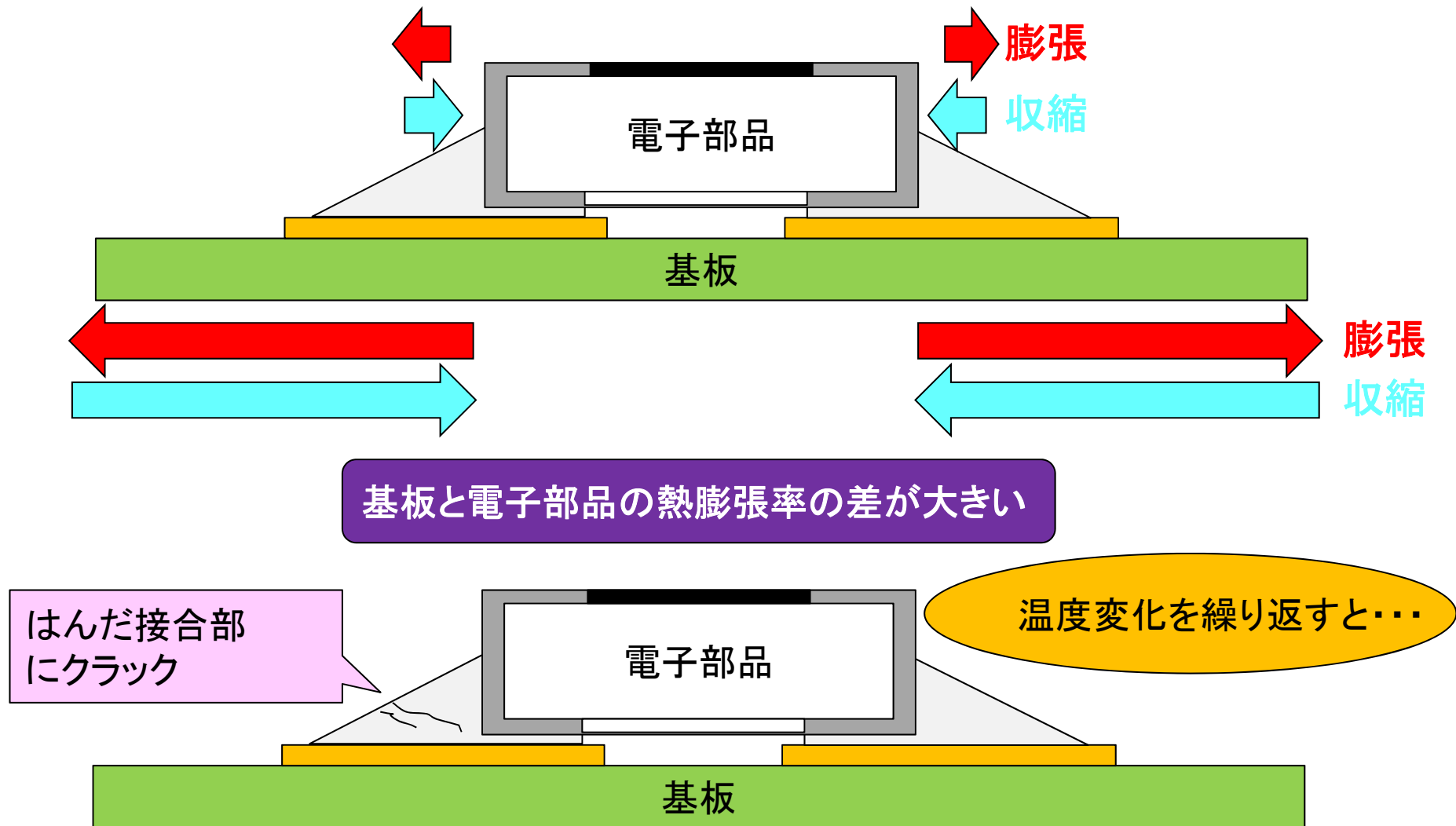


部品裏面凹み部のボイド(X線透過)

プリント配線板や電子部品に凹みがあり、その上に実装すると凹みと部品の間に隙間ができ、はんだが流れ込むことなくボイドとなる。

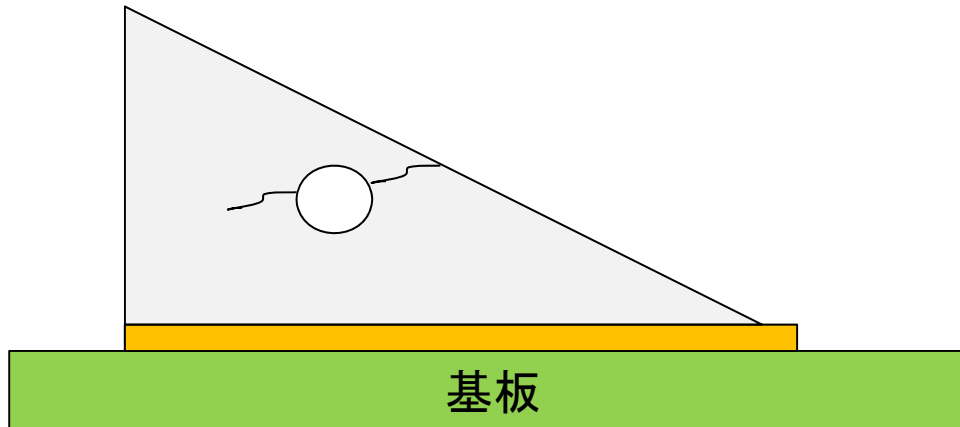
# ➤ はんだクラックに及ぼす ボイドの影響

# はんだクラックの発生のメカニズム



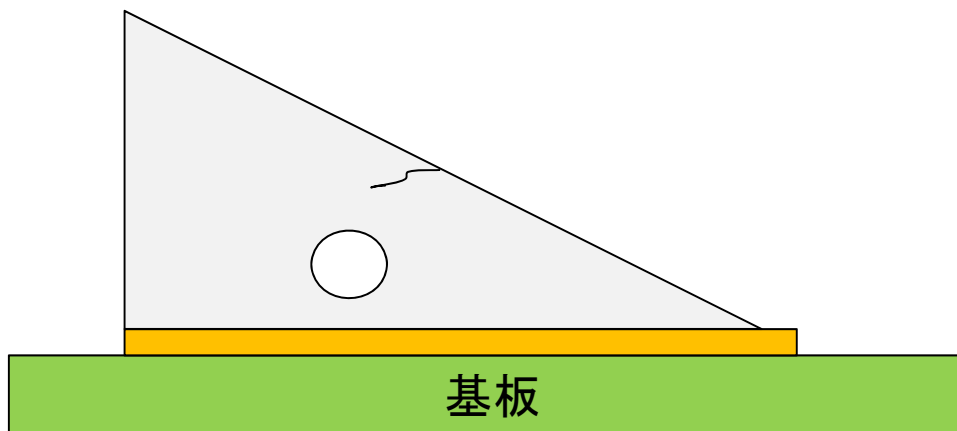
# クラックに及ぼすボイドの影響

クラックの経路にボイドがあると...



クラックの進行  
が加速

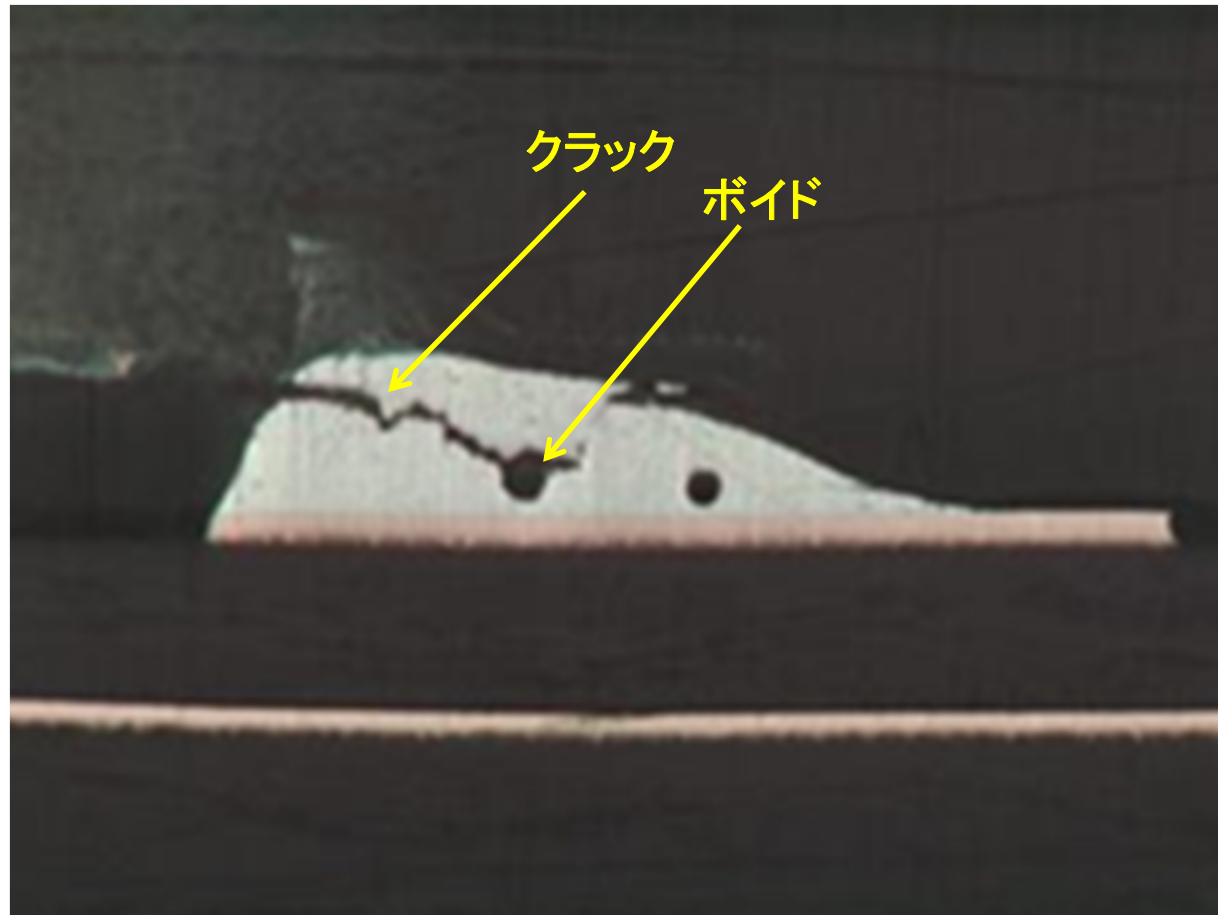
クラックの経路にボイドがないと...



影響なし

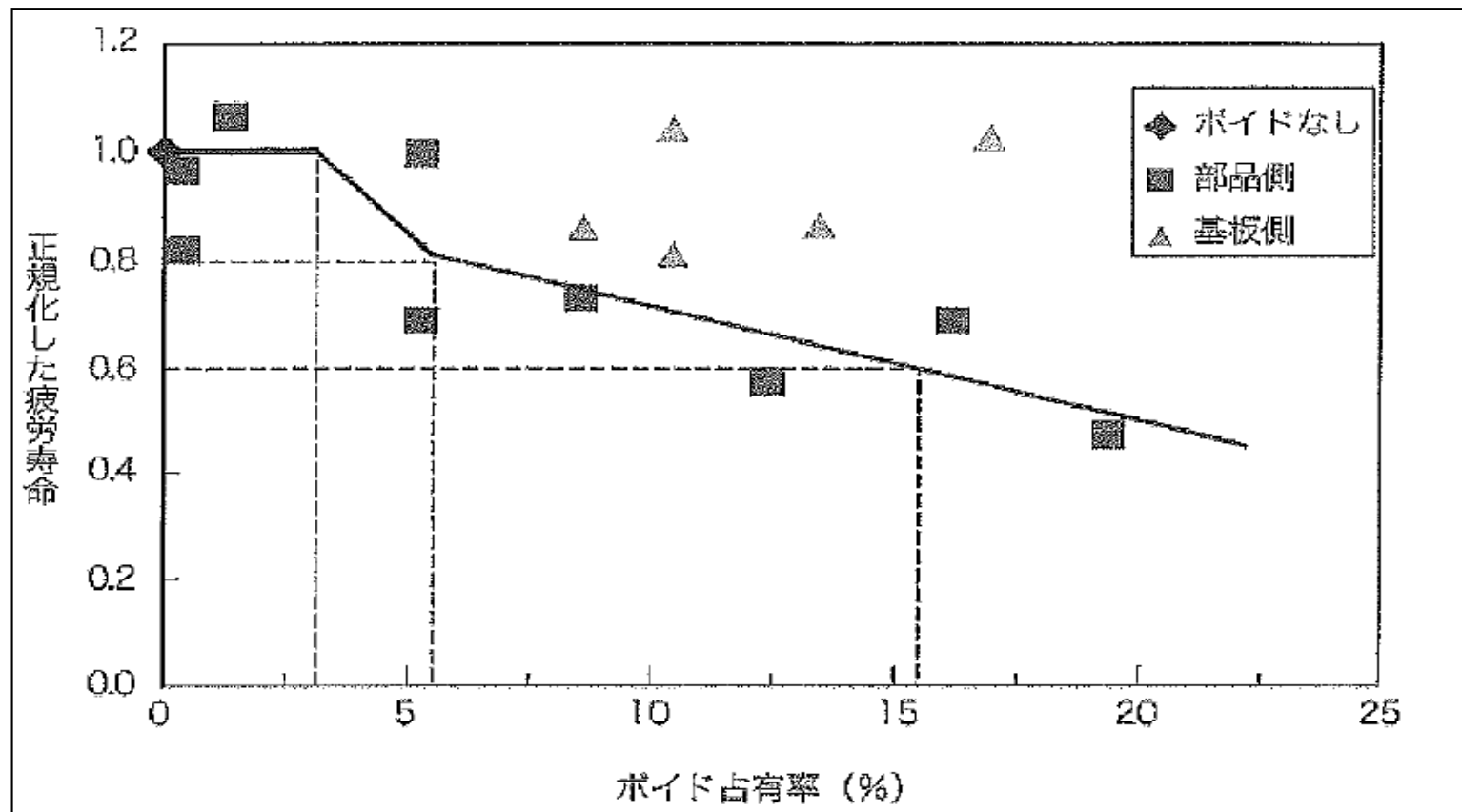
# クラックに及ぼすボイドの影響

クラックの経路にボイドがあった事例



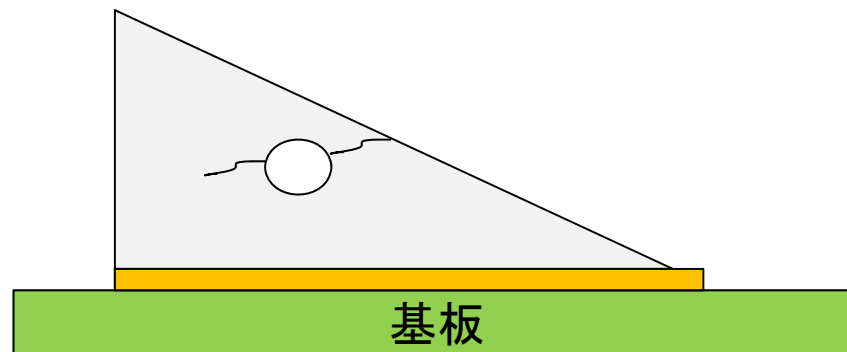
# ボイドの評価

## ボイドの評価(例)

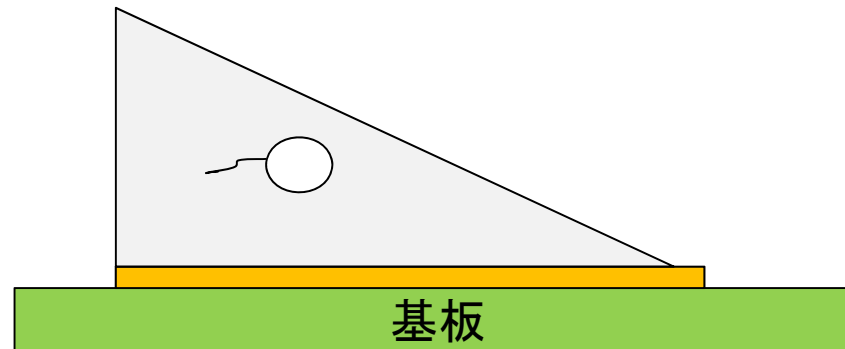


JIS C 61191-6ではBGAのボイド占有率と疲労寿命の関係が示されている。

# 検証実験の狙い



・クラックが発生した際、経路にボイドが存在すると加速する。  
⇒加速させる可能性はあるが、ボイドが原因でクラックを発生させた訳ではない。



・ボイドが起点となってクラックが発生していないか？  
⇒ボイドがクラックの原因になる。

この現象が実際に起こるのか見極めたい！

# ➤ボイド追跡検証実験

# サンプル

---

A) 1608サイズチップコンデンサ

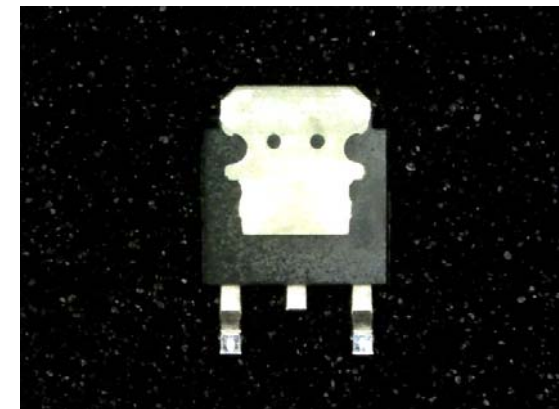
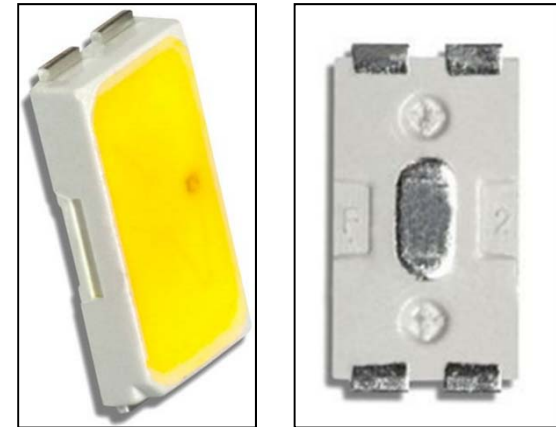
B) 3225サイズチップ抵抗

C) 4pinチップLED

D) トランジスタ

E) QFP

F) BGA



# サンプル作成及び解析方法

---

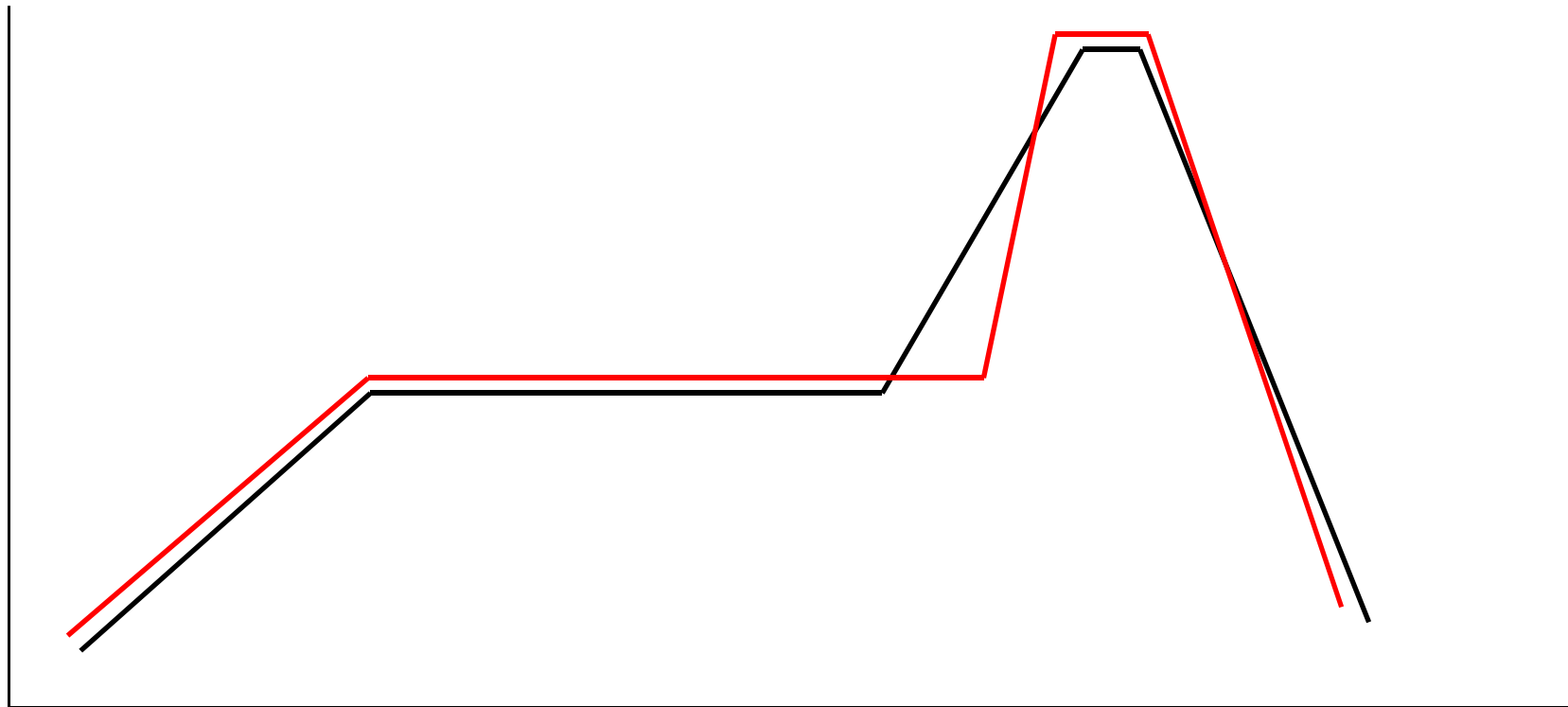
## ＜サンプル作成＞

- 1) テスト基板にサンプル部品を実装、リフローはんだ付けを行う。  
リフロー条件は、できるだけボイドが発生し易い条件。
- 2) X線透過装置にてボイド発生状況確認、ボイド占有率算出。
- 3) X線CTでボイド部周辺を観察。

## ＜熱衝撃試験及び解析＞

- 1) 熱衝撃試験 ( $-40^{\circ}\text{C}$ — $100^{\circ}\text{C}$ )
- 2) 1,000サイクル毎にX線CTで同一ボイド周辺部を観察。
- 3) 2)をクラックが確認できるまで繰り返す。

# 実験でのリフロープロファイル



黒・・・通常条件 赤・・・ボイド発生条件

プリヒートを通常条件より長く設定してフラックスを劣化させ、はんだ流動性を悪くさせた。

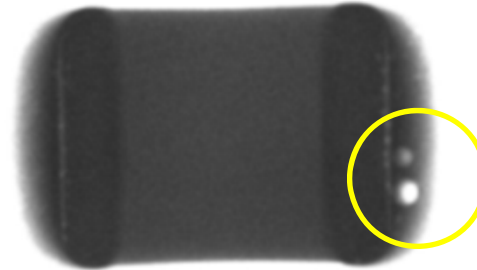
# X線透視画像及びボイド占有率

1608セラコン(上部から撮影)



ボイド占有率;6.48%

3225抵抗(上部から撮影)



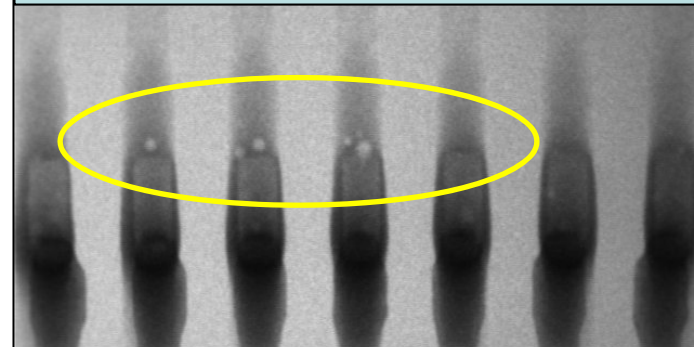
ボイド占有率;3.92%

4pin LED(上部から撮影)



ボイド占有率;10.81%

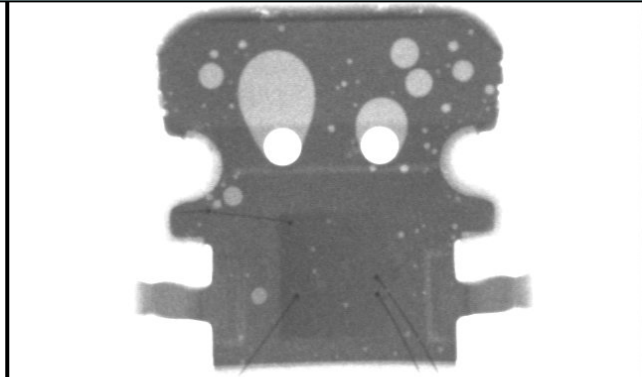
QFP(リード上部から撮影)



ボイド占有率;4.85%

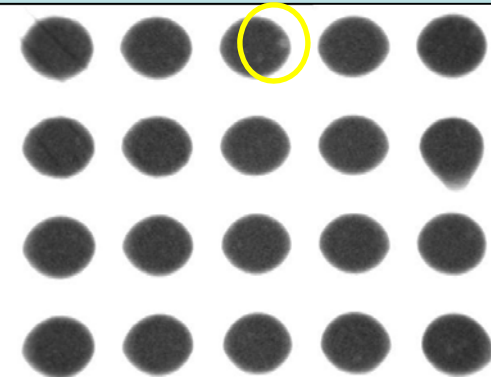
# X線透視画像及びボイド占有率

トランジスタ(上部から撮影)



ボイド占有率;7.92%

BGA(上部から撮影)



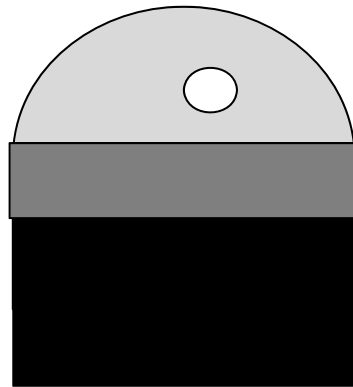
ボイド占有率;3.37%

MAX;10.81%

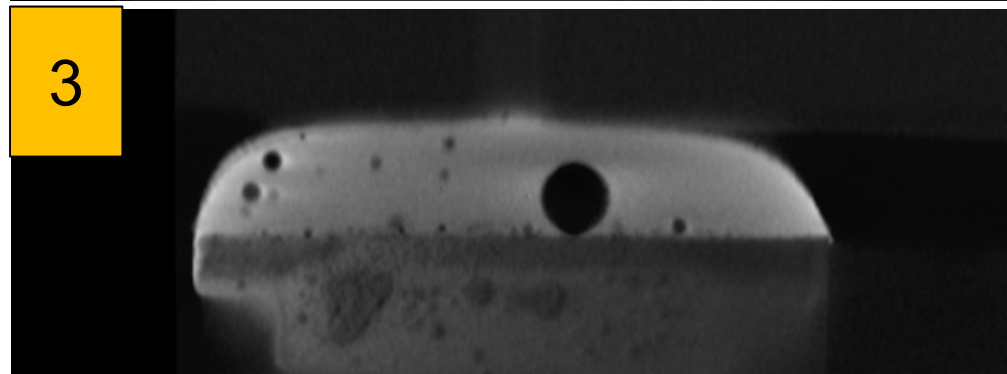
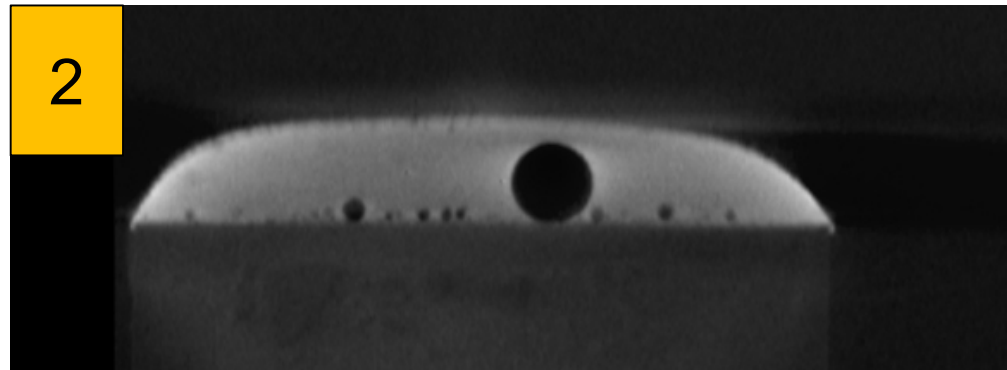
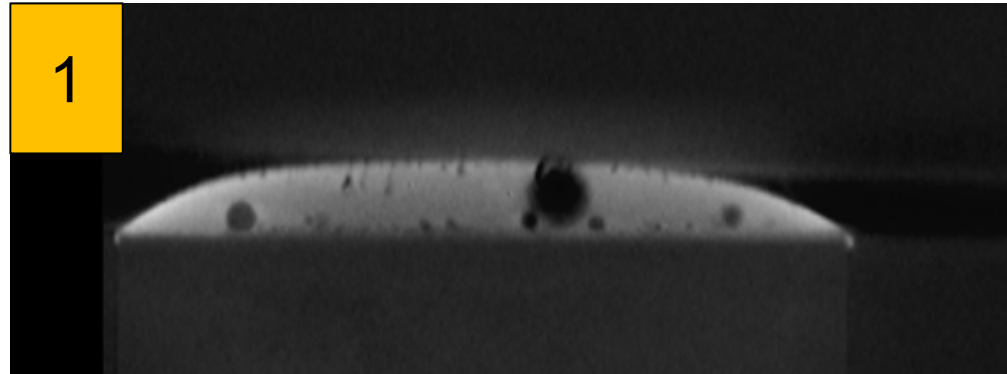
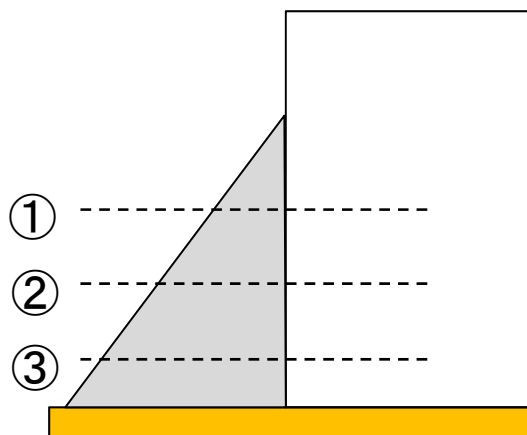
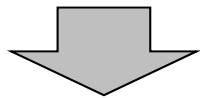
AVE ;6.22%

3225サイズチップ抵抗でフィレット部に250μmを超える大きなボイドが確認された。特に熱衝撃後の経過は特に注視。

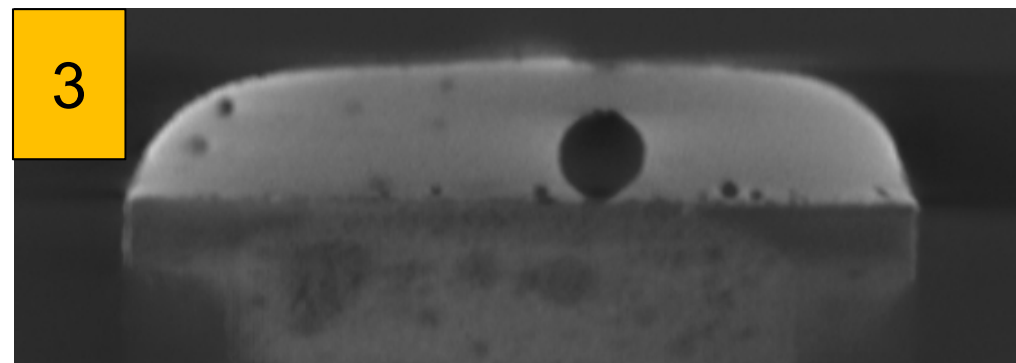
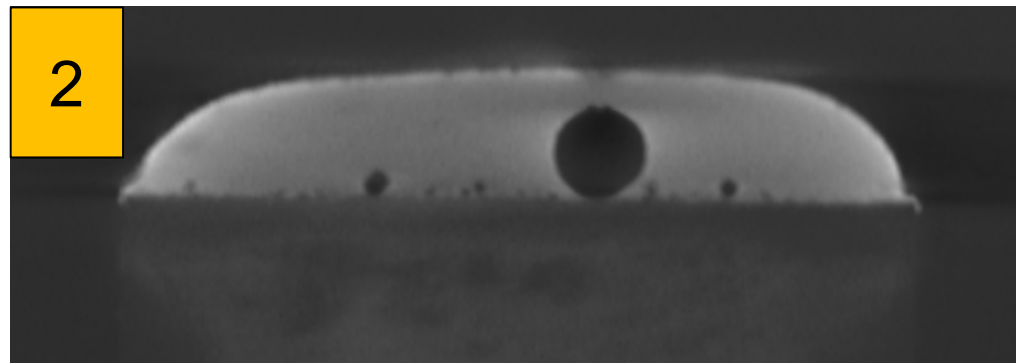
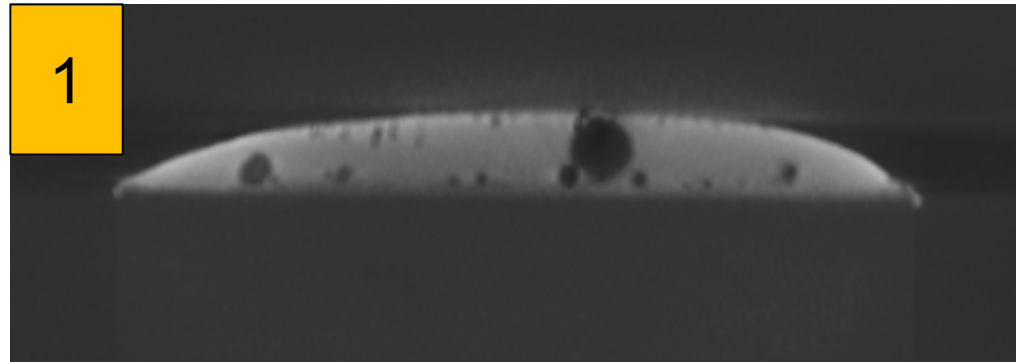
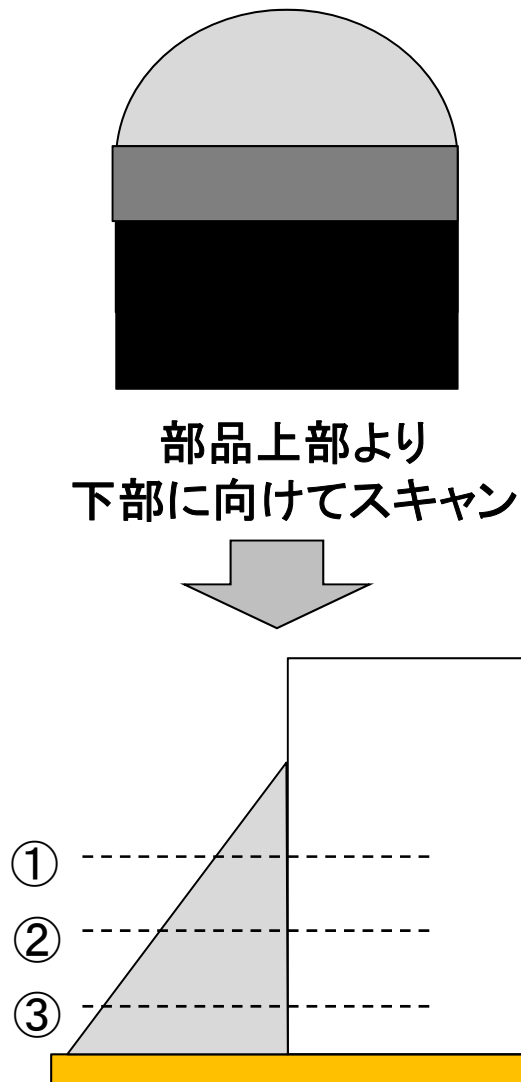
# 3225抵抗初期状態X線CT画像



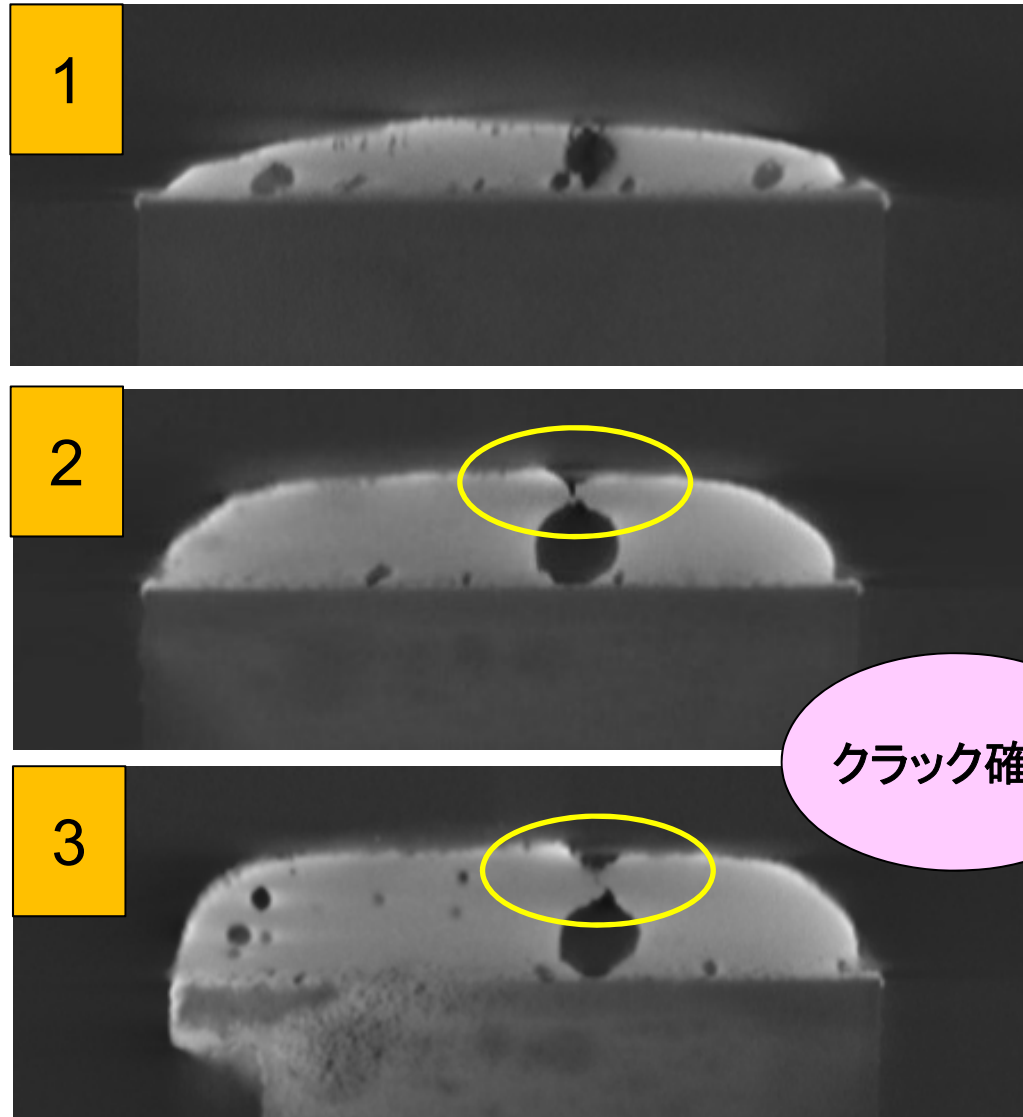
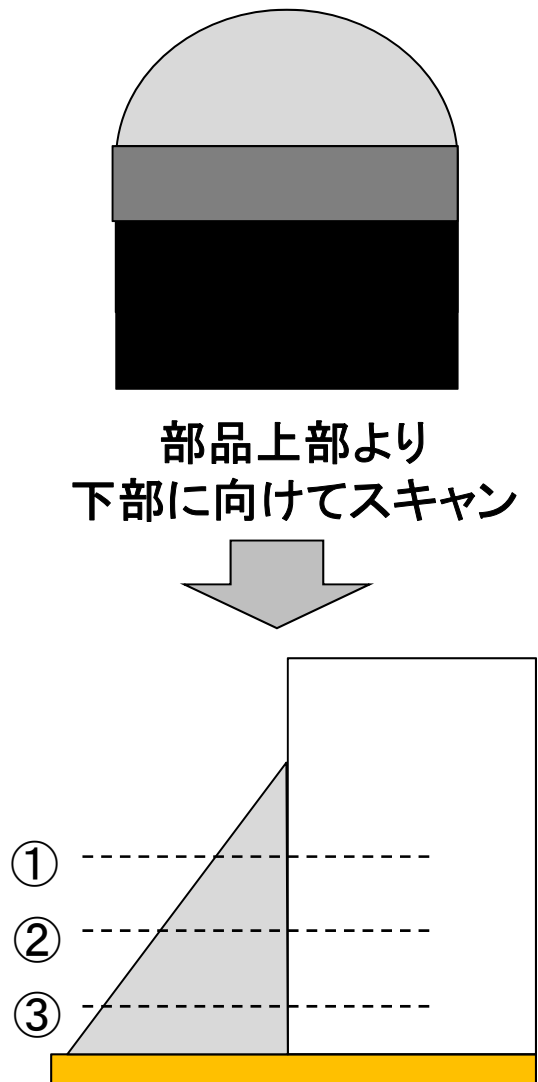
部品上部より  
下部に向けてスキャン



# 3225抵抗1,000サイクル後状態X線CT画像

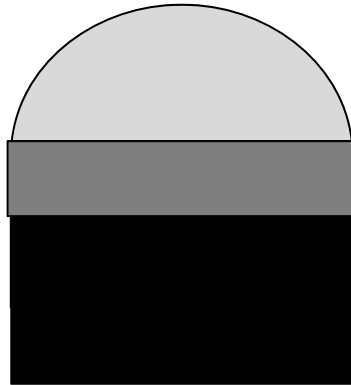


# 3225抵抗2,000サイクル後状態X線CT画像

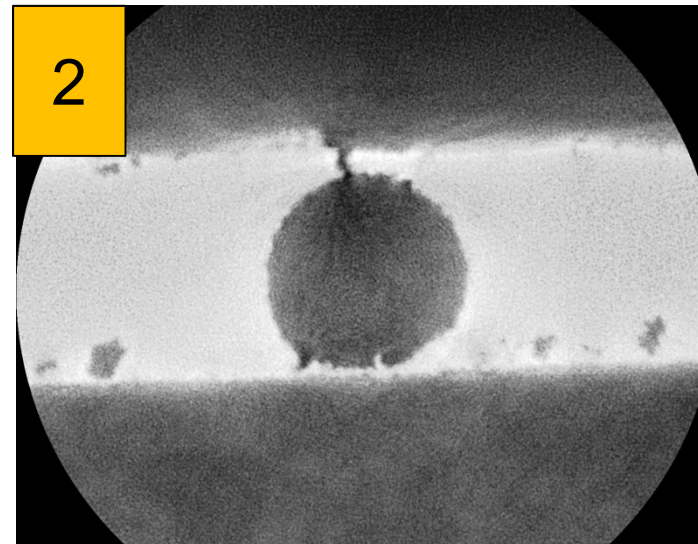
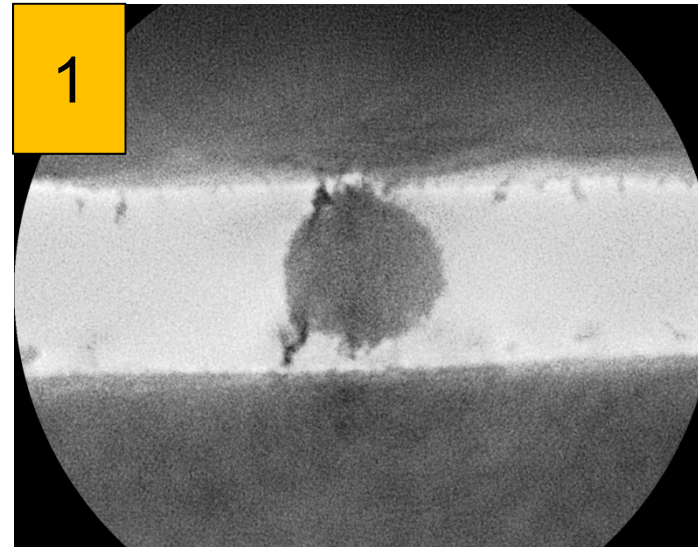
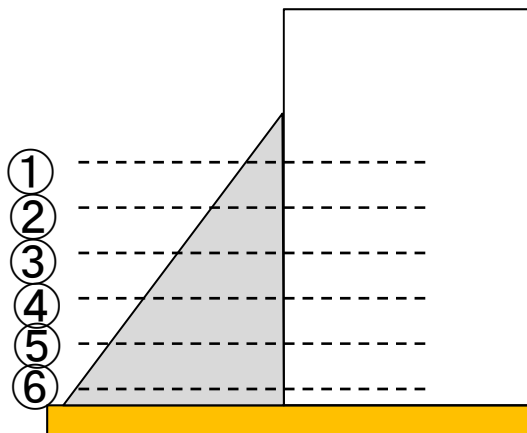
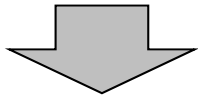


## 3225抵抗2,000サイクル後状態

## 三次元斜めCT画像

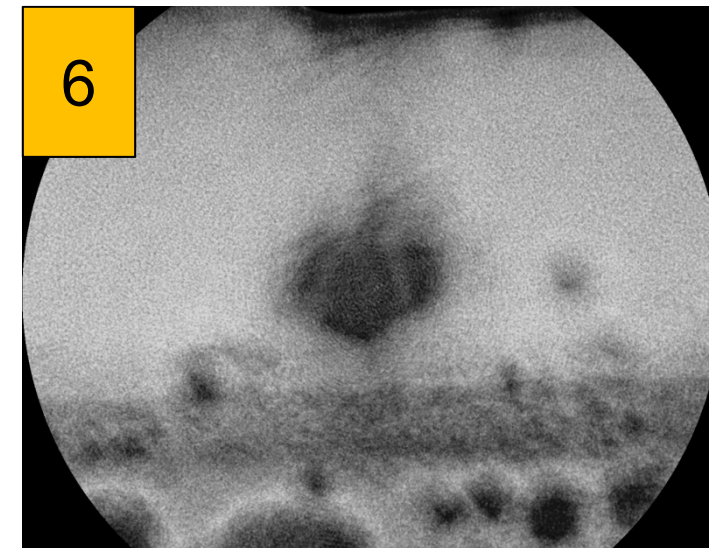
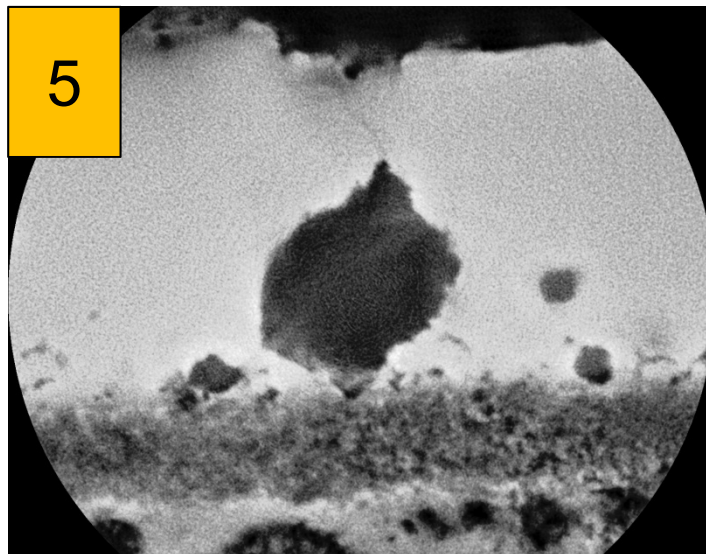
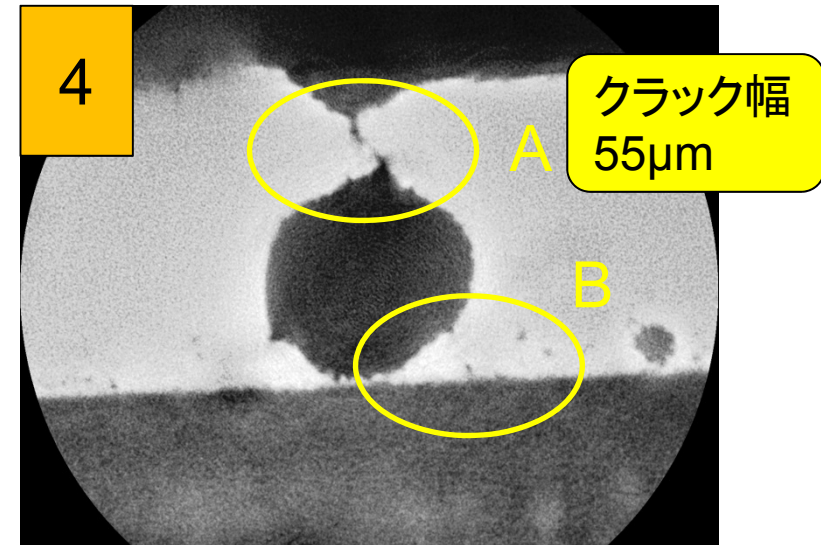
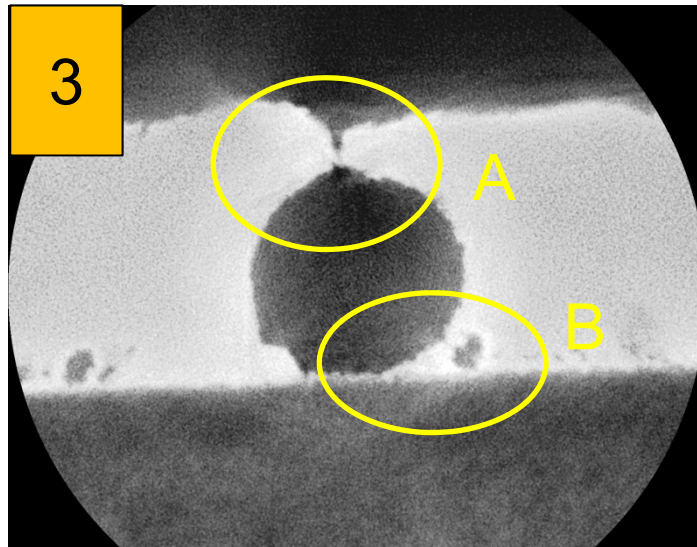


部品上部より  
下部に向けてスキャン



# 3225抵抗2,000サイクル後状態

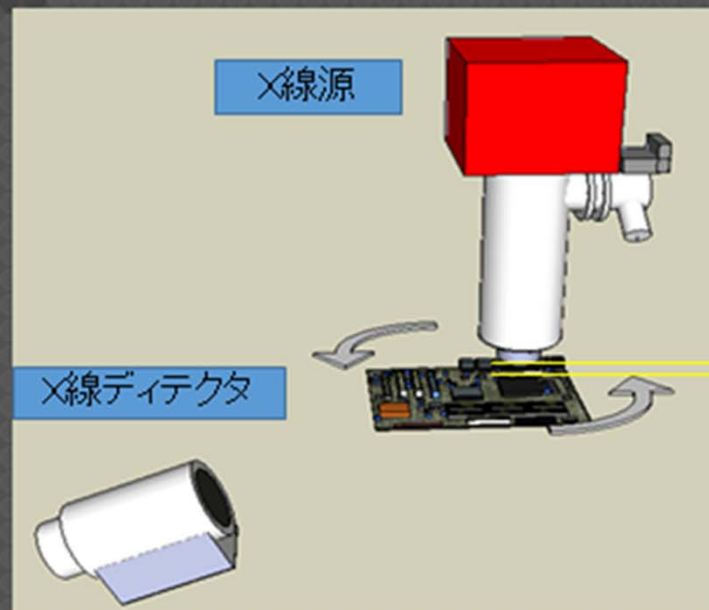
## 三次元斜めCT画像



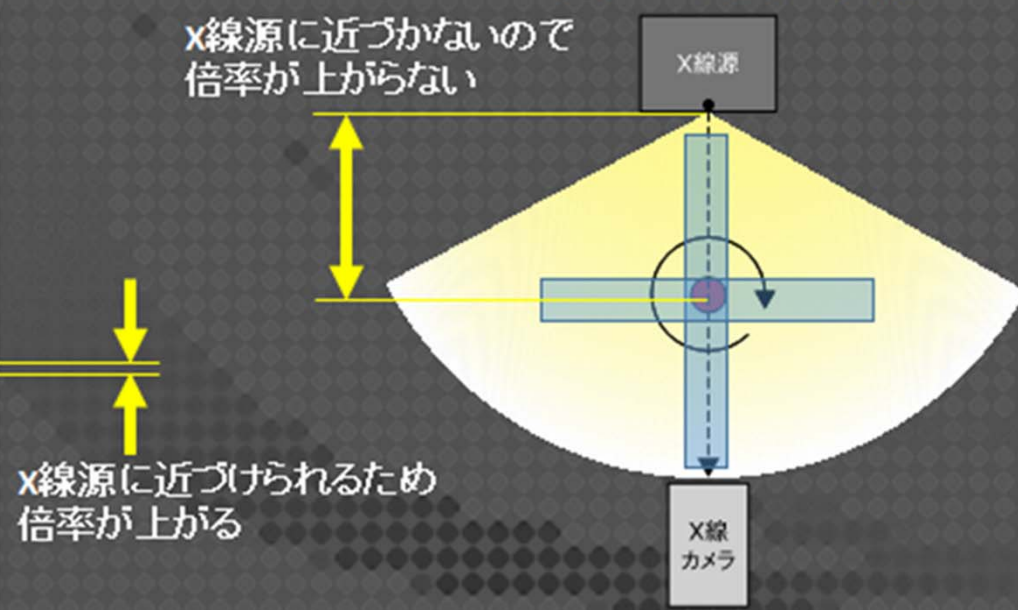
# X線斜めCTの原理

## ・従来型(直交型)CTとの違い

### 斜めCT撮影機構



### 直交CT撮影機構



2016/7/12

UNI-HITE SYSTEM

3

## X線斜めCT装置の変遷

従来の斜めCT装置



高速検査用途



XVA-160N

高分解能へ進化

XVA-160α



XVA-160αII



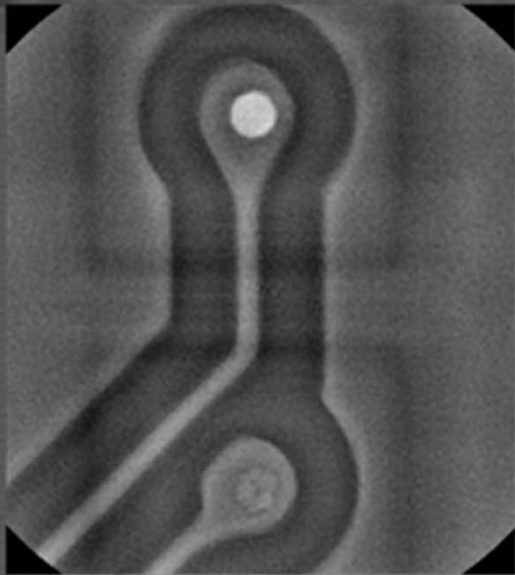
2016/7/12

UHS UNI-HITE SYSTEM

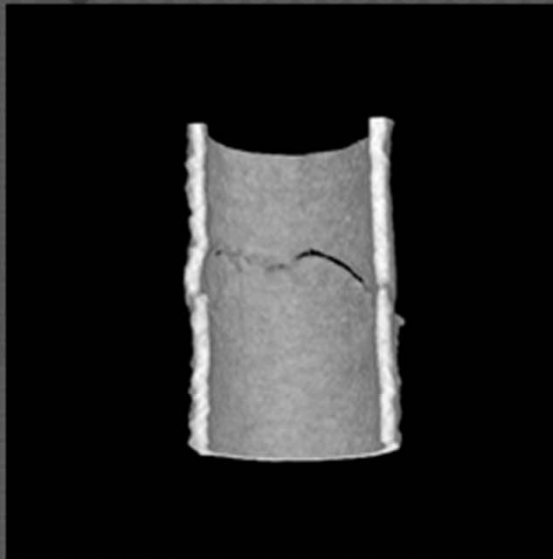
4

## X線斜めCTの撮影事例

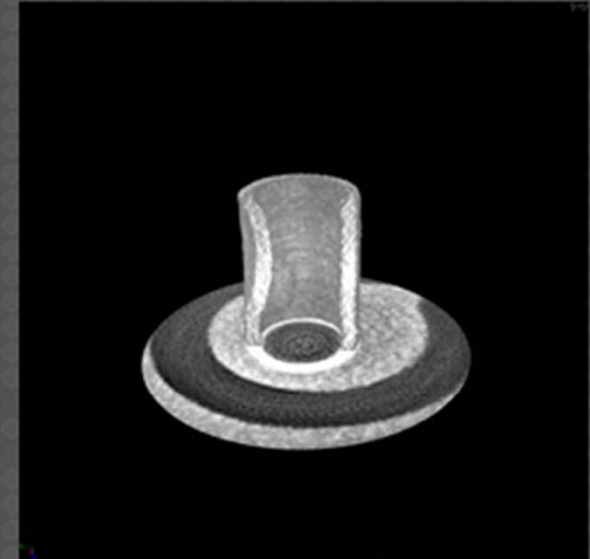
### ・従来型XVA-160の撮影例(実装基板の内層)



内装パターン形状



スルーホールクラック



スルーホール変形

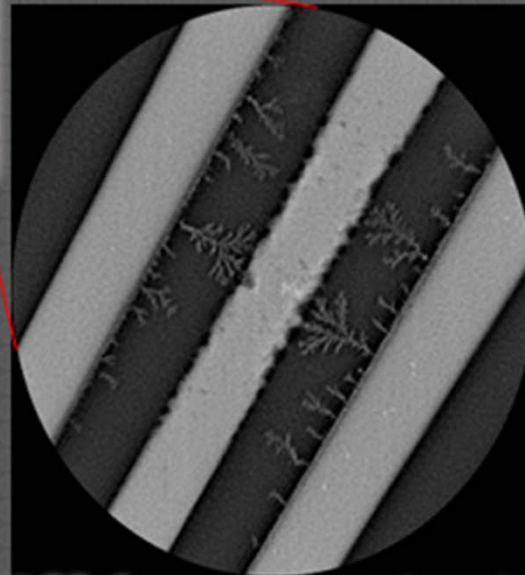
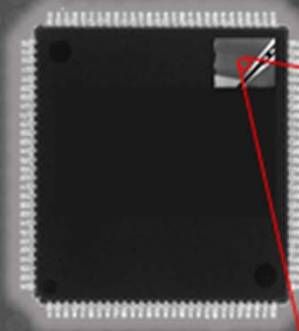
2016/7/12

UNI-HITE SYSTEM

5

## X線斜めCTの撮影事例

### ・従来型高分解能XVA-160 $\alpha$ の撮影例 (ICデバイス)



本パッケージは、高温多湿試験後にショートが確認されていたワーク。

原因は、3次元斜めCTによりリードフレーム間のエレクトロマイグレーションであることが判明した。

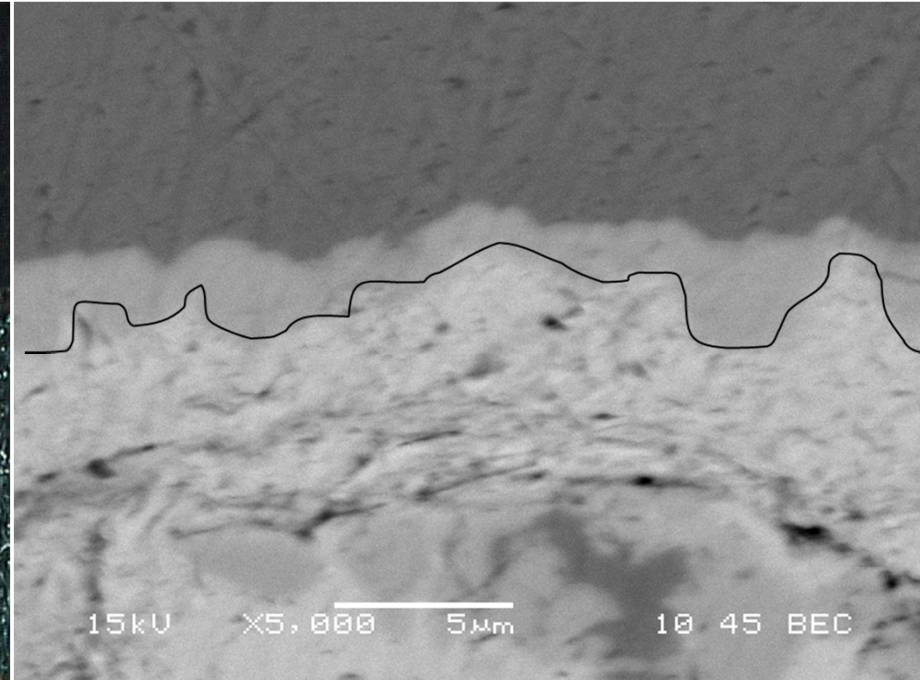
3次元斜めCTのスライスイメージ

2016/7/12

UHS UNI-HITE SYSTEM

6

# 断面観察のメリット、デメリット



## <メリット>

※断面解析のメリットは結晶状態、合金層など詳細の確認ができる。

## <デメリット>

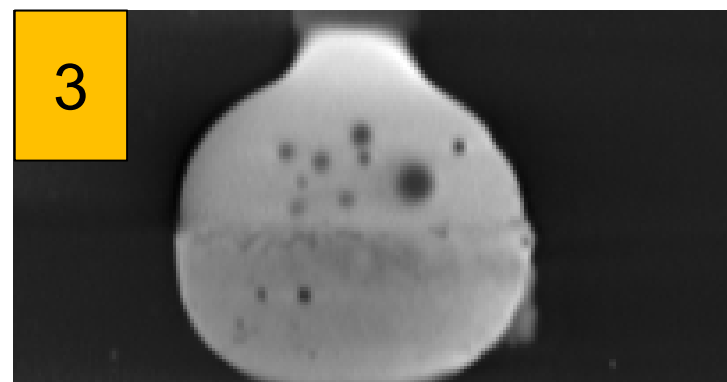
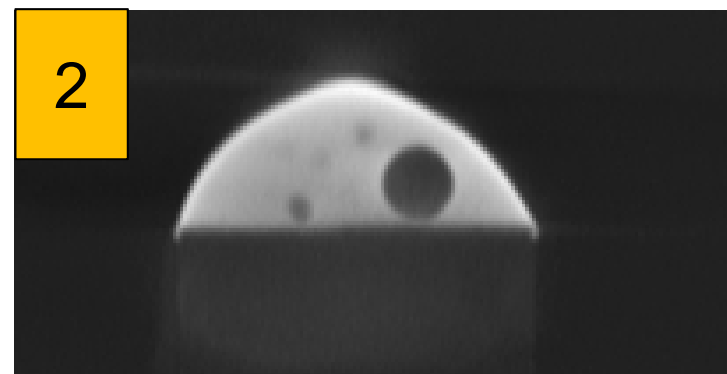
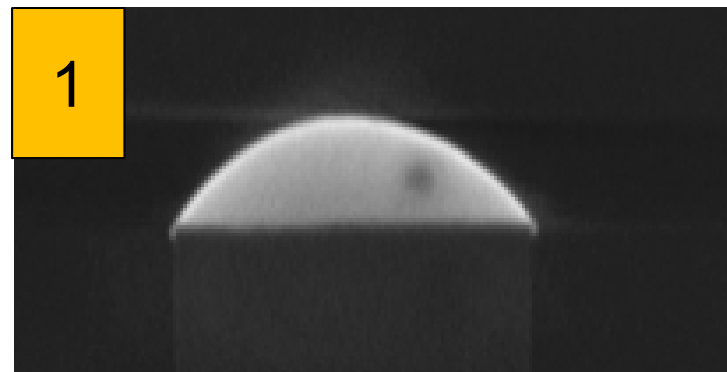
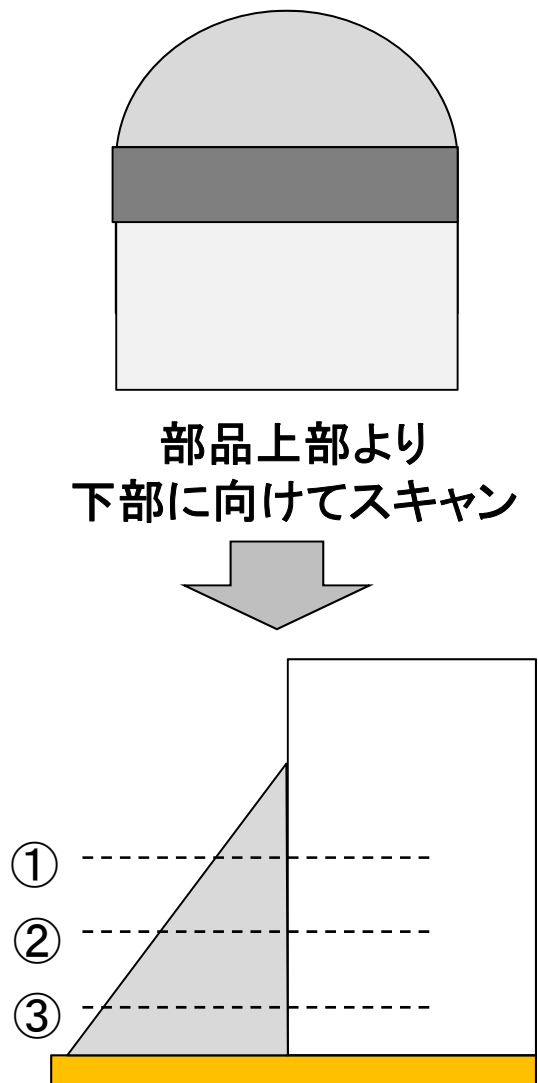
※断面観察のデメリットは、破壊しなければならない。

断面をピンポイントで見る為、クラック等発生しているかを全体的に確認するには不向き。

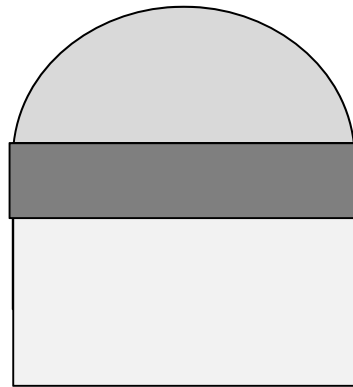
**非破壊のX線CTと断面解析を組み合わせることが重要**

# 1608コンデンサ2,000サイクル後状態

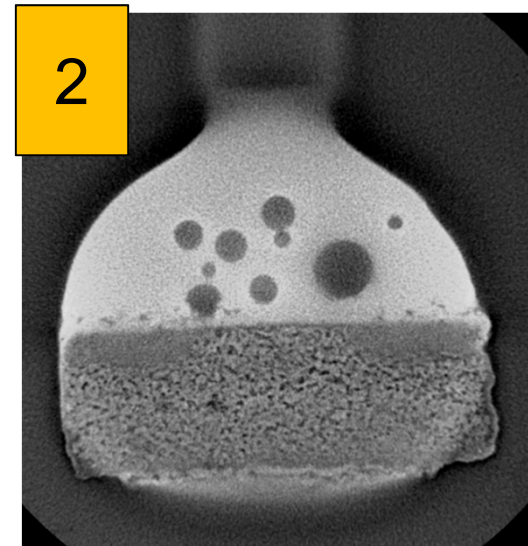
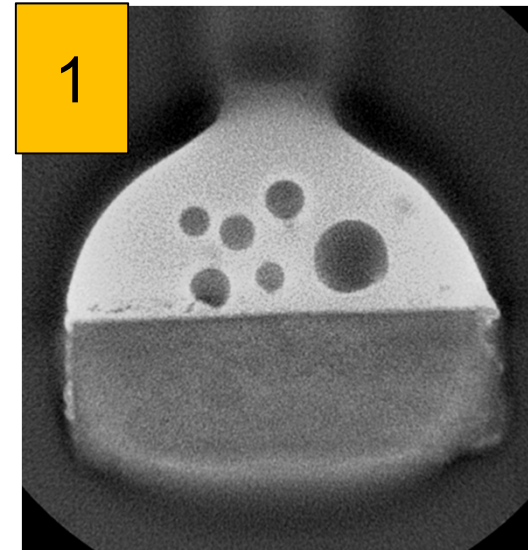
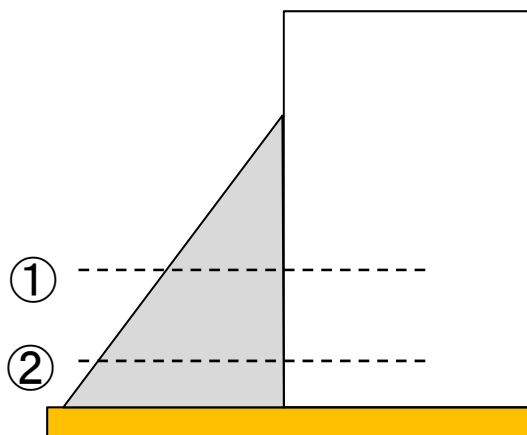
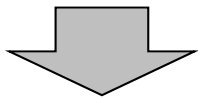
## X線CT画像



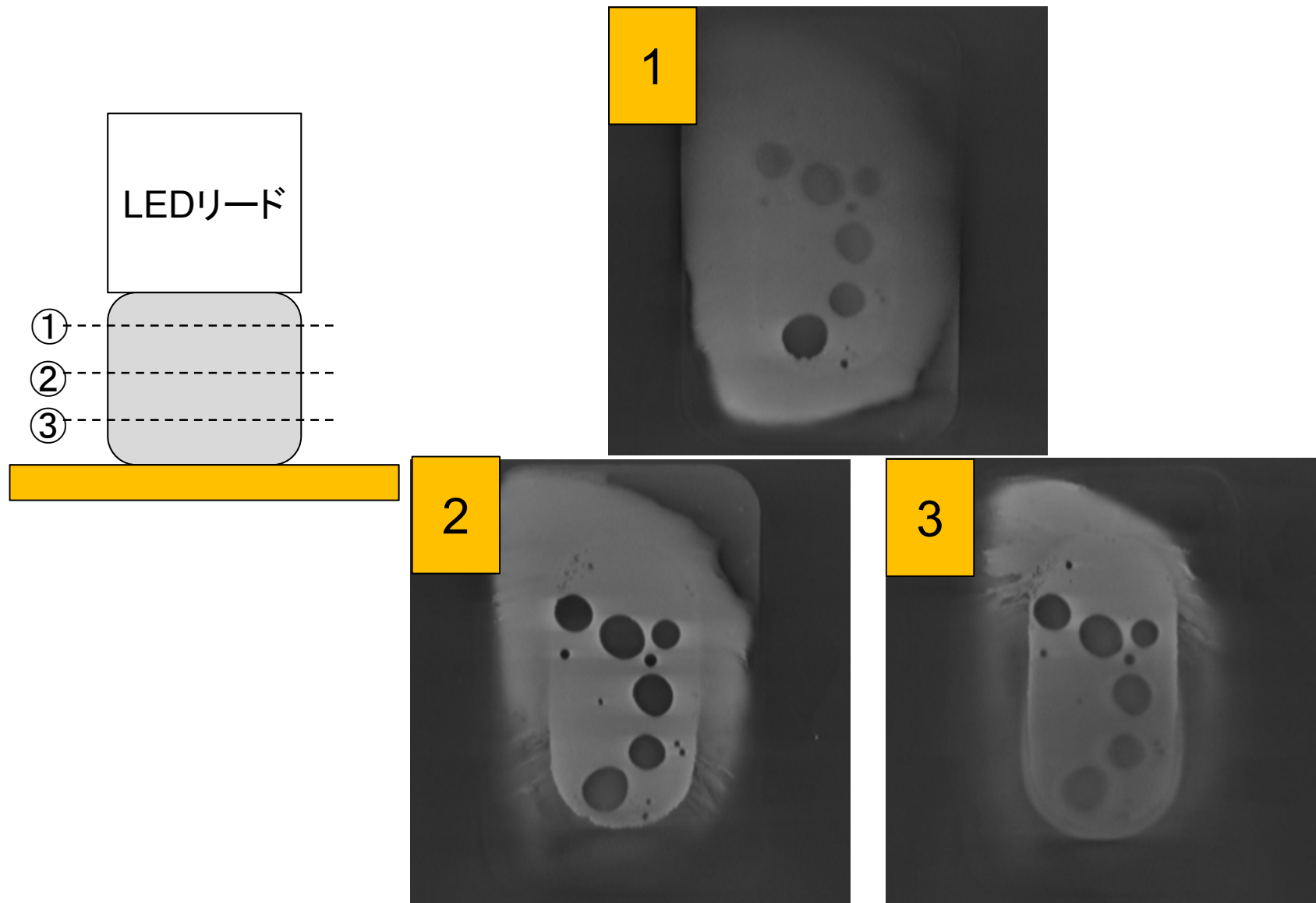
# 1608コンデンサ2,000サイクル後状態 三次元斜めCT画像



部品上部より  
下部に向けてスキャン

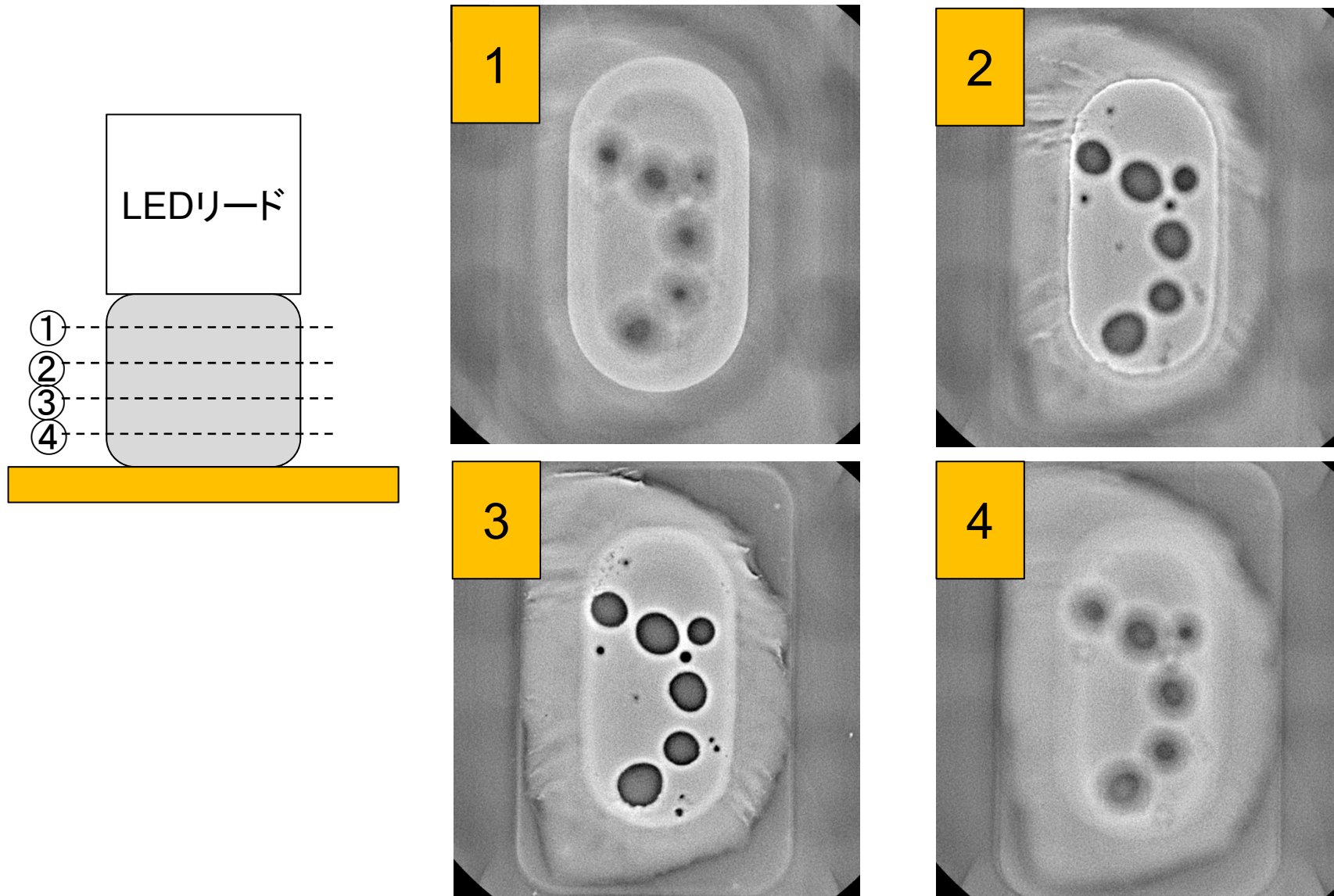


# 4pinLED2,000サイクル後状態X線CT画像

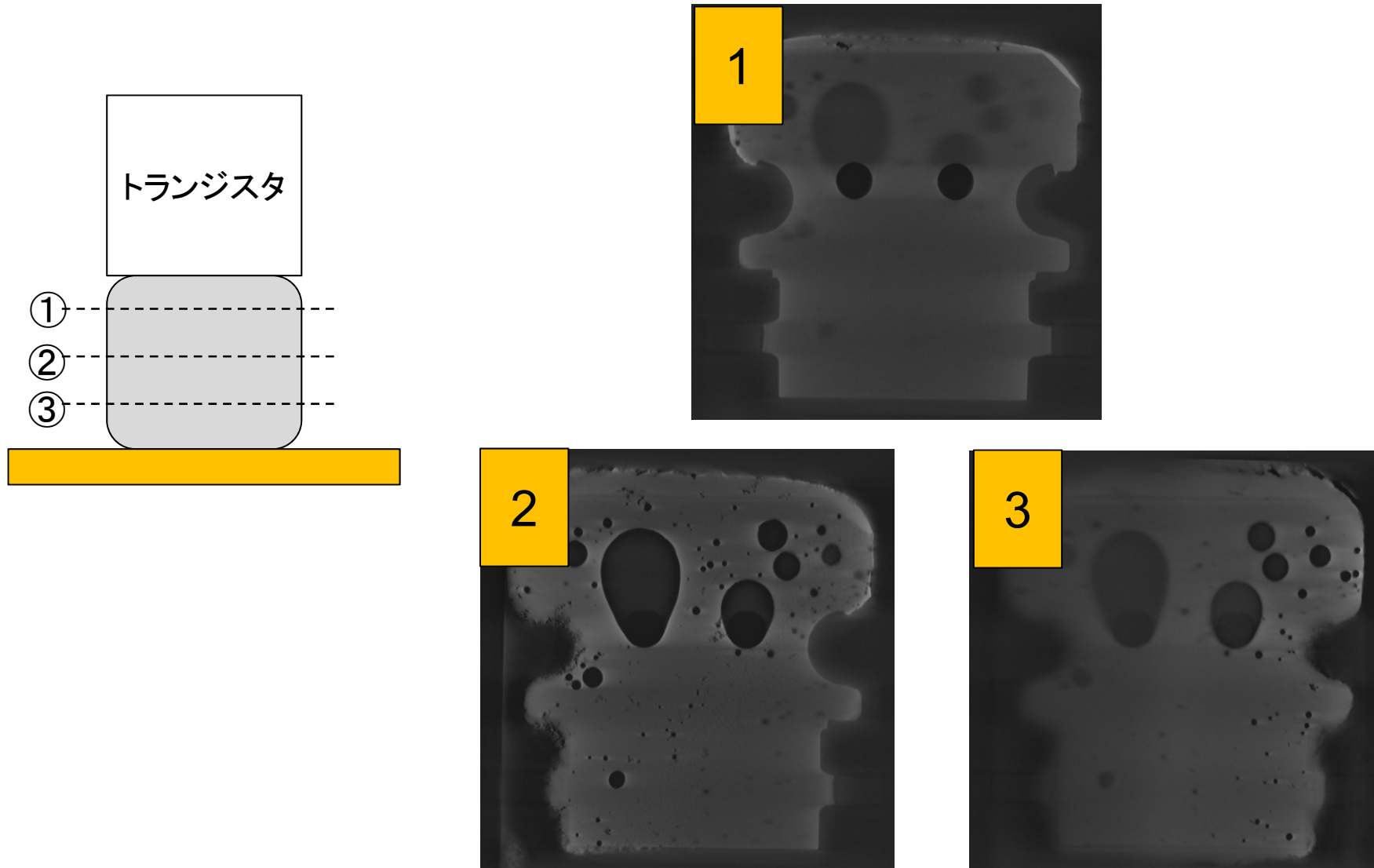


## 4pinLED2,000サイクル後状態

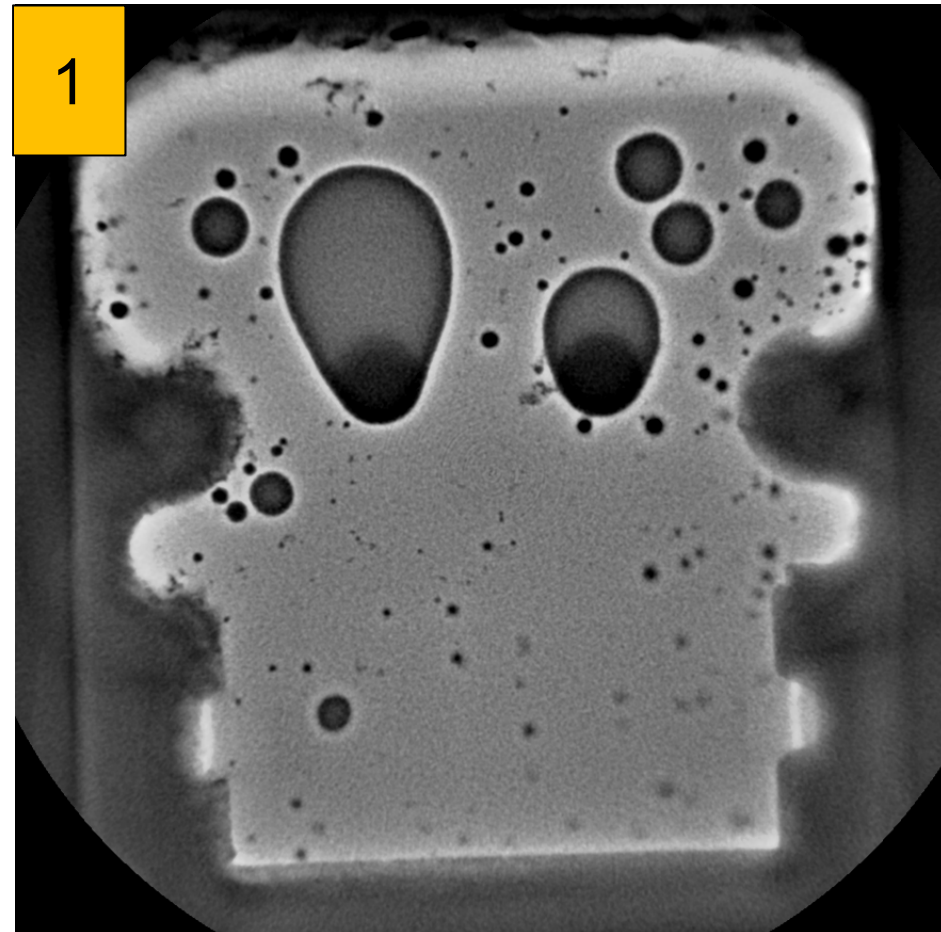
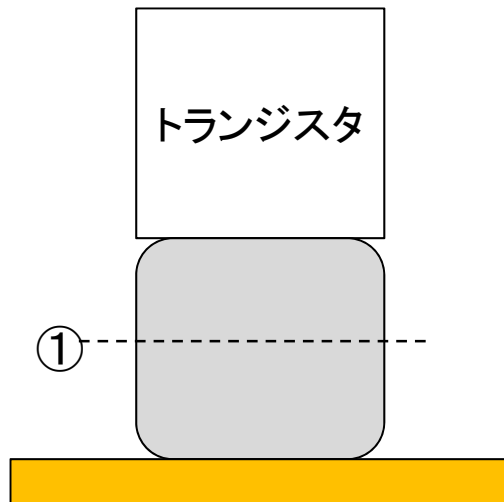
## 三次元斜めCT画像



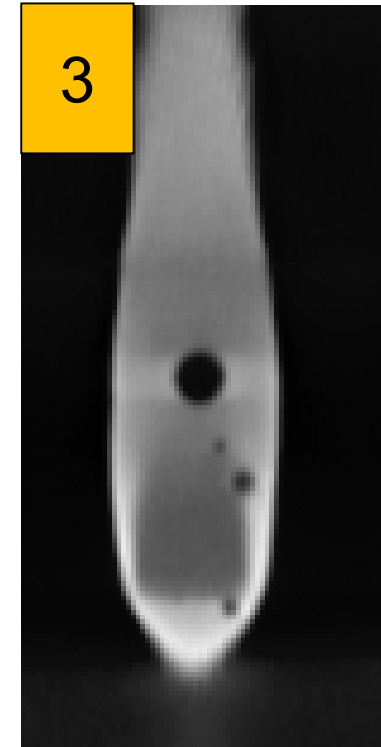
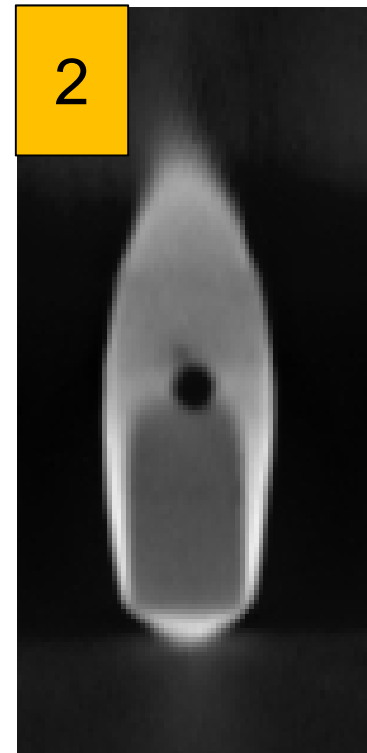
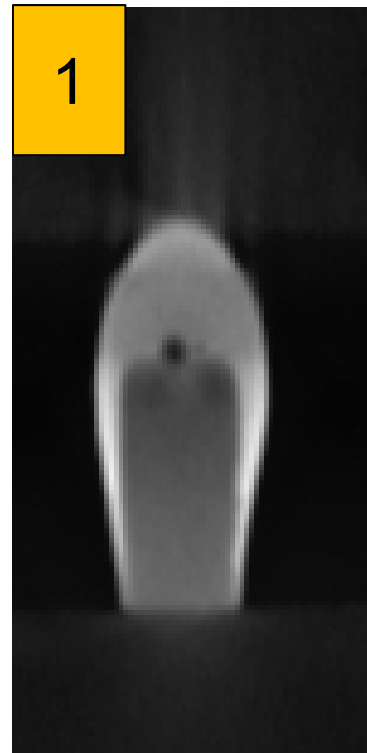
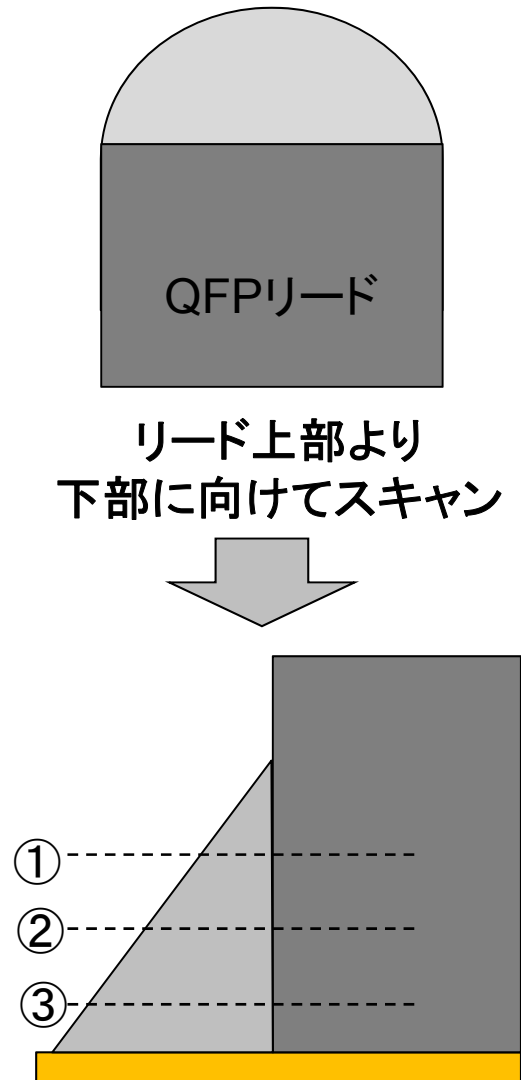
# トランジスタ2,000サイクル後状態X線CT画像



# トランジスタ2,000サイクル後状態X線CT画像

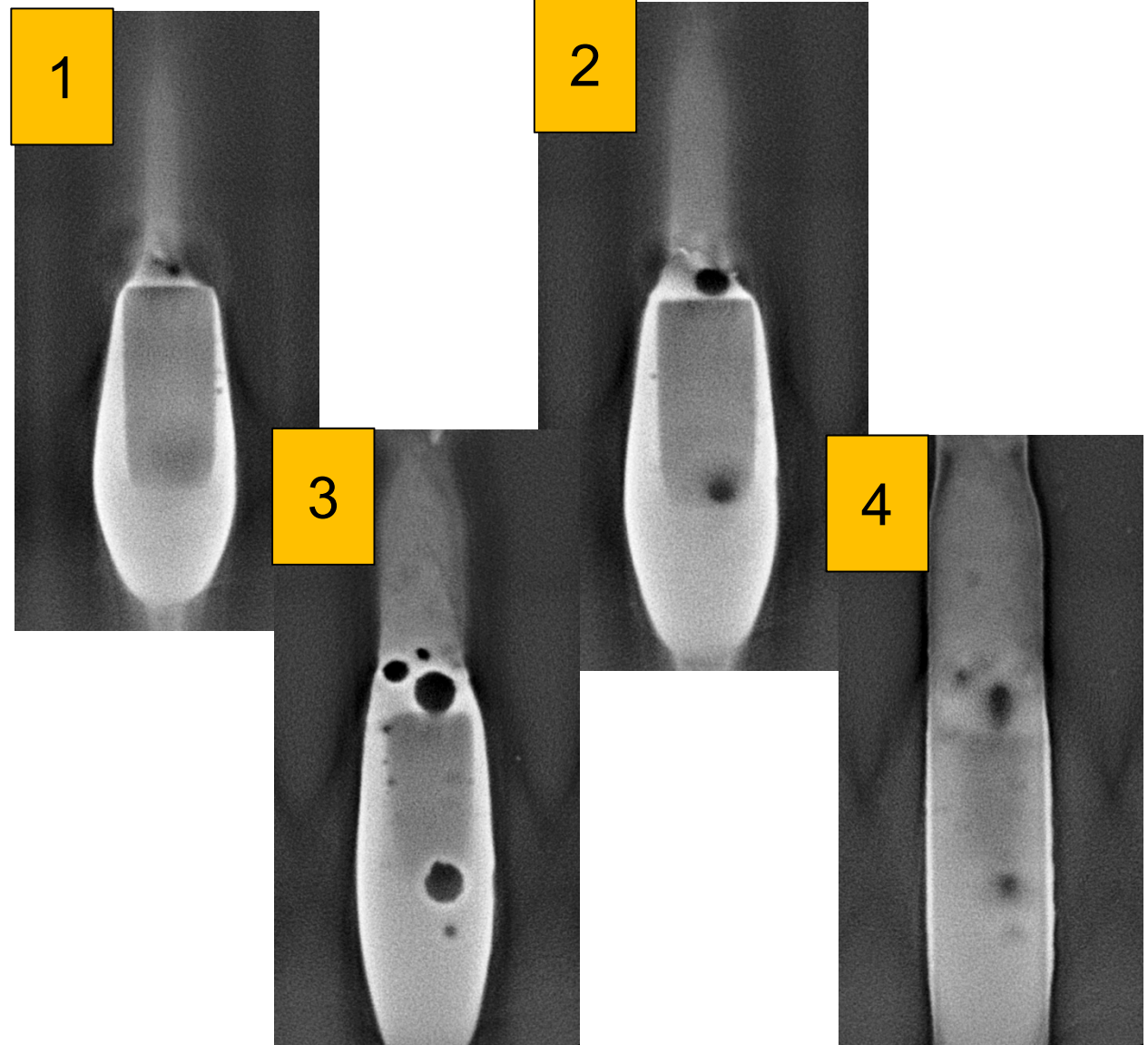
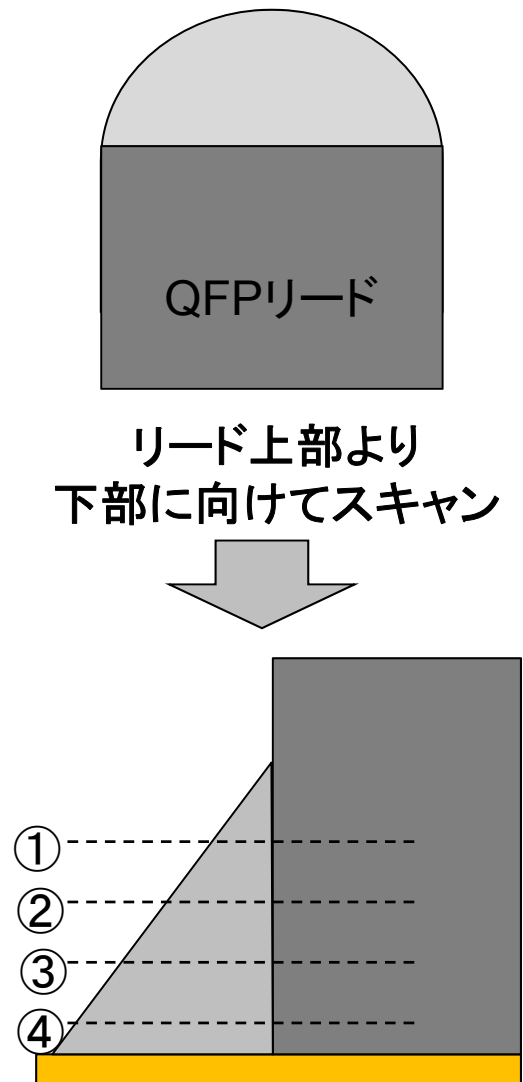


# QFP2,000サイクル後状態X線CT画像



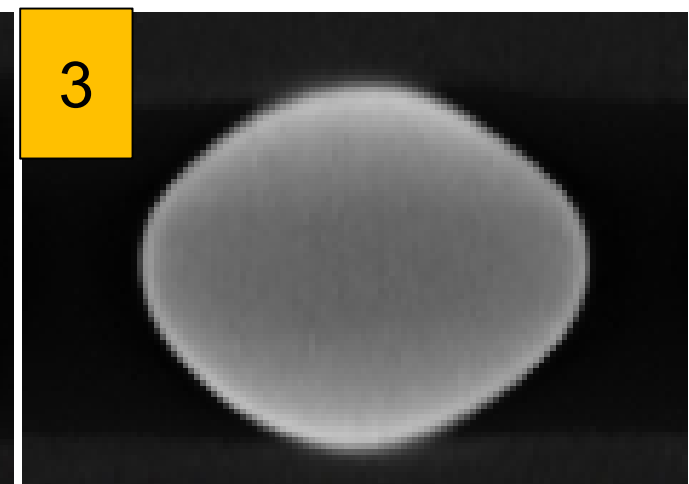
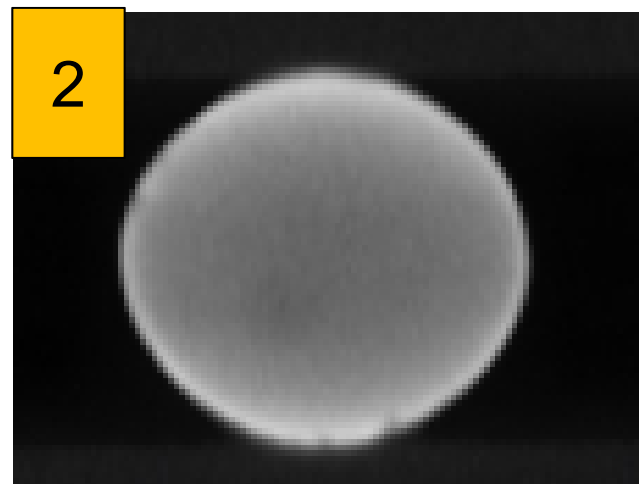
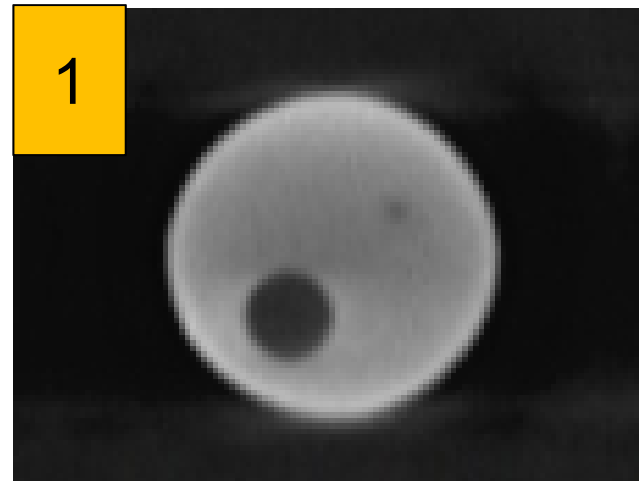
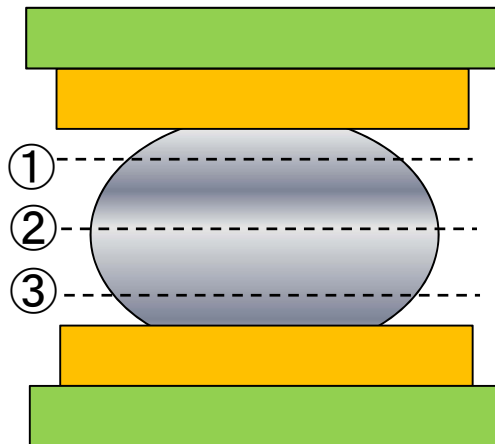
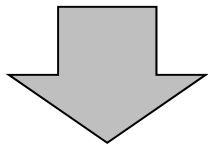
## QFP2,000サイクル後状態

## 三次元斜めCT画像



# BGA2,000サイクル後状態X線CT画像

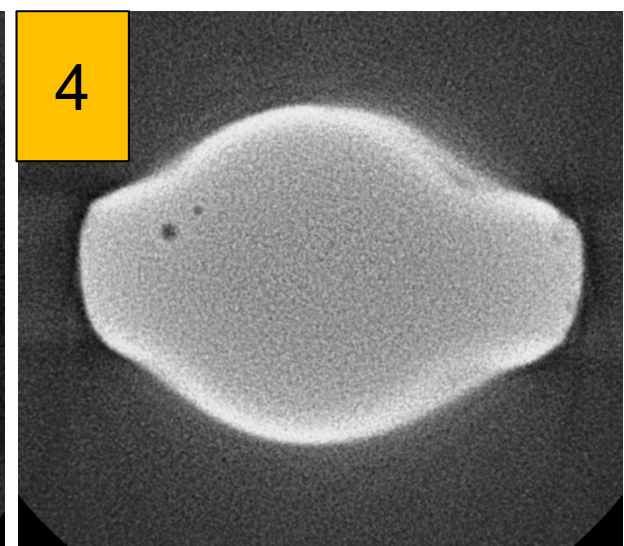
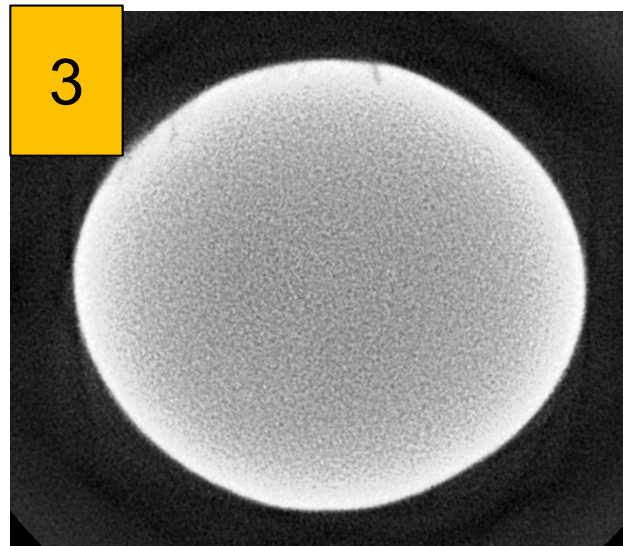
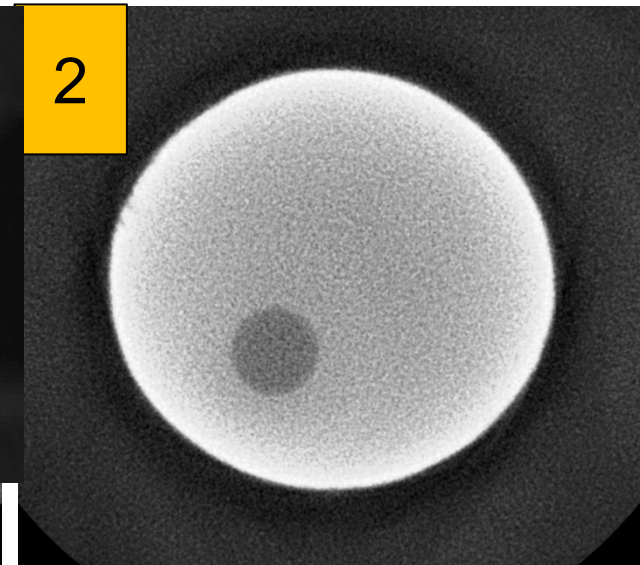
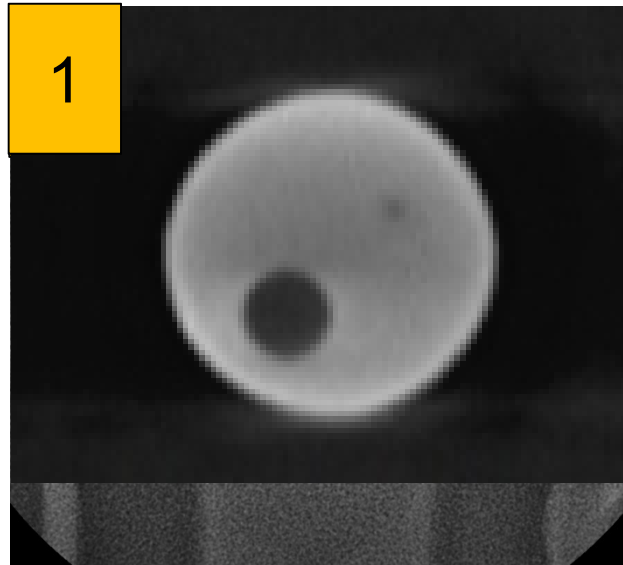
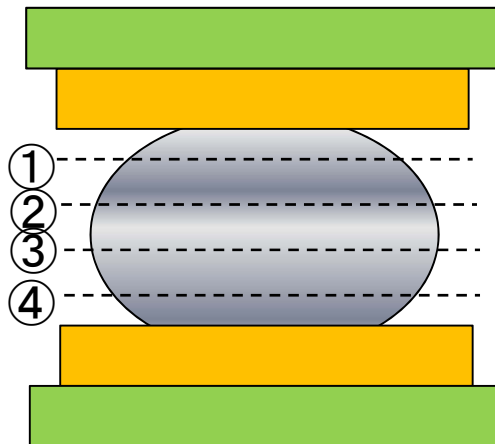
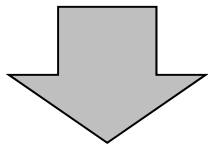
BGAデバイス側からプリント配線板に向けて  
スキャン



## BGA2,000サイクル後状態

## 三次元斜めCT画像

BGAデバイス側からプリント配線板に向けて  
スキャン



# 結果及び考察

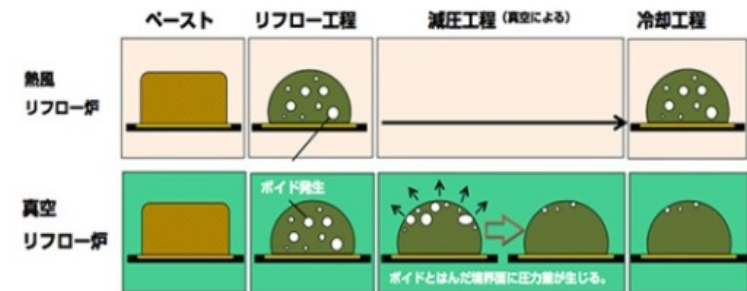
---

- 1) 実験の結果3225サイズチップ抵抗でクラックが確認された。  
2,000サイクル後にフィレット部からボイドの到達するクラックが発生した。
- 2) ボイドを起点としたクラックは今回の実験で確認することができなかった。従ってボイドがクラックの原因になっていることは検証できなかった。
- 3) X線CTで同一ボイドを非破壊で追跡することができた。また3次元斜めCTによって高倍率で観察することができた。

# ➤ボイド対策

# 提案されているボイド対策

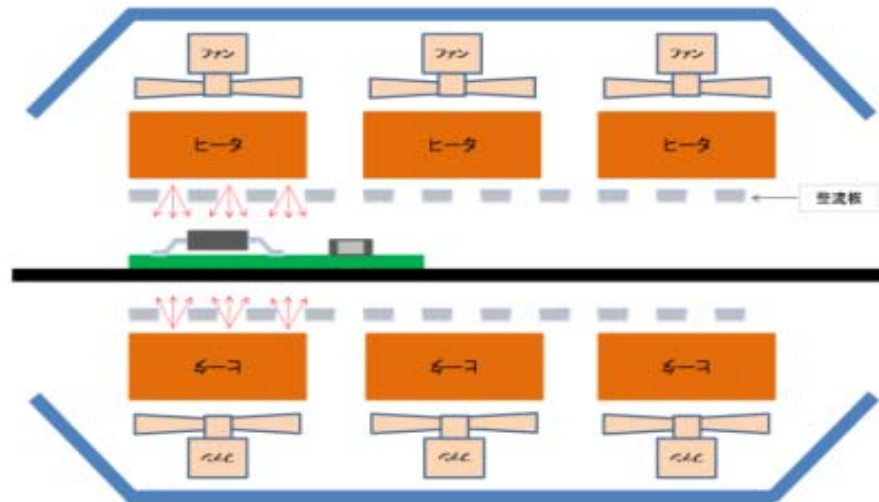
- 1) 各はんだメーカーから「ボイド対策品」が出ている。
- 2) 熱風式リフロー炉で下面の温度設定を上面に対して高くすることで、フラックスの劣化を抑制して気泡排出効率を高める。
- 3) はんだ溶融時に真空にすることで気泡を強制的に排出させる。



千住金属工業(株)様技術資料より

特にこの中から2)の実現性、効果について量産設備にて検証する。

# ボイド対策案の検証実験



## ＜実験設備＞

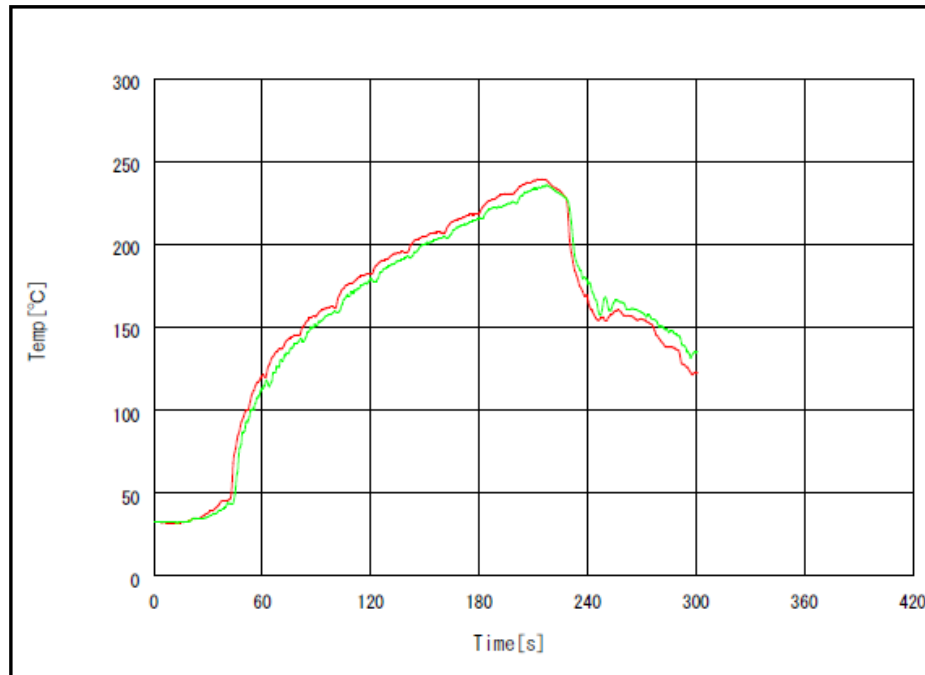
- ・9ゾーン熱風式N<sub>2</sub>対応
- ・実測温度で上面に対して下面が+15℃になるよう設定。文献で+30℃程度を推奨されていたが、当社設備での最大温度差が+15℃であった。

## ＜実験条件＞

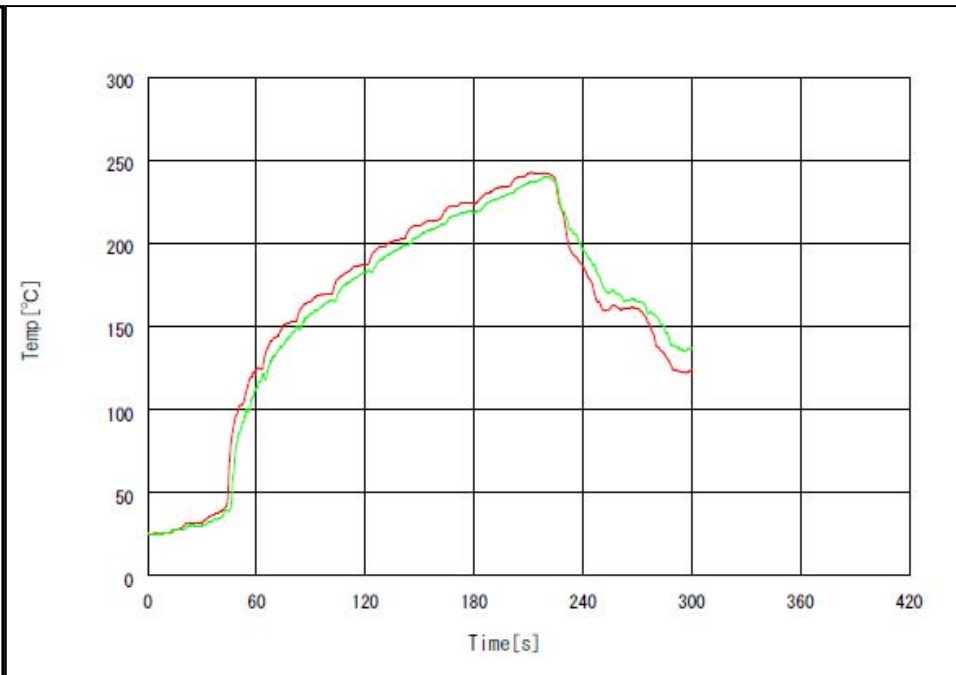
- 1) FR-4、1,6tのテストボード上にトランジスタを実装。
- 2) リフロー条件は2条件
  - ① 量産条件(上下面設定温度同じ)
  - ② 実験条件(下面実温度=上面実温度+15℃)
- 3) サンプルn数; 10ps
- 4) X線透過装置で確認し、ボイド占有率を算出。

# ボイド対策案の検証実験

## ①量産条件



## ②実験条件



測定箇所

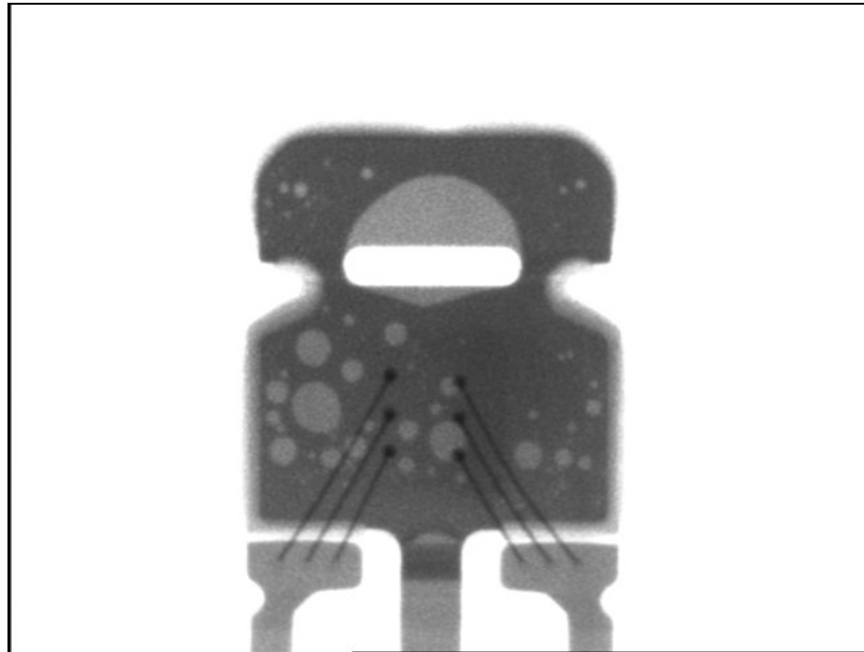
A・・・基板上(上面)

B・・・NTrリード(上面)

下面側の温度を上げる事で上面の部品に対する温度の影響は基板上で+5°C、部品リードで+3°Cと比較的少ない。

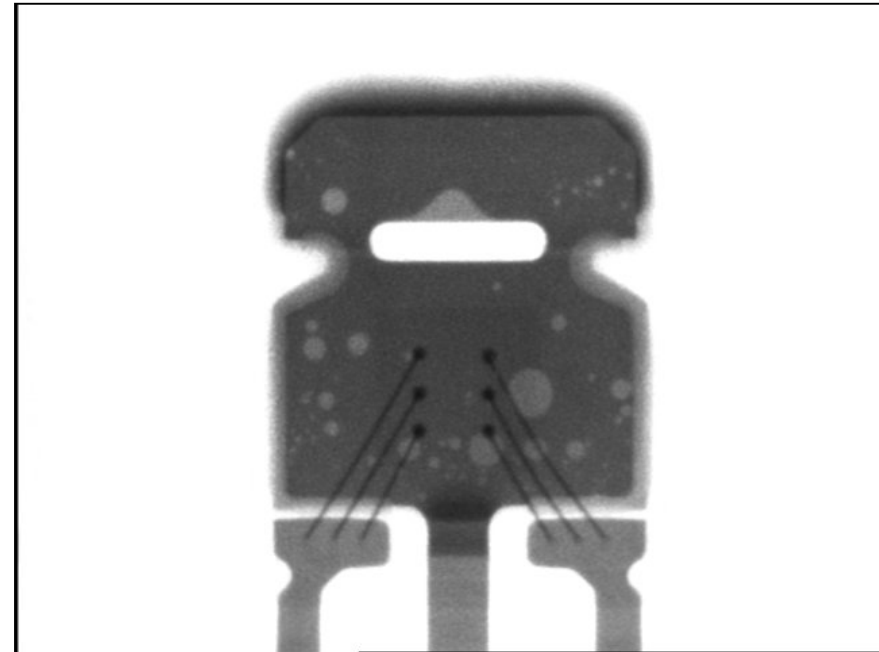
# 実験結果

## 条件A



|         |        |
|---------|--------|
| ボイド率    | 10.52% |
| ボイド数    | 55個    |
| 200μm以上 | 18個    |

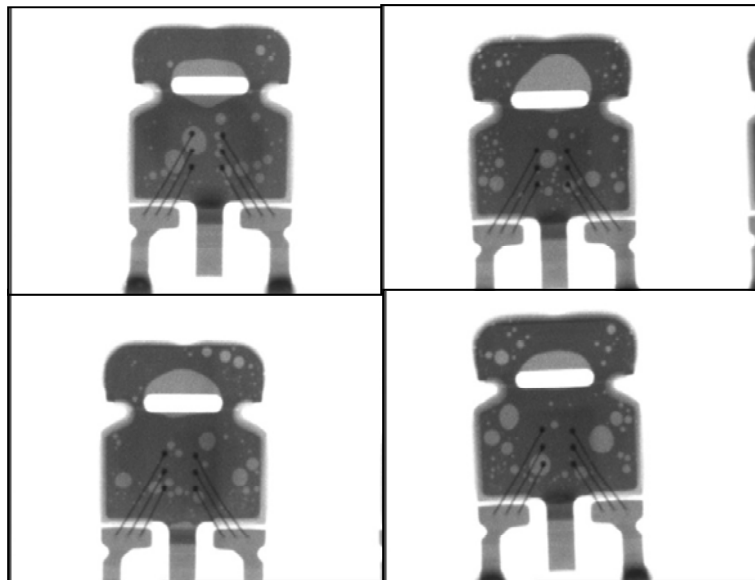
## 条件B



|         |       |
|---------|-------|
| ボイド率    | 5.19% |
| ボイド数    | 32個   |
| 200μm以上 | 8個    |

# 実験結果

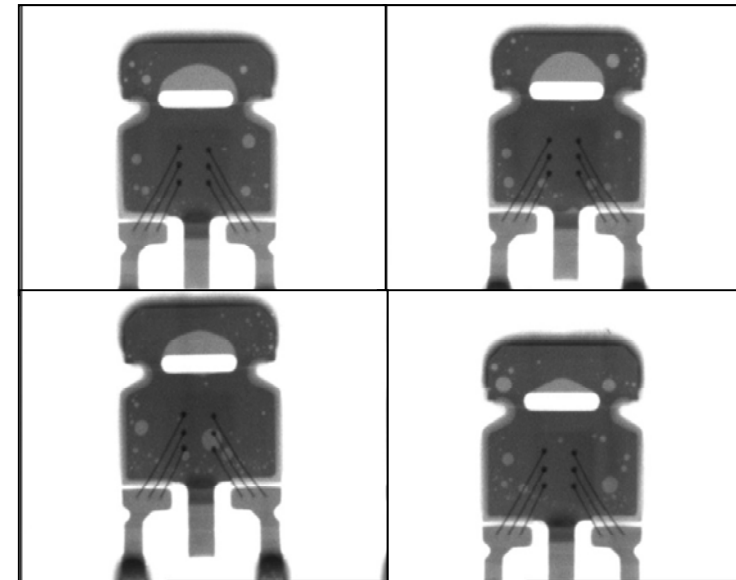
## 条件A



### 10ps平均

|         |       |
|---------|-------|
| ボイド率    | 9.11% |
| ボイド数    | 42.1個 |
| 200μm以上 | 15.4個 |

## 条件B



### 10ps平均

|         |       |
|---------|-------|
| ボイド率    | 4.71% |
| ボイド数    | 22個   |
| 200μm以上 | 7.6個  |

# 結果及び課題

---

- 1) 実験条件サンプルの方がボイドが抑制傾向にあり、完全ではないが一定の効果は得られた。今後詳細条件を見直して行く。
- 2) 炉内で上下面の温度差をつけることはできるが、炉の個体差もあり、あまり大きな差が出来ない可能性もある。
- 3) 下面の温度を高くした場合、2<sup>nd</sup>面実装をする場合、下面に部品が存在する為、部品の耐熱リスクを確認する必要がある。

# まとめ

- 1) 検証実験でボイドを起点としたクラック現象を確認することができず、ボイドがクラックの原因になっていることは検証できなかった。
- 2) フィレットのようなはんだ付け体積が少ない場所に大きなボイドが発生した際、強度を低下させ、クラックが発生しやすい状況を作り出すことが確認された。
- 3) 提案されているボイド対策を検証した結果、一定の抑制効果が得られた。この結果より、リフロープロファイルの適正化によってフラックスを劣化させず、はんだ流動性を高く保つことが重要であると認識した。
- 4) ボイドがはんだクラックに与える影響を非破壊で確認する為、X線CTで同一ボイドを追跡する方法に取り組み、同一ボイドを非破壊観察で追跡できることが確認できた。また、高倍率、高解像度での観察が出来ればより精度の高い観察ができることも確認できた。

---

ご清聴いただき  
ありがとうございました。