

研究テーマ：革新的構造材料創製のための塑性変形過程の新概念構築

第3期（H30～R3年度）の研究目標

プラストン概念の学理構築，制御指針の提示と情報発信

- 多様な化学結合を有する構造材料におけるプラストン解明
- プラストン概念に立脚した制御指針の獲得

プラストン制御による従来の常識を凌駕する革新的材料創製

- ターゲット1 複合変形子鉄鋼材料の創製
- ターゲット2 チタン・チタン合金の高強度・高延性化による疲労特性向上
- ターゲット3 材料創製を志向する公募研究との連携



令和元年度の代表的な研究成果

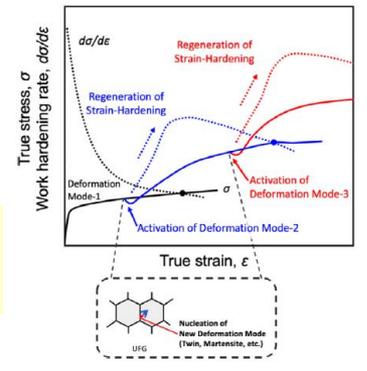
◆プラストン制御による強度と延性両立のための設計指針

✓本拠点で提案しているプラストン概念と、プラストンの制御によって金属材料の強度と延性を両立させるための材料設計指針を、材料創製、変形機構解析の実験結果、原子シミュレーションと第一原理計算結果をもとに包括的に解明した。

プラストン概念について包括的に記述した初めての総説論文

(辻GL、尾方PI、乾GL、田中GL、岸田准教授ら)

N. Tsuji, S. Ogata, H. Inui, I. Tanaka, K. Kishida, et al. Scripta Materialia (Viewpoint Article, Vol.181, 35–42 (2020))



強度と延性両立戦略の模式図

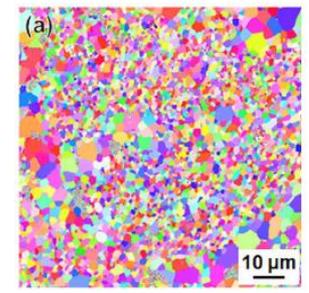
◆実用マグネシウム合金の高強度・延性向上のための微細組織制御

- ✓高圧ねじり(HPT)法により、様々な平均粒径の実用マグネシウム合金(ZKX600)を系統的に創製し、塑性変形挙動と粒径の関係を初めて明らかにした。
- ✓細粒化により、強度と延性の両立が達成できた。そのプラストン機構を調査した結果、細粒材では変形双晶に代わり、c成分を持つ特異転位が重要となることを解明した。

(柴田准教授、辻GL、Gong特定研究員、佐々木PIら)

マグネシウム合金における強度・延性改善のための微細組織制御指針

R. Zheng, T. Bhattacharjee, S. Gao, W. Gong, A. Shibata, T. Sasaki, K. Hono, N. Tsuji, Scientific Reports Vol.9 No.11702 (2019)



HPT法により創製した実用マグネシウム合金(平均粒径0.77μm)

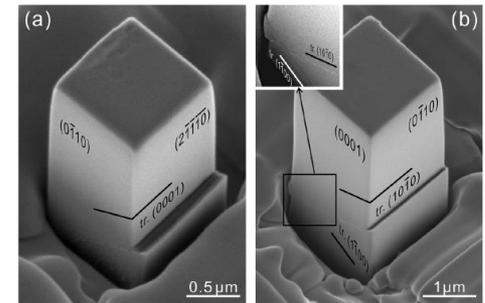
◆多様な化学結合を有する脆性物質の塑性変形機構の解明

- ✓強い共有結合を有し、通常は脆性材料と見なされる炭化ケイ素(6H-SiC)が、室温で大きな塑性変形能を有することを、単結晶を用いたマイクロ試験により発見。
- ✓変形機構を詳細に解析した結果、これまで知られていなかった柱面すべりが底面すべりとともに生じることを発見。その臨界せん断応力や原子過程を初めて明らかにした。

(岸田准教授、乾GLほか)

脆性材料への塑性変形能付与の指針

K. Kishida, Y. Shinkai, H. Inui, *Acta Materialia*, Vol.187, 19-28 (2020)



2つの異なる結晶方位を有する6H-SiC単結晶のマイクロ試験結果

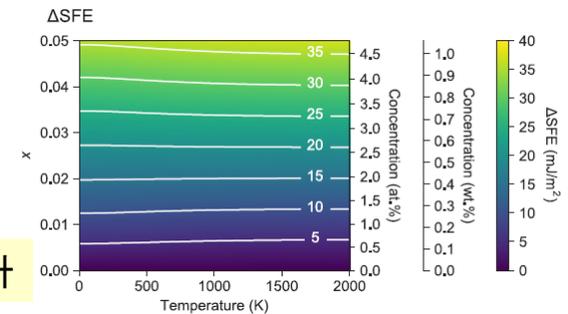
◆積層欠陥エネルギーへの格子間炭素(C)原子のインパクト

- ✓積層欠陥エネルギー(SFE)は、塑性変形挙動を決める重要因子である。高エントロピー合金CrMnFeCoNiを対象に、格子間Cの影響を多数の第一原理計算データを解析することで初めて解明した。
- ✓格子間Cのインパクトの配位環境に応じた変化を定量的に評価し、SFEの温度依存性も第一原理計算で導出した。

(田中GLら、国際共同研究)

金属材料へ炭素原子添加の指針

Y. Ikeda, I. Tanaka, J. Neugebauer, F. Körmann, *Physical Review Materials*, Vol. 3 113603 (2019)



高エントロピー合金CrMnFeCoNiに格子間Cを加えた場合のSFEと、温度依存性

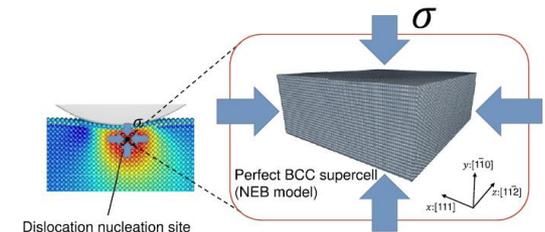
◆BCC金属結晶へのナノインデンテーション過程のマルチスケールシミュレーション

- ✓ナノインデンテーション時にポップインとして実験的に観測されるプラストン生成過程のマルチスケールシミュレーションに初めて成功した。
- ✓プラストン生成の温度依存性とひずみ速度依存性の予測に成功した。

プラストン生成過程: 実験と理論計算の整合

(大村PI、尾方PIら)

Y. Sato, S. Shinzato, T. Ohmura, S. Ogata, *International Journal of Plasticity*, Vol.121, 280-292 (2019)



BCC金属結晶におけるナノインデンテーション直下での応力分布