

2.4.2 技術発展の状況

(1) 全体の状況

この節では、光触媒の超親水性技術を取り上げて解析対象とした。

超親水性に関連する代表的特許からみて、技術の発展状況をマップ化したのが、図2.4.2-1～図2.4.2-12である。これらの代表的特許を表2.4.2-1にまとめた。

光触媒の超親水性技術は次の7つの分野に分けて解析した。

- ・ 超親水性を示す材料の開発
- ・ 防曇性の利用
- ・ 結露防止性（転水性）の利用
- ・ 防汚性の利用
- ・ 着氷雪・着水滴防止性の利用
- ・ 塗料としての利用
- ・ 濡れ性の利用

超親水性を示す材料の開発以外は、すべてこの特殊な機能を利用しようとする応用技術に関する開発である。特許はほとんどが東陶機器から出願されたもので、他の会社では、わずかにセイコーエプソンやソニー、松下電器産業、トヨタ自動車などの出願が数件みられる程度である。

超親水性に関する東陶機器の出願は、光触媒を光励起すると光触媒の表面が高度に親水化されるという発見に基づくものである。光触媒性二酸化チタンを紫外線で励起すると、水との接触角が 10° 以下、時には約 0° になる程度に表面が親水化される。東陶機器はここで、「超親水性」を水との接触角に換算して約 10° 以下、好ましくは約 5° 以下の高度の親水性（濡れ性）と定義している。

図 2.4.2-1 超親水性(材料)の技術展開図(その1)

出願年 '95

'97

年月は出願月または優先権主張月

(機能の特定)

特許 2943768 95.03 東陶機器 チタニア結晶から成る表面層が光励起に応じて水との接触角約 10° 以下の水濡れ性(親水性)を示す複合材。防曇性、自己浄化性部材。	特開平 9-225387 95.12 東陶機器 光励起によって光触媒相の表面に少なくとも部分的に水酸基が固定された親水性部材。防曇性、視界確保性、降雨洗浄性、水洗浄性を恒久的に維持。	特開平 9-226040 95.12 東陶機器 光半導体が光励起で親水化するが光酸化還元反応を生じない程度の光触媒活性を有する。伝導帯のエネルギー準位下端を規定、酸化還元反応阻害物質添加。担体の劣化防止。
--	---	--

(光触媒構造)

特開平 9-241038 95.12 東陶機器 基材表面に形成する光触媒粒子径を 800 nm 未満に限定。光触媒の干渉による発色を防止して透明部材に適用できる。	特開平 10-166495 96.12 東陶機器 光触媒層が 10 ~ 100nm 程度の親水部と親油部がモザイク状に形成されている。親水性が向上して接触角 5° 以下の濡れ性を示す。	特開平 10-296902 97.04 東陶機器 伝導電子帯と荷電子帯との間の禁制帯幅 3.3 ~ 5.0eV。極めて低照度の照射で親水化。	特開平 10-310653 97.05 東陶機器 光触媒の伝導電子帯と価電子帯との間の禁制帯幅が 2.2 ~ 3.1eV。可視光を利用できる。
---	--	--	---

(複合光触媒・添加物)

特許 2756474 95.03 東陶機器 光触媒にシリカを加えた被膜を形成した、光励起で親水性を呈する部材。シリコンマトリックスにシリカ添加で耐摩耗性向上。防曇、防汚、水滴防止、自己浄化濡れ性機能を示す。「超親水性」を定義。	特許 2917525 95.12 東陶機器 光触媒層に固体酸としての金属酸化物複合体($\text{TiO}_2 \cdot \text{WO}_3$ など)を担持させる。表面エネルギーの水素結合成分が増加し水中における固体表面と油との接触角が増加し、撥油性となる。油清浄化。
---	---

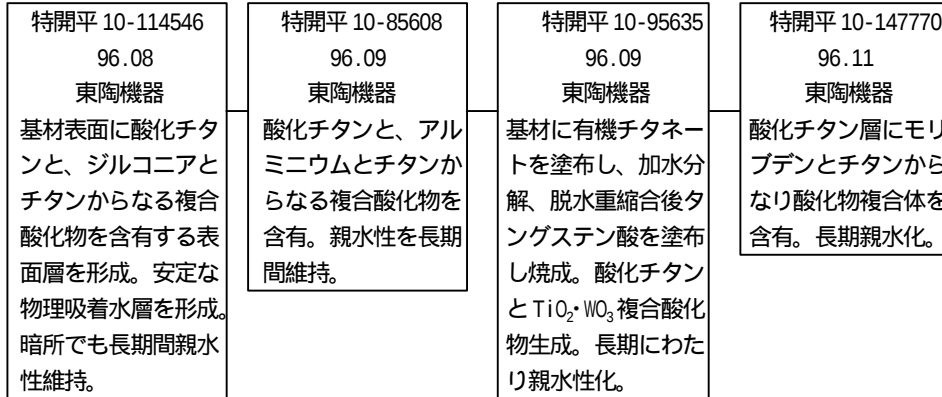
図 2.4.2-2 超親水性(材料)の技術展開図 (その 2)

出願年 '96

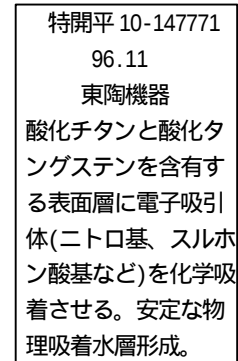
'96

年月は出願月または優先権主張月

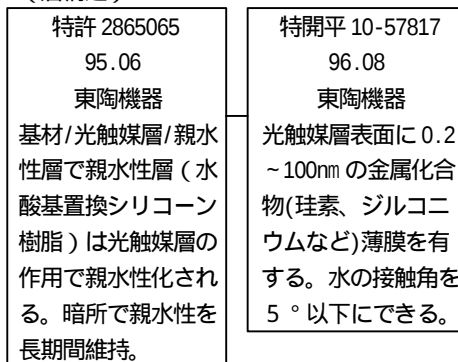
(酸化物複合体の添加)



(電子吸引体を共存)



(層構造)



(層構造：強度向上)

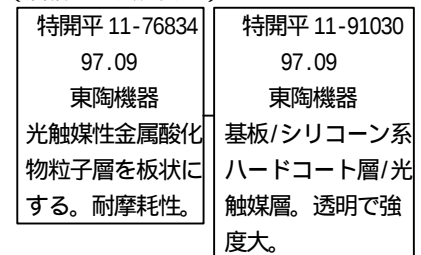


図 2.4.2-3 超親水性(材料)の技術展開図(その3)

出願年 '96

'97

年月は出願月または優先権主張月

(基板の表面処理剤)

特開平 11-106679 97.10 東陶機器 光触媒層を設ける前に基板を前処理。コロイダルシリカ、カチオン界面活性剤/両性界面活性剤。あらかじめ基板を親水化して光触媒層の結合強度向上。	特開平 11-114428 97.10 東陶機器 水分散無機コロイドを部分疎水化した水性ゾル。基板の事前親水化により親水性化安定。	特開平 11-156201 97.11 東陶機器 コロイダルシリカと水溶性アルミニウム塩を水分散。結合強度。	特開平 11-156205 97.11 東陶機器 コロイド状アルミと非イオン界面活性剤とアクリル酸重合体を水分散。
--	---	--	---

(バインダ)

特開平 9-314052 96.05 東陶機器 基材表面の樹脂塗膜層に、一部を外気に露出するように光触媒粒子を保持。光触媒作用により粒子部分の樹脂が分解し結果として粒子が露出。	特開平 10-315374 96.06 東陶機器 基材/アクリルシリコン樹脂層/光触媒層。接着性向上し基材の劣化防止。
--	---

(材料の親水化法)

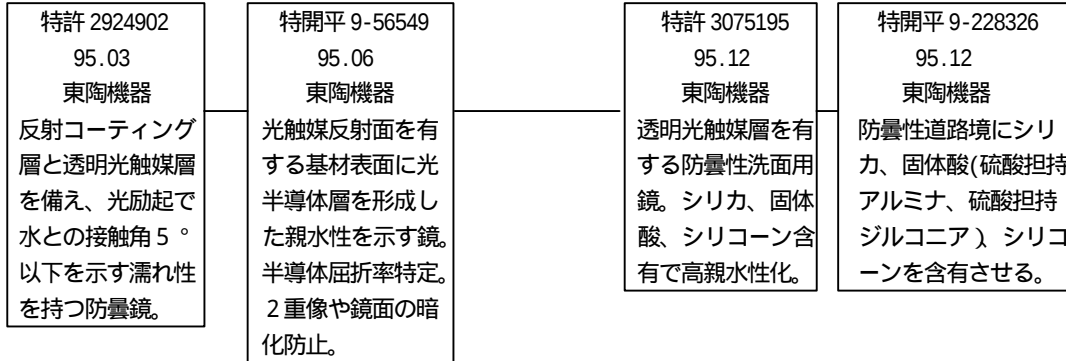
特開平 9-228022 95.12 東陶機器 チタン金属を酸素を含む雰囲気中で500～1100℃で焼成。結晶性酸化チタン生成。	特開平 10-67873 96.06 東陶機器 樹脂の表面を親水化し光触媒/シリコン層で被覆しシリコン中の有機基を水酸基に置換。樹脂の劣化を防止し耐摩耗性。	特開平 10-156992 96.11 東陶機器 ステンレスなどCr原子含有金属表面に原子種の拡散を防止する層を介して光触媒層を形成。光触媒がCrの悪影響を受けない。
--	--	---

図 2.4.2-4 超親水性(防曇性)の技術展開図 (その 1)

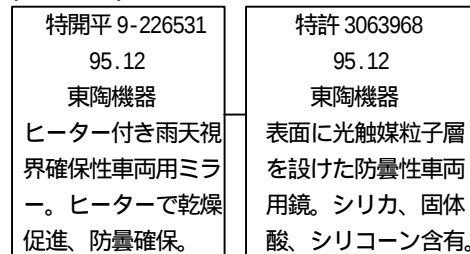
出願年 '95

年月は出願月または優先権主張月

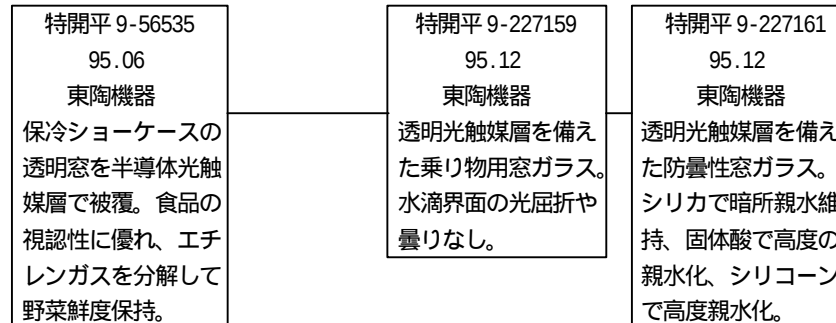
(鏡)



(車両用鏡)



(窓ガラス)



(レンズ)

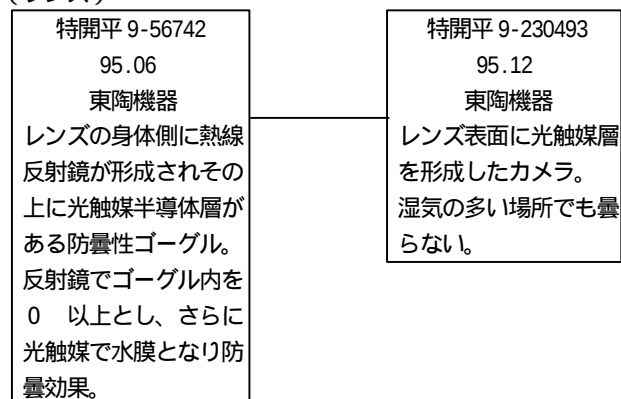


図 2.4.2-5 超親水性(防曇性)の技術展開図 (その 2)

出願年 '95

年月は出願月または優先権主張月

(防曇性材料)

特開平 8-313705 95.05 セイコーエプソン 白金添加酸化チタン層を設けた防曇性物品。水滴が光励起酸化チタンで分解されて水滴成長なし。	特許 3003593 95.12 東陶機器 透明基板表面に光触媒性酸化チタンとアモルファス酸化物の層を形成した防曇性部材。安定な物理吸着水層を形成。	特許 2901550 96.07 村上開明堂 基板/透明光触媒層/多孔状無機酸化膜。毛細管現象により表面の濡れ性が向上し、親水性が高めらる。
---	---	---

図 2.4.2-6 超親水性(結露防止性)の技術展開図

出願年 '95

'97

年月は出願月または優先権主張月

(層形成による結露防止)

特開平 9-224490 95.12 東陶機器 天井内面が透明光触媒層で被覆されて親水化されたビニールハウス(シリコーン塗料)。暗所で超親水性保持。	特開平 9-226041 96.09 東陶機器 基材と導電性物質層と光触媒層の親水性を呈する結露水滴付着防止部材。水膜化し蒸発促進。	特開平 11-76375 97.09 東陶機器 光触媒粒子と銀/白金とシラノール基が導入されているバインダを含む層を形成した浴室部材。水滴付かず抗菌性、シラノール基により微弱紫外線でも親水性発揮。
---	---	---

(親水/撥水構造による転水性)

特開平 10-132483 96.10 東陶機器 光触媒酸化粒子とシリコーンと撥水性フッ素樹脂を含有する層を形成した水接触角 90°以上の熱交換器用フィン。親水性と撥水性が微視的に分散し親水性・撥水性付着物の固着なく水滴付着なし。	特開平 10-170702 96.12 東陶機器 光触媒酸化粒子とシリコーンと撥水性フッ素樹脂を含有する層を形成した水接触角 90°以上のプラスチックレンズ。	特開平 10-237430 97.02 東陶機器 フッ素樹脂とシリコーン樹脂のグラフト重合体と、光触媒層を基材表面に形成。	特開平 10-237380 97.02 東陶機器 光触媒酸化粒子とシリコーンと撥水性フッ素樹脂を含有する転水性表面を有する部材。恒久的に水滴転がり性を有する。
--	--	--	--

図 2.4.2-7 超親水性(防汚性)の技術展開図 (その 1)

出願年 '95

'96

年月は出願月または優先権主張月

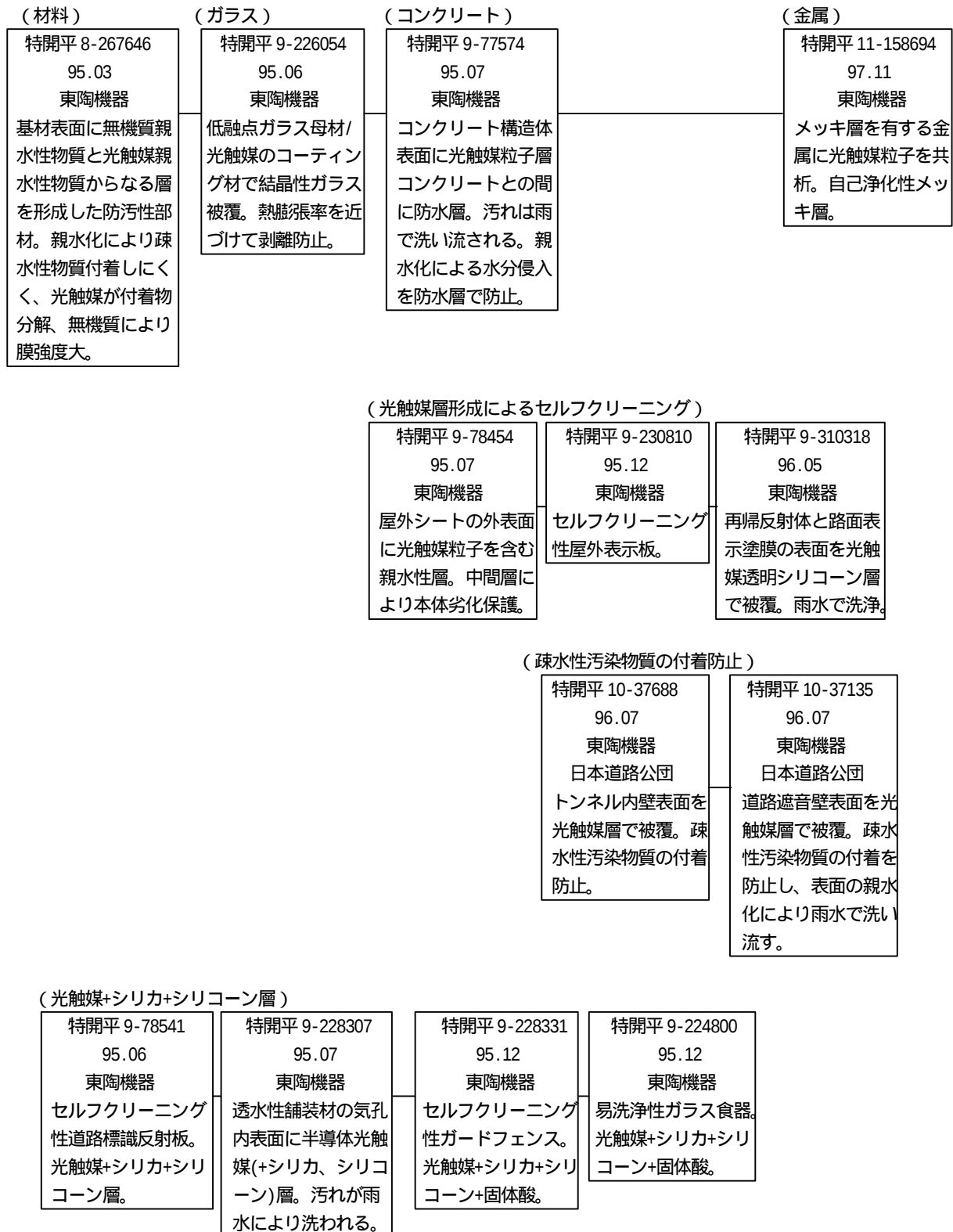


図 2.4.2-8 超親水性(防汚性)の技術展開図 (その 2)

出願年

'96

年月は出願月または優先権主張月

(親水性層+撥水性層)

特開平 10-43078 96.05 東陶機器 光触媒親水性部とフッ素樹脂撥水性部が表面に微視的に分散し、接触角 90° 以上の表面層を形成した浴槽。親水性と疎水性の両付着物の固着防止。	特開平 10-219620 97.02 東陶機器 光触媒粒子+撥水性シリコン+シリコンの親水化防止物質からなる表面層を有する路面標識。
---	---

図 2.4.2-9 超親水性(着氷雪・着水滴防止性)の技術展開図

出願年

'95

'96

年月は出願月または優先権主張月

(表面親水化)

特開平 9-228072 95.06 東陶機器 屋外設置部材の表面に光触媒粒子層を形成。親水化により付着防止。表面粗さを小さくして水浸透を防ぐ(アンカー効果防止)。
--

(表面撥水化)

特開平 9-228073 95.06 東陶機器 光触媒と電子補足性金属の下地層の上に撥水性被膜を形成して着氷雪防止。撥水性被膜表面に付着した汚れを光触媒で分解、電子補足金属で光触媒反応維持。

特開平 10-159264 96.11 東陶機器 光触媒と撥水性シリコンとシリコンの親水化を防止する物質(Co など)を含む表面層を有する屋根材。長期にわたり撥水性を維持し着氷雪防止。
--

(親水化 / 撥水化)

特開平 10-162655 96.11 東陶機器 光触媒とシリコンと撥水性フッ素樹脂を含有する表面層を送電線に形成、接触角が 90° 以上。親水性部分と撥水性部分ができ、親水・撥水物質を除去。
--

特開平 10-163720 96.11 東陶機器 光触媒とシリコンと撥水性フッ素樹脂を含有する表面層をアンテナに形成、接触角が 90° 以上。

特開平 10-287237 97.04 東陶機器 光触媒とシリコンと撥水性フッ素樹脂を含有する表面層をアンテナに形成、接触角が 90° 以上。

図 2.4.2-10 超親水性(塗料)の技術展開図

出願日 '95

'97

年月は出願月または優先権主張月

(基本的特許)

特開平 9-59041
95.06
東陶機器
未硬化シリコーンと半導体光触媒粒子を溶媒に分散させたコーティング材。塗布し光励起により接触角 10° 以下を示す。半恒久的防曇性、耐摩耗性。

(チタニア粒子)

特開平 9-59042
95.06
東陶機器
屈折率 2 未満の媒体に平均結晶子径 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下のチタニア粒子を含有する塗料で被覆した透明基材。光の反射を低減。

(バインダ)

特開平 9-188850
95.11
東陶機器
特定構造のシロキサンと加水分解性シラン誘導体と光触媒性酸化物粒子からなる。シリコーンが低温硬化反応、耐摩耗性。

特開平 9-227829
95.12
東陶機器
信越化学工業
特定組成式のシロキサンからなる塗膜形成要素と光触媒粒子を含有するコーティング材。耐擦傷性。

特開平 11-156202
97.11
東陶機器
光触媒性金属酸化物粒子と水不溶性吸水性樹脂を水に分散。暗所での親水維持効果向上、親水化を長期維持。

特開平 11-172201
97.12
東陶機器
アニオン系界面活性剤と親水基含有オルガノポリシロキサン。塗膜固着性向上。

(添加物)

特開平 9-227805
95.12
東陶機器
光触媒性酸化チタンと無定型アルミナとからなる塗料。蓄水効果により遮光時の親水性も長期維持。

(添加物 + バインダ)

特開平 11-123333
97.10
東陶機器
コロイド状アルミナと非イオン性界面活性剤とアクリル酸重合体を含む。合成樹脂表面で弾かれず、均一な薄膜形成。

特開平 11-128751
97.10
東陶機器
シリカとポリビニルアルコールと湿潤剤を含む。

特開平 11-138010
97.11
東陶機器
ヒドロキシアルコキシセルロースとコロイド形成性無機酸化物を含む。

特開平 11-236549
98.02
東陶機器
自動車ボディ表面用前処理剤。コロイダルシリカと非イオン性界面活性剤。表面を親水化して結合強度向上。

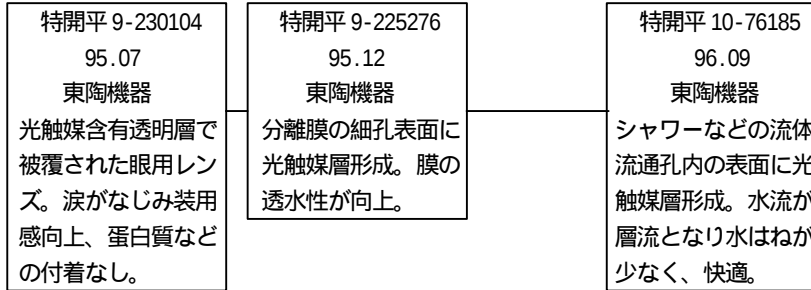
図 2.4.2-11 超親水性(濡れ性)の技術展開図(その 1)

出願年 '95

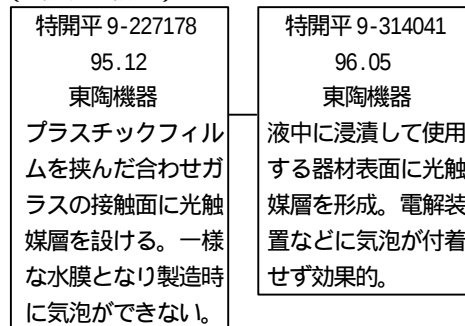
'96

年月は出願月または優先権主張月

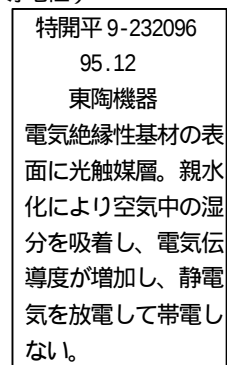
(水なじみ性)



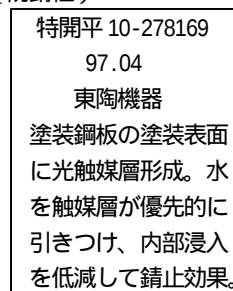
(気泡発生防止)



(導電性)



(防錆性)



(密着性)

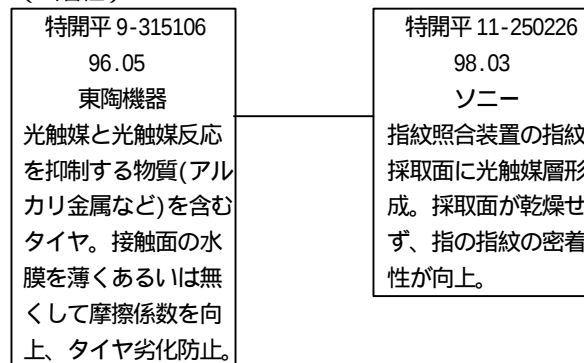


図 2.4.2-12 超親水性(濡れ性)の技術展開図(その 2)

出願年

'96

年月は出願月または優先権主張月

(水膜・油膜形成性)

特開平 9-329378 96.06 東陶機器 アイススケートリンクのリンク基材表面に光触媒層形成。散水時に水膜を薄く一様な厚さに形成できるため、平滑な表面をもつ氷層ができる。	特開平 10-43602 96.08 東陶機器 潤滑油を介して接する運動体の接触面に光触媒層を設ける。潤滑剤が一様に広がるため、摩擦低減効果を向上。	特開平 11-190335 97.12 松下電器産業 軸または軸受けの摺動面に光触媒を備える。光励起で水酸イオンは超親水化を発揮し、他の部分が超親油化を発揮。摺動特性向上、摩耗少。
--	--	--

(離型性)

特開平 10-34668 96.07 東陶機器 成型用型の成形表面に光触媒層形成。疎水性である成形体表面とは接着しにくく、離型が容易。

(溶液濃度勾配)

特開平 11-76831 97.09 トヨタ自動車 ハニカム基材/光触媒層/多孔質担体/触媒金属+NOx 吸蔵材。超親水化により吸蔵材溶液に濃度勾配ができ、表層に吸蔵材が集まる。NOx 吸蔵効率が大きい。
--

表 2.4.2-1 超親水性の代表的特許リスト(1/4)

公報番号	出願日または 優先権主張日	出願人または 権利者	発明の名称
特許 2943768	95.03.20	東陶機器	親水性の光触媒性表面を備えた複合材
特開平 9-225387	95.12.22	東陶機器	親水性部材、及び部材表面の親水化方法
特開平 9-226040	95.12.22	東陶機器	親水性を備えた複合材
特開平 9-241038	95.12.22	東陶機器	光触媒性親水性部材及びその製造方法
特開平 10-166495	96.12.09	東陶機器	親水性親油性部材
特開平 10-296902	97.04.24	東陶機器	光触媒性親水性部材、及び部材表面の親水化方法
特開平 10-310653	97.05.13	東陶機器	光触媒性親水性部材
特許 2756474	95.03.20	東陶機器	基材の表面を光触媒的に親水化する方法、親水性の光触媒性表面を備えた基材、その製造方法、および、光触媒性親水性コーティング組成物
特許 2917525	95.12.22	東陶機器	表面を光触媒的に親水化する方法、および、光触媒性親水性表面を備えた複合材
特開平 10-114546	96.08.22	東陶機器	光触媒性親水性部材、及びその製造方法
特開平 10-85608	96.09.17	東陶機器	光触媒性親水性部材、及びその製造方法
特開平 10-95635	96.09.20	東陶機器	光触媒性親水性部材の形成方法、及び光触媒性親水性部材
特開平 10-147770	96.11.20	東陶機器	光触媒性親水性部材、及びその製造方法
特開平 10-147771	96.11.20	東陶機器	光触媒性親水性部材及びその製造方法
特許 2865065	95.06.14	東陶機器	親水性表面を備えた複合材
特開平 10-57817	96.08.23	東陶機器	光触媒活性を有する親水性構造体
特開平 11-76834	97.09.11	東陶機器	光触媒性親水性部材、及び光触媒性親水性コーティング組成物
特開平 11-91030	97.09.25	東陶機器	光触媒性親水性部材
特開平 11-106679	97.10.08	東陶機器	光触媒被膜形成用表面処理剤及びこの表面処理剤を用いた光触媒被膜の形成方法
特開平 11-114428	97.10.15	東陶機器	光触媒被膜形成用表面処理剤及びこの表面処理剤を用いた光触媒被膜の形成方法
特開平 11-156201	97.11.21	東陶機器	光触媒被膜形成用表面処理剤及びこの表面処理剤を用いた光触媒被膜の形成方法

表 2.4.2-1 超親水性の代表的特許リスト(2/4)

公報番号	出願日または 優先権主張日	出願人または 権利者	発明の名称
特開平 11-156205	97.11.21	東陶機器	光触媒被膜形成用表面処理剤及びこの表面処理剤を用いた光触媒被膜の形成方法
特開平 9-314052	96.05.31	東陶機器	親水性又は光触媒活性を有する基材及びその製造方法
特開平 10-315374	96.06.18	東陶機器	光触媒性親水性部材
特開平 9-228022	95.12.22	東陶機器	親水性部材、及び親水性維持方法
特開平 10-67873	96.06.18	東陶機器	基材表面の親水化方法
特開平 10-156992	96.11.29	東陶機器	親水性部材
特許 2924902	95.03.20	東陶機器	基材の表面を光触媒的に超親水性にする方法、超親水性の光触媒性表面を備えた基材、および、その製造方法
特開平 9-56549	95.06.14	東陶機器	防曇性鏡
特許 3075195	95.12.22	東陶機器	防曇性洗面用鏡、それを備えた洗面化粧台、洗面鏡用防曇性フィルム及び洗面用鏡の防曇方法
特開平 9-228326	95.12.22	東陶機器	防曇性道路鏡、及びその防曇方法
特開平 9-226531	95.12.22	東陶機器	雨天視界確保性車両用ミラー、それを備えた自動車、二輪車
特許 3063968	95.12.22	東陶機器	防曇性車両用ミラー、それを備えた自動車、車両用ミラー用防曇性フィルム及び車両用ミラーの防曇方法
特開平 9-227159	95.12.22	東陶機器	乗り物の前後方窓ガラス及びその製造方法
特開平 9-227161	95.12.22	東陶機器	窓ガラス、窓ガラス貼着用フィルム及びそれらの防曇方法、清浄化方法
特開平 9-56535	95.06.14	東陶機器	保冷ショーケース
特開平 9-56742	95.06.14	東陶機器	防曇性ゴーグル
特開平 9-230493	95.12.22	東陶機器	カメラ
特開平 8-313705	95.05.22	セイコーエプソン	防曇性物品及びその製造方法
特許 3003593	95.12.22	東陶機器	光触媒性親水性部材
特許 2901550	96.07.26	村上開明堂	防曇素子
特開平 9-226041	96.09.06	東陶機器	結露水滴付着防止部材及び部材の結露水滴付着防止方法
特開平 9-224490	95.12.22	東陶機器	ビニールハウス天井およびその結露集中防止方法
特開平 11-76375	97.09.12	東陶機器	浴室部材、浴室部材用コーティング組成物及び浴室部材用シート

表 2.4.2-1 超親水性の代表的特許リスト(3/4)

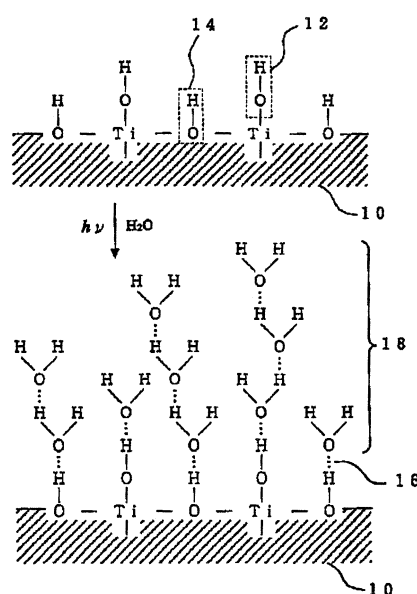
公報番号	出願日または 優先権主張日	出願人または 権利者	発明の名称
特開平 10-132483	96.10.29	東陶機器	水滴付着防止性を有する熱交換器用 フィン、及びそれを備えた熱交換器
特開平 10-170702	96.12.13	東陶機器	水滴付着防止性を有するプラスチック クレンズ
特開平 10-237430	97.02.25	東陶機器	滑水性表面を有する部材
特開平 10-237380	97.02.26	東陶機器	転水性表面を有する部材及び転水性 コーティング組成物
特開平 8-267646	95.03.30	東陶機器	防汚性部材
特開平 9-226054	95.06.14	東陶機器	防汚性結晶性ガラス
特開平 9-77574	95.07.08	東陶機器	コンクリート構造体
特開平 11-158694	97.11.27	東陶機器	親水性メッキを施した物品及びメッ キ方法
特開平 9-78454	95.07.08	東陶機器	屋外用シート製品
特開平 9-230810	95.12.22	東陶機器	屋外表示板、及びその清浄化方法
特開平 9-310318	96.05.22	東陶機器	視認性に優れた路面表示、その施工方 法およびセルフクリーニング方法
特開平 10-37688	96.07.22	東陶機器、日本道路公団	防汚性トンネル内壁、その防汚方法お よび洗浄方法
特開平 10-37135	96.07.22	東陶機器、日本道路公団	遮音壁の洗浄方法
特開平 9-228307	95.07.08	東陶機器	透水性舗装材
特開平 9-78541	95.06.14	東陶機器	自己浄化性表面を備えた道路標識用 反射板
特開平 9-228331	95.12.22	東陶機器	セルフクリーニング性ガードフェン ス、及びガードフェンスの清浄化方法
特開平 9-224800	95.12.22	東陶機器	ガラス食器、及びその洗浄方法
特開平 10-43078	96.05.31	東陶機器	浴槽
特開平 10-219620	97.02.03	東陶機器	路面表示、及びその施工方法
特開平 9-228072	95.06.14	東陶機器	屋外設置部材
特開平 9-228073	95.04.14	東陶機器	撥水性部材及びこの撥水性部材を用 いた着氷雪防止方法
特開平 10-159264	96.11.29	東陶機器	屋根材
特開平 10-162655	96.11.29	東陶機器	水滴付着防止性を有する送電線
特開平 10-163720	96.11.29	東陶機器	氷雪付着防止性を有するアンテナ

表 2.4.2-1 超親水性の代表的特許リスト(4/4)

公報番号	出願日または 優先権主張日	出願人または 権利者	発明の名称
特開平 10-287237	97.04.15	東陶機器	飛石事故防止性鉄道車両
特開平 9-59041	95.06.14	東陶機器	光触媒を含有する防曇性コーティ ング組成物
特開平 9-59042	95.06.14	東陶機器	防曇性コーティングを備えた透明基 材
特開平 9-188850	95.11.09	東陶機器	光触媒性親水性コーティング組成物
特開平 9-227829	95.12.22	東陶機器	光触媒性親水性コーティング組成物、 親水性被膜の形成方法および被覆物 品
特開平 11-156202	97.11.21	東陶機器	光触媒親水性組成物
特開平 11-172201	97.12.09	東陶機器	光触媒親水性組成物
特開平 9-227805	95.12.22	東陶機器	光触媒性親水性塗料組成物
特開平 11-123333	97.10.23	東陶機器	光触媒親水性組成物
特開平 11-128751	97.10.30	東陶機器	光触媒親水性組成物
特開平 11-138010	97.11.06	東陶機器	光触媒親水性組成物
特開平 11-236549	98.02.20	東陶機器	自動車ボディ用表面処理剤及びこの 表面処理剤を用いた自動車ボディに 対する光触媒被膜の形成方法
特開平 9-230104	95.07.08	東陶機器	眼用レンズおよびその親水化処理方 法
特開平 9-225276	95.12.22	東陶機器	分離膜及び分離膜に対する表面層形 成方法
特開平 9-227178	95.12.22	東陶機器	合わせガラス及びその製造方法
特開平 9-314041	96.05.30	東陶機器	気泡付着防止器材及びその製造方法
特開平 10-76185	96.09.02	東陶機器	液体流通孔を有する部品
特開平 9-232096	95.12.22	東陶機器	帯電防止方法および帯電防止性複合 材
特開平 10-278169	97.04.02	東陶機器	塗装鋼板、及びその錆止め方法
特開平 9-315106	96.05.30	東陶機器	タイヤ及びブレーキパッド
特開平 11-250226	98.03.04	ソニー	指紋照合装置
特開平 9-329378	96.06.07	東陶機器	アイススケートリンクの製造方法お よびアイススケートリンク
特開平 10-43602	96.08.07	東陶機器	機械機構
特開平 11-190335	97.12.26	東陶機器	摺動性に優れた軸受装置と摺動装置
特開平 10-34668	96.07.25	東陶機器	成型用型
特開平 11-76831	97.09.02	トヨタ自動車	排ガス浄化用触媒及びその製造方法

光触媒の光励起によって起こる表面の超親水化現象は、現在のところ必ずしも明確に説明できないとされているが、光触媒性コーティングに関しては、次のように解釈されている。すなわち、固体と気体との界面における表面エネルギーは分子分散力成分と双極子成分と水素結合成分の3成分で構成されており、光照射によって光触媒コーティングの表面が親水化されるときには、表面エネルギーの上記成分のうち水素結合成分のみが顕著に増加する。この表面に水が物理吸着されて超親水性を発揮する。水分子の水素結合による物理吸着が促進され、表面に高密度の物理吸着水層が形成される。これらの模式図を示したのが図2.4.2-13である。10は二酸化チタンコーティング、12はターミナルOH基、14はブリッジOH、16は水素結合、18は物理吸着水層である。

図2.4.2-13 光触媒による物理吸着水層の模式図(特開平10-140046)



この物理吸着水層の形成によって、光励起が中断しても表面の親水性は維持され、親水性の減衰は最小限となる。また、再び光励起した時には、短時間で、あるいは微弱な光で親水性は容易に回復する。

超親水性に関する東陶機器の日本出願は1995年3月20日に行われている(国際出願としては国際公開公報 W096/29375)。超親水性を示す材料、シリコンマトリックス、防曇性鏡および防汚性部材に関するものである。

超親水性を示す材料の開発では、超親水性材料そのものを規定したもの、光触媒の構造・形状に関するもの、触媒添加物・複合化に関するもの、層構造を検討したもの、バインダや結合性を良くするための基材の前処理に関するもの、金属などの超親水性化処理に関するものなどが含まれる。いずれも暗所や長期間の超親水性の維持が主な目的であるが、基材の劣化防止、滲油化、光触媒と基材との結合強度向上なども開発の対象となっている。光触媒の表面エネルギーの水素結合成分を増加させる物質は電子受容体(ルイス酸)として働く固体酸、あるいは電子供与体(ルイス塩基)として働く固体塩基などであるから、金属酸化物複合体などが触媒添加物として検討されている。

超親水性に基づく防曇性を利用した応用では、鏡、窓ガラス、レンズなどがみられる。物品の表面に曇りが生じるのは、表面が雰囲気露点以下の温度に置かれたとき、雰囲気中の水分が凝縮して表面に結露するからである。凝縮水分が十分に細かく、水滴の直径が可視光の2分の1程度であれば、水滴は光を散乱してガラスや鏡は見かけ上不透明となり曇った状態となる。物品の表面に光触媒コーティング層を設けると、このコーティング層が光照射により超親水性化し、空気中の水分や湯気が結露しても凝縮水は個々の水滴を形成することなく一様な水膜になるので、表面に光散乱性の曇りを生じることがなくなる。

結露防止性も防曇性と同じ原理によるものである。部材の表面が高度に親水化されると、雰囲気中の水分が凝縮して付着しても水滴状には成長せず、一様に水膜化するようになり、流下しにくくなる。この時、さらに導電性物質の層を設けてこれに電流を流すと、付着水滴の蒸発乾燥が促進される。このような特性は、ビニールハウス、窓サッシ、冷蔵・冷凍ショーケース、内装建材、便器、浴室壁、レンズ、熱交換器フィンなどに適用できる。バインダとしてシリコンと撥水性フッ素樹脂を用いると、親水性と撥水性が微視的に分散して結露防止効果が高まる。

基材の表面を超親水性を発揮する光触媒で形成されていると、疎水性の汚れ成分は付着しにくくなる。また、汚れ成分にプロピオン酸などの極性成分が存在する場合でも光触媒作用により分解され、表面の疎水化が防止される。さらに光触媒により生成される活性酸素の働きで菌の繁殖も抑制される。光触媒と無機質親水性物質の層を表面に形成した防汚材料の開発にはじまって、ガラス、コンクリート、金属などの防汚材料が作られている。また、屋外シート、屋外表示板、路面表示体、トンネル内壁、道路遮音壁、ガードフェンス、道路標識、透水性舗装など、排気ガスによる汚れ対策の用途開発が行われている。これらの用途では、汚れが付着しても雨水により洗浄されてセルフクリーニング効果を有する。道路標識の反射板のような用途では、光触媒層にシリカを20重量%ほど配合することにより、基材と光触媒層の屈折率の差を小さくして反射板の再帰反射率の低下を防止する（特開平9-78541）。また、光触媒のバインダにシリコンを用いると、光触媒の作用によりシリコン層の表面にシリコン分子の珪素原子に結合した有機基が少なくとも部分的に水酸基に置換されたシリコン誘導体が形成され、シリコン層の表面は水との接触角が約 0° になる程度に超親水化される。

超親水性の着氷雪・着水滴防止への応用は、超親水性に関する最初の出願とほぼ同時期に出願されている。原理的には親水性単独に加えて撥水性との組み合わせ、撥水性を主としながら汚れによる撥水性の低下防止に光触媒を使うものなどである。

超親水性の応用の1つである塗料は、光触媒をコーティング材の形にして、スプレーなどの形で部材に簡単に超親水性を付与しようとするものである。コーティング材の基本的な構成は、シリコンやシリカなどのマトリックスに光触媒を含有させ、溶媒で液状にしたものであるが、耐摩耗性や基材との接着性の向上を目的に、マトリックスや添加物に関して種々探索が行われている。

その他の応用では、水なじみ性、気泡発生防止性、帯電防止性、防錆性などの性質を利用した用途が開発されている。

以下、超親水性技術の各分野ごとに詳細な解析を行った。