

令和 2 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05768

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Systematization of academic background in grain refinement strengthening of steel

研究代表者

高木 節雄 (Setsuo, Takaki)

九州大学・鉄鋼リサーチセンター・学術研究員

研究者番号：90150490

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 121,600,000円

研究成果の概要（和文）：十分に焼鈍した多結晶鉄の降伏は粒界から転位が放出されることによって起こり、粒界転位の放出に必要なせん断応力 σ_y が高いほど結晶粒微細化強化係数は大きくなる。 σ_y は、純鉄では大変小さな値であるが、粒界に偏析した元素の種類と量によって大きく変化する。程度の差はあれ、C、N、Ni、Si、Mn、Alについては σ_y を大きくするが、Crは σ_y にほとんど影響を及ぼさないことが本研究により明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄鋼は現代文明を支える基盤材料であり、省資源・省エネルギーの観点から更なる高強度化が求められている。ほとんどの実用鋼は多結晶体であり、結晶粒微細化強化は最重要の強化手段といっても過言ではないが、降伏挙動に及ぼす合金元素の影響については不明な点も多く残されている。本研究成果は、新たな材料や組織制御法を開発するうえで重要な設計指針を与えるものであり、学術面のみならず社会的にも高く評価される。

研究成果の概要（英文）：Yielding of well-annealed poly crystalline iron occurs by the dislocation emission from grain boundary and the grain refinement strengthening coefficient increases with an increase of the shear stress σ_y which is required for the dislocation emission from grain boundary. σ_y is small value in pure iron but changeable depending on the kind and amount of alloying elements which have segregated at grain boundary. The results of this study proved that C, N, Ni, Si, Mn and Al make σ_y increase although the degree of effect is different, while Cr does not give so large effect to σ_y .

研究分野：鉄鋼材料の合金設計、組織制御ならびに強化機構に関する研究

キーワード：フェライト鋼 結晶粒径 結晶粒微細化強化 降伏応力 Hall-Petchの関係 粒界偏析 合金元素 強化機構

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

結晶構造が bcc の多結晶フェライト鋼では明瞭な降伏点が発現することが特徴的であり、C や N による転位の Cottrell 固着がその原因と考えられてきた。その根拠として、純度を上げて C や N の総量を少なくすると降伏点が低下する事実が挙げられているが、申請者は、高純化によってホールペッチの関係における結晶粒微細化強化係数(k_y)が小さくなることを見出した。つまり、同じ結晶粒径であっても、純度が高くなると k_y が小さくなり、結果的に降伏応力が低くなるわけである。このように、降伏点の発現は本質的に結晶粒微細化強化に関連しており、 k_y の値は固溶炭素量に依存して変動するわけである。このような現象は、高純度鉄の k_y に及ぼす極微量炭素の影響を詳細に調査して初めて明らかになった事実であり、教科書の記述を書き変えるほどの画期的な発見である。また、結晶粒微細化強化は材料強化の観点から最も重要な手段であるため、 k_y に及ぼす合金元素の影響についても過去に多くの研究がなされてきたが、極微量の炭素が k_y に多大の影響を及ぼすことなど想定外であり、 k_y に及ぼす合金元素の影響を調査した研究では、微量炭素の影響を合金元素の影響として誤認された例も少なくない。真に k_y に及ぼす合金元素の影響を調査するためには、C や N などの侵入型元素を $Ti(C,N)$ として固定した Interstitial free steel (IF 鋼) を用いた研究が必要となってくるが、これまで IF 鋼を用いて多結晶鋼の降伏挙動を調査した例はほとんど見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、多結晶のフェライト鋼における降伏現象のメカニズムを明らかにするとともに、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。

3. 研究の方法

強化機構解明に関する研究については、分子動力学による計算、ナノインデントによる粒界強度の評価、引張試験による降伏挙動の解明という3つのグループに分けて研究を行っている。 k_y に及ぼす合金元素の影響については、Mn, Si, Cr, Ni, Cu, Al を添加したフェライト鋼を作製し、 k_y 値ならびに固溶強化に及ぼす影響を分離して、信頼できるデータベースを構築する。研究進捗評価では、上記元素を複合添加した合金系における調査も要望されたが、元素の複合添加の影響を調査するにはさらに長期の研究機関が必要と判断されたことから、本研究では、当初の計画通りに k_y 値に及ぼす上記元素の単独添加の影響を調査するに留めた。

4. 研究成果

(1) フェライト鋼の降伏点発現機構に関する研究 (強化機構解明)

分子動力学 (MD) 法による計算

多結晶金属の降伏は、粒内の転位源から生み出された転位が粒界に堆積し、粒界に大きな応力集中が起こって粒界から新たな転位が生み出されることによって起こると考えられてきた (Pile-up モデル)。実際に、透過型電子顕微鏡によって、粒界で転位が堆積している様子や粒界から転位が生み出されている様子は観察されているが、理論的に Pile-up モデルの妥当性を検証した例は見当たらない。そこで、本研究では MD 法を応用して、Pile-up モデルの妥当性を検証した。計算には、粒界と転位の相互作用を計算するのに十分な大きさの bcc 結晶を設定し、その中に結晶方位差が 17° の傾角粒界を導入した。そして、粒界に垂直なすべり面上に4つの刃状転位を導入し、せん断応力を付与して粒界近傍の変化を観察した。その結果を図1に示す。負荷応力に比例してせん断ひずみが大きくなっていくが、負荷応力が 2 GPa に達した段階で不連続な応力低下が起こっている。その時の粒界近傍での変化を図2に示す。図(a)は、負荷応力が 2 GPa に達した段階での粒界近傍の様子を示しており、粒界が転位運動の障壁となって転位が堆積している。一方、図(b)は応力低下が起こった後の様子を示しており、図中に円で示すように、粒界から新たに転位が生み出されていることを確認できる。粒界に転位が堆積すると粒界に応力集中が起こることが知られており、本研究では、粒界から転位を生み出すために必要な応力 (臨界粒界強度; τ^*) を計算により求めた。負荷応力が 2 GPa に達した段階での粒界近傍の応力分布を図3に示す。計算結果は、転位が堆積した粒界で極めて大きなせん断応力が発生しており、粒界から離れるにつれてその値が連続的に低下する様子を示している。この例では、粒界でのせん断応力の大きさは約 8.6 GPa と見積もられた。完全結晶から転

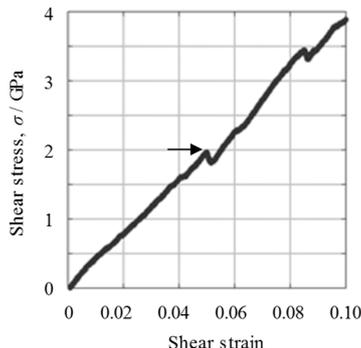


図1 せん断応力とせん断ひずみの関係

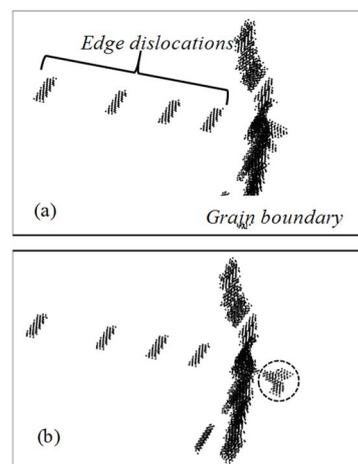


図2 応力低下前(a)と低下後(b)に対応した粒界近傍の状況

位を生み出すのに必要なせん断応力は約 13 GPa であり、本研究結果は、粒界から転位を生み出すことが如何に困難かを示唆している。このように、多結晶金属の降伏に関する Pile-up モデルについて、分子動力学を応用してその妥当性を立証し、さらに具体的に臨界粒界強度の値を算出したことは世界的にも高く評価される業績と言える。

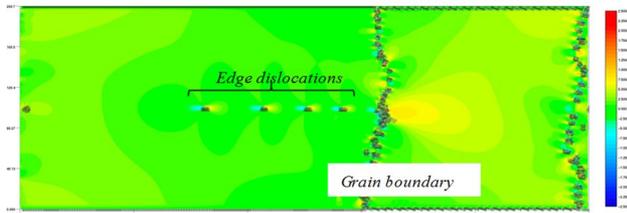


図3 粒界に堆積した転位によって生ずる粒界近傍のせん断応力

ナノインデンテーションによる粒界強度の評価

MD 法を応用した計算により、臨界粒界強度の値が約 8.6 GPa であることを明らかにした。本研究では、ナノインデンテーション試験により実際に臨界粒界強度を実測することを試みた。具体的には、鏡面仕上げした試料に対して、図 4 に示すように走査プローブ顕微鏡で試料表面を観察しながら、粒界直上を狙って最大 1000 μN の荷重で圧子を押し込む。その際、荷重-変位曲線が不連続に変化する現象、すなわち Pop-in が生じた瞬間に粒界から転位が放出されたと判断し、そのときの臨界荷重から次式を用いて転位放出に要した粒界でのせん断応力(臨界粒界強度)を見積もる手法を用いた。

$$\tau_{max} = 0.18 \left(\frac{E^*}{Rl} \right)^{\frac{2}{3}} P^{\frac{1}{3}} \dots \dots (1)$$

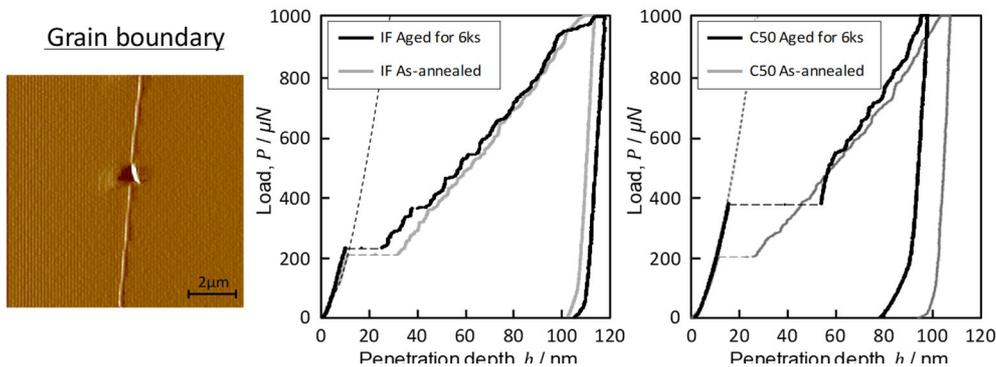


図4 試料表面の走査プローブ顕微鏡像と IF 鋼および 50 ppmC フェライト鋼のナノインデンテーション試験により得られた荷重-変位曲線

図 4 には、IF 鋼の焼鈍材、およびそれを 100 μm で 10 分間時効処理した試料における結果(a)、ならびに 50 ppm の微量の炭素を含むフェライト鋼、およびそれを 100 μm で 10 分間時効処理した試料における結果(b)を示している。Pop-in 荷重に着目すると、IF 鋼では時効処理の有無にかかわらず低い値であり、50 ppm の炭素を含むフェライト鋼では、時効処理によって Pop-in 荷重が大きく上昇していることがわかる。これは時効処理により炭素の粒界偏析が促進され、粒界強度が上昇したことを示唆している。

(1)式を用いて各種試料における Pop-in 荷重から臨界粒界強度を算出し、引張り試験で求めた結晶粒微細化強化係数(k_y)と併せて示したグラフを図 5 に示す。両者の間に明らかな相関関係が存在していることがわかる。また図 6 には、ナノインデンテーション法により直接測定した臨界粒界強度と、ホールペッチプロットから得られた k_y からパイルアップ理論に従って見積もった臨界粒界強度を、炭素の粒界偏析量 (3DAP で測定) で整理した結果を示す。全く異なるルートで求めた臨界粒界強度が同様の値を示していることから、パイルアップ理論やそれに基づく申請者の降伏機構の考えが妥当であることが強く示唆された。また、得られた臨界粒界強度の値は、4~7 GPa 程度であり、MD で計算された約 8.6 GPa ともオーダ的には合致することが確認された。

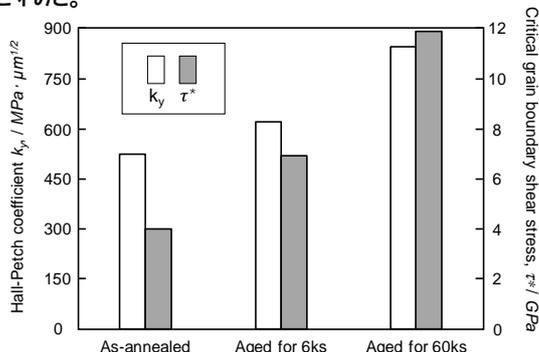


図5 引張試験で得られたホールペッチ係数とナノインデンテーション試験で得られた臨界粒界強度 *

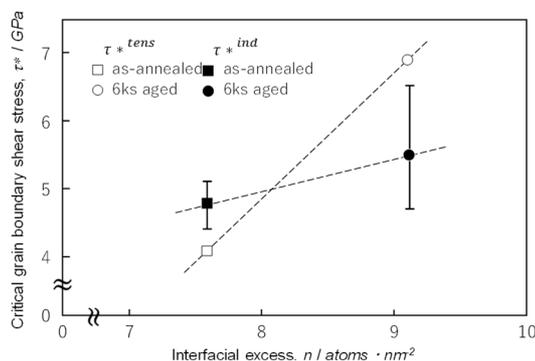


図6 引張試験とナノインデンテーション試験で得られた臨界粒界強度 *と粒界偏析炭素量の関係

引張試験による降伏挙動の解明

結晶粒径が様々に異なるフェライト鋼の公称応力-ひずみ曲線を図7に示す。炭素量が少ない Fe-0.06% C 合金では粒径 d が $10\mu\text{m}$ 以下の試料を作製できなかったため、本研究では、市販の Fe-0.15% C 合金も併用した。フェライト粒径が小さくなるにつれて、降伏応力のみならず均一変形域の流動応力も大きくなっていることを確認できる。降伏応力 σ_y については、図8に示すように、Hall-Petch の関係が成立する。基地の強度に対応する摩擦力 σ_0 は、純鉄の場合 0.05 GPa 程度の値であるが、市販鋼には少量の Mn と Si が添加されているためにその値が 0.1 GPa 程度にまで高められている。しかし、Hall-Petch 係数についてはいずれも $0.6 \text{ GPa} \cdot \mu\text{m}^{1/2}$ であり、降伏応力 σ_y は次式で与えられる。

$$\sigma_y [\text{GPa}] = \sigma_0 + 0.6 d^{-1/2} \quad (1)$$

上式は固溶炭素量が 50ppm 以上のフェライト鋼において成り立つことが確認されており、この結果は、焼鈍材の降伏が結晶粒微細化強化の機構に支配されていることを示している。

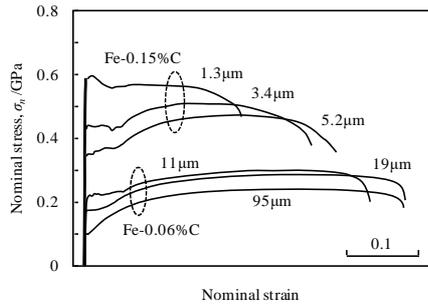


図7 多結晶フェライト鋼の変形挙動に及ぼす結晶粒径の影響

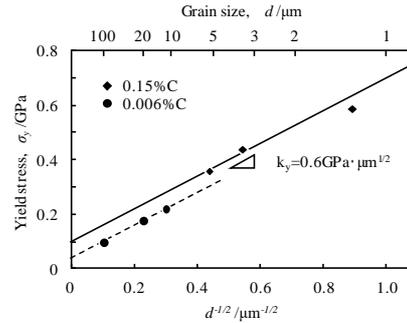


図8 多結晶フェライト鋼における降伏応力と結晶粒径の関係(Hall-Petchの関係)

一方図9は、冷間圧延したフェライト鋼について降伏応力と加工率の関係を示している。加工材の相当ひずみは引張試験における真ひずみにほぼ対応することを確認しているため、加工材の降伏応力は引張試験時の流動応力(真応力)に対応すると見做して良い。同じ加工率で比較すると、結晶粒径が小さいほど流動応力が高くなっていることが分かる。この図だけ見ると、降伏応力は転位強化分が加算されているようにも思われ、これまで冷間加工した多結晶金属の降伏応力は、結晶粒微細化強化と転位強化の加算で説明されてきた。ところが、冷間圧延材について転位密度 ρ を測定した結果、図10に示すような結果が得られた。一見して、“同じ加工率であっても結晶粒が小さいほど転位の導入が促進される”ことが分かる。その理由としては、結晶粒が小さいほど粒界面積が大きくなり、粒界近傍でのミスフィットを幾何学的に補正するために導入される転位の量が增大する(Ashby model)、粒径が小さいほど転位の移動距離が短くなり、同じ塑性ひずみを生ずるために多くの転位が運動しなければならない(Conrad model)という2つの考え方が挙げられる。実際には両者のメカニズムが作用していると思われる。冷間加工材について、転位密度 ρ と降伏応力 σ_y の関係で整理した結果を図11に示す。転位密度は、鋼の炭素量、結晶粒径、変形量に依存して様々に異なるが、 σ_y は ρ の関数としておおよそ次式で与えられる。

$$\sigma_y [\text{GPa}] = \sigma_0 + 1.8 \times 10^{-8} \sqrt{\rho} \quad (2)$$

上式の転位強化係数 k_d はあくまでも実験値であり、 k_d の値は、転位の分布状態や性質に依存して変化することも本研究で明らかにした。

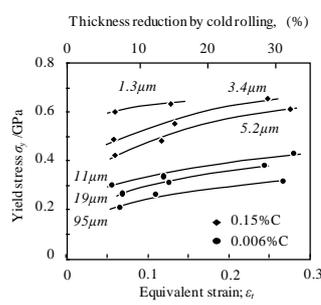


図9 多結晶フェライト鋼の降伏応力に及ぼす冷間圧延の影響

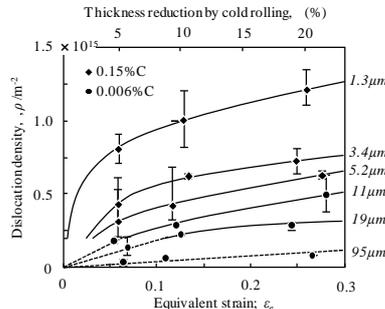


図10 多結晶フェライト鋼の転位密度に及ぼす冷間圧延の影響

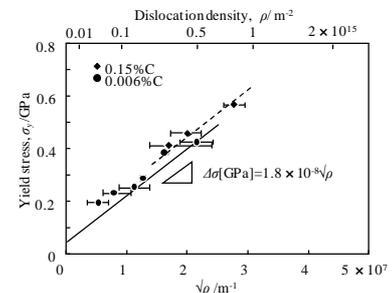


図11 多結晶フェライト鋼における降伏応力と転位密度の関係(Bailey-Hirschの関係)

本研究結果より、多結晶金属の強化機構は図12に示すように変化することが明らかになった。すなわち、十分に焼鈍した多結晶金属では粒内の転位源が枯渇しているため、降伏は粒界からの転位の生成で起こる(粒界転位降伏)。しかし、粒界で転位を生成するには極めて大きなせん断応力が必要であり、負荷応力は結晶粒径の平方根の逆数に比例して大きくなる(Hall-Petchの関係)。結果的に、粒界転位降伏が起こる応力は摩擦力より遥かに大きな値となっており、降伏が起こった直後に塑性不安定状態となる。そのため、最初に降伏した領域でネッキングが進行し、転位強化が負荷応力に追いついた段階でネッキングが停止する。そのあとは、Lüders 伝播という現象が生じ、引張試験では“降伏伸び”として現れる。試験片の平行部で Lüders 伝播が終了

した後は、均一変形が起こるようになる。均一変形域の流動応力は、転位強化機構に支配され、転位密度の平方根に比例する（Bailey-Hirsch の関係）同じ変形量であっても、結晶粒が小さいほど転位の導入が促進されるため、結果的に、結晶粒が小さいほど流動応力は高い値となる。要するに、結晶粒微細化強化と転位強化は競合的な関係にあり、降伏後に強化機構が結晶粒微細化強化から転位強化に変化する際に“降伏伸び”という現象が発現することが明らかとなった。これらの結果は、本研究成果の一つとして、下記の学術雑誌に「オーバービュー」として投稿済みである。
 高木節雄：多結晶フェライト鋼における降伏・変形挙動、日本金属学会誌，83（2019），107-118。

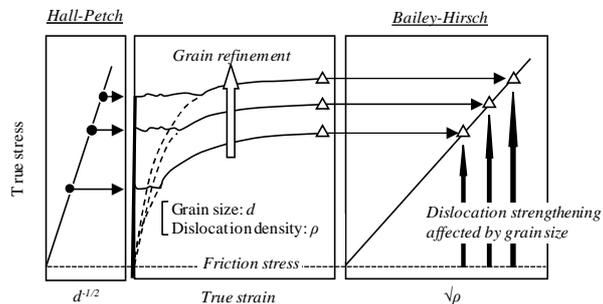


図12 多結晶フェライト鋼における降伏・変形挙動

(2) フェライト鋼の結晶粒微細化強化係数に及ぼす合金元素の影響

フェライト鋼の結晶粒微細化強化係数に及ぼす侵入型合金元素の影響

実用のフェライト鋼では少なくとも 100 ppm (0.01 mass%) 以上の炭素が含まれており、低炭素フェライト鋼の Hall-Petch 係数 k_y は $0.6 \text{ GPa} \cdot \mu\text{m}^{1/2}$ で一定と見做して良い。しかし、炭素やチタンを Ti(C,N)や Nb(C,N)と固定し、固溶した炭素や窒素の量を極限まで低減した Interstitial free steel (IF 鋼) については、 k_y 値がその 1/4 程度 ($0.15 \text{ GPa} \cdot \mu\text{m}^{1/2}$) であることが分かっている。固溶した(C+N)の総量が 50 ppm 以下の成分域で k_y 値に及ぼす固溶炭素と窒素の影響を詳細に調査した結果、図 13 に示すように、(C+N)の量が多くなるにつれて連続的に k_y 値が大きくなることが分かった。しかも、(C+N)の量が 50 ppm 以上の成分域では k_y 値は $0.6 \text{ GPa} \cdot \mu\text{m}^{1/2}$ で頭打ちとなる。三次元アトムプローブを用いて粒界に偏析した C と N の量を実測した結果、図 14 に示すように k_y 値との間に明確な相関性があることを確認できた。ただし、C と N の偏析量と k_y 値の関係は直線的ではなく、C と N の偏析量が 6 atoms/nm² より大きくなった段階で k_y 値が急激に大きくなる傾向にある。Fe(bcc)の室温における原子密度は 85 atoms/nm³ であり、1 原子面の原子数は 21 atoms/nm² と見積もることができる。粒界の原子密度をその半分程度と仮定すると粒界での原子数は約 10 atoms/nm² と見積もられ、図 14 の結果は、(C+N)の粒界での原子数が飽和値に近くなった段階で k_y 値が急増することを示唆している。

フェライト鋼の結晶粒微細化強化係数に及ぼす侵入型合金元素の影響

C や N などの侵入型元素に比べて置換型合金元素が k_y 値に及ぼす影響はそれほど大きくないと思われるが、 k_y 値に及ぼす個々の置換型合金元素の影響を系統的に調査した例はほとんどない。とくに、 k_y 値に対しては侵入型元素の影響が

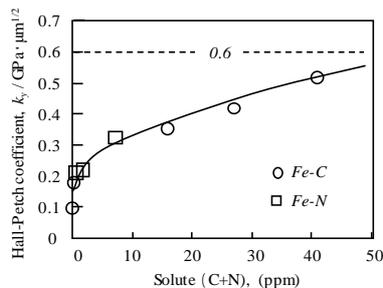


図13 ホールベッチ係数 k_y に及ぼす固溶炭素、窒素の影響

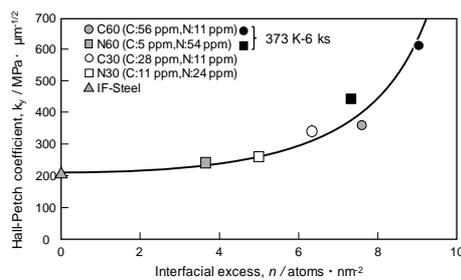


図14 ホールベッチ係数 k_y と粒界に偏析した(C+N)の関係

大きいために IF 化した合金鋼を用いて調査する必要がある。Cr, Ni, Si, Mn, Cu に関する本研究での調査結果を図 15 に示す。この結果より、Cr は k_y 値にほとんど影響を及ぼさないこと、その他の元素は k_y 値を大きくすることが明らかとなった。とくに Mn, Ni, Si の影響が顕著である。これら置換型元素の添加による k_y 値の変化には、炭素や窒素の例と同じように、粒界偏析挙動が関係していると思われる。McLean の平衡粒界偏析理論に基づいて各置換型元素の粒界偏析量を計算で求めた結果、偏析濃度と粒内の濃度を差し引いた差分と k_y 値との間に良好な対応関係があることを確認した。いずれにせよ、粒界での転位生成に必要な臨界粒界強度 τ^* を大きくするような元素が粒界に偏析したときに k_y 値が大きくなることが本研究により明らかとなった。

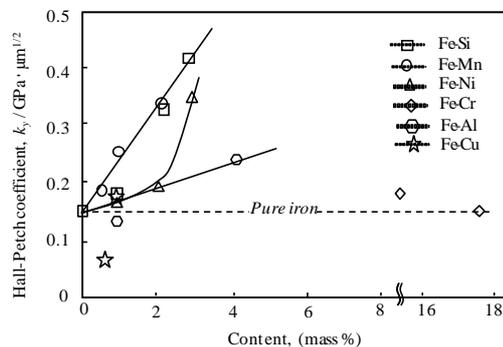


図15 置換型元素の添加量と k_y の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計41件（うち査読付論文 41件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏	4. 巻 105
2. 論文標題 冷間加工した鉄に関してdirect-fitting法ならびにmodified Williamson-Hall法で得られるパラメーターの相関性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 648-654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-167	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S.Araki, K.Mashima, T.Masumura, T.Tsuchiyama, S.Takaki, T.Ohmura	4. 巻 169
2. 論文標題 Effect of grain boundary segregation of carbon on critical grain boundary strength of ferritic steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 38-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2019.05.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏	4. 巻 105
2. 論文標題 Bcc構造を有する鋼における弾性定数比 c_{12}/c_{44} ならびに異方性パラメーター A_i の見積もり	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 935-937
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2019-009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 F.Jiang, T.Masumura, T.Tsuchiyama and S.Takaki	4. 巻 59
2. 論文標題 Effect of substitutional element addition on Hall-Petch relationship in interstitial free ferritic steels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1929-1931
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2019-100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏	4. 巻 68
2. 論文標題 直接平均化法による多結晶金属のヤング率の見積もり	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 917-922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2472/jsms.68.917	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y.Tanaka, T.Masumura, T.Tsuchiyama and S.Takaki	4. 巻 177
2. 論文標題 Effect of dislocation distribution on the yield stress in ferritic steel under identical dislocation density conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 176-180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2019.10.018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K.Hyodo, S.Munetoh, T.Tsuchiyama and S.Takaki	4. 巻 174
2. 論文標題 Empirical interatomic potential for Fe-N binary system based on Finnis-Sinclair potential	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 109500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2019.109500	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 増村拓朗, 高木節雄, 土山聡宏	4. 巻 106
2. 論文標題 Direct-fitting / modified Williamson-Hall (DF/mWH)法による極低碳素マルテンサイト鋼の転位解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 183-186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2019-053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 F.Jiang, S.Takaki, T.Masumura, R.Uemori, H.Zhang and T.Tsuchiyama	4. 巻 129
2. 論文標題 Nonadditive strengthening functions for cold-worked cubic metals: Experiments and constitutive modeling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 102700
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ijplas.2020.102700	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 増村拓朗, 高木節雄, 土山聡宏	4. 巻 69
2. 論文標題 Modified Williamson-Hall法での解析に必要なパラメータ-Ch00ならびにqの提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏	4. 巻 106
2. 論文標題 単結晶鉄におけるヤング率と弾性スティフネス	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏	4. 巻 69
2. 論文標題 Modified Williamson-Hall法における解析精度向上手法の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏	4. 巻 69
2. 論文標題 理想多結晶金属における弾性定数	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Setsuo, Jiang Fulin, Masumura Takuro, Tsuchiyama Toshihiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Correction of Elastic Anisotropy in Williamson-Hall Plots by Diffraction Young ' s Modulus and Direct Fitting Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 769 ~ 775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-642	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Yuki, Takaki Setsuo, Tsuchiyama Toshihiro, Uemori Ryuji	4. 巻 104
2. 論文標題 Effect of Grain Size on the Yield Stress of Cold Worked Iron	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 284 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2017-091	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Setsuo, Masumura Takuro, Jiang Fulin, Tsuchiyama Toshihiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of Instrumental Correction on X-ray Line Profile Analysis in Cold Rolled Ferritic Steel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1181 ~ 1183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 TAKAKI Setsuo, MASUMURA Takuro, JIANG Fulin, TSUCHIYAMA Toshihiro	4. 巻 67
2. 論文標題 Relation between Diffraction Young's Modulus Ratio and Elastic Anisotropy in Metals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan	6. 最初と最後の頁 855 ~ 860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2472/jsms.67.860	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Araki Satoshi, Fujii Kohei, Akama Daichi, Tsuchiyama Toshihiro, Takaki Setsuo, Ohmura Takahito, Takahashi Jun	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of Low Temperature Aging on Hall-Petch Coefficient in Ferritic Steels Containing a Small Amount of Carbon and Nitrogen	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1920 ~ 1926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Yuki, Takaki Setsuo, Tsuchiyama Toshihiro, Uemori Ryuji	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of Grain Size on the Yield Stress of Cold Worked Iron	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1927 ~ 1933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Setsuo, Masumura Takuro, Jiang Fulin, Tsuchiyama Toshihiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Evaluation of Dislocation Density in Cold Worked Low Carbon Ferritic Steel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 683 ~ 688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masumura Takuro, Takaki Setsuo, Jiang Fulin, Tsuchiyama Toshihiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Discussion about Procedure for Determining Parameter in Modified Williamson-Hall Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 717 ~ 719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-095	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Setsuo, Masumura Takuro, Tsuchiyama Toshihiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Proposal of Simplified Modified Williamson-Hall Equation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 2354 ~ 2356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Fulin, Masumura Takuro, Hirata Kentaro, Tsuchiyama Toshihiro, Takaki Setsuo	4. 巻 112
2. 論文標題 A new diffraction line profile breadth analysis approach for evaluating plastic lattice strain anisotropy in cold-worked nickel under various strain paths	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 89 ~ 107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ijplas.2018.08.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Setsuo, Masumura Takuro, Tsuchiyama Toshihiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Dislocation Characterization by the Direct-fitting/modified Williamson-Hall (DF/mWH) Method in Cold Worked Ferritic Steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 567 ~ 572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-623	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 赤間大地, 土山聡宏, 高木節雄	4. 巻 66
2. 論文標題 X線回折法を用いた純鉄加工材の転位密度評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 522-527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 荒木理, 藤井浩平, 赤間大地, 土山聡宏, 高木節雄, 大村孝仁, 高橋淳	4. 巻 103
2. 論文標題 微量炭素・窒素を添加したフェライト鋼のHall-Petch係数に及ぼす低温時効処理の影響	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 491-497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2017-008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 土山聡宏	4. 巻 104
2. 論文標題 冷間加工した鉄の転位強化に関する理論的検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 53-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2017-053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 F.Jiang, K.Hirata, T.Masumura, T.Tsuchiyama and S.Takaki	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of the surface layer strained by mechanical grinding on X-ray diffraction analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 376-378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-578	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 赤間大地, Jiang Fulin, 土山聡宏	4. 巻 67
2. 論文標題 回折ヤング率によるWilliamson-Hallプロットの補正	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 383-388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S.Takaki, F.Jiang, T.Masumura and T.Tsuchiyama	4. 巻 58
2. 論文標題 Correction of elastic anisotropy in Williamson-Hall plots by diffraction Young's modulus and direct fitting method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 769-775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-642	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中友基, 高木節雄, 土山聡宏, 植森龍治	4. 巻 104
2. 論文標題 冷間加工した鉄の降伏応力に及ぼす結晶粒径の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 284-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.2355/tetsutohagane.TETSU-2017-091	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S.Takaki, T.Masumura, F.Jiang and T.Tsuchiyama	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of instrumental correction on X-ray line profile analysis in cold rolled ferritic steel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 増村拓朗, Fulin Jiang, 土山聡宏	4. 巻 未定
2. 論文標題 金属の弾性異方性と回折ヤング率比の関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daichi AKAMA, Toshihiro TSUCHIYAMA, Setsuo TAKAKI	4. 巻 56
2. 論文標題 Change in Dislocation Characteristics with Cold Working in Ultralow-carbon Martensitic Steel	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1675-1680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木節雄, 赤間大地, 土山聡宏	4. 巻 56
2. 論文標題 焼入れ中に起こる自己焼戻しの定量評価	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 熱処理	6. 最初と最後の頁 340-344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14940/netsushori.56.340	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Arnaud MACADRE, Toshihiro TSUCHIYAMA, Setsuo TAKAKI	4. 巻 52
2. 論文標題 Hydrogen-induced increase in phase stability in metastable austenite of various grain sizes under strain	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science	6. 最初と最後の頁 3419-3428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-016-0630-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuki TANAKA, Nobuo NAKADA, Toshihiro TSUCHIYAMA, and Setsuo TAKAKI	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of pre-deformation temperature on yield strength of IF-steel	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Ninth Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing(PRICM9)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中友基, 土山聡宏, 高木節雄	4. 巻 56
2. 論文標題 透過EBSD法を用いた鉄の加工組織の解析	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 熱処理	6. 最初と最後の頁 327-328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 荒木理 藤井浩平 赤間大地 土山聡宏 高木節雄 大村孝仁 高橋淳	4. 巻 103
2. 論文標題 微量炭素・窒素を添加したフェライト鋼のHall-Petch係数に及ぼす低温時効処理の影響	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Araki, S., Akama, D., Tsuchiyama, T. and Takaki, S.	4. 巻 1
2. 論文標題 Difference in age hardening behavior between carbon and nitrogen bearing ferritic steels	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceeding of Asia Steel International Conference 2015	6. 最初と最後の頁 226-227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Macadre, A., Nakada, N., Tsuchiyama, T. and Takaki, S.	4. 巻 1
2. 論文標題 Effect of grain size and solute hydrogen on the tensile properties and fracture behaviour of an austenitic steel	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceeding of Asia Steel International Conference 2015	6. 最初と最後の頁 542-543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計60件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 31件)

1. 発表者名 大岩根駿、兵頭克敏、宗藤伸治、土山聡宏、高木節雄
2. 発表標題 分子動力学法によるBCC鉄中での刃状転位と炭素原子の相互作用の評価
3. 学会等名 2019年度 合同学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsutoshi Hyodo, Shinji Munetoh, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Evaluation of Pinning Force on Edge Dislocation due to C and N Atoms in Iron by Molecular Dynamics Simulation
3. 学会等名 MSMF9 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshihiro Tsuchiyama, Katsuya Mashima, Satoshi Araki, Setsuo Takaki, Takahito Ohmura
2. 発表標題 Evaluation of Hall-Petch Coefficient with Critical Grain Boundary Shear Stress Measured by Nanoindentation in Ferritic Steel
3. 学会等名 MSMF9 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuro Masumura, Setsuo Takaki, Toshihiro Tsuchiyama
2. 発表標題 Estimation of the Parameter A in Modified Williamson-Hall Equation for Martensitic Steel
3. 学会等名 MSMF9 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兵頭克敏、宗藤伸治、土山聡宏、高木節雄
2. 発表標題 FSポテンシャルに基づいたFe-N2元系ポテンシャル
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第178回秋季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増村拓朗、高木節雄、土山聡宏
2. 発表標題 Direct-fitting/modified Williamson-Hall (DF/mWH)法を用いた各種鉄鋼材料の転位密度評価法
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第178回秋季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大岩根駿、兵頭克敏、宗藤伸治、土山聡宏、高木節雄
2. 発表標題 分子動力学法を用いたBCC鉄中での炭素原子による刃状転位のピン止め力の評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第178回秋季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木節雄 増村拓朗 土山聡宏
2. 発表標題 Direct fitting / modified Williamson-Hall法による転位解析
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第176回秋季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増村拓朗 高木節雄 土山聡宏
2. 発表標題 Direct Fitting法を用いたオーステナイト鋼の転位密度および加工硬化挙動の評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第176回秋季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兵頭克敏 永山享平 宗藤伸治 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 分子動力学法を用いたFCC 鉄中での窒素-刃状転位間相互作用の解析
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第176回秋季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土山聡宏
2. 発表標題 フェライト鋼の降伏挙動に及ぼす粒内・粒界偏析炭素の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第176回秋季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兵頭克敏 宗藤伸治 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 分子動力学法によるBCC鉄非対称傾角粒界での転位パイルアップシミュレーション
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第177回春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増村拓朗 瀬戸雄樹 土山聡宏 高木節雄 木村謙
2. 発表標題 高窒素オーステナイト鋼における加工硬化と転位蓄積挙動
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第177回春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuro Masumura, Fulin Jiang, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Evaluation of work hardening behavior in austenitic steel by direct fitting / modified Williamson-Hall method
3. 学会等名 THERMEC'2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Setsuo Takaki, Yuki Tanaka, Toshihiro Tsuchiyama, Ryuji Uemori
2. 発表標題 Effect of grain size on the dislocation density of cold worked ferritic steels
3. 学会等名 THERMEC'2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsutoshi Hyodo, Satoshi Araki, Shinji Munetoh, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Analysis of interaction between C/N atom and moving edge dislocation in iron by Molecular Dynamics
3. 学会等名 THERMEC'2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Setsuo Takaki
2. 発表標題 Effect of grain size on the yielding and post-tield deformation in ferritic steel
3. 学会等名 ICAS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsutoshi Hyodo, Satoshi Araki, Shinji Munetoh, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Pinning Force on Edge Dislocation Due to C and N Atoms in Iron Analyzed by Molecular Dynamics Simulation
3. 学会等名 ICAS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshihiro Tsuchiyama, Katsuya Mashima, Satoshi Araki, Setsuo Takaki, Takahito Ohmura
2. 発表標題 Discussion on Hall-Petch coefficient of ferritic steel based on experimentally measured critical grain boundary shear stress
3. 学会等名 ICAS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Setsuo Takaki
2. 発表標題 Effect of carbon and grain size on the yield stress of cold worked ferritic steels
3. 学会等名 CAMS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兵頭克敏 荒木理 宗藤伸治 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 フェライト鋼における転位運動に及ぼす炭素と窒素の影響の相異
3. 学会等名 第83回熱処理技術協会講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 兵頭克敏 荒木理 宗藤伸治 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 分子動力学法を用いた鉄中での炭素・窒素-刃状転位間相互作用の解析
3. 学会等名 平成29年度 合同学術講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中友基 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 IF 鋼の転位組織および降伏強度に及ぼす前加工温度の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 兵頭克敏 荒木理 宗藤伸治 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 分子動力学法を用いたBCC鉄中での炭素・窒素-刃状転位間相互作用の解析
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒木理 土山聡宏 高木節雄 大村孝仁
2. 発表標題 焼鈍したフェライト鋼の可動転位密度と時効処理によるその変化
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 F. L. Jiang, K. Hirata, T. Tsuchiyama and S. Takaki
2. 発表標題 Correlation between grain boundary segregation and Hall-Petch coefficient in Fe-Si steels
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高木節雄, 増村拓朗, 土山聡宏
2. 発表標題 回折ヤング率によるWilliamson-Hallプロットの補正方法の検討
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 真島克弥、荒木理、土山聡宏、高木節雄、大村孝仁
2. 発表標題 微量炭素を含有するフェライト鋼の時効処理に伴う粒界強度の変化
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平田健太郎 F. I. Jiang 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 Fe-3mass%Si フェライト鋼の降伏強度に及ぼす焼鈍時間の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高木節雄 増村拓朗 Fulin Jiang 土山聡宏
2. 発表標題 Direct fitting/Modified Williamson-Hall法によるフェライト鋼の転位密度評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第175回春季講演大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fulin Jiang, Setsuo Takaki, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama
2. 発表標題 Direct correction of the elastic anisotropy in Williamson-Hall plots for cold worked metals
3. 学会等名 EUROMAT2017（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Setsuo Takaki, Fu-lin Jang, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama
2. 発表標題 Application of direct fitting method to the modified Williamson-Hall method
3. 学会等名 EUROMAT2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kentaro Hirata, Fu-lin Jang, Setsuo Takaki, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama
2. 発表標題 Effect of silicon on the Hall-Petch relation in ferritic iron
3. 学会等名 EUROMAT2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Katsutoshi Hyodo, Satoshi Araki, Shinji Munetoh, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Interaction between C/N atom and edge dislocation in bcc iron analyzed by molecular dynamics simulation
3. 学会等名 ISSS2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 真島克弥 赤間大地 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 微量炭素を含有するフェライト鋼の時効処理に伴う粒内硬さの変化
3. 学会等名 平成28年度合同学術講演会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高木節雄 赤間大地 土山聡宏
2. 発表標題 鉄の飽和転位密度の見積もり
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高木節雄 赤間大地 土山聡宏
2. 発表標題 転位セル組織を有する鉄の強化機構
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高木節雄
2. 発表標題 鉄の結晶粒微細化強化と転位強化の関係
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 赤間大地、土山聡宏、高木節雄
2. 発表標題 X線ラインプロファイル解析による純鉄冷間加工材の転位キャラクター評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高木節雄
2. 発表標題 回折ヤング率によるWilliamson-Hall plotsの補正ならびにDirect fitting法の提案
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第173回春季講演大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fulin JIANG 赤間大地 土山聡宏 高木節雄
2. 発表標題 Role of silicon addition in grain refinement strengthening of ferritic steel
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第173回春季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Setsuo Takaki
2. 発表標題 Grain size dependence on the yielding behavior of iron
3. 学会等名 THERMEC' 2016（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Arnaud Macadre, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Evolution of plastic zone size at a crack tip with ultra-fine grains in metastable austenite
3. 学会等名 THERMEC' 2016（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Satoshi Araki, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Mechanism on the appearance of spike-yielding in ultra-low carbon steel
3. 学会等名 MSMF8 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Setsuo Takaki, Yuki Tanaka, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama
2. 発表標題 Effect of Grain Size on the Dislocation Introduction in Iron
3. 学会等名 MSMF8 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Solid solution strengthening by Ni in ultra-low carbon martensitic steel
3. 学会等名 MSMF8 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Setsuo Takaki
2. 発表標題 Effect of Grain Size on the Dislocation Introduction in Iron
3. 学会等名 8th Korea-Japan Berkeley Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Tanaka, Nobuo Nakada, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Effect of pre-deformation temperature on yield strength of IF-steel
3. 学会等名 PRICM9 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Dislocation density of cold-rolled Fe-Ni martensitic Steel measured by X-ray line profile analysis
3. 学会等名 PRICM9 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Setsuo Takaki
2. 発表標題 Yielding mechanism of polycrystalline iron
3. 学会等名 CAMS2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 The effect of dislocation characteristics on yielding behavior in ultra-low carbon Fe-Ni martensite
3. 学会等名 CAMS2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Satoshi Araki, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2. 発表標題 Difference in age hardening behavior between carbon and nitrogen ferritic steel
3. 学会等名 CAMS2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 赤間大地、中田伸生、土山聡宏、宗藤伸治、高木節雄、竹田健悟、藤井浩平、荒木理、藤原勝、弘中明
2. 発表標題 フェライト鋼のHall-Petch係数におよぼす置換型元素の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 第171回春季講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 荒木理、赤間大地、土山聡宏、高木節雄
2. 発表標題 フェライト鋼における上降伏点の発現機構
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 第171回春季講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Tsuchiyama, K. Fujii, S. Araki, S. Takaki, J. Takahashi, K. Ushioda
2. 発表標題 Effect of low temperature aging on Hall-Petch relationship in interstitially alloyed ferritic steel
3. 学会等名 17th International Conference on the Strength of Materials (国際学会)
4. 発表年 2015年

1 . 発表者名 A. Macadre, N. Nakada, T. Tsuchiyama, S. Takaki
2 . 発表標題 Improvement of resistance to hydrogen by ultra-grain refinement in a metastable austenitic steel
3 . 学会等名 European Congress and Exhibition on advanced materials and processes (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 Satoshi Araki, Daichi Akama, Toshihiro Tsuchiyama, Setsuo Takaki
2 . 発表標題 Difference in age hardening behavior between carbon and nitrogen bearing ferritic steels
3 . 学会等名 Asia Steel 2015 (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 Setsuo Takaki, Toshihiro Tsuchiyama, Nobuo Nakada, Daichi Akama, Yuki Tanaka
2 . 発表標題 Effect of grain size on the yielding behavior of polycrystalline ferritic steel
3 . 学会等名 Asia Steel 2015 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 A. Macadre, N. Nakada, T. Tsuchiyama, S. Takaki
2 . 発表標題 Effect of grain size and solute hydrogen on the tensile properties and fracture behavior of an austenitic steel
3 . 学会等名 Asia Steel 2015 (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1. 発表者名 Setsuo TAKAKI, Yuki TANAKA, Daichi AKAMA, Nobuo NAKADA, Toshihiro TSUCHIYAMA
2. 発表標題 Effect of grain size on the work hardening of ferritic iron
3. 学会等名 International Conference on Advanced Material (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学大学院工学研究院材料工学部門構造材料工学研究室[土山研究室] https://tsuchiyama.zaiko.kyushu-u.ac.jp/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	土山 聡宏 (Toshihiro Tsuchiyama) (40315106)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	宗藤 伸治 (Munetoh Shinji) (20380587)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	中田 伸生 (Nakada Nobuo) (50380580)	東京工業大学・物質理工学院・准教授 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	赤間 大地 (Akama Daichi) (80612118)	九州大学・工学研究院・特任助教 (17102)	
研究 協力者	増村 拓朗 (Masumura Takuro) (40804688)	九州大学・工学研究院・助教 (17102)	