

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「ナノ界面技術の基盤構築」
研究課題「表面力測定によるナノ界面技術の基盤構築」

研究終了報告書

研究期間 平成20年10月～平成26年3月

研究代表者：栗原 和枝
(東北大学原子分子材料科学高等研究機構、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1)実施概要

研究代表者が開発したツインパス型表面力装置と共振ずり測定法を中心手段として、機能デバイス設計や反応場として重要な固-液界面の特性・機能を、分子レベルで解明・制御する新規ナノ界面技術の基盤形成を目的として研究を行った。

当初は「ナノ界面計測・評価グループ」と「理論計算グループ」、H23 年度以降は「固-液界面機能制御グループ」も加わった 3 グループ体制で、以下の 5 つの研究項目を設定した。

中間評価でのコメントも踏まえて、新規ナノ界面技術を応用するターゲットとして、界面現象の解明が重要な開発要素であり、エネルギーの効率的な利用から重要な課題である「トライボロジー」と「電極反応」を想定し、これらの材料・プロセスの設計に対して科学的根拠に基づいた設計指針を与えること目ざして、グループ間の密な協力体制の下に研究を進めた。

研究項目1「表面力・共振ずり測定法の機能材料評価のための展開」

上記のターゲットの機能材料評価のための共通技術として、シリカ・金属・酸化物などの幅広い表面調製法を確立した。また、トライボロジーへの展開のために、精密温度制御機構の開発、共振カーブの物理モデル解析から摩擦力・せん断振幅・せん断速度の決定法を提示した。さらに、計測法の標準化を念頭に共振ピーク強度の規格化による簡便な粘性・摩擦の定量比較法の提案を行った。

研究項目2「限定空間中の液体(以下、閉じ込め液体)の新規評価法の開発」

表面力測定の間隔距離を制御できるという特徴を生かして、限定空間中の液体構造の直接評価、界面の物性や反応性を明らかにするための手法として、以下の新規評価法を開発した。界面や閉じ込め空間における現象の評価へ適用し、従来の方法ではえられない知見を得た。ここでは、研究項目1で確立した表面調製法、計測基盤技術を活用した。

- (1) 限定空間中の蛍光測定装置を開発し、閉じ込め液体の pH ならびに局所粘性を評価した。
- (2) 液体ナノ薄膜の X 線回折法を開発し、液体ナノ薄膜の X 線回折に初めて成功し、液晶、イオン液体のナノ空間中での構造、分子運動性の評価を実現した。
- (3) 電気化学表面力装置(EC-SFA)を開発し、表面力測定による金、白金電極界面へのイオン吸着評価に成功した。固-液界面機能制御グループと連携し、これまで不明瞭であった電気二重層でのアニオン種による吸着挙動の違いを表面力により定量的に評価できた。

研究項目3「機能界面の液体構造の解明」

研究項目1で確立したナノメートルレベルで平滑な表面調製法と評価基盤技術を活用し、界面での分子の挙動について相補的な情報を与える和周波発生振動分光法による評価を併せて、機能界面の液体構造評価を行った。

主な成果としては、(1) 共振ずり測定法を用い、シリカ表面間のイオン液体の構造化・粘性特性を直接評価し、その結果に基づき、シリカ微粒子分散イオン液体のマクロ粘性を理解できることを示した。また、界面水の構造が、物理化学的条件(表面シラノール基の密度、2 成分液体系では水の濃度)に依存して敏感に変化することを明らかにした。

研究項目4「計算機シミュレーションによるナノ閉じ込めによる固体化現象の解明」

表面力測定におけるモデル液体である閉じ込め OMCTS 液体に対し、初めて分子構造を反映した分子動力学シミュレーションを行い、ナノ界面計測・評価グループで得られた実験との定量的な比較を実現した。また、このシミュレーション結果を解析することで、閉じ込めによる拡散係数減少(粘性増加)機構に対する分子論的な解釈を提案した。

研究項目5「固体表面の原子・分子修飾による固液界面機能制御」

今後期待される表面力測定のエレクトロニクスデバイスやエネルギー変換界面への展開にさきがけて、原子間力顕微鏡(AFM)、表面 X 線散乱(SXS)、和周波発生分光(SFG)および赤外分光法といった手法による金属電極表面への吸着物質相のその場構造評価を推進している。

一例として、高分子電解質であるナフィオンと金属電極からなる燃料電池用電極モデル構造を構築し、電位や雰囲気依存した界面構造変化のその場観察に成功している。このほか、金属との接合時に高い伝導特性を示すことから分子エレクトロニクスデバイスへの応用が期待されるイソシアニド系分子について、金属との接合時における分子-金属間の電子授受と接合強度の関係を電気化学条件下で明らかにした。

また、界面分子構造と電子構造を同時決定可能な二重共鳴 SFG 分光システムを立ち上げ、電気化学条件下で白金電極上に吸着した CO に適応し、界面分子構造と電子構造との関連を調べた。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. ナノ空間中のイオン液体の粘性・摩擦特性の直接評価とシリカ微粒子分散イオン液体の粘性との相関解明

概要: 共振ずり測定法を用い、シリカ表面間に閉じ込められたアニオンの異なる二種類のイオン液体 ($[C_4mim][NTf_2]$, $[C_4mim][BF_4]$) の特性評価を行い、ナノ空間中の粘度はバルク粘度とは逆に、 $[C_4mim][NTf_2]$ の方が高く、バルクの3桁以上まで上昇することを明らかにした。この知見によりこれら 2 種類のイオン液体中のシリカ微粒子分散液の粘度の大きな差を説明できた。これは、ナノ計測がマクロな材料の物性を解明するのに有効なことを示す研究例である^{*1}。さらに、この知見は本間らにより、リチウム二次電池の電解質として用いられるイオン液体にシリカ微粒子を分散させることで固体化した全固体電池の開発に応用された^{*2}。

^{*1} 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).

^{*2} S. Ito, A. Unemoto, H. Ogawa, T. Tomai, I. Honma, “Application of Quasi-Solid-State Silica Nanoparticles-Ionic Liquid Composite Electrolytes to All-Solid-State Lithium Secondary Battery”, *J. Power Sources* **208**, 271-275 (2012).

2. 界面水の構造・特性の解明: シリカ表面間の水、シクロヘキサン中のシリカ表面の水

概要: 界面水の重要性は広く認識され多様な構造・特性が報告されているが、多様性の理由は必ずしも明らかではない。本研究では、表面力、或いは共振ずり測定法と SFG 振動分光法による評価を行い、界面水の構造が、物理化学的条件(表面のシラノール基密度^{*1}、2 成分液体系では水の濃度^{*2})に依存して敏感に変化することを明らかにした。これは、界面水の構造と、その構造が形成される条件の相関を分子レベルで解明した初めての例である。

^{*1} Kasuya M., Hino M., Yamada H., Mizukami M., Mori H., Kajita S., Ohmori T., Suzuki A., Kurihara K., *J. Phys. Chem. C* **117**, 13540-13546 (2013).

^{*2} M. Mizukami, A. Kobayashi, and K. Kurihara, “Structuring of Interfacial Water on Silica Surface in Cyclohexane Studied by Surface Forces Measurement and Sum Frequency Generation Vibrational Spectroscopy¹”, *Langmuir* **28**, 14284-14290 (2012).

3. 計算機シミュレーションによるナノ閉じ込めによる固体化現象の解明

概要: 表面力測定におけるモデル液体である閉じ込め OMCTS 液体に対し、初めて分子構造を反映した分子動力学シミュレーションを行い、実験との定量的な比較を実現した。また、このシミュレーション結果を解析することで、閉じ込めによる拡散係数減少(粘性増加)機構に対する分子論的な解釈を提案した。具体的な分子構造を考慮して実験結果の考察を行ったことが球分子モデルなどに基づく従来の理論研究と比べて独創的な点である。

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). Selected for *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology*, **23**, (2011).

H. Matsubara, F. Pichierri, K. Kurihara, “Mechanism of Diffusion Slowdown in Confined Liquids”, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 197801 (2012).

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 新規な電極界面評価法の開発:電気化学表面力装置と2重共鳴和周波発生分光法

概要: 不透明基板の測定が可能なツインパス型表面力装置を基にして、理論解析が容易な同一電極間の表面力が測定できる世界で初めての装置(電気化学表面力装置(EC-SFA))を開発した。このEC-SFAにより、電極反応において重要な表面電荷密度やイオン吸着が電位制御下で評価できることを、白金電極やフェロセン修飾電極において示した(栗原グループ)。また電気化学条件下で可視光・赤外光の両方を変化させて和周波発生分光が可能な2重共鳴和周波発生分光法(DR-SFG)を構築し、電極の界面電子状態と吸着分子との相関が評価できることを示した(魚崎グループ)。

T. Kamijo, M. Kasuya, M. Mizukami, 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)

2. 蛍光分光表面力装置の開発とそれを用いた閉じ込め液体の特性評価

概要: ツインパス型表面力装置における、装置上部の空間が利用可能、試料部への光照射なしに表面間距離が決定可能という特色を生かして、閉じ込め液体における蛍光分光測定が表面間距離を制御しながら行える蛍光分光表面力装置を世界で初めて開発した。また、この装置と蛍光プローブ法を組み合わせることで、閉じ込め液体の粘性、pHが評価できることを示した。

D. Fukushi, M. Kasuya, H. Sakuma and K. Kurihara, "Fluorescent Dye Probe for Monitoring Local Viscosity of Confined Liquids", *Chem. Lett.* **40**, 776-778 (2011).

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).

3. トライボロジー研究に向けた表面力・共振ずり測定装置と評価法の高度化

概要: 表面力・共振ずり測定装置により、ナノ界面の現象解明が重要な応用分野であるトライボロジーのイノベーションに貢献するため、以下に示す装置および測定・解析法の高度化を行った。(1) 共振カーブの解析として、物理モデル解析による定量評価^{*1}、スティック-スリップ摩擦現象の観測と静摩擦力の評価^{*2}などを行った。(2) 室温~100 °Cで ± 0.15 °C以内の精密温度制御機構を開発し潤滑油の動作環境での評価を実現した。(3) 評価対象拡大のための種々の表面調製法を確立した。

^{*1} 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).

^{*2} H. Mizuno, T. Haraszti, M. Mizukami and K. Kurihara, "Nanorheology and Nanotribology of Two-Component Liquid Crystal", *SAE Int. J. Fuels Lubr.* **1**, 1517-1523 (2009).

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

研究開始当初から現在に至るまで、固-液界面の理解は、様々な界面反応の場、あるいはミクロ化の進む電気デバイスなどの設計からもますます重要性を増している。本研究では、研究代表者が開発した独自手法であるツインパス型表面力装置ならびに共振ずり測定を中心手段として、応用から重要な固-液界面の特性・機能を分子レベルで解明・制御する新しいナノ界面技術の基盤形成を目的とした。特に、界面の液体をも機能分子としてとらえ、(1)新規装置開発など研究の新しいアプローチを創製し、(2)従来手がつけられていない金属も含む機能界面の特性評価、(3)束縛液体の特性と反応性(光反応など)ならびに機能(ナノトライボロジー)の解明、(4)界面の高次階層機能構造形成制御を行い、固-液界面の特性・機能を分子論的に解明・制御し、新しい材料や製造プロセスを提案するナノ機能界面技術の基盤を形成することを目的とした。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

① 中間評価で受けた指摘や助言、それを踏まえて対応した結果について

【中間評価でのコメント】

「様々なデータが出てくるものと期待されるが、これらの装置を使う事によって初めてなし得たナノ界面における重要な現象解明を世の中に発信していくことが重要で、そのためには、現在のようないろんな総花的な方針ではなく、目標を絞り込んで深い洞察を行うことが必要」とのコメントをうけた。

【対応】

このコメントを踏まえて、界面現象の解明が重要な開発要素であり、エネルギーの効率的な利用から重要な課題であることから、応用ターゲットとして「トライボロジー」と「電極反応」を選び、研究内容を絞り込んだ。即ち、基礎研究として、閉じ込め液体ならびに固-液界面の特性評価法(蛍光分光表面力装置、電気化学表面力装置、ナノ薄膜の X 線回折装置)の開発により注力した。また、上記の応用を踏まえて、ナノメートルレベルで平滑な表面を調製する方法を、より幅広い材料に対して確立した。これらの評価技術を用いて、閉じ込め液体・ナノ界面の評価を行い、以下に示す顕著な成果を挙げることができた。

(a) 本 CREST 研究では液体ナノ薄膜からの X 線回折に世界初めて成功した。また、長時間の露光の間、距離の変化を避けるために、当初は高荷重をかけた最近接距離で測定を行っていたが、さらに距離の自動制御機構を導入することで、任意の距離での測定が可能となった。これより、共振ずり測定の結果から予想した「ナノ空間中(約 17 nm 以下)では液晶は電場配向しなくなるという現象」を実証することができた。さらに、計算グループとの共同研究によりその機構の解明を進めている。中間評価でも興味を持たれた結果をさらに進めたことにもなった(p19)。

(b) 共振ずり測定法によりシリカ表面間に閉じ込められた 2 種類のイオン液体([C₄mim][NTf₂], [C₄mim][BF₄])の評価を行った。ナノ空間中のイオン液体の粘性は、バルク粘性と大小関係が逆となったが、シリカ微粒子を分散させたイオン液体の粘性とはよく対応した。シリカ微粒子分散イオン液体では、イオン液体を介してシリカ微粒子のネットワーク構造が形成される場合に高い粘性を示すと考えられる(マクロな粘性とは対応しない)。これは、ナノ計測がマクロな材料の物性の解明に有効なことを示す研究例である(p21)。さらに、この知見は、本間らにより、シリカ粒子によるイオン液体の固体化につながり全固体リチウム二次電池が開発された。また、中間評価での「マクロレベルで観察される事象との相関性などはもっと綿密に考察を加えるべきである。」とのコメントに答える成果でもある。

(c) 表面力・共振ずり測定法と和周波発生振動分光法による評価により、「界面水」の研究を展開した。界面水は様々なプロセスにおいて重要性が広く認識されているが、多様な構造・特性が報告されており、その理由は未解明である。表面力或いは共振ずり測定法と、和周波発生(SFG)振動分光法による評価を行った。シリカ表面間の水では表面シラノール基密度に依存し

て、水-シクロヘキサン 2 成分液体中のシリカ表面の水では水の濃度に依存して、異なる構造・特性を示すことを明らかにした。これは、界面水の構造と、その構造が形成される条件の相関を分子レベルで解明した初めての例である (p21,22)。この成果は、「インパクトが大きくストーリー性のあるものに絞って、「表面力」という切り口でまとめていくことが望まれる。」とのコメントに答える内容と考えている。

(d) 理論計算グループは、研究期間の後半では、生体機能分子表面の水和構造計算を行う予定になっていたが、OMCTS の分子シミュレーションを進めるうちに、長時間の計算が必要であることがわかった。また中間評価での指摘を受け、研究チーム全体としてテーマを限定空間中の液体(以下、閉じ込め液体)の研究に重点化したので、理論計算グループも閉じ込め液体のシミュレーションを対象を絞って研究を推進した。この重点化によって閉じ込め OMCTS 液体に対する系統的なシミュレーションデータが得られ、閉じ込め液体中の分子拡散に対する理論モデルの構築につながった (p25, 26)。

(2) 「装置・計測法の汎用化の観点からは、計測法の国際標準化をも視野に入れた努力を引き続きお願いしたい。」とのコメントを受けた。

このコメントを踏まえて、標準化プロセスの検討を行った。例えば走査型プローブ顕微鏡の標準化ロードマップ(日本学術振興会 ナノプローブテクノロジー第 167 委員会)によると、計測手法が市場に登場してから 20 年程度が経過し、汎用的な解析ツールとして使用されるに従って標準化のニーズが高まっている。このようなロードマップを踏まえると、現状は共振ずり測定法の普及を進める段階と考えられる。そこで、標準化の前段階としては、共通の基盤として、共振ピークの強度そのものを規格化することで、物理モデル解析を行わなくても簡便に粘性や摩擦を定量的に比較する手順を提案した。また、トライボロジー研究へ有効活用するため、マクロな計測とつなげて議論できるように、共振カーブの物理モデル解析の高度化では、摩擦力・せん断振幅・せん断速度の計算法を提示した (p16, 17)。

今後、装置の普及の状況をモニターしつつ、標準化のための準備を進めたいと考えている。

② 中間報告書 § 2. 当初の研究計画に対する進捗状況「(3) 今後の進め方、および研究成果の見通し」の記載事項に関し、研究を進めた結果について

研究項目「機能材料評価のための表面力・共振ずり測定法の展開」

表面力・共振ずり測定のためのナノメートルレベルで平滑な表面調製は、溶融法によるガラス表面の調製、テンプレートストリッピング法による金・白金表面調製、超高真空スパッタリング成膜による鉄、アルミニウム表面の調製に加えて、中間報告以降、H23 年度に導入した原子層堆積装置を用いた酸化物表面(アルミナなど)、スパッタリング法によるダイヤモンドライクカーボン、表面粗さ制御したシリカ膜へと当初予定以上に展開することができた。

また、中間報告時点でのトライボロジーへの応用に対する要望が、装置を利用する共同研究での議論から多く聞かれるようになった。そこで、共振カーブの物理モデル解析では、摩擦力、せん断振幅、せん断速度を決定する手順を提示した。また、ピーク強度を規格化し、物理モデル解析を行わなくても簡便に粘性、摩擦の定量比較を行う方法を提示した。

研究項目「閉じ込め液体の新規評価法の開発」

蛍光寿命測定では、当初から中間評価時の予定通りに、装置の高感度化、閉じ込め液体の pH ならびに局所粘性の評価へと研究が進んだ。

X 線回折測定については、中間評価までに目標としていた数 nm 厚みの液体の測定を達成した。その後は、中間評価時の計画通り、機能材料への展開としてイオン液体ナノ薄膜の評価を行い、回折ピークからナノ空間中での構造規則性の向上を明らかにした。また、距離の自動制御機構を組み込んだ装置を開発し、共振ずり測定結果から予想した表面間距離約 17 nm 以下の液晶は電場配向しないというナノ空間中の液晶の電場配向挙動を X 線回折から実証した。

電気化学表面力装置については、平成 23 年度よりチームに加わった固-液界面機能制御グループと協力し、種々のアニオンを含む電解質溶液中での測定を行い、これまで不明瞭であった電

気二重層でのアニオンの吸着挙動を表面力の変化としてとらえることに成功した。

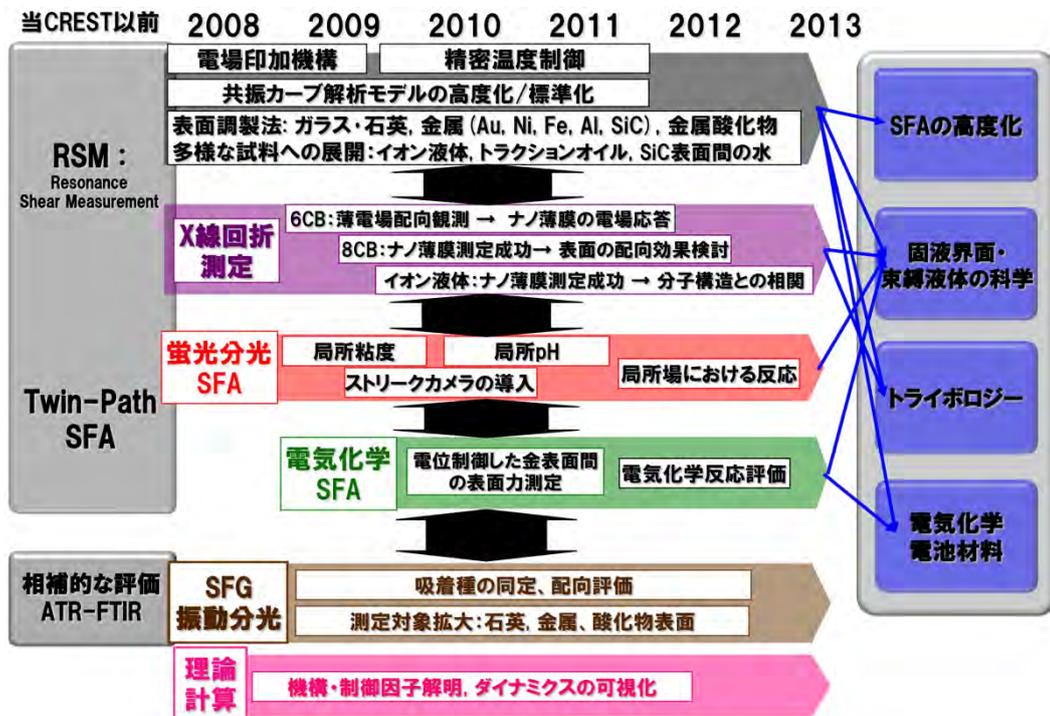
研究項目「機能界面の液体構造の解明」

確立した表面調製法、評価法を活用して、中間報告時点でターゲットとして絞ることにした電気化学、トライボロジーにおいて重要な界面を主な対象として評価を進めた。シリカ表面間のイオン液体、シリカ表面間の水、ナノ空間中の液晶の電場配向挙動、潤滑油中の鉄表面への添加剤吸着構造と潤滑特性の解明など、従来の評価法では得られなかった知見を得ることが出来た。

研究項目「閉じ込めによる固体化現象の解明」

①でも記述したように、中間評価時点での進捗状況、中間報告でのコメントを踏まえて、限定空間中の液体(以下、閉じ込め液体)にフォーカスしつつ、ナノ界面計測・評価グループにより行われている実験条件、ならびに得られた実験結果と合わせて、計算機シミュレーションを進めた。閉じ込め OMCTS 液体に対する系統的なシミュレーションデータが得られ、閉じ込め液体中の分子拡散に対する理論モデルの構築につながった。

これまでの研究の進捗状況を踏まえて、個々の研究項目の関係と進捗状況、それぞれの研究項目間の相関、および最終的な達成目標とのつながりを整理した図を以下に示す。



§ 3 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

①「ナノ界面計測・評価」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
栗原 和枝	東北大学原子分子材料科学高等研究機構、多元物質科学研究所(兼務)	教授	H20.10～
水上 雅史	東北大学多元物質科学研究所	准教授	H20.10～
粕谷 素洋	東北大学多元物質科学研究所	助教	H20.10～
田邊 匡生	東北大学多元物質科学研究所	准教授	H22.4～
藤井 翔	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	研究員	H24.4～
武智 英明	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	研究員	H24.5～
任 懷銀	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	研究員	H24.9～
猪俣 敬娥	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	研究員	H22.10～
Rastko Joksimovic	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	研究員	H24.12～
上條 利夫	鶴岡工業高等専門学校 総合科学科	講師	H22.4～
日野 正也	東北大学多元物質科学研究所	技術職員	H20.10～
梶原 剛史	東北大学多元物質科学研究所	M1～D3	H20.10～
走川 司	東北大学多元物質科学研究所	M1～2	H23.4～
今川 圭介	東北大学多元物質科学研究所	M1～2	H23.4～
川島 雅貴	東北大学多元物質科学研究所	M1～2	H23.4～
酒井 明日香	東北大学多元物質科学研究所	M1	H24.4～
富田 和仁	東北大学多元物質科学研究所	M1	H24.4～
辻井 薫	北海道大学	名誉教授	H20.10～
阿部 克子	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	技術補佐員	H21.11～
粕谷 素洋	東北大学多元物質科学研究所	研究員	H20.10～H22.3

石島 美弥	東北大学多元物質科学 研究所	研究員	H20.10～H21.8
上條 利夫	東北大学多元物質科学 研究所	CREST 研究員	H21.4～H22.3
上野 和英	横浜国立大学(日本学術 振興会特別研究員)	研究員	H21.4～H21.9
Jesper Hedin	東北大学原子分子材料 科学高等研究機構	CREST 研究員	H22.2～H23.1
Boon Teo	東北大学原子分子材料 科学高等研究機構	研究員	H22.12～H23.8
Saha Swapan	東北大学原子分子材料 科学高等研究機構	研究員	H23.7～H23.11
小林 篤史	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H20.10～H21.3
小西 基	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H20.10～H21.3
梅村 太三	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H21.4～H23.3
山田 飛将	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H21.4～H23.3
是永 宗佑	東北大学多元物質科学 研究所	M1	H22.4～H23.3
高屋 慎	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H21.4～H24.3
齋藤 由布子	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H22.4～H24.3
南野 裕	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H22.4～H24.3
中野 真也	東北大学多元物質科学 研究所	M1～D3	H20.10～H25.3
藤原 瞳	東北大学多元物質科学 研究所	M1～2	H23.4～H25.3
上代 牧子	東北大学多元物質科学 研究所	技術補佐員	H21.11～H24.3

研究項目

「表面力測定を中心とするナノ界面計測の開発と機能界面評価への応用」

研究項目1 表面力・共振ずり測定法の機能材料評価のための展開

研究項目2 閉じ込め液体の新規評価法の開発

研究項目3 機能界面の液体構造の解明

②「理論計算」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
----	----	----	------

Fabio Pichierri	東北大学大学院工学研究科	准教授	H20.10～
松原 弘樹	東北大学大学院工学研究科	CREST 研究員	H20.10～

研究項目4 閉じ込め液体の分子シミュレーション

③「固-液界面機能制御」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
魚崎 浩平	物質・材料研究機構、国際ナノアーキテクニクス拠点	コーディネーター	H23.4～

研究項目5 固体表面の原子・分子修飾による固液界面機能制御

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

(研究チーム外での連携や協働についてご記入ください。ライフ分野では臨床医等を含みます。)

1) 大学発グリーンイノベーション創出事業 グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業 先進環境材料分野 グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク (研究代表者氏名:栗原和枝)平成23～27年度

国内の8研究機関9研究グループが参画して、「新素材・材料創製チーム」、「微細加工・設計チーム」、「機能・構造評価チーム」、の3チームの構成のもと、分野融合・循環研究を展開し、経験的であった既存のトライボロジー分野の革新を目指すとともに、異分野の研究を集約、統合する知識と経験を有する人材を育成することを目的とした事業である。本CREST課題で開発した技術を潤滑材料評価に活用している。

2) 東北発素材技術先導プロジェクト, 超低摩擦技術領域(研究代表者氏名:栗原和枝)平成24～28年度

機械分野と材料分野の研究者、ならびに産業界の技術者が協働して、従来まで経験的であった摩擦低減技術に対して科学的なアプローチを駆使した技術開発を行い、摩擦低減技術の開発を加速することを目的とした事業である。産学連携による産業界の研究者を中心として研究を実施している。CREST課題で開発した技術を実用材料評価に活用している。

§ 4 研究実施内容及び成果

(東北大学 ナノ界面計測・評価グループ)

4. 1 機能材料評価のための表面力・共振ずり測定法の展開

従来の表面力装置では透過型光学干渉法により距離を測定するため測定基板はほぼ雲母に限定されていた。研究代表者らが開発したツインパス型表面力測定装置は、反射型光学干渉法により距離を決定することで、不透明な基板、液体の評価を可能とした、現在のところ世界で唯一の表面力装置である。

本研究項目では、本研究課題「表面力測定によるナノ界面技術の基盤構築」に向けて、ツインパス型表面力装置の特長を最大限に生かして、トライボロジーと電気化学をターゲットとした機能材料評価を進めるため、種々の表面調製法の確立を進めた。さらに、当研究室で独自開発した共振ずり測定法をトライボロジー研究に展開するため、物理モデル解析の高度化、ならびに標準化を念頭にした共振カーブデータの取扱いを提示した。

(1) 表面力測定のための基板拡大：表面調製法の確立

従来、表面力測定で用いられる基板は、劈開により原子レベルで平滑な表面が得られ、且つ可視光を透過する雲母に限られていた。ツインパス型表面力装置の特長を生かして、トライボロジーと電気化学への研究を展開するため、ナノメートルレベルの平滑性をもつシリカ、金属、金属酸化物などの表面調製技術を確認した。実際に、以下に示す方法で種々の表面を調製し、表面力・共振ずり測定を実施して、成果を挙げる事ができた。

(a) 溶融によるシリカ薄膜の調製

シリカ表面については溶融した石英を吹き延ばすことで、厚み数 μm の平滑な薄膜を調製できた。この薄膜に雲母と同様に裏側に銀を蒸着することで、透過光学干渉法による表面間距離の直接測定が可能である。この方法で調製したシリカ表面を用いることで、後述するイオン液体、水の研究を実施した [原著論文 13, 47]。本調製法は既報によるが、定常的に使用できるように調製プロセスを工夫した。

(b) テンプレートストリッピング法による金属表面調製

金、白金、ニッケルについては、雲母基板に蒸着成膜することで雲母と接する面に平滑な表面を調製し、その後、金属膜側をシリカディスクに接着し、雲母のみを剥離する方法で、清浄で平滑な表面を得る方法を確認した。これらの表面は、電気化学表面力測定での表面、および金属-高分子表面間の接着評価の基板に用いた [原著論文 9, 24, 26]。本調製法も既報によるが、表面力測定への適否を XPS 等で検討した。

(c) スパッタリング成膜による金属表面調製

当初の計画以上に順調に、電気化学、トライボロジーへの研究展開が進んだことで、さらに幅広い材料表面の調製が必要となった。ただし、テンプレートストリッピング法では、雲母との剥離性が良い材料に限定される。そこで、雲母との剥離性が悪い多くの材料表面を調製するため、H22年度に導入した超高真空スパッタリング装置を導入し、成膜条件を詳細に検討することで、鉄、アルミニウム、DLC 膜については、 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 中の最大高低差が 1 nm 程度の平滑さをもつ膜の調製が可能となった。また、シリカ膜についてもスパッタ法により最大高低差(PV) 2.2 nm ($1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 中) の調製が可能となり、さらに PV 62.2 nm まで系統的に表面粗さを制御した成膜も可能となった。これらの表面は、主にトライボロジー研究の固体材料表面として用いた。

(d) 原子層堆積装置による酸化物表面調製

酸化物表面についても、H23年度に導入した原子一層単位で成膜を行うことができる原子層堆積装置(Atomic Layer Deposition, ALD)を用い、雲母表面に PV 1.4 nm 程度の Al_2O_3 膜の調製が可能となった。

(2) 精密温度制御機構の導入

表面力・共振ずり応答の温度依存性は、限定空間中の液体の構造化などの表面・界面の現象を物理化学的に理解する上で必須の制御パラメータである。また、トライボロジー研究への展開を進める上で、一般に潤滑油が高温で使用されることから(ガソリンエンジン潤滑油は50~90℃で使用)、温度を制御した測定は重要である。従来は、室温の調節などによる室温から40℃付近での測定に限られていた。そこで、加熱技術に十分な経験を有するアルバック理工株式会社と、試料部のみを局所的に加熱する機構を共同開発し(図1)、潤滑油特性の温度依存性の評価を行った。

開発した装置は、室温から100℃において±0.15℃以内の精度で温度制御できることを確認した。

また、ハードディスク用の典型的な潤滑油であるZ-dol-2000sの特性を室温から80℃の範囲で評価し(図2)、40~80℃では室温と比べて、閉じ込めによる粘性増大が起こる距離が減少することを明らかにした。また、最近接距離(1.7~2.5nm)での粘性を比較すると、高温ほど高い粘性を示すという興味深い結果を得た。

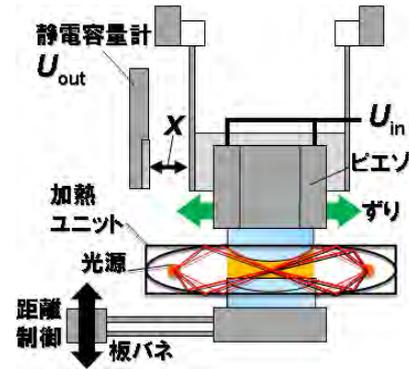


図1 赤外線集光加熱の模式図

Zdol-2000s:
HOCH₂CF₂(OCF₂CF₂)_p(OCF₂)_qOCF₂CH₂OH (p, q = 10)

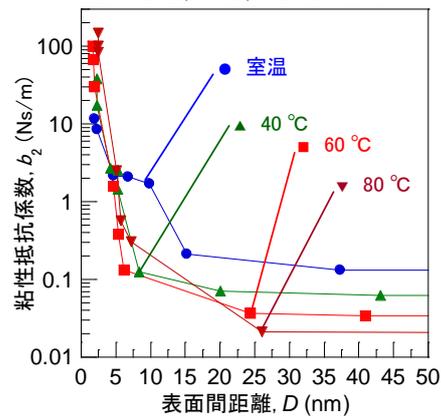


図2 雲母表面間のハードディスク用潤滑油Z-dol-2000sの粘性抵抗係数の表面間距離依存性。

(3) トライボロジーのための共振カーブの物理モデル解析の高度化、データ処理

共振ずり測定法では、共振ピークの強度、周波数から表面間の液体の粘性、摩擦・潤滑特性を高感度に評価できる。また、共振カーブの物理モデル解析により定量評価が可能である[原著論文1]。さらに、トライボロジー研究への展開のために、モデル解析の高度化、定量比較のためのデータ処理を提案した。

(a) 共振法によるスティック-スリップ摩擦の評価 [原著論文6]

共振法は高感度な評価が特長であるが、表面を正弦振動させており、せん断速度が連続的に変化するため、従来は特定の速度領域で観測されるスティック-スリップ現象(静摩擦状態から動摩擦状態への変化で、摩擦の原因となることが知られている)は観測できないと考えていた。しかし、液晶-色素2成分系(4-cyano-4' hexyl biphenyl, 6CB-Sudan Black B)を試料とした場合に共振ピークに不連続な強度変化を観測した(図3)。これは、滑りのない雲母接触と同じピークから滑りのある状態のピークへの不連続な変化であり、スティック(静摩擦)-スリップ(動摩擦)摩擦に対応すると考えられる。これより、共振法を用いて摩擦の原因であるスティック-スリップ摩擦の観測が可能であることが分かった。共振ピークの解析より静止摩擦力・静止摩擦係数の決定が可能であることを示すことができた。

スティック-スリップ摩擦は、他の色素を用いた液晶

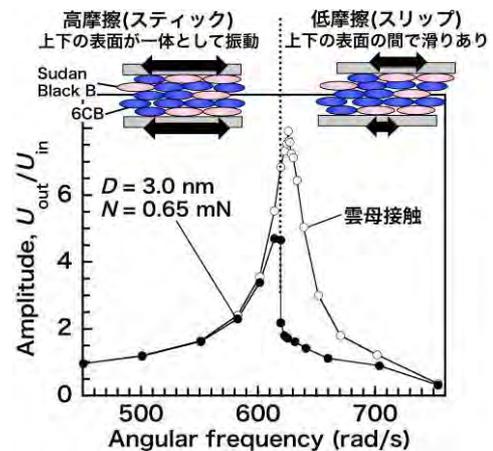


図3 6CB-Sudan Black 2成分系を雲母表面に挟んで測定した共振カーブ(Sudan Black B濃度0.06 wt%, D=3.0 nm, N=0.65 mNと雲母接触)、およびスティック-スリップの模式図。

-色素 2 成分系でも観測しており、また単一成分の液体、例えば、シリカ表面間の水 [原著論文 47]雲母表面間のイオン液体においても観測している。

(b) 摩擦力、せん断振幅、せん断速度の評価

共振カーブの物理モデル解析から得られるパラメータを用いて、摩擦力、せん断振幅、せん断速度を決定する手順を提示した。

(c) 共振ピーク強度の規格化による粘性、摩擦の定量比較の提案

共振法の標準化を念頭にして、共振ピーク強度を、空气中分離(粘性、摩擦なし)、或いは固体基板接触(滑りなし)、のピークで規格化することで、それぞれ粘性、摩擦力を定量比較できることを提示した(後述のシリカ表面間の水の研究 [原著論文 48])。

4. 2 表面力・共振ずり測定と他の物性の複合評価の開発と束縛液体の特性解明

表面力・共振ずり測定とも、多くは距離を指標として分子的な情報を得る。しかし、束縛液体の構造など、他の手法による評価が必要な場合も多く、また数 nm の空間中での物質の振る舞いそのものも興味深い。表面力測定は表面間距離を制御できるという特徴を生かして限定空間中の液体構造の直接評価、界面の物性や反応性を明らかにするために、本研究項目では(1) 限定空間中の蛍光測定装置の開発と局所環境(粘性, pH) の評価、(2) 液体ナノ薄膜の X 線回折法の確立による液体構造の直接評価、(3) 電気化学表面力装置(EC-SFA)を開発し、電極界面の評価が可能となった。

特に(1)と(3)は、ツインパス型表面力装置は不透明試料の測定が可能、また装置上部にフリースペースがあり他の機器との組み合わせが可能、という従来の表面力装置にない特長を生かした独自手法の開発である。また、X 線回折については、約 2 nm (最近接距離) の厚みの液膜という従来にない薄膜の測定が可能となり、さらに距離のフィードバック制御機構の導入により任意の距離での測定を実現した。

(1) 限定空間中の蛍光分光測定(図 4)

当研究室で開発したツインパス型表面力装置(SFA)における、装置上部の空間が利用可能、試料部への照射なしに表面間距離決定が可能という特色を生かして、蛍光測定部を導入した蛍光分光 SFA (図 4)を開発した。またこの装置を用いて、蛍光プローブ法による閉じ込め液体の局所粘度、pH 評価を行った。以下に成果を示す。

(a) 閉じ込め液体の局所粘度の評価 [原著論文 27]

雲母表面間のグリセリン中の局所粘度評価を目的として、粘度に対して蛍光寿命が変化するシアニン色素の蛍光寿命測定を行ったところ、2つの異なる寿命が観測された($\tau = 0.75$ ns, 1.42~1.82 ns)。この2成分の内、短寿命成分の強度は距離減少に伴い増加し、長寿命成分は減少したことから(図5)、短寿命成分は表面に吸着した色素、長寿命成分はグリセリン中の色素と考えられる。長寿命成分からグリセリンの粘度を求めたところ、共振ずり測定から得られた粘度と距離依存性がよく一致した(図6)。本法により、閉じ込め液体の局所粘度が評価できることが示された。

(b) 固-液界面における局所 pH の評価 [原著論文 36]

蛍光性 pH プローブの蛍光スペクトル測定により、固-液界面における局所 pH の基板による違いを評価した。雲母-水界面の場合、表面間距離の減少に伴って水の pH が低下することが分かった(図4)。また、表面力測定から得られる表面電荷密度から距離に対する pH 変化を見積ると、雲母基板の場合に測定値と概ね一致したこ

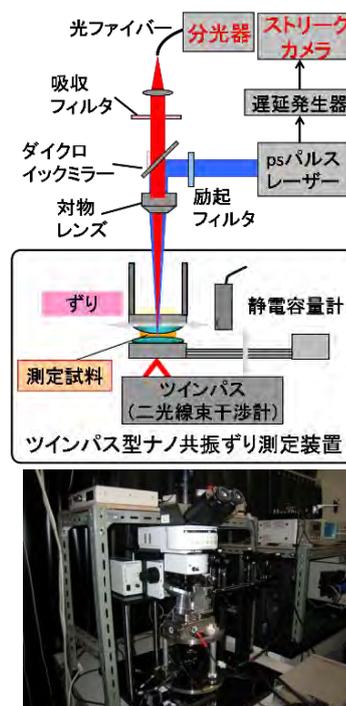


図 4 蛍光分光表面力装置

とから、雲母表面の負電荷に対する対イオンとして H^+ が電気二重層に分布することで pH が低下することが定量的に確かめられた。

一方、シリカ-水界面で同様の測定を行い、観測される pH の低下は雲母-水界面より大きくなることが分かった (図 7)。これはシリカ表面のシラノール基による水和の影響が原因と考えている。

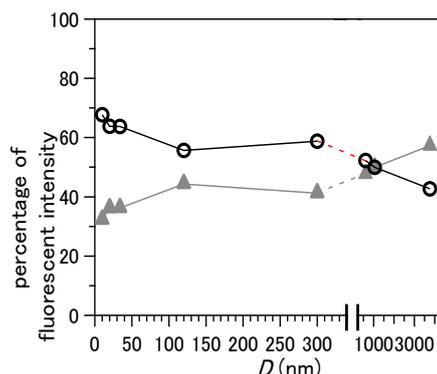


図 5 雲母表面間に挟まれたグリセリンにおける2つの蛍光寿命成分比の距離依存性。

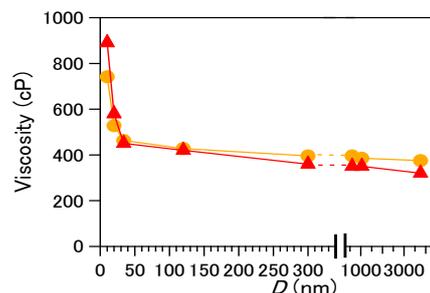


図 6 蛍光寿命及び共振ずり測定から得られた雲母表面間に挟まれたグリセリン粘度の距離依存性。

(2) 液体ナノ薄膜の X 線回折法の確立

ナノ空間中に閉じ込められた液体が示すバルクとは著しく異なる特性と、ナノ空間中の構造との相関を解明することを目的として、SPring8 の高輝度 X 線を用いた液体ナノ薄膜の X 線回折測定法を世界で初めて実現した。さらに、(a) 液晶ナノ薄膜の構造緩和の観測、(b) イオン液体ナノ薄膜の構造規則性の増大、(c) 液晶ナノ薄膜の電場配向挙動の実証、に成功した。

(a) 液晶ナノ薄膜の構造とその緩和過程の観測 [原著論文44]

SPring8 のビームラインに設置・測定するための装置と試料部の設計・製作を行った (図 8)。研究開始当初は、液晶 6CB (4-cyano-4' hexyl biphenyl) の X 線回折測定を行い、背景散乱減少の工夫を積み重ねて約 200 nm の厚みの測定が可能となったが、nm 厚みでの測定は困難であった。

そこで、より強い回折ピークが観測されるスメクチック液晶 8CB の測定を行い、厚さ約 2 nm (平均面圧 0.31 MPa) の 8CB 薄膜から、中心対称位置に回折スポット ($q=1.99 \text{ nm}^{-1}$) を観測できた (図 9)。このスポットは 3.17 nm の周期に対応し、これは 8CB のスメクチック相の層構造周期と一致した。これより、8CB は雲母に対して長軸を平行にして、X 線ビーム内で一様に配向したスメクチック相構造を形成していることが分かった。これは、厚さ数 nm の液体試料の X 線回折測定に成功した世界で初めての例である。

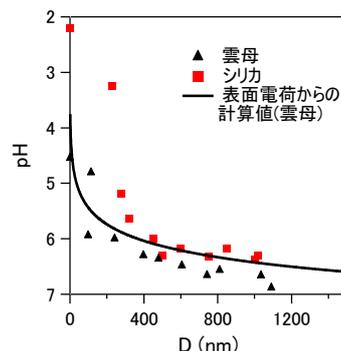


図 7 雲母、シリカ及びアルミナ表面間に挟まれた水の pH の表面間距離依存性。

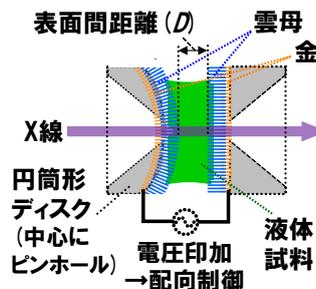


図 8 液体薄膜の X 線回折測定の試料部模式図。

また、時間経過とともにスポットの強度は減少、半値幅は増大したことから、1~2時間の間に8CBナノ薄膜中の規則構造の緩和過程が観測できた (図10)。さらに、面圧依存性を調べたところ、高圧力(0.38 MPa)では配向が4時間以上維持し、低圧力(0.26 MPa)では6分以内に緩和することが明らかとなった。

(b) イオン液体ナノ薄膜の構造評価

ナノ薄膜のX線回折の測定を実現したので、電気二重層キャパシタなどの電気化学デバイスへの応用に向けて界面での構造・配置の解明が求められているイオン液体の評価を行った。具体的には、アニオン種の異なる2種類のイオン液体 ([C₂mim][OTf], [C₂mim][NTf₂]) のナノ空間中の構造評価を行い、数 nm厚みのイオン液体の回折パターンの測定にも成功した。膜厚で規格化した回折ピーク強度を比較すると、約3 nm厚みのイオン液体のピーク強度は厚み500 nm以上のピーク強度の10~数10倍まで増大することが明らかとなった。これは、ナノ空間中では、イオン液体の構造規則性が向上したことによると考えられ、共振ずり測定法により観測している3桁以上の粘性増大とも対応している。

(c) 液晶ナノ薄膜の電場配向挙動の実証

表面間距離をフィードバック制御する機構を設計・導入し、雲母表面間の液晶6CB(4-cyano-4'-hexylbiphenyl)について表面間距離(膜厚)を精密に制御してX線回折測定を行い、平均厚み20 nmでは6CBは電場配向するが、12 nmでは電場配向しないことが分かった。これより、共振ずり測定に基づいて予想した、“ナノ空間中(表面間距離, $D < 17$ nm)では6CBは電場配向しない”という現象を実証することができた。

(3) 電気化学表面力装置(EC-SFA)

当研究室で開発したツインパス型表面力装置(SFA)は電極表面を含む不透明試料の表面力測定を可能とする。本研究では、ツインパス型表面力装置に電位制御印加機構を組み込んだ電気化学SFA (図11)を開発し、電極界面の表面力測定から電極の表面電位・電荷密度の評価を可能とした [原著論文 26]。これにより、金電極表面でのアニオン吸着過程を表面力の変化としてとらえることに成功した。種々のアニオンを含む電解質溶液中での測定を行い、これまで不明瞭であった電気二重層でのアニオンの吸着挙動を表面力の変化としてとらえることに成功した。イオン種による電極表面への吸着挙動の違いを表面力測定から実証することができた。

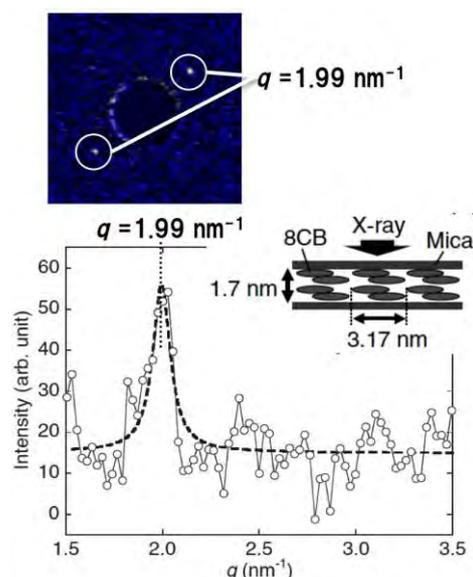


図9 雲母表面間に挟まれた8CB(2 nm)のX線回折パターン、回折プロファイル(露光時間 11 分)、8CBの配列模式図。

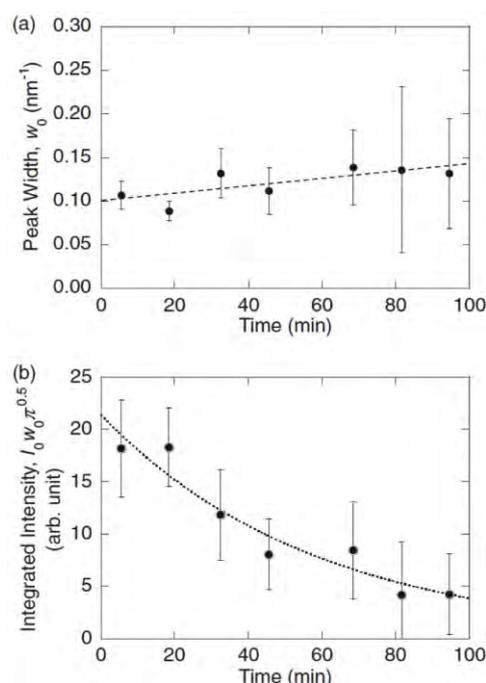


図10 $q=1.99 \text{ nm}^{-1}$ のピークの半値幅 (a), 積分強度 (b) の経時変化。

(a) フェロセン修飾電極におけるイオン吸着の評価

フェロセンヘキシルチオールで表面修飾した金電極間の表面力を溶液中の電解質を変化させて測定した。観測される電気二重層斥力から電荷密度を見積もり、その大きさからフェロセンの酸化反応に伴うイオン対形成が、 $\text{ClO}_4^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{CF}_3\text{SO}_3^-$ の順となることを定量的に示した。また、イオン対形成割合を電荷密度から定量的に見積ると、最も起こりにくい CF_3SO_3^- の場合でも97%のフェロセンがイオン対を形成することが分かり、いずれの対イオンの場合でもほぼ1:1でイオン対形成することが明らかとなった。

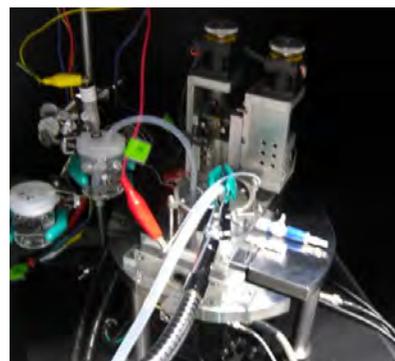
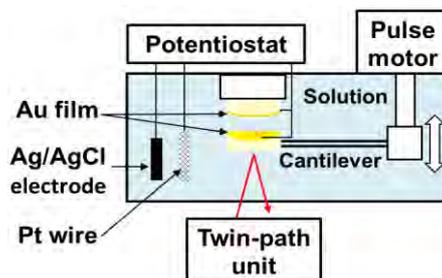


図 11 電気化学表面力装置の模式図と写真。

(b) 白金表面の水素吸着の評価

白金電極-雲母表面間の表面力測定を 1 mM 過塩素酸水溶液中で行った。0.1 V vs. Ag/AgCl 以上の電位では観測される電気二重層斥力が電位の増加に伴って減少していき、ゼロ電荷点(pzc)以上(0.2 ~ 0.3 V)の電位では引力に転じた。また pzc 以上の電位では接着力の増加が観測された。これは pzc 以下の電位では白金電極が持つ負電荷の密度が電位の増加に伴って減少し、電位が pzc 以上になると、白金電極の電荷が正に転じることを示している。また白金電極の電位を水素が吸着する 0 V vs. Ag/AgCl 以下にすると、電気二重層斥力は電位によって変化せず、接着力も観測されなくなった。この電位範囲では電位の低下に伴って水素が吸着するために、表面電荷密度がほぼ一定に保たれることが分かった。

(c) 金表面における硫酸イオン吸着の評価

固-液界面機能制御グループと連携して、金電極(111)面と負電荷をもつ雲母間の表面力測定を塩水溶液中で電位を制御して行い、イオン種による吸着の違いを評価した(図 12)。過塩素酸カリウム水溶液中の雲母金表面間においては、電位の増加に伴って電気二重層斥力が小さくなり、pzc(0.3-0.4 V vs Ag/AgCl)以上では引力に転じた。これは電極の表面電荷が電位の増加に伴って減少し pzc 以上では正に転じるためと考えられる。一方硫酸カリウム水溶液中において、電位を増加させても表面間には常に斥力が観測され(図 12)、接着力もほぼ一定であった。これは電極の電荷が正になると硫酸イオンが吸着するため、非吸着性アニオンである過塩素酸イオンで観測された様な表面電荷の反転が起こらないためと考えられる。

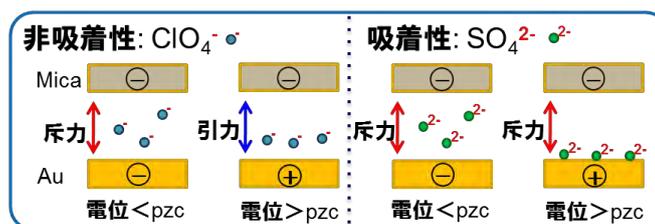


図 12 金電極(111)面と雲母間に働く表面力に対するイオン吸着の効果の模式図

4.3 機能界面の液体構造の解明

研究項目 1 で確立したナノメートルレベルで平滑な表面調製法と評価基盤技術を活用し、実用に重要な機能界面の表面力・共振ずり測定法による評価へと展開した。また表面力と共振ずり測定はともに、分子サイズ以下の分解能で表面間距離を制御・計測することで分子的な情報を得るため、界面での分子の吸着、会合状態、配向といった相補的な情報を与える和周波発生(SFG)振動分光法による評価を併せて行い、界面水の構造と、その構造が形成される物理化学的条件

の相関を分子レベルで解明するなどの成果を挙げることができた。

(1) シリカ表面間のイオン液体の特性評価 [原著論文 13]

イオン液体はイオンのみから構成され常温で液体の物質であり、環境低負荷型のグリーンな溶媒として、また電位窓の広い電気化学的素材として、イオン液体を用いた様々な応用研究が行われている。さらに最近、イオン液体が従来の液体の範疇を超えた全く新しいナノ構造体である可能性が示され、固-液界面や閉じ込め領域でのイオン液体の構造について研究されてきた。一方、そのダイナミクスについてはあまり分かっていなかった。我々は表面力・共振ずり測定より、シリカ表面間のアニオンの異なる二種類のイオン液体 ($[C_4mim][NTf_2]$, $[C_4mim][BF_4]$) イオン液体の特性評価を行った。

$[C_4mim][NTf_2]$ を介したシリカ表面間の表面力測定では、表面間距離 10 nm 以下、アニオンを BF_4^- に交換した $[C_4mim][BF_4]$ では 7 nm 以下でそれぞれのイオンペアサイズに一致する周期の振動力が観測された。共振ずり測定では、同程度の距離からの共振強度の減少、即ち粘度の増大が観測され、閉じ込めによるイオン液体の構造化がこれらの距離から起こることが明らかとなった。共振カーブ解析より評価した閉じ込め環境の粘度は $[C_4mim][NTf_2] > [C_4mim][BF_4]$ となり、バルク粘度と大小関係が逆になることを明らかにした。また接触側の共振ピークの強度から (図 13)、ナノ空間中の摩擦力も $[C_4mim][NTf_2] > [C_4mim][BF_4]$ となった。

ナノ空間中のイオン液体の粘性は、シリカ微粒子を分散させたイオン液体の粘性とはよく対応したことから、シリカ微粒子分散イオン液体では、イオン液体を介してシリカ微粒子のネットワーク構造が形成される場合に高い粘性を示すと考えられる (マクロな粘性とは対応しない)。

これは、ナノ計測がマクロな材料の物性の解明に有効なことを示す研究例である。さらに、この知見は、本間らにより、シリカ粒子によるイオン液体の固体化につながり全固体リチウム二次電池が開発された*。ナノ計測が先端材料に貢献できることを示した例である。

*S. Ito, A. Unemoto, H. Ogawa, T. Tomai, I. Honma, "Application of quasi-solid-state silica nanoparticles-ionic liquid composite electrolytes to all-solid-state lithium secondary battery.", J. Power Sources, 208, 271-275 (2012).

(2) 界面水の構造と特性を分子レベルで解明

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、生体関節の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。界面水の構造や特性については様々な報告があるが、その構造を決定している要因を

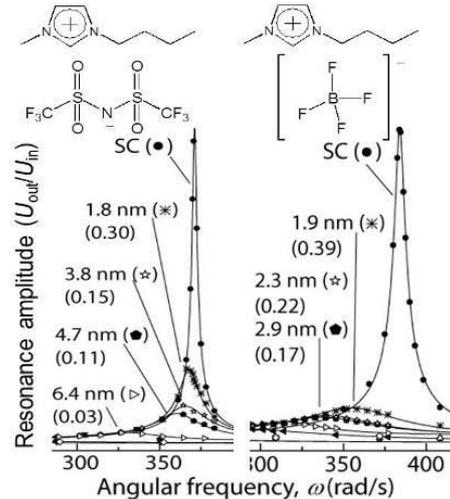


図 13 シリカ表面間のイオン液体の接触側の共振カーブの表面間距離依存性。

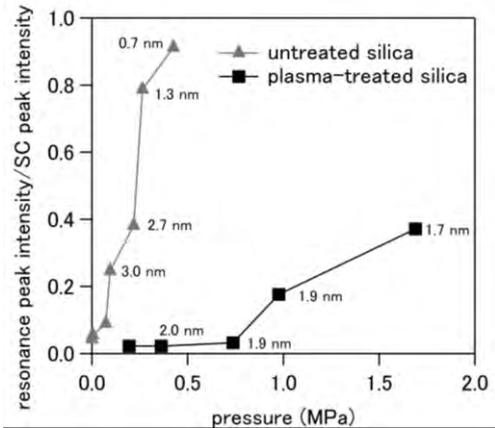


図 14 シリカ表面間の水の共振ピーク強度の平均面圧依存性。

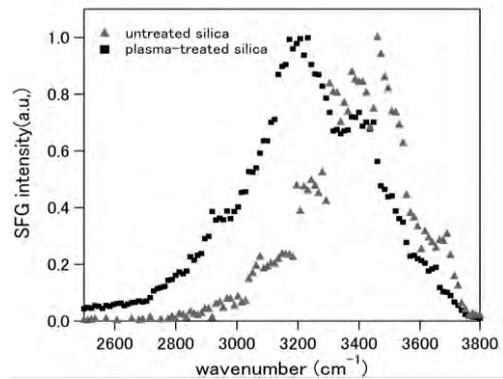


図 15 シリカ-水界面の SFG スペクトル。

含めて分子レベルで明らかにした例はほとんど報告されていない。

本研究では、表面力、或いは共振ずり測定法と SFG 振動分光法による評価により、シリカ表面の界面水について、表面シラノール密度、および水濃度により構造と特性が変化することを分子レベルで解明することに成功した。

(a) シリカ表面間の水の構造化・潤滑特性評価 [原著論文 48]

シリコンを含む材料(SiC, SiN, シリコン含有 DLC (diamond-like carbon))/水系は、優れた潤滑特性を示すことが知られているが、その機構は明らかにされていない。本研究では、表面シラノール基密度に着目した評価を行った。シリカ表面間の水の共振ずり測定では、潤滑性の指標である共振ピーク強度を比較することで(図 14)、水蒸気プラズマ処理により表面のシラノール基密度を増加させた場合、潤滑性がより高負荷(1.0 MPa)まで維持されることを明らかにした。シリカ-水界面の和周波発生振動分光から 高シラノール基密度シリカ表面/水界面では、一般に氷で観測される OH ピーク波数(3200 cm^{-1}) のピークが観測された(図 15)。

シリコンを含む材料表面間の水による優れた潤滑の機構として、高シラノール基密度表面の水は水素結合ネットワークを形成し、高い耐荷重性と優れた潤滑を示すことを明らかにした。

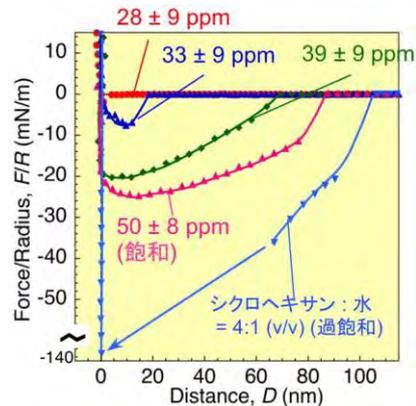


図 16 水-シクロヘキサン 2 成分液体中のシリカ表面間の表面力曲線。

(b) 水-シクロヘキサン 2 成分液体中のシリカ表面への水の吸着評価 [原著論文 37]

表面力測定法、および和周波発生(SFG)振動分光法を用いて、シクロヘキサン-シリカ界面における水の構造・特性を評価した。この研究は、我々の界面分子マクロクラスターの研究の展開として、シクロヘキサン中のシリカ表面の界面水は水素結合により規則構造を形成するのか(界面分子マクロクラスターを形成)、或いはバルク水と同様の相分離した水として存在するのか、という視点で評価を行った。

表面力測定では、水濃度の増加に伴い引力の距離範囲が増大し、飽和濃度(50 ± 8 ppm)では、 $D=90 \pm 10$ nm から引力が観測された(図 16)。また、水過飽和濃度(シクロヘキサン:水=4:1)でも、飽和濃度と同じく約 90 nm より引力が観測された。これは、引力距離の約 1/2=約 50 nm の水吸着層が形成されたことを示している。

SFG 振動分光法スペクトルでは、水濃度 33 ± 9, 50 ± 8 ppm で、3200 cm^{-1} 付近に氷様構造に帰属される ν OH ピークの強度増大と低波数シフトが観測された(図 17)。過飽和濃度では、氷様構造のピークが高波数シフトし、3450 cm^{-1} 付近の液体様構造のピークが観測された。

これらの結果より、相分離以下では表面のシラノール基により水素結合によりつながった規則的な構造をもつ厚さ約 50 nm の界面水層が形成されることが分かった。また、

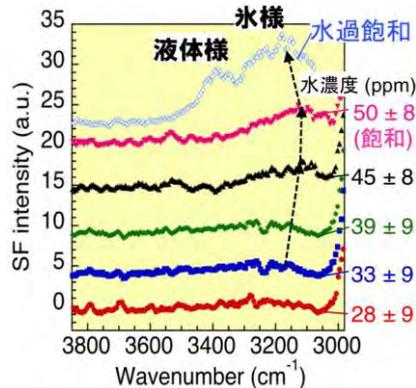


図 17 水-シクロヘキサン 2 成分液体/シリカ界面の SFG スペクトル。

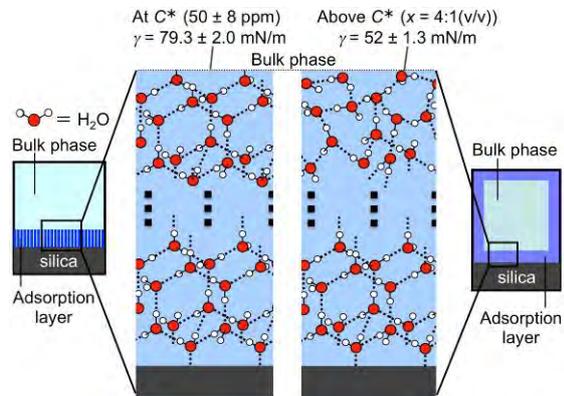


図 18 相分離濃度以下、相分離状態でのシリカ表面に形成される水吸着層の構造模式図

水過飽和濃度では、飽和濃度での厚みと約 50 nm とほぼ同じであるが、層分離により誘起された液体状態の界面水層へと変化することを明らかにした (図 18)。

(3) 電場印加機構の組み込み、閉じ込め空間中の液晶の電場による配向制御性の評価

液体ナノ薄膜の X 線回折測定法の確立のため、得られた回折像の妥当性を評価しやすい試料として、電場により配向を制御できる液晶を選び、また装置には新たに電場印加機構を導入した。X 線回折測定の予備実験として、雲母表面間の液晶 (4-シアノ-4'-ヘキシルビフェニル, 6CB) の電場配向挙動を調べたところ、表面間距離が約 17 nm 以上では 6CB の配向は電場により制御できるが、約 17 nm 以下では 6CB の著しい粘度上昇が起こるとともに、電場有り、電場無しでの粘性の差がなくなるという現象を見いだした (図 19)。これは、17 nm 以下では、閉じ込め効果による分子運動の抑制のために、電場による配向制御ができなくなったと考えられる。

これは閉じ込め効果について、距離と効果の定量的な知見を与えた初めての成果と考えている。また、前述の X 線回折測定によりこの現象を実証することにも成功した。

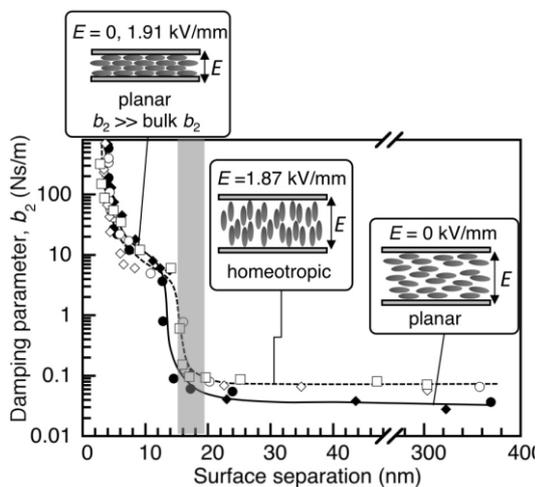


図 19 共振ずり測定により得られた雲母表面間の 6CB の粘性抵抗係数の表面間距離依存性 (電場有り、無し)。

(4) 鉄表面間のヘキサデカンの構造化・潤滑特性へのパルミチン酸添加の効果

潤滑油モデル物質であるヘキサデカンを鉄表面間に挟んで、構造化、潤滑特性をツインパス型共振ずり測定装置により評価し、潤滑油添加剤のモデル物質であるパルミチン酸の添加により、耐荷重性、潤滑性が向上することを明らかにした。SFG 分光によりヘキサデカン中で鉄表面に吸着したパルミチン酸は、LB 膜と同等に密にパッキングした膜を形成することを明らかにした。比較として、四塩化炭素中で鉄表面に吸着したパルミチン酸では、耐荷重性、潤滑性が劣り、吸着膜中の炭化水素鎖に乱れがあることを示す結果も得ている。従って、パルミチン酸の密な構造が耐荷重性、潤滑性の向上につながったと考えられる。

この結果は、トライボロジー分野において、従来、確かめられていなかった添加剤分子が形成する構造と潤滑性能の相関を実験的に明らかにした成果と考えている。

(5) 表面力測定による金表面吸着 PEG ブランの構造評価

PEG はタンパク質の吸着抑制に優れた効果をもつことが知られており、生体適合性表面を得るためのコーティングに使用されている。この PEG のタンパク質吸着抑制の機構と PEG の構造との相関を解明することを目的として、テンプレートストリッピング法で調製した平滑な金表面を利用し、この表面に吸着したポリエチレングリコール (PEG) チオール分子の構造を、ツインパス型表面力装置を用いた表面力測定により評価した。得られた表面力曲線で観測された立体斥力の距離範囲から、吸着した PEG 鎖の広がり性を評価した。PEG の直鎖状の長さと比較することで、金基板上に吸着した低分子量の PEG 分子は伸直状態をとるのに対して、高分子量の PEG ほど折りたたまれた構造となることが分かった。

(6) 水溶液中のアルミナ表面間の表面力測定

セラミックス表面のモデルであるアルミナ表面について、アルミディスクの電解により調製したアルミナ表面間に、水及び塩水溶液を挟んだ系において表面力測定を行った。表面間距離 10 nm 以上においては電気二重層斥力が観測され、その大きさから表面電位を見積もることができた (10^{-3} M で 20 mV、 10^{-4} M で 42 mV)。また、表面間距離 10 nm 以下においては、表面に存在する凹凸層の重なり起因する斥力が観測されることを見出した。

(7) 金属-高分子の接着評価 [原著論文 9, 24]

表面力装置と光学顕微鏡を組み合わせ、電子機器の基板・配線材料として広く用いられている NiCr 金属とポリイミドフィルム間の接着力と接着面の同時観察を行った[原著論文 9, 24]。この研究で製作したシステムは、共振ずり測定法と組み合わせ、表面間の接着力が支配的な影響を与える固体表面間の摩擦評価法として展開している。

4. 4 「機能界面の液体分子の構造・ダイナミクスの計算機シミュレーション」 (東北大学 理論計算グループ)

界面計測により得られる界面および閉じ込め空間における液体の構造を、計算機シミュレーションに基づき検討し、制御因子の抽出、物理化学的性質の評価、機能との相関の検討などを行った。また実験で観測が困難な個々の分子のダイナミクスの可視化を行うなど、計測結果と互いにフィードバックすることで、より詳細かつ高度な界面評価基盤を構築した。

固体表面によってナノスケールの空間中に閉じ込められた液体は、固液界面の影響が無視できなくなりバルク液体とは全く異なる性質を示す。分子シミュレーションはこのようなナノ閉じ込め液体について、実験観測が難しい分子レベルの液体構造・ダイナミクスを探るために用いられてきた。しかしながら、これまでは分子を球、表面を連続体で仮定するなど理想化された分子モデルが用いられ、個々の分子・固体表面の個性はほとんど考慮されてこなかった。その理由はそれらをまともに扱くと計算コストが著しく増大するからである。本サブテーマにおける研究の特徴は、計算コストを抑えつつ分子・固体表面の構造を考慮できるような分子モデル・方法論を工夫することで、分子・表面の個性が液体構造・物性にどのように反映されるかを調べたところにある。

まず、表面力測定モデル液体である無極性球状分子 octamethylcyclotetrasiloxane (OMCTS、図 20)を用いてシミュレーションの手法を確立した後、それを豊富な共振ずり測定データが得られている液晶分子 4-cyano-4'-hexylbiphenyl (6CB、図 21)へ応用するという方針をとった。

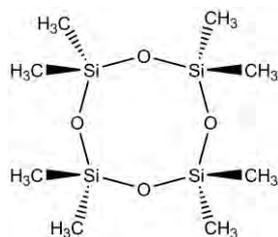


図 20 OMCTS 分子

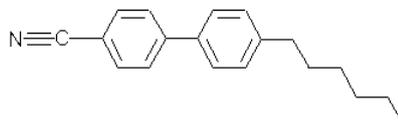


図 21 6CB 分子。

(1) OMCTS・6CB 閉じ込め液体における分子パッキングの考察

雲母表面間に閉じ込められた OMCTS や 6CB は、表面に平行な分子層構造を作ることが知られている。実際、共振ずり測定で観測可能な表面間距離 D の値は離散的になっており、これは層構造の持つ周期と整合する D でのみ液体が構造化し安定化するためであると考えられる。そこで、共振ずり測定で観測された D の周期を、バルク結晶構造から抜き出した様々な分子層構造の周期と比較することで、分子層の構造を考察した。その際、量子力学 (QM) 計算により計算したエネルギー及び双極子の向きなどから層内における分子配置の安定性も合わせて議論した。

結果、観測から得られた周期は、OMCTS については OMCTS

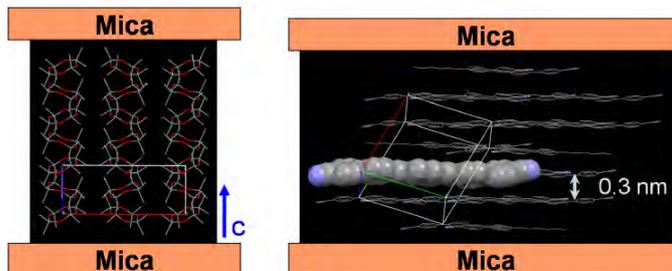


図 22 OMCTS(左図)、6CB(右図)に対して提案した閉じ込め液体中の分子パッキング。図中の直方体はバルク結晶のユニットセルを表す。

結晶の c 軸長 0.65 nm の整数倍であることがわかった。6CB についても結晶中に見られる分子層 (6CB 骨格を面内に含む単分子層) の面間隔 0.3 nm の整数倍であった。以上から図 22 のようなパッキングを提案した。

この結果は、分子構造に基づく具体的なパッキングの可能性を示唆する最初の例である。また、閉じ込め液体中で形成された分子層のパッキングが本質的にはバルク結晶のものと非常に近いことを示している。分子-表面相互作用や分子形状の全く異なる2種の分子に対して同じ結論が得られたことから、これは多くの物質に当てはまる一般的な事実であると期待できる。

(2) OMCTS-雲母分子間ポテンシャルパラメータの開発 [原著論文 14]

従来の理論研究では、OMCTSは球分子と仮定され、閉じ込め液体の定性的な性質を調べることに用いられてきたが、OMCTS は実際には完全な球ではない。このため、球モデルでは具体的な分子パッキングの議論や実験と定量的な比較ができないことが問題点であった。

そこで、新たに分子形状を考慮した分子モデルを開発した。OMCTS の分子構造と結晶でのパッキングの様子から、最も重要な相互作用がメチル基間の van der Waals (vdW)相互作用であると推測し、メチル基のみに Lennard-Jones (LJ)型の相互作用点を置いたモデルを考案した。ポテンシャルパラメータは、QM 計算によって計算したメタン2分子間の相互作用エネルギーを再現するように決定した後、分子動力学(MD)シミュレーションにより計算した液体密度・結晶構造が実験結果を最もよく再現するように微調整した。図 23 に示すように、最終的に得られたモデルは、フィッティングに使用されていない拡散係数や粘性の実験値もよく再現できることを確認した。一方で、H、O、Si にも相互作用サイトがある通常の全原子モデルと比べ、計算コストは 1 分子あたり約 1/25 で済む。雲母表面に対しても同様の考察から O と K⁺原子上に LJ 相互作用点を置いた。OMCTS との相互作用パラメータは、雲母表面から抜き出したいくつかの断片構造とメチル基の相互作用の QM 計算を再現するようにフィットして決めた。この分子モデルは、OMCTS-雲母系に対して原子的な構造を初めて定量的に考慮したもので、これにより実験とのより具体的な比較ができるようになった。

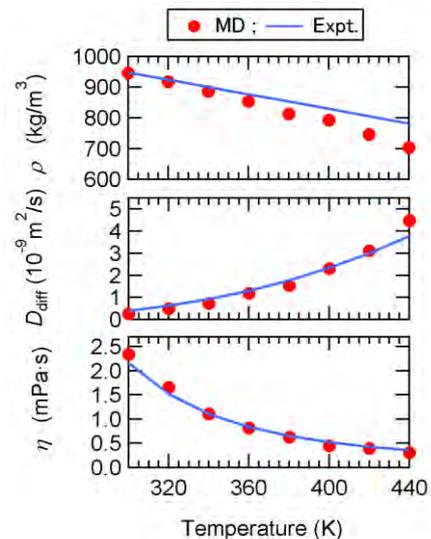


図 23 OMCTS 液体の密度 ρ 、拡散係数 D_{diff} 、粘性係数 η の温度依存性に対する計算値(MD)と実験値(Expt.).

(3) 閉じ込め OMCTS 液体のシミュレーション [原著論文 21]

OMCTS 閉じ込め液体の微視的な構造・ダイナミクスについて詳細に調べるため、開発した分子モデルを用いて図 24 のような系を構築し、表面間距離 D を変えて MD シミュレーションを行った。

過去の実験・理論研究で指摘されているように、雲母表面に平行な層構造が見られることを確認し、7分子層状態において各分子層内での分子運動や配向分布などを詳しく調べた。雲母表面から遠い中心部の層では弱い層状構造は示すものの、バルク液体に近い特性を持っていることがわかった。雲母表面に近づくにつれ多くの分子は表面と平行に配向し、バルク結晶中にみられるものと類似の低エネルギー分子配置が多くなっていった。これに伴い拡散係数は回転・並進ともに低下し、雲母表面と直接接触する層内ではバルク値よりも 2-3 桁程度低下していた。この結果は OMCTS 閉じ込め液体に対して従来モデルでは得ることのできなかった具体的な微視的イメージを提供するものである。

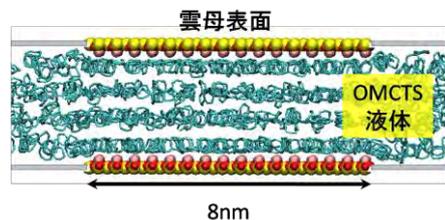


図 24 MD シミュレーション系。OMCTS は 1100 分子、雲母表面の面積は 66nm²。

また、図 25 のように、この層構造に伴う振動力を MD シミュレーションによって再現することができた。振動が約 7 分子層以下で顕著になることやその周期が約 8 Å など実験による観測と良く一致する。このモデルは基本的には QM 計算に基づいて作成し、表面力測定結果は参照していない。このような先験的なやり方で分子構造を考慮することで表面力測定結果を定量的に説明できることを示したとして、この分野の研究者から評価をいただいている。

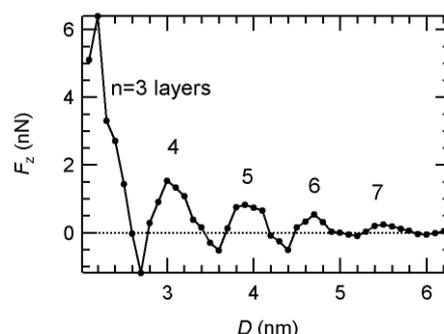


図 25 雲母表面垂直方向 (z) にかかる力 F_z の距離 D 依存性。 D の関数として振動している(振動力)。

(4) 閉じ込めによる拡散係数減少機構の解明 [原著論文 38]

OMCTS 閉じ込め液体の MD シミュレーションによって拡散係数の距離依存性を計算し、その結果を用いて閉じ込めが液体ダイナミクスへ及ぼす影響を微視的な視点から考察した。

(1) で期待されたような結晶化までは再現できなかったが、図 26 に示すように拡散係数は表面間距離とともに桁で減少し、この点は共振ずり測定で観測される急激な粘性増加と整合する。

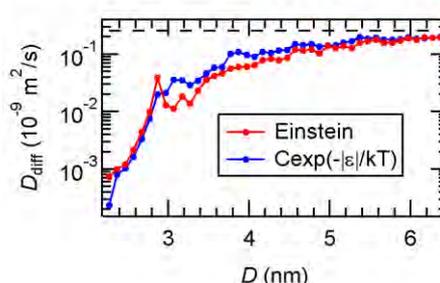


図 26 Einstein 式によって計算した通常の拡散係数(赤線)と熱活性化型モデル(青線)による予測。点線はバルク値。

このとき、拡散係数 D_{diff} は、1 分子ポテンシャルエネルギー ϵ と $D_{diff} = C \exp(-|\epsilon|/kT)$ の形の相関があり (C : 定数、 k : ボルツマン定数、 T : 温度)、分子拡散は近隣分子が作るポテンシャル井戸の深さを熱活性化障壁とする熱活性化過程であると解釈できることがわかった。この発見をもとに、閉じ込めによるエントロピー減少がポテンシャルエネルギーを下げ、それによって活性化障壁が高くなるという拡散係数減少機構を提案した。共振ずり測定ではほとんどの液体で急激な粘性増加が観測されている。本研究の結果は、この現象を微視的視点から理解するための基盤となる。同時に、ポテンシャルエネルギーのような熱力学変数から拡散係数のような輸送係数を計算するという新しい方法論を示している。

(5) 6CB 閉じ込め液体の MD シミュレーション

共振ずり測定から、6CB 閉じ込め液体は 17nm において電場に対する応答が変化するという興味深いデータが得られている。17nm の表面間距離に対して原子解像度のシミュレーションを直接行うことは計算コストの都合上不可能であり、なんらかの粗視化が必要となる。そこでまず、3nm の表面間距離において MD シミュレーションを行い、粗視化の参考となるデータを得ることにした。

6CB についても OMCTS と同様の MD 系を作成した。6CB の分子モデルに対してはバルク液体の等方-ネマティック転移温度を再現できるものがすでに提案されているのでそれを用いた。6CB と雲母表面の相互作用は、 K^+ と 6CB のシアノ基との相互作用が最重要であると考え、 K^+ を中心に含む雲母表面の断片とシアノベンゼンとの相互作用 QM 計算を再現するように決定した。このモデルを用いて 300K での MD シミュレーションを行い、閉じ込め液体の構造を調べた。分子は平均的に表面と並行に配向し、配向の強さを示す秩序パラメータ P_2 は、図 27 に示すように表面付近ではネマティック相と同等の $P_2=0.7-0.8$

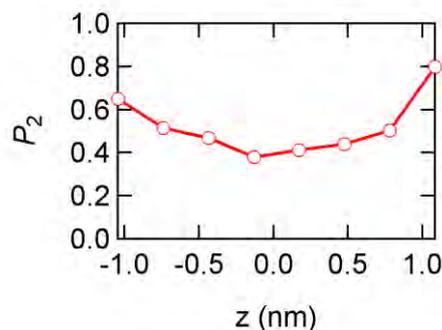


図 27 秩序パラメータ P_2 の z 方向のプロファイル。

で、そこから中心部の $P_2=0.4$ 程度まで連続的な分布をとることがわかった。このシミュレーションは閉じ込め液晶の構造のこれまでにない詳細な描像を示すとともに、粗視化シミュレーションに必要なデータを提供するものである。

4. 5 固体表面の原子・分子修飾による固液界面機能制御

(物質・材料研究機構 固-液界面機能制御グループ)

(1) 電気化学赤外分光法によるイソシアニド単分子膜／電解質溶液界面構造評価

自己組織化単分子層(SAM)は生物、分子デバイスやナノエレクトロニクスへの応用が期待されることから、多数の研究が行われている。SAM の構造や配向を明らかにすることは機能性分子層の構築や界面における電子伝導を理解するうえで重要である。これまで我々は分子伝導の分野において、有用な分子-金属接合を形成すると考えられているイソシアニド(NC)分子に注目し、SAM の配向を、界面選択的かつ高感度な分光法であるフェムト秒(fs-)ブロードバンド和周波発生(BB-SFG)分光を用いて評価を行ってきた。

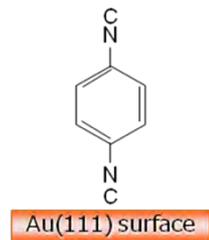


図 28 PDI

今回我々は、非電気化学活性な官能基を持つ分子層についても固-液

界面特性の電気化学的制御が可能かどうかについての検討を行うべく、パラジイソシアニド(PDI)分子層修飾電極の固液界面電子特性を調べた。PDI 分子は2つのイソシアニド基のうち1つが電極に吸着し、もうひとつはフリーである(図 28)。Au(111)上に構築した PDI-SAM の CN 伸縮振動領域の赤外反射吸収スペクトルを図 29 に示す。強度の強いシャープなピークが 2120 cm^{-1} に、強度の弱いブロードなピークが 2189 cm^{-1} にそれぞれ観測され、 2120 cm^{-1} は基板と結合していない free CN、 2189 cm^{-1} は基板と結合した bond-CN にそれぞれ帰属される。両者の振動ピーク位置は各々、電極から $\text{N}\equiv\text{C}$ への逆供与の程度および電極/分子膜/溶液界面に形成される電場による Stark 効果の程度を反映して電位に依存して変化することが期待される。そこで、電気化学測定と組み合わせた図 30 のようなその場測定セルを構築し、過塩素酸水溶液中での電極電位に対する各ピーク波数の変化を追跡した。その結果、基板と結合していない free CN (2120 cm^{-1}) のピーク波数は、電位に対するピークシフトはほとんど観測されず、基板と結合した bond-CN (2189 cm^{-1}) のピーク波数は、電位が正になるにつれ高波数シフト ($18\text{ cm}^{-1}/\text{V}$) を示した(図 31)。また電解質の濃度を変え、界面電気二重層の厚さを分子のサイズ程度、あるいはそれ以上の厚さになるようコントロールしても、波数シフトの傾向はほぼ同じであった。このことは、PDI-SAM の NC 基の伸縮振動数の電位依存性は電極から $\text{N}\equiv\text{C}$ への逆供与の程度によって支配されていることを意味している。今後は二重共鳴 SFG 分光法をこの系に適用し、PDISAM の界面分子構造と電子構造を決定するとともに、表面力測定をあわせて行い、界面の構造と特性に及ぼす電位とイオン強度の効果を定量化する。

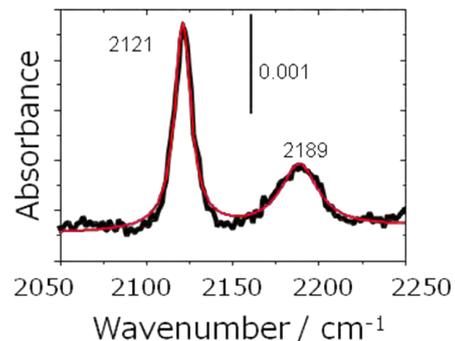


図 29 Au(111)上の PDI-SAM の CN 伸縮振動領域の赤外反射吸収スペクトル。

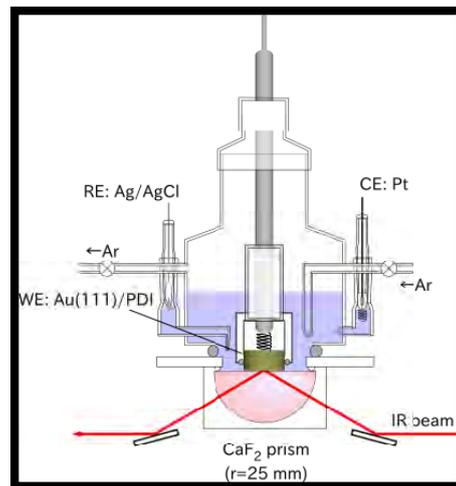


図 30 電気化学測定用反射赤外吸収分光用セル。

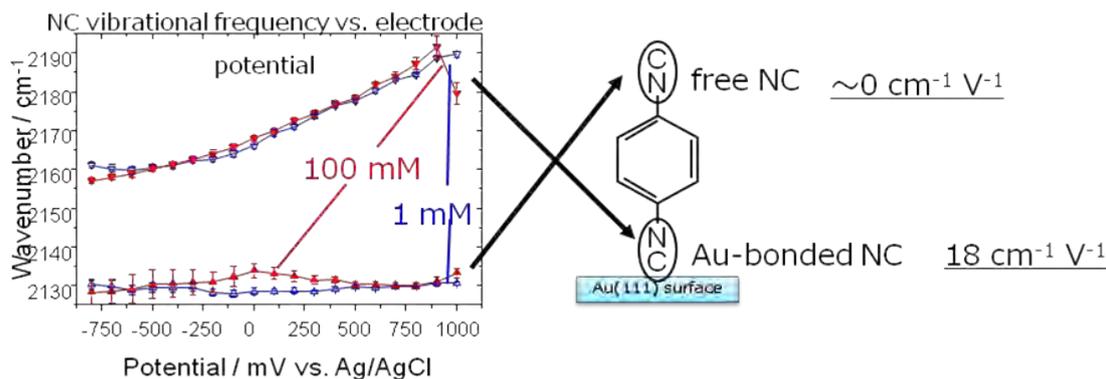


図 31 電極電位に対する free CN および bond CN のピーク波数変化(電解質: 1 mM および 100 mM HClO₄)。

(2) 電気化学表面力同時測定による電極表面吸着種の特性評価

電解質／電極界面プロファイルの理解は、機能的電極の設計・構築に重要である。ここでは、まず基礎的立場から電極におけるイオン吸着について評価するため、ナノ界面計測・評価グループと共同で、電解質水溶液中において金電極の電位を制御した状態で金電極－マイカ表面間の表面力測定を行った。

図32に金電極－雲母表面間の引き離し過程における接着力の電位依存性を示す。非吸着性アニオンを含む過塩素酸カリウム水溶液中においては、ゼロ電荷電位(0.3 V vs. Ag/AgCl)より正電位側において接着力の著しい増加が観察された。これは負に帯電した雲母表面と正に帯電した金電極との間で接着力が生じたものと考えられる。一方、吸着性アニオンを含む硫酸カリウム水溶液中においては、ゼロ電荷電位より正電位側においても接着力の増加は観察されなかった。これは金電極表面に硫酸根が吸着することによって、表面の電荷が補償されたためであると考えられる。

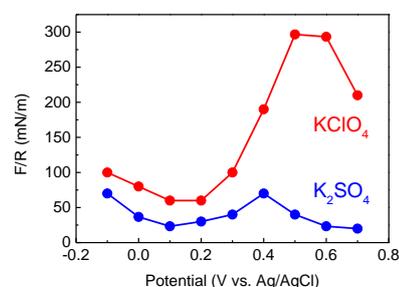


図 32 KClO₄ および K₂SO₄ の 1 mM 水溶液中において電位制御された金電極－雲母表面間の接着力の電位依存性。

(3) 金電極上へのナフィオン吸着・脱離挙動の観察 [原著論文 46]

ナフィオンは、固体高分子型燃料電池の高分子電解質膜およびアイノマーとして利用されている高分子材料である。燃料電池の電極反応はナフィオンと電極触媒の界面で進行するため、ナフィオンの金電極への吸着・脱離挙動は電極反応に重要な影響を与えることが予想される。したがって、燃料電池の起動／停止を模擬したさまざまな電位条件でのナフィオン吸着・脱離挙動や周囲の水の振る舞いを検討する事によって、高出力かつ耐劣化性に優れた界面(高分子電解質・触媒・両者の接合法含めて)の戦略的設計が可能になることが期待される。本研究では、水晶振動子マイクロバランス法(QCM)および原子間力顕微鏡(AFM)によって、ナフィオンを分散した水溶液中におけるナフィオンの金電極表面への吸着・脱離挙動をその場観察した。

0 V vs. Ag/AgCl ではナフィオンは金電極表面にほとんど吸着しないが、電極電位を正方向に走査すると、QCM によって質量の増加が、AFM によって表面への凝集体の吸着が観察された。これは電位がより正になるにつれて、ナフィオンの吸着が始まり、その後徐々に吸着量が増加するというを示している。金酸化物の形成が起こる 1.4 V 付近では、電極表面からナフィオンが脱離し、酸化物の還元が起こる 0.8 V 付近でナフィオンが表面に再吸着する様子が QCM および AFM によって観察された。この一連の吸着・脱離は可逆的に起こることが明らかとなった。

以上のように、ナフィオン分散溶液中における金電極の電気化学特性は、吸着性アニオンとして知られる硫酸中での金電極の電気化学特性と非常によく似た特徴を示すことが明らかとなった。ナフィオンはフッ化炭素骨格とスルホン酸で構成されており、このスルホン酸が硫酸根と同様のはたらきをしているためであると考えられる。

今後は同様の界面について表面力測定を行う事によって、表面近傍の水の振る舞いを明らか

にする。水の振る舞い、ナフィオンの吸着・脱離挙動および反応活性を整理し、反応活性向上に向けた界面設計指針の獲得を目指す。

4. 二重共鳴和周波発生分光法による新規界面分子・電子構造評価システムの開発

固体と溶液の界面では結晶成長、腐食、電析、電極反応などの種々の興味深い過程が起こっている。このような過程の詳細を理解するためには、界面の構造や電子状態さらに吸着分子の構造や配向を、原子・分子スケールの分解能で、しかも反応が実際に起こっている溶液中その場で知り、さらにそれらが反応にともなうてどう変化するかを追跡する必要がある。そこで本研究では、二次的非線形光学分光法を電極/溶液界面へ適用させ、電極反応が起こっている溶液中で界面電子構造、分子構造の決定を二重共鳴 SFG (DR-SFG) 分光法によりその場追跡・決定可能のシステムの構築を行った。

従来の振動分光法としての SFG 分光法は、赤外の波長のみを変化させ、界面に存在する分子の振動を励起させ、波長固定の可視光との和周波光を検出することで界面の振動スペクトルを得ていた。一方、二重共鳴 SFG 分光法では可視光の波長も変化させることで、界面に電子準位が存在したときに可視光のエネルギーがその準位と共鳴し和周波光の増強として観測される(図 33)。

電気化学条件下で白金電極上に吸着した CO 分子の SFG スペクトルを図 34 に示す。SFG 測定に用いる可視光の波長を変化させることで、スペクトルのピーク強度が大きく変化している様子が分かる。用いた可視光の波長に対して SFG スペクトルの積分強度をプロットすると、545 nm で SFG 強度が大きく増強されていることが分かる(図 35)。545nm の可視光を使用することで、491 nm の SFG 光が界面から発生する。このエネルギーは、フェルミ準位か

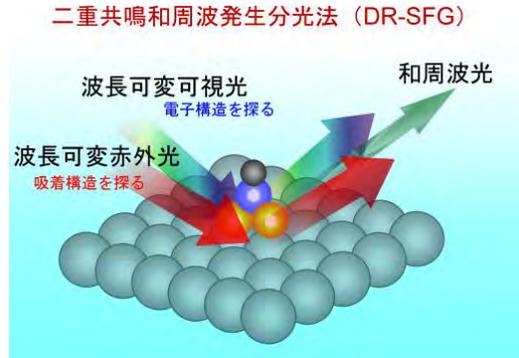


図 33 二重共鳴和周波発生分光法

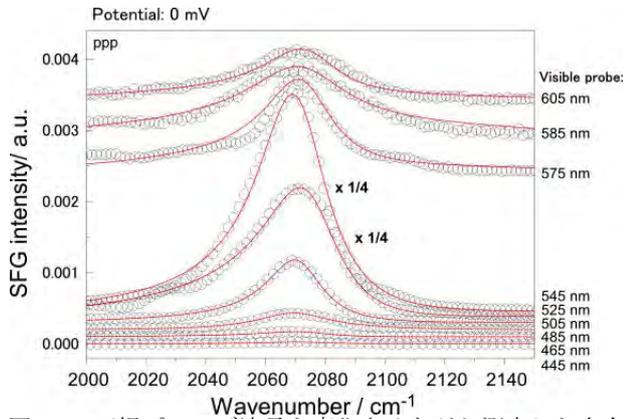


図 34 可視プローブ波長を変化させながら測定した白金電極上に吸着した CO の SFG スペクトル。

Potential: 0mV

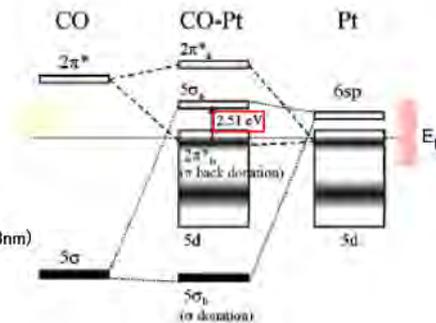
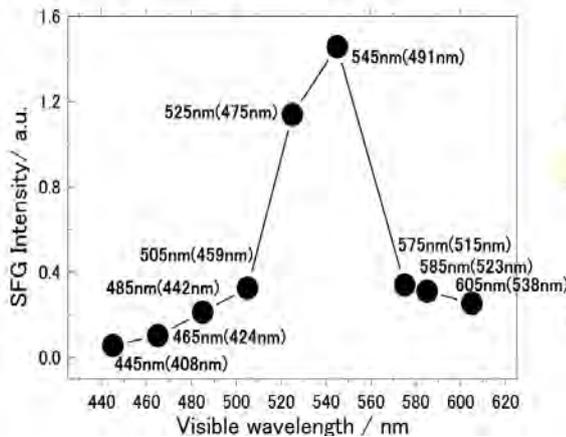


図 35 可視プローブの波長に対する SFG 強度、および Pt-CO のバンド構造

ら Pt-CO の界面で形成される 5s の非結合性軌道間のエネルギーギャップに等しいことから、観測された SFG 強度の増加は、発生した SFG 光がこの界面エネルギー準位間との共鳴により増強されたものと考えられる。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 2 件、国際(欧文)誌 55 件)

- 1) 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). Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology, December 1, 2008 に選ばれた。
- 2) M. Mizukami, G. Zhong, L. Zhang, I. Fukuchi and K. Kurihara, "In-Situ Polymerization of Molecular Macroclusters on Silica Surface: Poly(N-isopropylacrylamide) Nano-Films", *Langmuir* **24**, 12364-12368 (2008).
- 3) H. Sakuma and K. Kurihara, "Fourier-transform Resonance Shear Measurement for Studying Confined Liquids", *Rev. Sci. Instrum.* **80**, 013701-1~013701-4 (2009).
- 4) F. Pichierri, "Geometries and Electronic Structures of Alkaline Earth Auride Clusters: Au₄M (M=Mg, Ca, Sr, Ba)", *Mater. Trans.* **49**, 2437-2440 (2008).
- 5) F. Pichierri, "Effect of Fluorine Substitution in Calix[4]pyrrole: A DFT Study", *J. Mol. Struct. (THEOCHEM)* **870**, 36-42 (2008).
- 6) H. Mizuno, T. Haraszi, M. Mizukami and K. Kurihara, "Nanorheology and Nanotribology of Two-Component Liquid Crystal", *SAE Int. J. Fuels Lubr.* **1**, 1517-1523 (2009).
- 7) F. Pichierri and V. Kumar, "Geometries and Electronic Structures of Phosphorous-doped Silicon Fullerenes: A DFT Study", *J. Mol. Struct. (THEOCHEM)* **900**, 71-76 (2009).
- 8) V. Galasso and F. Pichierri, "Probing the Molecular and Electronic Structure of Norhipposudoric and Hipposudoric Acids from the Red Sweat of Hippopotamus Amphibius: A DFT Investigation", *J. Phys. Chem. A* **113**, 2534-2543 (2009).
- 9) 水上雅史, 栗原和枝, 鈴木伸, 松平政臣, 山辺秀敏, 安東勲雄, "表面力装置による金属-高分子接着の評価", *色材協会誌* **82**, 279-283 (2009).
- 10) S. Taubert, D. Sundholm and F. Pichierri, "Magnetically Induced Currents in Bianthraquinodimethane-stabilized Moebius and Huckel [16] annulenes", *J. Org. Chem.* **74**, 6495-6502 (2009).
- 11) D. Sundholm, S. Taubert and F. Pichierri, "Calculation of absorption and emission spectra of [n]cycloparaphenylenes: the reason for the large Stokes shift", *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, 2751-2757 (2010).
- 12) F. Pichierri, "Theoretical characterization of the sulfilimine bond: double or single?" *Chem. Phys. Lett.* **487**, 315-319 (2010).
- 13) K. Ueno, M. Kasuya, M. Watanabe, M. Mizukami and K. Kurihara, "Resonance Shear Measurement of Nanoconfined Ionic Liquids", *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, 4066-4071 (2010).
- 14) H. Matsubara, F. Pichierri, and K. Kurihara, "Design of a Versatile Force Field for the Large-Scale Molecular Simulation of Solid and Liquid OMCTS", *J. Chem. Theor. Comp.* **6**, 1334-1340 (2010).
- 15) H. Fliegl, D. Sundholm, S. Taubert and F. Pichierri, "Aromatic pathways in twisted hexaphyrins", *J. Phys. Chem. A* **114**, 7153-7161 (2010).
- 16) F. Pichierri, "Macrodipoles of Potassium and Chloride Ion Channels as Revealed by Electronic Structure Calculations", *J. Mol. Struct. (THEOCHEM)* **950**, 79-82 (2010).
- 17) K. Kurihara, "Polyelectrolyte Brushes Studied by Surface Forces Measurement", *Adv. Colloid Interface Sci.* **158**, 130-138 (2010).
- 18) S. Taubert, D. Sundholm and F. Pichierri, "Magnetically Induced Currents in [n]Cycloparaphenylenes, n=6-11", *J. Org. Chem.* **75**, 5867-5874 (2010).
- 19) M. Kasuya, M. Mizukami and K. Kurihara, "Properties of Water at Solid Surface Revealed Using Surface Force Measurement", *Bunseki Kagaku* **59**, 957-965 (2010).
- 20) C. Songkram, K. Ohta, K. Yamaguchi, F. Pichierri and Y. Endo, "Conformational Control of Benzyl-o-carboranylbenzene Derivatives and Molecular Encapsulation of Acetone in the Dynamically Formed Space of 1,3,5-Tris(2-benzyl-o-carboran-1-yl)benzene", *Inorg. Chem.* **49**, 11174-11183 (2010).

- 21) 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). Selected for Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology, **23**, (2011). (DOI: 10.1063/1.3530591)
- 22) F. Pichierri, "A quantum mechanical analysis of the light-harvesting complex 2 (LH₂) from purple photosynthetic bacteria: Insights into the electrostatic effects of transmembrane helices", *BioSystems* **103**, 132-137 (2011). (DOI: 10.1016/j.biosystems.2010.08.006)
- 23) F. Pichierri, "The electronic structure and dipole moment of charybdotoxin, a scorpion venom peptide with K⁺ channel blocking activity", *Comput. & Theor. Chem.* **963**, 384-393 (2011). (DOI: 10.1016/j.comptc.2010.11.003)
- 24) 水上雅史, 杉原理, 山辺秀敏, 安東勲雄, 黒川幸子, 栗原和枝, "表面力装置による金属-高分子接着の評価2", *色材協会誌* **84**, 87-91 (2011). (DOI: 10.4011/shikizai.84.87)
- 25) L. Holland, W.-Z. Shen, P. von Grebe, P. J. S. Miguel, F. Pichierri, A. Springer, C. A. Schalley, B. Lippert, "A neutral Pt₃ stack unsupported by any bridging ligand", *Dalton Trans.* **40**, 5159-5161 (2011). (DOI: 10.1039/C0DT01408G)
- 26) 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)
- 27) D. Fukushi, M. Kasuya, H. Sakuma and K. Kurihara, "Fluorescent Dye Probe for Monitoring Local Viscosity of Confined Liquids", *Chem. Lett.* **40**, 776-778 (2011). (DOI: 10.1246/cl.2011.776)
- 28) K. Yamamoto, H. Sugihara, R. Amemiya, H. Aikawa, Z. An, M. Yamaguchi, M. Mizukami and K. Kurihara, "Formation of double helix self-assembled monolayers of ethynylhelicene oligomer disulfides on gold surfaces", *Tetrahedron* **67**, 5972-5978 (2011). (DOI: 10.1016/j.tet.2011.06.024)
- 29) F. Pichierri, "Theoretical study of [n]ivyanes, n=2-8", *Chem. Phys. Lett.* **511**, 277-282 (2011). (DOI: 10.1016/j.cplett.2011.06.024)
- 30) M. Khazaei, Y. Liang, M. S. Bahramy, F. Pichierri, K. Esfarjani and Y. Kawazoe, "High-pressure phases of hydrogen cyanide: formation of hydrogenated carbon nitride polymers and layers and their electronic properties", *J. Phys.: Condens. Matt.* **23**, 405403-12 (2011). (DOI: 10.1088/0953-8984/23/40/405403)
- 31) F. Pichierri, "Structure and bonding in polybromide anions", Br⁻(Br₂)_n (n=1-6), *Chem. Phys. Lett.* **515**, 116-121 (2011). (DOI: 10.1016/j.cplett.2011.09.003)
- 32) Y. Han, H. Noguchi, K. Sakaguchi, K. Uosaki, "Formation Process and Solvent-Dependent Structure of a Polyproline Self-Assembled Monolayer on a Gold Surface", *Langmuir* **27**, 11951-11957 (2011). (DOI: 10.1021/la2020995).
- 33) D. Ban, M. Funk, R. Gulich, D. Egger, T. M. Sabo, K. F. A. Walter, R. B. Fenwick, K. Giller, F. Pichierri, B. L. de Groot, O. F. Lange, H. Grubmüller, X. Salvatella, M. Wolf, A. Loidl, R. Kree, S. Becker, N.-A. Lakomek, D. Lee, P. Lunkenheimer, C. Griesinger, "Kinetics of Conformational Sampling in Ubiquitin", *Angew. Chem. Int. Ed.* **50**, 11437-11440 (2011). (DOI: 10.1002/anie.201105086)
- 34) H. Fliegl, D. Sundholm, F. Pichierri, "Aromatic pathways in mono- and bisphosphorous singly Möbius twisted [28] and [30] hexaphyrins", *Phys. Chem. Chem. Phys.* **13**, 20659-20665 (2011). (DOI: 10.1039/C1CP21935A)
- 35) F. Pichierri, "Binding of Molecular Hydrogen to Halide Anions: A Computational Exploration of Eco-friendly Materials for Hydrogen Storage", *Chem. Phys. Lett.* **519-520**, 83-88 (2012). (DOI: 10.1016/j.cplett.2011.11.038)
- 36) T. Kondo, M. Gemmei-Ide, H. Kitano, K. Ohno, H. Noguchi, K. Uosaki, "Sum Frequency Generation Study on the Structure of Water in the Vicinity of an Amphoteric Polymer Brush", *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces* **91**, 215-218 (2012). (DOI: 10.1016/j.colsurfb)

- 37) 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)
- 38) 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 Spectroscopy¹", *Langmuir* **28**, 14284-14290 (2012). (DOI: 10.1021/la303003u)
- 39) 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)
- 40) M. Shibuya, F. Pichierri, M. Tomizawa, S. Nagasawa, I. Suzuki, Y. Iwabuchi, "Oxidation of Nitroxyl Radicals: Electrochemical and Computational Studies", *Tetrahedron Lett.* **53**, 2070-2073 (2012). (DOI: 10.1016/j.tetlet.2012.02.033)
- 41) M. Kaipio, M. Patzschke, H. Fliegl, F. Pichierri, D. Sundholm, "Effect of Fluorine Substitution on the Aromaticity of Polycyclic Hydrocarbons", *J. Phys. Chem. A* **116**, 10257-10268 (2012). (DOI: 10.1021/jp308121b)
- 42) Y. Zhang, H. Noguchi, S. Ye, K. Uosaki, "Structure of adsorbed molecular layer on fused quartz surface determined sequentially in sodium stearate solution, dry Ar, pure water, and dry Ar by sum frequency generation spectroscopy", *Surf. Sci.* **607**, 92-96 (2013). (DOI: 10.1016/j.susc.2012.08.017).
- 43) K. Yamamoto, N. Oyamada, M. Mizutani, Z.J. An, N. Saito, M. Yamaguchi, M. Kasuya and K. Kurihara, "Two Types of Two-Component Gels Formed from Pseudoenantiomeric Ethynylhelicene Oligomers", *Langmuir* **28**, 11951-11957 (2012). (DOI: 10.1021/la302759k)
- 44) S. Nakano, M. Mizukami, N. Ohta, N. Yagi, I. Hatta, K. Kurihara, "Structural Change in Smectic Liquid Crystal Nano-Film under Molecular-Scale Confinement Measured by Synchrotron X-ray Diffraction", *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, 035002-1-4 (2013). (DOI: 10.7567/JJAP.52.035002)
- 45) H. Noguchi, K. Taneda, H. Naohara, K. Uosaki, "Humidity Dependent Structure of Water at the Interfaces Between Perfluorosulfonated Ionomer Thin film and Pt and HOPG Studied by Sum Frequency Generation Spectroscopy", *Electrochem. Commun.* **27**, 5-8 (2013). (DOI: 10.1016/j.elecom.2012.10.041).
- 46) T. Masuda, K. Ikeda, K. Uosaki, "Potential Dependent Adsorption/Desorption Behavior of Perfluorosulfonated Ionomer on a Gold Electrode Surface Studied by Cyclic Voltammetry, Electrochemical Quartz Microbalance, and Electrochemical Atomic Force Microscopy", *Langmuir* **29**, 2420-2426 (2013) (DOI: 10.1021/la304705k)
- 47) Fabio Pichierri, "Theoretical insights into the structure of the η^5 -(Cp*)C⁺ cation", *Chem. Phys. Lett.*, **568**, 106-111 (2013).
- 48) M. Kasuya, M. Hino, H. Yamada, M. Mizukami, H. Mori, S. Kajita, T. Ohmori, A. Suzuki, K. Kurihara, "Characterization of Water Confined between Silica Surfaces Using the Resonance Shear Measurement", *J. Phys. Chem. C* **117**, 13540-13546 (2013). (DOI: 10.1021/jp404378b)
- 49) F. Pichierri, "DFT study of caesium ion complexation by cucurbit[n]urils (n=5-7)", *Dalton Trans.*, **42**, 6083-6091 (2013). (DOI: 10.1039/C2DT32180G)
- 50) Nakano, M. Mizukami, K. Kurihara, "Effect of Confinement on Electric Field Induced Orientation of Nematic Liquid Crystal", *Soft Matter* **10**, 2110-2115 (2014). (DOI: 10.1039/C3SM52744A) Highlight paper に選ばれた。
- 51) F. F. Canova, H. Matsubara, M. Mizukami, K. Kurihara, A. L. Shluger, "Shear Dynamics of Nanoconfined Ionic Liquids", *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, (2014). (DOI: 10.1039/C4CP00005F) Highlight paper に選ばれた。

[proceedings(査読審査の入るものに限る)]

- 1) H. Matsubara, F. Pichierri, K. Kurihara, "How does nano-confinement induce a dynamical slowdown of a molecular liquid? A view from molecular simulation", *Proceedings of 14th International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)*, S4D16 (2012).

- 2) S. Nakano, M. Mizukami, K. Kurihara, "Structural Analysis of Smectic Liquid Crystal Nano-Films by Synchrotron X-ray Diffraction Measurement", *Proceedings of 14th International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)*, S4P15-36 (2012).
- 3) M. Mizukami, A. Kobayashi, K. Kurihara, "Interfacial Water Structured on Silica Surfaces in Cyclohexane through Hydrogen-Bonding Studied by Surface Forces Measurement", *Proceedings of 14th International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)*, S4D18 (2012).
- 4) T. Kamijo, M. Kasuya, M. Mizukami, K. Kurihara, "Double Layer Forces at the Potential Controlled Gold Electrodes Studied Using the Electrochemical Surface Forces Apparatus", *Proceedings of 14th International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)*, S4P15-37 (2012).
- 5) T. Kajiwara, T. Shinzawa, M. Mizukami, K. Kurihara, "Multilayer Assemblies of Gold Nanoparticles Prepared Using Surface Molecular Macroclusters", *Proceedings of 14th International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)*, S3P16-11 (2012).
- 6) M. Kasuya, M. Hino, H. Yamada, M. Mizukami, H. Mori, S. Kajita, T. Ohmori, A. Suzuki, K. Kurihara, "Characterization of Water Confined between Silica Surfaces Using Resonance Shear Measurement", *Proceedings of 14th International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)*, S4D55 (2012).

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

- 1) 水上雅史, 栗原和枝, 「新しい表面力測定への挑戦」, *電気化学および工業物理化学*, **76**, 763-767 (2008).
- 2) 栗原和枝, 「固-液界面の液体のナノ構造形成評価と制御」, *表面科学*, **30**, 162-167 (2009).
- 3) 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, 2項, エヌ・ティー・エス (2009).
- 4) 水上雅史, 栗原和枝, 「原子力間顕微鏡」9章1節4項, 「表面力測定」9章1節5項, "現代界面コロイド化学の基礎", 丸善 (2009).
- 5) 栗原和枝, 「展開単分子膜」7章2節1項, 「LB膜」7章2節2項, "現代界面コロイド化学の基礎", 丸善 (2009).
- 6) 栗原和枝, 「分光研究を振り返って」, "分光研究", 第58巻3号105, (2009).
- 7) 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, エヌ・ティー・エス (2009).
- 8) 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・キャラクタリゼーションから機能性材料まで", 1章, 1-16, 丸善 (2009).
- 9) 栗原和枝, 「表面力測定」, "ソフトマター分子設計・キャラクタリゼーションから機能性材料まで", 3章4節, 165-179, 丸善 (2009).
- 10) Kazue Kurihara, 「Single Molecular Film for Recognizing Biological Molecular Interaction: DNA-Protein Interaction and Enzyme Reaction」, "Nanohybridization of Organic-Inorganic Materials", Springer, Chap. 6, 125-136, (2009).
- 11) 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」, "コロイドおよび界面化学部会ニュースレター", **34**, 30-33, (2009).
- 12) 水上雅史, 栗原和枝, 「液体ナノ薄膜による潤滑のモデル化にむけて-共振ずり測定法による評価より-」, "トライボロジスト", **55**, 24-30, (2010).
- 13) 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事典-シャンプーから宇宙まで-", 2章5節, 52-53, 丸善 (2010).
- 14) 粕谷素洋, 栗原和枝, 「表面力測定」"現代界面コロイド科学の事典-シャンプーから宇宙まで-", 3章13節, 106-107, 丸善 (2010).

- 15) 曹 家榮, 粕谷素洋, 水上雅史, 栗原和枝, 「共振ずり測定装置「型式 RSM-1」“ULVAC TECHNICAL JOURNAL, No.73, 34-37, 2010
- 16) 粕谷素洋, 栗原和枝, 「表面力測定による有機-無機固体表面の評価」“セラミックデータブック 2010”, **38**, 121-124, (2010)
- 17) 中野真也, 栗原和枝, 「表面力測定の原理とその応用展開」“ふえらむ”, vol.15, No.12, 957-965, 2010
- 18) 栗原和枝, 「ツインパス型表面力装置」“CSJ カレントレビュー04 界面の分子科学”, 6 章, 化学同人, 55-56, (2011).
- 19) 水上雅史, 栗原和枝, 「ナノレオロジー・ナノトライボロジー」“CSJ カレントレビュー04 界面の分子科学”, 13 章, 化学同人, 144-150, (2011).
- 20) 水上雅史, 「原子間力顕微鏡(AFM)により相互作用力を測定する」“化学と工業”, 64 巻, 6 号, 464-465, (2011).
- 21) 松原裕樹, 「ナノ閉じ込めによる液体層化現象に対する分子論的な考察」“分子シミュレーション研究会会誌アンサンブル”, vol.13, No.3, 129-133, (2011).
- 22) 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 (2012).
- 23) 水上雅史, “表面力装置による金属-高分子接着の評価” 「接着・粘着分析」, 23 節, 技術情報協会, (2012).
- 24) 栗原和枝, 平山朋子, 中嶋 健, 田邊匡生, “ネットワークの概要と低摩擦界面現象の評価・解明によるイノベーション”, 月刊トライボロジー, 26 巻, 52-54 (2012).
- 25) 梶原剛史, 粕谷素洋, 栗原和枝, “表面力測定”, ぶんせき, 2012 年 7 号, 365-370 (2012).
- 26) 栗原和枝, 土佐正弘, 森 誠之, 田邊匡生, “グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク”, トライボロジスト, 57 巻, 36-41 (2012).
- 27) 水上雅史, 栗原和枝, “共振ずり測定法によるナノレオロジー・ナノトライボロジー評価”, 科学と工業, 86 巻, 1-7 (2012).
- 28) 松原裕樹, なぜナノ閉じ込めは液体を固体的にするのか, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会ニュースレター C & I Commun. vol.38, No.2, 25-27 (2013).

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 48 件、国際会議 47 件)

〈国際〉

- 1) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Resonance Shear Measurement for Nanotribology of Liquids Confined between Solid Surfaces”, 2008 SAE International, Illinois, USA, 2008/10/6-9.
- 2) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Structuring of Liquids at Solid-Liquid Interface”, 1st Rennes-Sendai joint workshop on advanced materials and devices, University of Rennes 1, 2008/10/22-24.
- 3) M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Molecular Analysis of Liquid Adsorption at the Solid/Liquid Interfaces: Surface Forces Measurement and Surface Selective Spectroscopy”, The Biennial Australian Colloid and Interface Symposium and the 10th Australia-Japan Colloid and Interface Science Symposium, Adelaide (Australia), 2009/2/1-5 (Keynote).
- 4) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Surface Forces Measurement for Materials Nanotechnology”, Advanced Materials for Australia’s Future, Melbourne Australia, 2009/5/18-19.
- 5) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Resonance Shear Measurement Employing SFA for Nano-Tribology”, Tribochemistry Kyoto 2009, Kyoto Japan, 2009/9/2-4.

- 6) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Molecular Packing and Interactions In Confined Liquids: How Crystalline-like?”, Forefront of Tribology, Sendai 2009, Matsushima, Japan, 2009/9/12-14.
- 7) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Resonance Shear Measurement for Nano-Tribology and Nanorheology, ISAOP-10 & ISSM-1, Sendai (Japan), 2010/10/2.
- 8) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Resonance Shear Measurement for Nano-Tribology and Nanorheology, WPI-AIMR-ICCAS Joint Symposium, Beijing (China), 2010/10/29.
- 9) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Hydrogen-Bonded Molecular Macrocluster Formation on Silica in Binary Liquids, 18th International Symposium on Surfactants in Solution, Melbourne (Australia), 2010/11/17.
- 10) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface forces measurement for materials nano-technology, The 9th Japan-France Workshop on Nanomaterials, Toulouse (France), 2010/11/25.
- 11) M. Kasuya (IMRAM, Tohoku Univ.), Fluorescence lifetime measurements to evaluate viscosities of liquid confined in nanospace between two solid surfaces, The 9th Japan-France Workshop on Nanomaterials, Toulouse (France), 2010/11/25.
- 12) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science, Workshop Honoring Professor Kazue Kurihara, Paris (France), 2010/11/29.
- 13) M. Mizukami (IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Study on Organization Liquids Adsorbed at Solid-Liquid Interfaces in Binary Liquid Mixtures, Frontier 2010 (The Third Workshop on Frontier Materials and Processes), Albi (France), 2010/12/9.
- 14) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurements to Evaluate Biological Molecular Recognition, Pacificchem 2010, Honolulu (UAS), 2010/12/18.
- 15) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science, The Fifth Biennial Australian Colloid & Interface Symposium, Tasmania (Australia), 2011/1/31. **A. E. Alexander Lectureship 2011**
- 16) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science, University of Sydney, A. E. Alexander Lectureship 2011, Sydney (Australia), 2011/2/4. **A. E. Alexander Lectureship 2011**
- 17) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurement for Green Nanomaterials Science, The 2011 WPI-AIMR Annual Workshop, Sendai (Japan), 2011/2/23.
- 18) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science, Wageningen (Netherland), 2011/5/2.
- 19) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), Surface Forces Measurement for Nano-Materials Science, Utrecht (Netherland), 2011/5/4.
- 20) T. Kondo¹ and K. Uosaki² (Ochanomizu Univ.¹, NIMS²), "In-situ Investigation on the Structures at Electrode/Electrolyte Interfaces by Surface X-ray Scattering", the 62nd Annual Meeting of the ISE, Niigata, Japan (2011.9.11-16).
- 21) K. Uosaki (Hokkaido Univ.), “Photocurrent Enhancement by Confined Molecular Catalyst and Nanoparticle”, The 18th China-Japan Bilateral Symposium on Intelligent Electrophotonic Materials and Molecular Electronics (SIEMME’18), Tianjin, China (2011.9.16-18).
- 22) H. Noguchi and K. Uosaki (NIMS), “Biomaterials and Functional Surfaces Studied by In Situ Surface Vibrational Spectroscopies”, The 7th Nanjin-Suzhou-Hokkaido- NIMS/MANA Joint Symposium, Suzhou, China (2011.11.10-12).
- 23) R. Washiya¹, K. Kawasaki¹, M. Hino², M. Mizukami², K. Kurihara^{2,3}, A. Miyauchi¹ (Hitachi, Ltd.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³) “Nano-scale Rheological Characterization of Resist for Nanoimprint”, The 10th International Conference on Nanoimprint

- and Nanoprint Technology, Jeju, Korea (2011.10.19-21).
- 24) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Fluorescence Spectroscopy Based on Twin-Path Surface Force Apparatus”, 12th Australia-Japan Colloid & Interface Science Symposium, Cairns, Australia (2011.11.21).
 - 25) M. Mizukami (IMRAM, Tohoku Univ.), “Organization of Liquids Adsorbed at Solid-Liquid Interfaces in Binary Liquid Mixtures”, 4th French Research Organizations – Tohoku University Joint Workshop on Frontier Materials (Frontier2011), Sendai, Japan (2011.12.5).
 - 26) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Surface Forces Measurement for Nano-materials Science”, The 4th Series of WPI Joint Seminar; The 8th Seminar, Sendai, Japan (2011.12.9).
 - 27) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Surface Forces Measurement for Materials Nano-technology”, International Symposium on Surface Science (ISSS-6), Tokyo, Japan (2011.12.12).
 - 28) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Surface Forces Measurement for Characterizing Confined Liquids”, UniSA-Univ. Tokyo Work shop, Tokyo, Japan (2011.12.15).
 - 29) M. Mizukami (IMRAM, Tohoku Univ.), “Interfacial Water Structured on Silica Surface in Cyclohexane Studied by Surface Forces Measurement and SFG Spectroscopy”, UCSB ICMR/CNSI and Tohoku University WPI-AIMR Joint Workshop on Materials Research, Santa Barbara, USA (2012.1.10-11).
 - 30) Fabio Pichierri (Tohoku Univ.), “Theory of Van der Waals Forces” (Invited talk), The Sixth General Meeting of ACCMS-VO, Sendai, Japan (2012.2.12).
 - 31) K. Uosaki¹, K. Ikeda¹, T. Masuda^{2,3}, H. Fukumitsu^{1,2}, Y. Sun^{1,2} (Hokkaido Univ.¹, NIMS², JST³), "Interfacial Arrangements with Atomic/Molecular Resolution for Highly Efficient Photoelectrochemical Energy Conversion", 10th Spring Meeting of the International Society of Electrochemistry, Perth, Australia (2012.4.15-18).
 - 32) K. Kurihara, (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.) “Surface Forces Apparatus for Nontransparent Samples: Twin-path SFA”, IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interface Scientists Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
 - 33) K. Uosaki (NIMS), "Deposition of metal nanoparticles on and within organic layers", The Gordon Research Conference: Electrodeposition, Biddeford, USA (2012.7.29-8.3).
 - 34) K. Uosaki (NIMS), "Formation and structural determination of "confined molecular catalysts" on and within molecular layers formed on Si(111) surface with direct Si-C bond for photoelectrochemical hydrogen generation and CO₂ reduction", American Chemistry Society National Meeting & Exposition, Philadelphia, USA, (2012.8.19-23).
 - 35) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Characterization of Confined Liquids by Surface Forces Measurement”, IUMRS-ICEM 2012 (MRS-J), Yokohama, Japan (2012.9.23-28).
 - 36) K. Uosaki (Hokkaido Univ.), "Deposition of Metal Thin Layers on Single Crystalline Metal, Semiconductor and Organic Molecular Layer - Common Interests with Prof. D. M. Kolb", Pacific Rim Meeting, Honolulu-Hawaii, USA, Oct. 7-12, 2012.
 - 37) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Overview of "Interfacial Fundamentals" research area”, Emerging Leadership Workshop, Australia-Japan Colloid Materials Partnership, Melbourne, Australia (2012.12.2-4).
 - 38) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Confined Liquids Studied by Surface Forces Measurement and Shear Resonance Measurement“, JSPS Core-to-Core Program and Specially Promoted Research Joint Symposium, Micro and Extended-Nano Space Chemistry and Perspective of Next-Generation Analytical Devices, The Univ. of Tokyo, Japan (2013.3.26-27).
 - 39) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Characterization of Confined Water by Surface Forces Measurement“, First WPI Workshop on Materials Science • 10th Japan-France Workshop on Nanomaterials, Kyoto Univ., Japan (2013.6.6-9).

- 40) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Confined Liquids Studied by Surface Forces and Shear Resonance Measurements“, CC3DMR 2013, Jeju island, South Korea (2013.6.24-28).
- 41) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Resonance Shear Measurement for Studying Confined Liquids“, IUPAC2013, Istanbul, Turkey (2013.8.11-16).
- 42) H. Matsubara^{1,4}, F. Pichierri^{1,4}, and K. Kurihara^{2,3,4} (Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.², IMRAM, Tohoku Univ.³, CREST-JST⁴), "Physics of nanoconfined liquids: insights from molecular dynamics simulation", 1st International Symposium on Computational Material and Biological Sciences, Tokyo, Japan (2013.9.11).
- 43) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Surface Forces Measurements for Electrochemistry and Photochemistry”, SUPRANANO Workshop“FORCES”, Paris, France (2013.9.9) Plenary.
- 44) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Surface Forces Measurement for Characterizing Liquids Confined in Nano-space”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, Japan (2013.9.28-30).
- 45) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), “Interfacial Water Studied by Surface Forces Measurement”, International Symposium on Advanced Soft Materials, Sapporo, Japan (2013.10.18-19).
- 46) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ., WPI-AIMR, Tohoku Univ.), “Surface forces measurement for characterizing solid-liquid interfaces and confined liquids”, Seminar at University of Bristol, Bristol, England (2013.11.19).
- 47) K. Kurihara (WPI-AIMR, Tohoku Univ., IMRAM, Tohoku Univ.), "Physics of nanoconfined liquids: insights from molecular dynamics simulation", AIMR-UCL Joint Workshop 2013, London, England (2013.11.21-22).

〈国内〉

- 1) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「固-液界面の液体の構造: 表面力測定からのアプローチ」, 2008 年度実用表面分析講演会 (PSA-08 (Practical Surface Analysis 2008)), 東北大学 (宮城), (2008.10.14-15).
- 2) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「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).
- 3) 水上雅史 (東北大 IMRAM), 「共振ずり測定による液体ナノ薄膜の特性評価」, SPM による機械特性評価セミナー, 日本ビーコ本社 (東京), (2008.12.5).
- 4) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「表面力測定より見る高分子電解質ブラシの特性」, ソフトインターフェースの分子科学第一回公開シンポジウム, タイム 25 ビル(東京), (2009.1.27).
- 5) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「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) (特別講演).
- 6) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「環境ナノテクノロジー」, 日本化学会第 89 回春季年会シンポジウム企画 環境ナノテクノロジー-石油リファイナリーの転換と省エネに貢献するナノテク-, 日本化学会 産学交流委員会, 日本大学 (千葉), (2009.3.30).
- 7) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「表面力測定によるナノレベルの界面状態の解明」, 独立行政法人日本学術振興会, 材料の微細組織と機能性第 133 委員会 第 201 回研究会, 東京理科大 (東京), (2009.4.17).
- 8) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「界面現象のナノ計測から生まれる材料設計の新しい指針」, プラスチック成形加工学会第 20 回年次大会 (東京), (2009.6.3).
- 9) 水上雅史 (東北大 IMRAM), 「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, 岡山理科大学 (岡山), (2009.9.17-19) (第 8 回科学奨励賞受賞講演).
- 10) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「共振ずり法・蛍光複合測定による微細空間の液体の評価」, 第 29 回表面科学学術講演会, タワーホール船堀 (東京), (2009.10.27-29).
 - 11) 水上雅史 (東北大 IMRAM), 「表面力装置による金属-高分子フィルム間の接着評価」, 日本接着学会東北支部講演会 2009, 東北大学 (仙台), (2009.11.13).
 - 12) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「共振ずり法・蛍光複合測定による微細空間の液体の評価」, 日本化学会東北支部 2009 宮城地区講演会, 秋保リゾートホテルクレセント(宮城), (2009.11.30).
 - 13) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「表面力から見る高分子科学」, 平成 21 年度 高分子学会 東海シンポジウム, 名古屋国際会議場, (2010.1.14-15).
 - 14) 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「表面力測定にもとづく固-液界面の基盤的理解」, 第 90 回日本化学会年会, 近畿大学 (東大阪), (2010.3.26-29).
 - 15) 水上雅史, 栗原和枝 (東北大 IMRAM), 「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, 近畿大学 (東大阪), (2010.3.26-29).
 - 16) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), 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, 吹田, (2010.7.8).
 - 17) 粕谷素洋 (東北大 IMRAM) 共振ずり-蛍光複合測定装置を用いた閉じ込め液体の特性評価, 第 32 回光化学若手の会, 岩沼, (2010.7.4).
 - 18) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), 表面力測定によるナノ界面評価、第 28 回関西界面科学セミナー, 尼崎, (2010.7.24).
 - 19) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), 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, (2010.7.28).
 - 20) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), 表面力による材料のナノ物性評価, 北大セミナー, 北海道大学理学研究科, 札幌, (2010.11.4).
 - 21) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “界面デバイスにおける表面力測定”, 第 2 回低炭素化研究会「なんでも界面研究会」, 仙台 (2011.8.4).
 - 22) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “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).
 - 23) 野口秀典, 魚崎浩平 (NIMS), “界面振動分光法によるソフトマテリアル表面の構造と機能のその場追跡”, 日本分析化学会第 60 年会, 名古屋, (2011.9.14-16).
 - 24) 魚崎浩平 (NIMS), “和周波発生分光法によるソフトナノ界面の分子構造評価”, ワークショップ「ソフト界面のダイナミックス」, 富山, (2011.11.4).
 - 25) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面力測定による材料の固液界面評価”, 錯体学会・界面科学シンポジウム, 東京 (2011.11.18).
 - 26) 魚崎浩平 (NIMS), “原子・分子レベルでの固液界面構造のその場追跡と電極表面反応機構”, 第 43 回セミコンファレンス & 第 5 回みちのく電気化学セミナー, 仙台 (2011.12.5-6).
 - 27) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “固-液界面の液体の自己組織化”, グローバル COE 自己組織化シンポジウム 2011, 福岡 (2011.12.10).
 - 28) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “電気化学表面力測定装置の開発”, 第 31 回表面科学学術講演会, 東京 (2011.12.15-17).

- 29) 栗原和枝 (東北大WPI-AIMR, 東北大IMRAM), “表面力測定によるトライボロジー評価”, グリーントライボ・ネットワーク冬の学校 摩擦・潤滑の科学・技術, 仙台 (2012.1.18).
- 30) 栗原和枝 (東北大WPI-AIMR, 東北大IMRAM), “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, 仙台 (2012.3.10).
- 31) 池田勝佳¹, 魚崎浩平² (北海道大¹, NIMS²), “表面科学の立場からみた表面増強ラマン散乱”, 最先端光計測とライフサイエンスの近未来 —バイオ・ラマン2017—, 理研(和光) (2012.5.18).
- 32) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM) “共振ずり測定より見るトライボロジー現象”, ISSP ワークショップ「表面・界面における輸送と変換」, 東大物性研(柏) (2012.7.14).
- 33) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面力測定による境界潤滑評価”, トライボロジー会議 2012 秋, 室蘭工業大学 (室蘭) (2012.8.18).
- 34) 水上雅史 (東北大 IMRAM), 栗原和枝, “表面力装置による金属-高分子接着の評価”, 2012 年色材研究発表会, 大阪府立大学 (大阪) (2012.9.20). 色材協会賞(論文賞) 受賞講演
- 35) 水上雅史 (東北大 IMRAM), “表面力測定と界面選択分光法による固-液界面での液体吸着構造評価”, 日本学術振興会 ナノプローブテクノロジー第167委員会, 第68回研究会, (福島) (2012.10.19).
- 36) 近藤敏啓¹, 魚崎浩平² (お茶ノ水女子大¹, NIMS²), “放射光利用表面X線散乱法による電極/溶液界面のその場構造追跡”, 第32回表面科学学会学術講演会, 東北大学 (仙台) (2012.11.20-22).
- 37) 増田卓也, 魚崎浩平 (NIMS), “その場XAFS測定による固液界面反応の追跡”, 第32回表面科学学術講演会, 東北大学 (仙台) (2012.11.20-22).
- 38) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面・界面科学ナノ・メゾ視点からの摩擦・潤滑現象とマクロな工業的応用を考える多階層的検討, 「産業応用をめざした新物質機能の設計と実証」に関する研究開発専門委員会 (JSPS) (吹田) (2012.12.15).
- 39) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “「さきがけ」研究から始まった表面力測定、その展開”, さきがけ「ナノシステムと機能創発」第2期生 研究成果報告会, サイエンスプラザ (2012.12.18).
- 40) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “SPring-8 における閉じ込め液体の X線回折”, 第2回東北大学 光・量子ビーム科学連携ワークショップ量子ビームを用いた物質・生命科学の新展開(II)-東北大学と大型施設の連携と異分野融合-, 東北大学 (仙台) (2013.1.7-8).
- 41) Fabio Pichierri (東北大), “Electronic structure of proteins and biological function”, 理化学研究所 (和光) (2013.2.4).
- 42) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面力測定で観る界面ナノ領域の溶液構造”, 東京大学 (東京) (2013.3.11).
- 43) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “Confined Liquids Studied by Surface Forces Measurement and Shear Resonance Measurement”, 「マイクロ・拡張ナノ空間の化学と次世代分析デバイスの展望」JSPS 先端研究拠点事業・特別推進研究共催シンポジウム, 東京大学 (東京) (2013.3.26-27).
- 44) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面力・共振ずり測定からわかること”, 13-1 高分子基礎物性研究会 2013 年度第2回ナノインプリント技術研究会, フォーラムミカサエコ (東京) (2013.7.12).
- 45) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面力測定より見る固-液界面の分子

- 的描像”, 第7回分子科学討論会, 京都テルサ (京都) (2013.9.25).
- 46) 栗原和枝(東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “表面力測定による界面分子科学へのアプローチ”, 公益信託林女性自然科学者研究助成基金 基金設立30周年及び基金終了記念会, 学士会館 (東京) (2014.3.8). (記念講演)
- 47) 水上雅史 (東北大 IMRAM) “表面力測定と和周波発生振動分光法による界面水の構造・特性解明”, 東京理科大学 総合研究機構 平成 25 年度界面科学研究部門シンポジウム, 東京理科大, 東京 (2014.3.10).
- 48) H. Ren (東北大 WPI-AIMR), “Friction properties of polymer hydrogels studied by the resonance shear measurement”, 日本化学会第94回春季年会, アジア国際シンポジウム-コロイドおよび表面化学-, 名古屋 (2014.3.27-30).

②口頭発表 (国内会議 84 件、国際会議 56 件)
〈国際〉

- 1) K. Kurihara¹, H. Kawai², H. Sakuma¹, M. Mizukami¹, T. Abe¹, Y. Fukao², H. Tajima² (IMRAM, Tohoku Univ.¹, Nippon Laser & Electronics Lab.²), “New Surface Forces Apparatus Using Two-beam Interferometry”, The Biennial Australian Colloid and Interface Symposium and the 10th Australia-Japan Colloid and Interface Science Symposium, Adelaide (Australia), 2009/2/1–5.
- 2) K. Tsujii (Hokkaido Univ.), “Spontaneous Formation of Super Water-Repellent Fractal Structures on Wax Surfaces”, The Biennial Australian Colloid and Interface Symposium and the 10th Australia-Japan Colloid and Interface Science Symposium, Adelaide (Australia), 2009/2/1–5.
- 3) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “In Search of Heterofullerenes”, The Third General Meeting of ACCMS-VO, Sendai (Japan), 2009/2/16-18.
- 4) S. Nakano, M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.) “Rheological study of liquid crystal confined between mica surfaces under the electric field”, 13th International Conference and Surface and Colloid Science (ICSCS)/ 83rd ACS Colloid and Surface Science Symposium, Columbia University (New York City, USA), 2009/6/14-19.
- 5) F. Pichierri, (Tohoku Univ.), “From Thia-cucurbit[6]uril to Giant Molecules and Nanostructures”, First International Conference on Cucurbiturils, Pohang, Korea, 2009/7/10-11.
- 6) M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Resonance Shear Measurement on Liquid Nano-Films: Physical Model and Stick-Slip Analysis for Tribological Study”, World Tribology Congress 2009, Kyoto International Conference Center (Kyoto, Japan), 2009/9/6-11.
- 7) H. Matsubara (Tohoku Univ.), “Molecular Dynamics Study of Nucleation from Vapor to Liquid”, G-COE International Symposium on: “Dynamic Phenomena in Molecular Complex Chemistry, Sendai, Japan, 2009/10/2.
- 8) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “What is the Relationship between Electronic Structure and Protein Dynamics?”, International Workshop on Physical Principles of Protein Behavior in the Cell, Dresden, Germany, 2009/10/26-30.
- 9) T. Kajiwara, T. Shinzawa, M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Gold Nanoparticle Assemblies Prepared Using Surface Molecular Macroclusters”, 4th International Young Researcher Symposium on Chemical-Environmental-Biomedical Technology, National Cheng Kung University (Tainan City, Taiwan), 2009/11/24-27.
- 10) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Electronic Structure of the Potassium Channel Protein”, Conference on Computational Physics 2009, Kaohsiung, Taiwan, 2009/12/15-19.
- 11) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, and K. Kurihara² (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.²), “Intermolecular Forces in OMCTS”, Conference on Computational Physics 2009, Kaohsiung, Taiwan, 2009/12/15-19.
- 12) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Design of 1D and 2D Building Blocks for Nanostructured Materials”, The Fourth General Meeting of ACCMS-VO, Sendai, Japan, 2010/1/12-14.

- 13) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Ion channels’ macrodipoles: what are their biological function? ”, BPC2010 (Australian Biophysical Chemistry Workshop), Adelaide (Australia), 2010/4/9.
- 14) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Ion channels’ macrodipoles and their biological function”, Biophysics 2010, Cambridge (UK), 2010/7/18.
- 15) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), “Atomistic molecular dynamics simulation of confined OMCTS liquid”, Statphys24 (XXIV IUPAP International Conference on Statistical Physics), Cairns (Australia), 2010/7/23.
- 16) M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), “Molecular Macrocluster Formation at the Solid-Liquid Interfaces Studied by Surface Forces Measurement”, ICCT-2010 (21st IUPAC International Conference on Chemical Thermodynamics), Tsukuba (Japan), 2010/8/2.
- 17) M. Kasuya¹, D. Fukushi¹, H. Sakuma¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), “Evaluation of local viscosity of confined liquid film using the shear resonance and fluorescence lifetime measurements”, PRCR-5, Sapporo (Japan), 2010/8/3.
- 18) S. Nakano¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), “Nanorheology of Liquid Crystal Thin Film under Electric Field”, Tohoku University Global Center of Excellence Program Summer School 2010, Sendai (Japan), 2010/8/20.
- 19) M. Kasuya¹, M. Hino¹, M. Mizukami¹, H. Mori², S. Kajita², T. Ohmori², A. Suzuki³, and K. Kurihara^{1,4} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, TOYOTA Central R&D Labs. Inc.², TOYOTA Motor Corporation³, WPI-AIMR, Tohoku Univ.⁴), “Properties of water confined between silica surfaces studied using resonance shear measurement”, NCSS2010 (International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science 2010), Makuhari (Japan), 2010/9/20.
- 20) K. Ueno¹, M. Kasuya², M. Mizukami², M. Watanabe¹, K. Kurihara^{2,3} (Yokohama National Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), “Resonance Shear Measurement of Nanoconfined Ionic Liquids”, NCSS2010, Makuhari (Japan), 2010/9/21.
- 21) M. Mizukami¹, O. Sugihara¹, S. Suzuki¹, M. Matsudaira¹, H. Yamabe², I. Andoh², S. Kurokawa², K. Kurihara^{1,3} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), “Metal-Polymer Adhesion Studied by Surface Forces Apparatus”, NCSS2010, Makuhari (Japan), 2010/9/20.
- 22) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), “Molecular insights into the layer formation of OMCTS liquid under nanosize confinement”, NCSS2010 (International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science 2010), Makuhari (Japan), 2010/9/21.
- 23) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), “Molecular dynamics simulation of OMCTS liquid under nanosize confinement”, The Fifth General Meeting of ACCMS-VO (Asian Consortium on Computational Materials Science - Virtual Organization), Sendai (Japan), 2010/12/10.
- 24) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Cage hydrocarbons as potential building blocks for nanomaterials”, The Fifth General Meeting of ACCMS-VO (Asian Consortium on Computational Materials Science - Virtual Organization), Sendai (Japan), 2010/12/10.
- 25) M. Kasuya¹, D. Fukushi¹, H. Sakuma¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), “Evaluation of Viscosity of Liquid Confined between Mica Surfaces Using the Resonance Shear and Fluorescence Lifetime Measurements”, Pacificchem 2010, Honolulu (USA), 2010/12/17.
- 26) H. Noguchi¹, M. Ito¹, K. Ikeda², K. Uosaki¹ (NIMS¹, Hokkaido Univ.²), “Substrate Dependent Structure of Aryl Isocyanides Studied by Surface Vibrational Spectroscopy”, the 62nd Annual Meeting of the ISE, Niigata, Japan (2011.9.11-16).
- 27) T. Masuda¹, K. Ikeda², K. Uosaki¹ ((NIMS¹, Hokkaido Univ.²), “Potential Dependent Adsorption/Desorption of Nafion on Au Electrode”, the 62nd Annual Meeting of the ISE, Niigata, Japan (2011.9.11-16).

- 28) T. Kondo¹, M. Shibata¹, T. Masuda², K. Uosaki² (Ochanomizu Univ.¹, NIMS²), "Layer-by-Layer Formation of Pt Ultrathin Films on Au(111) Surface Studied by in situ Resonance Surface X-ray Scattering", 220th ECS Meeting, Boston, U.S.A. (2011.10.9-14).
- 29) M. Shibata¹, T. Sakurai¹, T. Masuda², K. Uosaki², T. Kondo¹, (Ochanomizu Univ.¹, NIMS²), "Electrodeposition Process of Pt Ultrathin Layer on Au(111) Electrode Surface", 220th ECS Meeting, Boston, U.S.A. (2011.10.9-14).
- 30) M. Kasuya¹, M. Hino¹, H. Yamada¹, M. Mizukami¹, H. Mori², S. Kajita², T. Ohmori², A. Suzuki³, K. Kurihara^{1,4} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, TOYOTA Central R&D Labs. Inc.², TOYOTA Motor Corporation³, WPI-AIMR, Tohoku Univ.⁴), "Lubricity of Water Confined between Silica Surfaces Studied Using Resonance Shear Measurement", International Tribology Conference Hiroshima 2011 (ITC Hiroshima 2011), Hiroshima, Japan (2011.10.30-11.3).
- 31) K. Kawasaki¹, M. Mizukami², K. Kurihara^{2,3}, T. Nakakawaji¹ (Hitachi Ltd.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "Resonance Shear Measurement of Nanometer-Thickness Lubricant for Magnetic Recording Media", International Tribology Conference Hiroshima 2011 (ITC Hiroshima 2011), Hiroshima, Japan (2011.10.30-11.3).
- 32) M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Interfacial Water on Silica Surface in Cyclohexane Studied by Surface Forces Measurement and SFG-Spectroscopy", 12th Australia-Japan Colloid & Interface Science Symposium, Cairns, Australia (2011.11.21-23).
- 33) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "How does nano-confinement induce a dynamical slowdown of a molecular liquid? A view from molecular simulation", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 34) M. Mizukami¹, A. Kobayashi¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Interfacial Water Structured on Silica Surfaces in Cyclohexane through Hydrogen-Bonding Studied by Surface Forces Measurement", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 35) M. Kasuya¹, M. Hino¹, H. Yamada¹, M. Mizukami¹, H. Mori², S. Kajita², T. Ohmori², A. Suzuki³, K. Kurihara^{1,4} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, TOYOTA Central R&D Labs. Inc.², TOYOTA Motor Corporation³, WPI-AIMR, Tohoku Univ.⁴), "Characterization of Water Confined between Silica Surfaces Using Resonance Shear Measurement", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 36) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ., WPI-AIMR, Tohoku Univ.), "Surface Forces Apparatus for Nontransparent Samples: Twin-path SFA" IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 37) M. Kasuya (IMRAM, Tohoku Univ.), "Evaluation of Viscosity of Confined Liquid Using Fluorescence Lifetime Measurement System Based on Twin-path Surface Forces Apparatus", Australia-Japan Colloaboration Workshop Colloid and Materials Science, Sendai, Japan (2012.5.19-20).
- 38) F. Pichierri (Tohoku Univ.), "Computational Studies of Cesium-137 Recognition by Cucurbituril", International Symposium on Metal Complexes 2012, Lisbon, Portugal (2012.6.19).
- 39) T. Masuda¹, M. Shibata², T. Sakurai², H. Fukumitsu^{1,3}, T. Kondo, K. Uosaki¹ (NIMS¹, Ochanomizu Univ.², Hokkaido Univ.³), "In situ Resonance Surface X-ray Scattering Study of Layer-by-Layer Formation of Pt Ultrathin Films on Au(111) Surface", 12th International Conference on Surface X-ray and Neutron Scattering, Kolkata, India (2012.7.25-28).
- 40) H. Noguchi, M. Ito, K. Uosaki (NIMS), "Initial interfacial structure of dye sensitized titanium dioxide film under photo-excitation studied by ultrafast infrared spectroscopy", The 14th Vibrations at Surfaces (VAS14), Kobe, Japan (2012.9.24-28).

- 41) T. Masuda¹, H. Fukumitsu^{1,2}, K. Fugane^{1,2}, H. Togasaki^{1,2}, D. Matsumura³, K. Tamura³, Y. Nishihata³, H. Yoshikawa¹, K. Kobayashi¹, T. Mori¹, K. Uosaki¹ (NIMS¹, Hokkaido Univ.², JAEA³), “Important Role of Cerium Oxide in Oxygen Reduction Reaction at Pt-CeOx Nanocomposite Electrocatalyst Studied by in situ Electrochemical XAFS”, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science, Honolulu, USA (2012.10.7-12).
- 42) T. Kondo¹, M. Shibata¹, T. Masuda², K. Uosaki² (Ochanomizu Univ.¹, NIMS²), “Layer-by-layer Pt Electrodeposition on Au Single Crystal Surfaces Studied by *In situ* Resonance Surface X-ray Scattering”, Pacific Rim Meeting, Honolulu, USA (2012.10.7-12).
- 43) H. Noguchi, K. Uosaki (NIMS), “Interfacial molecular structure at biointerfaces studied by surface sensitive vibrational spectroscopies”, ICEAN-2012, Mercure Hotel, Brisbane, Australia (2012.10.22-25).
- 44) Y. Sun^{1,2}, T. Masuda², K. Uosaki² (Hokkaido Univ.¹, NIMS²), “Photoelectrochemical Reduction of Carbon Dioxide at Si(111) Electrode Modified by Viologen Molecular Layer with Metal Complexes”, 7th Asian Photochemistry Conference 2012(APAC2012), Osaka, Japan (2012.11.12-15).
- 45) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Computational Explorations in Ion Recognition Chemistry”, The Seventh General Meeting of ACCMS-VO, Sendai, Japan (2012.11.25).
- 46) H. Noguchi, M. Ito, K. Uosaki (NIMS), “Ultrafast molecular structure dynamics of dye sensitized solar cell studied by femtosecond infrared spectroscopy”, MANA international symposium 2013, Tsukuba, Japan (2013.2.27-3.1).
- 47) Fabio Pichierri (Tohoku Univ.), “Complexation of Cs-137 by Molecular Cavities”, International Symposium on Metal Complexes 2013, Burgos, Spain (2013/6/20).
- 48) Fabio Pichierri (Tohoku Univ.), “Solvation of alkali metal ions by sulfolane”, 33-rd International Conference on Solution Chemistry, Kyoto, Japan (2013/7/10).
- 49) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), “Microscopic Physical Picture of Nanoconfined Liquid from Molecular Dynamics Simulation”, 12th U.S. National Congress on Computational Mechanics, Raleigh, USA, (2013.7.23-25).
- 50) M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), “Structuring of Interfacial Water on Silica Surface in Cyclohexane Studied by Surface Forces Measurement and Sum Frequency Generation Vibrational Spectroscopy”, IUPAC2013, Istanbul, Turkey (2013.8.11-16).
- 51) Fabio Pichierri (Tohoku Univ.), “Bragg’s law and the birth of chemical crystallography”, 9-th International Conference for the History of Chemistry”, Uppsala, Sweden (2013/8/22).
- 52) K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ., WPI-AIMR, Tohoku Univ.), “Interfacial water studied by surface forces measurement”, 27th Conference of European Colloid and Interface Society (ECIS 2013), Bulgaria, Sofia (2013.9.1-6).
- 53) M. Kasuya¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), “Characterization of self-assembled monolayer of ferrocene alkyl thiol using electrochemical surface forces apparatus”, The 64th Divisional Meeting on Colloid and Surface Chemistry, the Chemical Society of Japan/The 4th Japan-Australia Symposium, Nagoya, Japan (2013.9.18-20).
- 54) R. Joksimovic¹, M. Mizukami², D. Hojo¹, T. Adschiri^{1,2}, K. Kurihara^{1,2} (WPI-AIMR, Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.²), “Surface forces across inorganic nanoparticle dispersions and frictional properties under confinement”, The 64th Divisional Meeting on Colloid and Surface Chemistry, the Chemical Society of Japan/The 4th Japan-Australia Symposium, Nagoya, Japan (2013.9.18-20).
- 55) K. Kurihara^{1,2} (WPI-AIMR, Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.²), “Interfacial water studied by surface forces measurement”, 27th Conference of European Colloid and Interface Society, Sofia, Bulgaria (2013.9.1-6).
- 56) Joksimovic Rastko¹, K. Kurihara^{1,2} (WPI-AIMR, Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.²), “Surfaces forces between surfaces confining inorganic nanoparticle dispersions and frictional

properties”, The 3rd TP-IU Joint Forum, Tohoku Univ., Sendai, Japan (2014.1.15).

〈国内〉

- 1) 小西基¹, 石島美弥¹, 藤田昌也², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, University of Houston²), “ホスホリレーシグナル伝達系に関するタンパク質間相互作用の直接測定”, 2008 高分子学会東北支部研究発表会, 仙台(2008/11/13-14).
- 2) 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “2 成分液体を用いた気-液界面への粒子集積”, 平成 20 年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台 (2009/3/12-13).
- 3) 粕谷素洋, 福士大輔, 佐久間博, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “雲母間に挟まれた液体ナノ薄膜における共振ずり-蛍光スペクトル同時測定”, 日本化学会第 89 春季年会, 千葉 (2009/3/27-30).
- 4) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター²), “金表面に挟まれた液晶薄膜の放射光 X 線回折”, 日本化学会第 89 春季年会, 千葉 (2009/3/27-30).
- 5) 大島亜希子¹, 佐久間博², 栗原和枝^{2,3}(NECトーキン¹, 東北大 IMRAM²), “アルミナ表面における表面力測定”, 日本化学会第 89 春季年会, 千葉 (2009/3/27-30).
- 6) 小林篤史, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “表面力測定および和周波発生振動分光法による吸着水のメソスケール構造形成評価”, 第 58 回高分子討論会, 熊本 (2009/9/16-18).
- 7) 粕谷素洋, 福士大輔, 佐久間博, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “共振ずり-蛍光寿命同時測定装置によるナノ空間に閉じ込められた液体の局所粘度評価”, 第 58 回高分子討論会, 熊本 (2009/9/16-18).
- 8) 梶原剛史, 新沢達郎, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “界面分子マクロクラスターを用いた金ナノ粒子集積体の構造とプラズモン特性”, 第 58 回高分子討論会, 熊本 (2009/9/16-18).
- 9) 粕谷素洋¹, 日野正也¹, 水上雅史¹, 森広行², 梶田晴司², 大森俊英², 鈴木厚³, 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, 豊田中研², トヨタ自動車³), “ガラス表面に閉じ込められた水の共振ずり測定による特性評価”, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山 (2009/9/17-19).
- 10) 粕谷素洋, 福士大輔, 佐久間博, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “共振ずり測定-蛍光寿命同時測定によるナノ空間に閉じ込められた液体の局所粘度評価”, 第 57 回レオロジー討論会, 山口 (2009/10/5-7).
- 11) 松原裕樹¹, Fabio Pichierri¹, 栗原和枝^{2,3}(東北大¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³), 「汎用性のある OMCTS 分子間ポテンシャル」, 第 23 回分子シミュレーション討論会, 名古屋. (2009/12/1).
- 12) 岡本 亨¹, 石窪 章¹, 中西 裕子¹, 大森 隆司¹, 手塚 洋二², 栗原 和枝³(資生堂リサーチセンター¹, 日油(株)², 東北大 IMRAM³), “化粧水のナノライボロジー”, 日本化粧品技術者会 第 65 回 SCCJ 研究討論会, 東京 (2009/12/3).
- 13) 梶原剛史, 新沢達郎, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “界面分子マクロクラスターを用いた微粒子集積体の構造制御”, 第 90 回日本化学会年会, 東大阪 (2010/3/26-29).
- 14) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター²), “ナノ空間に閉じ込められた液晶の電場配向・構造評価”, 第 90 回日本化学会年会, 東大阪, (2010/3/26-29).
- 15) 上條利夫, 粕谷素洋, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “電気化学表面力装置の開発”, 第 90 回日本化学会年会, 東大阪 (2010/3/26-29).
- 16) 上野和英¹, 粕谷素洋², 水上雅史², 渡邊正義¹, 栗原和枝²(横浜国大院工¹, 東北大 IMRAM²), “共振ずり測定によるシリカ表面に挟まれたイオン液体の特性評価”, 第 90 回日

本化学会年会, 東大阪 (2010/3/26-29).

- 17) 中田良樹¹, 山口隆弘¹, 鈴木武博¹, 森川一也³, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR², 筑波大基礎医³), “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評価”, 第 59 回高分子討論会, 札幌 (2010/9/15).
- 18) 水上雅史¹, 日野正也¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定によるトラクションオイルナノ薄膜の特性評価”, 第 59 回高分子討論会, 札幌 (2010/9/16.)
- 19) 梶原剛史¹, 新沢達郎¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “界面分子マクロクラスターを用いた金ナノ粒子集積”, 第 59 回高分子討論会, 札幌 (2010/9/16).
- 20) 梅村太三¹, 小西基¹, 石島美弥¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM^{1,2}, Univ. of Houston², 東北大 WPI-AIMR³), “表面力測定によるシグナル伝達タンパク質間相互作用評価”, 第 59 回高分子討論会, 札幌 (2010/9/17).
- 21) 粕谷素洋¹, 日野正也¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}, 森広行³, 梶田晴司³, 大森俊英³, 鈴木厚⁴, (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR², 豊田中研³, トヨタ自動車⁴), “シリカ表面間に閉じ込められた水の共振ずり測定による特性評価”, 第 58 回レオロジー討論会, 仙台, (2010/10/6).
- 22) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定装置を用いた閉じ込められた水の pH 評価”, 第8回日本女性科学者の会学術大会, 仙台 (2010/10/30).
- 23) 松原裕樹¹, ピキエリファビオ¹, 栗原和枝^{2,3} (東北大¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³), “ナノ閉じ込め下における液体の層化”, 第 24 回分子シミュレーション討論会, 福井 (2010/12/1).
- 24) 南野裕¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定による限定ナノ空間中のイオン液体の構造化挙動の評価”, 平成 22 年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台 (2011/3/10).
- 25) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大 WPI-AIMR³), “放射光 X 線回折による閉じ込め液体の構造評価”, 日本化学会第 90 春季年会, 横浜 (2011/3/26).
- 26) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定装置によるシリカ表面間に閉じ込められた液体の pH 評価”, 日本化学会第 90 春季年会, 横浜 (2011/3/26).
- 27) 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり-蛍光複合測定を用いた閉じ込め液体中におけるピレンのエキシマー反応ダイナミクスの観測”, 日本化学会第 90 春季年会, 横浜 (2011/3/26).
- 28) 日野正也¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による限定ナノ空間中のトラクションオイルの構造化挙動・特性評価”, 日本化学会第 90 春季年会, 横浜 (2011/3/26).
- 29) 南野裕¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定による限定ナノ空間中のイオン液体の特性評価”, 日本化学会第 90 春季年会, 横浜 (2011/3/26).
- 30) 近藤敏啓¹, 柴田昌代¹, 増田卓也², 魚崎浩平² (お茶の水女子大¹, NIMS²), 「金単結晶上への白金電析過程の RSXS その場追跡」、電気化学会第 79 回大会、浜松、2012 年 3 月 29 日-31 日 水上雅史¹, 杉原理¹, 山辺秀敏², 安東勲雄², 黒川幸子², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, 住友金属鉱山², 東北大 WPI-AIMR³), “表面力装置による金属-高分子接着の評価”, 第 60 回高分子年次大会, 大阪 (2011.5.25-27).
- 31) 近藤敏啓¹, 柴田昌代¹, 櫻井宗良¹, 福満仁志^{2,3}, 増田卓也³, 魚崎浩平³ (お茶の水女子大¹, 北海道大², NIMS³) “RSXS 法による Au 単結晶上に電析した Pt 超薄膜のその場構造追

- 跡”, 第 28 回 PF シンポジウム, つくば (2011.7.12-13).
- 32) Fabio Pichierri (東北大), “The Casimir Effect in Materials Science”, 東北大学, 金属材料研究所セミナー, 仙台 (2011.7.22).
 - 33) 野口秀典, 伊藤未希雄, 魚崎浩平(NIMS), “和周波発生分光法による TiO₂ 光触媒表面の水の構造評価”, 2011 年光化学討論会, 宮崎 (2011.9.6-8).
 - 34) 粕谷素洋¹, 日野正也¹, 山田飛将¹, 水上雅史¹, 森 広行³, 大森俊英³, 鈴木 厚⁴, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR², 豊田中研³, トヨタ自動車⁴), “親水性の異なるシリカ表面間に閉じ込められた水の共振ずり測定による特性評価”, 第63回コロイドおよび界面化学討論会, 京都 (2011.9.7-2011.9.9).
 - 35) 柴田昌代¹, 櫻井宗良¹, 増田卓也², 魚崎浩平², 近藤敏啓¹(お茶の水女子大¹, NIMS²), “Au(111)単結晶上へのPt超薄膜電析過程の追跡”, 2011年電気化学秋季大会, 新潟 (2011.9.9-11).
 - 36) 近藤敏啓¹, 柴田昌代¹, 福満仁志^{2,3}, 増田卓也³, 魚崎浩平³(お茶の水女子大¹, 北海道大², NIMS³), “Au(111)上へのPt電析過程のRSXSその場追跡”, 2011年電気化学秋季大会, 新潟 (2011.9.9-11).
 - 37) 増田卓也¹, 池田幸択², 魚崎浩平¹ (NIMS¹, 北海道大²), “金電極表面上におけるナフィオン吸着・脱離過程”, 第5回分子科学討論会2011, 札幌 (2011.9.20-23).
 - 38) 野口幸嗣¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}, 足立幸志¹(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “炭化ケイ素を用いた水潤滑システムにおける許容荷重増加機構”, 日本機械学会2011年度年次大会 東京, (2011.9.11-14).
 - 39) 南野 裕¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による閉じ込め空間におけるイオン液体の構造化挙動の評価”, 第60回高分子討論会, 岡山 (2011.9.28-2011.9.30).
 - 40) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3}(東北大IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大WPI-AIMR³), “固体表面間に閉じ込められた液晶薄膜の放射光 X 線回折による構造評価”, 第 60 回高分子討論会, 岡山 (2011.9.28-2011.9.30).
 - 41) 日野正也, 水上雅史, 栗原和枝(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による限定空間中のトラクションオイルナノ薄膜の特性評価”, 第59回レオロジー討論会, 桐生 (2011.10.6-2011.10.8).
 - 42) 伊藤未希雄, 野口秀典, 魚崎浩平(NIMS), “二酸化チタン/溶液界面の振動分光法によるその場構造評価”, 光機能材料研究会第18回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開», 東京 (2011.12.12).
 - 43) 野口秀典, 伊藤未希雄, 魚崎浩平(NIMS), “界面振動分光法による二酸化チタン光触媒表面の水の構造”, 第31回表面科学学術講演会, 東京 (2011.12.15-17).
 - 44) 増田卓也¹, 池田幸択², 魚崎浩平¹ (NIMS¹, 北海道大²), “金電極表面におけるナフィオン吸着・脱離挙動”, 第31回表面科学学術講演会, 東京 (2011.12.15-17).
 - 45) 近藤敏啓¹, 柴田昌代¹, 増田卓也², 魚崎浩平²(お茶の水女子大¹, NIMS²), “金単結晶上へ電析させた白金超薄膜のRSXS法による原子配列決定”, 第31回表面科学学術講演会, 東京 (2011.12.15-17).
 - 46) 川崎建司¹, 水上雅史², 栗原和枝^{2,3}, 中河路孝行¹(日立製作所¹, 東北大IMRAM², 東北大WPI-AIMR³) “共振ずり法による磁気ディスク用潤滑膜の粘度測定”, (社)日本トライボロジー学会 ファイル記憶のトライボロジー研究会, 東京 (2012.1.13).
 - 47) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR², University of Houston³), “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, 横浜 (2012.3.25).

- 48) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3}(東北大IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大WPI-AIMR³), “雲母表面間に挟まれた液晶ナノ薄膜の放射光X線回折測定による構造評価”, 日本化学会第92春季年会, 横浜 (2012.3.26).
- 49) Pieter Mulder Frank², Mieke Kleijn², 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,3}(東北大IMRAM¹, Wageningen UR², 東北大WPI-AIMR³), “Interaction of Cellulose Surface and Silica in Apolar Solvents”, 日本化学会第92春季年会, 横浜 (2012.3.27).
- 50) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定による固-液界面の局所的pH評価”, 日本化学会第92春季年会, 横浜 (2012.3.27).
- 51) 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “フェロセンアルキルチオール修飾電極の電気化学表面力装置による特性評価”, 日本化学会第92春季年会, 横浜 (2012.3.27).
- 52) 水上雅史¹, 上條利夫¹, 栗原和枝^{1,2}, 釣之朗³, 星野俊幸³(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR², JFEスチール(株)³), “コロイドプローブ原子間力顕微鏡法による水溶液中の鉄-アミン修飾表面間の相互作用力評価”, 日本化学会第92春季年会, 横浜 (2012.3.27).
- 53) 近藤敏啓¹, 柴田昌代¹, 増田卓也², 魚崎浩平²(お茶の水女子大¹, NIMS²), “金単結晶上への白金電析過程のRSXS その場追跡”, 電気化学会第79回大会, 浜松 (2012.3.29-31).
- 54) 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “共振法による限定ナノ空間中の液体の特性評価:モデル解析の高度化”, 第61回高分子学会年次大会, 横浜 (2012.5.29-31).
- 55) 伊藤未希雄, 野口秀典, 魚崎浩平(NIMS), “二酸化チタン光触媒反応に伴う界面構造変化の界面振動分光法による追跡”, 2012年光化学討論会, 東京 (2012.9.12-14).
- 56) 野口秀典, 伊藤未希雄, 魚崎浩平(NIMS), “フェムト秒赤外振動分光法による増感色素の光励起初期過程の追跡”, 第6回分子科学討論会, 東京 (2012.9.18-21).
- 57) 中野真也^{1,2}, 水上雅史^{1,2}, 太田昇³, 八木直人³, 八田一郎³, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター²), “ネマチック液晶分子の電場配向への閉じ込め効果”, 第61回高分子討論会, 名古屋 (2012.9.19-20).
- 58) 粕谷素洋^{1,2}, 日野正也¹, 山田飛将¹, 水上雅史^{1,2}, 森 広行⁴, 梶田晴司⁴, 大森俊英⁴, 鈴木 厚⁵, 栗原和枝^{1,2,3}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR³, 豊田中研⁴, トヨタ自動車⁵), “シリカ表面間に閉じ込められた水の共振ずり測定による特性評価”, 第61回高分子討論会, 名古屋 (2012.9.19-20).
- 59) 水上雅史¹, 小林篤史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “表面力および和周波発生振動分光法によるシクロヘキササン中にシリカ表面に吸着した水の構造・特性評価”, 第32回表面科学学術講演会, 仙台 (2012.11.20-22).
- 60) 野口秀典, 伊藤未希雄, 魚崎浩平(NIMS), “超高速赤外振動分光法による増感色素の光励起初期過程の追跡”, 第32回表面化学会学術講演会, 仙台 (2012.11.20-22).
- 61) Fabio Pichierri (Tohoku Univ.), “Electronic structure of proteins and biological function”, RIKEN, Wako, Japan (2013/2/4).
- 62) 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “共振ずり測定に基づく液体ナノ薄膜のトライボロジー特性の解析法”, 日本化学会第93春季年会(2013), 草津 (2013.3.22-25).
- 63) 川島雅貴¹, 齋藤由布子¹, 猪俣敬娥¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “蛍光分光表面力装置を用いたアルミナー-水界面のpH評価”, 日本化学会第93春季年会(2013), 草津 (2013.3.22-25).
- 64) 松原裕樹¹, Fabio PICHIERRI¹, 栗原和枝^{2,3}(東北大¹, 東北大IMRAM², 東北大WPI-AIMR³), “ナノ閉じ込め液体の運動性低下に対する分子的な錨像. 分子動力学による研

- 究”, 日本化学会第 93 春季年会(2013), 草津 (2013.3.22-25).
- 65) 粕谷素洋¹, 増田卓也³, 走川司¹, 魚崎浩平³, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR², 北海道大³), “電気化学表面力装置による金電極表面におけるイオン吸着の評価”, 日本化学会第 93 春季年会(2013), 草津 (2013.3.22-25).
- 66) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3}(東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大 WPI-AIMR³), “ネマチック液晶の電場配向に与えるナノ空間への閉じ込めの影響”, 日本化学会第 93 春季年会(2013), 草津 (2013.3.22-25).
- 67) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 藤田昌也³, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR², University of Houston³), “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), 草津 (2013.3.22-25).
- 68) 松原裕樹¹, Fabio Pichierri¹, 栗原和枝^{2,3}(東北大¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³), “ナノ閉じ込め液体の運動性低下に対する分子的な描像. 分子動力学による研究”, 日本化学会第93回春季年会, 草津 (2013.3.22-25).
- 69) 伊藤未希雄, 野口秀典, 魚崎浩平(NIMS), “超高速赤外振動分光法による光増感色素の構造及びエネルギー移動ダイナミクス初期過程の追跡”, 日本化学会第93回春季年会, 草津 (2013.3.22-25).
- 70) 水上雅史¹, 渡邊純一¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による潤滑油ナノ薄膜の特性評価とトライボロジー解析”, 第 62 回高分子学会年次大会, 京都 (2013.5.29-31)
- 71) 粕谷素洋^{1,2}, 日野正也¹, 山田飛将¹, 水上雅史^{1,2}, 眞鍋和幹⁴, 鈴木 厚⁴, 森 広行⁵, 梶田晴司⁵, 大森俊英⁵, 栗原和枝^{1,2,3}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR³, トヨタ自動車⁴, 豊田中研⁵), “鉄表面間のモデル潤滑油-添加剤系の共振ずり測定による評価”, 第 62 回高分子学会年次大会, 京都 (2013.5.29-31)
- 72) 梶原剛史¹, 渡邊純一¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “液浸型ナノ共振ずり測定装置の開発”, 第 62 回高分子学会年次大会, 京都 (2013.5.29-31)
- 73) 藤井 翔¹, 粕谷素洋², 栗原和枝^{1,2}(東北大 WPI-AIMRIMRAM¹, 東北大 IMRAM²), “電気化学表面力装置を用いた白金表面間の相互作用に関する研究”, 第62回高分子学会年次大会, 京都, (2013.5.29-31)
- 74) 任 懐銀¹, 水上雅史², 田邊匡生², 古川英光³, 栗原和枝^{1,2}(東北大 WPI-AIMRIMRAM¹, 東北大 IMRAM², 山形大工学部³), “共振ずり測定法によるポリマーハイドロゲルの摩擦特性”, 第 62 回高分子討論会, 金沢 (2013.9.11-13)
- 75) 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “ナノトライボロジーのための共振ずり測定法による摩擦力解析”, 第 64 回コロイドおよび界面化学討論会, 名古屋 (2013.9.18-20)
- 76) 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定法を用いた摩擦力の解析”, トライボロジー会議 2013 秋, 福岡 (2013.10.24-26).
- 77) 任 懐銀¹, 水上雅史², 栗原和枝^{1,2}(東北大 WPI-AIMR¹, 東北大 IMRAM²), “Viscoelastic and Frictional Properties of Polymer Hydrogels Studied by the Resonance Shear Measurement”, トライボロジー会議 2013 秋, 福岡 (2013.10.24-26).
- 78) 上條利夫¹, 荒船博之¹, 佐藤貴哉¹, 森永隆志¹, 日野正也², 水上雅史², 栗原和枝^{1,2}(鶴岡高専¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³) “共振ずり測定を用いたシリカ表面間に挟まれた脂肪族系イオン液体の潤滑特性評価”, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋 (2014.3.27-30).
- 79) 上條利夫¹, 荒船博之¹, 佐藤貴哉¹, 森永隆志¹, 日野正也², 水上雅史², 栗原和枝^{1,2}(鶴岡高専¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³) “共振ずり測定を用いたシリカ表面間に挟ま

れた脂肪族系イオン液体の潤滑特性評価”, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋 (2014.3.27-30).

- 80) F. Canova¹, H. Matsubara², M. Mizukami³, K. Kurihara^{1,3}, A. Shluger¹ (東北大 WPI-AIMR¹, 東北大工², 東北大 IMARAM³) “Shear dynamics of confined ionic liquids”, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋 (2014.3.27-30).
- 81) 粕谷素洋¹, 日野正也¹, 山田飛将¹, 水上雅史¹, 眞鍋和幹³, 鈴木厚³, 森広行⁴, 梶田晴司⁴, 大森俊英⁴, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPIAIMR², トヨタ自動車³, 豊田中研⁴) “ツインパス型共振すり測定を用いた鉄表面間のヘキサデカン-パルミチン酸のトライボロジー特性評価”, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋 (2014.3.27-30).
- 82) 川島雅貴¹, 齋藤由布子¹, 猪俣敬娥², 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²) “蛍光分光表面力装置を用いたアルミナ-水界面の pH 評価: 塩濃度依存性”, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋 (2014.3.27-30).
- 83) 走川司¹, 粕谷素洋¹, 増田卓也², 魚崎浩平², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, MANA-WPI-AIMR², 東北大 WPI-AIMR³), “電気化学表面力装置を用いた金電極界面におけるイオンの吸着特性評価”, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋 (2014.3.27-30).
- 84) 栗原和枝 (東北大 WPI-AIMR, 東北大 IMRAM), “低炭素技術開発のためのナノ界面でバイス融合研究”, 微細加工ナノプラットフォームコンソーシアム・低炭素研究ネットワーク 合同シンポジウム「施設共用によるイノベーションの創出」, 京都 (2014.3.6-7).

③ ポスター発表 (国内会議 58 件、国際会議 37 件)

〈国際〉

- 1) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Topological Defects in Graphene Nanomolecules”, The 2008 Asian Conference on Nanoscience and Nanotechnology, AsiaNANO 2008, Singapore, (2008/11/3-6).
- 2) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Computational Investigations of Heterofullerenes”, The International Conference on Simulation and Dynamics for Nanoscale and Biological Systems, Tokyo, Japan (2009/3/4-6).
- 3) T. Kajiwara, T. Shinzawa, M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Gold Nanoparticle Assemblies on Solid Substrate Prepared by Using Surface Molecular Macroclusters”, 13th International Conference and Surface and Colloid Science (ICSCS)/83rd ACS Colloid and Surface Science Symposium, New York City, USA (2009/6/14-19).
- 4) A. Kobayashi, M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Water Macroclusters Formed on Surface in Cyclohexane”, 13th International Conference and Surface and Colloid Science (ICSCS)/83rd ACS Colloid and Surface Science Symposium, New York City, USA (2009/6/14-19).
- 5) M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “2D Particles Arrays Formed at Air-Binary Liquids Interfaces”, 13th International Conference and Surface and Colloid Science (ICSCS)/83rd ACS Colloid and Surface Science Symposium, New York City, USA (2009/6/14-19).
- 6) F. Pichierri (Tohoku Univ.), “Theoretical Studies of Carbon-rich Molecular Anions”, 13th International Conference of Quantum Chemistry, Helsinki, Finland (2009/6/22-27).
- 7) S. Nakano, M. Mizukami, K. Kurihara (IMRAM, Tohoku Univ.), “Tribological Study of Liquid Crystal Nano Film Under Electric Field Using Resonance Shear Measurement”, World Tribology Congress 2009, Kyoto, Japan (2009/9/6-11).
- 8) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara² (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.²), “Intermolecular Forces in OMCTS”, Conference on Computational Physics 2009, Kaohsiung, Taiwan (2009/12/15-19).
- 9) K. Kurihara, (IMRAM, Tohoku Univ.), “Resonance Shear Measurement System, RSM”, PITTCOON2010, Orlando, USA (2010/2/28-3/5).

- 10) S. Nakano¹, M. Mizukami¹, and K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), Nanorheology of Liquid Crystal Confined between Mica Surfaces under Electric Field, PRCR-5, Sapporo, Japan (2010/8/2).
- 11) T. Kajiwara¹, T. Shinzawa¹, M. Mizukami¹, and K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), Au Nanoparticle Assemblies Prepared Using Surface Molecular Macroclusters, Tohoku University Global Center of Excellence Program Summer School 2010, Sendai, Japan (2010/8/19).
- 12) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), A novel interaction potential for the molecular simulation of liquid OMCTS under nanoscale confinement, 8-th European Conference on Computational Chemistry (EUCCO-CC8), Lund, Sweden (2010/8/26).
- 13) T. Kajiwara¹, T. Shinzawa¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), Au Nanoparticle Assemblies Prepared Using Surface Molecular Macroclusters, NCSS2010, Makuhari, Japan (2010/9/21).
- 14) T. Kajiwara¹, T. Shinzawa¹, M. Mizukami¹, and K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), Rheological Study of Liquid Crystal Confined in Nano-Space under Electric Field, NCSS2010, Makuhari, Japan (2010/9/21).
- 15) S. Nakano¹, M. Mizukami¹, N. Ohta², N. Yagi², I. Hatta², and K. Kurihara^{1,3} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, SPring8/JASRI², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), Characterization of liquid crystal thin film under electric field, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Pacificchem 2010, Honolulu, USA (2010/12/18).
- 16) T. Kamijo¹, M. Kasuya¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), Surface forces apparatus for electrochemical measurement, Pacificchem 2010, Honolulu, USA (2010/12/17).
- 17) K. Kurihara^{1,2}, K. Ueno³, M. Kasuya², M. Watanabe³, M. Mizukami² (WPI-AIMR, Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², Yokohama National Univ.³), Department of Chemistry and Biotechnology, Yokohama National Univ.¹), Resonance shear measurement of nanoconfined ionic liquids, Pacificchem 2010, Honolulu, USA (2010/12/18).
- 18) T. Kajiwara¹, T. Shinzawa¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Gold Nanoparticle Assemblies Prepared Using Surface Molecular Macroclusters", GCOE International Center of Research & Education for Molecular Complex Chemistry, Summer School, Sendai, Japan (2011.8.18-19).
- 19) Y. Zhang^{1,2}, H. Noguchi², S. Ye¹, K. Uosaki² (Hokkaido Univ.¹, NIMS²), "Study on the structure of lipids on quartz surface by sum frequency generation (SFG) spectroscopy", ECOSS-28, Wroclaw, Poland (2011.8.28-9.2).
- 20) S. Nakano¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Synchrotron X-ray Diffraction Study of Liquid Crystal Nano-Films Confined between Mica Surfaces", 12th Australia-Japan Colloid & Interface Science Symposium, Cairns, Australia (2011.11.21-2011.11.23).
- 21) A. Kobayashi¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Surface forces study on interfacial water adsorbed on silica surfaces", Softinterface Mini-symposium on Biomaterials Science in Tsukuba (SIMS2012), Tsukuba, Japan (2012.3.17-19).
- 22) S. Nakano¹, M. Mizukami¹, N. Ohta², N. Yagi², I. Hatta², and K. Kurihara^{1,3} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, SPring8/JASRI², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "Structural Analysis of Confined Smectic Liquid Crystal by Synchrotron X-ray Diffraction Measurement", The 2012 WPI-AIMR Annual Workshop, Sendai, Japan (2012.2.20-23).
- 23) S. Nakano¹, M. Mizukami¹, N. Ohta², N. Yagi², I. Hatta², and K. Kurihara^{1,3} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, SPring8/JASRI², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "Structural Analysis of Smectic Liquid Crystal Nano-Films by Synchrotron X-ray Diffraction Measurement", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan, (2012.5.13-18).

- 24) T. Kamijo¹, M. Kasuya¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Double Layer Forces at the Potential Controlled Gold Electrodes Studied Using the Electrochemical Surface Forces Apparatus", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 25) T. Kajiwara¹, T. Shinzawa¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Multilayer Assemblies of Gold Nanoparticles Prepared Using Surface Molecular Macroclusters", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 26) H. Noguchi, K. Uosaki (NIMS), "Interfacial molecular structure at biointerfaces studied by surface sensitive vibrational spectroscopies", IACIS2012 (14th International Association of Colloid and Interfaces Interface Scientists, Conference), Sendai, Japan (2012.5.13-18).
- 27) M. Kasuya¹, D. Fukushi¹, H. Sakuma¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Evaluation of Local Viscosity of Confined Liquid Film Using the Surface Forces Apparatus Fluorescence Spectroscopy", JSPS Core-to-Core Program and Specially Promoted Research Joint Symposium, Micro and Extended-Nano Space Chemistry and Perspective of Next-Generation Analytical Devices, The Univ. of Tokyo, Japan (2013.3.26-27).
- 28) T. Kajiwara¹, T. Shinzawa¹, M. Mizukami¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Multilayer Assemblies of Gold Nanoparticles Prepared Using Surface Molecular Macroclusters", JSPS Core-to-Core Program and Specially Promoted Research Joint Symposium, Micro and Extended-Nano Space Chemistry and Perspective of Next-Generation Analytical Devices, The Univ. of Tokyo, Japan (2013.3.26-27).
- 29) T. Kamijo¹, T. Sato¹, T. Morinaga¹, M. Mizukami², K. Kurihara^{2,3} (Tsuruoka National College of Technology¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "Characterization of Ionic Liquids Confined between Silica Surfaces Using Resonance Shear Measurement", IUPAC2013, Istanbul, Turkey (2013.8.11-16).
- 30) M. Kawashima¹, Y. Saito¹, K. Inomata², M. Kasuya¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Evaluation of pH at Alumina-Water by SFA Fluorescence Spectroscopy", Tohoku Univ.'s Chemistry Summer School 2013, Sendai, Japan (2013.8.28-31).
- 31) M. Mizukami¹, J. Watanabe¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Resonance Shear Measurement on Confined Alkylphenylether Lubriants", International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, Japan (2013.9.28-30).
- 32) M. Kasuya¹, M. Hino¹, H. Yamada¹, M. Mizukami¹, H. Mori³, S. Kajita³, T. Ohmori³, A. Suzuki⁴, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.², Toyota Central R&D Labs., Inc.³, Toyota Motor Corp.⁴), "Characterization of Water Confined between Silica Surfaces Using Resonance Shear Measurement", International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, Japan (2013.9.28-30).
- 33) M. Kawashima¹, Y. Saito¹, K. Inomata², M. Kasuya¹, K. Kurihara^{1,2} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²), "Evaluation of pH at the Alumina-Water Interface Using SFA Fluorescence Spectroscopy", International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, Japan (2013.9.28-30).
- 34) T. Sogawa¹, M. Kasuya¹, T. Masuda², K. Uosaki^{2,3}, K. Kurihara^{1,4} (IMRAM, Tohoku Univ.¹, GREEN, NIMS², WPI-MANA, NIMS³, WPI-AIMR, Tohoku Univ.⁴), "Anion Adsorption on Gold Electrodes Studied by Electrochemical Surface Forces Measurement", International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, Japan (2013.9.28-30).
- 35) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "Molecular Dynamics Simulation on Nanoconfined Liquids", The 8th General Meeting of ACCMS-VO, Sendai, Japan (2013.11.7-9)
- 36) H. Matsubara¹, F. Pichierri¹, K. Kurihara^{2,3} (Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WPI-AIMR, Tohoku Univ.³), "Molecular Dynamics Study on Nanoconfined Liquid Crystal", 3rd International Conference on Molecular Simulation, Kobe, Japan (2013.11.18-20)

- 37) K. Kurihara^{1,2}, (IMRAM, Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²) “Interfacial Water Studied by Surface Forces Measurement”, AIMR-UCL Joint Workshop, London, England (2013.11.21-22).

〈国内〉

- 1) 粕谷素洋, 富士大輔, 佐久間博, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “Resonance shear and fluorescent lifetime measurements to evaluate local viscosity of confined liquid between mica sheets”, 平成 20 年度日本分光学会年次講演会, 仙台(2008.11.19-21).
- 2) 中田良樹¹, 山口隆弘¹, 鈴木武博¹, 森川一也², 栗原和枝¹ (東北大 IMRAM¹, 筑波大基礎医²), “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(2008 年度)日本生物物理学会年会, 福岡, (2008.12.3-5).
- 3) 小林篤史, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “表面力測定と和周波発生振動分光法によるシクロヘキサンのシリカ表面への水の吸着構造評価”, 平成 20 年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台, (2009.3.12-13).
- 4) 小西基¹, 石島美弥¹, 藤田昌也², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, University of Houston²), “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 89 春季年会(2009), 船橋, (2009.3.27-30).
- 5) 小西基¹, 石島美弥¹, 藤田昌也², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, University of Houston²), “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”, 第 19 回バイオ・高分子シンポジウム、東京, (2009.7.29-30).
- 6) 日野正也, 水上雅史, 粕谷素洋, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “ナノ共振ずり測定法による限定空間中の液体の特性評価”, 第 37 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 山形(2009.7.29-31).
- 7) 高屋慎¹, 石島美弥¹, 鈴木武博¹, 津本浩平², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, 東京大学大学院工²), “コロイドプローブ原子間力顕微鏡による抗原-抗体間相互作用の直接測定”, 第 37 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 山形, (2009.7.29-31).
- 8) 上野和英¹, 粕谷素洋², 渡邊正義¹, 栗原和枝²(横浜国大院工¹, 東北大 IMRAM²), “共振ずり測定を用いたナノ空間におけるイオン液体の評価”, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山, (2009.9.17-19).
- 9) 梶原剛史, 新沢達郎, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “界面分子マクロクラスターを用いて層数制御された金ナノ粒子膜の調製と光学特性評価”, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山, (2009.9.17-19).
- 10) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝¹(東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター²), “閉じ込め空間におけるネマチック液晶の放射光 X 線回折”, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山, (2009.9.17-19).
- 11) M. Konishi¹, S. Takaya¹, M. K.-Ishijima¹, M. Fujita², K. Kurihara¹ (東北大 IMRAM¹, University of Houston²), “表面力測定によるホスホリレーション系に関するタンパク質間相互作用の研究”, 第 47 回(2009 年度)徳島, (2009.10.30-11.1).
- 12) 松原裕樹¹, ピキエリファビオ¹, 栗原和枝²(東北大¹, 東北大 IMRAM²), “汎用性のある OMCTS 分子間ポテンシャル”, 第 23 回分子シミュレーション討論会, 名古屋, (2009.11.30-12.1).
- 13) 齋藤由布子, 粕谷素洋, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “表面力-蛍光同時測定装置を用いた束縛液体の pH 評価”, 平成 21 年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台, (2010.3.10-11).
- 14) 南野裕, 上條利夫, 水上雅史, 栗原和枝(東北大 IMRAM), “共振ずり測定法による閉じ込め空間におけるイオン液体の特性評価”, 平成 21 年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台, (2010.3.10-11).

- 15) 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “ナノ空間に閉じ込められた液体中におけるピレンの励起状態ダイナミクス”, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜, (2010.5.26).
- 16) 高屋慎¹, 石島美弥¹, 鈴木武博¹, 津本浩平², 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東京大学大学院工², 東北大 WPI-AIMR³), “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, 横浜, (2010.5.26).
- 17) 梅村太三¹, 小西基¹, 石島美弥¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, University of Houston², 東北大 WPI-AIMR³), “コロイドプローブ原子間力顕微鏡法を用いたシグナル伝達タンパク質間相互作用の直接測定”, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜, (2010.5.26).
- 18) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定装置を用いた閉じ込められた水の pH 評価”, 第 32 回光化学若手の会, 岩沼, (2010.7.3).
- 19) 梅村太三¹, 小西基¹, 石島美弥¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, University of Houston², 東北大 WPI-AIMR³), “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, 仙台, (2010.9.20).
- 20) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定装置を用いた閉じ込められた水の pH 評価”, 平成 22 年度化学系学協会東北大会, 盛岡, (2010.9.25).
- 21) 南野裕¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による制限空間におけるイオン液体の特性評価”, 平成 22 年度化学系学協会東北大会, 盛岡, (2010.9.25).
- 22) 山田飛将¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “和周波発生振動分光法を用いた金属-液体界面の評価”, 第 60 回高分子学会年次大会, 大阪 (2011.5.25).
- 23) 上條利夫¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “和周波発生振動分光法を用いた金属-液体界面の評価”, 第 60 回高分子学会年次大会, “電気化学表面力装置を用いた金電極表面の評価”, 第 60 回高分子学会年次大会, 大阪 (2011.5.25).
- 24) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 小西基¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, University of Houston², 東北大 WPI-AIMR³), “ホスホリレーシグナル伝達系タンパク質間相互作用の直接測定”, 第 39 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 秋田 (2011.7.27-8).
- 25) 南野裕¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による制御空間におけるイオン液体の特性評価”, 第 39 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 秋田 (2011.7.27-28).
- 26) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定装置を用いた閉じ込められた水の pH 評価”, 第 39 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 秋田 (2011.7.27-28).
- 27) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3} (東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大 WPI-AIMR³), “閉じ込め空間におけるネマチック液晶の放射光 X 線回折”, 第 39 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 秋田 (2011.7.27-28).
- 28) 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定によるシリカ表面間に閉じ込められた水の pH 評価”, 第 63 回コロイドおよび界面化学討論会, 京都 (2011.9.7-2011.9.9).
- 29) 水上雅史¹, 上條利夫¹, 栗原和枝^{1,2}, 釣之朗³, 星野俊幸³ (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR², JFE スチール(株)³), “コロイドプローブ原子間力顕微鏡法による水溶液中の鉄表面の評価”, 第 63 回コロイドおよび界面化学討論会, 京都 (2011.9.7-9).

- 30) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3}(東北大IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大WPI-AIMR³), “雲母表面間に閉じ込められた液晶薄膜の放射光X線回折による構造評価”, 第63回コロイドおよび界面化学討論会, 京都 (2011.9.7-9).
- 31) 高屋 慎¹, 石島美弥¹, 鈴木武博¹, 津本浩平², 栗原和枝^{1,3} (東北大IMRAM¹, 東京大学大学院工², 東北大WPI-AIMR³), “表面力測定による抗原-抗体間の特異的相互作用部位の直接評価”, 第5回バイオ関連化学シンポジウム, つくば (2011.9.12-14).
- 32) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 小西 基¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3}(東北大IMRAM¹, University of Houston², 東北大WPI-AIMR³), “ホスホリレーシグナル伝達系に關与するタンパク質間相互作用の直接測定”, 平成23年度化学系学協会東北大会, 仙台 (2011.9.17-18).
- 33) 日野正也¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2} (東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “共振ずり測定法による限定ナノ空間中のトラクションオイルの特性評価”, 平成23年度化学系学協会東北大会, 仙台 (2011.9.17-18).
- 34) 梶原剛史¹, 新沢達朗¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “界面分子マクロクラスターを用いた金ナノ粒子集積体の調製”, 第1回CSJ化学フェスタ, 東京 (2011.11.13-15).
- 35) 松原裕樹¹, ピキエリファビオ¹, 栗原和枝^{2,3}(東北大¹, 東北大IMRAM², 東北大WPI-AIMR³), “閉じ込め液体中の拡散ダイナミクス”, 第 25 回分子シミュレーション討論会, 東京 (2011.12.6).
- 36) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3} (東北大IMRAM¹, University of Houston², 東北大WPI-AIMR³), “表面力測定によるホスホリレーシグナル伝達系に關するタンパク質間相互作用の直接測定”, 平成23年度日本表面科学会東北・北海道支部学術講演会, 仙台 (2012.3.8-9).
- 37) 高屋慎¹, 鈴木武博¹, 石島美弥¹, 津本浩平², 栗原和枝^{1,3} (東北大IMRAM¹, 東京大学大学院工², 東北大WPI-AIMR³), “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).
- 38) 南野裕¹, 粕谷素洋¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “ナノ空間中のイオン液体の特性評価”, 第 61 回高分子学会年次大会, 横浜 (2012.5.29-31).
- 39) 栗原和枝^{1,3}, 高谷慎¹, 石島美弥¹, 鈴木武博¹, 津本浩平² (東北大IMRAM¹, 東京大学大学院工², 東北大WPI-AIMR³), “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, 米沢 (2012.7.26-27).
- 40) 川島雅貴¹, 齋藤由布子¹, 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “表面力-蛍光複合測定装置を用いたアルミニウム-水界面の pH 評価”, 日本化学会東北支部化学系学協会東北大会, 秋田(2012.9.15-16).
- 41) 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “電気化学表面力装置によるフェロセン修飾電極の特性評価”, 日本化学会東北支部 化学系学協会東北大会, 秋田 (2012.9.15-16).
- 42) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3} (東北大IMRAM¹, University of Houston², 東北大WPI-AIMR³), “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”, 第 50 回日本生物物理学会年会, 名古屋(2012.9.22-24).
- 43) 梶原剛史¹, 新沢達朗¹, 水上雅史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大IMRAM¹, 東北大WPI-AIMR²), “界面分子マクロクラスターを用いた微粒子集積法の開発”, 第 2 回 CSJ 化学フェスタ, 東京 (2012.10.14-17).
- 44) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3}(東北大IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大WPI-AIMR³), “雲母表面間に閉じ込められたスメクチック液晶薄膜の放射光X線回折による構造評価”, 平成 24 年度日本結晶学会年会, 仙台 (2012.10.25-26).

- 45) 松原裕樹¹, ピキエリファビオ¹, 栗原和枝^{2,3}(東北大¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³), “ナノスリットに閉じ込められた液晶の分子動力学シミュレーション”, 第26回分子シミュレーション討論会, 福岡. (2012/11/27).
- 46) 藤原瞳¹, 梅村太三¹, 藤田昌也², 栗原和枝^{1,3}(東北大 IMRAM¹, University of Houston², 東北大 WPI-AIMR³), “表面力測定によるホスホリレーシグナル伝達系に関与するタンパク質間相互作用の直接測定”, 第12回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台 (2012.12.10).
- 47) 中野真也¹, 水上雅史¹, 太田昇², 八木直人², 八田一郎², 栗原和枝^{1,3}(東北大 IMRAM¹, 財団法人高輝度光科学研究センター², 東北大 WPI-AIMR³) “雲母表面間に閉じ込められたスメクチック液晶薄膜の放射光 X 線回折による構造評価”, 第12回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台 (2012.12.10).
- 48) 水上雅史¹, 小林篤史¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “表面力測定と和周波発生振動分光法による界面水の評価”, CRESTナノ界面技術の基盤構築研究領域第2回公開シンポジウム「ナノ界面が生み出す次世代機能」, 東京 (2012.12.10).
- 49) 粕谷素洋¹, 上條利夫¹, 増田卓也², 魚崎浩平², 栗原和枝^{1,3}(東北大 IMRAM¹, NIMS², 東北大 WPI-AIMR³), “電気化学表面力装置による電極表面のイオン吸着特性の評価”, CRESTナノ界面技術の基盤構築研究領域第2回公開シンポジウム「ナノ界面が生み出す次世代機能」, 東京 (2012.12.10).
- 50) 富田和仁¹, 水上雅史¹, 猪俣敬娥¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “共振ずり測定による潤滑油モデルとしてのヘキサデカンの特性評価”, 平成24年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 郡山 (2013.3.11-12).
- 51) 任 懷銀¹, 水上雅史², 田邊匡生², 古川英光³, 栗原和枝^{1,2}(東北大 WPI-AIMRIMRAM¹, 東北大 IMRAM², 山形大工学部³), “共振ずり測定法と和周波発生振動分光法によるポリマーハイドロゲルの摩擦特性”, 第64回コロイドおよび界面化学討論会, 名古屋 (2013.9.18-20).
- 52) 川島雅貴¹, 斎藤由布子¹, 猪俣敬娥², 粕谷素洋¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “蛍光分光表面力装置を用いたアルミナー水界面の pH 評価”, 第64回コロイドおよび界面化学討論会, 名古屋 (2013.9.18-20).
- 53) 走川 司¹, 粕谷素洋¹, 増田卓也², 魚崎浩平², 栗原和枝^{1,3}(東北大 IMRAM¹, NIMS², 東北大 WPI-AIMR³), “電気化学表面力装置を用いた金電極表面へのイオン吸着に関する研究”, 第64回コロイドおよび界面化学討論会, 名古屋 (2013.9.18-20).
- 54) 藤井 翔¹, 粕谷素洋², 栗原和枝^{1,2}(東北大 WPI-AIMR¹, 東北大 IMRAMWPI-AIMR²), “電気化学表面力測定から見る白金電極表面特性の電位依存性”, 第64回コロイドおよび界面化学討論会, 名古屋 (2013.9.18-20).
- 55) 酒井明日香, 藤原瞳, 藤田昌也, 栗原和枝 (東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR², ヒューズトン大学³), “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”, 日本生物物理学会第51回年会, 京都 (2013.10.28-30).
- 56) 久保田大樹¹, 粕谷素洋¹, 藤井翔², 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “電気化学表面力装置を用いた白金電極へのイオン吸着の評価”, 平成25年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台 (2014.3.10-11).
- 57) 佐藤里香¹, 酒井明日香¹, 栗原和枝^{1,2}(東北大 IMRAM¹, 東北大 WPI-AIMR²), “金表面に吸着させたチオール化 DNA オリゴマー間の表面力測定”, 平成25年度日本表面科学会東北・北海道支部講演会, 仙台 (2014.3.10-11).
- 58) 松原裕樹¹, ピキエリファビオ¹, 栗原和枝^{2,3}(東北大¹, 東北大 IMRAM², 東北大 WPI-AIMR³), “分子動力学シミュレーションによる束縛液体の固体化現象の解明”, CREST「ナノ界面技術の基盤構築」研究領域第3回公開シンポジウム, 東京 (2013.12.16-17).

(4) 知財出願

国内出願 (1 件)

(5) 受賞・報道等

①受賞(名称、受賞者、受賞年月日)

(i) 国際賞

- 1) IUPAC 2013 Distinguished Women in Chemistry or Chemical Engineering Award, Kazue Kurihara, (2013 年 8 月 16 日)
- 2) A. E. Alexander Lectureship Award, Chemical Society of Australia, Kazue Kurihara, (2011 年 1 月 31 日)
- 3) 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).

(ii) 国内賞

- 1) 第 46 回(平成 24 年度)色材協会賞 (論文賞), 水上雅史, 杉原理, 山辺秀敏, 安東勲雄, 黒川幸子, 栗原和枝, 「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) 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, 「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」(2009 年 9 月 18 日)

(iii) ポスター賞

- 1) 2008 年度多元物質科学研究所研究発表会 ポスター賞、小西 基, 石島美弥, 藤田昌也, 栗原和枝, 「枯草菌孢子形成開始に関するタンパク質間相互作用の直接測定」(2008 年 12 月 11 日)
- 2) 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会 ポスター賞、中野真也, 水上雅史, 太田昇, 八木直人, 八田一郎, 栗原和枝, 「閉じ込め空間におけるネマチック液晶の放射光 X 線回折」(2009 年 9 月 18 日)
- 3) Tohoku University Global Center of Excellence Program Summer School 2010, Lecture Awards、Shinya Nakano, “Nanorheology of Liquid Crystal Thin Film under Electric Field” (2010 年 8 月 20 日)
- 4) Tohoku University Global Center of Excellence Program Summer School 2010, Poster Awards、Takeshi Kajiwara, “Au Nanoparticle Assemblies Prepared Using Surface Molecular Macroclusters” (2010 年 8 月 20 日)
- 5) International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science (NCSS2010) ポスター賞、中野真也, “Rheological Study of Liquid Crystal Confined in Nano-Space under Electric Field” (2010 年 9 月 22 日)
- 6) International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science (NCSS2010) ポスター賞、梶原剛史, “Au Nanoparticle Assemblies Prepared Using Surface Molecular Macroclusters, NCSS2010” (2010 年 9 月 22 日)
- 7) 平成 22 年度化学系学協会東北大会ポスター賞、南野裕, 「共振ずり測定法による制限空間におけるイオン液体の特性評価」(2010 年 9 月 26 日)
- 8) 第63回コロイドおよび界面化学討論会ポスター賞, 日本化学会 コロイドおよび界面化学部会, 中野真也, 「雲母表面間に閉じ込められた液晶薄膜の放射光X線回折による構造評価」(2011年9月8日)

- 9) 平成23年度化学系学協会東北大会ポスター賞, 日本化学会東北支部, 藤原 瞳, 「ホスホリレーシグナル伝達系に関するタンパク質間相互作用の直接測定」(2011年9月18日)
- 10) 12th AUSTRALIA-JAPAN COLLOID & INTERFACE SCIENCE SYMPOSIUM, POSTER PRIZE, The Chemical Society of Japan & Royal Australian Chemical Institute, Shinya Nakano, “Synchrotron X-ray Diffraction Study of Liquid Crystal Nano-Films Confined between Mica Surfaces” (2011年11月23日)
- 11) 第64回コロイドおよび界面化学討論会ポスター賞, 日本化学会 コロイドおよび界面化学部会, 任懷銀, 「Friction Properties of Polymer Hydrogels Studied by Resonance Shear Measurements and Sum Frequency Generation Vibrational Spectroscopy」(2013年9月19日)



栗原氏

業績顕著な女性化学者
栗原東北大
教授を選出
IUPAC
東北大学の栗原和枝教授が、化学・化学工学で顕

日刊工業新聞 2013年(平成25年)
6月4日 20面
「業績顕著な女性化学者 栗原東北
大教授を選出 IUPAC」

著な業績をあげた女性化学者を顕彰する「2013 デイステイニングイット シュト・ウーマン・イン・ケミストリー/ケミカル・エン지니어リング」に選ばれた。国際純正・応用化学連合(IUPAC)、異和行会長11名古屋大学教授が2011年の世界化学年に創設した制度で今回が2回目。8月にト
ルコ・イスタンブールで開催されるIUPAC総会で表彰される。
栗原教授の専門は界面化学で、所属は東北大学の原子分子材料科学高等研究機構(多元物質科学研究所兼務)。新たな表面力装置や共振すり測定法の開発で業績が高く、近年は狭い空間の液体の特性解明に注力してきた。

科学新聞 2013年(平成25年)6月14日(金曜日) 2面
「栗原和枝教授に女性化学者国際賞」

栗原和枝教授に女性化学者国際賞

日本化学会は、東北大学原子分子材料化学高等研究機構の栗原和枝氏(多元物質科学研究所教授)が、化学および化学工学分野で貢献した世界の女性化学者に贈られる「2013 Distinguished Women in Chemistry/Chemical Engineering」に選出されたと5月29日、発表した。

日本人2人目

同賞は国際純正応用化学連合(IUPAC)の2011年の世界化学年プロジェクトの一つとして創設され、今回は第2回目。栗原氏をはじめイリーナ・ベレツカヤ氏(モスクワ国立総合大学)ら11人が選出された。2011年に相馬芳枝氏(日本化学会フェロー)が受賞している。

③その他

- 1) 原著論文発表 1)の A New Physical Model for Resonance Shear Measurement of Confined Liquids between Solid Surfaces, M. Mizukami and K. Kurihara, *Rev. Sci. Instrum.* 79, 113705 (2008).は *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology* の December 1, 2008 に選ばれた。
- 2) 栗原和枝(東北大学 IMRAM), “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, 2009/10/14.
- 3) アルバック理工株式会社, 「Resonance Shear Measurement System」, 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議, 東京, 2011/2/16-18.
- 4) 栗原和枝(東北大学 WPI-AIMR, 東北大学 IMRAM), “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, 東京, (2011.2.16-18)

- 5) 栗原和枝(東北大学 WPI-AIMR, 東北大学 IMRAM), “表面力測定によるナノ界面の新たな評価”, 東北大学イノベーションフェア, 東京, (2012.3.15).
- 6) 栗原和枝(東北大学 WPI-AIMR, 東北大学 IMRAM), “表面力測定によるナノ界面の新たな評価”, 東北大学多元物質科学研究所イノベーション・エクステンション, 仙台, (2013.7.17).
- 7) 栗原和枝(東北大学 WPI-AIMR, 東北大学 IMRAM), “表面力・共振ずり測定による潤滑油-固体界面の理解”, S型実験課題研究会『中性子スピンエコー分光器群(VINROSE)のための高輝度ビームラインの建設』～「摩擦」と「潤滑」の本質的理解に向けて～, つくば, (2013.7.20)

(6) 成果展開事例

①実用化に向けての展開

- 1) 不透明試料の測定を可能とするツインパス型距離測定機構を組み込んだ表面力・共振ずり測定装置の製品化のため、アルバック理工株式会社と行っていた独創的シーズ展開事業(独創モデル化, 期間 2008.8～2009.7)を、予定通り終了し、技術移転、テスト機製作を完了した。その後も、本研究課題において共同開発を継続し、距離測定分解能を 1 nm から 0.2 nm まで向上させた。2010 年 2 月には、市販する装置についてプレスリリースし、受注販売を開始した。これまでに、共同研究および技術指導を行った企業と大学に計2台が納品された。
- 2) 表面力・共振ずり測定装置に組み込んで、試料部のみの温度を室温から 100 °Cまで±0.15 °Cの精度で制御できる精密温度制御機構をアルバック理工株式会社とともに共同開発した。プロトタイプを用いた潤滑油ナノ薄膜とトライボロジー特性評価を行っている。この精密温度制御機構は、アルバック理工(株)より、表面力装置のオプションとして販売する予定である。
- 3) 共振ずり測定法の標準化の前段階として、共振カーブの物理モデル解析の高度化を図るとともに、共振ピーク強度を規格化することで簡便に粘性や摩擦特性の定量的な比較を行うデータ処理法を提案している。これらのノウハウは、栗原を代表としている 産学協働研究拠点「東北発 素材技術先導プロジェクト」超低摩擦技術領域(2012～2016年 文部科学省)において、企業からの参加している研究者に対して指導して活用してもらい、改良へのフィードバックも行っている。
- 4) 本 CREST 課題で開発したナノ界面評価技術は、民間企業との共同研究(学術指導)で活用されている。

②社会還元的な展開活動

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日に仙台にて開催することができた。東日本大震災後、仙台ではじめて開催された大きな国際会議であり、仙台で国際会議を開催できることを広く示すことができた。

市民講座

上記の国際会議(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。栗原を代表者として発足した大学発グリーンイノベーション創出事業 グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業 先進環境材料分野 グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク(平成23～27年度)からも、学術展示を設置し、本CREST課題の成果を基盤としたトライボロジー研究の紹介を行った。

展示

1. 東北大学イノベーションフェアにて展示、「表面力測定による固-液界面評価」、宮城, 2009/10/14.
2. 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議にて展示、「Resonance Shear Measurement System」、東京, 2011/2/16-18.
3. nano tech2011 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議にて展示、「表面力測定による機能材料ナノ界面評価」、東京, 2011/2/16-18.
4. 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 研究期間中の活動

6. 1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
20年12月17日	キックオフミーティング(非公開)	東北大学 多元物質科学研究所	13名	「表面力測定によるナノ界面技術の基盤構築」の課題に関する共同研究のためのキックオフミーティングを行った。
21年3月6日	第9回表面力セミナー	東北大学 多元物質科学研究所	34名	表面力測定による界面研究、および幅広く界面に関係した最新の研究 w 成果の講演会を開催し、意見交換、議論を行った。
21年3月10日	新海領域代表 サイトビジット ミーティング (非公開)	東北大学 多元物質科学研究所	13名	新海領域代表、岡崎領域参事、ならびに上田主任調査員のサイトビジットにあたり、CREST 研究の計画、成果を発表し、今後の研究の展望について議論し、大きく展望が開ける見通しを得た。
21年4月20日	チーム内ミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	15人	研究進捗報告のためのミーティング
21年6月5日	Lecture Series on Surface Forces 5	東北大学 多元物質科学研究所	30名	John Texter 教授による「STIMULI RESPONSIVE COPOLYMERS FROM IONIC LIQUID REACTIVE SURFACTANTS」と題した講演会を開催した。
21年7月2日	Lecture Series on Surface Forces 6	東北大学 多元物質科学研究所	18名	Burm-Jong Lee 教授による「SYNTHESIS AND ELECTROLUMINESCENCE OF ORGANOMETALLIC COMPLEXES」と題した講演会を開催した。
21年7月10日	チーム内ミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	15人	研究進捗状況の報告、方針検討のためのミーティングを開催した。
21年8月6日	Lecture Series on Surface Forces 7	東北大学 多元物質科学研究所	30名	Vincent S. J. Craig 教授、玉田薫教授、水野裕保氏、Zameer Shervani 博士による、表面力測定の最新の成果、ナノ粒子、局在プラズモンを利用した材料設計についての講演会を開催した。

21年8月13日	Lecture Series on Surface Forces 8	東北大学 多元物質科学研究所	15名	有賀克彦博士による「超分子のトリックで行うナノテクノロジー」、松岡秀樹教授による「新規物質・界面不活性両親媒性高分子 -イオン性両親媒性ブロックポリマーの不思議な界面特性と自己組織化-」と題した講演会を開催した。
21年10月6日	Lecture Series on Surface Forces 9	東北大学 多元物質科学研究所	50名	M. P. Pileni 教授による「Nanocrystals organized in 2D superlattices: A new class of materials」と題した講演会を開催した。
21年12月26日	チーム内ミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	15人	研究進捗状況の報告、方針検討のためのミーティングを開催した。
22年1月25日	Lecture Series on Surface Forces 10	東北大学 多元物質科学研究所	20名	副題を Forefront of Tribology として、異なる専門分野の視点からトライボロジーを研究している加藤孝久教授、足立幸志准教授、久保百司教授、栗原和枝教授に、先端の研究成果を発表いただき、トライボロジーにおける課題を共通認識し、その解決に向けた有意義な議論を行うことができた。
22年3月6日	第10回表面力セミナー	東北大学 多元物質科学研究所	40名	界面科学とその関連分野で活躍する研究者である、片岡幹雄教授、吉江尚子教授、大久保貴広准教授、村越敬教授に講演いただき、研究室の卒業生らが研究発表を行い、活発な議論を行い、名誉教授の先生、研究室のOB、企業からも多くの方に参加いただき、意見・情報交換としても有意義な会となった。
22年6月10日	出前講座「ユニバーサイエンス」	山形県立山形西高校	67名	栗原和枝教授による「分子の間の力を測る」というテーマの高校生向けの出前講座を開催した。
22年6月15日	Lecture Series on Surface Forces 11	東北大学多元物質科学研究所	30名	Jerome BIBETTE 教授による「Microfluidics and Multifluidics, a new perspective to the world of emulsions」と題した講演会を開催した。
22年7月26日	チーム内ミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	15人	研究進捗状況の報告、方針検討のためのミーティングを開催した。
22年8月28日	仙台電波高専の生徒への表面力測定の講義	東北大学多元物質科学研究所	10名	栗原和枝教授による「表面力測定」について、高校生向けの平易な講義を開催した。

22年9月13日	Lecture Series on Surface Forces 12	東北大学多元物質科学研究所	30名	Rosen Sedev 教授による「Static and Dynamic Electrowetting in a Solid/Ionic Liquid /Alkane System」と題した講演会を開催した。
22年11月22日	Lecture Series on Surface Forces 13	東北大学多元物質科学研究所	30名	Hans-Jürgen Butt 教授による「Capillary forces between particles」と題した講演会を開催した。
22年12月10日	Lecture Series on Surface Forces 14	東北大学多元物質科学研究所	30名	貞包 浩一朗博士による「塩が誘起する液体の階層的秩序構造」と題した講演会を開催した。
22年12月11日	Lecture Series on Surface Forces 15	東北大学多元物質科学研究所	30名	Saha Swapan Kumar 博士による「Creation of biointerface by combination of atmospheric plasma treatment and reactive polymer coating」と題した講演会を開催した。
22年12月22日	チーム内ミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	15人	研究進捗状況の報告、方針検討のためのミーティングを開催した。
23年1月13日	Lecture Series on Surface Forces 16	東北大学多元物質科学研究所	40名	渡邊正義教授による「イオン液体研究の広がり」と題した講演会を開催した。
23年3月11日	第11回表面力セミナー	東北大学多元物質科学研究所	50名	研究室のOB、企業からも多くの方に参加いただき、研究室の卒業生らが発表を行い、最新の研究成果を社会に向けて発信する。また、界面科学の関連分野で活躍する研究者数名を招待して講演をしていただき、意見・情報交換を行った。開催中に東日本大震災が発生した。
23年4月22日	チーム内ミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	15人	研究進捗報告のためのミーティング
23年7月19日	新海領域代表サイトビジットミーティング(非公開)	東北大学多元物質科学研究所	13名	新海領域代表、宮野健次郎、二瓶好正領域アドバイザー、上田主任調査員のサイトビジットにあたり、CREST 研究の計画、成果を発表し、今後の研究の展望について非常に有意義な議論を行ことができ、また多くの有意義なコメントを頂いた。

23年 8月4日	なんでも界面研究会	東北大学	60名	産官学が連携した界面の研究を推進するため、大阪大学後藤教授に「先進的な産学官連携に向けて」と題した講演、さらに、東北大学の湯上教授及び栗原教授からそれぞれ、「熱ふく射スペクトル制御による高効率エネルギー利用」及び「界面デバイスにおける表面力測定」と題した界面に関する研究の最前線についての講演が行われた。学内、官公庁、民間企業から約60名の参加者を集め、活発な議論が行われた。
23年 8月25日	Lecture Series on Surface Forces 16	東北大学	40名	山本浩司氏による「Formation of Oligo(ethynylhelicene) Two-Component Gels on Gold Surfaces」、芹澤武准教授による「高分子と生体分子の新たな接点」と題した講演会を開催した。
23年 9月5日	Lecture Series on Surface Forces 17	東北大学	40名	Calum J. Drummond 教授による「Lyotropic Liquid Crystal Engineering -Ordered Nanostructured Small Molecule Amphiphile Self-Assembly Materials by Design」と題した講演会を開催した。
23年 11月2日	Lecture Series on Surface Forces 18	東北大学	50名	魚崎浩平教授による「固液界面幾何・電子・分子構造の高分解能その場計測 -高効率エネルギー変換の基盤として-」、佐藤縁博士による「ソフトマテリアルを利用した高感度分子認識」と題した講演会を開催した。
23年 11月16日	Lecture Series on Surface Forces 19	東北大学	50名	Matthew Watkins 博士による「Mechanical and electronic structure of water at interface」と題した講演会を開催した。
23年 11月29日	Lecture Series on Surface Forces 20	東北大学	50名	大西里美博士による「Signaling network involved in cell fate decision in a unicellular organism」と題した講演会を開催した。
23年 12月27日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	15人	研究進捗報告のためのミーティング
24年1月 23-24日	表面力・共振ずり測定 法研修会	東北大学	5名	関連研究者を対象に表面力・共振ずり測定法の基礎と測定について講習会を実施した。

24年 1月5日	Lecture Series on Surface Forces 21	東北大学	50名	藤田昌也教授による「気液界面上で観測される相互作用力」と題した講演会を開催した。
24年 3月19日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	15人	研究進捗報告のためのミーティング
24年 3月3日	第12回表面力 セミナー	東北大学	50名	研究室のOB、企業からも多くの方に参加いただき、研究室の卒業生らが発表を行い、最新の研究成果を社会に向けて発信する。また、界面科学の関連分野で活躍する研究者数名を招待して講演をしていただき、意見・情報交換を行った。
24年5月 13-18日	International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference (IACIS2012)	仙台国際 センター	1031名	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を仙台にて開催した。
24年5月 19-20日	Emerging Leadership Australia-Japan Collaboration Workshop Colloid and Materials Science	東北大学	35名	日本とオーストラリアのコロイド界面分野で活躍する若手研究者の研究交流を目的としたワークショップを開催した。
24年 6月25日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	15名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。
24年 10月20日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。
24年 12月3-5日	Australia-Japan Emerging Leadership Workshop	メルボルン 大学	40名	日本とオーストラリアのコロイド界面分野で活躍する若手研究者の研究交流を目的としたワークショップを開催した。
24年 12月22日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。
25年 3月2日	第13回表面力セミナー	東北大学	50名	研究室のOB、企業からも多くの方に参加いただき、研究室の卒業生らが発表を行い、最新の研究成果を社会に向けて発信する。また、界面科学の関連分野で活躍する研究者数名を招待して講演をしていただき、意見・情報交換を行った。
25年 3月13日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。
25年 6月29日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。

25年 9月13日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。
25年 12月21日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。
26年 1月22日	第5回ナノテク・低炭素化材料技術シンポジウム	東北大学	60名	東北大学ナノテク・低炭素化材料技術研究会(代表者:栗原和枝)が主催で、トライボロジーおよび電池材料技術による低炭素化に向けた研究のシンポジウムを開催した。本 CREST 課題の研究成果を基盤技術とした低摩擦化に向けた研究発表が行われた。
26年2月21-22日	2nd International Mini-Symposium on Surface Forces 第14回表面力セミナー	秋保	40名	海外および国内より界面科学の関連分野で活躍している研究者を招待して講演いただき、また研究室の卒業生とスタッフが本 CREST 成果の発表を行い、意見・情報交換を行った。また、研究室の OB、企業からも多くの方に参加いただき、本 CREST の成果を社会に向けて発信した。
26年 3月14日	チーム内ミーティング (非公開)	東北大学	20名	研究進捗報告のためのミーティングを開催した。

§ 7 最後に

本 CREST 研究では、研究代表者が開発した独自手法であるツインパス型表面力装置ならびに共振ずり測定を中心手段として、応用から重要な固-液界面の特性・機能を分子レベルで解明・制御する新しいナノ界面技術の基盤形成を目的とした。応用として、トライボロジーと電極反応を想定したが、閉じ込め液体ならびに電極固体-電解液界面の独自の評価法を提案でき、また未知の現象も見出し、当初の予想を超えた枠組みで進展し、基礎研究としても応用への基盤技術としても、高い達成度であると評価している。

摩擦研究については、開発した測定技術や得られた知見を基盤の一つとするプロジェクトが発足し、応用への展開が進んだことは幸いであった。

微細空間に閉じ込められた液体の特性解明は、ハイブリッド材料調製やナノ工業プロセス(ナノインプリンティング、ナノプリンティング)の基礎として注目されている。また、電極界面については、電池、電気メッキなど広い応用分野がある。また、固体表面の局所 pH の直接評価は、電極反応や触媒反応に関しても重要であろう。これらの研究も多面的に展開したいと思っている。

今回、シミュレーショングループでは、実質的な活動は松原博士研究員が行った。実験研究者が理解できるシミュレーションをしようと議論して進めたところ、物理分野で権威ある Phys. Rev. Lett. 誌に成果が論文掲載でき喜んでいる。

測定法が幅広く利用されるためには、様々な研究に利用する測定例の提示も必要と考え、重点化しつつ多様な応用への意義を示すように努力した。

研究開始 2 年後の 2011 年 3 月 11 日は東日本大震災があり、幸い実験室の被害は少なかったが、装置の作動確認にかなりの期間(2-3 ヶ月)研究が停止した。また、外国人の博士研究員 2 名が家族に呼び戻されて帰国したことは残念であった。



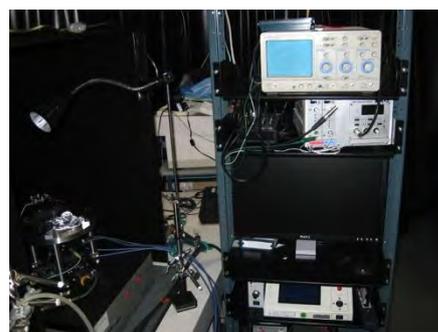
2013 年 4 月 17 日 東北大学片平キャンパス内にて撮影



2nd International Mini-Symposium on Surface Forces (第14回表面力セミナー)



表面力・共振ずり測定装置(SFA・RSM)



電気化学 表面力測定装置



蛍光分光 表面力測定装置



高温用表面力測定装置



実験室