

Spring-8ワークショップ「放射光による金属組織観察技術の現状」
キャンパス・イノベーションセンター東京地区(2007.7.20)

金属材料の性能評価とイメージングの応用例

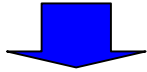
鉄鋼材料中の介在物および疲労き裂の観察

神戸大学大学院 中井善一



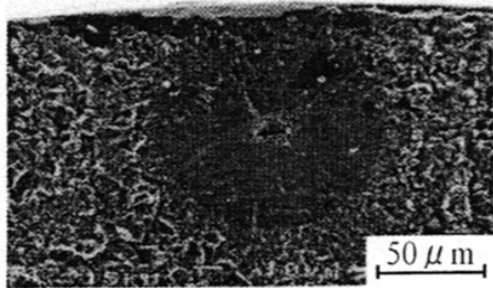
研究背景

高強度鋼，表面処理材
設備の長寿命化

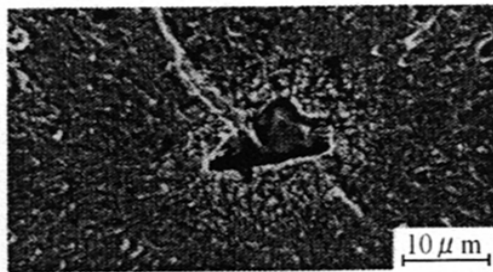


超長寿命域において内部起点型破壊が起こる

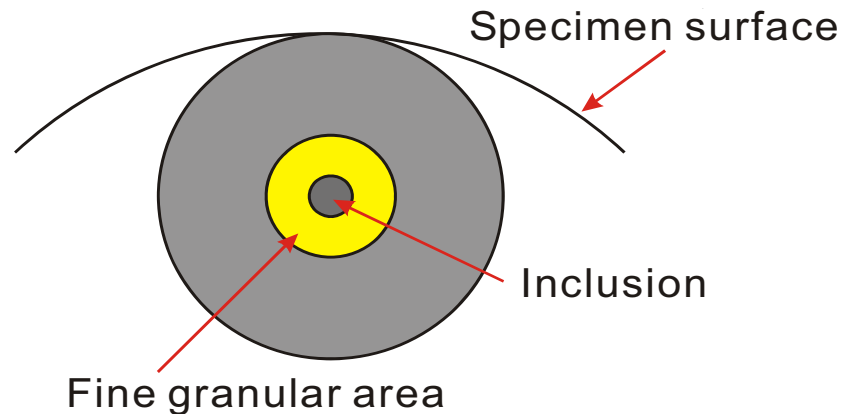
FGAの形成は，疲労過程の初期(寿命の5~10%)に始まり，疲労過程の大分部(寿命の90%)を占める。



(a) Fish-eye fracture ($\sigma_a=1300\text{MPa}$, $N=9950520$).



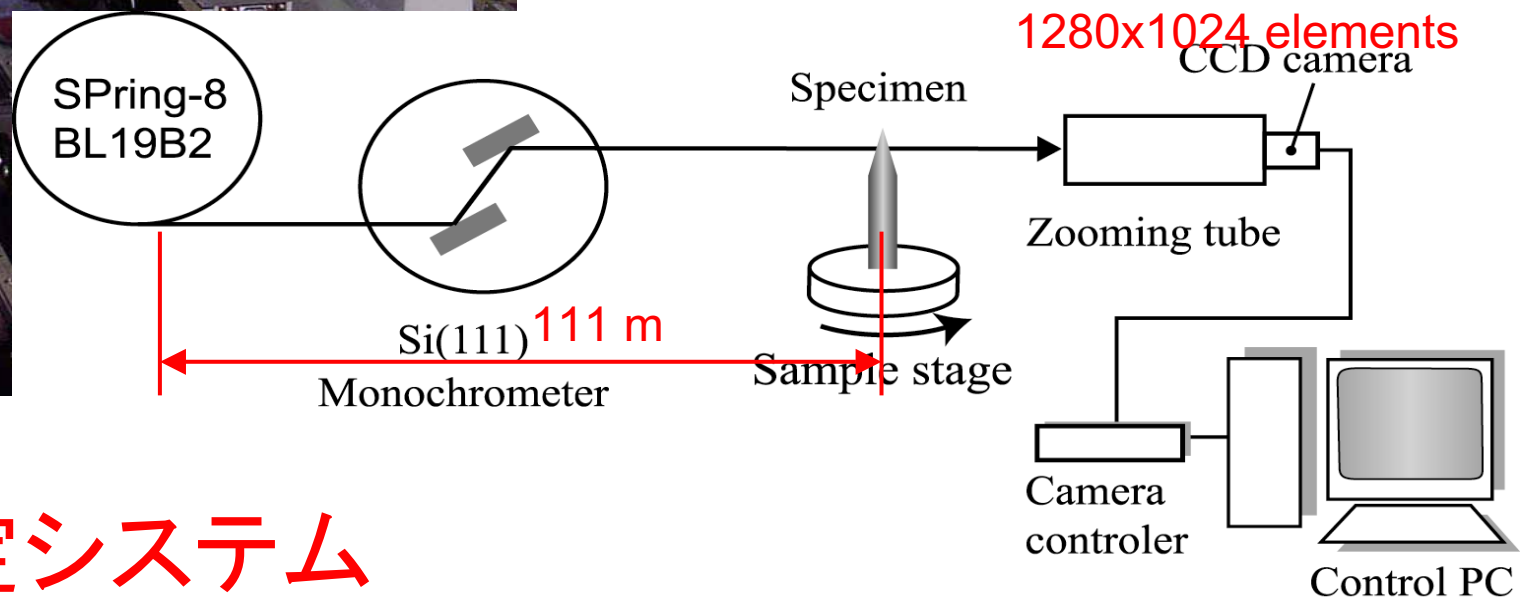
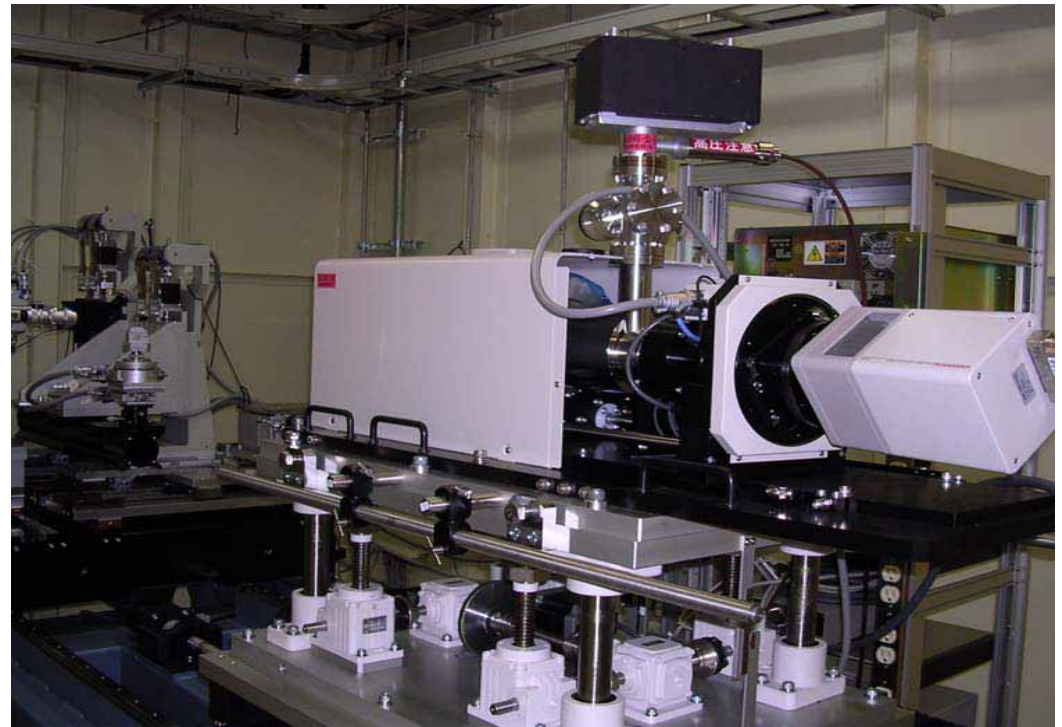
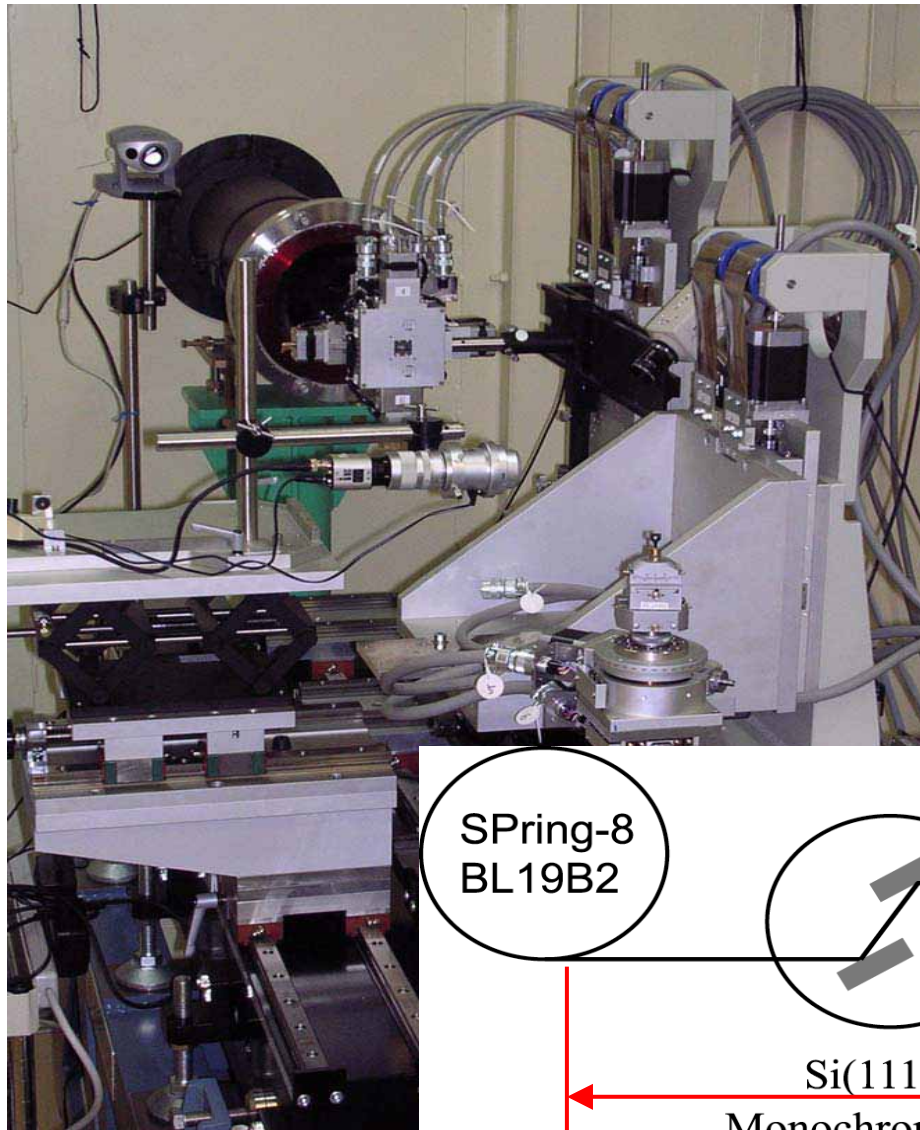
(b) Inclusion and FGA of fish-eye.



FGA, GBF (granular bright-facet) の生成・成長過程の解明

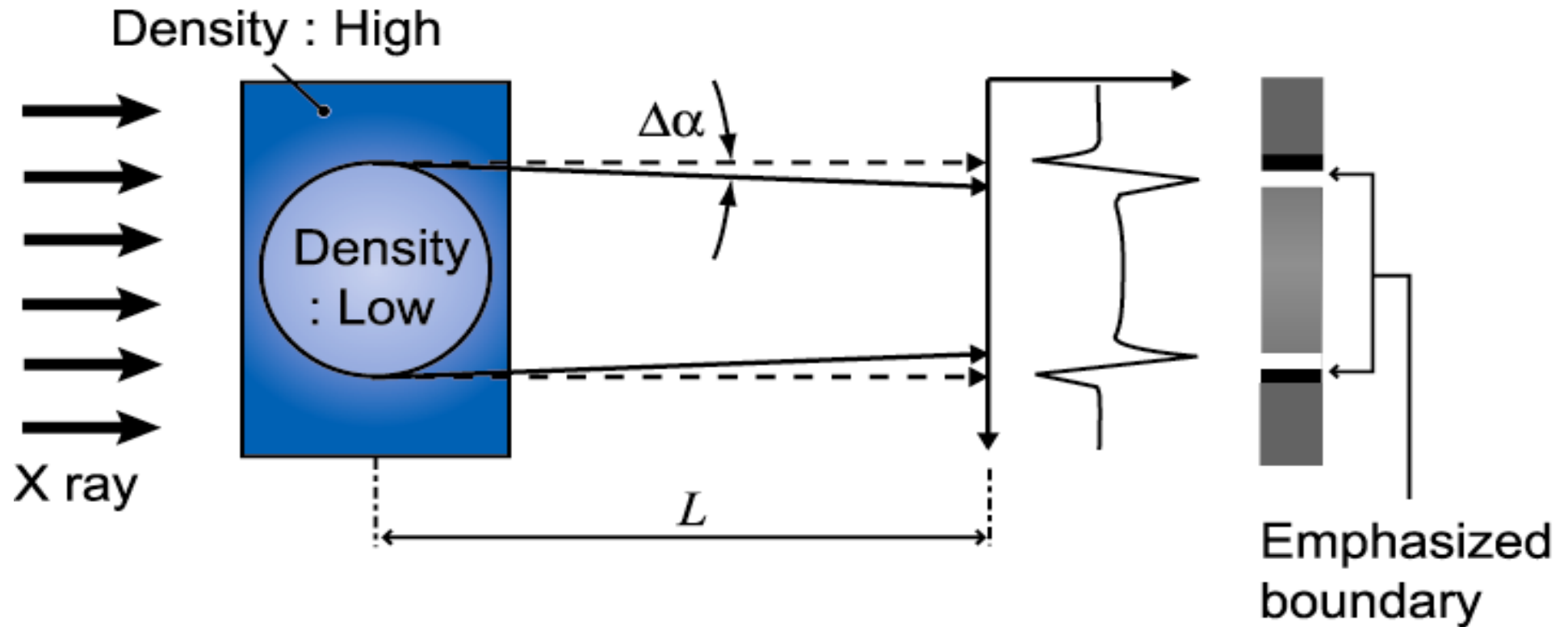
高輝度，高分解能な放射光の利用

予寿命評価および破壊事故原因究明ツールの開発



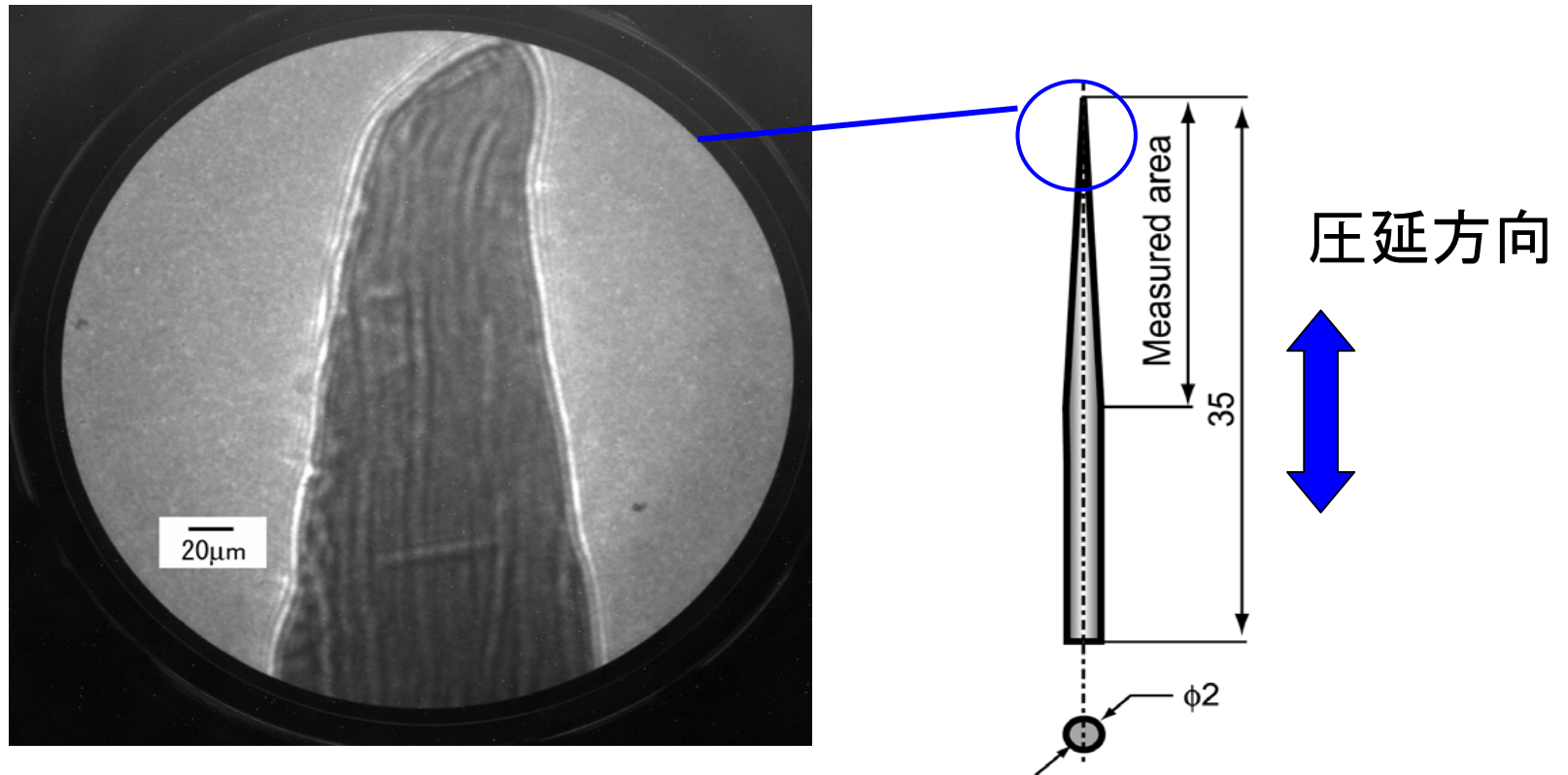
測定システム

屈折コントラスト法



X線吸収率の差が少ない材料間の界面を強調して表示することができる。

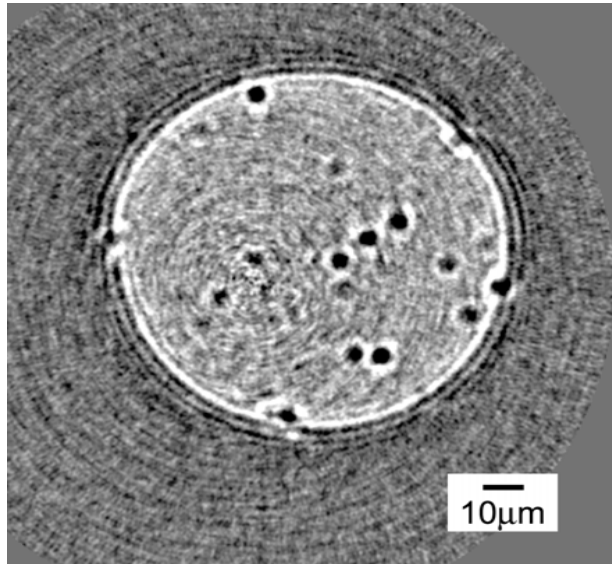
高強度鋼中の介在物の観察



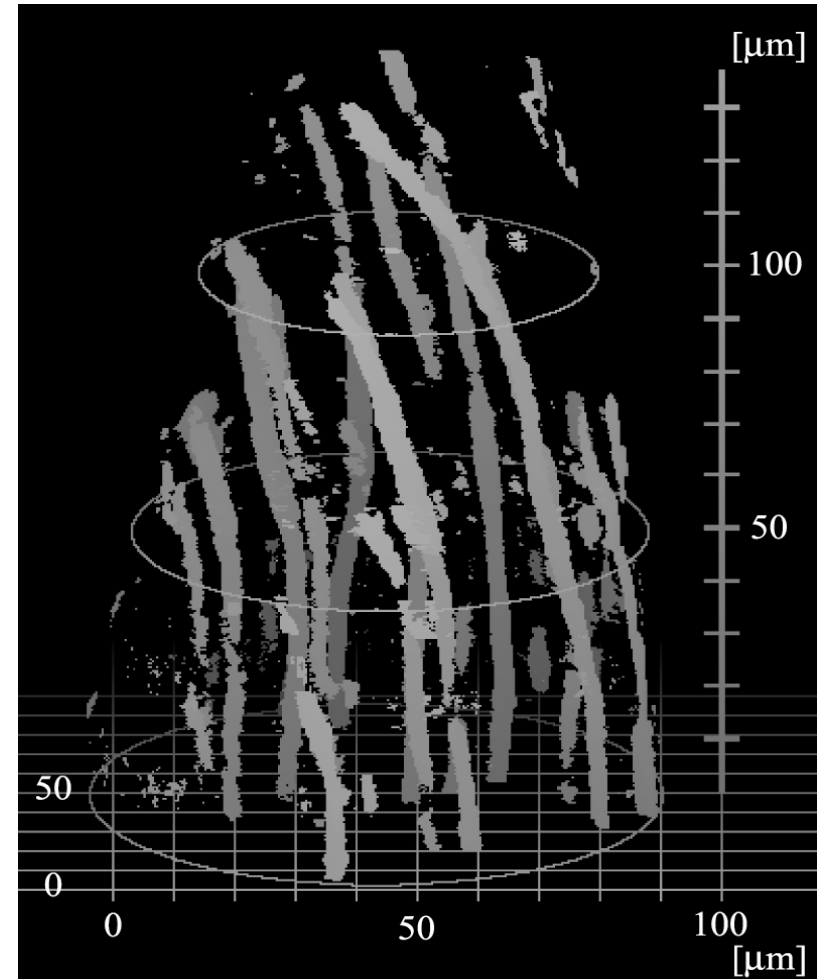
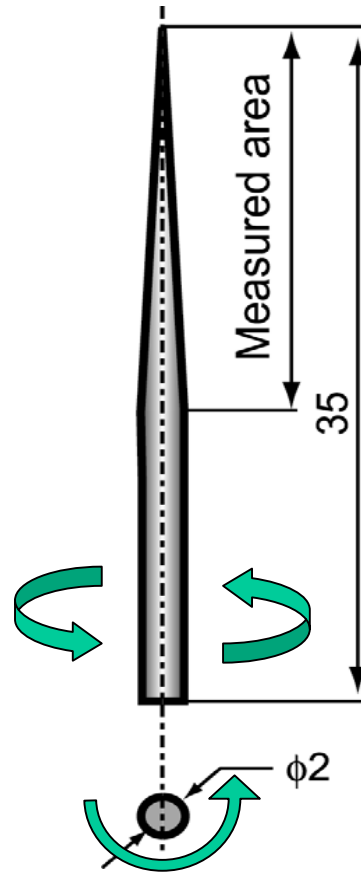
試料: 快削鋼 SAE12L14

エネルギー: 25keV 露光時間: 300s

放射光CT イメージング



横断面
 ϕ 100 μ m付近



3-D image

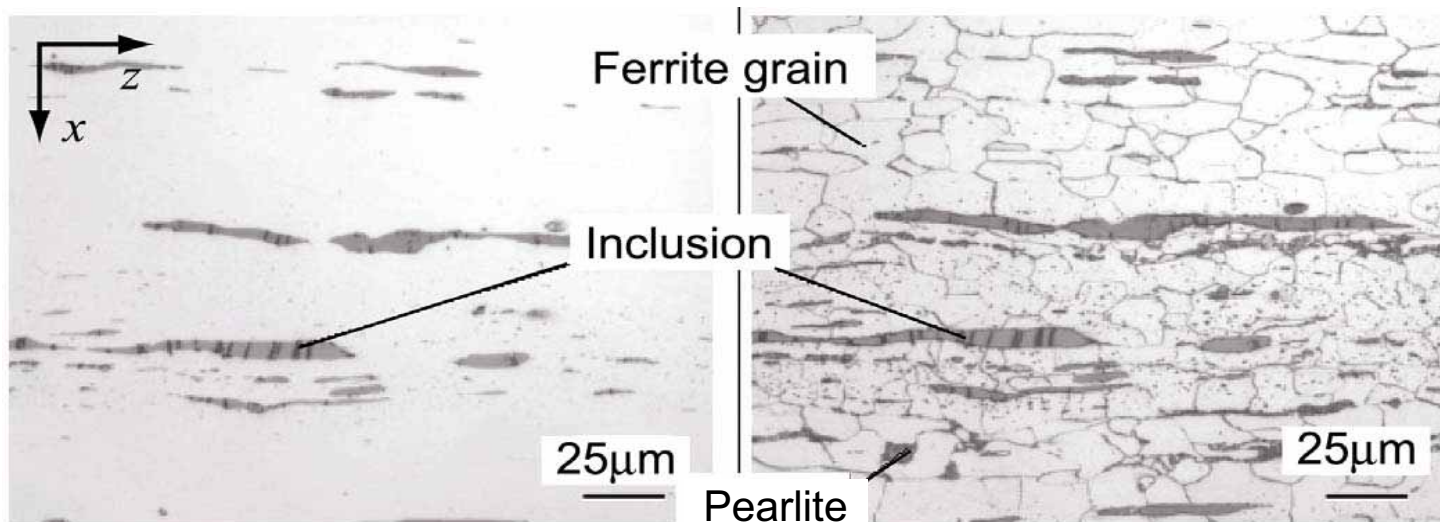
試料: SAE12L14 (快削鋼)

エネルギー: 25keV, 撮像: 180枚/180°

金屬組織

快削鋼

SAE12L14

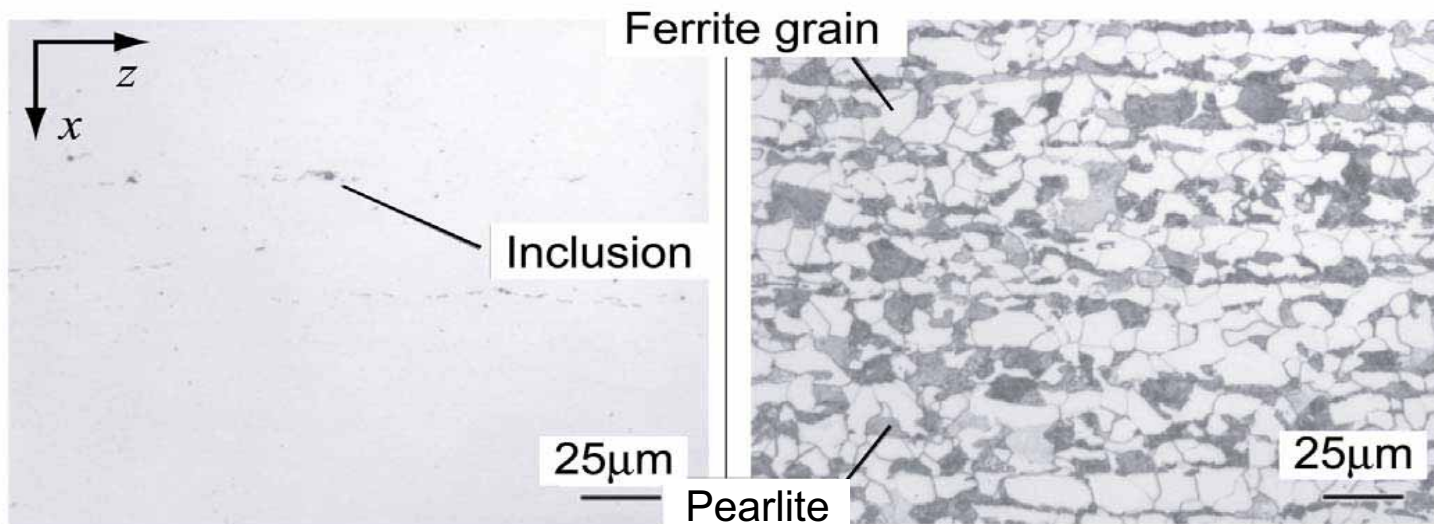


腐食前

腐食後

炭素鋼

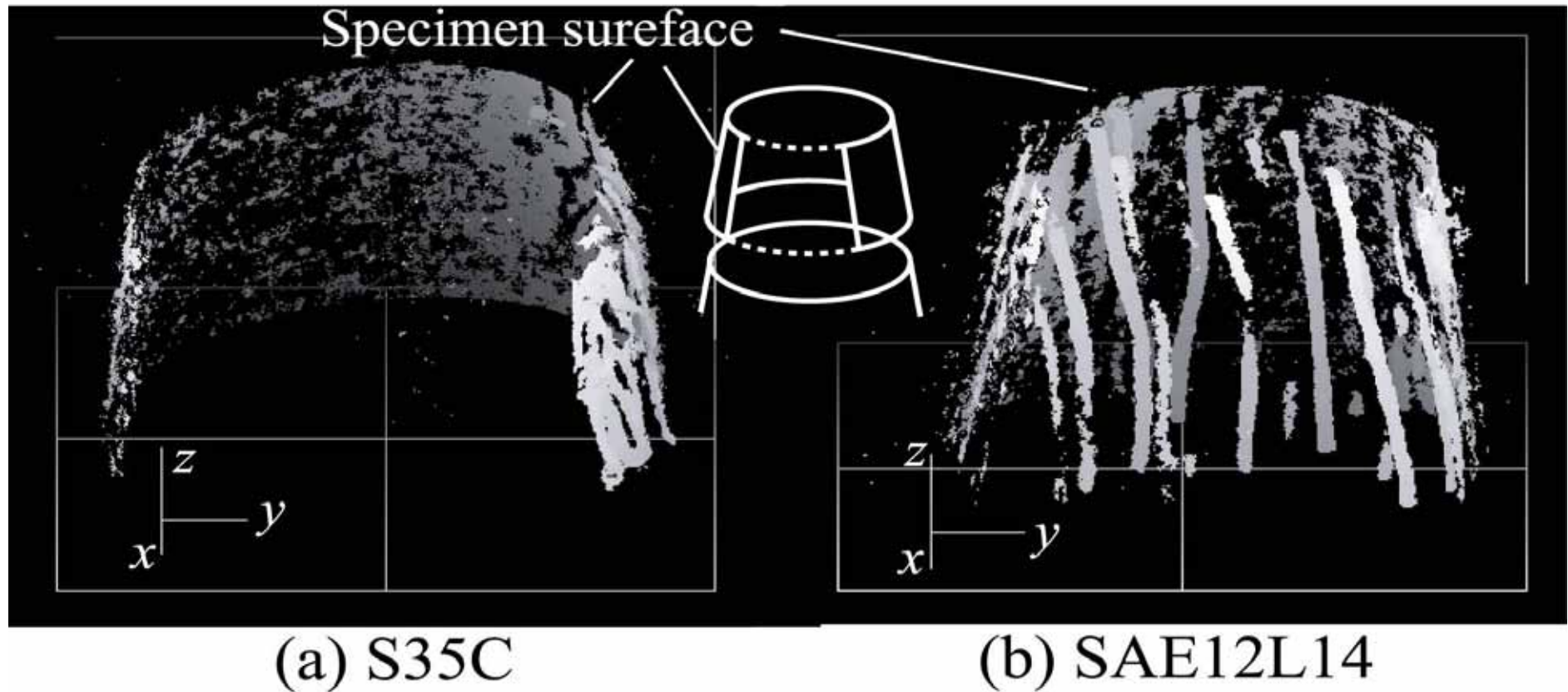
S35C



腐食前

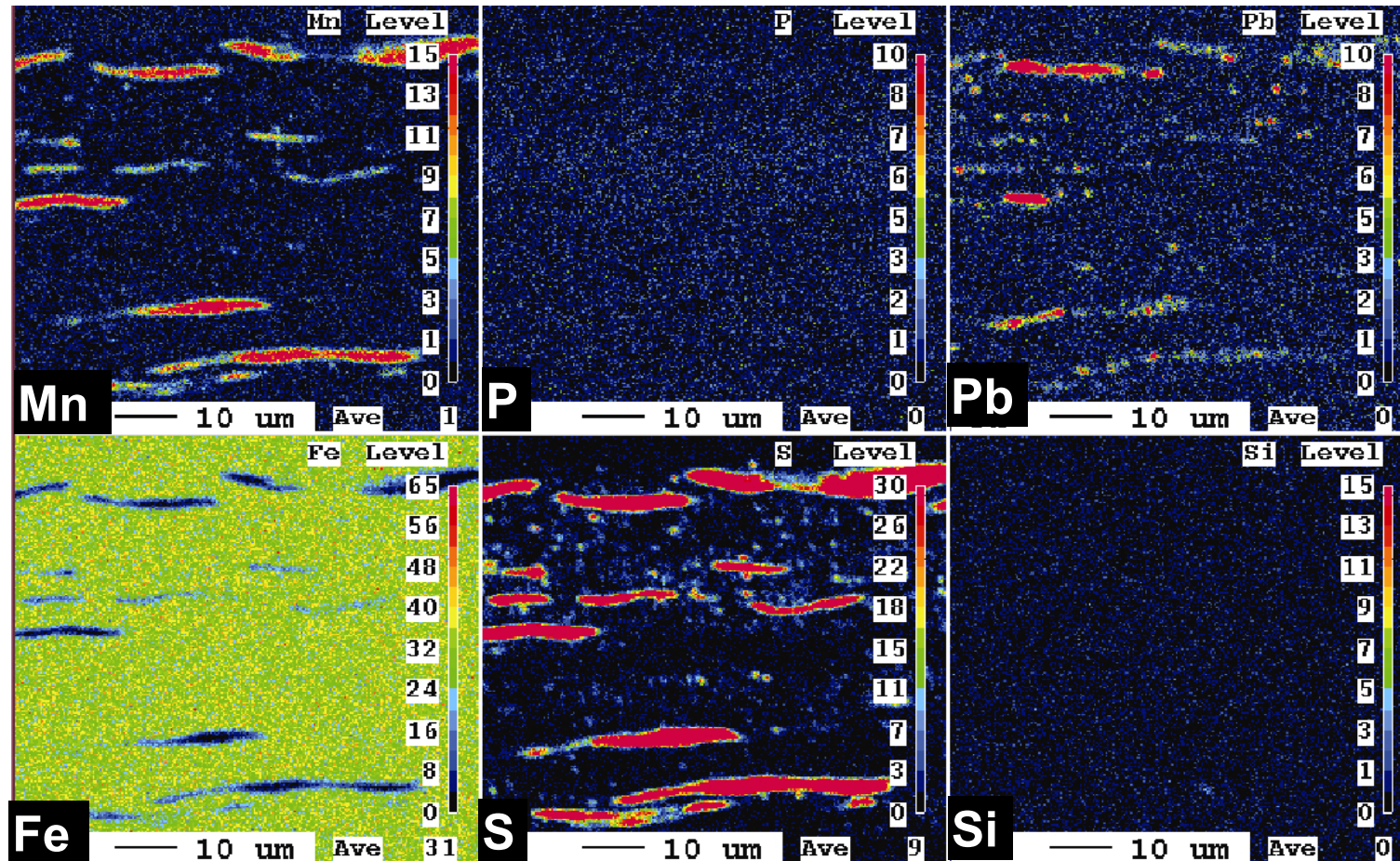
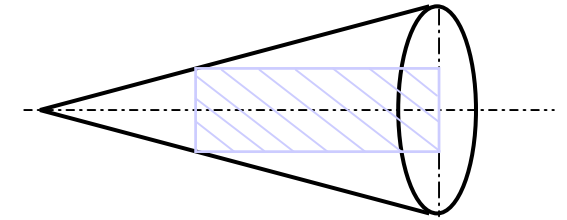
腐食後

金属組織の推定



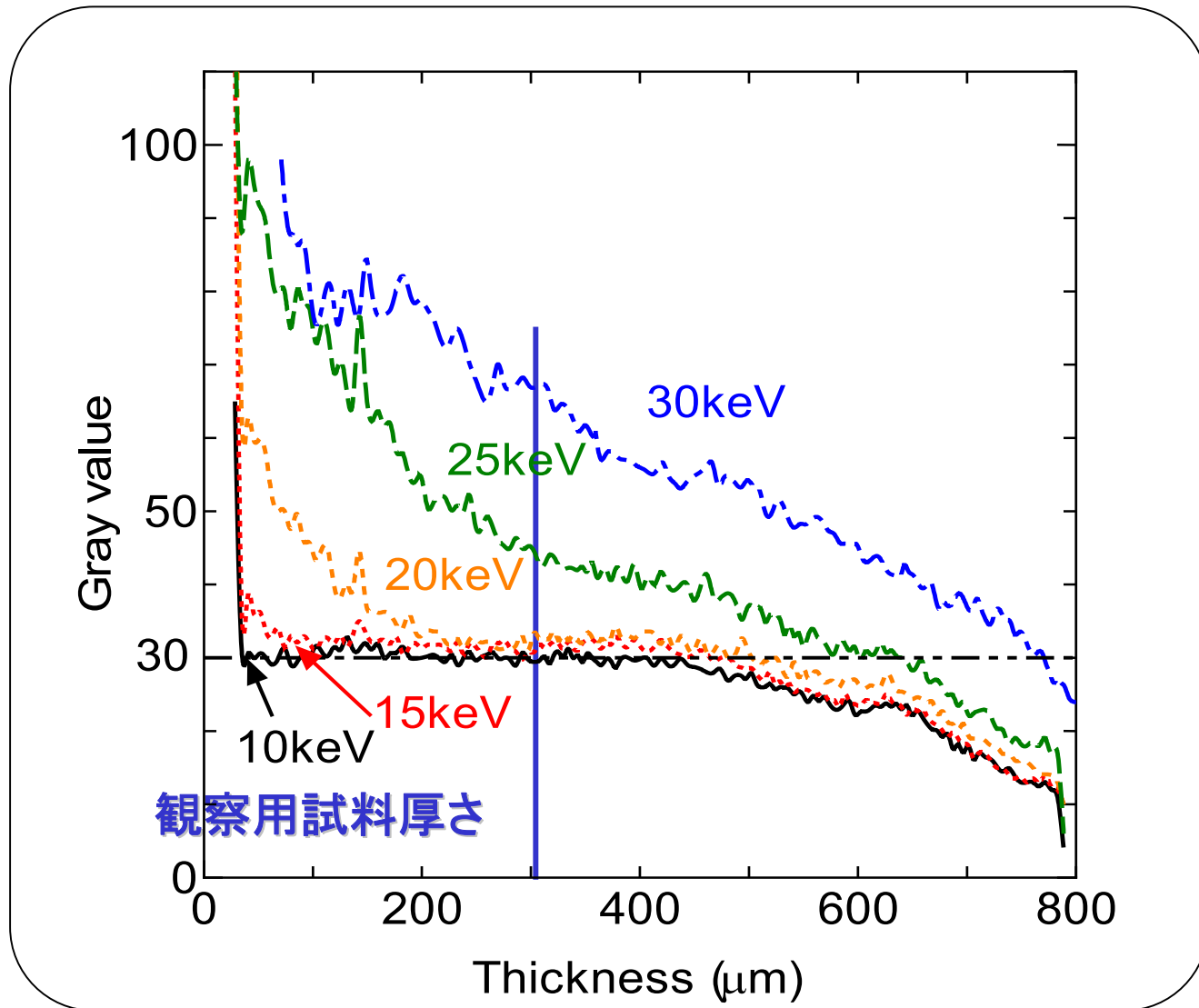
放射光CTイメージングでは、介在物が検出される

介在物の分布分析



SAE12L14, EPMAによる分析

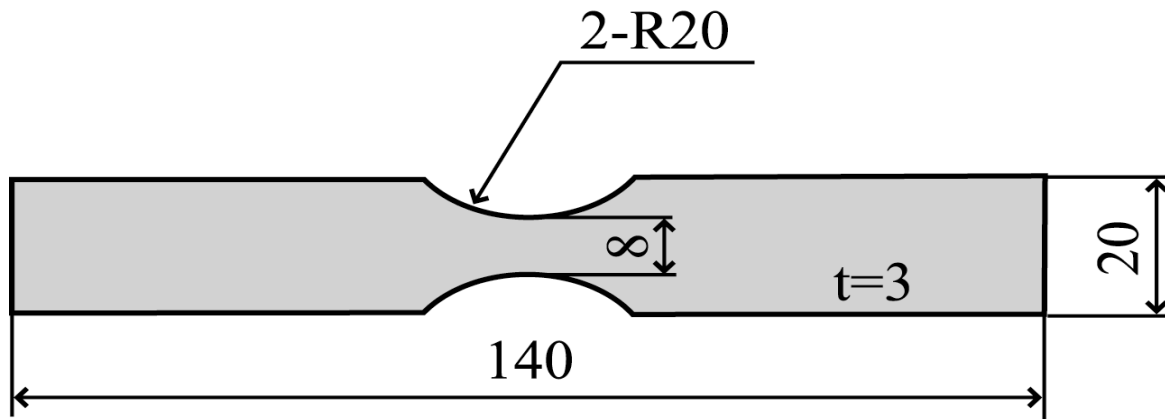
透過観察限界寸法



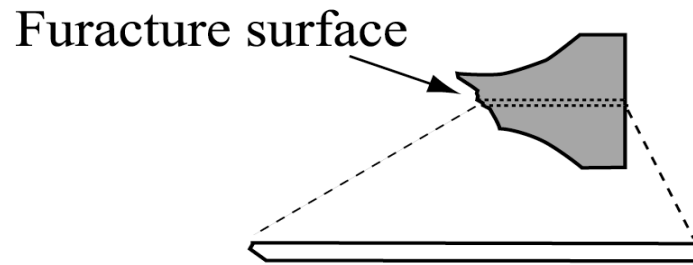
試料:
SAE12L14(快削鋼)

エネルギーと透過厚さの関係

ねじり疲労き裂の検出



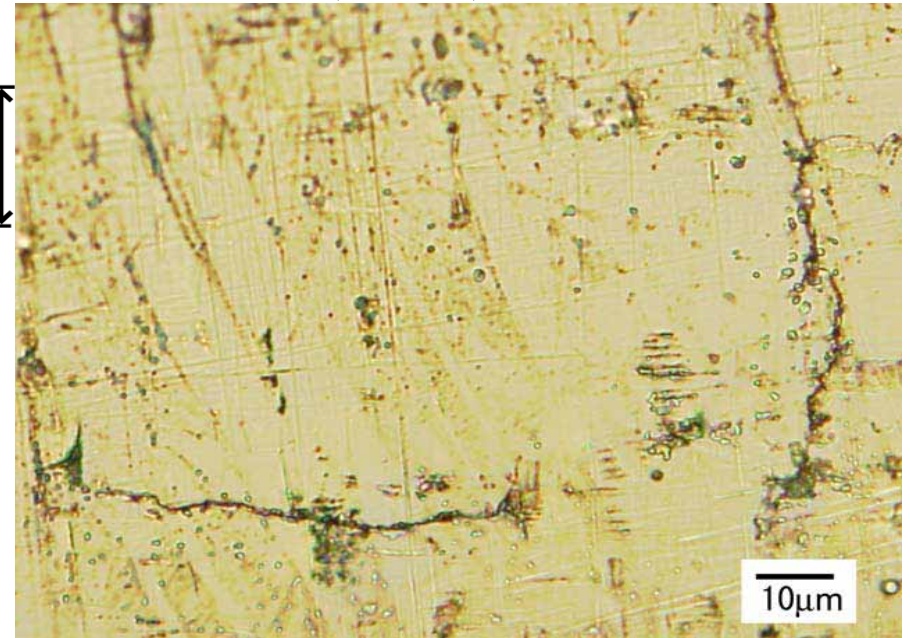
(a) Specimen for the fatigue test



(b) Sample

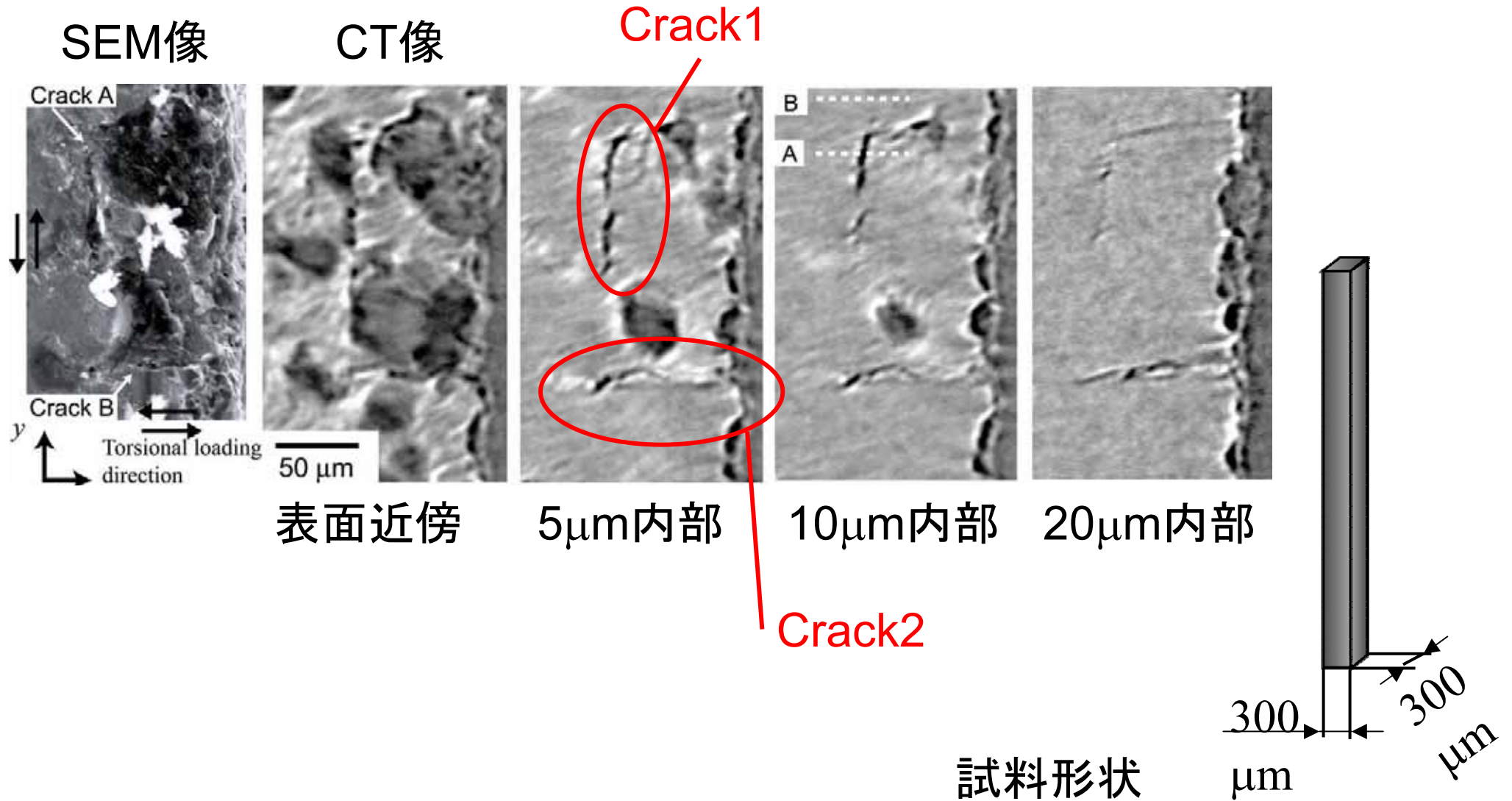
測定用試料

試験片長手方向



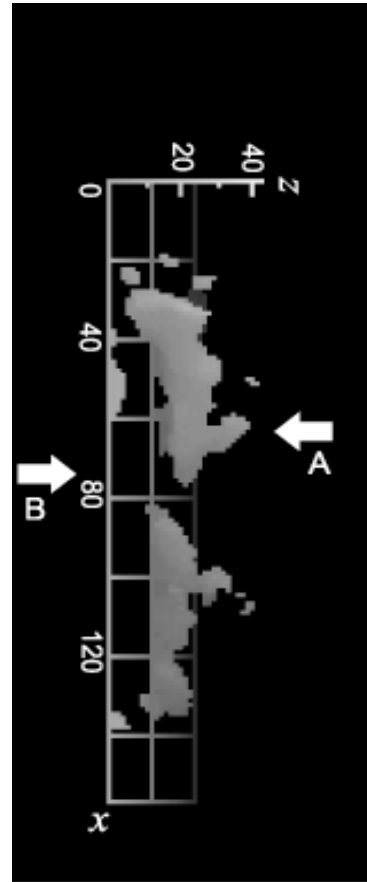
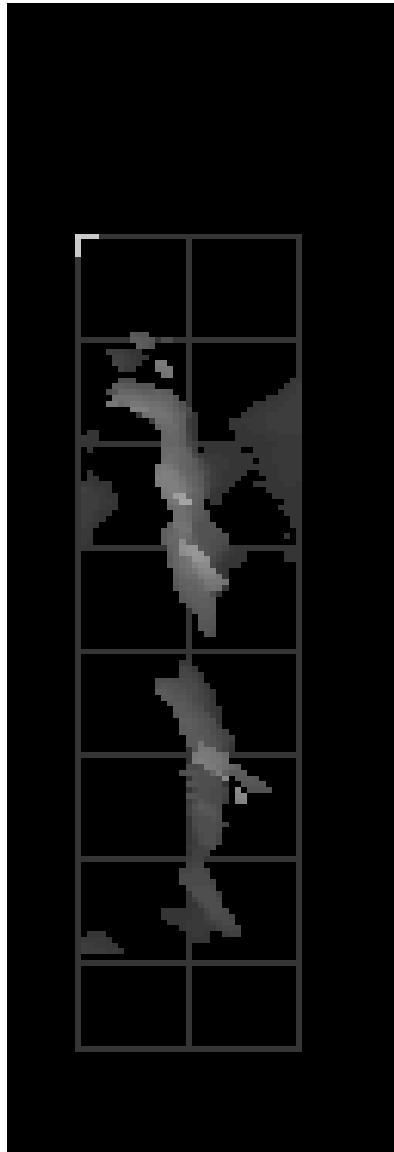
試験片表面の
光学顕微鏡写真

ねじり疲労き裂のCT像

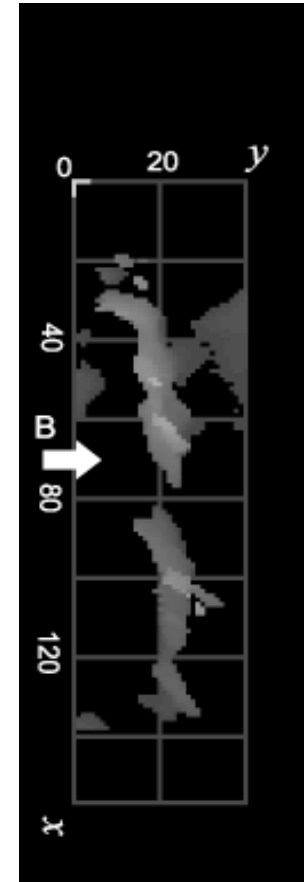


(エネルギー: 35keV)

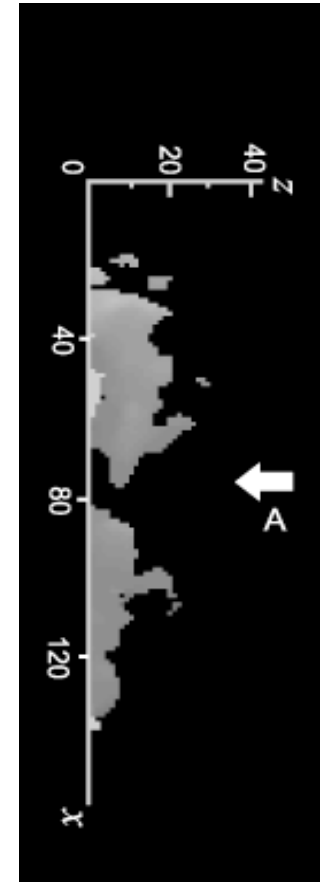
ねじり疲労き裂のイメージング (Crack1)



真上から見た
形状

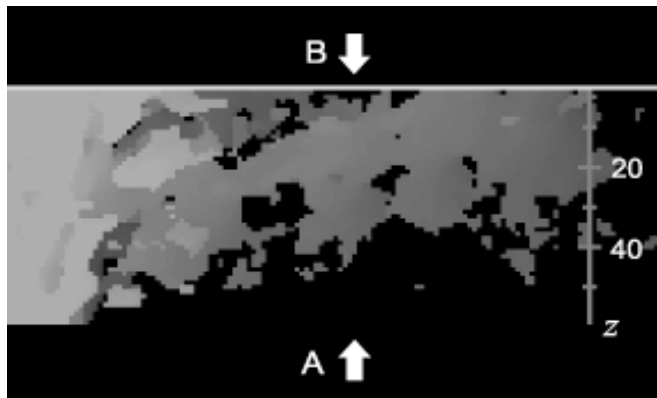
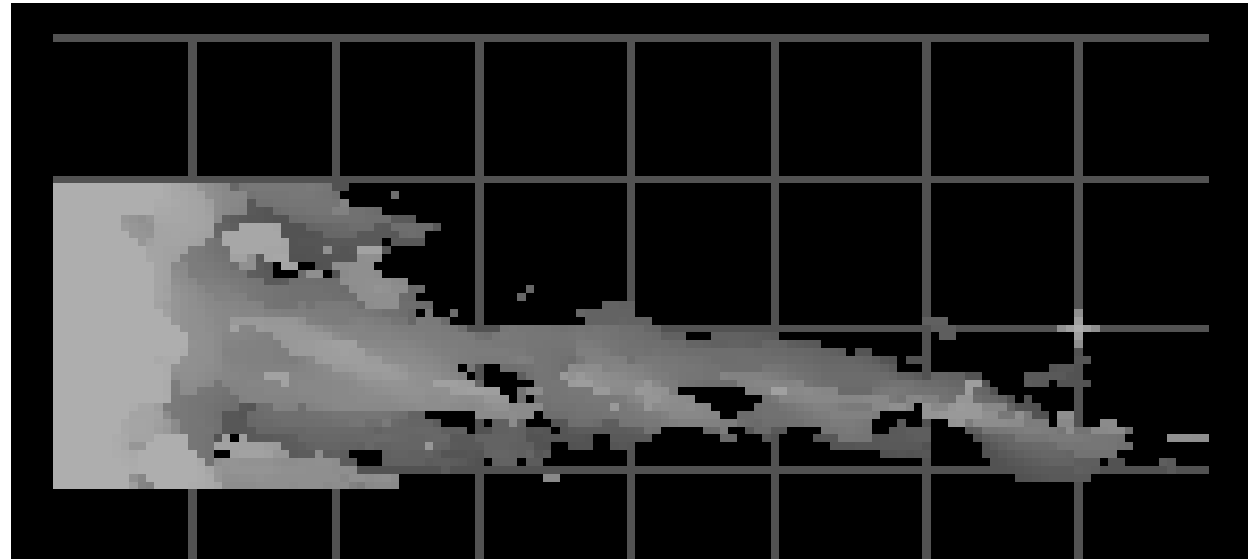


View A

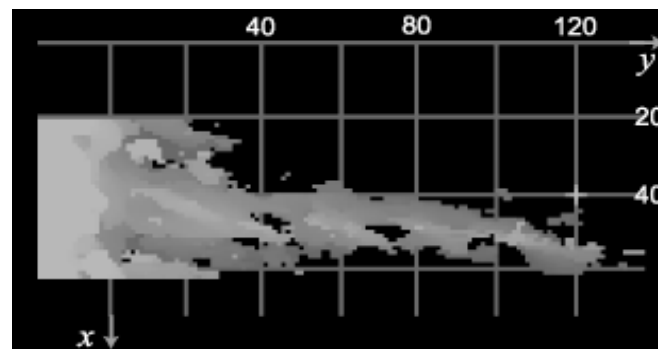


View B

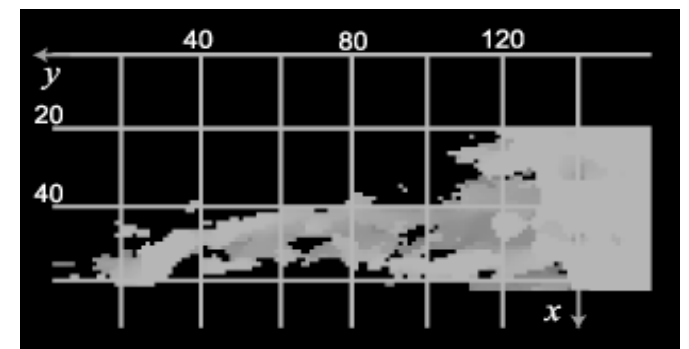
ねじり疲労き裂のイメージング (Crack2)



真上から見た形状

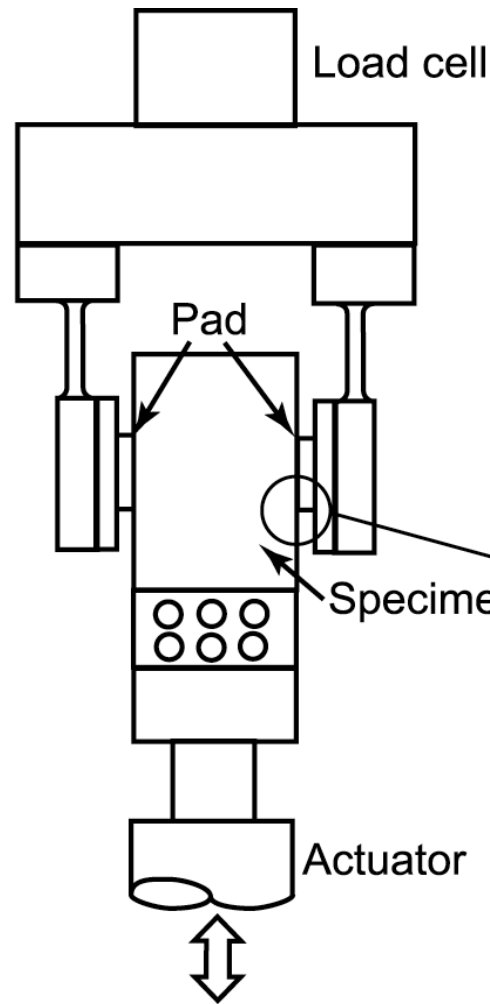


View A

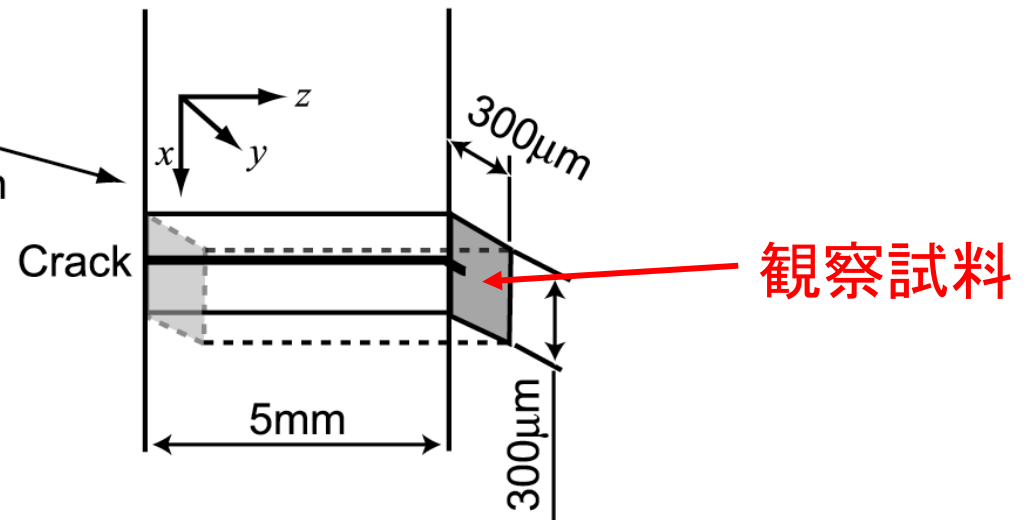


View B

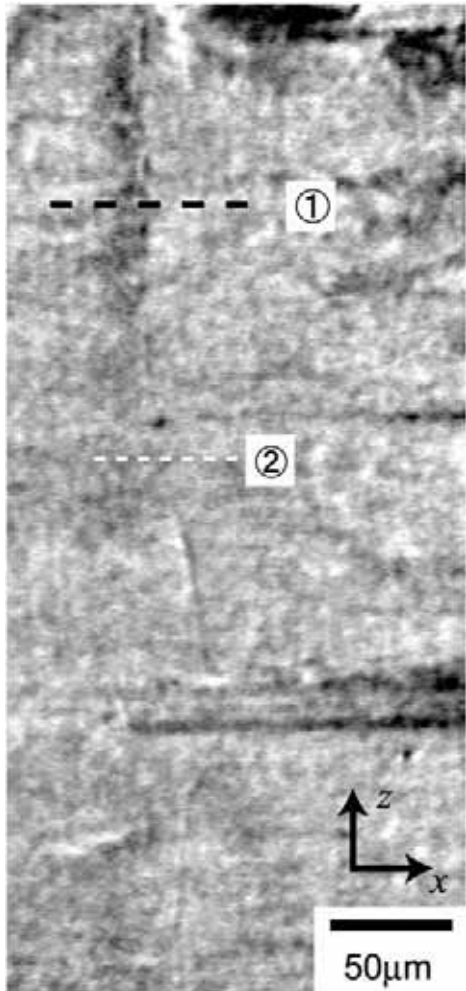
フレット疲労き裂の観察



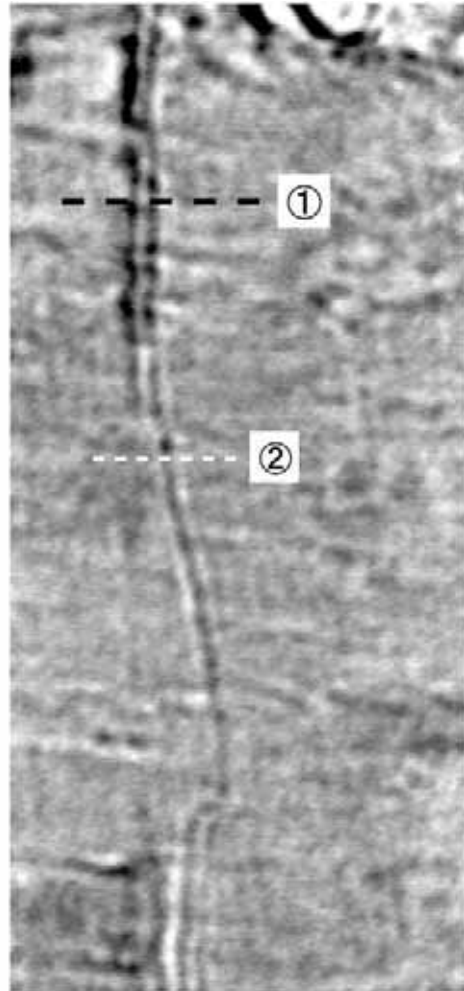
(a) Schematic illustration of testing device



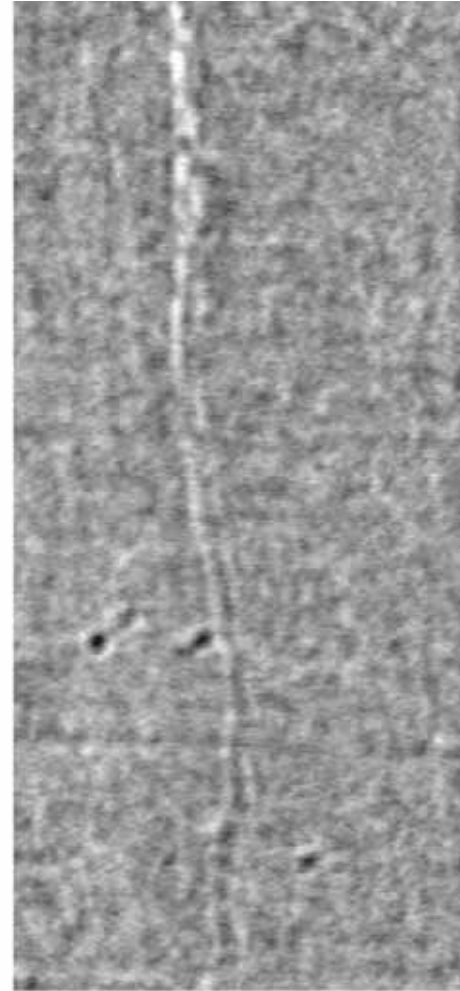
(b) Geometry of sample



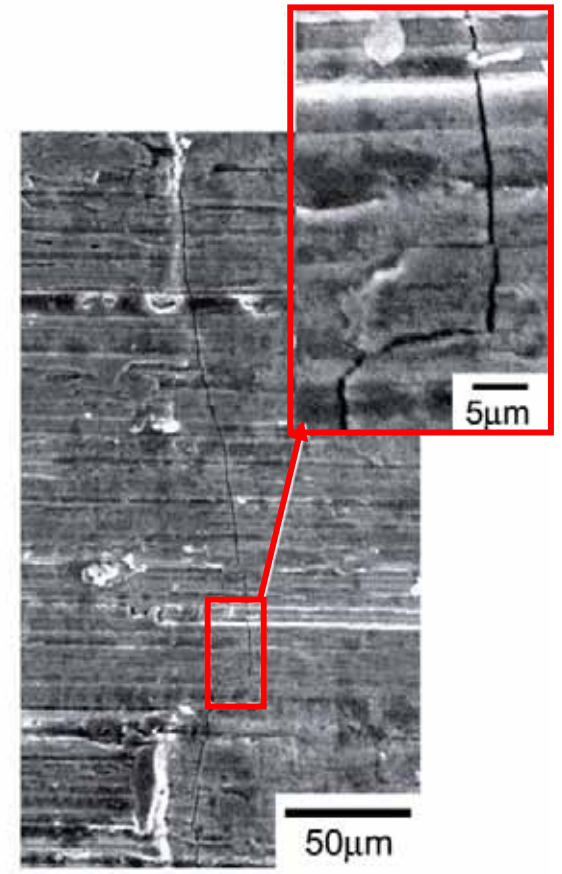
L=160mm
表面



L=1,160mm
表面



L=1,160mm
40μm内部

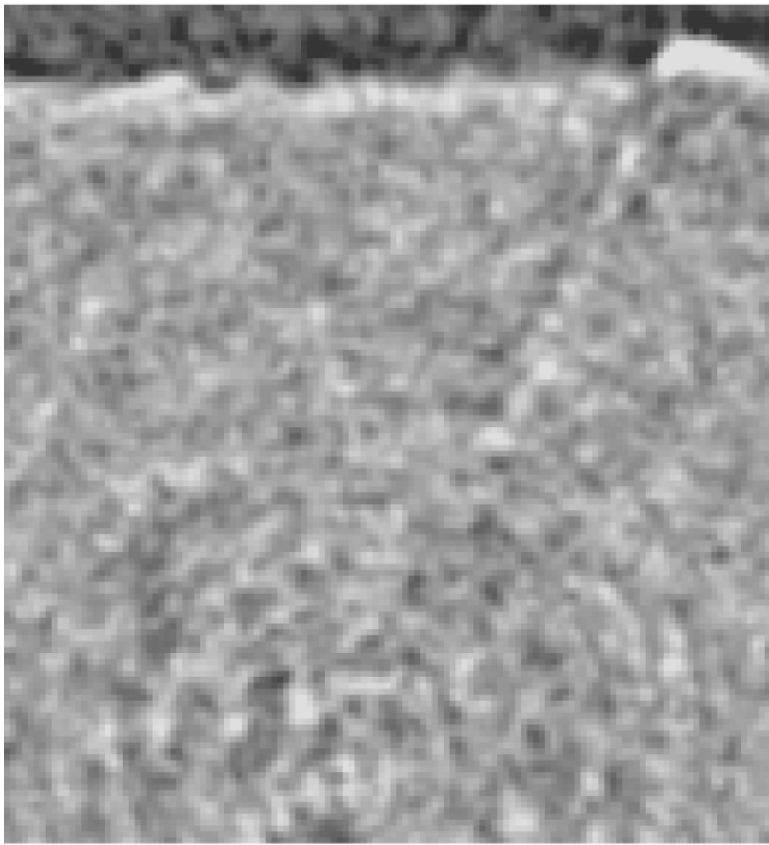


SEM像
表面

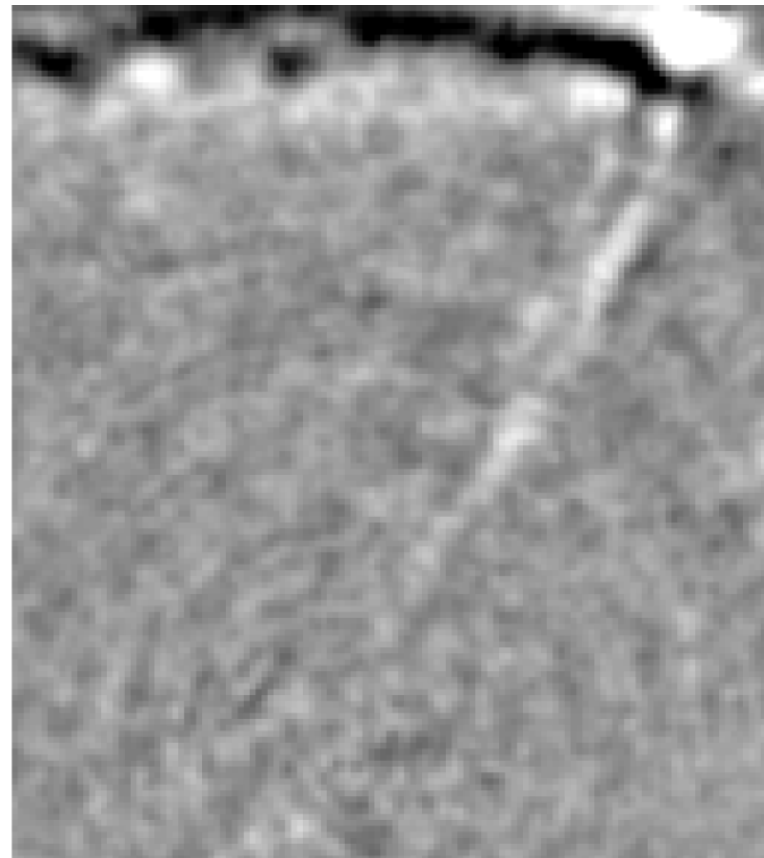
屈折コントラストの影響

(エネルギー: 35keV)

(エネルギー: 35keV)



(a) $L=160$ mm



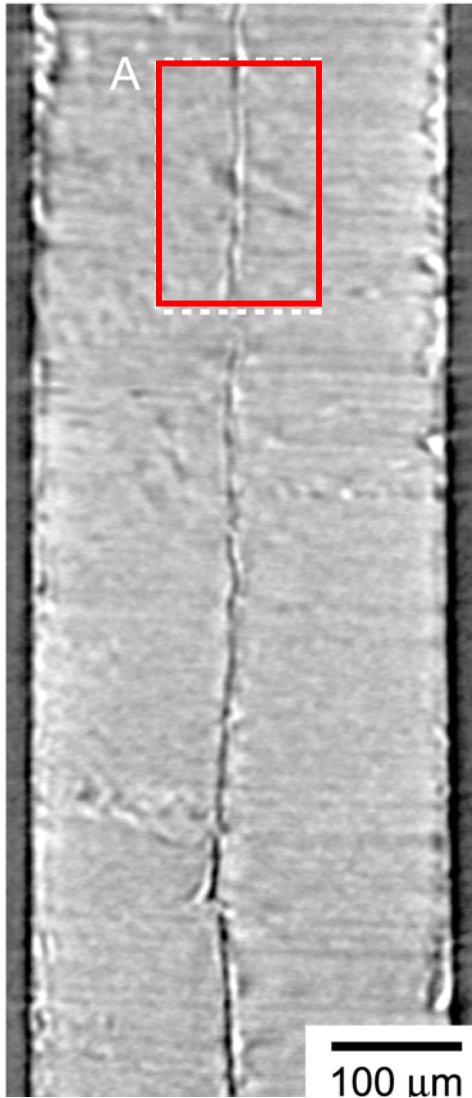
(b) $L=1160$ mm

↔
Loading
direction

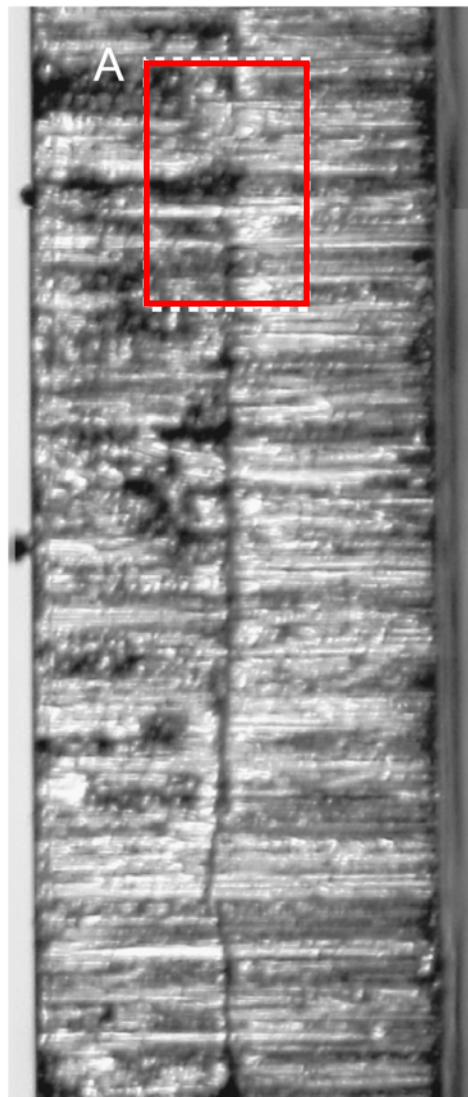
x
 y

50 μ m

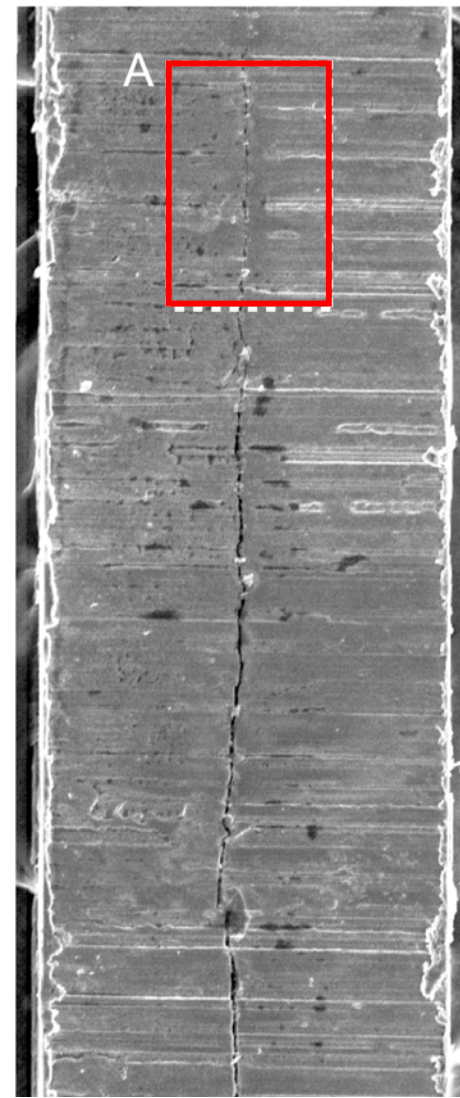
屈折コントラストの影響



CT像



光学顕微鏡像



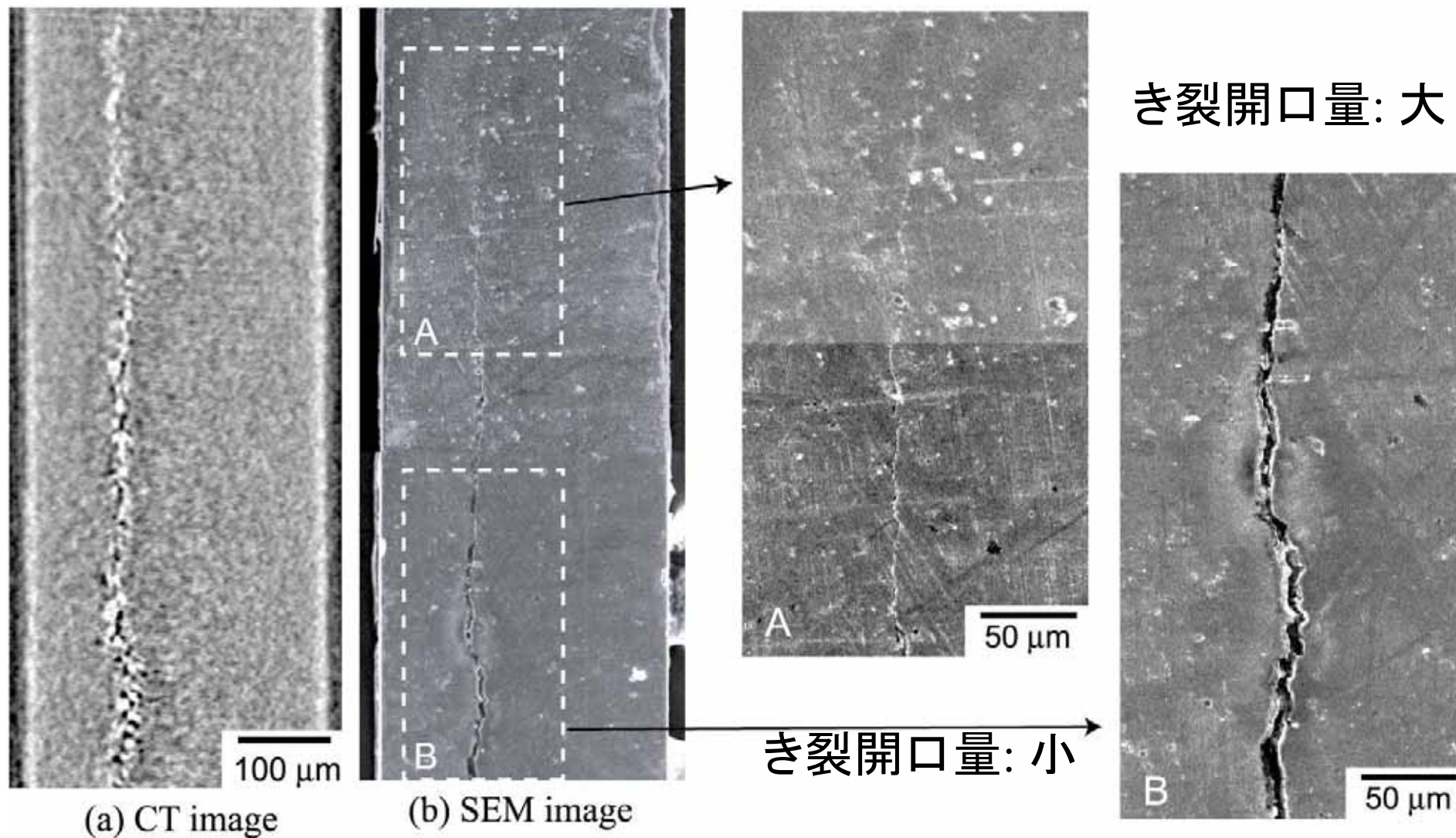
SEM像

(エネルギー: 35keV)

表面における観察結果の比較

光学顕微鏡では、摩擦痕とき裂の区別が困難

内部における観察結果の比較



(エネルギー: 35keV)

参考文献

- 1) Y. Nakai, D. Shiozawa, H. Tanaka, Y. Morikage, H. Okado, T. Miyashita, "Quantitative Analysis of Inclusions and Fatigue Cracks in Steel by X-ray Computed Tomography Using Ultra-bright Synchrotron Radiation", New Methods of Damage and Failure Analysis of Structural Parts, Ostrava, Czech, pp.277-286 (2006).
- 2) 塩澤大輝, 中井善一, 森影康, 田中拓, 尾角英毅, 宮下卓也, 「高輝度放射光のX線CTイメージングを用いた高強度鋼中の介在物の定量的評価」, 日本機械学会論文集(A), 第72巻, 第724号, pp.1846-1852 (2006).
- 3) Yoshikazu Nakai, Daiki Shiozawa, Yasushi Morikage, Takayuki Kurimura, Hiroshi Tanaka, Hideki Okado, and Takuya Miyashita, "Observation of Inclusions and Defects in Steels by Micro Computed-tomography using Ultrabright Synchrotron Radiation", Fourth International Conference on Very High Cycle Fatigue Edited by John Allison, The Minerals, Metals & Materials Society (2007).
- 4) 塩澤大輝, 中井善一, 栗村隆之, 森影康, 田中拓, 尾角英毅, 宮下卓也, 梶原堅太郎, 「放射光マイクロトモグラフィによる鋼中のき裂観察」, 材料, Vol. 56, No. 10 (2007) に掲載予定.