

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：17102

研究種目：特別推進研究

研究期間：2011～2015

課題番号：23000011

研究課題名(和文) 極低摩擦・極低摩耗生体関節に学ぶ生体規範超潤滑ハイドロゲル人工軟骨の実用化

研究課題名(英文) Elucidation of adaptive lubrication mechanism with low friction and minimum wear in natural synovial joints and development of artificial hydrogel cartilage with super lubricity based on bionic design

研究代表者

村上 輝夫 (MURAKAMI, Teruo)

九州大学・バイオメカニクス研究センター・特命教授

研究者番号：90091347

交付決定額(研究期間全体)(直接経費)：354,900,000円

研究成果の概要(和文)：生体関節の巧みな潤滑機構についての理解を深め、その成果を反映させた高機能ハイドロゲル人工軟骨の実用化に取り組んだ。摩擦下の関節軟骨の摩擦・可視化試験や吸着膜評価試験により関節液成分の吸着特性を明確化し、固液二相有限要素解析により液相荷重支持や摩擦の評価を可能にした。高含水ハイドロゲルの製法と構造・物性の関係を明確化し、最適構造の積層ハイブリッドゲルにおいて極低摩擦・極低摩耗を実現した。

研究成果の概要(英文)：The detailed mechanism of adaptive multimode lubrication in natural synovial joints has been elucidated and subsequently those results will be applied to develop innovative artificial cartilage. It was shown that friction and wear properties of hydrogels depend on the types of hydrogels and lubricants. The superior lubrication mechanism of articular cartilage and poly(vinyl alcohol) hydrogels are evaluated from the viewpoint of biphasic and boundary lubrication mechanisms. The PVA hybrid hydrogel artificial cartilage as optimized laminated structure has shown superior lubricity with extremely low friction and minimum wear.

研究分野：生体医工学

キーワード：ハイドロゲル人工軟骨，生体関節多モード潤滑，生体規範人工関節，生体医工学
トライボロジー

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会の進展に伴い人工関節置換術の適用が急増し、国内では年間約15万例が実施され、運動機能の回復や疼痛の除去という恩恵が得られていたが、一部では緩みの発生により再置換手術が必要な場合があった。その緩みの主因として、超高分子量ポリエチレン等の異物摩耗粉に対するマクロファージの過剰反応に起因する骨吸収(骨溶解)が指摘されており、摩耗の低減が要望されていた。

2. 研究の目的

本研究では、このような摩耗の発生を根本的に解決するために、超高分子量ポリエチレンに替えて、優れた潤滑機能を有する生体関節を規範として、長期耐久性を有する高機能(ゼロ摩耗)ハイドロゲル人工軟骨の開発に取り組む、その臨床応用実用化を目指す。

3. 研究の方法

まず、極低摩擦・極低摩耗特性を有する生体関節の多モード適応潤滑機構の詳細を解明し、その成果を人工軟骨の構造・機能改善に反映させる。特に、構造・物性や吸着膜形成機構・固液二相流動挙動とトライボ特性の関連を明確化する。

人工軟骨候補材料の人工膝関節シミュレータ試験において生体模擬環境・歩行条件下では、高含水性のポリビニルアルコール(PVA)ハイドロゲルは、ポリウレタンに比べて優れた低摩擦特性を示した。本研究では、日常動作の多様な作動条件に対応できる機能をPVAハイドロゲルに付与させるために、繰返し凍結解凍法とキャストドライ法を組み合わせることにより、ナノ・マイクロ・マクロレベルの構造・物性制御を行う。

バイオメカニクス・バイオトライボロジーチ

ームによる「生体関節潤滑機構の解明」、バイオマテリアルチームによる「ゲル人工軟骨の高機能化」、バイオメディカルチームによる「臨床応用人工軟骨の試作評価と最適化」の連携研究により高機能人工軟骨・人工関節の臨床実用化技術を構築する。

4. 研究成果

人工関節の摩耗・摩擦の低減を両立させるために、生体関節の構造・機構・機能の理解を深め、その成果を反映させた高機能ハイドロゲル人工軟骨の臨床実用化技術の構築を目指して研究に取組み、ゲルの卓越した高機能化を達成できた。今後の耐久性の向上や臨床用デバイスのデザイン最適化により近年中における臨床応用への展開が期待される。

(1) 生体関節多モード適応潤滑機構の解明
① 関節軟骨の構造・物性評価と潤滑膜形成機構の解明：摩擦・可視化試験や吸着評価試験により関節液成分の吸着特性を明確化するとともに、主要4成分の最適組成による境界潤滑効果を明示した。

② 関節軟骨の摩擦挙動の実測と固液二相有限要素解析：固液二相有限要素解析や流体圧実測試験に基づき、軟骨液相流体圧による荷重支持率の評価と固相摩擦の考慮により摩擦予測と実測値の合致を確認した。軟骨表層の繊維強化が固液二相潤滑に有効であることを示した。

③ レーザードップラー流速計により血清希釈溶液中の成分(0.2 μ mより小さい蛋白凝集体など)による散乱信号により流速を評価できることを確認した。

(2) 生体規範超潤滑ハイドロゲル人工軟骨の実用化

① PVAハイドロゲルのシート試験片に対して単軸引張疲労試験を行い、ハイブリッドゲルにおける高強度を確認した。大変形繰返し試験が可能な疲労試験機を開発した。ゲルのクリープ変形や配向による強化など複雑な現象を考慮した試験法の提案については今後の課題となった。

② PVAハイドロゲルの改質高機能化：a) 繰返凍結・解凍(FT)ゲルにおいて一方向凍結により高強度・高膨潤化の両立の実現を示した。b) キャストドライ(CD)法PVAのナノ構造・界面制御や、積層化技術開発に取組み、物性改善と低摩擦性を見出した。c) 2種のゲルの積層構造体としてのハイブリッドゲルでは、2段階乾燥処理を適用したCD on FTの最適構造ゲルにおいて模擬関節液潤滑下における摩擦摩耗特性の高機能化(図1は摩擦挙動)を確認できた。アルコール滅菌によるゲルの変性とトライボ特性の変化を確認し、 γ 線照射処理の場合に特性変化を低減できることを確認できた。

③ 摩耗粉へのマクロファージ反応：株化単球細胞由来マクロファージを用いた摩耗粉応答の評価により3種のPVAゲル全てにおいて異物応答が見られないことを確認した。

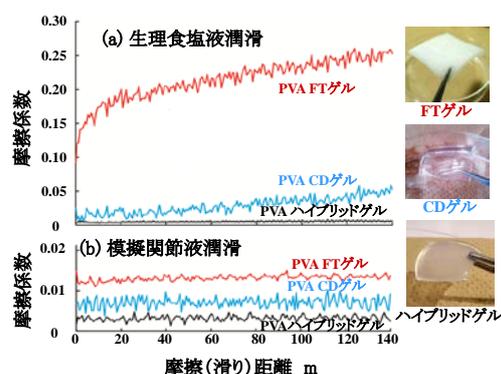


図1. 3種のゲルの往復動摩擦挙動

④ 人工関節の臨床課題の解析評価を行い各種の改善指針を得た。ハイブリッド人工軟骨・人工骨複合体の家兎膝関節埋入試験を行い、12週での生体適合性と機能維持を確認し、ゲル表面破損・硬化現象の改善を確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計75件)

① S. Yarimitsu, A. Yoshida, S. Sasaki, T. Murakami, A. Suzuki, Evaluation of Lubrication Property of Poly(vinyl alcohol) Hybrid Gel for Artificial Articular Cartilage, Tribology Online, 査読有, Vol.11, 2016, 360-366
DOI:10.2474/troll.11.360

② S. Sasaki, A. Suzuki, Factors Influencing the Swelling and Elution Properties of Poly(vinyl alcohol) Cast Gels, Polymers for Advanced Technologies, 査読有, Vol.26, 2016, 318-324
DOI: 10.1002/pat.3643

③ S. Sasaki, T. Murakami, A. Suzuki, Frictional properties of physically cross-linked PVA hydrogels as artificial cartilage, Biosurface and Biotribology, 査読有, Vol.2, 2016, 11-17
DOI: 10.1016/j.bsbt.2016.02.002

④ N. Sakai, C. Hashimoto, S. Yarimitsu, Y. Sawae, M. Komori, T. Murakami, A functional effect of the superficial mechanical properties of articular cartilage as a load bearing system in a sliding condition, Biosurface and Biotribology, 査読有, Vol.2, 2016, 26-39
DOI: 10.1016/j.bsbt.2016.02.004

⑤ S. Yarimitsu, S. Sasaki, T. Murakami, A. Suzuki, Evaluation of Lubrication Properties of Hydrogel Artificial Cartilage Materials for Joint Prosthesis, Biosurface and Biotribology, 査読有, Vol.2, 2016, 40-47
DOI: 10.1016/j.Bsbt.2016.02.005

- ⑥ A. Suzuki, S. Sasaki, Swelling and mechanical properties of physically crosslinked poly(vinyl alcohol) hydrogels, Proc IMechE Part H: J Engineering in Medicine, 査読有, Vol. 229, 2015, 828-844
DOI:10.1177/0954411915615469
- ⑦ T. Murakami, S. Yarimitsu, K. Nakashima, N. Sakai, T. Yamaguchi, Y. Sawae and A. Suzuki, Biphasic and boundary lubrication mechanisms in artificial hydrogel cartilage: A review, Proc IMechE Part H: J Engineering in Medicine, 査読有, Vol. 229, 2015, 864-878
DOI:10.1177/0954411915611160
- ⑧ 鎗光清道, 中嶋和弘, 村上輝夫, 岡崎賢, 松田秀一, 岩本幸英, ハイドロゲル人工軟骨の生体内固定法と安定性の評価、臨床バイオメカニクス, 査読有, Vol. 36, 2015, 201-206
- ⑨ N. Sakai, Y. Hagihara, C. Hashimoto, M. Komori, Y. Sawae, T. Murakami, An Estimation of Mechanical Properties of Articular Cartilage for Biphasic Finite Element Analyses, J Biomechanical Science and Engineering (JBSE), 査読有, Vol. 10, 2015, 228-239
DOI: 10.1299/jbse.15-00228
- ⑩ S. Sasaki, A. Suzuki, A novel method to control the elution behavior of PVA cast gels, Macromolecular Symposia, 査読有, Vol. 358, 2015, 170-175
DOI: 10.1002/masy.201500058
- ⑪ T. Murakami, N. Sakai, T. Yamaguchi, S. Yarimitsu, K. Nakashima, Y. Sawae and A. Suzuki, Evaluation of a superior lubrication mechanism with biphasic hydrogels for artificial cartilage, Tribology International, 査読有, Vol. 89, 2015, 19-26
DOI: 10.1016/j.triboint.2014.12.013
- ⑫ K. Nakashima, Y. Sawae, T. Murakami, S. Mischler, Behavior of Adsorbed Albumin Film on CoCrMo Alloy under In-situ Observation, Tribology Online, Vol. 10, 2015, 183-189
DOI:10.2474/troll.10.183
- ⑬ 廣川俊二, 村上輝夫, 木口量夫, 福永道彦, 生理的・能動的膝運動が可能な新型シミュレータの開発、日本機械学会論文集, 査読有, Vol. 81, No. 824, 2015, 1-14
DOI: 10.1299/transjsme.14-00488
- ⑭ S. Omata, Y. Sawae, T. Murakami, Effect of poly(vinyl alcohol) (PVA) wear particles generated in water lubricant on immune response of macrophage, Biosurface and Biotribology, 査読有, Vol. 1, 2015, 71-79
DOI: 10.1016/j.bsbt.2015.02.003
- ⑮ T. Noh, Y. Bando, K. Ota, S. Sasaki, and A. Suzuki, Tear Force of Physically Crosslinked Poly(vinyl alcohol) Gels with Different Submicrometer-Scale Network Structures, Journal of Applied Polymer Science, 査読有, Vol. 132, 2015, 41356
DOI: 10.1002/app.41356
- ⑯ T. Murakami, S. Yarimitsu, K. Nakashima, T. Yamaguchi, Y. Sawae, N. Sakai, A. Suzuki, Superior Lubricity in Articular Cartilage and Artificial Hydrogel Cartilage, Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology, 査読有, Vol. 228, 2014, 1099-1111
DOI: 10.1177/1350650114530273
- ⑰ K. Okazaki, Y. Tashiro, H. Mizu-uchi, S. Hamai, T. Doi, Y. Iwamoto, Influence of the posterior tibial slope on the flexion gap in total knee arthroplasty, Knee, 査読有, Vol. 21, 2014, 806-809
DOI: 10.1016/j.knee.2014.02.019
- ⑱ S. Yarimitsu, K. Nakashima, Y. Sawae, T. Murakami, Influence of Phospholipid and Protein Constituents on Tribological Properties of Artificial Hydrogel Cartilage Material, J. Biomechanical Science and Engineering, 査読有, Vol. 8, 2013, 257-267
DOI: 10.1299/jbse.8.257
- ⑲ S. Sasaki, A. Suzuki, Effects of repeated water exchange and the molecular-weight distribution of PVA cast gels on the elution of polymers, Reactive and Functional Polymers, 査読有, Vol. 73, 2013, 878-884
DOI:10.1016/j.reactfunctpolym.2013.01.010
- ⑳ T. Murakami, S. Yarimitsu, K. Nakashima, Y. Sawae, N. Sakai, Influence of synovia constituents on tribological behaviors of articular cartilage, Friction, 査読有, Vol. 1, 2013, 150-162
DOI:10.1007/s40544-013-0010-6
- ㉑ T. Murakami, Importance of adaptive multimode lubrication mechanism in natural and artificial joints, Proc IMechE, Part J, J Engineering Tribology, 査読有, Vol. 226, 2012, 827-837
DOI: 10.1177/1350650112451377
- ㉒ S. Sasaki, E. Otsuka, Y. Hirashima, and A. Suzuki, Elution of Polymers from PVA Cast Gels with Different Degrees of Polymerization and Hydrolysis, Journal of Applied Polymer Science, 査読有, Vol. 126, 2012, E233-E241
DOI:10.1002/app.36919
- ㉓ E. Otsuka, S. Komiya, S. Sasaki, J. Xing, Y. Bando, Y. Hirashima, M. Sugiyama, A. Suzuki, Effects of preparation temperature on swelling and mechanical properties of PVA cast gels, Soft Matter, 査読有, Vol. 8, 2012, 8129-8136
DOI:10.1039/C2SM25513H

⑭ 坂井伸朗、細田菜津子、萩原裕一郎、澤江義則、村上輝夫、生体関節軟骨の機能発現メカニズムの解明に関する研究、バイオメカニズム、査読有、21, 2012, 251-263

⑮ N. Sakai, Y. Hagihara, T. Furusawa, N. Hosoda, Y. Sawae, T. Murakami, Analysis of biphasic lubrication of articular cartilage loaded by cylindrical indenter. Tribology International, 査読有, Vol. 46, 2012, 225-236

DOI: 10.1016/j.triboint.2011.03.016

[学会発表] (計 262 件)

① S. Yarimitsu et al., Evaluation of Friction and Wear Behavior of PVA Hydrogels as Artificial Articular Cartilage Material, ORS 2016 Annual Meeting (ORS 2016), 2016/3/7, Orland (USA)

② T. Murakami et al., Effectiveness of Biphasic and Boundary Lubrication Mechanisms in Poly(vinyl alcohol) Hydrogels for Artificial Cartilage with Low Friction and Minimum Wear, ORS 2016, 2016/3/7, Orland (USA)

③ 佐々木沙織、小俣誠二、村上輝夫、ほか 3 名、物理架橋 PVA ゲルの摩擦特性に及ぼすガンマ線照射の影響、2016 年 日本生体医工学会九州支部学術講演会、2016/3/5、佐賀大学 (佐賀県佐賀市)

④ 小俣誠二、佐々木沙織、中嶋和弘、ほか 9 名、ハイドロゲル人工軟骨/人工骨複合体の可動関節内での安定性評価、2016 年 日本生体医工学会九州支部学術講演会、2016/3/5、佐賀大学 (佐賀県佐賀市)

⑤ A. Suzuki et al., Directional freezing of water for multiscale structures of poly(vinyl alcohol) hydrogels, Second International Symposium on Advanced Water Science and Technology (ISAWST-2) (招待講演), 2016/2/16, Environmental Studies Hall, 名古屋大学 (愛知県名古屋市)

⑥ T. Murakami, KAKENHI Project: Elucidation of adaptive lubrication mechanism with low friction and minimum wear in natural synovial joints and development of artificial hydrogel cartilage with super lubricity based on bionic design, International Symposium on Artificial Hydrogel Cartilage, Joint Replacement and Related Topics (ISAHC 2016), 2016/1/25, 九州大学伊都ゲストハウス (福岡県福岡市)

⑦ R. Sawada, T. Akiyama, Doppler Sensors for the Measurement of Synovial Fluid Flow, ISAHC 2016, 2016/1/26, 九州大学伊都ゲストハウス (福岡県福岡市)

⑧ A. Suzuki et al., Optimum Conditions for Preparation of Anisotropically Strengthened Poly(vinyl alcohol) Gels, International Conference on

Bioelectronics, Biosensors, BioMedical Devices, BioMEMS/NEMS and Applications 2015 (招待講演), 2015/12/10, 九州大学椎木講堂 (福岡県福岡市)

⑨ 松田秀二、整形外科におけるバイオマテリアルの応用、第 37 回日本バイオマテリアル学会 (招待講演)、2015/11/9、京都テルサ (京都府京都市)

⑩ T. Murakami et al., Superior lubrication ability and minimal wear of poly(vinyl alcohol) hybrid hydrogel as a novel material application for artificial cartilage, 2015 International Society for Technology in Arthroplasty Annual Congress (ISTA 2015), 2015/10/2, Vienna (Austria)

⑪ T. Murakami et al., Synergistic Lubricating Function with Different Modes for Artificial Hydrogel Cartilage, 8th International Biotribology Forum (招待講演), 2015/9/21, 横浜シンポジウム (神奈川県横浜市)

⑫ T. Murakami et al., Superior Lubrication Ability of Artificial Hydrogel Cartilage, 27th European Conference on Biomaterials, 2015/9/1, Kraków (Poland)

⑬ T. Murakami et al., Superior Tribological Performance of Poly(vinyl alcohol) Hydrogels for Artificial Cartilage, ORS 2015, 2015/3/29, Las Vegas (USA)

⑭ 中嶋和弘、ほか 3 名、摩擦環境下における蛋白質吸着膜の形成過程メカニズム、第 35 回バイオトライボロジシンポジウム、2015/3/14、九州大学西新プラザ (福岡県福岡市)

⑮ T. Murakami, Development of artificial hydrogel cartilage with super lubricity based on bionic design, 第 3 回バイオメカニクス研究センター&エレクトロニクス実装学会九州支部合同研究会 (招待講演)、2015/2/6、九州大学椎木講堂 (福岡県福岡市)

⑯ 村上輝夫、ハイドロゲル人工軟骨における構造・機能改善技術、第 3 回日本 MRS 講演会 (招待講演)、2014/12/12、横浜市開港記念会館 (神奈川県横浜市)

⑰ 鈴木淳史ほか 1 名、PVA ハイドロゲルの力学特性の改善、第 24 回日本 MRS 年次大会 (招待講演)、2014/12/12、横浜情報文化センター・横浜市開港記念会館 (神奈川県横浜市)

⑱ 鎗光清道ほか 8 名、ハイドロゲル人工軟骨の生体内固定法と安定性の評価、第 41 回日本臨床バイオメカニクス学会、2014/11/21、奈良県新公会堂 (奈良県奈良市)

⑲ S. Sasaki, A. Suzuki, Novel methods to control the elution behavior of PVA cast gels, The joint symposium of the 22nd Polymer Networks Group Meeting (PNG) and the 10th Gel Symposium (PN&G2014), 2014/11/13, 東京大学 (東京都)

- ⑳ S. Omata, Y. Sawae et al., Analysis of wear particle of PVA hydrogel and effect of the particle on immune response of macrophage, ISTA 2014, 2014/9/26, 京都ホテルオークラ (京都府京都市)
- ㉑ S. Hirokawa, T. Murakami et al., A Novel Knee Simulator that Reproduces the Active and Natural Knee Motion to Evaluate Kinematics and Kinetics of TKA, ISTA 2014, 2014/9/26, 京都ホテルオークラ (京都府京都市)
- ㉒ S. Yarimitsu et al., Evaluation of friction and wear behavior of artificial hydrogel cartilage, Swiss-Japanese Tribology Meeting 2014 (招待講演), 2014/9/10, Zurich (Switzerland)
- ㉓ T. Akiyama, W. Iwasaki, R. Sawada, Experimental investigation of the synovial flow using laser Doppler flowmeter, The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014), 2014/8/29, 福岡大学 (福岡県福岡市)
- ㉔ S. Hirokawa, T. Murakami et al., Kinematics and Kinetics of the Knee Joint in High Flexion, IUMRS-ICA 2014 (招待講演), 2014/8/29, 福岡大学 (福岡県福岡市)
- ㉕ T. Murakami et al., Superior Lubrication Mechanism in Articular Cartilage and Artificial Hydrogel Cartilage, 7th World Congress of Biomechanics, 2014/7/7, Boston (USA)
- ㉖ Y. Sawae et al., Friction characterization of ceramic-on-hydrogel hip joint in pendulum test, 2nd International Conference on BioTribology (ICoBT), 2014/5/13, Toronto (Canada)
- ㉗ N. Sakai et al., Observation of biphasic lubrication mode using MEMS pressure sensor, 2nd ICoBT, 2014/5/13, Toronto (Canada)
- ㉘ T. Murakami et al., Superior Lubrication Mechanism in Artificial Hydrogel Cartilage for Joint Prostheses, 60th ORS, 2014/3/17, New Orleans (USA)
- ㉙ 鈴木淳史、はじめに ハイドロゲルの研究開発動向について、高分子学会 第 22 回高分子ゲル研究会講座 (招待講演)、2013/11/15、横浜市開港記念会館 (神奈川県横浜市)
- ㉚ 村上輝夫、生体関節の潤滑機構を規範にしたハイドロゲル人工軟骨の開発、高分子学会 第 22 回高分子ゲル研究会講座 (招待講演)、2013/11/15、横浜市開港記念会館 (神奈川県横浜市)
- ㉛ 山口哲生、ハイドロゲルのすべり摩擦における過渡現象、第 22 回高分子ゲル研究会講座 (招待講演)、2013/11/15、横浜市開港記念会館 (神奈川県横浜市)
- ㉜ A. Suzuki et al., Elution and Wear of PVA Hydrogels by Reciprocating Friction, World Tribology Congress 2013, 2013/9/12, Torino (Italy)
- ㉝ A. Suzuki, Simple methods to improve the mechanical properties of physically crosslinked poly(vinyl alcohol) gels, ICMAT2013 (International Conference on Materials for Advanced Technologies) Symposium CC: Hydrogels and Water-Soluble Polymers (招待講演), 2013/7/4, Singapore
- ㉞ 村上輝夫、生体関節におけるバイオレオロジー、第 36 回日本バイオレオロジー学会年会 (特別講演)、2013/6/7、九州大学西新プラザ (福岡県福岡市)
- ㉟ 松田秀一、人工膝関節置換術の未来、第 86 回日本整形外科学会学術総会 (招待講演)、2013/5/25、広島グリーンアリーナほか (広島県広島市)
- ㊱ T. Murakami, Superior Lubrication Mechanism in Natural and Artificial Joints, Fourth Advanced Forum on Tribology 2013, (招待講演), 2013/4/14, Beijing (China)
- ㊲ 山口哲生、村上輝夫、ハイドロゲルの表面摩擦とバルク輸送特性、トライボロジー会議 2012 秋 北海道室蘭、2012/9/17, 室蘭工業大学 (北海道室蘭市)
- ㊳ T. Murakami et al., Low friction in hydrogel artificial cartilage for joint prosthesis materials, 9th World Biomaterials Congress, 2012/6/3, Chengdu (China)
- ㊴ T. Murakami et al., Adaptive Multimode Lubrication Mechanism in Articular Cartilage and Artificial Hydrogel Cartilage, 7th International Conference on Biotribology, (招待講演), 2012/6/1, Xian (China)
- ㊵ A. Suzuki, Y. Bando, T. Noh, Y. Tanaka, Tear Propagation Behavior of Physically Crosslinked Poly (vinyl alcohol) Gels, 7th International Conference on Biotribology, (招待講演), 2012/6/1, Xian (China)
- ㊶ S. Matsuda et al, Patient Satisfaction Survey After Total Knee Arthroplasty, AAOS 2012 Annual Meeting, 2012/2/10, San Francisco (USA)
- ㊷ T. Murakami et al, Time-dependent frictional behaviours in hydrogel artificial cartilage materials, 6th International Biotribology Forum, 2011/11/5, 西鉄イン福岡 (福岡県福岡市)
- ㊸ N. Sakai, et al., Functionality of articular cartilage as a load-bearing from the viewpoint of biphasic lubrication using finite element analysis, 1st ICoBT, 2011/9/20, London (UK)
- ㊹ T. Murakami, Importance of Adaptive Multimode Lubrication Mechanism in Natural and Artificial Joints, 38th Leeds-Lyon Symposium on Tribology, (招待講演), 2011/9/7, Lyon (France)

〔図書〕(計 14 件)

- ① A. Suzuki, T. Murakami, Wiley, Encyclopedia of Biocolloid and Biointerface Science, Chapter on High-strength poly(vinyl alcohol) hydrogels for artificial cartilage, 2016 in press
- ② T. Murakami, A. Suzuki, Wiley, Encyclopedia of Biocolloid and Biointerface Science, Chapter on Superior Tribological Behaviors of Articular Cartilage and Artificial Hydrogel Cartilage, 2016 in press
- ③ A. Suzuki, S. Sasaki and T. Murakami, Springer, Rheology of Bio-related Soft Matter, Chapt. 16. Development of PVA Gels with Superior Lubricity for Artificial Cartilage, 2016 in press
- ④ 中野義夫 監修、鈴木淳史、村上輝夫(分担執筆)、エヌ・ティー・エス、ゲルテクノロジーハンドブック、2014、835 頁(745-750)
- ⑤ 佐藤正明、出口真次、安達泰治、村上輝夫、廣川俊二、共立出版、バイオメカニクスの最前線、2013、230 頁

〔産業財産権〕

○出願状況(計 4 件)

名称:ハイブリッドゲル、及びハイブリッドゲルの製造方法

発明者:鈴木淳史、佐々木沙織、村上輝夫、中嶋和弘、鎗光清道、坂井伸朗

権利者:横浜国立大学、九州大学、九州工業大学

種類:特許

番号:2014-176522

・先の出願番号:特願 2013-180560

出願年月日:平成 26 年 8 月 29 日

国内外の別:国内

名称:PVA ハイドロゲルの製造方法および PVA ハイドロゲル積層体の製造方法

発明者:鈴木淳史、Taegu Noh

権利者:横浜国立大学

種類:特許

番号:2014-107500

・基礎出願番号:特願 2013-110251

出願年月日:平成 26 年 5 月 23 日

国内外の別:国内

〔その他〕科研費特別推進研究 HP

<http://bio.mech.kyushu-u.ac.jp/spr/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 輝夫 (MURAKAMI Teruo)

九州大学・バイオメカニクス研究センター・特命教授

研究者番号: 9 0 0 9 1 3 4 7

(2) 研究分担者

澤田 廉士 (SAWADA Renshi)

九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 4 0 3 8 0 5 8 9

澤江 義則 (SAWAE Yoshinori)

九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 1 0 2 8 4 5 3 0

山口 哲生 (YAMAGUCHI Tetsuo)

九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 2 0 4 6 6 7 8 3

中嶋 和弘 (NAKASHIMA Kazuhiro)

九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号: 7 0 3 1 5 1 0 9

岡崎 賢 (OKAZAKI Ken)

九州大学・大学病院・講師
研究者番号: 1 0 3 9 8 0 9 2

松田 秀一 (MATSUDA Shuichi)

京都大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号: 4 0 2 9 4 9 3 8

坂井 伸朗 (SAKAI Nobuo)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 6 0 3 4 6 8 1 4

鈴木 淳史 (SUZUKI Atsushi)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授
研究者番号: 9 0 1 6 2 9 2 4

鎗光 清道 (YARIMITSU Seido)

首都大学東京・システムデザイン学部・助教
研究者番号: 9 0 7 2 3 2 0 5

(3) 連携研究者

田中 良巳 (TANAKA Yoshimi)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授
研究者番号: 1 0 3 1 5 8 3 0
(平成 23~24 年度)

平島 由美子 (HIRASHIMA Yumiko)

横浜国立大学・教育人間科学部・教授
研究者番号: 6 0 2 4 2 3 7 7
(平成 23 年度)

(4) 研究協力者

廣川 俊二 (HIROKAWA Shunji)

小俣 誠二 (OMATA Seiji)

佐々木 沙織 (SASAKI Saori)