

---

# 塗膜の雨筋汚染機構に関する研究

Study on the Raindrop Stain Mechanism on Coatings



CM 研究所  
第 1 研究部  
森 健二  
Kenji  
Mori



CM 研究所  
第 3 研究部  
宇留嶋秀人  
Hideto  
Urushima

## Summary

Raindrop stains on exterior walls of buildings can be caused by adhesion of staining materials in running rain droplets, but there are a lot of unknown factors for its mechanism. In order to clarify the mechanism for raindrop stains, it is important to reproducibly apply staining materials to coatings and to observe phenomena accurately. In this study, we developed a raindrop-stain test system which is free from influence of external factors like weather changes and resulted in almost the same characteristics of staining pattern as outdoor testing. Then, we focused on relationships between shapes, running and rolling behaviors of water droplets and tried to discuss the stain mechanism on coatings by observing the phenomena with a high speed camera. As a result, we suggest that staining materials adhere to coatings at the upper part of a droplet while droplets including staining materials run down on coatings. We surmise that especially when the droplets run continuously, the part where wetting and drying processes are repeated on a coating surface is easily coated with staining materials.

## 要 旨

塗装外壁の垂直面にみられる雨筋汚染は、雨滴の流下に伴う汚染物質の付着が原因であるが、その発生機構に関しては不明な点が多い。雨筋汚染機構を解明するためには、汚染状況を再現させ、実際に起きている現象を正確に捉えることが重要である。そこで、天候などの外部要因に左右されない自作の汚染試験システムを開発し試験実施したところ、屋外での汚染試験でみられた特徴的な雨筋の形状を再現できた。高速度カメラを用いて雨滴の流下挙動と雨筋形状を観察し、塗膜表面の汚染物質の付着機構について考察した。その結果、付着現象は汚染物質を含んだ水滴が塗膜上を流下しているときに、その水滴の上部で起きていることが示唆された。特に連続的な流下によって、塗膜表面上の濡れと乾きが繰り返される部位に汚染物質が付着し易いものと推定した。

## 1. 緒言

代表的な塗膜外観汚染の一つである雨筋汚染は、雨滴の流下に伴って汚染物質が垂直塗装表面に筋状に付着することにより引き起こされる現象である。汚染物質の粒子径は $1\ \mu\text{m}$ 未満であることが多く、砂塵などの親水性物質及び排気ガスや煤煙などの親油性物質からなるといわれている<sup>1)</sup>。一般的に汚染物質と塗装面の物理的な関係は、相互作用により付着した状態、またはそれが定着し外力により剥がれ落ちない状態、付着したものが外力により除去される状態の3形態があるとされている<sup>2)</sup>。しかし外壁などの垂直塗装面における雨筋汚染については汚染物質の付着、定着、除去に関する詳細な機構は明らかにされていない。

我々は雨筋汚染を含む塗膜の汚染性の優劣を屋外での雨筋汚染ばくろ試験により評価してきたが、実施する地域、時期によって降雨量や大気中の汚染物質の組成、濃度が異なるため、常に一定条件の汚染試験であるとはいえず、汚染要因を特定できない場合も多かった。そこで汚染の原因となる物質を含む雨水のモデルとして、カーボンブラック顔料の分散水を用い、これを連続的に定量滴下する独自の装置を作製し、降雨状況や雨滴成分の違いなどの外部変動要因を排除したばくろつきが小さい汚染試験を行った。また、雨滴の流下挙動が垂直面の雨筋汚染現象に及ぼす影響を詳細に調べるため、高速度カメラを用いて流下水滴の内部流動を観察し、汚染物質の付着現象について解析した。

これらの結果から雨筋汚染の発生機構について考察したので報告する。

## 2. 実験

### 2.1 塗装鋼板の作製と接触角測定

供試塗料には、メラミン硬化型ポリエステル塗料(関西ペイント社製「KPカラー 1555」、白色)を用いた(以下、blankと称する)。比較として防汚剤である加水分解性のシリケート化合物を加えたものも用いた(以下シリケート型と称する)。なお、シリケート化合物は三菱化学社製 MKCシリケート MS-56S (メチルシリケート型オリゴマー)を使用した。素材は、塗装前処理が施された55%Al-Znめっき鋼板(AZ150)に乾燥膜厚 $5\ \mu\text{m}$ のクロメートフリープライマー<sup>3)</sup>を塗装したものを用いた。上記の供試塗料を乾燥膜厚が $15\ \mu\text{m}$ となるようにバーコーターで塗装し、素材到達温度 $220^\circ\text{C}$ で45秒間焼き付けたものを試験板とした。

本検討で用いる評価塗膜は、屋外での降雨または結露による塗膜表面の変化を考慮するために、各塗装鋼板を $20^\circ\text{C}$ の純水に24時間浸漬し、乾燥させ使用した。

得られた塗装鋼板の塗膜表面について、純水の接触角を測定したのち、以降の試験を実施した。接触角の測定は一般的な静止接触角の他に、流下する水滴の後退接触角を模擬した収縮法で測定した後退接触角についても測定し

た。これらの概念図を図1、図2に示す。なお、これらの接触角の測定には協和界面科学社製CA-X150を用いた。

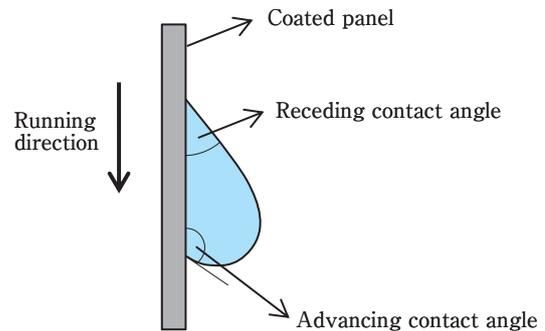


Fig. 1 Illustration of dynamic contact angles of a water droplet on a coating

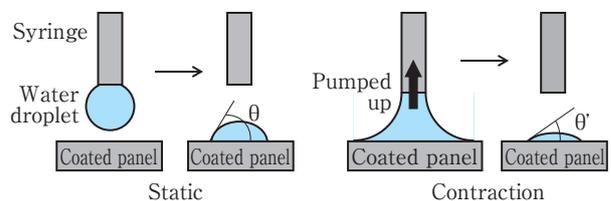


Fig. 2 Methods for measuring contact angles of water on coatings

### 2.2 カーボンブラック顔料を用いた汚染性評価試験

雨滴が垂直塗膜表面上を流下する状態を模擬するため、図3に示す装置を組み立てた。供試する塗装鋼板はプレス加工機を用いて図3のように垂直試験面が $200\ \text{mm}$ になるように $120^\circ$ に折り曲げ、試験面が垂直になるように設置した。汚染性の優劣を短時間で判断するため、モデル汚染水の滴下条件は水滴を試験面上端の上方 $10\ \text{mm}$ の位置から、定量ポンプを用いて1滴当たり $98\ \mu\text{L}$ に調整し、 $0.5$ 秒間隔で30分間滴下することとした。モデル汚染水に含ませる汚染物質は財団法人建材試験センター発行の建築用外

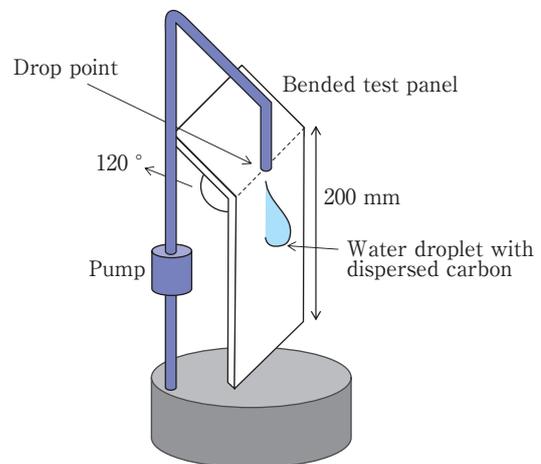


Fig. 3 Illustration of a raindrop-stain test system for running water droplets with dispersed carbon

壁材料の汚染促進試験方法 JSTM J 7602<sup>4)</sup>に記載の配合を参考にし、水に分散し易く、単独で黒く目立つカーボンブラック顔料(FW 200: Orion Engineered Carbons 社製)を選定した。これを純水に0.001 wt %で分散させたものをモデル汚染水として用いた。評価は X-rite 社製測色機 SP-64 (測定スポット径φ4 mm)を用いて、初期の非汚染部の明度 $L^*_{Initial}$ と汚染した部分(滴下位置から下方の20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm, 120 mm, 140 mm, 160 mm, 180 mmの各位置)の明度 $L^*_{Stained}$ を測定した。その各位置における明度差 $\Delta L^* = L^*_{Stained} - L^*_{Initial}$ を算出し、その総和の絶対値 $|\Sigma \Delta L^*|$ を汚染度として定義した。

### 2.3 高速度カメラによる流下水滴の観察

定量分注器を用いて垂直試験板上に純水を滴下した。1滴当たりの体積は、流下挙動の比較が可能な最低体積を45  $\mu\text{L}$ とし、塗膜上に連続的に滴下したときの流下水滴を高速度カメラを用いて撮影した<sup>5)</sup>。連続滴下の際の滴下間隔は1秒に設定した。高速度カメラはPhotron社製 FASTCAM Ultima 1024及びSA-3を用い、塗装面の正面方向から撮影した。撮影速度は250 fps (frames per second)とし、照明は正面方向からハロゲンランプを照射することとした。

### 2.4 流下水滴の内部流動の可視化

水滴内部の流動挙動を観察する際には、純水に対し0.03 wt%の蛍光粒子(EBM社製、FLUOSTAR、粒子径15  $\mu\text{m}$ 、密度1.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、励起波長550 nm、発光波長580 nm)を分散させたものを用い、1滴当たり45  $\mu\text{L}$ に調整して滴下した。この滴下水滴にレーザーシート光(LEE LASER社製、LDP-50MQG、532 nm)を照射し、水滴内の蛍光粒子を励起させ、ロングパスフィルター(580 nm)越しに撮影することで、蛍光粒子の発光のみを観察した(図4)<sup>5), 6)</sup>。撮影は滴下位置から下方20 mmから60 mmの位置を、塗装面の

正面方向と側面方向の2方向から同時に行った。撮影速度は3000 fpsとした。なお、蛍光粒子の分散水を用いた静的及び後退接触角については、同一塗膜における純水での測定値と差がないことを確認した。

### 2.5 汚染物質の付着挙動の可視化

汚染物質が塗膜表面にどのように残留し付着するのかを考察するために、モデル的に蛍光物質の分散水を前記2.4と同様に滴下した。分散水の中の蛍光粒子が塗膜上に残留していく様子について滴下位置の20 mmから40 mmの区間を高速度カメラにより塗装面の正面から撮影した。なお、撮影速度は500 fpsとした<sup>7)</sup>。

## 3. 結果

### 3.1 試験板の接触角

各試験板における純水の接触角を測定した結果を表1に示す。ブランクの静止接触角は79°、後退接触角は58°であり、一方シリケート型はそれぞれ61°、11°であった。このようにシリケート型はブランクと比較して塗膜表面が親水化されており、特に後退接触角は大幅に低くなっていた。

Table1 Water contact angle of panels after immersion in water for 24h

	Blank	Silicate type
Static contact angle (deg.)	79	61
Receding contact angle (deg.)	58	11

### 3.2 カーボンブラック顔料を用いた汚染性評価試験

図5にブランク、図6にシリケート型の汚染過程を示す。それぞれ初期、滴下10分後、20分後、30分後における正面からの撮影画像を示す。図5のブランクは筋状にカーボン

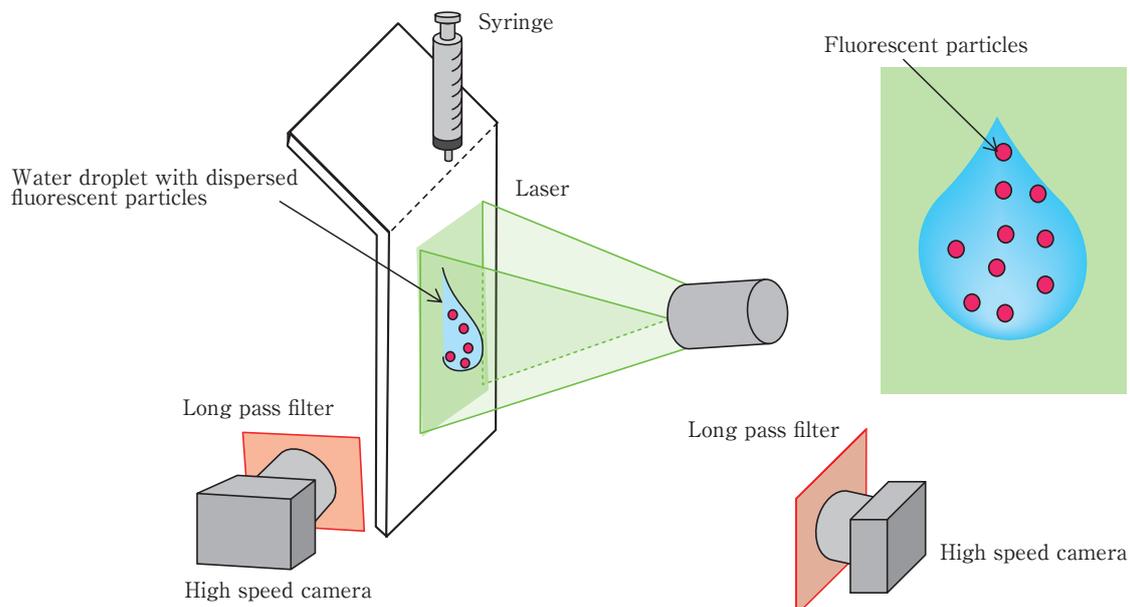


Fig. 4 Illustration of a system for observing internal rolling behavior from the side and the front

ラック顔料が付着し、経時でより黒くなっていた。また、30分後の汚染部の筋を観察すると、上部においては流下経路全体が汚染しているのに対し(図5-b)、下部の流下経路の中央部にはカーボンブラック顔料がほとんど付着しておらず、その両側に2本の筋状に付着していた(図5-c)。この現象は、屋外の雨筋汚染ばくろ試験によって発生する雨筋にも度々みられる。加えて、筋状の汚染部の幅は試験板上部から下部へ小さくなっていった。

一方、図6のシリケート型については、ブランクのような筋状の汚染はみられず、図6-bに示すように、流下水滴が蛇行したことで、試験板の下部(滴下位置の60 mmから200 mm)では幅広くカーボンブラック顔料が付着していることは視認できるものの、単位面積当たりの付着量が少ないためか汚染部位が目立ちにくくなっていた。また、ブランクでみられたような経時でより黒くなる現象は視認できなかった。

これらの汚染結果からカーボンブラック顔料を用いた本手法は、屋外ばくろ試験を基本的に再現したと推定した。

次に、カーボンブラック顔料が付着する位置やタイミングを正確に把握するため、測色機を用いて汚染性の定量化を試みた。図7に滴下30分後における上端からの距離と汚染部位の明度  $L^*$  値の関係を示す。ブランクは全ての位置においてシリケート型より低い  $L^*$  値を示し、その傾向は目視による評価と一致した。さらに、いずれの試験板も最上部の  $L^*$  値が低く、下部ほど高くなっていった。ブランクは上部から下部までの  $L^*$  値の変化は緩やかに増大するのに対して、シリケート型は滴下位置から60 mmまでの傾きは大きく、それより下方においては、 $L^*$  が91~92となった。この60 mmより下方において  $L^*$  値の変化が小さかったのは、流下水滴が蛇行し汚染物質が拡散したことが一因として考えられる。

また、汚染性の経時変化を数値化するため、滴下位置から下方の20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm, 120 mm, 140 mm, 160 mm, 180 mmの各位置における汚染部と初期の明度差  $\Delta L^* = L^*_{\text{Stained}} - L^*_{\text{Initial}}$  を算出し、その総和  $\Sigma \Delta L^*$  を汚染度として定義した。図8に汚染度  $|\Sigma \Delta L^*|$  値の経時変化を示す。ブランクがほぼ線形的に  $|\Sigma \Delta L^*|$  値が増加するのに対して、シリケート型は10分経過以降緩やかに増加した。この塗膜の汚染が比較的短時間で起きていること

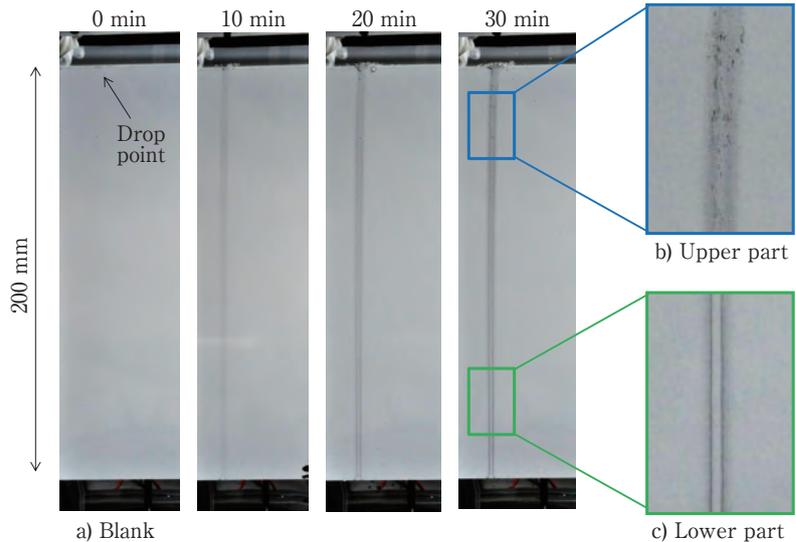


Fig. 5 a) Images of a panel after the raindrop-stain test with water droplets including dispersed carbon on the Blank (without anti-staining agent), b) Magnified upper part of the stained panel for 30 minutes, c) Magnified two black stain lines at lower part of the stained panel for 30 minutes

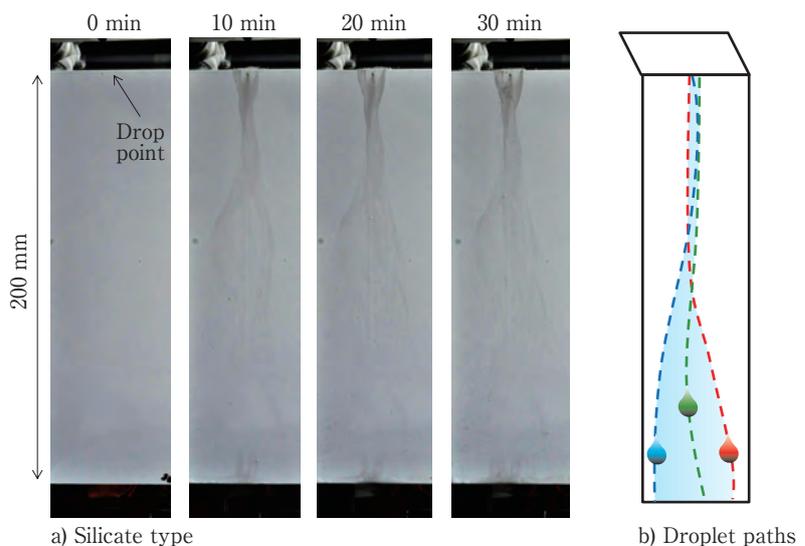


Fig. 6 a) Images of a panel after the raindrop-stain test on the silicate type, b) Illustration of meandering droplet paths on the Silicate type

から、この試験ではカーボンブラック顔料の付着現象をみていたと推察する。

### 3.3 高速度カメラによる流下水滴の観察

前述のカーボンブラック顔料を用いた汚染試験結果を解析するために、高速度カメラを用いて流下水滴を詳細に観察した。上記試験と同様に、流下水滴は連続的に流下させた。連続滴下では、先行した流下水滴が塗膜上に残した水滴(以下、残滴と称する)と合一しながら流下していく。そ

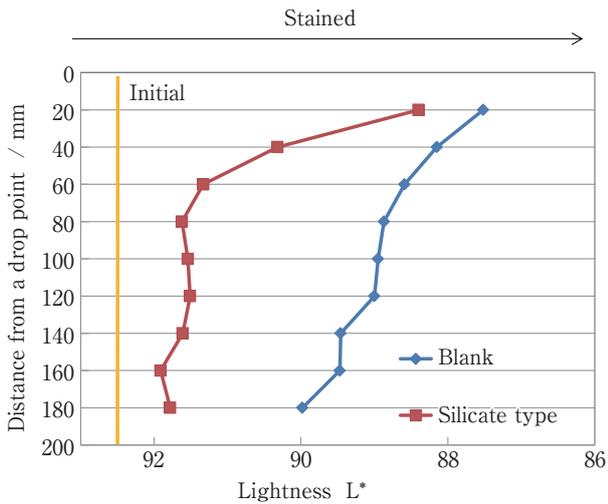


Fig. 7 Lightness at stained parts after the raindrop-stain test for 30 minutes

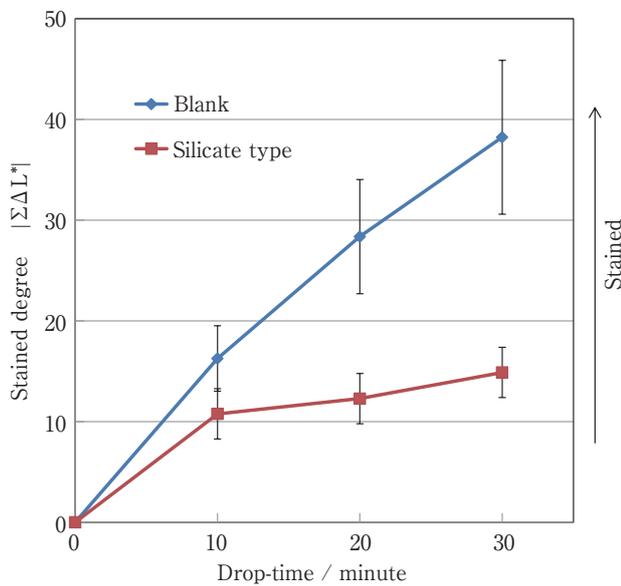


Fig. 8 Drop-time dependence of stained degree  $|\Sigma\Delta L^*|$   $\Delta L^* = L^*_{\text{Stained}} - L^*_{\text{Initial}}$

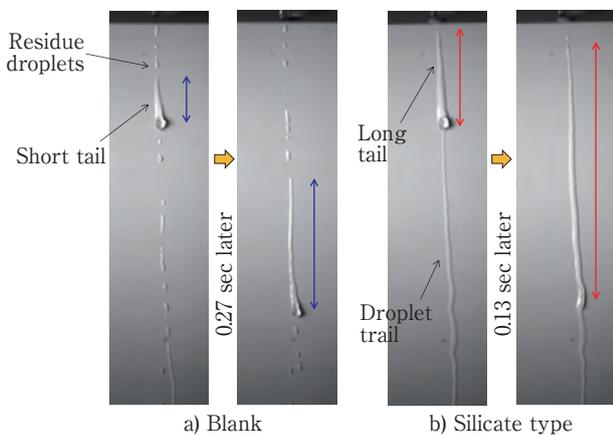


Fig. 9 Images of shape of running continuous water droplets and residue droplets

の高速撮影画像の一部を図9に、流下水滴の特徴を表2に示す。ブランクにおいては水滴が垂直方向に流下し、水滴上部が伸びた形状になっていた(以下、テール部と称する)。そして、テール部が途切れた部分が残滴となっていることがわかった。また、その流下経路はほぼ垂直方向で一定していたが、経路内での残滴発生位置、大きさについては滴下毎に異なり、特に規則性は認められなかった。さらに、テール部は水滴が試験板下部へと流下するにつれて長くなっていた。一方、シリケート型については、塗膜表面が親水性であるため、試験板全域でテール部が長く伸び、途切れていなかった。さらにブランクとは異なり流下方向が一定せず、不規則に蛇行しながら流下していた。

Table2 Characterization of running water droplets on perpendicular panels

	Blank	Silicate type
Droplet path	Straight	Meandering
Length of tail	Short	Long
Shape of residue droplet	Bulky	Broad and thin
State of residue droplet	Dotted	Trail

### 3.4 水滴内部の流動挙動

水滴はその形状を変化させながら流下していることが分かったため、次に、その水滴内部の流動挙動の観察を試みた。シリケート型では試験板下部で流下水滴の蛇行がみられるため、観察は試験板上部にて行った。まず、トレーサーとして蛍光粒子を用い、その粒子の動きから間接的に内部流動を観察した<sup>6)</sup>。正面方向と側面方向の2方向から流下水滴を同時に観察することで、水滴内部の複雑な流動挙動をより立体的に捉えることができた。ブランク及びシリケート型塗膜上を流下する水滴の撮影画像の一例を図10に示す。

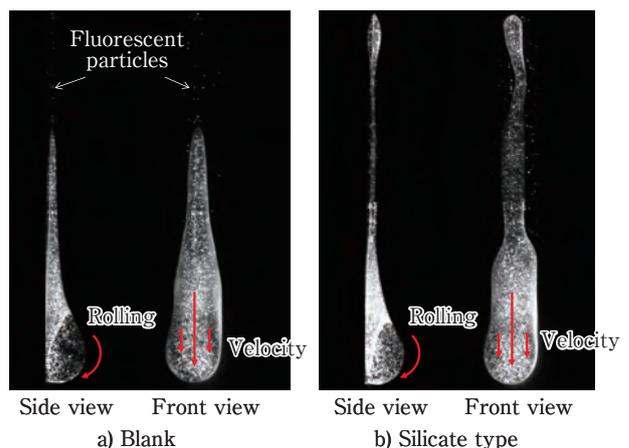


Fig. 10 Images of fluorescent particles in a running water droplet observed from side and front views

白い点状に見えるのが蛍光粒子である。観察した結果、ブランク及びシリケート型はともに図11のように流下水滴内部では塗膜と接していない半球面において、蛍光粒子はその曲

線に沿って流動していた。一方で、塗膜近傍の蛍光粒子の流動速度は曲線部で流動した粒子と比較して低くなっていた<sup>5)</sup>。また、図10に矢印で示したように、ブランク及びシリケート型の両者の流動速度は水滴の中央部に比べて両側は低くなっていた。このように、水滴内部の流動については、ブランクとシリケート型に大きな差はみられなかった。

### 3.5 蛍光粒子の塗膜への付着

3.2 項で述べたように、カーボンブラック顔料のモデル汚染

水での滴下において、その分散された顔料の付着現象をみていたとすると、蛍光粒子を汚染物質と見立てることができれば、蛍光粒子が塗膜上に残留する様子から汚染物質の付着機構を推定できると考えた。以降蛍光物質の塗膜への残留のことを付着と称する。蛍光粒子を純水に添加させて得られる分散水を連続的に滴下したときに、塗膜上に付着した蛍光粒子の撮影画像の一例を図12に示す。ブランクとシリケート型では水滴の流下経路における蛍光粒子の付着する位置が異なり、ブランクでは流下経路の中央部に多く分布

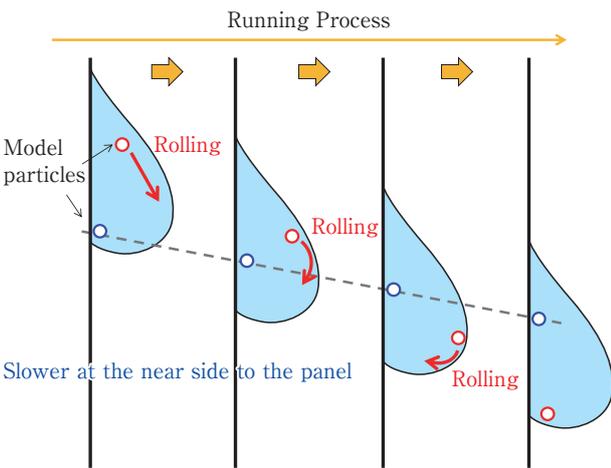


Fig. 11 Images of rolling behavior in a running water droplet

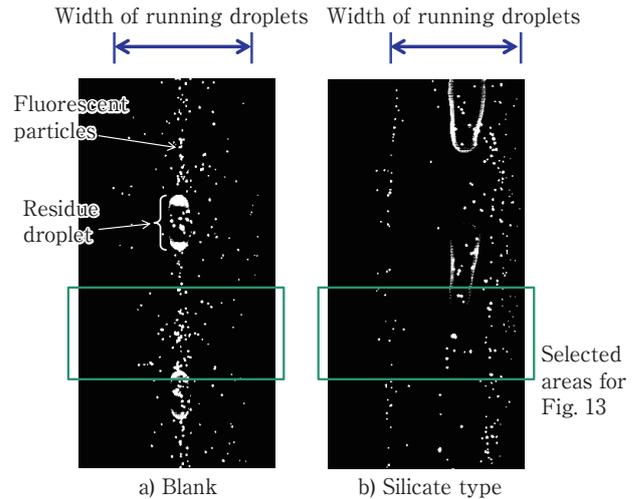


Fig. 12 Images of fluorescent particles left on coatings observed from the front side of the coatings

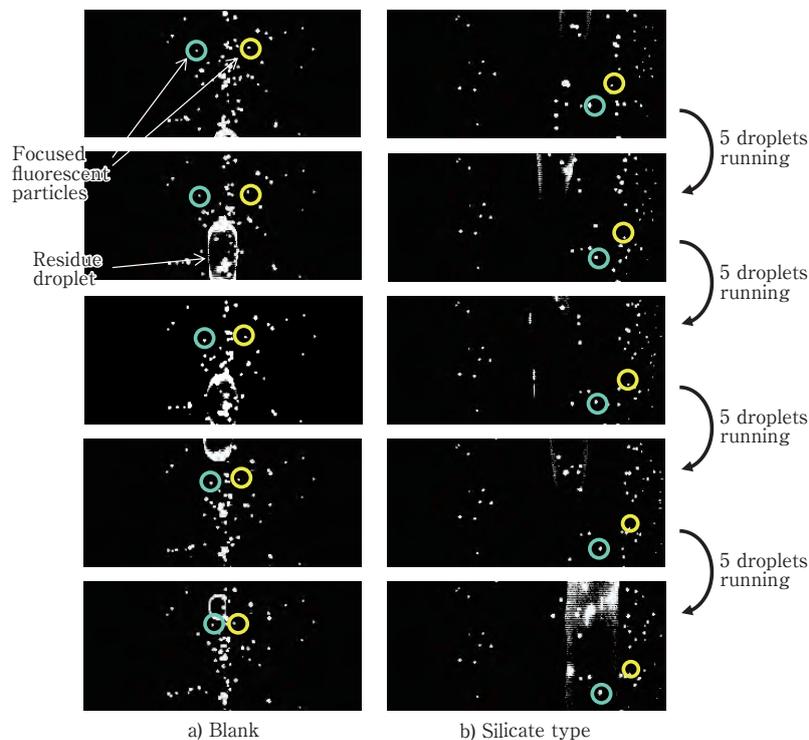


Fig. 13 Images of moving behavior of fluorescent particles left on the coating by continuous droplets a) The particles were accumulated to the center on the Blank, b) The particles were scattered to both sides on the Silicate type

しているのに対し、シリケート型では流下経路の両側に粒子が付着していた。またブランクにおいて残滴は流下経路の中央に規則性なく生成するが、蛍光粒子はこの残滴の位置とは関係なく流下経路中央に一様に分布していた。

塗膜表面に付着した蛍光粒子の動きをより詳細に観察するため、**図12**で囲んだ範囲における経時変化に注目した。**図13**は、滴下5滴毎の撮影画像を上から順に並べたものである。丸印で囲んだ粒子に着目して観察したところ、ブランクにおいては流下水滴が垂直方向へ流下する一方で、一度塗膜に付着した蛍光粒子が徐々に水平もしくは斜め下の流下経路中央方向に移動していくことを確かめることができた。この付着した粒子の移動は、一滴の流下水滴によって運ばれるのではなく、連続的に流下してくる複数の水滴によって少しずつ中央方向に集められているという点が非常に興味深い。

一方、シリケート型に関しては、一度付着した蛍光粒子は流下経路の中央に寄るのではなく、外側方向へ移動するか、もしくは流下水滴とともに流れ落ちる様子が観察された。これはブランクと比較して水滴の経路が滴下毎で一定ではなかったことによるものと考えられる。

## 4. 考察

### 4.1 ブランクにおける汚染現象

今回行ったカーボンブラック顔料のモデル汚染水を用いた汚染試験によって、気象条件や環境に左右されない雨筋汚染試験が可能となり、屋外での雨筋汚染ばくろ試験における

特徴的な汚染形態を再現できたので以下に考察する。

耐汚染性の劣るブランクにおいては、30分間滴下したとき塗膜上に汚染物が付着していく過程を視覚的に確認することができた。これらの結果より屋外でみられる雨筋においても、雨滴が流下する最中にその雨滴中の汚染物質が塗膜上に付着することが示唆された。

ここで、モデル汚染水を用いた汚染試験結果と流下水滴の観察結果をあわせて整理する。その模式図を**図14**に示す。図の(a)→(b)→(c)→…→(g)の順に水滴が流下する過程を示したものであり、(d)以降は連続滴下状態を表している。なお、緑色部は汚染物質が付着していることを表す。まず**図14**の(a)から(c)においては水滴の流下とともに、テール部が伸びる一方で水滴の幅が小さくなる。これはモデル汚染水の滴下試験において、汚染筋の幅が狭くなっていたことと一致する(**図5-b,c**)。さらに(d)から(g)のように流下が進み、試験板下部に至るときにはテール部はさらに長くなる。一方、(d)では次の水滴が流下し始め、先行の水滴のテール部と合一することになり、以降(e)→(g)を繰り返す。

この(e)→(g)の繰り返しの中において流下経路の中央部はモデル汚染水が塗膜表面に接している時間が最も長いことになる。ところが前述のとおり、流下時間が長くなるほど試験板全体の汚染度が増大するにもかかわらず(**図8**)、その流下経路の中で最もモデル汚染水が接している中央部には付着しにくいというのは矛盾があるように思われる。したがって、長時間汚染水が接している位置にカーボンブラックが付着しにくいという現象を説明するために、水滴の流動挙動及び汚染物質の付着挙動を関連させて考えることとした。

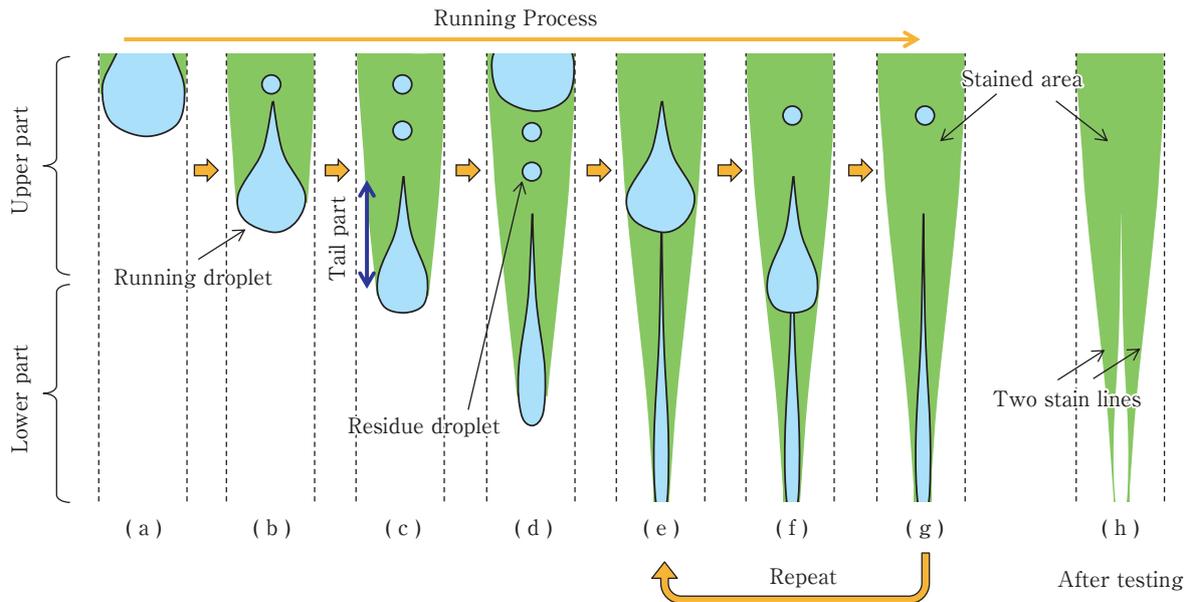


Fig. 14 Images of water-droplet running process and stained parts

水滴内部の流動挙動は、正面方向からの観察により水滴中央部の流下速度が速く、側面方向からの観察により塗膜近傍ほど流動速度が低くなっていた(図10, 図11)<sup>5)</sup>。また、流下により一度付着した蛍光粒子が、後続する複数の流下水滴の通過に伴って少しずつ中央方向へ移動していた(図12-a, 図13-a)。

これらの現象から耐雨筋汚染性が劣るブランク上に汚染物質が付着する機構を以下のように推定した。その模式図を図15及び図16に示す。図15は、試験板上部を流下していく水滴の塗膜正面から見た形状とその点線部における断面図であり、赤い点は汚染物質を表している。水滴のテール部の断面積は状態(A)→状態(B)→状態(C)と水滴が流下するにつれ小さくなり、中央方向へ収縮する。このテ

ル部の中央方向への収縮によって一度塗膜に付着した汚染物質も流下経路の中央方向へ引きずられるように移動する。また、一度付着した汚染物質が移動するには塗膜表面から離脱する必要があるが、塗膜近傍の水滴内部の流動速度は比較的低いため、汚染物質は流下方向へ流されることなくテール部の収縮により中央方向へ移動すると考えられる。つまり雨筋汚染において汚染物質が付着する位置は次のように説明できる。①「塗膜表面が水と接している状態」、②「テール部の収縮により一時的に水がない状態」、③「さらに後続の流下水滴により水と接している状態」。①、②、③が連続的に繰り返される。よって汚染物質が付着する位置は図15の緑色の部分であり、すなわち流路全域と考える。なお、ブランクの試験板上部においては残滴が発生するため、そ

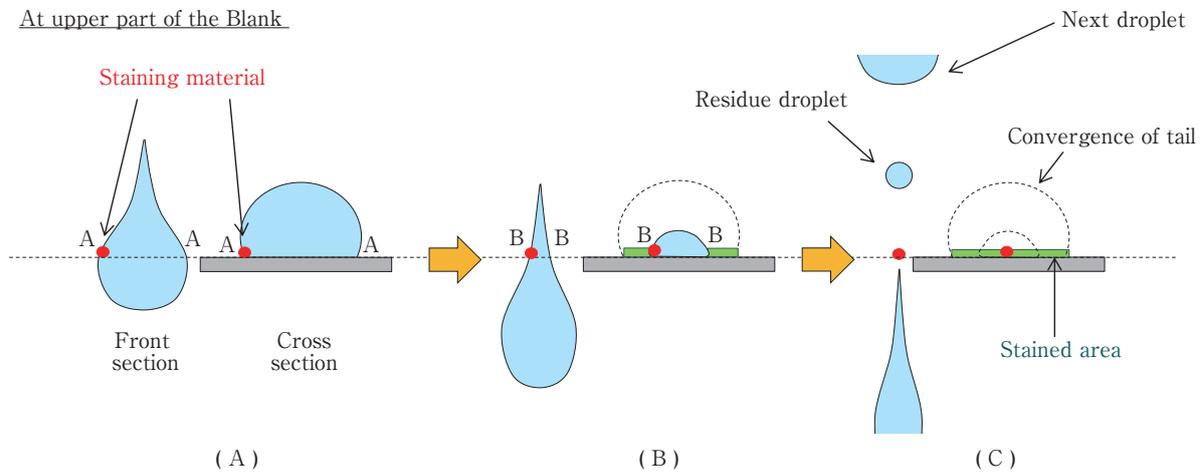


Fig. 15 Images of staining behavior on the convergence of a droplet tail at upper part of the Blank

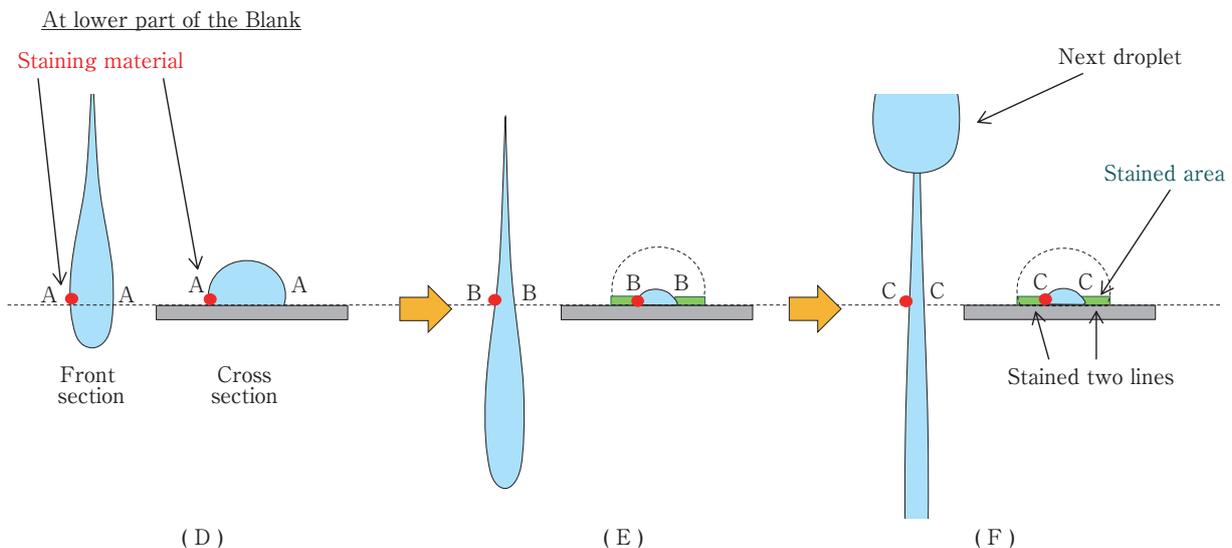


Fig. 16 Images of staining behavior on the convergence of a droplet tail at under part of the Blank

の部分には一時的に汚染物質は付着しにくいとも考えられたが、残滴が形成される位置に規則性がないことから、流下経路全域で付着すると推察した(図5-b)。

一方、流下水滴が試験板下部に至ると図16のように上部の場合と比べてテール部が大きく伸び(状態D, E)、そのテール部が途切れること無く後続の水滴が流下する(状態F)。すなわち水滴の流下経路中央部は常に水と接した状態が続き、そのため、中央部の両側の緑色部のみ汚染物質は付着することになる。屋外の雨筋汚染ばくろ試験や今回のカーボンブラック顔料を用いた汚染試験において2本の黒い筋が形成されるのはこのためであると推定した(図5-c)。

#### 4.2 シリケート型における汚染現象

一方、シリケート型については塗膜表面の高い親水性により、試験板全域で流下水滴のテール部が長く伸びていた。これによりブランクに比べて水と接している時間が長く、テール部の収縮も緩やかであると考えられる。このため、汚染物質がブランクと比べて付着しにくいものと思われる。そして、試験板の下部においては水滴が蛇行したことにより、汚染物質の付着位置が拡散し、視認されにくくなる効果もある。しかし、図7で示したように試験板の各位置での明度は、蛇行し始める60 mmより上方においてもブランクと比べて高い値を示していたため、流下水滴の蛇行が耐雨筋汚染性を良好にする主な要因ではないと考えている。因みに、水滴が蛇行した原因は、先行水滴のテール部が左右へ濡れ広がり、後続水滴との合いで水滴内部の流動が不規則に乱れたため<sup>5)</sup>、進路が安定しなかったことによるものと推察している。

#### 4.3 汚染現象についてのまとめ

以上の考察から、雨筋汚染は塗膜表面の雨滴流下による濡れと乾きの繰り返しによって起こっていると推定した。このことから、耐雨筋汚染性を確保するには、流下水滴のテール部における水濡れ性、つまり動的な後退接触角(図1)を低く保つことが最も重要であると考え。そのためには、一般的な静的接触角を低くする必要は必ずしもなく、塗膜表面に一定の親水基や凹凸を存在させることで後退接触角を低くできれば、耐雨筋汚染性を付与できるものと推察する。今回のカーボンブラック顔料による雨筋評価試験と屋外での雨筋汚染ばくろ試験との関係は必ずしも明確ではないが、雨筋汚染は黒色系の汚染物質が視認されることで美観が損なわれることから、黒色のカーボンブラック顔料分散水の滴下による今回の知見は一定の汎用性があるものと考えられ、更なる検討を進めていく。

## 5. 結 論

塗膜の雨筋汚染機構を解明するため、モデル汚染水による汚染性評価並びに高速度カメラを用いた流下水滴の解析を行い、これまで知見がなかった雨筋汚染と流下水滴の関係を考察した。可視化のために蛍光粒子を含ませた水滴の

連続流下を観察したところ、一度付着した粒子が徐々に流下経路の中央方向に移動していたことから、この移動は水滴上部(テール部)の収縮によるものと考えた。すなわち、連続する流下水滴の収縮によって濡れと乾きが繰り返される部分に汚染物質が付着しやすいものと推定した。このことから、耐雨筋汚染性を確保するには、流下水滴のテール部における水濡れ性、つまり動的な後退接触角を低く保つことが最も重要であると考え。

## 6. 謝 辞

本研究を進めるにあたり、水滴挙動や高速度カメラによる撮影に関して有益な助言を下さいました東京工業大学の中島章教授、ならびに神奈川科学技術アカデミーの酒井宗寿博士に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 小松澤俊樹、中家俊和: 塗装技術、**34** [1]、94-99 (1995)
- 2) 井上正治、玉井仁: 工業塗装、**148**、87-93 (1997)
- 3) 松田英樹、坂本明久、児島敬、早速裕: 塗料の研究、**151**、93-97 (2009)
- 4) 財団法人 建材試験センター規格 建築用外壁材料の汚染促進試験方法 JSTM J 7602 : 2003
- 5) 宇留嶋秀人、森健二、木村友哉、松田英樹: 塗装工学、**49** [6]、192-201 (2014)
- 6) M. Sakai, A. Hashimoto, N. Yoshida, S. Suzuki, Y. Kameshima, A. Nakajima: *Rev. Sci. Instrum.*, **78**, 045103 (2007)
- 7) K. Mori, H. Urushima, T. Kimura, H. Matsuda: 85th JSCM anniversary conference, proceeding, 32-33 (2013)