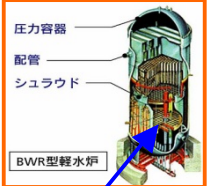


# Fe-Cu合金における内部摩擦と微小塑性に及ぼす温度の影響

名工大(院)〇久瀬祐一郎, 名工大(工) 玉岡悟司, 西野洋一, 岩手大(工) 鎌田康寛

## 背景

原子炉圧力容器鋼の照射脆化



### 問題点

- 運転期間の延長
- 破壊試験の継続
- 監視試験片の不足

力学特性の破壊評価  
シャルピー衝撃試験



力学特性の  
非破壊評価の必要性

要因: Cu析出物など  
照射欠陥の形成

### 内部摩擦測定

一本の試験片について  
時間経過に伴う強度変化を  
モニターすることが可能。

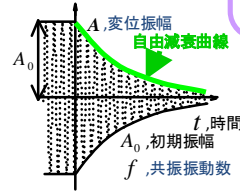
### 目的:

原子炉材料模擬材を用いて、時効によるCu析出過程における力学特性を内部摩擦測定によって調べる。

## 実験方法

原子炉材料模擬材  
Fe-1wt.%Cu

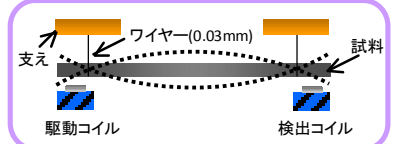
内部摩擦測定  
自由端横振動法  
真空中  
室温~573K  
780Hz



試料形状: 80 × 10 × 1mm<sup>3</sup>

溶体化: 1123K, 300min, 急冷

時効: 773K 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>min



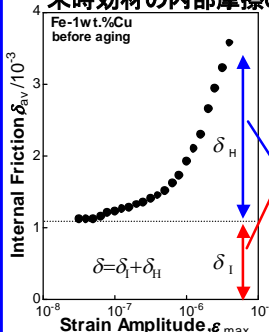
$$A = A_0 \exp(-f\delta t)$$

対数減衰率

内部摩擦

## 結果

### 未時効材の内部摩擦の振幅依存性



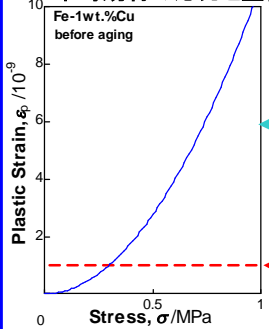
- ① δ<sub>I</sub>, 振幅に依存しない成分
- ② δ<sub>H</sub>, 振幅に依存する成分

微小塑性理論

$$\epsilon_p(\sigma) = \frac{\sigma}{E} \left[ \frac{1}{4} \delta_H \left( \frac{\sigma}{2} \right) + \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\sigma}{2}} \delta_H(\sigma_0) d\sigma_0 \right]$$

Y. Nishino and S. Asano: phys. stat. sol. (a) 151 (1995) 83.

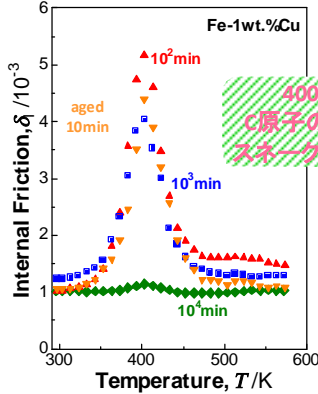
### 未時効材の応力と塑性歪の関係



力学特性の  
非破壊評価

$$\epsilon_p = 1 \times 10^{-9}$$

### ① 時効材の内部摩擦の温度依存性



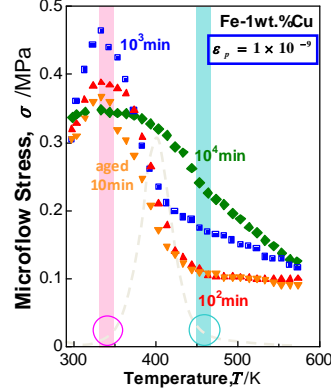
時効初期  
焼入れによる内部歪や  
過飽和空孔によるCのトラップ

時効時間の増加とともに  
ピーク高さの減少

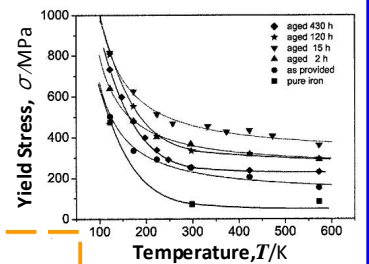
CuクラスターによるCの  
トラップ

ピーク高さの減少は  
Cu析出物の増加を示す

### ② 時効材の微小塑性の変形応力の温度依存性



Fe-1wt.%Cuの降伏応力の温度依存性  
M. J. Konstantinovic et al.: J. Nucl. Mater. 362 (2007) 283-286

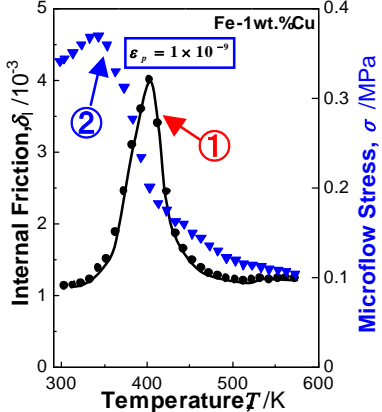


巨視的塑性

微小塑性

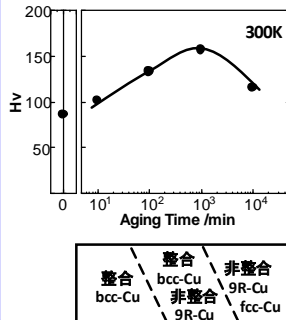
400K付近で  
微小塑性の変形応力は  
顕著な温度変化を示す

### 未時効材の内部摩擦と 微小塑性の変形応力の温度依存性

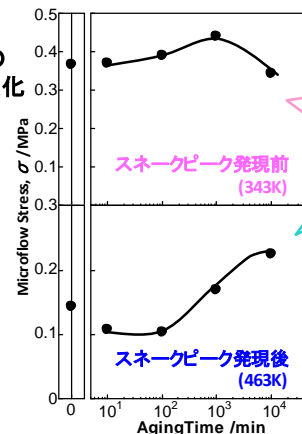


## まとめ

### ピッカース硬度と微小塑性の 変形応力の時効時間による変化



整合 bcc-Cu	整合 bcc-Cu	非整合 9R-Cu
非整合 9R-Cu	非整合 fcc-Cu	



- ・固溶C量  
(転位の速度 > C拡散速度)
- ・Cu析出状態

- ・Cu析出状態

結論:  
スネークピークの発現  
前後において、微小塑性  
の変形応力が異なる  
時効時間依存性を示す。