

# 先進構造材料を支えるナノ・マイクロ組織制御

マテリアル理工学専攻 材料工学分野 極限構造材料工学講座 産学連携材料開発グループ 村田純教

## 研究開発の概要

耐熱金属材料は発電プラントをはじめとする様々なプラントおよび高温機器で必要不可欠である。プラントや高温機器の熱効率には耐熱金属材料の性能に依存し、その性能は耐熱金属材料のナノ・マイクロ組織に支配される。本研究室では、そのナノ・マイクロ組織を決定づける物理学的な要因を実験と計算機シミュレーションを併用することによって抽出し、それに基づいた耐熱金属材料の組織制御と寿命評価を行っている。

## 新規性・独創性

金属材料の複雑なナノ・マイクロ組織をエネルギーを指標として定量的に取扱っている。

## 寿命予測

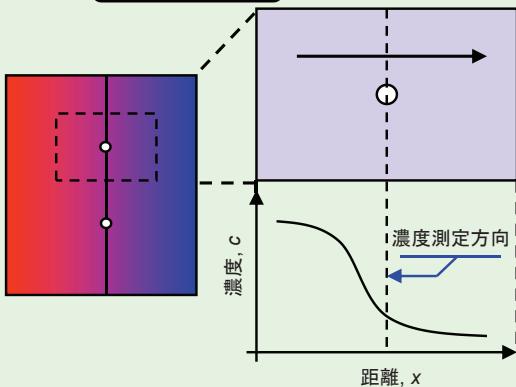
① 実用耐熱合金の基本3元系での原子拡散挙動の解析

② X線回折のプロファイル解析による材料中の転位密度解析

③ 複雑なマイクロ組織変化をエネルギーという観点から、定量的に評価

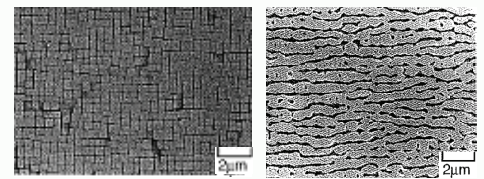
④ フェーズフィールドシミュレーションにより材料組織の再現と組織形成を支配する要因の抽出

### ① 原子拡散



原子拡散実験による合金の濃度プロファイルの模式図

### 拡散による組織変化



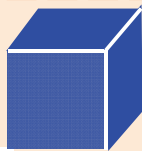
### ② XRDプロファイル解析

$$A(L) = A^S(L) \cdot A^D(L)$$

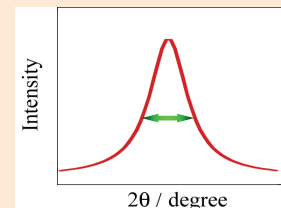
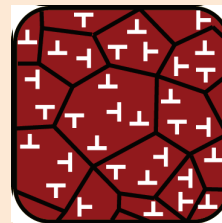
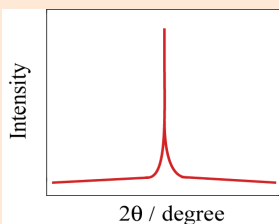
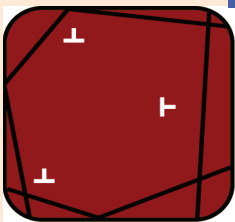
$$\exp\left(-\frac{1}{2} \pi g^2 L^2 \rho C b^2 \ln\left(\frac{R_e}{L}\right)\right)$$

XRDピークのフーリエ係数  $A$  は結晶サイズ因子  $A^S$  と歪因子  $A^D$  の積で表わされる。

$g$ : 反射ベクトル,  $L$ : フーリエ長さ,  $\rho$ : 転位密度  
 $R_e$ : 転位相互作用距離,  $b$ : 転位のバーガースベクトル  
 $C$ : 転位のコントラスト因子,  $\mu$ : 剛性率,  $r_0$ : 転位芯の半径



加工



$$E_{str} = \frac{\mu b^2}{4\pi} \ln\left(\frac{R_e}{r_0}\right) \times \rho$$

転位密度  $\rho$  が歪エネルギーを反映

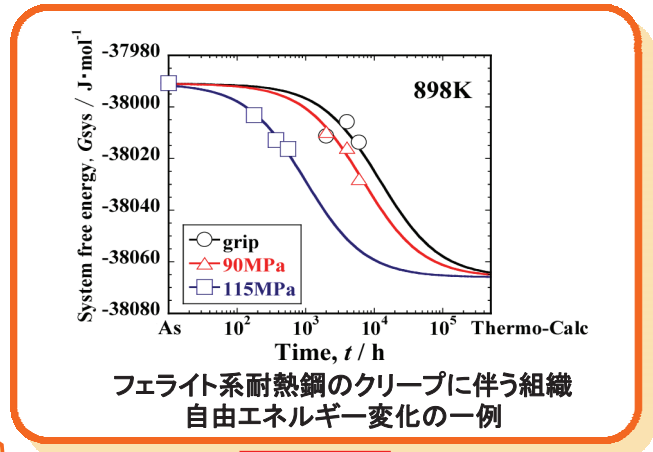
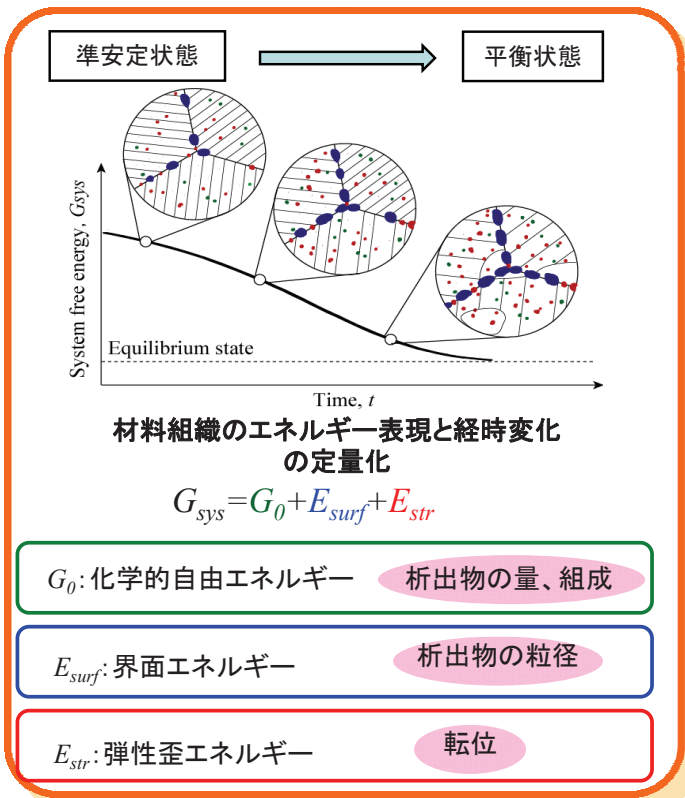
X線プロファイル解析による結晶粒サイズと転位密度の分離抽出 (Mod. Warren-Averback法)

# 先進構造材料を支えるナノ・ミクロ組織制御

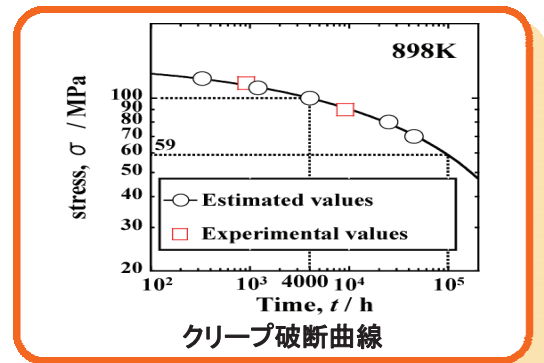
マテリアル理工学専攻 材料工学分野 極限構造材料工学講座 産学連携材料開発グループ 村田純教

## 応用例とその効果

### ③・組織状態のエネルギー表現⇒材料経時変化の定量化



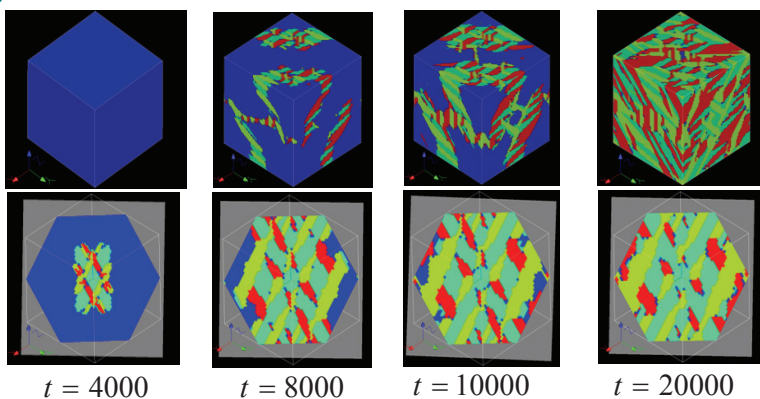
寿命予測



### ④・フェーズフィールドシミュレーション結果の例

耐熱鋼におけるラスマルテンサイト組織形成過程  
 Ni基超合金における組織形態変化過程  
 ⇒耐熱鋼・Ni基超合金組織の経時変化の定量化と寿命評価を可能にする。

#### 耐熱鋼(ラスマルテンサイト相)



耐熱鋼の高温強度を支配するラスマルテンサイト相の生成過程図

#### Ni基超合金

