

Mawatari T: Osteoarthritis hip joints in Japan: involvement of acetabular dysplasia. *J Orthop Sci* 16: 156-64, 2011.

49. Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Ishihara K: Cartilage-mimicking, high-density brush structure improves wear resistance of crosslinked polyethylene: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res* (in press).
50. 石原一彦、井上祐貴、松野亮介: 細胞膜模倣ポリマーマテリアルのナノバイオ機能. *膜* 35: 217-23, 2010.

2. 学会発表

① 国内学会

1. 石原一彦: 分子インテグレーションを基盤としたナノバイオデバイス創製. 日本表面科学会中部支部総会. 2008. 5. 17. (名古屋)
2. 茂呂徹、高取吉雄、石原一彦、山本基、荻田達郎、伊藤英也、金野智浩、京本政之、山脇昇、中村耕三、川口浩: 人工股関節のポリエチレンライナーにMPC処理を加える範囲が摩耗抑制効果に与える影響. 第81回日本整形外科学会学術総会. 2008. 5. 22-25. (札幌)
3. 石原一彦: ナノバイオ分野に向けたマテリアルデバイス創製. 第5回 東レ先端融合研究シンポジウム. 2008. 6. 18. (神奈川)
4. 山脇昇: 医療分野におけるチタン合金. 日本金属学会分科会シンポジウム. 2008. 8. 25. (東京)
5. 荻田達郎、高取吉雄、伊藤英也、齊藤貴志、中村耕三: 実物大骨モデルを用いた手術シミュレーション- 高度形態異常に対する人工股関節全置換術. 第57回東日本整形災害外科学会. 2008. 9. 12-13. (東京)
6. 京本政之、茂呂徹、金野智浩、川口浩、高取吉雄、中村耕三、石原一彦: MPCポリマーによる高潤滑インターフェイスが長寿命型人工関節を実現する. 東京大学生命科学研究ネットワークシンポジウム. 2008. 9. 23 (東京)
7. 雑賀健一、京本政之、茂呂徹、金野智浩、川口浩、高取吉雄、中村耕三、石原一彦: 高潤滑性ポリマーを用いた光開始グラフト重合法による長寿命型人工関節の開発. 東京大学生命科学研究ネットワークシンポジウム. 2008. 9. 23 (東京)
8. 石山典幸、茂呂徹、三浦俊樹、大江隆史、伊藤祥三、森崎裕、金野智浩、吉河美都奈、大山但、石原一彦、中村耕三、川口浩: 組織癒着防止効果を有する生体適合性MPCゲルの開発. 東京大学生命科学研究ネットワークシンポジウム. 2008. 9. 23 (東京)
9. 豊本泰央、石原一彦: リン脂質ポリマーハイドロゲルを用いた有機無機複合型骨再生用マトリックスの創製. 第57回高分子討論会. 2008. 9. 24-26. (大阪)
10. 金野智浩、石原一彦: 細胞親和性リン脂質ポリマーハイドロゲルの可逆形成制御. 第57回高分子討論会. 2008. 9. 24-26. (大阪)
11. 田島宜幸、石原一彦: 配向制御されたProtein Aを用いた高感度ナノバイオインターフェイスの創製. 第57回高分子討論会. 2008. 9. 24-26. (大阪)
12. 山脇昇: バナジウムフリーチタン

- 合金とその規格化について，九大
 応研・佐賀大整形合同研究会，
 2008. 9. 27. (福岡)
13. 茂呂徹、川口浩、石原一彦、京本
 政之、山本基、苅田達郎、伊藤英
 也、齊藤貴志、中村耕三、高取吉
 雄：人工股関節ライナー表面の
 MPC グラフト処理による摩耗抑制
 効果：ライナーの架橋の有無およ
 び骨頭の材質による比較. 第 23
 回日本整形外科学会基礎学術集
 会. 2008. 10. 23-24 (京都).
 14. 石原一彦：人工細胞膜による高潤
 滑表面創製と超低摩耗人工関節.
 第 23 回日本整形外科学会基礎学
 術集会. 2008. 10. 23-24 (京都).
 15. 石山典幸、茂呂徹、三浦俊樹、大
 江隆史、伊藤祥三、森崎裕、大山
 但、吉河美都奈、金野智浩、中村
 耕三、川口浩、石原一彦：生体内
 解離性ポリマーハイドロゲルの
 癒着防止効果の組織学的・分子生
 物学的検討. 日本バイオマテリア
 ル学会シンポジウム 2008.
 2008. 11. 17-18. (東京)
 16. 京本政之、茂呂徹、岩崎泰彦、宮
 路史明、金野智浩、川口浩、高取
 吉雄、中村耕三、石原一彦：リン
 脂質グラフトポリマーによる超
 潤滑性 Co-Cr-Mo 合金表面の創製.
 日本バイオマテリアル学会シン
 ポジウム 2008. 2008. 11. 17-18.
 (東京)
 17. 川合弘崇、石原一彦：ハイブリッ
 ド型人工臓器のためのヘテロ細
 胞接着ポリマー膜. 日本バイオマ
 テリアル学会シンポジウム 2008.
 2008. 11. 17-18. (東京)
 18. 清水堯紀、石原一彦：IPN 構造に
 より実現される超親水性シリコ
 ーンハイドロゲル. 日本バイオマ
 テリアル学会シンポジウム 2008.
 2008. 11. 17-18. (東京)
 19. 磯江晋輔、石原一彦：ポリマー末
 端官能基を利用した生体分子固
 定化表面の創製. 日本バイオマテ
 リアル学会シンポジウム 2008.
 2008. 11. 17-18. (東京)
 20. 齊藤あや、石原一彦：糖タンパク
 質の特異的結合を促すフェニル
 ボロン酸基を有するリン脂質ポ
 リマー. 日本バイオマテリアル学
 会シンポジウム 2008.
 2008. 11. 17-18. (東京)
 21. 金野智浩、石原一彦：高い組織再
 生効率を実現する細胞親和型ソ
 フトマテリアルデバイス. 第 46
 回日本人工臓器学会.
 2008. 11. 27-29. (東京)
 22. 伊藤英也、苅田達郎、高取吉雄、
 茂呂徹、齊藤貴志、中村耕三：セ
 メントレス白蓋コンポーネント
 による人工股関節再置換術の長
 期成績. 第 35 回日本股関節学会.
 2008. 12. 5-6. (大阪)
 23. 高取吉雄、苅田達郎、茂呂徹、馬
 淵昭彦、伊藤英也、齊藤貴志：寛
 骨臼回転骨切り術後に回転寛骨
 臼が圧潰した症例の再検討. 第 35
 回日本股関節学会. 2008. 12. 5-6.
 (大阪)
 24. 山脇昇：医療分野におけるチタン
 合金 ～整形外科分野を中心に～.
 日本チタン協会冬季賛助会員
 総会講演会. 2009. 2. 12. (東京)
 25. 高橋寛、赤坂嘉之、伊藤英也、茂
 呂徹、門野夕峰、河野博隆、苅田
 達郎、高取吉雄、中村耕三：非典
 型的な画像所見を示した滑膜骨
 軟骨腫症に対する人工股関節全
 置換術の経験. 第 49 回関東整形
 外科災害外科学会. 2009. 3.
 20-21. (東京)
 26. 茂呂徹、高取吉雄、苅田達郎、伊

- 藤英也, 赤坂嘉之, 齋藤貴志, 中村耕三: 前・初期股関節症に対する寛骨臼回転骨切り術の術後30年成績. 第81回日本整形外科学会学術総会, 福岡, 2009. 5. 14-17.
27. 星野隆行, 金野智浩, 石原一彦, 森島圭祐: 細胞ナノシステムによるバイオハイブリッドナノマシン構築—ナノマシンの自己組織的組み立てに向けた細胞移動の制御—. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2009. 5. 25-26.
28. 松野亮介, 後藤佑介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: 細胞内取り込み促進機能ペプチド担持量子ドット内包リン脂質ポリマーナノ粒子の創製と細胞内イメージング. 平成21年度繊維学会年次大会, 東京, 2009. 6. 10-13.
29. 斉藤あや, 金野智浩, 伊掛浩輝, 栗田公夫, 石原一彦: フェニルボロン酸基を有する細胞親和性リン脂質ポリマーによる可逆細胞接着表面の創製. 平成21年度繊維学会年次大会, 東京, 2009. 6. 10-13.
30. 金野智浩, 石原一彦: 自発形成—解離性リン脂質ポリマー—ハイドロゲルによる幹細胞保持と機能評価. 第58回高分子討論会, 熊本, 2009. 9. 16-18.
31. 伊藤英也, 荻田達郎, 茂呂徹, 高取吉雄: わじ込み式人工股関節寛骨臼コンポーネントに対する再置換術. 第36回日本股関節学会大会. 京都, 2009. 10. 30-31.
32. 豊本泰央, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: MPCポリマー/HApハイブリッドマトリックスの創製と細胞応答. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
33. 金野智浩, 石原一彦: 細胞親和性ポリマーマトリックスを用いた均質細胞凝集塊形成とその機能. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
34. 磯江晋輔, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: ポリマーブラシ表面がタンパク質吸着に与える因子の解明. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
35. 徐知勲, 松野亮介, 金野智浩, 坂田利弥, 高井まどか, 石原一彦: バイオ分子・MPCポリマーコンジュゲートの光反応を利用した表面固定化と細胞パタン化への応用. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
36. 京本政之, 茂呂徹, 高取吉雄, 石原一彦: ポリ芳香族ケトン表面からの自己開始光グラフト重合による生体親和性ポリマー層の構築. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
37. 伊藤英也, 荻田達郎, 茂呂徹, 高取吉雄、: わじ込み式人工股関節寛骨臼コンポーネントに対する再置換術. 第37回日本関節病学会. 東京, 2009. 11. 19-20.
38. 豊本泰央, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: MPCポリマー/ハイドロキシアパタイト複合体の作製. 第19回MRS-J. 横浜, 2009. 12. 9.
39. 伊藤英也, 荻田達郎, 高取吉雄, 茂呂徹, 角田俊治, 馬淵昭彦, 中村耕三: Metal-on-metal THAでhypersensitivityによる広範な

- 骨溶解を生じた1例. 第40回日本人工関節学会. 沖縄, 2010. 2. 26-27.
40. 高取吉雄, 茂呂徹, 苅田達郎, 伊藤英也, 赤坂義之, 角田俊治, 馬淵昭彦: Q5LP カップと摺動面を傷つけないライナー固定法の開発. 第50回関東整形外科学会. 東京, 3. 19-20, 2010.
 41. 石原一彦, 松野亮介, 井上祐貴: 細胞膜模倣ポリマーマテリアルのナノバイオ機能. 日本膜学会第32年会. 2010. 5. 13-14 (東京)
 42. 立石崇晴, 京本政之, 石原一彦: 自己開始光グラフト重合によるpoly(ether-ether-ketone) (PEEK) の表面改質. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 43. 赤坂義之, 高取吉雄, 苅田達郎, 伊藤英也, 茂呂徹, 馬淵昭彦, 中村耕三: 白蓋形成不全股における寛骨臼縁の骨性欠損 —3D-CTを用いて—. 第82回日本整形外科学会学術総会. 2010. 5. 27-30 (東京)
 44. 井上祐貴, 塚原剛彦, 石原一彦: リン脂質ポリマーブラシ表面における水和状態がタンパク質吸着力に与える影響. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 45. 井上和臣, 井上祐貴, 塚原剛彦, 石原一彦: リン脂質ポリマーブラシ表面の水和状態の定量解析. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 46. 小田悠加, 金野智浩, 坂田利弥, 石原一彦: 可逆形成性を有する細胞親和性ハイドロゲル内に固定化した細胞機能の解析. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 47. 増田紘一, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: 細胞内での分子動態をイメージングするリン脂質ポリマー被覆量子ドット. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 48. 中西智亮, 井上祐貴, 松野亮介, 高井まどか, 石原一彦: タンパク質吸着における精密ポリマーブラシ表面の構造の効果. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 49. 北川ともみ, 井上祐貴, 高井まどか, 石原一彦: 構造明確なポリマー表面への細胞初期接着挙動のQCM-Dによる連続解析. 第59回高分子学会年次大会. 2010. 5. 26-28 (横浜)
 50. 石原一彦: 生体に啓発されたポリマー分子設計からの先端医療への貢献. 高分子学会ポリマーフロンティア. 2010. 6. 11 (東京)
 51. 中村洋, 角田俊治, 田中健之, 伊藤英也, 苅田達郎, 茂呂徹, 高取吉雄, 中村耕三: 股関節に発症した色素性絨毛結節性滑膜炎の1例. 関東整形外科学会月例会 第654回整形外科集談会. 2010. 6. 26 (東京)
 52. 石原一彦: バイオインターフェースを構築するポリマーの設計と応用. 2010. 7. 14-16 (仙台)
 53. 井上祐貴, 石原一彦: 生体親和性ポリマーブラシ表面の水和状態. 第39回医用高分子シンポジウム. 2010. 7. 26-27 (東京)

54. 高取吉雄, 菊田達郎, 馬淵昭彦, 中村耕三: 人工股関節で用いる寛骨臼コンポーネント「Q5LP カップ」の初期固定性. 第 59 回東日本整形災害外科学会. 2010. 9. 17-18 (盛岡)
55. 京本政之, 立石崇晴, 石原一彦: ポリ芳香族ケトン上での自己開始グラフト重合による水和潤滑軟骨模倣表面の創製. 第 59 回高分子討論会. 2010. 9. 28-30 (北海道)
56. 徐知勲, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: 両親媒性リン脂質ポリマーの内部拡散によるシリコーンエラストマーの親水化特性の評価. 第 59 回高分子討論会. 2010. 9. 28-30 (北海道)
57. 井上祐貴, 塚原剛彦, 石原一彦: タンパク質吸着を劇的に抑制するリン脂質ポリマーブラシ表面における水和状態. 第 59 回高分子討論会. 2010. 9. 28-30 (北海道)
58. 柴山崇, 徐知勲, 石原一彦, 高井まどか: PDMS/PMPC ジブロックコポリマーを用いたナノドメイン構造表面における細胞接着挙動の解析. 第 59 回高分子討論会. 2010. 9. 28-30 (北海道)
59. 松野亮介, 高見公章, 石原一彦: マイケル付加を利用したホスホリルコリン化合物ライブラリの構築. 第 59 回高分子討論会. 2010. 9. 28-30 (岡山)
60. 北川ともみ, 井上祐貴, 高井まどか, 石原一彦: 細胞初期接着挙動に基づくバイオメディカルポリマーブラシ表面の創製. 第 59 回高分子討論会. 2010. 9. 28-30 (北海道)
61. 角田俊治, 田中健之, 伊藤英也, 中村耕三, 茂呂徹, 高取吉雄: 重度臼蓋形成不全を伴う前・初期股関節症に対する寛骨臼回転骨切り術の長期成績. 第 37 回日本股関節学会学術集会. 2010. 10. 1-2 (福岡)
62. 伊藤英也, 高取吉雄, 茂呂徹, 馬淵昭彦, 角田俊治, 田中健之, 中村耕三: シンボジウム「寛骨臼回転骨切り術」寛骨臼回転骨切り術の長期成績. 第 37 回日本股関節学会学術集会. 2010. 10. 1-2 (福岡)
63. 角田俊治, 高取吉雄, 茂呂徹, 伊藤英也, 田中健之, 中村耕三: 股関節外転拘縮をきたした大理石骨病の 1 例. 第 33 回股関節懇話会. 2010. 10. 30 (東京)
64. 京本政之, 茂呂徹, 雑賀健一, 立石崇晴, 高取吉雄, 石原一彦: 自己開始光グラフト重合を用いた生体軟骨模倣 PEEK 褶動面の創製. 第 32 回日本バイオマテリアル学会大会. 2010. 11. 29-30 (広島)
65. 井上祐貴, 塚原剛彦, 石原一彦: ポリマーブラシ表面の水和状態を指標としたタンパク質吸着挙動の解明. 第 32 回日本バイオマテリアル学会大会. 2010. 11. 29-30 (広島)
66. 松野亮介, 高見公章, 石原一彦: マイケル付加反応を用いたホスホリルコリン化合物ライブラリーの構築. 第 32 回日本バイオマテリアル学会大会. 2010. 11. 29-30 (広島)
67. 中西智亮, 井上祐貴, 松野亮介, 高井まどか, 石原一彦: タンパク質吸着力に対する精密ポリマーブラシ表面構造の効果. 第 32 回日本バイオマテリアル学会大会.

2010. 11. 29-30 (広島)
68. 増田絏一、松野亮介、金野智浩、高井まどか、石原一彦：細胞内環境応答型分子イメージングを特徴とするリン脂質被覆量子ドットの創製. 第 32 回日本バイオマテリアル学会大会. 2010. 11. 29-30 (広島)
69. 茂呂徹、高取吉雄、石原一彦、京本政之、荻田達郎、伊藤英也、角田俊治、田中健之、山脇昇、雑賀健一、中村耕三、川口浩：ポリエチレンライナー表面の MPC グラフト処理による長寿命型人工関節の開発—粗面化した骨頭が MPC 処理に与える影響の検討—. 第 41 回人工関節学会. 2011. 2. 25-26 (東京)
70. 茂呂徹、高取吉雄、石原一彦、京本政之、雑賀健一、中村耕三、川口浩：人工膝関節の脛骨コンポーネント摺動面に対する MPC ポリマー処理. 第 41 回人工関節学会. 2011. 2. 25-26 (東京)
71. 雑賀健一、京本政之、茂呂徹、伊藤英也、川口浩、中村耕三、石原一彦、高取吉雄：ポリエチレン厚さがライナーの摩耗・破壊に与える影響—ピンオンディスク型試験機による繰り返し衝撃—摺動試験. 第 41 回人工関節学会. 2011. 2. 25-26 (東京)
72. 角田俊治、伊藤英也、田中健之、馬淵昭彦、中村耕三、高取吉雄、茂呂徹：セメントレス人工股関節におけるデジタルテンプレート信頼性. 第 41 回人工関節学会. 2011. 2. 25-26 (東京)
73. 田中健之、伊藤英也、角田俊治、馬淵昭彦、中村耕三、高取吉雄、茂呂徹：bipolar 型人工股関節に対しセメントレス寛骨臼コンポーネントを用いた再置換術の検討. 第 41 回人工関節学会. 2011. 2. 25-26 (東京)
74. 伊藤英也、角田俊治、田中健之、高取吉雄、茂呂徹、中村耕三：両側再置換手術を行った metal-on-metal THA の 1 例. 第 41 回人工関節学会. 2011. 2. 25-26 (東京)
75. 田中健之、伊藤英也、角田俊治、茂呂徹、高取吉雄：OSMED の両側股関節症に対する治療経験. 第 34 回 関東股関節懇話会. 2011. 3. 5 (東京)
- ② 国際学会
1. Moro T, Takatori Y, Ishihara K, Konno T, Kyomoto M, Yamamoto M, Karita T, Ito H, Nakamura K, Kawaguchi H: Grafting of biocompatible polymer on the liner surface for extending longevity of artificial hip joints. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
2. Kyomoto M, Moro T, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Nanometer-scale high lubricious surface modification extends the durability of artificial joint. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
3. Futamura K, Ishihara K: Quick Providing of Hydrophilic and Protein Adsorption Resistant Surface by Phospholipid Polymers. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)

4. Ishiyama N, Moro T, Miura T, Ohe T, Ito S, Konno T, Yoshikawa M, Ohyama T, Ishihara K, Nakamura K, Kawaguchi H: Investigation of biodissociated phospholipid polymer hydrogel that prevents tissue adhesion without impairing healing. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
5. Asanuma Y, Ishihara K: Multi-Biofunctional Phospholipid Block Polymer Alloys with Segmented Polyurethane. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
6. Matsuno R, Ishihara K: Well Defined Phospholipid Polymer Grafting over Quantum Dot using RAFT Polymerization. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
7. Goda T, Ishihara K: Protein Resistance on Polymer-grafted PDMS using Photoinitiation Performance of Ketones. 8th World Biomaterials Congress (WBC). 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
8. Ishihara K: Cytocompatible Phospholipid Polymer Hydrogel Scaffold with Tunable Cell Capturing Ligand Density. 8th World Biomaterials Congress (WBC) 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
9. Choi J, Ishihara K: Multilayered phospholipid polymer hydrogel for regulating cell functions by self-tuning bioactive agent. 8th World Biomaterials Congress (WBC) 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
10. Konno T, Ishihara K: Non-fluidic Cell Culture Medium for Maintaining Cell Functions: Cell-Container Based on Reversible Phospholipid Polymer Hydrogel with Highly Cytocompatibility. 8th World Biomaterials Congress (WBC) 2008. 5. 28-6. 1 (Amsterdam, The Netherlands)
11. Moro T, Takatori Y, Kyomoto M, Ishihara K, Nakamura K, Kawaguchi H: Biocompatible phospholipid polymer grafting on liner surface of artificial hip joints enhances the wear resistance independently of liner cross-linking of femoral head material. 2008 World Congress on Osteoarthritis (OARSI). 2008. 9.18-21 (Rome, Italy).
12. Moro T, Takatori Y, Ishihara K, Kyomoto M, Karita T, Ito H, Nakamura K, Kawaguchi H: The effect of biocompatible polymer grafting onto polyethylene liner surface: Improvement of lubricity regardless of the characteristics of bearing materials. The 55th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). 2009. 2.22-25 (Las Vegas, USA)
13. Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K:

- Brush-like structure only gives high durability to cross-linked polyethylene among various surface-modified layers with MPC polymer. The 55th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). 2009. 2. 22-25 (Las Vegas, USA)
14. Ishiyama N, Moro T, Miura T, Ohe T, Ito S, Konno T, Yoshikawa M, Ohyama T, Ishihara K, Nakamura K, Kawaguchi H: Anti-adhesion effect without impairing healing of biocompatible phospholipid polymer hydrogel. The 55th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). 2009. 2. 22-25 (Las Vegas, USA)
 15. Moro T, Takatori Y, Kyomoto M, Ishihara K, Karita T, Ito H, Nakamura K, Kawaguchi H: Biocompatible Poly(MPC) Grafting on the Liner Surface of Artificial Hip Joints Enhances the Wear Resistance Independently of Femoral Head Material. 22nd Annual conference of the European Society for Biomaterials (ESB). Lausanne, Switzerland, 2009. 9. 7-11.
 16. Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Yamawaki N, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Cross-linked brush-like structure of surface-modified layers gives high durability to joint replacement. 22nd Annual conference of the European Society for Biomaterials (ESB). Lausanne, Switzerland, 2009. 9. 7-11.
 17. Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: High-density brush-like structure mimicking cartilage gives high durability to cross-linked polyethylene. 4th UHMWPE International Meeting. Torino, Italy, 2009. 9. 16-18.
 18. Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Self-initiated surface graft polymerization of poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on PEEK and carbon fiber reinforced PEEK for orthopaedic and spinal applications. 56th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). New Orleans, USA, 2010. 3. 6-9.
 19. Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Biocompatible polymer layer on Co-Cr-Mo surface for hemi-arthroplasty prevents degeneration of cartilage. 56th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). New Orleans, USA, 2010. 3. 6-9.
 20. Moro T, Takatori Y, Ishihara K, Kyomoto M, Karita T, Ito H, Tsunoda T, Saiga K, Nakamura K, Kawaguchi H: Biocompatible phospholipid polymer grafting improves the wear resistance of artificial hip joints regardless of the degree of

- cross-linking. 2010 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). 2010. 4. 21-24 (Seattle, USA)
21. Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Onomoto H, Takatori Y, Ishihara K: Self-initiated surface graft polymerization from PEEK brings smart orthopaedic biomaterials. 2010 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). 2010. 4. 21-24 (Seattle, USA)
 22. Seo JH, Matsuno R, Lee Y, Konno T, Takai M, Ishihara K: Conformational stability of proteins conjugated with water-soluble phospholipid polymer from heat-induced denaturation: Effect of the hydrophilicity of the polymer materials. 2010 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). 2010. 4. 21-24 (Seattle, USA)
 23. Nakanishi T, Inoue Y, Matsuno R, Takai M, Ishihara K: Significant Parameters of Polymer Brush Surface Related with Protein Adsorption. 2010 Annual Meeting & Exposition of the Society for Biomaterials (SFB). 2010. 4. 21-24 (Seattle, USA)
 24. Ishihara K, Inoue Y: Essential Factors to Make Excellent Biocompatibility of Phospholipid Polymer Materials. 12th International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC) 2010. 6. 9-18 (Tuscany, Italy)
 25. Ishihara K, Kyomoto M: Photoinduced Functionalization on Biomaterials Surface. The 27th International Conference of Photopolymer Science and Technology. 2010. 6. 22-25 (Chiba, Japan)
 26. Ishihara K, Nakanishi T, Takai M, Inoue Y: Nanoforce Measurement During Protein Adsorption to Well-controlled Polymer Brush Surfaces. The Third International NanoBio Conference. 2010. 8. 24-27 (Zurich, Switzerland)
 27. Kitagawa T, Inoue Y, Takai M, Ishihara K: Monitoring of Initial Cell Adhesion Process on Nanometer-scaled and Organized Surfaces. The Third International NanoBio Conference. 2010. 8. 24-27 (Zurich, Switzerland)
 28. Matsuno R, Takami K, Ishihara K: Michael-type addition of 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine with thiol compounds for preparing biocompatible molecules. The Third International NanoBio Conference. 2010. 8. 24-27 (Zurich, Switzerland)
 29. Fukazawa K, Li Q, Seeger S, Ishihara K: Molecular-nanointegrated Surface for Selective Protein Recognition by Molecular Imprinting Concept. The Third International NanoBio Conference. 2010. 8. 24-27 (Zurich, Switzerland)
 30. Moro T, Takatori Y, Ishihara K, Kyomoto M, Saiga K, Nakamura K,

- Kawaguchi H: Surface grafting of biocompatible phospholipid polymer MPC provides wear resistance of tibial polyethylene insert in artificial knee joints. 57th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). 2011. 1. 13-17 (Long Beach, USA)
31. Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Hashimoto M, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Smart PEEK by self-initiated surface graft polymerization of MPC for orthopaedic applications. 57th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). 2011. 1. 13-17 (Long Beach, USA)
32. Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Hashimoto M, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Controlled biocompatible phospholipid polymer-brush mimicking cartilage gives high durability to joint replacement. 57th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). 2011. 1. 13-17 (Long Beach, USA)
- ③ シンポジウム
- 1) 茂呂徹、川口浩、石原一彦、金野智浩、京本政之、山脇昇、橋本雅美、苅田達郎、伊藤英也、齋藤貴志、中村耕三、高取吉雄: MPC ポリマーの表面処理による低摩耗型人工関節. 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2008. 2008. 11. 17-18. (東京)
- 2) 山脇昇: 整形外科領域におけるチタン合金の適用. 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2008. 2008. 11. 17-18. (東京)
- 3) 茂呂徹, 高取吉雄, 石原一彦, 山脇昇, 京本政之, 川口浩: ミニシンポジウム「骨のバイオマテリアルと医工連携」MPC ポリマーのナノ表面修飾による新しい人工股関節の開発. 第27回日本骨代謝学会学術集会. 大阪, 7. 23-25, 2009.
- 4) 茂呂徹, 川口浩, 石原一彦, 京本政之, 雑賀健一, 山脇昇, 橋本雅美, 苅田達郎, 伊藤英也, 角田俊治, 中村耕三, 高取吉雄: シンポジウム「人工関節新規摺動面材料への挑戦」リン脂質ポリマーナノグラフトを基盤とした人工関節の長寿命化. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 11. 16-17, 2009.
- 5) 高取吉雄, 石原一彦, 茂呂徹, 金野智浩, 川口浩, 中村耕三: シンポジウム「医工連携の実践」医工連携—マテリアル工学と人工股関節での経験. 第18回日本コンピューター外科学会大会. 東京, 2009. 11. 21-23.
- 6) 高取吉雄, 茂呂徹, 石原一彦, 京本政之, 橋本雅美, 苅田達郎, 伊藤英也, 赤坂義之, 角田俊治, 雑賀健一, 川口浩, 中村耕三: シンポジウム「近未来の人工関節とは? ~固定法、摺動面、デザインを科学する~」新しい摺動面への課題と展望. 第40回日本人工関節学会. 沖縄, 2. 26-27, 2010.
- H. 知的財産権の出願・登録状況
1. 発明の名称: 「グラフト重合方法およびその生成物」
発明者: 京本政之、石原一彦

出願者：日本メディカルマテリ
アル株式会社、東京大学

出願番号：特願 2008-298267

出願日：2008. 11. 21

2. 発明の名称：「ポリマー摺動材および人工関節部材」

発明者：京本政之、石原一彦

出願者：日本メディカルマテリ
アル株式会社、東京大学

出願番号：特願 2008-330504

出願日：2008. 12. 25

3. 発明の名称：「医療器具及びその製造方法」

発明者：京本政之、石原一彦

出願者：日本メディカルマテリ
アル株式会社、東京大学

出願番号：特願 2008-330513

出願日：2008. 12. 25

4. 特願 2009-242683 人工股関節用
ライナー及びそれを用いた人工
股関節 2009年10月21日出願

5. 特願 2009-190852 高潤滑性摺動
部材およびそれを用いた人工関
節 2009年6月24日出願

6. 国際特許 PCT/JP2009/71614 ポ
リマー摺動材料および人工関節
部材 2009年12月25日出願

7. 国際特許 PCT/JP2009/69734 グ
ラフト重合方法およびその生成
物 2009年11月20日出願

分担研究報告書

ポリエチレン（PE）厚さが MPC 処理の摩耗低減効果に与える影響の検討

分担研究者 高取吉雄（東京大学大学院医学系研究科 特任教授）
金野智浩（東京大学大学院工学系研究科 特任准教授）

研究要旨：社会の高齢化が進んでいる現在、変形性関節症、関節リウマチ、骨壊死などの疾患に人工関節置換術が適用されている。しかしながら、10年以上の長期臨床成績を考慮すると幾つかの問題：「ポリエチレン（PE）の摩耗粉が引き起こす骨溶解と続発する弛み」および「人工関節置換術後の脱臼」などを抱えている。これらの問題に対して我々は、関節面の耐摩耗性と機械的安定性を同時に達成できれば、良好な長期臨床成績を達成することとなり、高齢者の寝たきり予防に役立てることできると考え、poly（2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine）（PMPC）を架橋 PE（CLPE）表面に光開始グラフト重合法により結合させた人工股関節材料を開発した。本分担研究では、1）PMPC 処理を行った CLPE の機械的特性の評価、2）股関節におけるネックインピンジメントやマイクロセパレーションを想定した疲労特性（衝撃-摩耗）試験、3）股関節における摩擦摩耗動作を想定した摩耗特性（多方向摺動）試験、を行った。これらの結果、光開始グラフト重合法は、基材となる CLPE の材料特性に影響を与えないことが明らかとなった。また、PMPC 処理により、CLPE の耐衝撃-摩耗特性が向上することが確認された。さらに、薄い CLPE においても重篤な欠陥は認められず、大径骨頭と組み合わせられる薄い CLPE ライナーの適用の可能性が示唆された。

A. 研究目的

高齢化社会が進んでいる現在、変形性関節症、関節リウマチ、骨壊死などの疾患に人工股関節置換術が適用されている。人工股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、10年以上の長期臨床成績を考慮すると、特に「弛み」と「脱臼」という合併症が大きな問題となっており、これらを防止し耐用年限（寿命）を延長することは、重要かつ緊急の課題である。

人工股関節置換術後に生じる、イン

プラント周囲の骨溶解と続発する弛みは、摺動運動により生じるポリエチレン (PE) の摩耗粉が引き起こす生体反応が原因である。したがって、骨溶解の解決のために PE 摩耗粉を減少させる研究開発が行われており、摺動面の素材の組み合わせや素材自体の改良といった様々な試みが行われてきた。クリープ変形低減のためにカーボン繊維を複合化した PE (Poly II[®]) が開発され、高い耐クリープ変形を実現したが、摩耗特性は通常の PE にも劣った。また、通常の PE を高温、高圧で処理し、分子量の低下なしに密度を増大させた結晶化 PE (Hylamer[®]) が開発され臨床使用されたものの、早期に異常摩耗を発生させた。

人工関節置換術後の脱臼は、手術手技やインプラントデザインが原因である場合も少なくない。その手術手技的因子としては、アプローチ方法、シェル、ライナーの設置位置・角度、大腿骨ステムの前捻角、軟部組織の剥離、骨性インピンジメントなどが挙げられる。インプラントデザインの因子としては、人工股関節のカップ-ネックインピンジメントまでの可動域などが挙げられる。カップ-ネックインピンジメントまでの可動域は、カップ前方開角、カップ前方開角、ネック前捻角、ネックステム角、振幅角 (Oscillation angle) の 5 因子により決定される。中でも、振幅角はその値が大きくなるほど全方向への可動域が拡大するため、特に重要な因子である。インプラントデザインにおいて

は、より大きな振幅角を得るために、骨頭の大径化、ネックの小径化が必要である。しかしながら、患者の骨盤の大きさに限界があり、骨頭を大径化するためには、PE ライナーを薄くする必要があり、耐摩耗性の低下およびライナー破壊の発生が懸念される。

また、人工股関節は歩行の中で、骨頭とライナーが微小に浮き上がるマイクロセパレーションが発生すると報告されている。このマイクロセパレーションが発生した場合、ライナーは繰り返しの衝撃力を受ける。特に、薄い PE ライナーでは、衝撃緩和作用が低下するため耐摩耗性の低下および破壊発生のリスクがさらに増大する。

これらの問題に対して我々は、関節面の耐摩耗性と機械的安定性を同時に達成できれば、良好な長期臨床成績を達成し、高齢者の寝たきり予防に役立てることできると考え、生体の関節軟骨表面で数十年にわたり潤滑性の改善に寄与しているナノメーターオーダーのリン脂質層に着目し、poly (2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) (PMPC) を架橋 PE (CLPE) 表面に光開始グラフト重合法により結合させた人工股関節材料を開発した。この PMPC 処理は、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と期待できる。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大径骨頭と組み合わせられる薄い CLPE ライナーに対しては、最適な方法であるといえる。これまでの基

礎研究において、PMPCによる人工股関節表面へのグラフト重合処理はCLPEの摩耗量を著しく減少させることを明らかにした。

本分担研究では、PMPC処理CLPEについて、pin-on-disk型摩耗試験装置を用いて、股関節におけるネックインピンジメントやマイクロセパレーションを想定した疲労特性試験を行った。

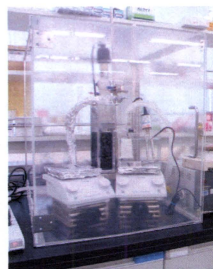


図 1-1. PMPC 処理装置全景

B. 研究方法

1. PMPC 処理 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、日油製を用いた。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/cm² 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℃ になるよう調整した (図 1-1 および 1-2)。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。



図 1-2. PMPC 処理装置 (処理槽拡大)

2. PMPC 処理 CLPE の機械的特性

未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE の機械的特性について、ASTM F648-07 規格および ISO5834-part2 規格を参照し、以下に示す試験を行った。

① 密度測定

未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE の密度を、ASTM F648-07 規格および JIS K7112 A 法 (水中置換法) に準拠して測定した。

② 引張り試験

引張り試験を ASTM D638 規格および F648-07 規格に従って行った。機械加工により、IV 号試験片を作製した。被験物質については、ダンベル型試験の片面に対し、PMPC 処理を施した。準備した試験片の引張り特性について、島津製作所製オートグラフ (ASG-5kNG) を用い、試験速度 50 mm/min にて評価した。

③ 衝撃試験

アイゾット衝撃試験を、ASTM F648-07 規格に準拠して行った。機械加工により、 $63.5 \times 6.4 \times 12.7 \text{ mm}^3$ の試験体を作製した。得られた試験体に対して、ノッチ深さ $4.57 \pm 0.08 \text{ mm}$ のダブルノッチを入れた。被験物質については、ノッチを入れた後、ノッチを入れた 1 面に対し PMPC 処理を施した。これらのアイゾット衝撃強度を、オリエンテック製アイゾット衝撃試験機を用い、ハンマー容量 3.92 J (40 kg*m) にて測定した。

④ クリーブ変形測定

クリープ変形を、ASTM F648-00 規格に準拠して測定した。

⑤ 硬さ測定

デュロメータ硬さ (ショア D) を、ASTM F648-07 規格に準拠して測定した。被験物質の測定は、PMPC 処理を施した表面にて行った。

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

ASTM F732-00 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-摩耗試験 (股関節におけるネックインピンジメントやマイクロセパレーションを想定した試験) および多方向摺動試験 (股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。



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

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 を用いた。また、pin 型試験片には、コバルトクロム合金 (Co-Cr) を用い、37°C のウシ血清中にて試験を行った。

① 衝撃-摩耗試験

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 万回まで試験を行った。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。

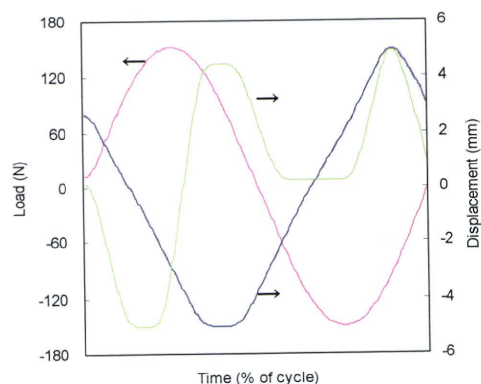


図 3. 衝撃-摩耗試験の動作波形
—: 荷重, —: disk 変位, —: pin 変位

衝撃-摩耗試験は、5 万、20 万、50 万、100 万および 200 万サイクルの時点で潤滑液の交換を行うと同時に、disc 型試験片の回収、洗浄、乾燥、重量測定を行い、disk 型試験片の摩耗量として算出した。あわせて、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を行った。Disk 型試験片の変形量は、非接触式表面性状測定機（AMETEK Taylor Hobson 製 TALYSURF CCI Lite）を用い評価した。

②多方向摺動試験

最大荷重は 213 N とし、摺動距離 30 mm、摺動速度 1 Hz の条件で 100 万回まで試験を行った。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 4 に示す。

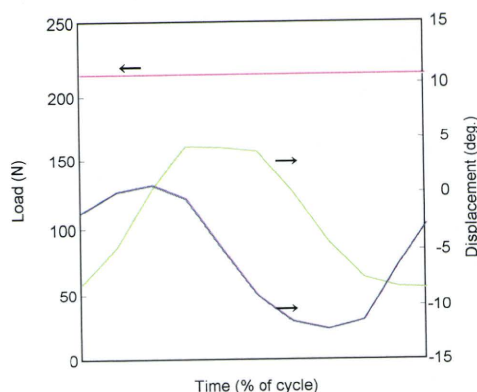


図 4. 衝撃-摩耗試験の動作波形
—: 荷重, —: disk 変位, —: pin 変位

多方向摺動試験は、25 万サイクル毎に潤滑液の交換を行うとともに、Disk 型試験片の重量測定、外観観察および表面性状測定を行った。

C. 研究結果

1. PMPC 処理 CLPE の機械的特性

未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE の機械的特性と ASTM 規格値を表 1 に示す。密度、引張り降伏強度、アイゾット衝撃強度、クリープ変形、ショア D 硬度において、未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE との間に有意な差は認めなかった。PMPC 処理を施すことで引張り破断強度、引張り破断伸びについては僅かに変化を認めた。しかしながら、何れの値についても ASTM F648 規格値を満足した。

表 1 PMPC 処理 CLPE の機械的特性

Test	Unit	ASTM F648 standards	CLPE	PMPC grafted CLPE
Density	kg/m ³	927~944	943	943
Yield tensile strength	MPa	19	23.2	23.1
Ultimate tensile strength	MPa	27	51.6	40.4
Elongation	%	250	330	280
Izod impact strength	kJ/m ²	25	75	77
Creep deformation	%	2	1.3	1.4
Shore D hardness	-	60	68	68

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

①. Pin-on-disk 型摩耗試験装置を用いた、PMPC 処理 CLPE の疲労特性（衝撃-摩耗）試験

図 5 に、衝撃-摩耗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 万回の試験後、3 mm 厚の CLPE は重量減少（摩耗）を示したのに対し、その他の試験片は重量増加を示した。いずれの厚さにおいても、未処理 CLPE に比べ、PMPC 処理 CLPE は高い耐摩耗特性を示した。また、未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE のいずれにおいても、6 mm 厚の試験片のほうが、3 mm 厚のそれに比べ高い耐摩耗特性を示した。

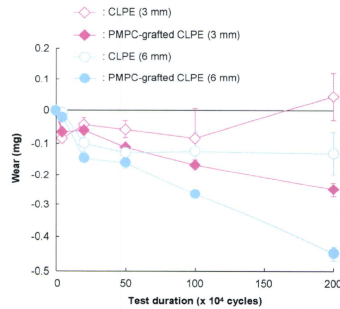


図 5. 衝撃-摩耗試験における未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE の摩耗量

図 6 に、衝撃-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 7 に、衝撃-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ープ所見を示す。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 万回の試験回数において、背面ではすでに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 (back-side 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 万回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 8 に衝撃-摩耗試験後の未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE の表面性状測定結果を示す。摺動面の変形量は厚さにより変化し、厚さ 3 mm の試験片において大きな変形を認めた。背面の変形量も厚さによる差が認められ、厚さ 6 mm 試験片ではほぼ変形が見られないのに対し、厚さ 3 mm 試験片では大きな変形が認められた。

CLPE (3 mm)

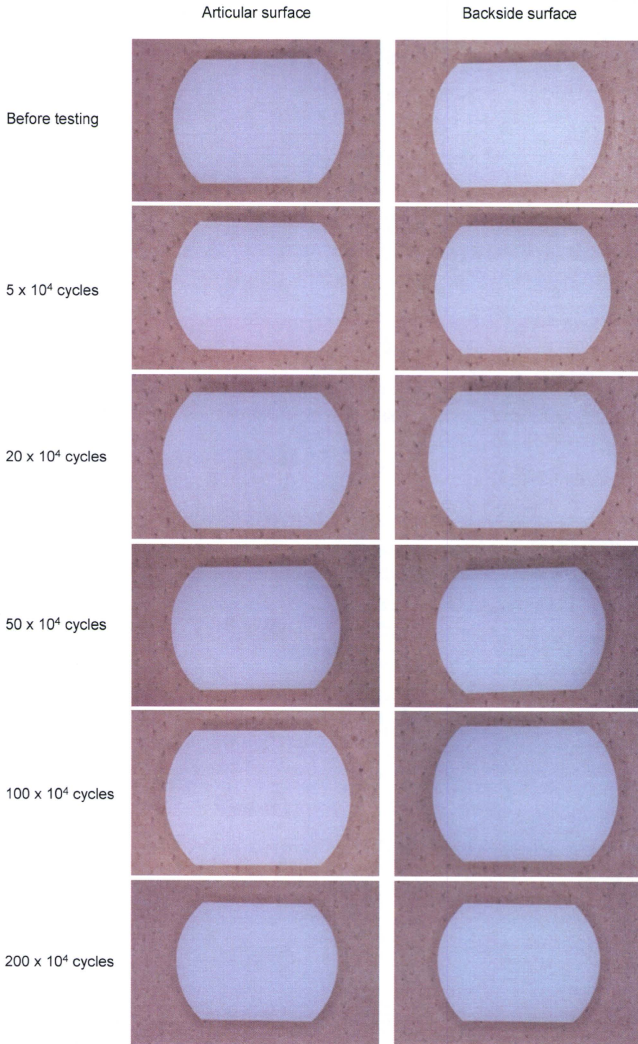


図 6-1. 衝撃-摩耗試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

PMPC-grafted CLPE (3 mm)

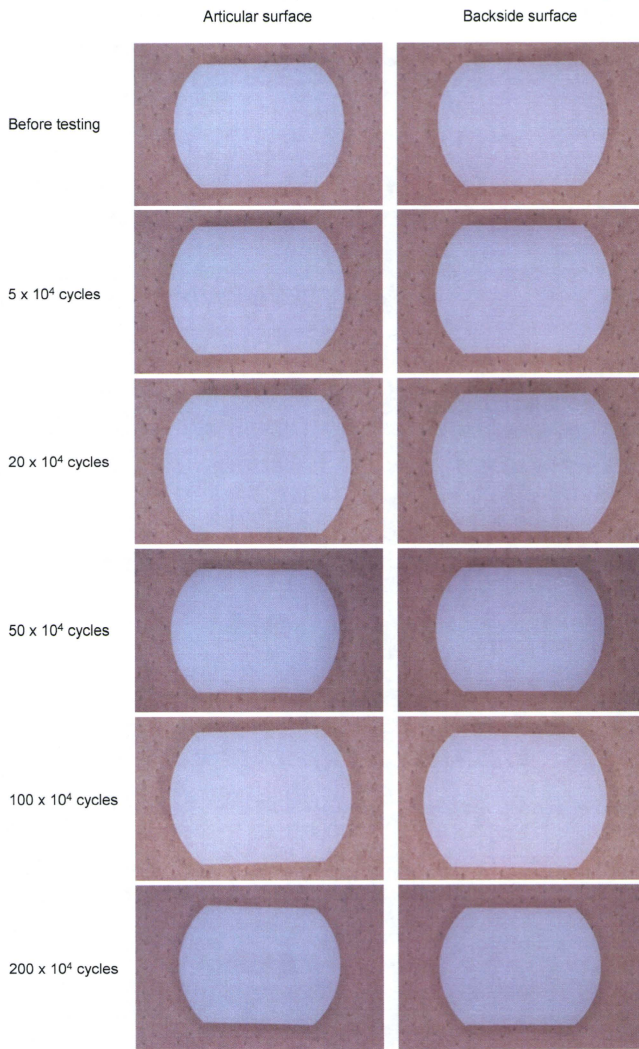


図 6-2. 衝撃-摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真