

電子部品の腐食損傷と分析

- 腐食の促進因子とその解析 -

大阪府立産業技術総合研究所 森河 務

1. はじめに

電子機器では部品にわずかな腐食が発生しても故障の原因となります。電気機器の小型化、部品の集積化、微細化にしたがって部品の腐食許容が小さくなる傾向があります。また、国際的な部品調達が進められるにつれて、国外での生産プロセスの相違や製造環境の差、輸送が関係する腐食事例も増加しています。生産工程における汚染は、部品の歩留まりを増加し、また汚染に気づかないまま出荷すると多大な損害が発生することもあります。このため日頃から腐食の要因を取り除くような管理を心がけるとともに発生したトラブルへの迅速な対応が必要となります。

ここでは、電子部品の腐食について、腐食のメカニズム、促進因子、解析プロセス、機器分析の実例などについて紹介します。

2. 腐食とその要因

電子機器は屋内環境で用いられます。このような環境での腐食は、大気腐食と呼ばれます。図1の金属表面上の水滴における腐食について考えてみましょう。腐食が起こるには、腐食される金属、水以外に、金属の溶解によって生じた電子を受け取る物質が必要となります。大気腐食ではこの物質が水滴に溶解した酸素となります。一般に、腐食反応では金属の溶解領域と酸素が還元領域は異なります。

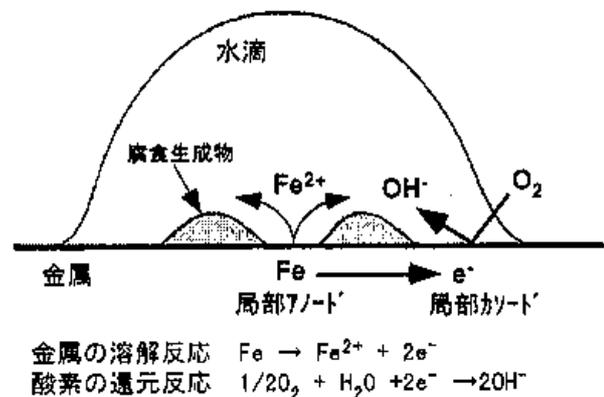


図1 金属の腐食のモデル図

水に溶解した金属イオンは水との加水分解や水酸化物イオンとの反応により水酸化物となり金属上に沈殿し、酸化物に変化していきます。このようにして形成された腐食生成物は多孔質なため、腐食反応は水と酸素が金属上に存在する限り進行します。

さて、腐食において水はその性質上不可欠な成分ですが、電子部品の使用環境においては表面で水滴が生じた状況はほとんどありません。それにも関わらず腐食が起こるのは何故でしょうか。これには、空気に溶け込んだ水分が関係します。空気中の水分量は、気温の変化によって大きく変化し、その溶解量は相対湿度で表わされます。冬の寒い日の朝には空気に溶け込めなくなった水分が窓ガラスや壁面などに結露することはよく目にする光景です。結露に至らな

このような状況においても大気と接触した金属表面では、吸着した水の薄い膜が形成されています。図2は、金属上の吸着水量および金属の腐食速度と相対湿度の関係を表わしたものです。湿度が60%以上になると水の吸着量は急激に増加し、この領域以上で腐食速度も著しく増加することがわかります。この湿度は腐食発生の臨界湿度と呼ばれ、この値以下の湿度ならば清浄な金属は腐食が抑制できることになります。

腐食を促進する要因としては、吸着イオンや腐食性ガスがあげられます。金属の表面に吸着イオン、ごみなどが存在すると、その吸湿作用によって水分が凝集されやすくなり、腐食の臨界湿度は低下していきます。塩素などのハロゲン成分、酸、アルカリ成分などが存在する場合には、その腐食速度は清浄な金属の大気腐食に比べて数十から数百倍に達するようになります。したがって、電子部品における腐食損傷の原因の追求は、腐食を促進させる要因を明らかにすることがポイントであり、この腐食要因を取り除くことが対策となります。図3には腐食を促進させる成分と発生因子をまとめたものです。部品に付着したイオン性成分の多くは、製造工程や保管段階で付着したものです。

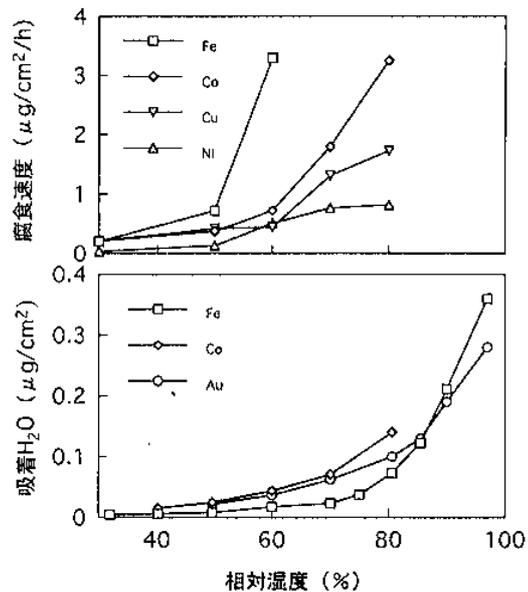


図2 相対湿度が及ぼす金属表面の吸着水量と腐食速度への影響

腐食によるトラブル
 接続不良、断線、短絡、破壊

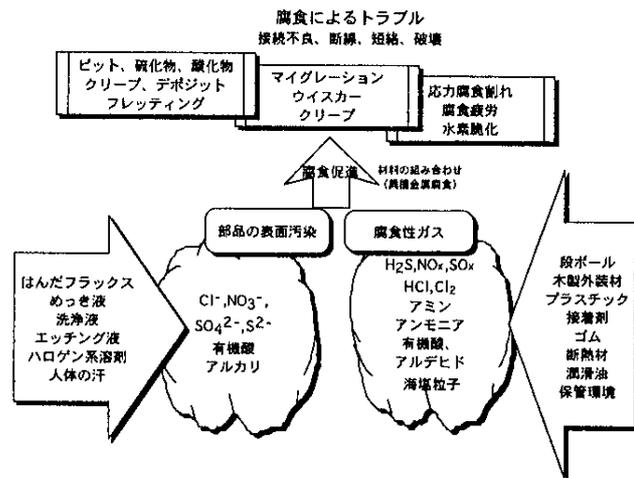


図3 腐食を促進する要因

3. 電子部品の腐食の解析プロセス

電子機器でトラブルが発生した場合、やみくもに部品を分解してしまふことがあります。腐食要因の解析で重要なことは試料の取り扱いに十分注意を払うことです。したがって、腐食部分を手でたり、テープで腐食生成物を採取することは避ける必要があります。試料の取り扱いに問題があると、いくら高度な分析機器を使用しても期待される結果が得られないばかりかその解析を困難にしまいます。

図4に腐食原因の解析手順のフローチャートを示します。分析の依頼にあたっては、腐食部品の材質、図面、近傍の部品の材質、その部品の生産工程表、保管場所、使用環境などをまとめておくことが解析時間の短縮や分析費用の軽減に有効です。

分析に用いる機器の選定は、聞き取り調査と過去の事例にもとづいて、汚染物質の種類が、腐食面積の大きさや深さ、装置の感度、得るべき分析データ等に応じて分析装置を選択します。当所では、腐食解析に使用する分析機器として、腐食状況の観察に実態顕微鏡や走査型電子顕微鏡（SEM）が、表面分析に電子線マイクロアナライザ（EPMA）、蛍光X線分析装置（XFS）、X線光電子分光分析（ESCAあるいはXPS）が、腐食生成物の同定にX線回折（XRD）が、汚染物質が有機物の場合にはフーリエ変換赤外分光分析装置（FT-IR）、ガスクロ分離型質量分析計（GC-MS）が、表面に微量存在する無機イオンの検出にイオンクロマト（IC） 発光分析装置（ICP）等が用いられています。

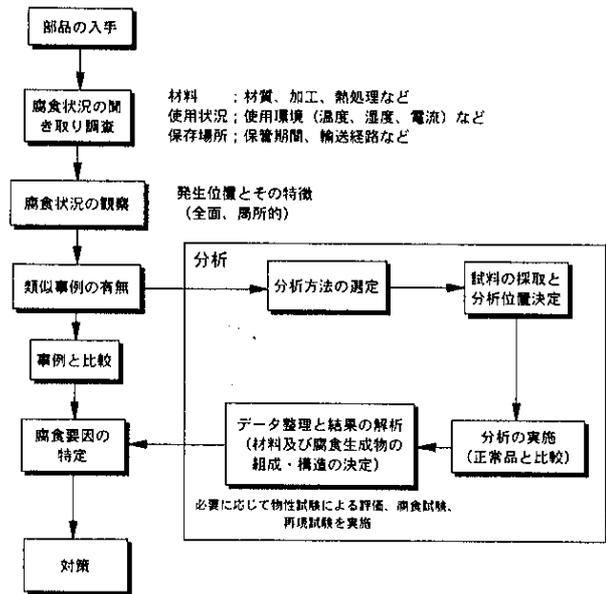


図4 腐食原因の解析手順のフローチャート

4. 機器分析の実施例

EPMAは、走査型電子顕微鏡に蛍光X線を測定する機構を付属した分析装置です。この方法は、試料表面を拡大観察し分析位置を特定できることで、ミクロな腐食の分析に有効です。図5に、ニッケルめっき電池用接点の腐食ピットのEDXスペクトルを示します。腐食部分は塩素のピークが強く現れており、塩化物イオンが腐食を促進したことがわかります。EPMAでは、元素の分布状況も検討できる特徴があります。その例として装飾めっき品の腐食ピットの元素マッピングを図6に示します。写真の白部分は元素の存在量が多いことを示しており、腐食の状況をより正確に把握することができます。

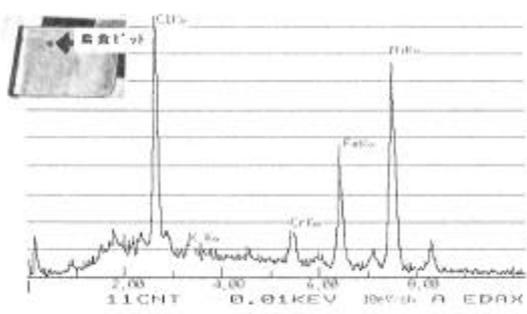


図5 ニッケルめっき端子のEDX分析スペクトル (素地：ステンレス304)

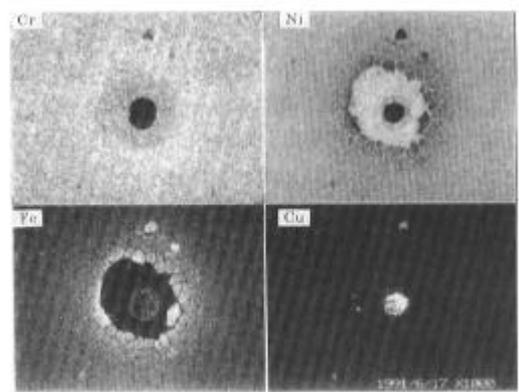


図6 腐食ピットのEPMA元素マッピング測定例 (鉄鋼素地上的銅/ニッケル/クロムめっき)

5.まとめ

最後に、本稿のまとめとして電子部品の腐食対策例を紹介します。腐食環境を隔離するには、外気の遮断、腐食性ガスや集塵フィルタの設置、除湿が効果的です。部品をポリ袋などに密封して出荷する場合には、梱包時の湿度を低く保つとともに乾燥剤を同封することも効果があります。製造工程の汚染対策としては、低ハロゲン含有フラックスへの切り替え、ハロンなどの洗浄液の純度管理、塩素の

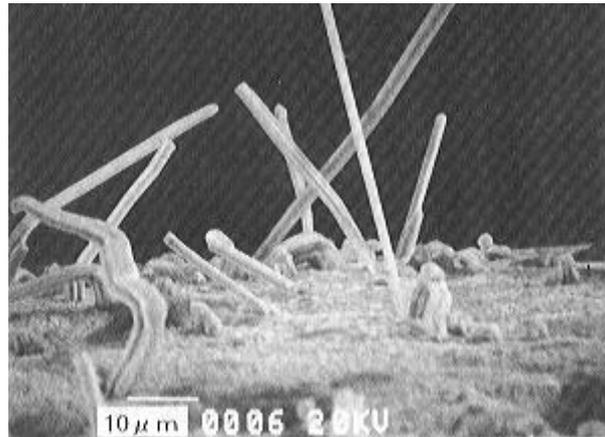


図9 スズめっきのウイスキー
(素地：黄銅)

含有量の低い薬品の使用、組み立て環境のクリーン化、水洗の工程の見直しと最終洗浄水の純度管理の強化などがあります。腐食要因が防げない環境の場合には、保護膜の採用、異種金属腐食しにくい金属の組み合わせ、めっき皮膜の厚さの増加、材料の合金化による耐食性向上なども考えられます。