

- 一彦, 川口浩, 中村耕三: シンポジウム「人工関節成績改善に繋がる近未来の医療用素材」 ポリエチレン摺動面の MPC ポリマー処理. 第27回日本整形外科学会基礎学術集会. 名古屋, 2012.10. 26.
- 53) 野田岩男, 安藤嘉基, 宮本比呂志, 江頭秀一, 塚本正紹, 秋山隆行, 米倉豊, 河野俊介, 園畑素樹, 馬渡正明: 次世代型抗菌性 HA コーティング (第5報). 第27回日本整形外科学会基礎学術集会. 名古屋, 2012. 10. 26-27.
- 54) 塚本正紹, 宮本比呂志, 安藤嘉基, 野田岩男, 江頭秀一, 秋山隆行, 米倉豊, 園畑素樹, 馬渡正明: 流動環境における銀含有ハイドロキシアパタイト溶射被膜のバイオフィルム形成阻害効果の検討. 第27回日本整形外科学会基礎学術集会. 名古屋, 2012. 10. 26-27.
- 55) 森田充浩, 山田治基, 吉村典子, 伊達秀樹, 岡敬之, 村木重之, 阿久根徹, 川口浩: 関節症マーカー・画像診断と関節症の疫学 大規模住民コホートにおける変形性膝関節症と関節マーカー 第40回日本関節病学会 鹿児島市, 2012.11.8.
- 56) 岡敬之, 川口浩, 村木重之, 阿久根徹, 吉村典子: 関節症マーカー・画像診断と関節病の疫学: 単純X線画像における変形性膝関節症のコンピュータ支援診断システム KOACADの臨床利用 第40回日本関節病学会 鹿児島市, 2012.11.8
- 57) 井上祐貴, 石原一彦: ナノ構造制御された生体親和性ポリマーブラシ表面近傍の水和特性. 第34回日本バイオマテリアル学会. 仙台, 2012.11.26.
- 58) 茂呂徹, 高取吉雄, 京本政之, 岩崎泰彦, 宮路史明, 田中栄, 伊藤英也, 川口浩, 中村耕三, 石原一彦: シンポジウム「メタルベースハイブリッドバイオマテリアル」 生体機能分子固定化による摩擦低減. 第34回日本バイオマテリアル学会シンポジウム. 仙台, 2012. 11. 27.
- 59) 石原一彦: ナノメディシン分子科学とバイオマテリアルサイエンス. 第34回日本バイオマテリアル学会シンポジウム. 仙台, 2012. 11. 27.
- 60) 於保恵, 永沢善三, 東谷孝徳, 太田昭一郎, 末岡榮三朗, 宮本比呂志: 質量分析装置 MALDI バイオタイパーでの同定精度に関する性能評価. 第59回日本臨床検査医学会学術集会. 京都, 2012. 11. 29- 12.2.
- 61) 辻 琢真, 山川 博司, 山下 淳, 高草木 薫, 前田 貴記, 加藤 元一郎, 岡 敬之, 浅間 一: "筋緊張計測を用いたラバーハンド錯覚の測定", 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 福岡市, 2012.12.18-20
- 62) 石川雄己, Qi An, 中川純希, 山下淳, 岡敬之, 浅間一: "膝関節靭帯付着位置と歩容が膝関節靭帯張力に与える影響の解析", 第25回自律分散システムシンポジウム, 仙台市, 2013.1.25-26
- 63) レ クオク ズン, 山川博司, 安琪, 石川雄己, 黒田篤, 古川宏嗣, 岡敬之, 魚住光成, 高草木薫, 山下淳, 浅間一: "カーレーサーのレース中のストレス推定のための咀嚼筋活動の計測", 第25回自律分散システムシンポジウム, 仙台市, 2013.1.25-26
- 64) 高取吉雄: 特別企画「カスタムメイド人工関節の臨床的必要性と評価指標策定動向」 カスタムメイド人工股関節の評価指標と臨床的必要性. 第43回日本人工関節学会.

- 京都, 2013. 2. 23.
- 65) 村上輝夫, 鎗光清道, 中嶋和弘, 澤江義則, 坂井伸朗: 生体関節の潤滑機構における潤滑液成分の影響. 第33回バイオトライボロジシンポジウム, 相模原, 2013.03.16
- 66) 坂田翔, 井上祐貴, 石原一彦: 種々の力が作用するポリマーブラシ表面におけるタンパク質の吸着挙動. 第62回高分子学会年次大会. 京都, 5.29-31. 2013.
- 67) 井上祐貴, 石原一彦: タンパク質吸着挙動における溶解鎖ポリマーブラシ表面の動的特性の役割. 第62回高分子学会年次大会. 京都, 5.29-31. 2013.
- 68) 石原一彦, 深澤今日子, 井上祐貴, 金野智浩, 京本政之, 茂呂徹: マテリアル光科学の創成を基盤とする超バイオ機能表面構築技術の開拓. 第13回東京大学生命科学シンポジウム. 東京, 6.8, 2013.
- 69) 石原一彦, 金野智浩, 井上祐貴: ナノメディシン分子科学. 第13回東京大学生命科学シンポジウム. 東京, 6.8, 2013.
- 70) 山根史帆里, 京本政之, 茂呂徹, 雑賀健一, 石原一彦, 高取吉雄: 人工関節環境下におけるPMPC処理CLPEの耐摩耗性検討. 第13回東京大学生命科学シンポジウム. 東京, 6.8, 2013.
- 71) 石原一彦: 細胞工学・組織再生医療を担うポリマーバイオマテリアルの創出. 新化学技術推進協会ライフサイエンス技術部会・材料分科会講演会. 東京, 6.11, 2013.
- 72) 塙隆夫. 医療ニーズに基づいた金属材料の生体機能化. 科学技術フォーラム第133回セミナー. 東京, 7.3, 2013.
- 73) 塙隆夫. 生体材料の表面処理. 表面技術協会めつき部会7月例会. 東京, 7.31, 2013.
- 74) 坂田翔, 井上祐貴, 石原一彦: タンパク質非吸着を実現する表面相互作用力の定量解析. 第62回高分子討論会. 金沢, 9.11-13, 2013.
- 75) 新関尚史, 野田和彦, 堤祐介, 蘆田茉希, 陳鵬, 土居壽, 塙隆夫: 抗菌性と硬組織適合性を両立するTi表面の創製. 2013年秋期講演大会(第153回)日本金属学会. 石川, 9.17-19, 2013.
- 76) 石原一彦: 医工連携による長寿命型人工股関節の創出. 東京大学疾患生命工学研究センター開所10周年記念シンポジウム. 東京, 9.24, 2013.
- 77) 石原一彦: バイオミメティックポリマーバイオマテリアル技術を搭載した長寿命人工関節の実現. 山形大学特別講演会. 山形, 10.21-22, 2013.
- 78) 石原一彦: ポリマー系医療材料の現状と展望. 日本学術振興会加工プロセスによる機能発現第176委員会第24回研究会. 東京, 11.1, 2013.
- 79) 塙隆夫. 金属材料の医療応用と研究最前線. 加工プロセスによる材料新機能発現第176委員会第24回研究会. 東京, 11.1, 2013.
- 80) 迫田秀行, 京本政之, 井上祐貴, 石原一彦, 新見伸吾: 人工関節摺動面材料の形状変化に基づく新規摩耗量評価法の開発. 第40回日本臨床バイオメカニクス学会. 神戸, 11.22-23, 2013.
- 81) 新関尚史, 堤祐介, 蘆田茉希, 陳鵬, 土居壽, 野田和彦, 塙隆夫: Ti表面への抗菌性酸化皮膜の形成とその評価. 第35回日本バイオマテリアル学会. 東京, 11.25-26, 2013.

- 82) 石原一彦: 細胞工学・組織再生医療を担うポリマーバイオマテリアルの創出. 日本バイオマテリアル学会北陸ブロック講演会. 富山, 12.16, 2013.
- 83) 京本政之: バイオミメティック技術を基盤とした新しい人工関節の開発と実用化. 第3回国際産学連携低侵襲医療シンポジウム. 東京, 1.15, 2014.
- 84) 金野智浩, 石原一彦: 先端バイオマテリアル工学を基盤とするナノ医療革命. 東大病院先端医療開発フォーラム (アカデミア発研究開発における産官学連携の加速). 東京, 1.24, 2014.
- 85) 京本政之: リン脂質ポリマー処理架橋ポリエチレンとセラミック骨頭による摺動面の摩耗特性. 第44回日本人工関節学会. 宜野湾, 2.21-22, 2014.
- 86) Chen P, Ashida M, Doi H, Tsutsumi Y, Hanawa T: Effect of metal surfaces on osteoblast-like cell behaviors in vitro. 日本金属学会 2014年春期 (第154回) 講演大会. 東京, 3.21-23, 2014.
- ② 国際学会
- 1) Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Takatori Y, Ishihara K: High oxidation- and wear-resistance of PMPC-grafted polyethylene arisen by extra plasma irradiation. 2011 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). Orlando, USA, 4.13-16, 2011.
- 2) Ishihara K, Goto Y, Matsuno R, Inoue Y, Konno T, Takai M: Inhibition of inflammatory responses on phospholipid polymer-coated nanoparticles. 2011 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). Orlando, USA, 4.13-16, 2011.
- 3) Byambaa B, Konno T, Ishihara K: Cytocompatible polymer surface with photocleavable groups for regulating the single cell attachment/detachment. 2011 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). Orlando, USA, 4.13-16, 2011.
- 4) Inoue Y, Nakanishi T, Ishihara K: Elucidation of protein adsorption behavior based on molecular dynamics around polymer brush surface. 2011 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). Orlando, USA, 4.13-16, 2011.
- 5) Oda H, Konno T, Ishihara K: Mechanical property-tunable and cytocompatible phospholipid polymer hydrogels for cell encapsulation. 2011 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). Orlando, USA, 4.13-16, 2011.
- 6) Tateishi T, Kyomoto M, Yamaoka T, Ishihara K: Biocompatible surface generation on poly(ether ether ketone) by self-initiated photoinduced graft polymerization. 2011 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). Orlando, USA, 4.13-16, 2011.
- 7) Ishihara K, Kyomoto M, Moro T, Inoue Y: Surface modification with phospholipid polymers for long-term implantable medical devices. THERMEC'2011. Quebec, Canada, 8.1-5, 2011.
- 8) Inoue K, Inoue Y, Ishihara K: Importance of dynamics of water molecules on protein adsorption at polymer brush surfaces. The 3rd Asian Biomaterials Congress. Busan, Korea, 9.15-17, 2011.
- 9) Ishihara K: Highly biocompatible surface for implantable artificial organ. The 3rd Asian Biomaterials Congress. Busan, Korea, 9.15-17, 2011.

- 10) Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Takatori Y, Ishihara K: High Oxidation- and Wear-resistances of Polyethylene Arisen by Vitamin E-blending and Poly(MPC) Grafting. 5th UHMWPE meeting. Philadelphia, USA, 9.22-23, 2011.
- 11) Ishihara K, Kyomoto M, Moro T, Takatori Y: Biomimetic surface modification on artificial hip joint for elongation of implantation life. European Society for Artificial Organs (ESAO). Porto, Portugal, 10.9-12, 2011.
- 12) Saiga KI, Moro T, Kyomoto M, Ito H, Kadota T, Tanaka T, Oshima H, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K, Takatori Y: Effect of MPC-grafting and PE thickness on wear and fracture in multi-mode pin-on-disk wear test. 6th International Biotribology Forum Biotribology Fukuoka 2001. Fukuoka, Japan, 11.5, 2011.
- 13) Inoue Y, Inoue K, Ishihara K: Direct evaluation of interaction force between proteins and polymer brush surfaces with well-characterized hydration state. 5th International Symposium of Nanomedicine. Nagoya, 3.15-17, 2012.
- 14) Inoue Y, Ishihara K: Evaluation of protein adsorption at polymer brush surfaces based on the water structure surrounding the surface. American Chemical Society, Spring 2013 National Meeting & Exposition. San Diego, USA, 3.25-29, 2012. Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Takatori Y, Ishihara K: Cartilage-inspired surface and antioxidative substrate give high durability to orthopaedic polyethylene bearings. 9th World Biomaterials Congress. Chengdu, China, 2012. 6. 1-5.
- 15) Sakata S, Inoue Y, Ishihara K: Interaction force of protein at biocompatible polymer brush surface. 9th World Biomaterials Congress. Chengdu, China, 2012. 6. 1-5.
- 16) Inoue Y, Ishihara K: Nano-scaled analysis of protein adsorption behavior based on molecular mobility around biocompatible polymer brush surface. 9th World Biomaterials Congress. Chengdu, China, 2012. 6. 1-5.
- 17) Tateishi T, Kyomoto K, Yamaoka T, Ishihara K: Smart surface modification on PEEK by self-initiating graft polymerization for cardiovascular application. 9th World Biomaterials Congress. Chengdu, China, 2012. 6. 1-5.
- 18) Yao Y, Ishihara K, Fukazawa K, Ma W, Huang N: Hemocompatibility improvement of titanium substrate with mussel-inspired adhesive phosphorylcholine polymer. 9th World Biomaterials Congress. Chengdu, China, 2012. 6. 1-5.
- 19) Murakami T, Yarimitsu S, Nakashima K, Yamaguchi T, Sawae Y, Sakai N, Araki T, Suzuki A: Adaptive multimode lubrication mechanism in articular cartilage and artificial hydrogel cartilage. International Conference on Biotribology BIOTRIBOLOGY XI'AN 2012, XI'AN, China, 2012.06.1
- 20) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T: Accumulation of Metabolic Risk Factors Raises The Risk of Occurrence and Progression of Knee Osteoarthritis: The ROAD Study. Annual European Congress of Rheumatology 2012, Berlin, Germany, 2012.6.6-9
- 21) Inoue Y, Ishihara K: Nano-force analysis for protein adsorption on biocompatible phospholipid polymer brush surface. International

- Conference of Young Researchers on Advanced Materials, Singapore, 2012.6. 1 -6.
- 22) Murakami T, Yarimitsu S, Nakashima K, Sawae Y, Sakai N: Adaptive multimode lubrication mechanisms in articular cartilage and artificial cartilage. ESB2012 18th Congress of European Society of Biomechanics, Lisbon, Portugal, 2012.7.3
- 23) Ishihara K: Bioinspired polymers for developing the bio/medical devices. Japan-Finland International Symposium of Biomedical Materials. Oulu, Finland, 2012.8.8.
- 24) Noda I, Miyamoto H, Eto S, Tsukamoto M, Akiyama T, Yonekura Y, Kawano S, Sonohata M, Mawatari M: Next Generation Antibacterial HA coating. 31st European Bone and Joint Infection Society. Montreux, Switzerland, 2012. 9. 20-22.
- 25) Ishihara K: Bioinspired phospholipid polymers for nanobiodevices. Biomaterials Day in Clemson, Society for Biomaterials, 2012.9.30.
- 26) Ishimoto Y, Yamada H, Hashizume H, Nagata K, Takiguchi N, Yoshida M, Kawaguchi H, Nakamura K, Muraki S, Oka H, Akune T, Yoshimura N: The relation between radiographic lumbar spinal stenosis and symptomatic persons in the general population -The Wakayama. Golden Jubilee Congress of The Asia Pacific Orthopaedic Association(APOA) and 7th Congress of the Asia Pacific Knee Society(APKS), New Delhi, India, 2012.10.3-6.
- 27) Tsukamoto M, Miyamoto H, Ando Y, Noda I, Eto S, Akiyama T, Yonekura Y, Sonohata M, Mawatari M: The hydroxyapatite coating containing silver continuously inhibits the biofilm formation in a flow condition of fetal bovine serum. 25th Annual congress of International Society for Technology in Arthroplasty. Sydney, Australia, 2012. 10. 3-6.
- 28) Ishihara K: Self-forming polymeric biomaterials for cell-based engineering. Korean Society for Biomaterials Symposium 2012, 2012.11.16.
- 29) Oho M, Nagasawa Z, Kusaba K, Higashitani T, Ohta S, Sueoka E, Miyamoto H: Application of MALDI-TOF MS-based strain typing for characterization of epidemiological relationships among bacterial strains. 12th Meeting of Asian Society of Clinical Pathology and Laboratory Medicine. Kyoto, Japan, 2012. 11. 29-12. 1.
- 30) Ishihara K: Successful development of phospholipid polymer biomaterials designed with bioinspiration. New Innovations in Polymers and Materials, Hawaii, 2012.12.16.
- 31) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T; Mild Cognitive Impairment Increases The Risk of Knee Osteoarthritis: A 3-Year Follow-Up in The ROAD Study. IOF Regionals - 3rd Asia-Pacific Osteoporosis Meeting, Kuala Lumpur, Malaysia, 2012.12.13-16
- 32) Muraki S, Akune T, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Oka H, Yoshimura N: Physical Performance, Bone and Joint Diseases, and Incidence of Falls in Japanese Men and women: The ROAD Study. IOF Regionals - 3rd Asia-Pacific Osteoporosis Meeting, Kuala Lumpur, Malaysia, 2012.12.13-16
- 33) Moro T, Takatori Y; Kyomoto M, Kamogawa M, Oda H, Morimoto S, Umeyama T, Kawaguchi H, Nakamura K: Clinical results of PMPC-grafted polyethylene

- acetabular liners. Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society. San Antonio, USA, 2013.1. 26-29.
- 34) Moro T, Kyomoto M, Ishihara K, Tanaka S, Oshima H, Tanaka T, Ito H, Nakamura K, Kawaguchi H, Takatori Y: Effect of larger femoral head on the wear resistance of the biocompatible polymer-grafted cross-linked polyethylene liner. Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society. San Antonio, USA, 2013. 1. 26-29.
- 35) Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Yamane S, Takatori Y, Ishihara K: Antioxidation and high wear resistance of life-long liners by vitamin E blending and poly(MPC) grafting. Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society. San Antonio, USA, 2013. 1. 26-29.
- 36) Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Yamane S, Takatori Y, Ishihara K: Biomimetic hydration lubrication with various polyelectrolyte layers on orthopedic polymeric bearing materials. Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society. San Antonio, USA, 2013. 1. 26-29.
- 37) Moro T, Takatori Y, Oda H, Morimoto S, Umeyama T, Kamogawa M, Kyomoto M, Kawaguchi H, Nakamura K: Clinical results of PMPC-grafted cross-linked polyethylene liner in primary total hip arthroplasty. American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) 2013 Annual Meeting. Chicago, USA, 2013. 3. 19-23.
- 38) Ishihara K: Intracellular dynamics of oligopeptide-modified phospholipid polymernanoparticles. Society for Biomaterials (SFB). Boston, USA, 4.10-13, 2013.
- 39) Fukazawa K, Ishihara K: Versatile Surface Modification of Biomaterials Using Biocompatible and Photoreactive Phospholipid polymer. Society for Biomaterials (SFB). Boston, USA, 4.10-13, 2013.
- 40) Sakata S, Inoue Y, Ishihara K: Interaction Forces Related to Protein Adsorption on Polymer Brush Surfaces. Society for Biomaterials (SFB). Boston, USA, 4.10-13, 2013.
- 41) Inoue Y, Onodera Y, Ishihara K: Initial Cell Adhesion on RGD-immobilized Phospholipid Polymer Brush Layer with Different Molecular Mobility. Society for Biomaterials (SFB). Boston, USA, 4.10-13, 2013.
- 42) Kyomoto M, Moro T, Yamane S, Takatori Y, Ishihara K: Smart modification of PEEK by self-initiated surface graft polymerization for orthopedic bearings. 1st PEEK International Meeting. Philadelphia, USA, 4.25-26, 2013.
- 43) Inoue Y, Ishihara K: Water Structure on Biocompatible Polymer Brush Surfaces. The 4th Asian Biomaterials Congress. Hong Kong, China, 6.26-29, 2013.
- 44) Hanawa T: Development of new alloys and functional surfaces meeting clinical demands. The 4th Asian Biomaterials Congress, Hong Kong, 6.26-29, 2013.
- 45) Ishihara K, Kyomoto M: Photoinduced and self-initiated fabrication of biocompatible phospholipid polymer layer on poly(ether-ether-ketone) (PEEK). 4th Asian Biomaterials Congress. Hong Kong, China, 6.26-29, 2013.
- 46) Hanawa T: Biofunctionalization of metallic materials. The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing (PRICM-8). Hawaii, USA, 8.4-9, 2013.
- 47) Hanawa T: Research and

- development of metals for medical devices based on clinical needs. 5th TMDU International Summer Program (ISP2013), Tokyo, Japan, 8.26, 2013.
- 48) Hanawa T, Kyuzo M, Inoue Y, Nagai A, Tsutsumi Y, Doi H, Ishihara K: Electrodeposition of phospholipid polymer to titanium to improve the biocompatibility. 25th European Conference on Biomaterials, Madrid, Spain, 9.8-12, 2013.
- 49) Ishihara K: Photoinduced and self-initiated biocompatible surface modification on poly(ether-ether-ketone) medical device. 韓国バイオマテリアル学会. Seoul, Korea, 9.25-28, 2013.
- 50) Kyomoto M, Moro T, Yamane S, Saiga K, Takatori Y, Ishihara K: Effects of antioxidative substrate and cartilage-inspired surface on the durability of acetabular liner. 6th International UHMWPE Meeting. Torino, Italy, 10.10-11, 2013.
- 51) Siskey RL, Kurtz SM, Kyomoto M, Ueno M, Weisenburger J, Haider H: Wear Performance of MPC-grafted UHMWPE for Total Hip Replacement. 6th International UHMWPE Meeting. Torino, Italy, 10.10-11, 2013.
- 52) Hanawa T: Introduction of IBB and development of metallic materials for medicine. Joint Symposium between Chulalongkorn University and IBB/TMDU on Biomedical Materials and Engineering, Bangkok, Thailand, 10, 2013.
- 53) Ishihara K: Cell membrane permeable and cytocompatible phospholipid polymer nanoprobe conjugated with molecular beacons. ナノメディシン協会国際シンポジウム. Kitakyushu, Japan, 11.7-9, 2013.
- 54) Hanawa T: Development of new alloys and surface treatment techniques meeting clinical demands. 2013 Research Center for Oral Disease Regulation of the Aged International Symposium. Gwangju, Korea, 11, 2013.
- 55) Hanawa T: Current and future metal-based biomaterials. The 30th Taiwan and Japan Engineering Symposium, Kaohsiung, Taiwan, 11.17, 2013.
- 56) Hanawa T: Recent researches on surface modification of metals for biomedical use. The 30th Taiwan and Japan Engineering Symposium, Kaohsiung, Taiwan, 11.17, 2013.
- 57) Tsutsumi Y, Niizeki N, Chen P, Ashida M, Doi H, Noda K, Hanawa T: Improvement of biocompatibility of metallic biomaterial by electrochemical surface treatments. International Conference on Surface Engineering (ICSE2013), Busan, Korea, 11.18-21, 2013.
- 58) Hanawa T: Biofunctionalization of metallic materials meeting clinical demands. TMDU-TMU Symposium on Advances of Biomaterials and Regenerative Medicine. Taipei, Taiwan, 11.30, 2013.
- 59) Ishihara K: Bioinspired phospholipid polymer biomaterials for innovative medical device. International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials. Hangzhou, China, 12.1-5, 2013.
- 60) Hanawa T: Research and development of metallic biomaterials meeting clinical demands. 5th International Conference on Mechanics of Biomaterials and Tissues (ICMoBT 2013), Barcelona, Spain, 12.8-12, 2013.
- 61) Hanawa T: Development of new alloys and surface modification techniques based on clinical demand. International Symposium on EcoTopia Science 2013 (ISETS '13)

-Innovation for Smart Sustainable Society-. Nagoya, Japan, 12.13-15, 2013.

H. 知的財産権の出願・登録状況
特になし。

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業（政策創薬探索研究事業））

分担研究報告書

衝撃耐久性の検討

分担研究者 中村耕三 (国立障害者リハビリテーションセンター 総長)
村上輝夫 (九州大学バイオメカニクス研究センター 特命教授)
岡 敬之 (東京大学医学部附属病院 助教)

研究要旨：我々は、親水性と生体親和性に優れた合成リン脂質、2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC)ポリマーを約 100~200 nm の厚さで UHMWPE 表面に結合させる技術 (PMPC 処理)を開発した。PMPC 処理は、水和潤滑表面を創出する技術であり、この技術を搭載した人工股関節は、既に実用化されている。しかし、人工膝関節は人工股関節に比べ、関節面の適合性が低く、摺動条件がまったく異なる。このため、PMPC 処理の効果を発揮させるためには新たな研究が必要である。本分担研究では、PMPC 処理 CLPE について、Roller-on-flat 摩擦試験機を用いて、接触面圧、摺動速度および潤滑液成分を変化させたときの摩擦係数を測定し、PMPC 処理による水和ゲル層の潤滑モードを評価した。この結果、人工膝関節に近い摺動速度において、PMPC 処理により摩擦係数が低下することを確認し、人工膝関節への PMPC 処理適用の可能性が示された。また、Pin-on-disk 型摩耗試験機を用いた衝撃-摺動試験により、膝関節摺動環境下においても、PMPC 処理により摩耗量が減少すること、基材の厚さを薄くすると摩耗量が増加することを確認した。適切な基材厚さを持つ PMPC 処理 CLPE は、長寿命な人工膝関節材料として適当であることが示唆された。

A. 研究目的

高齢化社会が進んでいる現在、変形性膝関節症、関節リウマチなどの多くの疾患に人工関節置換術が適用されている。人工関節置換術の最も大きな利点は、術後における疼痛の改善であり、成功を収めてきた治療法である。しかしながら、超高分子量ポリエチレン (PE)製コンポーネ

ントの摩耗・破損、非感染性弛みなどの問題は入れ換えを余儀なくされる深刻な合併症である。これを防止し耐用年限 (寿命)を延長することは、重要かつ緊急の課題である。

我々のグループは親水性と生体親和性に優れた合成リン脂質、2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC)を約 100~

200 nm の厚さで架橋 PE (CLPE)表面に光開始グラフト重合法により結合させる技術 (PMPC 処理)を開発した。PMPC 処理は、水和潤滑表面を創出する技術であり、人工股関節において CLPE ライナーの摩耗を著しく減少させることが明らかとなっている。また、本技術は、表層のみを修飾する処理であり基材となる CLPE の性質に影響を与えないことも明らかになっている。つまり、耐摩耗特性のみでなく、機械的強度、耐破壊靱性が要求される人工膝関節インサートを作製するには、最適な方法であるといえる。そこで、この PMPC 処理技術を人工膝関節インサートに適用することで、UHMWPE 製コンポーネントの摩耗や摩耗粉の発生により起因する非感染性弛みの抑制を目指した研究開発を立案した。しかし、人工股関節に比べ人工膝関節の適合性が低く、摺動条件がまったく異なる。そのため、人工膝関節の摺動環境における PMPC 処理層の潤滑モードを評価する必要がある。

本研究では、まず、Roller-on-flat 摩擦試験機を用いて、接触面圧、摺動速度、表面粗さおよび潤滑液成分を変化させたときの摩擦係数を測定し、PMPC 処理による水和ゲル層の潤滑モードを評価した。次に、Pin-on-disk 型摩擦試験機を用い、膝関節における摩擦摩耗動作を想定した衝撃-摺動試験によって、PMPC 処理の効果および CLPE 基材の厚さの効果を評価した。

B. 研究方法

1. PMPC 処理 PE (CLPE)の作製

① 試薬

ベンゾフェノンおよびアセトンは、和光純薬製を用いた。MPC モノマーは、日本油脂製を用いた。PE 基材には、人工股関節に使用されている CLPE を用いた。

② PMPC 処理

CLPE 試験体を 10 g/L に調製したベンゾフェノン含有アセトン溶液に 30 秒間浸漬した後、速やかに引き上げた。室温にて試験体表面のアセトン溶媒を除去した。完全に脱気した純水を用いて、MPC 水溶液 (0.5 mol/L)を調製した。ベンゾフェノンを表面にコーティングした CLPE 試験体を、MPC 水溶液に浸漬し、 5 mW/cm^2 の紫外線 (中心波長 350 nm) を 90 分間照射することでグラフト重合を行った。照射中、MPC 水溶液を 60°C になるよう調整した。重合後、CLPE 試験体を超純水およびエタノールにて十分に洗浄し、PMPC 処理 CLPE を得た。CLPE 表面の PMPC 層生成を、静的接触角測定により確認した。

2. Roller-on-flat 摩擦試験装置を用いた、PMPC 処理 CLPE の摩擦特性試験

Roller-on-flat 摩擦試験装置を用い (図 1)、PMPC 処理 CLPE の摩擦特性試験を行った。

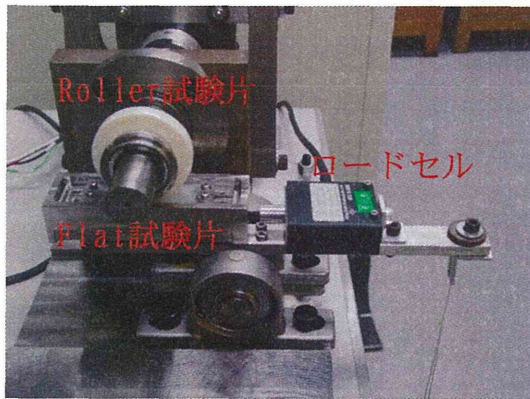


図 1. Roller-on-flat 摩耗試験装置

Flat 型試験片には、接触面圧を変化させるため、表面形状をフラット、曲率半径 35 mm および 30.5 mm の曲面とした CLPE および PMPC 処理 CLPE を用いた。Roller 型試験片には、アルミナセラミックスを用いた。潤滑液には精製水および 30%ウシ胎児血清溶液 (FBS)を用いた。垂直荷重は 100 N とし、摺動速度は 9.42 mm/s から 1500 mm/s まで変化させ、摺動距離 377 m まで摩擦試験を行った。

動摩擦係数は、Roller-on-flat 試験機に設置されたロードセルより摺動動作中に検出される摩擦力および Roller より加えている垂直荷重より算出した。あわせて、摩擦試験後の Flat 試験片表面 PMPC 層の残存を Rhodamine 6G を用いた蛍光顕微鏡観察により確認した。

3. Pin-on-disk 型摩耗試験装置を用いた、PMPC 処理 CLPE の摩耗特性試験

ASTM F732-00 規格、F2025-06 規

格を参考に、pin-on-disk 型摩耗試験装置 (AMTI 製 Ortho-POD) を用い (図 2)、衝撃-摺動試験 (膝関節における通常歩行時に生じる摩擦動作を想定した試験) を行った。

Disk 型試験片には、厚さ 3 mm または 6 mm の未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE を用い、pin 型試験片には、コバルトクロム合金 (Co-Cr) を用いた。衝撃-摺動試験は、37°C のウシ血清中にて行った。



図 2. Pin-on-disk 型摩耗試験装置 (AMTI 製 Ortho-POD)

最大荷重は 150 N とし、摺動距離 10 mm、摺動速度 1 Hz の条件で 200 万サイクルまで試験を行った。disk 型試験片の位置 (変位)、pin 型試験片の位置 (変位) および垂直荷重による動作波形を、図 3 に示す。

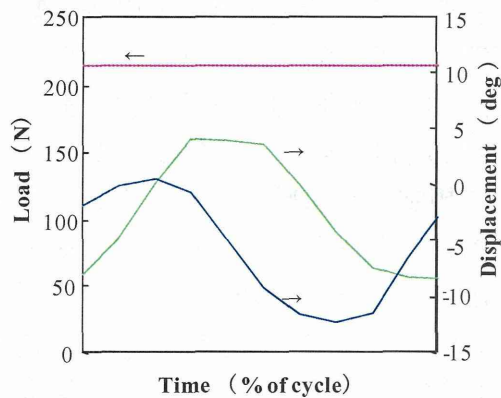


図3. 衝撃-摺動試験の動作波形
 -: 荷重, —: disk 変位, —: pin 変位

衝撃-摺動試験は、5万、20万、50万、100万および200万サイクル終了時に潤滑液の交換を行うと同時に、disk型試験片の回収、洗浄、乾燥、重量測定を行った。併せて、厚さ3mmまたは6mmの未処理CLPEおよびPMPC処理CLPEの試験片のsoak試験を行い、その重量変化から吸水量を補正することで摩耗量を算出した。また、外観観察を行うとともに、デジタルマイクロスコープ（キーエンス製VHX-200）を用いて摺動部の観察、走査型共焦点レーザ顕微鏡（オリンパス製OLS1200）を用いたディスク試験片表面の衝撃部および背面の孔部の観察、マイクロCT装置（島津製作所製InspeXio）を用いたディスク試験片内部の観察を行った。

C. 研究結果

CLPEに対しPMPC処理を行い、PMPC処理CLPEを得た。静的接触角測定を行い、CLPEでは接触角93.0度に対し、PMPC処理CLPEで

は37.3度と有意に低下し、水和ゲル層の生成を確認した。

図4に、精製水清環境下での各速度条件におけるCLPEおよびPMPC処理CLPEの摩擦係数を示す。

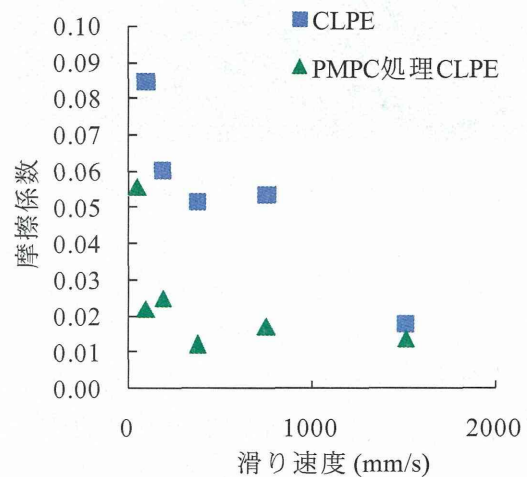


図4. 精製水環境におけるCLPEおよびPMPC処理CLPEの摩擦係数

精製水環境では、CLPEの摩擦係数は、滑り速度47 mm/s : 0.105、94 mm/s : 0.084、189 mm/s : 0.060、377 mm/s : 0.051、754 mm/s : 0.053、1508 mm/s : 0.017となり、速度上昇とともに低下する傾向を示した。PMPC処理CLPEの摩擦係数は、滑り速度47 mm/s : 0.055、94 mm/s : 0.022、189 mm/s : 0.025、377 mm/s : 0.012、754 mm/s : 0.017、1508 mm/s : 0.014となり、速度上昇とともに摩擦係数が低下する傾向を示した。

人工膝関節に近い滑り速度と言われる47 mm/s、94 mm/s、189 mm/sの摩擦係数に着目すると、CLPEに比べPMPC処理CLPEは低い摩擦係数を示した。滑り速度を1508 mm/s

まで速くすると、両群の摩擦係数は同程度となった。

図5に血清溶液環境におけるCLPEおよびPMPC処理CLPEの摩擦係数を示す。

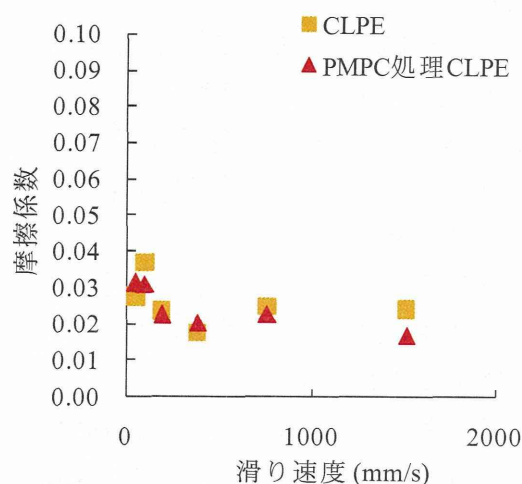


図5. 血清溶液環境におけるCLPEおよびPMPC処理CLPEの摩擦係数

血清溶液環境では、CLPEの摩擦係数は、滑り速度47 mm/sにおいて0.27、94 mm/sにおいて0.037、189 mm/sにおいて0.023、377 mm/sにおいて0.018、754 mm/sにおいて0.025、1508 mm/sにおいて0.024となり、滑り速度と摩擦係数の間に相関は見られなかった。PMPC処理CLPEの摩擦係数は、滑り速度47 mm/sにおいて0.031、94 mm/sにおいて0.031 mm/s、189 mm/sにおいて0.023、377 mm/sにおいて0.020、754 mm/sにおいて0.023、1508 mm/sにおいて0.017となり、PMPC処理CLPEにおいても滑り速度と摩擦係数の相関は認められなかった。また、すべ

ての速度域において、CLPEとPMPC処理CLPEの摩擦係数は同程度であった。

図6に摩擦試験後PMPC処理CLPE表面の蛍光顕微鏡観察画像を示す。摺動部においても、加工時に生じる溝部に沿ってPMPC層が残存している様子が認められた。

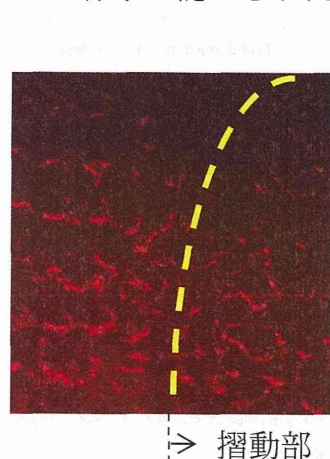


図6. PMPC処理CLPEの摩擦試験後表面蛍光顕微鏡観察像

3. Pin-on-disk型摩耗試験装置を用いた、PMPC処理CLPEの衝撃-摺動試験

図7に、衝撃-摺動試験における未処理CLPEおよびPMPC処理CLPEの摩耗量を示す。

200万サイクルの試験後、厚さ3 mmおよび6 mmの試験片ともに、未処理CLPEに比べPMPC処理CLPEは高い耐摩耗性を示した。また、未処理、PMPC処理いずれにおいても、厚さ3 mmの試験片が、6 mmよりも摩耗する傾向がみられた。

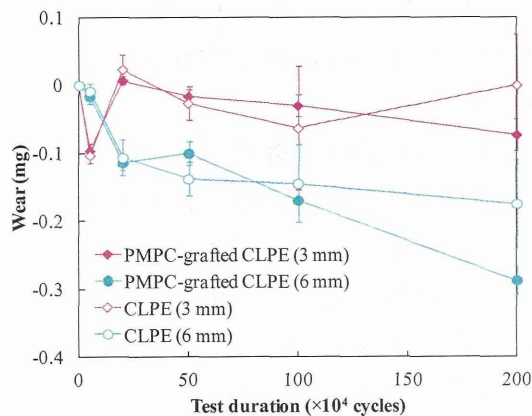


図 7. 衝撃-摺動試験における未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE の摩耗量

図 8 に、衝撃-摺動試験における未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE 摺動表面の各試験回数での代表的な外観写真を示す。

未処理 CLPE 群および PMPC 処理 CLPE 群のいずれも、試験回数の増加とともに摺動面のツールマークが失われている様子が観察された。また、背面は治具ホールによる円状の跡が形成され、試験回数とともに傷より外側のツールマークが消失している様子が観察された。

図 9 に、摩耗試験における未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE 摺動表面の各試験回数での代表的なマイクロスコブ観察像を示す。

未処理 CLPE 群および PMPC 処理 CLPE 群のいずれも、試験回数の増加とともに摺動面のツールマークが失われている様子が観察された。5 万サイクルの試験回数において、背面では治具ホールによる円状の

跡が形成されており、試験回数の増加とともに傷より外側のツールマークの消失が進行した。この背面摩耗 (backside wear) の進行は、未処理 CLPE 群および PMPC 処理 CLPE 群ともに、厚さ 3 mm の disk 試験片で顕著であった。

未処理 CLPE 群および PMPC 処理 CLPE 群のいずれの試験片においても、200 万サイクルの試験終了時までデラミネーションや破損などの発生は認められなかった。

図 10 に、200 万サイクル終了後のディスク試験片の代表的なレーザ顕微鏡観察像を示す。

ディスク表面では、全ての試験片において、衝撃部におけるツールマークの消失が認められた。いずれの試験片においても、デラミネーション等の異常摩耗はみられなかった。

ディスク背面では、全ての試験片において、チタン合金製治具の中央に設けたホールによる円形の痕が形成された。ホールの外側、つまりチタン合金製治具と接する領域ではツールマークが薄くなる傾向が見られた。円形痕の形成およびホール部外側のツールマークの薄化は厚さ 3 mm の試験片において顕著であった。

図 11 に、200 万サイクル終了後のディスク試験片の代表的なマイクロ CT による断面像を示す。

いずれの試験片においても、内部クラックの発生はみられなかった。

CLPE (3 mm)

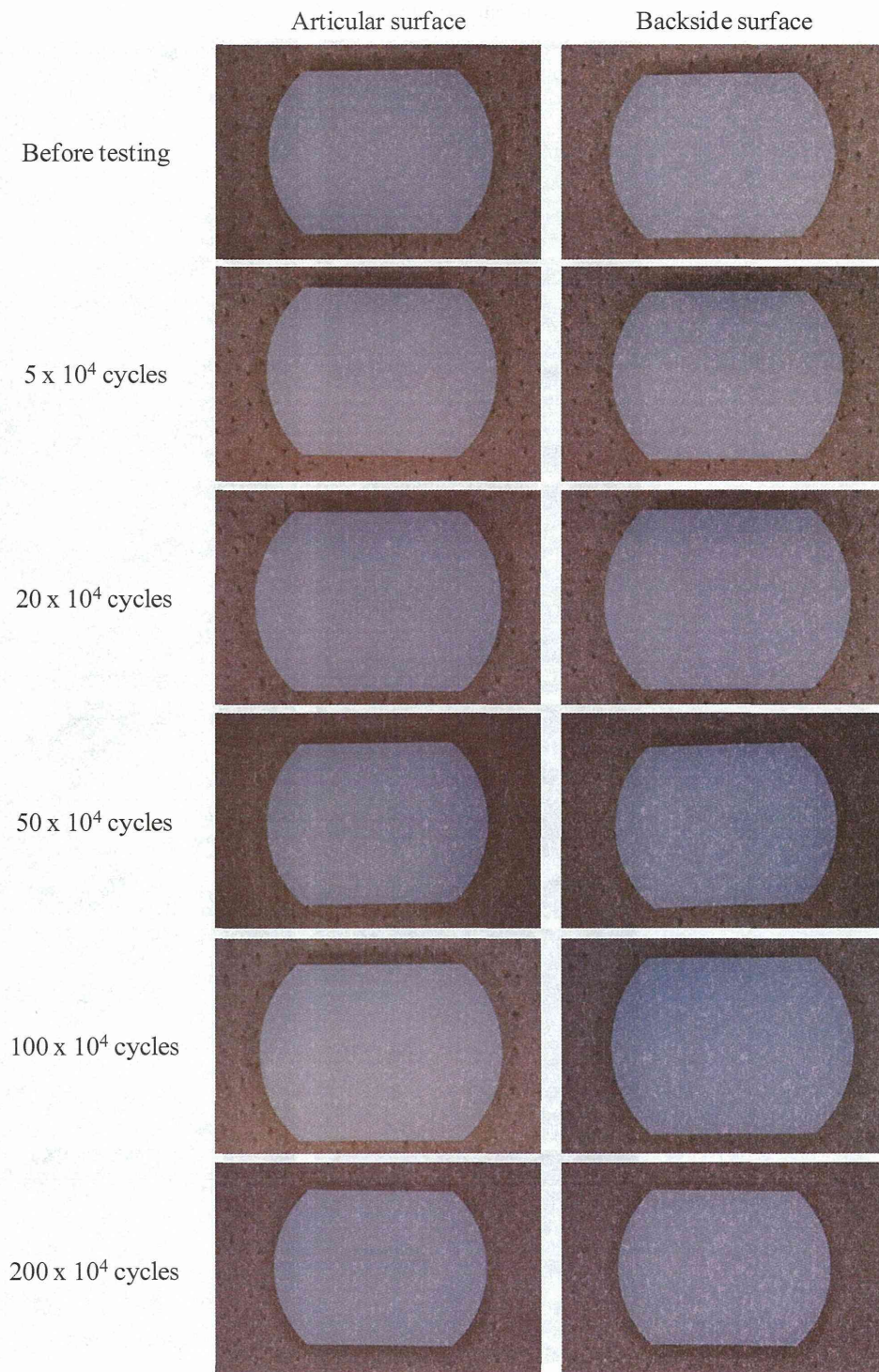


図 8-1. 摩耗試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

MPC-grafted CLPE (3 mm)

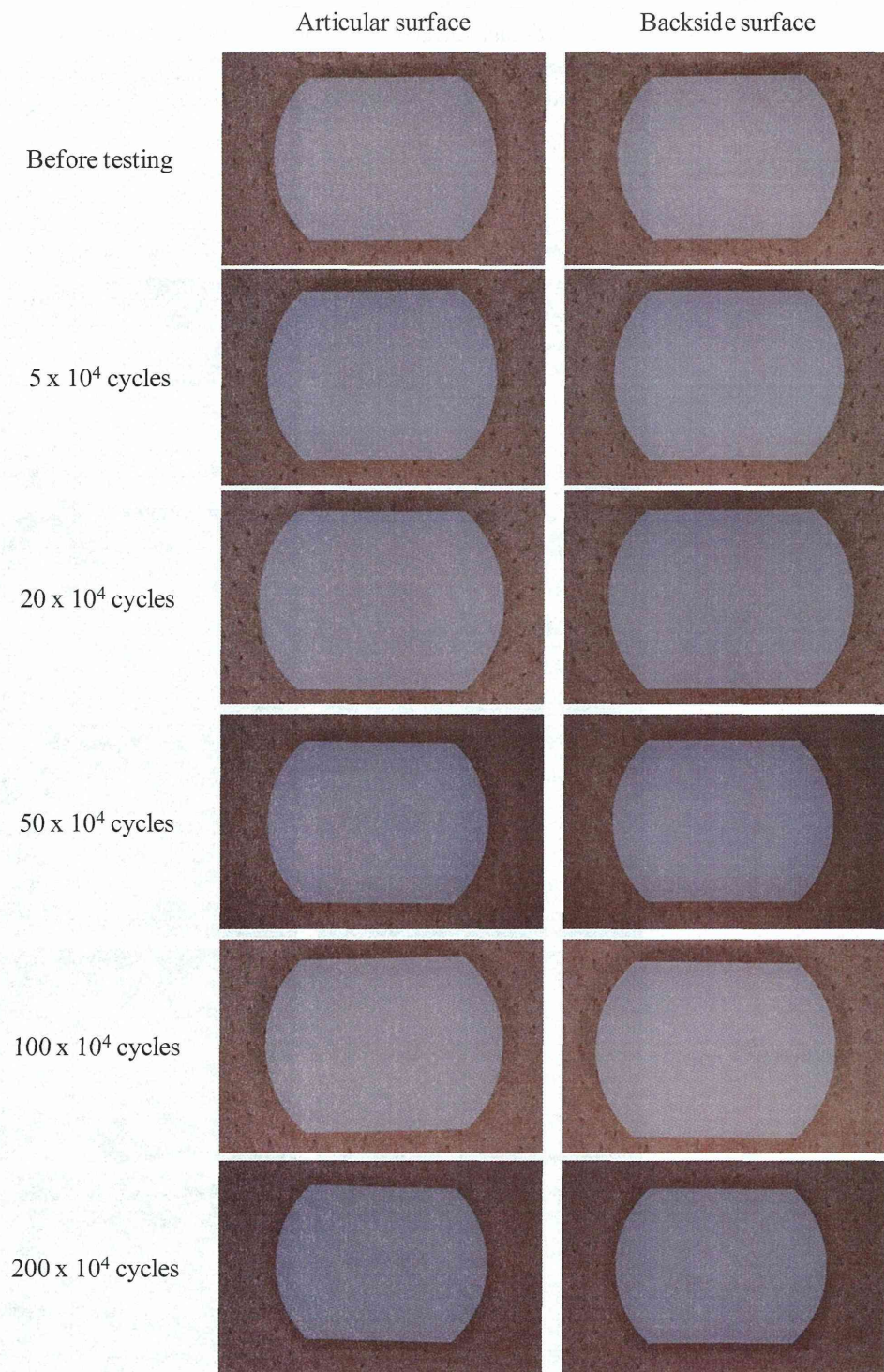


図 8-2. 摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

CLPE (6 mm)

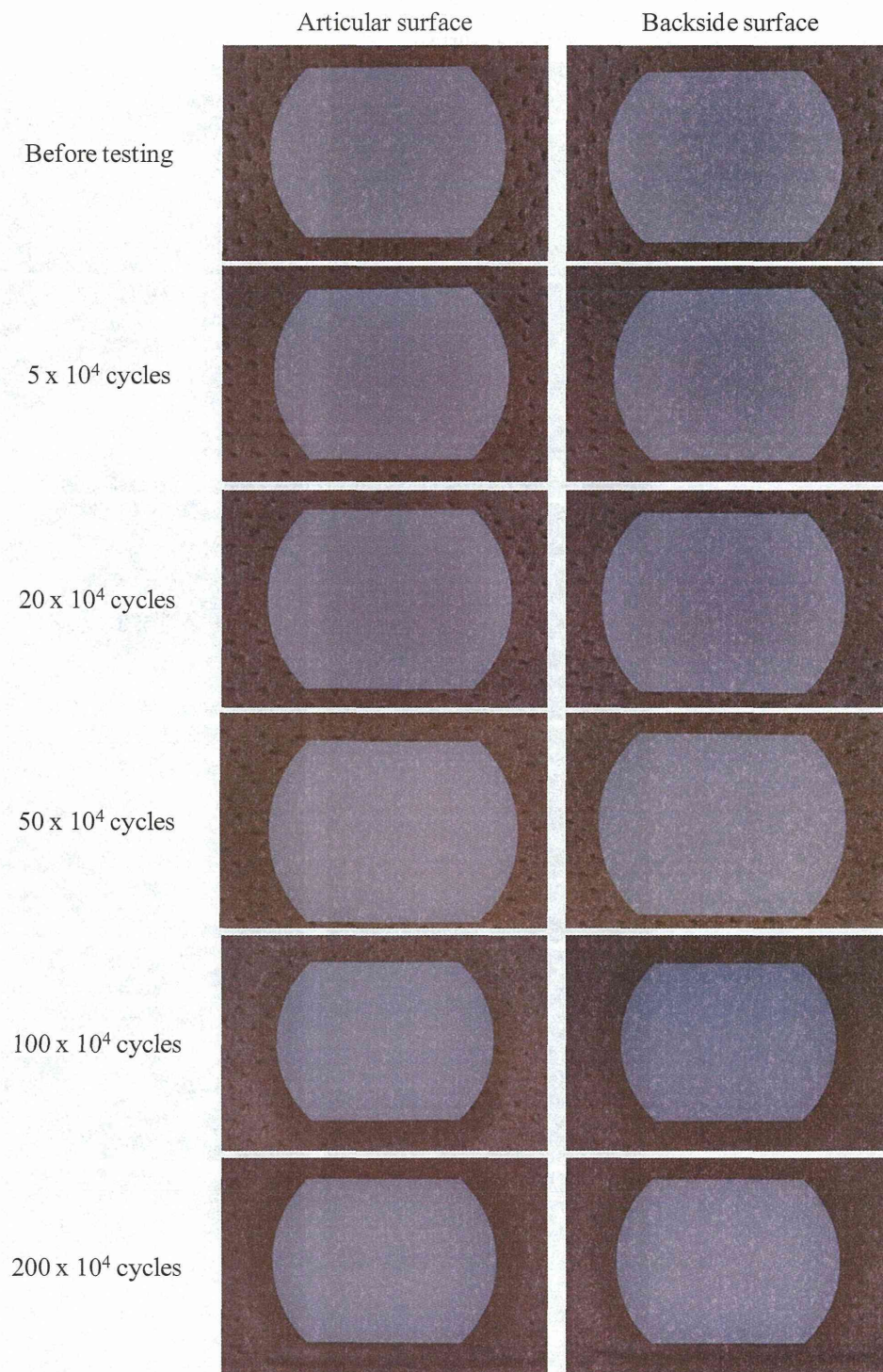


図 8-3. 摩耗試験前後の未処理 CLPE (6 mm 厚) の外観写真

MPC-grafted CLPE (6 mm)

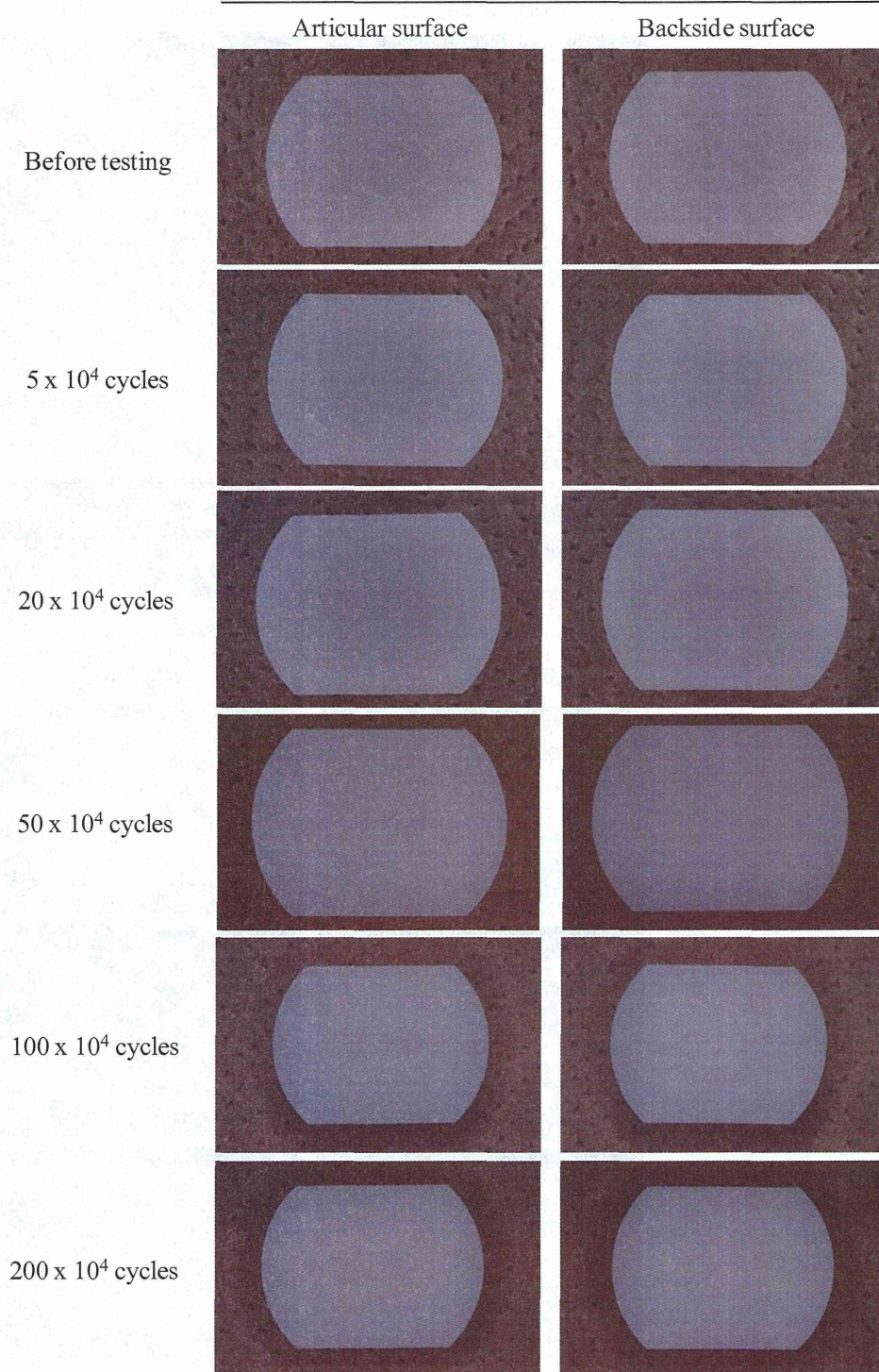


図 8-4. 摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (6 mm 厚) の外観写真

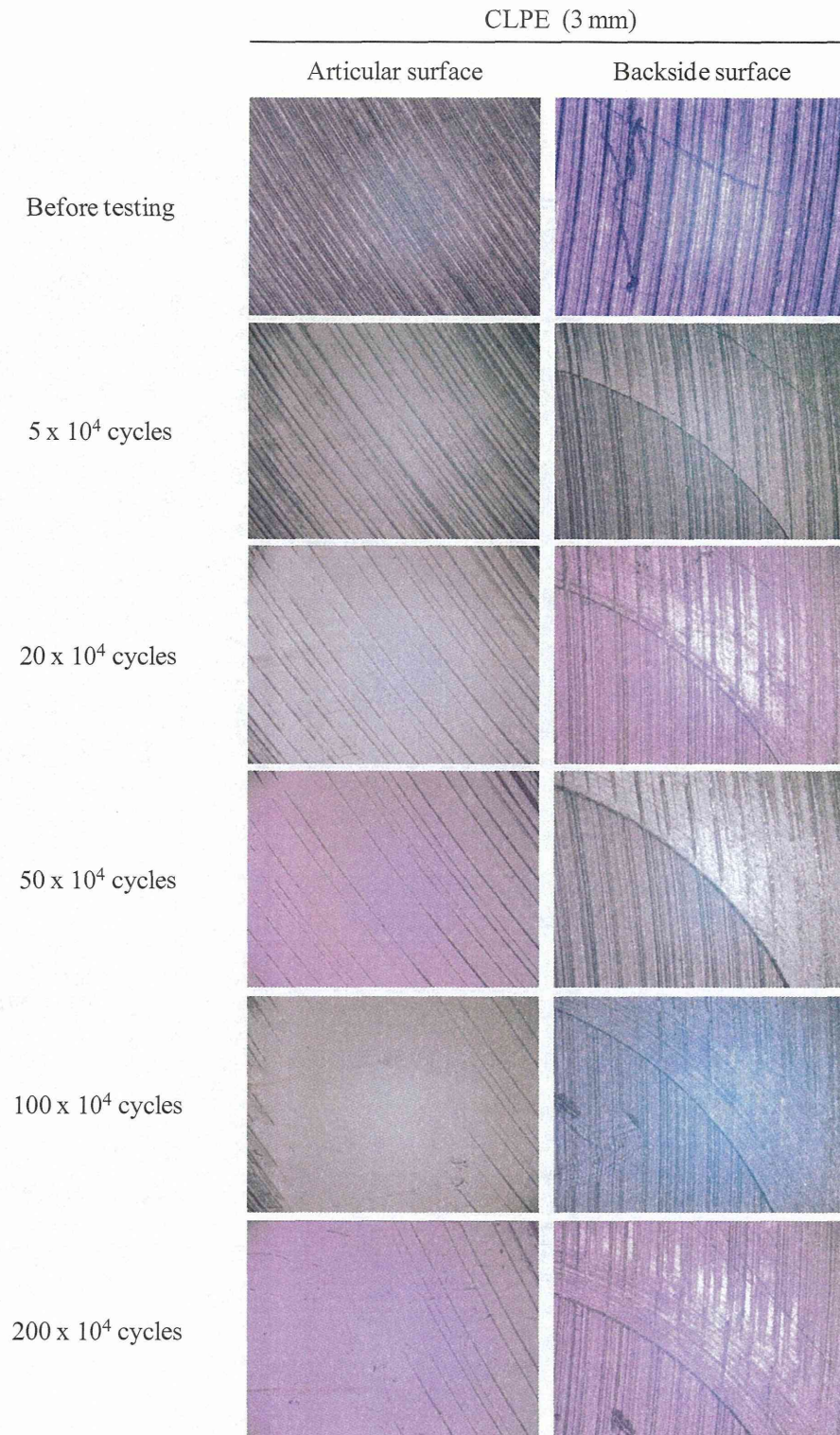


図 9-1. 衝撃-摺動試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコープイメージ

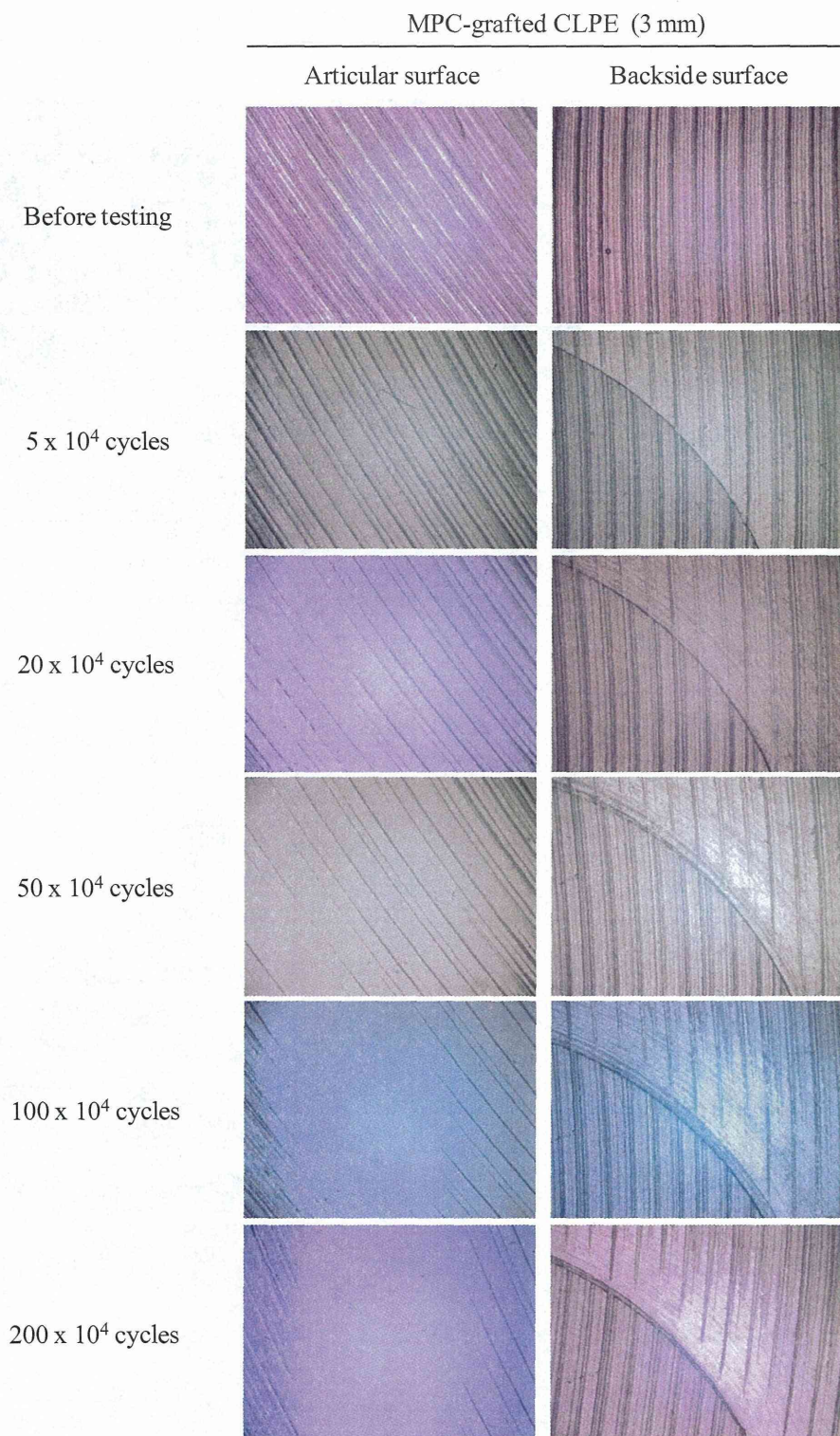


図 9-2. 衝撃-摺動試験前後の PMPC 処理 CLPE (3 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコプイメージ