

構造物の経年劣化と 耐震評価に関する検討

平成24年3月2日

新潟工科大学

運転期間30年の原子力発電プラントが10基を越え、40年を迎えるプラントも増える予定である。原子力プラント配管などにおいては、経年化によるき裂の発生も報告されている。また、平成19年7月の中越沖地震では、設計基準地震動を上回る地震動が観測され、経年化を考慮した耐震安全の検討の重要性が挙げられている。一方、原子力耐震設計審査指針の改訂に伴い、設計基準地震動を越えるような地震動に対する残余のリスクの存在が認知され、同リスク評価のための破壊力学的評価手法の高度化が重要となっている。

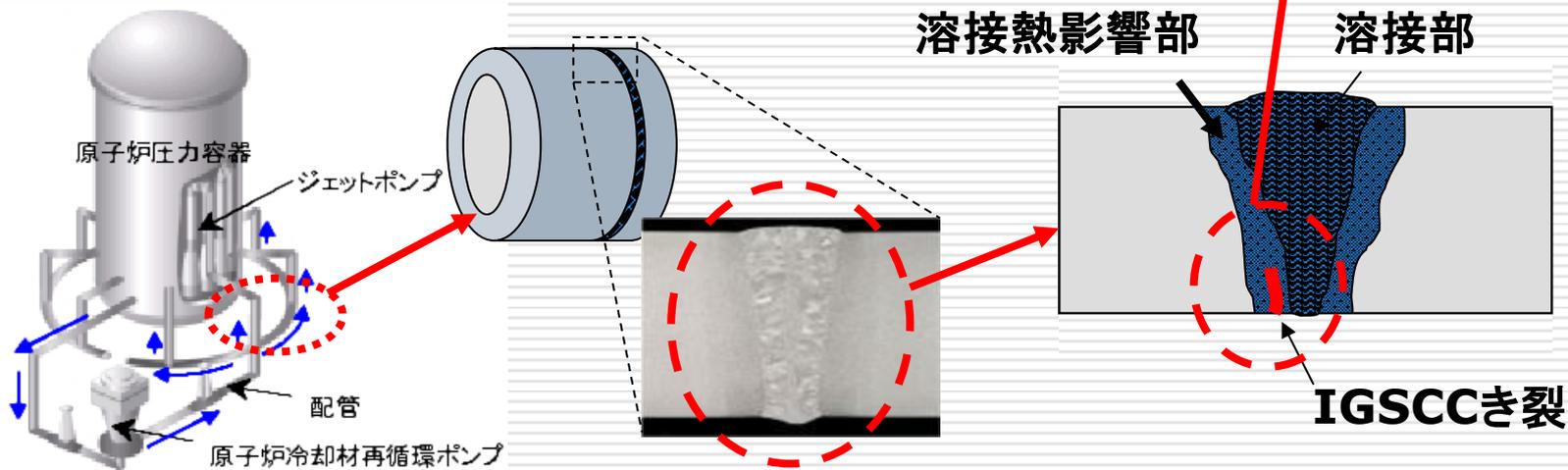
本研究では、SCCによるき裂を有する原子炉配管のリスク評価の高度化を目指す。併せて、次世代原子炉の候補材料についても同様の検討を行う。

IGSCCき裂

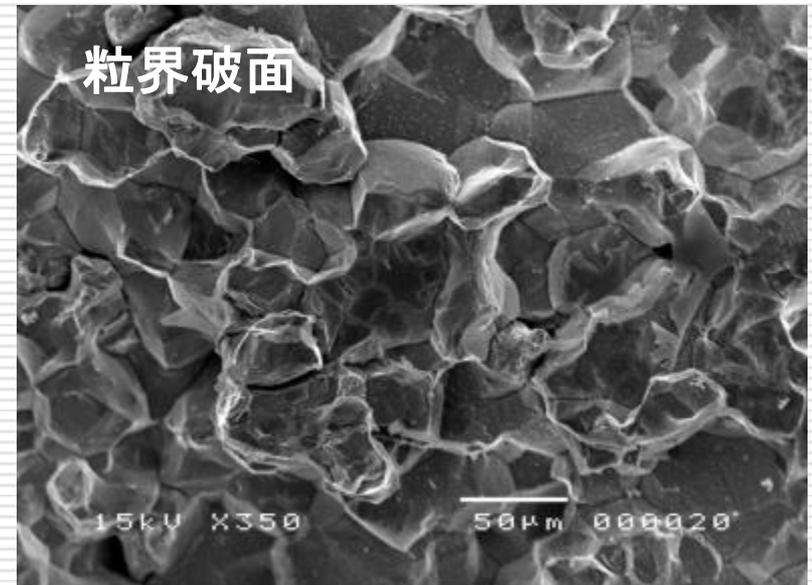
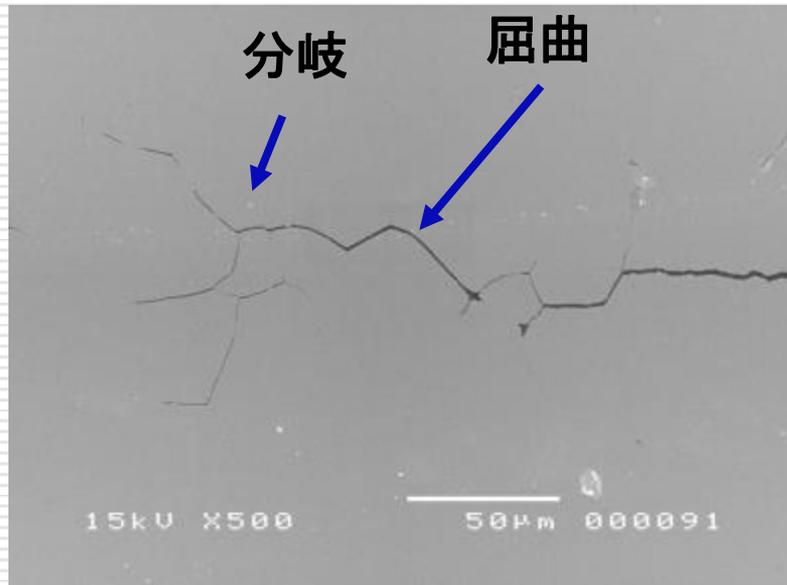
30年を超えて運転される原子力プラントの中には粒界型応力腐食割れ(Intergranular Stress Corrosion Cracking, IGSCC)き裂の発生が報告されている。



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



目的



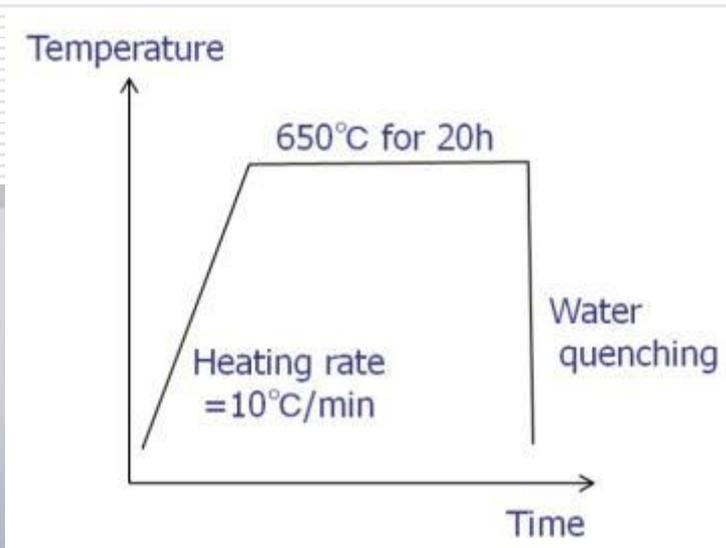
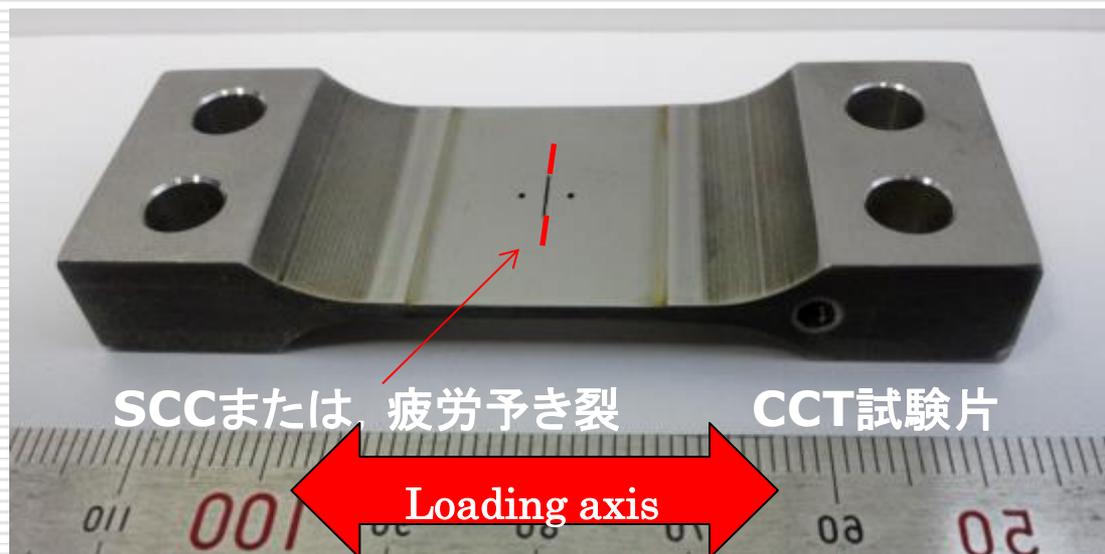
原子炉配管の信頼性および耐震性確保を目的とし、**IGSCC**き裂が低サイクル疲労負荷を受けた際のき裂進展挙動を調査した。

供試材

オーステナイト系ステンレス鋼 **SUS304**

鋭敏化条件

650°C、20時間後、水焼入れ



実験内容

疲労予き裂

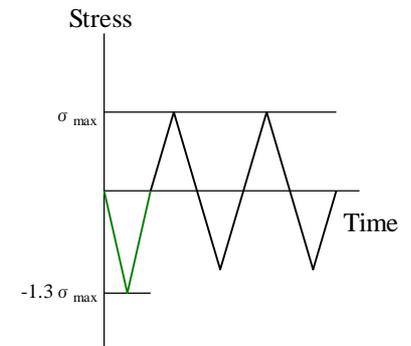
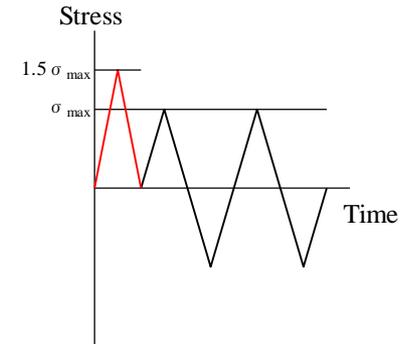
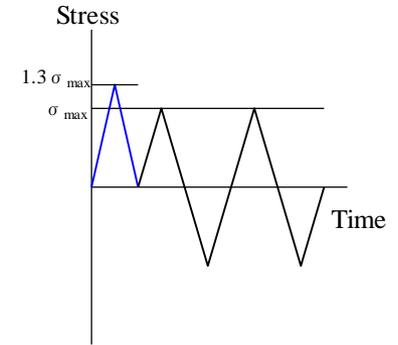
SCC予き裂

過大負荷
130%圧縮負荷

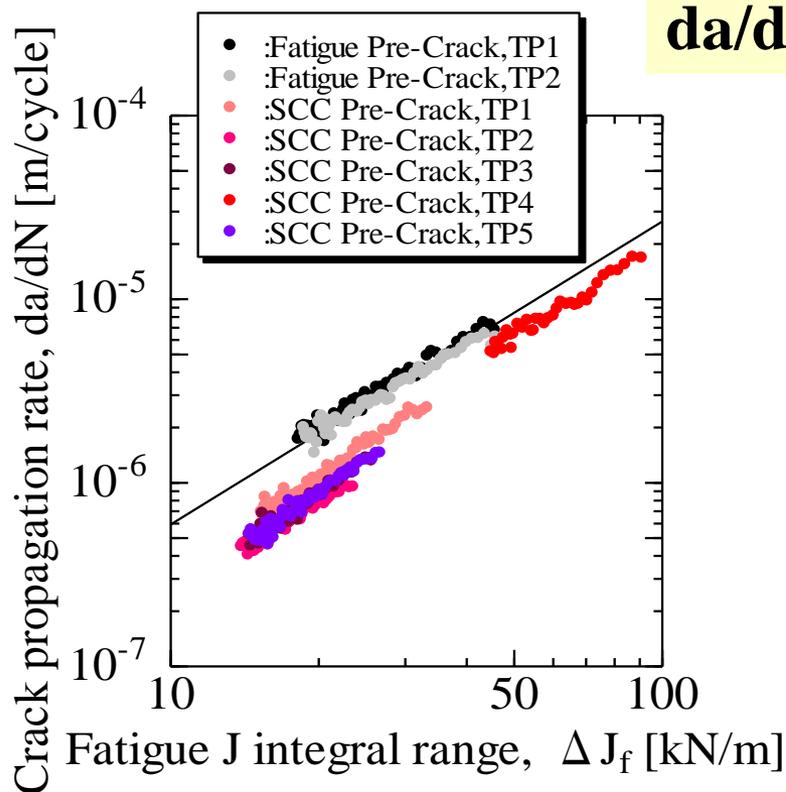
過大負荷
130%引張負荷
150%引張負荷

過大負荷
130%引張負荷

LCF試験: 各条件のき裂進展挙動を比較



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 ΔJ_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 μ 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

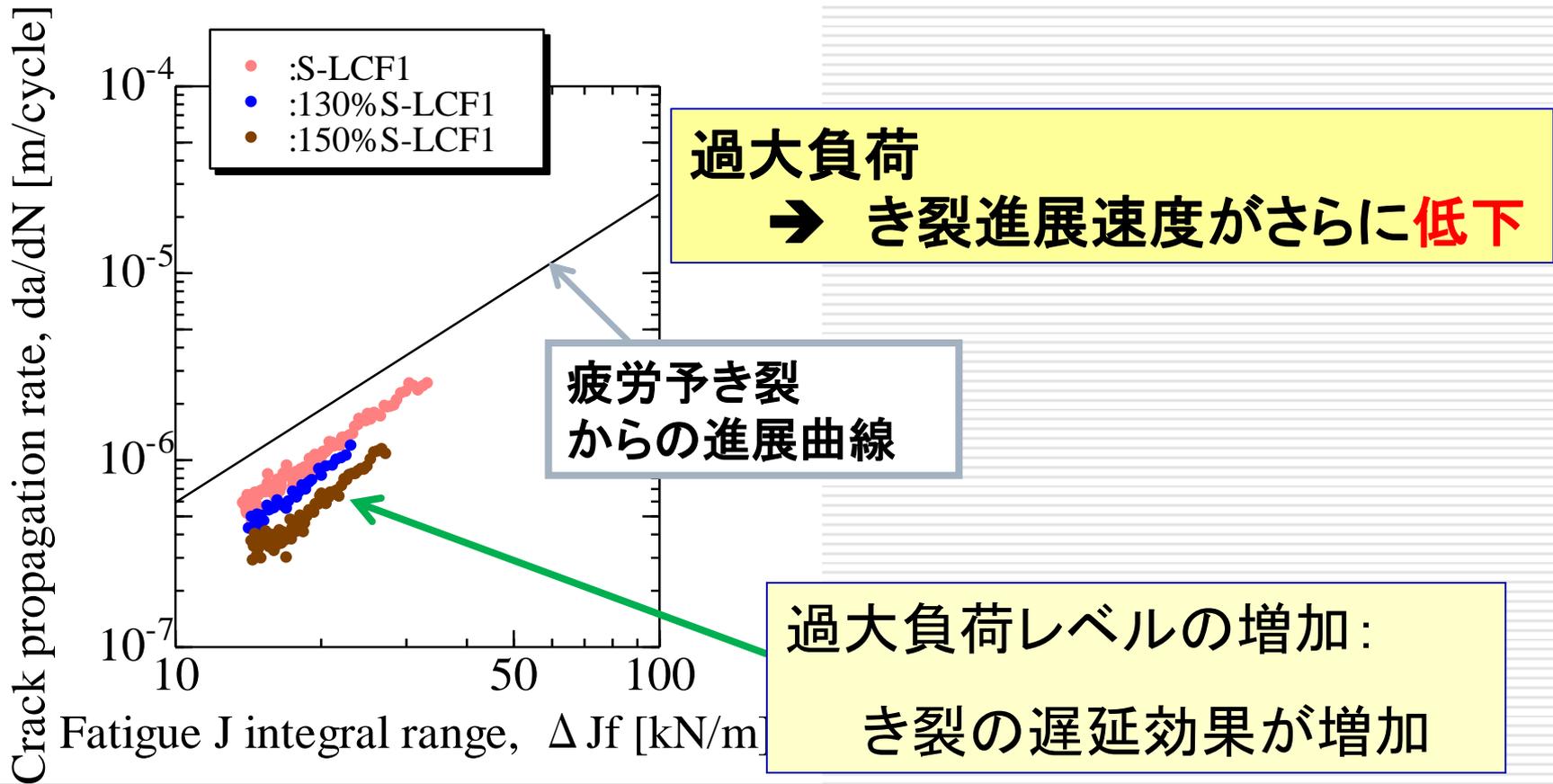


約1mm進展後

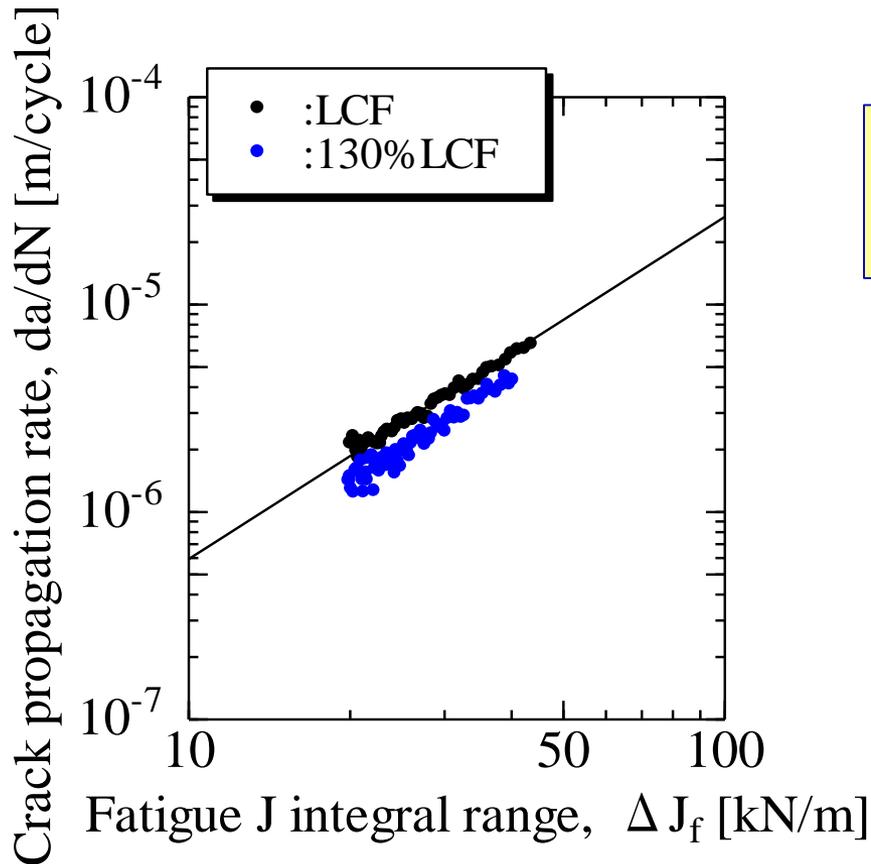
疲労き裂先端で
副疲労き裂の発生・開口

応力遮蔽効果の持続

き裂進展挙動に及ぼす過大負荷の影響

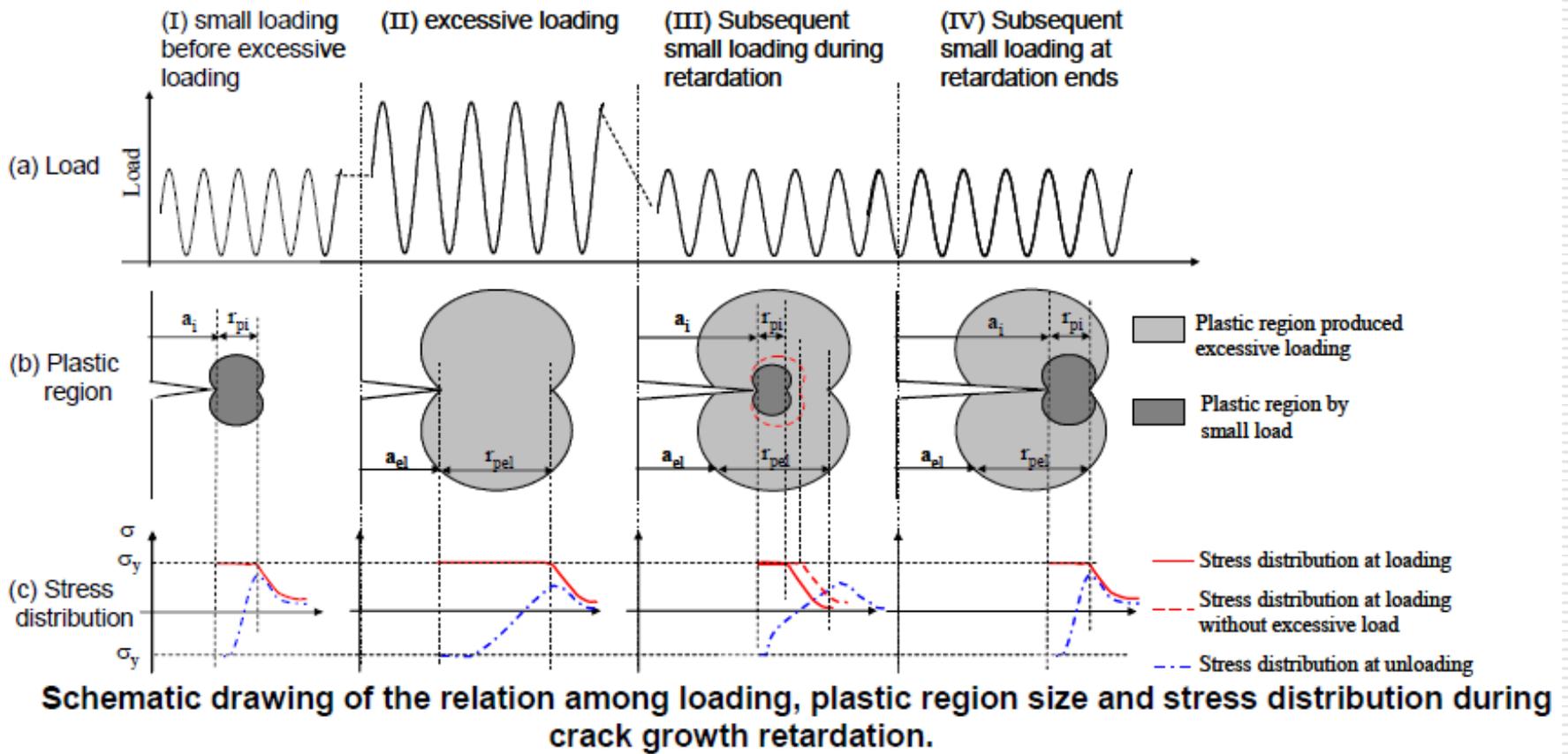


過大負荷の影響：疲労予き裂からの進展

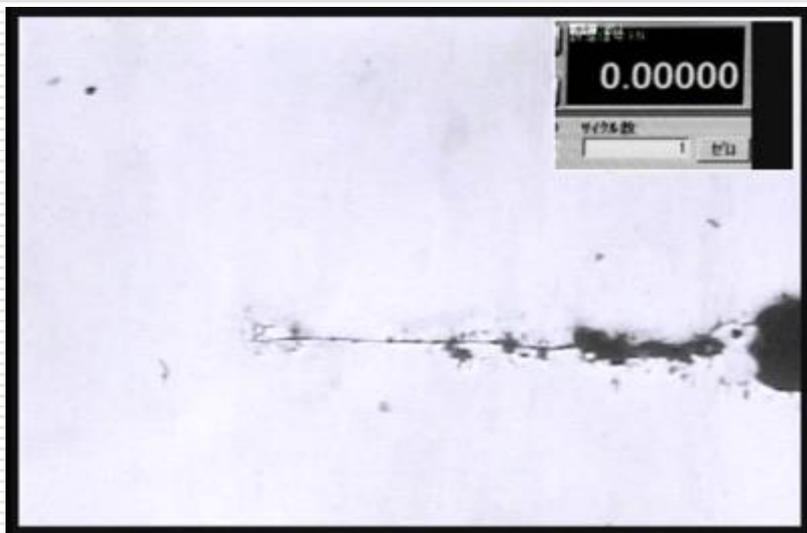


過大負荷
→ き裂進展速度が**低下**

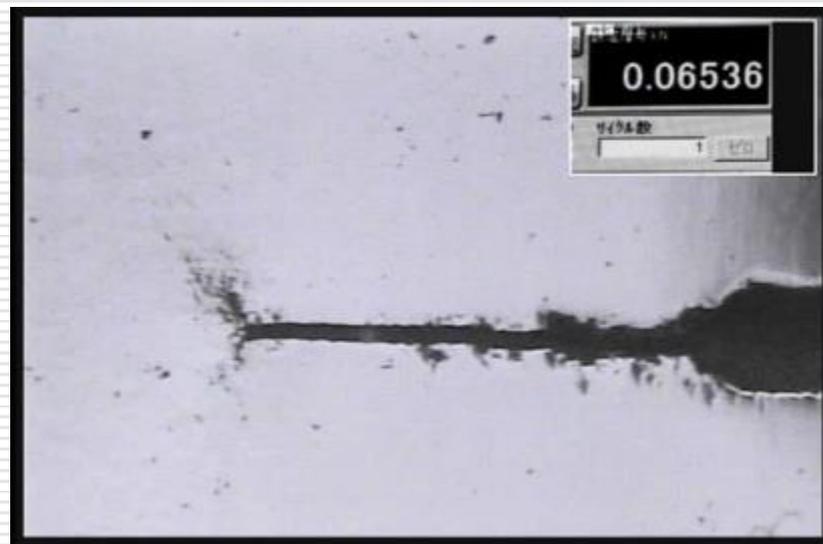
過大負荷によるき裂進展の遅延



過大負荷後のき裂の挙動



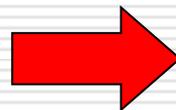
130%引張過大負荷



過大負荷後のき裂の挙動

き裂先端に
塑性域が形成

圧縮残留応力場



き裂進展速度の低下

まとめ

- SCC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
※副き裂の応力遮蔽効果
- 過大負荷の影響
SCC予き裂 & 疲労予き裂
き裂進展速度が低下
過大負荷レベルの増加
→ き裂進展の遅延効果が増加