

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 10 月 12 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05119

研究課題名（和文）酸化膜被覆Ti合金の界面微細構造解析と複合材としての力学特性予測

研究課題名（英文）Interfacial Microstructure Analysis of Oxide-Coated Ti Alloys and Prediction of Mechanical Properties as Composites

研究代表者

三浦 永理 (Miura, Eri)

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70315258

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：生体硬組織代替材料用途として開発される多元系Ti合金では、組織制御や合金設計による研究開発と、表面処理技術開発がそれぞれで行われているが、界面の状態は材料の機械的性質に大きく影響する。本申請課題では自己酸化により組成連続的な酸化皮膜を形成するTi-NbやTi-Ta合金に着目し、ミクロからナノレベルの酸化膜/合金界面組織について金属組織・結晶学的手法による調査と、酸化物/合金基板を連続体材料として捉えた材料力学計算を行い、界面組織制御と構造力学的アプローチの両面から調査する。これら合金の酸化機構を明らかにし、Ti基板膜被覆材料の機械的性質に寄与する材料因子と形状因子や各々の寄与度を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はバルク状態のTi酸化物の形成挙動や力学特性について調査した数少ない研究であると共に、表面処理を前提とした生体用金属材料の設計指針を示すものとして、工業的にも学術的にもユニークな研究である。本研究の成果として、酸化前のTiの合金化、特に共晶系酸化物を成す合金元素を選択することで、自己酸化皮膜の緻密化や高硬度化が可能であり、また基板金属と酸化物の界面構造の改変が可能である事、界面組織の傾斜化により界面剥離強度の向上が可能である事、連続構造体の材料力学計算により界面強度に最適な膜厚を比較的定量性よく解析可能であることを示した。耐熱構造材や電子材料としての可能性も広げるものと期待される。

研究成果の概要（英文）：In the research and development of Ti alloys, which are being developed as substitutes for biological hard tissues, research and development in the areas of microstructure control and alloy design, as well as surface treatment technology, are being carried out respectively. In this proposal, we focus on Ti-Nb and Ti-Ta alloys that form compositionally continuous oxide films by self-oxidation, and investigate the micro- to nano-level microstructure of the oxide/alloy interface using metallographic and crystallographic methods, and material mechanics calculations that consider the oxide/alloy substrate as a continuum material. We investigate both interface structure control and structural and mechanical approaches from the viewpoints of interfacial microstructure control and structural and mechanical approaches. The oxidation mechanism of these alloys, and the contributions of the material and microstructure to the mechanical properties of Ti-based coating materials are elucidated.

研究分野：生体材料工学

キーワード：チタン合金 酸化物 界面構造 複合材料 力学特性 有限要素法

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

新規の生体材料開発研究に於いては目的性能の発現あるいは向上に加え、生体安全性や適合性が必ず要求される。そのため、例えば人工関節や歯根インプラント、人工歯冠、歯科矯正器械等、生体硬組織代替材料として開発される多元系 Ti 合金の場合、Ti 合金の組織制御や合金設計による機械的特性向上を目的とした研究開発と、アパタイトや酸化物の表面被覆材料の開発、または表面機能を向上させる新物質創製や表面処理技術の開発はどちらも盛んである。一方、実用上は基板材と表面材は組み合わせて使用されるものでありながら、皮膜の耐剥離性を裏付ける被膜/基板界面接合機構の詳細な調査や、界面も含めた連続構造体としての材料設計の報告は意外に少ない。

金属製医療器機においてセラミックス等の弾性的性質が大きく異なる物質を表面被膜とした場合、被膜と合金の界面組織や界面整合性、被膜/基板の体積比や比表面積、形状アスペクト比等が影響し、その力学特性は体積分配和のみの複合則では整理できない場合が多い<sup>1</sup>。耐剥離性においては、個々の物性値や界面構造等の材料因子だけでなく、粗さ等の表面形態や試料形状等の形状因子も影響することは定性的には知られていても、各因子の寄与比率は明確でない。また、生体用 Ti 合金の生体親和性向上を目的とした熱的または化学的、電気的処理による自己酸化皮膜の形成技術や表面機能に関する報告は近年増えている一方、膜成長機構や添加元素の耐剥離性への効果については未だ部分的理解に留まる。

これまでに申請者らは、歯科用高審美性金属材料として Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr(TNTZ)合金の高温酸化や陽極酸化による白色酸化膜成膜技術を提案している<sup>2,3</sup>、Ti 合金の高温酸化については、20 世紀終盤に耐熱用 Ti-Al 合金の開発時によく研究され、Nb の微量の添加による耐酸化性向上が報告されている<sup>4</sup>。最近では Ti-Nb 合金の耐酸化性には界面での Ti 窒化物形成による拡散バリアー層の存在が指摘されている。

しかしながら、TNTZ 高温酸化膜では酸化膜成長抑制効果は見られず、また酸化物と合金の体積比を示す Pilling-Bedworth(PB)比が 2 を超えるにも関わらず高い耐剥離性を示す。これは定性的には主に Nb による酸化物組織緻密化と、界面組織連続性向上(図 1, 2)が主因<sup>5,6</sup>であるが、特定の組成で界面強度の特異点が現れる等、詳しい界面形成機構は解明されていない。また定量的には剥離強度の膜厚依存性は複合則との不一致が見られ、各相の力学変数のみでは一義的に解析できない。一方、陽極酸化試料の界面は不連続で、耐剥離性は低い。即ち、Ti 合金とその酸化被膜の耐剥離機構を知るには、材料因子と形状因子の寄与度を明らかにする必要がある。

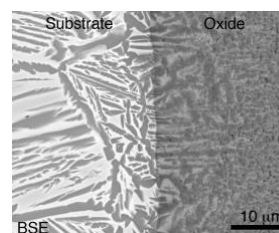


図 1 高温酸化による TNTZ 合金酸化膜断面 SEM 組織

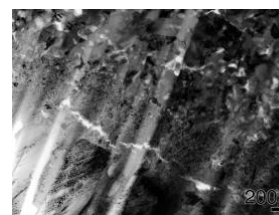


図 2 高温酸化による TNTZ 合金酸化膜断面 TEM 組織

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、Ti 合金の酸化機構を突き止め、Ti 基皮膜被覆材料の機械的性質に寄与する材料因子や形状因子の寄与度を明らかにすることを目的に、Ti-Nb、-Ta、-Zr 合金二元系合金を中心組成として、酸素分圧下での高温酸化、並びに基板連続性を持たない陽極酸化による被膜生成挙動を調査する。力学的性質並びに耐剥離性能評価を行い、各物質の物性値を得る。マイクロからナノスケールの組織観察や組成分析、結晶構造解析を行い、その酸化挙動や被膜構造の組成依存性を明らかにする。破面や組織の特徴分類には機械学習の利用を試み、特徴再現精度の高い酸化膜/金属基板連続体モデルの構築と、それを用いた有限要素法(FEA)による応力解析を行った。

<sup>1</sup> G. Petzow, N. Claussen and H. E. Exner: Z. Metallk., 59 (1968), 170.

<sup>2</sup> 特願 2012-007589

<sup>3</sup> 特願 2017-244190

<sup>4</sup> M. Yoshihara et al.: Intermetallics, 3(5), 357-363, (1995).

<sup>5</sup> E. Miura-Fujiwara, et al.: Proc. Ti-2011 conference, Science Press Beijing, III, pp.2116-2120, (2012).

<sup>6</sup> 小川裕也, 三浦永理: 日本金属学会誌, 82(7), pp. 232-239, (2018).

### 3. 研究の方法

#### 複合材構造の熱応力計算と有限要素法解析による膜厚最適化

酸化膜/合金の界面にかかる熱応力を見積もるため、様々な膜厚や界面構造モデルの被膜/基板の熱応力計算を行った。同じく CAD モデルを作成し(図 3)、有限要素解析(FEA)による複合材の力学特性や被膜の耐剥離性の予測を行った。FEA の結果は、界面密着性や膜厚などの剥離強度への寄与について考察するため、実験値と比較した。

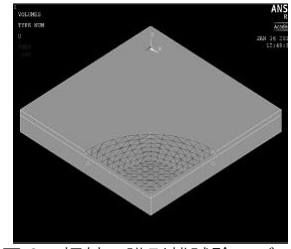


図 3 板材の膜剥離試験モデル

#### 1. 合金作製と材料組織制御

Ti および TiO<sub>2</sub> 二元系状態図を基に、二元系 Ti 合金(Ti-Nb, Ti-Ta)を溶製した。本研究では合金元素による合金組織と酸化膜相、並びに界面組織に関して系統的な知見を得るため、数%~数十%の広範囲で合金作製した。

得られた合金インゴットに加工熱処理を施し、ミクロ組織や粒径を調整した。平衡相や準安定相の同定や体積分率測定、組織観察は光学顕微鏡観察、電子後方散乱回折 (EBSD) 法、X 線回折 (XRD 法) 法等を行った。

#### 2. Ti二元系合金の白色酸化膜被覆プロセスと処理条件の検討

二元系 Ti 合金の得られた結果から酸素分圧下で高温酸化熱処理を行い、高温酸化挙動を調べるため、各合金の熱重量・示差熱分析(TG-DTA)を行った。皮膜成長挙動と酸化膜構造への合金元素や熱処理温度と状態図との妥当性を検討した。

#### 3. 合金、酸化膜、被膜/基板界面の組織観察と組成分析

酸化膜/基板について組織観察を行う。SEM による酸化膜厚測定を行い、合金組成及び成膜条件と膜厚の関係を明らかにした。酸化膜の成長機構並びに皮膜及び界面形態が耐剥離性や材料物性へ及ぼす影響を調査するため、成膜後の合金基板と界面、酸化物の断面微細組織観察および皮膜と界面の形態観察や組成分析を SEM-EBSD および電子プローブマイクロアナライザー (EPMA)等で行い、基板/酸化物界面の酸素や窒素等の軽元素分布に着目し、グロー放電発光分析(GD-OES)を行った。得られた結果から、酸化物成長機序について反応速度論と熱力学的考察を行った。

更に、酸化物と基板およびそれら界面のナノ微細構造の形態学的及び結晶学的情報を得るため、酸化物/金属基板界面電顕観察試料を集束イオンビーム(FIB)を用いて作製し、高分解能透過電子顕微鏡(HRTEM)及び走査透過電子顕微鏡(STEM)観察を行った。

#### 4. 酸化膜の力学的性質の評価

構造計算で用いる材料の力学物性値取得を目的として、Ti 合金、酸化膜被覆材について力学試験を行った。各層の硬さとヤング率をナノインデンテーション、バルクのヤング率を自由共振法で得た。

被膜の耐剥離性の評価を密着性試験(図 5)にて行った。試験後の試料は、SEM-EDS にて破面観察を行い、局所的な剥離に対する耐剥離性の合金組成並びに皮膜厚さとの関係を得た。

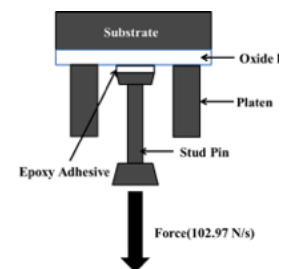


図 5 剥離試験模式図

#### 5. 材料因子と形状因子の寄与度の検討

高い耐剥離性を示す膜厚と界面組織を形成する組成と、高い剥離強度を示す構造モデルとの比較を行う。実験結果は FEA 構造モデルにフィードバックし、剥離試験結果との整合性を検討し、被膜の耐剥離性を最大化する酸化物/合金材料の構造について考察した。

### 4. 研究成果

#### 複合材構造の熱応力計算と有限要素法解析による膜厚最適化

数値解析は ANSYS Academic (ANSYS Inc.) を用いた。試料サイズは 0.5 mm × 0.5 mm × 0.05 mm, 基板と酸化膜界面の中間層の接合方法は一体型とし、要素タイプは四面体 4 節点、材料モデルは線形等方性を用いた。モデル図を図 3 に示す。図の斜線部分に圧力 100 N/m<sup>2</sup> を印加することで

実際の密着性試験を模した。荷重の一方は引張方向である。拘束条件は A 面が Z 方向, B 面が X 方向, 底面が Y 方向とし, Ti-20Nb 合金基板のヤング率  $E$  は 80 GPa, ポアソン比  $\nu = 0.34$  とした。また, 酸化膜の  $E$  はナノインデント実測値から 194 GPa を得た。ポアソン比は文献値から  $\nu = 0.24$  とした。

また, 中間層挿入による酸化膜/基板界面の構造力学変数の連続性の耐剥離性に及ぼす効果を検証するため, 中間層の  $E$  及び  $\nu$  を連続的に傾斜させた。中間層の  $E$  及び  $\nu$  の基板:酸化膜比を図 6 に示す。界面の連続性の解析は全膜厚を 15  $\mu\text{m}$ , 中間層厚を 1 層当たり 2.4  $\mu\text{m}$ , 中間層数を 0~5 枚, メッシュサイズを  $2.3 \times 10^{-2}$  mm とした。すなわち, 中間層挿入による界面の力学変数の傾斜が緩やかになるに伴い, 中間層の総厚も増加する点は注意が必要である。これは, ソフトウェアのノード総数制限によりやむを得ない設定である。次に, 中間層厚についての解析は酸化膜厚を 15  $\mu\text{m}$ , 中間層厚を 1.5  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$ , 2.4  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$ , 4  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$ , メッシュサイズ 1.75  $\times 10^{-2}$  mm とした。最後に, 膜厚依存性についての解析は中間層数を 1 枚, 中間層厚を 3  $\mu\text{m}$ , 全膜厚を 6  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$ , 15  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$ , 30  $\mu\text{m}$ , 40  $\mu\text{m}$ , メッシュサイズを  $1.9 \times 10^{-2}$  mm とした。

ここで, 相当応力とは「材料に蓄えられるせん断ひずみエネルギーが限界値に達すると破損が生じる」とするせん断ひずみエネルギー説に基づいた破損基準で, 以下の式で表される。

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\frac{1}{2} \{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\}}$$

- $\sigma_{eqv}$  ... 相当応力
- $\sigma_1$  ... 第1主応力
- $\sigma_2$  ... 第2主応力
- $\sigma_3$  ... 第3主応力

延性材料の場合, 相当応力は一軸引張りの降伏応力と同値である。そこで, 本研究の解析では, 酸化膜または基板の降伏は剥離強度に相当とし, モデルの延性材料と脆性材料の界面付近の相当応力は剥離強度と同値とした。

### 界面の連続性と剥離強度

図 7 に解析で得られた相当応力と中間層数の関係を示す。中間層数 0 枚の時, 相当応力が最も高い値を示した。これは, 基板と酸化膜が直接接合することで解析モデルが直列型の複合材料になり, 低ヤング率, 高ポアソンの材料と高ヤング率, 低ポアソン比の材料が接合されたことで界面の変形拘束が有効に働き, 複合ヤング率が増加して変形量が減少したことで層間のポアソン比の差から生じる変形拘束の影響が低下し, 相当応力が向上したと考えられる。また, 中間層数 1~5 枚での相当応力の上昇は各層間のポアソン比差の減少により, 変形拘束が緩和されたためである。

### 中間層厚さと剥離強度

図 10 に中間層厚と相当応力の関係を示す。中間層厚が 2  $\mu\text{m}$  の時, 最大値 79.1 MPa を示した。その後, 中間層厚が 2  $\mu\text{m}$ ~3  $\mu\text{m}$  と増加するのに伴い, 相当応力が減少した。また, 中間層厚 3  $\mu\text{m}$ ~5  $\mu\text{m}$  にかけて相当応力はほぼ一定の値を示した。高温酸化した Ti-Nb 合金の透過型電子顕微鏡(TEM)の観察結果から得られた微細粒層を中間層とし, その厚さを測定したところ, Ti-13Nb で 1.45  $\mu\text{m}$ , Ti-20Nb で 1.86  $\mu\text{m}$ , Ti-30Nb で 3.21  $\mu\text{m}$  だった。この値を先行研究で報告された剥離強度

の実測値と Nb 添加量の関係 (Y. Ogawa, E. Miura-Fujiwara, Mater. Trans. 60(10), pp. 2204-2212, (2019) ) と, 計算結果と比較すると中間層厚 1~3  $\mu\text{m}$  の傾向が定性的に一致した。このことが

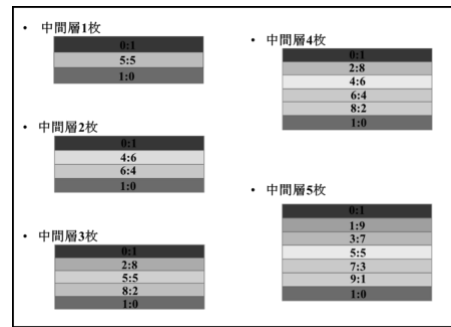


図 6 物性値(基板:酸化膜)の傾斜中間相モデル

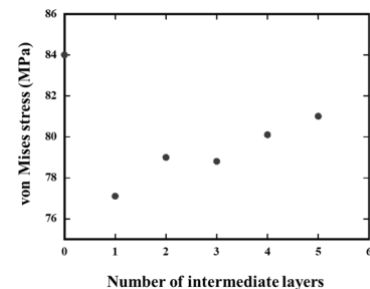


図 7 傾斜中間層の数と von Mises 応力の関係

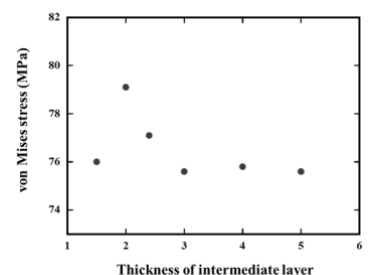


図 8 傾斜中間層厚さと von Mises 応力の関係

ら、Ti-Nb 合金における剥離強度の Nb 組成依存性は、微細酸化層を含む中間相の厚さ変化によると示唆される。

### 剥離強度の膜厚依存性

図 9 に解析で得られた膜厚と相当応力の関係を示す。膜厚の増加に伴い、相当応力は減少した。また、図 10 に本研究で得られた剥離強度と膜厚の実測値の関係を示す。図 10 では膜厚 10  $\mu\text{m}$  を超えると剥離強度の実測値は増加した。即ち、膜厚増加に対し計算結果と実測値では逆の傾向を示す。これらの結果は、5  $\mu\text{m}$  以上の膜厚における耐剥離性においては、膜厚増加による構造力学因子が耐剥離性に与える影響は小さい、すなわち、機械的特性が異なる基板と酸化膜の接合界面応力よりも、緻密で強固な酸化膜自体の力学特性によって決定されることを示唆している。特に、5 ~ 10  $\mu\text{m}$  の膜厚側では実測の剥離強度は著しく低く、両相の格子整合性や格子体積差により発生する界面応力が剥離強度を決定因子であると考えられる。

ここで、先行研究(Y. Ogawa, E. Miura-Fujiwara, Mater. Trans. 60(10), pp. 2204-2212, (2019))より、図 11 に Ti-Nb 合金の酸化膜の Nb 濃度依存性と図 12 に酸化膜厚の Nb 濃度依存性を示す。10 mol% を超える辺りから、Nb 濃度の増加に伴い膜厚は単調に増加する一方、剥離強度は 17 mol% 付近まで徐々に上昇したのち、20 mol% で一気に上昇し、その後は徐々に下降する。Ti-Nb 合金において、高温酸化相が  $\text{TiO}_2$  単相から  $\text{TiO}_2$  と  $\text{TiNb}_2\text{O}_7$  の二相に変化するのが 13 mol% Nb 付近であり、酸化膜の緻密化もその辺りから起こる。図 9 の von Mises 応力の膜厚依存性は、図 11 の 20Nb ~ 35Nb の挙動と定性的によく対応している。

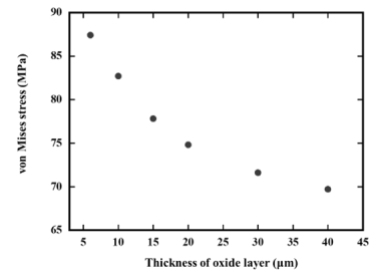


図 9 酸化膜厚さと von Mises 応力の関係

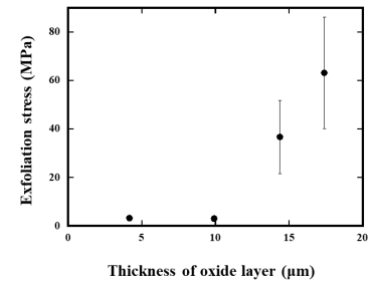


図 10 Ti-20Nb における酸化膜厚と剥離強度の実測値

### 基板/酸化膜の剥離強度の決定因子

以上、Ti-Nb 合金酸化膜における実測パラメータと文献値を用い、 $E$  と  $\nu$  を傾斜させた中間相を挿入した Ti-Nb の酸化膜/合金基板界面モデルおよび膜厚のみ変化させたモデルについて、von Mises 応力への中間相や膜厚の影響を調査し、実測値と比較した。その結果、傾斜中間層の挿入は剥離強度を上昇させ、また厚さ 2  $\mu\text{m}$  程度の時に最大となった。これは Ti-20Nb 合金や Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr 合金の酸化膜における中間相厚さとほぼ一致しており、力学的な界面傾斜層の存在が、膜の耐剥離性に寄与することを示している。また、中間相の無い界面における計算結果では、膜厚の増加は von Mises 応力を低下させる結果となっており、20 mol% Nb 以上の Ti-Nb 合金では実際に膜厚の増加に伴い剥離強度が下降した。これらの結果を併から、Ti-Nb 合金の高温酸化反応界面で形成される 2 ~ 3  $\mu\text{m}$  界面反応層が力学特性傾斜中間相として作用し、酸化膜/基板の耐剥離性を向上する効果があると共に、膜厚の 20  $\mu\text{m}$  以上の肥厚化でその効果は減少する事が明らかとなった。

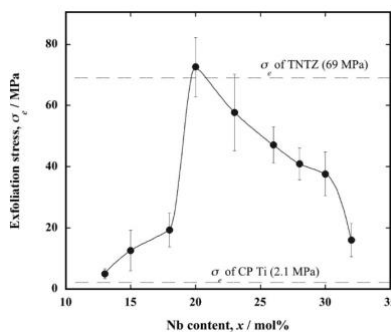


図 11 剥離強度と Nb 濃度の実測値

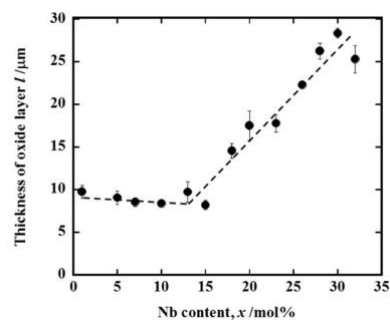


図 12 酸化膜厚の Nb 濃度依存性

共に Y. Ogawa, E. Miura-Fujiwara, Mater. Trans. 60(10), pp. 2204-2212, (2019)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Miura-Fujiwara Eri, Yamada Soichiro, Mizushima Keisuke, Nishijima Masahiko, Watanabe Yoshimi, Kasuga Toshihiro, Niinomi Mitsuo	4. 巻 14
2. 論文標題 Exfoliation Resistance, Microstructure, and Oxide Formation Mechanisms of the White Oxide Layer on CP Ti and Ti/Nb-Ta-Zr Alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 6599 ~ 6599
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ma14216599	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 Arcas Ramon, Koshino Yuuki, Mas-Marz Elena, Tsuji Ryuki, Masutani Hideaki, Miura-Fujiwara Eri, Haruyama Yuichi, Nakashima Seiji, Ito Seigo, Fabregat-Santiago Francisco	4. 巻 5
2. 論文標題 Pencil graphite rods decorated with nickel and nickel-iron as low-cost oxygen evolution reaction electrodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 3929 ~ 3938
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D1SE00351H	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 三浦永理, 菊池丈幸, 小林郁夫	4. 巻 58
2. 論文標題 SPS法によるTi/b-TCP複合材作製の課題と粉末のカスタマイズによる焼結性改善へのアプローチ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 粉体工学会誌	6. 最初と最後の頁 604-612
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 Naoki Nishimura, Eri Miura-Fujiwara, Tohru Yamasaki	4. 巻 1016
2. 論文標題 Effects of Nb Content and Heat Treatment on Fretting Wear Behavior of Ti-Nb Alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 1846-1850
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 E. Miura-Fujiwara, Y. Ogawa, Mitsuo, Niinomi, Tohru Yamasaki	4. 巻 321
2. 論文標題 Effect of Nb addition on high-temperature oxidation behavior, oxide layer structure, and its exfoliation resistance of Ti-Nb Alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 5018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/mateconf/202032105018	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 Taro Kuratani, Eri Miura-Fujiwara, Tohru Yamasaki	4. 巻 1016
2. 論文標題 Evaluation of Color Tone and Exfoliation Resistance of Porcelain-Firing Ti with White Oxide Coating as an Opaque Layer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 1841-1845
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1841	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 Naoki Nishimura, Eri Miura-Fujiwara, Tohru Yamasaki	4. 巻 1016
2. 論文標題 Effects of Nb Content and Heat Treatment on Fretting Wear Behavior of Ti-Nb Alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 1846-1850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1846	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11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Eri Miura-Fujiwara, Harada Kohki, Ogawa Yuya
2. 発表標題 Effect of Nb and Ta addition on oxide layer microstructure and exfoliation resistance on Ti-Nb, Ti-Ta alloy
3. 学会等名 Thermec2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taro Kuratani, Eri Miura-Fujiwara, Tohru Yamasaki
2. 発表標題 Evaluation of colour tone and exfoliation resistance of porcelain-firing Ti with white oxide coating as an opaque layer
3. 学会等名 Thermec2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Nishimura, Eri Miura-Fujiwara, Tohru Yamasaki
2. 発表標題 Effects of Nb content and Heat Treatment on Fretting Wear Behavior of Ti-Nb Alloys
3. 学会等名 Thermec2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田 峻也, 三浦 永理
2. 発表標題 Ni-Ti合金へのPEO被膜成膜条件探査
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原 悠真, 三浦 永理, 大津 直史, 新家 光雄
2. 発表標題 TiZr合金への陽極酸化被膜形成に及ぼす電解液種類と濃度の影響
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期講演大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 大木 弘樹, 三浦 永理, 三木 寛之
2. 発表標題 圧縮せん断法によるTi/Mg複合材料の創製と組織観察
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川西 潤, 三浦永理, 永瀬丈嗣, 竹内 章, 柳谷彰彦, 山崎 徹, 水内 潔, 今木辰彦
2. 発表標題 国産EBM 装置により作製したTi-6Al-4V 合金積層造形体の凝固組織
3. 学会等名 第178回鋳造工学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 蔵谷太郎, 三浦永理, 山崎徹
2. 発表標題 高温酸化によるTi白色化技術を応用した陶材焼付歯冠の試作と評価
3. 学会等名 日本金属学会2020秋期(第167回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本知樹, 三浦永理, 山崎徹, 新家光雄
2. 発表標題 歯科矯正用TNTZワイヤーの力学特性と加工組織に及ぼす伸線加工の影響
3. 学会等名 日本金属学会2020秋期(第167回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松原悠真, 三浦永理, 大津直史, 新家光雄, 山崎徹
2. 発表標題 TiZr合金への陽極酸化被膜形成に及ぼす電解液濃度の影響
3. 学会等名 日本金属学会2020秋期(第167回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Eri Miura-Fujiwara, Kyohei Uchida, Naofumi Ohtsu, Mitsuo Niinomi
2. 発表標題 PEO layer formation and its microstructure of Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr alloys
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress (WBC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<a href="https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/emiura/index.html">https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/emiura/index.html</a> 三浦のページ <a href="https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/emiura/index.html">https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/emiura/index.html</a>
--

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

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
---------	---------