

解説

酸化チタンの機能性とその用途

テイカ(株) **福田 淳**
Fukuda Jun

岡山研究所 係長
岡山市東区西幸西1072
☎086-946-8346

はじめに

機能性粉体である酸化チタンが工業化されおよそ100年になるが、その主な用途は白色顔料である¹⁾。UV遮蔽材や光触媒など新しい用途に実用されるようになったのはこの20~30年のことで、現在も機能性材料としての研究開発が行われている。酸化チタンを構成しているTiは地球の地殻を形成する元素中9番目に多く含まれる物質であり、イルメナイト鉱、ルチル鉱および一部アナターズ鉱として産出されている。酸化チタンにはアナターズ形(正方晶)、ルチル形(正方晶)、ブルックサイト形(斜方晶)の結晶形態があり、工業的に量産が行われているのはアナターズ形とルチル形の2形態である¹⁾。生産方法としては、硫酸法と塩酸法の2つの方法が確立されている。酸化チタンは化学的にも安定な物質であることが知られてお

り、安全な材料として塗料や化粧品などさまざまな用途で使用されている。本稿では、酸化チタンの特性を活かした機能について、その用途ごとに紹介する。

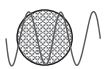
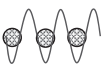
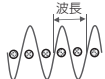
顔料用酸化チタン

塗料などに使用される白色顔料には優れた白さと、光を透過させない隠ぺい性(光の散乱力)が求められる。着色とは物質に当たった光の波長の一部が吸収され、その補色が散乱光として見えるために起こる現象である。酸化チタンは可視光領域に吸収がないことから、優れた白さを出すことができる。

光の散乱は物質の界面で光が向きを変えることで起こるが、その散乱力は散乱体と媒体界面の屈折率差が大きくなるほど強くなる。酸化チタンはダイヤモンドを超える高い屈折率を持っており、散乱力の高い、隠ぺい性のある材料である。ルチル形の酸化チタンは他の結晶構造よりも緻密な原子配列をとっており、屈折率が特に高いことから白色顔料として使われている。

また、光の散乱は屈折率だけでなく粒子径サイズにも影響を受ける。これはドイツの物理学者Gustav Mieらによって体系が確立されており、散乱光の波長 λ に対して粒子サイズ D が十分に大きい幾何光学領域、それよりも粒子サイズが小さく光の散乱が起こるMei領域、粒子サイズが波長

表1 粒径による散乱効果

領域	粒径	散乱効率
幾何光学	$D \gg \lambda/2$	 小
Mie	$D \approx \lambda/2$	 大
Rayleigh	$D \ll \lambda/2$	 小

より極端に小さいRayleigh散乱領域の3つの領域に分類できるとされる(表1)。Mei領域では粒子径が光の波長の約1/2の時に最も効果的に光を散乱する(Mieの散乱理論)ことがわかっており、散乱させたい波長に合わせて粒子サイズを制御することで効率よく散乱が起こる¹⁾。可視光の波長は400nm~800nm前後であることから、白色顔料の酸化チタンは最適な粒子サイズである200nm~400nmに調整している。

白色顔料として使用するには、その他にも分散性や耐候性を付与する必要がある、AlやSiなどの金属水酸化物を粒子表面に処理してある。詳細については割愛するが、原料や処理量、処理方法などに各社のノウハウがあり、用途に合わせて緻密な粒子設計が行われている。

▼赤外線反射酸化チタン

近年地球温暖化によって熱波などの異常気象が多発しており、建物や道路の温度上昇を抑える手段として遮熱塗料が注目されている。中空のフィラーを配合することで断熱性を向上させた塗料もあるが、その多くは太陽光の反射、特に熱エネルギーになりやすい赤外領域の光を反射させることで遮熱効果を付与している。当社からも遮熱塗料向けに赤外線反射酸化チタンJR-1000を販売しており、これは日射反射率が高くなるように設計されている。

赤外線を反射させるには、Mieの散乱理論に従って顔料よりも粒子サイズを大きくすればよいのだが、太陽光には850nm、1000nm、1250nm、1600nmと複数の波長ピークが含まれており、複数の粒子サイズが必要になる。そこで粒子サイズが250~2000nmの酸化チタンを配合した塗膜を作製し、単一の粒子で日射反射率が高くなるのはどの粒子サイズなのか検証を行った。780~2500nmの日射反射率を測定した結果が図1である。この試験より、粒子径を1000nmに調整した際に近赤外波長域の日射反射率が最も高くなることがわかり、赤外線反射酸化チタンJR-1000は平均粒子径が1000nmとなるように設計している。遮熱効果の実証のため、小型物置に上記の塗料を塗布したところ、表面温度で最大7℃の温度差が

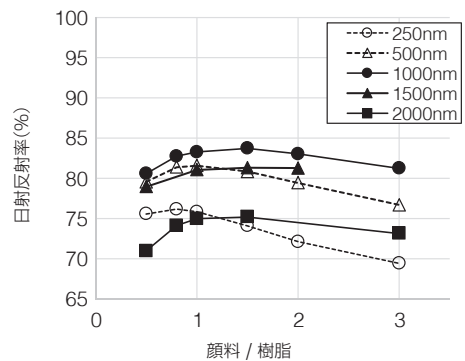


図1 粒子径と日射反射率

確認されている。また、物置の内部にエアコンを設置し、その消費電力を調査すると、7月~9月の2カ月半程度の期間において14%の消費電力をカット(28℃設定)できた。

JR-1000を応用した事例としては、岡山県農林水産総合センター農業研究所、西日本果実袋(岡山市)と共同研究を進めた桃用の機能性果実袋が製品化されている。近年の異常気象は農作物にも大きな影響を与えており、果物においても夏場の異常高温による果肉障害が大きな課題となっている。岡山県の特産品である白桃では、赤肉症、水浸状果肉褐変症などの果肉障害が起こっており、外観からの判断が難しいことから、ブランドイメージを低下させる懸念があった。桃用の果実袋にJR-1000を塗布するとその遮熱効果で果肉の温度を下げることができ、果肉障害の発生抑制に効果を発揮した。白桃に限らず他の品種、他の種類の果実でも効果が確認され、市場の反響は大きい。今後も熱波などの異常気象は続くと思われる、遮熱材料市場の成長が見込まれる。

▼微粒子酸化チタン

ここまでは酸化チタンの散乱力を活用する用途について述べたが、酸化チタンの粒子サイズを小さくしていくとRayleigh散乱領域に入る。この領域では粒子径の6乗に比例して光散乱力が低下していくため、可視光の透過が起こり、酸化チタンの別の機能が利用できるようになる。

その用途の一つとして、紫外線吸収材として化粧品や機能性フィルムなどに酸化チタンは使用さ