

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05139

研究課題名(和文) 高酸素含有生体用 型チタン合金の力学的特異現象と構成元素との相互作用の解明

研究課題名(英文) Clarification of interaction between peculiar mechanical phenomena and constitutional elements in biomedical beta-type titanium alloy with high oxygen content

研究代表者

新家 光雄(Niinomi, Mitsuo)

名城大学・理工学部・特任教授

研究者番号：50126942

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)：Ti-42Nb-xO合金では、高酸素濃度においても、伸びが15%と良好で、引張り強さが850 MPa以上となることを示した。また、この合金系合金では、高酸素濃度(0.7 mass%)となると降伏現象が発現することを認めた。これは、TNTZ合金で高酸素濃度になると同様な現象が発現する特異現象の1つである。高酸素含有量TNTZ合金でのみ観察された降伏点が、高温あるいは高歪速度での引張り試験で不明瞭となることを明らかにした。よって、上記降伏点現象は、転位の固溶酸素による固着により生じていると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高酸素濃度Ti-Nb合金にて高強度・高延性が得られることを見出したことは、低コストで生体為害性の指摘が無く、かつ地球上に豊富に存在する酸素を合金元素に用いた高強度・高延性低コストチタン合金の開発に繋がり、チタン合金の高コスト化が可能でチタン合金の汎用性に貢献できる。また、高濃度酸素TNTZ合金で発現する特異現象の一つである降伏点現象が酸素と転位との相互作用であることを明確化したことは、学術的意義が高く、さらにはチタン合金における転位と酸素との相互作用を制御することで高強度・高延性チタン合金の開発が可能であることを示唆している。

研究成果の概要(英文)：The Ti-42Nb-xO alloy showed a good elongation of 15% and a tensile strength of over 850 MPa even at high oxygen concentrations. In addition, it was confirmed that the yield phenomenon occurs in this alloy system alloy when the oxygen concentration becomes high (0.7 mass%). This is one of the peculiar phenomena in which a similar phenomenon occurs in the TNTZ alloy when the oxygen concentration becomes high. It was found that the yield point observed only in high oxygen content TNTZ alloys became obscured in tensile tests at high temperature and high strain rate. Therefore, it is considered that the yield point phenomenon is caused by fixation of dislocations by solid solution oxygen.

研究分野：生体材料学

キーワード：型チタン合金 酸素 力学的特性 強度 延性 ヤング率

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

生体用として開発された準安定  $\beta$  型チタン合金である Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr 合金(TNTZ 合金)では、高酸素添加により高強度・高延性となる特異現象および明瞭な降伏現象が生じる。その場合、特に高延性となるメカニズムについては、酸素に関連する原子集合が形成されそれが多重すべりを誘発するとの仮説に至った。しかし、酸素のみの役割ではなく TNTZ を構成する他の元素(Nb、Ta、Zr)との相互作用があってこそ上記特異現象が発生すると考えられる。上記の特異現象のメカニズムを解明することで、これまでチタン合金では不純物元素とされてきた酸素を利用したチタン合金のさらなる高強度・高延性化が期待される。

### 2. 研究の目的

まずは、Ti-xNb, -xTa あるいは-xZr(x: mass%)の各 2 元系合金、さらには構成元素(Nb、Ta、Zr)の組み合わせを 3 元系から 4 元系へと変化させた各合金の酸素添加量を広範囲(無添加~0.8 mass%)に変化させた場合の変形挙動を試験片表面の変形帯および内部の微細観察から明らかとすることを目的とし、さらに高濃度酸素添加における酸素と構成元素との相度作用を解明し、高酸素添加による高強度・高延性化および降伏現象出現のメカニズムを明らかとし、同メカニズムの他合金系への汎用性を確認することを最終目的とした。

### 3. 研究の方法

TNTZ 合金の酸素量を最大 0.7 mass%の高濃度まで変化させた合金、Ti-Nb 二元系合金の Nb 含有量を 38 および 42 mass%に固定し、それらに酸素(O)を種々変化させた合金、Ti-xNb-yZr (x および y は mass%) 合金を浮揚溶解装置(CCLM)あるいはトリアーク溶解装置により製造し、熱間鍛造および熱間圧延により各合金板材を作製し、引張り試験片を作製した。なお、Ti-Ta 合金あるいは Ti-Nb-Ta 含有合金に関しては、Ta を均一に固溶させることが困難であることとこれまでの研究においてその影響が少ないと考えられたことから作成を中止した。各合金に関し、室温にて一定の歪速度にて引張り試験を行い、機械的性質を評価した。さらに酸素含有量を変化させた TNTZ 合金については、室温での歪速度を変化させた場合および室温を基準に低温および高温と温度を変化させた場合の引張り試験を行った。各引張り試験片の試験前後での試験片内部のミクロ組織につき光学顕微鏡観察や透過電子顕微鏡観察を行った。さらに、引張り試験後や試験途中での引張り試験片表面の変化につき光学顕微鏡観察を行った。

### 4. 研究成果

初年度では、Ti-Nb 二元系合金の Nb 含有量を 38 および 42 mass%に固定し、それらに酸素(O)を種々変化させた Ti-38Nb-xO(x=0.13, 0.24, 0.46, 0.56, 0.63, 0.74, 1.06)合金 (mass%) および Ti-42Nb-xO(x=0.08, 0.12, 0.18, 0.41, 0.70)合金 (mass%) を作製し、力学的特性を調査した。特に、Ti-42Nb 合金では、酸素量の増加に伴い強度が上昇するが、延性は低酸素量で一旦低下するがそれ以上の酸素量では酸素量の増加に伴い延性が増大する傾向となった。これは、Ti-29Nb13Ta-4.6Zr(TNTZ)合金 (mass%) で酸素量の増大に伴う強度および延性の特異な傾向と一致する。このことから、Ti-Nb 二元系合金においても TNTZ 合金の場合の酸素量に対する強度および延性の関係における特異現象が生じることがわかった。次年度では、Ti-42Nb 合金での高酸素濃度における上記特異現象が再確認できなかったが、Ti-42Nb-xO 合金では、高酸素濃度においても、伸びが 15%と良好で、強度が 850 MPa 以上となった。また、この合金系合金では、高酸素濃度となると降伏現象が発現することを認めた。これは、

TNTZ 合金で高酸素濃度になると同様な現象が発現する特異現象の 1 つである。最終年度では、高酸素含有量 ( 0,7 mass% ) TNTZ 合金でのみ観察された降伏現象が、高温あるいは高歪速度での引張り試験で不明瞭となることを明らかとした。したがって、高酸素含有量での降伏点 現象は、転位の固溶酸素による固着により生じていると考えられる。すなわち、高濃度酸素含有量である TNTZ 合金での機械的性質の特異現象の一つである降伏点が現れる現象の間接的な解明に至った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 22件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Q. Li, C. Cheng, J. Li, K. Zhang, K. Zhou, M. Nakai Masaaki, M. Niinomi, K. Yamanaka, D. Wei, A. Chiba and T. Nakano	4. 巻 29
2. 論文標題 Low Young 's Modulus and High Strength Obtained in Ti-Nb-Zr-Cr Alloys by Optimizing Zr Content	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Engineering and Performance	6. 最初と最後の頁 2871 ~ 2878
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11665-020-04826-6	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 Q. Li, R. Zhang, J. Li, Q. Qi, X. Liu, M. Nakai Masaaki, M. Niinomi and T. Nakano	4. 巻 29
2. 論文標題 Microstructure, Mechanical Properties, and Springback of Ti-Nb Alloys Modified by Mo Addition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Engineering and Performance	6. 最初と最後の頁 5366 ~ 5373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11665-020-05000-8	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 仲井正昭、新家光雄	4. 巻 59
2. 論文標題 型Ti-Nb基合金の低ヤング率化の要因と医療応用研究の現状	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 588-593
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 A.-H. Gepreel and M. Niinomi	4. 巻 1016
2. 論文標題 Effect of Thermomechanical Treatments on the Mechanical Properties of New Low cost Ti-Fe-Nb-Zr Alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 465-469
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 M. Zarka, B. Dikici, M. Niinomi, K. V. Ezirmik, M. Nakai and H. Yilmazer	4. 巻 183
2. 論文標題 A Systematic Study of -type Ti-based PVD Coatings on Magnesium for Biomedical Application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Vacuum	6. 最初と最後の頁 109850 ~ 109850
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 Method, Gunawarman, I. H. Mulyadi, Z. Arif, N. F. Nuswanto, J. Affi and M. Niinomi	4. 巻 1041
2. 論文標題 Effect of Particle Size on Adhesion Strength of Bovine Hydroxyapatite Layer on T-12Cr Coated by using Electrophoretic Deposition (EPD) Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1041/1/012054	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 該当する

1. 著者名 N. F. Nuswanto, M. Manjas, N. Suharti, D. Juliadmi, H. Fajri, D. H. Tjong, J. Affi, Gunawarman and M. Niinomi	4. 巻 47
2. 論文標題 Hydroxyapatite Coating on Titanium Alloy TNTZ for Increasing Osseointegration and Reducing Inflammatory Response in vivo on Rattus Norvegicus Wistar Rats	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 16094-16100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2021.02.184	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 N. F. Nuswanto, M. Manjas, N. Suharti, D. Juliadmi, H. Fajri, D. H. Tjong, J. Affi, Gunawarman and M. Niinomi	4. 巻 30
2. 論文標題 Influence of Sintering Temperature on Mechanical Properties of Ti-Nb-Zr-Fe Alloys Prepared by Spark Plasma Sintering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Materials Engineering and Performance	6. 最初と最後の頁 5719-5727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2021.02.184	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 Q. Li, J. Yang, J. Li, R. Zhang, M. Nakai, M. Niinomi, and T. Nakano	4. 巻 62
2. 論文標題 Preparation and Antibacterial Property of Cu-doped Biomedical Coating on Ti Surface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Trans.	6. 最初と最後の頁 1052-1053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2021005	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 M. Zarka, B. Dikici, M. Niinomi, K. V. Ezimik, M. Nakai and M. Kaseem.	4. 巻 183
2. 論文標題 The Ti <sub>3.6</sub> Nb <sub>1.0</sub> Ta <sub>0.2</sub> Zr <sub>0.2</sub> Coatings of Anodized Aluminum by PVD: A Potential Candidate for Short-time Biomedical Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Vacuum	6. 最初と最後の頁 110450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.vacuum.2021.110450	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 E. Miura-Fujiwara, S. Yamada, K. Mizushima, M. Nishijima, Y. Watanabe, T. Kasuga and M. Niinomi	4. 巻 14
2. 論文標題 Exfoliation Resistance, Microstructure, and Oxide Formation Mechanisms of 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
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14216599E	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 R. Wang, L. Wang, X. Song, Y. Liu and M. Niinomi.	4. 巻 182
2. 論文標題 Phenomenological Law and Process of Phase Evolution in a -type Bio-titanium Alloy TNTZ during Aging	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Characterization	6. 最初と最後の頁 111576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matchar.2021.111576	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 新家光雄	4. 巻 60
2. 論文標題 力学的生体適合性金属系バイオマテリアルのさらなる展開	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 273-280
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 新家光雄	4. 巻 71
2. 論文標題 133. 軽金属学会でのチタン	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 軽金属	6. 最初と最後の頁 517
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 -

1. 著者名 Q. Li, F. Li, J. Li, Z. Gao, K. Zhang, M. Niinomi and T. Nakano	4. 巻 31
2. 論文標題 Microstructure, Mechanical Properties, and Cytotoxicity of $\beta$ -Type Ti-Nb-Cr Alloys Designed by Electron Parameter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Engineering and Performance	6. 最初と最後の頁 4624 ~ 4630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11665-022-06586-x	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 Q. Li, T. Liu, J. Li, C. Cheng, M. Niinomi, K. Yamanaka, A. Chiba and T. Nakano	4. 巻 57
2. 論文標題 Microstructure, Mechanical Properties, and Cytotoxicity of Low Young's Modulus Ti-Nb-Fe-Sn alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science	6. 最初と最後の頁 5634 ~ 5644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-022-06984-5	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 Q. Li, H. Qi, J. Li, Q. He, M. Nakai, K. Zhang, M. Niinomi and T. Nakano.	4. 巻 32
2. 論文標題 Microstructure and Mechanical Characteristics of Ti-Nb-Fe-Zr Alloys with High Strength and Low Young's Modulus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of Nonferrous Metals Society of China	6. 最初と最後の頁 503-512
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 O. Yigit, B. Dikici, M. Kaseem, M. Nakai and M. Niinomi	4. 巻 37
2. 論文標題 Facile Formation with HA/Sr-GO-based Composite Coatings via Green Hydrothermal Treatment on type TiNbTaZr Alloys: Morphological and Electrochemical Insights	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Research	6. 最初と最後の頁 2512 ~ 2524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/s43578-021-00470-5	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 H. Song, J. Li, J. Yang, R. Zhang, M. Niinomi and T. Nakano	4. 巻 63
2. 論文標題 Antibacterial Properties and Biocompatibility Hydroxyapatite Coating Doped with Various Cu Contents on Titanium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mater. Trans.	6. 最初と最後の頁 1072-1079
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 Zuldesmi, A. Suwandi, J. Charles, Gunawarman, M. Niinomi and T. Akahori	4. 巻 96
2. 論文標題 The Influence of Thermal Oxidation on Hardness and Microstructure of Beta-type Titanium alloy Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr (TNTZ)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences	6. 最初と最後の頁 127-136,
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 S. Anderson, J. Affi, Y. Yetri, Gunawarman, M. Niinomi and T. Akahori.	4. 巻 49
2. 論文標題 Improving the Corrosion Resistance of TNTZ in Hanks' Solution after Thermomechanical Treatment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hunan University (Natural Sciences)	6. 最初と最後の頁 96-109
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 J. Yang, Q. Li, J. Li, J. Yang, R. Zhang, M. Niinomi and T. Nakano	4. 巻 63
2. 論文標題 Antibacterial Cu-Doped HA/TiO <sub>2</sub> Bioactive Ceramic Composite Coating with Enhanced Adhesion on Pure Ti	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Engineering and Performance	6. 最初と最後の頁 1072-1079
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11665-022-07541-6	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 M. Nakai, K. Narita, K. Kobayashi, K. Sasagawa, M. Niinomi and K. Hasegawa	4. 巻 64
2. 論文標題 Concept and Fabrication of Beta-type Titanium Alloy Rod with Parts Possessing Different Young's Moduli for Spinal Fixation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Mater. Trans.	6. 最初と最後の頁 147 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MLA2022019	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 X. Zhao, R. Zhu, W. Song, L. Meng, M. Niinomi, T. Nakano, N. Jia and D. Zhang	4. 巻 952
2. 論文標題 A Strategy to Regulate the Yield Ratio of a Metastable High Zr-containing Titanium alloy: Synergistic Effects of the Domain, Stability and / Interfaces by Varying the Phase Content	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 170024 ~ 170024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2023.170024	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 K. Aslantas, B. Demirb, A. S. Guldibi, M. Niinomi and B. Dikici.	4. 巻 92
2. 論文標題 A Comparatively Study on Machinability of -type Novel Ti29Nb13Ta4.6Zr (TNTZ) Biomedical Alloys under Micro-milling Operation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Manufacturing Processes	6. 最初と最後の頁 135-146
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13件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 劉 恢弘、藤井 英俊、新家 光雄、陳鵬、埜 隆夫
2. 発表標題 生体用途を指向したチタン合金とステンレス鋼における高品質摩擦圧接継手の作製
3. 学会等名 学際・国際的の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第 5 回公開討論会
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 TNTZ合金への陽極酸化被膜形成に及ぼす電解液濃度のワイヤーの影響
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本知樹、三浦永理、新家光雄、山崎 徹
2. 発表標題 歯科矯正用TNTZワイヤーの疲労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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 型チタン合金の高力学的機能化の変遷
3. 学会等名 日本チタン協会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 高力学的生体適合性金属系バイオマテリアルのさらなる展開
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 チタン・チタン合金の力学特性
3. 学会等名 日本チタン学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原悠真、美浦永理、大津直史、新家光雄
2. 発表標題 TNTZ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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 日本チタン学会とチタンの将来展望
3. 学会等名 レアメタル研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 チタン合金の高機能化のための基礎技術
3. 学会等名 軽金属学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Niinomi and M. Nakai
2. 発表標題 Young ' s Modulus Self-adjustable Beta-type Titanium Alloys for Spinal Fixation Devices,
3. 学会等名 Thermec ' 2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 型チタン合金の高力学的機能化の変遷
3. 学会等名 日本チタン協会 研究者・技術者 研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 高力学的生体適合性金属系バイオマテリアルのさらなる展開
3. 学会等名 日本金属学会2021年春季講演（第168回）大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新家光雄
2. 発表標題 チタン合金の高機能化のための基礎技術，創立70周年記念事業 第122回シンポジウム 「最近のチタン材料技術と製品への応用」～さまざまな分野で活躍が期待されるチタン～
3. 学会等名 軽金属学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 R. B. Heimann, M. Niinomi	4. 発行年 2020年
2. 出版社 De Gruyter	5. 総ページ数 635
3. 書名 Materials for Medical Application	

1. 著者名 M. Niinomi	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 462
3. 書名 Structural Biomaterials	

1. 著者名 新家光雄、池田勝彦、成島尚之、中野貴由、細田秀樹	4. 発行年 2023年
2. 出版社 内田老鶴園	5. 総ページ数 442
3. 書名 チタンの基礎と応用	

〔産業財産権〕

〔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	赤堀 俊和  (Akahori Toshikazu)  (00324492)	名城大学・理工学部・准教授   (33919)	

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			
中国	上海理工	CAS	東北大学	
インドネシア	Andalas University			
中国	上海理工大学	CAS		
トルコ	Ataturk University	Yildiz Technical University		