

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 31 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21550193

研究課題名（和文） 骨芽細胞を誘導するアノード酸化チタン人工骨の創製

研究課題名（英文） Fabrication of anodized titanium artificial bone induced osteoblast cells

研究代表者

岩崎 光伸（IWASAKI MITSUNOBU）

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：20278740

研究成果の概要（和文）：

Ti 板上に光感応性 TiO₂ ゲル膜をパターンニング、およびエッチングした後、アノード酸化することで、20-100μm の間隔で凹凸を有するパターンニング膜を作製することに成功し、このものの生体親和性、生体適合性を調査したところ、皮膜中のハイドロキシアパタイトの固着量にともなって生体親和性は高くなることがわかった。さらに、動物埋入試験から埋入初期から新生骨が誘導されることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

Micrometer-scale patterning-TiO₂ films derived by sol-gel method were formed on a titanium plate using by photo-irradiation patterning method. The patterned TiO₂ gel film onto titanium was then anodized at constant current density with DC or pulsed-current density by anodic oxidation in an HAp-containing alkaline bath under spark discharge, to follow preparing various pore shapes on patterned-TiO₂ film. Moreover, reversed patterning-film was also prepared by the combination of photosensitizing and anodizing method except etching process. The bioactivity, which was investigated by cell culture examination, was drastically improved for HAp-loaded titania film in comparison with anodized titanium film without HAp.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野： 化学

科研費の分科・細目： 材料化学・無機工業材料

キーワード： ハイブリッド材料、ハイドロキシアパタイト、アノード酸化

1. 研究開始当初の背景

チタン（合金）は、生体適合性を有していることから骨固定材料、人工関節、人工歯根などの医療材料として広く用いられるが、生体親和性を有していない。最近、チタン表面

にハイドロキシアパタイト（HAp）薄膜や酸化チタン薄膜をコーティングさせることで生体親和性を付与したものが作製されているが、これらは薄膜であるため機械的強度が著しく低く、HAp 粒子が剥がれ落ちやすい

という致命的な問題を抱えている。

一方、申請者らは、機械的強度が高い厚膜型チタンアノード酸化皮膜を初めて作製し、その生体親和性が高いことをみいだしている。また、アノード酸化チタン厚膜に HAp 粒子を強固に固着させる方法を新たに開発し、このものの生体親和性が非常に高いことをみいだしている。さらに、アノード酸化チタン厚膜中には数ミクロンオーダーの細孔が多数できるため、生体内に埋入すると生体骨との間でアンカー効果が働くために強固に結合することが期待できる。これらをさらに発展させて、骨芽細胞を誘導できる比較的大きな細孔 (50-100 μm) 表面を有する人工骨を作製すると、人体への埋入初期から新生骨と人工骨が接着するという画期的な人工骨が作製できると考える。

2. 研究の目的

当該研究課題では、機械的特性、生体親和性に優れ、さらに骨芽細胞を誘導できる世界で初めての人工骨の開発を目指す。具体的な内容は以下のとおりである。

- (1) ハイドロキシアパタイトナノ粒子を表面に固着させた厚膜型チタンアノード酸化皮膜材 (図 1, 本材料と略す) の作製プロセスを確立する。
- (2) 本材料の細孔径制御をおこない、機械的特性、生体親和性、細胞誘導能の最適化を図る。
- (3) 本材料の動物埋め込み試験により、生体適合性を評価する

3. 研究の方法

機械的特性および生体親和性に優れ、なおかつ骨芽細胞を誘導するハイドロキシアパタイトナノ粒子固着チタンアノード酸化厚膜材を開発するには、以下に示す 3 つの課題を達成する必要がある。

- (1) HAp ナノ粒子固着チタンアノード酸化厚膜材 (本材料) の作製方法の確立
 - (2) 本材料の細孔径制御と生体親和性評価
 - (3) 本材料の生体適合性評価
- 具体的には、以下のように実施した。

ハイドロキシアパタイト (HAp) ナノ粒子が固着した膜厚 3 ミクロン以上のアノード酸化チタン皮膜材でなおかつ皮膜表面には孔が多数に開いており、孔中には板状 HAp ナノ粒子が析出している材料は、HAp を分散した電解浴中でチタンをアノード酸化することにより作製した。本材料の機械的特性は材料の微細構造に強く影響されるため、皮膜中の酸化チタンのアナタース相、ルチル相などを微細構造を詳細に解析した。また、接着強度、ビッカース硬度、表面粗さなどを詳細に検討した。基材となるチタンには、板状のほかは薄膜、細線を用いて、汎用性の拡大についても検討した。

骨芽細胞 (20 μm 以下) が十分に入る孔径を有するアノード酸化皮膜材の作製には、光感性パターニング法を用いた。すなわち、チタン板上に 20-100 μm 間隔で酸化チタン薄膜を格子状にパターニングし、さらにこのものをアノード酸化することで大きな段差を有する HAp 固着パターニングアノード酸化厚膜材を作製した。これによりチタン板上に孔径 20-100 μm の孔が規則的に配列したものを作製できる。微細な三次元表面構造制御にはファンクションジェネレータを付帯した直流安定化電源装置を用いてアノード酸化条件 (電流波形および周波数、電流値) を変化させて、パターニング形状を維持したままアノード酸化した。

上記条件を達成した材料に対して生体親和性評価を実施した。材料を擬似体液 (SBF 液) に所定時間浸漬させた後、材料表面に堆積した HAp 微粒子の析出量、析出状態を評価した。さらに、SBF 液を溶液循環装置で循環させることにより、生体親和性を迅速に評価することについても試みた。この結果を、適宜、材料作製段階へとフィードバックさせた。

最後に、本材料を小動物に埋め込んで生体適合性を評価した。生体適合性評価は、HAp 固着チタンアノード酸化厚膜材をうさぎの大腿部に埋込し、所定期間後に取り出し、骨芽細胞の定着状況、新生骨の生成、ならびに接着強度などについて評価した。

4. 研究成果

申請者らは、機械的強度が高い厚膜型チタンアノード酸化皮膜を初めて作製し、その生体親和性が高いことをみいだしている。また、アノード酸化チタン厚膜に HAp 粒子を強固に固着させる方法を新たに開発した。

Ti 板への TiO_2 コーティングは、チタンテトラブトキシドモノマー、ベンゾイルアセトン、2-アミノエタノールからなる TiO_2 コーティング溶液を湿度 20% 以内に保ったグローブボックス内で作製し、このものをディップコーティングすることのより行った。Ti 板に形成した TiO_2 ゲル膜の膜厚は、浸漬と乾燥を数回繰り返すことにより制御した。つぎに、フォトリソグラフィによるパターニング形成は、 TiO_2 ゲル膜上にフォトマスク (200 μm 幅で 200 μm 間隔のマスク) をかぶせ、紫外線照射機を用いて紫外線を 30 分照射し、その後エタノールに浸漬して未照射部分の TiO_2 ゲル膜をエッチングすることで Ti 板上に TiO_2 ゲル膜のパターニングを形成して、パターニング型 TiO_2 ゲル膜/Ti 板 (Pat-(TiO_2 /Ti)) を得た。さらに、フォトマスクをメッシュ状のマスクを使用して、さまざまな間隔、形状の Pat-(TiO_2 /Ti) を作製した。Pat-(TiO_2 /Ti) のアノード酸化は、電解浴に 0.05 M Na_3PO_4 - 0.5 M NaOH を用いて氷浴中で電流密度 (5

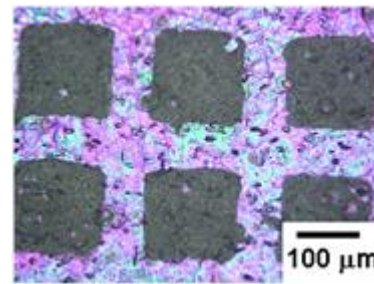
～10 A・dm⁻²), 電解時間(5～20分)を変化させて、火花放電下で直流定電流電解法により行った。また、HAp 微粒子(0.2-0.5 μm の HAp : Ca₅(PO₄)₃(OH)) をアノード酸化チタン厚膜に付与するために、電解浴中に Hap を 5.0 g/L 分散させた 0.05 M Na₃PO₄ - 0.5 M NaOH を用いてアノード酸化を行った。さらに、アノード酸化時にユニポーラ電源を用いてパルスアノード酸化もおこなった。上限電圧 300 V の矩形波で、電流密度 0±20～0±40 A・dm⁻², 電解時間 1-10 分、周波数 50-300 Hz の間で変化させて、Pat-(Pulse-AO-Ti/Int-TiO₂) を作製した。

パターンニング型 TiO₂ ゲル膜/チタン板 (Pat-TiO₂/Ti) においては、コーティング回数を 1～6 回として Ti 板上に TiO₂ ゲル膜をコーティングした時の膜厚は、コーティング回数と直線関係にあり、 $y=0.19x+0.26$ (x:コーティング回数, y:膜厚) で表せることがわかった。このことから、コーティング回数により TiO₂ ゲル膜の膜厚を制御できることを明らかになった。さらに、このものを直流電解法によりアノード酸化した。Ti 板は火花放電によりアノード酸化されるが、TiO₂ ゲル膜は絶縁層であるためアノード酸化されずに TiO₂ ゲル層のままであった。アノード酸化皮膜と TiO₂ ゲル膜の段差は約 7 μm であり、アノード酸化皮膜の方が高いことがわかった。なお、アノード酸化チタン厚膜には火花放電特有の 10 μm 以下の細孔が多数みられた。

一連の結果から、アノード酸化時 Ti 板部分のみが選択的にアノード酸化され、TiO₂ ゲル膜部分はアノード酸化されないことがわかった。アノード酸化チタン厚膜中には数ミクロンオーダーの細孔が多数できるため、生体内に埋入すると生体骨との間でアンカー効果が働くために強固に結合すると期待できる。

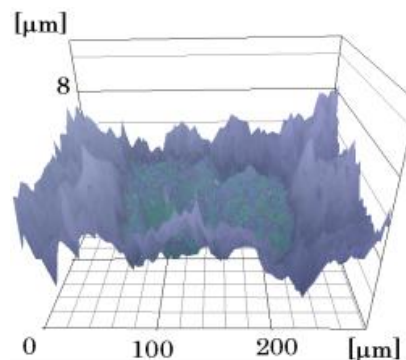
しかしながら、直流電解法では、200 μm 以上の幅を有するパターンニングでのみアノード酸化後に、一部パターンニングを残すことができたが、細胞誘導に適していると思われる数十ミクロン程度のパターンニングに成功していない。そこで、ユニポーラ電源を用いたパルスアノード酸化を試みた。この結果、少し小さい一辺約 150 μm の正方形と幅 50 μm の格子状のパターンニング皮膜の形成に成功した。これは、チタニアゲル膜の格子状パターンニングをほぼ反映してアノード酸化されていた。また、界面はかなり急峻となっており、その段差は約 2 μm であった。一連の結果から、格子状の部分はアノード酸化皮膜 (Pulse-AO-Ti) であり、その周りは干渉皮膜 (Int-TiO₂:膜厚約 180 nm) であることがわかる。すなわち、Pat-(TiO₂/Ti) をパルスアノード酸化すると、Ti 部分は火花放電が起きずに干渉皮膜 (Int-TiO₂) となるのに対し、パ

ターニングチタニアゲル膜部分は火花放電によりアノード酸化チタン厚膜 (Pulse-AO-Ti) が形成した。



さらに、HAp 微粒子を電解浴に分散させてアノード酸化したものにおいては、アノード酸化部分では表面の細孔内、および干渉皮膜表面に HAp 微粒子が固着していることが確認できたが、Pulse-AO-Ti 表面の方が HAp の量が多かった。また、HAp 添加浴でアノード酸化したほうが膜厚は厚くなり、膜厚は電流密度と電解時間とともに厚くなりパターンニング段差も電解時間と共に上昇することが確認できた。これは、HAp が時間と共に皮膜中に取り込まれていくためであると考えられる。また、周波数を 50 Hz, 70 Hz でパルスアノード酸化すると、Pat-Pulse-AO-Ti 部分に一部干渉皮膜が含まれ、まだらなアノード酸化チタン薄膜となっていることが確認できた。これに対して、周波数 100 Hz, 150 Hz でパルスアノード酸化するときれいに形成していることが確認できた。また、低周波数 (周波数 10 Hz) のときは、パターンニングを形成することができず、全面がアノード酸化されてしまった。

これまでは、TiO₂ ゲル膜を Ti 板上にコートして UV 照射後、エッチングすることで紫外線が照射された部分のみをチタン板上に残し、パルスアノード酸化でその部分の絶縁破壊によってパターンニングアノード酸化チタン厚膜を作製してきた。一方、エッチングを行わず UV 照射部分と未照射部分の両方をチタン板上に残したままパルスアノード酸化を行うことで、絶縁層を工夫することで逆のパターンを形成できることを見いだした。



これにより、30 μm の格子状のアノード酸化チタン皮膜に囲まれた170 μm 程度の深さ約2 μm の孔を有するものを形成することができた。さらに、電解浴中にHApを添加した場合でも、正パターニングと同様にHApを固着させたものの作製にも成功した。

一連の結果から、パターニングの凹凸をマスクの形状による自由な制御を可能にした。これらのことから、骨芽細胞を誘導できる比較的大きな細孔(50-100 μm)表面を有する人工骨を作製することに成功し、これは人体への埋入初期から新生骨と人工骨が接着するという画期的な人工骨となりうる。

機械的特性においては、接着強度試験とビッカース硬度試験を行った。接着強度は、アノード酸化被膜作製時の条件に強く依存した。まず、直流電解により作製するよりパルス電解したものの方が接着強度は著しく高かった。これは、アノード酸化時に火花放電が起り高温に達するため、Ti板とアノード酸化皮膜とで熱膨張率が異なるためにその界面で亀裂が生じやすいからである。パルスアノード酸化では、火花放電を周期的に起させるために熱が効率よく拡散するため、亀裂が生じにくかった。また、周波数が大きいほど接着強度が大きくなった。HAp固着の有無においては、HApの固着量が多いほど接着強度が下がっていった。これは、Ti板とアノード酸化皮膜との界面にHAp微粒子が存在することで亀裂が入りやすくなるためであると思われる。

ビッカース硬度においては、直流電解および周波数の低いパルス電解において高度が高かった。これは、火花放電が十分に起こっているとアノード酸化皮膜の表面硬度が高くなるためである。また、ビッカース硬度のアノード酸化時間依存性に関しては、アノード酸化初期において高度が低いもののそれ以降は一定の値を示した。さらに、HAp微粒子の添加量とともにビッカース硬度は低下した。これは、HApの硬度がTiO₂の硬度より小さいためである。

これら一連の結果から、周波数100Hz程度でパルスアノード酸化すると機械的強度の高いものを作製できることが分かった。

パターニング試料の生体親和性においては、HApを添加していない試料では生体親和性がほとんど見られなかったのに対して、HApが固着している試料では生体親和性を有していることが分かった。さらに、HApが多く固着しているPulse-A0-Ti表面においてより親和性が高かった。また、生体親和性はHAp固着量と正の相関があったが、その他の作成条件にはほとんど影響されなかった。

細胞培養試験においては、マウスの骨芽細胞を使用し、HAp未固着試料とHAp固着試料のそれぞれについて、48時間後の細胞量を調

べたところ、HAp未固着試料では、48時間後、培養前(control)よりも細胞量が減少し田野に対し、HAp固着試料では培養後の方が細胞量が増加しており、controlよりも細胞量が多くなっていることが確認できた。また、HAp固着試料上で培養することにより、骨芽細胞が成長し、軟骨細胞のようなものを多く確認できた。このことから、HAp固着アノード酸化チタン厚膜は、骨芽細胞に対する培地として有用であるのみならず、細胞活性も有することがわかった。

最後に、体適合性をおこなった。一連のアノード酸化皮膜材をウサギの大腿骨に埋入して一定期間後に取り出して、切片観察および引きはがし試験を行ったところ、いずれのアノード酸化皮膜材においても、4週間後には骨芽細胞が誘導されていることが分かった。さらに、HAp固着アノード酸化皮膜材においてそれが特に顕著であった。さらには、引きはがし試験においてもHAp固着アノード酸化皮膜材において、埋入初期から引きはがし強度が高いことを見出した。このことは、埋入した人工骨と生体骨が埋入初期から強固に接合することを意味する。しかしながら、その後、引きはがし強度があまり大きくなっていないことが懸念される。また、皮膜材表面の細孔径が生体活性に及ぼす影響については、今後、さらに検討する必要がある。この指針としては、直径0.1mmのチタンワイヤをゆるく丸めた高い空隙率を有するチタンワイヤボールをアノード酸化した三次元的に空隙が連通している材料を埋入した生体活性実験も行っており、連通した細孔内を骨芽細胞が自由に動くことにより、材料表面で新生骨が形成されやすいことも見出している、

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計14件)

1. 藤見篤史, 岩崎光伸, 有機溶媒系でのチタニアナノチューブの作製, 材料技術, 第30巻第1号, 23-28, 2012, 査読有

2. W. K. PARK, J. Y. KIM, S. R. KIM, M IWASAKI, Fabrication of a PVP (Polyvinyl pyrrolidone)-assisted TiO₂ film using a high-concentrated TiO₂ nano sol and its optical properties, J. Ceram. Soc. Jpn, 119 [10] 745-751, 2011 査読有

3. 墳本一郎, 浜西千秋, 柴田明, 寺村岳士, 堀江拓尔, 岩崎光伸, 赤木将男, チタンワイヤボール(TWB)の骨・軟骨置換基材としての可能性, Journal of Orthopaedic Biomaterials, Vol. 30, 21-28, 2011 査読有

4. K. Shimada, K. Kudoh, Y. Tamagawa, H. Horikawa, M. Iwasaki, Surface characteristics of titanium oxide film prepared by

micro-arc oxidation: comparison of direct current electrolysis and pulse electrolysis, Material Transaction, 第 52 巻第 7 号 1410-1417, 2011 査読有

5 .Won-Kyu Park, Jeong-Hwan Song, Soo-Ryong Kim, Tae-hyun KIM, Mitsunobu Iwasaki, Fabrication of a pure TiO₂ thin film using a self-polymeric Titania nano-sol and its properties, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2011, 1-6, 2011 査読有

6 .Masakazu Teruya, Shoko Yagi, Hiroshi Horikawa, Mitsunobu Iwasaki, Preparation of Hydroxyapatite-starch-poly (L-lactic acid) composites using freeze drying, Material Technology, 29 巻, 32-36 2011 査読有

7.玉川泰弘, 野間直樹, 堀川裕志, 岩崎光伸, Fine patterning of titanium oxide film loaded with hydroxyapatite using hot patterning and anodic oxidation, Material Transaction, 51 巻, 2225-2229 2010 査読有

8 .Shoko Yagi, Masakazu Teruya, Hiroshi Horikawa and Mitsunobu Iwasaki, Fabrication of hydroxyapatite-starch composite blended with gelatin using crosslinkers, Material Technology, 28 巻, 174-179 2010 査読有

9 .Akira Shibata, Yasuhiro Tamagawa, Hiroshi Horikawa, Mitsunobu Iwasaki, Kohji Matsuzaki, Chiaki Hamanishi, New Development of Titanium Wire Ball as Vertebra Substitute, Materials Transaction, 51 巻, 1923-1926 2010 査読有

10.玉川泰裕, 野間直樹, 堀川裕志, 岩崎光伸, 直流定電流によるチタンのパターニングアノード酸化, 材料技術, 28 巻, 146-150 2010 査読有

11.工藤浩棋, 堀川裕志, 岩崎光伸, 伊藤征司郎, ハイドロキシアパタイト固着アノード酸化チタン皮膜の作製とその擬似体液中におけるハイドロキシアパタイト析出能, 表面技術, 60 巻, 285-287, 2009, 査読有

12.工藤浩棋, 堀川裕志, 岩崎光伸, 伊藤征司郎, 火花放電法によるアノード酸化チタン皮膜材の作製条件依存性, 材料技術, 27 巻, 54-59, 2009, 査読有

13.玉川泰裕, 野間直樹, 堀川裕志, 岩崎光伸, 火花放電下パルスアノード酸化チタン皮膜のマイクロパターニング, 表面技術, 27 巻, 196-203, 2009, 査読有

14.Masakazu Teruya, Mitsunobu Iwasaki, Hiroshi Horikawa, Preparation of hydroxyapatite / starch composites using facile freeze drying method and their characterization, Material Technology, 27 巻, 196-203, 2009, 査読有

[学会発表] (計 38 件)

1. 櫻井理貴, 永野順也, 藤見篤, 岩崎光伸,

火花アノード酸化による CaTiO₃ 厚膜の作製, 2011 年度軽金属学会関西支部若手研究発表大会, 2011 年 12 月 10 日, 関西大学 (大阪府)

2. 藤見篤史, 岩崎光伸, 有機溶媒を用いた Li₂O-TiO₂ アノード酸化皮膜の作製方法依存性, 2011 年度軽金属学会関西支部若手研究発表大会, 2011 年 12 月 10 日, 関西大学 (大阪府)

3. 柴田明, 岩崎光伸, フェムト秒レーザーによるチタン板表面の微細構造制御とアノード酸化, 2011 年度軽金属学会関西支部若手研究発表大会, 2011 年 12 月 10 日, 関西大学 (大阪府)

4. 岩崎光伸, 直流電流によるチタンのパターニングアノード酸化 (招待講演), 2011 年度材料技術研究協会討論会, 2011 年 12 月 2 日, 東京理科大学野田キャンパス (千葉県)

5. 砂雄大, 照屋雅和, 八木祥子, 岩崎光伸, Hap-Starch 複合系骨補填材の生体親和性と強度特性, 2011 年度材料技術研究協会討論会, 2011 年 12 月 2 日, 東京理科大学野田キャンパス (千葉県)

6. 福秀平, 山田崇弘, 樺亮太, 藤見篤史, 岩崎光伸, 火花アノード酸化による Al₂O₃/TiO₂ パターニング膜の作製, 表面技術協会第 13 回関西表面技術フォーラム, 2011 年 11 月 29 日, キャンパスプラザ京都 (京都府)

7. 南恭平, 永野順也, 藤見篤史, 岩崎光伸, 火花アノード酸化による SrTiO₃ 厚膜の作製, 表面技術協会第 13 回関西表面技術フォーラム, 2011 年 11 月 29 日, キャンパスプラザ京都 (京都府)

8. 山田崇弘, 永野順也, 藤見篤史, 岩崎光伸, 規則的凹凸構造を有するアノード酸化 Ti 皮膜の作製条件依存性, 表面技術協会第 13 回関西表面技術フォーラム, 2011 年 11 月 29 日, キャンパスプラザ京都 (京都府)

9. 永野順也, 藤見篤, 岩崎光伸, 火花放電による BaTiO₃ アノード酸化皮膜の作製, 表面技術協会 ARS 神戸コンファレンス, 2011 年 11 月 10 日, ホテル北野プラザ六甲荘 (兵庫県)

10. 岩崎光伸, アノード酸化チタンの生体材料への応用 (招待講演), 表面技術協会 ARS 神戸コンファレンス, 2011 年 11 月 10 日, ホテル北野プラザ六甲荘 (兵庫県)

11. 櫻井理貴, 柴田明, 藤見篤, 岩崎光伸, チタンワイヤーボールの表面処理とその生体親和性, 表面技術協会第 124 回講演大会, 2011 年 9 月 21 日, 名古屋大学 東山キャンパス (愛知県)

12. 山田崇弘, 永野順也, 藤見篤史, 岩崎光伸, 規則的凹凸構造を有するアノード酸化 Ti 皮膜の作製, 近畿アルミニウム表面処理研究会 2011 講演発表大会, 2011 年 6 月 24 日, ホテルアウイーナ (大阪府)

13. 櫻井理貴, 柴田明, 藤見篤史, 岩崎光伸, チタンナノワイヤーボールのアルカリヒー

ト処理と生体活性化への影響, 近畿アルミニウム表面処理研究会 2011 講演発表大会, 2011 年 6 月 24 日, ホテルアウエーナ (大阪府)

14. 藤見篤史, 岩崎光伸, 有機溶媒を用いた Li₂O-TiO₂ アノード酸化皮膜の作製, 近畿アルミニウム表面処理研究会 2011 講演発表大会, 2011 年 6 月 24 日, ホテルアウエーナ (大阪府)

15. 櫻井理貴, 柴田明, 堀川裕志, 岩崎光伸, チタンワイヤーボールの生体活性化, 表面技術協会第 12 回関西表面技術フォーラム, 2010 年 12 月 2 日, 京都大学宇治キャンパス (京都府)

16. 山田崇弘, 野間直樹, 堀川裕志, 岩崎光伸, パルス電解による TiO₂ 表面の規則的マイクロ構造制御, 表面技術協会第 12 回関西表面技術フォーラム, 2010 年 12 月 2 日, 京都大学宇治キャンパス (京都府)

17. 八尾佑, 堀川裕志, 岩崎光伸, 野間直樹, 規則的マイクロ構造を有する酸化チタンの作製, 表面技術協会第 12 回関西表面技術フォーラム, 2010 年 12 月 2 日, 京都大学宇治キャンパス (京都府)

18. 岩崎光伸, 柴田明, 浜西千秋, 代替椎体骨用 HAp 固着アノード酸化チタンワイヤーボール, 表面技術協会第 27 回 ARS 鎌倉コンファレンス, 2010 年 11 月 18 日, KKR 江の島ニュー向洋 (神奈川県)

19. Mitsunobu Iwasaki, Hiroshi Horikawa, Kohji Matsuzaki and Chiaki Hamanishi, Potential of Anodized Titanium as an Artificial Bone, The New Technologies of Creation and Application of Bioceramics in Reconstructive Medicine 2010, 2010 年 10 月 4 日, トムスク工科大学 (ロシア)

20. Mitsunobu Iwasaki, Akira Shibata, Hiroshi Horikawa, Kohji Matsuzaki and Chiaki Hamanishi, Biocompatibility of Titanium Wire Ball as Vertebra Substitute, Bone-tec 2011 International Bone-Tissue-Engineering, 2010 年 10 月 13 日, ハノーバー (ドイツ)

21. 永野順也, 八尾佑, 堀川裕志, 岩崎光伸, パルスアノード酸化合金皮膜の機械的特性に及ぼす作製条件, 表面技術協会第 122 回講演大会, 2010 年 9 月 6 日, 東北大学川内北キャンパス (宮城県)

22. 柴田明, 八尾佑, 堀川裕志, 岩崎光伸, アノード酸化により作製した HAp 固着酸化チタンワイヤーボールの強度特性, 表面技術協会第 122 回講演大会, 2010 年 9 月 6 日, 東北大学川内北キャンパス (宮城県)

23. Mitsunobu Iwasaki, Fine patterning of titanium oxide film loaded with hydroxyapatite using anodic oxidation, The 2nd Japan-Korea Joint Symposium for ARS & Capacitor, 2010 年 6 月 28 日, Gyeongsangbuk (韓国)

24. Akira Shibata, Yasuhiro Tamagawa, Hiroshi Horikawa, Mitsunobu Iwasaki, Kohji Matsuzaki and Chiaki Hamanishi, New Development of Titanium Wire Ball as Vertebra Substitute, STAC4, 2010 年 6 月 21 日, メルパルク横浜 (神奈川県)

25. 玉川泰裕・野間直樹・堀川裕志・岩崎光伸, パルス電解によるパターニング型 HAp 固着アノード酸化 Ti 厚膜材の作製条件依存性, 表面技術協会第 11 回関西表面技術フォーラム, 2009 年 12 月 2 日, 甲南大学フロンティアサイエンス学部 (兵庫県)

26. 柴田明・八尾佑・玉川泰裕・堀川裕志・岩崎光伸, パルス電解による HAp 固着酸化チタンワイヤーボールの生体親和性評価, 表面技術協会第 11 回関西表面技術フォーラム, 2009 年 12 月 2 日, 甲南大学フロンティアサイエンス学部 (兵庫県)

その他 12 件

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 骨補填材

発明者: 岩崎光伸, 柴田明, 浜西千秋, 松崎晃治, 河島信樹, 堀川裕志

権利者: 学校法人近畿大学

種類: 特願 2009-208680

番号: 2009-208680

出願年月日: 平成 21 年 9 月 9 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩崎 光伸 (IWASAKI MITSUNOBU)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号: 20278740

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

浜西 千秋 (HAMANISHI CHIAKI)

近畿大学・医学部・准教授

研究者番号: 20278740

松崎 晃治 (MATSUZAKI KOHJI)

近畿大学・医学部・助教

研究者番号: 60510964

野間 直樹 (NOMA NAOKI)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号: 70208388