

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 9 月 20 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00305

研究課題名(和文) 豊かな老後を護る医療用超高強度・低弾性率へテロナノ純チタンの開発

研究課題名(英文) Development of heterogeneous-nanostructured Ti with high strength and low elastic modulus for medical treatment

研究代表者

三浦 博己 (Hiromi, Miura)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30219589

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,600,000円

研究成果の概要(和文)：純チタン(JIS 二種)に対し様々な条件下での多軸鍛造(MDF)を施し、その組織発達と機械的性質の変化を系統的に調査した。その結果、MDFの鍛造パス間ひずみは $\epsilon = 0.4$ が、また累積ひずみは $\epsilon = 2.4$ 以上、MDFのひずみ速度は 10^{-3} s 以上の速い程良く、その条件下ではより速く超微細組織が発達しやすいことが示された。これらMDF材に単純強圧延を施すとさらに組織の均一微細化が促進され、引張強度も高くなり、MDFまま材では最大で800MPa程度だった引張強度は950MPa前後まで上昇した。さらに低温焼鈍を加えることで、引張強度は1.1GPaまで上昇した。ヤング率は80GPaまで下がった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体材料として広く利用されているチタン・チタン合金だが、チタン合金はVなどの添加元素が様々な問題を引き起こすことが報告されている。一方で、より生体適合性に優れる純チタンは、強度がチタン合金に比べて低く、用途が限定される。本研究の成果は、純チタンの結晶粒の超微細化によって、強度がチタン合金と同等になることが示され、生体適合性に問題があるチタン合金の代替材として様々な部位への利用の可能性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Pure Ti was multi-directionally forged at room temperature employing various pass strains from 0.2 to 0.8 and forging strain rates from 1.0×10^{-3} s⁻¹ to 1.0×10^{-2} s⁻¹. In the all MDFing conditions, grains were gradually fragmented with increasing cumulative strain of MDFing. The forging stress increased more rapidly when the pass strain became larger, and the hardness also increased accordingly. Nevertheless, failure tended to take place more easily with increasing pass strain. When examined the evolved microstructure, it was found that grain fragmentation looked more proceeded with increasing pass strain and strain rate. Tensile strength was gradually increased with cumulative strain and superior mechanical properties of tensile strength about 0.95 MPa were attained. By low temperature annealing, the tensile strength was further increased to 1.1 GPa. Then, the Young's modulus decreased down to 80 GPa.

研究分野：金属材料

キーワード：チタン 超微細粒組織 多軸鍛造 強度 生体材料 弾性率

1. 研究開始当初の背景

純チタン(以下, Ti)は, 比強度, 耐食性, 生体適合性に優れた金属である。しかし, Ti が強度は不十分であり, 例えば歯科医療分野ではより強度の高い Ti 合金が採用される。しかしながら添加元素の毒性が懸念される報告や, 人骨の弾性率 40GPa と大幅に異なる Ti・Ti 合金の弾性率 110GPa が, 顎骨損傷事故やインプラント包埋後の日常的な違和感等をもたらしていた

2. 研究の目的

そこで本研究は, より生体親和性に優れ, 余分な不純物を含まない Ti を研究対象として, 多軸鍛造(MDF)法と熱処理さらには圧延を Ti に施す事で, 結晶粒微細化による超強度化と低弾性率化を目指した。これらの結果をもとに, 歯科インプラント用の超高強度 Ti ワイヤーの試作と, その組織と特性を評価する。計算力学を援用し, その弾性率低下のメカニズムについてについて検討した。

3. 研究の方法

工業用純 Ti(Grade2)に種々の加工条件で MDF を施し, 結晶粒の均一超微細化に最適な条件を系統的に調査した。得られた MDF 材に圧延と低温焼鈍を施し, その加工熱処理による組織と各種機械的特性の変化についても調査した。さらには, これら MDF 材と圧延材の結晶粒微細化機構と弾性率変化のメカニズムについても, 分子動力学シミュレーションを援用して検討した。最終的に, 得られた最適条件を利用し, さらに溝ロール圧延を追加して歯科インプラント用の超高強度 Ti ワイヤーの試作を行った。

4. 研究成果

4.1 MDF と平ロール圧延による組織と機械的特性の変化

様々な累積ひずみ室温(300K)MDF 材と液体窒素(77K)中 $\Sigma\Delta\varepsilon = 6.0$ MDF 材, さらに追加の強圧延 95% ($\Sigma\Delta\varepsilon = 3.0$)材を作製した。これらの観察の結果から, Ti の MDF 中の結晶粒微細化機構は, 低累積ひずみ域での変形双晶による粗大な初期粒の分断, 中累積ひずみ以降では高転位密度の導入と動的回復による亜粒界の発達と高角化がもたらされる”連続動的再結晶”であると判断された。

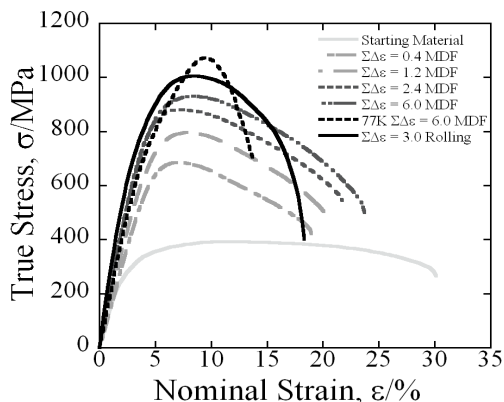


Fig.1 Results of tensile tests of samples prepared by various condition of MDF and simple heavy cold rolling.

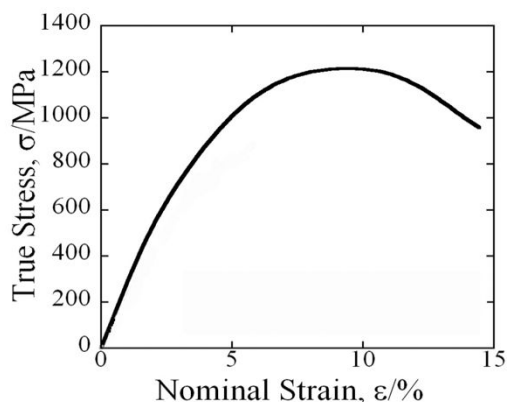


Fig.2 A result of tensile test of the sample prepared by a combined process of MDFing + annealing + rolling.

各種加工材に引張試験を行い、その結果を Fig.1 まとめて示した。累積ひずみの増加による引張強度と伸びの増大が見られた。また単純強圧延材は約 1GPa の強度と約 10% の高い伸びを示したものの、端割れが著しかった。さらに、77K での MDF 材は引張強度 1.05GPa を示したものの、伸びは低かった。いずれの条件も引張強度は高苦なるものの、工業的生産性に問題のある条件であった。

$\Sigma \Delta \varepsilon = 2.4$ MDF 材に低温焼鈍を施した後、強圧延を行い、引張試験結果を Fig. 2 に示す。Ti 合金の引張特性を超える引張強度 1.1GPa 以上と伸び 10% を獲得できた。この結果から、Ti の MDF を利用した結晶粒超微細化によって、Ti 合金を凌ぐ機械的特性を得られることが示された。

4.2 溝ロール圧延追加による超高強度 Ti ワイヤーの試作

例えば歯科インプラント用には、上記の超微細粒 Ti の適切な太さのワイヤーへの加工が必要である。そして、機械的特性も同様に担保されなければならない。そこで、MDF 後に低温焼鈍を施し、さらに総圧下率が 90% となるよう種々の条件で平ロール圧延と溝ロール圧延の組み合わせ加工を行なった直径 3mm のワイヤーを作製した。その引張試験結果を Fig. 3 に示した。全ての条件で引張強度は公称応力で 1GPa 程度以上を示し、特に平ロール圧延と溝ロール圧延の組

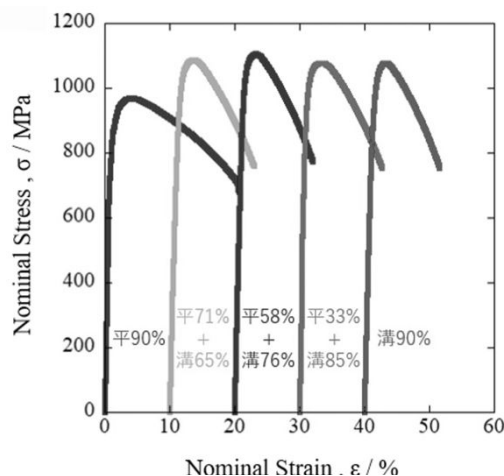


Fig. 3 Results of tensile tests of the wires prepared by combined processes of MDFing + annealing + rolling + groove rolling, where the total reduction of the rolling was fixed to be 90 %.

み合わせ加工により、引張強度は 1.1GPa 程度以上を達成した。真応力換算では 1.2GPa 程度以上となり、Fig.3 の結果と同等の機械的特性となった。これらワイヤーのヤング率を調べたところ約 80GPa で、一般的な Ti 及び Ti 合金の 110GPa と比較して大幅に低下した。これは、組織観察の結果から、集合組織の形成によるものと推察された。これら Ti 材は、医科歯科系の大学に供与し、通常の Ti 材に比べて細胞増殖がより速い速度で行われることを確認した。以上の結果から、生体親和性に優れた「純」Ti の超高強度化と低ヤング率化に成功した。

4.3 MDF-Ti の機械的特性の変形方向依存性

MDF と冷間圧延を含む加工熱処理を用いて作製した MDF-Ti とそれに焼鈍を施し結晶粒径を変化させた 3 種類の試料を用いて、変形挙動の引張方向依存性の調査を行い、活動する変形機構と変形挙動の関連性について検討を行った。

いずれの結晶粒径の試料においても、Fig. 4 に示すように、変形挙動の引張方向依存性が確認された。圧延板板幅方向 (TD) への引張では、全ての試料において圧延方向 (RD) への引張の

場合と比較して伸びが減少した。また、超微細粒材（結晶粒径：0.07 μm ）と微細粒材（0.8 μm ）において 0.2%耐力が減少したが、初期の加工硬化率は増加し、その結果、R.D.引張よりも引張強さは増加した。一方で、粗大粒材（12 μm ）において 0.2%耐力は RD 引張よりも増加したが、初期の加工硬化率は低下し、その結果として引張強さは減少した。この時、微細粒材において、強い底面集合組織の存在に起因するシュミット因子の変形方向依存性により、TD 引張では補足変形機構である錐面 $\langle c+a \rangle$ すべりが R.D.引張よりも高い割合で活動した。これにより、TD 引張における初期の高い加工硬化率がもたらされることを明らかにした。また、粗大粒材においては、TD 引張では、補足変形機構として $\{10\bar{1}2\}\langle\bar{1}011\rangle$ 引張双晶が活動しており、RD 引張におけるそれ（ $\{11\bar{2}2\}\langle 11\bar{2}3 \rangle$ 圧縮双晶）とは異なっていた。これは、各双晶系の活動によって生じるせん断ひずみの方向の相違に起因するものである。粗大粒材における変形挙動の異方性は、この活動する双晶系の違いによるものであると結論された。

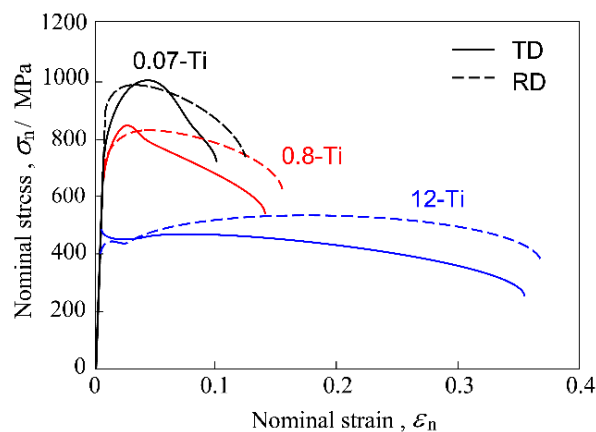


Fig. 4 Nominal stress - nominal strain curves of MDF-Ti with different grainsizes tensile deformed along RD or TD at RT.

4.4 MDF-Ti の微細組織とヤング率の関係

MDF 加工パス数の異なる MDF-Ti を用いて引張試験を行い、MDF 加工に伴うヤング率の変化を調査した。その結果、MDF 加工パス数の増加に伴って低下した（加工前 109 GPa→最終 98 GPa）。MDF 加工中の集合組織変化を X 線回折測定を用いて調査した。その結果、MDF 加工のパス数の増加に伴って、集合組織の強度が低下した。HCP 構造を持つ Ti においては、柱面もしくは二次柱面を応力軸とした場合にヤング率が最も低下する。従って、柱面、もしくは二次柱面集合組織の先鋭化はヤング率を低下させる事を意味する。しかし、MDF 加工によって集合組織はランダム化しており、ヤング率の低下には集合組織以外の要因が強く影響している事が示唆される。さらに、高密度の格子欠陥の導入により、ヤング率が低下するという報告がある。また、高密度の格子欠陥の導入により、材料の内部摩擦が増加するとの報告もなされている。そこで、MDF 加工に伴うヤング率と内部摩擦の変化を調査した。その結果、Fig. 5 に示すように、MDF 加工パス数の増加、すなわち格子欠陥密度の増加に伴いヤング率は低下し、逆に内部摩擦が増加した。つまり、内部摩擦とヤング率の間には有意な相関が存在することが明らかになった。さらに、最終加工材に、結晶粒成長が生じない程度の低温・短時間の焼鈍を施すと、Fig. 5 に赤色で示すように、内部摩擦の低下とヤング率の増加が観察された。従って、結晶粒径（結晶粒界密度）よりもむしろ内部の欠陥構造にヤング率が強く影響を受けることがわかる。しかし、MDF-Ti のヤング率低下機構は未だ明らかに出来ておらず、今後のさらなる研究が必要である。

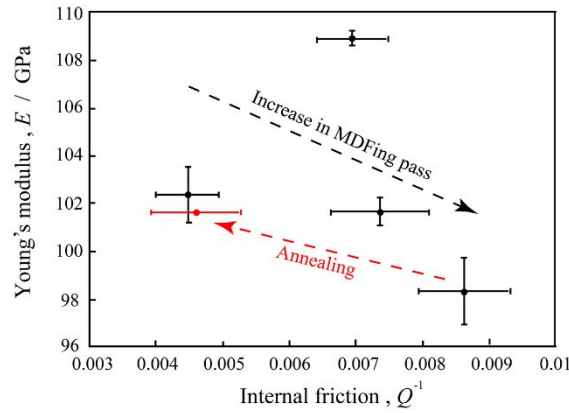


Fig. 5 Relationship between Young's modulus and internal friction of the MDF-Ti processed by different MDFing passes.

4.5 ヘテロナノ組織 Ti のヤング率低下メカニズム

多方向鍛造 (MDF) 法により形成された階層的なヘテロナノ構造を有する純 Ti が示す低ヤング率の発現メカニズムを分子動力学シミュレーションにより調査を行った。ヘテロナノ構造 Ti には、せん断帯、粒界、変形双晶など様々な平面欠陥が存在するため、巨視的な降伏応力より低い応力で面欠陥が関与する塑性変形が生じ、見かけのヤング率が低下する可能性が考えられる。Serra と Bacon は、ステップ誘起界面運動による $(10\bar{1}2)$ 変形双晶の連続移動のメカニズムを提案し、その双晶界面のステップは格子転位と双晶界面の反応により形成されることを示した。MDF 加工により作製されるヘテロナノ Ti は巨大なひずみが導入されているため、初期状態においてステップを含む変形双晶は存在可能であるが、提案した界面移動メカニズムの実現可能性については明らかにされていない。そこで、このことを明らかにするために、図 A に示す解析モデルを作成した。解析対象は $(10\bar{1}2)$ 変形双晶であり、Fig. 6(a)に示す完全フラットな界面と Fig. 6(b)に示す 2 つのステップを含む界面の 2 種類を作成した。このモデルに対してせん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}_{xz} = \pm 5 \times 10^6$ 1/s で変形を与え、解析温度は 10 K とした。原子シミュレーションで得られた結果をもとに、実際のヘテロナノ組織 Ti で測定されたヤング率低下量 (-44%) を達成するために必要なステップ数を見積もった。粒径を 100nm、ヤング率の測定するひずみ範囲を 0.001 と仮定すると、各粒内に予め 4 つ以上のステップが存在していれば -44% のヤング率低下量を表現できることを確認した。

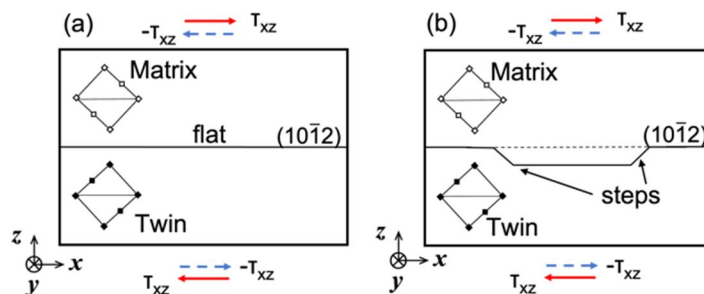


Fig. 6 Schematic $(10\bar{1}2)$ twin models with (a)flat and (b)step TB.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 29件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 M. Anzai, T. Kumasaka, E. Inoue, K. Seimiya, N. Kawanishi, T. Hayakawa, C. Ohkubo, H. Miura, N. Hoshi, K. Kimoto	4. 巻 40
2. 論文標題 Application of multi-directional forged titanium for prosthetic crown fabrication by CAD/CAM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 1049-1054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2020-351	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 T. Tsuru, M. Itakura, M. Yamaguchi, C. Watanabe, H. Miura	4. 巻 6
2. 論文標題 Dislocation core structure and motion in pure titanium and titanium alloys: A first-principles study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 111081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commatsci.2021.111081	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 H. Miura, C. Watanabe, Y. Aoyagi, Y. Oba, M. Kobayashi, N. Yoshinaga	4. 巻 833
2. 論文標題 Age-hardening mechanisms of heterogeneous-nanostructured SUS316LN stainless steel fabricated by heavy cold rolling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 142531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.142531	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 H. Jiang, C. Watanabe, Y. Miyajima, N. Koga, Y. Aoyashi, M. Kobayashi, H. Miura	4. 巻 815
2. 論文標題 Effects of strain rate on mechanical properties of heterogeneous nano-structured SUS316LN stainless steel: Revealed by in-situ X-Ray diffraction at synchrotron radiation facility	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 141251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.141251	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 李研碩, 古賀紀光, 渡邊千尋, 三浦博己	4. 巻 60
2. 論文標題 異なる圧延パススケジュールで作製したCu-38mass%Zn合金の微細組織と機械的性質	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 11-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.60.1_11	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 隅野裕也, 渡邊千尋, 坂本浩	4. 巻 60
2. 論文標題 Cu-Ni-Si系合金のヘテロナノ組織の発達に及ぼす溶質原子添加量の影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 41-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.60.1_41	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 松浦佳弘, 酒井洋徳, 渡邊千尋, 隅野裕也, 三浦博己	4. 巻 60
2. 論文標題 ヘテロナノ組織を活用した高濃度コルソン合金の高強度化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 41-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.60.1_45	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 三浦博己, 千葉友也, 小林正和, 渡邊千尋村, 村松尚国	4. 巻 60
2. 論文標題 Cu-Be合金のヘテロナノ組織と機械的特性に及ぼすBe添加量と熱処理条件の影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 74-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.60.1_74	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 姜華, 渡邊千尋, 三浦博己, 村松尚国	4. 巻 60
2. 論文標題 ヘテロナノ組織Cu-Be系合金の組織と力学特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 81-86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.60.1_81	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 H. Jiang, C. Watanabe, H. Miura, N. Muramatsu	4. 巻 63
2. 論文標題 Microstructure and Mechanical Properties of the Heterogeneous-Nano Structured Cu-Be system Alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-D2021002	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 N. Koga, S. Suzuki, H. Jiang, T. Watanabe, C. Watanabe, Y. Miyajima, H. Miura	4. 巻 57
2. 論文標題 Role of ferrite and austenite phases on the deformation behavior and mechanical properties in heterogeneous nanostructured duplex stainless steel aged at different temperatures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science	6. 最初と最後の頁 5606-5619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-022-06924-3	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. Yamamoto, Y. Miyajima, C. Watanabe, R. Monzen, T. Tsuru, H. Miura	4. 巻 61
2. 論文標題 Dependences of Grain Size and Strain-Rate on Deformation Behavior of Commercial Purity Titanium Processed by Multi-Directional Forging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 2320 - 2328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2020263	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 鈴木銀河, 早川 徹, 木本克彦, 大久保力廣, 三浦博己	4. 巻 34
2. 論文標題 多軸鍛造 (MDF) チタンに対するフッ素溶液の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本歯科産業学会誌	6. 最初と最後の頁 29-35
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 G. Suzuki, S. Shimizu, M. Torii, G. Ying, M. Yoshinari, N. Hoshi, K. Kimoto, H. Miura, T. Hayakawa, C. Ohkubo	4. 巻 12
2. 論文標題 In vitro evaluation of a removable partial denture framework using multi-directionally forged titanium	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Advanced Prosthodontics	6. 最初と最後の頁 378-384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4047/jap.2020.12.6.369	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. Matsuura, H. Sakai, C. Watanabe, Y. Sumino, H. Miura	4. 巻 63
2. 論文標題 Improvement in Strength of High Concentration Corson Alloy with the Heterogeneous-Nano Structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 508-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-D2021004	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. Li, N. Koga, C. Watanabe, H. Miura	4. 巻 63
2. 論文標題 Microstructures and Mechanical Properties of Cu-38mass%Zn Alloy Fabricated by Different Rolling Pass Schedules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 497-501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-D2021003	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. Miyajima, H. Morimoto, M. Miyazaki, T. Okada, K. Ishikawa, C. Watanabe, H. Miura	4. 巻 63
2. 論文標題 Change in Microstructure and Electrical Resistivity of Cu-Zn alloy Due to Rolling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 484-488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-D2021005	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 H. Jiang, T. Watanabe, C. Watanabe, N. Koga, H. Miura	4. 巻 840
2. 論文標題 Deformation behavior of heterogeneous nanostructured austenitic stainless steel at cryogenic temperature	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 142871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2022.142871	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 李研碩, 古賀紀光, 渡邊千尋, 三浦博己	4. 巻 61
2. 論文標題 Cu-Zn系合金の変形双晶形成に及ぼす初期集合組織の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 62-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.61.1_62	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 隅野裕也, 渡邊千尋	4. 巻 61
2. 論文標題 Cu-Ni-Si系合金のヘテロナノ組織の発達及ぼす析出物の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 51-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.61.1_51	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 酒井洋徳, 津田祐介, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己	4. 巻 61
2. 論文標題 Co添加したCu-Ni-Si合金のヘテロナノ組織と機械的性質	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.61.1_45	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 H.Miura, C.Watanabe, Y.Aoyagi, Y.Oba, M.Kobayashi, N.Yoshinaga	4. 巻 833
2. 論文標題 Age-hardening mechanisms of heterogeneous-nanostructured SUS316LN stainless steel fabricated by heavy cold rolling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 142531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.142531	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 H.Miura, M.Kobayashi, T.Tsuji, T.Osuki, T.Hara, N.Yoshinaga	4. 巻 63
2. 論文標題 Statically Recrystallized Microstructure and Texture of Heterogeneous Nanostructured SUS316LN Austenite Stainless Steels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 402-405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.mt-m2021231	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.Takarabe, M.To, N.Hoshi, T.Hayakawa, C.Ohkubo, H.Miura, K.Kimoto, M.Matsuo	4. 巻 41
2. 論文標題 Application of multi-directionally forged high-strength titanium to dental implants in beagle dogs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 459-465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2021-276	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 三浦博己, 荒井海貴, 小林正和, 隅野裕也, 渡邊千尋	4. 巻 61
2. 論文標題 ヘテロナノ組織銅合金の欠点克服とさらなる特性改善のための基礎研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.61.1_1	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 H.Miura, Y.Chiba, M.Kobayashi, C.Watanabe, N.Muramatsu	4. 巻 63
2. 論文標題 Effects of Be Content and Heat-Treatment Conditions on the Heterogeneous Nanostructure and Mechanical Properties of Cu-Be Alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 1431-1436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-D2022001	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 H.Miura, P.L.Khoo, M.Kobayashi	4. 巻 224
2. 論文標題 Deformation-restricted forging of Mg-8Al alloy under high pressure	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 115113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2022.115113	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 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己	4. 巻 71
2. 論文標題 結晶粒径が異なる工業用純チタンにおける変形挙動の引張方向依存性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 30-35
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 青柳吉輝	4. 巻 6
2. 論文標題 結晶塑性解析による超微細結晶粒アルミニウムの巨視的降伏挙動	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ぷらすとす	6. 最初と最後の頁 38-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32277/plastos.6.61_38	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 -

〔学会発表〕 計65件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 岡沢幸河, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 結晶粒径の異なる工業用純チタンにおける変形挙動の引張方向依存性
3. 学会等名 軽金属学会第141回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村太輔, 岡沢幸河, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 結晶粒径の異なる工業用純チタンの低温変形挙動
3. 学会等名 軽金属学会第141回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡沢幸河, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 多軸鍛造加工を施した工業用純チタンにおける変形挙動の結晶粒径依存性および引張方向依存性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋山裕登, 岡沢幸河, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 多軸鍛造加工を施した超微細粒工業用純チタンのヤング率の変化
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村太輔, 岡沢幸河, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 結晶粒径の異なる工業用純チタンにおける変形機構の温度依存性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳沼雄介, 下川智嗣, 渡邊千尋, 三浦博己, 青柳吉輝
2. 発表標題 純チタン中のヘテロナノ組織に関する結晶塑性解析手法の構築と変形挙動の評価
3. 学会等名 日本材料学会第70期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳沼雄介, 青柳吉輝
2. 発表標題 結晶塑性FEM解析における圧延集合組織のモデリング
3. 学会等名 第7回材料WEEK 材料シンポジウム ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 春田雄樹, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 ナノ組織チタンの低ヤング率変化におよぼす不均一変形の影響
3. 学会等名 日本材料学会第6回マルチスケール材料力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下川智嗣
2. 発表標題 原子シミュレーションで観察した界面を介した塑性現象
3. 学会等名 ISSS2021実行委員会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田健太郎, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 粒界を起点とした変形双晶の発生・成長に関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 春田雄樹, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 ナノ組織Tiが示す低ヤング率の発現メカニズムに関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会M&M2021材料力学カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須田大貴, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 様々な変形モードの順次起動による高延性化に向けた2元系モデリング
3. 学会等名 日本機械学会第32回計算力学講演
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田健太郎, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 3粒界から変形双晶が形成する条件
3. 学会等名 日本金属学会2021年春季第170回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下川智嗣
2. 発表標題 金属結晶材料の格子欠陥と機械的性質に関する原子シミュレーション
3. 学会等名 第35期CAMMフォーラム本例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森茂樹, 青柳吉輝
2. 発表標題 ハイエントロピー合金の双晶誘起塑性に関する結晶塑性論 的検討
3. 学会等名 日本機械学会第29回 機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺樹, 姜華, 渡邊千尋, 古賀紀光, 戸高義一, 三浦博己
2. 発表標題 ヘテロナノ組織オーステナイト系ステンレス鋼の高速度変形特性
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 李研碩, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-Zn合金の変形双晶形成に及ぼす結晶方位の影響
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 姜華, 渡邊千尋, 三浦博己, 村松尚国
2. 発表標題 Effect of Be Content on Microstructure and Mechanical Properties of a Heterogeneous-nano Structured Cu-Be-Co Alloy
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井洋徳, 津田祐介, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Co添加したCu-Ni-Si合金のヘテロナノ組織と機械的性質
3. 学会等名 日本銅学会第61回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隅野裕也, 渡邊千尋
2. 発表標題 Cu-Ni-Si系合金のヘテロナノ組織発達に及ぼす析出物の影響
3. 学会等名 日本銅学会第61回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 李研碩, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-Zn合金のヘテロナノ組織形成に及ぼす初期集合組織の影響
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季(第170回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳沼雄介, 下川智嗣, 渡邊千尋, 三浦博己, 青柳吉輝
2. 発表標題 純チタン中のヘテロナノ組織に関する結晶塑性解析手法の構築と変形挙動の評価
3. 学会等名 日本材料学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡沢幸河, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 結晶粒径の異なるCP-Tiの変形機構の検討
3. 学会等名 令和2年度日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村太輔, 岡沢幸河, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 結晶粒径の異なる工業用純チタンの変形挙動の温度依存性
3. 学会等名 令和2年度日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡沢幸河, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 結晶粒径の異なる工業用純チタンの変形挙動に及ぼす引張方向の影響
3. 学会等名 軽金属学会第140回春期大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Yaginuma, Y. Aoyagi
2. 発表標題 Reproduction Method of Mechanical Anisotropy Induced by Cold Rolling in Crystal Plasticity FE Simulation
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Aoyagi
2. 発表標題 International Symposium on Plasticity, Damage, and Fracture 2023, (ICPDF 2023)
3. 学会等名 Crystal plasticity modeling on martensitic transformation induced plasticity based on lattice deformation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H.Miura, M.Kobayashi, T. Benjanarasuth
2. 発表標題 Statically recrystallized microstructure and texture of heavily cold-rolled SUS316LN austenite stainless steel
3. 学会等名 International Workshop on Fundamental Research for Science and Technology 2021, March 29, 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H.Miura, M.Kobayashi, T.Benjanarasuth
2. 発表標題 strengthening of AZ80Mg alloy rod by high-pressure forging and extrusion
3. 学会等名 International Workshop on Fundamental Research for Science and Technology2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H.Miura, C.Watanabe, Y.Aoyagi, Y.Oba, M.Kobayashi
2. 発表標題 Microstructure and mechanical properties of heterogeneous-nanostructured austenitic stainless steel fabricated by heavy cold rolling
3. 学会等名 International Symposium on Plasticity, Damage, and Fracture 2023, (ICPDF 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H.Miura, Y.Iwabuchi, M.Kobayashi, T.Shimokawa, C.Watanabe
2. 発表標題 Improvement of Mechanical Properties of Pure Ti by Combined Process of Multi- directional Forging and Conventional Thermo-mechanical Processing
3. 学会等名 TMS2023 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村太輔, 渡邊千尋, 三浦博己
2. 発表標題 多軸鍛造加工を施した工業用純チタンの低温変形挙動
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期(第171回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 李研碩, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-Zn合金における変形双晶形成に及ぼす初期結晶方位組織の影響
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期(第171回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 隅野裕也, 李研碩, 渡邊千尋
2. 発表標題 時効処理したCu-Ni-Si系合金のヘテロナノ組織発現挙動と材料特性の変化
3. 学会等名 日本銅学会第62回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 李研碩, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-38mass%Zn合金中のヘテロナノ組織の発達過程
3. 学会等名 日本銅学会第62回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津田祐介, 岩沼宙樹, 渡邊千尋, 中村祐太, 岡藤康弘, 冠和樹
2. 発表標題 Co置換量の異なるコルソン合金の圧延に伴う組織と強度の変化
3. 学会等名 日本銅学会第62回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 郎澤昆, 津田祐介, 渡邊千尋, 古賀紀光
2. 発表標題 Co置換量の異なるコルソン合金の圧延に伴う機械的特性の変化
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 李研碩, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-38mass%Zn合金のヘテロナノ組織の発達過程と機械的特性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 樋口裕希, 中村太輔, 秋山裕登, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 工業用純チタンの変形機構の温度依存性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村太輔, 秋山裕登, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 超微細粒工業用純チタンの変形機構の温度依存性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺田歩夢, 新出航大, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 ヘテロナノ組織SUS316LN鋼の高速度変形2 - 微視組織変化 -
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新出航大, 寺田歩夢, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 ヘテロナノ組織SUS316LN鋼の高速度変形 1 - 変形挙動 -
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山裕登, 中村太輔, 樋口裕希, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 多軸鍛造加工を施した工業用純チタンの組織とヤング率
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 呉昊, 李研碩, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-Zn合金における変形双晶形成の初期結晶方位依存性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩沼宙樹, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 工業用純チタンにおける変形挙動の結晶粒径と引張方向依存性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩沼宙樹, 中村太輔, 渡邊千尋, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 工業用純チタンにおける機械的双晶の形成が変形挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季（第72回）講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 李研碩, 呉昊, 古賀紀光, 渡邊千尋, 三浦博己
2. 発表標題 Cu-Zn合金のヘテロナノ組織形成と機械的性質に及ぼす初期集合組織の影響
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季（第72回）講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡邊千尋, 姜華, 古賀紀光, 三浦博己
2. 発表標題 ヘテロナノ組織SUS316LN鋼の低温変形機構
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季(第72回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 C. Watanabe, A. Terada, N. Koga, T. Shimokawa, M. Kobayashi, H. Miura
2. 発表標題 High-speed deformation behavior of a heterogeneous-nano structured austenitic stainless steel
3. 学会等名 TMS2023 spring meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 下川智嗣
2. 発表標題 変形双晶の核生成条件に関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会第35回計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 I.M. Razzakul, N. Tomoaki, T. Shimokawa
2. 発表標題 Effect of twin thickness on the resistance of dislocations to pass through the twin interfaces: A molecular dynamics study
3. 学会等名 日本機械学会第35回計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 人見匡俊, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 ヘテロナノ組織チタンの粒界から発生する変形モードの負荷方向依存性
3. 学会等名 日本機械学会第35回計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 春田雄樹, 下川智嗣, 新山友暁
2. 発表標題 ヘテロナノTiのヤング率低下機構とステップを含む双晶成長の関係性
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 人見匡俊, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 ヘテロナノ組織チタンにおける変形モードとひずみ速度依存性に関する研究
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会,
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 I.M. Razzakul, N. Tomoaki, T. Shimokawa
2. 発表標題 An Optimum Twin Thickness of Strength in Face-Centered Cubic Metals through Molecular Dynamics Simulation
3. 学会等名 ICMR2022, The 6th International Conference on Materials and Reliability (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下川智嗣, Islam Mohammad Razzakul, 新山友暁
2. 発表標題 TWIP 現象における強度の最適双晶厚さに関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季(第172回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大橋春希, 青柳吉輝
2. 発表標題 双晶変形に起因する不均一変形の緩和を考慮した結晶塑性モデリング
3. 学会等名 日本機械学会東北支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大橋春希, 青柳吉輝
2. 発表標題 双晶の体積分率に依存する流れ応力を考慮した双晶誘起塑性モデルに基づく結晶塑性解析
3. 学会等名 日本機械学会第35回計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂巻巧, 西本圭佑, 貝ヶ石康平, 黒澤瑛介, 西村将輝, 青柳吉輝
2. 発表標題 押込み試験を用いた鋼材構成組織単体における応力ひずみ関係推定手法の提案
3. 学会等名 第7回材料WEEK 材料シンポジウム ワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村将輝, 青柳吉輝
2. 発表標題 準安定オーステナイトの初期結晶組織が変態誘起塑性性の微視的力学特性に与える影響
3. 学会等名 第7回材料WEEK 材料シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Yaginuma, Y. Aoyagi
2. 発表標題 Reproduction Method of Mechanical Anisotropy Induced by Cold Rolling in Crystal Plasticity FE Simulation
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下川智嗣
2. 発表標題 格子欠陥ダイナミクスにおけるTEM観察とMD計算の相乗効果の可能性
3. 学会等名 日本材料学会第71期第1回マルチスケール材料力学公開部門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村将輝, 青柳吉輝
2. 発表標題 ナノインデンテーション法による準安定オーステナイトの変態誘起塑性性に関する力学的特性評価
3. 学会等名 日本材料学会第71期学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦博己, 坂田信道, 小林正和
2. 発表標題 純TiのMDFによる結晶粒超微細化と機械的性質に及ぼす初期粒径の影響
3. 学会等名 第10回 医工連携 MDF チタン研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦博己, 金山弥旦, 小林正和
2. 発表標題 MDF純チタンの機械的性質と組織の制御に関する基礎研究
3. 学会等名 第10回 医工連携 MDF チタン研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 純チタン線材およびその加工方法	発明者 三浦博己, 川本忠博	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-068848	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 銅合金板およびその製造方法	発明者 隅野裕也, 三浦博己	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-167316	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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	下川 智嗣 (Shimokawa Tomotsugu) (40361977)	金沢大学・機械工学系・教授 (13301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	渡邊 千尋 (Watanabe Chihiro) (60345600)	金沢大学・機械工学系・教授 (13301)	
研究分担者	青柳 吉輝 (Aoyagi Yoshiteru) (70433737)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関