

# 金属材料の破面観察の事例紹介とお願い

材料技術部門

長野県工業技術総合センターでは金属の材料組織試験の一環として、破損した金属部品の破面観察を承っております。破面観察により破損原因の究明や改善策の策定に必要な情報を得ることができます。金属製部品の破面観察事例のご紹介と共に破面観察をご依頼いただく際に必要となる破面の保存などに関するお願いについてご案内します。

## ■ はじめに

工業製品では製品を構成する個々の部品に加わる力の大きさや回数などを基に強度などの設計がなされ、破損が生じる件数は非常に少ないものではありません。しかしながら誤った使用方法、設計時に想定されていない外力の印加や使用環境などにより製品や部品が破損してしまう場合があります。その際に破断面及び破断面側面の目視・光学顕微鏡及び走査電子顕微鏡 (SEM) による観察で破壊の形態、起点や進展方向などを分析し、破壊原因の究明、対応・改善にあたります。

ここでは金属製部品の破面観察事例をご紹介しますと共に破面観察に供する試料の取り扱いに関するお願いをご案内します。

## ■ 破面観察の一例

県内の企業様のご厚意によりご提供いただいた破面観察結果をご紹介します。

本件はオーステナイト系ステンレス製の回転軸で発生した破断面の観察事例となります。当該回転軸には滑車を取り付けられており、滑車を介してベルトからの動力が伝達されます。破断面には回転力と共にベルトの張力による曲げの力が加わっていました。

図1にリング照明（破面正面から照射）を用いて撮影した破面全体の画像を示します。破面の腐食・汚損などによる色調の変化を読み取りやすい観察方法となります。回転軸が使用されていた環境は清浄であり、腐食・汚損による色調変化は得られておりませんが、特徴的な黒色部と破面性状の変化により生じた貝殻模様（ビーチマーク）が確認できます。

図2に外部照明（紙面上方の側面から照射）を用いて撮影した破面全体の画像を示します。凸部が明るく凹部が暗く（影に）なることで凹凸を読み取りやすい観察方法となります。破面の外周部で多数の起点から破壊が発生した際に生じるラチェットマーク、図1の黒色部周辺に該当する部分に山脈模様が確認されます。なお、側面からの照

明による観察では、破面の部分ごとに最適な照明の照射方向が異なります。紙面の都合上、一方から照明を照射した画像を掲載しましたが、他の方向からの照明による画像も組み合わせると破面のほぼ全周に渡ってラチェットマークが確認されます。

図1、2の画像から回転軸表面の多数の個所から亀裂が生じ、図1の黒色部に向かって進行していったことが推測されます。

図1及び2に示した回転軸の9時方位の表面近傍のSEM像を図3に示します。微細な縦縞の模

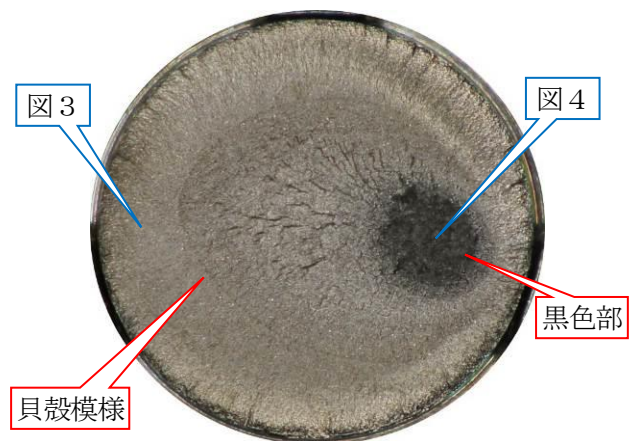


図1 光学顕微鏡像（リング照明）

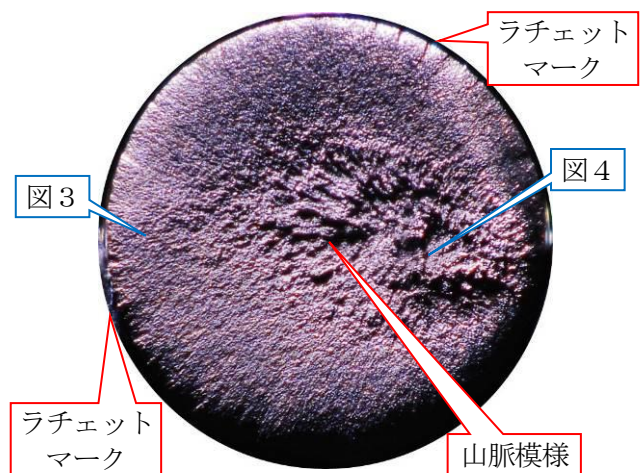


図2 光学顕微鏡像（外部照明）

様が確認できます。この模様はストライエーション模様と呼ばれ、疲労破壊時に生じる模様です。他の方位では縞模様の方向が異なるストライエーション模様が確認されています(6時・12時の方位では横縞)。疲労破壊は引張応力の負荷と除荷が繰り返されることにより生じ、応力の繰り返し毎の亀裂の先端が縞模様として破面に残ります。そのため、ストライエーション模様の方向及び形状から亀裂の進展方向を推測することが可能です。図3の画像では紙面左から右へと亀裂が進展しています。光学顕微鏡観察で確認された黒色部のSEM像を図4に示します。材料に対して過大な引張応力が印加された際に生じる等軸ディンプルが多数確認できます。

本件では、回転軸の表面全周から疲労破壊による亀裂が生じ、軸中心(図1黒色部)方向へ進展したことが確認されました。亀裂が成長し断面積が減少して、残存する面に負荷される応力値が材料の耐力を上回ったことで延性破断したものとります(最終破断部)。

何らかの原因により設計値より過大な回転曲げの外力が負荷されたことにより疲労破壊の発生から破断に至ったものと推測されます。

### ■破面観察をご依頼頂く際のお願い

今回の破面観察事例のご紹介では、破面の保存状態が良好であった場合のものを掲載しました。

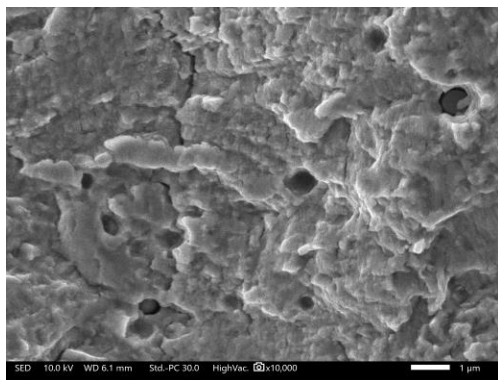


図3 9時方位の表面近傍SEM像

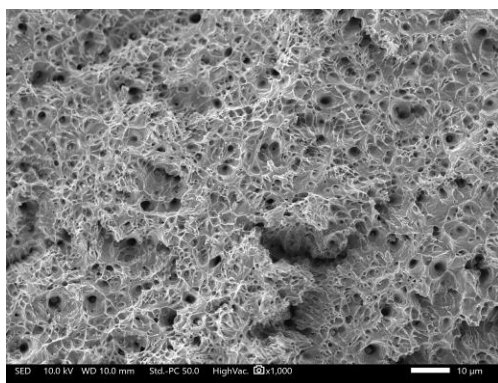


図4 黒色部SEM像

残念ながら全ての調査で原因究明に役立つ情報が得られるものではありません。亀裂の成長過程で破面間が衝突・摺動、破面生成後の汚損・腐食など様々な原因で微細な破面性状が失われ、情報が得られない場合が多々あります。圧痕や摩耗痕の中に辛うじて残存した生成初期の破面性状を探すなど、次善の対応を行っておりますがご理解をお願い致します。

破面性状は非常に微細・繊細なものとなります。破面の観察をご検討の場合は、破面を破壊しないようお願い致します。部品が破断した際には、欠落した小片の有無の確認などで破面間を突き合わせてみたい気持ちに駆られますが、破面には触れずに保管してください(手を触れない・ものを当てない)。部品表面の傷などが応力集中部となり、亀裂が生じる場合があります。破面の側面も重要な観察対象となりますので、破面と同様にお取り扱いいただきますようお願い致します。

一台の製品の中で複数部品が破損していた場合には、1つの部品の破損から波及して他の部品が破損するケースが多数となります。各破損部品の位置関係、力の加わり方から最初の破損部品を予測し、観察することにより調査費用の削減につながります。破面は、破壊の形態だけでなく材質や熱処理の内容により様々な性状を呈します。各部品の位置関係、材質や加工方法(熱処理を含む)の情報のご提供もお願い致します。

破断に至らない亀裂の露出加工、顕微鏡等の機材への搭載可能寸法への加工が必要となる場合があります。また、破面の面積や性状(必要となる観察倍率の高低)など、個々の事例により必要となる試験日数・費用が大きく異なります。

### ■おわりに

本試験は材料技術部門(長野市)及び精密・電子・航空技術部門(岡谷市)で対応します。試料をお預かりしての依頼試験だけではなく、社内で実施された観察結果に関するお問合せも承ります。お気軽にご相談いただければと思います。

なお、樹脂等の金属以外の素材については他部署でのご案内となりますのでご了承ください。

長野県工業技術総合センター  
材料技術部門 金属材料部 寺島潤一  
TEL:026-226-2012 FAX:026-291-6243  
E-Mail kogyoshiken@pref.nagano.lg.jp  
  
精密・電子・航空技術部門 加工部 藤原望  
TEL:0266-23-4052 FAX:0266-23-9081  
E-Mail seimitsushiken@pref.nagano.lg.jp