

平成 21 年度日本金属学会関東支部講習会 「破壊の原因を破面観察から探る」

主 旨：材料設計や機械設計では、破壊の原因の解明が不可欠である。破壊機構の解明に果たす破面観察の役割は大きい。本講習会の目的は、破壊のメカニズムを破面観察を中心に基礎について解説し、破面観察の事例を通して、材料の機械的特性や使用環境と破面がおりなす複雑な関係をどのようにひも解き、解析するかを平易に解説し、その破壊のプロセスを理解することである。

主 催：社団法人日本金属学会関東支部

協 賛：安全工学会，応用物理学会，金属系材料研究開発センター，軽金属学会，資源・素材学会，自動車技術会，土木学会，日本 MRS，日本応用数理学会，日本化学会，日本機械学会関東支部，日本計算工学会，日本建築学会関東支部，日本顕微鏡学会，日本高圧力技術協会，日本材料学会関東支部，日本船舶海洋工学会東部支部，日本塑性加工学会，日本鋳造工学会，日本鉄鋼協会，日本熱処理技術協会，日本複合材料学会，日本溶接協会，腐食防食協会，未踏科学技術協会

日 時：2009年9月9日（水）9:00～17:00

プログラム：

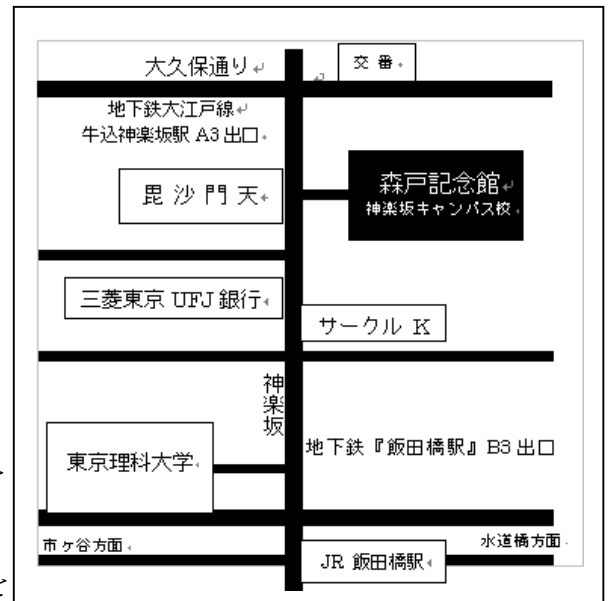
時 間	題 目	講 師
9:00～9:05	開 会 挨 拶	日本金属学会 関東支部 支部長 吉田豊信
9:05～10:05	基調講演 破壊のメカニズム	早稲田大学 南雲道彦
10:05～11:05	基調講演 破面観察の基礎：典型的な破面	横浜国立大学 梅澤 修
11:05～11:55	破面解析による事故原因解明の事例 (1)産業機械の事故解析事例	日本クレーン協会 橋内良雄
13:10～14:00	(2)ボイラ高温主要耐圧部におけるクリープ および疲労損傷事例と対策	I H I 検査計測 梶ヶ谷一郎
14:00～14:50	(3)薄鋼板製品製造過程での材料破壊	J F E スチール 奥田金晴
15:10～16:00	(4)もんじゅにおける事故解析	日本原子力研究開発機構 和田雄作
16:00～16:50	(5)ステンレス鋼およびNi基合金のSCC 事例と破面形態	電力中央研究所 太田丈児
16:50～16:55	閉 会 挨 拶	日本金属学会 関東支部 桐野文良

会 場：東京理科大学生涯学習センター（森戸記念館）第1フォーラム
（東京都新宿区神楽坂4-2-2）

交 通：JR 総武・中央線 飯田橋駅 徒歩7分
地下鉄 有楽町線・南北線・東西線・
大江戸線飯田橋駅 B3 出口 5分

参 加 費：(テキスト代を含む)
会員 10,000 円，(協賛学会協会員も同額)
非会員 20,000 円，学生 3,000 円

申込方法：申込書に参加費または振込明細のコピーを添えて **8月31日**までに下記宛にお申し込み下さい。(定員 70 名になり次第，申込みを締め切らせていただきます。)



申込み先：〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻内
日本金属学会関東支部事務局 石川百合子宛
E-mail:ishikawa@material.t.u-tokyo.ac.jp

振込み先：三菱東京 UFJ 銀行 仙台中央支店，口座番号 1505249（普通預金）
口座名義 社団法人 日本金属学会 関東支部 事務局長 梶原 義雅

担 当：日本金属学会関東支部平成 21 年度講習会実行委員会

桐野文良(東京芸術大学)，伊藤 叡(新日鐵化学)，梅澤 修(横浜国立大学)，
木原重光(ベストマテリア)，小池精一(本田金属技術)，柴田 清(千葉工業大学)，
須佐匡裕(東京工業大学)，永田和宏(東京工業大学)，錦織貞郎(IHI)，
春山修身(東京理科大学)，福富洋志(横浜国立大学)，船川義正(JFEスチール)，
御手洗容子(物質・材料研究機構)，吉原美知子(横浜国立大学)

..... 講習会参加申込書

勤務会社(大学)名・所属部署			
所在地 〒			
連絡先 e-mail		Tel Fax	
受講者氏名	所属学協会	参加費合計(会員・非会員・学生)	名分 ¥

*上記の情報は本講習会関係以外には使用いたしません。

平成 21 年度日本金属学会関東支部講習会

「破壊の原因を破面観察から探る」

講 義 概 要

1. 基調講演 破壊のメカニズム

早稲田大学

南雲道彦

破壊は材料とのおかれた力学状態、それに使用環境が関わりあって起きる。破壊事故ではまず破面観察が行なわれて破壊様式が調べられるが、これは分類自体が目的ではなく、破壊様式のメカニズムから破壊原因推定の方針が得られるためである。破面から割れの進展経路とそこでの変形状態の情報が得られるが、事故原因解明にはいくつかの注目点がある。

破壊は割れの進展が力学的に不安定化する脆性破壊と、塑性変形に伴う微小割れ（ボイド）の生成と成長・連結が継続的に起きる延性的破壊とに大別される。本講ではき裂の不安定化で起きる脆性破壊では延性・脆性破壊遷移を含めた破壊靱性の支配機構を、割れ進展抵抗が重要な延性的破壊では塑性変形の局所化と関連する微小ボイド生成を中心に述べる。また、疲労破壊や水素脆性について、上記の基本破壊様式との関連を述べる。

2. 基調講演 破面観察の基礎：典型的な破面

横浜国立大学

梅澤 修

破面観察（フラクトグラフィ）は、どこでき裂が発生し、どのような理由で破壊に至ったかを突き止める上で、重要な情報を与える。ストライエーションやリバーパターンに代表される特徴的な疲労き裂の進展情報、金属組織を反映したファセットなどが対象である。破面の理解には、広いスケールからの観察による全体像の把握と、個々の現象を特徴付ける部位の抽出といった多面的な解析が必須である。教科書には典型例が示され、分析機器も格段に進歩しているが、実際には観察対象や状況証拠に限られるなど破壊原因を結論付ける上で困難を伴う。昨年度に引き続き、経験に裏打ちされた”目”を養うことを一緒に考えてみる。

3. 破面解析による事故原因解明の事例

(1) 産業機械の事故解析事例

日本クレーン協会

橋内良雄

機械や構造物の破損原因を破面から推定するには、最初に破面全体の特徴を定性的に把握し、その後電子顕微鏡などの高倍率の装置を用いて定量的な解析がなされる場合が多い。本稿では、肉眼で破壊の種類、起点、き裂進展方向、負荷の大きさ等を推定する方法を概説し、さらに破壊の仕方と電子顕微鏡で観察した破面の特徴、及び疲労破面の定量結果と破壊力学パラメータの関係を示す。これらの結果を破損した歯車、ボルト、巻き上げドラム軸、建設・荷役機械などに適用して原因の究明を行った結果や、疲労破面のストライエーション間隔と応力拡大係数範囲の関係をj用いて稼働時に受けていた応力範囲や破損までの繰り返し寿命を推定した結果について紹介する。

(2) ボイラ高温主要耐圧部におけるクリープおよび疲労損傷事例と対策

I H I 検査計測

梶ヶ谷一郎

国内の全電力設備容量の内約 60%は火力発電プラントで構成されている。各種発電設備の中でも、我が国では環境に優しいと同時にエネルギー資源の有効活用の観点から、石炭焚の超高压高温（USC）プラントの開発が早くから進められ、世界で最も高効率な火力発電プラントが運用されている。これらの USC プラントの実現に大きく寄与したのは、設計と同時に日本における先進材料の開発が挙げられる。現在、欧米、中国を中心に高効率 USC プラントの建設が進められてい

るが、これらのプラントでも、我が国で開発された高温用先進材料が広く適用されている。一方、高効率火力発電プラントは、高温機器としてクリープ損傷や疲労破壊損傷などの課題を克服した設計・材料が絶えず要求されている。

ここでは、USC ボイラの主要耐圧部（高温再熱蒸気管、高温再熱器管など）で経験した代表的なクリープ損傷事例および疲労損傷事例を挙げ、破壊面の観察などを通じた原因解析、さらに対策の実例などを紹介する。

(3) 薄鋼板製品製造過程での材料破壊

J F E スチール

奥田金晴

優れたプレス成形性が求められる自動車用鋼板は、CO₂排出規制や衝突安全性の観点から高張力化が進んでおり、部品成形時の不良（割れ、しわ等）にもより一層注意しなければならない。部品成形時の不良は一般に機械的特性と密接な関係にあるが、機械的特性では説明できない不良もあり、これに破壊現象に関わることがある。例えば、深絞り加工後に引張残留応力や衝撃力が作用して脆性破壊に至る二次加工脆性が知られている。その破壊形態には、へき開破壊や粒界破壊があり、後者は高強度IF鋼などで発生することがある。また、高強度ボルトやオーステナイト系ステンレス鋼で発生する遅れ破壊（置き割れ）についても、自動車鋼用薄鋼板の高強度化により、その発生が懸念されている。

本講演では、特に二次加工脆性について、①成分、めっき、組織などの素材要因（特にP、Bの偏析挙動）、②加工条件の影響（板厚、絞り比）の観点から、これまでの研究成果をレビューする。また、薄鋼板の遅れ破壊についても触れる。これには鋼の性質、成形条件、成形後の処理条件、腐食環境などの多くの影響因子が考えられる。

(4) もんじゅにおける事例解析

日本原子力研究開発機構

和田雄作

高速増殖炉原型炉「もんじゅ」において、1995年12月、電気出力40%で性能試験を実施中に、2次主冷却系のナトリウムが漏えいする事故が発生した。この事故により約640kgのナトリウムが漏えいした。

本講演では、事故の概要を紹介した上で、漏えい部である配管内に挿入された温度計さや管の破損についての原因究明の全体の流れを、破面解析が重要な位置を占めたことを実例として示しながら紹介する。

破損原因の究明は、破損した温度計さや管の材質検査、破面解析から進め、かなり高い周波数の高サイクル疲労特有の組織・結晶依存型破面やき裂の停留らしき痕跡を確認した。一方、主冷却系配管内でのさや管の流力振動解析も並行して進め、水流動試験の裏付けを得て、さや管に抗力方向への自励的な高い周波数の振動（インライン振動）が起こることを示した。続いて、流力振動によるさや管付け根段付き部の応力集中部における疲労き裂発生の評価、初期の疲労き裂進展解析と破面解析の照合による組織・結晶依存型破面やき裂停留の解明、き裂停留後の進展開始と再度のき裂停留に対する数値解析と破面解析の整合により、流力振動によるさや管の高サイクル疲労破損を確認した。

(5) ステンレス鋼およびNi基合金のSCC事例と破面形態

電力中央研究所

太田文児

ステンレス鋼およびニッケル(Ni)基合金は優れた耐食性、機械的特性を有することから軽水型原子炉（軽水炉）を始めとする発電プラントや化学プラントの構造材料として多用されている。一方、溶接や機械加工に基づく引張り残留応力が存在すると腐食性がさほど厳しくない特定の環境中で応力腐食割れ(SCC)と呼ばれる環境助長割れ感受性を示すことが知られている。

本講演では、応力腐食割れに関し一般的に言われている特徴、メカニズム等を述べた後に、軽水炉における事例として高温高圧水中のSCC、また化学プラント等における事例として大気中での塩分付着によるSCCを解説する。さらにこれらのSCCの特徴を、実験室的検討結果に基づき、応力やひずみとSCC感受性の関係、金属組織と破面形態の変化等に注目して説明する。