

事故原因究明事例

1. 自転車フレームの破損
2. 生ゴミ処理機かくはん軸の破損

製品評価技術基盤機構
九州支所 製品安全技術課

説明内容

1. 自転車フレームの破損

(1) 破面観察

(2) 溶接部の組織と硬さ

(3) フレームの化学成分

2. 生ゴミ処理機かくはん軸の破損

(1) 外観観察(浸透探傷試験)

(2) かくはん軸の化学成分

(3) 破面観察

事故原因調査事例 I

■ 自転車フレームの破損事故件数

2000年～2010年の間に約160件がNITEに報告されており、そのほとんどがフレームの破断となっている。(NITE事故情報データベース公表分による。)



1 事故の概要

自転車で走行中、突然フレームが折れた。
事故品の**使用期間は約6年**。

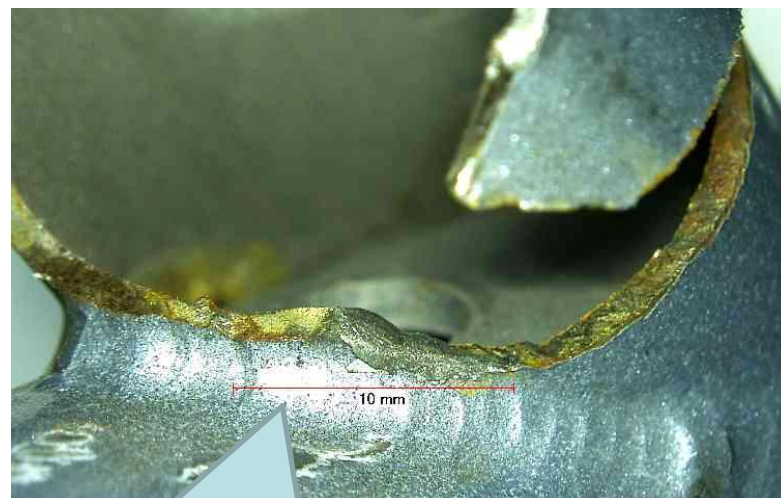
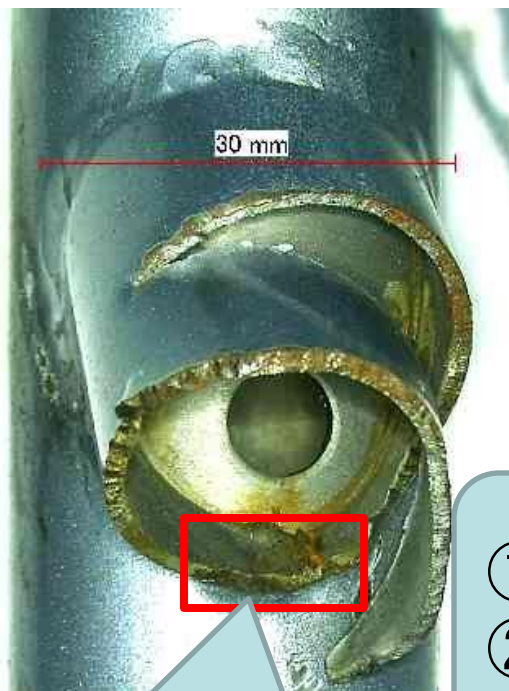
2 事故品の概要

タイプ:シティ車
フレーム:ダブルループ
材質:鋼



3 調査項目と結果

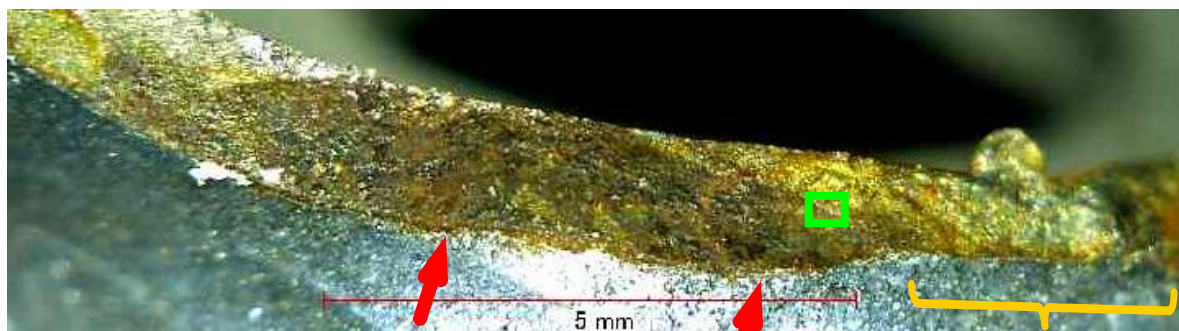
3.1 破面観察



- ①溶接不良(アンダーカット)の存在
- ②溶接ビードに沿ったき裂

著しい変色→起点の可能性大

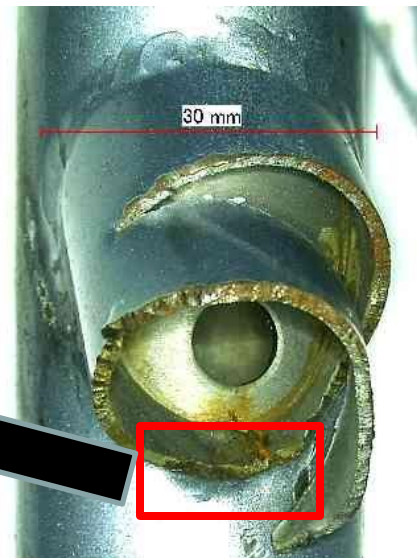
破面下部の拡大（疲労破壊の起点とアンダカット）



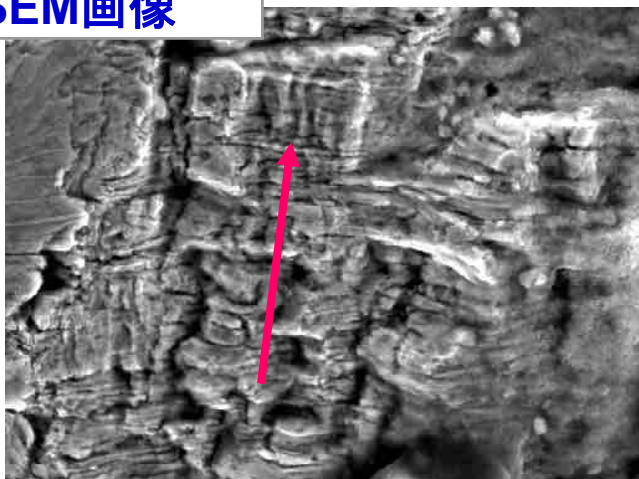
起点1

起点2

アンダカット



SEM画像

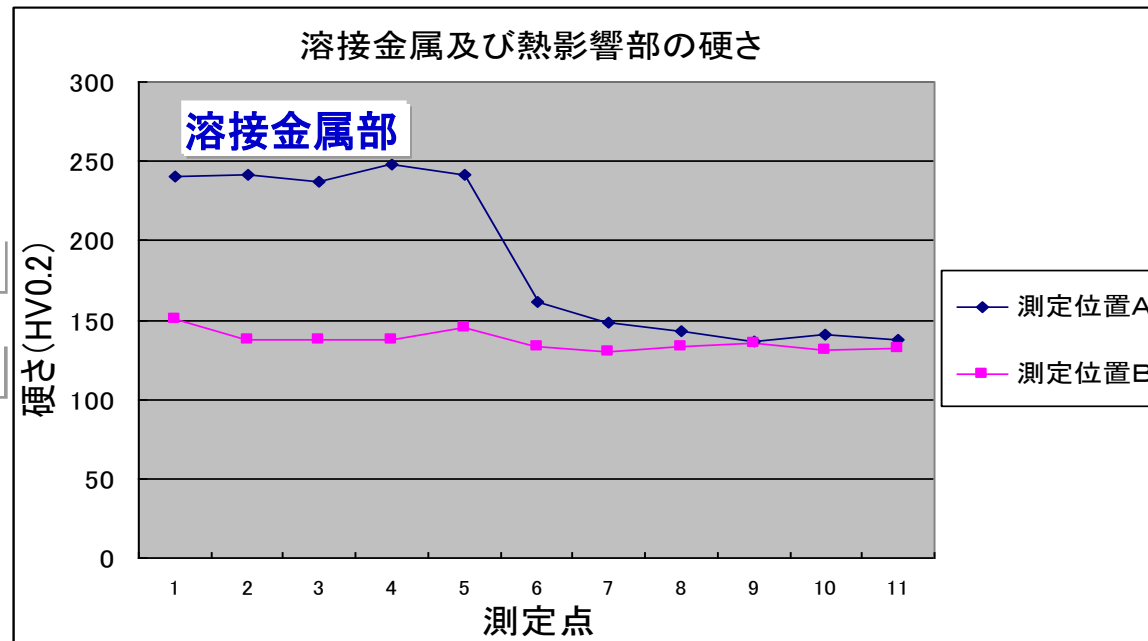
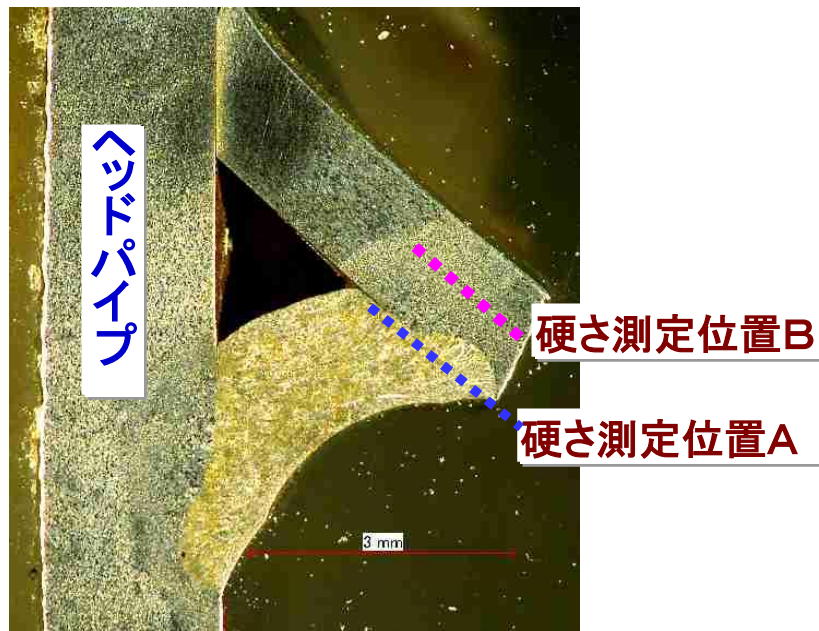


部拡大

- 約5mm長のアンダカット（溶接不良）。
- 疲労破壊の起点が2箇所。
- 起点は、アンダカットから離れた箇所
- 疲労破壊破面の特有のストライエーション

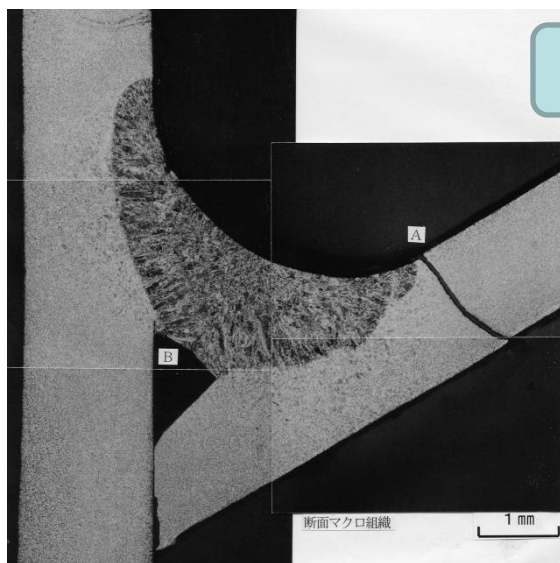
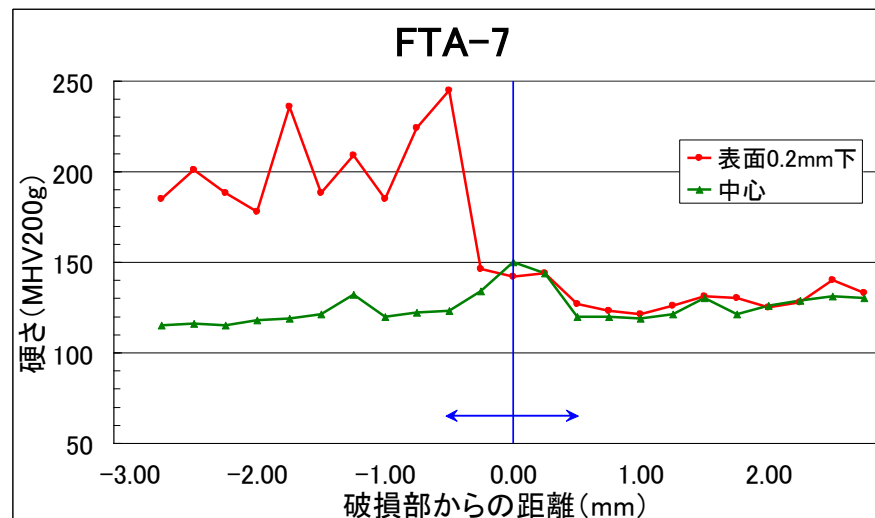
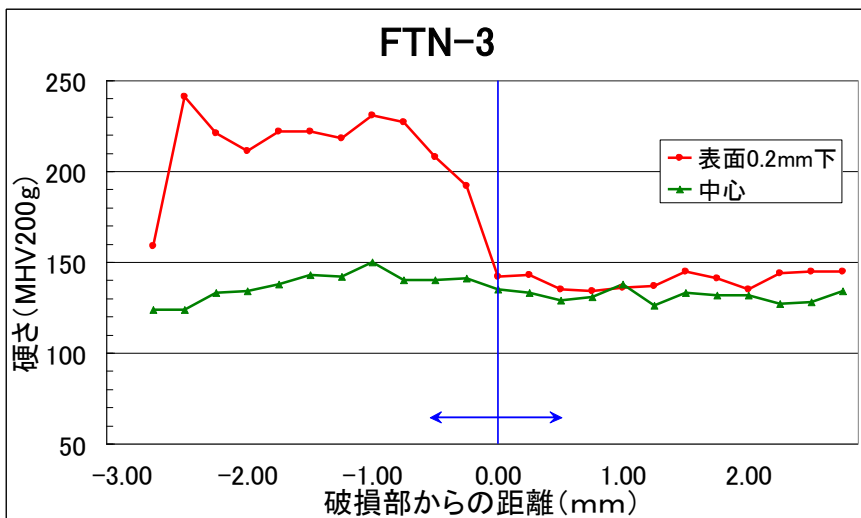
疲労破壊の起点はアンダーカットではない

3.2 溶接部の組織と硬さ

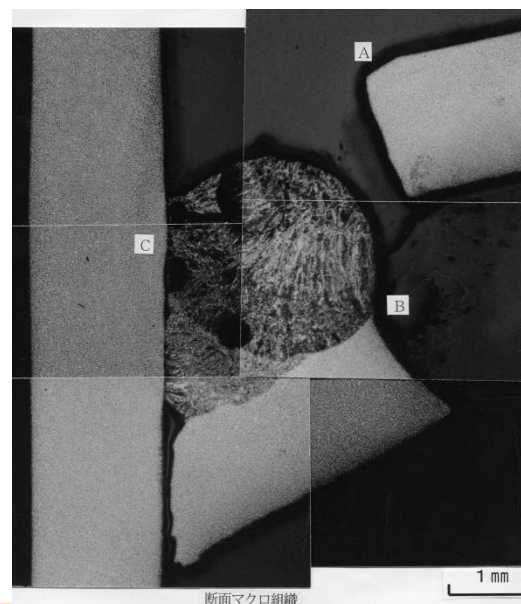


- 組織観察は、起点1と起点2の中央部で切断。
- 起点付近の溶接金属融合状態に問題は見られない。
- 硬さ(ビッカース)及びその分布に問題はみられない。

■ 参考：溶接部の組織と硬さ(鋼・疲労試験)



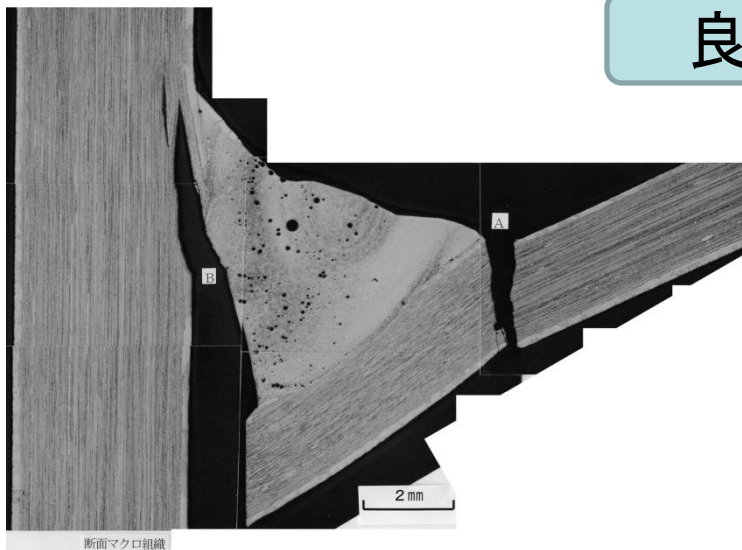
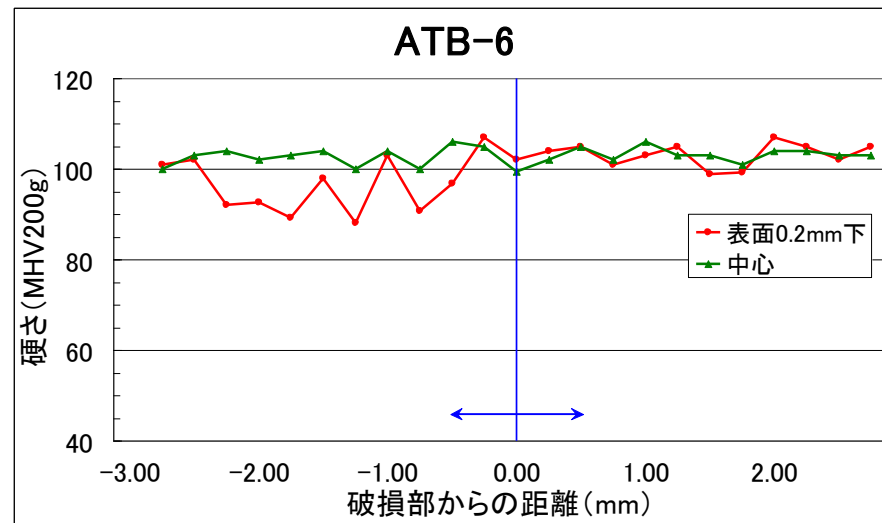
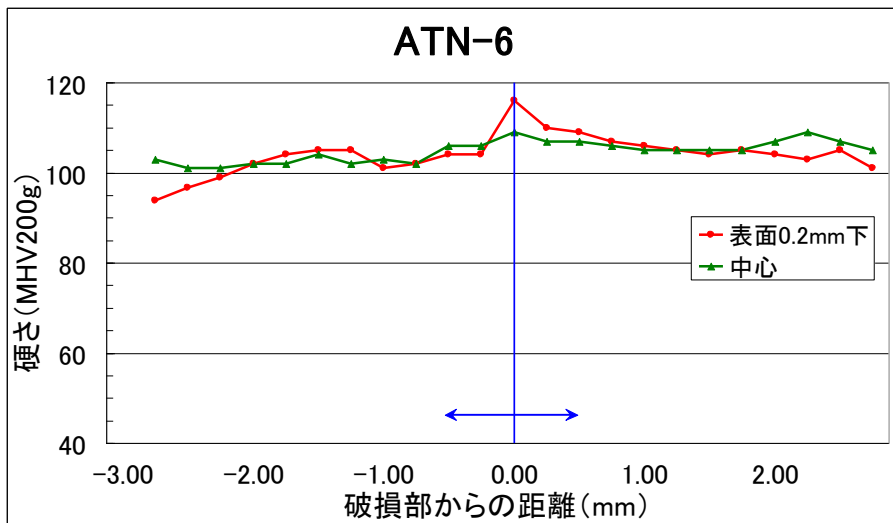
良品



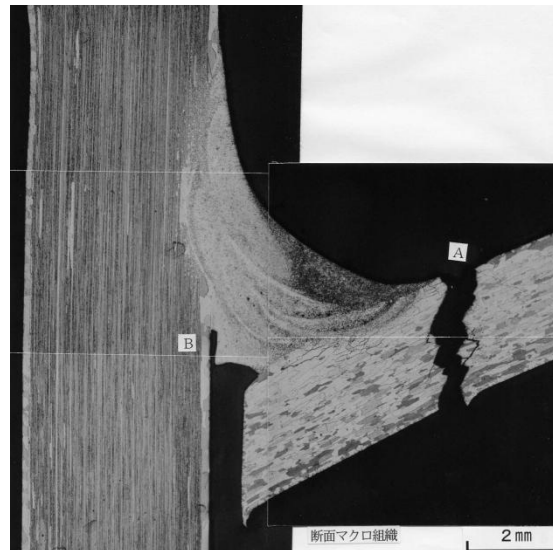
不良品

溶接電流低
融合不良
オーバーラップ

■ 参考：溶接部の組織と硬さ(アルミ合金・疲労試験)



良品



不良品

溶接電流大
ビードの凹み
アンダーカット

3.3 化学成分分析

表1 フレーム材の化学成分分析結果 (%)

	C	Si	Mn	P	S
下パイプ	0.09	0.01	0.28	0.03	0.02
上パイプ	0.05	0.01	0.23	0.02	0.02
STKM-11A	0.12以下	0.35以下	0.60以下	0.04以下	0.04以下
STKM-15A	0.25～0.35	0.35以下	0.30～1.00	0.04以下	0.04以下

- 発光分光分析法により分析。
- 使用材料は、自転車フレームに一般的に使用されるJIS G 3445(機械構造 用炭素鋼鋼管)のSTKM 11Aに相当。

4. まとめ

- **破損の原因**: 下パイプ側溶接止端部に微小なき裂が生じ、**疲労破壊により破断**。
- 起点が**アンダカット部ではない**ことから、アンダカットが破損の原因ではない。
- 起点付近の**溶接金属の融合状態や、溶接金属部・熱影響部の硬さに問題はない**。
- 使用材料の**化学成分に問題はない**。
- 走行中の荷重や衝撃により生じる引張り応力の最大箇所は、下パイプ接合部最下部であり、事故品の破壊の起点と一致することから、**走行中に何らかの過大な荷重や衝撃でき裂が生じ、疲労破壊につながったものと推定される**。

事故原因調査事例Ⅱ

■ 生ゴミ処理機の事故件数

2000年～2010年の間に28件発生し、その殆どが火災や機器の焼損を伴う事故であり、その中に、2007年度の製品事故情報報告・公表制度施行以降の重大事故件数9件（いずれも火災）が含まれる。（NITE事故情報データベース公表分による。）

■ 生ゴミ処理機のしくみ

バイオ式：生ごみに好気性微生物を投入して、ヒーターで保温しながらかくはんし、微生物の有機物分解作用により、二酸化炭素と水に分解して減量、衛生化を行う。

乾燥式：生ごみをかくはんしながら、ヒーターや温風で水分を蒸発させて減量、衛生化を行う。

1 事故の概要

生ごみ処理機のかくはん軸及びかくはん棒が折損したため、外周にヒーター線が取り付けられているかくはん槽に穴が開いた。(発火には至っていないが、発火の蓋然性が考えられる。)

事故品の使用期間は**ほぼ1年**であり、**終日連続運転**していた。

2 事故品の概要

処理方式: バイオ式

処理能力: 食品ごみ1.5kg/1日

外形寸法: 幅500 × 奥行436 × 高さ682mm

質量: 20kg

消費電力: 90W

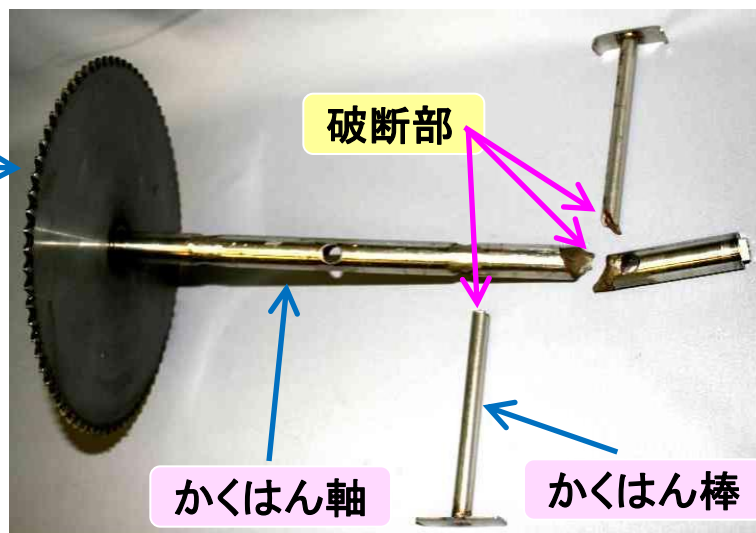


3 調査項目と結果

3.1 破損状態等の観察

- かくはん軸(直径20mm): 1箇所が破断し、他にも多数のき裂が見られる。
- かくはん棒(直径11mm、全4本): 4本とも破断。
- かくはん軸・かくはん棒ともに、曲がり等の変形は見られない。(過大な外力を受けた痕跡はない。)

スプロケット(モーターの回転力をチェーンで伝えるギヤ)



事故品のかくはん軸とかくはん棒



かくはん軸の破断部付近

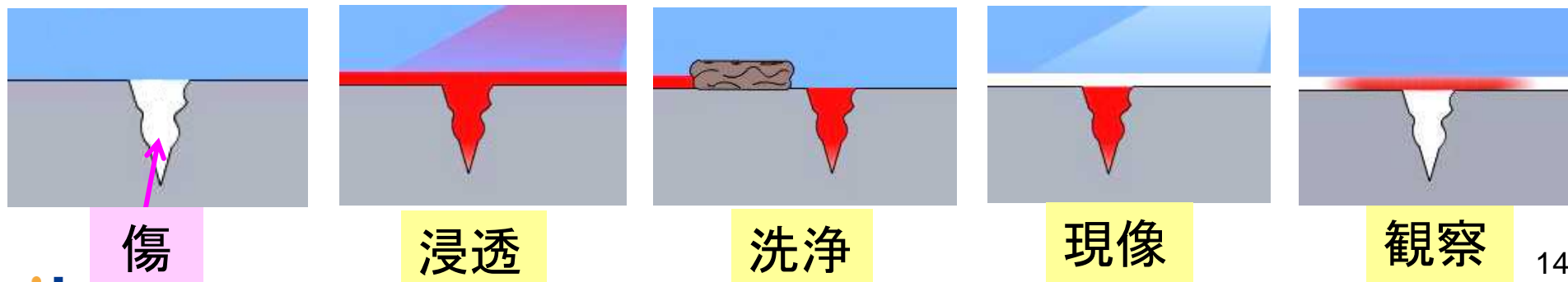
3.2 かくはん軸・かくはん棒の染色浸透探傷試験

かくはん軸に複数のき裂が見られることから、目視で確認できないものも含めてき裂発生の状態を調べるために**染色浸透探傷試験**を実施した。

■ 染色浸透探傷試験とは

試料の表面に開口している微細な傷に、見えやすい色の浸透性の高い液体(浸透液)を浸み込ませ、再度表面に吸い出すことにより傷を拡大して見つけ出すことが可能な、**非破壊検査**の手法の一つ。

手順 : 前洗浄 → 浸透処理 → 洗浄処理 → 現像処理 → 観察



試験の結果、目視で確認できるき裂以外にも、**多数のき裂が発生していた。**

かくはん軸



90度毎撮影

かくはん棒



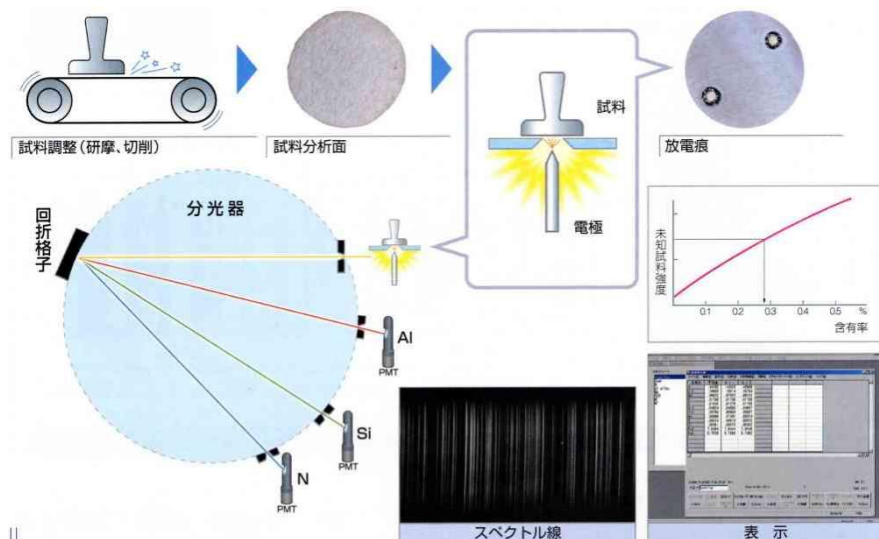
3.3 使用材料の化学成分分析

かくはん軸及びかくはん棒の使用材料を特定するために、**発光分光分析法**により化学成分分析を行った。

■ 発光分光分析法とは

放電プラズマ光を分光して得られる元素固有のスペクトルの波長から定性を行い、発光強度から定量を行う方法。

NITE九州支所の保有する分析装置は、アルゴンガス雰囲気中でのスパーク放電によって得られる光を分光する**スパーク放電発光分光方式**。



スパーク放電発光分光分析の概念図



スパーク放電発光分光分析装置

■ 化学成分分析の結果

JIS G 4303 (ステンレス鋼棒) に規定するオーステナイト系のSUS301やSUS304等と、Fe以外の主成分であるNi及びCrがほぼ一致することから、かくはん軸及びかくはん棒ともオーステナイト系ステンレス鋼であった。

使用材料の化学成分分析結果 (％)

化学成分		C	Si	P	Ni	Cr	Fe
かくはん軸		0.22	0.61	0.024	6.84	15.75	残部
かくはん棒		0.08	0.50	0.034	6.80	20.59	残部
JIS G 4303	SUS301	0.15以下	1.00以下	0.045以下	6.00～8.00	16.00～18.00	残部
	SUS304	0.08以下	1.00以下	0.045以下	8.00～10.50	18.00～20.00	残部

3.4 破面の解析

かくはん軸及びかくはん棒の破断原因を調べるために、**マイクロスコープ**及び**走査型電子顕微鏡 (SEM)**により、破面を観察し解析した。

■ マイクロスコープ観察の結果

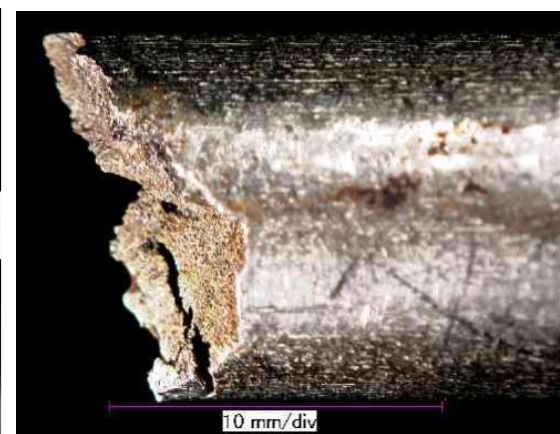
○ かくはん軸及びかくはん棒とも **破面の4/5程度が茶褐色に腐食**し、腐食していない最終破断部の面積は、破面全体の1/5程度。



かくはん軸の破面



かくはん棒の破面



○ 破面は凹凸の激しい複雑な形状をしており、これは、き裂が複雑に分岐したり合流したものと考えられ、一般的に凹凸の少ない単純な面になる疲労破面とは異なる。

○ かくはん軸破面のき裂起点は、かくはん棒差込み穴から20mm程度離れた箇所であり、かくはんにより生じる応力が最大となるかくはん棒差込み穴部と異なる。

○ かくはん軸破面に見られる軸方向に対して角度約45度の斜めの面は、ねじり応力の影響を受けた破面形状である。



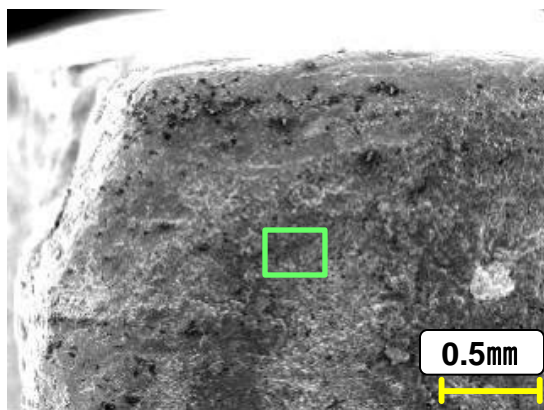
かくはん軸の破面



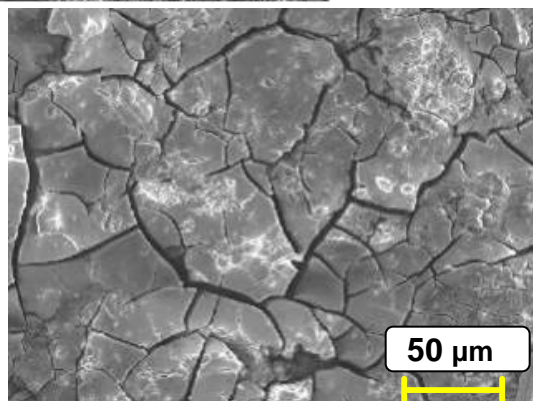
かくはん棒の破面

■ 走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察の結果

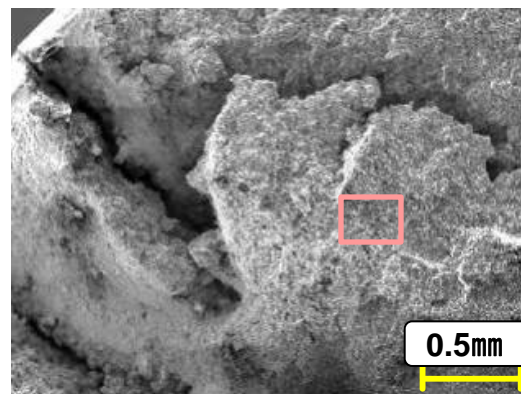
- かくはん軸及びかくはん棒とも、破面に微小なき裂が多数見られ、**オーステナイト系ステンレス鋼**に発生しやすい**応力腐食割れ**(通常ではき裂の発生しない程度の引張応力と腐食環境との相互作用で材料にき裂が発生し、時間と共にき裂が進展する現象)を呈している。



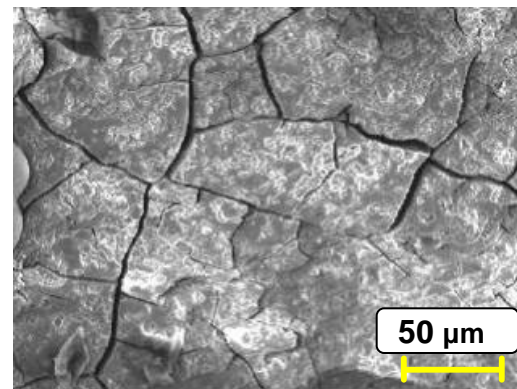
部拡大



かくはん軸の破面



部拡大



かくはん棒の破面

4 まとめ

- 事故品のかくはん軸及びかくはん棒の材質は、共に**オーステナイト系ステンレス鋼**であった。
- 破面解析結果から破壊の原因は、腐食環境下で使用される**オーステナイト系ステンレス鋼**に特に発生しやすい**応力腐食割れ**であると推定される。
- **オーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ**は、**塩素イオンを含む環境下**において発生しやすく、事故品の場合、生ごみ中に含まれる**塩分及び水分の影響**を長時間受け続けたことによるものと推定される。
- **応力腐食割れ**につながった応力としては、運転時のかくはんにより生じる**曲げ応力・ねじり応力**の他、当該応力の加わる向きと異なる向きのき裂(軸方向等のき裂)も見られることから、材料の製造時や加工時に生じた**残留応力**が影響していることも考えられる。