酸化チタンの表面処理と発現する機能

片 山 真 宏^a

^a テイカ(株) 岡山研究所 (〒704-8136 岡山県岡山市東区西幸西 1072)

Surface Treatment of TiO₂ and Its Function

Masahiro KATAYAMA^a

^a Tayca Corporation (1072, Nishi-kozai, Higashi-ku, Okayama-shi, Okayama 704-8136)

Keywords : Titanium Dioxide, Surface Treatment, Functional Filler

1. はじめに

酸化チタンは、白色顔料や紫外線遮蔽フィラーなどとしてよく知られ、現在、世界生産量は年間約 660 万トン¹⁾であり、そのうち日本では年間約 20 万トン²⁾が生産されている。主に白色顔料として用いられており、印刷物、塗料、包装フィルム、壁紙、プラスチックと多岐にわたり使用されている。また酸化チタンは微粒子とすることで高透明・紫外線遮蔽フィラーとして用いられ、日焼け止めなどの化粧品にも使用されている。現代社会において、我々の生活には欠かせないものになっている。

工業的に生産され製品化されている酸化チタンの大部分は無機物あるいは有機物で表面をコーティング(表面処理)されている。表面処理は、用途に応じて化学種(処理剤)の種類や量、形態などを緻密に設計し、界面化学的な特性、粉体の物理的な特性を制御している。

本稿では、酸化チタンの基礎的性質、工業的な製造方法、表面処理方法の紹介及び表面処理することで発現する機能と使用用途の関係について論ずる。

2. 酸化チタンの物理的性質¹⁾

酸化チタンにはアナタース、ルチル、ブルッカイトの 3 種類の結晶形が存在するが、現在工業的に生産されているのは、アナタースとルチルである。表 1 に各結晶形による酸化チタンの一般的性質を示した。いずれも正方晶系に属しており、高い屈折率、高い熱安定性を特徴とする。また弗酸、熱濃硫

表 1 酸化チタンの物理的性質

結晶形	ルチル	アナタース
結晶系	正方晶系	正方晶系
密度(g/cm ³)	4.27	3.90
屈折率 n_D	2.72	2.52
モース硬度	7.0 ~ 7.5	5.5 ~ 6.0
誘電率	114	48
融点(℃)	1825	ルチルに転移

酸、溶融アルカリ塩以外の酸、アルカリ、水、有機溶媒には溶解せず、化学的にも安定である。

3. 酸化チタンの製造方法¹⁾

酸化チタンの製造法として硫酸法と塩素法が工業的に実用化されている。

硫酸法は、イルメナイト鉱石(主に FeTiO₃)を硫酸を用いて下記反応式に従い反応させ各種硫酸塩の溶液とする(式(1))。その後、得られた混合物の分離・精製を行い高純度の TiOSO₄ 水溶液とした後、加水分解して不溶性の含水酸化チタン(メタチタン酸)を得る(式(2))。これを焼成することでアナタース、ルチルの酸化チタンとなる(式(3))。

塩素法は、ルチル鉱等と塩素を還元雰囲気下で反応させ下記反応式に従い四塩化チタン(TiCl₄)を得る(式(4))。得られた TiCl₄ には、多くの不純物を含んでいるため精製を行い高純度の TiCl₄ とした後高温酸化してルチル形酸化チタン粒子を得る(式(5))。

このように得られた酸化チタンは高温で処理されているが故、一次粒子の凝集体として得られる。この時点で、白色顔料として必要な結晶粒径などの資質は備えているが、分散性をはじめとしたその他の顔料特性が悪く実用に耐えない。そのため、各使用目的別の表面処理を施し製品となる。(各仕様目的別の処理については 6 章参照)

4. 酸化チタンの表面処理方法¹⁾

前章の製造方法により得られた酸化チタンは、分散性をはじめとした任意の機能を付与する為、表面処理が施される。酸化チタンの表面処理方法は大きく分けて溶液中で行う湿式処

表2 酸化チタンの各種処理方法

	処理剤	処理化学種
4.1 湿式処理	4.3 無機物処理	アルミナ、シリカ、ジルコニア、 チタニア、亜鉛、スズ化合物など
4.2 乾式処理	4.4 有機物処理	ステアリン酸などの脂肪酸、 アルキルシラン、シリコーンオイルなど

理, 固相で行う乾式処理に分けられる。処理剤の化学種によって, 無機物処理, 有機物処理に分類される(表2)。4. 1～4. 4節では, これらの処理方法について説明する。

4. 1 湿式処理

湿式処理は, 水系, 有機溶媒系を問わずスラリー状態で処理することと定義している。酸化チタンは, 工業的な生産ラインにおいて, 一次粒子の焼結体(凝集体)として得られる(3章参照)。その後行う表面処理は, 理想的には一次粒子の一つ一つに均一処理されていることが望ましい。各々の粒子に表面処理するため, 図1上段に示すよう前処理として, 焼結体をメディア式湿式ミルを用い, 粒子を解砕, 分散する。分散状態にて表面処理することで, 一次粒子に近い状態で処理でき粉碎後も未被覆面の露出を少なくすることができる。また解砕せず凝集体のまま表面処理を行った場合, 粉碎後未処理面が露出することになり, 分散安定性や耐候性などにおいて不利となる(図1下段)。

4. 2 乾式処理

乾式処理は湿式処理に対し, 無溶媒で処理することと定義している。そのため環境負荷が少ない特徴がある。しかし二次凝集体である粉体として処理される為, 顔料への均一な表面処理を行うには, 高度な技術が要求される。近年は, 乾式処理の技術が向上し, 湿式処理と大差ないレベルの表面処理が行えるようになってきている。処理方法は, 高速攪拌機で流動する粉体中に任意の処理剤溶液を噴霧し, 均一混合し処理される。その後, 必要に応じ焼付処理などを行う。

4. 3 無機物処理

酸化チタンの無機物処理で一般的なのは, アルミナ, シリカ, ジルコニアなどの水和物の処理であり単独あるいは併用される。表面処理は主に湿式処理で行われ酸化チタンスラリー中に各処理剤の塩類水溶液を加え, これを中和するアルカリまたは酸を加えて生成する含水酸化物で酸化チタン粒子

図2 表面処理形態の制御

表面を被覆する。以下に例を示す。

アルミナ:

シリカ:

アルミナ, シリカはいずれも親水性で水に濡れやすいが, そのなかでもアルミナはやや親油性であり, シリカは親水性が強い。アルミナ処理は主として分散性・親油性・耐候性の向上を目的とし, シリカ処理は, 緻密で高密度なものは特に優れた耐候性, 多孔質で低密度なものはエマルジョン塗料の隠ぺい力向上に効果的である(図2)。また前述のシリカ処理の表面処理物の形態制御は, pH制御はもとより, 攪拌速度, 反応温度, 反応時間などによってコントロールすることができる。アルミナとシリカの処理のバランスによりその製品の親油性, 親水性, さらに媒質中の分散性がほぼ決定される。

4. 4 有機物処理

有機物処理はステアリン酸などの脂肪酸, アルキルシラン化合物, シリコーン化合物での処理が一般的であり, 無機物処理との併用もよく用いられる。アルキルシラン化合物, シリコーン化合物による表面処理では顔料に撥水性を付与できる。また有機物であるが故, 分子鎖長調整や官能基の導入などが容易である。方法は, 高分散スラリー中に溶解させ, 攪拌しながら乾燥を行い処理される。その後, 熱処理などを行い, 酸化チタンの表面水酸基と有機物分子の極性基(アルコール基やシラノール基)を脱水縮合させ化学結合を形成させる。また極性基を持たないシリコーンオイルなどは顔料表面と物理的な吸着によっても処理することができる。

とくに有機物処理は微粒子酸化チタンに多く適応されている。微粒子酸化チタンは微粒子であるが故に凝集力がきわめて強く, 使用に際して媒質への分散が困難なためである。したがって分散性を向上させるため, 樹脂やオイルへの濡れ性向上を目的とし, ステアリン酸などの脂肪酸, アルキルシラン系の処理を用いたものが多い。

5. 表面処理状態分析¹⁾

5章では, 4章の表面処理によって製造・作製された酸化チタンの分析方法を紹介する。適切な表面処理の如何の確認, また工業的に生産される製品の品質を保証するためにもその表面状態分析が不可欠である。表面処理の分析手法は, 化学機器分析, 電子顕微鏡による観察(図2), また実際に顔料分散し行う分散体物性, その塗膜物性の評価など多岐にわたる。以下では代表的な化学機器分析手法を紹介する。

図1 表面処理プロセスの概念図

5. 1 元素組成分析

無機物処理の量は、蛍光エックス線分析(X-ray Fluorescence Analysis, XRF)、原子吸光分析(Atomic Absorption Spectrometry, AAS)、ICP 発光分析(Inductively Coupled Plasma atomic emission spectroscopy)などでアルミナ、シリカ、ジルコニアなどの無機物の表面処理量を分析可能である。またエックス線光電子分光(Electron Spectroscopy for Chemical Analysis, ESCA)による分析では、粒子表面の分析が可能である。表3にシリカアルミナ併用処理した酸化チタンの分析例を示す。XRF 分析においてわずか数%の表面処理量であっても、ESCA による表面分析では、チタン元素の露出はほとんどなく粒子表面 90% 以上がシリカおよびアルミナで被覆されていることが確認できる。

5. 2 表面電荷分析(ゼータ電位)

粒子に適切な表面処理を行うことで、基材粒子の電荷状態ではなく表面処理材料の持つ表面電荷となる。この粒子の表面電荷は、水あるいは有機溶媒の分散体のゼータ電位を測定することで見積もることができる。中性の水分散体において、無処理の酸化チタンはプラスにもマイナスにも偏らず 0 に近いが、シリカ処理ではマイナス、アルミナ処理ではプラスのゼータ電位を有する。電荷(ゼータ電位)と分散性に関しては 6. 1 に記す。

5. 3 比表面積、吸油量分析

酸化チタンの比表面積は、主に粒子径と表面処理剤の量と密度によって変わる。同じ粒子径では、表面処理剤が多く多孔質な場合、比表面積が大きくなり、粒子表面を濡らすために必要な油量が増加し、吸油量が増加する。表4にルチル形酸化チタンの表面処理と比表面積・吸油量の関係を示す。いずれも表面処理することで無処理に対し比表面積は増加し、吸油量も増加する傾向にある。また高密度シリカ処理と多孔質シリカ処理を比較すると同様の処理量に関わらず多孔質処理ではより大きな比表面積、吸油量であることが認められる。したがって比表面積、吸油量を測定することで表面状態を推察することができる。

表3 酸化チタンの無機物処理分析

	処理量(%)		
	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
XRF 分析 (元素組成分析)	92	5	3
ESCA 分析 (表面元素組成分析)	4	41	55

表4 酸化チタンの表面処理と比表面積・吸油量

分類	処理量(%)		比表面積 (m ² /g)	吸油量* (g/100g)
	Al ₂ O ₃	SiO ₂		
無処理	0	0	6.0	18.2
汎用 (アルミナ単独処理)	4	0	18.2	20.7
超高耐候性 (高密度シリカ)	3	4	14.3	18.2
エマルション用 (多孔質シリカ)	3	4	32.5	29.0

※煮亜麻仁油にて測定

表5 表面処理による改質項目と効果

改質項目	主な効果
6.1 分散性 6.1.1 電荷特性 6.1.2 樹脂吸着特性	顔料の着色力・色相の鮮明度 塗膜の隠ぺい力、光沢 塗料・インキ・化粧品・スラリーなどの流動性・沈降性 プラスチック・化繊・塗膜の機械的強度
6.2 耐候性、耐変色性	耐チョーキング、光、熱からの色調・光沢保持 保守性ならびに機械的強度の保持 化粧品の有機系添加物の保護
6.3 吸油量、比表面積	塗膜隠ぺい力(高濃度領域)
6.4 帯電特性	静電付着特性
6.5 化粧品特性	耐化粧くずれ性、感触性、すべり性
6.6 その他	耐薬品性、耐摩耗性、耐熱性

6. 機能と表面処理¹⁾

酸化チタンをはじめとした顔料の表面特性は表面処理によって決定される。同一の酸化チタン基材粒子(コア粒子)であっても、親水性、親油性、耐候性などの機能を付与することができる。表面処理することで表5の改質項目に示した効果が認められる。酸化チタンの機能を説明する上で基材粒子が由来する物性も多くあるが、本稿では、表面処理することによって発現される効果と使用用途の関係について説明する。

6. 1 分散性

酸化チタンをはじめとした多くの顔料は粉体単独で使われることはなく、使用される媒体(樹脂、オイル、溶媒など)に分散され使用される。またその機能を最大限に活かすためには理想的には一次粒子として媒体中に分散されていることが望ましい。表面処理をすることで顔料の界面特性のみを全く異なる材料とすることができ、機械的解砕(分散)後の、再凝集を抑制し、基材粒子のみでは分散安定化が難しい系においても分散が可能となる。分散安定化のメカニズムは2種類あり、電荷反発による静電的斥力による分散(6.1.1)、高分子の立体障害斥力による分散(6.1.2)がある。以下では実用例も含め紹介する。

6. 1. 1 電荷反発による静電的斥力による分散

水をはじめとした極性溶媒に顔料(金属酸化物)を浸漬すると顔料は材料固有の+(プラス)または-(マイナス)の表面電荷を帯びる。表面電荷はpHによって大きく異なる。粒子表面電荷を直接測定することは難しいのですべり面での電位であるゼータ電位が電荷としてみなされる。図3に各無機酸化物の水中における電荷モデルを示す。各材料は電荷が0にな

図3 各無機酸化物の水中における電荷モデル

る pH (等電点) を境にアルカリ側では $-$ に、酸性側では $+$ の電荷を帯びる。酸化チタンの等電点は pH 6 付近、表面処理剤として用いられるシリカやアルミナの等電点はそれぞれ pH 2, pH 9 付近であり、これらで表面処理をすることによって酸化チタンの表面電荷は、表面処理剤由来の電荷となる(図 4)。

これらの電荷は分散性に大きく関わる。例えば電荷が同符号の粒子同士は互いに反発しあい静電的な斥力を生じ分散する。また電荷(ゼータ電位)の絶対値が大きいほど、より強く反発する。つまり等電点付近では自発的な分散は進行せず、また異符号の粒子を意図的に混合した場合は互いに引きつけあい静電的な引力により凝集する。酸化チタンの等電点は、pH 6 付近であるため、強酸性、強アルカリ性水溶液では分散しやすい傾向であるが、中性では等電点付近であるため電荷反発による分散安定化は難しい。

実例を挙げると、水性エマルション塗料のエマルション粒子は、中性からアルカリ性でマイナス電荷を有するものが多い。そのため電荷反発を促進させるためマイナス電荷を有するシリカ処理が多く用いられている。

6. 1. 2 高分子吸着の立体障害斥力による分散

非水系の塗料などでは通常極性の低い溶剤に極性基をもつ高分子(樹脂)を溶解している。酸化チタンをこの媒質に入れると粒子表面に高分子中の極性基が選択的に吸着し、「高分子の分子鎖が圧縮されることで生じる立体障害斥力」および「高分子鎖の重なりによる局所的な樹脂濃度の増加による浸

透圧での斥力」によって分散安定化する(図 5)。ここで重要なポイントは、高分子吸着特性であるが、吸着は酸-塩基相互作用によって生じている。高分子吸着特性は、任意の高分子を用いて吸着等温線をプロットすることで評価することができる。

塗料などに用いられる樹脂(ポリエステル、ポリアクリル酸など)は酸性官能基が多く含まれているため、塩基性のアルミナ処理した酸化チタンが分散性に優れる傾向にあり広く使用されている。

また、強い凝集力が働くため分散安定化が難しい微粒子材料や、化粧品用途などで用いられる極性基を持たないシリコンオイル系の分散では、樹脂吸着を促進するため、有機物処理が施されている。有機物処理することで親油性が高まり濡れ性が改善し分散性が向上する。

6. 2 耐候性、耐変色性

酸化チタンが光触媒活性を有していることは広く知られている。光触媒活性は、光、水、酸素の元、近傍の有機物を分解する反応である。そのため屋外暴露される機会のある塗料やプラスチックは、本活性により、光沢低下、白亜化(チョーキング)、変色など経時で外観が劣化してゆく。また化粧品においては、添加物である有機物(ビタミンなど)の分解が促進される。この屋外暴露時の劣化しにくさのことを耐候性といい高いことが求められる。耐候性の課題を解決するため酸化チタンは表面処理が施されているのが一般的である。表面処理することで、活性な酸化チタン表面と樹脂(分散媒体)の直接的な接触を防ぐことができ、樹脂の分解が抑制できる。図 6 に各種無機表面処理したルチル形酸化チタンを用いた塗料の耐候性試験例を示す。一年後の光沢維持率は、無処理のものが約 50% に対し、アルミナ処理は約 90%、超高耐候性シリカアルミナ処理では、ほぼ 100% を維持している。

無処理に対しアルミナ処理することで耐候性向上が認められ、超高耐候性シリカアルミナ処理は飛躍的に優れた耐候性を示している。この要因は、シリカは極めて緻密かつ均一にコーティングすることができることに由来する。その他、有効な処理としてジルコニア、亜鉛華の水和物処理がある。

アルミナ、シリカその他の含水酸化物が耐候性を向上させる理由は次のように考えられている。紫外線によって生じる $\cdot\text{OH}$ または $\text{HO}_2\cdot$ フリーラジカルは、含水酸化物層を通過す

図 4 各種表面処理酸化チタンの界面電位と pH の関係

図 5 樹脂吸着による分散安定化³⁾

図 6 酸化チタン顔料の耐候性比較

る間に、含水酸化物の触媒作用によって次式のように分解が進み樹脂の酸化分解に関与する量が減少するためだと推測されている。

6. 3 吸油量, 比表面積

酸化チタンに代表される白色顔料による下地の隠ぺい力は、光散乱力の大小によって決定されるため、材料本来の屈折率や粒子径が主に関係するが、使用される顔料濃度領域によっては、粉体の吸油量や比表面積も隠ぺい力に大きな影響を与える。ここで顔料体積濃度(PVC)は次式により計算される。

$$\text{PVC} = (\text{顔料の体積}) / (\text{顔料の体積} + \text{樹脂の体積})$$

酸化チタンの顔料濃度と塗膜隠ぺい力の関係を図7に示す。酸化チタンは添加量0から徐々にPVC25%付近で極大値をとるまでの領域では顔料添加量に応じ塗膜の隠ぺい力は向上する。さらに高顔料領域では顔料濃度の増加にも関わらず隠ぺい力が向上しない領域があり、その後、隠ぺい性は急上昇する(ドライハイディング領域)。隠ぺい性は白色顔料の反射によって発現されており、Fresnelの法則による反射率 F は次式によって定義されている。

$$F = (n_p - n_v)^2 / (n_p + n_v)^2$$

(n_p : 白色顔料の屈折率, n_v : 樹脂の屈折率)

で定義され、白色顔料と樹脂の屈折率差が大きいほど向上する。

ドライハイディング領域は、高顔料濃度となることで、顔料表面を濡らし、粒子間の隙間を満たす樹脂量が不足し、樹脂中に気泡(空気)を含有する。塗膜中に空気を含有することで樹脂の平均屈折率が下がり、その結果酸化チタンと樹脂の屈折率差が大きくなり隠ぺい力が向上する。図8にPVC 20%, PVC 50%の膜表面の電子顕微鏡写真を示す。PVC 20%では顔料粒子が樹脂中に埋もれているのに対しPVC 50%では顔料を満たすのに必要な樹脂量が足りず、膜中に空気を取り込むことによる空隙が認められる。これらの塗膜は膜厚が同じにも関わらず、PVC 50%のものが非常に高い隠ぺい力を示す。

特に食品包装パッケージで用いられるグラビアインキなどはドライハイディング領域である高顔料濃度PVC = 45 ~

図7 塗膜隠ぺい力とPVCの関係

図8 塗膜表面電子顕微鏡写真

60%で用いられる。また、顔料表面を濡らすための必要樹脂量は、粉体の吸油量、比表面積に比例し増加する。つまり吸油量、比表面積の増加に比例し、インキ膜中に空気を取り込まれることで隠ぺい力が向上する。そのためグラビアインキの隠ぺい力は表面処理量が多く比較的高吸油量の酸化チタンが優れており主に使用されている(図6)。

また艶消し塗料などは、体質顔料も含めPVC = 35%以上の高顔料濃度で用いられる。この領域は酸化チタンの添加量が多いにも関わらず隠ぺい力に乏しい領域である。酸化チタンが有効に光散乱するためには、十分な光散乱体積が必要であり、理想的には光の波長の1/4以上の間隔が必要であるが、この顔料領域では高顔料濃度となることで粒子同士が接近し、十分な光散乱体積が確保できないため、隠ぺい力が低下する。これを軽減するために高顔料塗料などでは顔料に厚い多孔質シリカを有する表面処理を行うことで粒子同士の接近を抑制し、隠ぺい力向上に寄与している。

このように塗膜の隠ぺい力は使用される濃度領域により大きく異なり、各濃度に最適な表面処理を施すことが重要となる。

6. 4 帯電特性, 電荷特性⁴⁾

粒子の帯電特性は表面組成と表面構造に依存する。そのため表面処理の化学種、処理量などによって帯電の正負および帯電量をコントロールすることができる。表6に各種処理を行った微粒子酸化チタン(15 nm)の帯電特性を示す。帯電量は、外添剤とキャリアのみの系においてブローオフ法により評価した。表面処理剤が長鎖のアルキルシランになる程、高い疎水性を示し、負の帯電量は増加し、アミノ基を有するシラン処理をすることで正帯電を示すことが確認された。

帯電が工業的に利用されている例では、電子写真方式(レーザー)や静電粉体塗装などがあげられる。電子写真方式では、帯電させた感光体ドラムを露光することで、感光体ドラムに静電気による目に見えない画像(静電潜像)を発生させる。感光体の任意の帯電部分に着色材であるトナーが付着しその後、紙に転写される。そのためトナーの帯電量コントロールが重要な技術となる。これらの物性をコントロールする為にプラスチック製のトナーの周りには微粒子の粉が外添剤として

表6 酸化チタンの表面処理と帯電量

表面処理剤	帯電量(μC/g)
アルキルシラン(C1)	- 15
アルキルシラン(C4)	- 50
アルキルシラン(C8)	- 55
アルキルシラン(C10)	- 60
アミノシラン	+ 45

コーティングされており、酸化チタンやシリカなどが多く使われている。ここで、酸化チタン、シリカなどの無機酸化物は表面水酸基を有するため親水性を示し空気中の水分を吸着する。これらをトナー外添剤に適用する場合、粉体の吸着水分による凝集、帯電変動、流動性変動を抑制するため、有機物表面処理により疎水化されるのが一般的である。また表面処理される有機物としては、脂肪酸金属塩、シリコンオイル、シランカップリング剤、アルキルシラン等が挙げられる。これらの有機物は併用処理することもできる。また表6に記載しているとおり、アミノ基を有する処理剤は、正帯電を示すが、疎水性が発現しないため、疎水化剤との併用処理が一般的に行われている。

6. 5 化粧品特性(耐化粧くずれ、感触性、流動性)⁵⁾

化粧品用途において紫外線遮蔽フィラーとして用いられる酸化チタンは、非常に微粒子であり凝集力が強いこと、また極性の小さなシリコンオイルなどへ分散するために有機物処理を施している。

また分散性だけではなく肌に塗布した際の「感触性」「化粧くずれのしにくさ」などの化粧品特有の特性も重要である。

酸化チタンや酸化亜鉛は、無処理ないし無機物処理の製品では、化粧品に配合した際のキシミ感が強い使用感が悪い。使用感改良のため有機物処理を行っている。また、有機物の違いによってさらさら感、しっとり感などの「感触性」も表面処理によって改質可能である。ポリシロキサン系ポリマーを表面処理した酸化チタンは、ポリシロキサンの低い表面張力より、肌の上に広がりやすく日焼け止めなどに配合した際、さらさら感に代表されるライトな感触となる。また、アルキルシラン系の表面処理はしっとりとした感触に改質可能である。

化粧品に求められる「化粧くずれしにくさ」に関しては、「耐油性」、「耐水性」をバランスよく付与することが必要で、さまざまな表面処理を組み合わせることによって「疎水性」「疎油性」、「吸油量」をコントロールしている。疎水性はメタノール疎水化度を測定することでその大小がわかる。メタノール疎水化度は、酸化チタンを任意濃度の水・メタノール溶液での光線透過率を測定する。親水性の酸化チタンは0%メタノール濃度(水100%)で白濁し透過率が減少するが、疎水性を有する粉体では、粉が水に濡れず浮いてしまうため白濁しない。白濁し透過率が減少するまでメタノールを加え、白濁するメタノール濃度を測定する。図9に疎水性有機処理した酸化チタンの測定例を示す。疎水性有機処理量に比例し、顔料が媒体に濡れ、分散させるには高濃度メタノールが必要であり、疎水性度の向上が認められる。

また化粧品には、無機粒子以外にも様々な製剤が配合され有機物も含まれている。それらの分解を抑制する為には、耐候性が必要になるため、無機表面処理も施している。このよ

図9 疎水性有機表面処理した酸化チタンのメタノール疎水化度

うにさまざまな特性を満足させるため、化粧品用酸化チタンは無機・有機表面処理のハイブリット型の表面処理が多く用いられている。

7. おわりに

本稿では、酸化チタンの製造方法、表面処理方法および表面処理によって付与できる機能と各用途で求められる特性について概説した。表面処理することで基材(コア)粒子のもつ特徴を活かしつつ、材料のもつ短所を克服し、さらに様々な機能を付与することができる。

また本稿では、酸化チタンを主に表面処理を取り扱ってきたが、その他無機材料をはじめとし、有機材料についても考え方は同様である。また触媒分野などでは、レアアースなどの限られる資源を有効に活用するため、基材に触媒機能を有するレアアースを表面処理することでその機能を最大限に活かす研究も活発である⁶⁾。

酸化チタンの歴史は50年以上あり、時代の変化とともに多用途化されてきた背景がある。

今後も時代の変化に合わせた機能が求められてゆくと考えられる。色材用途、紫外線遮蔽用途に限らず、さまざまな使用用途に展開されることを期待したい。

(Received June 15, 2019)

文 献

- 1) 清野 学, 酸化チタン研究会; 酸化チタン—物性と応用技術 第二版(技報堂出版, 2017).
- 2) 経済産業省生産動態統計年報, 化学工業統計編(平成29年).
- 3) 小林敏勝; 色材分散講座, 粒子分散の基礎とメカニズム, 平成25年7月2日
- 4) 福丸雅也, 池田征弥, 藤井 淳; 日本画像学会誌, 54, 148 (2015).
- 5) 阿部正彦, 鈴木敏幸, 福井 寛; 最新・化粧品の機能創製・素材開発・応用技術(技術教育出版社, 2007).
- 6) 松本健俊; 表面化学, 27, (6), 314 (2006).