

# 構造物の経年劣化と 耐震評価に関する検討

平成25年10月25日 新潟工科大学

国内軽水炉プラントの約1/3の運転期間が30年を超えている。供用年数の増加に伴い、配管等においては、き裂の存在が報告されている。また、国内軽水炉プラントでは近年、幾つかの大きな地震を経験している。特に東北地方太平洋沖地震・福島第一原子力発電所の事故以降、高経年化プラントの耐震安全性について国民の関心が益々高まっている。このような背景から、高経年化を考慮した耐震安全評価手法及び確率論的解析評価技術の整備は非常に重要な課題である。本研究の成果は既設プラントの耐震安全評価、経年化を考慮したリスク評価に資するものである。

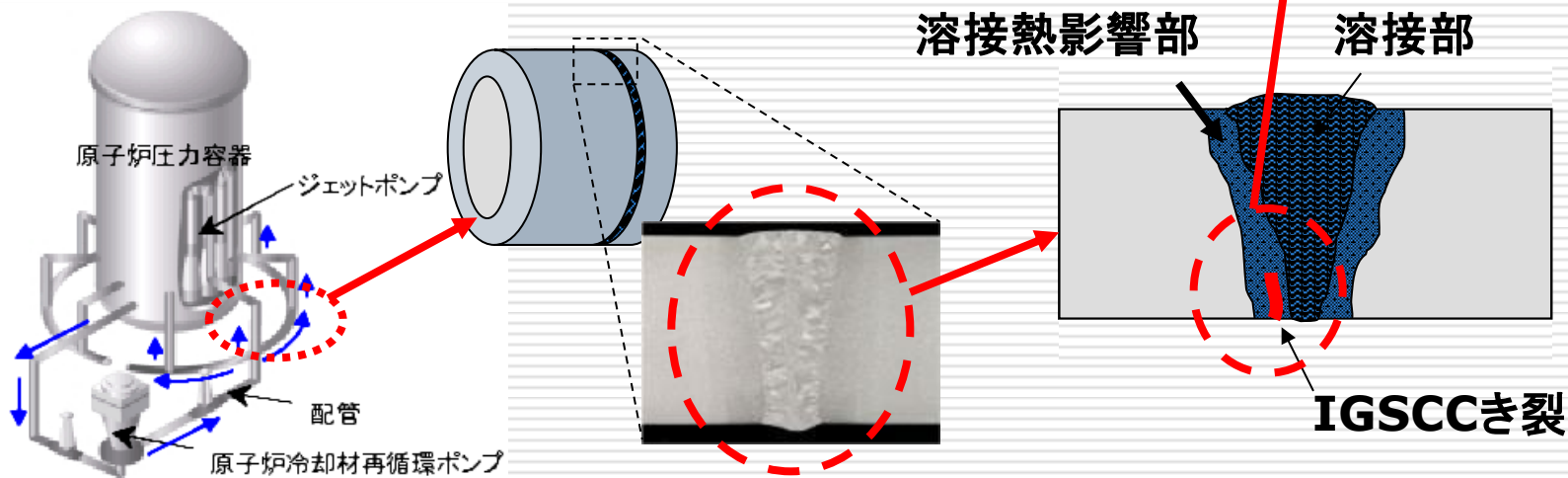
本研究では一部沸騰水型原子力発電所で応力腐食割れ(以下、「SCC」という。)によるき裂の存在が確認された原子炉再循環系配管を念頭に、大地震による荷重条件が作用された場合のき裂進展評価手法の妥当性を確認し、その高度化を図ることを目的とする。

# IGSCCき裂

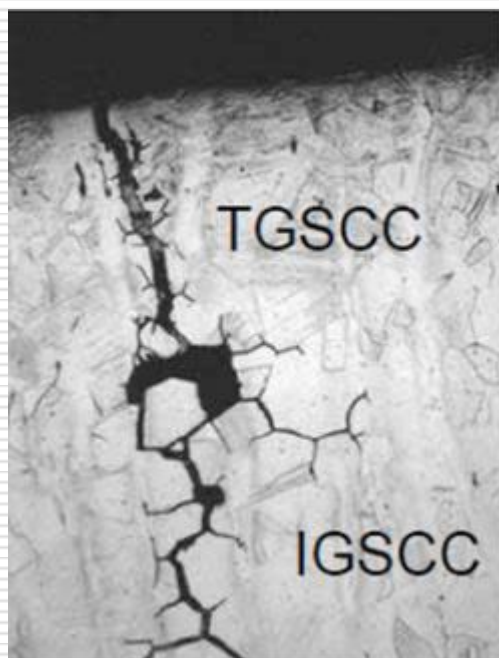
30年を超えて運転される原子力プラントの中には粒界型応力腐食割れ(Intergranular Stress Corrosion Cracking, IGSCC)き裂の発生が報告されている。



原子炉再循環系配管の溶接部  
応力腐食割れによるき裂の発生



# 粒界進展型SCC

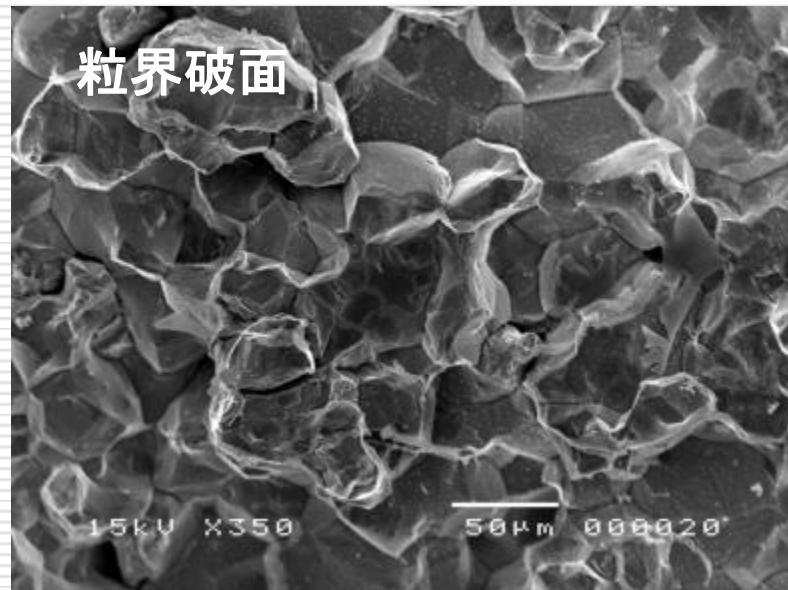
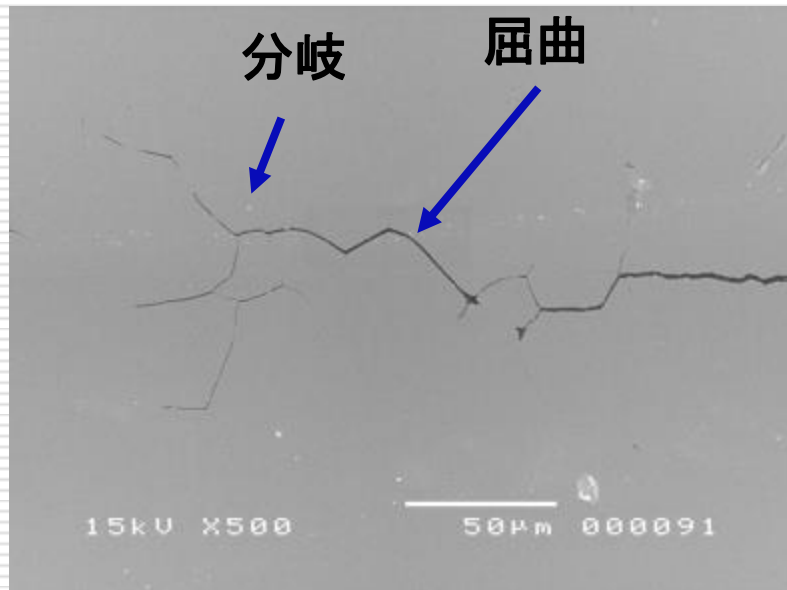


原子炉配管等の実機で発生するSCCによるき裂は屈曲・分岐を伴う粒界進展型SCC(**IGSCC**)き裂

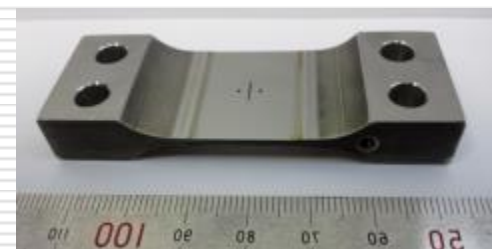
原子炉配管の信頼性および耐震性確保を目的とし、**IGSCC**き裂が低サイクル疲労負荷を受けた際のき裂進展挙動を調査する。

本年度は、これまでの成果を踏まえ、試験及び解析的な検討を行い、き裂進展評価手法の確立を図る。

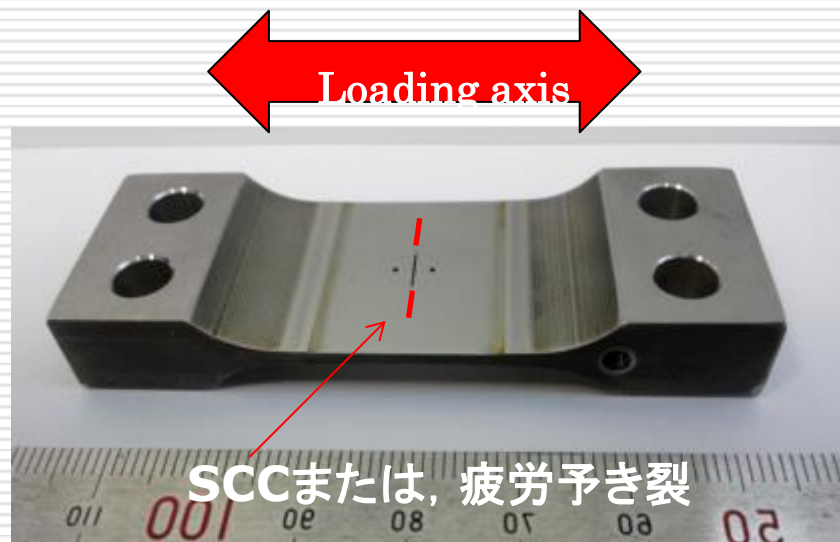
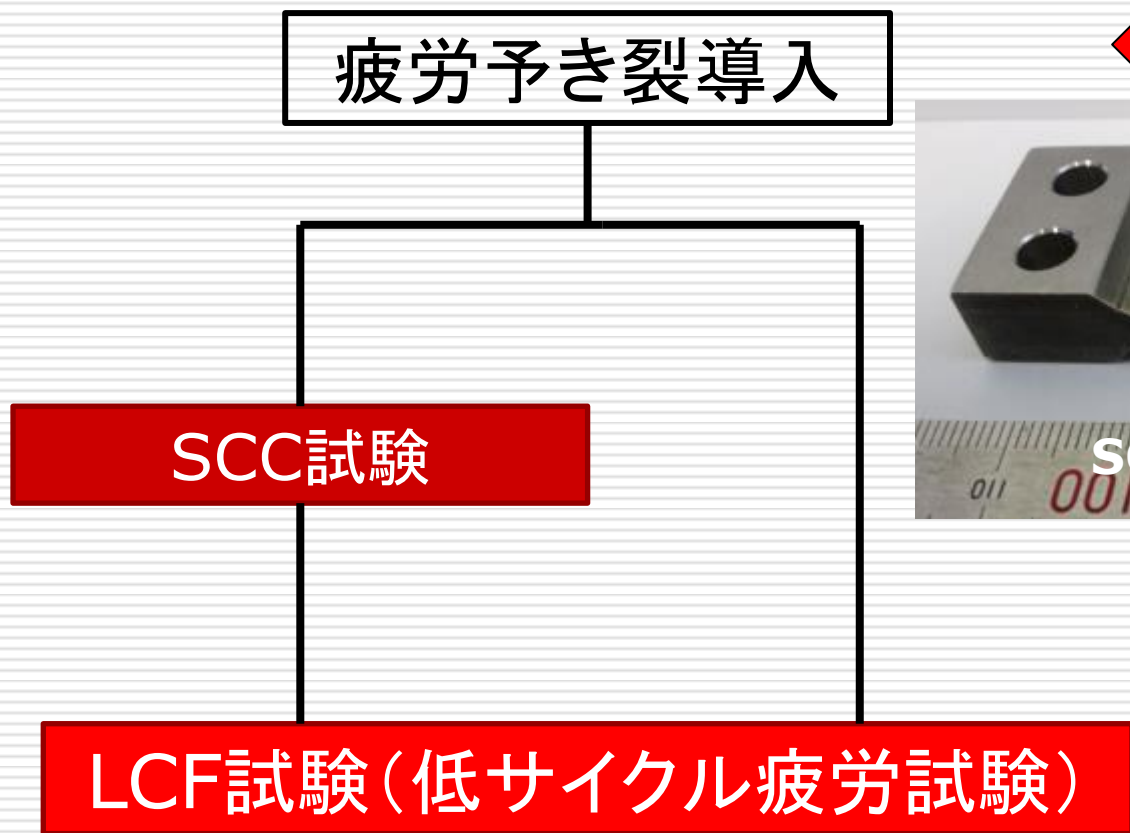
# 対象とするき裂



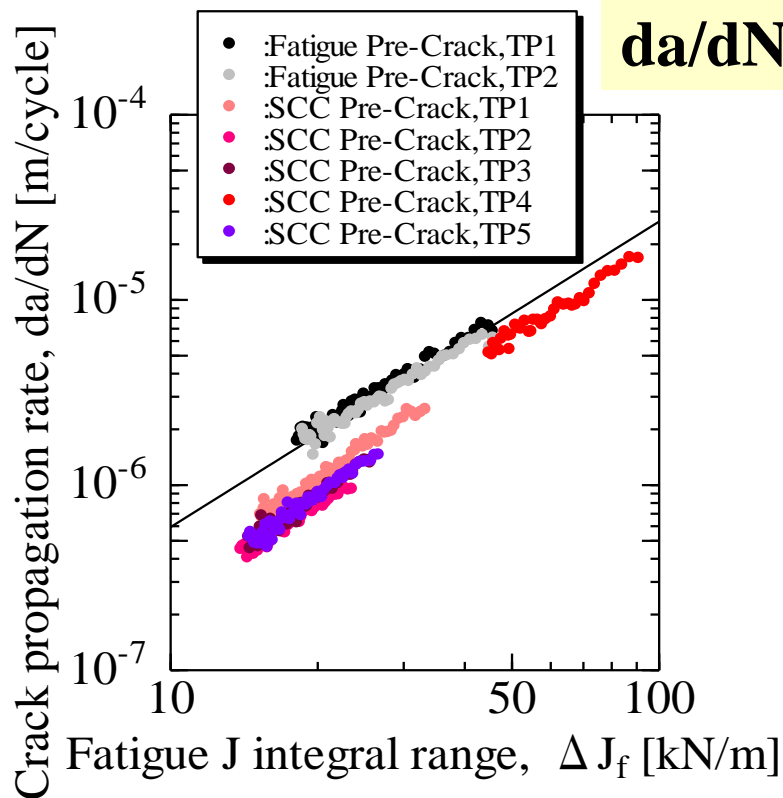
試験片レベルでIGSCCき裂を再現



# き裂進展試験手順



# SCC予き裂からのき裂進展挙動



$da/dN$  from SCC pre-crack <  $da/dN$  from fatigue pre-crack

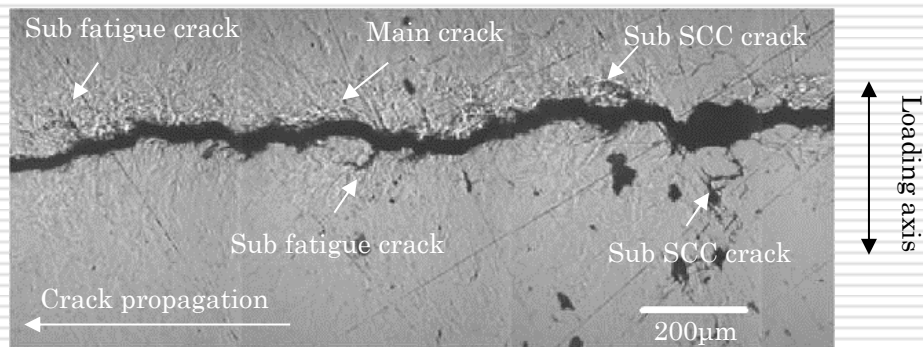
**SCC予き裂からのき裂進展速度**

**試験片毎でき裂進展速度の相違**

→き裂の**屈曲・分岐**の相違に影響

き裂が十分進展した後(高 $\Delta J_f$ 領域)

**SCC予き裂からのき裂進展速度が低い**



# き裂の挙動



LCF負荷 1 cycle目

IGSCCの分岐した副SCC  
き裂が同時に**開口**.

**副SCCき裂による応力遮蔽効果**



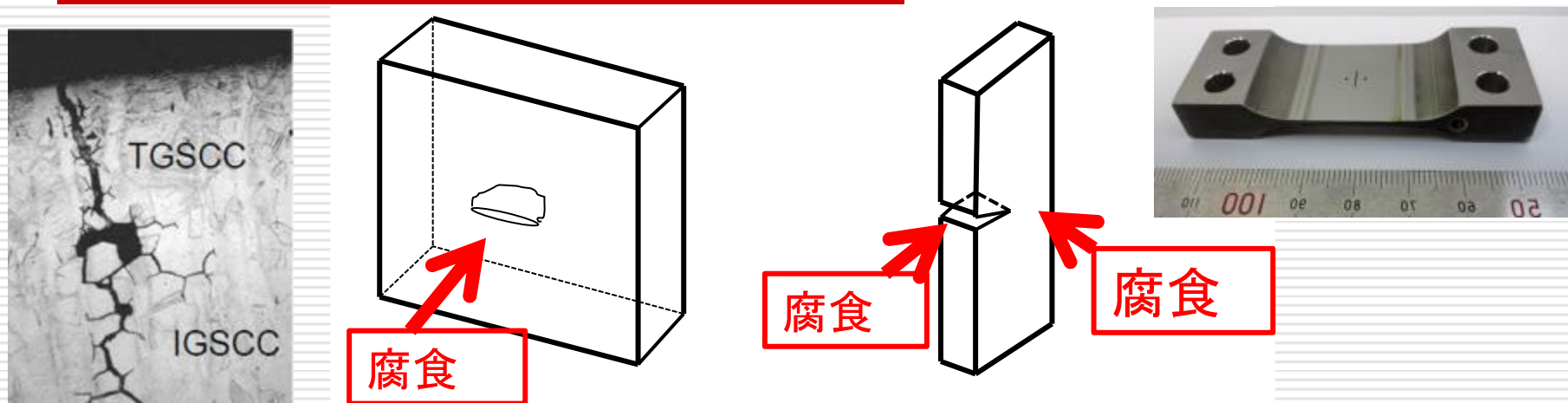
約1mm進展後

疲労き裂先端で  
副疲労き裂の発生・開口

**応力遮蔽効果の持続**



# 実機と実験の腐食環境の相違



副疲労き裂の影響で、き裂進展速度を過度に低く評価している可能性

IGSCCき裂がLCF負荷を受けた際のき裂進展挙動を、より実機を模した環境で、実験的に検討した。  
加えて、FEM解析を用いて分岐き裂の進展挙動を検討した。





# LCFき裂進展挙動

分岐き裂の影響はあまり認められなかった。

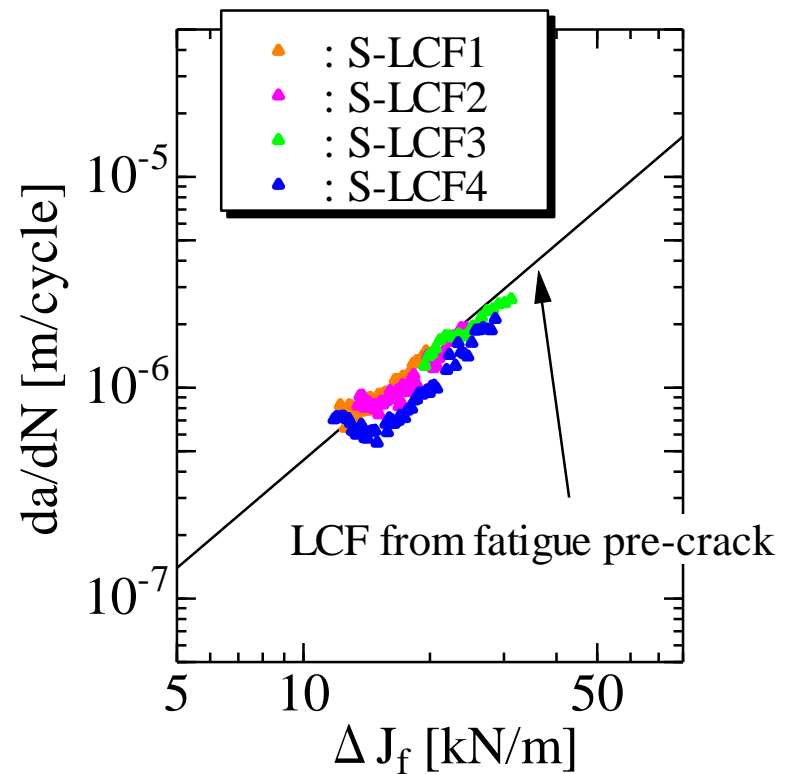
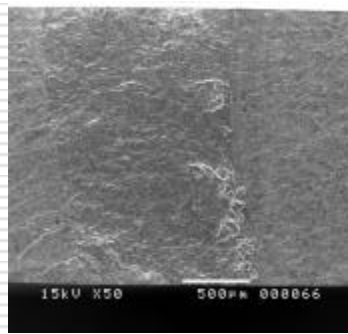
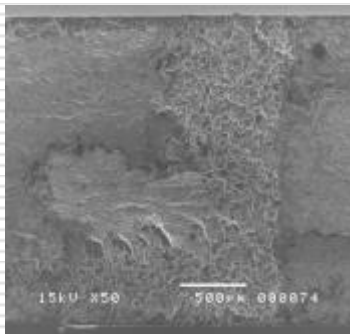
進展試験開始直後の200cycleは評価できていない。

→ 遅延はすぐに消失

例外:

SCC-LCF4

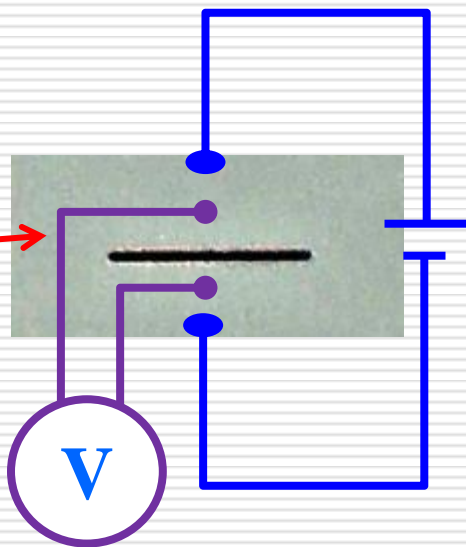
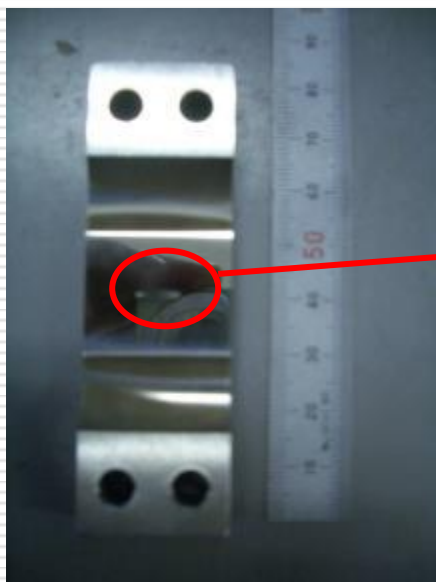
全体的に進展速度の遅延



LCF条件下のき裂進展挙動

# 試験片

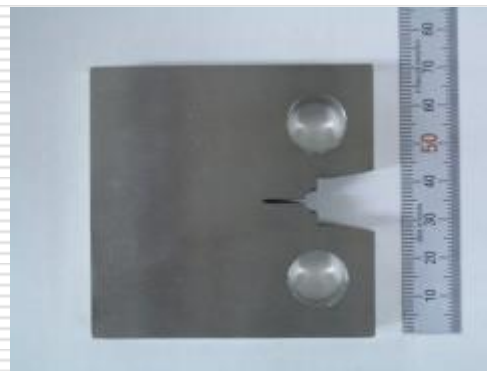
## CCT試験片



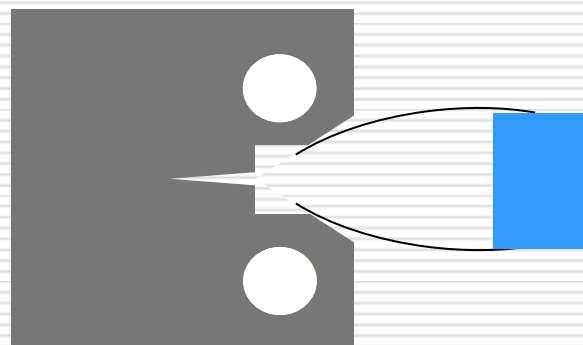
PD法

評点部幅および厚さ  
25[mm] × 3[mm]  
・ノッチ長さ  
5[mm]

## CT試験片

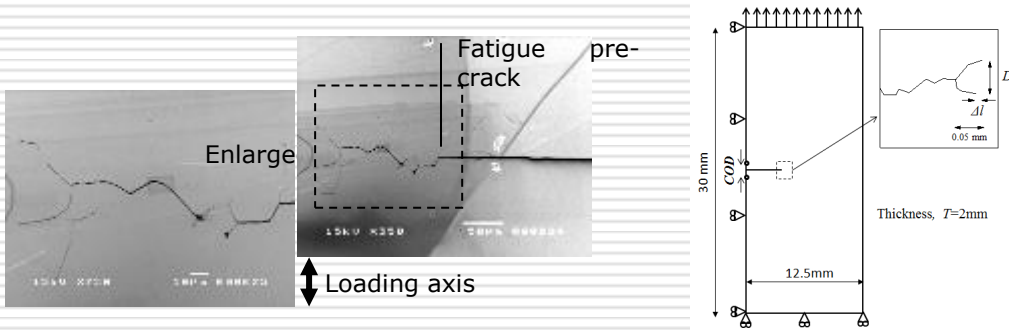


・たて  
67.20[mm]  
・幅  
70.00[mm]  
・ノッチ長さ  
14.00[mm]

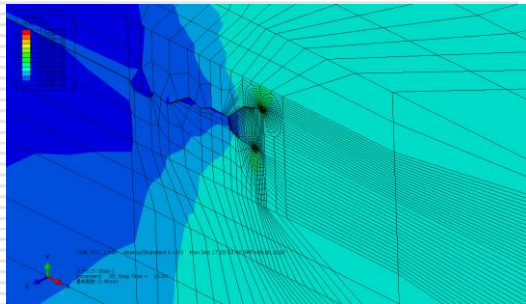


Compliance法

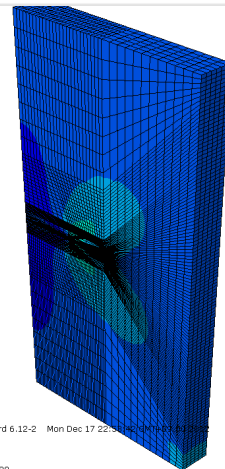
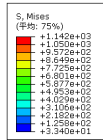
# FEMによるき裂進展シミュレーション



Model used for FE analysis.



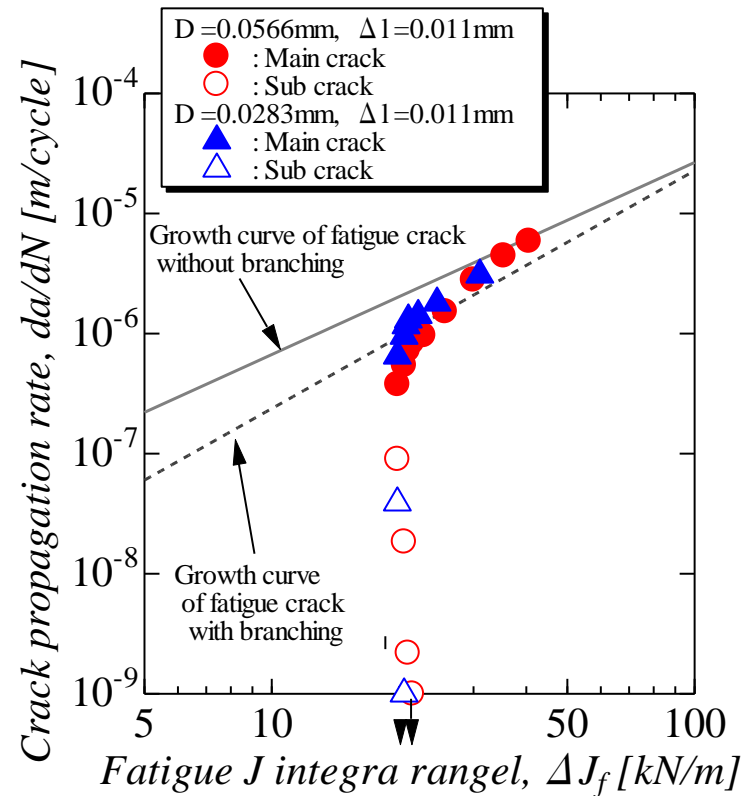
Enlarged view of the crack tip



ODB: SCC\_1.odb Abaqus/Standard 6.12-2 Mon Dec 17 22:00:00 JST 2013

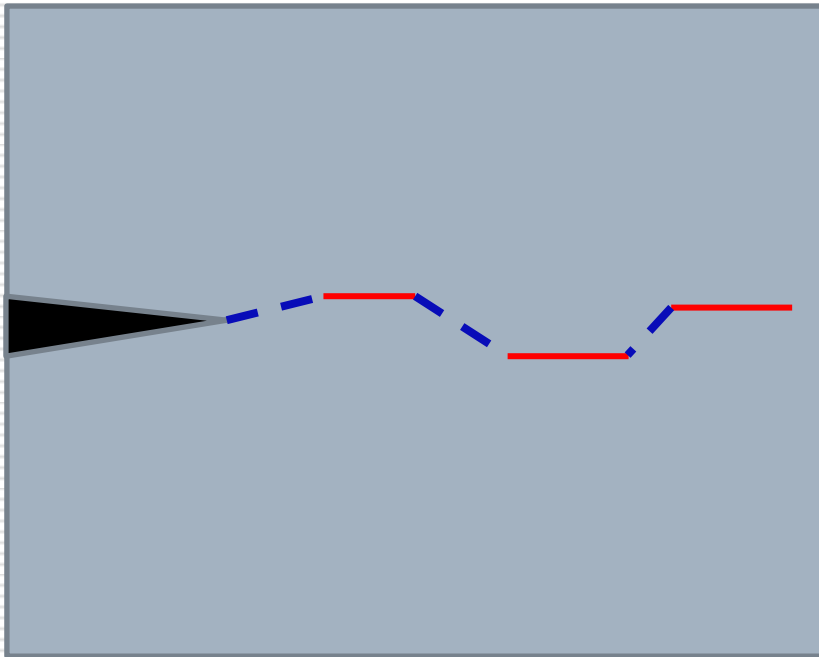
ステップ: Step-1  
Increment: 30; Step Time = 30.00  
変位変数: S, Mises

Typical result of FE analysis



# 主き裂前方の微視き裂の影響

---



主き裂前方に  
微視き裂が存在する場合

主き裂進展速度に及ぼす  
微視き裂の  
大きさ,  
分布,  
etc.  
の影響

→ FEM解析で検討

# 今後の予定

---

- CCT試験片, CT試験片を用いたき裂進展試験
  - ➔ 分岐・屈曲を伴うIGSCCき裂の  
低サイクルき裂進展挙動を明らかにする  
特に, き裂進展初期段階に注目して.
- FEM解析
  - ➔ き裂進展に及ぼす分岐き裂の影響  
主き裂前方の微視き裂の影響  
(解析に用いる材料物性値を取得)