

4.2.2 超親水性

(1) 超親水性機能とは

通常的环境下では物質の表面は疎水性物質で覆われているため、程度の差はあるが水をはじく性質がある。どの程度水をはじくかは、水滴と物質表面の接触角によって表すことができる。接触角が大きいと、撥水性も大きくなる。例えば、ガラスなどの無機材料の場合は $20 \sim 30^\circ$ 、一般的な樹脂では $70 \sim 90^\circ$ 、撥水性のあるシリコンやフッ素樹脂では 90° 程度の接触角となる。接触角が大きくなると、水滴も大きくなる(図 4.2.2-1 参照)。撥水性材料はこの水滴を大きくして、それ自身の重量で水をはじくという概念で作られている。

一方、超親水性物質は 10° 以下という小さな接触角を持つため、物質表面の水滴は平らに張り付いたような形となり水滴を作らない(図 4.2.2-2 参照)。

図4.2.2-1 材料と水との接触角¹¹⁾



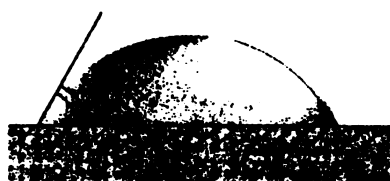
θ がゼロに近い「超親水」

θ が 0° 水は瞬間的に表面に広がり、平らな膜をつくる。

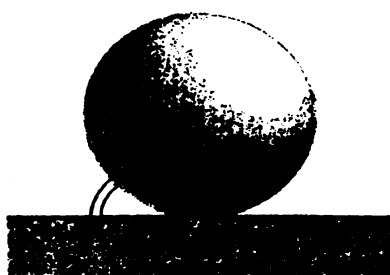
θ が 7° 以下 曇らない。

θ が 10° 以下 雨で汚れが流れ落ちる、水洗いしやすい。

θ が 15° 以下 したたり落ち易い。



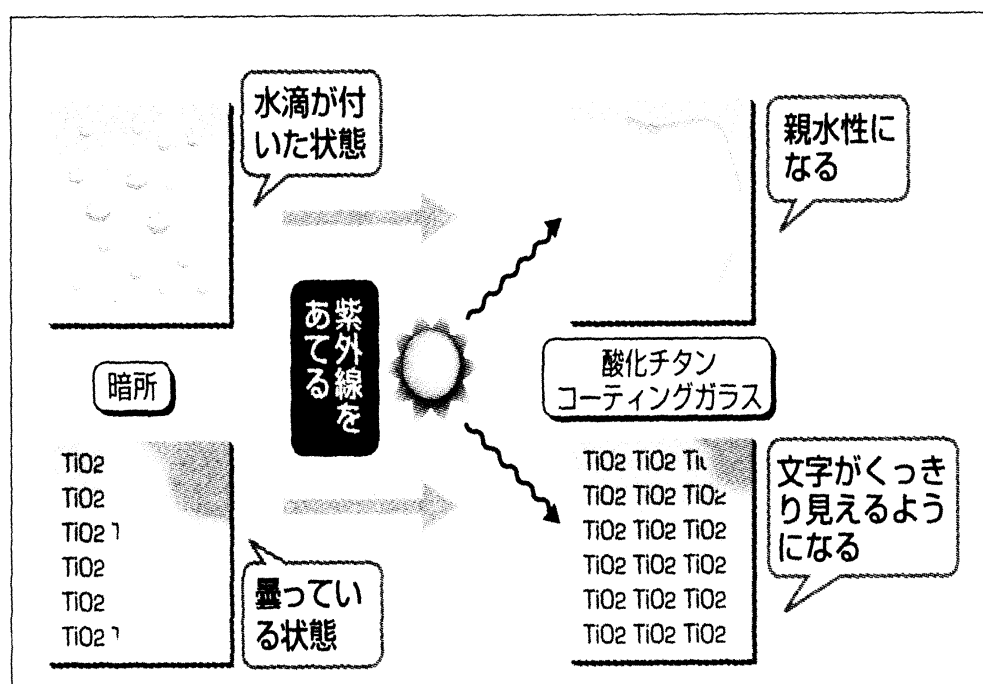
θ が中間



θ が 180° に近い「超撥水」

θ が 180° 小さな水滴は表面張力で完全な球となって転がる。油脂は付きやすい。

図4.2.2-2 二酸化チタンコーティングガラスの紫外線照射による変化¹²⁾



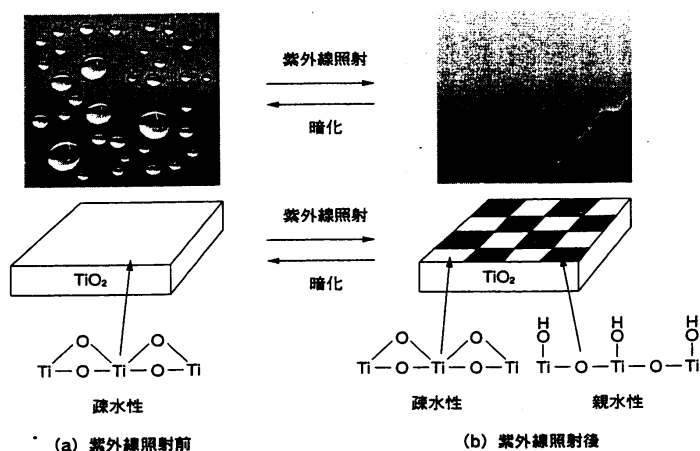
このような小さな接触角は、二酸化チタンなどの半導体光触媒に光照射することにより生成し、時間の経過に伴い、徐々に光照射前の疎水的な状態に戻る。なお、一旦疎水的な状態になっても紫外線（UV）を再度照射すると、再び超親水性は回復する。

このように、超親水性機能は従来の撥水性による汚れ防止とともに、酸化還元作用による汚れ物質の分解とは異なる方法、つまり汚れを付きにくくする方向で開発された機能である。

超親水性を引き起こす原理の概略図を図4.2.2-3に示す。光触媒である二酸化チタン薄膜の表面では、TiとTiを酸素が架橋（架橋酸素）して安定化している。この状態では、二酸化チタンの表面は疎水性である。この安定化した状態に紫外線が当たると、一部の架橋酸素が離脱して酸素欠陥が生じる。この酸素欠陥に空気中の湿分が結合し、化学吸着水（表面水酸基）が生成し、親水的になる。酸素欠陥が生じなかった箇所は疎水性のまま表面に残存するという親水部分と疎水部分が混在した構造を示すこととなる。このような表面に水が当たると、二次元的な毛細管現象により親水部へ吸収されるため水滴が形成されず、表面に広がり、その結果として超親水性を呈することとなる。

超親水性を示している表面に、紫外線を当てることを中止すると、表面水酸基が再度酸素と置換して疎水性の表面に戻ってしまう。しかし、シリコン系の蓄水性物質の添加により、親水性が高まると同時に化学吸着水から酸素への置換にかかる時間が長くなる。この結果、通常系では光照射を止めてから数時間で超親水性を示さなくなるが、蓄水性物質を組み合わせた系では1ヶ月以上も10°以下の接触角を保持することが確認されている。

図4.2.2-3 超親水性の発現機構モデル¹³⁾



超親水性が最も有効に機能すると思われる窓ガラスの汚れ防止などでは、ガラス基材にこの超親水性の膜を形成させる必要がある。しかし、窓ガラスなどに使われているホウケイ酸ガラスでは、ガラス中の Na イオンが二酸化チタン膜に拡散して $\text{Na}_x\text{Ti}_y\text{O}_z$ が形成されてしまう。この層は、電子と正孔の再結合センターとして働くため光活性を著しく低下させる原因となる。実用化にあたっては、この問題を解決する必要がある、この対策としてナトリウムの拡散をブロックする層として SiO_2 膜をガラスにプレコートするという工夫がなされている。

(2) 超親水性機能の応用

超親水性機能を応用した代表的な例は、光触媒タイル・衛生陶器などで、既に市販されるようになってきた。トイレタリーメーカーなどで製造されているタイルが、前述した二酸化チタンの薄膜にシリコン系蓄水性物質を組み合わせることで薄膜を焼成するという工程で製膜されたものである。

また、鏡やガラスの表面を超親水化し、表面で水滴を形成させず、曇を防止することができることを利用して、自動車ガラス表面に光触媒処理をする試みもある。既に自動車メーカーではトイレタリーメーカーの光触媒技術を利用してドアミラーを開発し、1998 年春発売の車に採用し、順次全車に備えていくことを発表している。

この他にも、道路関連資材、住宅関連資材、ビル関連資材、車両関連資材、医療関連資材、農業関連（ビニールハウスの水滴防止用等）、日用品など幅広い用途が考えられている（表 4.2.2-1 参照）。

表4.2.2-1 光触媒超親水性技術の応用例

分 類	機 能	商 品 例
道路関連資材	油性汚れの水洗浄	トンネル内装板、トンネル照明
	降水による セルフクリーニング	道路標識、道路照明、防音壁、ガードフェンス、道路反射板
	防曇性	道路鏡
住宅関連資材	油性汚れの水洗浄	キッチン設備部材、浴室設備部材、内装部材
	降水による セルフクリーニング	サイディング材、タイル、ガラス、サッシ、網戸、門扉、カーポート、サンルーム、ベランダ手すり、屋根材
	防曇性	浴室鏡、化粧鏡
	乾燥促進(結露防止)	衛生陶器、ガラス
ビル関連資材	降水による セルフクリーニング	ビルサッシ、カーテンウォール、塗装鋼板、アルミパネル、タイル、石材、結晶化ガラス、ガラス用フィルム
店舗関連資材	油性汚れの水洗浄	ショーケース
	降水による セルフクリーニング	サイン・表示類、ショーウインドウ、店舗用外装材
	防曇性	冷蔵・冷凍商品ケース
農業関連資材	セルフクリーニング、 水滴の付着・形成防止	ガラス温室、ビニールハウス
電気、電子機器 関連資材	油性汚れの水洗浄	コンピュータディスプレイ
	降水による セルフクリーニング	太陽電池、硝子
	水滴の付着・形成防止	エアコン用アルミフィン、高圧電線
自動車、二輪車、 車両関連資材	降水による セルフクリーニング	自動車塗装、車両塗装、前照灯カバー、窓ガラス（外側）
	防曇性	窓ガラス（内側）、ヘルメットシールド、ガラス用フィルム
	水滴の付着・形成防止	ドアミラー、二輪車バックミラー、二輪車風防、ミラー用フィルム
光学機器	防曇性	光学レンズ、内視鏡レンズ
医療関連資材	生体適合性	コンタクトレンズ、カテーテル類
日用品、消費材	油性汚れの水洗浄	食器、調理器具
	降水による セルフクリーニング	防汚メンテナンス剤
	防曇性	防曇メンテナンス剤
塗料など	上記の全機能	コーティング剤