

2021 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	宮本 吾郎
研究機関名	東北大学
所属部署名	金属材料研究所
役職名	准教授
研究課題名	界面組成の高度制御法確立による構造用金属材料の力学特性向上
研究実施期間	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

**研究成果の概要**

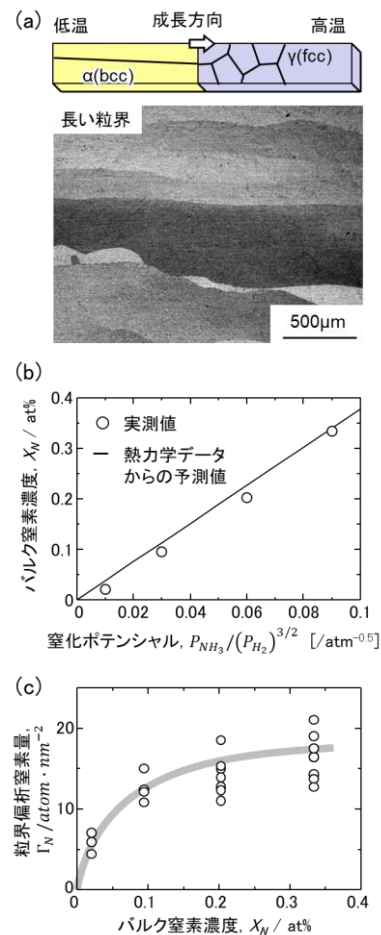
本研究では、構造用金属材料の粒界における元素間の相互作用を実験的に解明したうえで、計算状態図の考え方を粒界に適用し、粒界への元素濃化（粒界偏析）を設計する粒界偏析設計の概念の有効性を実証し、力学特性を向上させる指導原理を確立することを目的としている。そこで、2021年度は、①活量制御焼鈍法を利用した粒界偏析定量化手法の確立、②粒界炭素、窒素濃度偏析の定量評価を行った。

**① 活量制御焼鈍法の確立**

当研究グループも含めたこれまでの粒界偏析研究により、粒界偏析は粒界性格に強く依存することが知られているため、粒界における元素間の相互作用を解明するためには、一つの粒界を対象にして母相溶質濃度を変化させた際の粒界溶質濃度の変化を調査する必要がある。そこで、純鉄を fcc 相が安定な温度域から温度傾斜下で徐冷することで、棒状試料の一方に fcc→bcc 変態を生じさせ、長い粒界を作成することに成功した（図 (a)）。この試料に対して、ポテンシャル制御処理（図 (b)）を施し、FIB を用いて対象とする粒界から針状試験片をピックアップし、三次元アトムプローブ法により同一粒界に対してバルク組成と粒界組成の関係を定量評価する一連の手法を確立した。

**② 粒界炭素、窒素濃度偏析の定量評価**

項目①で構築した手法により、種々のポテンシャルにおいて窒化処理を施すことでバルク窒素濃度を変化させながら、600°Cで偏析した粒界における窒素濃度を定量評価した。対



図(a)温度勾配徐冷法による長い粒界の作製、(b)ポテンシャル制御窒化によるバルク窒素濃度の制御、(c)粒界偏析窒素濃度とバルク窒素濃度の関係(600°C焼鈍)

象としたのは、方位差  $37^\circ$  のランダム  $\alpha$  粒界である。その結果、図 (c) に示すようにバルク窒素濃度が高くなるほど粒界偏析した窒素濃度は増加するが、高窒素濃度での粒界偏析窒素濃度の増加は緩やかになり、おおよそ約  $20\text{atom}/\text{nm}^2$  で頭打ちになることを見出した。このことは、粒界における窒素の偏析サイト密度が約  $20\text{atom}/\text{nm}^2$  であること、もしくは粒界において窒素間に反発の相互作用が働き、高濃度における偏析が抑制されることを示すものである。