

## フラクトグラフィ(破断面解析技術) (1) ～マクロ観察～

キーワード：破断面観察、マクロ観察、実体顕微鏡、破損原因調査

### はじめに

フラクトグラフィは金属製の機械部品や構造物部材などの破損原因を検討するための重要な情報収集手段の1つとして定着してきています。肉眼あるいは実体顕微鏡などを使って行う数十倍程度までの拡大による破断面観察とその解析はマクロフラクトグラフィと呼ばれ、走査電子顕微鏡などを用いた高倍率での観察を行う前の重要なフラクトグラフィ・ルーチンワークです。以下では破断面マクロ観察を中心にフラクトグラフィについて解説します。

### フラクトグラフィのねらい

破損原因調査における破断面観察の主たる目的は、(1)破壊起点の特定、および亀裂進展拡大経路の把握、(2)亀裂進展(破壊)様式の判別です。ケースによっては破断面マクロ観察でかなりの状況を把握することができます。破断面の観察結果に基づき、負荷条件、環境因子の関与の程度、材質劣化などについて推測を行い原因検討に必要な情報を抽出していきます。以下に注目すべき点をまとめました。

### 破断面マクロ観察の注目点

#### (1) 破壊起点の特定および亀裂進展拡大経路の把握に関して

(a)放射状模様の放射点、ステップの収れん部  
亀裂発生起点を判別する最も代表的な模様であり、放射点あるいはステップの収れん部から模様の流れの向きに亀裂が拡大したと推測します。(図1参照)

(b)シェフロンパターン(山形模様)、ヘリボンパターン(矢筈模様)

放射状模様あるいはステップと同様の模様でありV字型模様の頂点側から亀裂が拡大したと推測できます。(図2参照)

(c)ラチェットマーク

単一平面上にない複数の起点で亀裂が発生し、それらが進展し合体したときの痕跡です。(図3参照)

(d)ビーチマーク、シェルマーク(貝殻模様)

亀裂が比較的ゆっくりと断続的に進展、拡大していった場合の亀裂前縁形状の記録です。(図4参照)模様は円弧状でその中心に起点がある場合をシェルマークと呼んでいます。

(e)シェアーリップの有無

シェアーリップは亀裂が物体内部から物体表面に到達した部分に形成されることから、シェアーリップのない部分に起点があると推測します。(図5参照)

(f)物体表面と破断面の立体角

起点付近の破断面は主応力方向に垂直に生じやすく、また特殊な負荷形式を除いて主応力はほぼ物体表面に沿っているため、表面に対して垂直な立体角の破断面部分に起点があると考えます。

(g)汚れ、錆、痛みの程度

亀裂進展が比較的ゆっくりとしていた場合、より起点に近い破断面領域ほど汚れ、錆、傷みの程度は進んでいることが多く、起点を推測する手がかりとなります。

(h)亀裂の交差関係

2つの亀裂がT字型に交差している場合、T字型の横棒側亀裂は縦棒側亀裂の発生より以前に形成された亀裂と考えられます。(図6参照)

(i)破断面の平滑さ

起点付近は破面が比較的平滑で、亀裂拡大にしたがい破面の粗さが増す傾向にあります。

#### (2) 亀裂進展(破壊)様式の判別に関して

(a) ビーチマーク、シェルマーク（貝殻模様）  
疲労亀裂進展であると推測できます。（図4参照）

(b) 鈍い光沢、繊維状模様

破断面マイクロ形態はいわゆるディンプルであり延性破壊であると推測されます。

(c) キラキラとした光の反射

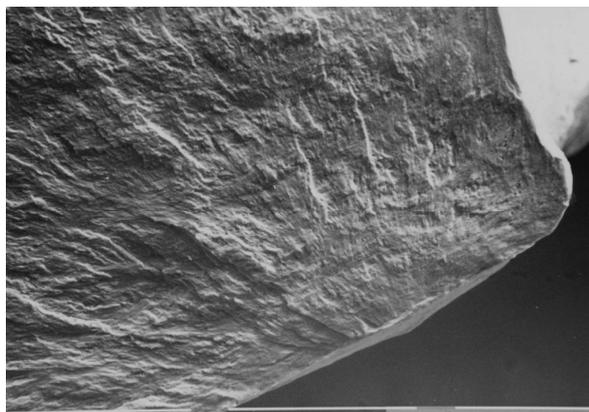


図1 放射状模様



図3 ラチェットマーク

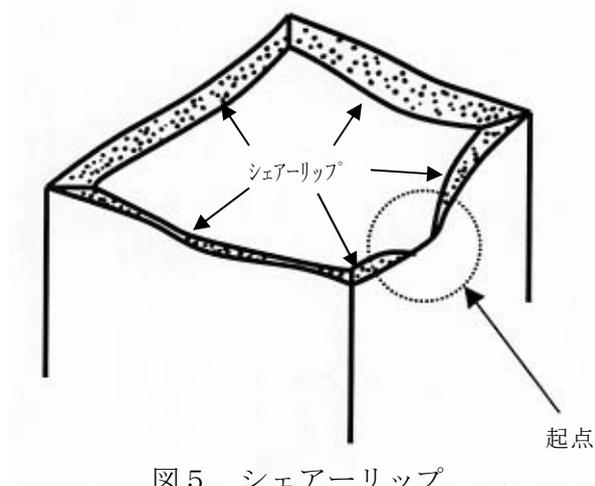


図5 シェアーリップ

へき開破壊、あるいは粒界破壊などの脆性破壊であると考えられます。

(d) フラットな領域と比較的ラフな領域の組み合わせ

フラットな領域は疲労亀裂進展領域であり、ラフな領域は最終急速破断領域であると推測できます。

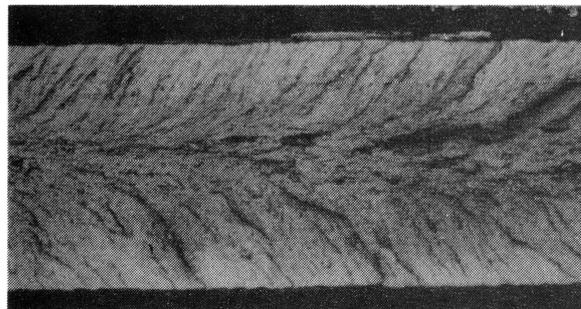


図2 シェフロンパターン



図4 ビーチマーク

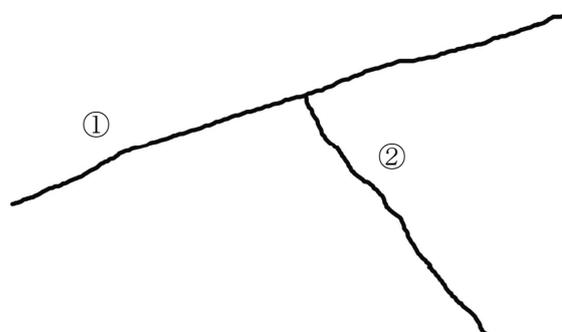


図6 亀裂の交差関係

発行日 2003年10月31日

問い合わせ先 金属材料研究部 微細構造評価研究室 平田 智丈、濱田 真行、澤 源士郎（作成者 水越 朋之）