

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03414

研究課題名(和文) bcc系Ti合金において発現する“室温時効に伴う”特異な相変態および力学特性変化

研究課題名(英文) Peculiar phase transformation and change in mechanical properties during room-temperature aging in bcc Ti alloys

研究代表者

多根 正和 (Tane, Masakazu)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：80379099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：室温時効に伴う弾性率増加を引き起こすDiffuse 構造の形成が、室温近傍での時効によって無拡散で等温的に変態が生じる無拡散等温 変態と名付けた新たな相転移によって引き起こされていることを明らかにした。さらに、無拡散等温 変態の相転移速度が相転移の素過程に対応する動的な原子面のつぶれと 相の核生成に起因した2種類の熱活性化過程に支配されていることを明らかにした。加えて、無拡散等温 変態は室温近傍で凍結された凍結合金組成ゆらぎによって引き起こされる局所的な相転移であることを解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来から知られている拡散型の等温(熱的) 変態および無拡散の非熱的(非等温) 変態とは異なり、室温近傍での時効によって無拡散で時々刻々と変態が乗じる「無拡散等温 変態」と名付けた新たな相転移を発見した。さらに、無拡散等温 変態は、熱ゆらぎによって生じる統計的な合金組成のゆらぎが室温で凍結された凍結合金組成ゆらぎによって引き起こされる特異な相転移であることも明らかにした。加えて、無拡散等温 変態の変態速度における熱活性化過程の詳細を明らかにした。すなわち、本研究成果の最も重要な学術的意義は、新たな相転移を発見し、その相転移のメカニズム(相転移の熱力学と速度論)を解明したことである。

研究成果の概要(英文)：It was clarified that the formation of diffuse structures during aging near room temperature, which leads to an increase in elastic modulus with the aging, is caused by a diffusionless isothermal transformation, which is a new type of transformation. Furthermore, it was found that the transformation rate of the diffusionless isothermal transformation is dominated by two activation processes: a dynamical collapse of {111} atomic plane pairs, corresponding to the elementary process of the phase transition, and a nucleation process of phase. In addition, it was clarified that the diffusionless isothermal transformation is a peculiar local phase transition, caused by quenched-in statistical compositional fluctuations.

研究分野：弾性論、相転移、マイクロメカニクス

キーワード：相転移 弾性論 チタン合金

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生体材料・構造材料として近年注目されている準安定な bcc 系 Ti(チタン)合金にて形成される六方晶構造の  $\omega$  相は、本来は避けるべき脆化および弾性率増加を引き起こすため、その形成メカニズムと力学特性との相関関係に対する理解が、材料開発に不可欠である。最近、研究代表者は、低弾性率化のために bcc 構造の安定性を低下させた生体用 Ti-Nb-Ta-Zr 合金において、室温時効に伴って  $\omega$  相の前駆構造であるとされている Diffuse  $\omega$  構造が形成され、弾性率が増加する [1] という特異現象を発見した。しかし、室温時効に伴う Diffuse  $\omega$  構造の形成および弾性率増加は、無拡散で観測不可能なほど瞬時に変態が生じる従来の非熱的(非等温)  $\omega$  変態および溶質原子の拡散を伴って時々刻々と変態が生じる熱的(等温)  $\omega$  変態のための  $\omega$  変態理論 [2] を用いて説明することが不可能である。

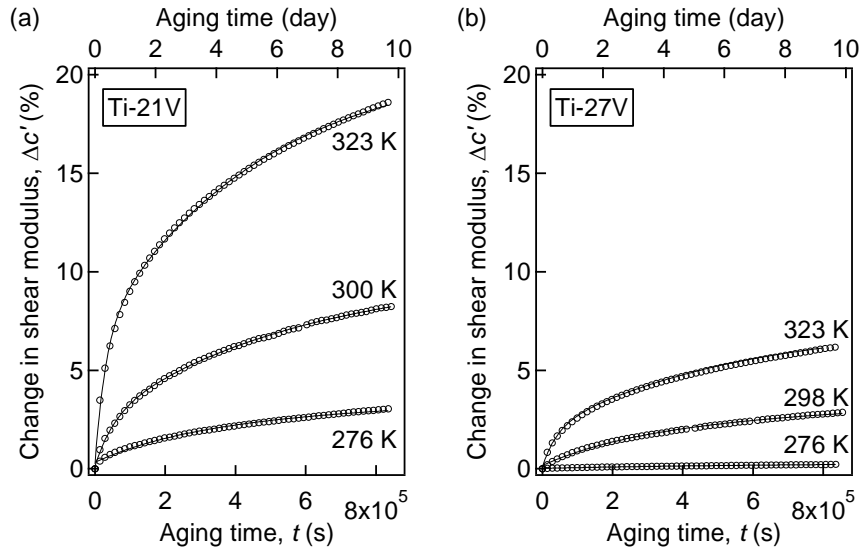


図1 (a) 276、300 および 323 K での時効に伴う Ti-21V 合金単結晶におけるせん断弾性率  $c'$  の変化。(b) 276、298 および 323 K での時効に伴う Ti-27V 合金単結晶におけるせん断弾性率  $c'$  の変化。Reprinted with permission from Ref. [3]. Copyright (2019) by the American Physical Society.

2. 研究の目的

そこで、本研究では、これまでに研究代表者が発見した室温時効に伴う Diffuse  $\omega$  構造の形成および力学特性変化の支配メカニズムを解明し、その上で室温時効に伴う Diffuse  $\omega$  構造の形成および力学特性変化と従来の  $\omega$  相変態に関する変態現象および力学特性変化を全て一貫して説明できる新規な  $\omega$  変態理論を構築することを目的とする。

3. 研究の方法

まず、アーク溶解法により、bcc 安定化元素濃度である V 濃度の異なる Ti-21V および Ti-27V (at.%) の母合金を作製した。次に、光学的浮遊帯域溶融法を用いて、育成速度 2.5 mm/h にてアーク溶解法によって作製した母合金の単結晶を育成した。育成した単結晶から、ラウエ法および放電加工機を用いて弾性率および内部摩擦測定に必要な全ての面が bcc 構造の {100} 面で囲まれた直方体試料を切り出した。さらに、X 線回折用の試料として底面が bcc 構造の {111} 面に平行なディスク状試料を切り出した。切り出した直方体試料およびディスク状試料に対して、bcc 単相領域である 1273 K で 1 h の溶体化処理を施し、氷水中に急冷した。

溶体化処理後(急冷後)の試料に対して、直方体試料の固有振動数から弾性率を決定する手法である超音波共鳴法と電磁超音波共鳴法を組み合わせた手法を用いて室温近傍での時効に伴う単結晶の弾性率変化を測定した。

加えて、溶体化処理後(急冷後)の Ti-21V 合金の試料に対して、室温以下の低温での内部摩擦の温度依存性を測定した。さらに、溶体化処理後(急冷後)の試料に対して、X 線回

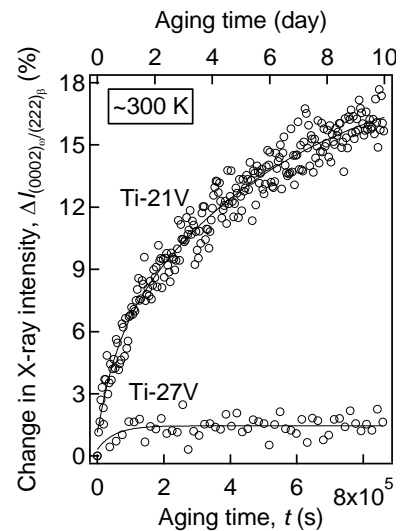


図2 室温 (~300 K) での時効に伴う Ti-21V および Ti-27V 合金における bcc 相の(222)面に対する  $\omega$  相の(0002)面の X 線回折ピークの積分強度比の変化。Reprinted with permission from Ref. [3]. Copyright (2019) by the American Physical Society.

折法を用いて、室温下での時効に伴う  $\omega$  相の形成挙動を調べた。

#### 4. 研究成果

図 1(a)に 276、300 および 323 K での時効に伴う Ti-21V 合金単結晶におけるせん断弾性率  $c'$  の増加率  $\Delta c'$  を示す [2]。せん断弾性率  $c'$  はすべての温度で時効に伴って増加する。また、せん断弾性率の増加率  $\Delta c'$  は時効温度の増加に伴って増加することがわかる。

図 1(b)に 276、298 および 323 K での時効に伴う Ti-27V 合金におけるせん断弾性率  $c'$  の増加率  $\Delta c'$  を示す。せん断弾性率の増加率  $\Delta c'$  は時効温度の低下に伴って低下し、276 K での時効においては時効に伴うせん断弾性率  $c'$  の増加はほとんど生じないことがわかる。

図 2 に室温 ( $\sim 300$  K) での時効に伴う Ti-21V および Ti-27V 合金における bcc 相の(222)面に対する  $\omega$  相の(0002)面の X 線回折ピークの積分強度比の変化を示す。Ti-21V および Ti-27V 合金の  $\omega$  相の積分強度比は時効に伴って増加することがわかる。この結果から、図 1 に示すせん断弾性率の増加は時効に伴う  $\omega$  相の形成によって引き起こされていることがわかる。また、せん断弾性率の増加率  $\Delta c'$  は時効温度の増加に伴って増加することから、 $\omega$  相の形成挙動が熱活性化過程を伴っていることがわかる。

ここで、Ti-21V 合金の非等温  $\omega$  変態温度は約 232 K であり [3,4]、構成元素の拡散の活性化エネルギーから溶質原子の拡散が生じないと考えられる 276 ~ 323 K では無拡散の非等温  $\omega$  変態は生じないことがわかる。しかし、X 線回折測定および弾性率測定の結果から、276 ~ 323 K の時効下で無拡散で等温的に  $\omega$  変態が生じていることが明らかとなった。また、Ti-27V 合金においては、低温下においても非等温  $\omega$  変態が生じないにも関わらず、298 および 323 K での時効下で  $\omega$  変態が生じていることが明らかとなった。

X 線回折測定および弾性率測定により明らかとなった巨視的(平均的)な合金組成を用いて説明が不可能な  $\omega$  変態挙動に対して、ゆらぎの熱力学理論 [3,5] を用いた解析を実施した。ゆらぎの熱力学理論を用いて計算した温度、圧力および化学ポテンシャル一定の環境下での Ti-21V 合金の 1273 K での  $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \text{ nm}^3$  の立方体領域の V 濃度ゆらぎを図 3 示す。ここで、 $c_\omega$  は非等温  $\omega$  変態温度が 300 K となる V 濃度である。1 辺が 1.5 nm の立方体のナノスケール領域では、巨視的な平均組成が Ti-21V 合金の場合においても、その V 濃度は 10 ~ 32 at.% 程度の幅広い範囲で分布して(ゆらいで)いることがわかる。1273 K での溶体化処理後に急冷処理を行った Ti-21V 合金には、図 3 の合金組成のゆらぎが室温で凍結された凍結組成ゆらぎが形成されていると考えられる。これは図 4 に模式的に示すように、実線で囲まれた巨視的には V 濃度が 19.4 at.% の Ti-V 合金においても、点線で囲まれた局所領域の V 濃度は 16.7 at.% であり、巨視的な V 濃度よりも小さくなっていることに対応する。このような凍結された合金組成のゆらぎのために、図 4 に示すように  $c_\omega$  以下の V 濃度の低い領域が高い頻度が存在するため、ナノスケールの領域において  $\omega$  変態が生じる可能性があることがわかる。実際に 323 K で 10 日間の時効処理を施した Ti-21V 合金に対して、透過型電子顕微鏡観察を行った結果、10 日間の時効後に数 nm の微細な  $\omega$  相が高密度に形成されていることが明らかとなった。このような  $\omega$  相は凍結された合金組成のゆらぎのために局所的に V 濃度が低く、bcc 構造が不安定な領域にて  $\omega$  変態が生じることによって形成されていると考えられる。これらの結果から、Ti-V 合金において、凍結された合金組成のゆらぎに起因して室温近傍での時効下で無拡散で等温的に変態が生じる無拡散等温  $\omega$  変態という従来の無拡散の非等温および拡散型の等温 変態とは異なる新たな相転移が存在することが明らかとなった。さらに、このような室温時効に伴う無拡散等温 変態によって室温時効下での弾性率増加が引き起こされていることが明らかとなった。加えて、従来から知られている Diffuse 構造は凍結された合金組成のゆらぎによって形成されるナノスケールの 相であることがわかった。

Ti-21V 合金に対して、室温以下の低温での内部摩擦の温度依存性を測定した結果、100 K 付近に  $\omega$  変態の素過程に対応した内部摩擦ピークが観測されることが明らかとなった。この内部摩擦ピークをデバイ緩和モデル

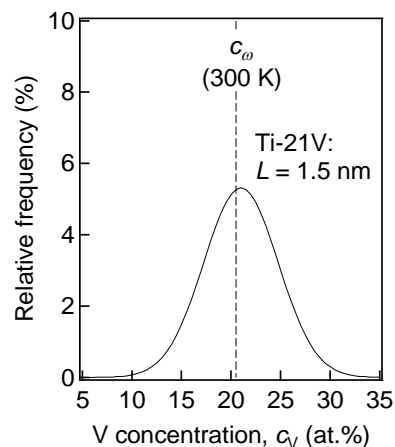


図 3 Ti-21V における 1273 K での  $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \text{ nm}^3$  の立方体領域における V 濃度のゆらぎ。 $c_\omega$  は非等温 変態温度が 300 K となる V 濃度である。Reprinted with permission from Ref. [1]. Copyright (2019) by the American Physical Society.

線回折測定および弾性率測定により明らかとなった巨視的(平均的)な合金組成を用いて説明が不可能な  $\omega$  変態挙動に対して、ゆらぎの熱力学理論 [3,5] を用いた解析を実施した。ゆらぎの熱力学理論を用いて計算した温度、圧力および化学ポテンシャル一定の環境下での Ti-21V 合金の 1273 K での  $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \text{ nm}^3$  の立方体領域の V 濃度ゆらぎを図 3 示す。ここで、 $c_\omega$  は非等温  $\omega$  変態温度が 300 K となる V 濃度である。1 辺が 1.5 nm の立方体のナノスケール領域では、巨視的な平均組成が Ti-21V 合金の場合においても、その V 濃度は 10 ~ 32 at.% 程度の幅広い範囲で分布して(ゆらいで)いることがわかる。1273 K での溶体化処理後に急冷処理を行った Ti-21V 合金には、図 3 の合金組成のゆらぎが室温で凍結された凍結組成ゆらぎが形成されていると考えられる。これは図 4 に模式的に示すように、実線で囲まれた巨視的には V 濃度が 19.4 at.% の Ti-V 合金においても、点線で囲まれた局所領域の V 濃度は 16.7 at.% であり、巨視的な V 濃度よりも小さくなっていることに対応する。このような凍結された合金組成のゆらぎのために、図 4 に示すように  $c_\omega$  以下の V 濃度の低い領域が高い頻度が存在するため、ナノスケールの領域において  $\omega$  変態が生じる可能性があることがわかる。実際に 323 K で 10 日間の時効処理を施した Ti-21V 合金に対して、透過型電子顕微鏡観察を行った結果、10 日間の時効後に数 nm の微細な  $\omega$  相が高密度に形成されていることが明らかとなった。

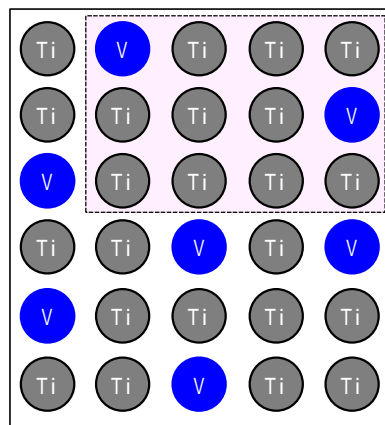


図 4 Ti-V 合金における巨視的 (平均的) な合金組成と局所的な合金組成の比較。

を用いて解析したところ、 $\omega$  変態には活性化エネルギーが 0.14 eV 程度の相転移の素過程である動的な{111}原子面対のつぶれが存在していることが明らかとなった。さらに、 $\omega$  変態の変態速度は相転移の素過程である動的な{111}原子面対のつぶれおよび  $\omega$  相の核生成という 2 種類の熱活性化過程に支配されていることが明らかとなった。加えて、無拡散の  $\omega$  変態である非等温および無拡散等温  $\omega$  変態の変態速度の差は、bcc 相と  $\omega$  相の界面エネルギー差によってもたらされる核生成の活性化エネルギー差に起因していることを示した。

< 引用文献 >

- [1] M. Tane, K. Hagihara, M. Ueda, T. Nakano, Y. Okuda, *Acta Mater.* 102 (2016) 373-384.
- [2] S.K. Sikka, Y.K. Vohra, R. Chidambaram, *Prog. Mater. Sci.* 27 (1982) 245-310.
- [3] M. Tane, H. Nishiyama, A. Umeda, N.L. Okamoto, K. Inoue, M. Luckabauer, Y. Nagai, T. Sekino, T. Nakano, T. Ichitsubo, *Phys. Rev. Materials* 3 (2019) 043604.
- [4] N.E. Paton, J.C. Williams, *Scripta Metall.* 7 (1973) 647-649.
- [5] L. Landau and E. Lifshitz, *Statistical Physics: Vol. 5: Course of Theoretical Physics* (Pergamon Press, 1968).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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. Tane, H. Nishiyama, A. Umeda, N. L. Okamoto, K. Inoue, M. Luckabauer, Y. Nagai, T. Sekino, T. Nakano, and T. Ichitsubo	4. 巻 3
2. 論文標題 Diffusionless isothermal omega transformation in titanium alloys driven by quenched-in compositional fluctuations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 43604
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevMaterials.3.043604	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 多根 正和	4. 巻 105
2. 論文標題 集合組織を有する多結晶材料のX線応力ファクターに及ぼす結晶配向度，結晶粒形状および弾性異方性の影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 1080-1089
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2019-052	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 M. Tane, H. Okuda, F. Tanaka	4. 巻 166
2. 論文標題 Nanocomposite microstructures dominating anisotropic elastic modulus in carbon fibers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 75-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.actamat.2018.12.029	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. Mayama, M. Tane, Y. Tadano	4. 巻 165
2. 論文標題 Superior energy absorption in porous magnesium: contribution of texture development triggered by intra-granular misorientations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 62-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.actamat.2018.11.037	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 多根 正和	4. 巻 56
2. 論文標題 結晶配向性を有する多結晶体の弾性率から単結晶弾性率を決定する方法の構築	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 541-545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.56.541	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 多根 正和	4. 巻 68
2. 論文標題 チタンおよびチタン合金の弾性特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 軽金属	6. 最初と最後の頁 286-293
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 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Masakazu Tane
2. 発表標題 Micromechanics-based extraction of single-crystalline elastic constants from polycrystalline samples: Application to Ti and Mg alloys
3. 学会等名 European Congress And Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 多根 正和, 岡本 範彦, 井上 耕治, Martin Luckabauer, 永井 康介, 関野 徹, 中野 貴由, 市坪 哲
2. 発表標題 凍結された合金組成ゆらぎによって引き起こされる 型チタン合金における無拡散等温 変態
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 西尾 祐輝, 多根 正和, 関野 徹, 市坪 哲
2. 発表標題 無拡散等温 変態に起因した室温時効下での弾性率増加に及ぼす酸素およびAl添加の影響
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 笠谷 周平, 岡本 範彦, 多根 正和, Martin Luckabauer, 筒井 智嗣, 市坪 哲
2. 発表標題 型Ti-V合金の低温域における弾性・擬弾性測定とX線非弾性散乱測定
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 岡本 範彦, 笠谷 周平, Martin Luckabauer, 多根 正和, 市坪 哲
2. 発表標題 無拡散等温 変態に伴う 型Ti合金の微細組織および硬度変化
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 多根 正和, 岡本 範彦, 井上 耕治, Martin Luckabauer, 永井 康介, 関野 徹, 中野 貴由, 市坪 哲
2. 発表標題 凍結された合金組成ゆらぎによって駆動される無拡散等温オメガ変態の熱・統計力学と速度論-Diffusionless isothermal omega transformation in titanium alloys driven by quenched-in compositional fluctuations
3. 学会等名 合金状態図第172委員会 第37回委員会・研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masakazu Tane, Norihiko L. Okamoto, Koji Inoue, Martin Luckabauer, Yasuyoshi Nagai, Tohru Sekino, Takayoshi Nakano, and Tetsu Ichitsubo
2. 発表標題 Diffusionless isothermal omega transformation in titanium alloys: Thermodynamics and kinetics of displacive phase transition driven by quenched-in compositional fluctuations
3. 学会等名 Summit of Materials Science 2019 and GIMRT User Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 多根 正和
2. 発表標題 微視的弾性理論の構築を基軸とした生体および構造用金属材料の弾性特性および相転移挙動の解明
3. 学会等名 日本金属学会2020年春期(第166回)講演(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masakazu Tane, Akihiro Umeda, Koji Hagihara, Masato Ueda, Takayoshi Nakano, Tohru Sekino, and Tetsu Ichitsubo
2. 発表標題 Elastic-modulus enhancement during room-temperature aging in $\alpha$ -Ti alloys
3. 学会等名 International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS Processing, Fabrication, Properties, Applications (THERMEC' 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 多根 正和, 梅田 旭洋, 関野 徹, 中野 貴由, 市坪 哲
2. 発表標題 BCC構造を不安定化した $\alpha$ 型チタン合金における室温時効下および低温域での相変態
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期(第163回)講演大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 枝松 洸来, 多根 正和, 関野 徹, 中野 貴由, 市坪 哲
2. 発表標題 型チタン合金における変形 相と室温時効に伴うDiffuse 構造形成との関係
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期(第163回)講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠谷 周平, Martin Luckabauer, 岡本 範彦, 多根 正和, 市坪 哲
2. 発表標題 Ti-V合金の低温における微細な 相の形成とそれを利用した 相析出強化の検討
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期(第163回)講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠谷 周平, 岡本 範彦, 多根 正和, 市坪 哲
2. 発表標題 Ti-V合金における超微細な 相の形成と 相の各生成サイトとしての可能性
3. 学会等名 日本材料学会・若手学生研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 多根 正和
2. 発表標題 マイクロメカニクスに基づく解析手法の構築を基軸とした生体および構造用金属材料の弾性特性の解明
3. 学会等名 本多記念研究奨励賞受賞講演(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梅田 旭洋, 多根 正和, 関野 徹, 中野 貴由, 市坪 哲
2. 発表標題 不安定なbcc 構造を有する 型チタン合金において生じる室温時効に伴う弾性率増加
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 多根 正和
2. 発表標題 bcc系Ti合金における室温時効に伴う弾性率変化と相変態挙動との関係
3. 学会等名 超高耐久性チタン材料の研究 自主フォーラム シンポジウム「チタン合金の相変態研究の新たな展開」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 多根 正和, 梅田 旭洋, 関野 徹, 中野 貴由, 岡本 範彦, 市坪 哲
2. 発表標題 bcc 系チタン合金において生じる室温時効に伴う弾性率増加
3. 学会等名 日本金属学会 2018年春期(第162回)講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠谷 周平, Martin Luckabauer, 岡本 範彦, 多根 正和, 市坪 哲
2. 発表標題 室温付近におけるTi-V 合金の相変態挙動
3. 学会等名 日本金属学会 2018年春期(第162回)講演大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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
研究協力者	梅田 旭洋  (Umeda Akihiro)	大阪大学・大学院 工学研究科・大学院生  (14401)	
研究協力者	枝松 洸来  (Edamatsu Hiroki)	大阪大学・大学院 工学研究科・大学院生  (14401)	
研究協力者	西尾 祐輝  (Nishio Hiroki)	大阪大学・大学院 工学研究科・大学院生  (14401)	