

# 分析センターの分析技術

瀬戸克史 Katsufumi Seto  
西田雄治 Yuji Nishida  
畑岸琢弥 Takuya Hatagishi

キーワード 品質評価, 故障解析, 良品解析, 信頼性試験, 設備環境評価技術, PCB分析, RoHS分析

## 概要



電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM)

分析センターでは、お客様に信頼性の高い製品やサービスを提供するため、材料や部品を主体とした品質評価や信頼性評価を実施している。故障を未然防止するための品質評価では、電気的特性評価や物理・化学的な分析による良品解析、信頼性評価では腐食性ガスや温湿度及びパワーサイクルなどを想定した各種加速試験を実施している。万が一、製品に不具合が発生した場合は、長年培った非破壊観察や各種分析技術で根本原因を究明し、製品設計や生産プロセスに反映させ、故障の再発防止につなげている。メンテナンスなどのサービス分野では、設置環境調査や微量ポリ塩化ビフェニル (PCB) 及びRoHS (Restriction of Hazardous Substances) 規制物質などの有害規制物質の分析支援のほか、現地使用部材の定期的な分析支援によって、交換や改修を提案している。

## 1 まえがき

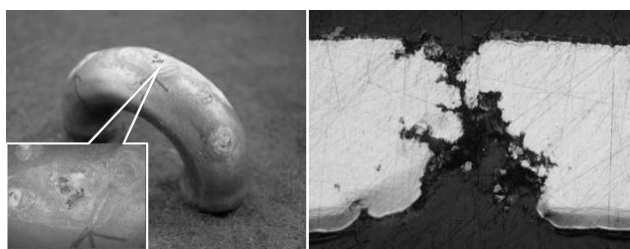
当社は、様々なお客様に発電機器・変電機器・電子機器・情報機器など多岐にわたる製品を納入している。これらの製品は、多種多様な材料や部品から構成され、それぞれ高い品質が求められている。特に新規の部品には品質の良いものを採用するために、事前に部品採用基準に従い電気及び物理・化学的な視点から良品解析を行っている。

また、お客様に長年にわたり安心して使用していただくため、長期信頼性試験を実施して品質を確認している。万が一製品に不具合が発生した場合には、分析で故障原因を特定するだけでなく、開発設計部門や製造部門と併走し、再発防止に向けた活動を展開している。本稿では、製品の品質や信頼性及びメンテナンスサービスを下支えする分析センターの分析技術を紹介する。

## 2 故障の再発防止・未然防止支援

### 2.1 故障の再発防止支援

故障解析とは、現場や製造工程で発生した故障品の状況を調査し、故障原因の究明をする手法である。分析センターでは、故障原因の究明に向けた各種の分析結果を基に、工場や設計開発部門とともに製品設計や製造プロセス、使用方法の改善を提案し、故障の再発防止を推進している。例えば、**第1図**に示すように配管部品の腐食事例では、さびの成分分析や腐食部分のマクロな断面観察技術によって、腐食の発生要因や腐食の起点を明らかにすることで、腐食発生のメカニズムを解明し、設計改善・再発防止につなげている。



第1図 配管部品の腐食事例

配管部品の腐食原因を調査するため、腐食部分を断面形状に加工し詳細に観察する。

## 2.2 故障の未然防止支援

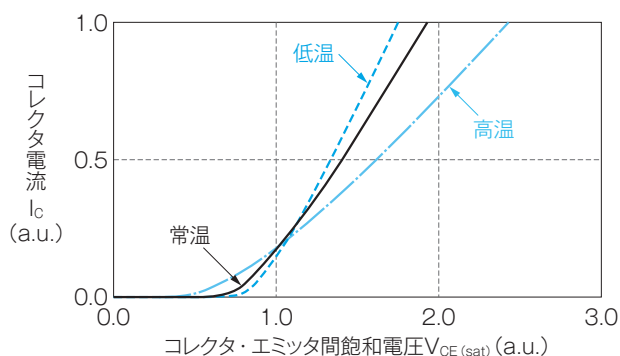
### 2.2.1 良品解析

良品解析は、製品に組み込む電子部品やモジュールに起因する潜在的な不具合を防止するため、電気的特性や内部構造を分析及び評価する手法である。以下に当社が保有する良品解析技術を紹介する。

(1) 電気的特性評価 電圧や電流の関係性から半導体デバイスの性能を決める特性を評価する手法である。良品・不良品の選別だけではなく、部品が保有するマージン（動作余裕度）特性や温度依存性を非破壊で把握できる。半導体アナライザによる静特性評価の事例では、半導体デバイスにおける電圧や電流の関係性を効率的に計測でき、デバイスのしきい値や絶縁劣化などの特性を観測できる。近年では、低温から高温環境下での温度依存性を評価する技術と、使用温度で顕在化するデバイス内部の微小欠陥などの各種要因を高精度でスクリーニングする技術を確立した。

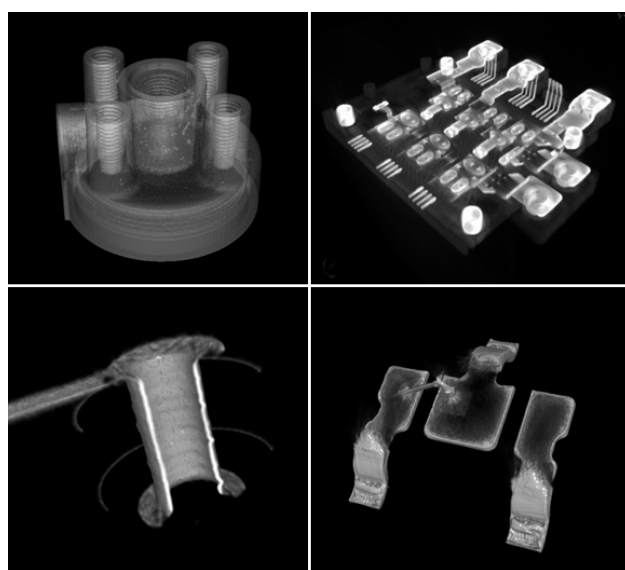
第2図に温度依存性によるIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）のコレクタ・エミッタ間飽和電圧特性（以下、 $V_{CE(sat)}$ ）事例を示す。 $V_{CE(sat)}$ はIGBTの電力損失の大小に依存するため、電気的特性で最も重要なパラメータである。温度変化による $V_{CE(sat)}$ の差異と温度による特性の影響を確認できる。

(2) 非破壊検査 X線や超音波などを利用して半導体デバイスや実装基板、鋳造部品などを非破壊の状態で見直し、内部構造を可視化して製造品質を評価する手法である。分析センターでは、市場で発生し得る潜在的な故障リスクを撲滅するため、実装基



第2図 コレクタ・エミッタ間飽和電圧特性事例

低温時での飽和電圧は低く、高温時では飽和電圧が高くなることを示す。

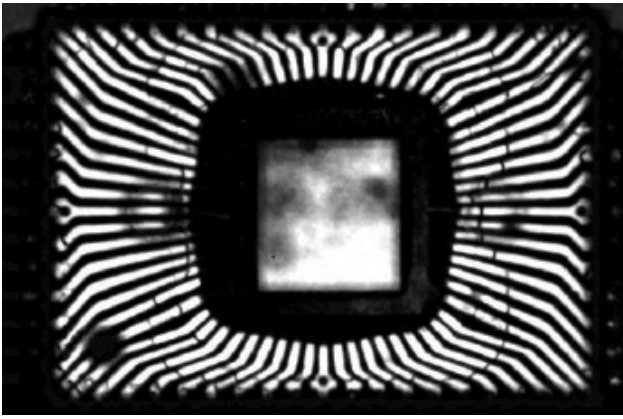


第3図 各種部品の三次元X線CT観察

各種部品（アルミ鋳物・IGBT・スルーホール・ダイオード）の三次元X線CT像から、立体的に内部構造を可視化する。

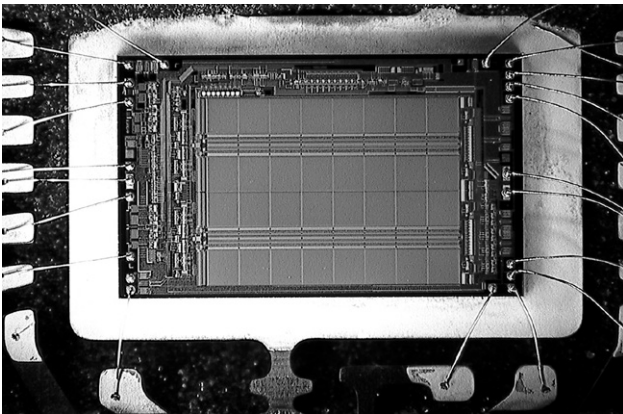
板における電子部品などはんだ付け状態や内部を観察している。第3図に各種部品の三次元CT（Computed Tomography）観察の事例を、第4図にIC（Integrated Circuit）チップの超音波観察の事例を示す。部品の内部構造を非破壊で検査することで、将来の故障に影響する欠陥や異物などの有無を評価する。

(3) 内部・断面構造検査 内部検査とは、電子基板に実装される半導体デバイスの樹脂パッケージを開封し、デバイス内部の製造品質をマイクロ及びマクロ的に可視化する評価手法である。第5図にIC



第 4 図 ICチップの超音波観察

超音波を利用して、ICチップの内部構造を可視化する。



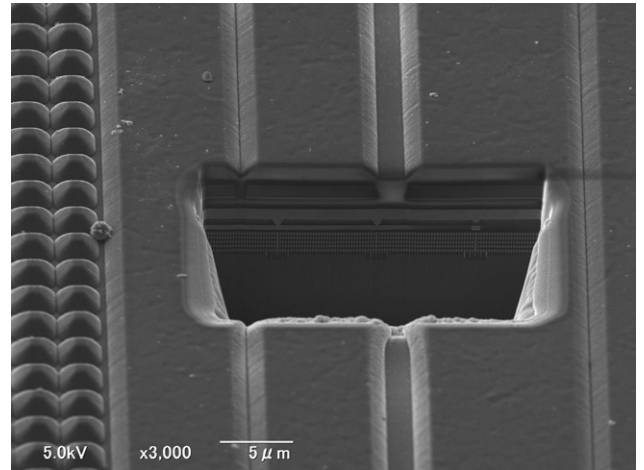
第 5 図 ICチップの開封観察像

半導体デバイスの樹脂パッケージを開封し、樹脂内部のICチップの構造を検査する。

チップの開封観察像の一例を示す。断面構造検査とは、電子基板に実装されている半導体デバイスのはんだ接合やめっき状態、ICチップの構造を解析するため、部品の断面を作製し内部構造を検査する評価手法である。第 6 図にICチップのイオンビーム断面加工像を示す。イオンビームによる加工技術は、材質によっては加工時に発生する熱で変形・溶融などの損傷を受けるリスクがある。近年では、試料加工時の損傷リスクを回避するため、新たに冷却ステージを導入し、分析精度の向上を図っている。

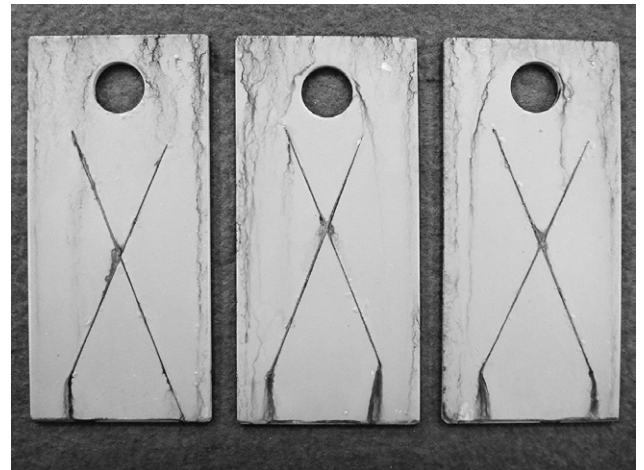
### 2.2.2 信頼性試験

信頼性試験は、製品・部品・材料に起因する故障発生を予測・予防するため、設置環境や使用条件に



第 6 図 ICチップのイオンビーム断面加工像

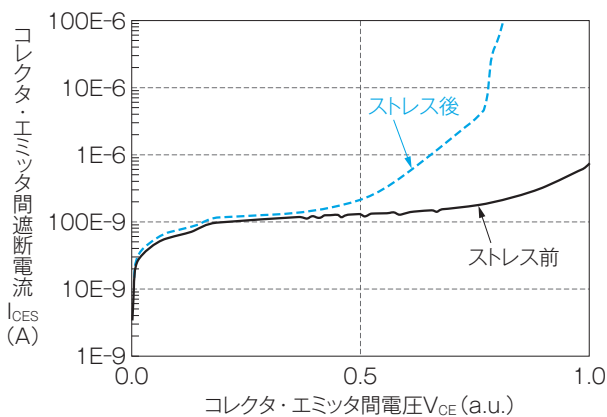
ICチップ断面をイオンビームにより精密に加工し、ICチップの断面構造を検査する。



第 7 図 塗装板金の塩水噴霧試験

塗装板金を塩水噴霧試験し、塩分に対する耐食性を評価する。

基づいた加速試験によって、故障率や寿命を推定して要求性能を満たしているかを評価する。分析センターでは、過去の故障情報や各種品質データを展開し、独自に短期的かつ高精度な試験方法を考案・検証して社内標準化する活動を推進している。第 7 図に塩害環境を想定した塗装板金の塩水噴霧試験を示す。第 8 図にIGBTの高温高湿高バイアス試験（ストレス試験）前後におけるコレクタ・エミッタ間の遮断電流特性の例を示す。試験後に遮断電流が変化している傾向を確認し、本部品の高湿高湿高バイアスにおける耐久性を確認した。



**第8図** 高温高湿高バイアス試験前後のコレクタ・エミッタ間遮断電流特性

高温高湿高バイアスによるストレス試験前後で特性の変化を確認できる。

.....



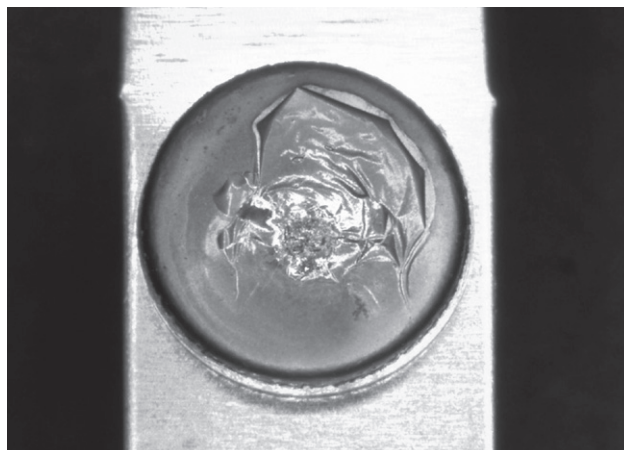
**第9図** イオンクロマトグラフ

環境中の浮遊するじんあい物を水中に溶解し、塩素などのイオン性物質を分析する。

### 3 メンテナンス・環境規制関連支援

#### 3.1 設備環境評価

製品の設置環境によっては、じんあいや環境ガスによる腐食や吸湿が要因となり、導通不良や短絡などの不具合につながる。分析センターでは、製品を安全かつ安定に使用していただくため、設置環境に起因した製品の汚損度や塩素などのイオン成分を調査している。第9図にイオン性物質を分析するイオンクロマトグラフを示す。本調査データを基に、お客様の既存設備の保全計画や新たな製品仕様を立案するための支援を行っている。



**第10図** 接点の劣化状況

接点表面の腐食や摩耗などによる劣化状態を光学顕微鏡で観察する。接触抵抗の計測結果と合わせ、メンテナンス又は交換の指標としている。

#### 3.2 接触部品評価

電気機器の制御回路で使用される電磁継電器は、接点機構を動作することで回路を開閉している。接点同士を機械的に接触させて通電しているため、接点部が腐食などによって経年劣化し、導通不良となり機器故障に至る場合がある。第10図に接点の劣化状況の一例を示す。設備診断の一つとして、実稼働している電磁継電器を回収し、接点状態を定期的に分析することで、データに基づいたメンテナンス及び交換計画の立案につなげている。

#### 3.3 RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 分析 (ISO/IEC 17025 認証)

RoHSやREACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) などの有害物規制は世界規模で広がり、現在では評価方法が規格化されている。環境配慮型製品の創出には、製品に含有する化学物質を把握することが重要である。分析センターは2008年に第三者機関が認定する国際試験所認定 (ISO/IEC 17025) を取得し、適正管理かつ高精度な分析結果を提供している。第11図にISO/IEC 試験所認定証を示す。近年では、改正RoHS指令によって追加されたフタル酸エステル類の分析技術を確立し、部材の採用にあたり電線被覆材やゴム部材などをスクリーニングしている。



第 11 図 ISO/IEC 17025 試験所認定証

(公財)日本適合性認定協会から2008年に化学試験 (RoHS 分析) の試験所として認定を取得した。認定対象となる材料は、金属及び高分子である。

### 3.4 微量ポリ塩化ビフェニル (PCB) 分析

約 50 ~ 60 年前に製造された変圧器・リアクトル・計器用変成器・整流器の一部に PCB 入りの絶縁油が使用されていたが、1972 年以降、PCB 使用機器の製造は廃止された。分析センターでは、PCB 特別措置法に基づき、絶縁油を使用する変圧器などの更新や新規納入の際に、長年培った精密分析の技術で迅速かつ高精度な分析結果を提供している。

## 4 むすび

分析センターは、材料部品調査・環境分析など幅広い業務に携わっており、工場や開発及び事業部と密接に協力してデータを提供するだけでなく、データ解析から対策につながる考察を提案している。「お客様の安心と喜びのために」を基本理念とし、高品質製品や質の高いメンテナンスサービスを持続的に提供し、近年厳しくなる環境規制にいち早く対応するため、分析・解析・試験技術を更にレベルアップし、より能動的な分析活動を推進していく。

- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



瀬戸 克史  
Katsufumi Seto

基盤技術研究所  
部品・材料の品質評価及び故障解析の分析管理業務に従事



西田 雄治  
Yuji Nishida

基盤技術研究所  
半導体の品質評価及び故障解析の分析管理業務に従事



畑岸 琢弥  
Takuya Hatagishi

基盤技術研究所  
半導体・部品・材料に関する分析管理業務に従事