

CLPE (3 mm)

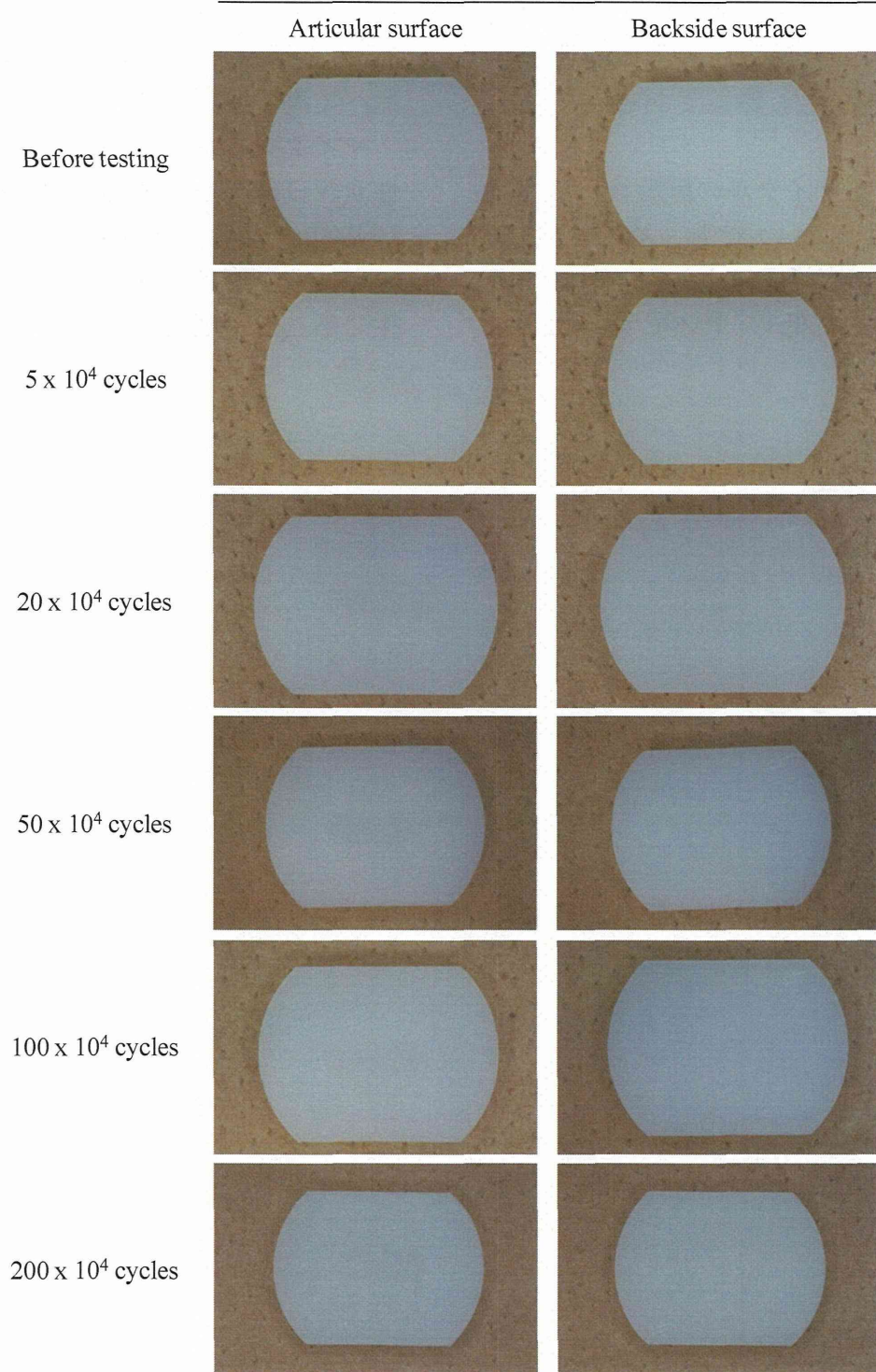


図 4-1. 摩耗試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

MPC-grafted CLPE (3 mm)

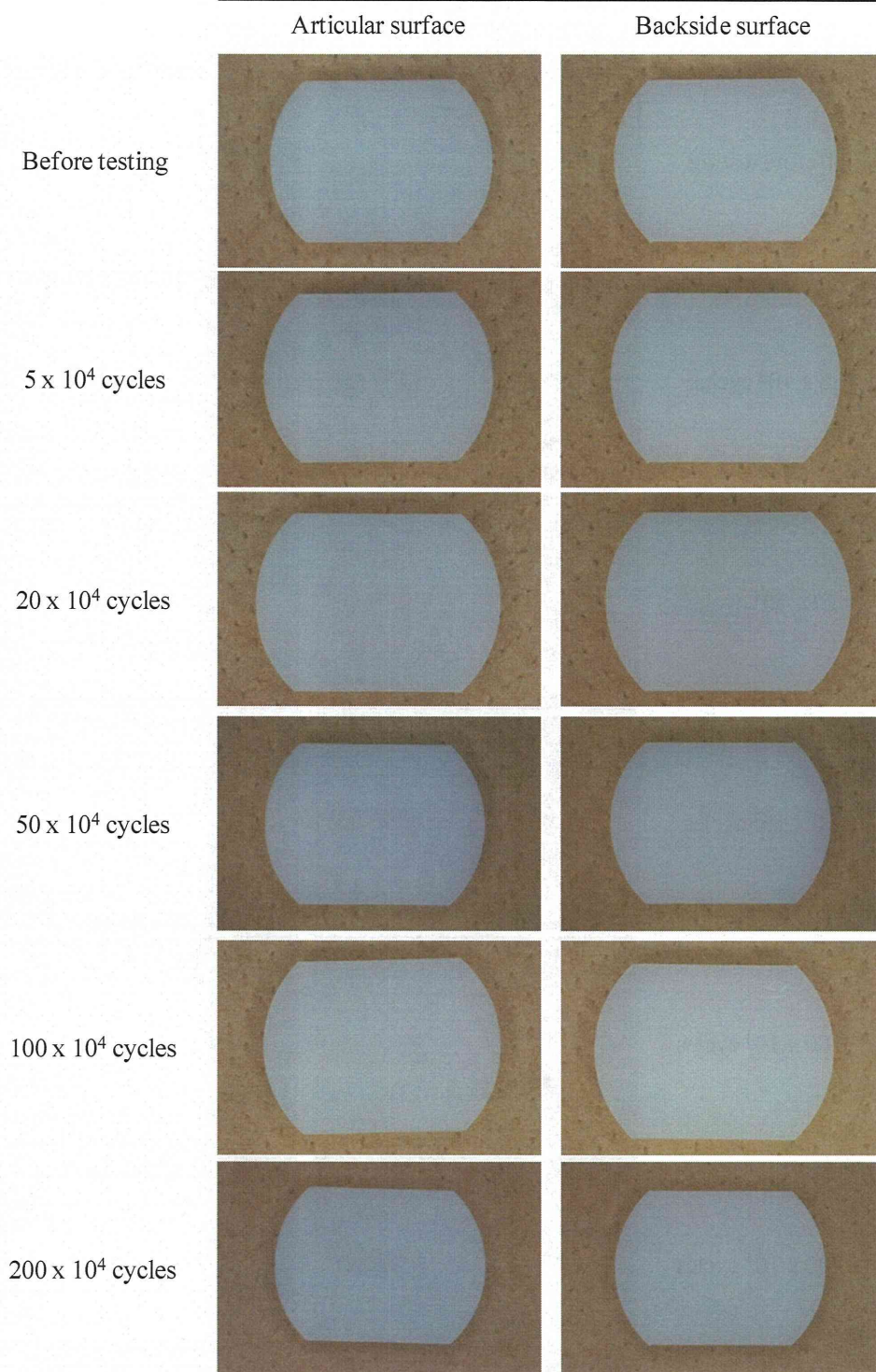


図 4-2. 摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

CLPE (6 mm)

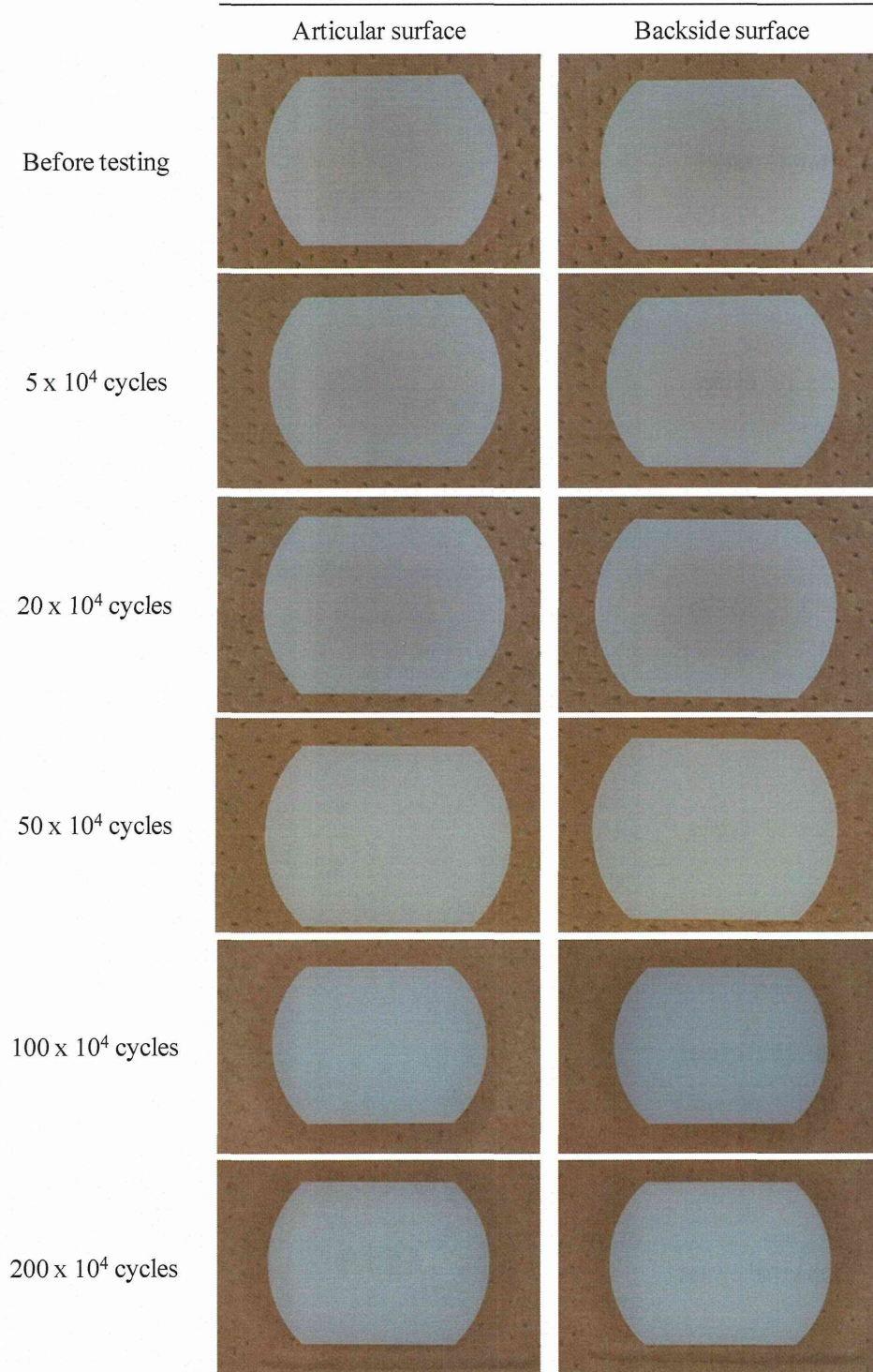


図 4-3. 摩耗試験前後の未処理 CLPE (6 mm 厚) の外観写真

MPC-grafted CLPE (6 mm)

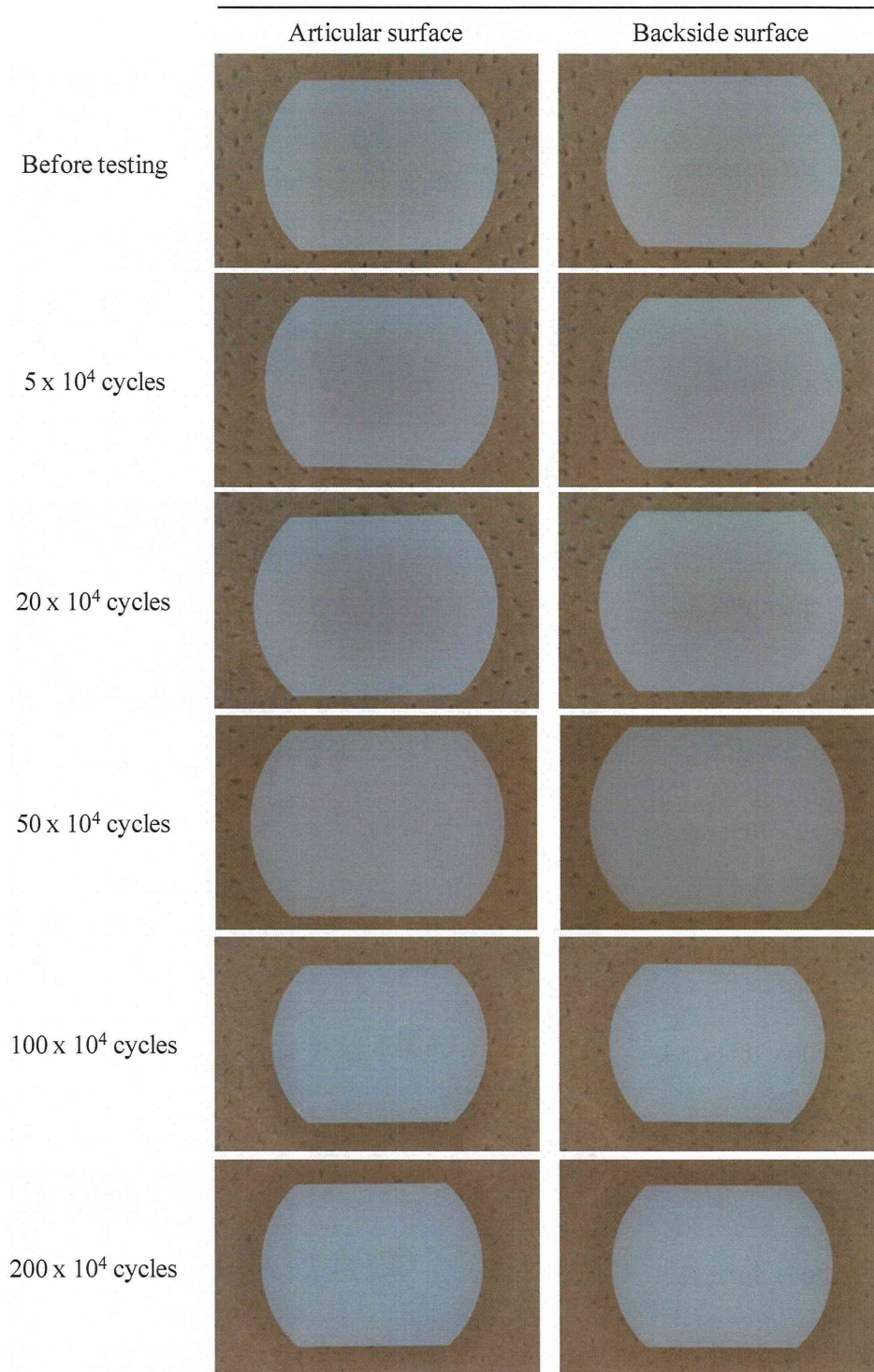


図 4-4. 摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (6 mm 厚) の外観写真

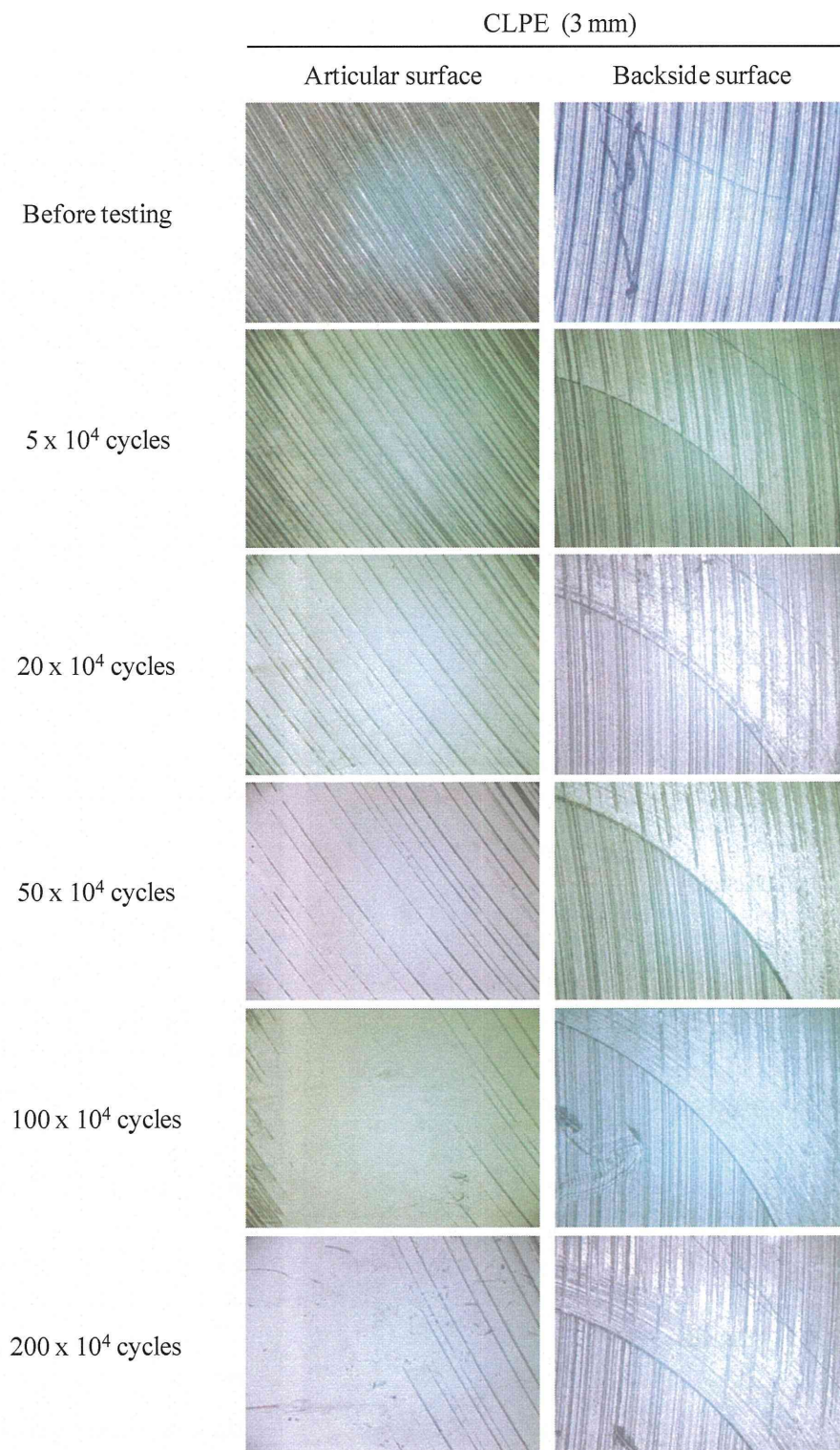


図 5-1. 衝撃-摺動試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロSCOPEイメージ

MPC-grafted CLPE (3 mm)

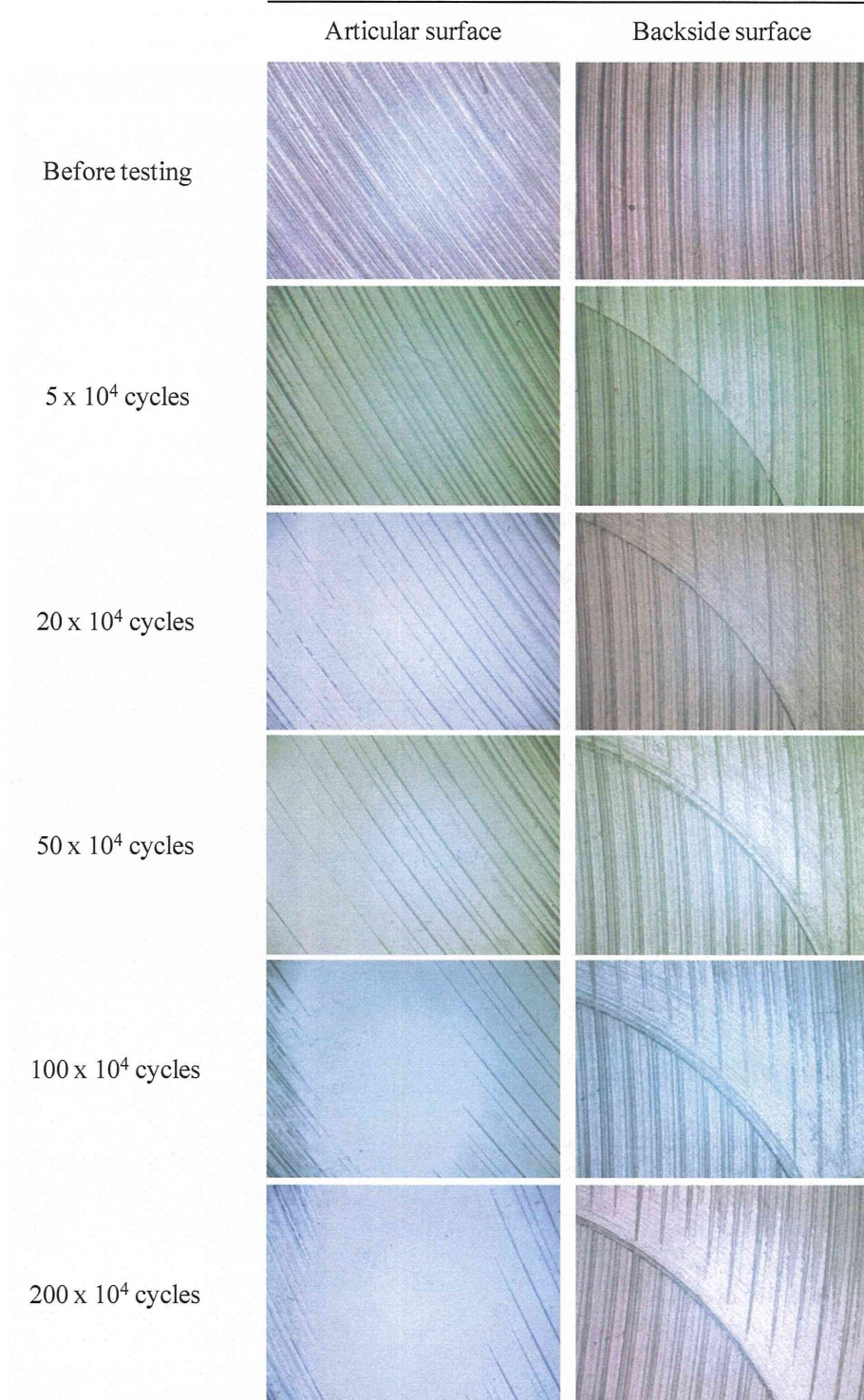


図 5-2. 衝撃-摺動試験前後の PMPC 処理 CLPE (3 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロSCOPE イメージ

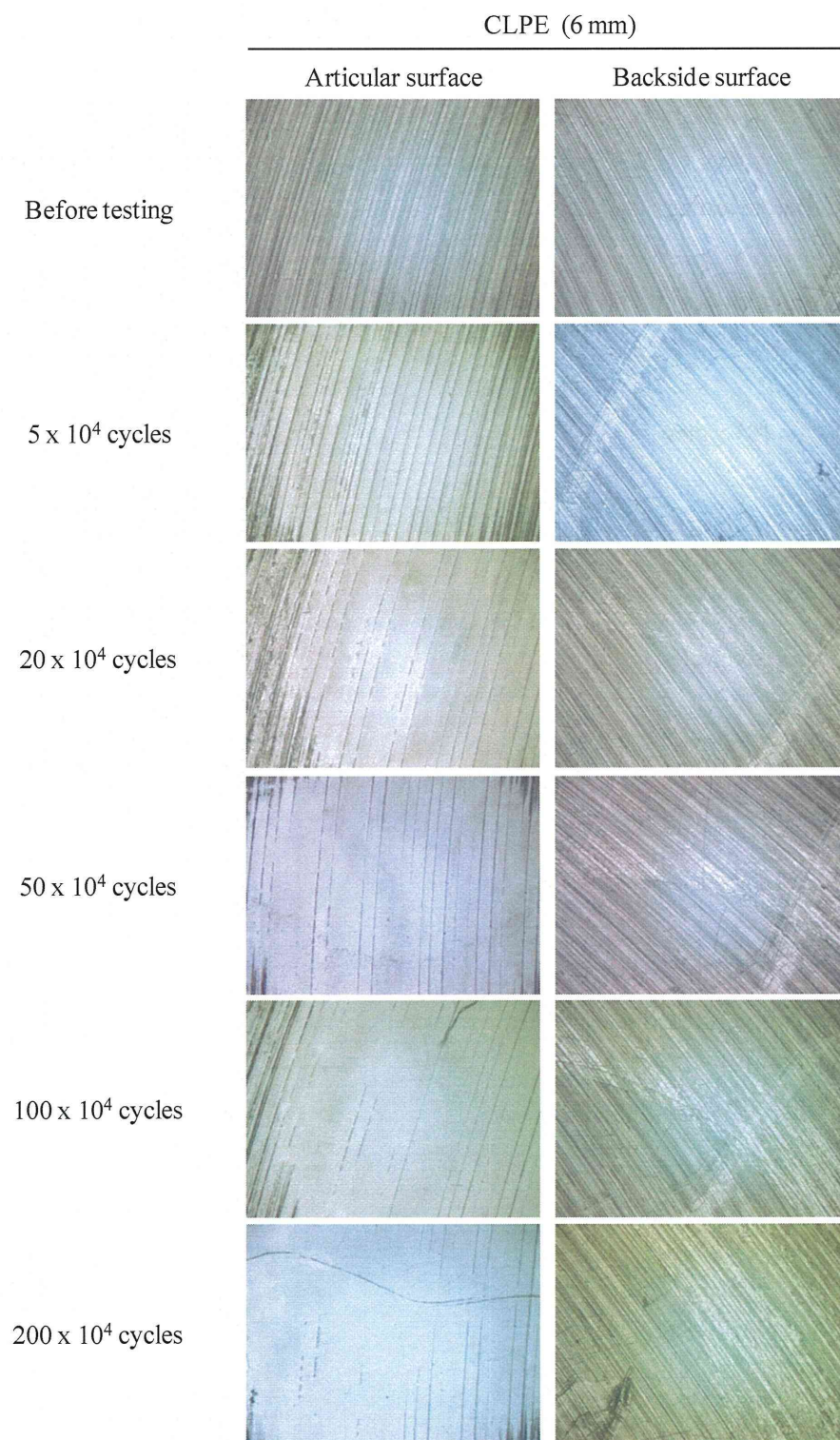


図 5-3. 衝撃-摺動試験前後の未処理 CLPE (6 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコープイメージ

MPC-grafted CLPE (6 mm)

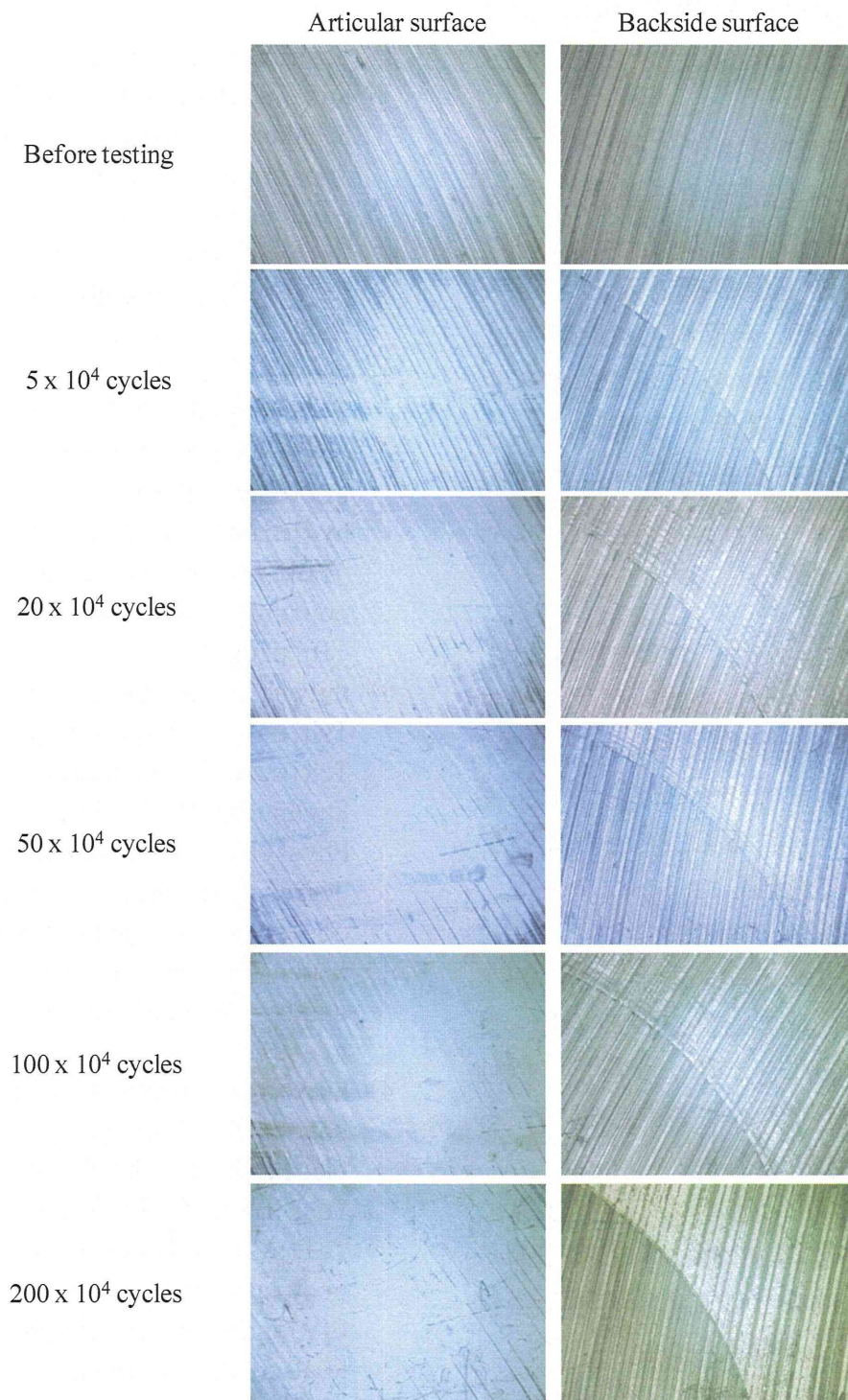


図 5-4. 衝撃-摺動試験前後の PMPC 処理 CLPE (6 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコピーイメージ

背面摩耗の進行は未処理 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。

人工膝関節置換術において、PE インサートを設置する際に用いる脛骨トレースのスクリー穴においても同様の現象が起こることが報告されている。今回得られた結果は、人工膝関節に用いられる PE インサートの厚さに関する課題の一つとして留意する必要があるといえる。

E. 結論

本研究において、膝関節における通常歩行時に生じる摩耗動作を想定した衝撃-摺動試験において、PMPC 処理の適用およびその厚さが人工膝関節に用いられる CLPE へ与える影響について評価した。

衝撃-摺動条件下において、CLPE 表面に PMPC 処理を施すと高い耐摩耗性を得られることがわかった。また、基材の厚さが薄くなると、摺動面及び背面において摩耗が進行する危険性が示唆された。

以上より、適切な厚さを持つ PMPC 処理 CLPE は、人工膝関節インサート材料として非常に適した材料であると期待できる。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Tanaka S, Akune T: Does mild cognitive impairment affect the occurrence of radiographic knee osteoarthritis? A 3-year follow-up in the ROAD study. *BMJ Open* (in press).
- 2) Oka H, Akune T, Muraki S, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshimura N: The mid-term efficacy of intra-articular hyaluronic acid injections on joint structure: a nested case control study. *Mod Rheumatol* (in press).
- 3) Muraki S, Akune T, Oka H, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tokimura F, Nakamura K, Kawaguchi H, Yoshimura N: Physical performance, bone and joint diseases, and incidence of falls in Japanese men and women: a longitudinal cohort study. *Osteoporos Int* (in press).
- 4) Muraki S, Akune T, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tanaka S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshimura N: Risk factors for falls in a longitudinal population-based cohort study of Japanese men and women: The ROAD Study. *Bone* 52(1): 516-23, 2013.
- 5) Masuda K, Chikuda H, Yasunaga H, Hara N, Horiguchi H, Matsuda S, Takeshita K, Kawaguchi H, Nakamura K: Factors affecting

- the occurrence of pulmonary embolism after spinal surgery: data from the national administrative database in Japan. *Spine J* 12(11): 1029-34, 2012.
- 6) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T: Accumulation of metabolic risk factors such as overweight, hypertension, dyslipidaemia, and impaired glucose tolerance raises the risk of occurrence and progression of knee osteoarthritis: a 3-year follow-up of the ROAD study. *Osteoarthritis Cartilage* 20(11): 1217-26, 2012.
- 7) Nagata K, Yoshimura N, Muraki S, Hashizume H, Ishimoto Y, Yamada H, Takiguchi N, Nakagawa Y, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T, Yoshida M: Prevalence of cervical cord compression and its association with physical performance in a population-based cohort in Japan: the wakayama spine study. *Spine* 37(22):1892-8, 2012.
- 8) Oshima Y, Seichi A, Takeshita K, Chikuda H, Ono T, Baba S, Morii J, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Tanaka S: Natural course and prognostic factors in patients with mild cervical spondylotic myelopathy with increased signal intensity on t2-weighted magnetic resonance imaging. *Spine* 37(22):1909-13, 2012.
- 9) Muraki S, Akune T, Oka H, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tokimura F, Nakamura K, Kawaguchi H, Yoshimura N: Incidence and risk factors for radiographic lumbar spondylosis and lower back pain in Japanese men and women: the ROAD study. *Osteoarthritis Cartilage* 20(7): 712-8, 2012.
- 10) Chikuda H, Yasunaga H, Horiguchi H, Takeshita K, Kawaguchi H, Matsuda S, Nakamura K: Mortality and morbidity in dialysis-dependent patients undergoing spinal surgery: analysis of a national administrative database in Japan. *J Bone Joint Surg Am* 94(5):433-8, 2012.
- 11) Muraki S, Akune T, Oka H, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tokimura F, Nakamura K, Kawaguchi H, Yoshimura N: Incidence and risk factors for radiographic knee osteoarthritis and knee pain in Japanese men and women: a longitudinal population-based cohort study. *Arthritis Rheum* 64(5): 1447-56, 2012.
- 12) Murakami T: Importance of adaptive multimode lubrication mechanism in natural and artificial joints. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J. J Engineering Tribology* 226(10): 827-37, 2012.
- 13) Omata S, Sonokawa S, Sawae Y, Murakami T: Effects of both vitamin C and mechanical stimulation on improving the mechanical characteristics of

regenerated cartilage.

Biochemical and Biophysical Research Communications 424(4):724-9, 2012.

- 14) Cho C, Murakami T, Sawae Y: Wear phenomena of ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) joints. *Chapt. 8 in Wear of Orthopaedic Implants and Artificial Joints, ED by S. Affatato. Woodhead Publishing* 221-45, 2012.
 - 15) Ikeda J, Iwamoto M, Yarimitsu S, Murakami T: Differences in Kinetics of Phase Transformation of 3Y-TZP Ceramics between Aging Test under Hydrothermal Environment and Hip Simulator Wear Test, *J. Biomechanical Science and Engineering* 7(2): 199-210, 2012.
 - 16) Sakai N, Hagihara Y, Furusawa T, Hosoda N, Sawae Y, Murakami T: Analysis of biphasic lubrication of articular cartilage loaded by cylindrical indenter. *Tribology International* 46: 225-36, 2012.
2. 学会発表
- ① 国内学会
 - 1) 石元優々、吉田宗人、長田圭司、山田宏、橋爪洋、瀧口登、村木重之、岡敬之、阿久根徹、吉村典子: 一般住民における腰部脊柱管狭窄症とその身体運動機能に及ぼす影響 the Wakayama Spine Study: 第41回日本脊椎脊髄病学会 久留米市、2012. 4. 19-21
 - 2) 長田圭司、橋爪洋、石元優々、山田宏、南出晃人、中川幸洋、河合将紀、岩崎博、木岡雅彦、瀧口登、村木重之、岡敬之、阿久根徹、吉村典子、吉田宗人: 頸椎画像所見と頸髄圧迫との関連 大規模住民コホートをを用いた検討: 第41回日本脊椎脊髄病学会 久留米市、2012. 4. 19-21
 - 3) 長田圭司、橋爪洋、石元優々、山田宏、南出晃人、中川幸洋、河合将紀、岩崎博、木岡雅彦、瀧口登、村木重之、岡敬之、阿久根徹、吉村典子、吉田宗人: 頸椎脊柱管前後径の年代別評価 大規模一般住民コホートをを用いた頸椎単純X線の検討: 第41回日本脊椎脊髄病学会 久留米市、2012. 4. 19-21
 - 4) 吉村典子、村木重之、岡敬之、川口浩、中村耕三、阿久根徹: シンポジウム6 OA治療学の疫学から治療まで: 住民疫学研究ROADからみえてきた日本のOA 第56回日本リウマチ学会総会 グランドプリンホテル新高輪、東京 2012. 4. 26-28
 - 5) 吉村典子、村木重之、岡敬之、川口浩、中村耕三、阿久根徹: 要介護移行の予測におけるロコチェックの有用性の検討:The ROAD Study: 第85回日本整形外科学会 京都、2012. 5. 17-20
 - 6) 岡敬之、村木重之、阿久根徹、中村耕三、川口浩、吉村典子: コンピュータ自動計測を用いた定量評価に基づく3年間での膝X線画像縦断変化に関する検討:The ROAD Study: 第85回日本整形外科学会 京都、2012. 5. 17-20
 - 7) 村木重之、阿久根徹、岡敬之、中村耕三、川口浩、吉村典子: 変形性膝関節症の発生率及びその危険因子 —The ROAD Study—: 第85回日本整形外科学会 京都、2012. 5. 17-20

- 8) 山田宏、石元優々、長田圭司、瀧口登、橋爪洋、村木重之、岡敬之、阿久根徹、吉村典子、吉田 宗人：腰部脊柱管狭窄症の最新知見 腰部脊柱管狭窄症の疫学 The Wakayama Spine Study：第 85 回日本整形外科学会 京都、2012. 5. 17-20
- 9) 長田圭司、吉田宗人、橋爪洋、石元優々、山田宏、瀧口登、村木重之、岡敬之、阿久根徹、吉村典子：大規模一般住民コホートにおける脊柱管前後径の検討：第 85 回日本整形外科学会 京都、2012. 5. 17-20
- 10) 安琪，石川雄己，山下淳，岡 敬之，淺間一：“感覚器フィードバックを用いた起立動作誘導システムの設計”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012，浜松市，2012. 5. 27-29
- 11) 石川雄己，安琪，田村雄介，山下淳，岡 敬之，淺間一：“個別別モデリングを用いた膝疾患診断手法の構築への提案”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012，浜松市，2012. 5. 27-29
- 12) 村木重之、岡敬之、田中栄、川口浩、中村耕三、阿久根徹、吉村典子：膝関節裂隙狭小化および骨棘形成における痛みおよび身体機能への影響の違い —The ROAD Study—：第 32 回日本骨形態計測学会 大阪、2012. 6. 7-9
- 13) 村木重之、岡敬之、田中栄、川口浩、中村耕三、阿久根徹、吉村典子：経口摂取栄養素が膝関節裂隙狭小化および骨棘形成に与える影響 —The ROAD Study—：第 32 回日本骨形態計測学会 大阪 2012. 6. 7-9
- 14) 村木重之、岡敬之、田中栄、川口浩、中村耕三、阿久根徹、吉村典子：膝関節裂隙狭小化および骨棘形成が ADL/QOL に与える影響 —The ROAD Study—：第 24 回日本運動器科学会 東京、2012. 7. 7
- 15) 吉村典子、村木重之、岡敬之、田中栄、川口浩、中村耕三、阿久根徹：高骨密度者の特徴とその経過：ROAD 追跡調査より Characteristics of individuals being high bone density: A follow-up of the ROAD cohorts：第 30 回日本骨代謝学会 東京、2012. 7. 19-21
- 16) 村木重之、阿久根徹、岡敬之、田中栄、川口浩、中村耕三、吉村典子：複数回転倒の危険因子：ROAD 追跡調査より Risk Factors for Multiple Falls: A follow-up of the ROAD cohorts：第 30 回日本骨代謝学会 東京、2012. 7. 19-21
- 17) 雑賀健一，茂呂徹，京本政之，伊藤英也，中川匠，岡敬之，川口浩，中村耕三，石原一彦，高取吉雄：人工膝関節環境における MPC 処理架橋ポリエチレンの耐摩耗特性の検討. 第 4 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会. 沖縄，2012. 7. 19-21.
- 18) 石川雄己，安琪，山下淳，岡敬之，淺間一：“三次元筋骨格韧带大腿膝蓋関節モデルを用いた大腿四頭筋が膝蓋骨へ与える影響”，日本機械学会 2012 年度年次大会，金沢市，2012. 9. 9-12.
- 19) 鎗光清道，茂呂徹，京本政之，雑賀健一，村上輝夫，石原一彦，高取吉雄：リン脂質ポリマー処理架橋ポリエチレンの潤滑性に対する除荷と再水和の影響. トライボロ

- ジー会議2012秋 室蘭市, 2012. 9. 17
- 20) 中川純希, Qi An, 石川雄己, 岡敬之, 山川博司, 山下淳, 浅間一: "ダーツ投擲時の上肢・下肢協調度合いの評価手法提案", 日本ロボット学会第30回記念学術講演会, 札幌市, 2012. 9. 17-9. 20.
- 21) 吉村典子, 村木重之, 岡敬之, 田中栄, 川口浩, 中村耕三, 阿久根徹: 高骨密度を有する者の特徴とその予後: 第14回日本骨粗鬆症学会/骨ドック・健診分科会 新潟市, 2012. 9. 27-29
- 22) 村木重之, 阿久根徹, 岡敬之, 田中栄, 川口浩, 中村耕三, 吉村典子: 大規模住民追跡調査による複数回転倒の危険因子: ROAD スタディ: 第14回日本骨粗鬆症学会/骨ドック・健診分科会 新潟市, 2012. 9. 27-29
- 23) 高取吉雄, 茂呂徹, 京本政之, 石原一彦, 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.
- 24) 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.
- 25) 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
- 26) 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.
- 27) 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
- 28) 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
- 29) 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
- 30) 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

② 国際学会

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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.
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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, January 26-29, 2013.
- 8) 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, January 26-29, 2013.

- 9) 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, March 19-23, 2013.

H. 知的財産権の出願・登録状況
特になし。

分担研究報告書

摩耗抑制効果の検討

分担研究者 川口 浩（東京大学医学部附属病院 准教授）

武富修治（東京大学医学部附属病院 助教）

研究要旨：人工膝関節の耐用年数を限定する要因として、その関節摺動部から産出されるポリエチレン（PE）摩耗粉がもたらす骨溶解とそれに続発するインプラント周囲の弛み、またはインプラントの破損および感染が挙げられる。我々は、PE 摩耗粉の発生を抑制する目的として、親水性と生体親和性に優れた 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine（MPC）ポリマーを用いて、人工膝関節用架橋ポリエチレン（CLPE）インサートの表面処理を行った（PMPC 処理）。本分担研究では、膝関節特有の動作が PMPC 処理 CLPE に与える影響を検討するため、手術後の歩行動作を模擬する膝関節シミュレーター試験機を用いて、摩耗特性を評価した。この結果、インサート表面に PMPC 処理を施すことで、PE の摩耗が低減することが明らかとなった。PMPC 処理 CLPE は、新たな人工膝関節用材料として有用であることが示唆された。

A. 研究目的

人工膝関節置換術は、変形性膝関節症や関節リウマチなどの疾患や、事故などの外傷により機能を失った膝関節の治療に適用されている。術後の疼痛の改善に効果的であり、これまで成功を治めている有効な治療法である。わが国は急速に高齢化が進んでおり、今後患者数は増加すると予想されている。本治療法をより多くの患者へ適用するために、人工膝関節の耐用年数を延ばすことは重要な課題である。

人工膝関節の耐用年数を限定する要因として、人工膝関節の摺動部から産出される超高分子量ポリエチレン（PE）摩耗粉がもたらす骨溶解とそれに続発するインプラント周囲の弛み、またはインプラントの破損および感染が挙げられる。なかでも、PE インサートの耐摩耗性を向上させ、PE 摩耗粉の発生を抑制することは非常に重要である。

これまでに我々は、光開始グラフト重合法を用い、親水性と生体親和性に優れた 2-methacryloyloxyethyl

phosphorylcholine (MPC) を架橋 PE (CLPE) 表面に結合させる技術 (PMPC 処理) を開発し、人工股関節の耐摩耗性を著しく向上させることに成功した。PMPC 処理は、CLPE の表面のみを改質し、基材自体の機械的特性には影響を与えないことが明らかになっており、人工膝関節インサートの耐摩耗性を向上させる方法として最適である。

昨年度は、高い耐摩耗性と荷重支持性を併せ持つ、人工膝関節用材料の至適架橋条件を評価した。

今年度の本研究では、膝関節シミュレーター試験機を用いて、PMPC 処理 CLPE インサートの摩耗特性を評価した。

B. 研究方法

1. PMPC 処理 CLPE インサートの作製

① 試薬

ベンゾフェノンおよびアセトン、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、CLPE を用いた。

② PMPC 処理

CLPE インサートを、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) 調製した。ベンゾフェノンを表面にコーティングした

CLPE インサートを、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 インサートを超純水およびエタノールにて十分に洗浄し、PMPC 処理 CLPE インサートを得た。CLPE 表面の PMPC 層生成を、静的接触角測定により確認した。

2. 膝関節シミュレーター試験機を用いた摩耗試験

今年度は、膝関節シミュレーター試験機 (Knee simulator, AMTI) (図 1) を用い、CLPE および PMPC 処理 CLPE インサートの摩耗試験を行った。



図 1. 膝関節シミュレーター試験機

インサートと対向する大腿骨コ

ンポーネントは、コバルトクロムモリブデン (Co-Cr-Mo) 合金により作製した。潤滑液には 27%ウシ胎児血清を用いた。シミュレーター試験は国際標準化機構 (ISO) 14243 に基づき、ヒトの歩行動作を再現した条件で 500 万サイクルの試験を行った。インサートの位置 (変位)、大腿骨コンポーネントの位置 (変位) および垂直荷重による動作波形を、図 2 に示す。

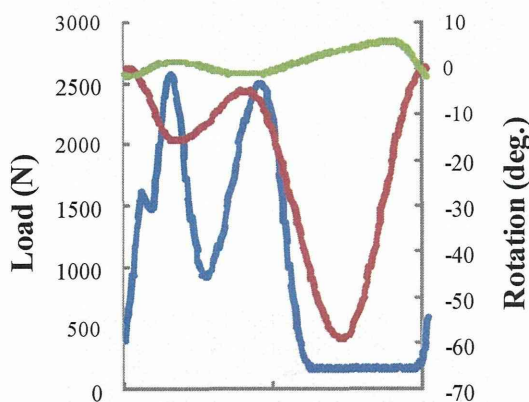


図 2. 膝関節シミュレーター動作波形 —：荷重 —：インサート変位 —：大腿骨コンポーネント変位

膝関節シミュレーター試験は、50 万サイクル毎に潤滑液の交換を行うと同時に、インサートの回収、洗浄、乾燥、重量測定を行った。併せて、CLPE および PMPC 処理 CLPE インサートの Load-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、インサート摺動部について、三次元形状測定機 (Crysta-Apex C574, Mitutoyo) を用いた変形量測定および走査型レ

ーザー顕微鏡 (OLS-1200, Olympus) を用いた表面観察を行った。

また、交換時に回収された潤滑液を凍結乾燥させたのち、水酸化ナトリウム水溶液によるタンパク質除去、メタノールによる油脂の分解および遠心分離による不純物の除去を行うことで CLPE の摩耗粉を回収した。得られた摩耗粉について、走査型電子顕微鏡 (S-3400N, Hitachi) により形態観察を行うとともに、円相当径による粒度分布解析を行った。

C. 研究結果

図 3 に、膝関節シミュレーター試験における CLPE および PMPC 処理 CLPE インサートの摩耗重量を示す。PMPC 処理 CLPE インサートは、CLPE インサートと比較して全く摩耗せず、その重量は試験サイクルが進むにつれ増加した。

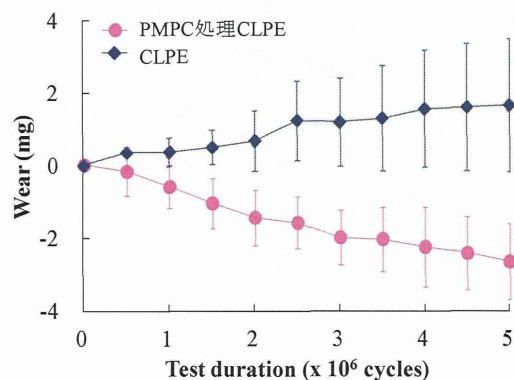


図 3. 膝関節シミュレーター試験による CLPE および MPC 処理 CLPE インサートの摩耗重量

図 4 に、500 万サイクル後の CLPE

および MPC 処理 CLPE インサート摺動部の変形量測定結果を示す。CLPE と比較すると PMPC 処理 CLPE は、インサート摺動部の形状変化が抑制されていることがわかった。

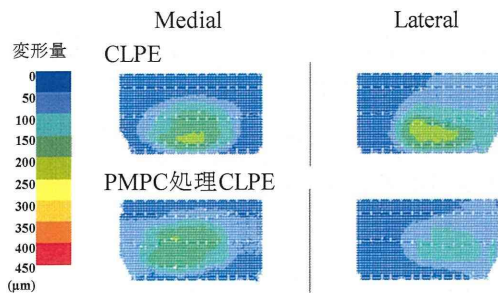


図 4. 500 万サイクル後の CLPE インサート摺動部の変形量

図 5-1 に、膝関節シミュレーター試験前後における CLPE インサート摺動部、図 5-2 に、PMPC 処理 CLPE インサート摺動部のレーザー顕微鏡観察像を示す。500 万サイクルのシミュレーター試験後、CLPE インサートの摺動面は摩耗し、滑らかな表面状態であることが観察された。これに対し、PMPC 処理 CLPE インサート摺動面にはツールマークの残存が認められた。

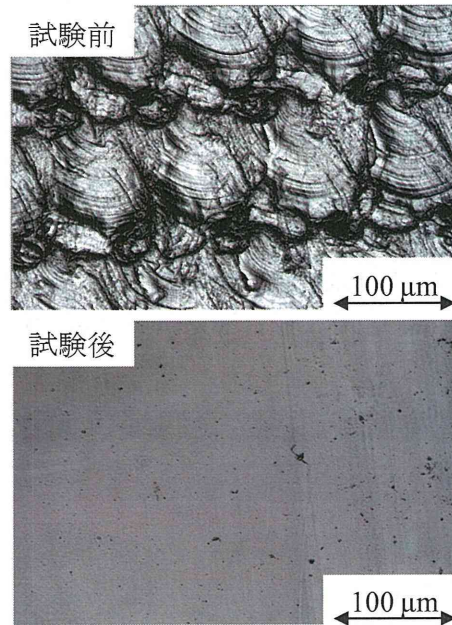


図 5-1. 試験前後における CLPE インサート摺動部のレーザー顕微鏡観察像

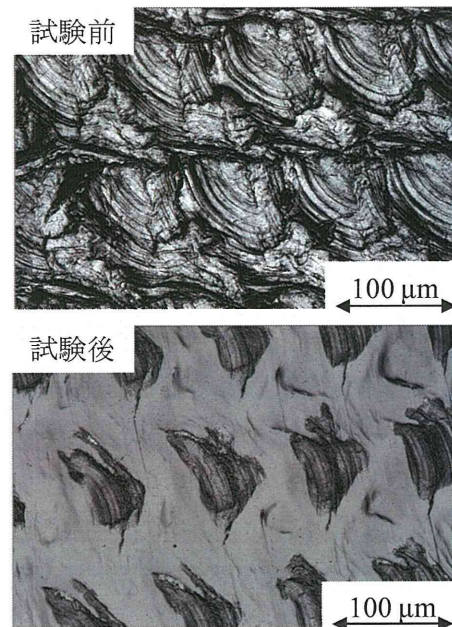


図 5-2. 試験前後における PMPC 処理 CLPE インサート摺動部のレーザー顕微鏡観察像

図6に、500万サイクル後のCLPEおよびPMPC処理CLPEの摩耗粉観察像を示す。CLPEにおいて、数は少ないが視野全体に摩耗粉が分散している様子が観察された。これに対しPMPC処理CLPEでは摩耗粉はほとんど観察されなかった。また、CLPEおよびPMPC処理CLPEから観察された摩耗粉の形態は granular 様であった。

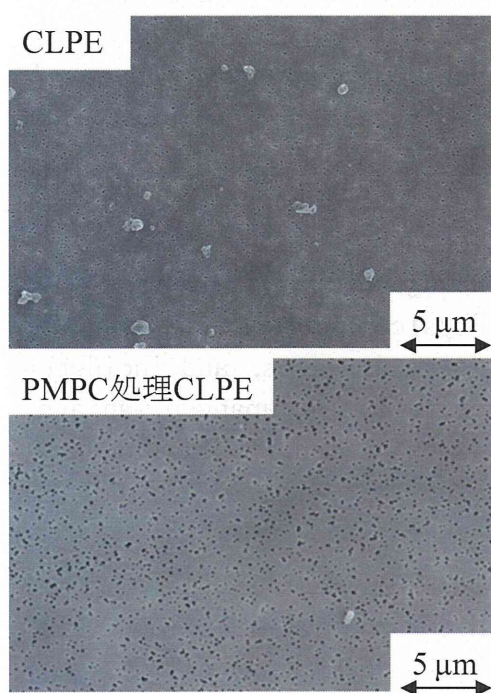


図6. 500万サイクル後のCLPEおよびPMPC処理CLPEの摩耗粉観察像

図7に、500万サイクル後のCLPEおよびMPC処理CLPEの摩耗粉における円相当径分布の解析結果を示す。CLPEでは0.1~2.5 μmの範囲の摩耗粉が観察され、中でも0.5~1.0 μmの摩耗粉が多かった。PMPC処理CLPEでは、0.5~1.5 μmの摩耗

粉が観察された。PMPC処理CLPEの摩耗粉粒子数は、CLPEと比べ、著しく少なかった。

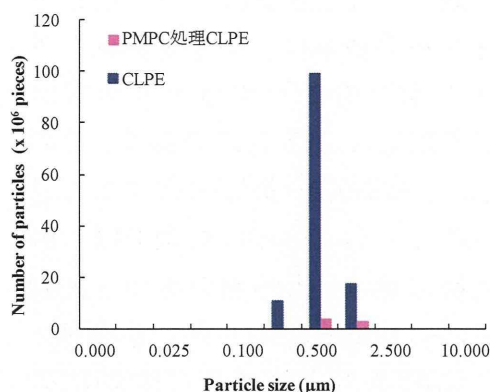


図7. 500万サイクル後のCLPEおよびMPC処理CLPEの摩耗粉円相当径分布

D. 考察

CLPEおよびPMPC処理CLPEインサートの摩耗特性を評価した。

人工膝関節シミュレーターによる500万サイクルの摩耗試験の結果、PMPC処理CLPEインサートの摩耗量は未処理のものと比較して著しく低い値を示した。PMPC処理CLPEにおいて摩耗量がマイナスの値を示したのは、実際の摺動試験においてはLoad-soak試験と比較して荷重のかかる面積が広く、吸水量が多かったことが原因として考えられる。摺動部の形状変化は、PMPC処理を施すことによって、抑制されており、摩耗が抑制されていることが示された。試験終了後のインサートの観察では未処理CLPEの摺動面