

# 経年配管の耐震安全性評価手法 に関する検討

---

国内軽水炉プラントの高経年化が進行し、経年化によるき裂の発生等が報告されている。また、平成19年7月の中越沖地震では、従来の設計基準地震動を上回る地震動が観測されたことから、経年設備の耐震安全性評価の重要性が認識された。

一方、福島第一原子力発電所の1号機～4号機はいずれも供用年数が30年を超える高経年化プラントであるため、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おり、IAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書においても高経年化に係る教訓(教訓24)を指摘している。こうした背景から、大地震における経年設備の耐震評価を実施し、プラントの耐震安全性を確認することが最も重要な課題の1つとなっている。

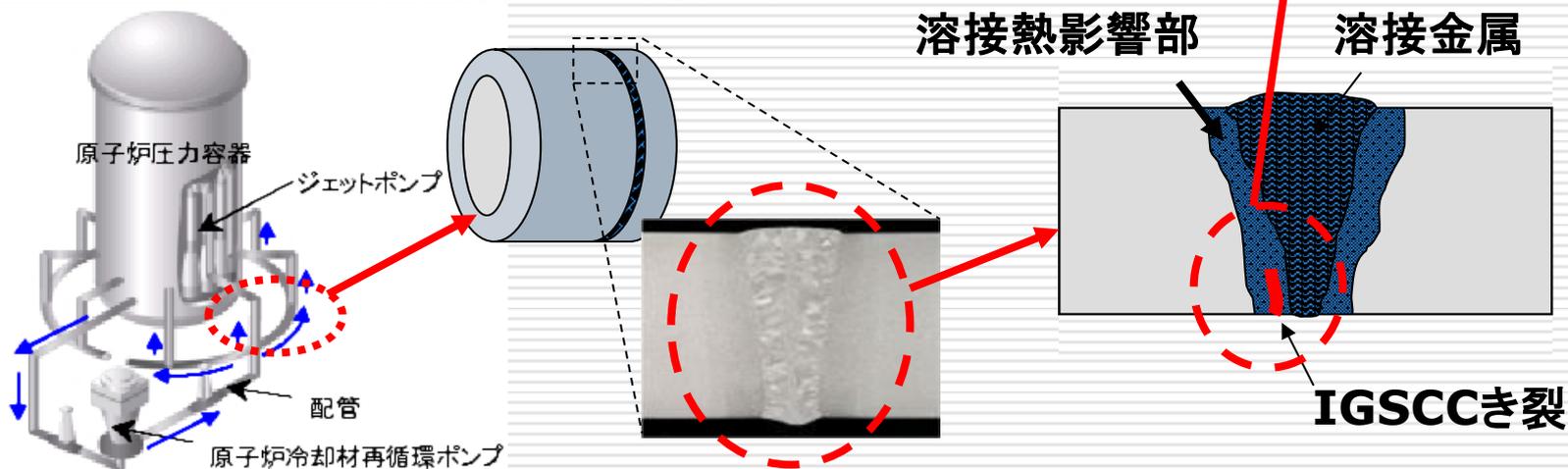
本研究ではこのような経年設備の耐震評価に資するために、新潟工科大学と原子力安全基盤機構の共同で、き裂を有する経年配管が大地震による不規則応答荷重を経験する際のき裂進展評価技術の高度化を実施している。

# 経年配管における IGSCCき裂

近年、軽水炉配管系等において、粒界型応力腐食割れ(Inter granular Stress Corrosion Cracking, IGSCC)き裂の発生が複数報告されている。

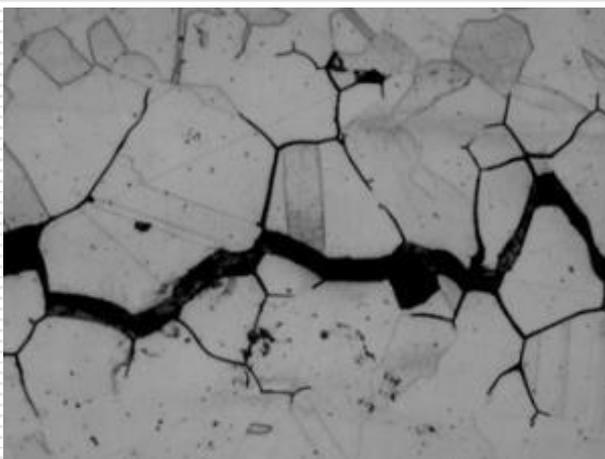


原子炉再循環系配管の溶接部  
応力腐食割れによるき裂の発生



## 粒界進展型SCC

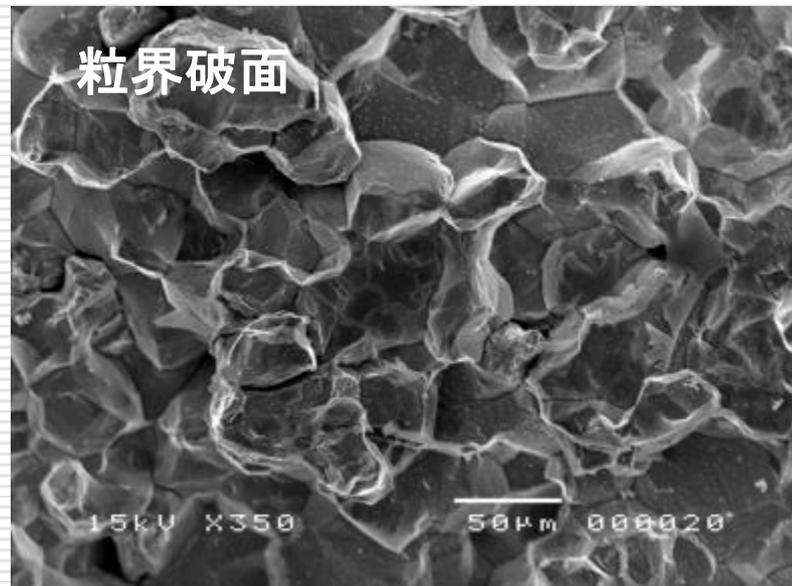
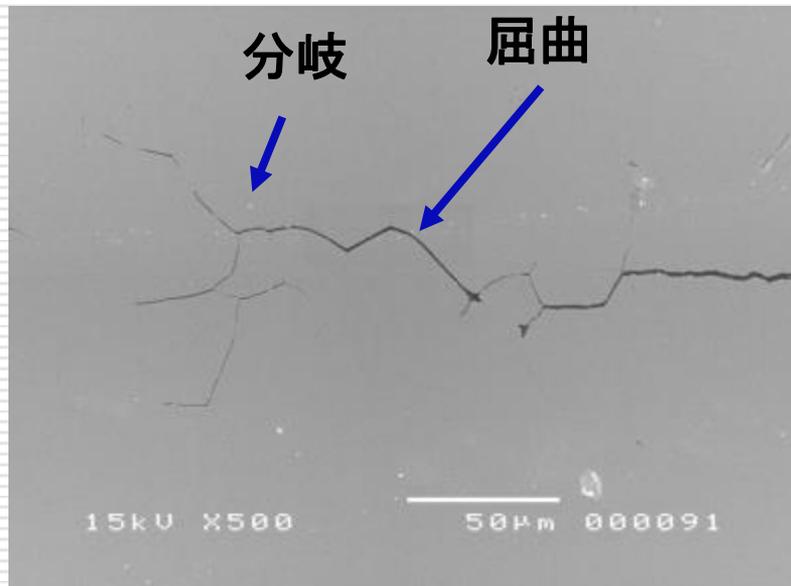
---



原子力配管等の実機では屈曲・分岐を伴う粒界進展型SCC(**IGSCC**)き裂の発生が確認されている

原子力配管の耐震安全性を確認すること目的とし、**IGSCC**き裂が地震動による応答荷重を経験する際のき裂のサイクル疲労進展挙動を調査した。

# 対象とするき裂

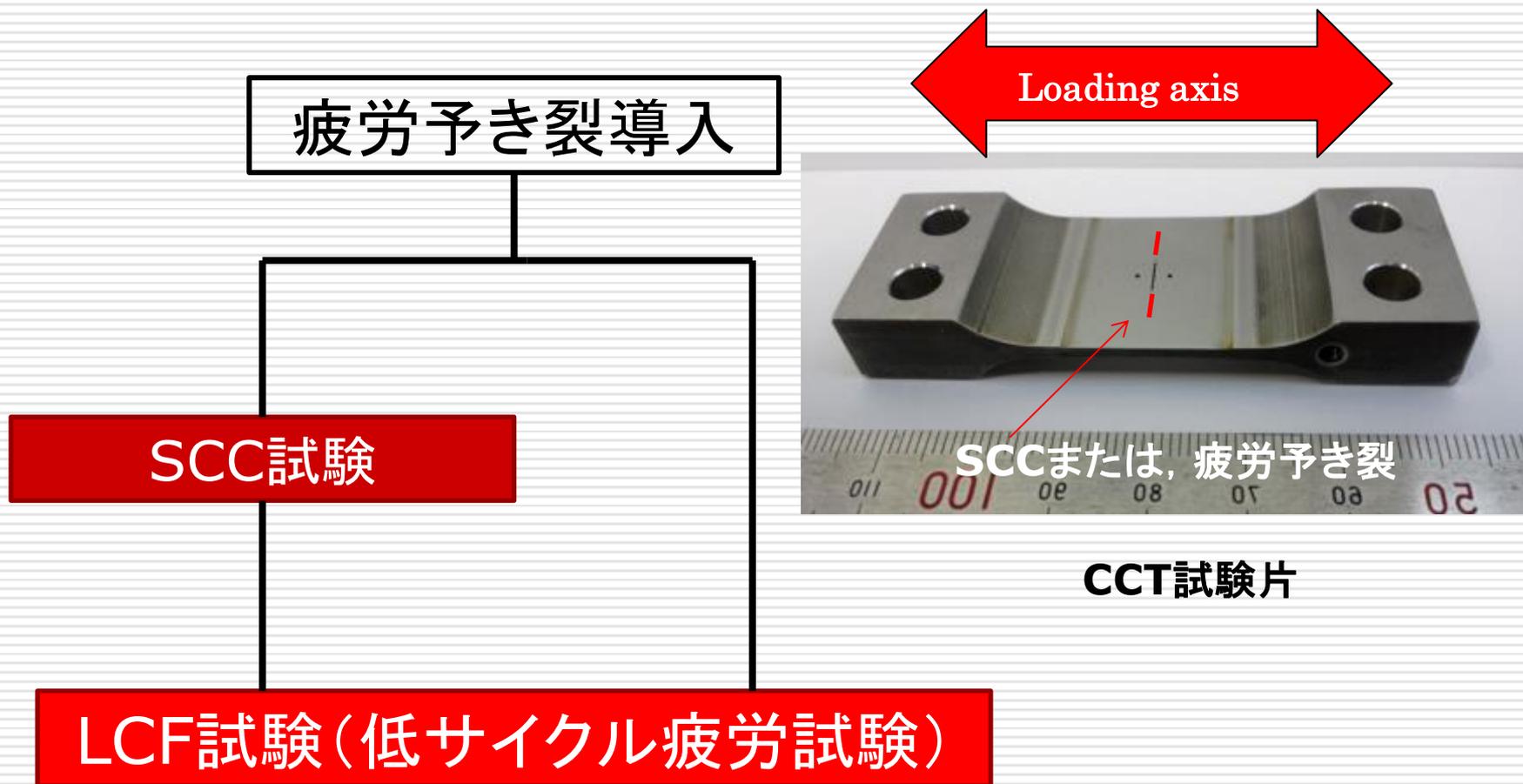


**試験片レベルでIGSCCき裂を再現**

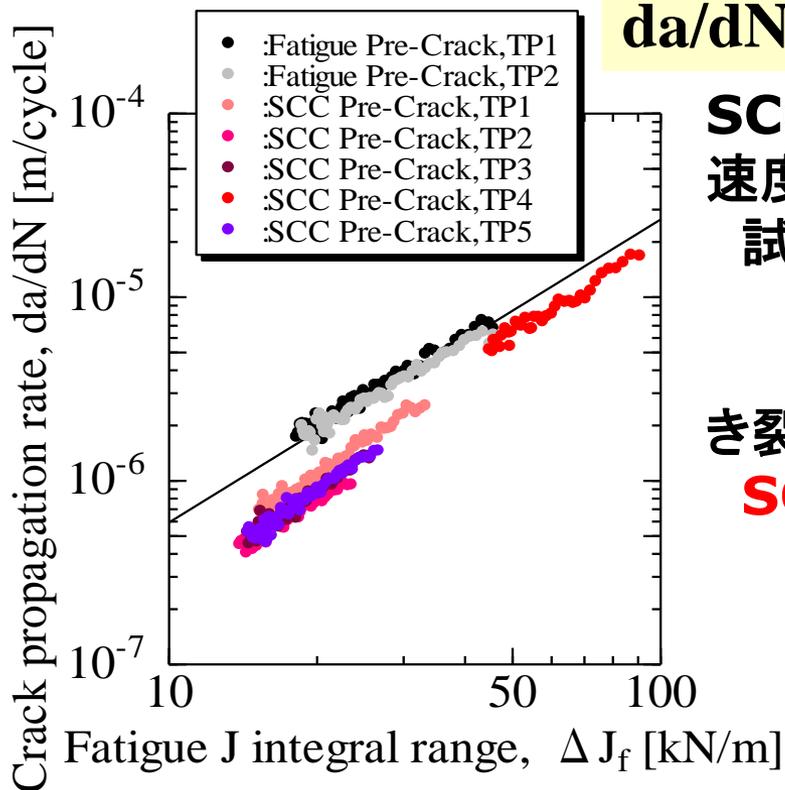
なお、以下、IGSCCを単にSCCと記す。



# き裂進展試験手順



# 疲労予き裂および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

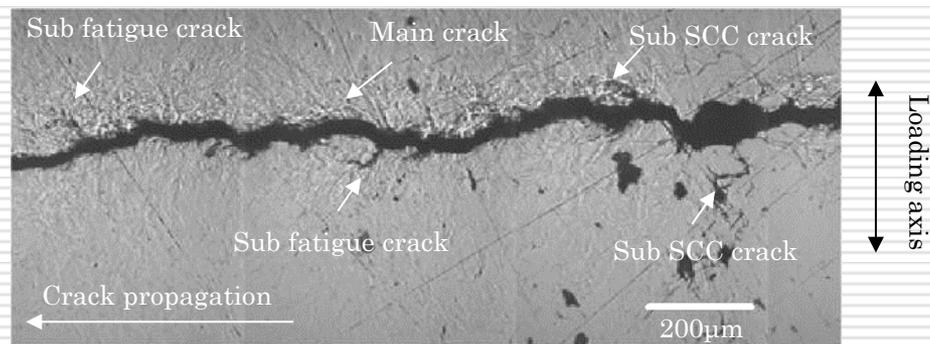
**SCC予き裂 (SCC pre-crack) からのき裂進展速度**

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**



# 試験開始直後のき裂の挙動

---



LCF負荷 1cycle目

IGSCCの分岐した副SCC  
き裂 (Sub SCC crack) が  
同時に開口.

**副SCCき裂による応力遮蔽効果**

# 試験中期・後期のき裂の挙動



約200 $\mu$ m進展後

副SCCき裂: **開口しない**  
き裂先端で新たに  
**副疲労き裂が発生・開口**

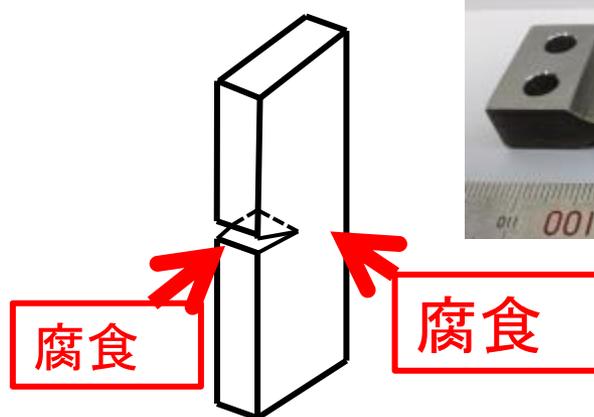
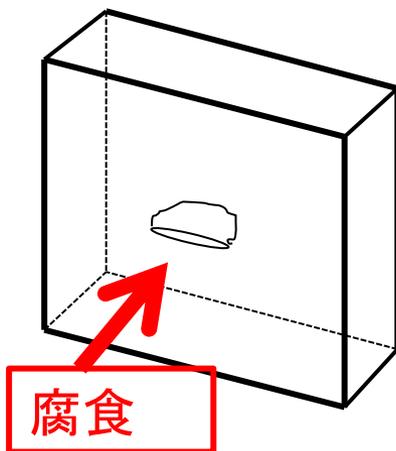
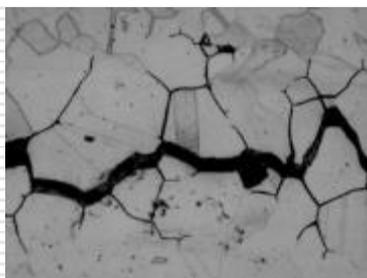


約1mm進展後

疲労き裂先端で  
副疲労き裂(**Sub fatigue crack**)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

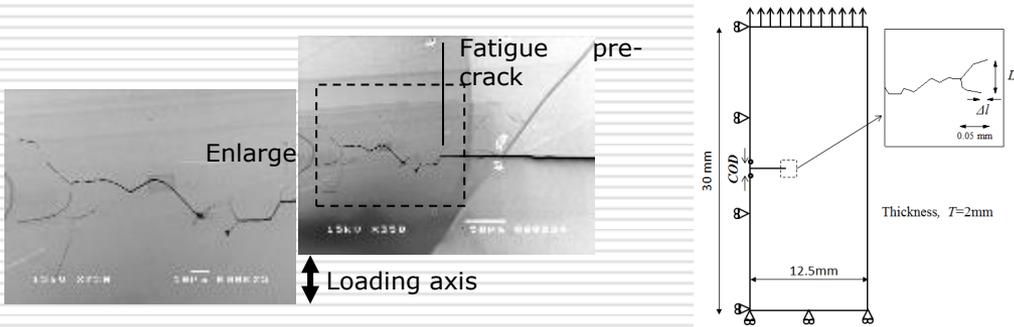


副疲労き裂の影響で、き裂進展速度を過度に低く評価している可能性

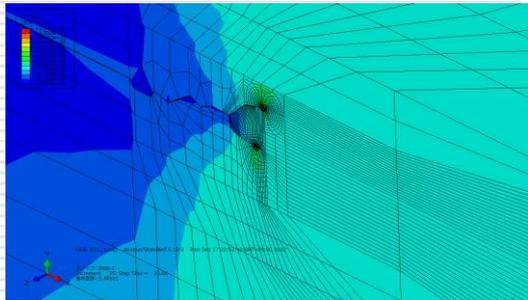
IGSCCき裂がLCF負荷を受けた際のき裂進展挙動を、より実機を模した環境で、実験的に検討した。  
加えて、FEM解析を用いて分岐き裂の進展挙動を検討した。



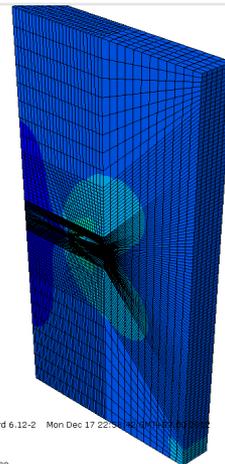
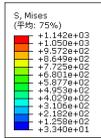
# FEMによるき裂進展シミュレーション



Model used for FE analysis.



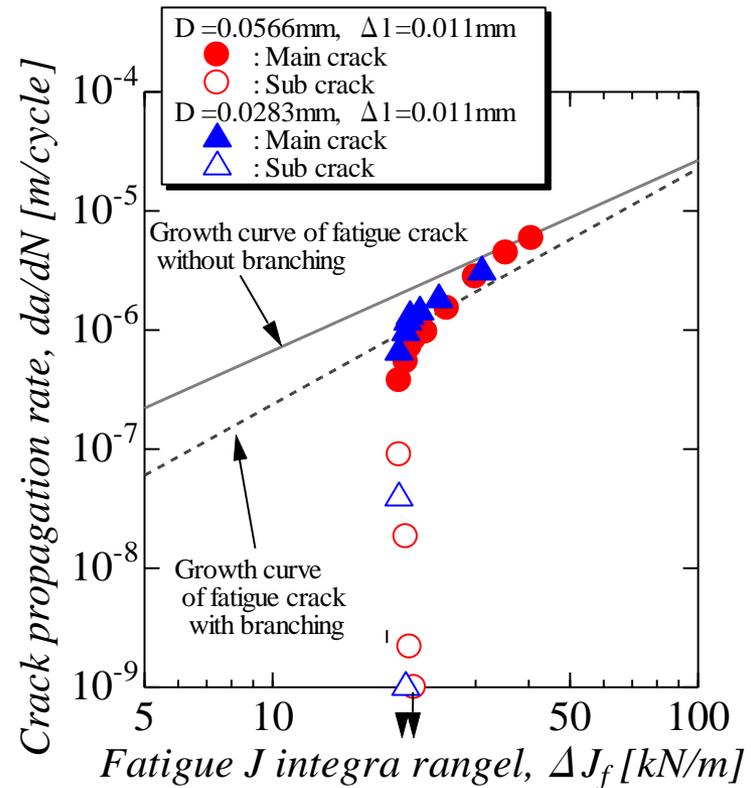
Enlarged view of the crack tip



ODB: SCC\_1.odb Abaqus/Standard 6.12-2 Mon Dec 17 22:00:00 JST 2012

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

Typical result of FE analysis



# 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。

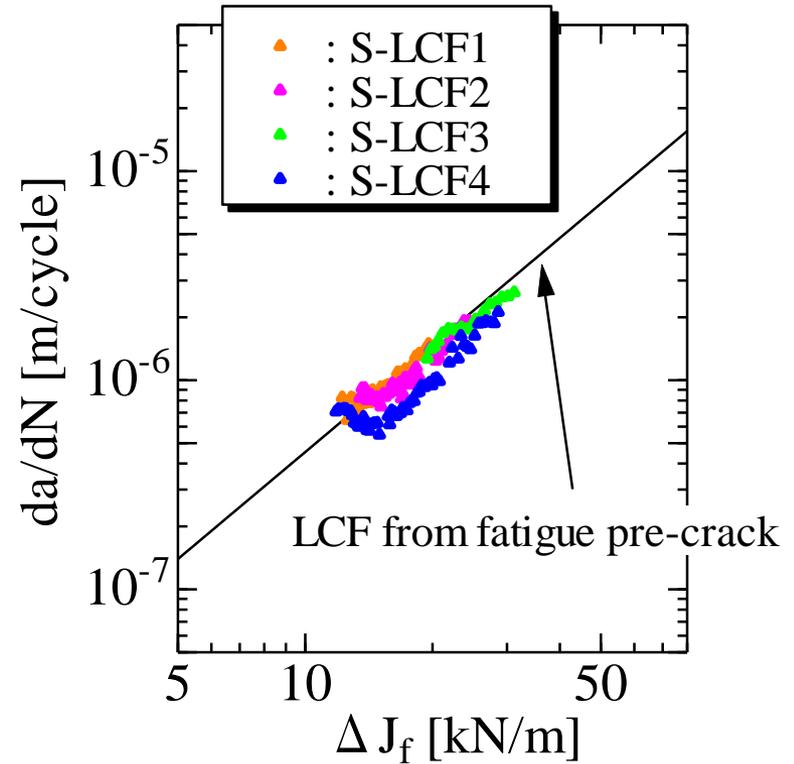
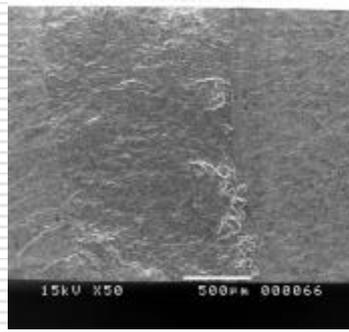
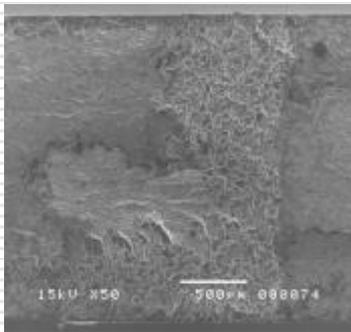
進展試験開始直後の200cycleは評価できていない。

→ 遅延はすぐに消失

例外:

S-LCF4

全体的に進展速度の遅延



LCF条件下のき裂進展挙動

# まとめ

---

- IGSCC予き裂からのき裂進展速度  
疲労予き裂からのLCFき裂進展速度に比べ  
き裂進展速度が低下することが予想  
※副き裂の応力遮蔽効果
- 解析結果と試験結果より  
IGSCCき裂の進展速度の低下  
副き裂が影響するき裂進展の極初期に限られる
- 本研究の成果は、経年設備の耐震安全性評価に  
活用することができる。