

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25年 5月17日現在

機関番号：11301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008～2012

課題番号：20106005

研究課題名（和文） 生体機能分子を固定したソフト界面の表面力測定

研究課題名（英文） Soft Interfaces with Immobilized Biofunctional Molecules Studied by Surface Forces Measurement

研究代表者

栗原 和枝 (KURIHARA KAZUE)

東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・教授

研究者番号：50252250

研究成果の概要（和文）：研究代表者は表面力測定を中心手段として、分子間・表面間相互作用を明らかにし、「力」を観測量として複雑系を研究する新しい研究領域を確立したいと考えて研究を行っている。表面力、即ち表面間に働く力の距離依存性は、表面の荷電状態、固さ・柔らかさ、立体構造、界面エネルギー、また界面の液体の組織構造形成など、固-液界面のキャラクター化にユニークな情報を与え、これらの環境応答（塩濃度、pH、温度など）をその場で評価できる。また、ポリヒスチジンタグによる表面へのタンパク質分子の配向固定化法を開発し、酵素のサブユニットを表面に配向固定化し、基質存在下で相互作用を測定し、酵素-基質複合体の相互作用を初めて直接的に観測している。本研究課題では、ソフト界面の分子科学の確立に資するため、表面力測定と界面分光法を用いて生体を含むソフト界面の特性を考える上で重要な界面の水構造の分子レベル評価を行うとともに、様々な生体分子を配向制御して固定化する方法を開発し、表面力測定により DNA の転写制御に関与するタンパク質群の分子認識相互作用の評価を行った。

研究成果の概要（英文）： We aim to elucidate the properties and functions such as molecular recognition of molecular films at the solid-liquid interfaces using the surface forces measurement as a main tool, and contribute to the soft interface science in a flame of biofunctional chemistry. One of the important issue for understanding biological functions is water. Therefore, we have studied the followings: (1) Interfacial water adsorbed on silica surfaces from cyclohexane at different water concentrations. We succeeded to distinguish water adsorbed by chemical interactions such as hydrogen-bonding from one by the phase separation, (2) Poly(ethylene glycol) brushes which are often used as biocompatible surfaces, (3) Specific interactions between proteins: The direct forces measurement provides useful information for understanding the interactions between biological molecules.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2009年度	20,400,000	6,120,000	26,520,000
2010年度	9,500,000	2,850,000	12,350,000
2011年度	11,300,000	3,390,000	14,690,000
2012年度	10,200,000	3,060,000	13,260,000
総計	58,400,000	17,520,000	75,920,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：表面・界面物性，ナノバイオ，ナノ材料，分子認識，高分子ブラシ

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、表面力測定を中心手段として、分子間・表面間相互作用を明らかにし、「力」を観測量として複雑系を研究する新しい研究領域を確立したいと研究を行ってきた。当測定を初期から20年近く行っており、これまでに高分子電解質層の相転移や固-液界面に水素結合性のマクロクラスター形成を発見するなど、独自の領域を拓き、当該分野で世界をリードしていた。また生体分子の相互作用評価にも十分な経験を有していた。表面力、即ち表面間に働く力の距離依存性は、表面の荷電状態、固さ・柔らかさ、立体構造、界面エネルギー、また界面の液体の組織構造形成など、固-液界面のキャラクタリゼーションにユニークな情報を与え、これらの環境応答（塩濃度、pH、温度など）をその場で評価できる。従って、本新学術領域研究「ソフト界面の分子科学」には、申請者のアプローチは不可欠であると考え、分子認識ならびに固-液界面評価を中心とする課題を設定して研究を開始した。

2. 研究の目的

本研究は、2つの表面間の相互作用の距離依存性を直接評価できる表面力測定を中心手段とし、分子認識など、固-液界面における分子膜の特性を明らかにすることでソフト界面の分子科学に寄与し、さらに生体分子間の相互作用、医用材料表面の評価を可能とする方法論の開発を目指して研究を行った。

具体的には、ソフト界面の分子科学の確立に資するため、(1) 表面力測定と界面分光法を用いて生体を含むソフト界面の特性を考える上で重要な界面水の構造・特性評価、(2) ツインパス型表面力装置を用いて高分子ブラシ層の構造・特性評価、(3) 様々な生体分子を配向制御して固定化する方法を開発し、表面力測定によりDNAの転写制御に関与するタンパク質群の分子認識相互作用を評価した。

3. 研究の方法

(1) タンパク質の配向固定化法の開発

従来、開発しているポリヒスチジンタグによる表面へのタンパク質分子の配向固定化法に加えて、グルタチオン-S-トランスフェラーゼ(GST)、マルトースバインディングプロテイン(MBP)をアフィニティタグとして用いた固定化法を開発した。

(2) コロイドプローブ原子間力顕微鏡法

原子間力顕微鏡のカンチレバーの先端に固定した μm ～数十 μm サイズのコロイド球(半径 R)を一方の表面として、もう一方の平板との相互作用力 (F)を測定する。このとき、

力 Derjaguin 近似, $F/R = 2\pi G_e$ (G_e : 単位面積当たりの平行平板間の相互作用自由エネルギー)により規格化できる。生体分子間相互作用の評価では、コロイド粒子と平板の表面を(1)のタンパク質の配向固定化法により修飾する。

(3) ツインパス型表面力装置による高分子ブラシ層の評価

研究代表者らは、不透明試料の表面力測定を可能とするため、反射型光干渉法による表面間距離測定機構を用いたツインパス型表面力装置を開発している。この装置を用いて、金基板上に固定化した高分子ブラシ層間の表面力測定を行った。

(4) 和周波発生(SFG)振動分光法による界面水の構造評価

ソフト界面の水の構造を、2次の非線形光学を用いた分子レベルの界面選択性を有するSFG振動分光法により調べ、表面力測定の結果と併せて、構造と特性を分子レベルで評価した。

4. 研究成果

(1) 表面力測定と和周波発生振動分光法によるシリカ表面の水の吸着構造評価

界面水は、物理、化学、生物における様々な過程、例えば疎水性相互作用、生体分子間の特異的相互作用、関節の優れた潤滑において重要な役割を担っており、その構造と特性は解明すべき課題である。しかし、バルクと異なる構造・特性を示す界面水の距離範囲は、対象とする系により分子レベルから μm レベルまでの報告例がある。本研究では、表面力測定法、および和周波発生(SFG)振動分光法を用いて、水-シクロヘキサン2成分液体中のシリカ表面に形成される水吸着層の構造・特性、厚みを評価した。

水-シクロヘキサン2成分液体中のシリカ表面間で、水濃度 33 ± 9 , 45 ± 8 , 50 ± 8

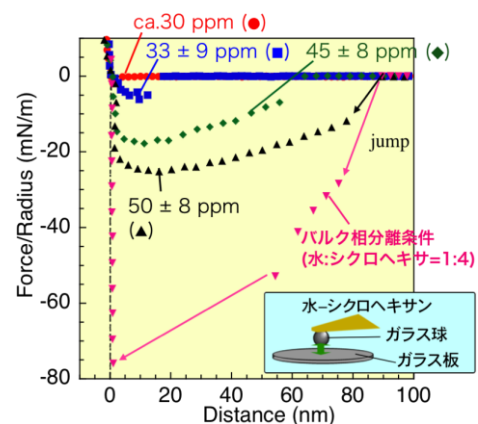


図1 水-シクロヘキサン2成分液体中のシリカ表面間の表面力曲線。

(飽和) ppm では、シリカ表面に形成された水吸着層の接触・橋掛けによると考えられる引力が、 $D = 15 \pm 4, 65 \pm 5, 90 \pm 10$ nm から引力が観測された (図 1)。これらの引力は、シリカ表面への水吸着層形成、厚み増大を示す。シクロヘキサン:水=4:1 (水過飽和)でも、約 90 nm より引力が観測された。接着力から見積もった水吸着層バルク界面エネルギー (\cdot) は ($F_{ad} = 4 \cdot \cdot R$)、飽和濃度で 79 ± 2 mN/m、過飽和濃度では 52 ± 1 mN/m となった (相分離 水/シクロヘキサン界面の $\cdot \cdot = 50.6$ mN/m (文献値))。これより、飽和濃度での吸着水はより高い配向性をもつと考えられる。SFG 振動分光スペクトルでは、水濃度 $33 \pm 9 \sim 50 \pm 8$ ppm で、氷様構造に帰属される ν OH ピークが観測され (3200 cm^{-1} 付近)、濃度上昇に伴い強度が増大し低波数へシフトした。これは、水吸着層の構造規則性、安定性の向上を示している。過飽和濃度では、このピークが高波数シフトし、 3450 cm^{-1} 付近の液体様に帰属されるピークが現れた。表面力測定の結果と併せて、吸着水は飽和濃度以下では表面のシラノール基から水素結合でつながった規則構造を形成するが、過飽和濃度では相分離により誘

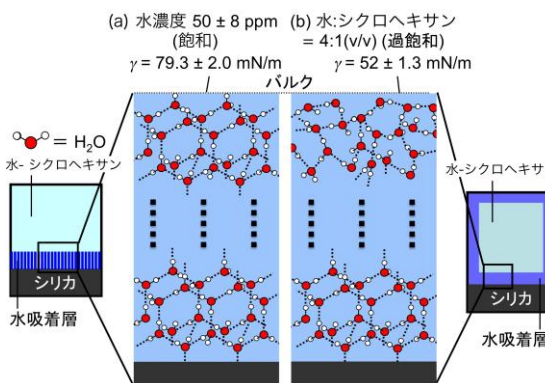


図2 水飽和濃度(a)、過飽和濃度(b)における水吸着層の構造模式図。

起された液体状態へと変化すると考えられる (図 2)。

(2) ツインパス型表面力装置による金表面上のポリエチレングリコール (PEG) ブラシ層の構造・特性評価

PEGによる表面修飾はタンパク質の吸着抑制に有効であることが知られているが、PEGの分子鎖長、コンフォメーション、水和、密度の影響など、その機構は十分に理解されていない。本研究では不透明試料の測定が可能なツインパス型表面力装置を用い、金表面上に調製したPEGブラシ層間の表面力測定を行い、QCM-DによるPEG層の厚みと併せて、構造と相互作用を評価した。

(3) 配向固定化した生体機能分子間の特異的相互作用の直接測定

(a) ニワトリ卵白リゾチームと抗体 HyHEL10scFv 間の相互作用の直接測定

生体分子間相互作用の解明は生命現象を理解する上で必須な課題であるが、これらを簡便にかつ精密に測定する手法が確立されておらず、基盤となる相互作用に関わるアミノ酸についての情報が少ない。生体分子間の相互作用をアミノ酸単位で議論できれば、プロテオーム研究に有用な知見を与えられと考えられる。本研究では、ニワトリ卵白リゾチーム (wild type, 1 アミノ酸変異体 (K97A, K97M)) と、その抗体 HyHEL 10 scFv を表面に配向固定化し、これらの表面間の相互作用力をコロイドプローブ原子間力顕微鏡 (AFM) により評価した (図 3)。接近過程では、wild type-HyHEL10scFv 間でのみ引力が観測され、引き離し過程での接着力の大きさは wild type >> K97M > K97A の順となった。表面プラズモン共鳴による評価では、wild type と K97M でほとんど差

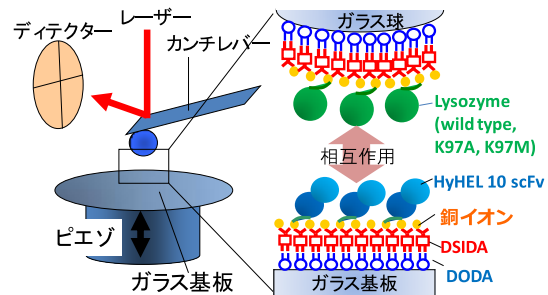


図 3 ニワトリ卵白リゾチーム-HyHEL10scFv 間

がみられておらず、表面力直接測定の生体分子間相互作用力評価に対する有効性が示された。

(b) ホスホリレーシグナル伝達タンパク質間相互作用の直接測定

タンパク質のリン酸化反応が重要な生体反応を制御していることはよく知られている。枯草菌が孢子形成時に機能するホスホリレーシグナル伝達系は、ATPにより自己リン酸化したKinA (KinA-P) が、リン酸基を Spo0F以下シグナル伝達タンパク質へ次々と受け渡してゆくことで孢子形成遺伝子群の発現誘導を行うプロセスである (図4)。しかし、その素過程は十分に研究されていない。KinA、Spo0Fを配向固定化した表面間の相互作用力測定を行い、ATPの添加による KinA-Spo0F表面間の接着力 (引力) 増大を観測した。これはATPによりKinAがリン酸化状態 (KinA-P) に変化し、Spo0Fと相互作用したためと考えられる。

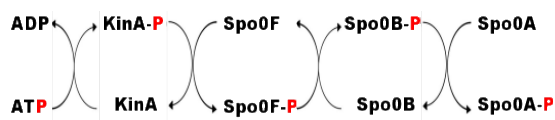


図4 ホスホリレーシグナル伝達系

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 23 件)

- 1 I. Y. Saito, M. Kasuya, K. Kurihara, “Evaluation of pH of Water between Solid Surfaces Using Surface Forces Apparatus Fluorescence Spectroscopy”, *Chem. Lett.* **41**, 1282-1284 (2012). DOI: 10.1246/cl.2012.1282, 査読有
- 2 M. Mizukami, A. Kobayashi, K. Kurihara, “Structuring of Interfacial Water on Silica Surface in Cyclohexane Studied by Surface Forces Measurement and Sum Frequency Generation Vibrational Spectroscopy”, *Langmuir* **28**, 14284-14290 (2012). DOI: 10.1021/la303003u, 査読有
- 3 H. Matsubara, F. Pichierri, K. Kurihara, “Mechanism of Diffusion Slowdown in Confined Liquids”, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 197801 (2012). DOI: 10.1103/PhysRevLett.109.197801, 査読有
- 4 H. Matsubara, F. Pichierri, and K. Kurihara, “Unraveling the properties of OMCTS under nanoscale confinement. Atomistic view of the liquid-like state from molecular dynamics simulation”, *J. Chem. Phys.* **134**, 044536-1-12 (2011). DOI: 10.1063/1.3530591, 査読有
- 5 T. Kamijo, M. Kasuya, M. Mizukami, and K. Kurihara, “Direct Observation of Double Layer Interactions between the Potential Controlled Gold Electrode Surfaces Using the Electrochemical Surface Forces Apparatus”, *Chem. Lett.*, **40**, 674-675 (2011). doi:10.1246/cl.2011.674, 査読有
- 6 D. Fukushi, M. Kasuya, H. Sakuma, K. Kurihara, Fluorescent Dye Probe for Monitoring Local Viscosity of Confined Liquids, *Chem. Lett.* **40**, 776-778 (2011). DOI: 10.1246/cl.2011.776, 査読有
- 7 K. Ueno, M. Kasuya, M. Watanabe, M. Mizukami, K. Kurihara, “Resonance Shear Measurement of Nanoconfined Ionic Liquids”, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **12**, 4066-4071 (2010). DOI: 10.1039/b923571j, 査読有
- 8 K. Kurihara, “Polyelectrolyte Brushes Studied by Surface Forces Measurement”,

Adv. Colloid Interface Sci. **158**, 130-138 (2010). DOI: 10.1016/j.cis.2010.03.004, 査読有

- 9 H. Sakuma, K. Kurihara, “Fourier-transform Resonance Shear Measurement for Studying Confined Liquids”, *Rev. Sci. Instrum.* **80**, 013701-1~013701-4 (2009). DOI: 10.1063/1.3062862, 査読有
- 10 H. Mizuno, T. Haraszti, M. Mizukami, K. Kurihara, “Nanorheology and Nanotribology of Two-Component Liquid Crystal”, *SAE Int. J. Fuels Lubr.* **1**, 1517-1523 (2009). doi:10.4271/2008-01-246, 査読有
- 11 M. Mizukami and K. Kurihara, “A New Physical Model for Resonance Shear Measurement of Confined Liquids between Solid Surfaces”, *Rev. Sci. Instrum.* **79**, 113705-1~113705-6 (2008). DOI: 10.1063/1.3012811, 査読有

[学会発表] (計 150 件)

1. 藤原瞳, 梅村太三, 藤田昌也, 栗原和枝, “表面力測定によるシグナル伝達タンパク質間相互作用の直接測定”, 日本化学会第93春季年会(2013), 立命館大学 (2013. 3. 22-25).
2. 栗原和枝, 高谷慎, 石島美弥, 鈴木武博, 津本浩平, “抗原-抗体間における特異的相互作用の直接評価”, ソフトインターフェースの分子科学 第8回公開シンポジウム, 伝国の杜 (2012. 7. 26-27).
3. 高屋慎, 鈴木武博, 石島美弥, 津本浩平, 栗原和枝, “抗原-抗体間における特異的相互作用の直接評価”, 第61回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜 (2012. 5. 29-31).
4. M. Mizukami, A. Kobayashi, K. Kurihara, “Interfacial Water Structured on Silica Surfaces in Cyclohexane through Hydrogen-Bonding Studied by Surface Forces Measurement”, IACIS2012, Sendai, Japan (2012. 5. 13-18).
5. 藤原瞳, 梅村太三, 藤田昌也, 栗原和枝, コロイドプローブ原子間力顕微鏡によるシグナル伝達タンパク質間相互作用の直接測定, 日本化学会第92春季年会, 慶應義塾大学, 2012. 3. 27.
6. A. Kobayashi, M. Mizukami, K. Kurihara, Surface forces study on interfacial water adsorbed on silica surfaces, Softinterface Mini-symposium on Biomaterials Science in Tsukuba (SIMS2012), Tsukuba, Japan, 2012. 3. 18.
7. 栗原和枝, 固-液界面の液体の自己組織化, 分子高次系機能解明のための分子科学-先端計測法の開拓による素過程的理解 第16

- 回シンポジウム, 東北大学, 2012. 3. 10. 招待講演
8. K. Kurihara, Surface Forces Measurement for Characterizing Confined Liquids, UniSA-Univ. Tokyo Work shop, Tokyo, Japan, 2011. 12. 15. Santa Barbara, USA
 9. K. Kurihara, Surface Forces Measurement for Materials Nano-technology, International Symposium on Surface Science (ISSS-6), Tokyo, Japan, 2011. 12. 12. 招待講演
 10. K. Kurihara, Surface Forces Measurement for Nano-materials Science, The 4th Series of WPI Joint Seminar; The 8th Seminar, Sendai, Japan, 2011. 12. 9. 招待講演
 11. 栗原和枝, 化学分野から見たマイクロナノエンジニアリングの課題, 日本学術会議マイクロ・ナノエンジニアリングシンポジウム, 東京, 2011. 8. 18. 招待講演
 12. K. Kurihara, Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science (Invited), University of Sydney, A. E. Alexander Lectureship2011, Sydney, Australia, 2011. 2. 4. 招待講演
 13. K. Kurihara, Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science, The Fifth Biennial Australian Colloid & Interface Symposium (ACIS2011), Hobart, Australia, 2011. 1. 31. 招待講演
 14. K. Kurihara, Surface Forces Measurements to Evaluate Biological Molecular Recognition, Pacificchem 2010, Hawaii, USA, 2010. 12. 17. 招待講演
 15. M. Mizukami, Surface Forces Study on Organization of Liquids Adsorbed at Solid-Liquid Interfaces in Binary Liquid Mixtures, Frontier 2010, Albi, France, 2010. 12. 9. 招待講演
 16. K. Ueno, M. Kasuya, M. Mizukami, M. Watanabe, K. Kurihara, Resonance Shear Measurement of Nanoconfined Ionic Liquids, NCSS2010, Chiba, Japan, 2010. 9. 19.
 17. K. Kurihara, Surface forces measurement for nano-materials science, Workshop Honoring Professor Kazue Kurihara, Paris, France., 2010. 11. 29. 招待講演
 18. K. Kurihara, Hydrogen-bonded Molecular Macrocluster Formation on Silica in Binary Liquids, SIS2010, Melbourne, Australia, 2010. 11. 17. 招待講演
 19. 梅村太三, 小西基, 石島美弥, 藤田昌也, 栗原和枝, 表面力測定によるシグナル伝達タンパク質間相互作用の研究, 生物物理第 48 回年会, 東北大学, 2010. 9. 20.
 20. 栗原和枝, 生体機能分子に関する表面力測定, 第 20 回バイオ・高分子シンポジウム, 東京大学, 2010. 7. 28. 招待講演
 21. 栗原和枝, 表面力・共振ずり測定によるソフト界面の特性評価, 「ソフトインターフェースの分子科学」, 新学術領域研究第四回公開シンポジウム, 国立循環器病研究センター (吹田市), 2010. 7. 1. 招待講演
 22. 高屋慎, 石島美弥, 鈴木武博, 津本浩平, 栗原和枝, 表面力測定による抗原-抗体間相互作用の直接測定, 第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 2010. 5. 26.
 23. 水上雅史, 小林篤史, 栗原和枝, 表面力および和周波発生振動分光法による吸着水の構造評価, 第 90 回日本化学会年会ソフト界面若手講演会, 東大阪, 2010. 3. 26. 招待講演
 24. 水上雅史, 表面力測定を用いた固-液界面に形成される液体組織化構造の分子論的研究, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山, 2009. 9. 18. 招待講演
 25. K. Kurihara, Molecular Packing and Interactions In Confined Liquids: How Crystalline-like?, Forefront of Tribology, Matsushima, Japan, 2009. 9. 13. 招待講演
 26. K. Kurihara, Surface Forces Measurement for Materials Nanotechnology Advanced Materials for Australia's Future An International Workshop, Melbourne, Australia, 2009. 5. 18. 招待講演.
 27. 栗原和枝, 表面力測定から見る固-液界面の新しい描像, 高分子学会北海道支部会員増強セミナー〜ソフト界面を創る、探る、活かす〜, 北海道大学, 2009. 3. 13. 招待講演
 28. M. Mizukami, Molecular Analysis of Liquid Adsorption at the Solid/Liquid Interfaces: Surface Forces Measurement and Surface Selective Spectroscopy, The Biennial Australian Colloid and Interface Symposium, Adelaide, Australia, 2009. 2. 1-5. Keynote Lecture.
 29. 中田良樹, 山口隆広, 鈴木武博, 森川一也, 栗原和枝, 表面力測定による転写タンパク質の熱ストレス応答性の研究, 第 46 回日本生物物理学会年会, 福岡国際会議場, 2008. 12. 3-5.
 30. 栗原和枝, 表面力測定から見る界面現象, 東京大学ナノバイオ・インテグレーション研究拠点, 東京大学, 2008. 11. 14. 招待講演.

[図書] (計 16 件)

1. 栗原和枝, “表面力測定による生体分子の相互作用の研究”, 「先端バイオマテリアルハンドブック」4編2章11節13章, エヌ・ティー・エス, 118-121 (2012).
2. 粕谷素洋, 水上雅史, 栗原和枝, “束縛液体の科学”, *現代界面コロイド科学の辞典*, 2章5節, 丸善, 52-53 (2010).
3. 粕谷素洋, 栗原和枝, “表面力測定”, *現代界面コロイド科学の辞典*, 3章13節, 丸善, 106-107 (2010).
4. K. Kurihara, 「Single Molecular Film for Recognizing Biological Molecular Interaction: DNA-Protein Interaction and Enzyme Reaction」, “Nanohybridization of Organic-Inorganic Materials”, Springer, Chap. 6, p125-136 (2009).
5. 栗原和枝, 水上雅史, 「固体表面の液体分子の自己組織化」, “自己組織化ハンドブック”, 第2編 材料編, 第3章 複合材料, 第4節 表面修飾, エヌ・ティー・エス, 690-691 (2009).
6. 粕谷素洋, 栗原和枝, “超分子における分子間力”, 「超分子サイエンス&テクノロジー」, 1章2節1項, 株式会社エヌ・ティー・エス, 8-13 (2009).
7. 高原淳, 栗原和枝, 前田瑞夫, 「ソフトマターとは」, “ソフトマター 分子設計・キャラクターゼーションから機能性材料まで”, 丸善株式会社, 1章 p 1-16 (2009).
8. 栗原和枝, 「表面力測定」, “ソフトマター 分子設計・キャラクターゼーションから機能性材料まで”, 丸善株式会社, 3章4節 p 165-179 (2009).

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

受賞

1. 水上雅史, 杉原理, 山辺秀敏, 安東勲雄, 黒川幸子, 栗原和枝, 第46回(平成24年度)色材協会賞(論文賞), “表面力装置による金属-高分子接着の評価2”, 2012年9月20日.
2. Alexander Lectureship Award, Kazue Kurihara, Chemical Society of Australia, (2011. 1. 31).
3. 日本化学会コロイドおよび界面化学部会 平成21年度科学奨励賞, 水上雅史, (2009年9月18日)
4. The most outstanding SAE Technical Papers of 2008 を受賞, H. Mizuno, T. Haraszti, M. Mizukami, K. Kurihara, “Nanorheology and Nanotribology of Two-Component Liquid

Crystal”, *SAE Int. J. Fuels Lubr.* **1**, 1517-1523 (2009).

国際会議開催

栗原を実行委員長として、コロイド界面分野のもっとも大きな国際会議である、International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)を、2012年5月13-18日に仙台にて開催した。

アウトリーチ活動

- 1) 栗原和枝, “分子の間の力を測る”, 出前講座「ユニバーサイエンス」, 山形県立山形西高校 (2010. 6. 10)
- 2) 栗原和枝, “表面力測定”, 仙台電波高専の生徒への表面力測定の講義, 東北大学 (2010. 8. 28).
- 3) 栗原和枝, “表面力測定による機能材料ナノ界面評価”, nano tech2011 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議にて展示, 2011/2/16-18
- 4) 栗原和枝, 「表面力測定による固-液界面評価」, 東北大学イノベーションフェア, 仙台国際センター(宮城), 2009/10/14.
- 5) 東北大学イノベーションフェア, “表面力測定によるナノ界面の新たな評価”, 東京, (2012. 3. 15).
- 6) 2012年5月13-18日に仙台にて開催した International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)において、仙台市内近隣小学校の5, 6年生 計234名を対象として、“ほんものの化学がやってくる「ぼく、コロイドに夢中！」”と題した市民講座を開催した。企業および大学の協力により身近な界面化学現象とその応用によるものづくりを体験してもらい非常に好評であった。
- 7) ホームページ
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/kurihara/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗原 和枝 (KURIHARA KAZUE)
東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・教授
研究者番号: 50252250

(2) 研究分担者

水上 雅史 (MIZUKAMI MASASHI)
東北大学・多元物質科学研究所・講師
研究者番号: 60333902

粕谷 素洋 (KASUYA MOTOHIRO)
東北大学・多元物質科学研究所・助教
研究者番号: 00582040