

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04464

研究課題名（和文）MRIアーチファクトを低減する低磁性ジルコニウム合金の高機能化

研究課題名（英文）High performance functionalization of Zr alloys to decrease MRI artifact

研究代表者

埴 隆夫（Hanawa, Takao）

東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・教授

研究者番号：90142736

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：Zr-14Nb-5Ta-1Mo合金からMoを除いたZr-14Nb-5Ta合金の耐食性、加工による結晶構造と機械的性質の変化を明らかにできた。また、Zr-14Nb-5Ta-1Mo合金の細胞機能を明らかにできた。そのため、これらの合金の力学的信頼性、安全性を示すことに成功した。Zr-14Nb-5Ta合金は、Zr-14Nb-5Ta-1Mo合金と同等の低磁化率、低ヤング率を示し、冷間スウェーjing加工による組織の微細化によって、高強度化が可能であることが明らかになった。また、Tiと同様に細胞接着性・増殖性及び合金表面上での細胞分化能・石灰化能は良好であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療用新合金の基盤的研究を通じて、ジルコニウム（Zr）合金の結晶組織、機械的性質、磁化率、耐食性、安全性、生体機能の関係を学術的に明らかにすることができた。これは、Zr合金の体系的学術構築を行う点で独創的であり、医療デバイスとして汎用的に使用できる低磁性Zr多元合金開発の基礎となるものである。現代医療において使用が必須の非貴金属材料の磁化率を低下させることでMRIアーチファクトを抑制することが可能となり、Zr合金の低磁性を活用し汎用的に医療で使用することを可能とし、Zr合金の加工・熱処理プロセスを医療応用を目的として確立することができた。

研究成果の概要（英文）：Corrosion resistance of Zr-14Nb-5Ta alloy, which is Zr-14Nb-5Ta-1Mo alloy with Mo removed, was evaluated. We also clarified the cellular function of Zr-14Nb-5Ta-1Mo alloy. Therefore, we succeeded in demonstrating the mechanical reliability and safety of these alloys. The Zr-14Nb-5Ta alloy exhibits a low magnetic susceptibility and a low Young's modulus equivalent to those of the Zr-14Nb-5Ta-1Mo alloy. It was also found that, like Ti, it has good cell adhesion/proliferation properties and cell differentiation/mineralization ability on the alloy surface.

研究分野：材料工学

キーワード：ジルコニウム合金 低磁性 結晶構造 耐食性 細胞機能

1. 研究開始当初の背景

磁気共鳴画像診断法 (MRI) は放射線被曝を伴わない非侵襲の画像診断法であり、特に脊椎、頭蓋部の診断には不可欠である。しかし、磁気に反応する高磁性体の金属材料が体内に存在すると、金属が磁化して MRI 画像に歪みや欠損などのアーチファクトが生じる。MRI 像中に発生するアーチファクトは、インプラント周辺の臓器や組織の撮像を妨げ、正確な診断に支障をきたす。様々なアーチファクトのなかには診断の基準として採用されているものもあるが、多くの場合には取り除いた方が容易に読影でき、正確な診断を下すことができる。アーチファクトが及ぶ範囲は金属材料の磁化率に関係しており、低磁化率の材料ほどアーチファクトが小さくなる傾向にあることを報告した (Imai H et al: Three-dimensional quantification of susceptibility artifacts from various metals in magnetic resonance image. *Act Biomater* 9, 8433-8439, 2013)。

セラミックスや高分子を使用すればアーチファクトは極めて小さくなるが、現実的にはこれは不可能である。**金属材料は、優れた強度と靱性から依然として多くの医療用デバイスに使用され、体内埋植型デバイス(インプラント)の70%以上を、整形外科では95%以上を占めており、その必要性はますます増加している。**ステント、クリップ、塞栓コイル、ガイドワイヤーなどの循環器系デバイス、人工関節、骨固定材、脊椎固定器具などの整形外科デバイス、歯科修復物、義歯床、歯科矯正用ワイヤ、歯科インプラントなどの歯科デバイス、診断・治療器具、医療器械の躯体として金属材料は必須であり、これらの**医療用デバイスでは、力学的信頼性の点から金属を他の材料で直ちに代用することはできない。**また、再生医療の実現には相当な時間がかかるうえに、短期間で社会復帰のための機能再建には人工材料による治療が将来にわたって必須であるという認識が広まり、**現実的な問題として金属材料の重要性が再認識されている。**画像技術でアーチファクトを小さくする試みは続けられているが、実際にアーチファクトをなくすことは難しく、またこの技術により低磁性合金ではさらにアーチファクトを小さくすることができる。

2. 研究の目的

本研究では、医療用新合金の基盤的研究を通じて、ジルコニウム (Zr) 合金の結晶組織、機械的性質、磁化率、耐食性、安全性、生体機能の関係を学術的に明らかにすることを目的とする。Zr 合金の体系的学術構築を行う点で独創的であり、医療デバイスとして汎用的に使用できる低磁性 Zr 多元合金開発の基礎となるものである。Zr 合金に関する体系的知識を獲得することで、基盤となる一般的理論・普遍的原理に基づいた汎用的な合金設計およびプロセス技術を提案する点に特徴がある。

3. 研究の方法

(1) Zr 合金の耐食機構を明らかにするため、Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金の耐食性を評価した。試料は、Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金と Zr-14Nb-5Ta 合金の熱間鍛造材および鋳造材の丸棒材を用いた。試験溶液は、生体内環境を模擬するために生理食塩水 (0.9mass% NaCl 水溶液) を使用し、試験温度を 310 K とし、アノード分極を行った。

(2) 機械的性質、結晶組織、磁化率の評価を行った。試料は、Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金と Zr-14Nb-5Ta 合金の熱間鍛造材および鋳造材の丸棒材を用いた (図 1)。

(3) Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金から Mo を除いた Zr-14Nb-5Ta 合金の耐食性、加工による結晶構造と機械的性質の変化を評価した。

(4) Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金の細胞機能を評価した。

4. 研究成果

(1) Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金鍛造材のアノード分極試験の結果、孔食電位は 1.5 V 以上あり、純 Zr と比較して良好な耐食性を示すことがわかった (図 2)。しかし、不動態保持電流密度が一定ではなく電圧の上昇に伴わずかに減少する特異な腐食挙動を示し、各添加元素に対してもアノード



図 1 合金試料製造プロセス

分極試験を行ったところ純 Mo の耐食性が低いことが明らかになった。したがって、この特異な腐食挙動には Mo が関係していると考えられ、Mo を抜いた三元系 Zr-Nb-Ta 合金についても調べる必要が生じた。

(2) Zr-14Nb-5Ta 合金鍛造材は、Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金鍛造材と同様に低磁化率、低ヤング率、良好な引張特性を示すが、 β 相安定化元素である Mo を除いたことにより、わずかに ω 相量が増加するため、引張強さが向上し磁化率が減少する(図3、図4)。鍛造材では、Zr-14Nb-5Ta 合金の方が耐食性に優れていた(図5)。鑄造材では、明確な耐食性を評価できなかった。Mo は高融点であり溶解作業を難解にしており、Mo を除いても同等以上の性能が得られるのであれば、Mo を添加する必要はないと考えられる。

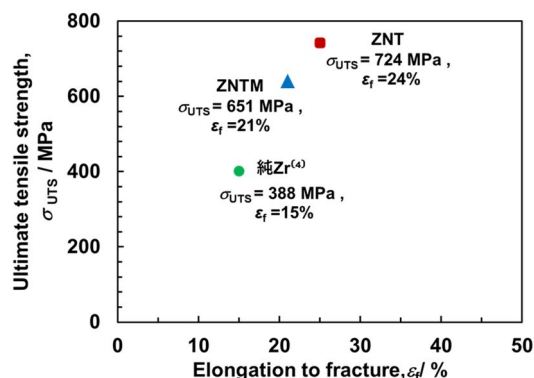


図3 Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金、Zr-14Nb-5Ta 合金、純 Zr の引張強さと破断伸び

(3) Zr-14Nb-5Ta 合金は、Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金と同等の低磁化率、低ヤング率を示し、Zr-14Nb-5Ta 合金は β 安定化元素である Mo を Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金から除いたことによってわずかに ω 相量が増加し、引張強さが向上し、Zr-14Nb-5Ta 合金に冷間スウェージ加工を施すことで加工前の低い磁化率及びヤング率を維持でき、冷間スウェージ加工による組織の微細化によって、Zr-14Nb-5Ta 合金は高強度化が可能であることが明らかになった。

(4) 培養時間と共に細胞数は増加していたが、Zr 合金は Ti と比較して細胞増殖性はやや良好であった(図6)。細胞内 ALP 活性の発現量の変化傾向は Zr 合金と Ti はほぼ同等であり、6、8、14 日目には Ti での細胞内 ALP 活性の発現量が高かった。ARS 染色の結果、Ti 表面では Zr 合金に比べて染色面積が広く、石灰化物の Ca イオン定量では Ti が多少優れていた。つまり、Ti と同様に細胞接着性・増殖性及び合金表面上での細胞分化能・石灰化能は良好であることが明らかになった。

(5) Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金から Mo を除いた Zr-14Nb-5Ta 合金の耐食性、加工による結晶構造と機械的性質の変化を明らかにできた。また、Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金の細胞機能を明らかにできた。そのため、これらの合金の力学的信頼性、安全性を示すことに成功した。

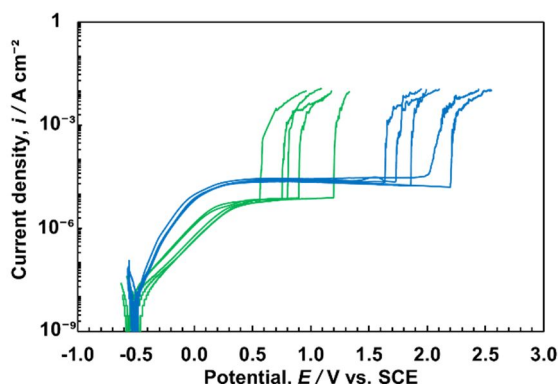


図2 Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金と純 Zr の生理食塩水中でのアノード分極曲線

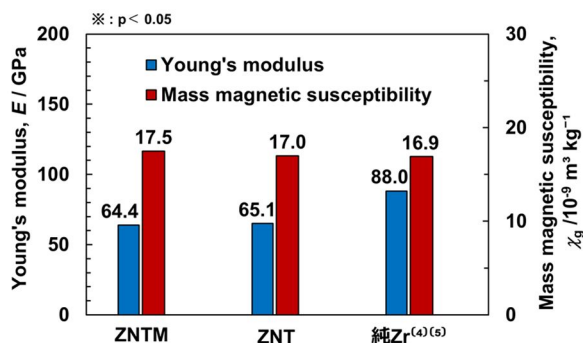


図4 Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金、Zr-14Nb-5Ta 合金、純 Zr のヤング率と質量磁化率

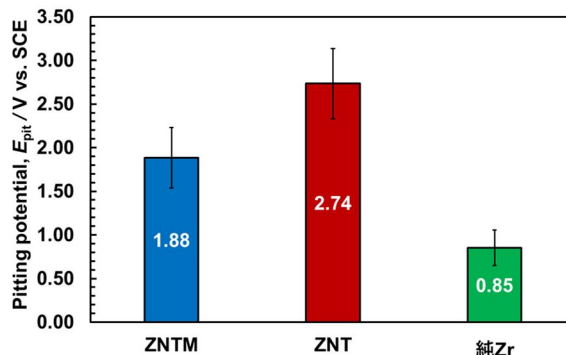


図5 Zr-14Nb-5Ta-1Mo 合金、Zr-14Nb-5Ta 合金、純 Zr の生理食塩水中での孔食電位

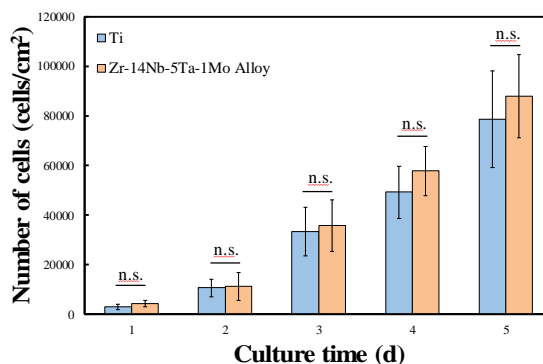


図6 Zr-14Nb-5Ta 合金、純 Ti 上での細胞の増殖

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Manaka Tomoyo, Tsutsumi Yusuke, Chen Peng, Ashida Maki, Katayama Hideki, Hanawa Takao	4. 巻 168
2. 論文標題 Development of Electrochemical Surface Treatment to Visualize Critical Corrosion-Inducing Inclusions of Zr in Chloride Environments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 121505 ~ 121505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/1945-7111/ac3ff1	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 Manaka Tomoyo, Tsutsumi Yusuke, Ashida Maki, Chen Peng, Katayama Hideki, Hanawa Takao	4. 巻 62
2. 論文標題 Development of Electrochemical Surface Treatment for Improvement of Localized Corrosion Resistance of Zirconium in Chloride Environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 788 ~ 796
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.C-M2021817	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 Zhou Weiwei, Sun Xiaohao, Tsutsumi Yusuke, Nomura Naoyuki, Hanawa Takao	4. 巻 199
2. 論文標題 Bioinspired low-magnetic Zr alloy with high strength and ductility	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 113856 ~ 113856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2021.113856	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 Sun Xiaohao, Liu Debao, Chen Minfang, Zhou Weiwei, Nomura Naoyuki, Hanawa Takao	4. 巻 804
2. 論文標題 Influence of annealing treatment on the microstructure, mechanical performance and magnetic susceptibility of low magnetic Zr ₂ Mo parts manufactured via laser additive manufacturing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 140740 ~ 140740
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.140740	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 Ashida Maki, Tsutsumi Yusuke, Homma Kou, Chen Peng, Shimojo Masayuki, Hanawa Takao	4. 巻 61
2. 論文標題 Design of Zirconium Quaternary System Alloys and Their Properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 776 ~ 781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2019315	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 Sun Xiaohao, Liu Debao, Zhou Weiwei, Nomura Naoyuki, Tsutsumi Yusuke, Hanawa Takao	4. 巻 104
2. 論文標題 Effects of process parameters on the mechanical properties of additively manufactured Zr ₂ 1Mo alloy builds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials	6. 最初と最後の頁 103655 ~ 103655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2020.103655	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 KAJIMA Yuka, TAKAICHI Atsushi, TSUTSUMI Yusuke, HANAWA Takao, WAKABAYASHI Noriyuki, KAWASAKI Akira	4. 巻 39
2. 論文標題 Influence of magnetic susceptibility and volume on MRI artifacts produced by low magnetic susceptibility Zr-14Nb alloy and dental alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 256 ~ 261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2018-426	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 193.真中智世, 堤祐介, 蘆田茉希, 陳鵬, 片山秀樹, 埴隆夫	4. 巻 69
2. 論文標題 塩化物環境におけるジルコニウムの局部腐食を抑制する電気化学表面処理法の開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 材料と環境	6. 最初と最後の頁 307-314
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 Sun Xiaohao, Liu Debao, Chen Minfang, Zhou Weiwei, Nomura Naoyuki, Hanawa Takao	4. 巻 169
2. 論文標題 Hot isostatic pressing of MRI compatible Zr-1Mo components manufactured by laser powder bed fusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Characterization	6. 最初と最後の頁 110657 ~ 110657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matchar.2020.110657	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 Tsutsumi Yusuke, Muto Izumi, Nakano Shigeyuki, Tsukada Junichi, Manaka Tomoyo, Chen Peng, Ashida Maki, Sugawara Yu, Shimojo Masayuki, Hara Nobuyoshi, Katayama Hideki, Hanawa Takao	4. 巻 167
2. 論文標題 Effect of Impurity Elements on Localized Corrosion of Zirconium in Chloride Containing Environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 141507 ~ 141507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/1945-7111/abc5d8	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 Sun Xiaohao, Liu Debao, Chen Minfang, Zhou Weiwei, Nomura Naoyuki, Hanawa Takao	4. 巻 285
2. 論文標題 Combination of hot isostatic pressing and subsequent heat treatment for additively manufactured Zr-1Mo components	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 129123 ~ 129123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2020.129123	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 埴 隆夫	4. 巻 24
2. 論文標題 低侵襲医療への金属材料の貢献	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ふえらむ	6. 最初と最後の頁 320-324
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 埴 隆夫	4. 巻 68
2. 論文標題 金属系バイオマテリアルの概観	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 特殊鋼	6. 最初と最後の頁 2-6
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25件 (うち招待講演 20件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Hanawa T
2. 発表標題 Biofunctionalization of metals meeting clinical demands
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hanawa T
2. 発表標題 Metallic biomaterials from the viewpoint of surface reactions
3. 学会等名 The 5th Symposium for The Core Research Cluster for Materials Science and Spintronics, and the 4th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hanawa T
2. 発表標題 MRI-compatible alloy and biofunctionalization of metals
3. 学会等名 Biomaterials International 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hanawa T
2. 発表標題 Biofunctionalization of metals for regenerative medicine
3. 学会等名 11th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials Processing, Fabrication, Properties, Applications (Thermec 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 多機能性金属バイオマテリアルの開発
3. 学会等名 第126回岡山県医用工学研究会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 生命機能金属マテリアル創出への挑戦
3. 学会等名 生命機能マテリアル国際インスティテュート - 2021年度：第2回「次世代バイオマテリアル」を考える会 - (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 界面から学ぶ金属系バイオマテリアル
3. 学会等名 第43回バイオマテリアル学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 顎骨再建に求められる生体材料の条件
3. 学会等名 第63回歯科基礎医学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 再生医療における金属材料の役割と課題
3. 学会等名 第63回歯科基礎医学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 金属系バイオマテリアルの深化と発散
3. 学会等名 021年東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 インヴァースイノベーションで実現する新材料創出と技術革新
3. 学会等名 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト - DEJI2MAプロジェクト - キックオフシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 再生医療応用を目指す金属材料の生体機能化
3. 学会等名 第32回代用臓器・再生医学研究会総会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 医療と金属材料
3. 学会等名 日本金属学会第65回本多記念講演（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 表面ナノ構造による金属材料の生体機能化
3. 学会等名 第15回ナノ・バイオメディカル学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 生体環境における金属表面とその制御
3. 学会等名 日本鉄鋼協会材料の組織と特性部会「構造材料の生物劣化の究明 診断と解析」第6回研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanawa T
2. 発表標題 Characterization and control of surface states of metals and ceramics
3. 学会等名 4th International Conference on Innovations in Biomaterials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanawa T
2. 発表標題 Biofunctionalization of metals with development of new alloy, manufacturing process and surface modification
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 Hanawa T, Ashida M, Tsutsumi Y, Chen P
2. 発表標題 New zirconium alloy with large strength to decrease MRI artifact
3. 学会等名 The 10th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nomura N, Sun X, Zhou W, Kikuchi K, Tsutsumi Y, Hanawa T, Kawasaki A
2. 発表標題 Microstructure and mechanical properties of low magnetic Zr-1Mo alloy for biomedical applications
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 真中智世, 堤 祐介, 蘆田茉希, 陳 鵬, 埴 隆夫
2. 発表標題 ジルコニウムの局部腐食発生に及ぼす不純物元素の影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期(第165回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小池拓実, 蘆田茉希, 堤 祐介, 野村直之, 陳 鵬, 下条雅幸, 埴 隆夫
2. 発表標題 Zr-Nb-Ta-Mo合金の磁化率および機械的性質に及ぼすTaの影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期(第165回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 バイオマテリアル研究への期待と展望
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 埴 隆夫
2. 発表標題 材料の生体反応と生体内劣化
3. 学会等名 日本金属学会第2分野・第7分野合同講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 真中智世, 埴 祐介, 蘆田茉希, 陳 鵬, 片山英樹, 埴 隆夫
2. 発表標題 ジルコニウムの耐食性を向上させる新規表面処理法の開発
3. 学会等名 腐食防食学会 第66回材料と環境討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤丈允, 陳 鵬, 原田浩之, 埴 隆夫
2. 発表標題 Zr-14Nb-5Ta-1Mo合金上における骨芽細胞様細胞の増殖性および石灰化能の評価
3. 学会等名 第41回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 生体用合金及び医療用品	発明者 埴 隆夫、蘆田 茉希	権利者 国立大学法人東京医科歯科大学、トクセン工
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-052005	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 金属生体材料学分野 https://www.tmd.ac.jp/i-mde/www/metal/metal-j.html 東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 金属生体材料学分野 https://www.tmd.ac.jp/i-mde/www/metal/metal-j.html 東京医科歯科大学生体材料工学研究所金属生体材料学分野 http://www.tmd.ac.jp/i-mde/www/metal/metal-j.html</p>
--

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	蘆田 茉希 (Ashida Maki) (50708386)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・助教 (12602)	
研究分担者	中石 典子(寺田) (Nakaishi Michiko) (60374550)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・技術職員 (12602)	
研究分担者	堤 祐介 (Tsutsumi Yusuke) (60447498)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・構造材料研究拠点・主席研究員 (82108)	
研究分担者	陳 鵬 (Chen Peng) (70708388)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・助教 (12602)	
研究分担者	野村 直之 (Nomura Naoyuki) (90332519)	東北大学・工学研究科・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