

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02400

研究課題名(和文) 吸着水の構造と水の濡れ性挙動の関連性の理解による水の動的挙動の制御

研究課題名(英文) Control of dynamic behavior of water by understanding relationship between structure of adsorbed water and wettability behavior of water

研究代表者

石崎 貴裕 (Takahiro, Ishizaki)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：50397486

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、疎水性および疎水・親水性からなるモデル表面を形成し、その表面の濡れ性挙動およびその表面における吸着水の吸着力を調査した。その結果、異なるアルキル鎖長を有する2種類の有機シラン分子を被覆することで、低ヒステリシス表面が形成されることを明らかにした。数種類のプローブ液体を用いた接触角測定の結果から、この表面に存在する分子欠陥や細孔の面積は0.31-0.36 nm²以下であることを明らかにした。

疎水性、疎水性・親水性混合表面のモデル表面におけるフォースカーブ測定の結果から、吸着力は静的接触角の大小関係と対応していることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題を通し、従来の熱力学的・速度論的観点から得られる表面の物理化学的特性および水の動的挙動と吸着水の構造との関係を体系化させることができたと考えられる。また、接触角ヒステリシスの低い表面を形成させるためには、分子密度の制御が重要であることを明らかにした。これらの点に学術的意義がある。水の動的挙動(濡れ性)を制御可能な表面処理技術は、材料表面からの液滴の除去効率を大幅に改善できるため、バイオチップ、電子、自動車、半導体産業等に対し、省エネの観点から幅広い産業への波及効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, the wettability and adhesive force of adsorbed water for hydrophobic surfaces and the mixed surfaces composed of hydrophobicity and hydrophilicity were investigated. It was revealed that low hysteresis surfaces were successfully formed by covering two types of organic silane molecules having different alkyl chain length. Contact angle measurements using some types of liquids having different surface tension revealed that the surface area of molecular defects and pore sizes were less than 0.31 to 0.36 nm².

Force curve measurements for hydrophobic surfaces and the mixed surfaces composed of hydrophobicity and hydrophilicity confirmed that the adhesive forces of adsorbed water corresponded to the magnitude relation between static water contact angle values.

研究分野：表面工学

キーワード：表面・界面物性 表面濡れ性 接触角ヒステリシス 有機単分子膜 共吸着

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

表面の濡れ性制御技術は様々な分野で重要な役割を担っている。濡れ性の評価指標として、水滴接触角がよく用いられる。ここでいう水滴接触角は従来から利用されている“静的な”水滴接触角(θ_S)であり、熱力学的な取り扱い(エネルギーバランス)で考えられてきた。これは、従来の材料表面における濡れ現象の解釈に関する学問がコロイド界面化学に立脚した視点から構築され、静的な濡れ現象が着目されてきたためである。しかし、近年の研究により、産業応用での濡れ性に関しては、速度論的な濡れの挙動を考慮した動的な濡れ性が重要となることがわかってきた(図1)。たとえば、表面上での水の濡れ方は、静的接触角(θ_S)が同じ値であっても、動的挙動の指標である前進接触角(θ_A)や後退接触角(θ_R)が異なるだけでその様相は一変する。また、接触角ヒステリシス(前進接触角と後退接触角の差($\Delta\theta = \theta_A - \theta_R$))や転落角(θ_T)が異なる場合も同様であり、ステリシスの低減が水の転がりを制御する上で重要である。

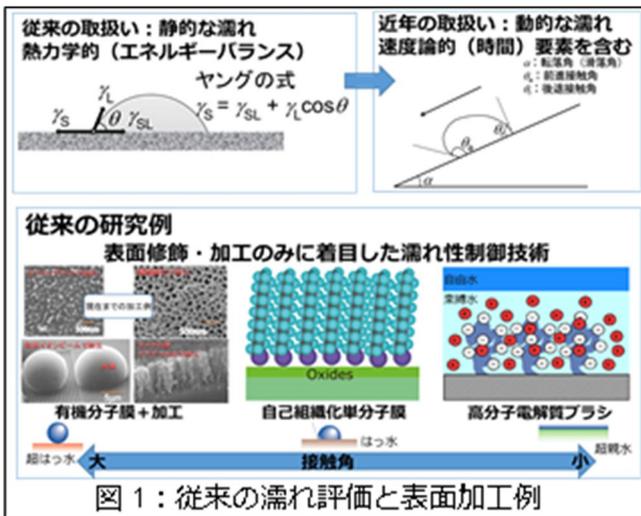


図1：従来の濡れ評価と表面加工例

近年、中島らは、「ナノウェットング」プロジェクト(H16~H19)を行い、固体表面の濡れ性に関して、速度論的因子を取り入れた物理・化学の観点から系統的に調査し、表面の組成や構造と動的濡れ性の関係を調査した。また、穂積らは、有機分子膜を用いて液体ライクな表面を作製することにより、接触角ヒステリシスが 5° 以内という低ヒステリシス表面を作製し、その表面上では、液滴がすぐに滑落することを明らかにしている⁽¹⁾。また、Aizenbergらはポーラス構造を有する材料表面に液体を含浸させることで液膜を形成させ、 5° 以下の接触角ヒステリシスを有する表面を形成している⁽²⁾。これらの研究は固体表面のみに着目した研究例であり、水、特に吸着水の吸着構造と表面状態との関連性には着目していない(図2)。



図2：近年の研究例と本研究のコンセプト

大気中での材料表面上には、必ずミクロな水が存在し、この水は吸着水として知られている。吸着水は材料表面と表面に付着したマクロな水滴の間に必ず介在するため、表面の濡れ性を制御するためには、水滴(マクロな水)、表面に付着した水(自由水や結合水を含む吸着水：ミクロな水)、そして材料表面の相互作用を考えることが重要である。つまり、材料表面の濡れ性を制御するためには、材料の表面(微小領域)に存在する水が重要な役割を果たすと考えられる。しかし、水には、結合水や自由水等が存在するが(図3)、これらの水の存在状態が固体表面における濡れ性とのように関連するかは解明されていない。最近、特定のセラミックス表面がはっ水性を示すことが報告された⁽³⁾。これは、セラミックス最表面の電子状態が吸着水の吸着構造に影響を与えたためと考えられている(図4)。このことから、表面の吸着水(ミクロな水)の吸着構造が濡れ性に影響を及ぼすことが予想されるが、その詳細は未解明である。現在までに、表面に存在する吸着水の吸着(水和)構造を考慮した表面の濡れ性に着目した学理の体系化は皆無である。

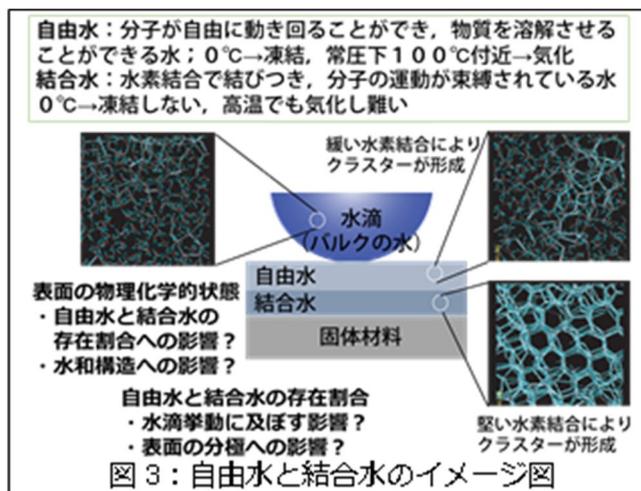
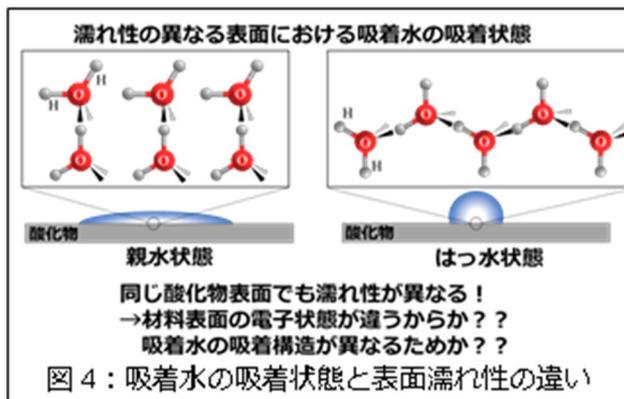


図3：自由水と結合水のイメージ図

現在までに、申請者は、気相法や液相法により濡れ性を制御する技術開発を行い、超はっ水や超親水の表面を形成する技術開発を行ってきた。これらの表面においても、水の動的挙動(接触

角ヒステリシス)は異なる。また、表面エネルギーの小さい同じ官能基で表面を被覆してもその動的挙動は異なり、親水表面であっても低ヒステリシス表面の形成が可能である。さらに、同じ材料表面であっても最表面の組成が異なると表面の濡れ性が変化する結果を得ている。これらの結果から、表面の物理化学的状態のみならず、水の吸着(構造)状態も水の動的濡れ性と関連性があることが予想されるが、その詳細は不明である。



2. 研究の目的

本申請では、モデル表面として様々な濡れ性挙動を示す表面を形成し、その表面における吸着水に対する吸着構造の解明を深化させることにより、表面の物理化学的特性、吸着水の吸着構造、水の動的挙動の相関関係を明らかにし、水の動的挙動を制御するための学理を体系化させ、水の動的挙動を制御するための表面をデザインし、創製することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

優れた濡れ性を示すモデル表面を作製するために、アルキル鎖長の異なる2種類の有機シラン分子をSi基板表面に共吸着させて、優れた濡れ性を示すLiquid-like膜に似た表面構造を持つ表面を創製した。表1に、本研究で使用したアルキル鎖長の異なる有機シラン分子の化学的性質を示す。また、2種類の有機シラン分子を用いた混合原料は、組み合わせが多いため、最も長いアルキル鎖長を有するC18とその他1種類の原料を混合した。例えば、C1+C18やC12+C18の混合原料は、Hybird-C1(H1)、Hybird-C12(H12)として表記する。

表1 本研究で用いた有機シラン分子とその性質

有機シラン分子	略称	略記	化学式	分子量 (g/mol)	比重 (g/cm ³)	沸点 (/mmHg)		屈折率 (n _{25/D})
Trimethoxy(methyl)silane	TMMS	C1	CH ₃ Si(OCH ₃) ₃	136.22	0.96	103	760	1.37
Ethyltrimethoxysilane	ETS	C2	CH ₃ (CH ₂)Si(OCH ₃) ₃	150.25	0.95	124	760	1.38
Propyltrimethoxysilane	PPS	C3	CH ₃ (CH ₂) ₂ Si(OCH ₃) ₃	164.28	0.94	142	760	1.39
Butyltrimethoxysilane	BTS	C4	CH ₃ (CH ₂) ₃ Si(OCH ₃) ₃	178.30	0.93	165	-	1.40
Hexyltrimethoxysilane	HXS	C6	CH ₃ (CH ₂) ₅ Si(OCH ₃) ₃	206.36	0.92	118	-	1.41
Octyltrimethoxysilane	OTS	C8	CH ₃ (CH ₂) ₇ Si(OCH ₃) ₃	234.41	0.91	120	-	1.42
Decyltrimethoxysilane	DCS	C10	CH ₃ (CH ₂) ₉ Si(OCH ₃) ₃	262.47	0.90	120	-	1.42
Dodecyltrimethoxysilane	DDS	C12	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ Si(OCH ₃) ₃	290.52	0.90	125	-	1.43
Hexadecyltrimethoxysilane	HDS	C16	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ Si(OCH ₃) ₃	346.63	0.89	155	0.2	1.44
Octadecyltrimethoxysilane	ODS	C18	CH ₃ (CH ₂) ₁₇ Si(OCH ₃) ₃	374.68	0.89	170	0.1	1.44

基板にはシリコンウエハ(以下 Si 基板)、10 × 20 mm を用いた。まず、基板洗浄として、Si 基板をアセトン、エタノール、超純水の順に超音波洗浄を各 10 min 行った。真空紫外 VUV (波長: 172 nm) ランプを用いて、洗浄した Si 基板を大気雰囲気下で 30 min の VUV/O₃ 洗浄により残渣処理および表面改質を行った。次に、グローブボックス中にて洗浄した Si 基板と2種類の原料分子を任意の混合比で入れたサンプル管瓶をテフロン容器に封入し、所定の条件により電気炉内で加熱保持した。反応完了後、取り出した Si 基板をアセトン、エタノール、超純水の順に超音波洗浄を各 10 min 行い、未反応の有機シラン分子を除去した。有機原料にはアルキル鎖が異なり、末端にメチル基を有する表1の有機シラン分子を用いた。これらの中から、C18とその他の原料1種類(C1~C16)を混合して成膜を行った。また、混合原料で作製したサンプルの略称を hybrid-C1 ~ hybrid-C16 (H1~H16)と表記する。その他、疎水性表面の試薬として Octadecyltrichlorosilane (OTS)を用い、また 3-(2-Aminoethylamino)propyltrimethoxysilane(AEPS)を用いて、疎水性と親水性からなる混合表面も作製した。混合原料を被覆した Si 表面の濡れの状態 (θ_s , θ_A , θ_R , $\Delta\theta$, θ_T)は自動接触角計を用いて評価し

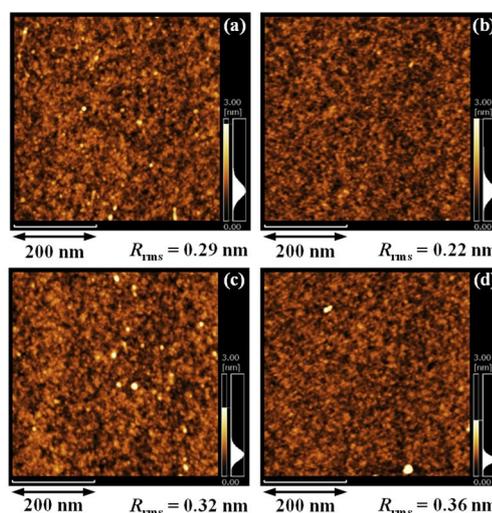


図5: サンプル表面の形状像 (a) H1, (b) H6, (c) H12, (d) H16.

た。また、走査型プローブ顕微鏡 SPM を用いて皮膜表面の形状観察と自乗平均粗さ R_{rms} を調べた。また、疎水性、疎水/親水の混合表面の吸着力を測定した。

4. 研究成果

図 5 に、100 °C、24 h で処理した H1, H6, H12, H16 被覆表面の SPM 像を示す。各試料表面の自乗平均粗さ(R_{rms})は、500 × 500 nm の領域において 0.2-0.4 nm を示し、全体的に欠陥や大きな凹凸は観察されず、混合被覆表面は平滑であることがわかる。また、これらの皮膜の膜厚は 1.3~1.5 nm であり、理論膜厚との比較から、単分子膜が形成されたことがわかる。

図 6 に、H1~H16 の混合原料を用い、処理温度 100 °C、処理時間 24 時間により作製した混合被覆表面の濡れ性挙動を示す。C18 と混合する原料のアルキル鎖が長くなるにつれて θ_s は増加し、H6 皮膜以降で一定の値($\theta_s=105^\circ \pm 1.8^\circ$)を示した。動的接触角の場合では、H6~H12 皮膜において $\Delta\theta$ 、 θ_T の値は小さく、低ヒステリシス表面になった。さらに、H6 表面の濡れ性挙動は最も優れており、その値は $\Delta\theta=6.7^\circ$ 、 $\theta_T=10^\circ$ であった。H1~H4 および H16 で $\Delta\theta$ 、 θ_T が大きいのは、アルキル鎖が短いまたは長いため、疎水性相互作用が効果的に作用しなくなり、Si 表面に吸着する有機シラン分子の充填密度が小さくなったことが考えられる。これらの結果から、H6 被覆表面が最も優れた濡れ性挙動を示すことがわかった。

撥液性を調べるためにこれまで純水を用いてきたが、実環境下においては、水のみならず、様々な種類の液体が存在するため、油や有機溶媒剤など物性の異なる液体の評価が必要である。表 2 に、表面張力の異なる各種液体に対する H6 被覆表面の動的挙動の評価結果から得られた θ_A 、 θ_R 、 $\Delta\theta$ 、 θ_T の値をまとめた。作製した H6 表面は低表面張力液体に対して見かけの θ_s が小さいため、一見、濡れているように見える。しかし、 $\Delta\theta$ が小さいため、基板をわずかに傾けただけで液滴はピン止めされることなく滑落した。通常、アルキル基で終端された有機シラン単分子膜で被覆した表面は親油性を示す。しかし、2 種類の有機シラン分子を被覆することで、

単分子膜よりも官能基間に空間ができ、アルキル鎖の末端メチル基が回転/駆動することができるようになり、 $\Delta\theta$ や θ_T が低下したため、このように優れた撥液性の表面が形成されたと推察される⁽⁴⁾。H6 被覆表面は気相処理によって成膜したため、皮膜表面に原子レベルの欠陥や表面官能基間の空間の存在が考えられる。そのため、17 種類の液体プローブを用いて、有機液体のモル体積と接触角ヒステリシスの関係から分子間に存在する欠陥のサイズを仮想的に求めた。

図 7 に、C18 および H6 被覆表面の接触角ヒステリシスと液体プローブのモル重量の関係を示す。C18 被覆表面の場合、モル重量が 150~200 の時に、接触角ヒステリシスの低下がみられるのに対し、H6 の場合には、100~150 の時に、接触角ヒステリシスの低下がみられた。これらの皮膜最表面にはいずれも -CH₃ 基が存在するが、接触角ヒステリシスの挙動は異なる。これは、皮膜表面に存在する欠陥の割合が異なるためと推察される。有機液体のモル体積を球体と仮定した時の接触角ヒステリシスに及ぼす影響を図 8 に示す。この図から、H6 被覆表面は、モル体積が 80-100 cm³/mol 未満の液体のとき、接触角ヒステリシスが高い値($\Delta\theta=7-10^\circ$)を示したのに対し、モ

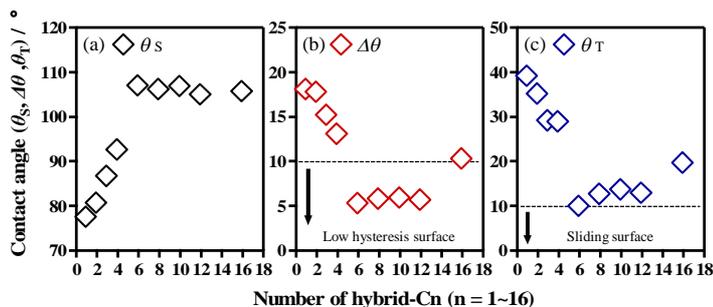


図 6: ハイブリッド皮膜表面の(a) θ_s , (b) $\Delta\theta$, (c) θ_T .

表 2: H6 表面の異なる表面張力を有する 5 種類の液体に対する θ_s 、 θ_A 、 θ_R 、 $\Delta\theta$ 、 θ_T の値

Liquid	Surface tension (dyn / cm)	θ_A/θ_R (°/°)	$\Delta\theta$ (°)	θ_T (°)
Water	72.8	109.2/102.5	6.7	10.5
Formamide	57.5	87.9/82.2	5.7	7.2
Toluene	28.4	38.5/34.7	3.9	3.4
n-Decane	23.8	23.0/20.8	2.2	<2
Isopropanol	20.5	15.6/13.6	2.0	<2

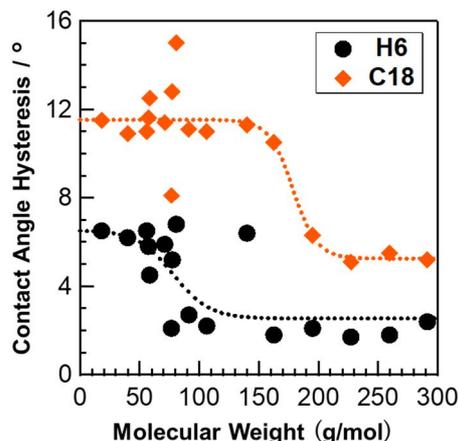


図 7: C18 および H6 被覆表面の接触角ヒステリシスと液体プローブのモル重量の関係

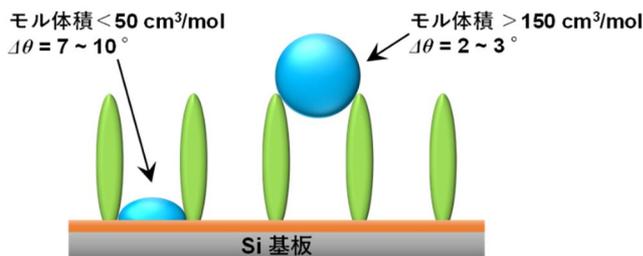


図 8: モル体積(球体)と $\Delta\theta$ との相関図(モデル図)

ル体積が $80\text{--}100\text{ cm}^3/\text{mol}$ を超える液体のとき、接触角ヒステリシスが極めて低い値 ($\Delta\theta = 2\text{--}3^\circ$) を示した。このとき、モル体積の小さいプローブは単分子膜の細孔に浸透することができ、モル体積の大きなプローブは分子間に入り込まずに滑落することを示している。このことは、C18 と H6 分子被覆表面に存在する欠陥の割合が異なることを示している。図 7 の結果から推察される C18 と H6 被覆表面に存在する分子と欠陥のイメージを

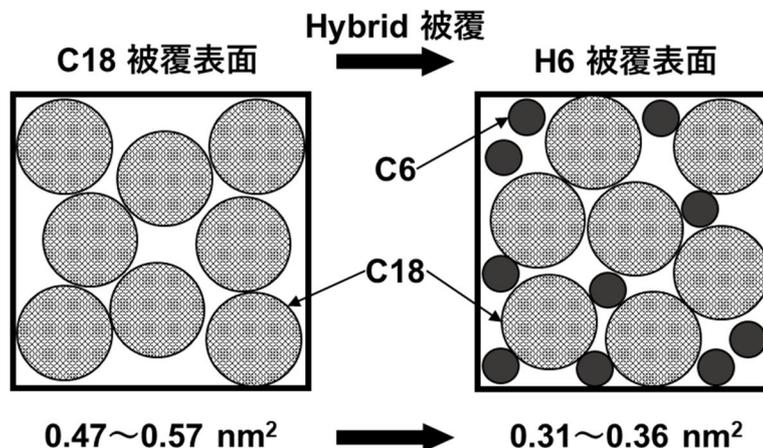


図 9: C18 と H6 被覆表面に存在する分子と欠陥のイメージ図

を図 9 に示す。図 9 から、H6 被覆表面の分子間に $0.31\text{--}0.36\text{ nm}^2$ 以下の欠陥や細孔の存在が推察され、C18 よりも H6 の方が分子欠陥のサイズが低減したことがわかる。

次に、吸着水の吸着力を調べるために、疎水性、親水性、疎水/親水混合表面を作製した。異なる試薬を用いて作製した試料表面の SPM で得られたフォースカーブを図 10 に示す。ここで吸着力は SPM によるフォースモジュレーションにより得られた深針からのフィードバック値から算出して求めた値である (吸着力 $[\text{nN}] = \text{ばね定数}[\text{N/m}] \times (\text{フィードバック}[\text{V}]) / (\text{光てこ比}[\text{V/nm}])$)。疎水性試薬である HXS、ODS、OTS を単体で被覆した試料の吸着力はそれぞれ 6.04 [nN] 、 6.72 [nN] 、 4.69 [nN] であった。この吸着力の差は静的接触角の大小関係とも対応しており、疎水性分子の試料表面への吸着状態と関係していると推察される。OTS は長いアルキル鎖が基材に対して垂直に吸着し膜が形成され、末端官能基である $-\text{CH}_3$ が最表面に終端するのに対し、同じアルキル鎖長をもつ ODS は分子が傾いた状態で膜を形成するため、最表面に存在する官能基としては、アルキル鎖由来の $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ の占有割合が増加する。 $-\text{CH}_3$ の方が $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ よりも固体としての表面張力が小さいため、吸着力に差異が生じたと考えられる。疎水・親水及びその混合表面の吸着力を比較すると、親水性表面は非常に大きな吸着力を示した。また、親水と疎水を混合することで、吸着力は疎水性・親水性表面の中間の値を示した。これらの結果から、吸着力は表面官能基の状態に敏感であると考えられる。滑落角と吸着力の関係を図 11 に示す。吸着力の増大に伴い滑落角が上昇し、高吸着力側になるとデータのばらつきが顕著に現れる結果が全体的に得られた。一方、HXS と ODS の混合試料表面(H6)では、吸着力と滑落角との相関性が見られなかった。有機シラン分子を用いた高滑液表面では、表面に存在する $-\text{CH}_3$ 基の回転運動が重要であり、 $-\text{CH}_3$ 基の密度が高くなり過ぎると分子の回転運動が阻害されて $\Delta\theta$ や θ_T が増大する。つまり、 θ_T や $\Delta\theta$ を低下させるためには、 $-\text{CH}_3$ の回転運動を効率的に行わせるための最適な被覆密度範囲がある。これらの結果から、低ヒステリシス表面を形成するには、適切な分子密度で単分子膜を被覆する必要があることを明らかにした。

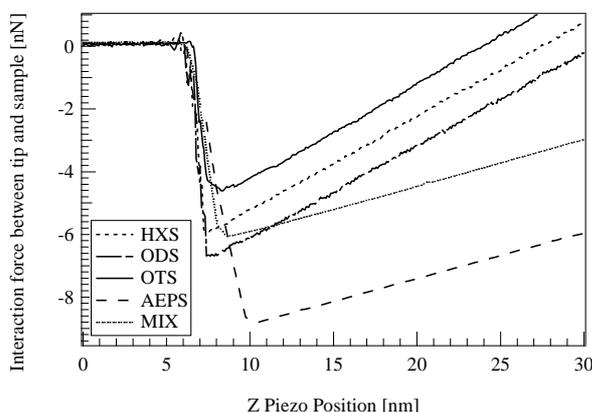


図 10: 異なる試薬により作製した表面のフォースカーブ

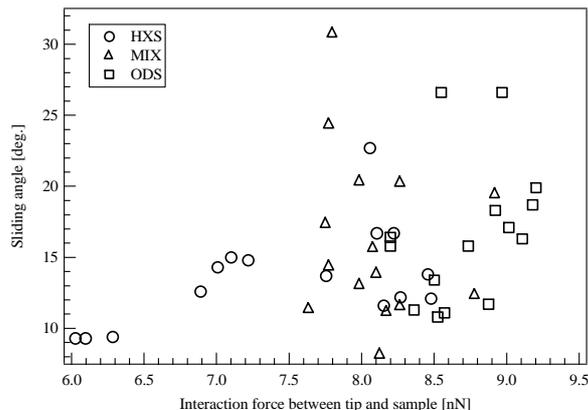


図 11: 疎水性試薬を用いて作製した表面の吸着力と滑落角の関係

参考文献

- (1) Hozumi, A. et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* 51, 2956 (2012). (2) Aizenberg, J. et al., *Nat. Mater.*, 12, 529 (2013). (3) Azimi, G. et al., *Nat. Mater.*, 12, 315 (2013). (4) Urata, C. et al., *Langmuir*, 30, 4049 (2014).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 石崎貴裕, 嶋田雄太, 綱川美佳, 久田柊太郎	4. 巻 47
2. 論文標題 マグネシウム合金の防食機能向上のための超撥水処理技術	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ファインケミカル	6. 最初と最後の頁 26-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ishizaki Takahiro, Kumagai Sou, Tsunakawa Mika, Furukawa Takuya, Nakamura Kae	4. 巻 193
2. 論文標題 Ultrafast fabrication of superhydrophobic surfaces on engineering light metals by single-step immersion process	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 42 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2017.01.050	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Li Oi Lun, Ikura Ryuhei, Ishizaki Takahiro	4. 巻 19
2. 論文標題 Hydrolysis of cellulose to glucose over carbon catalysts sulfonated via a plasma process in dilute acids	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 4774 ~ 4777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7GC02143G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ishizaki Takahiro, Shimada Yuta, Tsunakawa Mika, Lee Hoonseung, Yokomizo Tetsuya, Hisada Shutaro, Nakamura Kae	4. 巻 2
2. 論文標題 Rapid Fabrication of a Crystalline Myristic Acid-Based Superhydrophobic Film with Corrosion Resistance on Magnesium Alloys by the Facile One-Step Immersion Process	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 7904 ~ 7915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.7b01256	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 嶋田 雄太、綱川 美佳、横溝 哲也、Lee Hoonseung、石崎 貴裕	4. 巻 68
2. 論文標題 一段階の浸漬プロセスによりAZ31Bマグネシウム合金上に形成した超はっ水皮膜の塩水中での腐食挙動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 軽金属	6. 最初と最後の頁 57~64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2464/jilm.68.57	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石崎貴裕, 久田柊太郎, 高田葵, 横溝哲也	4. 巻 52
2. 論文標題 撥水および超撥水コーティング技術とその応用例	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 塗装工学	6. 最初と最後の頁 318-323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahiro Ishizaki, Sou Kumagai, Mika Tsunakawa, Takuya Furukawa, Kae Nakamura	4. 巻 193
2. 論文標題 Ultrafast Fabrication of Superhydrophobic Surfaces on Engineering Light Metals by Single-Step Immersion Process	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 42-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2017.01.050	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 T. Ishizaki, Kishino, M. Kaneko
2. 発表標題 Wettable behavior of hydrophobic surface prepared by thermal CVD using organic silane molecules with different alkyl chain length
3. 学会等名 2019 INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR ADVANCED MATERIALS RESEARCH (ISAMR 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ishizaki, Kishino, M. Kaneko
2. 発表標題 Wettable behavior of hydrophobic surface prepared by thermal CVD using organic silane molecules with different alkyl chain length
3. 学会等名 2019 INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR ADVANCED MATERIALS RESEARCH (ISAMR 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金子美穂, 岸野峻佑, 石崎貴裕
2. 発表標題 ポーラス構造を有する透明薄膜の作製
3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野峻佑, 金子美穂, 石崎貴裕
2. 発表標題 疎水性・親水性混合表面の濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kishino, M. Kaneko, T. Ishizaki
2. 発表標題 Effects of introduction of hydrophilic region into hydrophobic surface on wettability behavior
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会 (国際セッション) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kaneko, S. Kishino, T. Ishizaki
2. 発表標題 Wettability behavior on hydrophobic film covered with organosilane molecules having siloxane bond and alkyl chain
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会(国際セッション)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Ishizaki, Shunsuke Kishino, Miho Kaneko
2. 発表標題 Dynamic behavior of water droplet on hydrophobic surfaces prepared by thermal CVD using two organic silane molecules
3. 学会等名 The 6th Int'l Conference on Surface and Interface of Materials (SIM-BT 2019)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro ISHIZAKI, Shunsuke KISHINO, Miho KANEKO
2. 発表標題 Preparation of Surface Showing Low Contact Angle Hysteresis using Organic Silane Molecules with Different Alkyl-Chain Length
3. 学会等名 International Conference on Fundamentals of Materials Science and Polymeric Materials (ICFMSPM 2020)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Ishizaki, S. Hisada, A. Takada
2. 発表標題 Dynamic behavior of water droplet on hydrophobic surfaces covered with two organic silane molecules with alkyl chain
3. 学会等名 Nanotech France 2018 International Conference and Exhibition(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久田柊太郎, 高田葵, 岸野峻佑, 石崎貴裕
2. 発表標題 アルキル鎖長の異なる有機シラン分子を被覆したSi表面の特性評価
3. 学会等名 表面技術協会第138回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野峻佑, 久田柊太郎, 石崎貴裕
2. 発表標題 疎水性表面への微小親水部位導入による濡れ性挙動への影響
3. 学会等名 表面技術協会第138回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金子美穂, 岸野峻佑, 石崎貴裕
2. 発表標題 シロキササン結合を有する有機シラン分子膜の濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第139回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ishizaki, S. Hisada, O. L. Li
2. 発表標題 Wettability Behavior of Organic Silane Molecules with Different Alkyl-Chain Length coated Si surface
3. 学会等名 19th International Conference on Advanced Materials (ICAM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Ishizaki, S. Hisada, A. Takada
2. 発表標題 Water droplet behavior on surfaces covered with two types of organic silane molecules with different alkyl-chain length
3. 学会等名 Nanotech France 2017 International Conference and Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Ishizaki, S. Hisada, A. Takada
2. 発表標題 Behavior of Wettability on hydrophobic surface prepared by thermal CVD using organic silane molecules with different alkyl chain length
3. 学会等名 International Conference on Sustainable Materials Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高田葵, 石崎貴裕
2. 発表標題 直鎖状と枝状の分子構造を有する有機シラン分子を被覆させた表面の濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第136回講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久田柊太郎, 横溝哲也, 高田葵, 石崎貴裕
2. 発表標題 2種類の有機シラン分子を被覆した表面の濡れ性挙動に及ぼすアルキル鎖長の影響
3. 学会等名 表面技術協会第136回講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久田柊太郎, 石崎貴裕
2. 発表標題 2種類の直鎖状有機シラン分子を被覆したSi表面の濡れ性挙動
3. 学会等名 日本材料科学会第5回 メゾスコピック研究会講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岸野峻佑, 石崎貴裕
2. 発表標題 疎水性と親水性官能基を有する有機シラン分子を共吸着させた表面の作製と濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第137回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久田柊太郎, 高田葵, 石崎貴裕
2. 発表標題 アルキル鎖長の異なる有機シラン分子を共吸着させたSi表面の濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第137回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田葵, 石崎貴裕
2. 発表標題 分子構造の異なる2種類の有機シラン分子を2段階で共吸着させた表面の濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第137回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Ishizaki, T. Furukawa, K. Sasagawa
2. 発表標題 Preparation of hydrophobic surface showing low contact angle hysteresis using organic silane molecules with different molecular configuration
3. 学会等名 Energy Materials Nanotechnology (EMN) Croatia Meeting 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Ishizaki, T. Furukawa, K. Sasagawa
2. 発表標題 Preparation of water repellent surface using organic silane molecules with different molecular structure
3. 学会等名 Global Conference on Applied Physics and Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古川卓弥, 石崎貴裕
2. 発表標題 分子構造の異なる2種類の有機シラン分子を被覆させたSi表面の濡れ性評価
3. 学会等名 表面技術協会第134回講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 熊谷颯, 石崎貴裕
2. 発表標題 マグネシウム合金上への超はっ水表面の作製とその物理化学的特性評価
3. 学会等名 表面技術協会第134回講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笹川圭祐, 石崎貴裕
2. 発表標題 アルキル鎖長の異なる2種類の有機シラン分子を被覆させたSi表面の水の動的挙動
3. 学会等名 表面技術協会第134回講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Ishizaki, T. Furukawa, K. Sasagawa
2. 発表標題 Dyanmic behavior of water droplet on water repellent surface with low contact angle hysteresis
3. 学会等名 Applied Nanotechnology and Nanoscience International Conference (ANNIC)2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古川卓弥, 石崎貴裕
2. 発表標題 分子構造の異なる2種類の有機シランを被覆させたSi表面の濡れ性評価
3. 学会等名 日本材料科学会第4回 メゾスコピック研究会講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高田葵, 石崎貴裕
2. 発表標題 熱CVD 法による2 種類の有機シラン分子を用いた低ヒステリシス表面形成技術の開発
3. 学会等名 表面技術協会第135回講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久田柊太郎, 石崎貴裕
2. 発表標題 2種類の直鎖状有機シラン分子を用いて被覆した表面の濡れ性挙動
3. 学会等名 表面技術協会第135回講演大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 石崎貴裕, 嶋田雄太, 岸野峻佑, 久田柊太郎	4. 発行年 2018年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 10
3. 書名 撥水・撥油の技術と市場 (第2編, 第8章マグネシウム合金の防食機能向上のための超撥水处理技術)	

1. 著者名 石崎貴裕	4. 発行年 2017年
2. 出版社 情報機構	5. 総ページ数 288
3. 書名 超親水・超撥水化のメカニズムと品質向上 ~測定評価ノウハウ・産業活用事例・現場の課題Q&A~, 第4章 第2節 第41項 表面改質によるガラスへの超撥水性付与技術開発	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 被膜形成用組成物、被膜を有する物品および被膜を有する物品の製造方法	発明者 鈴木慶一, 石崎貴裕	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/008964	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 被膜形成用組成物、被膜を有する物品および被膜を有する物品の製造方法	発明者 鈴木慶一, 石崎貴裕	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-04377	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

自己組織化単分子膜による"水が転がる"表面の作製
<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~ishizaki/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----