

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04957

研究課題名(和文) 格子欠陥エンジニアリングによる加工誘起マルテンサイト変態の制御と基礎原理の確立

研究課題名(英文) Controlling deformation-induced martensitic transformation via lattice defect engineering

研究代表者

山中 謙太 (Yamanaka, Kenta)

東北大学・金属材料研究所・准教授

研究者番号：30727061

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、準安定相の転位組織と加工誘起マルテンサイト変態(DIMT)の関係を明らかにし、「核生成」の観点からDIMTを制御する「格子欠陥エンジニアリング」を開拓することを目的とした。本助成期間では、生体用Co-Cr-Mo合金やTi合金、ハイエントロピー合金等を対象に、準安定相へ転位組織の導入(プロセス)、転位組織とDIMTの関係(メカニズム解明)、マクロな力学特性との関係(材料設計コンセプトの実証)の3点から研究を行った。その結果、マルテンサイト変態において、母相の熱間加工によるDIMTへの影響は合金組成に依存することを明らかにし、合金設計に有用な知見を蓄積することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において得られた成果は、力学特性に優れた構造用金属材料の設計や開発における基盤となり得る知見であり、金属材料、さらにはそれらを用いた構造物の安全性や信頼性において重要である。また、合金組成だけでなく組織制御に重点を置いた材料設計に有用な指針として金属材料の省資源化やよりサステナブル社会の実現にも貢献することができる。一方、主に金属材料の高強度化に用いられてきた格子欠陥と相安定性・加工誘起マルテンサイト変態の関係が明らかにし、トレードオフの関係にある強度と延性の両立に向けた材料学的基礎として、また、その場中性子回折や組織定量解析の発展において本家研究は学術的にも高い意義を有している。

研究成果の概要(英文)：In this study, the relationship between the dislocation structures in the metastable parent phase and subsequent deformation-induced martensitic transformation (DIMT) was examined in several structural alloys, such as biomedical Co-Cr-Mo alloys, titanium alloys, and high entropy alloys. It was demonstrated that introducing parent phase's dislocations accelerated or retarded the (fcc) (hcp) DIMT, depending on the alloy composition. The obtained results are helpful for designing novel structural alloys with an enhanced combination of strength and ductility.

研究分野：加工プロセス工学

キーワード：金属材料 格子欠陥 マルテンサイト変態 中性子回折 X線回折

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マルテンサイト変態は金属やセラミックスにおいて起こるせん断型相変態であり、結晶学や内部組織、Kinetics等の観点から学術的に大きな興味を集めてきた。また、多くの工業材料において有用な相変態であり、鉄鋼の強靱化から形状記憶・超弾性効果まで幅広く用いられている。すなわち、マルテンサイト変態は構造材料・機能材料を問わず重要な冶金現象であり、その制御は自動車・航空機・医療機器などへの応用において必須の研究課題である。

マルテンサイト変態は母相と生成相の自由エネルギー差を駆動力とする。したがって、化学組成や温度、磁場の印加等により制御することが可能であり、これまでの研究は主に駆動力の観点からなされてきた。研究代表者は、先行研究において人工股関節等に幅広く用いられている生体用 Co-Cr-Mo 合金の組織・特性制御に取り組み、fcc 構造の γ 相に熱間加工を施すことにより、その後の室温変形において加工誘起マルテンサイト変態 (DIMIT) が促進されることを見出した。また、これにより高強度とともに、変形誘起塑性 (TRIP) 現象による優れた延性が得られることを明らかにした¹⁾。

そこで、この熱間加工材の室温引張変形における組織変化をその場放射光回折により詳細に調べたところ、DIMIT が開始する降伏応力付近において母相である γ 相の転位密度が急激に低下し、転位間相互作用等の転位組織のキャラクターも大きく変化することを見出した²⁾。さらに、引張変形後の熱間加工材では DIMIT 相が結晶粒内部において形成していた。これらの結果から、母相中の「格子欠陥」が核生成を通して DIMIT に影響を与えているのではないかと着想した。

一方、引張変形前の熱間加工材の γ 相中には、転位とともに積層欠陥やナノ双晶も観察された。研究代表者は、この理由として当該合金が熱間加工温度でも極めて低い積層欠陥エネルギー (SFE) を有する点を明らかにし、SFE に注目することで様々な種類の格子欠陥を含む「準安定相」が得られるとの新しい知見を得た³⁾。しかしながら、このような結晶粒内の格子欠陥の種類・存在状態がその後の DIMIT を含むマルテンサイト変態に及ぼす影響について系統的に調べた研究はこれまでになく、学術的に興味深い。

2. 研究の目的

本研究では構造用金属材料において「核生成」の観点から DIMIT を制御する「格子欠陥エンジニアリング」を開拓し、コンセプトの実証し、関連する基礎学理を構築することを目的とした。本助成期間では、先行研究において用いた生体用 Co-Cr-Mo 合金に加え、実用的にも重要な Fe 基、Ti 基合金等にも対象を広げ、①プロセス設計、②メカニズム解明、③コンセプトの実証の3点から研究を行った。

3. 研究の方法

本研究では、種々の合金系を対象に研究を行ったが、以下では近年大きな注目を集めるハイエントロピー合金のうち、室温にて DIMIT により $\gamma \rightarrow \epsilon$ マルテンサイト変態を示す Fe-rich の準安定ハイエントロピー合金における結果について示す。

(1) 試料作製

高周波真空誘導溶解炉を用いて Fe-rich 準安定ハイエントロピー合金の 30 kg 鋳塊を溶製後、熱間鍛造、熱間圧延、熱間スウェッジ加工により $\phi 14$ mm の丸棒材を作製した。丸棒材の一部は 1100 °C にて熱処理を行い、同一組成にて γ 相の格子欠陥密度の異なる試料を作製した。以下、それぞれ annealed 材および as-swaged 材と称す。

(2) 組織観察および機械的特性の評価

走査型電子顕微鏡 (SEM)、電子線後方散乱回折 (EBSD)、透過電子顕微鏡 (TEM) を用いて組織観察を行った。また、室温引張試験により機械的特性を評価した。

(3) 引張変形中の in-situ 中性子回折実験

大強度陽子加速器施設 J-PARC の iMATERIA (BL20) にて、室温引張変形中の in-situ 中性子回折実験を行った。ビームライン内に設置された引張試験機を用いて初期ひずみ速度 $1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ にて試料に引張変形を加えながら、Time-of-Flight (TOF) 法により中性子回折パターンを連続的に取得した。得られた中性子回折パターンに対して CMWP (Convolutional Multiple Whole Profile) 法を用いた転位組織解析⁴⁾および Rietveld Texture 解析による相分率・集合組織解析⁵⁾を行った。Rietveld Texture 解析には MAUD ソフトウェアパッケージ⁶⁾を用いた。

4. 研究成果

図 1(a)に、室温引張試験により得られた annealed 材および as-swaged 材の公称応力-公称ひずみ曲線を示す。as-swaged 材は annealed 材と同等の延性を維持しながら、高強度を有していた。一方、図 1(b)に示した真応力 (σ_t) -真ひずみ (ϵ_t) 曲線および加工硬化率 ($\theta = \sigma_t/\epsilon_t$) -真ひずみ曲線では、as-swaged 材の変形初期において高い加工硬化率が得られたのに対し、 $\epsilon_t = 0.25$ 付近以降では annealed 材の方が高い加工硬化率を示した。すなわち、生体用 Co-Cr-Mo 合金における先行研究²⁾と同様に、本研究において用いた準安定ハイエントロピー合金においても熱間加工により準安定 γ 相に導入された格子欠陥が室温引張変形における加工硬化挙動に影響を与える

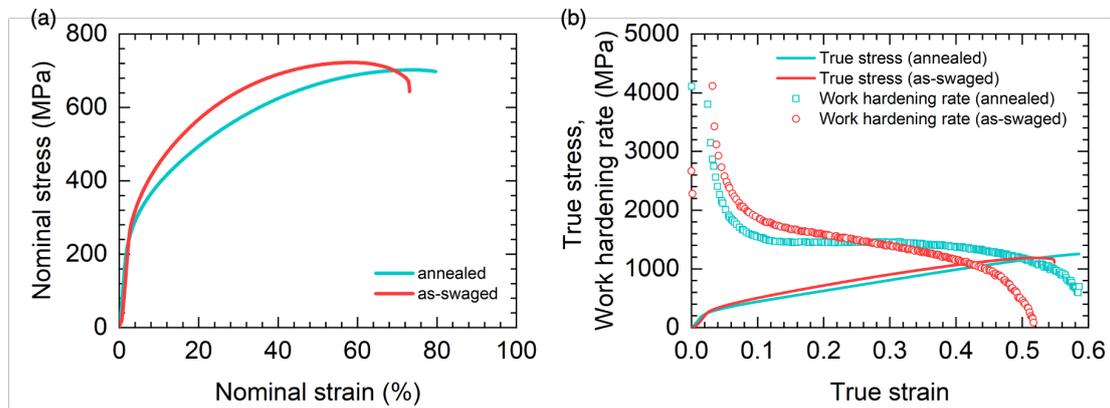


図1 室温引張試験により得られた(a) 公称応力-公称ひずみ曲線と(b) 真応力-真ひずみ曲線および加工硬化率-真ひずみ曲線

ことがわかった。なお、いずれの試料においても Considère の塑性不安定条件 ($\sigma_r > \theta$) を満たした後に破断していることが示唆された。

図2に、J-PARC の iMATERIA (BL20) にて取得した引張変形中のその場中性子回折データと Reitveld Texture 解析により求めた ϵ マルテンサイト量と真ひずみの関係を真応力と共にプロットした結果を示す。EBSD を用いた組織観察では、引張変形前の as-swaged 材において高温からの冷却中に形成した athermal ϵ マルテンサイト (約 6%) が観察されたが、annealed 材では ϵ 相は検出されなかった。一方、中性子回折では annealed 材および as-swaged 材の両方において ϵ マルテンサイトが観察され、相分率はいずれも約 4 vol.% であった。一方、DIMIT により形成した ϵ マルテンサイトは任意のひずみ量において annealed 材の方が有意に高く、当該合金では準安定 γ 相への転位組織の導入により DIMIT が促進されるという先行研究²⁾と逆の結果が示唆された。したがって、as-swaged 材の高い加工硬化率は DIMIT だけでなく、母相である γ 相の転位増殖にも大きく依存した協調的な塑性変形により得られることが明らかになった。

本研究では種々の合金系において準安定 γ 相の転位組織と DIMIT の関係を実験的に明らかにすることに成功し、合金設計における重要な知見を蓄積することができた。

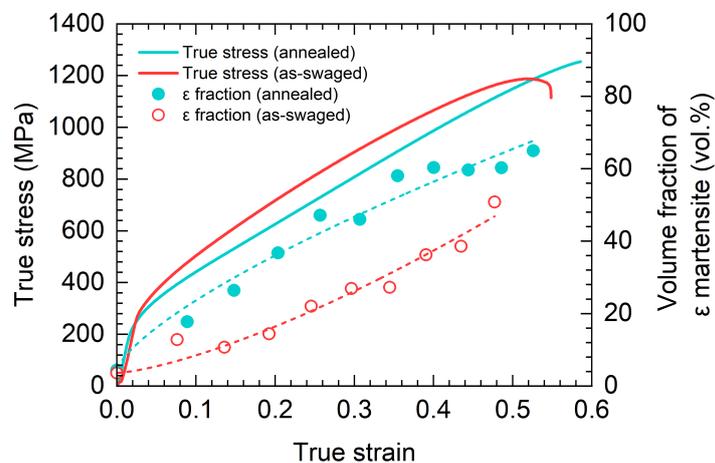


図2 室温引張試験における塑性変形挙動と加工誘起マルテンサイト変態により形成した ϵ マルテンサイト分率の関係

参考文献

- [1] M. Mori, K. Yamanaka, S. Sato, S. Tsubaki, K. Satoh, M. Kumagai, M. Imafuku, T. Shobu, A. Chiba, *Acta Biomater.*, 28 (2015) 215–224.
- [2] M. Mori, K. Yamanaka, S. Sato, S. Tsubaki, K. Satoh, M. Kumagai, M. Imafuku, T. Shobu, A. Chiba, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, 90 (2019) 523–529.
- [3] K. Yamanaka, M. Mori, A. Chiba, *Metall. Mater. Trans. A*, 43A (2012) 4875–4887.
- [4] K. Yamanaka, M. Mori, S. Sato, A. Chiba, *Sci. Rep.*, 7 (2017) 10808.
- [5] Y. Onuki, S. Sato, M. Nakagawa, K. Yamanaka, M. Mori, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, A. Chiba, *Quantum Beam Sci.*, 2 (2018) 11.
- [6] H. Wenk, L. Lutterotti, S. C. Vogel, *Powder Diffr.*, 25 (2010) 283–296.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yusuke Onuki, Shigeo Sato, Maiko Nakagawa, Kenta Yamanaka, Manami Mori, Akinori Hoshikawa, Toru Ishigaki, Akihiko Chiba	4. 巻 2
2. 論文標題 Strain-Induced Martensitic Transformation and Texture Evolution in Cold-Rolled Co-Cr Alloys	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Quantum Beam Science	6. 最初と最後の頁 11 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/qbs2020011	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 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Yasuhiro Torita, Akihiko Chiba	4. 巻 92
2. 論文標題 Impact of minor alloying with C and Si on the precipitation behavior and mechanical properties of N-doped Co-Cr alloy dental castings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 112 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2018.06.035	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 Manami Mori, Kenta Yamanaka, Shigeo Sato, Shinki Tsubaki, Kozue Satoh, Masayoshi Kumagai, Muneyuki Imafuku, Takahisa Shobu, Akihiko Chiba	4. 巻 90
2. 論文標題 Tuning strain-induced -to- martensitic transformation of biomedical Co-Cr-Mo alloys by introducing parent phase lattice defects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials	6. 最初と最後の頁 523 ~ 529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2018.10.038	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 Kenta Yamanaka, Hiroaki Matsumoto, Akihiko Chiba	4. 巻 21
2. 論文標題 A Constitutive Model and Processing Maps Describing the High-Temperature Deformation Behavior of Ti-17 Alloy in the -Phase Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 1800775 ~ 1800775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adem.201800775	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 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Ika Kartika, Moch. Syaiful Anwar, Koji Kuramoto, Shigeo Sato, Akihiko Chiba	4. 巻 148
2. 論文標題 Effect of multipass thermomechanical processing on the corrosion behaviour of biomedical Co-Cr-Mo alloys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 178 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2018.12.009	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 山中 謙太	4. 巻 59
2. 論文標題 先進加工プロセスによる構造用金属材料の組織・特性制御と実用化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ぷらすとす	6. 最初と最後の頁 54 ~ 55
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 Kenta Yamanaka, Wataru Saito, Manami Mori, Hiroaki Matsumoto, Shigeo Sato, Akihiko Chiba	4. 巻 6
2. 論文標題 Abnormal grain growth in commercially pure titanium during additive manufacturing with electron beam melting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materialia	6. 最初と最後の頁 100281 ~ 100281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtla.2019.100281	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 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Yasuhiro Torita, Akihiko Chiba	4. 巻 77
2. 論文標題 Effect of nitrogen on the microstructure and mechanical properties of Co-33Cr-9W alloys prepared by dental casting	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials	6. 最初と最後の頁 693-700
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2017.10.017	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 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Shigeo Sato, Akihiko Chiba	4. 巻 7
2. 論文標題 Stacking-fault strengthening of biomedical Co-Cr-Mo alloy via multipass thermomechanical processing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10808-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-10305-1	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 Mahsa Keyvani, Thomas Garcin, Damien Fabregue, Matthias Militzer, Kenta Yamanaka, Akihiko Chiba	4. 巻 46
2. 論文標題 Continuous Measurements of Recrystallization and Grain Growth in Cobalt Super Alloys	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions A	6. 最初と最後の頁 2363-2374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11661-017-4027-8	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 佐藤 成男, 小貫 祐介, 星川 晃範, 中川 真惟子, 山中 謙太, 富田 俊郎	4. 巻 87
2. 論文標題 TOF型パルス中性子回折を用いた金属ミクロ組織解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 57-64
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 Xiaoli Shui, Kenta Yamanaka, Manami Mori, Yoshihiko Nagata, Kenya Kurita, Akihiko Chiba	4. 巻 680
2. 論文標題 Effects of post-processing on cyclic fatigue response of a titanium alloy additively manufactured by electron beam melting	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 239-248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2016.10.059	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 Chen Zhang, Kenta Yamanaka, Huakang Bian, Akihiko Chiba	4. 巻 3
2. 論文標題 Corrosion-resistant carbide-reinforced martensitic steel by Cu modification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj Materials Degradation	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41529-019-0092-3	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 Jiaxiang Li, Kenta Yamanaka, Akihiko Chiba	4. 巻 12
2. 論文標題 Influence of interatomic interactions on the mechanical properties of face-centered cubic multicomponent Co-Ni-Cr-Mo alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materialia	6. 最初と最後の頁 100742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtla.2020.100742	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 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Kazuo Yoshida, Sandra Balvay, Daniel Hartmann, Damien Fabregue, Akihiko Chiba	4. 巻 12
2. 論文標題 Preparation of high-strength Co-Cr-Mo alloy rods via hot-caliber rolling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materialia	6. 最初と最後の頁 100729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtla.2020.100729	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 Na Gong, Ivan Montes, Krishna C. Nune, R. Devesh Kumar Misra, Kenta Yamanaka, Manami Mori, Akihiko Chiba	4. 巻 108
2. 論文標題 Favorable modulation of osteoblast cellular activity on Zr modified Co-Cr-Mo alloy: The significant impact of zirconium on cell-substrate interactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials	6. 最初と最後の頁 1518-1526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm.b.34499	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 山中謙太, 張宸, 卞華康, 千葉晶彦	4. 巻 429-56
2. 論文標題 デアロイングを活用した炭化物強化マルテンサイト鋼の耐食性改善	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 機能材料	6. 最初と最後の頁 4
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 無
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43件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 山中 謙太, 黒田 あす美, 伊藤 美優, 森 真奈美, 菖蒲 敬久, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 電子ビームおよびレーザービーム積層造形により作製したTi-6Al-4V合金の転位密度評価
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会平成30年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 吉田 和男, D. Fabregue, S. Balvay, D. Hartmann, 千葉 晶彦
2. 発表標題 熱間圧延により作製した生体用Co-Cr-Mo合金ロッドの力学特性と生体適合性
3. 学会等名 第135回東北大学金属材料研究所講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 吉田 和男, Damien Fabregue, Sandra Balvay, Daniel Hartmann, 千葉 晶彦
2. 発表標題 熱間圧延により作製した生体用Co-Cr-Mo合金ロッドの力学的特性と生体適合性の評価
3. 学会等名 平成30年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 吉田 和男, Damien Fabregue, Sandra Balvay, Daniel Hartmann, 千葉 晶彦
2. 発表標題 熱間圧延による高強度Co-Cr-Mo合金ロッドの作製
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森 真奈美, 山中 謙太, 吉田 和男, 倉本 浩二, 千葉 晶彦
2. 発表標題 生体用Co-Cr-Mo合金の力学特性、耐食性に及ぼすN添加および熱間加工の影響
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Kazuo Yoshida, Damien Fabregue, Sandra Balvay, Daniel Hartmann, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Mechanical properties and cytotoxicity of biomedical Co-Cr-Mo alloy rods prepared by hot caliber rolling
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-3) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Manami Mori, Nanae Sato, Kenta Yamanaka, Kazuo Yoshida, Koji Kuramoto, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Effects of Cold Swaging and Annealing on the Microstructures and Mechanical Properties of Biomedical Co-Cr-Mo Alloy Rods
3. 学会等名 Materials Science & Technology 2018 (MS&T18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Asumi Kuroda, Miyu Itoh, Manami Mori, Takahisa Shobu, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 In-situ Synchrotron X-ray Diffraction Line-profile Analysis during Tensile Deformation in Additively Manufactured Ti-6Al-4V Alloy
3. 学会等名 Materials Science & Technology 2018 (MS&T18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 吉田 和男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 熱間圧延による高強度Co-Cr-Mo合金ロッドの作製：圧延組織および力学特性に及ぼす初期組織の影響
3. 学会等名 第69回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Shigeo Sato, Takahisa Shobu, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Tensile deformation behavior of additively manufactured Ti-6Al-4V alloy studied by in-situ synchrotron X-ray diffraction
3. 学会等名 Summit of Materials Science 2018 (SMS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 千葉 晶彦
2. 発表標題 電子ビーム積層造形を用いて作製したTi-6Al-4V合金の耐食性に及ぼす造形後熱処理の影響
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会平成30年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 黒田 あす美, 伊藤 美優, 森 真奈美, 菅浦 敬久, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 放射光X線回折ラインプロファイル解析によるTi-6Al-4V合金の転位組織評価
3. 学会等名 日本チタン協会第6回若手研究者・技術者交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 吉田 和男, 千葉 晶彦, 森 真奈美, Damien Fabregue, Sandra Balvay, Daniel Hartmann
2. 発表標題 脊椎固定デバイスへの応用を目指した高強度Co-Cr-Mo合金ロッドの作製
3. 学会等名 学際・国際的人材養成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト 生体医療・福祉材料分野 平成30年度分科会（全体会議）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 吉田 和男, 千葉 晶彦, 森 真奈美, Damien Fabregue, Sandra Balvay, Daniel Hartmann
2. 発表標題 脊椎固定システムへの応用を目指した生体用Co-Cr-Mo合金ロッドの作製
3. 学会等名 学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製 共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト) 第3回公開討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 松本 洋明, 千葉 晶彦
2. 発表標題 単相組織を有するTi-17合金の準安定温度域における高温変形挙動と動的相変態
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Microstructure evolution of commercially pure titanium during electron beam additive manufacturing
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 山中謙太
2. 発表標題 高エネルギー X線回折を用いたTi-6Al-4V合金の引張変形中の転位組織解析
3. 学会等名 平成29年度第2回残留ひずみ・応力解析研究会/微細構造解析プラットフォーム第4回放射光利用研究セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 黒田 あす美, 伊藤 美優, 佐藤 成男, 森 真奈美, 菖蒲 敬久, 千葉 晶彦
2. 発表標題 電子ビーム積層造形を用いて作製したTi-6Al-4V合金の引張変形における高エネルギー X線回折ラインプロファイル解析
3. 学会等名 日本金属学会2018年春季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 チタンの電子ビーム積層造形における組織形成
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第175回春季講演大会シンポジウム「材料強度特性のマイクロ組織メカニクス - X線・中性子の新しい視点 -」 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Yusuke Onuki, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Revealing Martensite Decomposition in Ti-6Al-4V Alloys Additively Manufactured with Electron Beam Melting by X-ray and Neutron Diffraction
3. 学会等名 TMS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Kazuo Yoshida, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Evolution of Stacking Faults during Thermomechanical Processing of Biomedical Co-Cr-Mo Alloys Studied by X-ray Diffraction Line-profile Analysis
3. 学会等名 TMS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 小貫 祐介, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 Ti-6Al-4V合金の電子ビーム積層造形における組織形成のX線・中性子回折を用いた評価
3. 学会等名 日本塑性加工学会 第68回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山中 謙太, 斎藤 航, 森 真奈美, 千葉 晶彦
2. 発表標題 粉末積層造形により作製した純チタンの塑性加工および熱処理における組織・結晶方位変化
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会 平成29年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiko Chiba, Yuichiro Koizumi, Kenta Yamanaka, Kenta Aoyagi, Hao Wang
2. 発表標題 Effects of post-processing on tensile and fatigue properties of biomedical Co-28Cr-6Mo and Ti-6Al-4V alloys fabricated by electron beam additive manufacturing
3. 学会等名 JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy (JSPMIC2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山中 謙太
2. 発表標題 純チタンおよびTi-6Al-4V合金の電子ビーム積層造形における組織形成
3. 学会等名 日本チタン協会 第5回チタン若手研究者・技術者交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Yusuke Onuki, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Decomposition of β' martensite of Ti-6Al-4V alloy during electron beam melting
3. 学会等名 Materials Science & Technology 2017 (MS&T17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Contribution of stacking faults on strengthening of biomedical Co-Cr-Mo alloys studied by X-ray diffraction line-profile analysis
3. 学会等名 Materials Science & Technology 2017 (MS&T17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 永田 翔, 倉本 浩二, 千葉 晶彦
2. 発表標題 動的変態を用いた超微細 組織を有する生体用Co-Cr合金の創製
3. 学会等名 日本金属学会 2017年秋期(第161回)講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 斎藤 航, 千葉 晶彦
2. 発表標題 粉末積層造形を利用した組織制御の可能性：力学特性の面内異方性を低減した純チタン板材の作製
3. 学会等名 日本塑性加工学会 平成29年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山中 謙太
2. 発表標題 熱間加工を用いた生体用Co-Cr合金の高強度化プロセスの確立と脊椎固定用ロッドへの応用
3. 学会等名 日本塑性加工学会 東北・北海道支部講演会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Asumi Kuroda, Miyu Itoh, Manami Mori, Takahisa Shobu, Shigeo Sato, Akihiko Chiba
2. 発表標題 In situ synchrotron X-ray diffraction line-profile analysis of additively manufactured Ti-6Al-4V alloy under tensile deformation
3. 学会等名 The 14th World Conference on Titanium (Ti-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Manami Mori, Hiroaki Matsumoto, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Phase transformation and evolution of dislocation structure in the phase of Ti-17 alloy during hot deformation
3. 学会等名 The 14th World Conference on Titanium (Ti-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka, Hiroshi Shiratori, Tadashi Fujieda, Kosuke Kuwabara, Akihiko Chiba
2. 発表標題 Additive manufacturing of an equiatomic AlCoCrFeNi high-entropy alloy with electron beam melting
3. 学会等名 The 10th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICM10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jiaxiang Li, Kenta Yamanaka, Akihiko Chiba
2. 発表標題 An abnormal increase in mechanical strengths at 45 and 55 mass% Ni of multicomponent Co-Ni-Cr-Mo alloys
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-4) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Yamanaka
2. 発表標題 Deformation behavior of Ti-6Al-4V alloys additively manufactured with electron beam melting
3. 学会等名 Sendai Albi Knowledge in Engineering Seminars (SAKES) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yamanaka, A. Chiba, D. Hartmann, D. Fabregue
2. 発表標題 Preparation of high-strength Co-Cr-Mo alloy rods via multi-pass hot-caliber rolling
3. 学会等名 LyonSE&N - ELYT - IARI Workshop 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yamanaka, M. Mori, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba
2. 発表標題 Effect of Partitioning Treatment on the Mechanical Behavior of an Additively Manufactured Ti-6Al-4V Alloy
3. 学会等名 TMS2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yamanaka, M. Mori, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba
2. 発表標題 Strengthening of Transformation-induced Plasticity-assisted High Entropy Alloy via Interstitial Nitrogen
3. 学会等名 TMS2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 真奈美, 山中 謙太, Ika Karitika, Moch. Syaiful Anwar, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 生体用Co-Cr-Mo合金の耐食性に及ぼす加工熱処理の影響
3. 学会等名 日本塑性加工学会 2019年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中 謙太
2. 発表標題 電子ビーム積層造形により作製したTi-6Al-4V合金の組織と材料特性
3. 学会等名 日本塑性加工学会 生体医療材料先進加工技術研究委員会 研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中 謙太, 張 宸, 森 真奈美, 卞 華康, 小貫 祐介, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 中性子回折を用いた高耐食性炭化物強化マルテンサイト鋼の組織最適化
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第178回秋季講演大会シンポジウム 茨城県中性子利用研究会令和元年度第3回 iMATERIA研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中 謙太, 森 真奈美, 小貫 祐介, 佐藤 成男, 千葉 晶彦
2. 発表標題 電子ビーム積層造形により作製したTi-6Al-4V合金の力学特性に及ぼす二相域焼鈍の影響
3. 学会等名 日本金属学会 2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 真奈美, 山中 謙太, Ika Karitika, Moch. Syaiful Anwar, 千葉 晶彦
2. 発表標題 生体用Co-Cr-Mo合金の耐食性に及ぼす熱間加工の影響
3. 学会等名 日本金属学会 2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学研究者紹介
<http://db.tohoku.ac.jp/whois/detail/82483b36a80cd6391159320edc4f20bb.html>
東北大学金属材料研究所加工プロセス工学研究部門ウェブページ
<http://www.chibalab.imr.tohoku.ac.jp>
Researchmap
<https://researchmap.jp/7000010084>

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
研究協力者	森 真奈美 (Mori Manami) (80731512)	仙台高等専門学校・総合工学科・准教授 (51303)	
研究協力者	小貫 祐介 (Onuki Yusuke) (50746998)	茨城大学・フロンティア応用原子科学研究センター・産学官 連携助教 (12101)	
研究協力者	佐藤 成男 (Sato Shigeo) (40509056)	茨城大学・理工学研究科・教授 (12101)	
研究協力者	千葉 晶彦 (Chiba Akihiko) (00197617)	東北大学・金属材料研究所・教授 (11301)	