

## 【基盤研究(S)】

理工系(工学)



### 研究課題名 鉄鋼材料の結晶粒微細化強化に関する学術基盤の体系化

九州大学・大学院工学研究院・教授 **たかき せつお**  
**高木 節雄**

研究課題番号: 15H05768 研究者番号: 90150490

研究分野: 工学、材料工学、無機材料・物性

キーワード: 結晶構造・組織制御

#### 【研究の背景・目的】

鉄鋼材料では明確な降伏点が発現することが特徴であり、CやNによる転位の固着がその原因と考えられてきた(Cottrell固着説)。その根拠として、鉄の純度を上げると降伏強度が低下することが挙げられているが、申請者らは、60ppm以下の極微量の固溶炭素の有無によって結晶粒微細化強化係数( $k_y$ )が大きく変化し、同じ粒経でも高純化によって降伏強度が低下することを見出した。これは、鉄鋼材料の分野ではこれまでの定説を覆す新たな発見である。また、鉄鋼材料の $k_y$ に及ぼす合金元素の影響については、100ppm以下の炭素や窒素は不純物として取り扱われ、その影響は無視されてきた。しかし、実際には極微量の炭素や窒素が $k_y$ の値に影響を及ぼしている可能性もある。たとえば、図1に示すように、鉄の $k_y$ 値は銅やアルミに比べて極端に大きいとされてきたが、申請者が固溶炭素や窒素を全く含まないIF

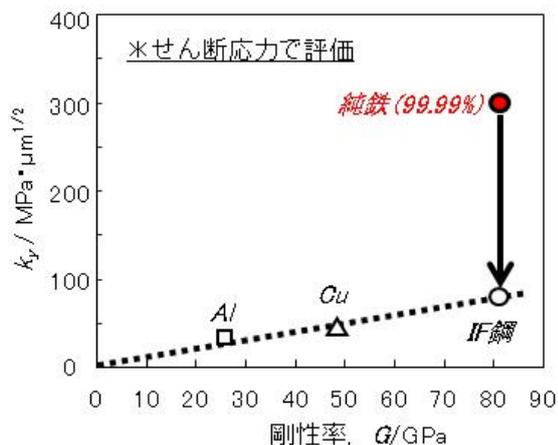


図1 各種金属の剛性率と結晶粒微細化強化係数 $k_y$ の関係

鋼で $k_y$ を実測した結果、剛性率に対応した妥当な値になることが分かった。

本研究では、多結晶フェライト鋼の降伏挙動に及ぼす炭素や窒素の影響を解明するとともに、固溶強化や $k_y$ に及ぼす各種合金元素の影響を系統的に調査して、鉄鋼材料の強度設計に関するデータベースを再構築することを目的とする。

#### 【研究の方法】

##### 1) フェライト鋼の降伏機構の解明:

三次元アトムプローブを用いて粒界に偏析したCやNの直接観察を試み、両者の粒界偏析と $k_y$ の関係を定量的に評価する。さらに、その場引張り観察が可能な走査型電子顕微鏡を用いて、降伏前後の結晶粒界近傍の組織変化を調査することによって、マクロな降伏挙動との関係を明らかにする。結晶粒界と粒界の相互作用についてはナノインデントを用いて調査し、粒界に偏析したCやNの影響を明らかにする。また、分子動力学法を用いて粒界と転位の相互作用を解析し、粒界に偏析したCやNの影響を検証する。

##### 2) 鉄鋼材料の結晶粒微細化強化係数に及ぼす置換型合金元素の影響:

Mn, Si, Cr, Ni, S, Cu, Alの7種類の置換型合金元素をそれぞれ単独で適量添加したIF合金鋼を作製し、各種元素が結晶粒微細化強化係数に及ぼす影響を系統的に調査する。結晶粒径は、室温で90%冷間圧延した試料を適切な条件で再結晶させることによって、10~200 $\mu\text{m}$ の範囲で調整する。各種の合金についてHall-Petchの関係を調査し、切片の値から固溶強化の影響、直線の傾きから $k_y$ 値を求め、それぞれの添加元素の影響を定量的に評価する。

#### 【期待される成果と意義】

本研究は、鉄鋼材料におけるHall-Petch則に関するデータベースを構築することによって、鉄鋼材料の強度設計の発展ならびに結晶粒微細化強化に関する学術基盤の体系化に寄与することが期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ K. Takeda, N. Nakada, T. Tsuchiyama, S. Takaki: ISIJ Inter., 48 (2008), 1122-1125.
- ・ D. Akama, N. Nakada, T. Tsuchiyama, S. Takaki, A. Hironaka: Scripta Mater., 82(2014), 13-16.

#### 【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 121,600千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.kyushu-u.ac.jp>  
takaki@zaiko.kyushu-u.ac.jp