

## 表面構造と水接触角の関係に関する研究

指導 永井 香織 准教授  
14079 小室 拓弥

### 1. はじめに

建築物の長寿命化が求められている昨今において、景観維持・保全の観点から、建物外壁におけるよごれに対し問題意識が高まっている。よごれの中でも塵埃と雨水によって形成される雨筋よごれが顕著であり、雨筋のよごれは外壁の表面性状の影響を受ける。<sup>1)</sup>よごれと水接触角関係性については、図 1<sup>1)</sup>より、水接触角とよごれとの関係を把握することができる。

しかし塗料では、撥水性を持たせることが難しく、現在、光触媒などの超親水性塗料の研究が主に進められている。

そのため植物の葉の持つ撥水性に着目し、デジタルマイクروسコープ(K社製 VHX-5000)を用いて、撥水性を持つ蓮の葉、里芋の葉の表面構造の観察し、その結果、写真 1 に示すように表面に微細な凹凸(フラクタル構造)<sup>2)</sup>を確認することができた。

そこで本研究は、材料表面に凹凸加工を施すことにより水接触角に及ぼす影響について検討した。

### 2. 表面構造と水接触角

#### 2.1 水接触角とよごれの関係<sup>1)</sup>

水接触角とよごれの関係は、水接触角が上昇するにつれ色差が上昇し、撥水側、親水側の境界である水接触角 90°を境に色差は減少するという結果<sup>1)</sup>が求められた。このような結果が求められた要因として、90°前後では水滴が接触した際、水滴が試験体表面に残り水滴に含まれるよごれ物質が残留するため、よごれが促進するが、親水側では親水側になるにつれ、水滴が接触した際、濡れ広がることにより洗い出し効果が作用し、撥水側では撥水側になるにつれ、水滴が接触した際、すぐに水滴がよごれとともに転がり落ちるロータス効果<sup>2)</sup>が作用するためよごれが発生しにくくなると考えられる。

#### 2.2 試験目的

塗料などの化学的因子のみでは現在知られている中では、 $-CF_3$ 基が最も接触角が大きく約 120°であり、超撥水性の試験体を作ることが難しい<sup>3)</sup>。そこで、材料の表面に凹凸加工を施すことで、フラクタル構造を再現し物質に撥水性を持たせることが可能かを把握し、表面構造が水接触角に与える影響を検討した。

### 2.3 試験体概要

試験体の素地は駐車場屋根等で使用されるポリカーボネイトとし、表面に条件に応じた微細凹凸加工をレーザーを用いて施した。試験体条件を表 1、形状を図 2 に示す。

### 2.4 試験方法および評価

試験は、各表面条件の水接触角の測定を行った。水接触角の測定は接触角計(KK社製 C-AD)を用い、溝方向に対し、平行と垂直の 2 方向で静的接触角<sup>4)</sup>の測定を行い、測定値は試験体表面に水滴を滴下した 1 分後の値を 3 箇所測定しその平均の値を用い、条件ごとの検討を行った。

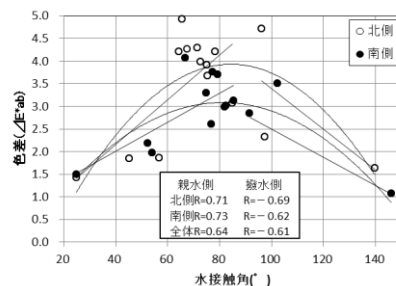


図 1 色差と水接触角の相関

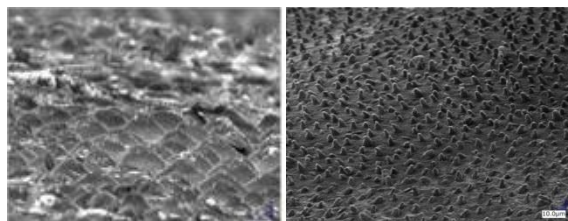


写真 1 葉の表面構造 SEM 画像(左:蓮、右:里芋)

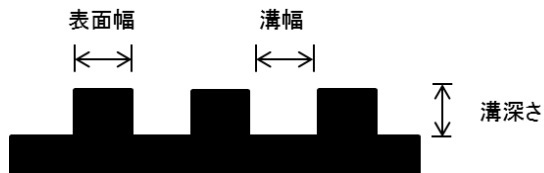
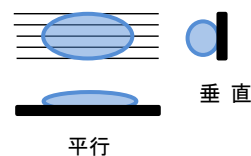


図 2 試験体形状

表 1 試験体条件と結果

試験体	表面幅 (μm)	溝幅 (μm)	溝深さ (μm)	水接触角 (垂直)	水接触角 (平行)
A	14.87	16.64	5.39	83.3	50.3
B	21.23	10.06	8.32	126.7	93.7
C	14.86	15.54	10.19	128.7	94.7
D	25.77	15.84	19.92	118.7	70.0
E	18.17	22.97	5.71	77.3	46.7
F	18.17	23.18	13	117.0	59.0
G	17.83	25.19	24.11	119.3	44.3
H	18.36	27.65	43.08	110.0	12.0
I	23.1	34.34	6.17	102.7	90.7
J	16.82	39.01	14.75	122.3	90.7
K	19.76	40.81	21.52	126.3	97.3
L	21.14	44.15	42.7	122.3	86.0



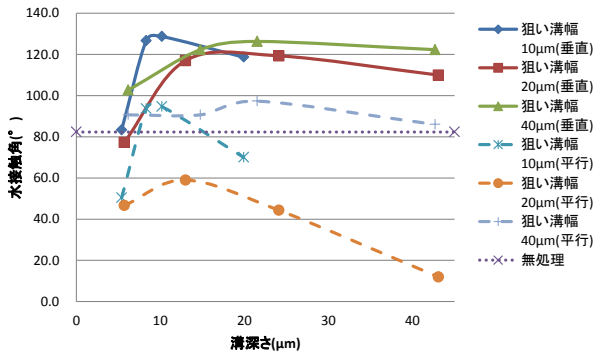


図3 深さと水接触角

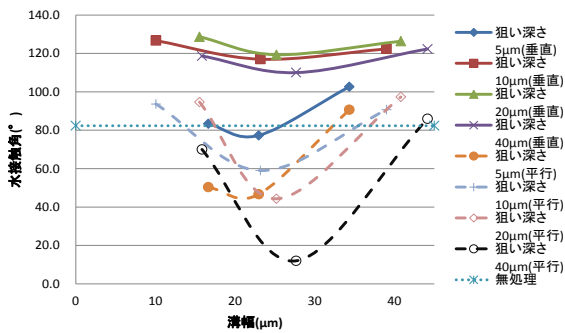


図4 間隔と水接触角

### 3. 結果および考察

水接触角は、溝の深さでは 10 $\mu\text{m}$  で最も大きくなる試験体が多く、溝幅では 20 $\mu\text{m}$  から 30 $\mu\text{m}$  の間で最も小さくなる傾向を示した。

このような結果を示した要因として、凹凸による撥水性には 3 種類があり、凹凸の微細な面では、空隙が生じ液体が入り込みにくくする Cassie-Baxter 状態<sup>2)</sup>と凹凸の粗い面では凹凸内部に液体が入り込むことにより実表面積が増加することにより濡れを強調する wenzel 状態<sup>2)</sup>と接触角を  $\theta$  とし、屈曲角を  $\alpha$  とするとこの液体は屈曲した先の面で接触角が  $\theta$  より小さくなってしまったため  $\theta + \alpha$  の角度に達しないと進もうとしないピン止め効果<sup>2)</sup>がある。溝幅 10 $\mu\text{m}$  では、Cassie-Baxter 状態、40 $\mu\text{m}$  ではピン止め効果となったと考えられ、20 $\mu\text{m}$  では wenzel 状態となり親水性を強調したと考えられる。

### 4. 表面構造とよごれ

#### 4.1 実験目的

表面構造の異なる試験体を用いることで、試験体ごとのよごれ物質の付着性についての検討を行った。

#### 4.2 試験方法および評価

試験体に対するよごれ物質の付着性について検討するため、疎水性のよごれ物質としてカーボンブラック、親水性のよごれ物質として関東ロームを用いて促進試

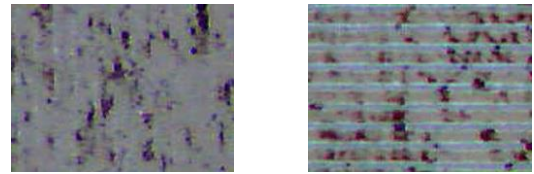


写真2 C カーボンブラック(右:平行、左:垂直)

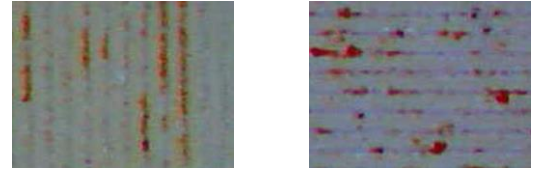


写真3 C 関東ローム(右:平行、左:垂直)

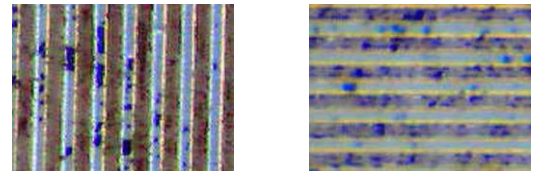


写真4 H カーボンブラック(右:平行、左:垂直)

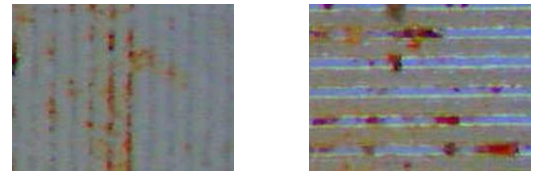


写真5 H 関東 関東ローム(右:平行、左:垂直)

験<sup>5)</sup>を行った。よごれ物質の分量はカーボンブラックを 0.02g、関東ロームを 0.2g とし、溝方向に対し、垂直方向、平行方向の 2 方向より水滴を流下させ、サイクルは 4 サイクル行った。

### 4.3 結果および考察

垂直方向と平行方向のよごれの付着状態の違いとして、平行方向のよごれ方は溝に沿ってよごれ物質が付着し、垂直方向では凹凸に引っかかるようにしてよごれ物質が付着していた。

また、流下経路としては溝方向に対し平行方向では、まっすぐ流れ落ち、垂直方向では、平行方向と比較し、雨筋よごれが分散し太くなる傾向を示した。

### 5. まとめ

1) 溝幅 15 $\mu\text{m}$ 、深さ 10 $\mu\text{m}$  の試験体で最も大きな水接触角が確認できた。

2) 本試験により、微細凹凸加工を表面に施すことにより、条件によって物質の水接触角を変化させることが可能であることが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 塗料の表面性状とよごれに関する研究:表面粗さと水接触角がよごれに与える影響-平成二十五年度卒業論文 野地高史、堀井大介
- 2) 辻井薫:超親水と超撥水-その仕組みと応用-, 米田出版 2009年 pp.36, 38, 44
- 3) 科学技術動向 2010年5月号 pp.12
- 4) 雨汚染試験装置による外装仕上塗料の汚染促進試験方法の研究、日本建築仕上学会 p.25, pp.44-47, pp.60
- 5) 各種材料の雨筋によるよごれ物質の付着特性 平成十八年度卒業論文 大里ちひろ、寺沢忍 pp.9